

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ

Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α
Τ Η Σ
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΤΟΣ 1996: ΤΟΜΟΣ 71^ο

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ
ΕΠΕΤΗΡΙΣ - ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑΙ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ
1996

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ

Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α

Τ Η Σ

ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΤΟΣ 1996 : ΤΟΜΟΣ 71^ο

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΕΠΕΤΗΡΙΣ - ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑΙ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

1996

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

ΤΟΥ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ



ISSN 0369-8106

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

1992

Π Ι Ν Α Ξ Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Ω Ν

τοῦ ΟΑ' — 1996 τόμου τῶν Πρακτικῶν

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑΙ

Σελ.

<i>ΕΠΕΤΗΡΙΣ</i>	1 - 59
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 25 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 1996	63
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 8 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 1996	115
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 4 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 1966	138
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 25 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 1996	160
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 23 ΜΑΪΟΥ 1996	220
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 6 ΙΟΥΝΙΟΥ 1996	227
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 17 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1996	235
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 31 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1996	248
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 7 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1996	254
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 28 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1996	283
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 5 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1996	355

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ ΚΑΤΑ ΣΥΤΤΡΑΦΕΑ	385
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ ΚΑΘ' ἸΔΙΟΝ	387

ΕΠΕΤΗΡΙΣ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ
ΕΤΟΣ ΟΑ' 1996

ΝΟΜΟΣ 4398|1929

«Περὶ κυρώσεως καὶ τροποποιήσεως τῆς ἀπὸ 18 Μαρτίου 1926 συντακτικῆς ἀποφάσεως περὶ ὀργανισμοῦ τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν»
(Φ.Ε.Κ., τεῦχος Α', ἀριθ. 308)

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Ἐχόντες ὑπ' ὄψει τὸ ἄρθρον 75 τοῦ Συντάγματος, ἐκδίδομεν τὸν ἐπόμενον νόμον ψηφισθέντα ὑπὸ τῆς Βουλῆς καὶ τῆς Γερουσίας.

Ἄρθρον πρῶτον

Κυροῦται ἡ ἀπὸ 18 Μαρτίου 1926 συντακτικὴ ἀπόφασις «περὶ ὀργανισμοῦ τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν» ἔχουσα οὕτω:

Συντακτικὴ ἀπόφασις περὶ ὀργανισμοῦ τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Λαβόντες ὑπ' ὄψιν ὅτι αἱ ἐπιστῆμαι, τὰ γράμματα καὶ αἱ τέχναι, στοιχεῖα ἀπαραίτητα ὑγιоῦς καὶ στερεᾶς διοργανώσεως παντὸς Κράτους, συντελοῦσιν εἰς τὴν εὐκλειαν καὶ λαμπρύνουσι τὴν αἴγλην τῶν Ἑθνῶν,

Ὅτι αἱ ἐπιστῆμαι, τὰ γράμματα καὶ αἱ τέχναι, ἡ θεμελιώδης αὕτη κρηπίς, ἐφ' ἧς στηρίζεται ἡ ἔθνικὴ ἀνάπτυξις καὶ ἡ ὕλικὴ εὐημερία τῶν λαῶν, ρυθμίζουσι τὴν πρόοδον καὶ ἐπιδρῶσι σπουδαίως ἐπὶ τῆς τύχης αὐτῶν,

Ὅτι αἱ ἐπιστῆμαι, τὰ γράμματα καὶ αἱ τέχναι, ὁ ἀρογωνιαῖος οὗτος λίθος τοῦ πολιτισμοῦ τῆς ἀνθρωπότητος, εἶνε συγχρόνως ὁ σοφὸς σύμβουλος τοῦ νομοθέτου, ἡ φωτεινὴ λαμπὰς τῆς συνειδήσεως τοῦ δικαστοῦ, τὸ πηδάλιον τοῦ κυβερνήτου, ὁ ὁδηγὸς τοῦ δημοσίου λειτουργοῦ καὶ ὁ διδάσκαλος τοῦ διδασκάλου, ἦτοι αὐτὸ τοῦτο τὸ θεμέλιον τοῦ Κράτους,

Ἐπιθυμοῦντες,

Νὰ παράσχωμεν πλήρη καὶ ἐνεργὸν τὴν προστασίαν καὶ ὑποστήριξιν τῆς Ἑλληνικῆς Δημοκρατίας εἰς τὰς ἐπιστήμας, τὰ γράμματα καὶ τὰς τέχνας ἐν Ἑλλάδι, πρὸς προαγωγὴν τῆς ἀναπτύξεως καὶ τῆς εὐημερίας τοῦ Ἑλληνικοῦ Λαοῦ,

Νὰ συντελέσωμεν εἰς τὴν ἀναγέννησιν αὐτῶν ἐν τῇ πρώτῃ κοιτίδι των, ὅπως συντελέσῃ αὕτη καὶ πάλιν εἰς τὴν πρόοδον τῶν ἀνθρωπίνων γνώσεων καὶ τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ πολιτισμοῦ, Θεωροῦντες,

Ὅτι ἡ ἐπιστήμη, ὄπλον πανίσχυρον καὶ συντελεστὴς τῆς νίκης ἐν πολέμῳ, εἶνε συγχρόνως ἐν εἰρήνῃ ὄργανον ἀπαραίτητον προαγωγῆς τῆς Γεωργίας, προστάτης τῆς Ναυτιλίας, σύμβουλος τῆς Βιομηχανίας, ζωογόνος δύναμις τοῦ Ἐμπορίου, πηγὴ πεφωτισμένης ἐκμεταλλεύσεως τῶν φυσικῶν πόρων τῆς Χώρας,

Ὅτι ἡ ἴδρυσις τῆς Ἀκαδημίας ἐν Ἑλλάδι εἶνε Ἑθνικὴ ἀνάγκη ἐκ τῶν μεγίστων, ὅπως φωτίξῃ καὶ χειραγωγῇ τὰς δημοσίας ὑπηρεσίας, μελετᾷ καὶ κανονίζῃ τὰ τῆς Ἑθνικῆς ἡμῶν γλώσσης, παρασκευάζῃ καὶ συντάσῃ καὶ δημοσιεύῃ τὴν Γραμματικὴν, τὸ Συντακτικὸν καὶ τὰ Λεξικά αὐτῆς, ἐρευνᾷ καὶ ἐκδίδῃ ἀκριβῶς τοὺς μεγάλους Ἑλληνας συγγραφεῖς, μελετᾷ καὶ τελειοποιῇ τὴν δημοσίαν ἐκπαίδευσιν, σπουδάζῃ καὶ ἀποκαλύπτῃ τὴν φύσιν τῆς Χώρας, καθοδηγῇ καὶ

φωτίζη την επιτυχή εκμετάλλευσιν τῶν φυσικῶν θησαυρῶν καὶ ιδιοτήτων αὐτῆς, μελετᾷ καὶ ἐρευνᾷ τὴν Ἑλληνικὴν ἱστορίαν, νομολογίαν καὶ ἀρχαιολογίαν, συλλέγη καὶ σπουδάζη τὰ ἦθη καὶ ἔθιμα, τὰς διαλέκτους καὶ τὸν γλωσσικὸν θησαυρὸν, τὰς παροιμίας, τοὺς μύθους καὶ τὰς παραδόσεις, τὴν δημῶδη μουσικὴν καὶ ποίησιν καὶ καθόλου τὰ τοῦ βίου καὶ τῆς λαογραφίας τοῦ Ἑλληνικοῦ Λαοῦ, σφυρηλατῆ νέα ὄπλα ἀσφαλείας, ἀκμῆς καὶ δόξης τοῦ Κράτους, ἐνθαρρύνη καὶ ζωογονῆ τὰς πνευματικὰς ἀρετὰς τοῦ Ἔθνους, δημιουργῆ καὶ ἀναδεικνύη ἀκμαίαν καὶ σελαγιζουσαν νεωτέραν ἑλληνικὴν Ἐπιστήμην καὶ ἐν γένει ἐξυπηρετῆ καὶ προάγη τὰ μεγάλα ἠθικὰ καὶ ὕλικὰ συμφέροντα τοῦ τόπου,

Ἐπιθυμοῦντες νὰ συνενώσωμεν εἰς κοινὴν συναδελφότητα καὶ καρποφόρον συνεργασίαν, πρὸς προαγωγὴν τῆς Ἐπιστήμης, τῶν Γραμμάτων καὶ τῆς Τέχνης, τὰς κορυφαίας τοῦ Ἔθνους πνευματικὰς δυνάμεις,

Νὰ διακρίνωμεν τοὺς ἐν Ἑλλάδι προέχοντας ἐν τῷ πνευματικῷ ἀγῶνι καὶ τιμήσωμεν τοὺς πρωτεργάτας τῆς διανοίας ἀνυψοῦντες αὐτοὺς εἰς τὸ ὕπατον Ἀκαδημαϊκὸν ἀξίωμα,

Νὰ συνδέσωμεν τὸ ὄνομα τῆς Ἑλληνικῆς Δημοκρατίας πρὸς τὴν πνευματικὴν ἀναγέννησιν τοῦ Ἡμετέρου Ἔθνους: ἰδρύοντες Ἀκαδημίαν τῶν Ἐπιστημῶν, τῶν Γραμμάτων καὶ τῶν Καλῶν Τεχνῶν, ἧτοι στάδιον εὐγενοῦς ἀμίλλης τοῦ πνεύματος, στάδιον ἐπιστημονικῶν, φιλολογικῶν καὶ καλλιτεχνικῶν ἀγώνων, στάδιον, ἐν ᾧ ἀγωνίζονται καὶ ἀποκαλύπτονται αἱ ἰδιοφυΐαι, ἀκτινοβολεῖ καὶ στέφεται ἡ μεγαλοφυΐα, προκαλοῦνται, συλλέγονται καὶ βραβεύονται αἱ ἀνακαλύψεις, ἐνθαρρύνονται καὶ ποδηγετοῦνται αἱ ἐπιστημονικαὶ ἔρευναι, καλλιεργοῦνται τὰ γράμματα, προάγονται καὶ τελειοποιοῦνται αἱ τέχναι, ἐλέγχονται καὶ χρησιμοποιοῦνται αἱ ἐφευρέσεις, ἀναλάμπει διὰ τῆς συζητήσεως ἡ ἐπιστημονικὴ ἀλήθεια, ἀναδεικνύεται καὶ βραβεύεται ἡ ἱκανότης, ἡ ἐργασία καὶ ἡ ἀρετὴ δι' ἠθικῶν καὶ ὕλικῶν βραβείων,

Ἔχοντες ὑπ' ὄψει,

Τὸ ἀπὸ 4 Ἰανουαρίου ἐ.ξ. Διάγγελμα ἡμῶν πρὸς τὸν Ἑλληνικὸν λαόν, Στρατὸν καὶ Στόλον, ὃ πιστῶς καὶ ἀπαρεργίτως ἐφαρμόζομεν, ἀπεφασίσασαμεν καὶ διατάσομεν·

Α'. Ἰδρυσις καὶ σκοπὸς τῆς Ἀκαδημίας.

Ἄρθρον 1.

Ἰδρύεται ἐν Ἀθήναις Ἀκαδημία τῶν Ἐπιστημῶν, τῶν Γραμμάτων καὶ τῶν Καλῶν Τεχνῶν ὑπὸ τὸν τίτλον «Ἀκαδημία Ἀθηνῶν», ἔχουσα σκοπόν:

α') Τὴν καλλιέργειαν καὶ τὴν προαγωγὴν τῶν Ἐπιστημῶν, τῶν Γραμμάτων καὶ τῶν Καλῶν Τεχνῶν καὶ καθόλου τῶν ἀνθρωπίνων γνώσεων διὰ τῆς συγκεντρώσεως καὶ τῆς συνεργασίας τῶν ἐπιφανεστέρων Ἑλλήνων ἐπιστημόνων, λογογράφων καὶ καλλιτεχνῶν καὶ τῆς μετὰ τῶν ξένων Ἀκαδημιῶν καὶ ἄλλων ὑπερέχων ἐπιστημόνων, λογίων καὶ καλλιτεχνῶν ἐπικοινωνίας.

β') Τὴν ἔρευναν τῶν στοιχείων καὶ τῶν προτόπων τῆς Ἑλληνικῆς γῆς καὶ καθόλου τῆς μελέτης τῆς φύσεως τῆς Χώρας, τὴν ἐπιστημονικὴν ὑποστήριξιν καὶ ἐνίσχυσιν τῆς Γεωργίας, τῆς Βιομηχανίας, τῆς Ναυτιλίας καὶ τῶν λοιπῶν πλουτοπαραγωγικῶν κλάδων καὶ δυνάμεων τοῦ τόπου καὶ ἐν γένει τὴν προαγωγὴν τῆς Ἐθνικῆς Οἰκονομίας, καὶ

γ') Τὴν διὰ γνωμοδοτήσεων, προτάσεων, ἀποφάσεων καὶ κρίσεων διαφώτισιν καὶ καθοδήγησιν εἰς τὰ σχετικὰ ἔργα αὐτῶν τῆς Κυβερνήσεως καὶ τῶν ἄλλων Ἀρχῶν καὶ ἐν γένει τὴν ἐξυπηρέτησιν τῶν σχετικῶν πρὸς τὴν ἀρμοδιότητα αὐτῆς δημοσίων καὶ ἰδιωτικῶν ἀναγκῶν τοῦ τόπου.

Ἄρθρον 2.

Ὁ σκοπὸς τῆς Ἀκαδημίας ἐπιτυγχάνεται διὰ ἀνακοινώσεων, συζητήσεων, ὁμιλιῶν καὶ δημοσιευμάτων, διὰ τῆς ἰδρύσεως Ἐργαστηρίων ἐπιστημονικῆς ἐρεύνης καὶ ἐν γένει διὰ τῆς ὀργανώσεως, ἐνθαρρύνσεως καὶ ἐνισχύσεως τῆς γεωργικῆς, βιομηχανικῆς καὶ καθόλου τῆς καθαρᾶς καὶ τῆς ἐφρημοσμένης ἐπιστημονικῆς ἐρεύνης· διὰ τῆς ἐκτελέσεως, προκλήσεως ἢ ἐνθαρρύνσεως ἐρευνῶν, ἀνασκαφῶν, μελετῶν καὶ ἄλλων ἔργων· διὰ προκηρύξεων διαγωνισμῶν καὶ ἀπονομῆς ἀριστείων, χρηματικῶν ἐπάθλων, ὑποτροφιῶν ἢ ἄλλων ἠθικῶν καὶ ὑλικῶν βραβείων καὶ ἀμοιβῶν· διὰ συνεδρίων, ἀποστολῶν καὶ παντὸς ἄλλου καταλλήλου πρὸς τοῦτο μέσου ὑπ' αὐτῆς ἀποφασισομένου ἢ ἐγκρινομένου.

Ἄρθρον 3.

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ἐδρεύει καὶ συνεδριάζει ἐν τῷ ἐν Ἀθήναις μεγάρῳ τῆς Συναίας Ἀκαδημίας, τῷ ὑπὸ τῶν ἀειμνήστων Σίμωνος καὶ Ἰφιγενείας Σίνα, πρὸς ἀποκλειστικὴν χρῆσιν αὐτῆς, ἀνεγερθέντι καὶ δωρηθέντι εἰς τὴν Ἑλλάδα. Τὸ κτίριον τοῦτο, ἀνήκον εἰς τὴν Ἀκαδημίαν Ἀθηνῶν, κατὰ πλήρες ἰδιοκτησίας δικαίωμα, διατίθεται ὑπ' αὐτῆς μετὰ τοῦ περι αὐτὴν κήπου κατὰ βούλησιν.

Ἄρθρον 4.

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ἔχει ἰδίαν νομικὴν προσωπικότητα, ἰδίαν περιουσίαν καὶ ἰκανότητα πρὸς κληρονομεῖν· εἶνε ἀνεξάρτητος καὶ ἀνεξέλεγκτος ἐν τοῖς ἔργοις αὐτῆς καὶ ἐπικοινωνεῖ πρὸς τὸ Κράτος διὰ τοῦ Ὑπουργείου τῶν Ἐκκλησιαστικῶν καὶ τῆς Δημοσίας Ἐκπαιδεύσεως.

Ἄρθρον 114.

Πρὸς σύστασιν καὶ ὀργάνωσιν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, διορίζομεν ὡς πρῶτα τακτικὰ μέλη αὐτῆς τοὺς ἐξῆς:

Ἐν τῇ Πρώτῃ Τάξει:

- 1) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου καὶ Διευθυντὴν τοῦ Ἀστεροσκοπείου, νῦν δὲ καὶ Ὑπουργὸν τῶν Ἐκκλησιαστικῶν καὶ τῆς Δημοσίας Ἐκπαιδεύσεως, ΔΗΜ. ΑΙΓΙΝΗΤΗΝ,
- 2) Τὸν πρόφην Ὑπουργὸν καὶ ἐπίτιμον τοῦ Πανεπιστημίου διδάκτορα Φ. ΝΕΓΡΗΝ,
- 3) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Ρ. ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΝ,
- 4) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Γ. ΦΩΚΑΝ,
- 5) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Κ. ΖΕΓΓΕΛΗΝ,

- 6) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Γ. ΡΕΜΟΥΝΔΟΝ,
- 7) Τὸν Διευθυντὴν τοῦ Πολυτεχνείου ΑΓΓ. ΓΚΙΝΗΝ,
- 8) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Κ. ΚΤΕΝΑΝ,
- 9) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Κ. ΜΑΛΤΕΖΟΝ,
- 10) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Ι. ΠΟΛΙΤΗΝ,
- 11) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Κ. ΣΑΒΒΑΝ,
- 12) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Γ. ΣΚΛΑΒΟΥΝΟΝ
- 13) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου ΕΜΜ. ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ,
- 14) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πολυτεχνείου ΑΛ. ΒΟΥΡΝΑΖΟΝ,
- 15) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πολυτεχνείου Κ. ΒΕΗΝ.

Ἐν τῇ Δευτέρᾳ Τάξει

- 1) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Γ. ΧΑΤΖΙΔΑΚΙΝ,
- 2) Τὸν καθηγητὴν καὶ Πρύτανιν τοῦ Πανεπιστημίου Σ. ΜΕΝΑΡΔΟΝ,
- 3) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Π. ΚΑΒΒΑΔΙΑΝ,
- 4) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Χ. ΤΣΟΥΝΤΑΝ,
- 5) Τὸν Κ. ΠΑΛΑΜΑΝ,
- 6) Τὸν Διευθυντὴν τῆς Σχολῆς τῶν Καλῶν Τεχνῶν Γ. ΙΑΚΩΒΙΑΔΗΝ,
- 7) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Γ. ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΝ,
- 8) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Κ. ΑΜΑΝΤΟΝ,
- 9) Τὸν Γ. ΔΡΟΣΙΝΗΝ,
- 10) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πολυτεχνείου Β. ΚΟΥΡΕΜΕΝΟΝ,
- 11) Τὸν ΑΡ. ΠΡΟΒΕΛΕΓΓΙΟΝ,
- 12) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου ΑΝΤ. ΚΕΡΑΜΟΠΟΥΛΛΟΝ,
- 13) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Ι. ΚΑΛΙΤΣΟΥΝΑΚΗΝ,
- 14) Τὸν Διευθυντὴν τοῦ Νομισματικοῦ Μουσείου Γ. ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ,
- 15) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Γ. ΣΩΤΗΡΙΟΥ,
- 16) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πολυτεχνείου Α. ΟΡΛΑΝΔΟΝ.

Ἐν τῇ Τρίτῃ Τάξει:

- 1) Τὸν Ἀρχιεπίσκοπον Ἀθηνῶν καὶ ἐπίτιμον καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου ΧΡΥΣΟΣΤΟΜΟΝ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΝ,
- 2) Τὸν τέως Ὑπουργὸν Κ. ΡΑΚΤΙΒΑΝ,
- 3) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Α. ΑΝΔΡΕΑΔΗΝ,
- 4) Τὸν πρόφην Ὑπουργὸν καὶ ἐπίτιμον καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου τῶν Παρισίων Ν. ΠΟΛΙΤΗΝ,
- 5) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Δ. ΠΑΠΠΟΥΛΙΑΝ,
- 6) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Θ. ΒΟΡΕΑΝ,
- 7) Τὸν καθηγητὴν τοῦ Πανεπιστημίου Μ. ΛΙΒΑΔΑΝ,

"Άρθρον 115.

Διορίζομεν Πρόεδρον τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν διὰ τὸ ἔτος 1926 τὸν ΦΩΚ. ΝΕΓΡΗΝ,
Ἀντιπρόεδρον τῆς Ἀκαδημίας διὰ τὸ ἔτος 1926 τὸν Γ. ΧΑΤΖΙΑΚΙΝ,
Γενικὸν Γραμματέα τῆς Ἀκαδημίας μέχρι τέλους τοῦ ἔτους 1927 τὸν Σ. ΜΕΝΑΡΔΟΝ,
Γραμματέα ἐπὶ τῶν πρακτικῶν τῆς Ἀκαδημίας τὸν Κ. ΠΑΛΑΜΑΝ μέχρι τοῦ ἔτους 1928.
Γραμματέα ἐπὶ τῶν Δημοσιευμάτων τῆς Ἀκαδημίας τὸν Γ. ΔΡΟΣΙΝΗΝ μέχρι τέλους τοῦ
ἔτους 1928.

"Άρθρον 116.

Τὰ ὑφ' ἡμῶν διορισθέντα ἀνωτέρω τακτικὰ μέλη τῆς Ἀκαδημίας θὰ ἐκλέξωσιν ἀνὰ ἓν καὶ
τὰ λοιπὰ τοιαῦτα συμφώνως τῷ παρόντι Ὁργανισμῷ αὐτῆς καὶ οὕτως ὥστε ἕκαστον νέον τακτι-
κὸν μέλος ἐκάστης Τάξεως νὰ δύναται νὰ συμμετέχη τῆς ἐκλογῆς τῶν μετ' αὐτὸ ἐκλεχθησομέ-
νων τακτικῶν μελῶν τῆς οἰκείας Τάξεως.

.....

Α'. ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑΙ ΑΡΧΑΙ

ΠΡΟΕΔΡΕΙΟΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ

ΠΡΟΕΔΡΟΣ

ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ

ΑΝΤΙΠΡΟΕΔΡΟΣ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΤΣΑΝΙΩΤΗΣ

ΓΕΝΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΕΥΣ

ΠΑΥΛΟΣ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΔΗΣ

ΓΡΑΜΜΑΤΕΥΣ ΕΠΙ ΤΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΟΝΟΜΗΣ

ΓΡΑΜΜΑΤΕΥΣ ΕΠΙ ΤΩΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ

ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΣΑΧΙΝΗΣ

ΠΡΟΕΔΡΕΙΟΝ ΤΩΝ ΤΑΞΕΩΝ

1. Τάξις τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

Πρόεδρος ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΤΕΦΑΝΗΣ

Ἀντιπρόεδρος ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΠΑΝΑΓΟΣ

Γραμματεὺς ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΑΡΤΕΜΙΑΔΗΣ

2. Τάξις τῶν Γραμμάτων καὶ τῶν Καλῶν Τεχνῶν.

Πρόεδρος ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΓΡΟΛΛΙΟΣ

Ἀντιπρόεδρος ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΚΑΜΠΙΤΟΓΛΟΥ

Γραμματεὺς ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ

3. Τάξις τῶν Ἠθικῶν καὶ Πολιτικῶν Ἐπιστημῶν.

Πρόεδρος ΖΗΖΙΟΥΛΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, Μητροπολίτης Περγάμου

Ἀντιπρόεδρος ΜΑΡΚΟΣ ΣΙΩΤΗΣ

Γραμματεὺς ΑΡΙΣΤΟΒΟΥΛΟΣ ΜΑΝΕΣΗΣ

ΣΥΓΚΛΗΤΟΣ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ

1. Τὸ Προεδρεῖον τῆς Ἀκαδημίας.

2. Ὁ Πρόεδρος τοῦ προηγουμένου ἔτους (ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ).

3. Οἱ Πρόεδροι τῶν Τάξεων.

Β'. ΣΥΜΒΟΥΛΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΤΡΟΠΑΙ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ

1. Ὑπηρεσιακὸν Συμβούλιον.

Πρόεδρος	ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΠΕΡΛΙΓΚΑΣ (Ἄρεσπαγίτης).
Μέλη	ΓΕΩΡΓ. ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ. — ΕΥΑΓΓ. ΓΙΟΚΑΡΗΣ.
Ἀναπληρωματικοὶ (ἀντιστοίχως)	ΜΙΧΑΗΛ ΚΑΡΑΤΖΑΣ. — ΔΡΙΣΤΟΒ. ΜΑΝΕΣΗΣ. — ΑΝΑΣΤ. ΣΕΙΡΑ.
Ἐκπρόσωποι τῶν διοικητ. ὑπαλλήλων	ΦΩΤΕΙΝΗ ΣΕΡΒΟΥ. — ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΤΣΙΡΜΠΑΣ.

2. Τεχνικὸν Συμβούλιον.

Πρόεδρος	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ.
Ἀντιπρόεδρος	ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΚΟΥΝΑΔΗΣ.
Μέλη	ΚΩΝΣΤ. - ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΜΠΟΥΖΑΚΗΣ. — ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΚΩ- ΣΤΙΟΠΟΥΛΟΣ. — ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ.
Ἀναπληρωματικὸν μέλος	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΟΝΤΑΞΑΚΗΣ.
Ἐκπρόσωπος τῆς Ἀκαδημίας	ΣΟΛΩΝ ΚΥΔΩΝΙΑΤΗΣ.

3. Ἐπιτροπὴ τῶν Δημοσιευμάτων.

1. Ὁ Πρόεδρος τῆς Ἀκαδημίας.
2. Ὁ Ἀντιπρόεδρος.
3. Ὁ Γενικὸς Γραμματεὺς.
4. Ὁ Γραμματεὺς ἐπὶ τῶν Δημοσιευμάτων.
5. Οἱ Γραμματεῖς τῶν Τάξεων.

4. Ἐπιτροπὴ Ἀρχαιολογική.

Μανόλης Χατζηδάκης. — Χρῦσανθος Χρήστου. — Σπύρος Ἰακωβίδης.

5. Ἐπιτροπὴ Γεωφυσική.

Κ. Ἀλεξόπουλος. — Θεμιστ. Διαννελίδης. — Ἄγγ. Γαλανόπουλος.

6. Ἐπιτροπὴ Γεωργική.

Θεμιστ. Διαννελίδης. — Ι. Παπαδάκης.

7. Ἐπιτροπὴ τῆς Διεθνoῦς Ἀκαδημαϊκῆς Ἐνώσεως.

Μαν. Χατζηδάκης. — Μιχ. Σακελλαρίου. — Μ. Μανούσκακας. — Σπύρος Ἰακωβίδης.

8. Ἐπιτροπὴ τοῦ Διεθνoῦς Συμβουλίου Ἐπιστημονικῶν Ἐνώσεων (φυσικῶν ἐπιστημῶν).

Κ. Ἀλεξόπουλος. — Περ. Θεοχάρης. — Θεμιστ. Διαννελίδης. — Παῦλος Σακελλαρίδης. — Νικ. Ματσανιώτης. — Νικ. Ἀρτεμιάδης. — Πάνος Λιγομενίδης.

- 9. Νομική Ἐπιτροπή.**
 Μιχ. Στασινόπουλος. — Γ. Μιχαηλίδης-Νουάρος. — Γεώργ. Βλάχος. — Γεώργ. Μητσόπουλος. — Ἀριστόβουλος Μάνεσης. — Ἀναπληρωματικός: Ἰωάννης Πεσμαζόγλου.
- 10. Καλλιτεχνική Ἐπιτροπή.**
 Μεν. Παλλάντιος. — Σόλων Κυδωνιάτης. — Μαν. Χατζηδάκης. — Χρῦσανθος Χρήστου. — Παν. Τέτσης.
- 11. Οἰκονομική Ἐπιτροπή.**
 Εεν. Ζολώτας. — Γεώργ. Βλάχος. — Γεώργ. Μητσόπουλος. — Ἰωάννης Πεσμαζόγλου.
- 12. Ἐπιτροπή διὰ τὴν ἔκδοσιν τοῦ Corpus Vasorum Antiquorum.**
 Μαν. Χατζηδάκης. — Μαν. Μανούσικας. — Μιχ. Σακελλαρίου. — Χρῦσανθος Χρήστου. — Σπύρος Ἰακωβίδης (Πρόεδρος). — Ἀλέξανδρος Καμπίτογλου — Ἡὼς Ζερβουδάκη. — Μιχ. Τιβέριος. — Ἐλένη Walter - Καρύδη.
- 13. Ἐπιτροπή διὰ τὴν ἔκδοσιν τοῦ Corpus Signorum Imperii Romani.**
 Μαν. Χατζηδάκης. — Μαν. Μανούσικας. — Μιχ. Σακελλαρίου. — Σπύρος Ἰακωβίδης. — Ἀλέξανδρος Καμπίτογλου. — Γεώργιος Δοντᾶς.
- 14. Ἐπιτροπή διὰ τὴν προστασίαν τοῦ περιβάλλοντος.**
 Περ. Θεοχάρης. — Σόλων Κυδωνιάτης. — Θεμ. Διαννελίδης. — Ἰωάν. Παπαδάκης. — Παῦλος Σακελλαρίδης. — Γρηγ. Σκαλκιάς. — Κ. Στεφανῆς.
- 15. Ἐπιτροπή τῆς Ἱστορίας τοῦ Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου.**
 Μεν. Παλλάντιος. — Περ. Θεοχάρης. — Μανούσος Μανούσικας. — Μιχ. Σακελλαρίου. — Γεώργιος Βλάχος. — Ἀγγελος Βλάχος. — Ἰωάννης Πεσμαζόγλου. — Ἀναπληρωματικὸν μέλος: Μᾶρκος Σιώτης.
- 16. Ἐπιτροπή διὰ τὴν ἱστορίαν τῆς Ἀνθρωπότητος ὑπὸ τῆς UNESCO.**
 Μιχ. Σακελλαρίου (Πρόεδρος). — Μαν. Χατζηδάκης. — Μαν. Μανούσικας. — Ἀγαπ. Τσοπανάκης. — Κωνστ. Δεσποτόπουλος. — Ἀγγ. Βλάχος. — Βασ. Σφυρῆρας. — Ἀριστ. Φρυδάς. — Κ. Μπουραζέλης. — Μιλτ. Χατζόπουλος.

17. Ἐπιτροπή Παιδείας.

Μιχ. Σακελλαρίου. — Ἀγαπ. Τσοπανάκης. — Ἀγγ. Βλάχος. — Κωνστ. Δεσποτόπουλος. — Π. Σακελλαρίδης. — Νικ. Ἀρτεμιάδης.

18. Ἐπιτροπή διὰ τὴν Φιλοσοφικὴν Βιβλιοθήκην Ἑλλῆς Λαμπρίδης.

Μενέλ. Παλλάντιος. — Κωνστ. Δεσποτόπουλος. — Εὐάγγ. Μουτσόπουλος. — Γεώργ. Μητσόπουλος. — Ἰωάννης Πεσμαζόγλου. — Ἐπιστημ. συνεργάτης: Λίνος Μπενάκης.

19. Ἐπιτροπή Ἐρευνῶν.

Νικόλαος Μαρσανιώτης (Πρόεδρος). — Περ. Θεοχάρης. — Μιχ. Σακελλαρίου. — Μάρκος Σιώτης. — Ἀναπληρωματικά μέλη (ἀντίστοιχα): Κωνστ. Τούντας. — Μανόλης Χατζηδάκης. — Γεώργιος Βλάχος.

20. Ἐπιτροπή Κτιρίων.

Περ. Θεοχάρης (Πρόεδρος). — Μεν. Παλλάντιος. — Σόλων Κυδωνιάτης. — Μανόλης Χατζηδάκης. — Παῦλος Σακελλαρίδης. — Ἀναπληρωματικός: Γεώργ. Μητσόπουλος.

21. Ἐπιτροπή διὰ τὴν ἔκδοσιν τοῦ *Corpus Philosophorum Medii Aevi*.

Μανούσος Μανούσικας. — Κωνστ. Δεσποτόπουλος. — Ἐπιστημονικός συνεργάτης: Λίνος Μπενάκης.

ΕΠΙΤΡΟΠΑΙ ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ**Ἐθνικὴ Ἐπιτροπὴ Ἐρευνῶν τοῦ Διαστήματος.**

Περ. Θεοχάρης (Πρόεδρος). — Πάνος Λιγομενίδης (Ἀντιπρόεδρος). — Γ. Βέης (Γεν. Γραμματεὺς). — Μ. Μουτσούλας. — Ε. Σαρρῆς. — Β. Πετρόπουλος. — Δ. Διαλλέτης. — Β. Τριτάκης (Εἰδ. Γραμματεὺς).

Ἐθνικὴ Μαθηματικὴ Ἐπιτροπή.

Νικ. Ἀρτεμιάδης (Πρόεδρος). — Περ. Θεοχάρης. — Π. Λιγομενίδης.

Ἐπιτροπὴ Μελέτης τῆς Παγκόσμιας Μεταβολῆς (IGMP-GLOBAL CHANGE).

Περ. Θεοχάρης (Πρόεδρος). — Γ. Μερίκας (Ἀντιπρόεδρος). — Θ. Διανελίδης. — Α. Γαλανόπουλος. — Λ. Μαυρίδης. — Χ. Ζερεφός. — Κ. Πουλάκος. — Χ. Ρεπαπῆς. — Β. Τριτάκης (Γραμματεὺς).

Γ'. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΤΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ
ΚΑΤ' ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ*

1	1952	Ἀπριλίου	18	Ξενοφῶν Ζολώτας
2	1963	Μαΐου	4	Καΐσαρ Ἀλεξόπουλος
3	1968	Ἰουνίου	7	Μιχαήλ Στασινόπουλος
4	1969	Ἀπριλίου	21	Πέτρος Χάρης
5	1970	Φεβρουαρίου	6	Μενέλαος Παλλάντιος
6	1973	Μαρτίου	8	Περικλῆς Θεοχάρης
7	1974	Ἰουνίου	6	Γεώργιος Μιχαηλίδης-Νουάρος
8	1977	Ἀπριλίου	14	Σόλων Κυδωνιάτης
9	1977	Νοεμβρίου	25	Γεώργιος Μερτίκας
10	1980	Μαΐου	9	Μανόλης Χατζηδάκης
11	1981	Ἀπριλίου	7	Θεμιστοκλῆς Διαννελίδης
12	1982	Αὐγούστου	31	Μανοῦσος Μανούσας
13	1983	Ἰανουαρίου	5	Ἰωάννης Παπαδάκης
14	1983	Ἰανουαρίου	5	Μιχαήλ Σακελλαρίου
15	1983	Φεβρουαρίου	28	Γεώργιος Βλάχος
16	1983	Μαρτίου	22	Ἄγγελος Γαλανόπουλος
17	1984	Φεβρουαρίου	15	Ἄγαπητὸς Τσοπανάκης
18	1984	Μαρτίου	16	Παῦλος Σακελλαρίδης
19	1984	Μαρτίου	16	Κωνσταντῖνος Δεσποτόπουλος
20	1984	Μαρτίου	16	Εὐάγγελος Μουτσόπουλος
21	1984	Μαΐου	9	Ἀπόστολος Σαχίνης
22	1984	Μαΐου	18	Νικόλαος Ματσανιώτης
23	1985	Σεπτεμβρίου	23	Ἄγγελος Βλάχος
24	1987	Ἰανουαρίου	28	Νικόλαος Ἀρτεμιάδης
25	1987	Ἰανουαρίου	28	Τάσος Ἀθανασιάδης
26	1987	Σεπτεμβρίου	2	Γεώργιος Μητσόπουλος
27	1989	Ἀπριλίου	20	Γρηγόριος Σκαλικέας
28	1990	Ὀκτωβρίου	29	Νικόλαος Κονομῆς
29	1990	Δεκεμβρίου	24	Κωνσταντῖνος Τούντας
30	1991	Ἰουνίου	26	Χρῦσανθος Χρήστου
31	1991	Σεπτεμβρίου	25	Σπύρος Ἰακωβίδης
32	1992	Αὐγούστου	10	Ἰωάννης Πεσμαζόγλου

* ΣΗΜΕΙΩΣΙΣ — Ἡ ἀρχαιότης κανονίζεται ἀναλόγως τῆς ἡμερομηνίας δημοσιεύσεως τοῦ Προεδρ. Διατάγματος μὲ τὸ ὁποῖον κυροῦται ἡ ἐκλογή.

33	1993	Φεβρουαρίου	26	Ἀριστόβουλος Μάνεσης
34	1993	Μαΐου	17	Ζηζιούλας Ἰωάννης, (Μητροπολίτης Περγάμου
35	1993	Ἰουλίου	7	Πάνος Λιγομενίδης
36	1993	Ἰουλίου	7	Παναγιώτης Τέτσης
37	1993	Ἰουλίου	7	Μᾶρκος Σιώτης
38	1994	Αὐγούστου	19	Κωνσταντῖνος Στεφανῆς
39	1994	Ἰουλίου	14	Ἀλέξανδρος Καμπίτογλου
40	1994	Νοεμβρίου	30	Κωνσταντῖνος Γρόλλιος
41	1995	Ἀπριλίου	26	Ἀθανάσιος Πανάγος

ΜΗ ΕΝΕΡΓΑ ΜΕΛΗ

1	1980	Ἰουνίου	11	Ἰωάννης Παππᾶς
2	1989	Ἰουνίου	6	Νικόλαος Βαλτικὸς

ΤΑΚΤΙΚΑ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΑΞΕΙΣ
ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑΝ ΔΙΟΡΙΣΜΟΥ

1. Τάξις τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

1	(1)	1963	Μαΐου	4	ΚΑΙΣΑΡ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ
2	(2)	1973	Μαρτίου	8	ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ
3	(3)	1977	Νοεμβρίου	25	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΕΡΙΚΑΣ
4	(4)	1981	Ἀπριλίου	7	ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ ΔΙΑΝΝΕΛΙΔΗΣ
5	(5)	1983	Ἰανουαρίου	5	ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ
6	(6)	1983	Μαρτίου	22	ΑΓΓΕΛΟΣ ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ
7	(7)	1984	Μαρτίου	16	ΠΑΥΛΟΣ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΔΗΣ
8	(8)	1984	Μαΐου	18	ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΤΣΑΝΙΩΤΗΣ
9	(9)	1987	Ἰανουαρίου	28	ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΑΡΤΕΜΙΑΔΗΣ
10	(10)	1989	Ἀπριλίου	20	ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΣΚΑΛΚΕΑΣ
11	(11)	1990	Νοεμβρίου	15	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΟΥΝΤΑΣ
12	(12)	1993	Ἰουλίου	7	ΠΑΝΟΣ ΔΙΓΟΜΕΝΙΔΗΣ
13	(13)	1994	Αὐγούστου	19	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΤΕΦΑΝΗΣ
14	(14)	1995	Ἀπριλίου	26	ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΠΑΝΑΓΟΣ

2. Τάξις τῶν Γραμμάτων καὶ τῶν Καλῶν Τεχνῶν.

15	(1)	1969	Ἀπριλίου	21	ΠΕΤΡΟΣ ΧΑΡΗΣ
16	(2)	1970	Φεβρουαρίου	6	ΜΕΝΕΛΑΟΣ ΠΑΛΛΑΝΤΙΟΣ
17	(3)	1977	Ἀπριλίου	14	ΣΟΛΩΝ ΚΥΔΩΝΙΑΤΗΣ
18	(4)	1980	Μαΐου	9	ΜΑΝΟΛΗΣ ΧΑΤΖΗΔΑΚΗΣ
19	(5)	1982	Αὐγούστου	31	ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ
20	(6)	1983	Ἰανουαρίου	5	ΜΙΧΑΗΛ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ
21	(7)	1984	Φεβρουαρίου	15	ΑΓΑΠΗΤΟΣ ΤΣΟΠΑΝΑΚΗΣ
22	(8)	1984	Μαΐου	9	ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΣΑΧΙΝΗΣ
23	(9)	1985	Σεπτεμβρίου	23	ΑΓΓΕΛΟΣ ΒΛΑΧΟΣ
24	(10)	1987	Ἰανουαρίου	28	ΤΑΣΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ
25	(11)	1990	Μαρτίου	29	ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΟΝΟΜΗΣ
26	(12)	1991	Ἰουνίου	26	ΧΡΥΣΑΝΘΟΣ ΧΡΗΣΤΟΥ
27	(13)	1991	Σεπτεμβρίου	25	ΣΠΥΡΟΣ ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ
28	(14)	1993	Ἰουλίου	7	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΤΕΤΣΗΣ
29	(15)	1994	Ὀκτωβρίου	14	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΚΑΜΠΙΤΟΓΛΟΥ
30	(16)	1994	Νοεμβρίου	30	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΓΡΟΛΛΙΟΣ

3. Τάξεις τών Ἠθικῶν καὶ τών Πολιτικῶν Ἐπιστημῶν.

31	(1)	1952	Ἀπριλίου	18	ΞΕΝΟΦΩΝ ΖΟΛΩΤΑΣ
32	(2)	1968	Ἰουνίου	7	ΜΙΧΑΗΛ ΣΤΑΣΙΝΟΠΟΥΛΟΣ
33	(3)	1974	Ἰουνίου	6	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ-ΝΟΥΤΑΡΟΣ
34	(4)	1983	Φεβρουαρίου	28	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΛΑΧΟΣ
35	(5)	1984	Μαρτίου	16	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΔΕΣΠΟΤΟΠΟΥΛΟΣ
36	(6)	1984	Μαρτίου	16	ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ
37	(7)	1987	Σεπτεμβρίου	2	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ
38	(8)	1992	Αύγουςτου	10	ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ
39	(9)	1993	Φεβρουαρίου	26	ΑΡΙΣΤΟΒΟΥΛΟΣ ΜΑΝΕΣΗΣ
40	(10)	1993	Μαΐου	17	ΖΗΖΙΟΥΛΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, Μητροπολίτης Περγάμου
41	(11)	1993	Ἰουλίου	7	ΜΑΡΚΟΣ ΣΙΩΤΗΣ

ΜΗ ΕΝΕΡΓΑ ΜΕΛΗ

Τάξεις τών Γραμμάτων καὶ τών Καλῶν Τεχνῶν.

1	(1)	1980	Ἰουνίου	11	ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΑΠΠΑΣ
---	-----	------	---------	----	----------------

Τάξεις τών Ἠθικῶν καὶ τών Πολιτικῶν Ἐπιστημῶν,

1	(1)	1989	Ἰουνίου	6	ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΒΑΛΤΙΚΟΣ
---	-----	------	---------	---	-------------------

ΕΠΙΤΙΜΑ ΜΕΛΗ

Τάξεις τών Ἠθικῶν καὶ τών Πολιτικῶν Ἐπιστημῶν.

1	(1)	1979	Μαΐου	25	VALERY GISCARD D'ESTAING
2	(2)	1991	Φεβρουαρίου	21	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΡΑΜΑΝΛΗΣ
3	(3)	1991	Φεβρουαρίου	28	RICHARD VON WEIZSAECKER

ΞΕΝΟΙ ΕΤΑΙΡΟΙ

1. Τάξεις τών Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

1	(1)	1975	Μαΐου	13	PAVLE SAVIĆ
2	(2)	1975	Μαΐου	13	DUSAN KANAZIR
3	(3)	1976	Ἀπριλίου	14	BARTEL LEENDERT VAN DER WAERDEN
4	(4)	1977	Δεκεμβρίου	21	ANGEL TONCHEV BALEVSKI
5	(5)	1980	Μαρτίου	20	CHARLES FEHRENBACH
6	(6)	1981	Μαΐου	8	FRANÇOIS GROS
7	(7)	1981	Μαΐου	8	CHRISTIAN DE DUVE

8	(8)	1982	Ἰουνίου	2	WILLIAM JOHNSON
9	(9)	1983	Σεπτεμβρίου	13	VICTOR HAMBARTSUMIAN
10	(10)	1983	Σεπτεμβρίου	13	FRANÇOIS LHERMITTE
11	(11)	1987	Ἰουνίου	26	SAUL KRUGMAN
12	(12)	1992	Ἀπριλίου	8	MICHAEL E. DeBAKEY

2. Τάξις τῶν Γραμμάτων καὶ τῶν Καλῶν Τεχνῶν.

13	(1)	1975	Ἰουλίου	29	HANS-GEORG BECK
14	(2)	1975	Ἰουλίου	29	HERBERT HUNGER
15	(3)	1977	Ἰανουαρίου	19	PIERRE DEMARGNE
16	(4)	1977	Ἰουνίου	17	WERNER PEEK
17	(5)	1979	Νοεμβρίου	3	LÉOPOLD SÉDAR SENGHOR
18	(6)	1980	Ἀπριλίου	2	HOMER THOMPSON
19	(7)	1988	Δεκεμβρίου	19	GIOVANNI PUGLIESE CARRATELLI
20	(8)	1990	Ἀπριλίου	2	PIERRE AMANDRY
21	(9)	1990	Μαΐου	31	JACQUELINE DE ROMILLY
22	(10)	1992	Ἰουνίου	19	ΒΑΣΟΣ ΚΑΡΑΓΙΩΡΓΗΣ
23	(11)	1993	Μαΐου	27	NICHOLAS G.L. HAMMOND

3. Τάξις τῶν Ἠθικῶν καὶ τῶν Πολιτικῶν Ἐπιστημῶν.

24	(1)	1970	Μαΐου	13	HANS-GEORG GADAMER
25	(2)	1974	Ἰανουαρίου	9	MICHAEL RAMSAY
26	(3)	1981	Ἰουνίου	9	MAURICE SAMUEL ROGER CHARLES DRUON
27	(4)	1983	Μαΐου	19	AMADOU-MAHTAR M'BOW
28	(5)	1983	Μαΐου	31	BERNARD CHENOT
29	(6)	1986	Μαρτίου	6	JEAN GUITTON
30	(7)	1987	Μαρτίου	16	NORBERTO BOBBIO
31	(8)	1988	Αὐγούστου	24	WASSILY LEONTIEF
32	(9)	1988	Αὐγούστου	24	MAX KASER
33	(10)	1991	Δεκεμβρίου	18	GEORGES VEDEL

ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΑ ΜΕΛΗ

1. Τάξις τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

1	(1)	1964	Αὐγούστου	7	ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΟΣ ΓΑΤΟΣ
2	(2)	1970	Μαΐου	18	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΑΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ

3	(3)	1970	Μαΐου	18	ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ ΚΑΡΑΜΠΑΤΣΟΣ
4	(4)	1970	Μαΐου	18	ΗΛΙΑΣ ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ
5	(5)	1971	Ἀπριλίου	29	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΟΥΡΑΤΩΦ
6	(6)	1971	Σεπτεμβρίου	29	HUBERT CURIEN
7	(7)	1973	Μαρτίου	10	ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΡΓΥΡΗΣ
8	(8)	1976	Ἀπριλίου	14	ΠΑΡΙΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ
9	(9)	1976	Ἀπριλίου	14	ΠΕΤΡΟΣ ΑΡΓΥΡΗΣ
10	(10)	1976	Ἀπριλίου	14	ZDENEK KOPAL
11	(11)	1976	Ἀπριλίου	14	ÁRÁPD SZABÓ
12	(12)	1976	Μαΐου	8	ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ΜΠΟΥΡΟΔΗΜΟΣ
13	(13)	1976	Ἰουνίου	19	ΑΔΡΙΑΝΟΣ ΜΕΛΙΣΣΗΝΟΣ
14	(14)	1978	Μαρτίου	8	ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΚΑΝΕΛΛΑΚΗΣ
15	(15)	1978	Αύγустου	16	ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΕΒΑΣΤΙΚΟΓΛΟΥ
16	(16)	1980	Μαρτίου	13	ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΟΣΧΟΒΑΚΗΣ
17	(17)	1980	Μαρτίου	17	ΙΩΑΝΝΗΣ ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ
18	(18)	1980	Μαρτίου	17	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΡΕΤΖΕΠΗΣ
19	(19)	1980	Μαρτίου	17	ΛΟΥΚΑΣ ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΥ
20	(20)	1980	Ἰουλίου	10	ΜΙΧΑΗΛ ΔΕΡΤΟΥΖΟΣ
21	(21)	1980	Ἰουλίου	10	ΜΙΧΑΗΛ ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗΣ
22	(22)	1981	Ἰανουαρίου	23	ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΑΡΩΝΗΣ
23	(23)	1981	Ἰανουαρίου	23	JEAN AUBOUIN
24	(24)	1983	Ἀπριλίου	28	JEAN JADIN
25	(25)	1983	Αύγустου	17	RONALD RAVEN
26	(26)	1983	Σεπτεμβρίου	13	ΟΜΗΡΟΣ ΜΑΝΤΗΣ
27	(27)	1984	Ἰανουαρίου	31	ΙΩΑΚΕΙΜ-ΜΑΚΗΣ ΤΣΑΠΟΓΑΣ
28	(28)	1984	Ἀπριλίου	23	CHARLES SÉRIÉ
29	(29)	1985	Φεβρουαρίου	22	ΣΤΡΑΤΗΣ ΑΒΡΑΜΕΑΣ
30	(30)	1985	Σεπτεμβρίου	12	ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΓΟΝΑΤΑΣ
31	(31)	1985	Δεκεμβρίου	20	ROBERT BLINC
32	(32)	1986	Ἰουλίου	13	LÉON LE MINOR
33	(33)	1988	Μαΐου	6	GEORGES COHEN
34	(34)	1988	Ἰουνίου	21	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΔΑΦΕΡΜΟΣ
35	(35)	1988	Ἰουνίου	21	ALEX FAIN
36	(36)	1988	Αύγустου	24	ΛΥΣΙΜΑΧΟΣ ΜΑΥΡΙΑΔΗΣ
37	(37)	1988	Αύγустου	24	PIERRE MERCIER
38	(38)	1989	Ἀπριλίου	20	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ

39	(39)	1989	Ἀπριλίου	20	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΕΛΛΑΗΣ
40	(40)	1989	Ἰουνίου	28	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ
41	(41)	1990	Ἀπριλίου	2	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΣΕΦΕΡΗΣ
42	(42)	1990	Ἀπριλίου	2	ΑΝΘΙΜΟΣ ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΙΔΗΣ
43	(43)	1991	Μαΐου	28	ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΠΟΥΛΟΣ
44	(44)	1992	Φεβρουαρίου	7	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΙΑΤΡΙΔΗΣ
45	(45)	1992	Φεβρουαρίου	7	ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΚΑΝΔΑΛΑΚΗΣ
46	(46)	1992	Αύγουστου	10	ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΝΙΚΟΛΗΣ
47	(47)	1992	Δεκεμβρίου	24	VICTOR SERGEEVICH VAVILOV
48	(48)	1993	Φεβρουαρίου	26	ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΑΠΑΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ
49	(49)	1993	Ἀπριλίου	23	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΩΡΑΙΟΠΟΥΛΟΣ
50	(50)	1994	Μαρτίου	7	ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΑΜΙΟΣ
51	(51)	1994	Σεπτεμβρίου	15	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ
52	(52)	1994	Σεπτεμβρίου	15	ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΤΕΦΑΝΙΔΗΣ
53	(53)	1994	Ὀκτωβρίου	14	ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΘΕΟΛΟΓΙΔΗΣ
54	(54)	1995	Ἀπριλίου	26	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΔΗΣ
55	(55)	1995	Ἀπριλίου	26	SIR NORMAN LESLIE BROWSE
56	(56)	1995	Σεπτεμβρίου	12	ΣΤΑΜΑΤΙΟΣ ΚΡΙΜΙΖΗΣ
57	(57)	1995	Σεπτεμβρίου	12	ΜΙΧΑΗΛ ΓΡΑΒΒΑΝΗΣ

2. Τάξεις τῶν Γραμμάτων καὶ τῶν Καλῶν Τεχνῶν.

58	(1)	1964	Ἀπριλίου	25	PETER VON DER MÜHLL
59	(2)	1974	Ἰανουαρίου	9	ARTHUR DALE TRENDALL
60	(3)	1974	Ἰανουαρίου	9	SIR STEVEN RUNCIMAN
61	(4)	1975	Ἰουλίου	29	JEAN POUILLOUX
62	(5)	1975	Σεπτεμβρίου	3	ORLOF GIGON
63	(6)	1976	Ἰουνίου	19	ΕΛΕΝΗ ΑHRWEILER-ΓΑΥΚΑΤΖΗ
64	(7)	1976	Σεπτεμβρίου	10	VOJISLAV DJURIĆ
65	(8)	1977	Ἰουλίου	1	ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΡΑΝΙΔΙΩΤΗΣ
66	(9)	1978	Μαΐου	29	HUGH LLOYD JONES
67	(10)	1978	Ἰουλίου	28	ΜΙΑΤΙΑΔΗΣ ΑΝΑΣΤΟΣ
68	(11)	1978	Αύγουστου	16	OLIVIER REVERDIN
69	(12)	1979	Ἰουλίου	6	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΟΒΟΛΕΝΣΚΥ
70	(13)	1980	Μαρτίου	28	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΑΦΟΠΟΥΛΟΣ
71	(14)	1980	Ἀπριλίου	2	PATRIC MICHAEL LEIGH FERMOR
72	(15)	1980	Ἀπριλίου	2	ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΚΡΙΑΡΑΣ
73	(16)	1980	Μαΐου	9	ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ
74	(17)	1980	Ἰουλίου	16	CHRISTOPHER MONTAGUE WOODHOUSE
75	(18)	1981	Ἰανουαρίου	26	HRATCH BARTIKIAN
76	(19)	1982	Μαρτίου	8	ΖΩΗ ΚΑΡΕΛΗ
77	(20)	1982	Μαρτίου	8	ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ ΑΛΕΞΙΟΥ
78	(21)	1982	Μαρτίου	8	ROBERT BROWNING

79	(22)	1983	Μαΐου	31	NIKOLAI TODOROV
80	(23)	1983	Αυγούστου	17	JEAN IRIGOIN
81	(24)	1983	Σεπτεμβρίου	6	ΚΥΡΙΑΚΟΣ ΧΑΤΖΗΓΩΑΝΝΟΥ
82	(25)	1984	Φεβρουαρίου	21	ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ
83	(26)	1984	Ἀπριλίου	27	ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ
84	(27)	1984	Ἰουνίου	25	GERARD VERBEKE
85	(28)	1991	Μαΐου	28	VINCENZO ROTOLO
86	(29)	1991	Μαΐου	28	ENRICA FOLLIERI
87	(30)	1991	Σεπτεμβρίου	25	MARCELLO GIGANTE
88	(31)	1991	Σεπτεμβρίου	25	BRUNO GENTILI
89	(32)	1991	Ὀκτωβρίου	11	FRANCISCO RODRIGUEZ ADRADOS
90	(33)	1992	Ὀκτωβρίου	29	ΣΠΥΡΟΣ ΒΡΥΩΝΗΣ
91	(34)	1992	Ἰουνίου	19	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΓΑΛΑΒΑΡΗΣ
92	(35)	1992	Αυγούστου	10	GILBERT DAGRON
93	(36)	1994	Φεβρουαρίου	16	CHRISTIAN MEIER
94	(37)	1994	Φεβρουαρίου	16	JOHN NICOLAS GOLDSTREAM
95	(38)	1994	Μαΐου	16	HELMUT KYRIELEIS
96	(39)	1995	Φεβρουαρίου	14	ERIE WALTER HANDLEY
97	(40)	1995	Φεβρουαρίου	14	BORIS FONKIC

3. Τάξις τῶν Ἠθικῶν καὶ τῶν Πολιτικῶν Ἐπιστημῶν.

98	(1)	1970	Μαΐου	13	RAYMOND KLIBANSKY
99	(2)	1970	Σεπτεμβρίου	30	PASQUALE DEL PRETE
100	(3)	1974	Ἰανουαρίου	9	GEORGE PATRICK HENDERSON
101	(4)	1975	Μαΐου	23	JEAN GAUDEMET
102	(5)	1975	Μαΐου	23	FRANCESCO MARIA DE ROBERTIS
103	(6)	1976	Ἀπριλίου	14	JOHANNES LOHMANN
104	(7)	1977	Ἰανουαρίου	14	VALENTIN GEORGESCU
105	(8)	1977	Ἀπριλίου	18	JEAN CARBONNIER
106	(9)	1977	Ἰουνίου	17	KLAUS OEHLER
107	(10)	1977	Ἰουνίου	17	GEORGES BALANDIER
108	(11)	1980	Ἰανουαρίου	21	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΒΑΒΙΑΝΟΣ
109	(12)	1981	Ἰουνίου	9	OTTO VON HABSURG LORRAINE
110	(13)	1981	Ἰουνίου	9	ΑΝΔΡΕΑΣ ΚΑΖΑΜΙΑΣ
111	(14)	1982	Ἰουλίου	2	ROGER MILLIEX
112	(15)	1983	Ἰανουαρίου	19	MARIO MONTUORI
113	(16)	1983	Μαΐου	31	JUAN GARCIA BACCA
114	(17)	1983	Σεπτεμβρίου	13	JOHN ANTON (ANTONOPOULOS)
115	(18)	1984	Ἀπριλίου	6	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΒΑΒΟΥΣΚΟΣ

116	(19)	1984	Ἀπριλίου	6	ΙΩΑΝΝΗΣ ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗΣ
117	(20)	1984	Ἀπριλίου	30	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΔΕΛΙΒΑΝΗΣ
118	(21)	1984	Ἰουνίου	25	ΜΕΝΕΛΑΟΣ ΤΟΥΡΤΟΓΛΟΥ
119	(22)	1984	Ἰουλίου	26	JOHN BRADEMAs
120	(23)	1985	Φεβρουαρίου	22	JOSEPH MÉLÉZE-MODRZEJEWSKI
121	(24)	1987	Αὐγούστου	12	ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΖΟΥΜΠΟΣ
122	(25)	1987	Αὐγούστου	12	ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΚΕΣΣΙΔΗΣ
123	(26)	1987	Αὐγούστου	12	RENÉ-JEAN DUPUY
124	(27)	1988	Αὐγούστου	24	DIETER SIMON
125	(28)	1990	Ἀπριλίου	2	PIERRE VILLARD
126	(29)	1990	Ἀπριλίου	2	KARL-HEINZ SCHWAB
127	(30)	1990	Ἀπριλίου	2	FRANCO SARTORI
128	(31)	1991	Δεκεμβρίου	18	ΔΑΜΑΣΚΗΝΟΣ ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ Μητροπολίτης Ἑλβετίας
129	(32)	1992	Μαΐου	26	EDWARD GOUGH WHITLAM
130	(33)	1992	Ἰουνίου	6	FRANÇOIS TERRÉ
131	(34)	1993	Φεβρουαρίου	26	ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΟΥΜΟΥΛΙΔΗΣ
132	(35)	1993	Μαΐου	5	ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΓΙΑΝΝΟΥΛΑΤΟΣ, Ἀρχιεπί- σκοπος Τιράνων & πάσης Ἀλβανίας
133	(36)	1993	Μαΐου	27	JOHN KENNETH GALBRAITH
134	(37)	1994	Ἀπριλίου	1	ΜΙΧΑΗΛ ΔΟΥΚΑΚΗΣ
135	(38)	1994	Ἰουνίου	30	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΚΟΥΡΗΣ
136	(39)	1995	Φεβρουαρίου	14	ΒΑΣΙΛΑΕΙΟΣ ΜΑΡΚΕΖΙΝΗΣ
137	(40)	1995	Ἀπριλίου	26	ΤΕΡΕΖΑ ΠΕΝΤΖΟΠΟΥΛΟΥ-ΒΑΛΛΑ

Δ'. ΥΠΗΡΕΣΙΑΙ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΑ ΕΡΕΥΝΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ

ΓΡΑΦΕΙΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ

- | | |
|---|--|
| 1. Έφορος τῶν Γραφείων | ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΓΙΟΚΑΡΗΣ |
| 2. Έπιμελητής τῶν Γραφείων | ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΣΕΙΡΑ. |
| 3. Βοηθοί | ΜΑΡΑ ΣΙΑΜΠΟΥ - ΔΟΓΑΝΗ. — ΕΡΑΣΜΙΑ ΡΑ-
ΝΙΟΥ - ΣΚΡΕΠΕΤΟΥ. — ΘΑΛΕΙΑ ΜΠΟΝΟΥ-
ΣΑΝΤΟΖΑ. — ΓΕΩΡΓΙΑ ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΥ. |
| 5. Γραφεῖς | ΜΑΡΓ. ΓΙΑΝΝΟΥΛΑΚΗ - ΓΙΟΚΑΡΗ. — ΕΛΕΝΗ
ΚΑΡΑΦΩΤΗ. — ΚΑΛΛΙΡΡΟΗ ΚΟΝΤΟΕ. — ΧΑΡΙ-
ΚΛΕΙΑ ΚΑΤΣΙΔΟΝΙΩΤΗ. |
| Γραφεὺς με σχέση ἐργασίας
ἰδιωτ. δικαίου | ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ ΚΟΝΤΟΕ — ΦΕΛΛΑ. |
| 4. Ὅδηγός | ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΚΑΦΙΔΑΣ. |
| 6. Κλητῆρες | ΦΩΤΙΟΣ ΜΠΤΑΣ. — ΧΡ. ΠΑΠΑΔΗΜΟΥΛΗΣ. —
ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΔΗΜΗΤΡΟΥΛΑΚΗΣ. |
| 7. Νυκτοφύλακες | ΓΕΩΡΓ. ΦΙΛΙΠΠΟΥΣΗΣ. — ΦΩΤΙΟΣ ΡΑΠΤΗΣ. |
| 8. Κηπουρός | ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΤΣΕΛΙΚΗΣ. |

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ

- | | |
|--------------------------|---|
| 1. Διευθυντής | ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ. |
| 1. Οικονομικοί υπάλληλοι | ΦΩΤΕΙΝΗ ΣΕΡΒΟΥ (ἀπεσπ. στὸ Πανεπ. Ἀθη-
νῶν). — ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΤΣΙΡΜΠΑΣ. — ΑΝΘΟΥΛΑ
ΑΝΔΡΕΔΑΚΗ. |
| 3. Γραφεῖς | ΑΜΒΡΟΣΙΟΣ ΚΑΠΠΟΣ. — ΣΟΦΙΑ ΚΑΤΣΙΚΑ - ΣΙΩ-
ΡΟΥ. — ΜΑΡΙΑ ΜΑΥΡΟΕΙΔΕΑ. — ΕΙΡΗΝΗ ΒΙΔΑ-
ΛΗ. — ΠΟΛΥΞΕΝΗ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΥ - ΠΑΠΠΑ. —
ΕΛΕΝΗ ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΗ. — ΜΑΡΙΑ ΚΑΖΟΥΡΗ. |

ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΣΧΕΣΕΩΝ (Τηλέφ. 36.43.104)

- | | |
|---|---------------------|
| 1. Εἰδικὸς Σύμβουλος | ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΚΑΡΕΝΤΖΟΣ. |
| 2. Γραφεὺς με σχέση ἐργασίας ἰδιωτ. δικαίου : | ΑΝΝΑ ΛΑΖΑΡΟΥ |

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ

(Τηλέφ. 36.43.067 - 36.00.207 - 36.00.209).

- Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπή: ΠΑΥΛΟΣ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΔΗΣ (Πρόεδρος). — ΑΠΟΣΤ. ΣΑΧΙΝΗΣ. — ΝΙΚ. ΑΡΤΕΜΙΑΔΗΣ. — ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ. — ΑΡΙΣΤ. ΜΑΝΕΣΗΣ.
- Σύμβουλος: ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ.
- Διευθυντής: ΚΩΝΣΤ. ΚΑΣΙΝΗΣ.
- Βιβλιοθηκονόμοι: ΒΑΣ. ΤΣΙΟΥΝΗ - ΦΑΤΣΗ (ἀπεσπ. εἰς Κέντρον Λαογρ.). — ΔΗΜΗΤΡΑ ΧΟΥΒΑΡΔΑ - ΚΑΝΑΚΗ. — ΖΩΗ ΡΩΠΑΓΤΟΥ (ἀπεσπ. ἐκ τοῦ Κέντρου Λαογρ.).
- Διοικητικὸς Ὑπάλληλος ΠΕ: ΠΑΥΛΟΣ ΓΙΑΜΑΣ.
- Γραφεῖς: ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΤΑΝΙΒΛΙΑΝ. — ΘΕΟΔ. ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ. — ΧΡΗΣΤΙΝΑ ΓΙΑΝ-
ΝΟΥΛΑΚΗ.

ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ

(Τηλ. 36.12.182)

1. Γ ρ α μ μ α τ ε ύ ς : ΑΠΟΣΤ. ΣΑΧΙΝΗΣ.
2. Σ ύ μ β ο υ λ ο ς : ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ.
3. Β ο η θ ο ί : ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ ΑΡΓΥΡΙΟΥ-ΣΑΡΤΖΕΤΑΚΗ. — ΕΛΕΝΗ ΜΑΝΙΝΟΥ - ΣΟΦΙΑΝΟΥ.

ΚΕΝΤΡΑ ΕΡΕΥΝΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ

Α'. Κέντρον Συντάξεως τοῦ Ἱστορικοῦ Λεξιμοῦ τῆς Νέας Ἑλληνικῆς Γλώσσης.

(Λεωφ. Συγγροῦ 129 καὶ Β. Δίπλα 1, 117 45 Ἀθήνα, τηλ. 93.44.806. Fax 93.16.350)

1. Ἐ φ ο ρ ε υ τ ι κ ῆ Ἐ π ι τ ρ ο π ῆ : Τακτικοί: ΜΑΝ. ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ (Πρόεδρος). — ΜΙΧ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ. — ΑΓΑΠ. ΤΣΟΠΑΝΑΚΗΣ. — ΑΓΓ. ΒΛΑΧΟΣ. — ΚΩΝΣΤ. ΓΡΟΛΛΙΟΣ. — Ἀναπληρωματικός: ΣΠΥΡΟΣ ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ.
2. Ἐ π ό π τ η ς : ΑΓΑΠ. ΤΣΟΠΑΝΑΚΗΣ.
3. Δ ι ε υ θ ύ ν ο υ ς α : ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΓΙΑΚΟΥΜΑΚΗ.
4. Ἐ ρ ε υ ν η τ α ί : ΣΤΑΥΡΟΣ ΚΑΤΣΟΥΛΕΑΣ. — ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΜΠΑΣΣΑ - ΜΠΕΖΑΝΤΑΚΟΥ. — ΑΘΑΝ. ΝΑΚΑΣ. — ΑΓΓ. ΑΦΡΟΥΔΑΚΗΣ. — ΓΕΩΡ. ΤΣΟΥΚΝΙΔΑΣ — ΝΙΚ. ΜΟΥΤΖΟΥΡΗΣ.
5. Ἐ π ι σ τ η μ ο ν ι κ ο ἰ σ υ ν ε ρ γ ά τ α ι : ΔΗΜ. ΚΡΕΚΟΥΚΙΑΣ, τ. Δ|τῆς. — ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΖΑΖΗΣ, καθηγητῆς Παν/μίου Θεσ/νίκης.
6. Γ ρ α φ ε ῖ ς : ΑΛΙΚΗ ΜΠΕΛΙΑ - ΠΟΥΓΓΙΑ. — ΑΘΑΝ. ΚΟΤΣΙΡΑΣ.

Β'. Κέντρον Ἐρεῦνης τῆς Ἑλληνικῆς Λαογραφίας.

(Λεωφ. Συγγροῦ 129 καὶ Β. Δίπλα 1, 117 45 Ἀθήνα, τηλέφ. 93.44.811, 93.70.030).

1. Ἐ φ ο ρ ε υ τ ι κ ῆ Ἐ π ι τ ρ ο π ῆ : Τακτικοί: ΜΕΝ. ΠΑΛΛΑΝΤΙΟΣ (Πρόεδρος). — ΜΑΝ. ΧΑΤΖΗΔΑΚΗΣ — ΑΓΓ. ΒΛΑΧΟΣ. — ΧΡΥΣ. ΧΡΗΣΤΟΥ. — ΣΠΥΡΟΣ ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ. — ΠΑΝΑΓ. ΤΕΤΣΗΣ. — ΠΑΝΟΣ ΛΙΓΟΜΕΝΙΔΗΣ — Ἀναπληρωματικός: ΚΩΝΣΤ. ΓΡΟΛΛΙΟΣ.
2. Ἐ π ό π τ η ς : ΑΓΓΕΛΟΣ ΒΛΑΧΟΣ.
3. Δ ι ε υ θ ύ ν ω ν : ΑΓΓ. ΔΕΥΤΕΡΑΙΟΣ.
4. Ἐ ρ ε υ ν η τ α ί : ΑΝΝΑ ΠΑΠΑΜΙΧΑΗΛ - ΚΟΥΤΡΟΜΠΑ. — ΓΕΩΡ. ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΙΔΗΣ. — ΕΛΕΝΗ ΨΥΧΟΓΙΟΥ. — ΜΙΡΑΝΤΑ ΤΕΡΖΟΠΟΥΛΟΥ. — ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΠΟΛΥΜΕΡΟΥ - ΚΑΜΗΛΑΚΗ. — ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΑΛΕΞΑΚΗΣ. — ΠΑΝΑΓ. ΚΑΜΗΛΑΚΗΣ. — ΑΛΙΚΗ ΠΑΛΗΟΔΗΜΟΥ. — ΖΩΗ ΡΩΠΑΪΤΟΥ (ἀπεσπ. εἰς τὴν Βιβλιοθ. τῆς Ἀκαδ.). — ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΤΣΙΟΥΝΗ - ΦΑΤΗΝ (ἀπεσπ. ἐκ τῆς Βιβλιοθ. τῆς Ἀκαδ.).
5. Ἐ ρ ε υ ν η τ ῆ ς μ ο υ σ ι κ ό ς : ΜΑΡΙΑ ΑΝΔΡΟΥΛΑΚΗ - ΣΑΚΑΡΕΛΛΟΥ.
6. Γ ρ α φ ε ῖ ς : ΕΥΦΗΜΙΑ ΜΑΥΡΙΔΟΥ.

Γ'. Κέντρον Ἐρεῦνης τοῦ Μεσαιωνικοῦ καὶ Νέου Ἑλληνισμοῦ.

(Ἀναγνωστοπούλου 14 καὶ Ἡρακλείτου, 106 73 Ἀθήνα, τηλ. 36.41.647, 36.23.404).

1. Ἐ φ ο ρ ε υ τ ι κ ῆ Ἐ π ι τ ρ ο π ῆ : Τακτικοί: ΜΑΝΟΛΗΣ ΧΑΤΖΗΔΑΚΗΣ (Πρόεδρος). — ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ. — ΜΙΧ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ. — ΑΠΟΣΤ. ΣΑΧΙΝΗΣ. — ΧΡΥΣ. ΧΡΗΣΤΟΥ. — Ἀναπληρωματικός: ΣΠΥΡΟΣ ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ.
2. Ἐ π ό π τ η ς : ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ.

3. Διευθυντής: ΔΗΜ. ΣΟΦΙΑΝΟΣ
4. Έρευνηταί: ΙΩΑΝΝΑ ΚΟΛΙΑ. — Κ. ΛΑΠΠΑΣ. — ΕΛΕΝΗ - ΝΙΚΗ ΑΓΓΕΛΟΜΑΤΗ ΤΣΟΥΓΚΑΡΑΚΗ. — ΠΗΝΕΛΟΠΗ ΣΤΑΘΗ. — ΡΟΔΗ - ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΣΤΑΜΟΥΛΗ. — ΔΗΜ. ΤΣΟΥΓΚΑΡΑΚΗΣ.

Δ'. Κέντρον Έρεύνης τῆς Ἱστορίας τοῦ Ἑλληνικοῦ Δικαίου.

(Ἀναγνωστοπούλου 14 καὶ Ἡρακλείτου, 106 73 Ἀθήνα, τηλέφ. 36.23.565).

1. Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Τακτικοί: ΜΙΧ. ΣΤΑΣΙΝΟΠΟΥΛΟΣ (Πρόεδρος). — ΓΕΩΡΓ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ - ΝΟΥΑΡΟΣ. — Γ. ΒΛΑΧΟΣ. — Γ. ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ. — ΑΡΙΣΤΟ-ΒΟΥΛΟΣ ΜΑΝΕΣΗΣ. — Ἀναπληρωματικός: ΜΑΡΚΟΣ ΣΙΩΤΗΣ.
2. Ἐπόπτης: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ.
3. Διευθυντής: ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΟΝΙΔΑΡΗΣ.
4. Έρευνητής: Γ. ΡΟΔΟΛΑΚΗΣ. — Γ. ΓΚΡΙΝΙΑΤΣΟΣ.
5. Συντάκται: ΛΥΔΙΑ ΠΑΠΑΡΡΗΓΑ - ΑΡΤΕΜΙΑΔΗ.

Ε'. Κέντρον Έρεύνης τῆς Ἱστορίας τοῦ Νεωτέρου Ἑλληνισμοῦ.

(Ἀναγνωστοπούλου 14 καὶ Ἡρακλείτου, 106 73 Ἀθήνα, τηλέφ. 36.33.380).

1. Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Τακτικοί: ΜΙΧ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ (Πρόεδρος). — Γ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ - ΝΟΥΑΡΟΣ. — ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ. — ΑΠΟΣΤ. ΣΑΧΙΝΗΣ. — ΚΩΝΣΤ. ΓΡΟΛΛΙΟΣ. — Ἀναπληρωματικοί: ΖΗΖΙΟΥΛΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ Μητροπολίτης Περγάμου. — ΜΑΡΚΟΣ ΣΙΩΤΗΣ.
2. Ἐπόπτης: ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ.
3. Διευθυντής: ΕΛΕΝΗ ΜΠΕΛΙΑ.
4. Έρευνηταί: ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΣΤΕΡΓΕΛΛΗΣ. — ΚΑΛΛΙΟΠΗ ΚΑΛΛΙΑΤΑΚΗ - ΜΕΡΤΙΚΟΠΟΥΛΟΥ. — ΕΥΘΥΜΙΟΣ ΣΟΥΛΟΓΙΑΝΝΗΣ. — ΕΛΕΝΗ ΓΑΡΔΙΚΑ - ΚΑΤΣΙΑΔΑΚΗ.
5. Ὑπάλληλος: ΜΑΡΙΑ ΣΠΗΛΙΩΤΟΠΟΥΛΟΥ.
6. Ἐπιστημονικὸς συνεργάτης: ΒΑΣ. ΠΛΑΓΙΑΝΑΚΟΥ - ΜΠΕΚΙΑΡΗ, τ. Δ|ντρια.

ς'. Κέντρον Ἐκδόσεως Ἔργων Ἑλλήνων Συγγραφέων ἀπὸ τῶν ἀρχαίων χρόνων μέχρι τῆς ἀλώσεως τῆς Κωνσταντινουπόλεως.

(Ἀναγνωστοπούλου 14 καὶ Ἡρακλείτου, 106 73 Ἀθήνα, τηλ. 36.02.691, 36.12.541).

1. Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Τακτικοί: ΕΥΑΓΓ. ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ (Πρόεδρος). — ΠΑΥΛΟΣ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΔΗΣ (Γεν. Γραμματεὺς). — ΑΓΑΠ. ΤΣΟΠΑΝΑΚΗΣ. — ΑΠΟΣΤ. ΣΑΧΙΝΗΣ. — ΤΑΣΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ. — ΝΙΚ. ΚΟΝΟΜΗΣ. — ΣΠΥΡΟΣ ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ. — ΜΑΡΚΟΣ ΣΙΩΤΗΣ. — ΚΩΝΣΤ. ΓΡΟΛΛΙΟΣ. — Ἀναπληρωματικός: ΚΩΝΣΤ. ΔΕΣΠΟΤΟΠΟΥΛΟΣ.
2. Ἐπόπτης: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΓΡΟΛΛΙΟΣ.
3. Διευθύνων: ΑΛΕΞ. ΚΕΣΙΣΟΓΛΟΥ.
4. Έρευνηταί: ΓΕΩΡΓΙΑ ΞΑΝΘΑΚΗ - ΚΑΡΑΜΑΝΟΥ. — ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΑΓΦΑΚΟΣ (ἐν ἀδείᾳ) — ΓΕΩΡ. ΒΑΣΙΛΑΡΟΣ. — ΑΘΑΝ. ΣΤΕΦΑΝΗΣ.
5. Γραφεῖς: ΕΛΕΝΗ ΧΑΤΖΟΥΔΗ - ΤΟΥΝΤΑ. — ΜΑΡΙΑ ΣΟΥΡΑΝΑΚΗ - ΑΡΦΑΝΗ.

Ζ'. Κέντρον Ἐρευνῶν Ἀστρονομίας καὶ Ἐφηρμοσμένων Μαθηματικῶν.

(Ἀναγνωστοπούλου 14 καὶ Ἡρακλείτου, 106 73 Ἀθήνα, τηλ. 36.31.606, 36.13.589).

1. Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Τακτικοί: ΠΕΡ. ΘΕΟΧΑΡΗΣ (Πρόεδρος). — ΚΑΙΣΑΡ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ. — ΑΓΓ. ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ. — ΝΙΚ. ΑΡΤΕΜΙΑΔΗΣ. — ΠΑΝ. ΛΙΓΟΜΕΝΙΔΗΣ. — Ἀναπληρωματικοί: ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ ΔΙΑΝΝΕΛΙΔΗΣ.
2. Ἐπόπτης: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΑΡΤΕΜΙΑΔΗΣ.
3. Διευθυντής: ΚΩΝΣΤ. ΠΟΥΛΑΚΟΣ.
4. Ἐρευνηταί: ΒΑΣ. ΤΡΙΤΑΚΗΣ. — ΒΑΣ. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ. — ΕΛΕΝΗ ΔΑΡΑ. — ΘΕΟΔΟΣ. ΖΑΧΑΡΙΑΔΗΣ. — ΙΩΑΝ. ΛΥΡΙΤΖΗΣ.
5. Ἐπιστημονικοὶ συνεργάται: ΛΥΣΙΜΑΧΟΣ ΜΑΥΡΙΔΗΣ, τ. Διευθυντής. — ΚΩΝΣΤ. ΓΟΥΔΑΣ.
6. Γραφεύς: ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΠΑΝΟΥΣΗ - ΚΟΥΝΤΟΥΡΙΩΤΟΥ.

Η'. Κέντρον Ἐρεύνης τῆς Ἑλληνικῆς Φιλοσοφίας.

(Ἀναγνωστοπούλου 14 καὶ Ἡρακλείτου, 106 73 Ἀθήνα, τηλέφ. 36.00.140).

1. Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Τακτικοί: ΓΕΩΡΓ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ-ΝΟΥΑΡΟΣ (Πρόεδρος). — ΚΩΝΣΤ. ΔΕΣΠΟΤΟΠΟΥΛΟΣ. — ΕΥΑΓΓ. ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ. — ΓΕΩΡΓ. ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ. — Μητροπολίτης Περγάμου ΙΩΑΝΝΗΣ (ΖΗΖΙΟΥΛΑΣ). — Ἀναπληρωματικοί: ΓΕΩΡΓ. ΜΕΡΙΚΑΣ. — ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΛΑΧΟΣ.
2. Ἐπόπτης: ΓΕΩΡΓ. ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ.
3. Διευθυντής: ANNA ΚΕΛΕΣΙΔΟΥ.
4. Ἐρευνηταί: ΔΗΜ. ΠΑΠΑΔΗΣ (ἐν ἀδείᾳ). — ANNA ΑΡΑΒΑΝΤΙΝΟΥ - ΜΠΟΥΡΛΟΓΙΑΝΝΗ.
5. Ἐπιστημονικὸς συνεργάτης: ΛΙΝΟΣ ΜΠΕΝΑΚΗΣ, τ. Διευθυντής.

Θ'. Γραφεῖον Ἐπιστημονικῶν Ὄρων καὶ Νεολογισμῶν.

(Σόλωνος 84, 106 80 Ἀθήνα, τηλέφ. 36.42.688).

1. Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Τακτικοί: ΑΓΓ. ΒΛΑΧΟΣ (Πρόεδρος). — ΓΕΩΡΓ. ΜΕΡΙΚΑΣ. — ΘΕΜΙΣΤ. ΔΙΑΝΝΕΛΙΔΗΣ. — ΑΓΑΠ. ΤΣΟΠΑΝΑΚΗΣ. — ΠΑΥΛΟΣ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΔΗΣ. — ΚΩΝ. ΔΕΣΠΟΤΟΠΟΥΛΟΣ. — ΝΙΚ. ΑΡΤΕΜΙΑΔΗΣ. — ΙΩΑΝΝ. ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ. — Ἀναπληρωματικοί: Γ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ - ΝΟΥΑΡΟΣ. — ΜΑΝΟΛΗΣ ΧΑΤΖΗΔΑΚΗΣ. — Ι. ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ. — ΚΩΝΣΤ. ΓΡΟΛΛΙΟΣ.
2. Ἐπόπτης: ΓΕΩΡΓ. ΜΕΡΙΚΑΣ.
3. Διευθυντής: ΤΙΤΟΣ ΓΙΟΧΑΛΑΣ.

Ι'. Κέντρον Ἐρεύνης Φυσικῆς τῆς Ἀτμοσφαιρας καὶ Κλιματολογίας.

(3ης Σεπτεμβρίου 131, 112 51 Ἀθήνα, τηλέφ. 88.32.048).

1. Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Τακτικοί: ΚΑΙΣΑΡ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ (Πρόεδρος). — ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ. — ΘΕΜ. ΔΙΑΝΝΕΛΙΔΗΣ. — ΑΓΓ. ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ. — ΠΑΥΛΟΣ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΔΗΣ. — Ἀναπληρωματικοί: Γ. ΜΕΡΙΚΑΣ. — Π. ΛΙΓΟΜΕΝΙΔΗΣ.

2. Ἐπόπτης: ΑΓΓ. ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ.
3. Διευθυντής: ΧΡΗΣΤΟΣ ΡΕΠΑΠΗΣ.
4. Ἐρευνηταί: ΚΩΝΣΤ. ΦΙΛΑΝΔΡΑΣ.
5. Ἐπιστημονικὸς συνεργάτης: ΧΡΗΣΤΟΣ ΖΕΡΕΦΟΣ, τ. Δ/ντής.

ΙΑ'. Κέντρον Ἐρεύνης τῆς Ἀρχαιότητος.

(Ἀναγνωστοπούλου 14 καὶ Ἡρακλείτου, 106 73 Ἀθήνα, τηλέφ. 36.00.040).

1. Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Τακτικοί: ΜΙΧ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ (Πρόεδρος). — ΜΑΝ. ΧΑΤΖΗΔΑΚΗΣ. — ΑΓΑΠ. ΤΣΟΠΑΝΑΚΗΣ. — ΧΡΥΣΑΝΘΟΣ ΧΡΗΣΤΟΥ. — ΣΠΥΡΟΣ ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ. — ΑΛΕΞ. ΚΑΜΠΙΤΟΓΛΟΥ. — Ἀναπληρωματικοί: Γ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ - ΝΟΥΑΡΟΣ. — ΚΩΝΣΤ. ΔΕΣΠΟΤΟΠΟΥΛΟΣ.
2. Ἐπόπτης: ΣΠΥΡΟΣ ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ.
3. Διευθυντής: ΜΑΡΙΑ ΠΗΛΙΑΗ.
4. Ἐρευνηταί: ΧΡ. ΜΠΟΥΛΩΤΗΣ. — ΑΓΛΑΪΑ ΟΡΦΑΝΙΔΗ - ΓΕΩΡΓΙΑΔΗ. — ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΔΑΝΙΗΛΙΔΟΥ.
5. Ἐπιστημονικὸς συνεργάτης: ΚΩΝΣΤ. ΜΠΟΥΡΑΖΕΛΗΣ, τ. Δ/ντής.

ΙΒ'. Κέντρον Ἐρεύνης τῆς Ἑλληνικῆς Κοινωνίας.

(Σόλωνος 84, 106 80 Ἀθήνα, τηλέφ. 36.03.028).

1. Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Τακτικοί: ΞΕΝΟΦΩΝ ΖΟΛΩΤΑΣ (Πρόεδρος). — ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΛΑΧΟΣ. — ΚΩΝΣΤ. ΔΕΣΠΟΤΟΠΟΥΛΟΣ. — Γ. ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ. — ΙΩΑΝ. ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ. — Ἀναπληρωματικός: Γ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ - ΝΟΥΑΡΟΣ.
2. Ἐπόπτης: ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ.
3. Διευθυντής: ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΓΚΙΖΕΛΗΣ.
4. Ἐρευνηταί: ΕΥΑ. ΚΑΛΠΟΥΡΤΖΗ - ΜΙΧΑΛΟΠΟΥΛΟΥ. — ΗΛΙΑΝΑ ΤΕΑΖΗ - ΑΝΤΩΝΑΚΟΠΟΥΛΟΥ. — ΜΑΡΙΑ - ΓΕΩΡΓΙΑ ΣΤΥΛΙΑΝΟΥΔΗ.
5. Γραφεύς: ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΠΑΡΙΣΣΗ.

ΙΓ'. Κέντρον Ἐρεύνης τῆς Βυζαντινῆς καὶ Μεταβυζαντινῆς Τέχνης.

(Ἀναγνωστοπούλου 14 καὶ Ἡρακλείτου, 106 73 Ἀθήνα, τηλ. 36.45.610, 36.37.186).

1. Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Τακτικοί: ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ (Πρόεδρος). — ΜΑΝΟΛΗΣ ΧΑΤΖΗΔΑΚΗΣ. — ΜΙΧ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ. — ΧΡΥΣ. ΧΡΗΣΤΟΥ. — ΣΠΥΡΟΣ ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ. — Ἀναπληρωματικός: ΜΑΡΚΟΣ ΣΙΩΤΗΣ.
2. Ἐπόπτης: ΜΑΝΟΛΗΣ ΧΑΤΖΗΔΑΚΗΣ.
3. Ἐρευνηταί: ΙΩΑΝΝΑ ΜΠΙΘΑ. — ΣΤΑΜΑΤΙΑ ΚΑΛΑΝΤΖΟΠΟΥΛΟΥ.

Ἐπιτροπὴ Ἐρευνῶν (Βουλῆς 27α, 105 57 Ἀθήνα, τελέφ. 32.33.662)

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΤΣΑΝΙΩΤΗΣ (Πρόεδρος). — ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ. — ΜΙΧ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ. — ΜΑΡΚΟΣ ΣΙΩΤΗΣ. — Ἀναπληρωματικὰ μέλη (ἀντίστοιχα): ΚΩΝΣΤ. ΤΟΥΝΤΑΣ. — ΜΑΝΟΛΗΣ ΧΑΤΖΗΔΑΚΗΣ. — ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΛΑΧΟΣ.

Προϊστάμενος Γραμματείας: ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΓΚΙΖΕΛΗΣ.

Ίδρυμα Κώστα και Έλένης Ουράνη (Ώθωνος 8, 105 57 Ἀθήνα, τηλ. 32.25.338).

1. Διοικητικὸν Συμβούλιον: ΠΕΤΡΟΣ ΧΑΡΗΣ (Πρόεδρος). — ΑΓΓΕΛΟΣ ΒΛΑΧΟΣ (Ἀντιπρόεδρος). — ΑΠΟΣΤ. ΣΑΧΙΝΗΣ (Γενικὸς Γραμματεὺς). — ΠΑΥΛΟΣ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΔΗΣ. — ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ. — ΤΑΣΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ. — ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΚΑΡΑΤΖΑΣ (Διοικητὴς Ἐθνικῆς Τραπεζῆς τῆς Ἑλλάδος).
2. Γραμματεὺς: ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΒΑΦΕΙΑΔΗΣ.
3. Συνεργάτες: ΙΟΡΔΑΝΗΣ ΙΟΡΔΑΝΙΔΗΣ. — ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΡΑΘΑΝΟΥ-ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΤΟΥ.
4. Ἐπιμελητῆς: ΘΕΟΧΑΡΟΥΛΑ ΤΣΟΛΚΑ.

Φιλοσοφικὴ Βιβλιοθήκη Ἑλλης Λαμπρίδη (Ύψηλάντου 9, 106 75 Ἀθήνα, τηλέφ. 72.19.587).

1. Ἐποπτικὴ Ἐπιτροπὴ: ΜΕΝ. ΠΑΛΛΑΝΤΙΟΣ. — ΚΩΝΣΤ. ΔΕΣΠΟΤΟΠΟΥΛΟΣ. — ΕΥΑΓΓ. ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ. — ΓΕΩΡΓ. ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ. — ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ.
2. Ἐπιστημονικὸς συνεργάτης: ΛΙΝΟΣ ΜΠΕΝΑΚΗΣ.

Ίδρυμα Ἱατροβιολογικῶν Ἐρευνῶν (Ἀπόλλωνος 11, 105 57 Ἀθήνα, τηλέφ. 32.25.064).

- Διοικητικὸν Συμβούλιον: ΓΡΗΓ. ΣΚΑΛΚΕΑΣ (Πρόεδρος). — ΘΕΜΙΣΤ. ΔΙΑΝΝΕΛΙΔΗΣ. — Π. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΔΗΣ. — ΝΙΚ. ΜΑΤΣΑΝΙΩΤΗΣ. — Κ. ΣΤΕΦΑΝΗΣ.

Γραφεῖον Ἐρευνας τῆς Νεοελληνικῆς Τέχνης (Σόλωνος 84, 106 80 Ἀθήνα).

Ἐπόπτης: ΧΡΥΣΑΝΘΟΣ ΧΡΗΣΤΟΥ.

Γραφεῖα Ἐρευνῶν τῆς Τάξεως τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν

(Βουλῆς 27α, 105 57 Ἀθήνα).

1. Γραφεῖον Ἐρεύνης τῆς Θεωρητικῆς καὶ Ἐφηρμοσμένης Μηχανικῆς.

(τηλέφ. 32.43.419 32.43.410. Fax 32.43.570)

Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Καῖσαρ Ἀλεξόπουλος, Περικλῆς Θεοχάρης, Ἄγγελος Γαλανόπουλος, Π. Λιγομενίδης.

Ἐπόπτης: Περικλῆς Θεοχάρης.

Γραφεύς: Ἄννα Ζωγραφάκη-Κωστοπούλου.

2. Γραφεῖον Φυσιῶν καὶ Χημικῶν Μελετῶν-Ἐρευνῶν.

Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Καῖσαρ Ἀλεξόπουλος, Ἄγγελος Γαλανόπουλος, Θεμιστ. Διαννελίδης, Παῦλος Σακελλαρίδης.

3. Γραφεῖον Βιολογικῶν Ἐρευνῶν.

Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Γεώργ. Μερίκας, Θεμ. Διαννελίδης, Ἰωάννης Παπαδάκης, Παῦλος Σακελλαρίδης, Νικ. Ματσανιώτης.

4. Γραφεῖον Ἐρεύνης τῆς Γεωργίας.

Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Περ. Θεοχάρης, Θεμ. Διαννελίδης, Ἰωάννης Παπαδάκης, Γρηγ. Σκαλκέας, Κωνστ. Τούντας.

5. Γραφεῖον Ἱατρικῶν Μελετῶν.

Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Γεώργ. Μερίκας, Νικ. Ματσανιώτης, Γρηγ. Σκαλκέας, Κωνστ. Τούντας, Θεμ. Διαννελίδης.

6. Γραφεῖον Ἐρευνῶν τῆς Ἐπιστήμης τῆς Πληροφορικῆς καὶ Ἡλεκτρονικῆς (Τηλ. 33.13.242).

Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Καῖσαρ Ἀλεξόπουλος (Πρόεδρος), Περικλῆς Θεοχάρης, Παῦλος Σακελλαρίδης, Κωνστ. Τούντας, Πάνος Λιγομενίδης (Ἐπόπτης). (Σόλωνος 84, 106 80 Ἀθήνα).

Γραφεῖον Ἐρεύνης Θεωρητικῶν Μαθηματικῶν (τηλ. 36.43.317. Fax. 24.33.210).

Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ: Περ. Θεοχάρης, Γεώργ. Μερίκας, Ἄγγελος Γαλανόπουλος, Νικ. Ἀρτεμιάδης.

Ε. ΕΥΕΡΓΕΤΑΙ, ΔΩΡΗΤΑΙ ΚΑΙ ΑΘΛΟΘΕΤΑΙ

ΕΥΕΡΓΕΤΑΙ

ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟΝ ΔΗΜΟΣΙΟΝ
 ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΤΣΟΥΦΛΗΣ
 ΙΩΑΝΝΗΣ ΒΟΖΟΣ
 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΔΩΡΙΔΗΣ
 ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΜΠΕΝΑΚΗΣ
 ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΑΥΡΟΓΕΝΗΣ
 ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΑΙ ΙΩΑΝΝΑ ΑΡΙΣΤΟΦΡΟΝΟΣ
 Η ΕΘΝΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
 ΕΛΕΝΑ ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ
 ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΚΟΝΔΥΛΗΣ
 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΙ ΑΝΘΗ ΑΙΓΙΝΗΤΟΥ
 ΑΝΔΡΕΑΣ ΑΝΔΡΕΑΔΗΣ
 ΟΥΡΑΝΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΟΥ
 ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΡΟΛΟΥ
 ΑΘΗΝΑ ΣΤΑΘΑΤΟΥ
 ΜΙΧΑΗΛ ΚΑΤΣΑΡΑΣ
 ΕΥΘΥΜΙΑ Ν. ΜΕΡΤΣΑΡΗ (τὸ γένος ΑΝΤ. ΚΤΕΝΑ)
 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΣ
 ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΔΙΟΜΗΔΗΣ
 ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Π. ΟΙΚΟΝΟΜΟΣ
 ΕΠΑΜΕΙΝΩΝΔΑΣ ΠΑΠΑΣΤΡΑΤΟΣ
 ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΜΑΤΡΑΓΚΑΣ
 ΠΕΤΡΟΣ ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ
 ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΚΟΥΤΡΕΜΕΝΟΣ
 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΦΩΤΕΙΝΟΣ
 ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΜΑΝΟΥΣΗΣ

ΔΩΡΗΤΑΙ ΚΑΙ ΑΘΛΟΘΕΤΑΙ

ΟΘΩΝ ΚΑΙ ΑΘΗΝΑ ΣΤΑΘΑΤΟΥ
 Ο ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΠΡΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΝ ΩΦΕΛΙΜΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
 ΚΙΤΣΟΣ ΜΑΚΡΥΓΙΑΝΝΗΣ

Η ΤΡΑΠΕΖΑ ΑΘΗΝΩΝ
 ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΛΑΜΠΙΚΗΣ
 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΛΕΣΧΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΑΣ
 Ο ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ
 Ο ΕΛΛΗΝΟΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ «ΑΧΕΠΑ»
 ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΑΡΕΤΑΙΟΣ
 Η ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
 Η ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ
 Η ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΑΤΟΝΤΑΕΤΗΡΙΔΟΣ ΑΔΑΜΑΝΤΙΟΥ ΚΟΡΑΗ
 ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΧΩΡΕΜΗ-ΜΠΕΝΑΚΗ
 ΤΟ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΝ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ
 ΤΑΚΗΣ ΚΑΝΔΗΛΩΡΟΣ
 Η ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΣΙΟΠΟΥΛΟΣ
 ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΥΛΩΝΟΠΟΥΛΟΣ
 ΤΟ ΜΕΤΟΧΙΚΟΝ ΤΑΜΕΙΟΝ ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΥΠΑΛΛΗΛΩΝ
 ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ
 ΙΩΑΝΝΗΣ Μ. ΚΑΤΣΑΡΑΣ
 ΕΡΑΣΜΙΑ ΜΥΚΟΝΙΟΥ
 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Ι. ΑΜΑΝΤΟΣ
 Ο ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΟΤΠΟΛΕΩΣ ΣΩΦΡΟΝΙΟΣ ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ
 ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Α. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ
 ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ Π. ΚΟΚΟΛΗ
 ΕΛΠΙΝΙΚΗ Μ. ΣΑΡΑΝΤΗ
 ΣΩΚΡΑΤΗΣ Β. ΚΟΥΓΕΑΣ
 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΝΟΠΟΥΛΟΣ
 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Τ. ΝΟΤΗ ΜΠΟΤΣΑΡΗΣ ΚΑΙ ΑΙΓΛΗ Δ. ΜΠΟΤΣΑΡΗ
 ΚΑΡΟΛΟΣ ΚΑΙ ΛΙΛΗ ΑΡΛΙΩΤΗ
 Η ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΟΡΤΑΣΜΟΥ ΕΚΑΤΟΝΤΑΕΤΗΡΙΔΟΣ ΕΝΩΣΕΩΣ ΕΠΤΑΝΗΣΟΥ
 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΦΩΚΑΣ
 ΣΟΦΙΑ ΦΡΕΙΔ. ΛΟΥΖΗ
 ΜΑΞΙΜΟΣ Κ. ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ
 ΑΜΙΛΚΑΣ ΑΛΙΒΙΖΑΤΟΣ
 ΕΙΡΗΝΗ ΑΛΙΒΙΖΑΤΟΥ
 ΛΙΛΥ ΔΡΑΚΟΥ
 Η ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

ΒΑΣΙΛΙΚΗ Γ. ΝΟΤΑΡΑ
ΜΑΡΙΑ Δ. ΚΟΚΚΙΝΟΥ
Ο ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΕΛΕΝΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΟΥ
Ο ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΣΑΝΤΩΝ ΕΙΣ ΤΗΝ ΕΥΑΓΓΕΛΙΚΗΝ ΣΧΟΛΗΝ ΣΜΥΡΝΗΣ
ΤΟ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΣΟΦΙΑ ΣΟΥΛΙΩΤΗ-ΝΙΚΟΛΑΪΔΟΥ
ΕΛΕΝΗ Κ. ΟΥΡΑΝΗ
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ
Ο ΔΗΜΟΣ ΞΑΝΘΗΣ
Η ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
Η PETROLA (HELLAS) A.E.
ΕΛΛΗ ΜΑΛΑΜΟΥ, ΛΙΝΑ ΤΣΑΛΔΑΡΗ, ΣΠΥΡΟΣ ΜΑΛΑΜΟΣ
ΤΟ ΙΕΡΟΝ ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ ΤΗΝΟΥ
Ο ΔΗΜΟΣ ΡΟΔΟΥ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΛΙΝΑΡΔΟΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΦΟΥΡΚΙΩΤΗΣ
ΕΛΕΝΗ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΔΟΥ
ΝΕΛΛΗ ΚΑΛΛΙΓΑ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΡΟΝΤΗΡΑΣ
ΑΥΡΗΛΙΑ ΚΟΜΝΗΝΟΥ
Η ΦΙΛΟΔΑΣΙΚΗ ΕΝΩΣΙΣ ΑΘΗΝΩΝ
ΑΓΙΣ ΣΑΡΑΚΗΝΟΣ
ΤΟ ΛΥΚΕΙΟΝ ΕΛΛΗΝΙΔΩΝ
ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΜΒΥΣΕΛΗΣ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΝΙΚΟΛΗ ΤΣΕΛΕΠΗΣ
ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΣΥΨΩΜΟΣ
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΛΟΒΕΡΔΟΣ
ΗΛΙΑΣ ΜΑΡΙΟΛΟΠΟΥΛΟΣ
ΤΟ ΕΜΠΟΡΙΚΟΝ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΝ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Κ. ΟΡΛΑΝΔΟΣ
ΑΡΙΣΤΟΚΛΗΣ ΑΝΔΡΕΑΔΗΣ
ΑΝΔΡΕΑΣ ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ
ΕΛΕΝΗ ΜΥΚΟΝΙΟΥ
ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΠΑΛΛΑΣ

Η ΟΡΓΑΝΩΣΙΣ «ΕΘΝΙΚΗ ΜΝΗΜΟΣΥΝΗ»
 Ο ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΕΝ ΑΤΤΙΚΗ, ΕΥΡΩΣΤΙΝΙΩΝ
 ΤΟ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ
 ΤΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
 (ΚΛΗΡΟΔΟΤΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΟΥ, ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΚΑΙ ΜΑΙΗΣ ΜΑΡΑΓΚΟΠΟΥΛΟΥ)
 ΓΑΛΑΤΕΙΑ ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ
 ΤΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΡΟΑΓΩΓΗΣ ΔΗΜΟΣΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΒΑΣ. ΜΠΟΤΣΗ
 Ο ΤΕΓΕΑΤΙΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ
 ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΙΕΡΩΝ. ΠΙΝΤΟΥ
 ΤΟ ΚΟΙΝΩΦΕΛΕΣ ΙΔΡΥΜΑ ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΝΗΣ ΠΟΡΦΥΡΟΓΕΝΗ
 Η ΚΟΙΝΟΤΗΣ ΒΑΜΟΥ ΑΠΟΚΟΡΩΝΟΥ
 ΡΕΝΑΤΑ ΜΙΑΤ. ΑΓΑΘΟΝΙΚΟΥ
 Η ΕΣΤΙΑ ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ
 Ο ΡΟΤΑΡΙΑΝΟΣ ΟΜΙΛΟΣ ΑΘΗΝΩΝ
 Ο ΡΟΤΑΡΙΑΝΟΣ ΟΜΙΛΟΣ ΓΛΥΦΑΔΑΣ
 ΛΟΥΚΙΑΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ
 ΤΟ ΚΟΙΝΩΦΕΛΕΣ ΙΔΡΥΜΑ «ΚΑΤΙΓΚΩ ΚΑΙ ΓΙΩΡΓΗΣ ΧΡ. ΛΑΙΜΟΣ»
 ΕΡΙΚΑ ΑΣΤΕΡ. ΝΤΑΗ
 ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑΚΗΣ
 ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΣΙΝΑΝΙΩΤΗΣ
 ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ
 ΛΗΔΑ ΚΡΟΝΤΗΡΑ-ΝΑΣΟΥΦΗ
 ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΚΟΚΚΙΝΟΥ
 ΕΛΕΝΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ
 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΑΝΤ. ΚΕΡΑΜΟΠΟΥΛΛΟΣ
 Η ΔΕΣΧΗ ΛΑΪΤΩΝΣ ΑΘΗΝΩΝ
 ΕΛΕΝΗ ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΥ-ΠΑΛΑΜΑ
 Ο ΔΗΜΟΣ ΛΑΓΚΑΔΙΩΝ
 ΙΣΜΗΝΗ ΓΕΩΡΓ. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ
 ΓΕΩΡΓΙΟΣ Α. ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ
 ΕΙΡΗΝΗ ΣΑΠΚΑ
 ΙΔΡΥΜΑ ΛΙΓΑΙΟΥ
 INTERAMERICAN
 ΙΔΡΥΜΑ ΚΩΣΤΑ ΚΑΙ ΕΛΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΗ
 ΙΔΡΥΜΑ ΧΑΡΙΛΑΟΥ ΚΕΡΑΜΕΩΣ
 ΕΛΠΙΔΑ ΜΑΝΤΖΩΡΟΥ

ΜΑΝΟΛΗΣ ΚΑΙ ΣΤΑΜΑΤΙΑ ΒΑΛΑΓΙΑΝΝΗ
ΣΥΜΕΩΝ ΠΑΛΟΠΟΥΛΟΣ
ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΑΘΗΝΩΝ Α.Ε.
ΤΟ ΚΟΙΝΩΦΕΛΕΣ ΙΔΡΥΜΑ «ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΩΝΑΣΗΣ»
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΥΛΩΝΑΣ
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΡΑΓΚΑΒΗ
ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΚΑΚΟΥΡΗ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΕΠΕΤΖΗΣ
ΣΠΥΡΟΣ ΖΕΡΒΟΣ
ΙΩΝ - ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΣΑΤΣΑΡΩΝΗΣ
INFORMA Α.Β.Ε.Ε.
ΛΙΑ Π. ΖΕΠΟΥ ΚΑΙ ΑΛΙΝ Π. ΖΕΠΟΥ
ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΘΡΑΚΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ
ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΑΓΑΠΗΤΙΔΗΣ
ΙΔΡΥΜΑ Α. Γ. ΛΕΒΕΝΤΗ
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΚΟΥΡΑΣ
ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ (ΝΙΝΑ) ΜΑΡΙΟΛΟΠΟΥΛΟΥ
ΛΑΖΑΡΟΣ ΕΦΡΑΙΜΟΓΛΟΥ
ΙΕΡΑ ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΣ ΚΑΛΑΒΡΥΤΩΝ ΚΑΙ ΑΙΓΙΑΛΕΙΑΣ
ΠΟΛΕΜΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ
ΑΝΩΝΥΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΝΙΚΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΩΝ «Η ΕΘΝΙΚΗ»
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΑΡΝΑΤΩΡΟΣ-ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΜΕΓΑΛΗΣ ΒΡΕΤΑΝΝΙΑΣ
ΗΡΑΚΛΗΣ Ν. ΠΕΤΙΜΕΖΑΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Ι. ΜΟΙΡΑΣ
ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΔΙΒΑΔΙΩΤΩΝ ΑΘΗΝΑΣ «ΓΕΩΡΓΙΑΚΗΣ ΟΛΥΜΠΙΟΣ»
ΝΙΚΟΛΑΟΣ Κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ
ΛΙΛΥ ΑΔ. ΔΡΑΚΟΥ
ΑΝΤΩΝΙΑ ΚΟΥΝΤΟΥΡΗ
ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΚΑΙ ΕΥΓΕΝΙΑ ΛΑΔΑ
ΕΙΡΗΝΗ Γ. ΠΑΠΑΓΩΑΝΝΟΥ
ΠΑΓΚΟΣ ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΞΕΣΤΕΡΝΟΣ
ΕΝΙΑΙΟΣ ΔΗΜΟΣΙΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΠΙΚΟΤΡΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΙΣΕΩΣ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΘΑΛΨΕΩΣ (ΕΔΟΕΑΠ)
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΚΑΡΑΝΑΣΤΑΣΗΣ
ΣΜΥΡΝΗ Φ. ΜΑΡΑΓΚΟΥ
Η ΕΦΗΜΕΡΙΣ «ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΛΑΡΙΣΗΣ»
ΕΥΤΥΧΙΑ Κ. ΕΥΤΑΞΙΟΠΟΥΛΟΥ
ΙΩΑΝΝΗΣ Π. ΑΛΑΤΖΑΣ
ΤΟ ΣΑΜΟΥΡΚΕΙΟ ΙΔΡΥΜΑ
Η ΤΡΑΠΕΖΑ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ-ΘΡΑΚΗΣ
Ο ΔΗΜΟΣ ΜΕΣΣΗΝΗΣ
ΛΕΑΑ Γ. ΜΥΛΩΝΑ
ΙΩΑΝΝΗΣ ΖΑΡΡΑΣ
ΕΚΔΟΤΙΚΟΣ ΟΙΚΟΣ ΑΔΕΛΦΩΝ ΚΥΡΙΑΚΙΔΗ

ΤΟ ΙΔΡΥΜΑ «ΛΕΩΝ ΛΕΜΟΣ»
 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Σ. ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ
 Η ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΝΩΣΗ ΔΗΜΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ
 STEVE MOSHONAS
 Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
 ΒΙΤΑ ΚΑΛΟΠΙΣΗ-ΞΑΝΘΑΚΗ
 ΛΙΖΑ ΣΚΟΥΖΕ
 ΣΤΕΛΙΟΣ καὶ ΕΛΛΗ ΙΩΑΝΝΟΥ
 ΜΙΧΑΛΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΛΗ

ΔΩΡΗΤΑΙ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ

Ο ΒΑΣΙΛΕΥΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Β΄
 Η ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ
 ΞΕΝΟΦΩΝ ΣΙΔΕΡΙΔΗΣ
 ΤΙΜΟΛΕΩΝ ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ
 ΣΟΛΩΝ ΘΕΟΔΟΤΟΥ
 ΚΛΗΡΟΝΟΜΟΙ ΧΡΙΣΤΟΥ Π. ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ
 ΤΟ ΤΑΜΕΙΟΝ ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΦΕΛΩΝ ΠΕΡΙΟΥΣΙΩΝ
 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΡΒΑΝΙΤΙΔΗΣ
 ΠΟΛΗ Ι. ΤΟΡΝΑΡΙΤΟΥ
 ΑΝΘΗ Δ. ΛΙΓΙΝΗΤΟΥ - ΑΙΓΛΗ Δ. ΜΠΟΤΣΑΡΗ
 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΡΑΘΕΟΔΩΡΗΣ
 ΤΕΚΝΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Κ. ΣΤΑΜΟΥΛΗ
 ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΜΑΝΟΥΣΗΣ
 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ
 ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΑΡΙΣΤΟΦΩΝ
 ΝΑΔΙΡΑ ΣΚΥΛΙΤΣΗ
 ΑΔΚΙΒΙΑΔΗΣ ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ
 ΛΕΩΝΙΔΑΣ ΦΙΛΙΠΠΙΔΗΣ
 ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΖΕΠΟΣ
 ΕΡΡΙΚΟΣ ΣΚΑΣΣΗΣ
 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΣΑΤΣΟΣ
 ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΚΑΣΙΜΑΤΗΣ
 ΦΑΙΝΗ ΧΑΤΖΙΣΚΟΥ ΚΑΙ ΙΩΑΝΝΑ ΒΕΡΓΙΟΠΟΥΛΟΥ
 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΔΑΝΙΗΛ
 ΗΛΙΑΣ ΜΑΡΙΟΛΟΠΟΥΛΟΣ
 ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΑΚΗΣ
 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ
 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΥΛΩΝΑΣ
 ΞΕΝΟΦΩΝ ΖΟΛΩΤΑΣ
 ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ
 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΟΥΝΤΑΣ

ζ.' ΠΡΟΕΔΡΟΙ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΣ ΣΥΣΤΑΣΕΩΣ ΑΥΤΗΣ

- 1926 ΦΩΚΙΩΝ ΝΕΓΡΗΣ
1927 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΧΑΤΖΗΔΑΚΙΣ
1928 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΖΕΓΓΕΛΗΣ
1929 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΑΙΓΙΝΗΤΗΣ
1930 ΚΩΣΤΗΣ ΠΑΛΑΜΑΣ
1931 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΤΡΕΪΤ
1932 ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΒΟΥΡΝΑΖΟΣ
1933 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΡΑΚΤΙΒΑΝ
1934 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΜΠΟΥΡΟΓΛΟΥ
1935 ΜΙΧΑΗΛ ΚΑΤΣΑΡΑΣ
1936 ΘΕΟΦΙΛΟΣ ΒΟΡΕΑΣ
1937 ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΑΖΑΡΑΚΗΣ
1938 ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΚΕΡΑΜΟΠΟΥΛΟΣ
1939 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΜΠΑΛΑΝΟΣ
1940 ΜΑΡΙΝΟΣ ΓΕΡΟΥΛΑΝΟΣ
1941 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΩΤΗΡΙΟΥ
1942 ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΕΞΑΡΧΟΠΟΥΛΟΣ
1943 ΣΤΥΡΙΑΩΝ ΔΟΝΤΑΣ
1944 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΑΜΑΝΤΟΣ
1945 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΠΑΛΗΣ
1946 ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ ΚΟΥΖΗΣ
1947 ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΛΙΤΣΟΥΝΑΚΗΣ
1948 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΠΟΥΛΟΣ
1949 ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΟΛΙΤΗΣ
1950 ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΟΡΛΑΝΔΟΣ
1951 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΡΙΔΑΚΗΣ
1952 ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
1953 ΣΩΚΡΑΤΗΣ ΚΟΥΓΕΑΣ
1954 ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΠΑΠΑΜΙΧΑΗΛ
1955 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΙΩΑΚΕΙΜΟΓΛΟΥ
1956 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΡΩΜΑΙΟΣ
1957 ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΠΟΥΛΙΤΣΑΣ
1958 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΟΣΜΕΤΑΤΟΣ
1959 ΣΠΥΡΟΣ ΜΕΛΑΣ

- 1960 ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΜΠΡΑΤΣΙΩΤΗΣ
1961 ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΡΙΚΚΑΛΙΝΟΣ
1962 ΕΠΑΜΕΙΝΩΝΔΑΣ ΘΩΜΟΠΟΥΛΟΣ
1963 ΙΩΑΝΝΗΣ ΘΕΟΔΩΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ
1964 ΙΩΑΝΝΗΣ ΞΑΝΘΑΚΗΣ
1965 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ
1966 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΣΑΤΣΟΣ
1967 ΜΑΞΙΜΟΣ ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ
1968 ΕΡΡΙΚΟΣ ΣΚΑΣΣΗΣ
1969 ΑΜΙΑΚΑΣ ΑΛΙΒΙΖΑΤΟΣ
1970 ΛΕΩΝΙΔΑΣ ΖΕΡΒΑΣ
1971 ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΜΑΡΙΝΑΤΟΣ
1972 ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΚΑΣΙΜΑΤΗΣ
1973 ΗΛΙΑΣ ΜΑΡΙΟΛΟΠΟΥΛΟΣ
1974 ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΖΑΚΥΘΗΝΟΣ
1975 ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΖΕΠΟΣ
1976 ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΛΟΥΤΡΟΣ
1977 ΠΕΤΡΟΣ ΧΑΡΗΣ
1978 ΜΙΧΑΗΛ ΣΤΑΣΙΝΟΠΟΥΛΟΣ
1979 ΚΑΙΣΑΡ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ
1980 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΥΛΩΝΑΣ
1981 ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΡΜΙΡΗΣ
1982 ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ
1983 ΜΕΝΕΛΑΟΣ ΠΑΛΛΑΝΤΙΟΣ
1984 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ-ΝΟΤΑΡΟΣ
1985 ΛΟΥΚΑΣ ΜΟΥΣΟΥΛΟΣ
1986 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΡΥΠΑΝΗΣ
1987 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΠΟΝΗΣ
1988 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΕΡΙΚΑΣ
1989 ΣΟΛΩΝ ΚΥΔΩΝΙΑΤΗΣ
1990 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΛΑΧΟΣ
1991 ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΟΥΜΠΑΣ
1992 ΜΙΧΑΗΛ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ
1993 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΔΕΣΠΟΤΟΠΟΥΛΟΣ
1994 ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ ΔΙΑΝΝΕΛΙΔΗΣ

1995 ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ
 1996 ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ

Ζ.' ΓΕΝΙΚΟΙ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΣ

1926-1933 ΣΙΜΟΣ ΜΕΝΑΡΔΟΣ
 1933-1934 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΑΙΓΙΝΗΤΗΣ
 1934-1951 ΓΕΩΡΓΙΟΣ Π. ΟΙΚΟΝΟΜΟΣ
 1951-1956 ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Σ. ΜΠΑΛΑΝΟΣ
 1956-1966 ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Κ. ΟΡΛΑΝΔΟΣ
 1966-1981 ΙΩΑΝΝΗΣ ΘΕΟΔΩΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ
 1981-1984 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΡΥΠΑΝΗΣ
 1984-1989 ΜΕΝΕΛΑΟΣ ΠΑΛΛΑΝΤΙΟΣ
 1990-1994 ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ
 1995- ΠΑΥΛΟΣ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΔΗΣ

Η.' ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΣ ΕΠΙ ΤΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ

1926-1927 ΚΩΣΤΗΣ ΠΑΛΑΜΑΣ
 1927-1934 ΓΕΩΡΓΙΟΣ Π. ΟΙΚΟΝΟΜΟΣ
 1934-1943 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΔΥΟΒΟΥΝΙΩΤΗΣ
 1943-1951 ΣΩΚΡΑΤΗΣ ΚΟΥΓΕΑΣ
 1951-1956 ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Κ. ΟΡΛΑΝΔΟΣ
 1956-1963 ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
 1963-1968 ΗΛΙΑΣ ΒΕΝΕΖΗΣ
 1968-1969 ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΖΑΚΥΘΗΝΟΣ
 1970-1971 ΟΘΩΝ ΠΥΛΑΡΙΝΟΣ
 1971-1972 ΠΕΤΡΟΣ ΧΑΡΗΣ
 1972-1975 ΙΩΑΝΝΗΣ ΧΑΡΑΜΗΣ
 1975-1977 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ-ΝΟΥΑΡΟΣ
 1977-1980 ΜΕΝΕΛΑΟΣ ΠΑΛΛΑΝΤΙΟΣ
 1981-1990 ΜΑΝΟΛΗΣ ΧΑΤΖΗΔΑΚΗΣ
 1990-1993 ΜΑΝΟΥΣΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑΣ
 1994- ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΟΝΟΜΗΣ

Θ.' ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΣ ΕΠΙ ΤΩΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ

1926-1927 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΔΡΟΣΙΝΗΣ
 1927-1928 ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΡΕΜΟΥΝΔΟΣ
 1928-1935 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΤΕΝΑΣ
 1935-1950 ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
 1950-1966 ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΛΙΤΣΟΥΝΑΚΗΣ
 1966-1994 ΙΩΑΝΝΗΣ ΞΑΝΘΑΚΗΣ
 1994- ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΣΑΧΙΝΗΣ

I. ΕΚΛΙΠΟΝΤΑ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

Τακτικά Μέλη :

1. Ἀγγελόπουλος Ἀγγελος	1976 - 1995
2. Ἀθανασιάδης-Νόβας Γεώργιος	1955 - 1987
3. Αἰγινήτης Βασίλειος	1952 - 1959
4. Αἰγινήτης Δημήτριος	1926 - 1934
5. Ἀλιβιζᾶτος Ἀμίλιας	1962 - 1969
6. Ἀμαντος Κωνσταντῖνος	1926 - 1960
7. Ἀνδρεάδης Ἀνδρέας	1926 - 1935
8. Ἀντωνιάδης Χαράλαμπος	1994 - 1995
9. Ἀργυρός Οὐμβέρτος	1959 - 1963
10. Βαρβαρέσος Κυριάκος	1936 - 1957
11. Βασιλειάδης Πέτρος	1979 - 1992
12. Βασιλείου Φίλων	1966 - 1983
13. Βέης Κωνσταντῖνος	1926 - 1963
14. Βέης Νίκος	1943 - 1958
15. Βενέζης Ἡλίας	1957 - 1973
16. Βορέας Θεόφιλος	1926 - 1954
17. Βουρνάζος Ἀλέξανδρος	1926 - 1954
18. Βρεττάκος Νικηφόρος	1987 - 1991
19. Γεωργιάκης Ἰωάννης	1989 - 1993
20. Γερουλᾶνος Μαρῖνος	1933 - 1960
21. Γκίνης Ἀγγελος	1926 - 1928
22. Δημητριάδης Κωνσταντῖνος	1936 - 1943
23. Διομήδης Ἀλέξανδρος	1945 - 1950
24. Δοντᾶς Σπυρίδων	1931 - 1958
25. Δροσίνης Γεώργιος	1926 - 1951
26. Δυοβουνιώτης Κωνσταντῖνος	1928 - 1943
27. Ἐμμανουήλ Ἐμμανουήλ	1926 - 1972
28. Ἐξαρχόπουλος Νικόλαος	1929 - 1960
29. Εὐσταθιάδης Κωνσταντῖνος	1978 - 1979
30. Ζακυθινός Διονύσιος	1966 - 1993
31. Ζέγγελης Κωνσταντῖνος	1926 - 1957
32. Ζέπος Παναγιώτης	1970 - 1985
33. Ζέρβας Λεωνίδας	1956 - 1980
34. Ζερβός Παναγιώτης	1946 - 1952
35. Ἡλιόπουλος Τιμολέων	1926 - 1932
36. Θεοδωρακόπουλος Ἰωάννης	1960 - 1981
37. Θωμόπουλος Ἐπαμεινώνδας	1945 - 1976
38. Ἰακωβίδης Γεώργιος	1929 - 1932
39. Ἰσαακίδης Κωνσταντῖνος	1949 - 1959
40. Ἰωακείμογλου Γεώργιος	1929 - 1979
41. Καββαδίας Παναγῆς	1926 - 1928
42. Καλιτσουνάκης Ἰωάννης	1926 - 1966

43. Καλομοίρης Μανόλης	1945 - 1962
44. Καμπούρογλους Δημήτριος	1927 - 1942
45. Κανελλόπουλος Παναγιώτης	1959 - 1986
46. Καραγκούνης Γεώργιος	1984 - 1990
47. Καραθεοδωρής Κωνσταντῖνος	1926 - 1950
48. Καρμίρης Ἰωάννης	1974 - 1992
49. Καροῦζος Χρῆστος	1955 - 1967
50. Κασσιμάτης Γρηγόριος	1968 - 1987
51. Κατσαρᾶς Μιχαήλ	1929 - 1939
52. Κεραμόπουλος Ἀντώνιος	1926 - 1960
53. Κόκκινος Διονύσιος	1950 - 1967
54. Κοντὸς Πέτρος	1940 - 1941
55. Κοσμετᾶτος Φωκᾶς Γεώργιος	1945 - 1973
56. Κουγέας Σωκράτης	1929 - 1966
57. Κούζης Ἀριστοτέλης	1932 - 1961
58. Κουκουλᾶς Φαίδων	1951 - 1956
59. Κουρεμένος Βασίλειος	1926 - 1957
60. Κουρουνιώτης Κωνσταντῖνος	1929 - 1945
61. Κριμπᾶς Βασίλειος	1960 - 1965
62. Κτενᾶς Κωνσταντῖνος	1926 - 1935
63. Κυριακὸς Γεώργιος	1934 - 1954
64. Λαμπαδάριος Δημήτριος	1928 - 1950
65. Λιβαδᾶς Μιχαήλ	1926 - 1931
66. Λούβαρις Νικόλαος	1960 - 1961
67. Λοῦρος Νικόλαος	1966 - 1986
68. Λυκούδης Στυλιανὸς	1939 - 1958
69. Μαζαράκης Ἀλέξανδρος	1928 - 1943
70. Μαθιόπουλος Παῦλος	1949 - 1956
71. Μαλάμος Βασίλειος	1970 - 1973
72. Μαλτέζος Κωνσταντῖνος	1926 - 1951
73. Μαριδάκης Γεώργιος	1941 - 1979
74. Μαρινᾶτος Σπυρίδων	1955 - 1974
75. Μαριολόπουλος Ἡλίας	1966 - 1991
76. Μέγας Γεώργιος	1970 - 1976
77. Μελᾶς Σπῦρος	1935 - 1966
78. Μενάρδος Σῆμος	1926 - 1933
79. Μητσόπουλος Μάξιμος	1955 - 1968
80. Μούσουλους Λουκᾶς	1977 - 1993
81. Μπαλᾶνος Δημήτριος	1931 - 1959
82. Μπαλῆς Γεώργιος	1931 - 1957
83. Μπόνης Κωνσταντῖνος	1978 - 1990

84. Μπρατσιώτης Παναγιώτης	1955 - 1982
85. Μυλωνάς Γεώργιος	1970 - 1988
86. Μυριβήλης Στρατής	1958 - 1969
87. Νέγρης Φωκίων	1926 - 1928
88. Νικολαΐδης Ρήγας	1926 - 1928
89. Νιρβάνας Παύλος	1928 - 1937
90. Ξαυθάκης Ίωάννης	1955 - 1994
91. Ξενόπουλος Γρηγόριος	1931 - 1951
92. Ξυγγόπουλος Άνδρέας	1966 - 1979
93. Οικονόμος Γεώργιος	1926 - 1951
94. Όρλάνδος Άναστάσιος	1926 - 1979
95. Παλαμᾶς Κωστής	1926 - 1943
96. Πανατζής Γεώργιος	1970 - 1973
97. Παπαδόπουλος Χρυσόστομος, Άρχιεπίσκοπος	1926 - 1938
98. Παπαϊωάννου Κωνσταντῖνος	1960 - 1979
99. Παπαμιχαήλ Γρηγόριος	1945 - 1956
100. Παπανουῦτσος Εὐάγγελος	1980 - 1982
101. Παπαντωνίου Ζαχαρίας	1938 - 1940
102. Παπατσώνης Παναγιώτης	1968 - 1976
103. Παππούλιας Δημήτριος	1926 - 1932
104. Πετρίδης Πέτρος	1959 - 1977
105. Πετσάλης-Διομήδης Άθ.	1977 - 1995
106. Πικιώνης Δημήτριος	1966 - 1968
107. Πολίτης Ίωάννης	1926 - 1968
108. Πολίτης Λίνος	1980 - 1982
109. Πολίτης Νικόλαος	1926 - 1942
110. Πουλίτσας Παναγιώτης	1947 - 1968
111. Πρεβελάκης Παντελής	1977 - 1986
112. Προβελέγγιος Άριστομένης	1926 - 1936
113. Πυλαρινός Όθων	1966 - 1990
114. Ρακτιβάν Κωνσταντῖνος	1926 - 1935
115. Ράλλης Κωνσταντῖνος	1929 - 1942
116. Ρεμοῦνδος Γεώργιος	1926 - 1928
117. Ρουσσόπουλος Νικόλαος	1973 - 1980
118. Ρωμαῖος Κωνσταντῖνος	1945 - 1966
119. Ρωμαῖος Κωνσταντῖνος	1980 - 1992
120. Σάββας Κωνσταντῖνος	1926 - 1929
121. Σεφεριάδης Στυλιανός	1933 - 1951
122. Σκαρπαλέζος Σπυρίδων	1981 - 1991
123. Σιάσσης Έρρικός	1955 - 1977
124. Σιλίπης Σωτήριος	1945 - 1952
125. Σκλαβοῦνος Γεώργιος	1926 - 1954

126.	Σόντης Ἰωάννης	1980 - 1982
127.	Σπυρόπουλος Ἰωάννης	1955 - 1972
128.	Σταματάκος Ἰωάννης	1959 - 1968
129.	Στεφανίδης Μιχαήλ	1938 - 1957
130.	Στρέϊτ Γεώργιος	1927 - 1948
131.	Σωτηριάδης Γεώργιος	1926 - 1942
132.	Σωτηρίου Γεώργιος	1926 - 1965
133.	Σῶχος Ἀντώνιος	1965 - 1975
134.	Τενελίδης Γεώργιος	1986 - 1990
135.	Τερζάκης Ἄγγελος	1974 - 1979
136.	Τόμπρος Μιχαήλ	1968 - 1974
137.	Τούμπας Ἰωάννης	1979 - 1995
138.	Τριανταφυλλόπουλος Κωνσταντῖνος	1933 - 1966
139.	Τρικκαλινός Ἰωάννης	1947 - 1980
140.	Τρυπάνης Κωνσταντῖνος	1974 - 1993
141.	Τσατσᾶς Γεώργιος	1974 - 1987
142.	Τσάτσος Κωνσταντῖνος	1961 - 1987
143.	Τσουντας Χρῆστος	1926 - 1934
144.	Φαληρέας Βάσος	1976 - 1979
145.	Φιλιππίδης Χρῦσανθος, Ἀρχιεπίσκοπος	1939 - 1949
146.	Φωκᾶς Γεράσιμος	1926 - 1937
147.	Φωκᾶς Δημήτριος	1960 - 1966
148.	Φωτεινός Γεώργιος	1954 - 1958
149.	Χαραμῆς Ἰωάννης	1967 - 1978
150.	Χαριτωνίδης Χαρίτων	1946 - 1954
151.	Χατζηκυριάκος-Γκίκας Νικόλαος	1974 - 1994
152.	Χατζιδάκης Γεώργιος	1926 - 1941
153.	Χωρέμης Κωνσταντῖνος	1958 - 1966

Πρόσεδρα Μέλη :

1.	Γεδεών Μανουήλ	1929 - 1943
2.	Γεωργαλάς Γεώργιος	1939 - 1980
3.	Ζαλοκώστας Πέτρος	1928 - 1941
4.	Μανουσάκης Ἐμμανουήλ	1946 - 1968
5.	Μωραϊτίδης Ἀλέξανδρος	1928 - 1929
6.	Ούράνη Ἐλένη	1970 - 1971

Ἐπίτιμα Μέλη :

1.	Eisenhower Dwight	1959 - 1969
2.	Μητρόπουλος Δημήτριος	1933 - 1960
3.	Παπανικολάου Γεώργιος	1957 - 1962

Ξένοι Ἐταῖροι:

1.	Abderhalden Emil	1938 - 1950
----	------------------	-------------

2. Arangio-Ruiz Vincenzo	1963 - 1964
3. Battifol Henry	1979 - 1989
4. Bea Agostino	1965 - 1968
5. Beazley Sir John	1963 - 1970
6. Calogero Guido	1976 - 1986
7. Chantraine Pierre	1974 - 1974
8. Croiset Maurice	1933 - 1935
9. De Vries Hugo	1933 - 1935
10. Dölger Franz	1963 - 1968
11. Doerpfeld Wilhelm	1933 - 1940
12. Duke-Elder Stewart, Sir	1969 - 1978
13. Einstein Albert	1933 - 1955
14. Evans Sir Arthur	1933 - 1941
15. Faure Edgar	1982 - 1989
16. Fleming Alexander	1952 - 1955
17. Georgiev Vladimir	1978 - 1986
18. Grabar André	1981 - 1991
19. Grégoire Henri	1963 - 1964
20. Hale George	1933 - 1938
21. Herriot Eduard	1933 - 1957
22. Hiller von Coetringen Friedrich	1933 - 1947
23. Jaeger Werner	1953 - 1961
24. Jaspers Karl	1963 - 1969
25. Jonguet Pierre	1947 - 1949
26. Jorga Nicolas	1933 - 1940
27. Kühn Othmar	1964 - 1975
28. Kunkel Wolfgang	1963 - 1981
29. Lacroix Alfred	1933 - 1960
30. Lallemand André	1969 - 1978
31. Lavagnini Bruno	1974 - 1992
32. Lemerle Paul	1967 - 1989
33. Lesky Albin	1967 - 1981
34. Levi Doro	1974 - 1991
35. Meritt Benjamin	1967 - 1991
36. Messelière Pierre de la Coste	1973 - 1975
37. Millet Gabriel	1948 - 1953
38. Montel Paul	1964 - 1975
39. Morandière Léon-Julliot de la	1963 - 1968
40. Moravcik Cyula	1966 - 1972
41. Murray Gilbert	1956 - 1957
42. Oberhammer Eugen	1937 - 1944
43. Ostrogorsky Georg	1967 - 1970

44. Page Denys, Sir	1977 - 1978
45. Painlevé Paul	1933 - 1933
46. Philippson Alfred	1933 - 1953
47. Picard Emile	1933 - 1945
48. Picard Charles	1947 - 1965
49. Pierre Devambe	1975 - 1980
50. Planck Max	1933 - 1947
51. Pottier Edmond	1933 - 1934
52. Radojčić Svetozar	1976 - 1980
53. Robert Louis	1966 - 1985
54. Rohlf's Gerhard	1966 - 1986
55. Rutherford Ernest, Lord	1933 - 1937
56. Scheltoma Herman Jean	1978 - 1981
57. Σοκολώφ 'Ιωάννης	1933 - 1937
58. Stille Hans	1964 - 1966
59. De Vischer Fernand	1963 - 1964
60. Volterra Vito	1933 - 1940
61. Wilcken Ulrich	1933 - 1944
62. Wilhelm Adolf	1933 - 1950
63. Wolters Paul	1933 - 1936

Ἀντεπιστέλλοντα Μέλη :

1. Ἀλεξανδρίδης Κάρολος	1961 - 1977
2. Ἀλεξόπουλος Κωνσταντῖνος	1978 - 1986
3. Ἀναστασιάδης 'Ιωάννης	1970 - 1988
4. Ἀνδρόνικος Μανόλης	1980 - 1992
5. Ἀντωνιάδου Σοφία	1950 - 1972
6. Ἀντωνοπούλου Ἐλένη	1940 - 1944
7. Ἀργέντης Φίλιππος	1947 - 1974
8. Αὐγερινός Χρῆστος	1959 - 1977
9. Ashburner Walter	1933 -
10. Balogh Elemer	1950 -
11. Baud-Bovy Samuel	1967 - 1986
12. Βιζουκίδης Περικλῆς	1951 - 1956
13. Βλαστός Γρηγόριος	1988 - 1991
14. Βογιατζίδης 'Ιωάννης	1947 - 1961
15. Bonner Robert	1933 -
16. Broneer Oscar	1976 - 1992
17. Γαλάνης Δημήτριος	1950 - 1966
18. Γεννάδιος 'Ιωάννης	1929 - 1932

19. Γεωργιάδης Θρασύβουλος	1974 - 1977
20. Clotz Gustave	1933 - 1938
21. Γραμματικάκης Παναγιώτης	1980 - 1985
22. Dakin Douglas	1971 - 1995
23. Danielou Jean	1970 - 1974
24. Daux Georges	1983 - 1989
25. Delatte Armand	1964 - 1965
26. Demangel Robert	1947 - 1952
27. Demus Otto	1982 - 1991
28. Δήμου Παφάηλ	1964 - 1968
29. Diehl Charles	1933 - 1946
30. Dugas Charles	1947 - 1957
31. Eitren Sam	1951 -
32. Emerson Haven	1933 - 1976
33. Εύρυγένης Δημήτριος	1984 - 1986
34. Freshfield Edwin	1933 -
35. Ζαΐμη Έλεονώρα	1971 - 1982
36. Ziebarth Erich	1933 - 1944
37. Zielinski Thaddäus	1933 - 1944
38. Hauptmann Gerhart	1933 - 1946
39. Hesseling D. C.	1933 - 1941
40. Ίάκωβος, Μητροπολίτης Μυτιλήνης	1986 - 1987
41. Καββαδίας Άλέξανδρος	1940 - 1971
42. Κακλαμάνος Δημήτριος	1947 - 1949
43. Cataudella Quintino	1974 - 1989
44. Ciccoti Ettore	1933 -
45. Collinet Paul	1933 - 1939
46. Condurachi Emil	1982 - 1989
47. Koschaker Paul	1933 - 1951
48. Κοτζιάς Γεώργιος	1971 - 1977
49. Kretschmer Paul	1933 - 1956
50. Κυριακίδης Στίλιπων	1947 - 1964
51. Λαδᾶς Στέφανος	1940 - 1976
52. Laurent Vitalien	1972 - 1974
53. Lejeune Louis Aimè	1951 -
54. Λιγνός Άντώνιος	1948 - 1956
55. Μαραγκός Γεώργιος	1981 - 1985
56. Meillet Antoine	1933 - 1938
57. Merlier Octave	1964 - 1976
58. Μέρτζιος Κωνσταντῖνος	1950 - 1971
59. Miller William	1933 - 1945
60. Μοδινός Πόλυς (Πολύδωρος)	1985 - 1988
61. Montrale Eugenio	1977 - 1981
62. Μπακαλάκης Γεώργιος	1980 - 1991
63. Μπούκουρας Κωνσταντῖνος	1935 - 1935
64. Μπρίσκας Σωτήριος	1953 - 1954
65. Nassau Ίάσων	1960 - 1965
66. Noailles Anne comtesse	1933 - 1933
67. Ξανθουδίδης Στέφανος	1928 - 1928

68. Olliver Gabriel	1976 - 1981
69. Παναγιωτάτου 'Αγγελική	1950 - 1954
70. Παπαϊωάννου Θεόδωρος	1936 - 1940
71. Παπακυριακόπουλος Χρήστος	1964 - 1976
72. Παρασκευόπουλος 'Ιωάννης	1949 - 1951
73. Πασχάλης Δημήτριος	1929 - 1944
74. Pertusi Agostino	1977 - 1979
75. Πετριδης Παῦλος	1939 - 1949
76. Pfeiffer Rudolf	1973 - 1980
77. Pontani Filippo Maria	1974 - 1983
78. Pontemoli Emmanuel	1933 - 1956
79. Renz Karl	1932 - 1951
80. Ροδοκανάκης 'Εμμανουήλ	1933 - 1934
81. Rostovtzeff Michel	1933 - 1952
82. Rougemont Denis de	1977 - 1985
83. Roussel Pierre	1940 - 1945
84. Ροῦσσοσ Δημοσθένης	1933 - 1938
85. Sauvi Alfred	1989 - 1990
86. Schirò Giuseppe	1975 - 1985
87. Schweitzer Albert	1965 - 1965
88. Schweitzer Bernhard	1964 - 1966
89. Schwyzer Eduard	1933 - 1943
90. Sciacca Michele	1974 - 1975
91. Σιδεριδης Ξενοφών	1929 - 1929
92. Σπυριδάκης Κωνσταντῖνος	1951 - 1976
93. Στεφανόπουλος Γεώργιος	1939 - 1949
94. Tanaka Hidenaka	1951 - 1974
95. Ταφραλῆς 'Ορέστης	1933 - 1938
96. Τζωρτζᾶτος Βαρνάβας, Μητροπολίτης Κίτρους	1982 - 1985
97. Thompson Stith	1974 - 1976
98. Tovar Antonio	1981 - 1985
99. Τσουρουκτσόγλου Σταῦρος	1939 - 1966
100. Turyn Alexander	1954 - 1981
101. Φακατσέλης Νικόλαος	1970 - 1980
102. Φραγκίστας Χαράλαμπος	1933 - 1976
103. Φραντζεσκάκης Φωκίων	1964 - 1992
104. Florovsky Georges	1965 - 1980
105. Χαρανῆς Πέτρος	1978 - 1985
106. Χλωρὸς 'Αλέξανδρος	1976 - 1982
107. Vessiot Ernest	1935 - 1952
108. Vicomte de Roton Marie Alex. Gabriel	1953 -
109. Volterra Edoarde	1975 - 1984
110. Wackernagel Jakob	1933 - 1938
111. Weiss Egon	1933 -
112. Wenger Leopold	1933 - 1953
113. Westerink L. G.	1990 - 1990
114. Wolf Erik	1976 - 1977
115. Wolf Hans Julius	1975 - 1983
116. Weitzmann Kurt	1982 - 1993

ΙΑ'. ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΦΩΝΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ

ΓΡΑΦΕΙΑ — ΥΠΗΡΕΣΙΑΙ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ

ΚΕΝΤΡΙΚΟΝ ΜΕΓΑΡΟΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ (Πανεπιστημίου 28, 106 79 'Αθήνα).

Τηλεφωνικόν Κέντρον : 3602-117, 3600-207, 3600-209, Telefax 3634-806

Πρόεδρος.....	3626-721
Γενικός Γραμματεὺς	3626-717
Γραμματεὺς ἐπὶ τῶν Δημοσιευμάτων	3612-182
Ἐφορος τῶν Γραφείων	3601-163
Ἐπιμελητὴς τῶν Γραφείων	3614-552
Προσωπικὸν Γραμματείας.....	{ 3600-207
	{ 3600-209
Θυρωρεῖον	3602-117
Νυκτοφύλαξ	3600-209
Βιβλιοθήκη:	
Διευθυντὴς	3643-067
Προσωπικὸν	{ 3600-207
	{ 3600-209
Οἰκονομικὴ Ὑπηρεσία (Σόλωνος 84, 106 80 'Αθήνα) Telefax	3642-918
Διευθυντὴς	3613-815
Προσωπικὸν	{ 3616-697
	{ 3642-918
Γραφεῖον Δημοσίων Σχέσεων (Σόλωνος 84, 106 80 'Αθήνα)	3643-104

ΚΕΝΤΡΑ ΕΡΕΥΝΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ

Λεωφ. Συγγροῦ 129 καὶ Β. Δίπλα 1, 117 45 'Αθήνα

Telefax 9316-350

Κέντρον Συντάξεως τοῦ Ἱστορικοῦ Λεξικοῦ τῆς Νέας Ἑλληνικῆς Γλώσσης	9344-806
Κέντρον Ἑρεῦνης τῆς Ἑλληνικῆς Λαογραφίας	{ 9344-811
	{ 9370-030

'Αναγνωστοπούλου 14 καὶ Ἡρακλείτου, 106 73 Αθήνα

Κέντρον Ἑρεῦνης τοῦ Μεσαιωνικοῦ καὶ Νέου Ἑλληνισμοῦ :	
Ἐπόπτης.....	3611-647
Διευθυντὴς. — Ἑρευνηταὶ	3623-404
Κέντρον Ἑρεῦνης τῆς Ἱστορίας τοῦ Ἑλληνικοῦ Δικαίου	3623-565
Κέντρον Ἑρεῦνης τῆς Ἱστορίας τοῦ Νεωτέρου Ἑλληνισμοῦ	3633-380
Κέντρον Ἐκδόσεως Ἔργων Ἑλλήνων Συγγραφέων :	
Ἐπόπτης.....	3602-691
Διευθυντὴς. — Ἑρευνηταὶ	3612-541
Κέντρον Ἑρευνῶν Ἀστρονομίας καὶ Ἐφηρμοσμένων Μαθηματικῶν :	
Ἐπόπτης.....	3631-606
Διευθυντὴς. — Ἑρευνηταὶ	3613-589
Κέντρον Ἑρεῦνης τῆς Ἑλληνικῆς Φιλοσοφίας	3600-140
Κέντρον Ἑρεῦνης τῆς Ἀρχαιότητος	3600-040
Κέντρον Ἑρεῦνης τῆς Βυζαντινῆς καὶ Μεταβυζαντινῆς Τέχνης	{ 3645-610
	{ 3637-186
Θυρωρεῖον	3601-638

3ης Σεπτεμβρίου 131, 112 51 'Αθήνα

Κέντρον Ἐρεύνης Φυσικῆς τῆς Ἀτμοσφαιρας καὶ Κλιματολογίας 8832-048

Σόλωνος 84, 106 80 'Αθήνα

Κέντρον Ἐρεύνης τῆς Ἑλληνικῆς Κοινωνίας 3603-028

Γραφεῖον Ἐπιστημονικῶν Ὁρων καὶ Νεολογισμῶν 3642-688

Γραφεῖον Ἐρεύνης Θεωρητικῶν Μαθηματικῶν 3643-317, Telefax 2433-210

Βουλῆς 27α, 105 57 'Αθήνα

Γραφεῖον Ἐρεύνης τῆς Θεωρητικῆς καὶ Ἐφαρμοσμένης Μηχανικῆς

Ἐπόπτης 3243-419

Γραμματεία 3243-410, Telefax 3243-570

Γραφεῖον Ἐρευνῶν τῆς Ἐπιστήμης τῆς Πληροφορικῆς καὶ Ἡλεκτρονικῆς 3313-242

ΙΒ.' ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ

α) Τακτικῶν μελῶν

- | | |
|---|---|
| 1. Ἀθανασιάδης Τάσος | Ἰωάν. Δροσοπούλου 83 (112 57 Ἀθήνα), τηλ. 8642-804 |
| 2. Ἀλεξόπουλος Καῖσαρ | Πλάτωνος 11 (154 51 Ν. Ψυχικό), τηλ. 6715-697 |
| 3. Ἀρτεμιάδης Νικόλαος | Μεγ. Ἀλεξάνδρου 169 (136 71 Θρακομακεδόνες),
τηλ. 2431-938 |
| 4. Βλάχος Ἀγγελος | Βασ. Σοφίας 55 (115 21 Ἀθήνα), τηλ. 7217-171 |
| 5. Βλάχος Γεώργιος | Ἀργολίδος 68 (115 23 Ἀθήνα), τηλ. 6916-497 |
| 6. Γαλανόπουλος Ἀγγελος | Ἀκαδημίας 25 (106 71 Ἀθήνα), τηλ. 3613-042 |
| 7. Γρόλλιος Κωνσταντῖνος | Καρνεάδου 8 (106 75 Ἀθήνα), τηλ. 7229-118 |
| 8. Δεσποτόπουλος Κωνσταντῖνος | Πρατίνου 99 (116 34 Ἀθήνα), τηλ. 7210-989 |
| 9. Διανελίδης Θεμιστοκλῆς | Ἀλκυόνης 89 (175 62 Π. Φάληρο), τηλ. 9831-358 |
| 10. Ζηζιούλας Ἰωάννης,
Μητροπολίτης Περγάμου | Παν. Τσαλδάρη 20 (145 61 Κηφισιά), τηλ. 6207-168 |
| 11. Ζολώτας Ξενοφῶν | Διον. Ἀρεοπαγίτου 25 (117 42 Ἀθήνα), τηλ. 9241-100 |
| 12. Θεοχάρης Περικλῆς | Νηρέως 43 (175 61 Π. Φάληρο), τηλ. 9827-708 |
| 13. Ἰακωβίδης Σπύρος | Γλύκωνος 4 (106 75 Ἀθήνα), τηλ. 7222-517 |
| 14. Καμπιτόγλου Ἀλέξανδρος | Ζαχαρίτσα 23 (117 41 Ἀθήνα), τηλ. 9243-456 |
| 15. Κονομῆς Νικόλαος | Παπαφλέσσα 10 (157 72 Ζωγράφου), τηλ. 7719-775 |
| 16. Κυδωνιάτης Σόλων | Ἵψηλάντου 39 (106 76 Ἀθήνα), τηλ. 7230-900 |
| 17. Λιγομενίδης Πάνος | Π. Μπακογιάννη 39 (152 35 Βριλήσια), τηλ. 6137-875 |
| 18. Μάνεσης Ἀριστόβουλος | Ἰω. Γενναδίου 14α (115 21 Ἀθήνα), τηλ. 7210-644 |
| 19. Μανούσκακας Μανούσος | Ἀσκληπιοῦ 65 (106 80 Ἀθήνα), τηλ. 3642-438 |
| 20. Ματσανιώτης Νικόλαος | Δεληγιάννη 112 (145 62 Κηφισιά), τηλ. 8019-848 |
| 21. Μερίκας Γεώργιος | Βασιλέως Ἡρακλείου 6 (106 82 Ἀθήνα), τηλ. 8210-719 |
| 22. Μητσόπουλος Γεώργιος | Παστέρ 13 (115 21 Ἀθήνα), τηλ. 6427-666 |
| 23. Μιχαηλίδης-Νουάρος Γεώργ. | Λυκαβηττοῦ 25 (106 72 Ἀθήνα), τηλ. 3623-884 |
| 24. Μουτσόπουλος Εὐάγγελος | Ἵψηλάντου 40 (115 21 Ἀθήνα), τηλ. 7251-212 |
| 25. Παλλάντιος Μενέλαος | Νηρηίδων 14 (116 34 Ἀθήνα), τηλ. 7238-219 |
| 26. Πανάγος Ἀθανάσιος | Στρ. Συνδέσμου 23 (106 73 Ἀθήνα), τηλ. 3618-094 |
| 27. Παπαδάκης Ἰωάννης | Μαυρομιχάλη 89 (114 72 Ἀθήνα), τηλ. 3608-765 |
| 28. Πεσμαζόγλου Ἰωάννης | Νεοφύτου Βάμβα 6 (106 74, Ἀθήνα), τηλ. 7212-458 |
| 29. Σακελλαρίδης Παῦλος | Γιασεμιῶν 7 (154 52 Ψυχικό), τηλ. 6715-430 |
| 30. Σακελλαρίου Μιχαήλ | Ἵψηλάντου 43 (106 76 Ἀθήνα), τηλ. 7215-456 |
| 31. Σαχίνης Ἀπόστολος | Ἀριστοτέλους 88 (104 34 Ἀθήνα), τηλ. 8212-502 |
| 32. Σιώτης Μᾶρκος | Ραβινέ 5 (115 21) Ἀθήνα), τηλ. 7217-938 |
| 33. Σικαλιέας Γρηγόριος | Νεοφ. Βάμβα 1 (106 74 Ἀθήνα), τηλ. 3642-880 |

34. Στασινόπουλος Μιχαήλ Ταυγέτου 7 (154 52 Π. Ψυχικό), τηλ. 6713-197
 35. Στεφανής Κωνσταντίνος Βασ. Σοφίας 72-74 (115 28 'Αθήνα), τηλ. 7217-763
 35. Τέτσης Παναγιώτης 'Υψηλάντου 57 (115 21 'Αθήνα), τηλ. 7234-837
 37. Τούντας Κωνσταντίνος 'Ακαδημίας 8 (106 71 'Αθήνα), τηλ. 3614-345
 38. Τσοπανάκης 'Αγαπητός Παλαιά Συμμαχική ὁδός 101 (505 35 Πυλαία Θεσ/νίκης), τηλ. (031)301-791
 39. Χάρης Πέτρος Νίκης 16 (105 57 'Αθήνα), τηλ. 3220-501
 40. Χατζηδάκης Μανόλης Δημοκρίτου 32 (106 73 'Αθήνα), τηλ. 3637-186
 41. Χρήστου Χρύσανθος Βασ. Βουλγαροκτόνου 49 (114 73 'Αθήνα), τηλ. 3843-886

β) 'Αντεπιστελλόντων μελῶν .

1. 'Αβραμέας Στρατής Institut Pasteur, 25, rue du Docteur Roux, 75015 Paris, Cedex 15, France
 2. 'Αλεξανδρόπουλος Νικόλαος Χαόνων 10 (452 21 'Ιωάννινα), τηλ. 0651-32086
 3. 'Αλεξίου Στυλιανός 'Αργυράκη 4, 'Ηράκλειο Κρήτης (71201)
 4. 'Ανάστος Μιλτιάδης 10501 Wilshire, BL. 2101, Los Angeles, California 90024 U.S.A.
 5. Anton John Dept. of Philosophy, University of South Florida, Tampa, Florida 33620 U.S.A.
 6. Ahrweiler-Γλύκατζη 'Ελένη 28, Rue Cuynermer, 75006 Paris, France
 7. 'Αργύρης 'Ιωάννης Institut für Statik und Dynamik der Luft. 7, Pfaffenwaldring 27, 7000 Stuttgart 80, Deutschland
 8. 'Αργύρης Πέτρος Βασ. Σοφίας 52 (163 41 'Αγία Παρασκευή)
 9. 'Αρώνης 'Εμμανουήλ School of Chemistry University of Sydney, Sydney N.S.W. 2006, Australia
 10. Βαβουσκός Κωνσταντίνος Μεγ. 'Αλεξάνδρου 35 (546 42 Θεσσαλονίκη), τηλ. 814.066
 11. Βαφόπουλος Γεώργιος Μεγ. 'Αλεξάνδρου 21 (546 40 Θεσσαλονίκη)
 12. Βλαβιανός Βασίλειος 100, Dellwood Road, Bronkville, N.Y. 10708, U.S.A.
 13. Brademes John 70 Washington Sq. South, New York, N.Y. 10012, U.S.A.
 14. Βρυώνης Σπύρος The Speros Vryonis Center for the Study of Hellenism 3140 Gold Camp Drive Suite 50. Rancho Cordova California 95670.
 15. Γαλάβαρης Γεώργιος 'Ακακιῶν 40 (151 25 Πολύδροσον), τηλ. 6812-815
 16. Γάτος Χαράλαμπος 20 Indian Hill Road. Weston, Mass. 02193, U.S.A.
 17. Γονατᾶς Νικόλαος University of Pennsylvania 454 Johnson Pavilion - 3610 Hamilton Walk - Philadelphia, PA 19104-6079.
 18. Γραββάνης Μιχαήλ 1002 Oxford Rd. Atlanta, GA 30306, U.S.A.
 19. Γυφτόπουλος 'Ηλίας Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Nuclear Engineering, Cambridge, Mass. 02139, U.S.A.

20. Δαφέρμος Κωνσταντῖνος 87 Wodbury str., Providence, RI 02900 U.S.A.
21. Δεληγιάννης Ἰωάννης Ν. Λεοντιάδου 10 (552 36 Θεσ/νίκη), τηλ. 341-708
22. Δελιβάνης Δημήτριος Βουκουρεστίου 50 (106 73 Ἀθήνα), τηλ. 3613-209
23. Δερτοῦζος Μιχαήλ Τσακάλωφ 17 (106 73 Ἀθήνα)
24. Ἐμμανουηλίδης Γεώργιος 4619 Browndeer Lane Rowlling Hill estate California 90274, U.S.A.
25. Ζοῦμπος Ἀναστάσιος Φραγκοπούλου 10 (145 61 Κηφισιά), τηλ. 8074-152 καὶ Ἀσημάκη Φωτῆλα 87-99 (262 24 Πάτραι), τηλ. 997-551
26. Ἰατρίδης Παναγιώτης Indiana University, 3400 Broadway, Gary, Indiana 46408, U.S.A.
27. Καζαμίας Ἀνδρέας Ἀγγελικάρα 3 (117 42 Ἀθήνα)
28. Κακούρης Κωνσταντῖνος Cabinet Hellénique (P/312). 41 Alle Scheffer L-2520 Luxembourg.
29. Καμπύλης Ἀθανάσιος Amalie — Sieveking — Weg 19 D-22359 Hamburg, Fed. Rep. of Germany.
30. Κανελλάκης Εὐάγγελος School of Medicine, Department of Pharmacology, Sterling Hall, Yale University 333, Ceder Str., New Haven-Conn. 06510, U.S.A.
31. Καραμπάτσος Γεράσιμος Michigan State University, East Lausing, Michigan 48823, U.S.A.
32. Καρέλη Ζωὴ Γραβιᾶς 42 (546 45 Θεσσαλονίκη)
33. Κατσογιάννης Παναγιώτης Mount Sinai School of Medicine, The City University of N.Y., 5th Ave. and 100th str., N.Y. 10020, U.S.A.
34. Κελάλης Παναγιώτης Mayo Clinic Dept. of Urology Rochester Minnesota 55905, U.S.A.
35. Κεσσίδης Θεοχάρης Ὑπώνακτος 29-33 (117 44 Ἀθήνα), τηλ. 9023-643
36. Κουμουλίδης Ἰωάννης Ball State, University Depart. of History. Muncie, Indiana 47306-0480, U.S.A.
37. Κρασιδιώτης Νικόλαος Πριγκηπίσσης Ἐλένης Νικολάου 3 (154 52 Ψυχικὸ)
38. Κριαρᾶς Ἐμμανουήλ Ἀγγελάκη 1 (546 21 Θεσσαλονίκη)
39. Κριμιζῆς Σταμάτιος 613 Cobblestone Court Silver Spring, MD 20905-5806, U.S.A., τηλ. (301) 384-8945
40. Κωνσταντινίδης Πάρις P.O. Box 33932, Shreveport-Lousiana 71130, U.S.A.
41. Λαζαρίδης Δημήτριος Πλατεῖα Ἀριστοτέλους 3 (54 624 Θεσ/νίκη), τηλ. 271-982,
42. Μάντης Ὀμηρος University of Minnesota, School of Physics and Astronomy, Tate Laboratory of Physics, 116 Church Str. S.E., Minneapolis, Minnesota 55455, U.S.A.
43. Μαυρίδης Λυσίμαχος Σουλιώτη 19 (546 42 Θεσ/νίκη), τηλ. 824-077,
44. Μελισσηνὸς Ἀδριανὸς University of Rochester, Dept. of Physics, Rochester, N.Y. 14627, U.S.A.
45. Μουτσόπουλος Νικόλαος Φιλοποιέμενος 3 (546 40 Θεσσαλονίκη), τηλ. 0318-25109
46. Μουτσόπουλος Χαράλαμπος Βαλαωρίτου 39 (454 44 Ἰωάννινα), τηλ. 0651-30355
47. Millieux Roger Μετσόβου 20 (106 82 Ἀθήνα), τηλ. 8221-640

48. Μοσχοβάκης Ίωάννης University of California, Dept. of Mathematics, 405 Hilgard Ave., Los Angeles, California 90024, U.S.A.
49. Μουράτωφ Γεώργιος 10 Acacia Ave., Berkeley, California 94702, U.S.A.
50. Μπουροδῆμος Εὐστάθιος Ροβέρτου Γκάλλι 26 (117 42 Ἀθήνα), τηλ. 9238-227
51. Νίκολης Γρηγόριος CP 231 Bld du Triomphe. 1050 Bruxelles
52. Οικονομίδης Νικόλαος Ἴφιγενείας 76 (176 72 Καλλιθέα), τηλ. 9560-958
53. Παναγιωτόπουλος Παναγιώτης Ἐρμοῦ 75 (546 23 Θεσ/νίκη), τηλ. (031)279-878
54. Παπαγιάννης Μιχαήλ Dept. of Astronomy, Boston University, 725 Commonwealth Ave., Boston Mass 02215, U.S.A.
55. Παπανδρέου Δαμασκηνός, Μητροπολίτης Ἑλβετίας 282, rue de Lausanne. 1292 Chambesy, Genève-Suisse
56. Παπαπαναγιώτου Ίωάννης Μητροπολίτου Ἰωσήφ 5 (546 22 Θεσ/νίκη), τηλ. 264.912
57. Πεντζοπούλου-Βαλαλά Τερέζα Κένεντυ 64 (553 35 Θεσ/νίκη), τηλ. (031) 307 052.
58. Ρετζέπης Παναγιώτης Bell Telephone Labs. Room ID-358, 600 Mountain Ave., Murray Hill, New Jersey 07974, U.S.A.
59. Σάμιος Νικόλαος Brookhaven Lbt. Associated Universities, Inc. Upton. Long Island, N.Y. 11973
60. Σεβαστίκογλου Ίωάννης Karolinska Institutet, Solnavägen 1, 104 01 Stockholm, Sweden
61. Σεφέρης Δημήτριος Polymeric Composites Lbt. University of Washington. Seattle, Washington 98195 U.S.A.
62. Σκανδαλάκης Ίωάννης 35, Collier Rd. N.W. Suite 315, Atlanta 6A 30309, U.S.A.
63. Στεφανίδης Νικόλαος Α' Οικισμός Ἀγ. Ἀναστασίας (57006 Βασιλικὰ Θεσ/νίκης). τηλ. 031-997901.
64. Τουρτόγλου Μενέλαος Τραπεζοῦντος 14 (171 24 Ν. Σμύρνη), τηλ. 9336-738
65. Τσαπόγας Μάκης Director R.M.E.C., P.O. Box 457, Northport. N.Y. 11768, U.S.A.
66. Χατζηϊωάννου Κυριάκος Μάκ Φάντεν 12, Λεμεσός Κύπρου
67. Χριστοφορίδης Ἄνθιμος 410 West 10th Avenue, Columbus, Ohio 43210-1228
68. Χριστοφόρου Λουκάς Post Office Box, X. Oak Ridge, Tennessee 37830, U.S.A.
69. Πάτρικ Λη Φέρμορ 240 22 Καρδαμύλη Μεσσηνίας.
70. Ὠραιόπουλος Δημήτριος 399, Bathurst str. Toronto-Ontario MST 258 Canada

ΙΓ.' ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΠΑΛΛΗΛΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ

1. Ἀγγελομάτη-Τσουγκαράκη Περικλέους 29 (152 32 Χαλάνδρι), τηλ. 6817-491
Ἑλένη-Νίκη
2. Αἰκατερινίδης Γεώργιος Φραγκιαδῶν 34 (185 36 Πειραιάς), τηλ. 4518-255
3. Ἀλεξάκης Ἐλευθέριος Ἐρεσσῶ 43 (106 81 Ἀθήνα), τηλ. 3819-465
4. Ἀνδρεδάκη Ἀνθούλα Χλόης 42 (151 25 Μαρούσι), τηλ. 8053-080
5. Ἀνδρουλάκη-Σακαρέλλου Μαρία Κων/πύλεως 18 (162 32 Βύρωνας), τηλ. 7526-259
6. Ἀραβαντινοῦ-Μπουρλογιάννη Θεμιστοκλέους 19 (175 63 Π. Φάληρο), τηλ. 9817-198
Ἄννα
7. Ἀργυρίου-Σαρτζετάκη Εὐφρ. Ἀγ. Σοφίας 6 (Νέα Πεντέλη)
8. Ἀφρουδάκης Ἄγγελος Μετσόβου 30 (175 63 Π. Φάληρο), τηλ. 9846-977
9. Βασίλαρος Γεώργιος Σύρου 5 (121 33) Ἀθήνα, τηλ. 5730-493)
10. Βιδάλη Εἰρήνη Κουντουριώτου 31 (184 51 Νίκαια)
11. Γαρδίκα - Κατσιαδάκη Ἑλένη Συνεσίου Κυρήνης 24 (114 71 Ἀθήνα), τηλ. 6439-639
12. Γιακουμάκη Ἐλευθερία Ὀδησσῶ 7 (115 25 Ἀθήνα), τηλ. 6481-465
13. Γιαμιᾶς Παῦλος Σκοπέλου 56 (113 63 Ἀθήνα), τηλ. 8239-311
14. Γιαννουλάκη-Γιόκαρη Μαργ. Ἀμοργῶ 24-26 (112 56 Ἀθήνα), τηλ. 8651-957
15. Γιαννουλάκη Χρηστίνα Μενεκράτους 82 (116 31 Ἀθήνα), τηλ. 9021-473
16. Γιόκαρης Εὐάγγελος Ἀμοργῶ 24-26 (112 56 Ἀθήνα), τηλ. 8651-957
17. Γιοχάλας Τίτος Εἰρήνης 69 (153 42 Ἀγ. Παρασκευή), τηλ. 6081-329
18. Γκιζέλης Γρηγόριος Μιαούλη 29 (151 21 Πεύκη), τηλ. 8066-423
19. Γκρινιάτσος Γεώργιος Βασ. Ἀλεξάνδρου 2 (143 42 Ν. Φιλαδέλφεια),
τηλ. 2511-808
20. Δανηλίδου Δέσποινα Κρήτης 30 (164 51 Ἀργυρούπολη), τηλ. 9932-545
21. Δάρα-Παπαμαργαρίτη Ἑλένη Καλπακίου 11 (154 52 Ψυχικὸ)
22. Δερμανοῦσου Χριστίνα Κωστῆ Παλαμᾶ 15 (161 22 Καισαριανή), τηλ. 7242-135
23. Δευτεραῖος Ἄγγελος Καποδιστρίου 37 (152 37 Φιλοθέη)
24. Δημητρακόπουλος Γεράσιμος Χρ. Σμύρνης 3 (155 62 Χολαργός), τηλ. 6532-226
25. Δημοπούλου Γεωργία Ἰκαρίας 2 (115 22 Ἀθήνα), τηλ. 6468-043
26. Εὐστρατίου-Παππᾶ Πολυξένη Κιλκίς 25 (104 41 Ἀθήνα), τηλ. 5220-432
27. Ζαχαριάδης Θεοδόσιος Πατρ. Γρηγορίου Ε' 4 (151 21 Πεύκη), τηλ. 8053-903
28. Ζωγραφάκη-Κωστοπούλου Ἄννα Παρμενίωνος 44 (136 71 Θρακομακεδόνες), τηλ. 2432-422
29. Καζούρη Μαρία Κασαμπᾶ 14Α (Βύρωνας), τηλ. 7262-148
30. Καλαντζοπούλου Σταματία Κοδριγκτώνας 65 (104 34 Ἀθήνα), τηλ. 8227-566
31. Καλλιατάκη-Μερτικοπούλου Ἀναγνωστοπούλου 61 (106 72 Ἀθήνα), τηλ. 3609-700
Καλλιόπη
32. Καλογεράκη Ἑλένη Φωτομάρα 12 (117 43 Ἀθήνα), τηλ. 9238-061
33. Καλπουρτζῆ-Μιχαλοπούλου Εὐα Ἀγίου Γερασίμου 8 (155 61 Χολαργός), τηλ. 6526-816
34. Καμηλάκης Παναγιώτης Φιλονόης 5 (157 73 Ζωγράφου), τηλ. 7794-104
35. Κάππος Ἀμβρόσιος Νικομηδείας 15 (121 31 Περιστέρι), τηλ. 5754-508
36. Καραφώτη Ἑλένη Πρεμετῆς 29 (121 36 Περιστέρι), τηλ. 5733-941

37. Κασίνης Κωνσταντῖνος Μυρακτιῆς 6 (171 21 Ν. Σμύρνη), τηλ. 9341-992
38. Κατσιδονιώτη Χαρίκλεια Μακεδονίας 22 (153 41 Ἄγ. Παρασκευή), τηλ. 6399-956
39. Κατσικά-Σιώρου Σοφία Ἐλ. Βενιζέλου 93 (155 61 Χολαργός), τηλ. 6544-776
40. Κατσουλέας Σταῦρος Θεουκιδίδου 2 (155 61 Χολαργός), τηλ. 6512-561
41. Κελεσίδου Ἄννα Πίνδου 42 (112 55 Ἀθήνα), τηλ. 2026-023
42. Κεσίσογλου Ἀλέξανδρος Ὀσίου Λουκᾶ 19 (145 65 Δροσιά Ἀττικῆς)
43. Κόλια Ἰωάννα Νότου 10 (153 42 Ἄγ. Παρασκευή), τηλ. 6392-509
44. Κονιδάρης Ἰωάννης Μπιζανίου 20 (152 37 Φιλοθέη), τηλ. 6774-896
45. Κοντοῦ Καλλιρρόη Σιμωνίδου 27 (121 35 Περιστέρη), τηλ. 5726-816
46. Κοντοῦ-Φελλᾶ Σταυρούλα Ναούσης 95 (121 37 Χρυσούπολη), τηλ. 5725-882
47. Κοτσίρας Ἀθανάσιος Καραμπλιᾶ 4 (171 21 Ν. Σμύρνη), τηλ. 9354-562
48. Λαζάρου Ἄννα Ἀθανασίου Διάκου 51 (132 31 Πετρούπολη), τηλ. 5015-303
49. Λάμπας Κωνσταντῖνος Πανσελήνου 20 (111 41 Ἀθήνα), τηλ. 2284-348
50. Λυριτζῆς Ἰωάννης Ἀτθίδων 40 (176 71 Καλλιθέα), τηλ. 6914-916
51. Μανίνου-Σοφianoῦ Ἐλένη Χαρ. Τρικούπη 92 (114 72 Ἀθήνα), τηλ. 3607-252
52. Μαυρίδου Εὐφημία Νικ. Καλλισπέρη 11 (117 42 Ἀθήνα)
53. Μαυροειδῆ Μαρία Θερμοπολῶν 19 (162 32 Βύρωνας), τηλ. 7665-817
54. Μουτζούρης Νικόλαος Βεροίας 6 (144 51 Μεταμόρφωση), τηλ. 2831-127
55. Μπασέα-Μπεζαντάκου Χριστ. Ταγμ. Βελισσαρίου 19 (142 23 Ν. Ἰωνία), τηλ. 2779-828
56. Μπελιᾶ-Πουγρία Ἀλίκη Ἄργους 33 (106 44 Ἀθήνα), τηλ. 5146-970
57. Μπελιᾶ Ἐλένη Πύλου 14 (104 44 Ἀθήνα), τηλ. 5145-307
58. Μπίθα Ἰωάννα Χελμοῦ 6 (113 63 Ἀθήνα), τηλ. 8231-250
59. Μπόνου-Σαντοῦζα Θάλεια Θυατείρων 16 (171 21 Νέα Σμύρνη), τηλ. 9312-087
60. Μπουλάτης Χρῆστος Ξάνθου 3 (142 32 Ν. Ἰωνία), τηλ. 2528-327
61. Νάκας Ἀθανάσιος Δοϊράνης 36 (176 71 Καλλιθέα), τηλ. 9521-366
62. Ξανθάκη-Καραμάνου Γεωργία Καραολῆ 11 (152 37 Φιλοθέη), τηλ. 6812-052
63. Ὀρφανίδη-Γεωργιάδη Ἀγλαΐα Περιστάσεως 33 (172 37 Ὑμητός), τηλ. 9702-932
64. Παληοδήμου Ἀλίκη Ἰφιγενείας 132 (176 76 Καλλιθέα), τηλ. 9561-436
65. Πανούση-Κουντουριώτου Δρίσκου 11-13 (111 64 Γαλάτσι), τηλ. 2010-401
Εὐαγγελία
66. Παπαδῆς Δημήτριος Προφ. Ἡλία 13 (153 41 Ἄγ. Παρασκευή), τηλ. 6391-489
67. Παπαμιχαήλ-Κουτρούμπα Ἀσκληπιοῦ 113 (114 72 Ἀθήνα), τηλ. 3604-379
Ἄννα
68. Παπαρήγα-Ἀρτεμιάδη Λυδία Δρυάδων 9 (145 63 Κηφισιά), τηλ. 8011-213
69. Παρίσση Αἰκατερίνη Γεννηματᾶ 13 (115 24 Ἀθήνα)
70. Πετρόπουλος Βασίλειος Κύπρου 77 (112 54 Ἀθήνα), τηλ. 8839-798
71. Πιπιλῆ Μαρία Δημοκρατίας 49 (154 52 Ψυχικό), τηλ. 6723-406
72. Πολυμέρου-Καμηλάκη Αἰκ. Φιλονόης 5 (157 73 Ζωγράφου), τηλ. 7794-104
73. Πουλάκος Κωνσταντῖνος Μπουκουβάλα 22Α (114 75 Ἀθήνα), τηλ. 6461-363
74. Ράνιου-Σικρεπετοῦ Ἐρασμία Χάλικης 13 (142 32 Ν. Ἰωνία), τηλ. 2791-989
75. Ρεπαπῆς Χρῆστος Ἴπποκράτους 6 (111 46 Γαλάτσι), τηλ. 2924-496
76. Ροδολάκης Γεώργιος Ὀρμινίου 34-36 (115 28 Ἀθήνα), τηλ. 7214-432

77. Ρωπαίτου Ζωή 'Αναστασάκη 4 (157 72 Ζωγράφου), τηλ. 7708-906
78. Σειρα 'Αναστασία Σιφογιάννη 20 (115 24 'Αθήνα), τηλ. 6922-021
79. Σέρβου Φωτεινή Χρ. Τζαβέλλα 25-27 (111 46 Γαλάτσι), τηλ. 2924-880
80. Σιάμπου-Δογάνη Μάρα 'Αντιφίλου 34 (115 28 'Αθήνα), τηλ. 7719-741
81. Σκαρέντζος 'Ιωάννης Πινδάρου 26 (106 73 'Αθήνα), τηλ. 3619-062
82. Σκαφίδας Νικόλαος Σεράφη 56 (104 45 'Αθήνα), τηλ. 8316-048
83. Σουλογιάννης Εύθύμιος Πατησίων 195 (112 53 'Αθήνα), τηλ. 8652-633
84. Σουρανάκη-'Αρφάνη Μαρία Αιγαίου Πελάγους 8 (153 41 'Αγία Παρασκευή), τηλ. 6010-443
85. Σοφιανός Δημήτριος Χαρ. Τρικούπη 92 (114 72 'Αθήνα), τηλ. 3607-252
86. Σπηλιωτοπούλου Μαρία Σουηδίας 51 (106 76 'Αθήνα), τηλ. 7233-868
87. Στάθη Πηνελόπη Κρυστάλλη 95 (162 31 Βύρωνας), τηλ. 7640-303
88. Σταμούλη Ρόδη-'Αγγελική 'Αριστοτέλους 169-171 (112 51 'Αθήνα), τηλ. 8655-845
89. Στεργέλλης 'Αριστείδης Κ. Παλαιολόγου 7 (135 62 "Αγ. 'Ανάργυροι), τηλ. 2627-582
90. Στεφανής 'Αθανάσιος Νικολάου Φράγκου 5 (190 03 Μακρόπουλο 'Αττικής), τηλ. (0299) - 23871
91. Στυλιανούδη Μαρία-Γεωργία Τήνου 37 (113 61 'Αθήνα)
92. Σωτηρόπουλος Θεόδωρος Μάρκου Μπότσαρη 13 (166 73 Βούλα), τηλ. 8952-400
93. Ταϊφάκος 'Ιωάννης Ξενοκράτους 35 (106 76 'Αθήνα), τηλ. 7212-851
94. Τανιελιάν Δέσποινα Πριάμου 36 (173 43 "Αγ. Δημήτριος), τηλ. 9700-824
95. Τεάζη-'Αντωνικοπούλου 'Ηλ. Καλλισπέρη 2 (117 42 'Αθήνα), τηλ. 9248-084
96. Τερζοπούλου Μιράντα Νικοτσάρα 9 (114 71 'Αθήνα), τηλ. 6410-467
97. Τριτάκης Βασίλειος Σεμέλης 18 (166 74 Γλυφάδα), τηλ. 8941-812
98. Τσιούνη-Φάτση Βασιλική Χοϊδᾶ 13 (106 76 'Αθήνα), τηλ. 7230-541
99. Τσίρμπας Νικόλαος 'Αρματωλών 33 (163 44 'Ηλιούπολη), τηλ. 9703-940
100. Τσουγκαράκης Δημήτριος Περικλέους 29 (152 32 Χαλάνδρι), τηλ. 6817-491
101. Τσουκνίδας Γεώργιος Δημητρίου Ψαθᾶ 4, Μελισσια
102. Φιλάνδρας Κων/νος Πλατάνων 6 καὶ 'Ελαιῶν 41 (145 64 Κηφισιά), τηλ. 8077-591
103. Χατζούδη-Τούντα 'Ελένη Συγγροῦ 11 καὶ Λεμπέση 13 (117 43 'Αθήνα), τηλ. 9224-054
104. Χουβαρδᾶ-Κανάκη Δήμητρα Κυπραίων 32 ('Ελευσίνα), τηλ. 5548-072
105. Ψυχογιού 'Ελένη Σπυρίδωνος Τρικούπη 50 (106 83 'Αθήνα), τηλ. 8821-312

***Αμίσθων ἐπιστημονικῶν συνεργατῶν.**

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Γούδας Κωνσταντῖνος | Παναχαϊκοῦ 38-40 (262 24 Πάτρα), τηλ. 322-193 |
| 2. Καζάκης Ἰωάννης | Ἁγίου Δημητρίου 11 (546 32 Θεσ νίκη), τηλ. 541-898 |
| 3. Κρεκούκιος Δημήτριος | Κόδρου 4 (175 62 Π. Φάληρο), τηλ. 9815-793 |
| 4. Μπενάκης Λίνος | Σίνα 58 (106 72 Ἀθήνα), τηλ. 3641-028 |
| 5. Μπουραζέλης Κωνσταντῖνος | Μητρ. Κυπριανοῦ 2 (163 41 Ἡλιούπολη), τηλ. 9911-670 |
| 6. Πλαγιανάκου-Μπεκιάρη Β. | Κυκλάδων 19 (113 61 Ἀθήνα), τηλ. 8219-557 |

Βοηθητικοῦ προσωπικοῦ

- | | |
|---------------------------|--|
| 1. Δημητρουλάκης Σπυρίδων | Ἀγαμέμνωνος 11 (121 33 Περιστέρι) |
| 2. Μπίτας Φώτιος | Κυδωνιῶν 92-98 (162 32 Βύρωνας), τηλ. 7663-088 |
| 3. Παπαδημούλης Ἑλπίδα | Β. Δίπλα 4 (117 45 Ἀθήνα), τηλ. 9354-067 |
| 4. Παπαδημούλης Χρήστος | Β. Δίπλα 4 (117 45 Ἀθήνα), τηλ. 9354-067 |
| 5. Ράπτης Φώτιος | Πανεπιστημίου 28 (106 79 Ἀθήνα), τηλ. 3600-209 |
| 6. Τσελίκη Δημήτριος | Ἀφροδίτης 32 (131 22 Νέα Λιόσια), τηλ. 2631-618 |
| 7. Φιλιπούσης Γεώργιος | Ἀναγνωστοπούλου 14 (106 73 Ἀθήνα), τηλ. 3601-638 |

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑΙ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ

ΕΚΤΑΚΤΟΣ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 25ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 1996

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΙΩΑΝΝΟΥ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ

ΙΑΤΡΙΚΗ.— **‘Η μεταβολή τής μηχανικής Συμπεριφορᾶς Ἀρτηριακῶν Τοιχωμάτων ἀπὸ τὴν Ἀθηρωματικὴ Νόσον, ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ Π. Σ. Θεοχάρη, τῶν Χ. Μπουντούλα, Π. Ε. Καραγιαννάκου, Δ. Σοκόλη, Γ. Ἐλευθερίου, Φ. Μητροπούλου, Γ. Η. Παπαλάμπρου, Δ. Περρέα, Ι. Λοντᾶ, καὶ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ Γρ. Δ. Σκαλκέα*.**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ἡ ἀθηρωματικὴ νόσος ἀποτελεῖ τὴν κύρια αἰτία τῶν καρδιακῶν προσβολῶν, τῶν ἐγκεφαλικῶν ἐπεισοδίων καὶ τῆς γάγγραινας τῶν κάτω ἄκρων. Εὐθύνεται γιὰ τὸ 50% τῆς συνολικῆς θνησιμότητος στὴν Εὐρώπη, τὴν Ἀμερική καὶ τὴν Ἰαπωνία, ἐνῶ ἡ νοσηρότητά της προκαλεῖ μεγάλα ἰατρικά, κοινωνικά καὶ οἰκονομικά προβλήματα.

Ἡ ἀθηρωματικὴ ἀλλοίωση ἔχει μελετηθεῖ ἐκτενῶς ἀπὸ ἀπόψεως ἱστοχημικῆς, παθολογοανατομικῆς καὶ γενετικῆς. Ἡ ἀθηρωματικὴ βλάβη ὅμως ἀποτελεῖ σύνθετη δομικὴ ἀλλοίωση καὶ κάθε στοιχεῖο ποὺ τὴν ἀποτελεῖ ἔχει διαφορετικὴ μηχανικὴ συμπεριφορά. Γιὰ τὸν λόγον αὐτόν, ρήξεις τῆς πλάκας ἢ τοῦ ἀθηρωματικοῦ τμήματος τοῦ ἀγγείου ἔχουν ἀποδοθεῖ εἴτε σὲ αἰμοδυναμικὴ διατμητικὴ τάση, εἴτε σὲ στροβιλώδη ροή, σὲ παροδικὴ συμπίεση, σὲ ἀπότομη αὐξηση τῆς ἐνδοαυλικῆς πίεσης, σὲ ρήξη τῶν *vasa vasorum* κ.ά.

Ἡ μηχανικὴ συμπεριφορὰ τοῦ ἀθηρωματικοῦ ἀγγείου ἔχει συγκεντρώσει τὸ ἐνδιαφέρον τῶν ἐρευνητῶν, ἀλλὰ τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐρευνῶν εἶναι πολλὲς φορὲς ἀντικρουόμενα, λόγῳ τῶν διαφόρων τεχνικῶν ποὺ ἔχουν κατὰ καιροὺς χρησιμοποιοθεῖ. Τὸ 1873, ὁ Rindfleisch [1] ἐμελέτησε περιπτώσεις ρήξης τῆς θωρακικῆς ἀορτῆς, ἐνῶ ὁ Roy [2], τὸ 1880, παρουσίασε πρῶτος τὶς σχέσεις τάσης μήκους, καὶ

* P. THEOCARIS, GR. D. SKALKEAS, H. BOUDOULAS, P. E. KARAYANNACOS, D. SOKOLIS, G. ELEFTERIOU, F. MITROPOULOS, G. PAPALAMBROU, D. PERREA, I. DONTA, **Mechanical properties of the aorta duct, during the evolution of experimentally induced atherosclerosis.**

πίεσης-όγκου για την άορτη του ανθρώπου και των ζώων. Ο Greendyke [3] υπολόγισε ότι περίπου το 1/6 των θανάτων από αγγειακά επεισόδια μπορεί να αποδοθεί σε μεταβολή των μηχανικών χαρακτηριστικών του αγγείου. Από το 1873 μέχρι σήμερα έχουν δημοσιευθεί πολλές μελέτες που διαπραγματεύονται την μηχανική συμπεριφορά των αρτηριών, πολλές από τις οποίες όμως έχουν αναθεωρηθεί τα τελευταία χρόνια [4-11].

Η μηχανική συμπεριφορά του αρτηριακού τοιχώματος παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της συμβολής της στην αιμοδυναμική ομοιοστασία και στην ανάπτυξη και εξέλιξη των αγγειακών αλλοιώσεων, από τις οποίες εξαρτώνται οι συνθήκες ροής και μεταφορές μάζας μέσα στο αγγείο. Επιπλέον, οι τάσεις και οι παραμορφώσεις που αναπτύσσονται στα τοιχώματα των αγγείων αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την κατανόηση της φυσιολογίας, αλλά και της παθοφυσιολογίας, της μηχανικής του καρδιαγγειακού συστήματος.

Μηχανικά Χαρακτηριστικά του 'Αρτηριακού Τοιχώματος

Το αρτηριακό τοίχωμα χαρακτηρίζεται από απόψεως δομικής και μηχανικής ως άνομοιογένης, ανισότροπον και άσυμπιεστον υλικόν. Επιπλέον, το τοίχωμα παρουσιάζει μη-γραμμική σχέση τάσης-παραμόρφωσης, ιδιαίτερος σε ύψηλες παραμορφώσεις. Από έκτενεις μελέτες έχουν διευκρινισθεί τα βασικά μηχανικά χαρακτηριστικά του αγγειακού τοιχώματος όπως η άνομοιογένεια, το άσυμπιεστο, ή όρθοτροπία, και η μη-γραμμικότητα της μηχανικής συμπεριφοράς των τοιχωμάτων. Μία ικανή προσέγγιση της ανισοτροπίας των τοιχωμάτων αποτελεί η παραδοχή ότι αυτά συμπεριφέρονται μηχανικώς ως έγκαρσίως ισότροπα υλικά.

Το αρτηριακό τοίχωμα είναι σύνθετο υλικό, το οποίο αποτελείται κυρίως από πρωτεΐνες, λεϊα μυϊκά κύτταρα, καθώς και ίνες ελαστικής και κολλαγόνου. Τα τελευταία δύο συστατικά αποτελούν τις κύριες αιτίες των παθητικών μηχανικών ιδιοτήτων των τοιχωμάτων. Πράγματι, η ελαστική σχηματίζει χαλαρό δίκτυο ίνων που φέρει τις τάσεις σε μικρές παραμορφώσεις, ενώ αντιθέτως το κολλαγόνο, και ιδιαίτερος το κολλαγόνο του μέσου χιτώνας φέρει τις τάσεις σε μεγάλες παραμορφώσεις. Η δομική άκαμψια του τοιχώματος του αγγείου καθορίζεται από το βαθμό της ενεργοποίησης των ίνων του κολλαγόνου και εξαρτάται από την δομική αρχιτεκτονική της ελαστικής και του κολλαγόνου.

Το αρτηριακό τοίχωμα είναι έπομένως σύνθετο βιολογικό υλικό που παρουσιάζει άνομοιογένεια. Πράγματι, οι μηχανικές ιδιότητες των αρτηριών μεγάλης διαμέτρου δέν είναι ίδιες με αυτές των μικρότερων κλάδων τους. Έν τούτοις, γίνεται αποδεκτό ότι η ομοιογένεια συναντάται σε μικρά τμήματα του άορτικού δένδρου

κατά τόν επίμηκη άξονά του, ιδιότης πού επιτρέπει τήν παραδοχή τής συμπεριφορής του ως έγκαρσίως ισότροπου μέσου.

Η υπόθεση του άσυμπιέστου επιτρέπει τήν παραδοχή ότι σε όποιαδήποτε μηχανική μεταβολή του άρτηριακού ιστού, ό όγκος του τοιχώματος παραμένει σταθερός. Η άποδοχή αυτής τής υπόθεσης διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τήν άνάλυση τών σχέσεων τάσεων-παραμορφώσεων, έπειδή ή παραμόρφωση σε ένα άπό τους τρεις άξονες καθορίζεται πλήρως άπό τις παραμορφώσεις στους υπόλοιπους δύο άξονες.

Η γεωμετρική συμμετρία στην έσωτερική δομή ένός σώματος έχει ως άποτέλεσμα τήν εμφάνιση συμμετρίας και στις μηχανικές ιδιότητές του, όποτε τουτό ονομάζεται ισοτροπικό. Όταν δέν υπάρχει συμμετρία, τότε τó σώμα ονομάζεται άνισοτροπικό. Στο ισότροπον σώμα, τó σύστημα τών κυρίων άξόνων άποτελεϊ άξονες συμμετρίας, και παρατηρούνται οί αυτές ιδιότητες εις οίανδήποτε τών κυρίων διευθύνσεων.

Η ιστολογική άνάλυση τής δομής του άρτηριακού τοιχώματος άποδεικνύει ότι άποτελεϊται άπό κολλαγόνο, έλαστίνη και λεϊα μυϊκά κύτταρα, τά όποια είναι προσανατολισμένα κυρίως κατά τόν επίμηκη και τους έγκαρσίους άξονες. Άποτέλεσμα τής κυτταρικής άρχιτεκτονικής του άρτηριακού τοιχώματος είναι οί έλαστικές ιδιότητές του νά θεωρούνται ως έγκαρσίως ισότροποι, δηλαδή συμμετρικές ως πρós τόν περιφερειακό και επίμηκη άξονα.

Τό άρτηριακό τοίχωμα ύποβαλλόμενον εις τυχούσας καταπονήσεις παρουσιάζει μεγάλες, μη-γραμμικές παραμορφώσεις, έπομένως δέν ύπακούει εις τόν γραμμικόν νόμον παραμόρφωσης τών έλαστικών σωμάτων (νόμος του Hooke). Κατά συνέπεια, ή μηχανική περιγραφή τής παραμορφώσεως του άρτηριακού ιστού δέν μπορεί νά πραγματοποιηθεϊ με τήν κλασσική θεωρία έλαστικότητας τών μικρών παραμορφώσεων.

Τέλος, ή διάμετρος τής άορτής, όσο άπομακρυνόμαστε άπό τήν άορτική βαλβίδα πρós τόν διχασμό τών λαγονίων άγγείων, παρουσιάζει σταδιακή μείωση. Η μείωση αυτή ονομάζεται γεωμετρική λεπτυνση. Όταν όμως γίνεται άναφορά στο άορτικό δένδρο, τότε δέν λαμβάνεται ύπόψη ή μεταβολή αυτή και θεωρεϊται ότι τó άγγείο έχει κυκλική διατομή με σταθερή διάμετρο και πάχος σε όλο τó μήκος του. Πρέπει νά σημειωθεϊ όμως ότι όσο έλαττώνεται ή διάμετρος του άγγείου, τόσο μειώνεται τó πάχος του τοιχώματος με άποτέλεσμα ό λόγος τών δύο αυτών μεγεθών νά παραμένει σταθερός.

Ύλικά δοκιμών-Μέθοδοι

Για τήν μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν 24 λευκά άρσενικά κουνέλια Νέας Ζηλανθίας μέσου σωματικού βάρους 2550 ± 110 gr. Τά πειραματόζωα χωρίστηκαν σε 3 ομάδες. Στην ομάδα Α (n=4), πού άποτέλεσε τήν ομάδα έλέγχου, ή διατροφή τους

έγινε με κανονική τροφή έμπορίου. Στις ομάδες Β (n=10) και Γ (n=10), η τροφή των πειραματοζώων είχε εμπλουτιστεί με 2% χοληστερόλη και 6% καλαμποκέλαιο. Πριν από την έναρξη της μελέτης έγινε αίμοληψία σε όλα τα πειραματοζώα για τον προσδιορισμό των επιπέδων των λιποειδών του αίματος. 'Ανάλογη αίμοληψία έγινε στο τέλος της μελέτης κάθε ομάδας. 'Η πειραματική μελέτη των πειραματοζώων των ομάδων Α και Γ έγινε μετά από δύο μήνες και της ομάδας Β μετά από ένα μήνα. Μετά την διάνοιξη, με επιμήκη τομή, της θωρακικής και κοιλιακής κοιλότητας, παρασκευάστηκε το άορτικό δένδρο από την άορτική βαλβίδα μέχρι τον διασπομό των λαγονίων άγγείων, αφαιρέθηκε όλος ο συνδετικός ιστός και το άγγείο διανοίχτηκε κατά τον επιμήκη άξονά του. 'Η θωρακική και κοιλιακή άορτή χωρίστηκαν σε δύο ήμιμόρια, ένα κεντρικό και ένα περιφερειακό. Τα παρασκευάσματα τοποθετήθηκαν σε φυσιολογικό όρο και διατηρήθηκαν σε θερμοκρασία 4°C μέχρι την μέτρηση των μηχανικών ιδιοτήτων τους που έγινε μέχρι και 36 ώρες μετά την εϋθανασία.

'Η μηχανική ανάλυση της τάσης-παραμόρφωσης των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με την συσκευή έφελκυσμού Vitrodyne 1000 Universal Tester Machine (Liveco Inc., Vermont, U.S.A.), ενώ το πάχος του άγγειακού τοιχώματος προσδιορίστηκε με ειδική μικρομετρική συσκευή ακτίνων laser εύαισθησίας 1 μm (laser scan micrometer, Model LS-3100, Keyence Corp., Osaka, Japan). Κατά την διάρκεια των μετρήσεων το άορτικό δείγμα ήταν μέσα σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 37°C. "Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε συνθήκες δωματίου, με θερμοκρασία περιβάλλοντος χώρου $20 \pm 1^\circ \text{C}$.

Στις άρπάγες της συσκευής έφελκυσμού είχαν τοποθετηθεί μικρά τεμάχια από αντλιοσθητικό χαρτί, ώστε να συγκρατούνται τα δείγματα κατά την διάρκεια του έφελκυσμού. Είς την συσκευήν χρησιμοποιήθηκε ή κλίμαξ μέγιστου 10 kg για την μέτρηση της έντατικής κατάστασης της άορτης. 'Η συσκευή έφερε επίσης ένσωματωμένο μετρητή παραμορφώσεων. Τα άποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφονταν στην μνήμη ήλεκτρονικού ήπολογιστή για περαιτέρω έπεξεργασία.

Το πρωτόκολλο της μελέτης των άορτικών δειγμάτων περιελάμβανε την προετοιμασία τους, τις μετρήσεις δύναμης-επιμήκυνσης και την μέτρηση του πάχους. 'Η προετοιμασία του ήλικου γινόταν με 10 μονοαξονικούς έντατικούς κύκλους, με σταθερά τελικά έπίπεδα παραμορφώσεων, που άποσκοπούσαν στην μελέτη των βισκοελαστικών ιδιοτήτων του δείγματος. 'Η διαδικασία αυτή ήταν άπαραίτητη για την σταθεροποίηση του δείγματος και την εξάλειψη πιθανών φαινομένων ύστέρησης. 'Ακολούθησαν μετρήσεις δύναμης-επιμήκυνσης με τις όποιες μελετήθηκαν οι έλαστικές ιδιότητες του άρτηριακού τοιχώματος.

Κατά την διάρκεια του μονοαξονικού έφελκυσμού [12, 13] μετρήθηκαν: ή έπι-

μήκης δύναμη F , τὸ ἀρχικὸ μῆκος l_0 , τὸ πλάτος w_0 καὶ τὸ πάχος t_0 τοῦ δείγματος. Ἐπίσης, τὸ τελικὸ μῆκος l , τὸ πλάτος w καὶ τὸ πάχος t . Μὲ βία αὐτὰ ἔγινε ὁ ὑπολογισμὸς τῆς τάσης, τῆς παραμόρφωσης καὶ τοῦ μέτρου ἐλαστικότητας στὸν ἐπιμήκη ἄξονα. Ἡ παραμόρφωση Green [14], γ , ὑπολογίστηκε μὲσω τοῦ τύπου

$$\gamma = 1/2(\lambda^2 - 1) \quad (1)$$

ὅπου $\lambda = l/l_0$ εἶναι ἡ ἐπιμήκυνση τοῦ δείγματος.

Ἡ τάση ὑπολογίστηκε ἀπὸ τὸν τύπο $\sigma = F/wt$, ὅπου F εἶναι ἡ ἀσκούμενη δύναμη. Τὰ ἀρτηριακὰ δείγματα ἐθεωρήθηκαν μὲ μεγάλη προσέγγιση ὡς ἀσυμπίεστα ὕλικά καὶ ἐπομένως ἡ τάση ὑπολογίστηκε ἀπὸ τὸν ἐξῆς τύπο:

$$\sigma = \frac{Fl}{w_0 t_0 l_0} = \frac{F}{w_0 t_0} \lambda \quad (2)$$

Τέλος, ἀπὸ τὸ ἐμβαδὸν τῆς ἐπιφάνειας ποὺ περικλείεται ἀπὸ τὴν καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης καὶ τὸν ἄξονα τῆς παραμόρφωσης ὑπολογίστηκε ἡ ἐλαστικὴ ἐνέργεια.

Ἡ στατιστικὴ ἐπεξεργασία τῶν δεδομένων ἔγινε μὲ τὴν ἐφαρμογὴ τῆς δοκιμασίας τῆς ἀνάλυσης τῆς μεταβλητότητας ANOVA (analysis of variance). Σὲ ὅλους τοὺς ὑπολογισμοὺς μία τιμὴ $p < 0.05$ θεωρήθηκε ὡς στατιστικῶς σημαντικὴ. Τὰ τελικὰ ἀποτελέσματα παρουσιάζονται ὡς μέση τιμὴ μὲ τὴν προσθήκη τοῦ σταθεροῦ σφάλματος.

Ἀποτελέσματα

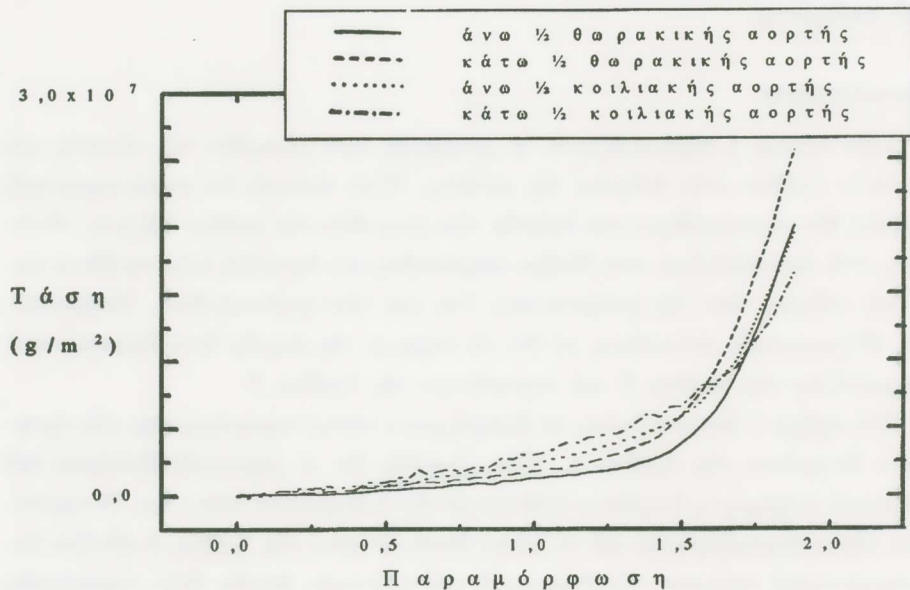
Στὸν πίνακα 1 παρουσιάζονται οἱ μεταβολές τῶν λιποειδῶν τοῦ αἵματος καὶ τῶν τριῶν ομάδων στὴν διάρκεια τῆς μελέτης. Εἶναι ἐμφανές ὅτι καμία σημαντικὴ μεταβολὴ δὲν παρατηρήθηκε στὰ ἐπίπεδα τῶν λιποειδῶν τῆς ομάδας ἐλέγχου. Ἀντιθέτως, στὰ πειραματόζωα ποὺ ἔλαβαν ὑπερλιπιδαιμικὴ διατροφή παρατηρήθηκε σημαντικὴ αὐξηση τόσο τῆς χοληστερίνης, ὅσο καὶ τῶν τριγλυκεριδίων. Μακροσκοπικὲς ἀθροισματικὲς ἀλλοιώσεις, σὲ ὅλο τὸ τοίχωμα τῆς ἀορτῆς ἦταν ἐμφανεῖς στὰ πειραματόζωα τῆς ομάδας Β καὶ περισσότερο τῆς ομάδας Γ.

Στὸ σχῆμα 1 ἀπεικονίζονται τὰ διαγράμματα τάσης-παραμόρφωσης τῶν ἀρτηριακῶν δειγμάτων τῆς ομάδας Α. Εἶναι ἐμφανές ὅτι οἱ μηχανικὲς ιδιότητες τοῦ ἀρτηριακοῦ τοιχώματος διαφέρουν ἀνάλογα μὲ τὴν τοπογραφικὴ θέση τους. Οἱ καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης καὶ τὸ μέτρο ἐλαστικότητας τῆς ομάδας Α ἔδειξαν ὅτι τὰ περιφερειακὰ τμήματα τῆς θωρακικῆς καὶ κοιλιακῆς ἀορτῆς ἦταν σημαντικῶς πιὸ ἄκαμπτα ἀπὸ τὰ κεντρικὰ ἡμιμόρια ($p < 0.05$).

Είναι γνωστό εις τήν ἔμβιον ὕλην ὅτι τὸ μέτρο ἐλαστικότητος ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ὕψους τῆς παραμόρφωσης καὶ τῆς τάσης καθὼς ἡ σχέση τάσης-παραμόρφωσης εἶναι μὴ-γραμμική. Γιὰ τὸν λόγον αὐτὸν ὁ ὑπολογισμὸς τῶν μέτρων ἐλαστικότητος θεωρήθηκε ἀπαραίτητο νὰ γίνῃ σὲ τέσσερα διαφορετικὰ ἐπίπεδα παραμόρφωσης, πὺ προσδιόριζαν τήν σχέση μεταξὺ μέτρου ἐλαστικότητος καὶ παραμόρφωσης. "Ὅπως

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : Μεταβολὲς τῶν λιποειδῶν τοῦ αἵματος (mgdl) (μέση τιμὴ \pm σταθερὸ σφάλμα)

	ΧΟΛΗΣΤΕΡΙΝΗ			ΤΡΙΓΛΥΚΕΡΙΔΙΑ		
	ΕΝΑΡΞΗ	1ος ΜΗΝΑΣ	2ος ΜΗΝΑΣ	ΕΝΑΡΞΗ	1ος ΜΗΝΑΣ	2ος ΜΗΝΑΣ
ΟΜΑΔΑ Α	35 \pm 4	----	39 \pm 6	59 \pm 6	----	63 \pm 4
ΟΜΑΔΑ Β	64 \pm 10	2481 \pm 241	----	51 \pm 5	224 \pm 27	----
ΟΜΑΔΑ Γ	49 \pm 5	----	2945 \pm 46	58 \pm 4	----	261 \pm 31



Σχῆμα 1 : Καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης τῶν ἀορτικῶν δειγμάτων τῆς ὁμάδας Α.

φαίνεται από τον πίνακα 2, σε χαμηλά επίπεδα παραμόρφωσης, τὰ μέτρα ελαστικότητας τῶν τεσσάρων ἡμιμορίων τῆς θωρακικῆς καὶ τῆς κοιλιακῆς ἀορτῆς διαφέρουν μεταξύ τους ($p < 0.05$), ἐνῶ ἀντιθέτως σὲ ὑψηλότερα επίπεδα παραμόρφωσης δὲν ἐντοπίζονται στατιστικῶς σημαντικὲς διαφοροποιήσεις.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : Μέτρο Ἐλαστικότητας ($\times 10^5 \text{g/m}^2$) (μέση τιμὴ \pm σταθερὸ σφάλμα) τῶν ἀορτικῶν ἡμιμορίων τῆς ομάδας Α.

ΟΜΑΔΑ Α

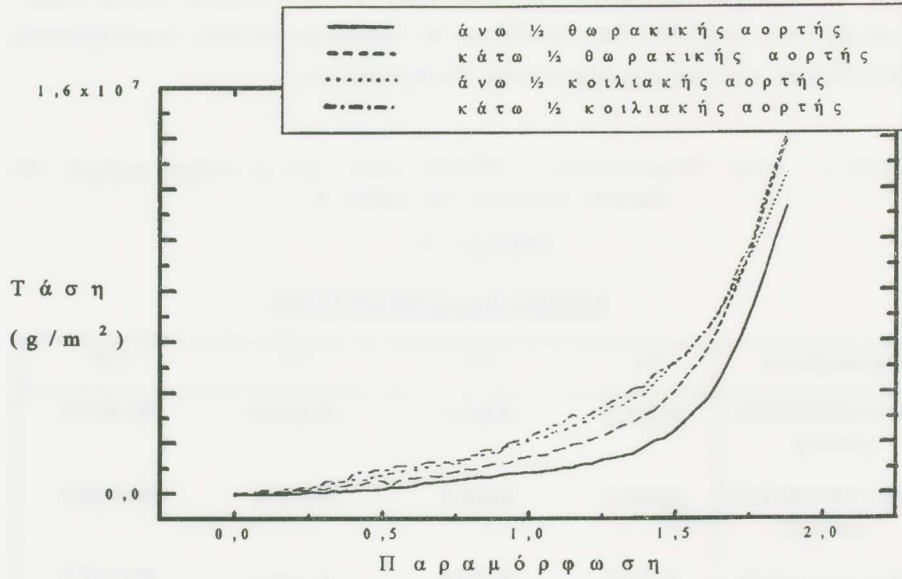
ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΟΣ

Παραμόρφωση	0.5	1.0	1.5	1.75
ΑΝΩ ½ ΘΩΡΑΚΙΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ	17.5±1.2	14.6±1.5	170.5±34.8	566.7±115.3
ΚΑΤΩ ½ ΘΩΡΑΚΙΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ	23.9±1.5	23.0±0.3	211.9±6.2	590.3±48.5
ΑΝΩ ½ ΚΟΙΛΙΑΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ	33.9±2.8	36.7±2.4	61.2±8.3	430.9±157.5
ΚΑΤΩ ½ ΚΟΙΛΙΑΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ	44.3±4.3	52.3±6.3	119.7±23.4	294.6±102.3

Στὸ διάγραμμα τάσης-παραμόρφωσης γιὰ τὰ ἀρτηριακὰ δείγματα ἀπὸ τὰ δείγματα τῆς ομάδας Β, (σχῆμα 2), ὅλες οἱ καμπύλες διαφέρουν μεταξύ τους. Εἶναι ἐμφανὲς ὅτι οἱ μηχανικὲς ιδιότητες τῶν ἀρτηριακῶν τοιχωμάτων διαφοροποιοῦνται ἀναλόγως μὲ τὴν τοπογραφικὴ τους θέση, γεγονός πὸ εἶχε παρατηρηθεῖ καὶ στὴν ομάδα Α.

Στὸν πίνακα 3 ἀναφέρονται τὰ μέτρα ελαστικότητας τῶν ἀορτικῶν δειγμάτων σὲ τέσσερα διαφορετικὰ επίπεδα παραμορφώσεων. Διὰ μικρὰς παραμορφώσεις τῆς τάξης τοῦ 0.5 καὶ 1.0 οἱ τιμὲς τοῦ μέτρου ελαστικότητας τῶν ἡμιμορίων τῆς θωρακικῆς καὶ τῆς κοιλιακῆς ἀορτῆς διαφέρουν σημαντικῶς μεταξύ τους. Οἱ διαφορὲς ὅμως τοῦ μέτρου ελαστικότητας σὲ μεγαλύτερες παραμορφώσεις τῆς θωρακικῆς καὶ κοιλιακῆς ἀορτῆς δὲν εἶναι σημαντικὲς ($p > 0.05$).

Στὸ σχῆμα 3 ἀπεικονίζεται ἡ σχέση τάσης-παραμόρφωσης τῶν ἀορτικῶν δειγμάτων τῆς ομάδας Γ. Εἶναι ἐμφανὲς εἰς τὴν ομάδα αὐτὴν ὅτι ἡ ἐλαστικὴ συμπεριφορὰ τοῦ ἀρτηριακοῦ τοιχώματος καθορίζεται ἀπὸ τὴν τοπογραφικὴ του θέση. Τὸ μέτρο ελαστικότητας τοῦ ἄνω ἡμιμορίου τῆς θωρακικῆς ἀορτῆς διὰ ἐπίπεδα παραμορφώσεως τῆς τάξεως 0.5, διαφέρει σημαντικὰ ἀπὸ τὸ ἀντίστοιχο τῆς κοι-



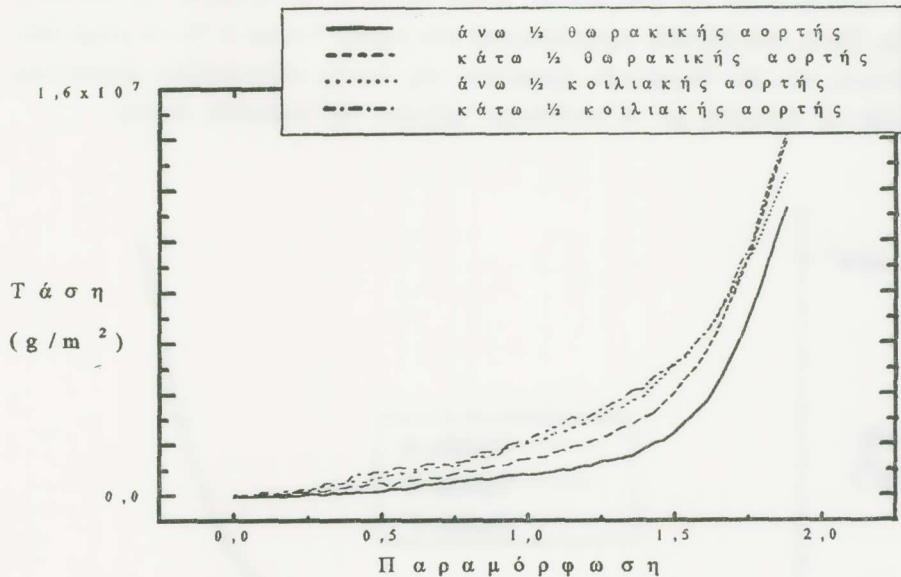
Σχήμα 2: Καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης των αορτικών δειγμάτων της ομάδας Β.

ΟΜΑΔΑ Β

ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΟΣ

Παραμόρφωση	0.5	1.0	1.5	1.75
ΑΝΩ ½ ΘΩΡΑΚΙΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ	12.7±2.0	13.6±1.1	105.3±27.1	327.9±72.4
ΚΑΤΩ 1/2 ΘΩΡΑΚΙΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ	16.3±0.75	25.1±4.1	138.7±12.5	362.3±34.2
ΑΝΩ ½ ΚΟΙΛΙΑΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ	24.7±2.93	36.1±2.2	121.1±24.9	284.4±78.4
ΚΑΤΩ 1/2 ΚΟΙΛΙΑΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ	26.1±1.9	43.1±3.4	121.9±15.1	298.9±77.68

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Μέτρο Έλαστικότητας ($\times 10^5 \text{g/m}^2$) (μέση τιμή \pm σταθερό σφάλμα) των αορτικών ήμμοριων της ομάδας Β.



Σχήμα 3: Καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης των αρτηκίων δειγμάτων τής ομάδας Γ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Μέτρο Έλαστικότητας ($\times 10^5 \text{g/m}^2$) (μέση τιμή \pm σταθερό σφάλμα) των αρτηκίων ήμμορίων τής ομάδας Γ.

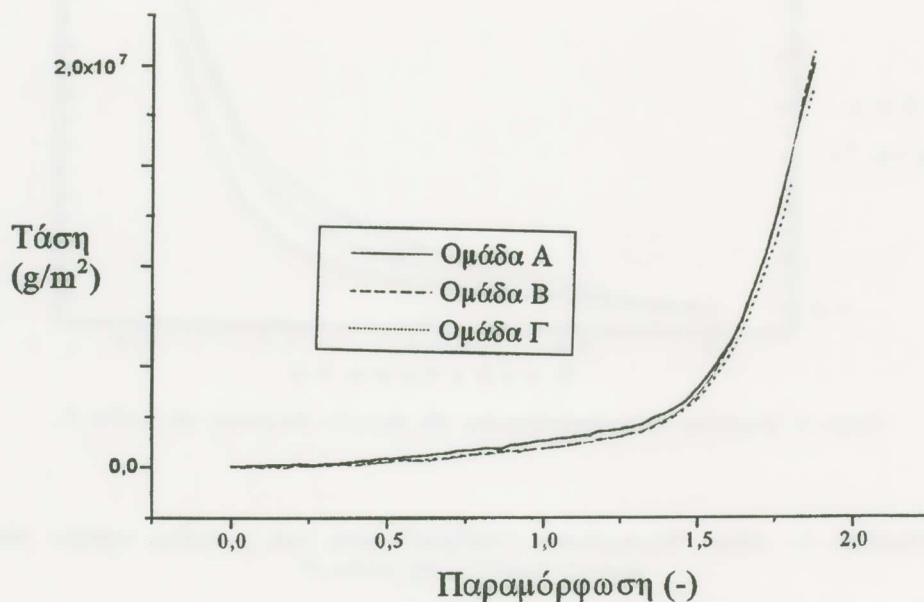
ΟΜΑΔΑ Γ

ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΟΣ

Παραμόρφωση	0.5	1.0	1.5	1.75
ΑΝΩ 1/2 ΘΩΡΑΚΙΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ	13.3 \pm 0.7	12.0 \pm 0.7	166.5 \pm 24.6	538.9 \pm 78.2
ΚΑΤΩ 1/2 ΘΩΡΑΚΙΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ	17.3 \pm 1.9	21.9 \pm 2.8	140.0 \pm 26.6	385.2 \pm 63.7
ΑΝΩ 1/2 ΚΟΙΛΙΑΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ	21.6 \pm 1.4	29.2 \pm 1.8	65.5 \pm 11.3	167.2 \pm 35.2
ΚΑΤΩ 1/2 ΚΟΙΛΙΑΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ	18.9 \pm 1.9	31.9 \pm 3.54	63.0 \pm 10.9	125.9 \pm 30.1

λακής αορτής (πίνακας 4). Διά ύψηλότερα επίπεδα παραμόρφωσης τής τάξεως 1.0, παρουσιάζεται στατιστική διαφορά μεταξύ του άνω ήμμορίου τής θωρακικής

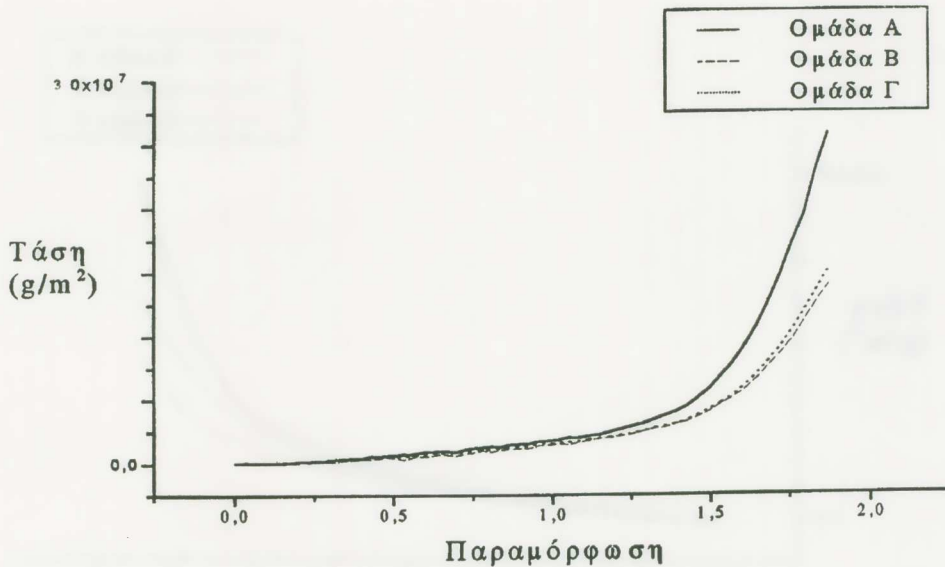
μέ τὸ κάτω ἡμιμόριο τῆς ἴδιας μοίρας, καθὼς καὶ μετὰ τὰ δύο ἡμιμόρια τῆς κοιλιακῆς ἀορτῆς. Τέλος, στὰ ἐπίπεδα παραμόρφωσης τῶν τάξεων 1.5 καὶ 1.75, τὰ μέτρα ἐλαστικότητας τῶν δύο θωρακικῶν ἡμιμορίων τῆς ἀορτῆς παρουσιάζουν στατιστικὲς διαφορὲς σὲ σύγκριση μετὰ ἀντίστοιχα τμήματα τῆς κοιλιακῆς ἀορτῆς.



Σχῆμα 4: Καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης τοῦ ἄνω ἡμίσεος τῆς θωρακικῆς ἀορτῆς ἀπὸ τὶς τρεῖς ομάδες.

Στὸ σχῆμα 4, ἀπεικονίζονται οἱ καμπύλες τῆς τάσης-παραμόρφωσης τοῦ ἄνω ἡμιμορίου τῆς θωρακικῆς ἀορτῆς καὶ τῶν τριῶν ομάδων τῶν πειραματοζώων. Εἶναι ἐμφανὲς ὅτι δὲν ὑπάρχουν μηχανικὲς διαφοροποιήσεις τοῦ τοιχώματος τῶν τριῶν ομάδων, καθὼς ὅλες οἱ καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης σχεδὸν συμπίπτουν. Ὅσον ἀφορᾷ τὸ μέτρο ἐλαστικότητας, στατιστικὴ ἀξιολόγηση ἔδειξε ὅτι δὲν ὑπάρχουν διαφοροποιήσεις μεταξὺ τῶν τριῶν ομάδων στὸ ἡμιμόριο αὐτὸ τῆς θωρακικῆς ἀορτῆς.

Οἱ καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης τοῦ κάτω ἡμιμορίου τῆς θωρακικῆς ἀορτῆς, γιὰ τὶς τρεῖς ομάδες τῶν πειραματοζώων, ἐμφανίζονται στὸ σχῆμα 5. Ἀπὸ τὸν πρῶτο μῆνα τῆς σίτισης τῶν ζώων μετὰ ὑπερλιπιδαιμικὴ τροφή (ομάδα Β) παρουσιάζεται διαφοροποίηση τῆς μηχανικῆς συμπεριφορᾶς τῶν ἀγγείων σὲ σύγκριση μετὰ φυσιολογικὰ ζῶα ποὺ γίνονται πλέον ἐκδηλῆ τὸν δεῦτερο μῆνα (ομάδα Γ). Οἱ μεταβολὲς αὐτὲς παρουσιάζονται ἔντονες σὲ ὑψηλὰ ἐπίπεδα παραμορφώσεων, ὅπου τὰ ἀντίστοιχα

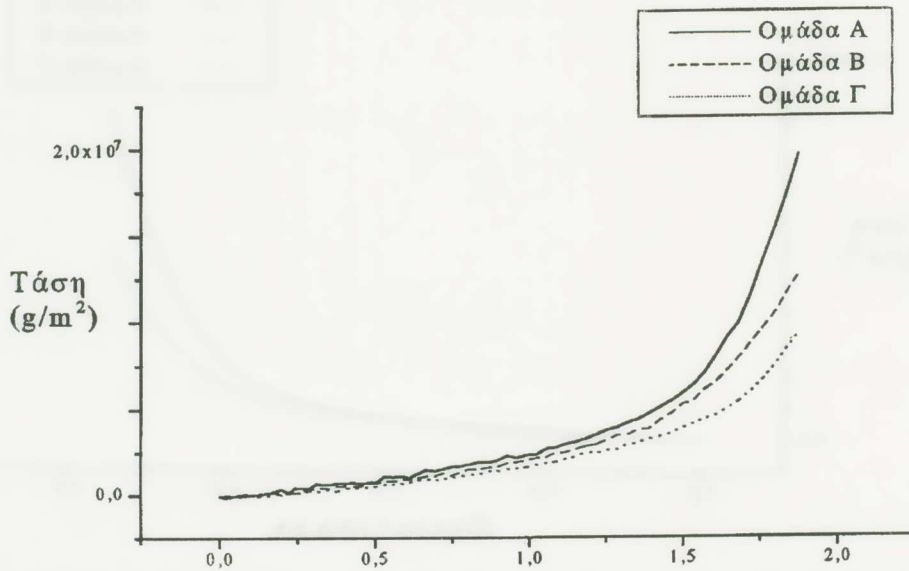


Σχήμα 5: Καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης του κάτω ήμισους της θωρακικής άορτης από τις τρεις ομάδες.

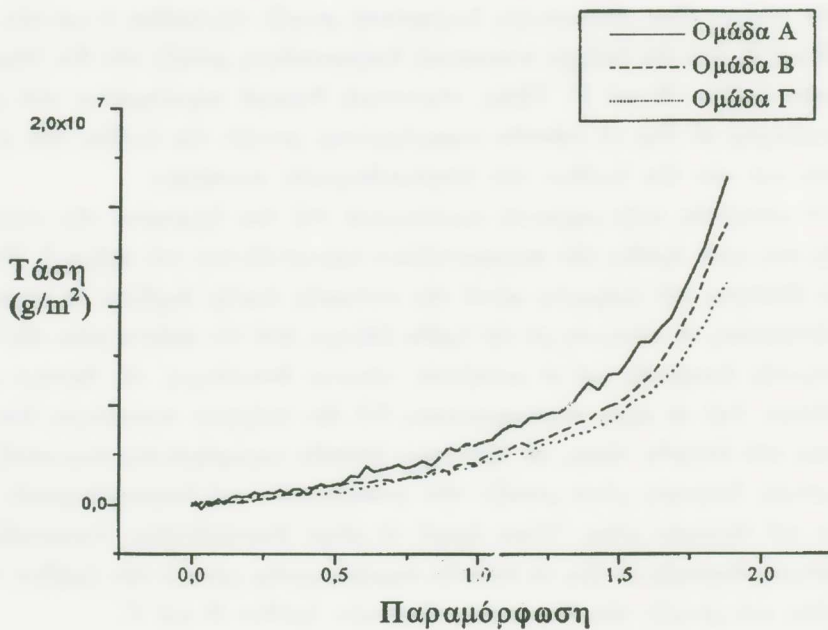
έπίπεδα τάσεων είναι στατιστικώς διαφορετικά μεταξύ της ομάδας Α και των ομάδων Β και Γ, ενώ δεν υπάρχει στατιστική διαφοροποίηση μεταξύ των δύο υπερλιπιδαιμικών ομάδων Β και Γ. Τέλος, στατιστική διαφορά παρατηρείται στα μέτρα ελαστικότητας σε όλα τα επίπεδα παραμόρφωσης μεταξύ της ομάδας των φυσιολογικών και των δύο ομάδων των υπερλιπιδαιμικών κουνελιών.

Οι μεταβολές στην μηχανική συμπεριφορά του άνω ήμιμορίου της κοιλιακής άορτης στις τρεις ομάδες των πειραματοζώων παρουσιάζονται στο σχήμα 6. Οι ελαστικές ιδιότητες του τμήματος αυτού της κοιλιακής άορτης αρχίζουν να παρουσιάζουν αποκλίσεις, σε σύγκριση με την ομάδα έλεγχου, από τον πρώτον μήνα της υπερλιπιδαιμικής διατροφής και οι μεταβολές γίνονται έντονότερες τον δεύτερο μήνα. Ειδικότερα, ενώ σε τιμές παραμορφώσεως 0.5 δεν υπάρχουν στατιστικές διαφοροποιήσεις στα επίπεδα τάσης, σε υψηλότερα επίπεδα παραμόρφωσης παρουσιάζονται στατιστικές διαφορές μόνον μεταξύ των φυσιολογικών και υπερλιπιδαιμικών κουνελιών του δεύτερου μήνα. "Όσον αφορά το μέτρο ελαστικότητας, παρουσιάζονται στατιστικές διαφορές σε όλα τα επίπεδα παραμόρφωσης μεταξύ των ομάδων Α και Γ καθώς και μεταξύ των δύο υπερλιπιδαιμικών ομάδων Β και Γ.

Στο σχήμα 7 παρουσιάζονται τα διαγράμματα τάσης-παραμόρφωσης του κάτω ήμιμορίου της κοιλιακής άορτης των τριών ομάδων των πειραματοζώων. Παρατη-



Σχήμα 6: Καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης του άνω ήμισους της κοιλιακής αορτής από τις τρεις ομάδες.



Σχήμα 7: Καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης του κάτω ήμισους της κοιλιακής αορτής από τις τρεις ομάδες

ρεΐται ότι οι μηχανικές ιδιότητες μεταβάλλονται από τον πρώτο μήνα τής υπερλιπιδαιμικής διατροφής, ενώ οι διαφορές γίνονται έντονότερες τον δεύτερο μήνα. Σε χαμηλά επίπεδα παραμόρφωσης δεν παρουσιάζονται στατιστικές διαφορές μεταξύ των τριών ομάδων. Με την αύξηση όμως τής στάθμης παραμόρφωσης, η ομάδα Γ διαφοροποιείται από τις ομάδες Α και Β. "Όσον αφορά το μέτρο ελαστικότητας, στατιστικές διαφοροποιήσεις παρουσιάζονται σε όλα τα επίπεδα παραμορφώσεων μεταξύ και των τριών ομάδων.

Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται οι τιμές για τήν ενέργεια ελαστικότητας των διαφόρων ήμιμορίων τής θωρακικής και κοιλιακής αορτής των τριών ομάδων. Από

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: 'Ενέργεια 'Ελαστικότητας (KJ/m^3) (μέση τιμή \pm σταθερό σφάλμα) των αορτικών ήμιμορίων των τριών ομάδων

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΟΣ

	ΑΝΩ ΗΜΙΜΟΡΙΟ ΘΩΡ. ΑΟΡΤΗΣ	ΚΑΤΩ ΗΜΙΜΟΡΙΟ ΘΩΡ. ΑΟΡΤΗΣ	ΑΝΩ ΗΜΙΜΟΡΙΟ ΚΟΙΛ. ΑΟΡΤΗΣ	ΚΑΤΩ ΗΜΙΜΟΡΙΟ ΚΟΙΛ. ΑΟΡΤΗΣ
ΟΜΑΔΑ Α	57±9	63±9	71±7	76±7
ΟΜΑΔΑ Β	52±8	48±7	58±8	59±7
ΟΜΑΔΑ Γ	47±6	51±8	41±5	47±7

τον πίνακα αυτόν παρατηρείται ότι στην ομάδα φυσιολογικών πειραματοζώων, η ενέργεια ελαστικότητας αυξάνεται από το άνω ήμιμόριο τής θωρακικής αορτής προς το τελικό ήμιμόριο τής κοιλιακής αορτής. Επίσης, είναι εμφανές ότι με την χορήγηση υπερλιπιδαιμικής διατροφής παρατηρείται μείωση στην ενέργεια ελαστικότητας, που είναι περισσότερο εμφανής στην κοιλιακή αορτή, λιγότερο εμφανής στο κάτω ήμιμόριο τής θωρακικής αορτής και δεν υποσημειώνεται στο άνω ήμιμόριο τής θωρακικής αορτής. Οι διαφορές αυτές στις τιμές ενέργειας ελαστικότητας δεν παρουσιάζουν στατιστικές διαφορές.

Διερεύνηση των αποτελεσμάτων

Η έναπόθεση χοληστερίνης και λιποειδών στον έσω χιτώνα του αρτηριακού τοιχώματος επιφέρει ιστοχημικές παθολογοανατομικές και μορφολογικές μεταβολές, οι οποίες κυρίως εϋθύνονται για τις αθηρωματικές αλλοιώσεις, με κύριον εκπρόσωπο την αθηρωματική πλάκα. Η σταδιακή αύξηση του μεγέθους τής πλάκας οδηγεί σε στένωση του αύλου του αγγείου προκαλώντας λόγω τής ελάττωσης τής αίματικής

ροής ισχαιμία ή και νέκρωση τῶν ιστῶν. Ἐπιπλέον, ρήξη τῆς ἀθηρωματικῆς πλάκας εὐθύνεται, κατὰ τὸ μεγαλύτερο ποσοστό, γιὰ τὴν αἰφνίδια ἀπόφραξη τῶν στεφανιαίων ἀρτηριῶν καὶ τὴν αὐξημένη θνητότητα ἀπὸ ὀξὺ ἔμφραγμα τοῦ μυοκαρδίου, ἐνῶ ρήξεις τῶν ἀνευρυσμάτων ἀποτελοῦν ἐπιπλοκὴ μὲ ἐξαιρετικὰ ὑψηλὴ θνητότητα. Κατὰ συνέπεια, ἡ μελέτη τῶν μηχανικῶν χαρακτηριστικῶν στὶς διάφορες τοπογραφικὲς περιοχὲς τῆς θωρακικῆς καὶ κοιλιακῆς ἀορτῆς καθὼς καὶ ἡ παρακολούθηση τῶν μεταβολῶν τῶν χαρακτηριστικῶν αὐτῶν ποὺ ἐπέρχονται στὴν ἐξελικτικὴ πορεία τῆς ἀθηρωματικῆς νόσου παρουσιάζει ἰδιαίτερο ἐνδιαφέρον.

Στὴν ἐργασία αὐτὴ μελετήθηκαν τὰ μηχανικὰ χαρακτηριστικὰ τῶν διαφόρων ἡμιμορίων τῆς θωρακικῆς καὶ κοιλιακῆς ἀορτῆς σὲ φυσιολογικὰ πειραματόζωα, ἀλλὰ καὶ σὲ ζωικὰ πρότυπα στὰ ὁποῖα ἡ ἀθηρωματικὴ νόσος ἦταν σὲ ἐξελικτικὴ πορεία. Ἀπὸ τὴν μελέτη τῆς τάσης-παραμόρφωσης τῶν τοιχωμάτων παρατηρήθηκε ὅτι ἡ μηχανικὴ συμπεριφορὰ τῶν διαφόρων ἀορτικῶν τμημάτων διαφέρει ἀναλόγως μὲ τὴν τοπογραφικὴ τους θέση. Στὴν ὁμάδα τῶν φυσιολογικῶν πειραματοζώων, τὰ δύο ἡμιμόρια τῆς θωρακικῆς καὶ τῆς κοιλιακῆς ἀορτῆς παρουσίασαν διαφορὲς στὶς μηχανικὲς τους ιδιότητες, μὲ στατιστικὲς διαφοροποιήσεις ὄχι τόσο στὰ μεταξύ τους γειτονικὰ τμήματα, ὅσο μεταξύ τῶν ἡμιμορίων τῆς θωρακικῆς καὶ τῆς κοιλιακῆς ἀορτῆς. Συγκεκριμένως, παρατηρήθηκε ἐλάττωση τῆς δομικῆς ἀκαμψίας κατὰ τὴν διαδρομὴ τοῦ ἀγγείου ἀπὸ τὴν ἀορτικὴ βαλβίδα πρὸς τὸ σημεῖο διχασμοῦ τῶν λαγονίων, ὅπως αὐτὸ ἐκφράζεται ἀπὸ τὸ μέτρο τῆς ἐλαστικότητας, γεγονός ποὺ σημαίνει ὅτι τὰ περιφερικὰ τμήματα τῆς κοιλιακῆς ἀορτῆς ἔχουν μεγαλύτερη ἐλαστικότητα ἀπὸ τὰ κεντρικὰ τῆς θωρακικῆς ἀορτῆς. Ἡ διαπίστωση αὐτὴ, ποὺ πιθανὸν νὰ εὐρίσκεται σὲ ἀντίφαση μὲ τὶς γνώσεις ἀπὸ τὴν συμμετοχὴ τῆς ἀνιούσας θωρακικῆς ἀορτῆς στὴν ρύθμιση τῆς αἱματικῆς ροῆς στὴν διαστολικὴ φάση τῆς καρδιακῆς λειτουργίας, ὀφείλεται, κατὰ πᾶσα πιθανότητα, στὶς μεγάλες διαφορὲς τοῦ πάχους τοῦ ἀορτικοῦ τοιχώματος στὸ συγκεκριμένο ζωικὸ πρότυπο ποὺ χρησιμοποιήθηκε γιὰ τὴν μελέτη αὐτὴ. Ὡς γνωστὸ, στὸν ὑπολογισμὸ τοῦ μέτρου ἐλαστικότητας ἡ παράμετρος πάχους τοῦ τοιχώματος ὑπηρετεῖται στὸν παρονομαστή.

Ὁ ἐμπλουτισμὸς τῆς τροφῆς τῶν πειραματοζώων μὲ χοληστερόλη καὶ ἡ συνέπεια τοῦ γεγονότος αὐτοῦ, πρόκλησις ἀθηρωματικῶν ἀλλοιώσεων στὸ τοίχωμα τῶν ἀγγείων τους, προκάλεσε μεταβολὲς τῶν μηχανικῶν χαρακτηριστικῶν τῶν ἀγγείων ποὺ ἦταν ἐκδηλές ἀπὸ τὸν πρῶτο μῆνα καὶ ἔγιναν πλέον ἔντονες τὸν δεῦτερο μῆνα. Τὰ δύο ἡμιμόρια τῆς κοιλιακῆς ἀορτῆς ἐπηρεάστηκαν περισσότερο ἀπὸ τὸ κάτω ἡμιμόριο τῆς θωρακικῆς ἀορτῆς, ἐνῶ τὸ ἄνω τμήμα αὐτῆς ἔμεινε ἀνεπηρέαστο. Ἡ ἐκλεκτικὴ αὐτὴ μεταβολὴ τῶν μηχανικῶν χαρακτηριστικῶν τῆς κοιλιακῆς ἀορτῆς μπορεῖ νὰ ἀποδοθεῖ σὲ αἰμοδυναμικοὺς παράγοντες, ὅπως εἶναι ἡ δημιουργία δια-

τμητικών τάσεων και ή στροβιλώδης ροή στην περιοχή αυτή, αλλά και σε μηχανισμούς απορρόφησης λιποειδών μέσα στο αρτηριακό τοίχωμα, στοιχειά τα όποια είναι συχνά συνδεδεμένα με την εξέλικτική πορεία τής αθηρωματικής νόσου.

Οί δομικές και οί μηχανικές μεταβολές του αρτηριακού τοιχώματος που παρατηρήθηκαν έχουν επιπτώσεις σε όρισμένες παράμετρους όπως είναι ή ενέργεια ελαστικότητας και ή δομική δυσκαμψία του αρτηριακού τοιχώματος. Η ενέργεια ελαστικότητας αντιπροσωπεύει την ελαστική ενέργεια που συσσωρεύεται στα δομικά στοιχειά του αγγειακού τοιχώματος κατά την διάρκεια τής παραμόρφωσης, ενώ ή δομική δυσκαμψία αποτελεί μέτρο που εκφράζει την σκληρότητα του τοιχώματος.

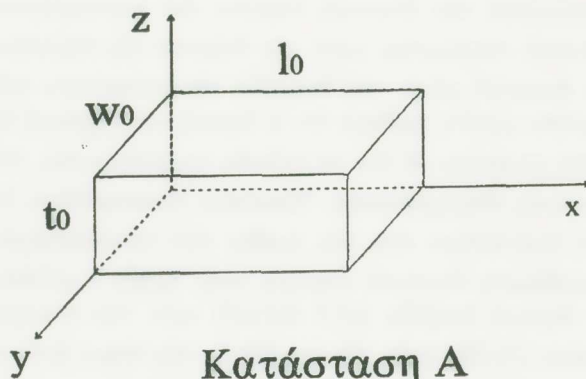
Από την παρούσα μελέτη βρέθηκε ότι ή δομική και μηχανική δυσκαμψία του αρτηριακού τοιχώματος μειώνεται σε όλα τα επίπεδα παραμόρφωσης, στην εξέλικτική πορεία τής πειραματικής αθηρωμάτωσης. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι και ή ενέργεια ελαστικότητας ελαττώθηκε στις δύο ομάδες των υπερλιπιδαιμικών πειραματοζών. Η υπολογιζόμενη ελαστική ενέργεια στην ομάδα Α αυξάνεται κατά την διαδρομή από την αρτηκή βαλβίδα (57.1 KJ/m^3) προς την περιοχή διχαλώσεως των λαγονίων αγγείων (75.7 KJ/m^3). Με την εξέλιξη τής νόσου, ή ελαστική ενέργεια μειώνεται περισσότερο στην κοιλιακή (39%) από ό,τι στην θωρακική άορτη (18.7%). Αυτό, προφανώς έρμηνεύεται από τὸ γεγονός ότι κατά την διάρκεια τής υπερλιπιδαιμικής διατροφής, έπέρχονται σημαντικές μεταβολές στην αρχιτεκτονική δομή του αγγείου καθώς και αλλοιώσεις στα δομικά συστατικά του.

Η έναπόθεση λιποειδών και ή υπερπλασία των λείων μυϊκών κυττάρων τής άορτῆς επιφέρει μεταβολές στις μηχανικές ιδιότητες των δύο βασικών ελαστικών συστατικών του αγγειακού τοιχώματος που είναι ή ελαστική και τὸ κολλαγόνο. Οί μεταβολές αυτές φαίνεται ότι μειώνουν την επίμερους ελαστικότητα των δύο αυτών βασικών δομικών στοιχείων και επηρεάζουν κατ' έπέκταση την συνολική ελαστικότητα του αγγειακού τοιχώματος. Είναι αξιοσημείωτο, σε αντίθεση με ό,τι συμβαίνει στα φυσιολογικά ζώα, ότι ή κοιλιακή άορτη των υπερλιπιδαιμικών ζώνων επιβαρύνεται περισσότερο με άπώλεια των ελαστικών χαρακτηριστικών της, γεγονός που αποτελεί μίαν των κυρίων αιτιών δια την μεγαλύτερη συχνότητα έμφανίσεως άνευρυσμάτων στην περιοχή αυτήν.

Από τὰ άποτελέσματα τής παρούσης μελέτης συνάγεται ότι στα φυσιολογικά πειραματόζωα τὸ τοίχωμα του αρτηριακού δένδρου δέν παρουσιάζει ομοίμορφες μηχανικές ιδιότητες. Η πρόκληση όμως αθηρωματικών αλλοιώσεων, έστω και στα πρώιμα και αρχικά στάδια εξέλιξης τής νόσου, προκαλεϊ σημαντικές μεταβολές στην μηχανική συμπεριφορά του τοιχώματος, με άποτέλεσμα ή κοιλιακή άορτη νά παρουσιάζει σημαντική άπώλεια των ελαστικών της χαρακτηριστικών και νά υπόκειται εύκολότερα σε παραμορφώσεις από τις ένδοαυλικές και έξωτερικές αίμοδυναμικές και μηχανικές επιβαρύνσεις.

Παράρτημα

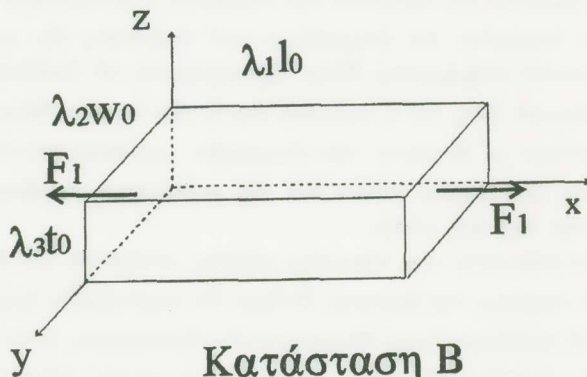
Θεωρούμε την φυσική κατάσταση Α ενός σώματος με τη μορφή ενός παραλληλεπιπέδου διαστάσεων l_0 , w_0 , t_0 τοποθετημένο σε ένα σύστημα ὀρθογωνίων καρτεσιανῶν συντεταγμένων (x, y, z) ὅπως φαίνεται στο σχῆμα 8α. Ἐστω, ὅτι δύναμη F_1 , κατά τὴν διεύθυνση τοῦ ἄξονα x ἀσκεῖται στοῦ σώμα. Ἡ δύναμη αὐτὴ προκαλεῖ ἐπι-



Κατάσταση Α

(α)

μήκυνση τοῦ σώματος κατά τὸν ἄξονα x ὅπως φαίνεται στοῦ σχῆμα 8β. Στὴν κατάσταση αὐτὴ (Β) τὸ σώμα ἔχει διαστάσεις $\lambda_1 l_0$, $\lambda_2 w_0$, $\lambda_3 t_0$ ὅπου λ_1 , λ_2 , λ_3 , εἶναι οἱ ἐπιμηκύνσεις οἱ ὁποῖες περιγράφουν τὴν παραμόρφωση ἀπὸ τὴν φάση Α στὴν Β. Ἐὰν οἱ λ_1 , λ_2 , λ_3 διαφέρουν ἐλάχιστα ἀπὸ τὴν μονάδα, τότε ἡ παραμόρφωση ὀνομά-



Κατάσταση Β

(β)

Σχῆμα 8. Οἱ δύο καταστάσεις ἑνὸς σώματος. Ἡ κατάσταση Α (8α) εἶναι ἡ φυσικὴ κατάσταση τοῦ σώματος. Στὴν κατάσταση (8β) ἀσκεῖται δύναμη F_1 .

ζεται πεπερασμένη. Ο άρτηριακός ιστός όμως παρουσιάζει μεγάλες παραμορφώσεις, και η σχέση μεταξύ της δύναμης F_1 και της επιμήκυνσης λ_1 είναι μη-γραμμική.

Στην κατάσταση B του σώματος μπορούν να όριστούν οι ακόλουθες τάσεις και παραμορφώσεις. Σημειώνουμε ως s_1 την τάση Kirchhoff, ή όποια ίσοῦται με τὸ λόγο της δύναμης F_1 με την επιφάνεια της διατομής του σώματος στην κατάσταση A, ἔτσι ὥστε

Ὁμοίως σημειώνουμε ως σ_1 την τάση Cauchy, ή όποια ίσοῦται με τὸ λόγο της δύναμης F_1 με την επιφάνεια της διατομής του σώματος στην κατάσταση B. Ἐτσι,

Στην κλασσική θεωρία τῶν μη-πεπερασμένων παραμορφώσεων ὁ διαχωρισμός μεταξύ τῶν δύο παραπάνω τάσεων δὲν είναι ἀπαραίτητος. Ἐπειδὴ ή ἀρχική επιφάνεια της διατομής είναι εὐκολότερο νὰ ὑπολογιστεῖ, γιὰ τὰ μηχανολογικά ὑλικά χρησιμοποιεῖται κυρίως ή τάση Kirchhoff. Ὄταν ἐμφανίζονται μεγάλες μεταβολές στην επιφάνεια της διατομής κατὰ την παραμόρφωση, τότε ὑπολογίζεται συνήθως ή τάση Cauchy.

Ὅσον ἀφορᾷ την παραμόρφωση του σώματος μεταξύ τῶν καταστάσεων A και B χρησιμοποιοῦνται ἕνας μεγάλος ἀριθμὸς ὀρισμῶν. Οἱ ἴδιες οἱ ἐπιμηκύνσεις ἀπεικονίζουν τὸν βαθμὸ παραμόρφωσης του σώματος. Οἱ τιμές τους είναι ἴσες με την μονάδα στην κατάσταση A. Στην κλασσική θεωρία ἐλαστικότητας, ή πραγματική παραμόρφωση ὀρίζεται ὡς

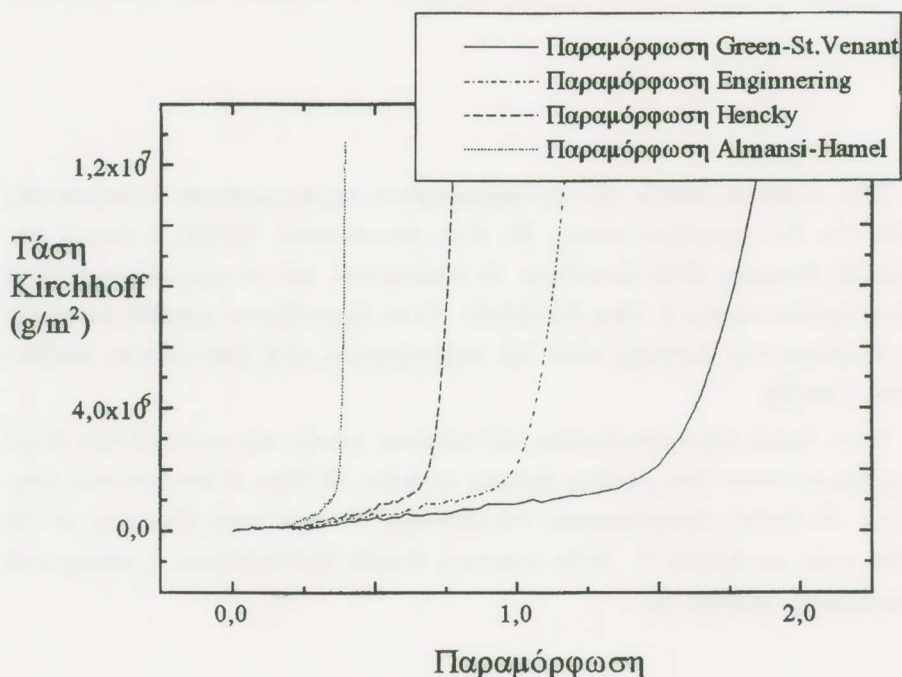
Στην γενικευμένη θεωρία ἐλαστικότητας, χρησιμοποιοῦνται ἄλλοι ὀρισμοὶ ὅπως ή παραμόρφωση Hencky, ή παραμόρφωση Green-St. Venant και ή παραμόρφωση Almansi-Hamel, οἱ ὅποιοι στην περίπτωση τῶν πεπερασμένων παραμορφώσεων συμπίπτουν με τὸν ὀρισμὸ της πραγματικῆς παραμόρφωσης. Ὁ ὀρισμὸς της παραμόρφωσης Green-St. Venant γ_1 δίνεται ἀπὸ την σχέση :

ἐνῶ ἡ παραμόρφωση Almansi-Hamel μ_1 καὶ ἡ παραμόρφωση Hencky ν_1 ὀρίζονται ὡς ἑξῆς

$$\mu_1 = \frac{1}{2}(1 - \lambda_1^{-2})$$

$$\nu_1 = \ln \lambda_1$$

Μὲ βάση τοὺς δύο ὁρισμοὺς γιὰ τὴν τάση, καὶ τοὺς τέσσερις ὅσον ἀφορᾷ τὴν παραμόρφωση, μπορεῖ κανεὶς νὰ διαμορφώσει ὀκτώ διαφορετικοὺς συνδυασμοὺς διαγραμμάτων τάσης-παραμόρφωσης. Τὸ σύνολο αὐτῶν τῶν συνδυασμῶν ἀπεικονίζεται στὰ σχήματα 9 καὶ 10 στὴν περίπτωση πειράματος μονοαξονικοῦ ἐφελκυσμοῦ.



Σχῆμα 9: Μία ὀμάδα ἀπὸ καμπύλες τάσης Kirchhoff-παραμόρφωσης, προερχόμενη ἀπὸ πείραμα μονοαξονικοῦ ἐφελκυσμοῦ μὲ βάση διαφορετικὲς ἐκλογὲς γιὰ τὴν παραμόρφωση.

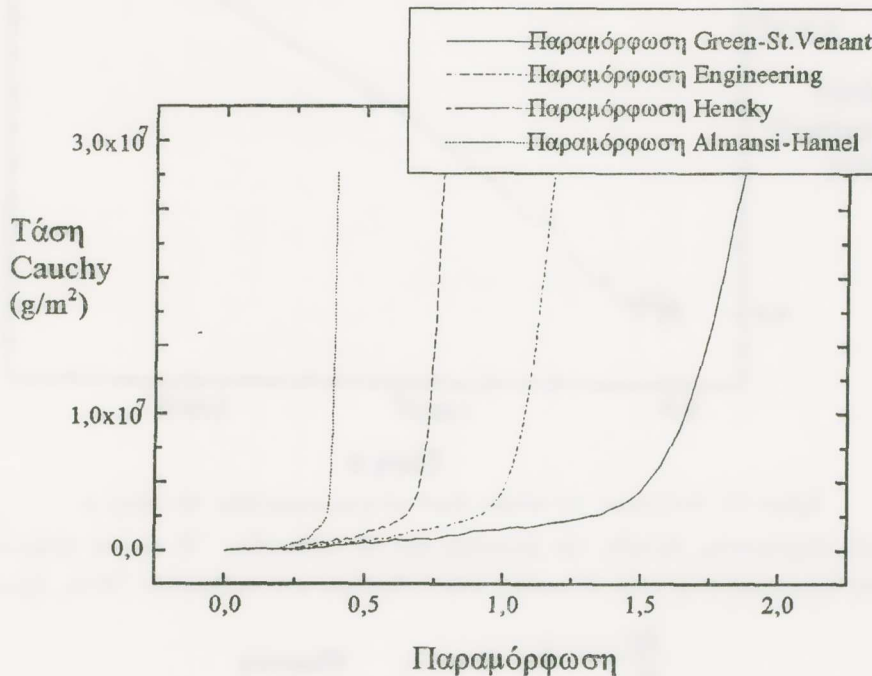
Ὅπως παρατηρεῖται, οἱ καμπύλες αὐτὲς εἶναι ξεχωριστὲς, καὶ ἀπὸ αὐτὲς προκύπτουν οἱ διάφοροι συντελεστὲς ἐλαστικότητος.

Τὰ δεδομένα τάσης-παραμόρφωσης μποροῦν νὰ ἀπεικονιστοῦν φαινομενολογικῶς μὲ μαθηματικὲς συναρτήσεις, ὅπως τὰ πολυώνυμα. Τὰ ἀποτελέσματα τῶν

δοκιμῶν με διαφορετικὲς τάξεις πολυωνύμων ἔδειξαν ὅτι τὰ καλύτερα ἀποτελέσματα δίνονται ἀπὸ συναρτήσεις τετάρτου βαθμοῦ τῆς μορφῆς

$$\sigma = A + B\gamma + C\gamma^2 + D\gamma^3 + F\gamma^4$$

ὅπου A, B, C, D, F εἶναι σταθερές.



Σχῆμα 10: Μία ομάδα ἀπὸ καμπύλες τάσης Cauchy-παραμόρφωσης, προερχόμενη ἀπὸ πείραμα μονοαξονικοῦ ἐφελκυσμοῦ με βάση διαφορετικὲς ἐκλογές γιὰ τὴν παραμόρφωση.

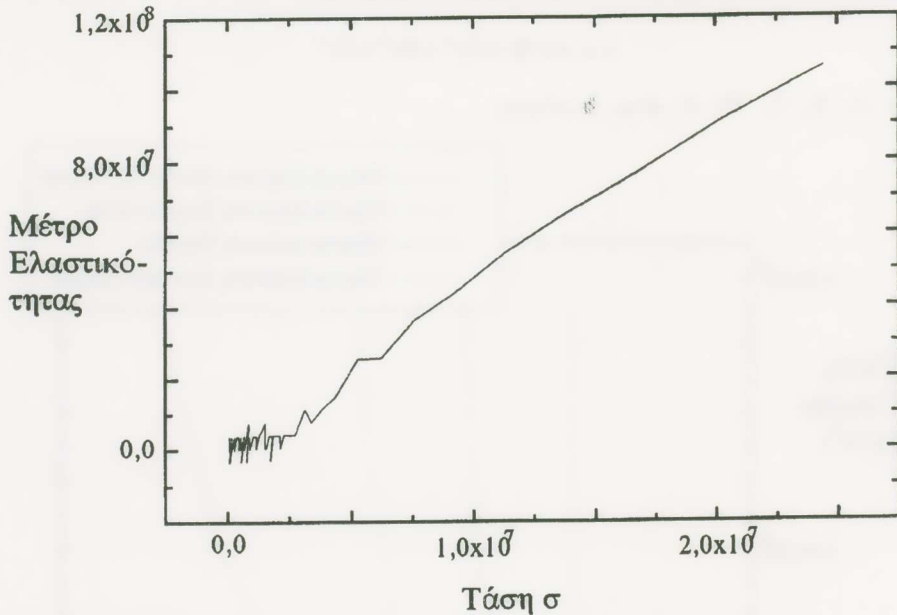
Ἀπὸ τὶς καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης προκύπτουν με παραγωγή, καμπύλες μέτρου ἐλαστικότητας-παραμόρφωσης, σύμφωνα με τὴν σχέση

$$E = \frac{d\sigma}{d\gamma} = E(\gamma)$$

$$E(\gamma) = B + 2C\gamma + 3D\gamma^2 + 4F\gamma^3$$

Ἀπὸ τὴν παραπάνω σχέση προκύπτει ὅτι τὸ μέτρο ἐλαστικότητας εἶναι συνάρτηση τῆς τάσης, δηλαδή $E = E(\sigma)$. Διαγράμματα μέτρου ἐλαστικότητας-τάσης τὰ ὁποῖα ὑπολογίστηκαν ἔδειξαν ὅτι ἡ σχέση τῶν δύο εἶναι γραμμική, ὅπως φαίνεται

στό σχήμα 11. Ουσιαστικῶς, τὸ σχῆμα 11 ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο γραμμικὲς σχέσεις, ἡ καθεμία ἀπὸ τὴς ὁποῖες ἀντιστοιχεῖ σὲ ἓνα ἀπὸ τὰ δύο ἐνεργὰ συστατικά τοῦ ἀρτη-



Σχήμα 11: Διάγραμμα τοῦ μέτρου ἐλαστικότητος συναρτήσει τῆς τάσης σ .

ριακοῦ τοιχώματος, δηλαδή τὴν ἐλαστίνη καὶ τὸ κολλαγόνο. Ἡ πρώτη γραμμικὴ σχέση ἀνταποκρίνεται στὴν ἐλαστίνη, ἐνῶ ἡ δεύτερη στὸ κολλαγόνο. Ἐτσι, ἔχουμε

$$\frac{d\sigma}{d\gamma} = A + B\sigma, \quad 0 < \gamma < \gamma_1, \quad \text{Ἐλαστίνη}$$

$$\frac{d\sigma}{d\gamma} = C + D\sigma, \quad \gamma_1 < \gamma < \gamma_2, \quad \text{Κολλαγόνο}$$

ὅπου A, B, C, D εἶναι σταθερές, γ_1 εἶναι τὸ ἐπίπεδο παραμόρφωσης μετὰ τὸ ὁποῖο εἰσερχόμαστε στὴν περιοχή δράσης τοῦ κολλαγόνου, καὶ γ_2 εἶναι ἡ παραμόρφωση πού ἀντιστοιχεῖ σὲ ἀστοχία τοῦ ὕλικου. Ὁλοκλήρωση τῶν παραπάνω σχέσεων ὀδηγεῖ στὰ ἑξῆς ἀποτελέσματα.

$$\sigma = \frac{A}{B}(e^{B\gamma} - 1), \quad 0 < \gamma < \gamma_1, \quad \text{Ἐλαστίνη}$$

$$\sigma = \frac{C}{D}(e^{D\gamma} - 1), \quad \gamma_1 < \gamma < \gamma_2, \quad \text{Κολλαγόνο}$$

Παρατηρεῖ λοιπὸν κανεὶς ὅτι τὰ δεδομένα τάσης-παραμόρφωσης μποροῦν νὰ ἀπεικονιστοῦν καὶ σὲ ἐκθετικὴ μορφή σύμφωνα μὲ τὴς παραπάνω μαθηματικὲς σχέσεις.

S U M M A R Y

Mechanical properties of the aorta duct, during the evolution of experimentally induced atherosclerosis

The elastic properties of the aorta are influenced by atherosclerosis. The stress-strain relationship, the elastic energy and the local alterations of the aortic wall are not well known. Twenty four white male New Zealand rabbits were divided into three groups. Regular food was provided in group A (n=4) and food enriched with cholesterol in groups B (n=10) and C (n=10). Animals in groups B and C were sacrificed after 1 and 2 months respectively. The aorta, from the aortic valve to the iliac bifurcation, was removed and divided into two thoracic and two abdominal segments. Mechanical analysis was performed with Vitrodyne V1000 uniaxial tension machine. The stress-strain curves and the estimated elastic modulus in group A showed that the distal parts of the thoracic and abdominal aorta were significantly stiffer than the proximal ones ($p < 0.05$). With the progression of atherosclerosis in groups B and C, the same distribution of elastic modulus was noticed along with a significant decrease in the stiffness of the distal abdominal segment ($p < 0.05$). The elastic energy in group A increased from the aortic valve (57.1 KJ/m³) to the iliac bifurcation (75.7 KJ/m³). With the progression of the disease in groups B and C the elastic energy decreased more in the abdominal (39%) than in the thoracic aorta (48.7%). It is, thus, concluded that the mechanical behaviour of the wall of the aortic tree varied within the different topographical regions, with the distal parts of the thoracic and abdominal aorta being stiffer than the proximal ones. Progression of the atherosclerotic disease impaired the elastic properties of the aorta significantly more in the distal segment of the abdominal aorta, than in the other segments.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Rindfleisch E. Zur entstehung und heilung des Aneurysma Dissecans Aortae. Virchows Arch Path Anat Physiol. 1873; 131:374.
2. Roy CS. Elastic properties of arterial wall. J Physiol. Lond. 1880; 3: 125-159.
3. Greendyke RM. Traumatic rupture of the aorta. J Am Med Ass. 1966; 195: 527-530.
4. Bergel DH. Static elastic properties of the arterial wall. J Physiol. Lond. 1961; 156: 445-457.
5. Patel DJ and Vaishnav RN. Basic Hemodynamics and Its Role in Disease Processes, University Park Press, Baltimore, 1980.

6. Fung YC. Biomechanics. Motion, Flow, Stress, and Growth, Springer, New York, 1990, 353-381.
7. Fung YC. Biomechanics. Mechanical Properties of Living Tissues, Springer, New York, 1981, 261-301.
8. Milnor WR. Properties of the Vascular Wall. In Hemodynamics. 2nd ed., Williams and Wilkins, Baltimore, 1990: 58-95.
9. Nichols WW and O'Rourke MF, Properties of the arterial wall. In Blood Flow in Arteries 3rd ed., Lee and Febiger, Philadelphia, 1990: 77-114.
10. Hayashi K. Experimental Approaches on Measuring the Mechanical Properties and Constitutive Laws of Arterial Walls. ASME J. Biomech. Eng. 1993; 115: 481-488.
11. Hayashi K., Rato M., Handa H, Moritake K. Biomedical Study of Constitutive Laws of Vascular Walls. Experimental Mechanics. 1974; 14: 440-444.
12. Loree HM, Grodzinsky AJ, Park SY, Gibson LJ, Lee RT. Static Circumferential Tangential Modulus of Human Atherosclerotic Tissue. J Biomechanics. 1994; 27: 195-204.
13. Mohan D, Melvin JW. Failure properties of passive human aortic tissue I-uniaxial tension tests. J Biomechanics. 1982; 15: 887-902.
14. Green AE and Zerna W., Theoretical Elasticity. Oxford University Press, 1954, London.

MECHANICS.— **A study of the topology of a laser - damaged surface**, by *Pericles S. Theocaris**, *Institute of Mechanics*, National Academy of Athens.

ABSTRACT

We consider scattering from an initially plane surface of a thin plexiglas plate damaged by an impinging coherent light beam of a laser. The morphology and the characteristic dimensions of the damage speckles was studied during the evolution of the phenomenon by interferometry and the creation of diffraction patterns. The cusped interferogram created by superposition of the evolving two initial diffraction patterns, created during two successive damage steps, forms caustics corresponding to hyperbolic umbilic catastrophes. An experimental study of the evolution of the damage phenomenon clarifies the mechanisms of elastic and plastic deformations of the affected zone.

INTRODUCTION

Laser beams are capable of producing interesting and useful effects. Investigations of the effect of laser beams have multiplied over the recent years. By laser effects we mean here the interactions between high-power laser beams and matter. As a consequence of this interaction, phenomena of heating, melting, vaporization and plasma production may be created. Some of the most interesting phenomena associated with lasers involve effects produced when a high-power laser beam is absorbed at an opaque surface.

The temperature rise, produced by the absorbed flux of the impinging light beam on an opaque surface, if this flux is below the levels producing melting and vaporization of the substrate, may be evaluated by a classical thermodynamic formalism. Indeed, we can regard the optical energy as being instantaneously turned into heat at the point at which the light is absorbed. Since the heat distribution occurs instantaneously for each laser pulse, a local equilibrium is established, fact which justifies the application of usual equations of heat flow. This theory ceases to be valid only for pulsed lasers with a picosecond duration of the pulse. Then, for lasers operating in a mode-locked condition, it is common use to simply integrate over several pulses

* Π. ΘΕΟΧΑΡΗΣ, Μελέτη της τοπολογίας επιφανειών υπό την επίδραση ακτίνων Laser.

and rise a smooth envelope of the mode-locked train as a pulse shape for temperature calculations. During the calculations of the temperature rise it is a good approximation to assume that the thermal properties of the absorbing material are independent of the temperature. In this case it is also assumed that the energy lost from the surface through reradiation or convection is negligible. For long pulses, or for lasers of continuous emission, heat can be conducted over a large area, which contributes to a reradiation even for low levels of power concentration. In this case, the large area influenced by the impinging energy contributes significantly to a heat loss.

For many cases of practical interest we may regard the problem as one-dimensional, that it is assumed that the transverse dimensions of the laser beam are large compared to the depth to which heat is conducted. Furthermore, it has been established that for many types of laser, the laser pulse, normalized to unity at its peak, has approximately the same shape, when considered as a function of its duration. This shape is generally accepted as a standard for normal emissions. This shape, of an unsymmetric bell-form, presents a maximum at a laser pulse duration equal to 0.2 the normalized pulse duration.

The first phase of the phenomenon of absorption of laser radiation, which is described as *heating* of the surface of the material in the regime where no phase transformation occurs, is followed by a second phase, which corresponds to a higher regime of absorbed flux densities, creating *melting* of surfaces absorbing laser radiations. This phase is followed by a third one when *vaporization* of the material of the surface takes place. The situation of melting, without vaporization, is produced only over a fairly narrow range of laser parameters. Indeed, the flux density must be high enough to raise the surface above the melting point, but not much higher, sufficient to excite the material to vaporize. For normal lasers, with a careful control over the parameters of the laser, reasonable melting can be obtained, although the depths melted are generally limited. For continuous high-power lasers any desired duration of exposure can be attained by shuttering, and therefore effective melting can be produced. Therefore, for laser melting with a maximum penetration, continuous lasers may be the most feasible solution.

There is a great difference in the behaviour of surfaces struck by different laser pulses depending on their duration times. Typically very-high-power short pulses do not produce much vaporization, but instead, remove only

a small amount of material from the surface, whereas longer lower-power pulses from normal-pulse lasers produce deep narrow holes in the material.

At low laser flux densities, the amount of vaporized material depends more on the thermal conductivity of the material, than on the latent heat of vaporization. As the laser flux density increases, it reaches a value at which the heat is supplied too fast to be conducted away. Then, the dominant factor becomes the latent heat of vaporization. Considering that the latent heat of typical materials used in such procedures is much smaller than either the latent vaporization, or the quantity of heat required to raise the temperature to the boiling point of the material, then, it is reasonable to neglect the influence of the liquid phase created during lased attack, fact which simplifies considerably the calculations.

However, in many cases much of the material is removed in the liquid state rather than in the vaporized state. The molten material on the walls of the perturbation, ejected because of the pressure, increases the amount of the material removed and eventually creates a blowoff phenomenon, when the blowoff material is emitted from the surface by the laser heating. The molten and resolidified material is concentrated at the rim around the lip of the shallow crater, and this phenomenon is clearly indicated in the experiments presented in this paper. Moreover, this material is contributing a significant amount to the volume of material removed from the crater.

The blowoff material created during the early stages of the action of the laser beam develops a recoil pressure, which raises the boiling point of the target, above the usual vaporization temperature. This increase in vaporization temperature of the vaporized material is sufficiently high, so that the surface is prevented from vaporizing further and the material continues to heat to a high temperature above the normal vaporization temperature, as further laser light is absorbed at the target surface. Eventually, the target surface will reach a critical point, where vaporization can occur. Although the surface of the target is effectively cut off from the incoming radiation for a large fraction, since the energy in the pulse is continuously absorbed by material in front of the surface, at the end of the pulse the blowoff material becomes progressively very hot and it begins to reradiate thermally, fact which causes further vaporization.

Modern methods of processing materials are actually using the above described phase of the laser beam effects for industrial and scientific appli-

cations. Indeed, this *directed energy source* concept has provided means for performing such operations without intimate contact between the energy source and the workpiece, fact which raises the attractive possibility of eliminating knives, drills, flames, chemicals and other instruments, from certain delicate operations in various fields of physical and applied sciences, as well as in medical sciences.

While the already mentioned phenomena, created by using convenient laser beams constitute the basic ones, there are also some further additional phenomena, which are intimately related, being consequences of the particular state of action of a certain laser beam on a certain material. These phenomena are mainly the sputtering during evaporation, the evaporation of entrapped water, the heating of entrapped gases, chemical reactions, phase changes, shock wave propagation and plasma production, when a laser radiation strikes a solid target. All these phenomena have been extensively studied in the numerous publications and the existing literature related to this interesting chapter of science.

On the other hand, the scattering of ion beams from solid surfaces can give useful information about this particle (ion)- solid interaction [1]. It is accepted as a good approximation for describing the phenomenon of interaction of ion-solid surface that the interaction potential between ion and solid is zero outside a surface Σ considered as roughly flat, but is perturbed in a random manner by thermal effects due to speckles created by a laser-beam damage. An eikonal approximation of the exact quantum scattering from the surface Σ is described by the model introduced by Garibaldi et al. [2] for special forms of surface Σ based of the theory of the *classical surface rainbow* studied by Smith et al. [3].

In this paper, by assuming more realistic flat surfaces, we establish the topology of the classical rainbow in the two-dimensional space of directions of the scattered particles. It was found that the rainbow in such a space consists of two caustics [4], one inside the other. The inner curve has the form of a cuspid curve with several cusps, while the outer curve is a smooth one. Furthermore, the diffraction spots lying near rainbows appear intense and distinct near cusps and become softened to almost smooth curves far away from them. Employing Kirchhoff diffraction theory we have neglected as insignificant multiple reflections between different parts of the surface, assump-

tion which is justified for our case where the total variation $\Delta\theta$ of the speckled slopes is small and the incident light beam does not graze the surface.

A series of tests were executed on thin flat plexiglas plates, whose initial average surface was roughly flat. A collimated light beam, emitted from an CW Argon-ion laser, was impinging the surface. By increasing the energy flux, emitted from the laser beam, speckles on the surface of the plate were created, whose areas are extended as the light flux is increased. The topography of the disturbances was defined by a series of interferograms formed on a reference screen placed some distance from the workpiece, so that the reflected-light beam from the speckled region to be received on this screen. Additional measurements of the deformed by the speckles lateral surfaces of the workpiece were performed by using a rectilinear surface graph-recorder of the Talysurf type, whose very fine stylus scans the surface of the testpiece along parallel lines at different orientations. Interesting results were derived, where the experimental data confirm the validity of the theory and establish the laws of deformation of a surface under the influence of a laser light beam.

THEORY

We consider scattering from a local corrugation, created by a laser damage, on a flat surface Σ of a hard opaque material. Simplified diffraction theory enables to study diffraction effects, and incoherence to be treated within the same framework. The *classical rainbow* is a curve C in the two-dimensional space of the deflections G of impinging light on the surface of a perturbation. A topological study of curves C shows that C has cusps, whose position depend on the form of the surface studied Σ . Moreover, the scattering of light in the perturbation is singular on Σ , with the singularities there softened by diffraction. The diffraction functions may be described along their smooth parts, as well as at the cusps of G .

The surface Σ under examination is considered as perfectly flat, containing a random perturbation, because of the inelastic effects created by thermal influence, due to an impinging laser beam. The topology of the classical rainbow in the image domain consists of two caustics, one inside the other, in which the inner curve has several cusps, while the outside curve is a smooth one.

We use a simpler version of a rippling-mirror model, in order to derive a simple approximate formula describing the pattern, according to which multiple reflections between different parts of the surface are neglected as

insignificant, since surface slopes are small and the incident beam is normally impinging the flat surface. Therefore, the angle variation, $\Delta\Theta$, does not exceed a few degrees.

We consider a system of Cartesian coordinates $\mathbf{r} = r(x, y, z)$, for which the plane $z=0$ defines the horizontal plane of the reflector, whose points are located by $\mathbf{R} = (x, y)$ and the rippled surface under study is defined by $h(\mathbf{R})$ above the plane \mathbf{R} , where h expresses the height of the perturbation.

The incident beam is expressed by a single plane wave $\psi(r, t)$ of frequency ω_0 , corresponding to an energy $E_0 = \hbar\omega_0$ and a wavevector \mathbf{k}_0 . Its wavelength is given by:

$$\lambda_0 = \frac{2\pi}{k_0} = \frac{\hbar}{(2mE_0)^{1/2}}$$

where m is the mass of the particles. The horizontal component of \mathbf{k}_0 is k_h and k_n the vertical, which is negative, since the wave is approaching Σ from above. Finally, the amplitude of the wave is denoted by a , which is specified by \mathbf{k} and ω . Indeed, the scattered particles emerge in different directions \mathbf{k} and with different frequencies ω , because of the shifts due to Doppler effect, caused by the time dependence of h . Therefore, they may be represented by a wavefunction, which is a sheaf of plane waves receding from Σ , so that their vertical component k_n is positive real for $\mathbf{K} \ll \mathbf{k}$ and positive imaginary, if $\mathbf{K} \gg \mathbf{k}$.

For a periodic lattice of disturbances, where the scattering is elastic ($\omega = \omega_0$) the light intensity I is expressed by [5]:

$$I(\mathbf{k}_0, \omega_0; \mathbf{k}, \omega) = \delta(\omega - \omega_0) \sum_{\mathbf{G}} |S_{\mathbf{G}}|^2 \delta(\mathbf{k} - \mathbf{k}_0 - \mathbf{G}) \quad (1)$$

This relation indicates that the emergent particles appear as a series of diffracted beams on directions $\mathbf{k} = \mathbf{k}_0 + \mathbf{G}$, where \mathbf{G} are two-dimensional vectors of the reciprocal surface lattice and the strength of the \mathbf{G} th diffracted beam is expressed by $|S_{\mathbf{G}}|^2$. Then, the diffraction amplitude $S_{\mathbf{G}}$ is given by:

$$S_{\mathbf{G}} = \frac{1}{A} \iint_{\text{cell}} d\mathbf{R} \exp \left\{ -i \left[\mathbf{G} \cdot \mathbf{R} + (|k_{0n}| + k_n) h(\mathbf{R}) \right] \right\} \quad (2)$$

In this relation A expresses the area of the unit cell. For λ and h small, the number of the observed diffracted beams is expressed by:

$$N = \frac{mAE_0}{2\pi h^2} \quad (3)$$

and is large, so that the diffracted beams are densely distributed in direction. Moreover, the respective deflection $\mathbf{G} = (\mathbf{k} - \mathbf{k}_0)$ may be regarded as a quasi-continuous variable. But, when $k_0 = k$ is large, the integrand of Eq. (2) is rapidly oscillating, as \mathbf{R} traverses the unit cell, and most of the area of integration gives no contribution, because of destructive interference, except isolated points $\mathbf{R}_i(\mathbf{k}_0, \mathbf{G})$, where the phase of the integrand is stationary and where we obtain contributions to S_G . The stationary points \mathbf{R}_i are given by:

$$\mathbf{G} = - (|k_0| + k_z) \nabla h(\mathbf{R}_i) \quad (4)$$

Relation (4) expresses the condition that the surface point \mathbf{R} reflects a classical particle specularly from \mathbf{k}_0 to $(\mathbf{k}_0 + \mathbf{G})$. Therefore, it may be established that only classical paths contribute to the diffraction integral of Eq. (2), when k_0 is large and relation (4) constitutes an implicit equation for \mathbf{G} , since it is valid that:

$$k_z = [k^2 - (\mathbf{K}_0 + \mathbf{G})^2]^{1/2}$$

Then, the dependence of k_z on \mathbf{G} is **weak** for gently varying surfaces S , as it is the case with the perturbations considered here, when the points \mathbf{R}_i are sufficiently separate between them. We could therefore expand the phase in Eq. (2) up to squares of terms $(\mathbf{R} - \mathbf{R}_i)^2$ and we derive the expression for the diffraction amplitudes S_G given by:

$$S_G = \frac{2\pi}{A(|k_{0z}| + k_z)} \sum_i \gamma_i \frac{\exp \{-i [\mathbf{G} \cdot \mathbf{R} + (|k_{0z}| + k_z) h(\mathbf{R}_i)]\}}{\{|X(\mathbf{R}_i)|\}^{1/2}} \quad (5)$$

where the summation is over all points \mathbf{R}_i , which are reflecting points with deviation \mathbf{G} . Finally, γ_i takes the values $\gamma_i = i$ for a minimum, $\gamma_i = -i$ for a maxi-

mum and $\gamma_i=1$ for a saddle point. For gently varying surfaces Σ , $K(\mathbf{R})$ is the Gaussian curvature of Σ at \mathbf{R} , that is the product of the two principal curvatures at \mathbf{R} and it is positive for Σ concave or convex and negative for Σ saddle-shaped.

What is observed in experiments is $|S_G|^2$. Equation (5) in the extreme limit indicates that experiment would detect only an average of the interference oscillations, which are tending to zero, while it remains a steady term. Then, Eq. (5) gives:

$$S_{G \text{ clas}}^2 = \frac{4\pi^2}{A^2(|k_{0z}|+k_z)^2} \sum_i \frac{1}{|\mathcal{X}(\mathbf{R}_i)|} \quad (6)$$

which indicates that the Gaussian curvature of Σ at \mathbf{R} yields an inverse measure of the strength contribution from the path i .

For a given \mathbf{K}_0 , the intensity scattered with deflection \mathbf{G} becomes infinite whenever any contributing surface point $\mathbf{R}_i(\mathbf{G}, \mathbf{K}_0)$ lies in vanishing points $\mathbf{K}(\mathbf{R})$. Then, the equation:

$$\mathcal{X}(\mathbf{R}) = \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \frac{\partial^2 y}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 h}{\partial x \partial y} \right)^2 = 0 \quad (7)$$

defines a line L on this surface, whose image point \mathbf{G} lies on a respective line C , which is strongly illuminated and constitutes a *caustic* in the \mathbf{G} -plane, that is the locus of rays for which angular focussing occurs and the observed scattering should be dominated by this line C on \mathbf{G} . The respective lines C are called the *rainbow lines*. Along these lines lie the most densely distributed diffraction spots, fact which justifies their names [4]. Figure 1 presents the configuration of the surfaces \mathbf{G} in space.

According to relation (7) the surface Σ , that is the landscape above the \mathbf{R} -plane, will have *summits*, where strong repulsive forces are exerted by the incoming particles, *immits*, where minima of the repulsive forces exist, as well as saddle points [6]. Now, the lines L are the points of zero Gaussian curvature, where one of the two principal curvatures of Σ vanishes, while at the summits or immits both curvatures are either positive or negative. Therefore, between a saddle and a summit, or an immit, lines L must cross an impair number of times, the least being one.

Thus, lines L consist of closed curves surrounding regions of positive K containing summits and immits, while the open region of negative curvature containing saddles. The curve L_1 around summits will generally not have the same shape as the curves L_2 around immits, because summits and immits are not symmetrical features of Σ .

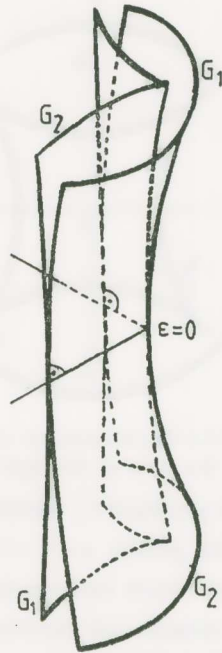


Fig. 1 Schematic of the hyperbolic umbilic caustic surfaces.

While the rainbow line C in \mathbf{G} is generated by L of Eq. (4), the two closed curves L_1 and L_2 are generating two closed curves C_1 and C_2 in \mathbf{G} respectively, where C_2 lie within C_1 . Figure 2 presents a general form of rainbow lines C_1 and C_2 originating near summits and immits of the surface Σ . From relation (4) it can readily be found that the image of C is a single rectangle given by:

$$G_x = \pm \frac{2\pi h_p}{a} (|k_0| + k_2) \tag{8}$$

where a and b are the interlattice distances and h_p for an initially flat surface is expressed by:

$$h_p = \varepsilon h_p(\mathbf{R}) = h_0 \cos \left(\frac{2\pi x}{a} \right) \cos \left(\frac{2\pi y}{b} \right) \tag{9}$$

where ε is the elevation due to the perturbation, which is not symmetrical in summits and immits. Then, for ε different than zero, the rectangular rainbow line, given by Eqs. (8), must split into two different curves, as indicated in Fig. 1. Using catastrophe theory [7], we state that singularities in the two-

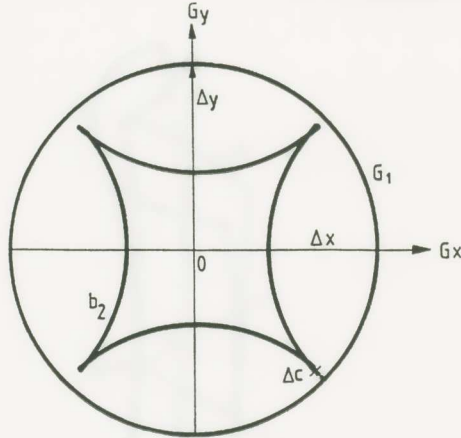


Fig.2 The caustic curves derived by the intersection of the caustic surfaces by a plane normal to the axis of the light bundle.

dimensional case of plane \mathbf{G} are lines C , which are smooth except at cusps, whose simplest cases are the points $x=y=0$ on the curve $y^2=x^3$.

The rainbow surface must have two sheets C_1 and C_2 , which are touching each other along $\varepsilon=0$, at a corner, and therefore these catastrophes are of the type of the *hyperbolic umbilic* surfaces. Thus, we expect the rainbow lines to take the form shown in Fig. 2. Then, it is easy to derive that:

$$\Delta c \approx \frac{16\pi^2 \varepsilon^2 h_0 \sqrt{2}}{a\lambda_0} \quad \text{and} \quad \Delta x \approx \frac{16\pi^2 \varepsilon h_0}{a\lambda_0}, \quad \Delta y \approx \frac{16\pi^2 \varepsilon h_0}{b\lambda_0} \quad (10)$$

However, diffraction effects obscure the details of the rainbow line C , because G is an intermittent variable, consisting of a series of reciprocal lattice points. Interference between waves emerging from different points in the same lattice cell in \mathbf{R} blurs out the rainbow line into a diffraction pattern in \mathbf{G} , while interference between waves emerging from equivalent points in different cells quantizes \mathbf{G} , so that this diffraction pattern is sampled at discrete points. Figure 3 presents the contours of the cusp diffraction function $|C|^2$ given by relation (13).

Near a smooth portion of the rainbow line C relation (5) breaks down, since two contributing surface points \mathbf{R}_1 and \mathbf{R}_2 coalesce. In such a case it

is necessary to establish a uniform approximation to S_G^R , based on Eq. (2), which is valid on and near the line C , while relation (5) is valid far away from C . In this case the result is that the contribution S_G^R from R_1 and R_2 in Eq. (5) must be replaced by an approximate formula involving Airy functions A_i [8] and their derivatives A_i' .

The diffraction amplitude S_G^R near the rainbow line is given by [4]:

$$S_G^R = \frac{2\pi\sqrt{\pi} \exp. \left[\frac{1}{2} i \left(\Phi_1 + \Phi_2 - \frac{3}{2} \pi \right) \right]}{A(k_{0z} | + k_z)} \left[\left(\frac{1}{\mathcal{X}_1^{1/2}} + \frac{1}{(-\mathcal{X}_2)^{1/2}} \right) \left(\frac{3(\Phi_2 - \Phi_1)}{4} \right)^{1/6} \times \right. \\ \left. \times A_i \left[-\frac{3}{4} (\Phi_2 - \Phi_1)^{2/3} \right] - i \left(\frac{1}{\mathcal{X}_1^{1/2}} - \frac{1}{(-\mathcal{X}_2)^{1/2}} \right) \left(\frac{4}{3(\Phi_2 - \Phi_1)} \right)^{1/6} \times A_i' \left[-\left(\frac{3}{4} (\Phi_2 - \Phi_1) \right)^{2/3} \right] \right] \quad (11)$$

where Φ denotes the phase in Eq. (5) expressed by:

$$\Phi \equiv - \left[\mathbf{G} \cdot \mathbf{R} + (k_{0z} | + k_z) h(\mathbf{R}) \right] \quad (12)$$

For a convenient selection of the signs of the Gaussian curvatures K_1 and K_2 and positive roots for $(\Phi_2 - \Phi_1)^{2/3}$ the Airy functions have a negative argument and are thus oscillatory functions [9]. In this case relation (11) describes the *supernumerary rainbows* [10]. For deflections G on the dark side of C , there are no real paths R_1 and R_2 and taking a real negative root of $(\Phi_2 - \Phi_1)^{2/3}$ the Airy functions have a positive argument and decay exponentially into the shadow. Figure 4 presents the refraction caustics from a laser speckle on a plexiglas plate. Fig. 4a gives a general view of the pattern, while Fig. 4b the detail of the inner caustic C_2 .

Finally, along the rainbow line C , relation (11) remains finite and tends to the value of order $(h_0/\lambda_0)^{1/3}$, larger than the classical region away from C , where h_0 expresses the maximum excursion of Σ from the R -plane. On the other hand, near a cusp of C , where three points R_i are coalescing there, relation (11) breaks down and, instead of Airy functions, we must use the following function describing the diffraction near the cusp catastrophe of the third order [11].

$$C(x,y) \equiv \int_{-\infty}^{\infty} \exp \left[i \left(\frac{t^4}{8} - \frac{xt^2}{2} + yt \right) \right] dt \quad (13)$$

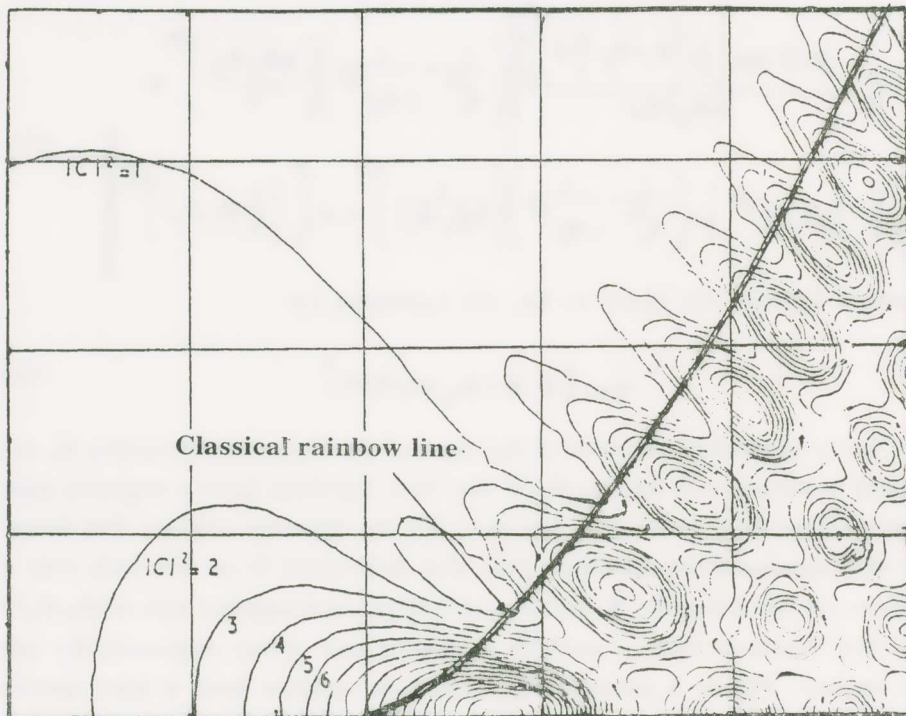
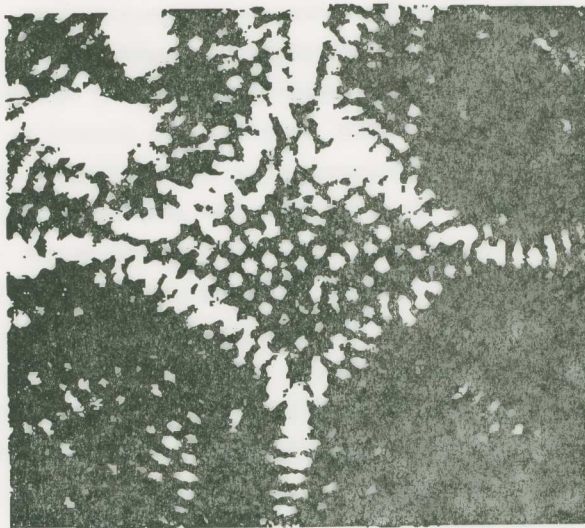


Fig. 3 The diffraction pattern at the vicinity of a cusp of the internal caustic C_2 where the classical rainbow line is developed.



(a)



(b)

Fig.4 (a) Interferogram of the reflected rays from the speckle created by a laser beam and the pair of caustics formed by the diffraction patterns of the interferograms. (b) Detail of the inner cuspid caustic C_2 .

where the x , y -variables are smooth distortions of G_x and G_y . It turns out that on the cusp itself the quantity $|S_G|^2$ rises to a value of order $(h_0/\lambda_0)^{1/2}$, larger than in the classical region away of C , so that the cusps are the most strongly diffracting parts of the rainbow line.

Figures 4-6 present contour maps of $|C(x,y)|^2$ at different steps of evolution of the damage phenomenon on an initially flat plexiglas plate attacked by an Argon-Laser light beam. In the same figures a quantization of equivalent points, which are not sufficiently closely packed, creates distinct diffraction spots on G appearing along the rainbow lines and especially near the cusps. While in Fig. 4 the laser light beam is impinging normally to the flat surface, the patterns in Figs. 5 and 6 are with different amounts of obliqueness of the impinging light rays.

LASER DAMAGE OF SURFACES STUDIED BY FRAUNHOFER DIFFRACTION

On the basis of Babinet's principle [5], it can be shown that the radiation reflected from an infinite perfectly reflecting surface containing a speckle of a few microns depth, which works as a total absorber, produces the same diffraction pattern as the radiation propagating in the opposite direction through a hole of the same dimensions in an opaque plate.

A speckle, many microns deep, might be considered as a total absorber and hence scattering from its pit might reasonably be expected to result in a single-opening diffraction pattern. Since the pits created by speckles developed during the first and subsequent phases of laser damage are always shallow, their depth being of the order of a few microns, as compared to their surface dimensions, a simple model for such a system would be to consider the *diffraction of radiation*, reflected from the surface of the specimen, and the bottom of the pit. Since the morphology of the pit is with abrupt slopes at the periphery, like a shallow crater, it is possible to ignore the effect of scattering from the sides of the pit. Therefore, the part of radiation reflected from the base of the pit can be considered shifted in phase relatively to the part of radiation reflected from the surface of the specimen by an amount of $2kd$ where k is the radiation wave number and d is the depth of the pit. This model is a typical and simple one for single grooves and diffraction gratings [12]. More rigorous theories exist for geometries of the discontinuity close to the resonance domain. However, since the pits created by laser da-

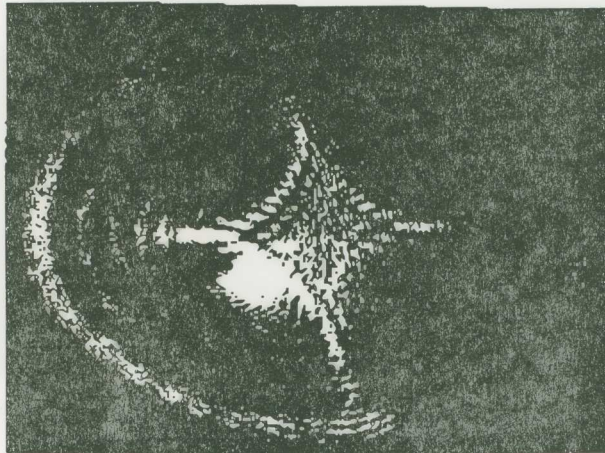
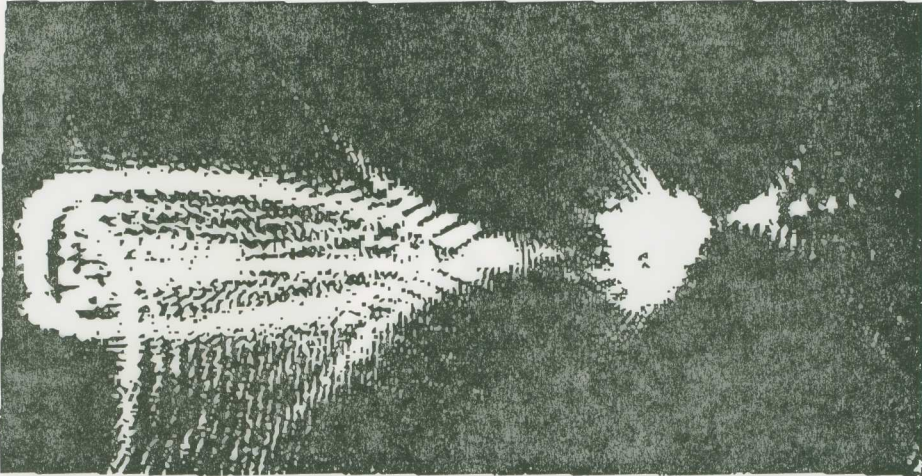


Fig.5 The same patterns as in Fig. 4 but under different angles of incidence of the light bundles on the reference screen.

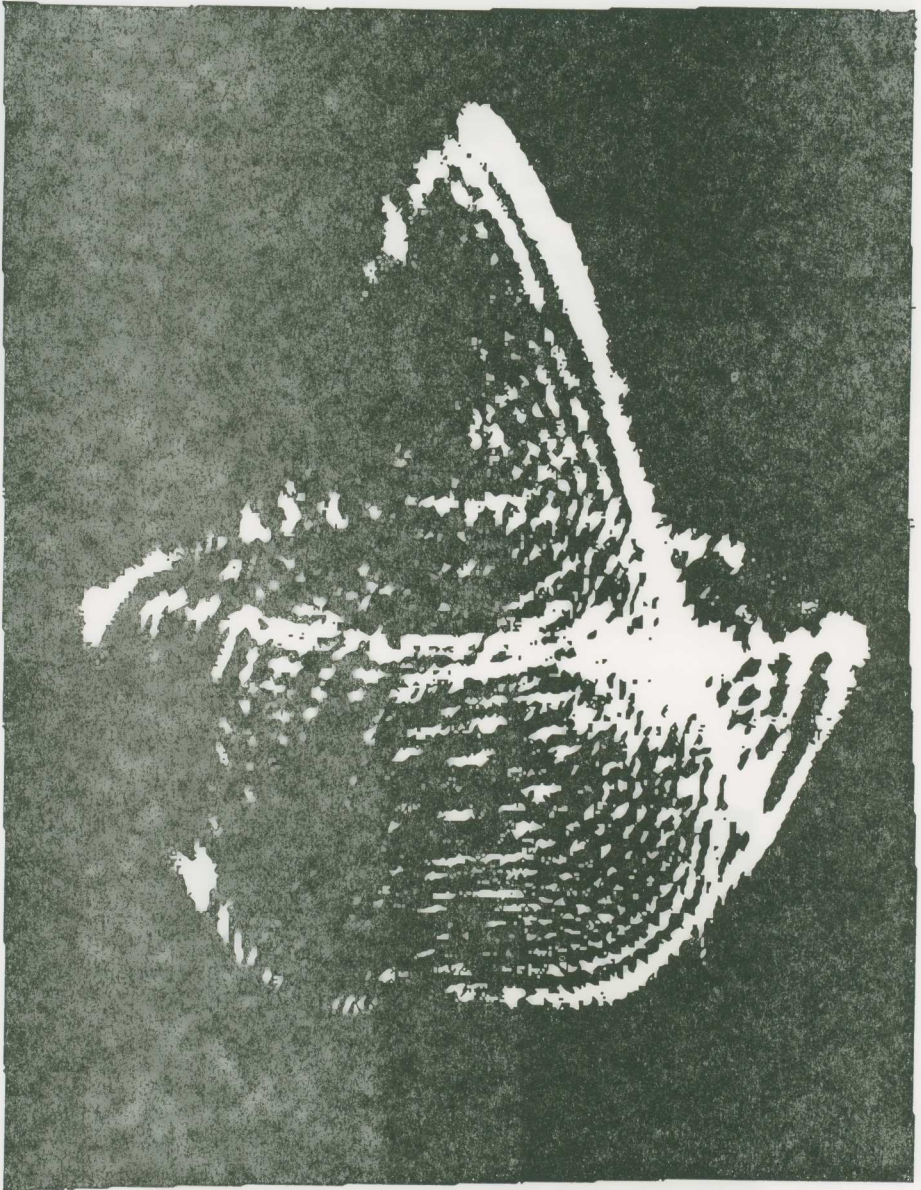


Fig. 6 The same pattern under large angles of inclination of the references screen.

mage studied here are represented by shallow craters in general, and the dimensions of the pits are far away from any comparable dimension of resonance of the radiation, it seems reasonable to use this simple approach, which yields satisfactory results.

Let us define the Oxyz-frame with the Oz-direction coinciding with the opposite to the normal to the initial surface of the specimen, which is represented by the Oxy-plane. The system of polar coordinates r, θ will be used in the following because of the angular symmetry of the pit. We assume that the intensity of the incident beam at the specimen surface has a Gaussian distribution of the form (see Fig. 7):

$$I = I_0 \exp\left(-\frac{r^2}{a^2}\right)$$

where I_0 is the on-axis intensity and a is the radial distance from the beam-axis to a $1/e$ intensity point. In the Fraunhofer approximation the scattered intensity in any $\theta = \text{const}$ plane, containing the Oz-axis, can be expressed by:

$$I_2 = \frac{I_0}{\lambda^2} \left| \int_{-\infty}^{\infty} A(r) \exp(-ikr \sin\theta) dr \right|^2 \quad (14)$$

where:

$$A(r) = \exp\left(-\frac{r^2}{2a^2}\right) \quad \text{for } |r| < r_0$$

$$A(r) = \exp\left(-\frac{r^2}{2a^2} - 2ikr_0\right) \quad \text{for } |r| > r_0$$

and $2r_0$ the diameter of the defect.

By adding and subtracting the integral:

$$\int_{-r_0}^{r_0} \exp\left(-\frac{r^2}{2a^2} - ikr \sin\theta\right) dr \quad (15)$$

within the absolute value signs, the integral in Eq. (14) can be converted into the sum of two integrals, where the first integral extends from negative to positive infinity, whereas the second integral extends from from negative to positive infinity. Carrying out the integration and the respective algebra,

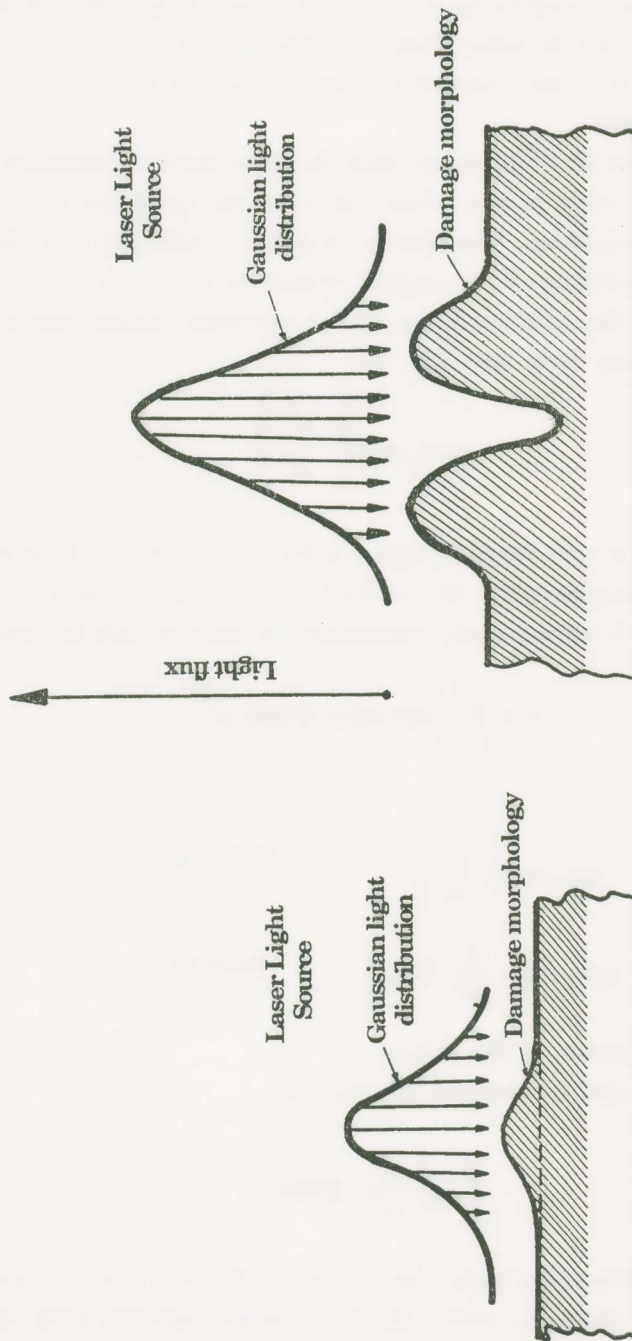


Fig. 7 The impinging light flux from a laser bundle and the damage morphology of the surface at the initial step of formation of the speckle (a) and after the development of the crater (b).

we obtain finally three terms, from which only the third one, corresponding to the diffraction of a Gaussian beam truncated by a pit, is not negligible. Using asymptotic expressions for the error functions appropriate for the case where $a \gg r_0 \gg \lambda$, $I(\theta)$ can be approximated by:

$$I(\theta) = E_0 \sin^2 kd \left[\frac{\sin(kr_0 \sin\theta)}{kr_0 \sin\theta} \right]^2 \quad (16)$$

where $E_0 = 32\pi a^2 r_0^2 I_0 / \lambda^2$.

Equation (16) represents the conventional single-defect diffraction pattern [5] with the overall intensity modulated by the pit depth.

When a small isolated quasi-circular defect is present in the illuminated spot on the surface the intensity I in a transverse plane passing through point O_2 can be approximated by:

$$I(r) = I_a(r) + I_d(r) \quad (17)$$

where $I_a(r)$ is the background intensity distribution in the absence of the defect and $I_d(r)$ is the intensity distribution pattern from the surface defect. The intensity distribution in the Fraunhofer diffraction pattern from the defect can be expressed by:

$$I_d(r) = I_0 \left[\frac{2 J_1 \left(\frac{2\pi r_0 r}{\lambda f} \right)}{\left(\frac{2\pi r_0 r}{\lambda f} \right)} \right]^2 \quad (18)$$

where I_0 is the intensity at the center of the pattern and $2r_0$ the diameter of the defect.

The intensity distribution $I_d(r)$ is a typical diffraction distribution shown schematically in Fig. 7. The $I_d(0) = I_0$ intensity is very small.

EXPERIMENTAL EVIDENCE OF FORMATION OF LASER SPECKLES

An experimental investigation of the formation of diffraction patterns and their rainbow caustics was undertaken in order to ascertain the theory developed. The experimental set-up used in the tests was simple. A Neon or

Argon gas cw-laser light beam was passing through a collimator and a diaphragm regulating the intensity of the light bundle. The light beam is impinging normally on the surface of the plexiglas specimen and the partly reflected from its surface light beam is received on a ground glass reference screen, or on the viewing frame of the recording camera.

By regulating the light intensity of the laser beam we adjust the light intensity of the impinging beam to be sufficient for creating a speckle of the flat surface of the plate. In order to facilitate the creation of the speckle phenomenon, coloured plexiglas plates were used, so that the almost totality of the impinging energy was acting on the surface of the specimen.

The formation of the speckle crater resulted in a progressive variation of the angle of incidence of the light rays in the zone of development of the speckle, which when reflected, formed an interferogram containing all information concerning the instantaneous shape of the crater and its evolution as the light flux from the laser beam was increased. Figures 8 and 9 present a series of interferograms indicating the development of the laser speckle on a flat surface of a coloured thin plexiglas plate. For a light flux emitted from the laser kept constant at some level, the interferogram started and interference fringes were created at the beginning of the process with a high speed, as the phenomenon of deformation of the surface accelerated at the beginning. As the process evolved, the formation of fringes was retarded, tending to some limit, where the interferogram is stabilized corresponding to the respective level of light flux from the laser.

In the first steps of creation of the speckle, where the pit is formed by elastic deformations progressive reduction and withdrawal of the light flux of the laser reduced progressively the shape and number of fringes of the interferogram, up to its complete extinction (Fig. 8).

Increasing the level of the light flux beyond a certain limit, up to which the speckle deformation was elastic, permanent distortions of the shape of the surface of the plate were established. It was observed that it was a zone of light flux producing permanent deformations of the speckle, for which the respective interferogram was a continuous one with a smooth change of the interfringe distance (see Fig. 8b).

However, when another upper bound of light flux can be reached, for which a second more brilliant interferogram was emerging from the center of the initial interferogram, this new interferogram was again progressively

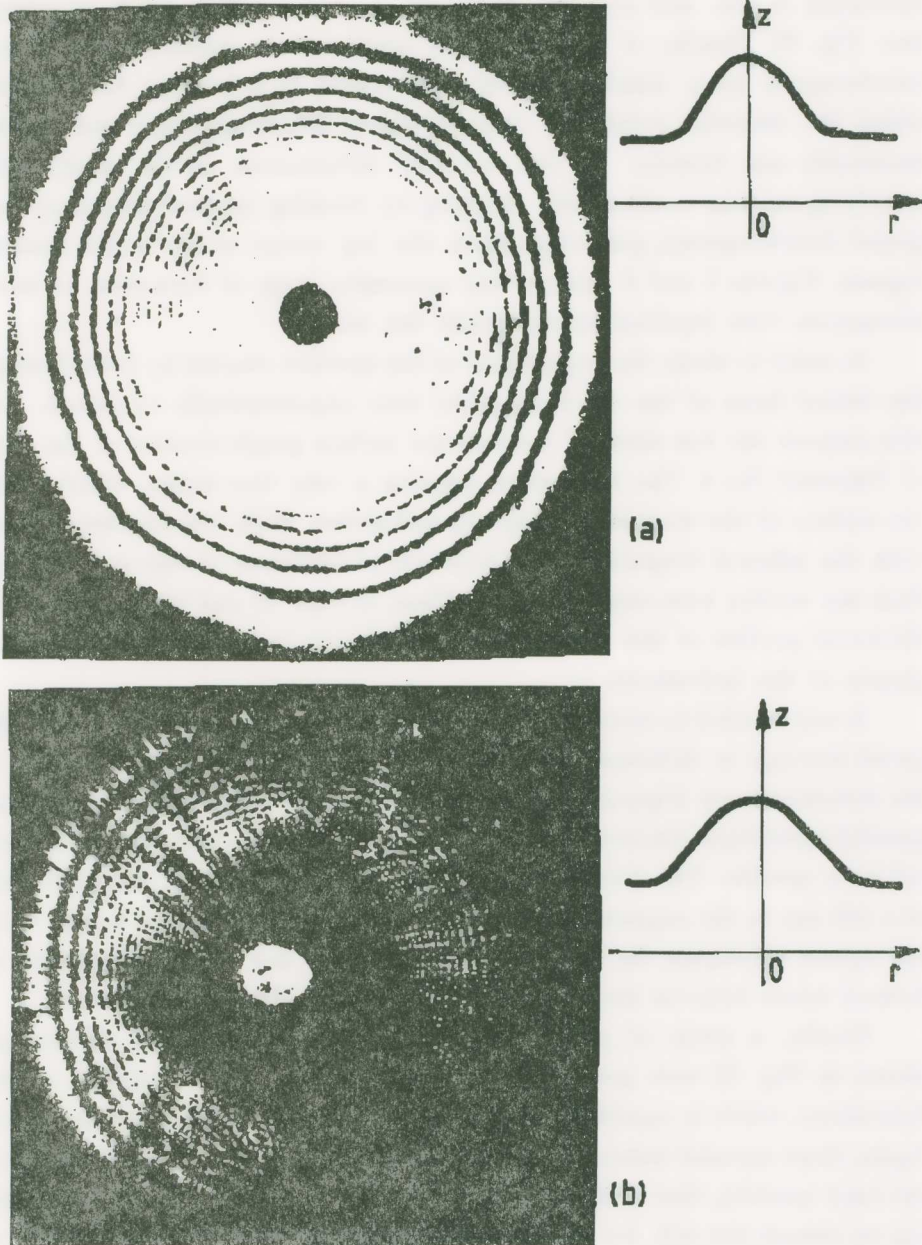


Fig. 8. Interferograms at the initial phase of creation of the protrusion and their respective shapes.

increasing in size and number of fringes, up to a certain limit of energy (sec. Fig. 9). Finally, if the light flux continued to increase, this second interferogram lying inside the first one, tended to a limiting form, above which the material eventually changed phase, becoming liquid and boiling drastically and fiercely. In this level of deformation of the speckle, the interferogram was continuously changing by forming internal secondary regional interferograms, pulsating inside the big crater of the stable interferogram. Figures 5 and 6 indicate the successive steps of formation of interferograms with liquified phases inside the craters.

In order to study the topography of the speckles created by laser damage the lateral faces of the deformed plate were experimentally examined. For this purpose use was made of a rectilinear surface graph-recorder of the type of Talytsurf No. 4. The instrument disposes a very fine stylus, which scans the surface of the workpiece along any radial line. With this instrument and with the selected magnification, variations of thickness of the order of less than one micron were easily detected. Thus, in Figs. 10 and 11 the respective thickness profiles of the corresponding interferograms were plotted from the graphs of the instrument.

It was decided to sweep the neighborhood of the speckle by parallel equispaced tracings in different orientations in order to create the relief map of the deformed zone. Figures 10 and 11 present the profile graphs of rectilinear parallel equidistant traverses for two different steps of development of a typical laser speckle. The first pattern in Fig. 11 corresponds to the formation of a hill due to the expansion of the material heated by the laser beam, while the second represents the later phase, when at the top of the hill a crater is formed where later-on the material of the plate is liquified.

Finally, a series of photographs with a scanning electron microscope shown in Fig. 12 were presented in an arrangement of z-modulation of the instrument, which is capable to present the topography of the scanned surface. Again, these scanned microphotographs present in relief the different shapes of the laser speckles, that is the speckle at its initial step of deformation presenting an almost flat hill, the second when a flat top is formed at the height of the hill, and finally the third step when a distinct crater is developed at the center of the hill.

This extensive experimental evidence corroborates the theory of creation of speckles under the influence of a laser light beam impinging normally on

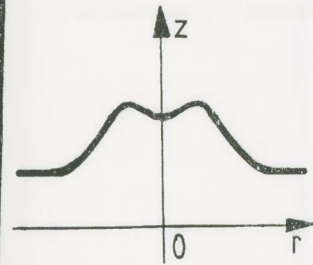
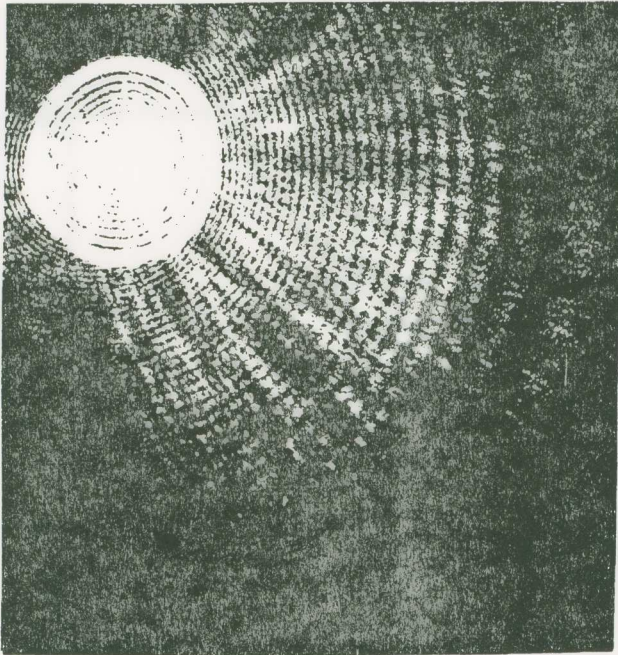
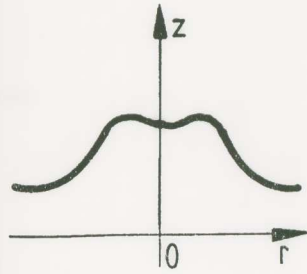
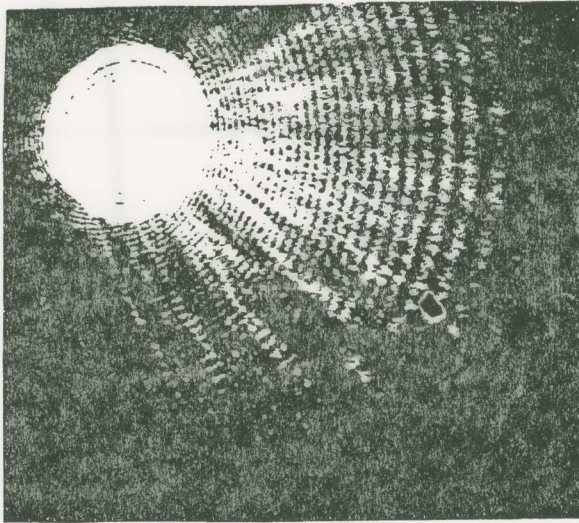


Fig. 9. Interferograms of the initial and subsequent phases of the phenomenon of creation of the speckle when a crater starts to develop.

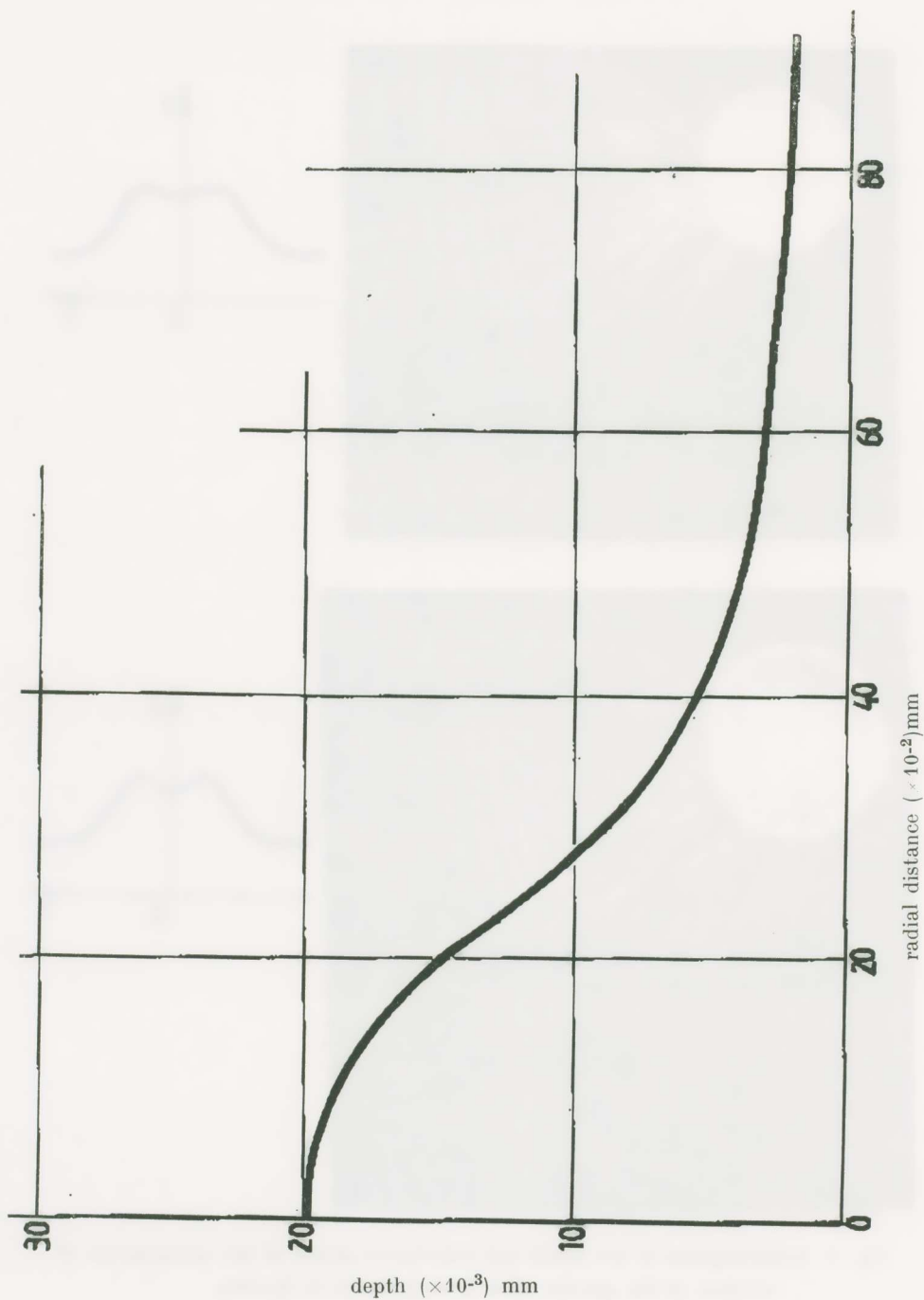


Fig. 10 The radial profile of the speckle.

the workpiece. The properties of the rainbow caustics predicted in the theory may be strikingly confirmed by the experiments with laser light damage.

The two dimensional space of deflections due to speckle defines the limiting curve shown in the figures, which is a classical rainbow caustic, showing cusps, whose positions are depending on the form of the crater of the speckle. While the scattering of light around the speckle is classically singular the effect of diffraction consists in a softening of the singularities as we recede from the cusps. Figures 4 to 6 indicate the formation of the diffraction patterns from reflections at neighbouring areas of speckles, consisting of the inner cusped rainbow caustic C_2 , εs as well as the detailed patterns at the neighbourhoods of the cusps, where the quantized diffraction patterns are very distinct. While the internal rainbow caustic C_2 is a four-cusp curve, the external one C_1 , is a smooth one. The distances Δx , Δy and Δc , given by relations (10), can be readily evaluated from the interferograms.

By rotating the reference screen, where the interferograms are formed, so that the laser light bundle is impinging obliquely to the screen, a transformation of the caustic pattern is achieved, where, for small angles of rotation the rainbow caustics become elliptically formed (see Fig. 5). If the angle of angular displacement of the screen is increased, the pattern becomes very complicated, εs it is indicated in Fig. 6, since the configuration on the screen corresponds to an oblique intersection of the caustic pattern in space. In this configuration zones corresponding to a value of the perturbation parameter, $\varepsilon=0$, appear as very restricted areas. The similarity of the experimentally obtained pattern of Figs. 4 to 6 with the configuration of a typical *hyperbolic umbilic catastrophe* in Fig. 1 is striking, thus, confirming the idea that the rainbow caustics correspond to intersections of the rainbow caustic surface in space by different planes and this caustic surface belongs to the category of the *hyperbolic umbilic catastrophes*.

Then, the shapes of the rainbow caustics can give detailed information about the form of the speckle created by the laser light damage, by defining the variation of the values of Δx , Δy , Δc for different intersections of the rainbow caustic surface by different planes $\varepsilon=\varepsilon_1$. In practice, the details of curves C become blurred to a different degree, depending on the choice of the value of the perturbation parameter ε . Furthermore, in a finer scale it is also possible to observe the beginning of quantization of the rainbow caustic into diffraction spots, which occurs because the laser beam illuminates several unit cells in the speckle.

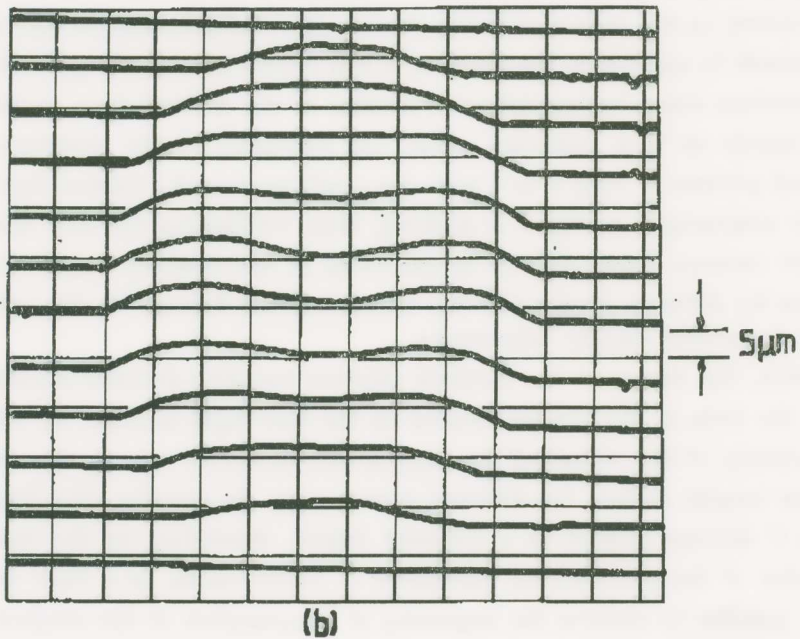
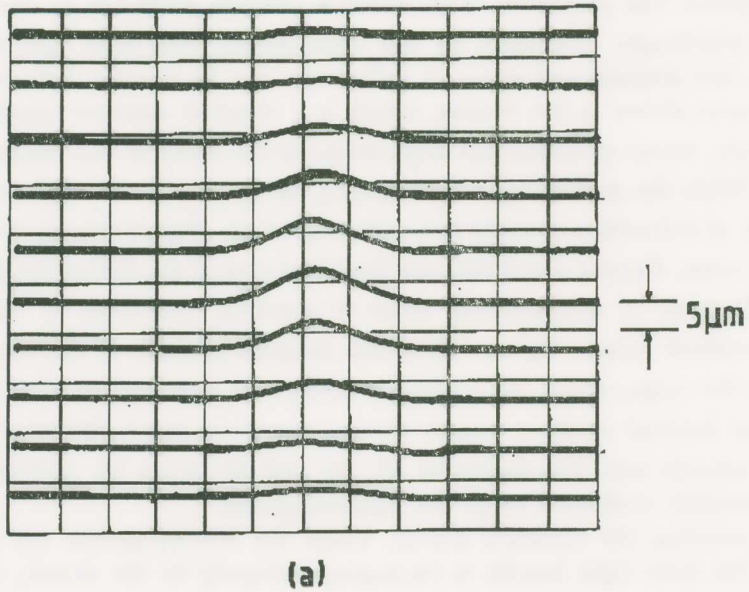
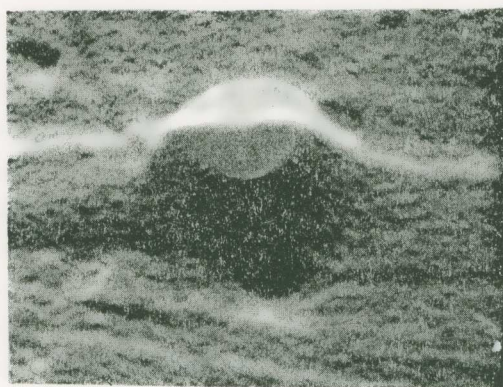
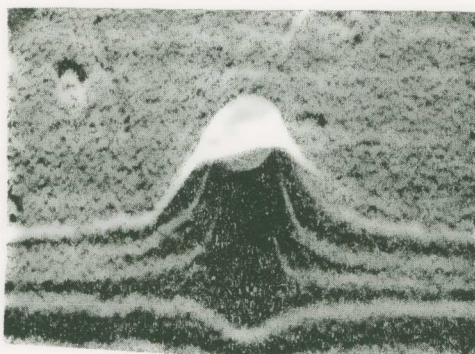


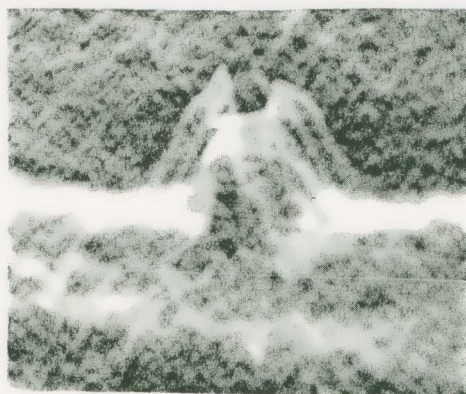
Fig. 11. Talysurf tracings of the variation of the thickness of the speckle hill by successive traverses (a) initial step (b) step with crater.



(a)



(b)



(c)

Fig.12 Interferograms of the speckle during the attack of the laser light as they are seen by a scanning electron microscope at z-modulation (a) initial step (b) initiation of crater (c) development of crater.

ACKNOWLEDGEMENT

The research programme present in this paper was partly supported by the Athens National Technical University and the National Academy of Athens research funds. The author expresses his appreciation for this generous support. He is also indebted to his secretary Mrs. Anny Zografaki for her help in typing and drawing the figures of this manuscript. Mr Alex Koutsambessis, Technician at the Laboratory for Testing Materials of the Athens National Technical University assisted during the execution of all experiments undertaken in this research programme. The author expresses his wholehearted thanks for this help.

REFERENCES

1. J. P. Toennies, *Applied Physics*, Vol. **3**, pp. 91-114 (1974).
2. U. Garibaldi, A. G. Levi, R. Spadacini and G. E. Tommei, *Surface Science* (1974).
3. J. N. Smith Jr., D.R. O'Keefe, H. Salgburg and R. L. Palmer, *Jnl. of Chemical Physics*, Vol. **50**, pp. 4667-4671 (1969).
4. M. V. Berry, *Jnl. of Physics A* (Math. Gen.), Vol **8**(4), pp. 566-584. (1975).
5. M. Born and E. Wolf, «*Principles of Optics*» 5th Edition (Pergamon Press London) (1975).
6. J. C. Maxwell, *Philosophical Magazine*, Vol. **40**, 54, pp. 421-427 (1870).
7. R. Thom, *Stabilité structurelle et Morphogénese*, New York, Benjamin (1972).
8. H. Abramowitz and A. Stegun, *Handbook of Mathematical Functions*, (U.S. Bureau of Standards Wash. D.C.) (1964).
9. G.B. Airy, *Proceed. Cambridge Phil. Soc.*, Vol **6**, pp. 379-402 (1838).
10. K. W. Ford and J. A. Wheeler, *Annal. Phys.*, NY **7**, pp. 259-322 (1959).
11. T. Pearcey, *Phil. Magazine*, Vol. **37**, pp. 311-317 (1946).
12. P. S. Theocaris and J. Michopoulos, *Applied Optics*, Vol. **21** (6), pp. 1080-1092 (1982).
13. P.S. Theocaris, «Francisco Maurolyco, a precursor of Newton and Kepler. Four hundred years from the date of his death», *Proceed. Nat. Acad. of Athens*, Vol. **53** (no.2), pp. 110-127 (1978).

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Ι Σ

Μελέτη τῆς τοπολογίας ἐπιφανειῶν ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἀκτίνων Laser

Εἰς τὴν ἀνακοίνωσιν αὐτὴν μελετᾶται ἡ μορφή στιγμάτων δημιουργουμένων ἐπὶ λείων ἐπιφανειῶν προσβαλλομένων ὑπὸ ἀκτίνων Laser. Ἡ μορφολογία καὶ αἱ χαρακτηριστικαὶ διαστάσεις τῶν δημιουργουμένων στιγμάτων τοιούτων καταστροφῶν μελετῶνται κατὰ τὴν ἐξέλιξιν τοῦ φαινομένου προσβολῆς τῆς ἐπιφανείας ὑπὸ τῶν ἀκτίνων Laser τῇ βοθηθείᾳ ὀπτικῶν μεθόδων συμβολομετρίας καὶ περιθλάσεως τῶν προσπιπτουσῶν ἀκτίνων. Ἀποδεικνύεται διὰ πρώτην φορὰν ὅτι τὰ δημιουργούμενα συμβολογράμματα ἐκ τῆς παραμορφουμένης ἐπιφανείας σχηματίζουν ἀπεικονίσεις συμβολῆς, δημιουργοῦντα καυστικὰς, ἧτοι καταστροφὰς ἀνωτέρας τάξεως τοῦ τύπου τῶν ὑπερβολικῶν ὀμφαλοειδῶν ἐπιφανειῶν, συμφώνως πρὸς τὴν κλαστικὴν μαθηματικὴν θεωρίαν καταστροφῶν τοῦ René Thom [7].

Αἱ ἐπιφάνειαι αὐταὶ τεμνόμεναι ὑπὸ ἐπιπέδων καθέτων πρὸς τὸν ἄξονα τῆς ὀπτικῆς δέσμης σχηματίζουν δύο καμπύλας, τὰς καλουμένας ἴχνη οὐρανίου τόξου, διότι οἱ νόμοι δημιουργίας των εἶναι οἱ αὐτοὶ μὲ τοὺς νόμους τοὺς διέποντας τὴν δημιουργίαν τῶν γνωστῶν οὐρανίων τόξων εἰς τὴν ἀτμοσφᾶϊραν, φαινόμενα τὰ ὅποια πρῶτος ἐμελέτησεν καὶ ἔδωκε τὴν ὀρθὴν λύσιν τοῦ φαινομένου των ὁ Ἕλληνας σοφὸς Φραγκίσκος Μαυρόλυκος πρὸ τοῦ ἔτους 1575, ἔτους τοῦ θανάτου τοῦ σοφοῦ [13].

Τὰ ἴχνη οὐρανίου τόξου ἀποτελοῦνται ἀπὸ διπλῆν καμπύλην, τὴν μίαν ἐντὸς τῆς ἄλλης. Ἐνῶ ἡ ἐξωτερικὴ εἶναι λεία προσομοιάζουσα πρὸς κύκλον ἢ ἔλλειψιν, ἡ ἐσωτερικὴ εἶναι ραμφοειδῆς τετράσκελος καμπύλη μὲ τὰ ράμφη ἐστραμμένα πρὸς τὰ ἔξω. Αἱ ἀποστάσεις, εἴτε τῶν κορυφῶν τῶν ραμφῶν, εἴτε τῶν κοιλιῶν τῶν τεσσάρων καμπύλων, ἀπὸ τῆς ἐξωτερικῆς καυστικῆς δίδουν σχέσεις, δι' ὧν ὑπολογίζεται ἐπακριβῶς τὸ ὕψος καὶ ἡ μορφολογία τῶν στιγμάτων των καταστροφῶν ἐξ ἀκτίνων Laser.

Κατὰ τὴν περίπτωσιν τῆς συγκεντρωμένης δέσμης τῶν ἀκτίνων ἐπὶ τῆς λείας ἐπιφανείας τοῦ δοκιμίου δημιουργεῖται τοπικὴ συγκέντρωσις ἐνεργείας εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, ἔχουσα ὡς ἀποτέλεσμα τὴν θέρμανσιν τῆς περιοχῆς καὶ τὴν διόγκωσίν της, δημιουργοῦσα λόφον, τοῦ ὁποίου τὰ χαρακτηριστικὰ μεγέθη ὑπολογίζονται ἐκ τῆς ἀρχικῆς συμβολῆς τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων, αἱ ὅποια σχηματίζουν ἐπὶ πετάσματος συμμετρικὸν κυκλικὸν συμβολόγραμμα.

Ἐὰν ἡ προσπίπτουσα ἐνέργεια ὑπερβαίνῃ ὀρισμένην στάθμην καὶ χρόνον προσπτώσεως, ὁ σχηματιζόμενος λόφος ἐξελίσσεται εἰς κρατῆρα ἡφαιστείου, εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ. Αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες ἐκ τοῦ κρατῆρος τούτου δημιουργοῦν δεύτερον συμβολόγραμμα, φωτεινότερον τοῦ πρώτου, καὶ ὁμόκεντρον μὲ τὸ πρῶτον. Ἐξέλιξις

τῶν δύο συμβολογραμμάτων δημιουργεῖ ἐν συνεχείᾳ τὰς ἀπεικονίσεις περιθλάσεως μὲ τὰς χαρακτηριστικὰς καμπύλας οὐρανίου τόξου.

Αἱ διαδοχικαὶ φάσεις τοῦ φαινομένου δημιουργίας τοῦ στίγματος Laser μελετῶνται, αἱ μὲν δύο πρῶται ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ὀπτικῆς θεωρίας συμβολῆς Fraunhofer, ἡ δὲ τελευταία βάσει τῆς θεωρίας καταστροφῶν καὶ τῆς ἀπλοποιημένης θεωρίας περιθλάσεως κατὰ Kirchhoff, ἡ ὁποία ἔχει ἐφαρμογὴν δι' ἀραιὰς διαταραχὰς τῆς ἐπιπέδου λείας ἐπιφανείας, ὡς εἶναι ἡ περίπτωσις ὑπὸ ἐξέτασιν. Ἡ προσπίπτουσα ἀκτινοβολία Laser θεωρεῖται παρουσιάζουσα ἀπλῆν κατανομὴν ἐν τῷ χῶρῳ κατὰ Gauss.

Πειραματικὰ μελέται μὲ ἀπλᾶς διατάξεις ἰσχυροῦσας διὰ τὴν θεωρίαν Fraunhofer ἔδωκαν συμβολογράμματα μεγάλης πιστότητος καὶ εὐαισθησίας. Αἱ αὐτὰ διατάξεις ἐχρησιμοποιήθησαν καὶ διὰ τὴν μελέτην τῶν φαινομένων περιθλάσεως.

Πρὸς διασταύρωσιν τῶν ἀποτελεσμάτων ἐκ τῶν ὀπτικῶν πειραματικῶν μεθόδων ἐγένετο ἐν συνεχείᾳ δι' ἕκαστον πείραμα μελέτη τῆς τοπογραφίας τοῦ στίγματος, τῇ βοηθείᾳ λίαν εὐαισθητῶν μηχανημάτων αὐτομάτου καταγραφῆς τῶν ἀνωμαλιῶν τῆς ἐπιφανείας, διὰ σαρώσεώς της μὲ λίαν λεπτὸν καὶ εὐαίσθητον στύλον τοπογραφικοῦ μηχανήματος τύπου Talysurf No. 4. Τὰ ἐν λόγῳ διαγράμματα ἀπεδείξαν τὴν συμφωνίαν τῶν θεωρητικῶν ἀποτελεσμάτων καὶ τῶν ὀπτικῶν τοιούτων. Τέλος, μελέτη τῶν στίγμάτων διὰ τοῦ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου σαρώσεως τοῦ ἐργαστηρίου Ἀντοχῆς Ὑλικῶν τοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου, εἰς διαμόρφωσιν τοῦ ὄργανου κατὰ τὴν z-κατεύθυνσιν προσπτώσεως τοῦ φωτὸς Laser, ἔδωκε συμβολογράμματα ταυτόσημα μὲ τὰ εὐρεθέντα διὰ τῶν λοιπῶν μεθόδων. Ἡ τοιαύτη ταυτότης τῶν ἀποτελεσμάτων καταδεικνύει τὴν ἀκρίβειαν καὶ τὴν μεγάλην εὐαισθησίαν τῆς μεθόδου, ἡ ὁποία εἶναι ἡ πρώτη καθ' ὅσον γνωρίζομεν ἐφαρμογὴ τῆς μεθόδου τῆς συμβολομετρίας διὰ τὴν μελέτην τῶν διαδικασιῶν ἐφαρμογῆς τῶν ἀκτίνων Laser εἰς συγκολλήσεις ἢ διατρήσεις καὶ ἐν γένει διαμορφώσεις, τόσον εἰς τὰ ἄψυχα ὑλικά, ὅσον καὶ εἰς τὴν ἔμβιον ὕλην.

Τέλος, δέον ὅπως ἀναφερθῆ ὅτι διὰ συνεχίσεως τῆς προσβολῆς τῆς ἐπιφανείας τοῦ δοκιμίου ὑπὸ τῆς συγκεντρωμένης δέσμης Laser, ἐφ' ὅσον ἡ ροὴ τῆς ὀπτικῆς ἐνεργείας εἶναι ὑπεράνω κρισίμων ὀρίων, μετὰ τὴν πλήρη ἀνάπτυξιν τοῦ κρατῆρος εἰς τὴν διαταραχὴν, δημιουργεῖται τῆξις τοῦ ὑλικοῦ ἐντὸς τοῦ κρατῆρος καὶ ἐν συνεχείᾳ ἔντονος βρασμὸς τῆς τακείσης ὕλης. Διὰ τοῦ τρόπου αὐτοῦ ὁ κρατῆρ προχωρεῖ εἰς τὸ βάθος τῆς πλακὸς μέχρι πλήρους διατρήσεώς της. Ἡ διαδικασία αὕτη ἀποτελεῖ τὸν βασικὸν μηχανισμόν διαμορφώσεως τῶν σωμάτων ἐξ ἀποστάσεως διὰ χρήσεως φωτὸς Laser, μεθόδου ἡ ὁποία ἔχει εὐρεῖ σήμερον εὐρείας ἐφαρμογὰς εἰς τὴν τεχνολογίαν καὶ τὴν ἰατρικήν.

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 8ΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 1996

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΙΩΑΝΝΟΥ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ

ΔΙΚΑΙΟΝ.— Ἡ ἐξασφάλιση τῶν δικαιωμάτων στὰ μεταβυζαντινὰ δικαιοπρακτικὰ ἔγγραφα. Ἐπιβιώσεις ἀρχαίων ἐλληνικῶν δικαίων, ὑπὸ τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κ. Μενέλαου Τουρτόγλου*.

Τὰ δικαιοπρακτικὰ ἔγγραφα τῆς περιόδου ὅπου ὁ ἐλληνισμὸς βρισκόταν ὑπὸ ξένη κυριαρχία, περιλαμβάνουν καὶ ποικιλία μέσων, ἀστικοῦ καὶ δικονομικοῦ δικαίου, πρὸς ἐξασφάλιση δικαιωμάτων ἐκ μέρους τῶν δικαιοῦχων¹. Ἀπὸ αὐτὰ τὰ συνηθέστερον ἀπαντώμενα ἦσαν ἡ ποινικὴ ρήτρα, ἡ ὑποθήκη καὶ ἡ προσωπικὴ κράτηση, ἡ ἔρευνα τῶν ὁποίων ἀποτελεῖ τὸ ἀντικείμενον τῆς παρούσης ἀνακοινώσεως.

I. ΠΟΙΝΙΚΗ ΡΗΤΡΑ

Εὐρυτάτη ἦταν ἡ χρῆση τῶν ποινικῶν ρητρῶν ἀπὸ τοὺς ὑποδούλους Ἑλληνες πρὸς ἐπίρρωση τῶν συμβάσεων. Ἡ συνήθεια δὲ αὐτὴ φέρει τὶς ἐμφανεῖς ἐπιδράσεις τοῦ δικαίου τῶν βυζαντινῶν. Ἡ σύναψη ποινικῆς ρήτρας γιὰ τὴν ἐνίσχυση τῶν συμβάσεων ἀπαντᾷ στὰ ἀρχαῖα ἐλληνικὰ δίκαια² τὰ ὁποῖα καὶ ἐπηρέασαν, ὡς φαίνεται, τὴ νομοθεσίαν τῶν Ρωμαίων. Στούς τελευταίους ἡ συνομολόγηση προ-

* MENELAOS TOURTOGLOU, *La garantie des droits dans les documents juridiques post-byzantins. Survivances des droits grecs antiques.*

1. Πρβλ. Β. Οἰκονομίδου, *Στοιχεῖα τοῦ Ἀστικοῦ Δικαίου* (Γενικαὶ Ἀρχαί), ἐκδ. Β', ἐν Ἀθῆναις 1893, σ. 286, σημ. 2.

2. Πρόκειται περὶ τοῦ θεσμοῦ τοῦ ἡμιολίου ὁ ὁποῖος συνεχίσθη καὶ στὸ ἐλληνιστικὸ δίκαιο. (Δημοσθένους κατὰ Διον. 38, κατὰ Νικοστρ. 10). *L. Beauchet*, *Histoire du droit privé de la république Athénienne*, Paris 1897 (ἀνατ. Amsterdam 1969), IV, σ. 430. *I. Mitteis*, *Reichsrecht und Volksrecht in den östlichen Provinzen des römischen Kaiserreiches*, Leipzig 1891, σ. 510. *G. Petropulos*, *Papyri Societatis Archaeologicae Atheniensis*, Ἀθῆναι 1939, σ. 82, 137, 145, 148, 152, 160.

στήμου (ποινικῆς ρήτρας) ἐπετυγχάνετο συνήθως με ἐπερώτηση (*stipulatio poenae*) ἢ καὶ με πρόσθετο σύμφωνο³. Ἡ προσθήκη ὅμως ποινικῶν ρητρῶν στὰ συμβόλαια διευρύνεται ἰδίως μετὰ τὸν Ἰουστινιανό. Περὶ αὐτοῦ μαρτυροῦν πλεῖστες διατάξεις τῶν βυζαντινῶν αὐτοκρατόρων⁴, ἀπὸ τίς ὁποῖες φαίνεται ὅτι ἀνεγνωρίσθη ἡ ἰσχὺς τους καὶ ἐπὶ μνηστειῶν⁵. Ἔτσι ὁ προσδιορισμὸς εἰς βάρος τοῦ ἀθετοῦντος προστίμου «δι' ἀσφάλειαν καὶ παραφυλακὴν τῶν συμπεφωνημένων», ἀποτελεῖ σχεδὸν τὸν κανόνα⁶, ἀφοῦ οἱ συνομολογούμενες χωρὶς πρόστιμο συμβάσεις ἐχαρακτηρίζοντο ὡς ψιλὰ σύμφωνα καὶ ἐπομένως ἦσαν μὴ ἀγώγιμες⁷.

Τὰ ἐπὶ ποινικῶν ρητρῶν ἰσχύσαντα στὸ Βυζάντιο ἐκκληροδοτήθησαν, μετὰ τὴν κατάλυσή του, σχεδὸν αὐτούσια στὸ ἐφαρμοσθὲν ἀπὸ τοὺς ὑποδούλους Ἑλληνες δίκαιο. Ἡ χρῆση τῶν ποινικῶν ρητρῶν προσέλαβε τέτοια ἔκταση, ὥστε νὰ μὴ περιορίζεται ἐπὶ παντὸς συμφώνου, ἀλλὰ νὰ ἐπεκτείνεται καὶ ἐπὶ μονομερῶν διατάξεων αἰτία θανάτου.

Συγκεκριμένα, ποινικῆς ρῆτρης ἀπαντοῦν ἐπὶ πωλήσεως⁸, ἀνταλλα-

3. Βλ. *Π. Καλλιγᾶ*, Σύστημα Ρωμαϊκοῦ Δικαίου, τ. Γ' (ἔκδ. Γ'), ἐν Ἀθήναις 1885, σ. 160. *Γ. Πετροπούλου*, Ἱστορία καὶ Εἰσηγήσεις τοῦ Ρωμαϊκοῦ Δικαίου (ἔκδ. Β'), Ἀθήναι 1963, σ. 823 ἐπ.

4. Βλ. Νεαρά Ρωμανοῦ Β' (959-963). *Ζέπων* J. G-R, τ. 1, σ. 244-246. Νεαρά Ἀλεξίου Κομνηνοῦ (1082). *Ζέπων* J. G-R, τ. 1, σ. 296-298. Νεαρά Μανουὴλ Κομνηνοῦ (1166). *Ζέπων* J. G-R, τ. 1, σ. 395-396.

5. Βλ. Νεαρά 18 Λέοντος τοῦ Σοφοῦ. *Ζέπων* J.G-R, τ. 1, σ. 77-78. *P. Noailles et A. Dain*, *Les nouvelles de Léon VI le Sage*, Paris 1944, σ. 69 ἐπ.

6. Πρβλ. Νεαρά Μανουὴλ Κομνηνοῦ (1166), κεφ. η'. *Ζέπων* J. G.-R, τ. 1, σ. 395. «Τῶν συμφώνων ὅσα μὲν ἔχουσι πρόστιμα καὶ ἀνάγκην τοῦ πληροῦσθαι, ταῦτα κρατοῦσι καὶ ψηφίζεται ὁ χρόνος ἀπὸ τῆς ποιήσεως τοῦ συμφώνου· ὅσα δὲ οὐκ ἔχει πρόστιμον οὐδὲ ἀνάγκην τοῦ πληρωθῆναι, τούτων οὐδὲ ὁ χρόνος τῆς ποιήσεως ψηφίζεται» (*Ἀρμεν.* 1.9.6.). «...συνήλλαξα ἐγὼ μετὰ σοῦ πρᾶσιν ἢ μίσθωσιν ἢ ἄλλην τινὰ ἐποίησα πρὸς σὲ συμφωνίαν· ἐπιφέρομεν οὖν ἀλλήλοις ἐξ ἀρεσκείας ἡμῶν πρόστιμον, ὅσον βουλόμεθα, καὶ λέγομεν, ὅτι οἶος ἐξ ἡμῶν παραβῆναι πειραθῆ τὴν τοιαύτην συμφωνίαν, ἵνα δίδωσι τῷ ἐτέρῳ χρυσίου λίτρας τόσας, ὅσας δηλαδὴ ἀμφοτέροι θελήσομεν καὶ πρὸς τὴν θέλησιν ἡμῶν κρατεῖ καὶ ἀπαιτεῖται τὸ τοιοῦτον πρόστιμον· καὶ τοῦτο δὲ αἰεὶ χρηματικὸν ἐστίν». (*Ἀρμεν.* Append., III.44. Σχόλιο).

7. *Ἀρμεν.* 1.9.7 καὶ σχόλιο: «...ψιλὰ δὲ (σύμφωνα), ἅπερ εἰσὶ τὰ χωρὶς ἐπερωτήσεως καὶ προστίμου γενόμενα». «Τὸ ψιλὸν σύμφωνον ἀγωγὴν οὐ τίκει ἀλλὰ παραγραφὴν». Νεαρά τοῦ Ρωμανοῦ Β' (959-963). *Ζέπων* J. G-R, τ. 1, σ. 246. Πρβλ. ὅμως τὴν προγενέστερη 72 Νεαρά τοῦ Λέοντος «περὶ τοῦ κυροῦσθαι τὰ σύμφωνα τὰ ἄνευ προστίμου γεγενημένα». *Ζέπων* J.G-R, τ. 1, σ. 143. *P. Noailles et A. Dain*, ἐνθ' ἄν. σ. 259.

8. *Ἀντ. Κατσοροῦ*, Ναξιακὰ δικαιοπρακτικὰ ἔγγραφα τοῦ 17 αἰῶνος, Ἀνάτ. ἐκ τῆς Ἐπετηρίδος τῆς Ἑταιρείας Κυκλαδικῶν Μελετῶν, τ. Ζ' (1968), ἐν Ἀθήναις, ἀριθ. 4, 7, 10, 18, 19, 20, 25, 26, 27, 28, 32, 34, 37, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 55, 56, 57, 60,

γῆς⁹, διανομῆς¹⁰, καλλιεργητικῶν συμβάσεων¹¹, προικοσυμφώνων¹², συμβιβασμῶν¹³. Ὁμοίως ἐπὶ δωρεῶν καὶ διαθηκῶν δι' ἐκεῖνον πού ἤθελε τυχόν ἐναντιωθεῖ ἢ «διασεισεῖν» τις πράξεις αὐτές¹⁴, ἀκόμη δὲ καὶ στὶς περιπτώσεις πού τὰ συμβαλλόμενα μέρη εἶχαν ἀμελήσει νὰ λάβουν ἀπὸ τις ἀρχές τοῦ κυριάρχου πιστοποίηση περὶ τῆς ἐγκυρότητος τίτλου ἰδιοκτησίας (χοτζέτι)¹⁵. Στὴ δὲ Μάνη ποικιλία συμφωνιῶν,

62, 67, 68, 69, 78, 84, 88, 90, 91, 92, 98, 101, 110, 111. *Γ. Πετροπούλου*, Νοταριακαὶ πράξεις Μυκόνου τῶν ἐτῶν 1663-1779, Παρ|μα Ἐπιστ. Ἐπετηρίδος τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, Ἀθήναι 1958, ἀριθ. 1403, 1404. *Α. Σιφωνιοῦ - Καράπα, Γ. Ροδολάκη, Α. Ἀρτεμιάδη*, Ὁ κώδικας τοῦ νοταρίου Νάξου Ἰωάννου Μηλιάτη 1680-1689, Ἐπετ. Κέντρου Ἐρεύνης Ἱστορ. Ἑλλην. Δικαίου, τ. 29-30, ἐν Ἀθήναις 1990, ἀριθ. 40. *Ἰακ. Βισβίζη*, Ναξιακὰ νοταριακὰ ἔγγραφα τῶν τελευταίων χρόνων τοῦ δουκάτου τοῦ Αἰγαίου (1538-1577), Ἐπετ. Ἀρχείου Ἱστορ. Ἑλλην. Δικαίου, τεῦχ. 4, ἐν Ἀθήναις 1951, ἀριθ. 1, 2, 3, 7, 9, 13, 15, 16, 18, 21, 23, 25, 28, 30, 32, 33, 37, 44, 46, 50, 51, 52, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 71, 74, 86. Τοῦ Ἰδίου, Τὸ κληρονομικὸν δικαίωμα τῶν συζύγων ἐπὶ ἀτέκνου γάμου εἰς τὴν Πάρον κατὰ τὸν 18ον αἰῶνα, Ἐπετ. Ἀρχείου Ἱστορίας Ἑλλην. Δικαίου, τεῦχ. 8, ἐν Ἀθήναις 1958, ἀριθ. 2, 8.

9. *Γ. Πετροπούλου*, Νοταριακαὶ πράξεις Χίου τῶν ἐτῶν 1724-1780 κλπ., Παρ|μα Ἐπιστ. Ἐπετ. Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, Ἀθήναι 1963, ἀριθ. 481. Τοῦ Ἰδίου, Νοταριακαὶ πράξεις Μυκόνου, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 7. *Ἰακ. Βισβίζη*, Ναξιακὰ νοταριακὰ ἔγγραφα, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 14, 81. *Ἀντ. Κατσουροῦ*, ἐνθ' ἄν. ἀριθ. 8, 89.

10. *Γ. Πετροπούλου*, Νοταριακαὶ πράξεις Χίου, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 507. *Ἀντ. Κατσουροῦ*, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 6.

11. Βλ. *Μεν. Τουρτόγλου*, Καλλιεργητικὲς συμβάσεις στὴν Ἀπεύρανθο τῆς Νάξου κατὰ τὴν Τουρκοκρατία, Ἐπετ. Ἐταιρ. Κυκλαδ. Μελετῶν, τ. ΙΒ', Ἀθήναι 1995, σ. 509, ἐπ. *Ἰακ. Βισβίζη*, Ναξιακὰ νοταριακὰ ἔγγραφα, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 11, 12, 17, 45, 64, 83, 84, 87, 88. *Α. Σιφωνιοῦ - Καράπα, Γ. Ροδολάκη, Α. Ἀρτεμιάδη*, ἐνθ' ἄν. ἀριθ. 44. *Ἀντ. Κατσουροῦ*, ἐνθ' ἄν. ἀριθ. 1, 11, 71, 75, 105.

12. *Ἀντ. Κατσουροῦ*, ἐνθ' ἄν. ἀριθ. 70, 113, 116, 119, *Ἰακ. Βισβίζη*, Ναξιακὰ νοταριακὰ ἔγγραφα, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 5, 6, 24, 26, 27, 31, 40, 42, 48, 70, 77, 78. Τοῦ Ἰδίου, Τὸ κληρονομικὸν δικαίωμα τῶν συζύγων ἐπὶ ἀτέκνου γάμου εἰς τὴν Πάρον κατὰ τὸν 18ον αἰῶνα, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 1, 14, 16, 17, 21.

13. *Γ. Πετροπούλου*, Νοταριακαὶ πράξεις Μυκόνου, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 113. *Α. Καράπα, Γ. Ροδολάκη, Α. Ἀρτεμιάδη*, ἐνθ' ἄν. ἀριθ. 41. *Ἀντ. Κατσουροῦ*, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 2. *Ἀπ. Βακαλοπούλου*, Ἀνέκδοτα δικαιοπρακτικὰ ἔγγραφα τῶν χρόνων τῆς Τουρκοκρατίας, Ἀρχεῖον Ἰδιωτικοῦ Δικαίου, τ. ΙΓ (1946), σ. 212.

14. *Ἀντ. Κατσουροῦ*, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 114. Βλ. καὶ *Γιάννη Μανρομάτη*, Ἰωάννης Ὀλόκαλος, νοτάριος Ἱεράπετρας. Κατάστιχο 1496-1543, (Ἑλλ. Ἰνστ. Βυζαντινῶν καὶ Μεταβυζαντινῶν Σπουδῶν τῆς Βενετίας καὶ Βικελαία Δημोट. Βιβλιοθήκη Ἡρακλείου), Βενετία 1994, ἀριθ. 15, 28, 31, 51, 52, 80, 89, 102, 116, 146, 148, 151, 162, 178, 181, 196, 212, 213, 214, 215, 239.

15. *Ἀντ. Κατσουροῦ*, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 2. Πρβλ. καὶ *Ἀντ. Βουρδουμπάκι*, Κρητικὰ συμβόλαια ἐκ τῆς Τουρκοκρατίας, «Χριστιανικὴ Κρήτη», τεῦχ. Γ (1912), σ. 467-468.

όπως π.χ. συνδιαλλαγή έμπολέμων οικογενειών ή συμφιλίωση έριζόντων άνδρογύνων, έπιρρωνύεται με τή συνομολόγηση ποινικῶν ρητρῶν. Έκεί ὅμως ή έστω και μεγάλη χρηματική ποινή που θα κατέπιπτε εἰς βάρος του ὑπαναχωροῦντος από τὰ ὑπεσχημένα δέν παρείχε, ὅπως φαίνεται, αρκετή έγγύηση για τήν ασφαλῆ τήρηση τῶν συμφωνιῶν. Γι' αὐτό παραλλήλως πρὸς τήν ποινική ρήτρα συνεφωνοῦντο ἕνα ή και περισσότερα «φονικά». Τὰ τελευταῖα ἐσήμαιναν τήν καθ' ὅλα νόμιμη, κατά τὰ ἔθιμα τῆς Μάνης, θανάτωση του ἄθετοῦντος τή συμφωνία ή και μελῶν τῆς γενιᾶς του ^{15α}.

Έπίσης ποινικὲς ρήτρες περιλαμβάνονται σὲ ἀποφάσεις αἰρετῶν κριτῶν και κοινοτικῶν κριτηρίων. Ἡ περιφούρηση του κύρους τῶν ἀποφάσεων αὐτῶν ἐπετυγχάνετο, ὡς φαίνεται, και με τήν ἀπειλή χρηματικῆς ποινῆς κατά του τυχόν μη συμμορφουμένου πρὸς τίς διατάξεις τους διαδίκου ¹⁶. Συμφωνηθείσης ποινικῆς ρήτρας και

15α. Βλ. Σ. Κουγέα, Ἡ ἀνθρωποκτονία (τὸ φονικὸ) ὡς διεγγύημα τρίτου ἐν Μάνη, «Ἑλληνικά», ἀριθ. 4, Θεσσαλονίκη 1953, σ. 365 ἐπ. Ὅμοιος και ἔγγραφο συμφωνία που συνετάγη τὸ 1822 ἀπὸ τὸν Πετρόμπεη Μαυρομιχάλη και τὸν Διονύσιο Τρουπάκη πρὸς ἀμοιβαία ὑποστήριξη σὲ κάθε δύσκολη περίσταση. Ὁ ἄθετῶν τή συμφωνία, πλὴν τῆς ὑποχρέωσέως του για τήν καταβολή τῆς συμφωνηθείσης ποινικῆς ρήτρας τῶν δέκα χιλιάδων γροσιῶν θὰ ὤφειλε «και δύο φονικά». (Γ. Μαραβελέα, Οἱ Παλαιολόγοι τῆς Καρδαμύλης, Ἀθήνα 1982, σ. 82). Πρβλ. ἐπίσης και ἔγγραφο συμφωνία μεταξύ διαφόρων κλάδων τῆς οικογενείας τῶν Μαυρομιχαλαίων που συνήφθη τὸ 1828 στήν Τσίμοβα. Ὅποιοι ἀπὸ τοὺς ὑπογράφοντες ἤθελε τυχόν ἀποστῆ ἀπὸ τή συμφωνία θὰ ὤφειλε 5.000 πιάστρα και δύο «φονικά» (G. Maurer, Ὁ Ἑλληνικὸς Λαός, τ. Α' (μετάφρ. Ε. Καραστάθη), Ἀθήναι 1943, σ. 427.

16. Βλ. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Παξῶν διαφόρων νοταρίων τῶν ἐτῶν 1658-1810, Παρ|μα Ἐπιστ. Ἐπετηρ. Νομικῆς Σχολῆς του Παν. Ἀθηνῶν, Ἀθήναι 1958, ἀριθ. 79, 95, 177, 289, 361, 365. Α. Σιφωνιοῦ - Καρατά, Γ. Ροδολάκη, Α. Ἀρτεμιάδη, ἐνθ' ἄν., σ. 42. Μεν. Τουρτόγλου, Ἡ νομολογία τῶν κριτηρίων τῆς Μυκόνου (17ος-19ος αἰ.), Ἐπετ. Κέντρου Ἐρ. Ἱστ. Ἑλλ. Δικαίου, τ. 27-28, ἐν Ἀθήναις 1985, σ. 8, σημ. 13 και σ. 170, ἀριθ. 161, σ. 172, ἀριθ. 163, σ. 187, ἀριθ. 179. Περὶ τῆς διαιτησίας πρβλ. τὸ κεφάλαιο Θ' τῆς ἔγγράφου συλλογῆς τῶν τοπικῶν ἐθίμων τῆς Νάξου του 1810 (Zépon J.G-R, τ. 8, σ. 543). Ὅμοιος Ν. Ροζάκου, Θέματα ἐθιμικῆς διαιτησίας ἀπὸ τήν Λακωνία, «Ἡελοπονησιακά», τ. Β', Ἀθήναι 1957, σ. 286 ἐπ. Π. Βιζουκίδου, Ἡπειρωτικῶν θεσμίων ἔρευνα, «Ἡπειρωτικά Χρονικά», τ. 2, 1927, σ. 5 ἐπ. Ἰακ. Βισβίζη, Ἡ κοινοτικὴ διοίκηση τῶν Ἑλλήνων κατά τήν Τουρκοκρατίαν, «L'Hellénisme Contemporain», τόμος ἐπὶ τῆ πεντακοσιοστῆ ἐπετείῳ ἀπὸ τῆς Ἀλώσεως τῆς Κωνσταντινουπόλεως (29 Μαῖου 1953), σ. 201. Διαιτησία δὲ ἐπὶ ἀξιοποίνων πράξεων βλ. Μεν. Τουρτόγλου, Περὶ τῆς Ποινικῆς Δικαιοσύνης ἐπὶ Τουρκοκρατίας και μετ' αὐτὴν μέχρι και του Καποδιστρίου. Βυζαντιναὶ τινες ἐπιδράσεις ἐπὶ τὸ ἐφαρμοσθὲν δίκαιον, Ἐπετ. Κέντρου Ἐρευνῶν Ἱστορ. Ἑλλ. Δικαίου, τ. 15, ἐν Ἀθήναις 1972, σ. 20 και «Μελετήματα Ἱστορίας Ἑλληνικοῦ Δικαίου», Ἀθήνα - Κομοτηνὴ 1984, σ. 112.

παρελθούσης τῆς προθεσμίας, ὁ ὑπαναχωρῶν, ὅπως ἄλλωστε καὶ στὸ βυζαντινὸ δίκαιο¹⁷, ὑπεχρεοῦτο στὴν πληρωμὴ τῆς χωρὶς καμμιὰ ὄχληση. Σὲ πλεῖστα δὲ ἔγγραφα οἱ συμβαλλόμενοι συνομολογοῦν ὅτι σὲ περίπτωσι ἀθετήσεως τῆς συμβάσεως, ἡ καταπιπτομένη εἰς βάρους τοῦ ὑπαναχωροῦντος ποινικὴ ρήτρα δὲν θὰ ἐπέχει τόπον πάσης ἄλλης ἀποζημιώσεως, ἀλλὰ θὰ ὀφείλονται ἀμφοτέρω. Δηλαδή τὸ ποσὸν τῆς ποινικῆς ρήτρας καὶ ἡ ἐκτέλεση τῆς συμβάσεως. Ἔτσι ὁ ἐμμένων στὰ συμφωνηθέντα ἐδικαιοῦτο νὰ ἀπαιτήσῃ ἀπὸ τὸν ἀθετοῦντα ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ποινὴ καὶ τὴν ἐκπλήρωση τῆς παροχῆς. Χαρακτηριστικὴ ἐπὶ τοῦ προκειμένου εἶναι ἡ φράση ποῦ ἀπαντᾷ ἐπὶ ἀνταλλαγῆς: «Ὁ ἀλληλογήσας (ὁ ὑπαναχωρήσας) νὰ τὰ ζημιώνεται (τὸ ποσὸν τῆς ποινικῆς ρήτρας) καὶ πάλι ἡ παροῦσα νὰ ἔχη τὸ στερεὸν καὶ ἀμετάτρεπτον»¹⁸. Τὰ ἴδια ἀναγράφονται σὲ πωλητήρια ἔγγραφα ὅπου συμφωνεῖται ὅτι παραλλήλως μὲ τὴν καταβολὴ τῆς ποινῆς («ἡ πουλησία νὰ εἶναι στερεά, βεβαία καὶ ἀχάλαστη»¹⁹, σὲ πράξεις διανομῆς²⁰, καλλιερρητικῆς συμβάσεως²¹, προικοσύμφωνα²² ἀκόμη καὶ σὲ συμβιβασμούς²³.

Οἱ παρατηρούμενες πρόσθετες αὐτὲς συμφωνίες δὲν ὀφείλονται σὲ πρακτικὴ ποῦ διεμόρφωσαν ἐθιμικοὶ κανόνες διαπλασθέντες κατὰ τὴν περίοδο τῆς δουλείας. Ἐναντιθέτως ἀποτελοῦν πιστὴ ἐφαρμογὴ σχετικῶν διατάξεων τῆς βυζαντινῆς νομοθεσίας. Ἔτσι π.χ. ἐπὶ συμβιβασμοῦ, τὰ βυζαντινὰ νομοθετικὰ κείμενα ὠρίζαν ὅτι «Ὁ νομίμως διαλυόμενος καὶ ποινὴν ἐκ παραβασίας πρὸς τῷ ἐρῶσθαι τὴν διάλυσιν ὁμολογῶν ἀπαιτεῖται». Τὸ δὲ ἐπεξηγηματικὸ σχόλιο τῆς διατάξεως αὐτῆς τῶν Βασιλικῶν διευκρίνιζε: «Ἦγουν οὕτως ἐπερωτηθεῖς, ὡς, ἐὰν ἀνατρέπῃ τὰ συμφωνηθέντα ἐπιχειρήσῃ, οὐ μόνον ποινὴν διδόναι, ἀλλὰ καὶ ἐμμένειν τοῖς συμφωνηθεῖσιν, ἐὰν παραβῆ, καὶ ἀ μ φ ὅ τ ε ρ α π ἄ σ χ ε ι ὡ ς κεφ. 34»²⁴.

17. «Καὶ περὶ τοῦ, ἐάν τις ἐν ρητῷ χρόνῳ ὠμολόγησέ τι ποιήσῃν ἢ δώσῃν· εἰ δὲ μήγε, ποινὴν προσωμολόγησῃ» (Βασ. 43.5.12=Cod. 8.38.12).

18. Ἄντ. Κατσουροῦ, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 8. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Χίου, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 481.

19. Α. Καράπα, Γ. Ροδολάκη, Α. Ἀρτεμιάδη, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 40, 50. Ὁμοίως Ἄντ. Κατσουροῦ, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 13, 14, 25, 27, 28, 32, 34, 37, 45, 47, 50, 91, 92.

20. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Χίου, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 507. Ἄντ. Κατσουροῦ, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 6.

21. Μεν. Τουρτόγλου, Καλλιερρητικῆς συμβάσεις στὴν Ἀπείρανθο τῆς Νάξου κατὰ τὴν Τουρκοκρατίαν, ἔνθ' ἀν., σ. 509 ἐπ. Ἄντ. Κατσουροῦ, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 1, 11, 71.

22. Ἄντ. Κατσουροῦ, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 3, 113, 116, 119.

23. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Μυκόνου, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 1131. Α. Σιφωνιοῦ-Καράπα, Γ. Ροδολάκη, Α. Ἀρτεμιάδη, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 41.

24. Βασ. 11.2.16. = Dig. 2.15.16. «Ὁ μείζων θέλων παραβῆναι τὴν διάλυσιν, ἀναδίδωσι τὸ πρόστιμον, εἰ συνεφωνήθη, καὶ μένει ἐρρωμένη διάλυσιν». Βασ. 11.2.34 (σχόλιο). Epitome

Ὅμοίως ἀφθονοῦν τὰ βυζαντινὰ συμβόλαια στὰ ὁποῖα συμφωνεῖται ὅτι παραλλήλως μὲ τὴν ὑποχρέωση καταβολῆς ποινικῆς ρήτρας ἐκ μέρους τοῦ ἀθετοῦντος, δὲν παύει ἡ σύμβαση νὰ διατηρεῖται ἰσχυρὴ (24^α).

Ἀπὸ ὅσα ἐξετέθησαν γίνεται φανερὸ ὅτι οἱ βυζαντινὲς περὶ ποινικῶν ρητρῶν διατάξεις δὲν ἔπαυσαν νὰ διατηροῦνται ἀκμαῖες καὶ νὰ συνεχίζεται ἡ ἐφαρμογὴ τους ἀπὸ τὸν ὑπόδουλο ἐλληνισμό. Εἶναι δὲ ἀξιοσημείωτο ὅτι στὰ μεταβυζαντινὰ ἔγγραφα σπανίζουν οἱ περιπτώσεις ὅπου ἡ συμφωνουμένη ἀπὸ τοὺς συμβαλλομένους ποινικὴ ρήτρα καταπίπτει ἀποκλειστικὰ ὑπὲρ τοῦ ἐμμένοντος στὴ σύμβαση²⁵. Κατ' ἐπίδραση, προφανῶς, τῶν ὅσων ἰσχύσαν στὸ Βυζάντιο²⁶ ἡ ποινικὴ ρήτρα, γιὰ μεγαλύτερη ἐξασφάλιση τοῦ κύρους τῆς συμβάσεως, συμφωνεῖται νὰ καταβάλλεται ἀπὸ τὸν ὑπαναχωροῦντα ἐξ ἡμισείας στὸν ἐμμένοντα καὶ στὸν κυρίαρχο²⁷. Ἐπικρατοῦσα

11.32. *Zépon* J.G-R, τ. 4, σ. 342. Πρέπει ὅμως νὰ ἐπισημανθεῖ ὅτι ἡ καταβολὴ τοῦ προστίμου καὶ ἡ ἐκτέλεση τῆς συμβάσεως ἐκ μέρους τοῦ ἀθετοῦντος σωρευτικῶς δὲν ἀποτελοῦσε ἐξυπακουόμενο γενικὸ κανόνα. «Καὶ ἐπὶ μὲν τῶν ἐν παραγραφῇ οὐ δύναμαι καὶ τῇ παραγραφῇ χρῆσασθαι καὶ τὴν ποινὴν ἀπαιτῆσαι, κἀν ἐπερωτήσῃ ἐγκριταί, εἰ μήπου ἄμφω συμπεφώνηται ἡγουν τό τε κρατεῖν τὸ σύμφωνον καὶ δοῦναι τὸν παραβαίνοντα τὸ πρόστιμον· τότε γὰρ καὶ ἀμφοτέρα γίνεται...». (Βασ. 11.1.10 σχόλιο). Ἐπὶ ἀνεπερωτήτων δὲ συμβάσεων «ἐν χρῆσει ἦτο ἡ φράσις, *rato manente pacto*, ἀκεραίου μένοντος τοῦ συμφώνου, πρὸς δῆλωσιν, ὅτι, χρεωστοῦνται ἀμφοτέρα καὶ ἰδίως ἐπὶ συμβιβασμῶν καὶ κληρονομικῶν διανομῶν». (II. *Καλλιγᾶ*, Σύστημα Ρωμαϊκοῦ Δικαίου, τ. Γ', ἐν Ἀθήναις 1885, σ. 161.

24^α. Βλ. πρὸς τοῦτο «πρατήρια ἔγγραφα» («πρὸς τὸ καὶ οὕτως ἐρρῶσθαι καὶ βεβαίαν διαμνεῖν τὴν παροῦσαν... πρᾶξιν εἰς τὸν αἰῶνα τὸν ἄπαντα») καὶ δωρεές. (*F. Miklosich - I. Müller*, *Acta et Diplomata*, IV, σ. 163, 271, 396 καὶ 121, 204). Πρβλ. καὶ τυπικὰ βυζαντινῶν συμβολαίων δημοσιευθέντα ἀπὸ τὸν *Κ. Σάθα*, *Μεσαιωνικὴ Βιβλιοθήκη*, τ. ΣΤ', ἐν Βενετίαις 1877, σ. 607 ἐπ.

25. Βλ. Ἄντ. *Κατσουροῦ*, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 20, 67, 89. Ἰακ. *Βισβίζη*, *Τὸ κληρονομικὸν δικαίωμα τῶν συζύγων ἐπὶ ἀτέκνου γάμου εἰς τὴν Πάρον κατὰ τὸν 18ον αἰῶνα*, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 14, 16, 21.

26. Βλ. *Γ. Μαριδάκη*, *Τὸ Ἀστικὸν Δίκαιον ἐν ταῖς Νεοραῖς τῶν Βυζαντινῶν αὐτοκρατόρων*, Ἀθήναι 1922, σ. 219-220. Πρβλ. καὶ *Κ. Σάθα*, *Μεσαιωνικὴ Βιβλιοθήκη*, τ. ΣΤ' (Βυζαντινὰ συμβόλαια), σ. 612 (4), 615 (8), 622 (13, 14), 624 (18), 625 (16), 632 (20), 633 (21). *G. Ferrari dalle Spade*, *Formulari notarili inediti dell'età bizantina*, «*Scritti Giuridici*», I, *Milan* 1953, σ. 339 (1), 340 (2), 341 (3), 342 (4), 343 (6), 355 (37)». Βλ. ὁμοίως βυζαντινὰ ἔγγραφα τῆς Κάτω Ἰταλίας *Fr. Brandileone*, *Le clausole penali nei documenti bizantini dell'Italia meridionale*, «*Studi Bizantini*» (Ἄντ. «*Instituto per l' Europa Orientale*»), *Roma* 1924. καὶ *Gertr. Robinson*, *History and Cartulary of the Greek Monastery of St. Elias and St. Anastasius of Carbone*, «*Orientalia Christiana*», XV (53), XIX(62), *Roma* 1929 καὶ 1930.

27. Βλ. Ἰακ. *Βισβίζη*, *Ναξιακὰ νοταριακὰ ἔγγραφα*, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 36

ὅμως μορφή ποινικῶν ρητρῶν στὰ χρόνια τῆς δουλείας, ἦταν ἡ συμφωνουμένη ὑπὲρ μόνον τοῦ κυριάρχου²⁸.

Οἱ λόγοι οἱ ὅποιοι ἐπέβαλλαν τίς συμφωνίες αὐτές εἶναι εὐνόητοι. Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ ἐξησφαλίζετο, τοὺς χαλεποὺς ἐκείνους καιροὺς, ἀποτελεσματικότερα τὸ κῦρος τῶν συμβάσεων. Ἔτσι οἱ ἀξιωματοῦχοι τοῦ κατακτητῆ πού τοὺς ἐνδιέφερε ἀποκλειστικά ὁ εὐκόλος χρηματισμός, ἀπέβαιναν, χωρὶς καθόλου νὰ τὸ ἐπιδιώκουν, θεματοφύλακες τῆς τηρήσεως τῶν ἐγγράφων συμφωνιῶν. Χαρακτηριστικὴ ἐπὶ τοῦ προκειμένου εἶναι καὶ ἡ αἰτιολογία πού παρέχεται σὲ πωλητήριο συμβόλαιο προερχόμενο ἀπὸ τὴ νῆσο Πάρο τῶν ἀρχῶν τοῦ 18ου αἰώνα. Ἡ συμφωνουμένη σ' αὐτὸ ποινικὴ ρήτρα ὑπὲρ ἀξιωματοῦχου τοῦ κυριάρχου, ὁ ὁποῖος ἐξουσιάζει εἰς τὸν ντόπον» ἔχει ὡς σκοπὸ «νὰ βάνη δύναμιν νὰ εἶναι αἰωνίως στερεὸν καὶ ἀνέκοπτον (τὸ πωλητήριο), καθὼς διαλαμβάνει»²⁹. Σὲ ὀρισμένες ἐπίσης περιπτώσεις ἐγγράφων συμφωνῶν ἀπαντοῦν ποινικὲς ρῆτρες ἀκόμη καὶ ὑπὲρ τοῦ δικάζοντος («εἰς τὴν κρίσιν») ³⁰ ἢ καὶ ὑπὲρ βακουφίου τῆς Ἀγίας Σοφίας ³¹.

Μεγάλο ὅμως ἐνδιαφέρον παρουσιάζουν οἱ ἀπαντώμενες ποινικὲς ρῆτρες σὲ ἀποφάσεις διαιτησίας. Οἱ διαφερόμενοι πού συμφωνοῦσαν νὰ ὑποβληθοῦν στὴ διαιτησία, στὰ συντασσόμενα προηγούμενως συνυποσχετικά, ἀνελάμβαναν καὶ τὴν ὑποχρέωση νὰ συμμορφωθοῦν ἀπολύτως στὴν ἀπόφαση τῶν διαιτητῶν γιὰ τὴν ἀσφαλῆ τήρηση τῆς ὁποίας συνεφωνεῖτο χρηματικὴ ποινὴ ὑπὲρ ἀξιωματοῦχων τοῦ κυριάρχου³². Ἀξίζει δὲ στὸ σημεῖο αὐτὸ νὰ μνημονευθεῖ ἐκκλησιαστικὸ καὶ ἐξοφλητικὸ

37, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 74, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Μυκόνου, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 7. Ἀντ. Κατσουροῦ, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 25.

28. Ἀντ. Κατσουροῦ, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 1, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 18, 19, 41, 70, 75, 78, 101, 105, 114. Α. Σιφωνιοῦ - Καράπα, Γ. Ροδολάκη, Α. Ἀρτεμιάδη, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 40, 41, 50. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Μυκόνου, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 1131. Ἰακ. Βισβίζη, Τὸ κληρονομικὸν δικαίωμα τῶν συζύγων ἐπὶ ἀτέκνου γάμου εἰς τὴν Πάρον, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 1, 2, 17. Μεν. Τουρτόγλου, Καλλιεργητικὲς συμβάσεις στὴν Ἀπείρανθο τῆς Νάξου κατὰ τὴν Τουρκοκρατία, ἐνθ' ἄν., σ. 509 ἐπ. Πρβλ. καὶ δύο πωλητήρια τοῦ ἔτους 1572 ἀπὸ τὴν Ἄνδρο (Δ. Πολέμη, Οἱ ἀφεντότοποι τῆς Ἄνδρου, Ἄνδρος 1995, σ. 131-132, ἀριθ. 9 καὶ 10).

29. Ἰακ. Βισβίζη, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 2.

30. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Χίου, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 481 καὶ 487. Ἀντ. Κατσουροῦ, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 113.

31. Ἀντ. Κατσουροῦ, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 2. Ὁμοίως καὶ στὴν Κρήτη ὑπὲρ τῆς Ἐκκλησίας ἢ γιὰ τὴ συντήρηση τῶν τειχῶν. (Γιάννη Μαυρομάτη, ἐνθ' ἄν., σ. 262, λ. «Καστέλι» καὶ σ. 285, λ. «Πιετὰ») ὅπου καὶ ἀριθμητικὲς παραπομπὲς τῶν σχετικῶν νοταριακῶν πράξεων).

32. Ἄνδρ. Δρακάκη, Ἡ Σύρος ἐπὶ Τουρκοκρατία. Ἡ δικαιοσύνη καὶ τὸ δίκαιον, Ἐπετ. Ἐταιρείας Κυκλαδικῶν Μελετῶν, τ. ΣΤ', ἐν Ἀθήναις 1967, σ. 106.

γράμμα τοῦ ἔτους 1806, ἐπ βεβαιωμένο ἀπὸ τὸν Ἀναστασιουπόλεως Ἀνθιμον, μὲ τὸ ὅποιο λύεται συμβιβαστικῶς διαμάχη δύο ἀδελφῶν σχετιζομένη μὲ τὴν διανομὴ τῆς πατρικῆς τους περιουσίας στὴ Θάσο. Στὸ γράμμα αὐτό, πρὸς ἐξασφάλιση τῶν συμφωνηθέντων, ἀπειλεῖται χρηματικὴ ποινὴ δύο χιλιάδων γροσίων ὑπὲρ τοῦ κυριάρχου καὶ εἰς βάρος τοῦ μέρους ἐκείνου ποὺ θὰ προσέφευγε ἐκ τῶν ὑστέρων στὴν κρίση τῶν ὀθωμανικῶν δικαστηρίων: «...καὶ ὅποιος ἀπὸ τοὺς δύο ὑπάγει εἰς τὴν κρίσιν, νὰ ἔχη νὰ πληρῶνῃ εἰς τὸ μιστὶ δύο χιλιάδες γρόσια»³³.

Ἄλλὰ καὶ στὶς ἀποφάσεις τῶν αἰρετῶν κριτῶν τῶν βενετοκρατουμένων Ἰονίων νήσων ἡ ἴδια πρακτικὴ τῶν ποινικῶν ρητρῶν ἀκολουθεῖται γιὰ τὴν ἐξασφάλιση τῆς τηρήσεως τῶν ἀποφασισθέντων. Ἔτσι, ἐγγραφα αἰρετοκρισιῶν προερχόμενα ἀπὸ τοὺς Παξοὺς μνημονεύουν συγκεκριμένο ποσὸ χρηματικῆς ποινῆς ποὺ θὰ καταβληθεῖ στὴν «κάμαρα τὴν ἀφεντικὴ τοῦ ἁγίου μάρκου» ἢ «εἰς τὰ ἀφεντικὰ σπιτάλια τῶν κοριφῶν» ἢ «εἰς τὰς χρείας τὰς ἀφεντικὰς», ἀπὸ τὸν διαφερόμενον ἐκεῖνον ποὺ (ἀ «παρασαλεύσει») τὴν ἀπόφαση τῶν αἰρετοκριτῶν³⁴.

II. ΥΠΟΘΗΚΗ

Ἡ σύσταση τοῦ ἐμπραγμάτου δικαιώματος τῆς ὑποθήκης πρὸς ἐξασφάλιση ἀπαιτήσεως τοῦ δανειστῆ δὲν ἀποτελεῖ ἀσυνήθιστο φαινόμενο στὰ μεταβυζαντινὰ δικαιοπρακτικὰ ἐγγραφα. Ἀντιθέτως ἀπαντοῦν συχνότατα σ' αὐτὰ παραχωρήσεις δικαιώματος ὑποθήκης εἴτε ἀπὸ τὸν ὀφειλέτη εἴτε καὶ ἀπὸ τρίτο ὑπὲρ τοῦ ὀφειλέτη. Οἱ ἐπιδράσεις τοῦ ρωμαϊκοβυζαντινοῦ δικαίου καὶ κατ' ἐπέκταση τῶν ἀρχαίων ἐλληνικῶν δικαίων³⁵ ἐπὶ τοῦ ἐφαρμοσθέντος ὑπὸ τῶν ὑποδούλων Ἑλλήνων δικαίου, τοῦ ἀναφερομένου στὴν ἐμπράγματη ἀσφάλεια εἶναι ἐμφανεῖς παρὰ τὶς ἐπὶ μέρους διαφοροποιήσεις. Ἔτσι, σὲ δανειστικὸ συμβόλαιο προερχόμενο ἀπὸ τὴ νῆσο Νάξο τοῦ ἔτους 1680 ὁ ὀφειλέτης παρέχει στὸ δανειστὴ ἀκίνητα (νὰ τὰ

33. Ἀπ. Βακαλοπούλου, Ἀνέκδοτα δικαιοπρακτικὰ ἐγγραφα τῶν χρόνων τῆς Τουρκοκρατίας, Ἀρχεῖον Ἰδιωτικοῦ Δικαίου, τ. II' (1946), σ. 212.

34. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Παξῶν, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 79, 95, 177, 289, 361, 365.

35. Πρβλ. R. Monier, Manuel de droit Romain (Les obligations), ἔκδ. 5η, Paris 1954, σ. 316 ἐπ. Δ. Παππούλια, Ἡ ἐμπράγματος ἀσφάλεια κατὰ τὸ ἐλληνικὸν καὶ τὸ ρωμαϊκὸν δίκαιον, ἐν Λειψία 1909. D. MacDowell, Τὸ δίκαιον στὴν Ἀθήνα τῶν κλασικῶν χρόνων (μετ. Γ. Μαθιουδάκη), ἔκδ. Β', Ἀθήνα 1988, σ. 221-222. Γ. Πετροπούλου, Ἱστορία καὶ Εἰσηγήσεις τοῦ Ρωμαϊκοῦ Δικαίου, ἔκδ. Β', Ἀθήνα 1963, σ. 760 ἐπ. καὶ τὴν ἐκεῖ παρατιθεμένη βιβλιογραφία. I. Ζέπον, Νομοθεσία τοῦ Σόλωνος, Ἐπετ. Κέντρου Ἑρευνῆς Ἱστορ. Ἑλλ. Δικαίου, τ. 18, ἐν Ἀθήναις 1973, σ. 54, ἀριθ. 171, 172.

κρατήν» πρὸς ἐξασφάλιση τῆς ἀπαιτήσεώς του καὶ μέχρι τὴν ἐξόφληση τοῦ χρέους³⁶. Ἄν ὅμως εἶχε ταχθεῖ ἀπὸ τοὺς συμβαλλομένους προθεσμία καταβολῆς τῶν ὀφειλομένων καὶ ὁ ὀφειλέτης καθίστατο ὑπερήμερος, ὁ πιστωτὴς εἶχε τὸ δικαίωμα νὰ πωλήσει τὰ ἐνυπόθηκα ἀκίνητα μετὰ προηγουμένη ὅμως ἐκτίμηση τῆς ἀξίας τους. Τότε, ἂν τὸ τίμημα τῆς πωλήσεως ἦταν ὑπέρτερο τῆς ἀπαιτήσεως τοῦ πιστωτῆ, ὁ τελευταῖος εἶχε τὴν ὑποχρέωση νὰ ἐπιστρέψει στὸν ὀφειλέτη τὸ πλεονάζον ὑπόλοιπο³⁷, τὴν «ὑπεροχὴ» τῶν ἀρχαίων ἐλληνικῶν δικαίων³⁸, ἂν δὲν τὸ τίμημα ὑπελείπετο τοῦ ποσοῦ τῆς ἀπαιτήσεως εἶχε τὸ δικαίωμα ὁ δανειστής νὰ ἀπαιτήσῃ τὸ ἐλλεῖπον³⁹.

Ὅλα αὐτὰ μαρτυροῦν ὅτι στὸ ἐφαρμοζόμενο κατὰ τὰ χρόνια τῆς δουλείας δίκαιο ἐξακολουθεῖ, κατὰ κανόνα, νὰ διατηρεῖται ὁ ἐξασφαλιστικὸς χαρακτήρας τῆς υποθήκης, ὅπως εἶχε διαμορφωθεῖ ἤδη ἀπὸ τὸν τέταρτο αἰῶνα στὰ ἀρχαῖα ἐλληνικὰ δίκαια⁴⁰ καὶ ἐκφράζεται σταθερὰ στὶς διατάξεις τῶν νομοθετικῶν καὶ νομικῶν κειμένων τῶν βυζαντινῶν⁴¹. Παρὰ ταῦτα, σὲ ὀρισμένα μεταβυζαντινὰ δικαιοπρακτικὰ ἔγγραφα ἀπαντᾷ καὶ ἡ ἐλληνικὴ ἐναποτιμητικὴ ἀρχή, σύμφωνα μὲ τὴν ὁποία ἐπὶ ὑπερημερίας τοῦ ὀφειλέτη ὁ πιστωτὴς ἐγένετο κύριος τοῦ ἐνυποθήκου ἀκινήτου ἀνεξαρτήτως ἂν ἡ ἀξία του ὑπερέβαινε τὸ ποσὸν τῆς ἀπαιτήσεως⁴². Ἔτσι, ὅπως προκύπτει ἀπὸ συμβόλαιο τοῦ νοταρίου Νάξου Πανταλέοντος Μηνιατῆ⁴³, τοῦ ἔτους

36. *A. Σιφωναῖο - Καράπα, Γ. Ροδολάκη, Α. Ἀρτεμιάδη*, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 63. *Γ. Πετροπούλου*, Νοταριακαὶ πράξεις Παξῶν, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 597.

37. «Sin vero creditor, postquam iure dominii hoc possideat, vendere hoc maluerit, liceat quidem ei hoc facere, si quid autem superfluum sit, debitori servare» (Cod. 8.33.3).

38. *Α. Παππούλια*, ἐνθ' ἄν., σ. 141 ἐπ.

39. *A. Σιφωναῖο - Καράπα, Γ. Ροδολάκη, Α. Ἀρτεμιάδη*, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 163. Ἄντ. Κατσοροῦ, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 67. «...καὶ τὸ ὡς εἰκὸς περιττεῦον ἀποκαθιστᾶν τῷ χρεωστοῦντι. εἰ δὲ ἡ τῶν ἐνεχύρων δικαία διάπρασις οὐ σώζει τὴν ἐντελῆ τοῦ χρέους ἀπόδοσιν, ἀπαιτεῖται τὸν χρεώστην τὸ λοιπαζόμενον» (*Ἐκλογὴ Νόμων* 10.1.2. *L. Burgmann*, *Ecloga das Gesetzbuch Leons III und Konstantinos V*, Frankfurt 1983, σ. 206).

40. *Α. Παππούλια*, ἐνθ' ἄν., σ. 161.

41. «Ἐὰν εἴπῃ ὁ δανειστής, ὅτι εἰ μὴ καταβληθεῖ μοι τὸ χρέος ἐντὸς τοῦδε τοῦ χρόνου, δεσπότης ἔσομαι τοῦ ἐνεχύρου, τοῦτο τὸ σύμφωνον ἀνίσχυρον ἔστω». Πιεῖρα XIX, 33. *Ζέπων* J. G-R, τ. 4, σ. 76. *Synopsis Basilicorum* E, 24.28. Ἀρμενόπουλος 3.5.12. Πρβλ. ὁμοίως καὶ *Π. Ζέπων*, *Συνταγματικὸν Νομικὸν Ἀλεξάνδρου Ἰωάννου Ὑψηλάντη βοεβόδα ἡγεμόνος πάσης Οὐγγροβλαχίας* 1780, Πραγματεῖαι τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, τ. Δ', ἀριθ. 2, ἐν Ἀθήναις 1936, σ. 65-66.

42. *Α. Παππούλια*, ἐνθ' ἄν., σ. 151 ἐπ.

43. Ἄντ. Κατσοροῦ, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 72.

1651, ὁ Γιάκομος καὶ ἡ σύζυγός του Τζουάνα δανείζονται ἀπὸ τὸ μοναστήρι τῆς «κυρᾶς Καπέλλας» 40 ρεάλια παρέχοντες ὑποθήκη δικαίωμά τους ἐπὶ τοῦ «παντικίου»⁴⁴ δηλαδή τῆ συγκυριότητά τους ἐπὶ τοῦ τετάρτου τῶν καλλιεργουμένων ἀπὸ αὐτοὺς κτημάτων. Ὑπόσχονται δὲ ὅτι, στὴν περίπτωση ποῦ δὲν ἐξοφλήσουν τὸ χρέος στὴν προθεσμία τῶν πέντε ἐτῶν, «τότε νὰ λογαῖται τὸ ἄνωθεν παντίκι ξεπουλημένο καὶ παντάπασι βαλμένο στὰ χέρια τῶν πατέρων τῆς Καπέλλας ὡσάν πρᾶγμα ἐδικόν τως καὶ καλὰ πληρωμένον»⁴⁵. Ἀξίζει ἀκόμη νὰ μνημονευθεῖ ὅτι στὸ ἔγγραφο αὐτὸ ἀναγράφεται ὅτι οἱ ὀφειλέτες παρέχουν τὸ «παντίκι» στὸ δανειστή «ἀμανάτε (ἐνέχυρον) καὶ ὑποτέκα», κατὰ τρόπον δηλαδή μὴ διακρίνοντα τὸ ἐνέχυρον τῆς ὑποθήκης, ὅπως αὐτὸ ἐνίοτε συνέβαινε καὶ στὸ ἀττικὸ δίκαιο⁴⁶. Ὁμοίως ἐναποτιμητικὸ χαρακτήρα ὑποθήκης προδίδει καὶ δανειστικὸ συμβόλαιο τοῦ ἔτους 1632 ἀπὸ τὴν Κρήτη, ὅπου ὁ πιστωτὴς στὴν περίπτωση πλειστηριασμοῦ τῶν ἐνυποθήκων κτημάτων καθίσταται «τέλιος νοικοκύρης» αὐτῶν⁴⁷.

Ἐντικείμενο τῆς ἐμπραγμάτου ἀσφαλείας στὰ μεταβυζαντινὰ δικαιοπρακτικὰ ἔγγραφα δὲν ἀποτελοῦν πάντοτε συγκεκριμένα στοιχεῖα τῆς περιουσίας τοῦ ὀφειλέτη. Ἀρκετὲς εἶναι οἱ περιπτώσεις ποῦ παρέχεται καὶ τὸ σύνολο τῶν περιουσιακῶν του στοιχείων, ὅποτε βεβαίως πρόκειται περὶ γενικῆς ὑποθήκης. Αὐτὸ φαίνεται νὰ συμβαίνει σὲ δανειστικὰ συμβόλαια, τοῦ 16ου αἰῶνα ἀπὸ τὴν Κρήτη, ὅπου ὁ ὀφειλέτης παρέχει, πρὸς ἀσφάλειαν τοῦ πιστωτῆ, ὀλόκληρη τὴν περιουσία του «στάμπιλε,

44. Περὶ τοῦ «παντικίου», βλ. *Μεν. Τουρτόγλου*, Καλλιεργητικὲς συμβάσεις στὴν Ἄπειρανθο τῆς Νάξου κατὰ τὴν Τουρκοκρατία ὁμοίως καὶ *Δ. Βαγιακάκου*, Συμβολὴ εἰς τὴν μελέτην τῆς δημόδους νομικῆς ὁρολογίας, *Ξένιον Festschrift für Pan. Zepos*, Athen-Freiburg|Br. Köln, 1973, σ. 546-547. Ἰακ. Βισβίζη, Ναξιακὰ νοταριακὰ ἔγγραφα τῶν τελευταίων χρόνων τοῦ δουκάτου τοῦ Αἰγαίου (1538-1572), Ἐπετ. Ἀρχείου Ἰστ. Ἑλλην. Δικαίου, τεύχ. 4, ἐν Ἀθήναις 1951, σ. 129 ἐπ.

45. Πρβλ. καὶ δανεικὸ «γράμμα» ἀπὸ τὴ Σκύρο, τοῦ ἔτους 1672. (*Ε. Ἀντωνιάδη*, Δικαιοπρακτικὰ ἔγγραφα Σκύρου 17ου αἰῶνα, Ἐπετ. Κέντρ. Ἑρευνῆς Ἰστορ. Ἑλλ. Δικαίου, τ. 27-28, ἐν Ἀθήναις 1985, σ. 323, ἀριθ. 6).

46. *L. Beauchet*, ἔθ' ἄν., σ. 179. Κατὰ τὴ βυζαντινὴ νομοθεσία: «Κυρίως ἐνέχυρον λέγεται τὸ παραδοθὲν τῷ δανειστῇ. τὸ δὲ μὴ παραδοθὲν, ἀλλὰ συμφωνηθὲν ὑποθήκη ἐστίν». Διευκρινιστικὸ δὲ σχόλιο τῆς διατάξεως αὐτῆς ὀρίζει: «Ἐἴτε κινήτὸν ἐστίν, εἴτε ἀκίνητὸν» (*Βασ. 25.1.9*), *Dig. 13.7.9 § 2*. Ἰακ. Βισβίζη, 3.5.7. «Ὑποθήκη μὲν ἐστὶ τὸ παραμένον μὲν τῷ χρεώστῃ, ὑποτιθέμενον δὲ τῷ δανειστῇ εἰς τὸ γραμματεῖον ἐνεκεν τῆς τοῦ χρέους ἰκανώσεως· ἐνέχυρον δὲ τὸ ἐν χερσὶ διδόμενον τῷ δανειστῇ. Κοινῶ δὲ ὀνόματι καὶ τὸ διδόμενον καὶ τὸ ὑποτιθέμενον ἐνέχυρον λέγεται» (*Ἰακ. Βισβίζη*, 3.5.26).

47. Βλ. *Σ. Ξανθουδίδου*, Κρητικὰ συμβόλαια Ἐνετοκρατίας, «Χριστιανικὴ Κρήτη», τεύχ. Α (1912), σ. 156, ἀριθ. LX.

μόμπελε, κινήτων και ακίνητων»⁴⁸. 'Επίσης και σέ πωλητήρια συμβόλαια τοῦ 18ου αἰώνα ἀπὸ τῆ νῆσο Χίο οἱ πωλητὲς «δουλώνουν πάντα τὰ ἑαυτῶν ὑπάρχοντα διὰ τὸ ἀζήμιον τῶν ἀγοραστῶν»⁴⁹.

Τέλος σέ πολλὲς δανειστικὲς συμβάσεις ὅπου τὸ παρεχόμενο, πρὸς ἐξασφάλιση τοῦ πιστωτῆ, ἀκίνητο ἦταν ἀγροτικό, παρατηροῦνται συμφωνίες μεταξὺ τῶν συμβαλλομένων, μὲ τίς ὁποῖες δίδεται στὸν πιστωτὴ τὸ δικαίωμα τῆς καρπώσεως⁵⁰, προφανῶς ἀντὶ τόκων, τοῦ κτήματος, διατηρουμένης κατὰ τὰ λοιπὰ ἀκεραίας τῆς ἀπαιτήσεώς του γιὰ τὸ κεφάλαιο. Πρόκειται δηλαδὴ περὶ συμφωνιῶν οἱ ὁποῖες φέρουν τὰ χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῆς καλουμένης ἀντιχρήσεως⁵¹.

48. 'Ιω. Καλιτσουνάκη, 'Ανέκδοτα Κρητικὰ συμβόλαια ἐκ τῆς 'Ενετοκρατίας, Πρακτικὰ τῆς 'Ακαδημίας 'Αθηνῶν, 3(1928), ἀριθ. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16.

49. Βλ. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Χίου τῶν ἐτῶν 1724-1780, Παρ||μα 'Επιστ. 'Επετ. Νομικῆς Σχολῆς τοῦ Παν/μίου 'Αθηνῶν, 'Αθήναι 1963, ἀριθ. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 16, 17, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 30, 31, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 44, 48, 51, 52, 53, 56, 57, 59, 62, 64, 65, 67, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 78, 79, 81, 82, 84, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 117, 118, 120, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 132, 135, 136, 137, 143, 144, 148, 149, 151, 153, 154, 155, 156, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166-170, 178, 179, 182, 184, 187, 188, 193-195, 199, 202, 204, 205, 211, 216-218, 222, 224-228, 231, 233, 235-240, 243, 245, 257, 266, 276, 286, 288, 306, 313, 315. Πρέπει νὰ σημειωθεῖ ὅτι ἡ λέξις «δουλώνου» ἔχει τὴν ἔννοια τοῦ «ὑποθηκεύω». Αὐτὸ γίνεται φανερὸ γιὰτὶ οἱ πωλητὲς παραδίδουν τὰ πωλούμενα ἀκίνητα «ἐλεύθερα ἀδούλωτα». Δηλαδὴ ἐλεύθερα παντὸς βάρους καὶ ὑποθήκης. 'Αντιθέτως δὲ «δουλώνου» (οἱ πωλητὲς) «πάντα τὰ ἑαυτῶν ὑπάρχοντα» πρὸς ἐξασφάλιση τῶν ἀγοραστῶν. Βλ. σχετικῶς ἀριθ. 226, 230, 242, 245, 248, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 259, 264, 270, 273, 277, 279, 282, 284, 287, 289, 290, 293-295, 297, 301, 307, 311, 312, 317.

50. Βλ. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Χίου, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 258. Τοῦ 'Ιδίου, Νοταριακαὶ πράξεις Κεφαλληνίας ('Αργοστολίου), ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 6, 10, 20, 25, 70, 82, 89. (Κῶδιξ Μαντζαβινάτων), ἀριθ. 87. Τοῦ 'Ιδίου, Νοταριακαὶ πράξεις Παξῶν, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 552, 576, 593, 606, 609, 617. Πρβλ. 'Ανθρ. Δρακάκη, 'Η Σύρος ἐπὶ Τουρκοκρατίας. 'Η δικαιοσύνη καὶ τὸ δίκαιον, 'Επετ. 'Ετ. Κυκλ. Μελετῶν, τ. ΣΤ', ἐν 'Αθήναις 1967, σ. 191 ἐπ. 'Αντ. Κατσουροῦ, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 49, 59.

51. «'Αντιχρησίς ἐστὶν ὅτε τοῦ ὑποθεμένου ἀγροῦ τοὺς καρποὺς ἀντὶ τόκων διαλαμβάνω» (Βασ. 25.1.32 σχόλιον). «'Η διάταξις βούλεται τὸν δανειστὴν τὸν συμφωνήσαντα, τοὺς καρποὺς λαμβάνειν ἀντὶ τόκων, κερδαίνειν, κὰν πλείονας λάβῃ καρποὺς, διὰ τὴν ἐν τοῖς καρποῖς ἀδηλίαν» (Βασ. 23.3.65). Τὸ δὲ ἐπὶ τῆς διατάξεως αὐτῆς σχόλιο διευκρινίζει ὅτι «εἰ δὲ ἄτοκον ἦν τὸ χρέος, καὶ οὐδ' ὄλως ἦν συμφωνον περὶ τόκων, τότε μέχρι τοῦ νομίμου τόκου ἡδύνατο λαμβάνειν καρποὺς, ὡς βιβ. 25 τιτ. 3 κεφ. 5». Πρβλ. καὶ L. Beauchet, ἔνθ' ἀνωτ. III, σ. 212 ἐπ. Γ. Πετροπούλου, 'Ιστορία καὶ Εἰσηγήσεις τοῦ Ρωμαϊκοῦ Δικαίου, ἔκδ. Β', 'Αθήναι 1963, σ. 767-768.

III. ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΚΡΑΤΗΣΗ

Στά μεταβυζαντινά δικαιοπρακτικά έγγραφα ειδική γίνεται μεία τῶν παρεχομένων στὸ δανειστὴ μέσων γιὰ τὴν ἱκανοποίηση τῆς ἀπαιτήσεώς του σὲ περίπτωση ὑπερημερίας τοῦ ὀφειλέτη. Ἐστρέφοντο δὲ αὐτὰ κατὰ τῆς περιουσίας καὶ τῆς προσωπικῆς ἐλευθερίας τοῦ ὀφειλέτη. Ἔτσι στὴ συναφθεῖσα, τὸ 1697, σύμβαση δανείου στὴ Μύκονο⁵², τὸ ποσὸν τοῦ ὁποίου ἐπρόκειτο νὰ χρησιμοποιηθεῖ γιὰ τὴν ἐξαγορὰ («σκλαβιάς»), οἱ δανειζόμενοι παρέχουν στὸν πιστωτὴ, στὴν περίπτωση τυχόν ἀδυναμίας ἐξοφλήσεως τοῦ χρέους ἐντὸς τῆς ταχθείσης προθεσμίας, τὸ δικαίωμα νὰ ἱκανοποιηθεῖ ἀπὸ ἕλα τὰ «καλά, τὰ ἔχοντα καὶ τὰ μέλλοντα, κινητὰ καὶ ἀκίνητα» τοῦ ὀφειλέτη⁵³. Οἱ ἴδιες παραχωρήσεις δικαιωμάτων ἀπαντοῦν καὶ κατὰ τὴ σύναψη ἄλλων συμβάσεων, συνηθέστερα δὲ στὰ πωλητήρια ἐγγραφα. Συγκεκριμένα γιὰ τὴν ἐξασφάλιση τοῦ ἀγοραστῆ, ἰδίως ἀπὸ ἐνδεχομένη, λόγῳ νομικοῦ ἐλαττώματος, ἐκνίκηση τοῦ πράγματος, ὑπέσχετο, ὁ πωλητής, ὄχι μόνον νὰ ὑποστηρίξει καὶ ὑπερασπισθεῖ («μαντινιέρει» καὶ «ντεφεντέρει») ⁵⁴ τὸν ἀγοραστὴ ἔναντι παντὸς διεκδικούντος τὸ πρᾶγμα τρίτου, ἀλλὰ καὶ σὲ περίπτωση ἀφαιρέσεως αὐτοῦ νὰ τὸν ἱκανοποιήσει εἰς ἀκέραιον εὐθυνόμενος μὲ ὅλη τὴν περιουσία του. Χαρακτηριστικὴ ἐπὶ τοῦ προκειμένου εἶναι ἡ σχετικὴ περικοπὴ συμβολαίου πωλήσεως τοῦ 17ου αἰῶνα ἀπὸ τὴ Μύκονο: «...καὶ (ἂν) διὰ κανένα καιρὸ ἤθελε σηκωθεῖ κανεὶς νὰ γυρέψῃ δικαιώματα διὰ τὸ εἰρημένο πρᾶγμα, ὀπλιγάρει ἢ ἄνωθεν πουλήτρια νὰ τὰ πιάνῃ ὁ ἄνωθεν Νικόλας (ἀγοραστῆς) ἀπὸ τὰ καλά της ὅπου τοῦ ἀρέσει νὰ πλερώνεται εἰς τόσο καλὸ πρᾶμα καὶ τὰ ἐξῆς» ⁵⁵.

52. Ἐντ. Κατσοροῦ, Κουρσάροι καὶ σκλάβοι, Σῦρος 1948, σ. 27, ἀριθ. 12.

53. Βλ. ὁμοίως Δ. Πασγάλη, Νομικὰ ἔθιμα τῆς νήσου Ἄνδρου, «Ἀρχεῖον τῶν Οἰκονομικῶν καὶ Κοινωνικῶν Ἐπιστημῶν», τ. 5(1925), σ. 170-171.

54. Ἐκ τοῦ ἰταλικοῦ *mantenere καὶ difendere*. «Προμετάροντας ἢ ἄνωθεν πουλήτρια νὰ ντεφεντέρη καὶ ξεγκουσεύγη» (Ἐντ. Κατσοροῦ, Ναξιακὰ δικαιοπρακτικὰ ἐγγραφα τοῦ 17 αἰῶνος, ἔνθ' ἄν., ἀριθ. 110 καὶ 111). Πρβλ. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Μυκόνου, ἔνθ' ἄν., ἀριθ. 2, 4, 5, 11, 13, 15, 20, 21, 24, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 53, 55, 63, 67, 68, 70, 74, 77, 78, 81, 82, 84, 87, 94, 130, 175, 197, 213, 275, 650, 663, 679, 703, 729, 730, 734, 913, 969, 985, 1083, 1285, 1510, 1625. Τοῦ Ἰδίου, Νοταριακαὶ πράξεις Παξῶν, ἔνθ' ἄν., ἀριθ. 11, 139, 148, 149, 157, 181, 185, 194, 215, 391, 397, 398, 400, 405, 409, 410, 411, 418, 537.

55. Γ. Πετροπούλου, ἔνθ' ἄν., ἀριθ. 737, 740, 782, 790, 842, 924, 930, 1117, 1353, 1453. «...Μὲ τὰ ἐπίλοιπα καλά του παρόντα καὶ μέλλοντα» Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις

Ἡ ἐκτέλεση δὲ τῶν ὑποχρεώσεων πού ἀνελάμβανε ὁ πωλητὴς δὲν παρουσίαζε πρόβλημα, δεδομένου ὅτι ἡ ἀπαιτήση τοῦ ἀγοραστῆ συνίστατο στὴν ἐπιστροφή τοῦ καταβληθέντος ἀπὸ αὐτὸν τιμήματος. Ὅσον ἀφορᾷ στὶς ἄλλες συμβάσεις, ἡ ἀξία τῆς ἀπαιτήσεως μετετρέπετο σὲ χρηματικὴ μὲ τὸν προσδιορισμὸ αὐτῆς ἀπὸ ἐκτιμητές.

Σὲ ὀρισμένες ὅμως δανειστικὲς συμβάσεις οἱ δεσμεύσεις τοῦ ὀφειλέτη δὲν περιορίζοντο μόνο στὴν περιουσία του, «τὰ καλὰ του». Ἐπεξετείνοντο καὶ στὴν προσωπικὴ του ἐλευθερία. Καὶ τοῦτο, διότι ἡ συνομολογουμένη σ' αὐτὲς ἐξασφαλιστικὴ ὑπὲρ τοῦ δανειστῆ ρήτρα ἐμφανίζεται διηρυμένη, καὶ ἐξοντωτικὴ συγχρόνως εἰς βάρος τοῦ ὀφειλέτη, εὐθυνομένου καὶ «σωματικῶς». Ἐτσι σὲ περίπτωσι μὴ πληρωμῆς ἐντόκως τοῦ χρέους ἢ καὶ τῆς μὴ ἱκανοποιήσεως τοῦ δανειστῆ ἀπὸ τὰ περιουσιακὰ στοιχεῖα τοῦ ὀφειλέτη, παρείχετο ἡ εὐχέρεια στὸν πρῶτο νὰ φυλακίσαι γιὰ ἀόριστο χρόνον τὸν ὀφειλέτη του μέχρι τὴν ἐξόφληση τοῦ χρέους. Αὐτὴ τὴν ἔννοια ἔχουν οἱ ἀπαντώμενες σὲ μεταβυζαντινὰ νοταριακὰ δανειστικὰ συμβόλαια ρήτρες ὅτι ὁ ὀφειλέτης δεσμεύεται «μὲ τὰ παντοῖα του ἀγαθὰ παρόντα καὶ μέλλοντα καὶ σωματικῶς» ἢ «εἰς δεσμὸν τῶν παντοίων του ἀγαθῶν καὶ αὐτοῦ σωματικῶς»⁵⁶ ἢ καὶ «νὰ εἶναι στενεμένος... σωματικῶς καὶ μὲ τὰ καλὰ του»⁵⁷.

Οἱ μνημονευθεῖσες ἐξασφαλιστικὲς ρήτρες ἦσαν, ὡς φαίνεται, τόσο συνήθεις ὥστε καὶ σὲ ναυτικὰ δάνεια, πού συνήφθησαν τὸ 1683 στὴ Ζάκυνθο, ὅπου μάλιστα

Κεφαλληνίας (Μαντζαβινάτων), ἀριθ. 1, 2, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 22, 26, 27, 28, 33, 36, 46, 49. Τοῦ Ἰδίου, Νοταριακαὶ πράξεις Παξῶν, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 199. Ἄντ. Κατσουροῦ, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 4, 5, 19. Ε. Ἀντωνιάδη, Ἀρχεῖο ἐγγράφων Σκύρου, Ἀθήνα 1990, σ. 21, ἀρ. 8.

56. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Παξῶν, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 141 καὶ 286, 368, 370, 373. Βλ. καὶ σύμβαση δανείου ἀπὸ τὴν Πάρο (ἔτος 1718), ὅπου οἱ δανειζόμενοι «ὀμπλιγάρωνται... ἓνας ὑπὲρ τοῦ ἄλλου μὲ τὸν ἑμαυτὸν του σωματικῶς καὶ μὲ ὅταν τος τὰ καλὰ κινητὰ καὶ ἀκίνητα παρόντα καὶ μέλλοντα, ἕως τελείαν καὶ σωστὴν ἀποπληρωμὴν τόσοσιν τὸ κεφάλι ὅσον καὶ διάφορον» (Μεν. Τουρτόγλου, Αἱ φυλακαὶ ἐπὶ Καποδίστρια, Ἐπετ. Ἀρχείου Ἱστορ. Ἑλλην. Δικαίου, τευχ. 5, ἐν Ἀθήναις 1954, σ. 152).

57. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Κεφαλληνίας (Κῶδιξ Μαντζαβινάτων), ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 47, 88, 93. Σὲ ὀρισμένες μάλιστα περιπτώσεις, γιὰ μεγαλύτερη ἀσφάλεια τοῦ δανειστῆ, ὀρίζεται τρίτος ὡς ἐγγυητὴς καὶ «πριντζιπάλ παγαδῶρος» ὁ ὁποῖος ὁμοίως εἶναι «στενεμένος σωματικῶς» γιὰ τὴν πληρωμὴ τοῦ χρέους (ἀριθ. 87). Βλ. ὁμοίως τοῦ Ἰδίου, Νοταριακαὶ πράξεις Κεφαλληνίας (Ἀργοστολίου), ἀριθ. 37, 39, 45, 47, 48, 55, 57, 65, 76, 91, 95, 108, 135, 138, 140, 168. Ἀξίζει ἐπίσης νὰ σημειωθεῖ ὅτι κατὰ τὸ κεφάλαιον 29 τῶν θεσπισμάτων τῆς Ἑλληνικῆς Κομπανίας τοῦ Σιμπίου Τρανσυλβανίας (ἔτος 1691) ὁ ἐνάγων πιστωτὴς εἶχε τὸ δικαίωμα νὰ φυλακίσαι, μετὰ ἀπὸ δικαστικὴ ἀπόφαση, τὸν μὴ ἐξοφλήσαντα τὸ χρέος ὀφειλέτη, διατηρουμένης ἀκεραίας τῆς ἀπαιτήσεώς του. (Λεσπ. Τσοῦρκα - Παπαστάθη, Ἡ Ἑλληνικὴ ἐμπορικὴ κομπανία τοῦ Σιμπίου Τρανσυλβανίας 1636-1848, «Ἴδρυμα Μελετῶν Χερσονήσου τοῦ Αἴμου», Θεσσαλονίκη 1994, σ. 311-312).

ὡς πιστωτῆς φέρεται ὁ εὐρισκόμενος ἐκεῖ μητροπολίτης Κρήτης Νικηφόρος Σκοτάκης, πάλιν οἱ ὀφειλέτες του δεσμεύονται μὲ «τὰ καλὰ τους καὶ σωματικῶς» γιὰ τὴν ἀπότιση τοῦ χρέους⁵⁸. Δεδομένου δὲ ὅτι ἐπρόκειτο περὶ θαλασσοδανείων, ὁ συμφωνηθεὶς μεταξὺ τῶν συμβαλλομένων τόκος, 18% γιὰ τὴν πρώτη σύμβαση καὶ 15% γιὰ τὴ δεύτερη, ὑπερέβαινε κατὰ πολὺ τὸ καθοριζόμενο τὴν ἐποχὴ ἐκείνη γιὰ τὰ συνήθη δάνεια ξηρᾶς, στὰ Ἴόνια νησιά, ὄριο τόκου 10%⁵⁹. Τὸ ἀξιοσημείωτον ὅμως εἶναι ὅτι, παρὰ τὸ γεγονός ὅτι ὁ δανειστῆς ἦταν μητροπολίτης, δὲν φαίνεται ὅτι ἐδίστασε νὰ συμφωνήσῃ τόκον. Καὶ τοῦτο παρὰ τὶς σαφεῖς ἐπὶ τοῦ θέματος ἀπαγορεύσεις καὶ αὐστηρὲς κυρώσεις τῆς Ἐκκλησίας. Ὁ λαμβάνων τόκους ἱερωμένος ἐπαύετο ἢ καθαιρεῖτο κατὰ τὸν Ἀποστολικὸν Κανόνα: «Ἐπίσκοπος ἢ πρεσβύτερος ἢ διάκονος τόκους ἀπαιτῶν τοὺς δανειζομένους ἢ παυσάσθω ἢ καθαιρείσθω»⁶⁰.

Ἡ προβλέπουσα φυλάκιση τοῦ ὑπερήμερου ὀφειλέτη ρήτρα δὲν περιορίζετο μόνον ἐπὶ δανείων. Ἀπαντᾷ, γιὰ ἀποτελεσματικότερη ἐξασφάλιση, καὶ σὲ διάφορες ἄλλες συμβάσεις, ὅπως π.χ. πωλήσεις, καλλιεργητικὲς συμβάσεις κλπ., ὅπου οἱ ἀπαιτήσεις μετετρέποντο σὲ χρηματικὲς. Χαρακτηριστικὴ εἶναι ἡ περικοπὴ τῶν νοταριακῶν ἐγγράφων μὲ τὴν ὁποία ὁ πωλητῆς ὑπόσχεται, δεσμευόμενος «σωματικῶς καὶ μὲ τὰ καλὰ του παρόντα καὶ μέλλοντα» νὰ ἱκανοποιήσῃ στὸ ἀκέραιο τὸν ἀγοραστὴ γιὰ ὅποιαδήποτε «πεῖραξή ἢ ἐξήμια» θὰ ἐπῆρχετο στὸ πωληθέν⁶¹. ἢ «ὄμπλι-

58. Α. Ζώη, Κρητικὰ σελίδες, «Κρητικὰ Χρονικά», ἔτος Η', Μάιος-Αὐγούστος 1954, σ. 223 ἐπ., ἀριθ. II καὶ III.

59. Ὁ τόκος «κατὰ τὸν πατερικὸν νόμον, εἰς δυνάμειος τοῦ ἀφεντικοῦ ὀρισμοῦ, ὡς καθὼς τρέχει εἰς τὴν χώραν τῶν κορυφῶν» ἦταν 10%. (Γ. Πετροπούλου, Νοταριακὰ πράξεις Παζῶν, ἐνθ' ἀν., ἀριθ. 103, 141, 273).

60. Ἀποστ. Κανὼν ΜΔ', Γ. Ράλλη καὶ Μ. Ποτλῆ, Σύνταγμα τῶν θείων καὶ ἱερῶν κανόνων, τ. 2, σ. 59 καὶ σχόλια Ζωναρᾶ, Βαλσαμῶνος καὶ Ἀριστηνοῦ. Ὁμοίως βλ. καὶ κανόνες ΙΖ' τῆς ἐν Νικαίᾳ Συνόδου (τ. 2, σ. 152). Ι' τῆς ἐν Τρούλλῃ ΣΤ' Οἰκ. Συνόδου (τ. 2, σ. 328), Δ' τῆς ἐν Λαοδικείᾳ (τ. 3, σ. 174), ΙΔ' τοῦ Μεγάλου Βασιλείου (τ. 4, σ. 134), ΛΒ' Νικηφόρου τοῦ Ὁμολογητοῦ (τ. 4, σ. 430) καὶ «ἀπόκρισιν» Θεοδώρου τοῦ Βαλσαμῶνος (τ. 4, σ. 451-452). Ματθαίου τοῦ Βλάσταρη, Σύνταγμα κατὰ στοιχεῖον, Τ. κεφ. Ζ' (τ. 6, σ. 473 ἐπ.). Πρβλ. καὶ Α. Γκίνη καὶ Ν. Πανταζοπούλου, Νομοκάνων Μανουὴλ νοταρίου τοῦ Μαλαξοῦ τοῦ ἐκ Ναυπλίου τῆς Πελοποννήσου, «Νόμος» (Ἐπετ. Σχ. Νομ. καὶ Οἰκον. Ἐπιστημῶν Α.Π.Θ.), Θεσσαλονίκη 1985, σ. 171, ΡΠΘ'. Τὴ δυσμενῆ γιὰ τὴν τοκοληψία γενικότερα θέση τῶν ἀποφάσεων τοῦ Πατριαρχείου Κωνσταντινουπόλεως βλ. Ν. Μάτση, Ὁ τόκος ἐν τῇ νομολογίᾳ τοῦ Πατριαρχείου Κωνσταντινουπόλεως κατὰ τοὺς ΙΔ' καὶ ΙΕ' αἰῶνας, Ἐπετ. Ἐτ. Βυζ. Σπουδῶν, τ. ΛΗ', ἐν Ἀθήναις 1971, σ. 71 ἐπ.

61. Βλ. Ἰακ. Βισβίτζη, Τὸ κληρονομικὸν δικαίωμα τῶν συζύγων ἐπὶ ἀτέκνου γάμου εἰς τὴν Πάρον κατὰ τὸν 18ον αἰῶνα, Ἐπετ. Ἀρχ. Ἰστ. Ἑλλ. Δικαίου, τευχ. 8, ἐν Ἀθήναις 1958, σ.

γάρεται ὁ πωλητὴς σωματικῶς καὶ μὲ τὰ παντοῖα του ἀγαθὰ παρόντα καὶ μέλλοντα νὰ διαφεντάρη τὸν αὐτὸν ἀγοραστή καὶ τὴ γκληρονομία του ἀπὸ κάθε ἐναντιότητα»⁶². Ἐπίσης ὁ δοτήρας, σὲ καλλιεργητικὴ σχέση «κουντουβερνίας»⁶³, ἐξασφαλίζει τὸν κοπιαστὴ «ὀμπλιγάροντας πάντα τὸ κορμὶν του καὶ τὰ καλά του»⁶⁴.

Πρέπει νὰ ἐπισημανθεῖ ὅτι ἡ ἀναφερομένη στὴν προσωπικὴ δέσμευση τοῦ ὀφειλέτη ρήτρα δὲν εἶχε καταστρεῖ ἀνενεργὸς οὔτε καὶ ἀποτελοῦσε περικοπὴ πού ἀπαντοῦσε σὲ νοταριακὲς πράξεις τοῦ παρελθόντος καὶ ἐξακολουθοῦσε μνημονευομένη μεταγενέστερα ἀπλῶς ὡς «νοταριακὴ παράδοση»⁶⁵. Ἀντιθέτως εἶχε πλήρη τὴν ἐφαρμογὴ στὴν πράξη. Περὶ αὐτοῦ ὑπάρχουν ἔγγραφες μαρτυρίες καὶ ἐπίσημα ἔγγραφα ἀπὸ τὰ ὁποῖα καταφαίνεται ὅτι πολὺ συνήθης ἦταν ὁ ἐγκλεισμός στὴ φυλακὴ τῶν ὑπερημέρων ὀφειλετῶν ἀπὸ τοὺς πιστωτές.

163, ἀριθ. 8. *Γ. Πετροπούλου*, Νοταριακαὶ πράξεις Κεφαλληνίας (Κῶδιξ Μαντζαβινάτων), ἔνθ' ἄν., ἀριθ. 40, 41, 47, 48, 50, 68, 81, 85, 90, 92, 94, 95.

62. Βλ. *Γ. Πετροπούλου*, Νοταριακαὶ πράξεις Κεφαλληνίας (Ἀργοστολίου - Σαμόλι), ἔνθ' ἄν., ἀριθ. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 13, 16, 17, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 34, 37, 38, 39, 44, 45, 47, 54, 55, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 76, 77, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 91, 102, 111, 125, 127, 133, 135, 136, 138, 140, 142, 145, 155, 157, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 173, 175, 176, 177, 178, 182, 184, 197, 198, 199, 202-217, 222, 223, 228, 233, 237, 238, 242, 243, 244, 263, Τοῦ Ἰδίου, Νοταριακαὶ πράξεις Παξῶν, ἔνθ' ἄν., ἀριθ. 16, 35, 41, 43, 56, 57, 65, 90, 93, 114, 116, 118, 121, 123, 131, 142, 151, 155, 158, 166, 168, 208, 257, 262, 264, 297, 342, 355, 366, 384, 387, 392.

63. Ἡ «κουντουβερνία» ἢ «μισιάρικο παντοτεινὸ» ἦταν καλλιεργητικὴ σχέση ἐμπράγματη, διηνεκῆς, κληρονομητὴ καὶ ἀπαλλοτριωτὴ. Ὁ ἰδιοκτῆτης τῆς γῆς παρέδιδε στὸν καλλιεργητὴ ἀγροτικὸ κτῆμα, τὴν παραγωγὴ τοῦ ὁποῖου ἐμοιράζοντο, κατὰ κανόνα ἐξ ἡμισείας. *Μεν. Τουρτόγλου*, Καλλιεργητικὲς συμβάσεις στὴν Ἀπείρανθο τῆς Νάξου κατὰ τὴν Τουρκοκρατία, ἔνθ' ἄν., σ. 507. Τοῦ Ἰδίου, Φορολογικὲς διενέξεις «φράγκων» καὶ «ρωμαίων» στὴ Νάξο κατὰ τὴν Τουρκοκρατία, Ἐπετ. Ἐτ. Κυκλ. Μελετῶν, τ. ΙΔ', Ἀθήνα 1993, σ. 38 καὶ «Μελετήματα Ἱστορίας Ἑλληνικοῦ Δικαίου», τ. Β', Ἀθήνα 1993, σ. 226. *Ἰακ. Βισβίζη*, Ναξιακὰ νοταριακὰ ἔγγραφα τῶν τελευταίων χρόνων τοῦ δουκάτου τοῦ Αἰγαίου (1538-1577), Ἐπετ. Ἀρχ. Ἱστ. Ἑλλ. Δικαίου, τεύχ. 4, ἐν Ἀθήναις 1951, σ. 131 ἐπ. Πρβλ. καὶ *B. J. Slot*, Archipelagus Turbatus. Les Cyclades entre colonisation Latine et occupation Ottomane C. 1500-1718, I, Nederlands Historisch-Archaeologische Instituut te Istanbul, 1982, σ. 47.

64. *Ἰακ. Βισβίζη*, ἔνθ' ἄν., σ. 108-109, ἀριθ. 88.

65. Τοῦτο υποθέτει ὁ Βισβίζης (ἔνθ' ἄν., σ. 139) ἀπὸ τὴν ἔρευνα 88 δημοσιευθέντων ὑπ' αὐτοῦ δικαιοπρακτικῶν Ναξιακῶν ἐγγράφων τοῦ 16ου αἰώνα, ἐκ τῶν ὁποίων μόνο σὲ δύο, κατ' αὐτόν, ἀπαντᾷ ἡ ρήτρα τῆς «σωματικῆς» δεσμεύσεως. Ἡ «σπάνις» ὅμως τῆς ρήτρας τὴν ὁποία ὑπολαμβάνει δὲν εἶναι ὑπαρκτὴ. Κι' αὐτὸ γιατί, ἡ ρήτρα περιλαμβάνεται ὄχι σὲ δύο ἀλλὰ σὲ 34 συνολικὰ πράξεις. Συγκεκριμένα σὲ δύο πράξεις ἀπὸ τὶς ἑξὶ τοῦ χειρογράφου Γ' πού ἀνήκουν

Ἔτσι: α) Ἀπὸ πράξη συνταχθεῖσα τὸ 1628 ἀπὸ τὸ νοτάριο Νάξου Ἀντ. Θεολογίτη⁶⁶, προκύπτει ὅτι ὁ ὀφειλέτης Σταμάτης Ντεγαγίτας πού δὲν ἐξόφλησε ἐμπροθέσμως τὸ χρέος του, ἐνεκλείσθη ἀπὸ τὸ δανειστή του γιὰ ἄοριστο χρόνο στὴ φυλακὴ τοῦ ὀθωμανοῦ ἀξιωματοῦχου («εἰς χάψι τοῦ εὐθέντη καθῆ»). Γι' αὐτὸ καὶ ἡ σύζυγός του γιὰ νὰ τὸν ἀπελευθερώσει παρέχει δικὰ της περιουσιακὰ στοιχεῖα στὸ δανειστή πρὸς ἱκανοποίηση τῆς ἀπαιτήσεώς του.

β) Ἀπὸ ἀνέκδοτη νοταριακὴ πράξη πωλήσεως, τοῦ ἔτους 1683, προερχομένη ἀπὸ τὴν Ἀπείρανθο τῆς Νάξου⁶⁷ ἀπὸ τὴν ὁποία φαίνεται ὅτι ὁ παπᾶς Γεράσιμος Κουτζόκολος εἶχε ἐγκλεισθεῖ ἀπὸ τοὺς ἐπισπεύδοντες δανειστές του στὴ φυλακὴ τοῦ ὀθωμανοῦ ἱεροδίκη, γιὰτὶ δὲν εἶχε νὰ πληρώσει τὸ χρέος του.

γ) Ἀπὸ νοταριακὴ πράξη, τοῦ ἔτους 1696, προερχομένη ἀπὸ τοὺς Παξοῦς⁶⁸, φαίνεται ὁμοίως ὅτι ὁ δανειστής ἐπρόκειτο νὰ χρησιμοποιοῦσε κάθε μέσο ἐκτελέσεως ὄχι μόνον ἐπὶ τῆς περιουσίας ἀλλὰ, ἐπὶ τὸ ἀποτελεσματικότερον, καὶ στὸ («κορμί») τοῦ ὀφειλέτη γιὰ νὰ τὸν ἀναγκάσει νὰ πληρώσει. Κατόπιν δὲ παρακλήσεως τοῦ τελευταίου («τὸν ἐπαρακάλεσε νὰ τὸν εὐσπλαχνισθῆ») πείθεται καὶ τοῦ παρατείνει τὴν προθεσμία λήξεως τοῦ δανείου γιὰ δύο χρόνια. Στὴ νέα ὅμως σύμβαση, γιὰ μεγαλύτερη ἀσφάλεια, προστίθεται καὶ ἐγγυητὴς ὁ ὁποῖος θὰ εὐθύνεται ὡς πρωτοφειλέτης («ἀρχεοπλερωτής»). Ἀμφότεροι δέ, ὀφειλέτης καὶ ἐγγυητὴς, δὲν παύουν νὰ εὐθύνονται ὄχι μόνον «μὲ τὰ παντοῦα ἀγαθὰ» ἀλλὰ καὶ «σωματικῶς», γιὰ τὴν ἐξόφληση τοῦ χρέους.

δ) Ἀπὸ τοὺς ἐκδοθέντες κατὰ καιροὺς προνομιακοὺς ὁρισμοὺς τῶν σουλτάνων⁶⁹, τοὺς καλουμένους ἀχτναμέδες, πού παρεῖχαν δικαιώματα ἢ προνόμια στοὺς

σὲ ἄγνωστο νοτάριο, καὶ ἀπαντοῦν μὲ τὴ φραστικὴ διατύπωση «ὀμπλιγάροντας τὸ κορμὶν του καὶ τὰ καλὰ του» καὶ σὲ τριάντα δύο, τῶν δύο πρώτων χειρογράφων, τῶν ὁποίων συντάκτης ἦταν ὁ νοτάριος Παντ. Μηλιάτης, μὲ τὴ διατύπωση π.χ. ὅτι ὀμπλιγάρονται (οἱ πωληταὶ) «αὐτοὶ καὶ τὰ καλὰ των» (*Ἰακ. Βισβίτζη*, ἐνθ' ἄνωτ., σ. 29, ἀριθ. 15). Ἡ λέξη ὅμως «αὐτὸς» χρησιμοποιεῖται γιὰ νὰ ἀποδώσει τὴν ἴδια ἀκριβῶς ἔννοια μὲ τὴ λέξη «κορμὶν» ἢ καὶ σὲ ἄλλες πράξεις «σῶμα» καὶ ὀφείλεται στὸ διαφορετικὸ συντάκτη νοτάριο τοῦ ὁποίου οἱ πράξεις εἶναι πολὺ φυσικὸ νὰ μὴ συμπίπτουν ἀπολύτως ὡς πρὸς τὴ διατύπωση ἐφ' ὅσον ἀκολουθοῦν ἄλλα σχέδια ὑποδειγμάτων. Γιὰ τὸ θέμα αὐτὸ ὅπως καὶ γιὰ τὴν ἐφαρμογὴ στὴν πράξη τῆς ἀνωτέρω ρήτρας βλ. ἀναλυτικὰ στὶς ἐπόμενες σελίδες.

66. Ἀντ. Κατσουροῦ, ἐνθ' ἄν. ἀριθ. 9.

67. Τὸ ἔγγραφο περιλαμβάνεται στὰ Πρακτικὰ τοῦ Β' Κυκλαδολογικοῦ Συνεδρίου (31-8|3-9-1995).

68. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Παξῶν, ἐνθ' ἄν., ἀριθ. 198.

69. Οἱ πολιτικὲς παραχωρήσεις λέγονται συχνὰ «ἀχτναμέδες». Βλ. Κ. Ἀμάντου, Οἱ προνομιακοὶ ὁρισμοὶ τοῦ μουσουλμανισμοῦ ὑπὲρ τῶν χριστιανῶν, «Ἑλληνικά», τ. Θ' (1936), σ. 103,

χριστιανούς. Ἔτσι στὸν προνομιακὸ ὄρισμὸ τοῦ σουλτάνου Μουράτ Γ' τοῦ ἔτους 1580, μὲ τὸν ὁποῖο παραχωρεῖ προνόμια στοὺς κατοίκους τῶν Κυκλάδων, μεταξὺ ἄλλων, ἀπαντᾷ καὶ ἡ ἀκόλουθη περικοπή:

«Καὶ οἱ χρεοφειλέτες νὰ εἶναι σφιγμένοι καὶ βαλμένοι εἰς τὴν φυλακὴν καὶ εἰς τὴν καδέναν καὶ εἰς φυλακές, ἀμὴ νὰ μὴ τος κρατίζουσιν φαγὶ οὔτε πιετόν»⁷⁰. Τὰ ἴδια ἐπαναλαμβάνονται καὶ σὲ ἄλλο προνομιακὸ ὄρισμὸ, τοῦ ἔτους 1621, ὑπὲρ τῆς νήσου Νάξου: «Οἱ σπύροι⁷¹ φυλακώνοντας τοὺς χρεοφειλέτες μὴν τοὺς πειράζουσι μὲ καδέ-νες μὲ σκοτεινὲς φυλακές, δίχως κρεββάτι, διὰ νὰ τοὺς ἐνοχλοῦσι, οὔτε νὰ μὴν τονε δίδουσι νὰ τρῶσι καὶ νὰ πίνουσι»⁷².

Ἀπὸ τοὺς ἐκδοθέντες κατὰ διαστήματα προνομιακοὺς ὁρισμοὺς δὲν μένει ἡ παραμικρὴ ἀμφιβολία ὅτι ἡ δεσμεύουσα τὴν προσωπικὴ ἐλευθερία τῶν ὀφειλετῶν ρῆτρα δὲν περιλαμβάνετο στὶς νοταριακὲς πράξεις ἀπὸ ἀπλὴ («νοταριακὴ παράδοση»), ἀλλ' εἶχε πλήρη ἔννομα ἀποτελέσματα καὶ εὐρυτάτη ἐφαρμογὴ στὴν πράξη. Συγχρό-νως μὲ τοὺς ὁρισμοὺς παρουσιάζεται μὲ ἐνάργεια ἡ δεινὴ θέση τῶν ὀφειλετῶν ἀπὸ τὴν ἀπάνθρωπη μεταχείριση τῶν δανειστῶν τοὺς ποὺ δὲν ἐφείδοντο καθόλου γιὰ τὴ ζωὴ τους. Ἡ θλιβερὴ ἀκριβῶς αὐτὴ κατάσταση ἐπιχειρεῖται μὲ τοὺς ὁρισμοὺς, κατὰ τὸ δυνατὸν, νὰ ἀμβλυνηθεῖ στοιχειωδῶς ὥστε νὰ καταστεῖ ἀνθρωπινώτερη ἡ διαβίωση τῶν φυλακισμένων ὀφειλετῶν. Ἀκόμη χειρότερη κατάσταση γιὰ τοὺς ὀφειλέτες ἦταν ἐκεῖνη ποὺ ἐπικρατοῦσε, λόγῳ εἰδικῶν ἐθιμικῶν συνθηκῶν, στὴ Μάνη. Ἐκεῖ τὰ δικαιώματα ποὺ παρεῖχαν οἱ δανειζόμενοι στὰ ἐγγράφως διατυπούμενα δανειστικὰ συμβόλαια προκαλοῦν τρόμο γιὰ τὴν ἀγριότητα τοῦ περιεχομένου τους.

σημ. 2. Ὁμοίως Ν. Ἐλευθεριάδου, Ἀνατολικαὶ Μελέται, τ. Α', Τὰ προνόμια τοῦ Οἰκουμενικοῦ Πατριαρχείου, ἐν Σμύρῃν 1909, σ. 88. Πρβλ. καὶ Ν. Πανταζοπούλου, Τινὰ περὶ τῆς ἐννοίας τῶν προνομίων ἐπὶ Τουρκοκρατίας, Ἀρχεῖον Ἰδιωτ. Δικαίου, τ. Γ' (1943), σ. 455 ἐπ.

70. Περ. Ζερλέντου, Γράμματα τῶν τελευταίων φράγκων δουκῶν τοῦ Αἰγαίου πελάγους, Ἐρμούπολις 1924, σ. 101 ἐπ. Ὁ ἴδιος προνομιακὸς ὄρισμὸς δημοσιεύθηκε ἀρχικῶς ἀπὸ τὸν Κ. Hopf (Venetobyzantinische Analekten 1859) καὶ ἀναδημοσιεύθηκε ἀπὸ τὸν Κ. Ἄμαντο («Ἑλληνικά», τ. Θ' 1936). Παρόμοιες διατάξεις περιέχονται καὶ στὸν ἀχτναμὲν περὶ Χίου τοῦ σουλτάνου Μουράτ Γ' τοῦ 1578 τὸν ὁποῖο δημοσίευσε ὁ Donado (Gio Battista Donado, Viaggi a Constantinopoli, Venezia 1688, Parte IV, 51-58). Βλ. Κ. Ἄμαντου, αὐτόθι, σ. 129. Ἐπίσης καὶ σὲ προγενέστερο ἀχτναμὲ τοῦ ἔτους 1567 τοῦ σουλτάνου Σελῆμ Β' ἀναγράφονται: «καὶ τοὺς φυλακισμένους διὰ χρέως νὰ μὴν τοὺς βάζουσιν σίδερα μήτε στὰ σκοτεινὰ καὶ νὰ τοὺς δαίνουσιν νὰ τρῶ-σιν». Βλ. Ph. Argenti, Chius vincta or occupation of Chios by the Turks (1566) and their administration of the island (1566-1912), Cambridge, 1941, σ. 210-212.

71. Σπύροι = δεσμοφύλακες, ἐκ τοῦ ἰταλικοῦ sbirro ποὺ σημαίνει κλητῆρα τῆς ἀστυνομίας, ραβδούχο.

72. Περ. Ζερλέντου, ἔνθ' ἄν., σ. 121 ἐπ.

Ἔτσι ὅπως μᾶς πληροφοροῦν ὁ Maurer⁷³ στή Μάνη ἔσχε ἡ φονική συνήθεια κατὰ τὴν ὁποία ὁ δανειστής χρημάτων συνέτασσε μὲ τὸν ὀφειλέτη ἔγγραφο μὲ τὸ ὁποῖο ἐξουσιοδοτεῖτο ὁ πρῶτος νὰ ἀσκῆσει ἐκδίκηση αἵματος στὴν οἰκογένεια τοῦ ὀφειλέτη σὲ περίπτωση ποῦ ὁ τελευταῖος δὲν ἐπλήρωνε τὸ ὀφειλόμενο ποσό. Αὐτὸ ἐσήμαινε ὅτι ὁ δανειστής, ἐὰν δὲν ἱκανοποιεῖτο ἢ ἀπαίτησή του ἀπὸ τὸν ὀφειλέτη, εἶχε τὸ δικαίωμα νὰ φονεύσει ἀτιμωρητὶ ἓνα, δύο ἢ καὶ περισσοτέρους συγγενεῖς του! Πρὸ τῆς ἰδιομόρφου, ὡς φαίνεται, καταστάσεως τῆς Μάνης εἶχαν ἀτονήσει πλήρως οἱ σαφεῖς ἀπαγορεύσεις τοῦ δικαίου τῶν βυζαντινῶν κατὰ τὶς ὁποῖες: «Οὐ δύναται γὰρ τις συναλλάσσειν ἐπερωτῆσαι πρόστιμον κεφαλικὴν τιμωρίαν, οἷον ἀτιμίαν ἢ μέλους οἰουδήποτε ἀφαίρεισιν· κἂν γὰρ συμφωνηθῆ, οὐ κρατεῖν»⁷⁴. Πάντως οἱ ἀπαγορεύσεις αὐτὲς προδίδουν ἀναμφιβόλως ἐπικρατοῦντα ἀπάνθρωπα δικαιώματα τῶν δανειστῶν τὰ ὁποῖα ἀκριβῶς ἐπεχειρήσαν, οἱ βυζαντινὲς διατάξεις, νὰ ἐξαφανίσουν.

Ἔτσι αὐτὰ τὰ ἰσχύσαντα στὴν περίοδο τῆς δουλείας, ὡς πρὸς τὰ σκληρὰ δικαιώματα τῶν δανειστῶν καὶ τὴ θέση τῶν ὀφειλετῶν, δὲν ἐβλάστησαν αὐτοφυῶς. Ἐλκουν τὶς ρίζες τους ἀπὸ τὸ παρελθόν. Ἀποτελοῦν ἐπιβιώσεις ἀρχαίων δικαίων ποῦ δὲν ἐξηλείφθησαν παρ' ὅλη τὴν πάροδο δύο καὶ πλέον χιλιετιῶν.

Ἡ αὐτοδέσμευση τοῦ ὀφειλέτη μᾶς μεταφέρει σὲ θεσμοὺς ἀρχαιοτάτων δικαίων. Ἔτσι κατὰ τὸ *nexum*⁷⁵ τοῦ ἀρχαίου ρωμαϊκοῦ δικαίου, ποῦ ἀποτελοῦσε κατὰ τὸν Τίτο Λίβιο δεσμὸ προσωρισμένο νὰ ἐξασφαλίσαι τὸ σεβασμὸ τῶν ὑποσχέσεων ἢ τὴν ἐκπλήρωση τῶν ὑποχρεώσεων⁷⁶, ὁ δανειστής εἶχε, ὕστερα ἀπὸ ὀρισμένες διαδικασίες, τὸ πλήρες δικαίωμα τῆς συλλήψεως καὶ τῆς κρατήσεως δεσμευμένου τοῦ ἀναξιόχρεου ὀφειλέτη ποῦ μποροῦσε νὰ καταλήξει σὲ κατάστασι δουλείας

73. Ὁ Ἑλληνικὸς Λαὸς (μετάφρ. Χρ. Πράτσικα καὶ Εὐστ. Καραστάθη), τ. Α', Ἀθήναι 1943, σ. 142. Τὴ μαρτυρία αὐτὴ τοῦ Maurer ἐπιρρωνύουν ἀπολύτως ἔγγραφες συμφωνίες Μανιατῶν ὅπου ὁ ἀθετῶν ὄφειλε μεταξὺ ἄλλων, συνήθως καὶ «δύο φονικά». (Βλ. *G. Maurer*, αὐτόθι, σ. 427. *Σ. Κουρέας*, ἐνθ' ἄν., σ. 367 καὶ 369. *Γ. Μαγαβελέα*, ἐνθ' ἄν., σ. 82). Εἶναι φανερὸ ὅτι, τῆς ἐπικρατούσης αὐτῆς συνήθειας, νὰ συνομολογοῦνται «φονικά» γιὰ τὴν ἐνίσχυση τῶν συμφωνιῶν, δὲν μποροῦσαν νὰ ἀποτελοῦν ἐξάιρεση οἱ δανειστικὲς συμβάσεις. Καὶ τοῦτο ἀνεξαρτήτως τοῦ γεγονότος ὅτι ὁ στίχος τοῦ Νηφάκη: «Καὶ ἄλλος φονικὸ χρωστᾶ καὶ ἄλλου χρεωστοῦναι», δὲν ἔχει πράγματι καμμιά σχέση μὲ χρεωστικὰ συμβόλαια ὅπως ὀρθῶς παρατηρεῖ ὁ *Σ. Κουρέας* (ἐνθ' ἄν., σ. 365) ἀποκρούων τὴν ἀντίθετη ἄποψη τῶν *J. Partsch* (*Griechisches Bürgschaftsrecht*, 1, Leipzig 1909, σ. 25) καὶ *K. Τριανταφυλλοπούλου* (Ἡ πολιτικὴ δικαιοσύνη ἐπὶ Καποδίστρια, Πρακτικά τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, 23 (1948), σ. 490.).

74. Ἄρμεν. Append, III, 44 (σχόλιο).

75. Βλ. *Γ. Πετροπούλου*, Ἱστορία καὶ Εἰσηγήσεις τοῦ Ρωμαϊκοῦ Δικαίου, ἔκδ. Β', Ἀθήναι 1963, σ. 864 ἐπ. *R. Monier*, *Manuel de droit Romain*, τ. 2, ἔκδ. 5η, Paris 1954, σ. 16 ἐπ.

76. VIII.28.8.

ἢ ἀκόμη καὶ νὰ θανατωθεῖ. Παρόμοια δικαιώματα εἶχαν οἱ δανειστὲς καὶ κατὰ τὰ ἀρχαῖα δίκαια ὀρισμένων ἐλληνικῶν πόλεων. Στὶς τελευταῖες ὁ δανεισμὸς μὲ ἐγγύηση τὸ σῶμα ἀπαγορεύτηκε ἀπὸ τὸ πέμπτο αἰῶνα ⁷⁷ στὴ δὲ Ἀθήνα ἤδη ἀπὸ τὸν ἕκτο μὲ τὴ νομοθεσία τοῦ Σόλωνα ⁷⁸. Τὴν ἀπαγόρευση τοῦ «δανείζειν ἐπὶ τοῖς σώμασιν» ⁷⁹ ἀκολούθησαν καὶ οἱ Ρωμαῖοι, τὸ 326 π.Χ., καταργήσαντες τὸ nexum μὲ τὸ νόμο Poetelia Papiria ⁸⁰. Στὸ σημεῖο δὲ αὐτὸ πρέπει ἰδιαιτέρως νὰ ἐπισημανθεῖ ὅτι, στὴν ἀρχαία Ἑλλάδα, ἡ περιέλευση τοῦ ὀφειλέτη σὲ δουλεία εἶχε ἀρχίσει ἀπὸ ἐνωρὶς νὰ ἀντικαθίσταται μὲ τὴ φυλάκισή του μέχρις ἀποπληρωμῆς τοῦ χρέους ⁸¹.

Ἡ ἐπισήμανση ὅμως τῆς ἐπιδράσεως τὴν ὁποία ἤσκησαν ἰδίως τὰ ἀρχαῖα ἐλληνικὰ δίκαια στὸ ἐφαρμοσθὲν ἐπὶ τῶν ὑποδούλων Ἑλλήνων δίκαιο, τὸ ἀναφερόμενο στὴν ἐξασφάλιση τῶν δικαιωμάτων, ἐνισχύεται περισσότερο καὶ ἀπὸ τὴ διαπίστωση ὁμοιοτήτων ἀκόμη καὶ στὴ φραστικὴ διατύπωση τῆς ἐξετασθείσης δεσμευτικῆς ρήτρας τῶν νοταριακῶν πράξεων. Ἐπαναλαμβάνονται δηλαδὴ στὶς τελευταῖες αὐτούσιες ἀνάλογες περικοπὲς γραπτῶν μνημείων τῆς ἐλληνικῆς ἀρχαιότητος. Συγκεκριμένα προηγουμένως ἐμνημονεύθη ἰκανὸς ἀριθμὸς νοταριακῶν πράξεων στὶς ὁποῖες ἀπαντᾷ ἡ ρήτρα τῆς δεσμεύσεως τοῦ προσώπου καὶ τῆς περιουσίας τοῦ ὀφειλέτη εὐθυνομένου «σωματικῶς» καὶ μὲ τὰ καλὰ του» ἢ «μὲ τὸ κορμί του καὶ μὲ τὰ καλὰ του». Οἱ δύο αὐτοὶ τύποι τῆς ρήτρας δὲν εἶναι καὶ οἱ μόνοι. Σὲ πλῆθος πράξεων διατυπώνεται ἡ ἴδια εὐθύνη (τοῦ ὀφειλέτη, πωλητῆ κλπ.) μὲ τὴ φράση «αὐτὸς καὶ τὰ καλὰ του». Ἡ τελευταία φραστικὴ διατύπωση ἀνευρίσκεται σὲ συμ-

77. E. Weiss, Griechisches Privatrecht, I, Leipzig 1923 (ἀνατ. Hamburg 1966) σ. 507 ἔπ.

78. «...καὶ οἱ δανεισμοὶ πᾶσιν ἐπὶ τοῖς σώμασιν ἤσαν μέχρι Σόλωνος» (Ἀριστοτ. Ἀθηναίων Πολιτεία 2,2). Πρβλ. καὶ D. MacDowell, Τὸ δίκαιο στὴν Ἀθήνα τῶν κλασικῶν χρόνων (μετάφρ. Γ. Μαθιοδάκη), ἔκδ. Β', Ἀθήνα 1988, σ. 47 καὶ 127. Ἰω. Ζέπου, Νομοθεσία τοῦ Σόλωνος, Ἐπετ. Κέντρου Ἑρευνῆς Ἰστ. Ἑλλην. Δικαίου, τ. 18, ἐν Ἀθήναις 1973, σ. 13, 6 καὶ 56, 182. L. Beauchet, Histoire du droit privé de la république Athénienne, Paris (ἀνατ. Amsterdam 1969), II, σ. 414. J. Gaudemet, Institutions de l'antiquité, Paris 1982, σ. 154 καὶ 210.

79. Ἀριστοτ. Ἀθηναίων Πολιτεία 6,1 καὶ 9,1. Πλουτάρχου Σόλων 15.

80. Cic. de Rep. II, 34. Πρβλ. καὶ διάταξη τοῦ Κώδικα τοῦ Ἰουστινιανοῦ (4.10.12) σύμφωνα μὲ τὴν ὁποία δὲν ἦταν ἀνεκτὸ οὔτε καὶ νὰ ἐξαναγκασθοῦν οἱ ἐλεύθεροι νὰ ἐργάζονται ἕνεκα χρέους στοὺς πιστωτὲς τους («Ob aes alienum servire liberos credito ribus iura compelli non patiuntur»). «Οὐκ ἀναγκάζονται οἱ ἄποροι χρεῶσται δουλεύειν τοῖς ἰδίους δανεισταῖς» (Βασ. 24.3.16. Ἀρμενόπουλος 3.5.65).

81. Δ. Παππούλια, ἔνθ' ἄνωτ., σ. 28 καὶ τὶς ἐκεῖ σημειούμενες βιβλιογραφικὲς παραπομπές.

βάσεις δανείων⁸², πωλήσεων⁸³, καλλιεργείας αγροτικῶν κτημάτων⁸⁴, ανταλλαγῶν⁸⁵ κλπ., ἀκόμη δὲ καὶ σὲ δωρεές⁸⁶.

Εἶναι φανερὸ ὅτι οἱ τρεῖς μνημονευθεῖσες διατυπώσεις τῆς ἐκτελεστικῆς ρήτρας ταυτίζονται ἀπολύτως ὡς πρὸς τὴν ἔννοια τοῦ περιεχομένου τους. Καὶ τοῦτο, διότι οἱ λέξεις «αὐτός», (κορμὴ) καὶ «σωματικῶς» χρησιμοποιοῦνται γιὰ νὰ ὑποδηλώσουν τὴν προσωπικὴ δέσμευση τοῦ ὀφειλέτη. Πρέπει δὲ ἰδιαίτερος νὰ τονισθεῖ ὅτι ἡ φραστικὴ διατύπωση «αὐτός καὶ τὰ καλά του» δὲν ἀποτελεῖ κατασκευάσμα μεταβυζαντινῆς νομικῆς ὀρολογίας. Ἀντιθέτως ἔχει τὴν προέλευσίν της ἀπ' εὐθείας καὶ χωρὶς παραλλαγές ἀπὸ τὰ ἀρχαῖα ἑλληνικὰ δίκαια. Στὸ συμπέρασμα αὐτὸ ὀδηγεῖ χωρὶς κανένα ἐνδοιασμὸ ἡ ἀπλὴ σύγκριση μὲ τὴ ρήτρα: «...ἡ δὲ πρᾶξις ἔστω ἔκ τε αὐτῶν τῶν δανεισαμένων καὶ ἐκ τῶν ὑπαρχόντων αὐτοῖς»⁸⁷ ποῦ ἀναγράφεται σὲ ἐπιγραφή ἀπὸ τὸν Ὀρχομένο. Τὴν ἴδια ἀκριβῶς ὁμοιότητα παρουσιάζει

82. Βλ. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Μυκόνου, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 995. Ἐντ. Κατσουροῦ, Κουρσάροι καὶ σκλάβοι, ἔνθ' ἀν., σ. 32, ἀριθ. 15. Τοῦ Ἰδίου, Ναξιακὰ δικαιοπρακτικὰ ἔγγραφα τοῦ 17 αἰῶνος, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 72. Σ. Ξανθουδίδου, Κρητικὰ συμβόλαια Ἐνετοκρατίας, «Χριστιανικὴ Κρήτη», τεύχ. Α (1912), σ. 141-142, ἀριθ. LIII. Ἐντ. Λιγνοῦ, Ἀρχεῖον τῆς Κοινοτήτος Ὑδρας 1778-1832, τ. 1 (1778-1802), ἐν Πειραιεῖ 1921, σ. 65.

83. Γ. Πετροπούλου, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 10, 14, 57, 60, 62, 72, 73, 247, 250, 274, 360, 363, 527, 578, 723, 738, 822, 830, 847, 955, 1152, 1369, 1395, 1431, 1433, 1436, 1476, 1487, 1505, 1532, 1553, 1623. Ἐντ. Κατσουροῦ, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 13, 14, 18, 25, 27, 28, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 68, 69, 73, 78, 79, 81, 88, 90, 93. Ἐντ. Δρακάκη, Ἡ Σύρος ἐπὶ Τουρκοκρατίας. Ἡ δικαιοσύνη καὶ τὸ δίκαιον, Ἐπετ. Ἐταιρ. Κυκλ. Μελετῶν, τ. ΣΤ' (1967) ἐν Ἀθήναις 1967, σ. 315, ἀριθ. 11 καὶ 12. Α. Σιφωνιοῦ-Καράπα, Γ. Ροδολάκη, Α. Ἀρτεμιάδη, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 9, 40, 50, 162, 392, 403, 421, 428, 450, 509, 562, 614, 713, 727, 782, 790, 791. Ἐντ. Βισβίζη, Ναξιακὰ νοταριακὰ ἔγγραφα, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 3, 9, 11, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 28, 32, 33, 36, 37, 44, 46, 50, 51, 52, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 71, 80. Σὲ περίπτωσιν ποῦ ὁ πωλητὴς στερεῖται οικονομικῆς ἐπιφανείας, τρίτος, παριστάμενος κατὰ τὴ σύναψιν τοῦ συμβολαίου, δεσμευόμενος «αὐτός καὶ τὰ καλά του» παρέχει τὴν ἐγγύησιν ὅτι θὰ ἱκανοποιήσῃ τις τυχὸν ἀπαιτήσεις τοῦ ἀγοραστῆ (Ἐντ. Κατσουροῦ, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 44. Γ. Πετροπούλου, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 508). Ὅταν δὲ, ἀπουσιάζοντος τοῦ πωλητῆ, ἡ πώλησις γίνεται διὰ πληρεξουσίων, οἱ τελευταῖοι, οἱ λεγόμενοι ἐπίτροποι «ὀμπλιγάρονται αὐτοὶ καὶ τὰ καλά τους» (Ἐντ. Κατσουροῦ, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 39).

84. Ἐντ. Κατσουροῦ, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 32. Ἐντ. Βισβίζη, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 17, 45, 64.

85. Γ. Πετροπούλου, Νοταριακαὶ πράξεις Μυκόνου, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 127. Ἐντ. Κατσουροῦ, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 23, 29.

86. Ἐντ. Βισβίζη, ἔνθ' ἀν., ἀριθ. 8, 14.

87. Βλ. Α. Παπούλια, ἔνθ' ἀν., σ. 24 καὶ 109 ἐπ. καὶ τὶς ἐκεῖ μνημονεύμενες βιβλιογραφικὲς παραπομπὲς τῶν πηγῶν.

ζει και ἡ διατύπωση πού ἀπαντᾷ στοὺς παπύρους: «...ἡ δὲ πράξις ἔστω ἐκ τε αὐτοῦ (τοῦ ὀφειλέτη) καὶ ἐκ τῶν ὑπαρχόντων αὐτῷ πάντων καθάπερ ἐκ δίκης»⁸⁸.

Ἐκ τῶν ὅσα προηγουμένως σχετικά μὲ τὴν ἐξασφάλιση δικαιωμάτων ἐξετέθησαν, ἔχει, νομίζω, καταδειχθεῖ ἐπαρκῶς ὅτι οἱ ἐπιβιώσεις ἀρχαίων ἐλληνικῶν δικαίων στὸ μεταβυζαντινὸ δίκαιο εἶναι καταφανεῖς. Ἐτσι παρὰ τὴν χαλεπότητα τῶν καιρῶν, τὸ ἐφαρμοσθὲν ἀπὸ τοὺς ὑποδούλους Ἑλληνες δίκαιο ἐμφανίζει, στὰ κύρια σημεῖα τῶν ἐξετασθέντων θεμάτων, μιὰ ἀδιαμφισβήτητη συνέχεια καὶ ἐνότητα πρὸς τὸ βυζαντινὸ καὶ τὰ προῖσχύσαντα ἀρχαῖα ἐλληνικὰ δίκαια.

88. «...τῆς πράξεως ἐκ τε τῆς ὁμολογούσης καὶ ἐκ τῶν ὑπαρχόντων αὐτῆς πάντων» (*G. Petropulos, Papyri Societatis Archaeologicae Atheniensis*, Ἀθῆναι 1939, σ. 137. Βλ. ὁμοίως καὶ σ. 145, 152, 165, 193). «ἄπερ σοι ἀποδώσω ἐν καιρῷ... χωρὶς τινος ἀντιλογίας κ[αὶ] ὑπερθέσεως γινο[μ]ένης σοι τῆς πράξεως ἐκ τε ἐμοῦ καὶ ἐκ τῶν ὑπαρχόντων μοι πάντων καθάπερ ἐκ δίκης». (*B. Mandilaras, The Byzantine Papyri of the Greek Papyrological Society*, 1, Athens 1993, σ. 103, ἀρ. 17).

R É S U M É

La garantie des droits dans les documents juridiques post-byzantins.**Survivances des droits grecs antiques.**

Les documents juridiques, datant de l'époque où les Grecs se trouvaient sous domination étrangère, attestent des moyens variés dont disposaient les droits civil et procédural pour assurer aux ayants droit la garantie de leurs droits. Parmi les plus fréquents, notons la clause pénale, l'hypothèque et la contrainte par corps, trois moyens dont l'investigation constitue l'objet de cette communication.

En ce qui concerne la clause pénale, on constate que les dispositions de la législation byzantine qui s'y rapportent sont toujours en vigueur et continuent à être appliquées à l'époque de la domination étrangère. Durant la période post-byzantine, les clauses pénales se sont tellement répandues que, ne se limitant plus aux contrats, elles se sont même étendues aux dispositions à cause de mort. On trouve également des clauses pénales dans les décisions des arbitres et de tribunaux communautaires. La partie, qui aurait contrevenu à leurs dispositions, était passible d'une peine pécuniaire, laquelle garantissait la sauvegarde de l'autorité de ces décisions.

En ce qui concerne le droit réel de l'hypothèque, les influences du droit byzantin et, par extension, des droits grecs antiques, sur le droit appliqué sous domination étrangère, sont tout aussi évidentes. Elles sont d'autant plus manifestes que l'hypothèque, en règle générale, conserve le caractère protecteur que les droits grecs antiques lui avait prêté dès le IV^{ème} siècle, et qui émane régulièrement des dispositions formulées dans les textes législatifs et juridiques byzantins.

Pour ce qui est de la contrainte par corps, on remarque que, dans certains contrats de prêt, le débiteur n'engageait pas seulement ses biens, mais aussi sa liberté personnelle. C'est dans ce sens qu'il faut comprendre la clause qui stipule, dans ces contrats de prêt, que le débiteur s'engage «physiquement», et, par conséquent, donne au créancier la possibilité de faire emprisonner son débiteur pour une durée indéterminée, jusqu'à acquittement de la dette. La clause prévoyant l'emprisonnement du débiteur ne se limitait pas aux seuls emprunts. Elle entrait pleinement en vigueur, pour une garantie plus efficace, dans divers autres contrats, tels que, par exemple, les contrats de vente, les

contrats agricoles, etc. D'autres éléments mentionnés prouvent que, pendant la domination étrangère, les droits en vigueur, garantissant les droits des créanciers et définissant la position des débiteurs, n'ont pas surgi spontanément, mais prennent racine dans le passé. Ce sont des survivances des droits grecs antiques qui ont persisté, malgré le passage de plus de deux millénaires. Ainsi, notre investigation des divers moyens dont les ayants droit disposaient pour la garantie de leurs droits, conduit naturellement à la conclusion que le droit, appliqué par les Grecs sous domination étrangère, témoigne d'une continuité et d'une unité incontestables avec le droit byzantin et les droits grecs antiques qui leur préexistaient.

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 4ΗΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ 1996

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΙΩΑΝΝΟΥ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ

ΦΙΛΟΛΟΓΙΑ.— Από τὴ Μαγικὴ τελετουργία τοῦ φαρμακοῦ, ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Νικολάου Κονομηΐ*.

Ἡ σημερινὴ ἀνακοίνωση ἀναφέρεται σὲ ζητήματα καθαριότητας, ἢ γιὰ νὰ χρησιμοποιήσω τὸ θρησκευτικὸ ὄρο, κάθαρσης¹. Τὴν ἐκτίμηση ποὺ εἶχε ὁ ἄνθρωπος στὴν καθημερινὴ ζωὴ γιὰ τὴν καθαριότητα τὴ μετέφερε στὴν ὀργανωμένη κοινωνικὴ ζωὴ ὡς θρησκευτικὴ κάθαρση. Συχνὰ οἱ θεοὶ ἐνεργοῦν μέσω καθαριῶν. Οἱ συναισθηματικὰ ἐπιβαρημένες ἐνέργειες τοῦ ἀνθρώπου γιὰ τὴν κάθαρση μὲ τὸν καιρὸ κατάντησαν τελετουργίες ἐμπλεκόμενες στὴν ἐπικοινωνία τοῦ ἀνθρώπου μὲ τὸ θεῖο. Οἱ τελετουργίες αὐτὲς χρησιμοποιοῦνται σὲ περιόδους κρίσης, τρέλας, ἀρρώστιας ἢ ἐνοχῆς. "Ὅταν ἀποσκοποῦν σ' ἓνα στόχο ποὺ μπορεῖ νὰ τονιστεῖ, τότε προσλαμβάνουν μαγικὸ χαρακτῆρα². Ἡ μαγεία εἶναι ἓνας ἀπὸ τοὺς τρόπους μὲ τοὺς ὁποίους ὁ ἄνθρωπος προσπαθεῖ νὰ ἐλέγχει τὸ περιβάλλον. Ἀπὸ παλιὰ γινόταν λόγος γιὰ δαίμονες ποὺ σχετίζονται μὲ πράγματα μιαιρά, μύση ἢ μιάσματα³. Στὴν προκειμένη περίπτωση, καθὼς οἱ ἄνθρωποι προσπαθοῦν νὰ ἐρμηνεύσουν τίς ιδέες ποὺ συνοδεύουν μιὰ τελετουργία, μιλάνε γιὰ μόλυνση ποὺ μπορεῖ νὰ μεταδοθεῖ μὲ τὴν ἐπαφή, ἀλλὰ ποὺ μπορεῖ ἐπίσης νὰ ἀπομονωθεῖ καὶ νὰ ἐξαλειφθεῖ.

Τελετουργίες κάθαρσης εἶναι γνωστὲς στὴν ἀρχαιότητα καὶ ἀπὸ τὴν Ἑγγύς Ἀνατολή. Στὴν Ἑλλάδα ὁ Ὀμηρος ἐκτὸς ἀπὸ «ἀγνὰ ροῦχα» ἀναφέρει πλούσιμο χερσῶν πρὶν ἀπὸ τὴν προσευχή· ἐπίσης τὴν κάθαρση ὀλόκληρου τοῦ στρατοῦ μετὰ τὸ

* NICOLAOS CONOMIS, *From the Magic ritual of the scape-goat*.

1. Τὸ ρῆμα *καθαίρω* σχετίζεται μὲ τὸ σημιτικὸ *qtr* (=qatar)='καπνίζω' στὴ σφαῖρα τῆς θρησκευτικῆς κάθαρσης.

2. Βλ. W. Burkert, *Greek Religion*, Cambridge, Mass. 1985, σ. 76.

3. Ὁ.π.

λοιμό που βρήκε τους Ἀχαιούς στην ἀρχὴ τῆς Ἰλιάδας (Α 313 κ.έ.) καὶ τὸ ριζιμοτῶν λυμάτων στὴ θάλασσα. Ἰπῆρχαν μάλιστα γιὰ τὴν κάθαρση εἰδικοί ἱερεῖς, οἱ καθαρτές, πού σὲ περιπτώσεις ἐπιδημίας ἢ πολιτικῆς ἀναταραχῆς βοηθοῦσαν γιὰ τὴν ἀνακούφιση ἀτόμων ἢ ομάδων. Ὁ πιὸ ὀνομαστός καθαρτής μεταξὺ τῶν Ἑλλήνων ἦταν ὁ Κρητικὸς Ἐπιμενίδης — ἡ ἀρχαϊκὴ Κρήτη ἦταν ἡ πατρίδα τῆς «καθαριστικῆς» — πού κάθρηε τὴν Ἀθήνα ἀπὸ τὸ Κυλώνειο ἄγος λίγο πρὶν ἀπὸ τὸ 600 π.Χ. Προηγουμένως τὸ 670 ὁ Γορτύνιος Θαλήτας ἀπάλλαξε τὴ Σπάρτη ἀπὸ λοιμό. Καθὼς ἄτομα καὶ κοινωνικὲς ομάδες πίστευαν ὅτι οἱ συμφορὲς ὀφείλονταν σὲ μόλυνση ἢ στὴν ὀργὴ (μηνίμα) κάποιας μυστήριας δύναμης, ἡ κάθαρση κατάντησε τελικὰ ἐξιλέωση ἀπέναντι στὴ μυστηριώδη δύναμη πού ἦταν ὑπεύθυνη γιὰ τὴν καταστροφή.

Σὲ κείμενα, ἰδιαίτερα τῆς ἀρχαϊκῆς ἐποχῆς, γίνεται λόγος γιὰ τὴν ὑπαρξὴ μιάσματος ἢ μηνίματος (=αἰτία ὀργῆς), συνήθως στὰ πλαίσια τῆς πόλεως - κράτους. Πιστεύοταν δηλ. ὅτι τὸ θεῖο τιμωροῦσε τοὺς θνητοὺς ἐξαιτίας τῆς ὑπέρβασης τῶν δικῶν τοὺς ἀνθρώπων ὀρίων. Οἱ συνέπειες τοῦ μιάσματος γίνονταν αἰσθητὲς σ' ὀλόκληρη τὴν πόλη πού σὲ περιπτώσεις πολέμου, λοιμοῦ, λιμοῦ κλπ. βρισκόταν σὲ ἄμεσο κίνδυνο ἀφοῦ διακυβεύοταν καὶ αὐτὴ ἡ ἐπιβίωσή της. Πόσο σοβαρὴ ὑπόθεση ἦταν ὁ καθαρμὸς φαίνεται κι ἀπὸ τὸ γεγονός ὅτι ἡ Δῆλος — τὸ μεγάλο θρησκευτικὸ κέντρο τῶν Ἴωνων — καθάρθηκε δυὸ φορές, μιὰ τὴν ἐποχὴ τοῦ Πεισίστρατου ὅταν ἀπομακρύνθηκαν οἱ τάφοι πού φαίνονταν ἀπὸ τὸ ναὸ καὶ μιὰ δεύτερη τὸ 426/5 ὅταν, ὅπως διηγεῖται ὁ Θουκυδίδης (3.104.2), οἱ Ἀθηναῖοι τὸ λοιπὸν προεῖπον (στοὺς Δηλίους) *μήτε ἐναποθνήσκειν ἐν τῇ νήσῳ μήτε ἐντίκτειν, ἀλλ' ἐς τὴν Ῥήμειαν διακομίζεσθαι*, ὥστε νὰ ἐξασφαλιστεῖ ἡ καθαρὸτητα τοῦ χώρου.

Ἡ κάθαρση ἀπὸ τὰ μιάσματα καὶ τὴν κάθε λογῆς ἐνοχὴ γινόταν μὲ διάφορους τρόπους ἀνάλογα μὲ τὴν περίπτωσι, ἀλλὰ συχνὰ μὲ τὴ χρῆση κάποιας τελετουργίας. «Ἡ 'τελετουργία' εἶναι κάτι ἀταβιστικὸ, ὑποχρεωτικὸ, χωρὶς νόημα, συχνὰ περιστασιακὸ καὶ ἐπιφανειακὸ, ἀλλὰ ταυτόχρονα κάτι ἱερὸ καὶ μυστηριώδες»¹. Στὴν τελετουργία οἱ ἄνθρωποι κάνουν κάτι, αὐτὰ πού ὁ Πλούταρχος καὶ ὁ Πausanias ἀποκαλοῦν 'δρώμενα', ὅρα πού υἰοθετήθηκε κι ἀπὸ τὴν Jane Harrison². Σύμφωνα μ' ἓνα ὄρισμὸ τὰ τυπικὰ χαρακτηριστικὰ τῆς τελετουργίας εἶναι: «τὸ στερεότυπο μοντέλο δράσης, ἀνεξάρτητο ἀπὸ τὴν παροῦσα κατάσταση καὶ τὴ συναισθηματικὴ διάθεση· ἡ ἐπανάληψη καὶ ἡ ὑπερβολὴ γιὰ νὰ ἐπιτευχθεῖ ἓνα εἶδος θεατρι-

1. Βλ. W. Burkert, *Ἑλληνικὴ Μυθολογία καὶ Τελετουργία. Δομὴ καὶ Ἱστορία*, Ἀθήνα 1993 (μτφρ. Η. Ἀνδρεάδη), σ. 69.

2. Ὁ.π., σ. 70.

κοῦ ἀποτελέσματος· καὶ ἡ λειτουργία τῆς ἐπικοινωνίας»¹. Ὁ μεγάλος ἔλβετος ἐρευνητῆς τοῦ λαϊκοῦ πολιτισμοῦ Karl Meuli ἔφτασε στὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ τελετουργικὸ ἔθιμο «εἶναι μιὰ αὐθόρμητη ἀντίδραση τεχνητὰ ἐξογκωμένη μετὰ σκοπὸ τὴν ἐπίδειξη»², ἐνῶ ὁ Henri Bergson διαπίστωσε ὅτι ἡ τελετουργία ὑποκατάστησε τὰ ἔνστικτα. Ὁ Σενέκας παρατήρησε κάτι ποῦ ἰσχύει κατ' ἐξοχὴν γιὰ τὶς τελετουργίες, ὅτι δηλ. στὴν ἀρχαία θρησκεία «οἱ περισσότεροι ἄνθρωποι κάνουν αὐτὸ ποῦ κάνουν χωρὶς νὰ ξέρουν γιὰτί». Παρατηρήθηκε ἀκόμη ὅτι «ἐκεῖνα τὰ (κοινωνικά) συστήματα τὰ ὁποῖα πέτυχαν μιὰ σχετικὴ σταθερότητα γιὰ κάποια χρονικὴ περίοδο καὶ τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται συγκεκριμένοι «πολιτισμοὶ» σ' αὐτὸ ἀκριβῶς ὀφείλουν τὴν ἐπιτυχία τους καὶ τὴ διατήρηση τῆς ταυτότητάς τους, στὴν ὁμαδικὴ ἀλληλεγγύη ποῦ ἐνισχύεται ἀπὸ τὴν τελετουργία»³. Τὸ γεγονός εἶναι, ὅπως παρατηρήθηκε, ὅτι «πάντως οἱ τελετουργίες ἀνήκουν στὰ ἰσχυρότερα στοιχεῖα τῆς πολιτιστικῆς μεταβίβασης». Ἡ ἀγωνία καὶ τὸ δέος εἶναι τὰ κύρια συστατικὰ πολλῶν τελετουργιῶν. Τὸ δέος ἰδιαίτερα χαρακτηρίστηκε ὡς 'θεμελιῶδες θρησκευτικὸ συναίσθημα', ἐνῶ «κάθε παράλειψη ἢ ἀλλοίωση τῆς θρησκευτικῆς τελετουργίας προκαλεῖ ἀναπόφευκτα ἐντονη ἀγωνία»⁴ ἐξασφαλίζοντας ταυτόχρονα τὴ διαίωσή της. Ὁ Burkert συνοψίζει: «Ἀκόμα καὶ αἰσθήματα μίανσης καὶ ἐνοχῆς καταφέρνουν νὰ ἐλεγχθοῦν, καθὼς στήνονται τελείως τεχνητὰ ταμποῦ μετὰ ἐξαγνιστικὲς τελετουργίες στὸ βάθος, γιὰ νὰ ἐπανορθωθεῖ ἡ κάθε παράβαση. Καὶ καθὼς ἡ ἀγωνία συντελεῖ στὸ νὰ φέρνει πιὸ κοντὰ τὰ μέλη μιᾶς ὁμάδας, ἡ ἀλληλεγγύη τῆς ὁμάδας σταθεροποιεῖται ἀκόμα περισσότερο μετὰ τὴν ἐμπειρία καὶ τὴ θεατρικὴ βίωση τῆς ἀγωνίας ποῦ ξεπερνιέται»⁵.

Ἵστερα ἀπὸ τὰ λίγα αὐτὰ εἰσαγωγικὰ λόγια ἐρχόμαστε στὴν τελετουργία τοῦ φαρμακοῦ, μετὰ τὴν ὁποία μιὰ κοινότητα ἐπιζητεῖ νὰ ἀπαλλαγεῖ ἀπὸ τὰ ὅποια κακὰ ἔχουν συσσωρευθεῖ καὶ τὴν ἀπειλοῦν. Ὁ Πολύαινος (2ος μ.Χ. αἰ.) στὸ βιβλίο του *Στρατηγήματα* γράφει τὰ ἐξῆς: «Ὅταν οἱ Ἰωνες ἤρθαν γιὰ νὰ ἀποικίσουν τὴν Ἀσία, ὁ Κνωπός, ἀπὸ τὴν οἰκογένεια τοῦ Κόδρου, διεξήγαγε πόλεμο ἐναντίον ἐκείνων ποῦ εἶχαν τὶς Ἐρυθρές» — τοὺς «Κρητες». «Ὁ θεὸς τοῦ ἔδωσε ἕνα χρησμὸ, ὅτι θὰ ἔπρεπε νὰ ἔχει γιὰ στρατηγὸ τὴν ἱέρεια τῆς Ἐν(ν)οδίας (= Ἐκάτης) ἀπὸ τὴ Θεσσαλία⁶. Ἔστειλε

1. Ὁ.π., σ. 71.

2. Ὁ.π., σ. 72.

3. Ὁ.π., σ. 89. Γιὰ τὴν ἀγωνία ὡς βασικοῦ στοιχείου τῆς τελετουργίας βλ. *American Anthropologist* 43 (1941), 164-72.

4. Burkert, ὁ.π., σ. 90.

5. Ὁ.π., σ. 91.

6. Γιὰ τὴ θεὰ βλ. Π. Χρυσοστόμου, *Ἡ Θεσσαλικὴ θεὰ Ἐν(ν)οδία ἢ Φεραία θεὰ* (δ.δ.) Θεσσαλονίκη 1991· τοῦ ἴδ. *Μακεδονικά* 49 (1994) 173-183.

λοιπὸν πρέσβεις στὴ Θεσσαλία καὶ τοὺς πληροφόρησε γιὰ τὸ χρησιμὸ. Τοῦ ἔστειλαν τότε τὴ Χρυσάμη, τὴν ἱέρεια τῆς θεᾶς, ποὺ ἦταν εἰδικὴ στὰ βότανα. Ἡ ἱέρεια πῆρε τὸ μεγαλύτερο καὶ καλύτερο ταῦρο τοῦ κοπαδιοῦ, ἐπιχρῦσωσε τὰ κέρατά του καὶ στόλισε τὸ σῶμα του μὲ ταινίες καὶ ροῦχα πορφυρά, κεντημένα μὲ χρυσάφι. Ἐπειτα ἀνακάτεψε στὴν τροφή του ἓνα βότανο ποὺ προκαλεῖ τρέλα καὶ τὸν ἔβαλε νὰ τὸ φάει. Τὸ βότανο ἔκανε τὸν ταῦρο νὰ τρελαθεῖ καὶ θὰ τρέλαινε καὶ ἐκείνους ποὺ θὰ ἔτρωγαν ἀπ' αὐτόν. Ἡ ἱέρεια ἔστησε ἓνα βωμὸ καὶ τὰ σύνεργα τῆς θυσίας σὲ σημεῖο ποὺ νὰ τὰ βλέπει ὁ ἐχθρὸς, καὶ ἔδωσε διαταγὴ νὰ φέρουν τὸν ταῦρο. Ἀλλὰ ὁ ταῦρος ποὺ εἶχε τρελαθεῖ ἀπὸ τὸ βότανο καὶ ἦταν γεμᾶτος μανία, τινάχτηκε καὶ ὄρμησε πρὸς τὸ μέρος τοῦ ἐχθροῦ, μουγκρίζοντας δυνατὰ. Οἱ ἐχθροί, ὅταν εἶδαν ἓναν ταῦρο μὲ ἐπιχρυσωμένα κέρατα, στολισμένο μὲ ταινίες, νὰ ξεφεύγει ἀπὸ τὴ θυσία τῶν ἀντιπάλων καὶ νὰ ἔρχεται πρὸς τὸ στρατόπεδό τους, τὸ πῆραν γιὰ καλὸ σημάδι καὶ γιὰ οἰωνὸ καλῆς τύχης· τὸν ἔπιασαν, τὸν θυσίασαν στοὺς θεοὺς καὶ ἔφαγαν μὲ ἐνθουσιασμὸ τὸ κρέας του ὅλοι, σὰν νὰ ἔπαιρναν μέρος σὲ μιὰ δαιμονικὴ ἢ θεία μετάληψη. Μεμιᾶς ὀλόκληρος ὁ στρατὸς περιῆλθε σὲ κατάσταση τρέλας καὶ διανοητικῆς διαταραχῆς: βάλθηκαν νὰ χοροπηδοῦν, νὰ τρέχουν ἀποδῶ κι ἀποκειῖ, ἄρχισαν νὰ χορεύουν καὶ ἐγκατέλειψαν τὶς θέσεις τους. Ὅταν ἡ Χρυσάμη τὸ εἶδε αὐτό, εἶπε στὸν Κνωῖπο νὰ καλέσει τὸ στρατό του, νὰ πάρει ἀμέσως τὰ ὄπλα καὶ νὰ τοὺς ὀδηγήσει ἐναντίον τῶν ἐχθρῶν, ποὺ ἦταν ἀνίκανοι νὰ ὑπερασπιστοῦν τοὺς ἑαυτοὺς τους. Κι ἔτσι ὁ Κνωῖπος τοὺς σκότωσε κι ἔγινε κύριος τῶν Ἐρυθρῶν... (Πολύαιν. 8.43).

Στὸ χωρίο αὐτὸ ἔχουμε προφανῶς τὴν περιγραφή μιᾶς τελετουργίας: διαλέγεται τὸ θῦμα, στολιζέται καὶ κατευθύνεται πρὸς τὸν ἐχθρὸ γιὰ νὰ θυσιασθεῖ ἀπ' αὐτόν καὶ νὰ ἐξασφαλιστεῖ μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ ἡ ἐπιτυχία τῆς πρώτης ομάδας. Τὴ σοβαρότητα τῆς ὑπόθεσης ὑπογραμμίζει τὸ γεγονός ὅτι ὀλόδια ἡ τελετουργία αὐτὴ ἐμφανίζεται σὲ χιττιτικὰ κείμενα¹, παλαιότερη μάλιστα μερικὸς αἰῶνες ἀπὸ τὴν ἴδρυση τῶν Ἐρυθρῶν (περ. 1000 π.Χ.) ὅπως καὶ σ' ἓνα σανσκριτικὸ κείμενο². Οἱ Χιττιῆτες ποὺ εἶχαν προκατάληψη στὴ λατρευτικὴ ἀγνότητά³ σὲ περίπτωσι λιομοῦ ὑπέθεταν ὅτι τὴν προξενοῦσε μιὰ ἐχθρικὴ θεότητα κι ἐνεργοῦσαν ὡς ἐξῆς: ...ἔπαιρναν

1. Βλ. Burkert, ὁ.π., σ. 266 σημ. 6.

2. Ὁ.π., σ. 268 σημ. 7.

3. Γιὰ τὶς τελετουργίες τοῦ φαρμακοῦ στοὺς Χιττιῆτες βλ. H. M. Kümmel, *Ersatzrituale für den hethitischen König*, Βισμπάντεν 1967, 411 κ.έ.· A. Gootz, *ANET* (=Ancient Near Eastern Texts Relating to the Old Testament), ἔκδ. J. B. Pritchard, Πρίνστον 21955. Supplement (σ. 501-710) 1968) σ. 346 κ.έ.· O. R. Gurney, *Some Aspects of Hittite Religion*, Ὁξφόρδη 1977.

ένα κριάρι. "Επλεκαν μαζί γαλάζιο μαλλί, κόκκινο μαλλί, κίτρινο μαλλί και άσπρο μαλλί, κι έφτιαχναν μ' αυτό ένα στεφάνι για να στεφανώσουν τὸ κριάρι. "Υστερα πήγαιναν τὸ κριάρι στὸ δρόμο πὸν ὀδηγεῖ στὸν ἐχθρὸ καί, ἐνῶ τὸ ἔκαναν αὐτό, ἔλεγαν τὰ ἐξῆς... Ακολουθοῦσε μακριὰ προσευχή για να κατευνάσει «ὅποιονδῆποτε θεὸ τῆς ἐχθρικῆς χώρας ἔχει προκαλέσει τὴν πανούκλα». Τελικὰ τὸ στεφανωμένο κριάρι ὀδηγοῦνταν στὸν ἐχθρό¹.

Σ' ἕνα ἄλλο χιττιτικό κείμενο ἕνας σοφὸς σὲ περίπτωση πανούκλας λέγει: «παίρνουν ἕνα κριάρι για κάθε στρατηγὸ, στολισμένο με παρόμοιο τρόπο, καί για τὸν βασιλιά μιὰ γυναίκα, στολισμένη με δαχτυλίδια καί κοσμήματα. Τὰ πηγαίνουν στὸ δρόμο πρὸς τοὺς ἐχθρούς. Ὁ,τιδῆποτε κακὸ συμβαίνει με τοὺς ἀνθρώπους, τὶς ἀγελάδες, τὰ πρόβατα, τὰ ἄλογα, τὰ μουλάρια ἢ τὰ γαϊδούρια σ' αὐτὸ τὸ στρατόπεδο, αὐτὰ τὰ κριάρια, κοίτα, καί ἡ γυναίκα τὸ πῆραν μακριὰ ἀπὸ τὸ στρατόπεδο· ἡ χώρα πὸν τοὺς δέχεται θὰ πάρει αὐτὴ τὴν κακιὰ πανούκλα' λέει με εὐλάβεια ὁ προσευχόμενος»². Στὴν ἰνδικὴ τελετουργία σὲ κατάσταση πολέμου οἱ ἱερεῖς «προτείνουν να ὀδηγηθεῖ ἕνα πρόβατο πρὸς τὸν ἐχθρικό στρατό, τὸ ὁποῖο, παραδόξως, θὰ προξενήσει ἐκεῖ 'ἀγωνία' καί 'σύγχυση'³.

Ἄναλογη τελετουργία ἀναφέρεται στὴ Ρώμη καί λεγόταν *devotio* (=ἀφιέρωση). Συνδέθηκε με τὸ θάνατο τοῦ Πόπλιου Δέκιου Μυὸς στὴ μάχη τοῦ Σεντίνου ἐναντίον τῶν Λατίνων (360 π.Χ.). Ὁ ἥρωικός θάνατος τοῦ Δέκιου ἐπισκίασε μάλιστα τὴν κανονικὴ διαδικασία στὴν ὁποία ἀναφέρεται καί ὁ Λίβιος (8.9 κ.έ. πρβλ. 10.28 κ.έ.). Σύμφωνα με αὐτὴ ὁ ὕπατος ἢ ὁ δικτάτορας, ἂν ἡ μάχη δὲν προχωροῦσε κατ' εὐχὴν, μπορούσε ἢ ὁ ἴδιος ἢ ἕνας στρατιώτης πὸν θὰ ἐπέλεγε να ἀφιερῶσει τὸν ἑαυτό του μαζί με τὸν ἐχθρικό στρατό στὶς χθόνιες θεότητες *Tellus* καί *Manes* (Λίβ. 8.9.4 κ.έ.). Ὁδηγούμενος ἀπὸ τὸν *pontificem maximum* καί φορώντας τὴν *togam praetextam*, με τὸ κεφάλι καλυμμένο κι ἄοπλος πατοῦσε σ' ἕνα δόρυ κι ἀπάγγελλε τὴν ἱερὴ ρήση τῆς *devotio* πὸν τελείωνε με τὶς λέξεις: *legiones auxiliaque hostium mecum deis manibus Tellurique devoveo*. Ὑστερα ντυμένος τὸν *cinctum Gabinum* ἐπιζητοῦσε τὸ θάνατο ἀνάμεσα στοὺς ἐχθρούς. Ἄν σκοτωνόταν, ἦταν σημάδι ὅτι οἱ θεοὶ εἶχαν ἀποδεχθεῖ τὸ τάμα κι οἱ ἐχθροὶ θὰ καταστρέφονταν. Ἄν ὅμως

1. ANET, σ. 347· Friedrich, *Der Alte Orient* 25.2, Λειψία 1925, σ. 10. Ἀκόμη καί ὁ νικημένος στρατὸς ἐθεωρεῖτο μολυσμένος κι ἔπρεπε να καθαρθεῖ πρὶν μπεῖ στὴ χώρα περνώντας ἀνάμεσα σὲ δύο φωτιές ἐνῶ ραντιζόταν με νερό. Για τὴ μόλυνση καί τὸν καθαρμὸ στοὺς Χιττιῖτες βλ. καί A. Kurt, *The Ancient Near East*, Λονδίνο 1995, σ.274-6.

2. Burkert, ὕ.π. σ. 105-6.

3. Ὁ.π., σ. 106.

ὁ 'ἀφιερωμένος' ὕπατος ἢ στρατιώτης δὲν φονευόταν ἀλλὰ κερδιζόταν ἢ μάχη, τότε στή θέση του ἔπρεπε νὰ ἐνταφιαστεῖ ἕνα ὁμοιώματά του καὶ νὰ θυσιαστεῖ ἕνα ζῶο γιὰ ἐξαγνισμό. Στὸ μέρος τοῦ ἐνταφιασμοῦ τοῦ ὁμοιώματος ἀπαγορευόταν νὰ πάει ἐκεῖ Ῥωμαῖος ἀξιώματοῦχος (Λιβ. 8.10.12: ubi illud signum defossum erit, eo magistratum Romanum escendere fas non esse). Σὲ περίπτωση ποὺ ὁ ἴδιος ὁ ὕπατος 'ἀφιέρωνε' τὸν ἑαυτό του καὶ ἀπέφευγε τὸ θάνατο, δὲν μπορούσε στὸ ἐξῆς νὰ προσφέρει θυσία ἀποδεκτὴ στοὺς θεούς. Εἶναι φανερό ὅτι ἐδῶ ἔχουμε 'ἐξαγνιστικὴ' θυσία μὲ τὴν ὁποία ἡ ὀργὴ τῶν θεῶν μεταφέρεται στὴν ἐχθρική παρατάξη — μὲ τὰ λόγια τοῦ Λιβίου 8.9.10 sicut caelo missus piaculum omnis deorum irae qui pestem ab suis aversam in hostes ferret — καὶ ἔτσι ὅταν σκοτώθηκε ὁ Δέκιος τὰ στρατεύματα τοῦ ἐχθροῦ πανικοβλήθηκαν καὶ τράπηκαν σὲ φυγή.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω παραδείγματα τῆς χιττιτικῆς, ἐλληνικῆς καὶ ρωμαϊκῆς τελετουργίας ἀναδύεται τὸ μοντέλο τοῦ 'ἀποδομπαίου τράγου' ἢ μὲ τὸ λεκτικὸ τῆς Π. Διαθήκης (Λευϊτ. 16.8) τοῦ 'ἀποδομπαίου χιμάρου', caper emissarius (Vulgata). Ὅπως παρατηρήθηκε, καὶ οἱ δύο ὅροι δείχνουν ὅτι ὁ τράγος — ἢ ὅποιο ἄλλο μέσο χρησιμοποιοῦνταν — διώχονταν ἔξω ἀπὸ τὴ χώρα. Σύμφωνα μὲ τὴν τελετουργία ποὺ περιγράφει ἡ Π. Διαθήκη τὴν 'Ἡμέρα τῆς Ἐξιλέωσης (Yom Kippur) ἢ κοινότητα παράδινε δύο τράγους στὸν ἱερέα γιὰ τὴ θυσία τοῦ ἐξαγνισμοῦ (Λευϊτ. 16· πρβλ. 23,26-32). Ἀφοῦ ὁ ἱερέας ρίχνοντας κλῆρο εὑρίσκει ποιὸς χιμάρους προορίζονταν γιὰ τὸ Γιαχβέ καὶ ποιὸς γιὰ τὸν Ἀζαζέλ, θυσίαζε κανονικὰ τὸν χιμάρου τοῦ Γιαχβέ. Ὁ χιμάρους τοῦ Ἀζαζέλ στήνόταν μπροστὰ 'στὸ ναὸ' καὶ ὁ μέγας ἀρχιερέας ἀκουμποῦσε τὰ δύο του χέρια στὸ κεφάλι τοῦ τράγου ἐξομολογούμενος τὶς ἀμαρτίες τοῦ Ἰσραὴλ καὶ ἐναποθέτοντάς τες στὸ κεφάλι τοῦ χιμάρου. Λευϊτ. 16.21 καὶ προσάξει τὸν χιμάρου τὸν ζῶντα καὶ ἐπιθήσει Ἀαρὼν τὰς χεῖρας αὐτοῦ ἐπὶ τὴν κεφαλὴν τοῦ χιμάρου τοῦ ζῶντος καὶ ἐξαγορεύσει ἐπ' αὐτοῦ πάσας τὰς ἀνομίας τῶν υἱῶν Ἰσραὴλ καὶ πάσας τὰς ἀδικίας αὐτῶν καὶ πάσας τὰς ἀμαρτίας αὐτῶν καὶ ἐπιθήσει αὐτὰς ἐπὶ τὴν κεφαλὴν τοῦ ζῶντος καὶ ἐξαποστελεῖ ἐν χειρὶ ἀνθρώπου ἐτοίμου εἰς ἔρημον. Καὶ λήμψεται ὁ χιμάρους ἐφ' ἐαντῶ τὰς ἀδικίας αὐτῶν εἰς γῆν ἄβατον, καὶ ἐξαποστελεῖ τὸν χιμάρου εἰς τὴν ἔρημον. Κατὰ τὴν παράδοση γύρω ἀπὸ τὰ κέρατα τοῦ τράγου δενόταν μιὰ σκοуро-κόκκινη κλωστή, ἡ ὁποία κοβόταν πρὶν ὁ χιμάρους ριχτεῖ σὲ γκρεμό. Ὁ ἄνθρωπος ποὺ ὀδήγησε τὸν χιμάρου στὴν ἔρημιὰ ἔπρεπε πρὶν ἐπιστρέψει νὰ λουστεῖ καὶ νὰ πλύνει τὰ ροῦχα του. Στὴν ἴδια τελετουργία ἀναφέρεται καὶ ὁ Φίλων (1.338) ποὺ μιᾶ γιὰ «τὸ γινόμενον ἀνὰ πᾶν ἔτος ἡμέρα τῆ λεγομένη τοῦ Ἰλασμοῦ. τότε γὰρ διεῖρηται (=συμβαίνει) δύο τράγους διακληροῦν, τὸν μὲν τῷ κυρίῳ τὸν δὲ τῷ ἀποδομπαίῳ». Κι' ἀκόμη (1.339): «ὁ δὲ (χιμάρους) γένεσιν φυγα-

δευθήσεται, τῶν μὲν ἱερωτάτων ἐλαυνόμενος χωρίων, εἰς δὲ ἄβατα καὶ βέβηλα καὶ βάραθρα ἐμπίπτων»).

Ὅπως εἶναι γνωστό, ὁ ἀντίστοιχος θεσμὸς τοῦ ἀποδιοπομπαίου τράγου στὴν ἑλληνικὴ παράδοση ἦταν ἐκεῖνος τοῦ φαρμακοῦ. Ὁ ὄρος φαρμακός πού πιθανόν προέρχεται ἀπὸ τὸ φάρμακον εἶναι τὸ ἐξιλαστήριο θῦμα, δηλ. τὸ προσωποποιημένο φάρμακο γιὰ τὴν κοινωνία, γι' αὐτὸ καὶ ἡ ἀλλαγὴ τοῦ γένους¹. Ὅπως παρατηρεῖ ὁ Burkert (σ. 111) ὁ θεσμὸς τοῦ φαρμακοῦ ἔχει προσελκύσει τὴν προσοχὴ τῶν μελετητῶν ἀπὸ τὸν προηγούμενο αἰῶνα, «ἰδιαίτερα ἐπειδὴ φαίνεται νὰ ξεπροβάλλει, μέσα ἀπὸ τὰ χρόνια τῆς ἀκμῆς τοῦ ἑλληνικοῦ πολιτισμοῦ, ὁ ἐφιάλτης τῆς ἀνθρωποθυσίας, καὶ μάλιστα σὲ μιὰ γιορτῇ τοῦ Ἀπόλλωνα, τὰ Θαργήλια». Τὸ τελετουργικὸ μέρος τοῦ θεσμοῦ δὲν ἦταν ἐντελῶς ὁμοιόμορφο σὲ ὅλες τὶς ἑλληνικὲς πόλεις. Συνήθως τὸ μίasma μεταφερόταν σὲ ἓνα πρόσωπο πού, ἀφοῦ ἐπαιμιζόταν τὰ ἀμαρτήματα τῆς κοινότητος, ἐκδιωκόταν ἀπὸ τὴν πόλη καὶ τὴν ἐπικράτεια. Προηγουμένως ὅμως τὸν περιέφεραν στὴν πόλη γιὰ νὰ προσελκύσει ἐπάνω του ὅλα τὰ μίσματα πού μόλυναν τὴ χώρα. Κάτι ἀνάλογο γινόταν καὶ στὴ Ρώμη ὅπου ὁ Mamurius Veturius, ἓνας γέρος πού ὑποδύοταν τὸν ἀποδιοπομπαῖο τράγο διωκόταν στὴ γῆ τῶν Ὀσκων, πού παλαιότερα ἦταν ἐχθρικὴ πρὸς τὴ Ρώμη.

Τὰ Θαργήλια μὲ τὰ ὁποῖα συνδέεται ἡ τελετουργία μαρτυρεῖται κυρίως ἀπὸ ἰωνικὲς πόλεις ἀλλὰ δὲν ἦταν ἀγνωστὴ καὶ ἔξω ἀπὸ τὸν ἰωνικὸ κόσμο, ὅπως στὰ Ἀβδηρα, τὴ Μασσαλία, τὴν Κύπρο, τὴν Πελοπόννησο, τὴ Βοιωτία κ.ά. Γενικὰ ἦταν γιορτῇ ἀφιερωμένη στοὺς πρώτους καρπούς στὴν ἀρχὴ τοῦ θερισμοῦ, ἀλλὰ τὴν ἐποχὴ αὐτὴ ἔπρεπε νὰ καθαρθεῖ ἡ πόλη γιὰ νὰ προετοιμαστεῖ γιὰ τὴν ὑποδοχὴ καὶ ἀποθήκευση τῆς νέας σοδειᾶς. Στὴ Χαιρώνεια, μᾶς λέγει ὁ Πλούταρχος, μὲ ἀγνίνα ραβδιὰ ἔδιωχναν ἀπὸ τὴν πόρτα τοὺς ἓνα δοῦλο πού παρίστανε τὸν Βούλιμον, δηλ. τὴν πεῖνα, λέγοντας: ἔξω βούλιμον, ἔσω δὲ πλοῦτον καὶ ὑγίειαν'.

Σκόρπιες πληροφορίες γιὰ τὴ γιορτῇ πού σχετίζονται μὲ τὸν καθαρμὸ τῆς πόλης ὑπάρχουν κι ἀπὸ τὸν ἑλληνικὸ χῶρο, βλ. Burkert 111-2. Ὁ ἱαμβογράφος Ἰππῶναξ (6ος αἰ.) ἀναφέρει τὴν ἀπέλαση τοῦ φαρμακοῦ κι ὁ ὄψιμος βυζαντινὸς λόγιος Ἰω. Τζέτζης (12ος αἰ.) διέσωσε τὰ σχετικὰ χωρία, πού ὅμως δὲν εἶναι περιγραφή ἀλλὰ ὑπαινιγμοὶ στὸ θεσμό. Στὴν Κολοφῶνα, ἓνα ἰδιαίτερα ἀποκρουστικὸ πρόσωπο διαλεγόταν ὡς φαρμακός, τρεφόταν γιὰ κάποιον χρόνον καὶ πρὶν ἀποπεμφθεῖ ἀπὸ τὴν πόλη μαστιγωνόταν στὰ γεννητικὰ του ὄργανα μὲ κλαδιὰ συκιᾶς καὶ στελέχη κρομ-

1. Παλαιότερα ἐξαιτίας τοῦ μακροῦ α τῆς δευτέρης συλλαβῆς (Ἰππῶναξ, Καλλιμ.) ὑποστηρίχθηκε ὅτι πρόκειται γιὰ ξένη λέξη. Ὁ Δίδυμος τόνιζε φαρμᾶκος, ἐνῶ χαρακτηριστικὸς εἶναι καὶ ὁ μοναδικὸς σχηματισμὸς: Ἡσύχ. φαρμακῆ· ἡ χύτρα, ἦν ἠτοίμαζον τοῖς καθαίρουσι τὰς πόλεις.

μυδόσυλλας, και τὰ δύο γνωστὰ ἀποτροπαϊκὰ και καθαρτικὰ. Ὁ Τζέτζης προσθέτει ὅτι στὸ τέλος ὁ φαρμακὸς καιγόταν ('κατέκαιαν'), ἀλλὰ αὐτὸ δὲν γίνεται πιστευτὸ, ἀφοῦ δὲν εἶναι σίγουρο ποιὸ εἶναι τὸ ἀντικείμενο ποὺ κατέκαιαν, ἂν δηλ. ἔκαιαν τὸν φαρμακὸν ἢ τὸ θυσιαζόμενο ἢ ὁμοίωμά τους. Ἔτσι ἡ ἐπικρατοῦσα γνώμη εἶναι ὅτι τὸ κάψιμο τοῦ φαρμακοῦ ὀφείλεται σὲ παρεξήγηση, ἐνῶ μερικοὶ πιστεύουν ὅτι ὅπου ἀναφέρεται θανάτωση φαρμακοῦ πρόκειται γιὰ 'μίμημα' ἀνθρώπινης θυσίας. Στὰ Ἄβδηρα ἓνας φτωχὸς πληρωνόταν γιὰ νὰ ὑποδυθεῖ τὸν φαρμακὸ. Τρεφόταν ἀπὸ τὴν πόλη και τὴν ὀρισμένη μέρα, ἀφοῦ τὸν περιέφεραν γύρω ἀπὸ τὰ τείχη, ὀδηγοῦνταν ἔξω ἀπὸ τὴν πόλη ὅπου τὸν κυνηγοῦσαν μέχρι ποὺ νὰ διαβεῖ τὰ σύνορα. Στὴν Ἀθήνα διαλέγονταν δυὸ ἄσχημα πρόσωπα, οἱ *συβάκχοι* (*συκόβακχοι*) λεγόμενοι, στοὺς ὁποίους κρεμοῦσαν γύρω ἀπὸ τὸν τράχηλο μιὰ ἀρμαθιὰ σῦκα, μαῦρα γιὰ τὸν ἓνα κι ἄσπρα γιὰ τὸν ἄλλο, και τοὺς ἔδιωχναν ἀπὸ τὴν πόλη. Στὴ Μασσαλία σὲ εἰδικὲς περιπτώσεις, ὅπως γιὰ ἀποτροπὴ πανούκλας, γινόταν μιὰ παρόμοια τελετουργία. Ἔτρεφαν καλὰ ἓνα φτωχὸ κι ὕστερα τὸν στόλιζαν μὲ κλαδιά, τὸν ἔντυναν μὲ ἱερατικὰ ροῦχα και ἀφοῦ τὸν περιέφεραν στὴν πόλη τὸν ἔδιωχναν μακριὰ μὲ κατάρες. Ἡ ὅλη διαδικασία ὀνομαζόταν *κάθαρση* και τὸ ἄτομο ποὺ ἀπελευνόταν *περίφημα* ἢ *κάθαρμα*. Ἄπ' ἐδῶ και ἡ σημερινὴ σημασία τῆς λέξης ποὺ ἀναφέρεται μὲ μειωτικὴ σημασία ἤδη ἀπὸ τὸν 5ο π.Χ. αἰ. στὸν Ἀριστοφάνη.

Ὁ Burkert (σ. 113) ἐπισύρει τὴν προσοχή μας σ' ἓναν πολυδιάστατο τέτοιο «ἐξαγνισμό» ἀπὸ τὴν Π. Διαθήκη. Πρόκειται γιὰ τὴν ἱστορία τοῦ Δαβὶδ και τῶν παιδιῶν του Σαοὺλ (Β' Σαμ. 21). Στὴ χώρα ἐπικράτησε τριετὴς ξηρασία και ὅπως ἦταν φυσικὸ ἀκολούθησε λιμός. Ὁ Δαβὶδ «ρώτησε τὸν Κύριο»: συμβουλευτήθηκε κάποια προφητεία, ὅπως ἀκριβῶς εἶχε κάνει ὁ Οἰδίπους ποὺ ἀπευθύνθηκε στὸ μαντεῖο τῶν Δελφῶν τὴν ἐποχὴ τῆς πανούκλας στὴ Θήβα, και ἡ ἀπάντηση και στίς δυὸ περιπτώσεις ἦταν ὅτι ὑπῆρχε ἐνοχὴ αἵματος στὴ χώρα. Ὅμως ἡ ἑβραϊκὴ προφητεία ἦταν πιὸ σαφὴς ἀπὸ τὸν Δελφικὸ θεὸ ἀφοῦ κατονόμασε τὸν «οἶκο τοῦ Σαοὺλ», ἐπειδὴ ὁ τελευταῖος εἶχε δολοφονήσει μὲ δόλο τοὺς Γαβαωνίτες. Ὁ Δαβὶδ διάλεξε ἑπτὰ ἄντρες ἀπὸ τοὺς ἀπογόνους τοῦ Σαοὺλ και τοὺς παρέδωσε στοὺς παλιούς ἐχθρούς, τοὺς Γαβαωνίτες. Αὐτοὶ τοὺς σκότωσαν 'κρεμώντας τους στὸ λόφο μπροστὰ ἀπὸ τὸν Κύριο', δηλ. μπροστὰ ἀπὸ τὸ ναό. Τὸ ἐπεισόδιο συνέβη «στὴν ἀρχὴ τοῦ θερισμοῦ τοῦ κριθαριοῦ» ποὺ συμπίπτει μὲ τὴν ἐποχὴ τῶν Θαραγγλίων. Ἀκολουθεῖ ἡ συγκινητικὴ ἱστορία τῆς μητέρας δύο σκοτωμένων, τῆς Ρεσφά, ποὺ παρέμεινε κοιτάζοντας τὰ πτώματα ἐπὶ ἑβδομάδες, μέχρις ὅτου ἔπεσε βροχὴ και τότε θάφτηκαν. Ἡ ξηρασία εἶχε τελειώσει. Ὁ Burkert σχολιάζει: «ὑπάρχει μιὰ μεταλλαγὴ ρόλων ὅσον ἀφορᾷ τὸν ἀντίπαλο: ἡ ἀπειλὴ τῆς πείνας ἀντικαθίσταται ἀπὸ τὴν πραγματικὴ ὀμότητα τῶν ἐχθρῶν... Βρίσκουμε συγκεντρωμένα σ' αὐτὸ τὸ παραμῦθι ἐκεῖνα

πού στις έλληνικές μαρτυρίες έμφανίζονται μοιρασμένα σέ διαφορετικές περιπτώσεις. Αυτό υπογραμμίζει τή βασική ένότητα τοῦ συνόλου»¹.

Ὁ Burkert σημειώνει (σ. 114-5) ὅτι γιά τήν τελετουργία τοῦ ἀποδιοπομπαίου τράγου ὑπάρχει ἓνα σαφές μοντέλο. Παρόλο δηλ. πού οἱ περιστάσεις κατὰ τίς ὁποῖες τελεῖται μπορεῖ νά διαφέρουν—πεῖνα, πανούκλα, πόλεμος ἢ κανονικός 'έξαγνισμός' πάνω σέ ἐτήσια ἢ μεγαλύτερη χρονική βάση—, κοινή εἶναι ἡ κατάσταση τῆς ἀγωνίας πού δημιουργεῖται στήν κοινότητα. Ἡ ἀκολουθία τῶν φάσεων τῆς δράσης εἶναι: (1) ἐπιλογή τοῦ μεσάζοντα: ὁ πιό ἀποκρουστικός τύπος ἢ ὑποκατάσταση τοῦ ἀνθρώπου ἀπό ζῶο· (2) τελετές ἐπικοινωνίας, ιδιαίτερη προσφορά τροφῆς, στολισμός ἢ στέψη· (3) τελετές ἐπαφῆς καί χωρισμοῦ: περιφορά γύρω ἀπό τά τείχη τῆς πόλης καί ἀποτομή πέρα ἀπό τά σύνορα, χτυπήματα καί λιθοβολισμός. Ὁ λιθοβολισμός εἶναι μιὰ πράξη κοινωνική καί συλλογική πού ἔχει ἀντίκτυπο στή ζωὴ τῆς πόλης. Τό ἀναμφισβήτητο ἀποτέλεσμα τῆς ὅλης διαδικασίας, καταλήγει ὁ Burkert, εἶναι ἡ σωτηρία τῆς κοινότητας ἀπό τή συμφορὰ καί τήν ἀγωνία. Ἐδῶ μπορεῖ νά ἀναφερθεῖ ὅτι μερικοὶ βλέπουν στήν τελετουργία αὐτὴ τήν ἀρχὴ μιᾶς πρακτικῆς πού υἰοθετήθηκε ἀπό τὸν χριστιανισμό μεταμορφώνοντάς την: σύμφωνα μ' αὐτὴν ὁ Χριστὸς πεθαίνει στὸ σταυρὸ γιά νά ἄρει τίς ἀμαρτίες τοῦ κόσμου.

Ἐρχόμαστε τώρα στήν πόλη τῆς Ἀθήνας γιά νά δοῦμε ἀνὰ στα Ἱθαγγήλια γίνονταν ἀνθρωποθυσία ὅπως ὑποστήριξε ἐρευνητριά τῆς Ἀκαδημίας σέ βιβλίο της. Στὴν πρώτη ἔκδοση τοῦ βιβλίου (1984) σ. 13 διαβάζουμε: «ἡ πρώτη ἡμέρα [τῶν Ἱθαγγήλιων], ἡ 6η τοῦ Ἱθαγγηλιῶνα, ἦταν ἀφιερωμένη σέ ἔξαγνισμούς μὲ θυσία ἀνθρωπίνων θυμάτων...». Δὲν χωρεῖ νομίζω καμιὰ ἀμφιβολία ὅτι ἐδῶ ὑποστηρίζεται ἀνθρωποθυσία στήν Ἀθήνα τοῦ 4ου π.Χ. αἰῶνα, ἀφοῦ ἡ ἀναφορὰ εἶναι στα Ἱθαγγήλια τῆς Ἀθήνας καί ὁ λόγος τοῦ Δημοσθένη πού σχολιάζεται ἐκφωνήθηκε ἢ γράφτηκε στήν Ἀθήνα τοῦ 347/6. Δὲν μπορῶ δηλ. νά διανοηθῶ ὅτι ἡ συγγρ. σχολίαζε δικανικὸ λόγο πού ἐκφωνεῖται στήν Ἀθήνα τοῦ 4ου αἰ. ἀλλὰ τὸ σχόλιό της ἀναφέρεται, ὅπως ἰσχυρίστηκε ἀργότερα, σέ ἄλλη ἑλληνικὴ πόλη καί σέ ἄλλη πολὺ ἀρχαιότερη μάλιστα ἐποχὴ. Ὅπως ὅμως θὰ δοῦμε καί ὁ νέος αὐτὸς ἰσχυρισμός δὲν εὐσταθεῖ, ἀφοῦ σέ καμιὰ ἑλληνικὴ πόλη δὲν μαρτυρεῖται ἀνθρωποθυσία στοὺς ἱστορικοὺς χρόνους. Στὴ σημείωσή της ἡ συγγρ. παραπέμπει στὸν H. W. Parke, *Festivals of the Athenians*, Λονδίνο 1977, 146 κ.έ. ἀλλὰ περιέργως διαπράττει σοβαρότατο σφάλμα, ἀφοῦ ὁ Parke δὲν ἀναφέρει πουθενὰ ἀνθρωποθυσία. Στὴ σ. 146 λέγει ἐπὶ λέξει: «Ἀφοῦ αὐτοὶ [οἱ φαρμακοὶ δηλ. τῆς Ἀθήνας] εἶχαν ὀδηγηθεῖ σέ πομπὴ γύρω ἀπό τήν πόλη, χτυπιοῦνταν μὲ κλαδιά συκιᾶς καί στελέχη ἀγριόσκιλλας, καὶ ἔτσι ἐκδιώκονταν». Τὸ

1. Ὁ.π. σ. 114,

μόνο που δέχεται ο Parke (σ. 147) είναι ότι τα χτυπήματα στους φαρμακούς που περιγράφονται από τις πηγές μας ήταν υποκατάστατο μιας πολύ πιο αυστηρής τελετής [προφανώς του άπώτερου παρελθόντος], στην οποία τα θύματα χτυπιούνταν με ραβδιά και λιθοβολούνταν.

Η συγγρ., μετά τον όξυ έλεγχο που της έγινε, επιχείρησε να δικαιολογήσει τα πράγματα ισχυριζόμενη ότι αναφέρει ανθρωποθυσίες που τελούνταν όχι στην Αθήνα αλλά στον ιωνικό-αττικό κόσμο, ως εάν ο «ιωνικός-αττικός κόσμος» έπαψε να υπάρχει τον 4ο αιώνα. Η (χειρότερα ακόμη) ως εάν η Αθήνα δεν αποτελούσε τμήμα του. Προφανώς αγνοείται το γεγονός ότι η παλαιά μαγική τελετή της κάθαρσης με φαρμακούς που άσκοούνταν στην Ίωνία τον 6ο αιώνα. Είναι πάρα πολύ πιθανό να εισήχθη εκεί από τους πρώτους οικιστές που, όπως είναι γνωστό, ξεκίνησαν από την Αττική, τη μητρόπολη των Ιώνων, αφού η ίδια τελετή συνέχιζε να τελείται κανονικά στην Αθήνα ως το τέλος της αρχαιότητας. Ανάλογο παράδειγμα είναι η γιορτή των Άνθεστρίων που ο Θουκυδίδης αναφέρει ως Παλαιά Διονύσια και ήταν κοινή στους Ίωνες και Αθηναίους και πρέπει για αυτό να προηγείται χρονολογικά της Ίωνικής μετανάστευσης, βλ. W. Burkert, *Greek Religion*, Cambridge, Mass. 1985, 162. Παραβλέπεται επίσης το γεγονός ότι τα Θαργήλια με την τελετουργία των φαρμακών, γιορτάζονταν, όπως αναφέρθηκε, και εκτός του «ιωνικού-αττικού» κόσμου, πράγμα που, όπως πιστεύεται, δείχνει ότι ο θεσμός είχε βαθιές ρίζες και πιθανώς αναγόταν σε ίνδο-ευρωπαϊκές καταβολές και συνήθειες — θυμηθείτε το χιτιτικό, σανσκριτικό και ρωμαϊκό παράδειγμα — αν και, όπως φαίνεται από τα παραδείγματα από τους Έβραίους, η τελετουργία της κάθαρσης άπαντά και σε λαούς μη ίνδοευρωπαίους.

Στη δεύτερη έκδοση του βιβλίου η συγγρ. επιχείρησε να μετριάσει την έντυπωση από το σοβαρό σφάλμα της με μια έκτενη σχετικά σημείωση της οποίας το αποτέλεσμα δημιουργεί αρκετές απορίες. «Κατά τους αρχαιότερους χρόνους», γράφει, «η πρώτη ημέρα, η 6η του Θαργηλιώνα, ήταν αφιερωμένη σε εξαγνισμούς πιθανόν με θυσία δύο ανθρώπινων θυμάτων». Ούτε όμως και η νέα διατύπωση, όπως αναφέρθηκε, είναι ακριβής και συνεπώς ανεκτή είτε για την Αθήνα είτε για άλλα μέρη του ελληνικού κόσμου. Πρώτη απορία: γιατί «κατά τους αρχαιότερους χρόνους» για τους οποίους εκτός των άλλων δεν έχουμε μαρτυρία από πουθενά; Τί απέγινε η Αθήνα του 4ου αιώνα. στην οποία εκφωνείται ο λόγος που σχολιάζεται; Δεύτερη απορία: πώς δικαιολογείται εκείνο το «πιθανόν με θυσία δύο ανθρώπινων θυμάτων», που σύμφωνα με τα συμφραζόμενα πρέπει να αναχθού στους «αρχαιότερους χρόνους»; Ποιοι είναι τέλος πάντων αυτοί οι «αρχαιότατοι χρόνοι»; Να έχει άραγε υπόψη η έρευνήτρια ότι η ελληνική θρησκεία εμφανίζεται με το δικό της διακριτικό

περίγραμμα μόνο από τον 9ο/8ο π.Χ. αιώνα και ότι ο όρος ελληνική θρησκεία αντιστοιχεί περίπου με την περίοδο ζωής της ελληνικής πόλης, δηλ. μόνο μεταξύ 800 και 300 π.Χ.; 'Αμφιβάλλω πολύ.

Για την 'Αθήνα που μᾶς ενδιαφέρει ιδιαίτερα ή ἐγκυρότερη μαρτυρία που διασώθηκε είναι τοῦ λεξικογράφου 'Αρποκρατίωνα στο λ. *φαρμακός*. *Λυσίας ἐν τῷ κατ' 'Ανδοκίδου ἀσεβείας* (6. 53), *εἰ γνήσιος*. *δύο ἄνδρας 'Αθήνησι ἐξήγον καθάρσια ἐσομένους τῆς πόλεως ἐν τοῖς Θαργηλίοις, ἕνα μὲν ὑπὲρ τῶν ἀνδρῶν, ἕνα δὲ ὑπὲρ τῶν γυναικῶν*. Δηλ.: τῆ λ. *φαρμακός* τὴν ἀναφέρει ὁ Λυσίας στο λόγο του ἐνάντια στον 'Ανδοκίδη για ἀσεβεία, ἂν εἶναι γνήσιος. Στὴν 'Αθήνα στὴ γιορτὴ τῶν Θαργηλίων ἔδιωχναν δυὸ ἄντρες για νὰ γίνουν προσφορὰ ἐξαγνισμοῦ, ἕναν για τοὺς ἄντρες καὶ ἕναν για τὶς γυναῖκες. Παρόμοια καὶ ὁ 'Ελλάδιος στον Φώτιο (*Βιβλ.* 534α 3 = 8. 182.2 Henry): *αἴθος ἦν ἐν 'Αθήναις φαρμακοὺς ἄγειν δύο, τὸν μὲν ὑπὲρ ἀνδρῶν, τὸν δὲ ὑπὲρ γυναικῶν*¹, *πρὸς τὸν καθαρὸν ἀγομένους*. *Καὶ ὁ μὲν τῶν ἀνδρῶν μελαίνας ἰσχάδας περὶ τὸν τράχηλον εἶχε, λευκάς δ' ἄτερος*. *Συβάκχοι δὲ φησιν ὠνομάζοντο*. *Τὸ δὲ καθάρσιον τοῦτο λοιμικῶν νόσων ἀποτροπιασμός ἦν...καὶ ἐκράτει τὸ ἔθος αἰεὶ καθαίρειν τὴν πόλιν τοῖς φαρμακοῖς*. "Ὅτι ὁ φαρμακός ἐκδιωκόταν ἀπὸ τὴν πόλιν φαίνεται καθαρὰ ἀπὸ τὸν [Λυσ.] 6.53 *νῦν οὖν χρὴ νομίζειν τιμωρομένους καὶ ἀπαλλαττομένους 'Ανδοκίδου τὴν πόλιν καθαίρειν καὶ ἀποδιοπομπεῖσθαι καὶ φαρμακὸν ἀποπέμπειν καὶ ἀλιτηρίου ἀπαλλάττεσθαι*.

'Απὸ τὰ σύντομα σπαράγματα τοῦ 'Ιππώνακτα μαθαίνουμε μερικὲς λεπτομέρειες τοῦ ἔθιμου: ὅτι ὁ φαρμακός χτυπιόταν με κλαδιὰ συκιᾶς (ἀπ. 5 W.) *καθαίρειν καὶ κράδησι βάλλεσθαι*, 6 *βάλλοντες ἐν λειμῶνι* (Schneid.: *χειμῶνι*) καὶ *ραπίζοντες* | *κράδησι καὶ σκίλλησιν ὥσπερ φαρμακόν*, 9 *πάλοι γὰρ αὐτοὺς προσδέκονται χάσκοντες* | *κράδας ἔχοντες ὡς ἔχουσι φαρμακοῖς* πρβλ. καὶ 'Ησύχ. *κραδῆς*² *νόμος νόμον τινα ἐπαυλοῦσι τοῖς ἐκπεμπομένοις φαρμακοῖς κράδαις καὶ θείοις ἐπιρραβδιζομένοις*. 'Απὸ τὸ χτύπημα τοῦ φαρμακοῦ με κράδας αὐτὸς ὀνομάστηκε καὶ *κραδησίτης* φαρμακός, ὁ ταῖς κράδαις βαλλόμενος 'Ησύχ. 'Ὁ Τζέτζης που διέσωσε τὰ μικροαποσπάσματα τοῦ 'Ιππώνακτα εἶχε ἴσως μπροστά του καὶ ἄλλες πηγές. "Ὅπως ὅμως ἔδειξε ὁ Gebhard ἡ καύση τοῦ φαρμακοῦ που ἀναφέρει ὁ Τζέτζης δὲν στηρίζεται σὲ ἀρχαῖες πηγές ἀλλὰ εἶναι ὑπόθεση τοῦ Τζέτζη κατ' ἀναλογίαν τῆς καύσης τῶν Λοκρικῶν παρθένων καὶ τῆς ρίψης τῆς κόνης τους στὴ θάλασσα, ὅπως ἀναφέρει ὁ Λυκόφρων, 'Αλεξ. 1157 κ.έ. Οἱ πληροφορίες ἐξάλλου που συμπληρώνονται ἀπὸ

1. "Ὅτι ὁ ἕνας φαρμακός ἦταν ἄντρας καὶ ὁ ἄλλος γυναῖκα ἀναφέρεται ἀπὸ τὸν 'Ησύχιου. *φαρμακοί· καθαρτήριοι, περικαθαίροντες τὰς πόλεις. ἀνὴρ καὶ γυνή*, ἀλλὰ αὐτὸ δὲν φαίνεται νὰ ἀνταποκρίνεται στὰ πράγματα.

2. Τὸ ὄρθὸ εἶναι *κραδῆς νόμος*: βλ. Χρ. Θεοδωρίδη, *Εἰκασμός* 2 (1991) 33-5.

τὰ σχόλια τοῦ Ἀριστοφάνη καὶ Αἰσχύλου καὶ ποὺ μιλοῦν γιὰ θανάτωση φαρμακοῦ δὲν ἀναφέρονται ὅπωςδήποτε στὴν Ἀθήνα¹.

Ἔτσι ἡ ἀναφορὰ ὅτι σὲ μερικὰ μέρη οἱ φαρμακοὶ χτυπιοῦνταν μὲ κλαδιά κι ὅτι λιθοβολοῦνταν κατὰ τὴν ἐξώσῃ τους κέντρισε, ὅπως φαίνεται, τὴ φαντασία μερικῶν μεταγενέστερων πηγῶν — κυρίως σχολιαστῶν καὶ λεξικογράφων τῆς ὕστερης ἀρχαϊότητος καὶ τῶν μέσων χρόνων — γιὰ νὰ ἰσχυριστοῦν ὅτι οἱ φαρμακοὶ θανατώνονταν καὶ τὴν ἀποψη αὐτὴ ἀσπάστηκαν τὸν περασμένο αἰῶνα μερικοὶ ἀνθρωπολόγοι, κυρίως τῆς γνωστῆς Σχολῆς τοῦ Καϊμπριτζ. Καθὼς ὅλοι τους ἦταν ὀπαδοὶ τῆς θεωρίας τῆς ἐξέλιξης τοῦ Δαρβίνου, προσπαθοῦσαν νὰ βροῦν ἀνάλογα δρώμενα σὲ σύγχρονους «πρωτόγονους» λαοὺς καὶ ἦταν ἐπιρρεπεῖς σὲ γενικεύσεις ὡς πρὸς τὴν ἐξελικτικὴ πορεία τῆς ἀνθρώπινης κοινωνίας. Οἱ ἴδιοι οἱ Ἕλληνες ἐξάλλου ἀρέσκονταν νὰ ἀναφέρονται σὲ μυθικὲς θυσίες ποὺ ἀποσκοποῦσαν στὴ διάσωση τῆς κοινότητος καὶ τέτοια παραδείγματα ἀναφέρονταν κυρίως ἀπὸ τοὺς ρήτορες καὶ τοὺς τραγικούς, ἰδιαίτερα τὸν Εὐριπίδη, γιὰ τὴν πόλη τῶν Ἀθηναίων (Λεωκορίδες, κόρες τοῦ Ἐρεχθέα κλπ.² (Οἱ εἰδικοί, ὥστόσο, μελετητὲς τῆς ἐλληνικῆς θρησκείας συμφωνοῦν σήμερα ὅτι ἡ ἀνθρωποθυσία δὲν ὑπῆρχε ἀνάμεσα στοὺς Ἕλληνες ὅπως ὑπῆρχε σὲ ἄλλους λαοὺς, π.χ. τοὺς Φοίνικες πρβλ. Πλάτ. *Μίν.* 315α (γιὰ τοὺς Καρχηδονίους)³ καὶ γιὰ τοὺς Ἑβραίους (*Ἐξ.* 13.1 κ.έ., 22, 28) — ὡς κανονικὸ λατρευτικὸ ἔθιμο. Ἄν ὑπῆρξε ποτὲ ἦταν ἐξαιρετικὰ σπάνιο⁴.

Ἐπιπλέον οἱ ἴδιοι οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες ἀποδοκίμαζαν τὴν ἀνθρωποθυσία καὶ ἡ ἀποδοκιμασία αὐτὴ ἐπαναλαμβάνεται χωρὶς μετριάσμο ἀπὸ ὅλους τοὺς συγγραφεῖς ποὺ ἀναφέρονται στὸ ζήτημα. Ἐκτὸς ἀπὸ τὸν Ὅμηρο ποὺ ἀποδοκιμάζει τὴν ἀνθρωποθυσία, ὁ Αἰσχύλος (*Ἀγ.* 219-20) ἀναφερόμενος στὸ μυθολογικὸ παράδειγμα τῆς θυσίας τῆς Ἴφιγένειας τὸ χαρακτηρίζει πράξη δυσσεβῆ, ἀναγνη, ἀνίερη⁵. Ἀνάλογους χαρακτηρισμοὺς χρησιμοποιοῦν καὶ ἄλλοι συγγραφεῖς, ὅπως ὁ Ἡρόδοτος

1. Βλ. καὶ L. Deubner, *Attische Feste*, Βερολίνο 1932, σ. 185: «Es scheint mir sicher, dass in den Scholien Nachrichten vorliegen, die mit Athen nichts gemein haben».

2. Βλ. Fr. Schwenn, *Die Menschenopfer bei den Griechen und Römern*, Giessen 1915, σ. 129 κ.έ.

3. Βλ. S. S. Brown, *Late Carthaginian child sacrifice and sacrificial Monuments in their Mediterranean Context*, Ann Arbor 1986.

4. Βλ. A. Heinrichs, *Human sacrifice in Greek Religion*, *Entretiens de Fond. Hardt*, Vandoeuvres-Genève 1981, 27, 208-24.

5. Παρόλο ποὺ, ὅπως παρατηρήθηκε, ἡ θυσία τῆς Ἴφιγένειας ἦταν γιὰ τὸ ἔργο μιὰ ποιητικὴ ἀναγκαιότητα ποὺ σκόπευε νὰ δείξει τὸ ἠθικὸ δίλημμα τοῦ Ἀγαμέμνονα καὶ τὴν τελικὴ αἰτία τῆς πτώσης καὶ τοῦ φόνου τοῦ βασιλιᾶ, βλ. *Entretiens* 27, 199.

πού χαρακτηρίζει την ανθρωποθυσία ως ἴδιο τῶν βαρβάρων¹, ἐνῶ ὁ Πλούταρχος, *Πελοπ.* 21, σχολιάζοντας ἓνα ἔραμα τοῦ Πελοπίδα πρὶν ἀπὸ τῆ μάχης στὰ Λεῦκτρα τὸ ὁποῖο συνιστοῦσε σφαγιασμὸ ξανθῆς παρθένας γιὰ τὸ Λευκτρικὸν μῆνιμα, συντάσσεται ἀνεπιφύλακτα μὲ τὴ μερίδα τῶν μάντεων πού ἀπαγόρευαν τὴ θυσία αὐτὴ ὡς οὐδενὶ τῶν κρειττόνων καὶ ὑπὲρ ἡμᾶς ἀρεστήν οὔσαν οὔτω βάρβαρον καὶ παράνομον θυσίαν· οὐ γὰρ τοὺς *Τυφῶνας* ἐκείνους οὐδὲ τοὺς *Γίγαντας* ἄρχειν, ἀλλὰ τὸν πάντων πατέρα θεῶν καὶ ἀνθρώπων· δαίμονας δὲ χαίροντας ἀνθρώπων αἵματι καὶ φόνοισιν πιστεύει μὲν ἴσως ἐστὶν ἀβέλερον, ὄντων δὲ τοιούτων ἀμελητέον ὡς ἀδυνάτων· ἀσθένεια γὰρ καὶ μοχθηρία ψυχῆς ἐμφύεσθαι καὶ παραμένειν τὰς ἀτόπους καὶ χαλεπὰς ἐπιθυμίας.

Προκειμένου γιὰ ἀνθρωποθυσία, τὰ ἀρχαιολογικὰ εὐρήματα εἶναι πάρα πολὺ ἀμφίβολα γιὰ τὴν παλαιότερη ἐποχὴ², ἐνῶ γιὰ τοὺς κλασικοὺς χρόνους δὲν μπορεῖ ὅσο γνωρίζω νὰ γίνεи κανένας ἀπολύτως λόγος. Πολὺ σπάνια εἶναι καὶ ἡ περίπτωση θυσίας αἰχμαλώτων. Ἡ μοναδικὴ στὸν Ὅμηρο σφαγὴ τῶν δώδεκα Τρώων αἰχμαλώτων στὴν πυρὰ τῆς καύσης τοῦ Πατρόκλου ἦταν πράξη ἐκδίκησης καὶ καθὼς μάλιστα ἡ ψυχὴ τοῦ Πατρόκλου δὲν τὸ ζήτησε, ἀποτελεῖ μέρος τῆς ὕβρης τοῦ ἥρωα. Ἡ μόνη φορὰ πού στοὺς ἱστορικοὺς χρόνους γίνεται λόγος γιὰ ἀνθρωποθυσία τριῶν αἰχμαλώτων, εἶναι ἡ στιγμὴ πρὶν ἀπὸ τὴν ἔναρξιν τῆς ναυμαχίας τῆς Σαλαμίνας. Ὁ Πλούταρχος, *Θεμ.* 13.2-5 ἀναφέρει σχετικὰ: *Θεμιστοκλεῖ δὲ παρὰ τὴν ναυαρχίδα τριήρη σφαγιαζομένῳ τρεῖς προσήχθησαν αἰχμάλωτοι, κάλλιστοι μὲν ιδέσθαι τὴν ὄψιν, ἐσθῆτα δὲ καὶ χροσῶ κεκοσμημένοι διαπρεπῶς. ἐλέγοντο δὲ Σανδάκης παῖδες εἶναι τῆς βασιλέως ἀδελφῆς καὶ Ἄρταύκτου. τούτους ἰδὼν Εὐφραντίδης ὁ μάντις ὡς ἅμα μὲν ἀνέλαμψεν ἐκ τῶν ἱερῶν μέγα καὶ περιφανὲς πῦρ, ἅμα δὲ πταρμὸς ἐκ δεξιῶν ἐσήμηρε, τὸν Θεμιστοκλέα δεξιωσάμενος ἐκέλευσε τῶν νεανίσκων κατάρξασθαι καὶ καθιερωῶσαι πάντα ὠμηστῇ Διονύσῳ προσευξάμενον. οὔτω γὰρ ἅμα σωτηρίαν καὶ νίκην ἔσεσθαι ἐν μεγάλοις ἀγῶσι καὶ πράγμασι χαλεποῖς, μᾶλλον ἐκ τῶν παραλόγων ἢ τῶν εὐλόγων τὴν σωτηρίαν ἐλπίζοντες οἱ πολλοὶ τὸν θεὸν ἅμα κοινῇ κατεκαλοῦντο φωνῇ, καὶ τοὺς αἰχμαλώτους τῷ βωμῷ προσαγαρόντες ἠνάγκασαν ὡς ὁ μάντις ἐκέλευσε, τὴν θυσίαν συντελεσθῆναι. ταῦτα μὲν οὖν ἀνὴρ φιλόσοφος καὶ γραμμάτων οὐκ ἄπειρος ἱστορικῶν Φανίας ὁ Λέσβιος (*FHG* 2.295 = Wehrli, *Die Schule des Aristoteles* fr. 25) εἶρηκε.*

1. Εἶναι χαρακτηριστικὸ τὸ γεγονός ὅτι τὸ εἶδωλο τῆς Ἄρτεμις τῆς ἐν Ταύροις, πού ὅσο ἦταν στὴν Κολχίδα ἀπαιτοῦσε τὸ χύσιμο ἀνθρωπίνου αἵματος, ὅταν ἔφτασε στὴ Ραφήνα τῆς Ἀττικῆς στὴ θυσία τῆς γδερνόταν ἀπλῶς μὲ μαχαίρι ὁ λαίμωρος ἐνὸς ἀνθρώπου.

2. Βλ. *Entretiens* 27, 195 κ.έ.

Τὸ χωρίο αὐτὸ ἐκτὸς ἀπὸ τὸν Wehrli ἐξετάστηκε ἐπανειλημμένα¹, καὶ ἐξονυχιστικὰ σχετικὰ πρόσφατα στὸ μελέτημα τοῦ Α. Heinrichs, *Human sacrifice in Greek Religion, Entretiens*, 27. Ὅπως πολὺ ὀρθὰ ὑποδείχτηκε, οἱ δύο συγγραφεῖς ποὺ ἀσχολήθηκαν ἄμεσα μὲ τὰ «περσικά», συγκεκριμένα ὁ Αἰσχύλος (*Πέρσ.* 441-64) καὶ ὁ Ἡρόδοτος 8.95, δὲν ἀναφέρουν τίποτε σχετικό. Εἶναι ἐξάλλου γνωστὸ ὅτι οἱ Πέρσες ποὺ ἀναφέρονται παραπάνω αἰχμαλωτίστηκαν ἀπὸ τὸν Ἀριστείδη στὴν Ψυττάλεια (Πλουτ., Ἀριστ. 9.2), δηλ. μετὰ τὴν κύρια μάχη καὶ δὲν ὑπῆρχαν Πέρσες ἐπιζῶντες. Κι ἀκόμα ἡ λατρεία τοῦ Διονύσου Ὁμηστῆ δὲν ἦταν γνωστὴ στὴν Ἀθήνα, ἀλλὰ ἐπιχωρίαζε στὴν ἰδιαίτερη πατρίδα τοῦ Φαινία, τὴ Λέσβο. Δὲν ἀμφιβάλλω ὅτι πρόκειται γιὰ ἓνα φανταχτερὸ χωρίο περιπατητικῆς ἱστοριογραφίας ποὺ σκόπευε στὴ δραματοποίηση τῆς διήγησης — ὁ Kirk ὑποθέτει ὅτι ὁ Φαινίας μπορεῖ νὰ εἶχε στὸ νοῦ του τὸ παράδειγμα τοῦ Ἀχιλλέα στὴν Ἰλιάδα — καὶ δὲν ἀνταποκρίνεται στὰ πράγματα. Μάλιστα ἓνα παρόμοιας ἐμπνευσης χωρίο ἀπαντᾷ στὸν Διόδωρο 11.57, ὅπου δίνεται συνέχεια στὴν ἱστορία αὐτὴ μὲ τὴν εἰσαγωγή τοῦ Θεμιστοκλῆ σὲ δίκη ὅταν αὐτὸς κατέφυγε στὸ μεγάλο βασιλεῖα καὶ ὁ Ξέρξης ἀναγκάστηκε ὕστερα ἀπὸ ἐπανειλημμένες πιέσεις τῆς ἀδελφῆς του Μανδάνης — ἔτσι ὀνομάζεται τώρα ἡ μητέρα τῶν παιδιῶν — ἡ ὁποία ὅπως λέει ὁ Διόδωρος χαλεπῶς ἔφερε τὴν ἀναίρεσιν τῶν τέκνων, ἀλλὰ δὲν ἀναφέρεται ἂν θυσιάστηκαν ἢ ἀπλῶς χάθηκαν στὴ ναυμαχία. Καὶ ὁ Heinrichs (σ. 223) καταλήγει: καθὼς οἱ Ἀθηναῖοι πρὶν ἀπὸ τὴ ναυμαχία τῆς Σαλαμίνας δὲν εἶχαν συλλάβει Πέρσες αἰχμαλώτους καὶ δὲν γνῶριζαν τὸν Διόνυσο Ὁμηστῆ γιὰ νὰ θυσιάσουν σ' αὐτόν, φαίνεται καλύτερο νὰ συμπεράνουμε ὅτι ἡ ὑποτιθέμενη θυσία δὲν συνέβη παρὰ μόνο στὴ φαντασία τοῦ Φαινία.

Ἔτσι ἔχουν τὰ πράγματα σχετικὰ μὲ τὴν ἀνθρωποθυσία, ἀλλὰ ἡ ἐρευνήτρια τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν σὲ ἓνα ἀπὸ τὰ λίγα χωρία, ποὺ δὲν ἔχει ἀκόμη ἐπισημανθεῖ ἢ προέλευσὴ του, διατύπωσε ὅπως ἀναφέρθηκε παραπάνω διαφορετικῆ-αίρετικῆ μάλιστα — ἄποψη. Τὸ περίεργο στὴν ὑπόθεση αὐτὴ εἶναι τὸ γεγονός ὅτι στὸ κείμενο τοῦ Δημοσθένη καὶ πιὸ συγκεκριμένα στὸ νόμο ὅπου γίνεται ἀναφορὰ στὰ Θαργῆλια, αὐτὰ συνδέονται ἀποκλειστικὰ μὲ τὴν πομπή καὶ τὸν διθυραμβικὸ ἀγῶνα ποὺ διοργάνωναν οἱ δέκα φυλές. Γι' αὐτὸ ὅμως ἡ συγγρ. δὲν λέει τίποτα ἀπολύτως ἀλλὰ ἀναφέρεται στὴν ἄσχετη τελετουργία τοῦ φαρμακοῦ. Ὅταν τῆς ὑποδείχτηκε τὸ σφάλμα, ἀπὸ τὴ μιὰ ἀπάντησε ὅτι πουθενὰ δὲν ὑποστήριξε ὅτι γινόνταν θυσία ἀνθρώπων θυμάτων στὰ Θαργῆλια τοῦ 4ου π.Χ. αἰώνα...καὶ ἀπὸ τὴν ἄλλη «Εἰς δόξαν

1. Βλ. μετὰξὺ ἄλλων Β. Perrin, *Plutarch's Themistocles and Aristides*, Νέα Ὑόρκη 1903, 209-10· L. Bodin, *REG* 31, 1917, 117-57· Flacelière, *Plut. Them.* 13.3 (σ. 118).

τῆς φιλαληθείας του [=τοῦ ἐπικριτῆ τῆς], ὅσα ἔγραψα ἐπιβεβαιώνονται ἀπὸ πηγῆς (Ἰππώνακτα, Τζέτζη, ἀρχαῖα Σχόλια) καὶ ἀναφέρονται ἀπὸ διαπρεπεῖς φιλόλογους (Frazer, Masson, Parke κ.ἄ.) ὅπωςδῆποτε εἰδικότερους καὶ προσεκτικότερους στὶς κρίσεις τους ἀπὸ τὸν κ. [δεῖνα]». Ἡ ἀντίφαση στὴν ἀπάντησή της εἶναι προφανής, ἀφοῦ μάλιστα στὴ β' ἐκδοσὴ τοῦ βιβλίου της ἀναγκάζεται νὰ προσθέσει: «Ἀργότερα, ἀντὶ γιὰ θυσία, φαίνεται ὅτι γινόταν μόνον ἕξωσὴ τῶν θυμάτων ἀπὸ τὴν Ἀττικὴν» (σ. 13). Ἀπὸ τὴ μιὰ δηλ. διαμαρτύρεται ἀρνούμενη ὅτι ἔγραψε γιὰ ἀνθρωποθυσία, ἀπὸ τὴν ἄλλη ὅμως ἐπικαλεῖται τὴ μαρτυρία πηγῶν ποὺ πιστεύει ὅτι ἐπιβεβαιώνουν τὴν ἄποψή τῆς ἀνθρωποθυσίας («ὅσα ἔγραψα») καὶ ἀναφέρεται στὸν Ἰππώνακτα, τὰ ἀρχαῖα σχόλια, τὸν Τζέτζη, ἀκριβῶς ἐκεῖνες τὶς πηγῆς οἱ ὁποῖες μιλοῦν γιὰ θανάτωσὴ τοῦ φαρμακοῦ. Γιὰ τὴν ἄποψη Parke ἀναφέρθηκα παραπάνω, ἐνῶ ὁ Masson τὸν ὁποῖο ἐπικαλεῖται ἐπίσης γιὰ νὰ συγκαλύψει τὸ σφάλμα της μιᾶ (REG 62, 1949, 311 κ.ἑ.) γιὰ φαρμακὸ ἰωνικῆς πόλης καὶ δὲν ἀναφέρεται πούθεν ἀπὸ τὴν Ἀθήνα, ὅπου ἐπιπόλαια μεταφέρονται ἀπὸ τὴ συγγρ. τὰ γραφόμενά του. Πρβλ. σ. 316, σημ. 1: «Ἀντιπαρέρχομαι τὸ πολὺ ἀμφισβητούμενο ζήτημα τῆς θανάτωσῆς τοῦ φαρμακοῦ στὴν Ἀθήνα».

Ἡ δευτέρη παρατήρησὴ ποὺ ἔχω νὰ κάνω εἶναι αὐτὴ ποὺ ἔγινε στὴν εἰσήγησή μου γιὰ τὸ συγκεκριμένο ἔργο της. Διατύπωσα ἐκεῖ τὴ γενικὴ ἐκτίμησὴ ὅτι ἡ συγγρ. βασίστηκε σχεδὸν ἐξολοκλήρου σὲ πεπαλαιωμένες ἐκδόσεις καὶ ὅτι ἀγνοοῦσε τὰ πορίσματα τῆς φιλογικῆς ἐπιστήμης τῶν τελευταίων 70-80 ἐτῶν. Ἔτσι, ἀφοῦ ἀχρηστεύτηκαν οἱ Parke καὶ Masson, ἡ συγγρ. μένει συντροφιά μὲ τὸν J. G. Frazer τοῦ ἔργου *The Golden Bough*, τόμ. 6 *The Scape-goat*, Λονδῖνο 21913, ποὺ ἀντιπροσωπεύει ἀπόψεις στηριγμένες στὸν Rhode, δηλ. πρὶν ἀπὸ τὸ τέλος τοῦ περασμένου αἰῶνα [1890], οἱ ὁποῖες διατηρήθηκαν καὶ στὶς ἐπόμενες ἐκδόσεις τοῦ ἔργου τοῦ Frazer, τόμ. 9, 252-74. Ἀλλὰ ὁ Frazer, πέραν τοῦ ὅτι ἔγραφε τὸν περασμένο αἰῶνα, ἀνῆκε στὴ Σχολὴ τοῦ Καϊμπριτζ ποὺ εἶχε ἀκραῖες καὶ γιὰ τὴν ἐποχὴ τῆς ἀκόμῃ θέσεις κι ἔτσι ὁ ἴδιος ὅπως καὶ μερικοὶ ἄλλοι πίστεψαν ὅτι οἱ φαρμακοὶ θανατώνονταν, πρβλ. π.χ. M. Nilsson, *Griechische Feste*, Λειψία 1906, 105 κ.ἑ., ὁ ὁποῖος ὅμως ἀργότερα στὸ μεγάλο του ἔργο *Ἱστορία τῆς Ἑλληνικῆς Θεοσεκείας* (GgrR 21967, 107-10) ἐκφράζει ἀμφιβολία γιὰ τὴ θανάτωσὴ τοῦ φαρμακοῦ ἀκόμῃ καὶ στὶς ἰωνικὲς πόλεις¹.

1. Βλ. σχετικὰ καὶ P. Bonnechere, *Le sacrifice humain en Grèce ancienne*, Ἀθήνα|Λιέγη 1994, 303 σημ. 109· J. P. Vernant, *Antiquité et renversement sur la structure énigmatique d'Oedipe Roi*, στὸν τόμο J. - P. Vernant - P. Vidal - Naquet, *Mythe et tragédie en Grèce ancienne*, Παρίσι 1972, 123.

Ἐπιπλέον τὰ πράγματα ἔλλαξαν χωρὶς νὰ τὸ ἀντιληφθεῖ ἡ συγγρ. ὅταν ὁ V. Gebhard, *Die Pharmakoi in Ionien und die Sybakchoi in Athen*, Diss. Μόναχο 1926 καὶ ὁ Gilbert Murray, *The Rise of the Greek Epic*, Ὁξφόρδη 1924, 12 κ.έ. καὶ ἰδ. Appendix A, σ. 317-21 κοσκίνισαν τὶς σχετικὲς πηγές καὶ βρῆκαν ἀναξιόπιστες τὶς μεταγενέστερες (δηλ. τὰ ἀρχαῖα σχόλια, τοὺς λεξιμογράφους, τὸν Τζέτζη), αὐτὲς στὶς ὁποῖες ἀναφέρεται, ἀνυποψίαστη γιὰ τὴν ἀποδεικτικὴ ἀξία τους, ἡ συγγρ. Γιὰ τὸ θέμα ὑπάρχει μεγάλη βιβλιογραφία, τὴν ὁποία ἀγνοεῖ παντελῶς ἐπειδὴ ἀδιαφορεῖ γιὰ τὴ βιβλιογραφικὴ τῆς ἐνημέρωσης. Στὰ γενικὰ ἔργα ἐκτὸς ἀπὸ τὸν Parke, ὁ ὁποῖος ὅπως ἀναφέρθηκε παρερμηνεύθηκε ἀπὸ ἀσύγνωστη ἀπροσεξία, ὑπάρχουν ὁ L. Deubner, *Attische Feste*, Βερολίνο 1932, ὁ ὁποῖος δὲν δέχεται θανάτωση φαρμακοῦ στὴν Ἀθήνα καὶ τὸ νεότερο ἔργο τῆς Erica Simon, *Festival of Attica*, Madison 1983, 76-79, ὅπου ἐπίσης δὲν γίνεται λόγος γιὰ θανάτωση φαρμακοῦ. Ἡ μεγαλύτερη τέλος σύγχρονη αὐθεντία σὲ ζητήματα ἐλληνικῆς θρησκείας, ὁ Walter Burkert, πουθενὰ στὰ ἔργα του δὲν ἀσπάζεται τὴν ἀποψη θανάτωσης τοῦ φαρμακοῦ. Στὸ μεταφρασμένο καὶ στὰ ἐλληνικὰ ἔργο του *Ἑλληνικὴ Μυθολογία καὶ Τελετουργία. Δομὴ καὶ Ἱστορία*, Ἀθήνα, 1993, 103-29 καὶ 265-76, ἀπὸ τὸ ὁποῖο καὶ δανείστηκα ὅλα τὰ σχετικὰ μὲ τὴν ἱστορία τοῦ θεσμοῦ, ἐξετάζει τὰ δρώμενα πού σχετίζονται μὲ τοὺς φαρμακοὺς, δὲν ἀναφέρεται ὅμως σὲ θανάτωση τους, ἀφοῦ, ὅπως ἀναφέρθηκε παραπάνω, ὁ ἀποδιοπομπαῖος τράγος, ἄνθρωπος ἢ ζῶο, ἔπρεπε νὰ παραμείνει ζωντανὸς καὶ νὰ διαβεῖ τὰ σύνορα τῆς κοινότητος μεταφέροντας ἄλλοῦ τὰ μηνύματα ἢ τὰ ἁμαρτήματα τῆς κοινότητος¹. Στὸ ὠραῖο ἄρθρο τοῦ Jan Bremmer, «Scapegoat Rituals in Ancient Greece *HSCP*» 87, 1983, 299-320, ἰδ. 313-20, σημειώνεται (σ. 317): «Ὅσάκις ἔχουμε καλὴ εἰκόνα τῶν ἱστορικῶν συμβάντων στὰ Ἀβδηρα, τὴν Ἀθήνα, τὴ Λευκάδα καὶ τὴ Μασσαλία, φαίνεται βέβαιο ὅτι ὁ ἀποδιοπομπαῖος τράγος δὲν θανατωνόταν ἀλλὰ ἐκδιωκόταν». Συζητεῖ τὶς πληροφορίες ἀπὸ τὸν Ἰππώνακτα καὶ καταλήγει: «Τὸ συμπέρασμά μας πρέπει νὰ εἶναι ὅτι ὁ φαρμακὸς παρέμενε ζωντανός. Ἐπομένως οἱ Ἕλληνες ἐκδίωκαν ἕνα ζωντανὸ ἀποδιοπομπαῖο τράγο ὅπως ἔκαναν π.χ. οἱ Χιττῆτες». Αὐτὸ ἄλλωστε δηλώνεται καὶ ἀπὸ τὸ ρῆμα πού χρησιμοποιεῖται στὶς πηγές: *ἐξάγειν*, *ἀποπέμπειν* (τὸν φαρμακὸν) *στὸν πεζὸ λόγον καὶ ἀγινεῖν* (=ἄγειν), Καλλίμ. 90 Pf., *emissere* στὰ λατινικά.

1. Βλ. καὶ J. E. Harrison, *Prolegomena to the study of Greek Religion*, Καϊμπριτζ 1903, 104 «as the gist of the ceremony is magical riddance, it is essential that the scapegoat, whatever form he takes, should never return».

Ἔτσι σήμερα ὅλοι ἀσπάζονται τὴν ἀποψη ὅτι οἱ μεταγενέστερες ἑλληνικὲς πηγὲς δὲν ἀποδίδουν πιστὰ τὴν τελετουργικὴ ἀπέλαση τοῦ φαρμακοῦ. Ὁ «λιθοβολισμὸς» ποὺ ἀναφέρεται κάποτε — γιὰ τὴν Ἀθήνα δὲν ἀναφέρεται πούθενά — δὲν ἀποσκοποῦσε βέβαια στὸ φόνο τοῦ φαρμακοῦ, γιατί ἀπλούστατα, ἂν ὁ φαρμακὸς θανατωνόταν, τότε οἱ διάφορες πηγὲς μόλυνσης, τὰ «ἄγη», θὰ παρέμεναν ἐνεργὰ στὴ χώρα καὶ θὰ συνέχιζαν νὰ τὴν μολύνουν καὶ νὰ τὴν τρομοκρατοῦν. Γι' αὐτὸ καὶ στὸ Θιβέτ ὁ φαρμακὸς λιθοβολεῖται ἀπὸ τὸ λαὸ ἀλλὰ λαμβάνεται ἰδιαίτερη φροντίδα νὰ μὴν πληγωθεῖ σοβαρὰ γιὰ νὰ μὴν ἐμποδιστεῖ νὰ διαβεῖ τὰ σύνορα τῆς χώρας. Καὶ ὁ Robert Parker, *Miasma: Pollution and Purification in Early Greek Religion*, Ὁξφόρδη 1983, 258 καταλήγει: «Οἱ καλύτερες μαρτυρίες τώρα δείχνουν ὅτι ὁ ἀποδιοπομπαῖος τράγος δὲν θανατωνόταν». Ἐντελῶς πρόσφατες μελέτες διαψεύδουν ἐπίσης τὴν ἐρευνήτρια τῆς Ἀκαδημίας. Ἔτσι ὁ D. D. Hughes, *Human Sacrifice in Ancient Greece*, Λονδῖνο / Νέα Ὑόρκη 1991, 154-55, συνοψίζει: «Ἔτσι ἡ περίπτωση ὅτι οἱ ἀθηναῖοι φαρμακοὶ φονεύονταν βασίζεται σὲ σύντομες δηλώσεις στὰ ἀριστοφανικὰ σχόλια (ἀκολουθούμενα ἀπὸ τὴ Σούδα) καὶ στὸν Ἡρωδιανό, ἂν ὁ τελευταῖος ἀναφέρεται πράγματι στὴν Ἀθήνα. Σὲ ἀντίθεση μὲ τὴν τελετὴ αὐτὴ βρίσκεται ἡ παράδοση ποὺ (ἀντιπροσωπεύεται ἀπὸ τὸν Ἀρποκρατίωνα καὶ τὸν Ἑλλάδιο, οἱ ὁποῖοι στὴ λεπτομερέστερη ἔκθεσή τους καὶ φαινομενικὰ πιὸ ἐνήμερη (τις μόνες ἀφηγήσεις ποὺ ἀναφέρονται εἰδικὰ στὴν Ἀθήνα) δὲν λένε τίποτα γιὰ τὸ θάνατο τῶν δύο φαρμακῶν». Τέλος ὁ Paul Bonnechere, *La sacrifice humain en Grèce ancienne*, Ἀθήνα / Λιέγη 1994, 302-3, καταλήγει, ὕστερα ἀπὸ ἐξέταση καὶ τῶν ἐντελῶς πρόσφατων διαθέσιμων στοιχείων, στὴν ἀπόρριψη χωρὶς κανένα δισταγμὸ τῆς ἄσκησης ἀνθρωποθυσίας στὴν ἀρχαϊκὴ ἢ κλασικὴ ἐποχὴ, συμπεριλαμβανομένης καὶ τῆς Ἰωνίας: «ἡ θανάτωσή τους [ἐννοεῖ τῶν φαρμακῶν] ποὺ μαρτυρεῖται ἀπὸ μερικὲς μεταγενέστερες πηγές, εἶναι πολὺ λίγο ἀληθοφανές, τουλάχιστο γιὰ τὶς τελετὲς τῆς κλασικῆς καὶ ἀρχαϊκῆς ἐποχῆς συμπεριλαμβανομένων καὶ ἐκείνων τῆς Ἰωνίας».

Τὰ παραπάνω πιστεύω ὅτι δὲν ἀφήνουν καμιὰ ἀμφιβολία γιὰ τὴν ἀλήθεια πάνω στὸ ζήτημα αὐτό. Ἀναγκάστηκα νὰ ἀναφερθῶ σὲ σύγχρονη βιβλιογραφία γιὰ νὰ ξεκαθαρίσει ἐπὶ τέλους ἓνα τόσο βασικὸ θέμα τῆς θρησκείας τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων καὶ νὰ γίνῃ κοινὴ συνείδηση ἡ πραγματικότητά γύρω ἀπὸ ἓνα τόσο λεπτὸ ζήτημα. Ἄλλωστε γιὰ τὸν Ἰππώνακτα θὰ ἔπρεπε ἡ συγγρ. νὰ γνωρίζει ὅτι ὁ νέος μελετητῆς καὶ ὁ ἐκδότης του Enzo Degani, πῆρε συνετὰ τὶς ἀποστάσεις του ἀπὸ τὶς ἀβασάνιστες ἀπόψεις ποὺ ἐκφράστηκαν παλαιότερα. Ἄν ἡ ἐρευνήτρια ἔκανε τὸν κόπο νὰ διαβάσει τὸ σχετικὸ κείμενο τοῦ Ἰππώνακτα, θὰ ἔβλεπε ὅτι αὐτὸ δὲν περιγράφει τὴν τελετὴ γιὰ τὸν φαρμακὸ, ἀλλὰ κάνει ἀπλῶς μερικοὺς ὑπαινιγμοὺς σ' αὐτὴν

για σκοπούς παρωδίας, ίσως τοῦ Βούπαλου. Ἔτσι βρισκόμαστε μπροστά σὲ μιὰ περίπτωση φιλολόγου πού ἐπικαλεῖται τὸν ἀπαρχαιωμένο Frazer χωρὶς δυστυχῶς νὰ ἀντιλαμβάνεται ὅτι ὁ κόσμος γύρω μας σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὴ γνώση γιὰ τὸ συγκεκριμένο θέμα εἶναι πολὺ διαφορετικὸς ἀπὸ τὸν κόσμο τοῦ ἀνθρωπολόγου Frazer, τοῦ ἐπιστήμονα πού ἔδειχνε «ζωηρὸ καὶ ἀρρωστημένο ἐνδιαφέρον γιὰ κάθε τι παράξενο καὶ σκληρό», Bremmer, ὁ.π., 300. Ἐνας ἄλλος μελετητῆς (*Entretiens*, 27, 136) λέει χαρακτηριστικὰ γιὰ τὶς ἀπόψεις τῶν Frazer, Mannhardt καὶ ἀκόμη τοῦ Mauss ὅτι «ἔχουν παραπεμφθεῖ στὴν αὐτοκρατορικὴ πινακοθήκη τῆς Madame Tus-saud». Ὁ ἴδιος ὁ Frazer, ἂν ζοῦσε σήμερα, θὰ ἄλλαζε ἄποψη σύμφωνα μὲ τὰ νέα δεδομένα. Ἴδου τί ἔγραφε τὸ 1913: «Τώρα, ὅπως πάντοτε, θεωρῶ τὶς θεωρίες μου πολὺ ἔλαφρες» καὶ εἶμαι πάντοτε πρόθυμος νὰ τὶς τροποποιήσω ἢ νὰ τὶς ἐγκαταλείψω» (*Aftermath*, σ. V).

Ἡ βαθύτερη σημασία τῆς σύντομης αὐτῆς ἐξέτασης τῆς τελετουργίας τοῦ ἀποδιοπομπαίου τράγου μπορεῖ νὰ φανεῖ καλύτερα ἀπὸ τὰ λόγια τοῦ Bonnechere ὁ.π., 313: «Ἄν οἱ Ἕλληνες δὲν ἀμφισβητοῦσαν ποτὲ τὴν ὑπαρξὴ παλαιῶν ἀνθρωποθυσιῶν, κατέστησαν ὡστόσο τὴν κατάργησή τους, στὴν Ἑλλάδα ἢ στὶς ξένες χῶρες πού ἐπισκέφθηκε ὁ ἐκπολιτιστῆς [ἤρωσ-θεὸς] Ἡρακλῆς, ὡς τὸ [διακριτικὸ] σημεῖο τῆς ἐλληνικῆς ἰδιοφυΐας». Αὐτὴν λοιπὸν τὴ θρησκευτικὴ ἰδιοφυΐα τῶν Ἑλλήνων τὴν ἀμφισβητεῖ, χωρὶς μάλιστα ἐπιχειρήματα, μιὰ ἐρευνήτρια τῆς Ἀκαδημίας σὲ βιβλίο πού κυκλοφορεῖ μὲ τὸ ὄνομά της γιὰ δώδεκα ὀλόκληρα χρόνια. Ὅμως παράδοξως ὀργιζόμαστε γιὰ τὶς ἀπόψεις τῶν γνωστῶν («ἀφροκεντριστῶν») πού ἰσχυρίζονται ὅτι τὰ περισσότερα ἐπιτεύγματα τοῦ ἀρχαίου ἐλληνικοῦ πολιτισμοῦ εἶναι δημιουργήματα τῆς Μαύρης Ἡπείρου ἢ, χειρότερα ἀκόμη, θιγόμενα ἀπὸ τὶς γνώμες πού διατυπώνουν καὶ ἀδαεῖς ξένοι στὸν εὐρωπαϊκὸ ἢ ἀμερικανικὸ τύπο, ὅσάκις δὲν συμφωνοῦν μὲ αὐτὸ πού θὰ ἀναμέναμε. Γιατί ὅμως, διερωτῶμαι, τόση ἀπόσταση ἀνάμεσα στὰ λόγια καὶ τὰ ἔργα μας;

S U M M A R Y

From the magic Ritual of the scape-goat.

After a few introductory words on the purification and relevant ritual a historical retrospection is made as regards the institution of scape-goat which occurs in antiquity not only among indo-europeans (Hittites, Indians, Greeks, Romans) but also e.g. among Hebrews and Phoenicians. The institution of

φαρμακός is then examined as it was practised among the Greeks with special concentration on the two Athenian *συβάκχοι*, who on the 6th day of Thargelion were annually expelled from the state. From a detailed investigation of available sources and in accordance with the opinion of the latest researchers conclusion is reached that the *φαρμακός* was not killed in the Greek world. Besides the fact that the Greeks held the sacrifice of men in abhorrence and the use of verbs indicative of expulsion (*ἐξάγειν, ἀποπέμπειν, ἀγινεῖν, emissere*) there is a very strong reason which excludes the killing of *φαρμακός*, namely that in case the *φαρμακός* were killed within the boundaries of the state then the *μηνίματα* and *ἄγη* would remain alive and would continue to terrorize the country.



Μετά τὸ πέρασ τῆς Ἀνακοινώσεως ἔλαβαν τὸ λόγο οἱ ἐξῆς Ἀκαδημαϊκοί:

Ὁ κ. **Μιχαὴλ Σακελλαρίου** λέγει ὅτι μελέτησε τὸ θέμα πρὸ 40 ἐτῶν καὶ ὅτι κατέληξε στὸ ἴδιο συμπέρασμα, ὅτι δηλ. ὁ *φαρμακός* δὲν θανατωνόταν. Σχετικὰ μὲ τὸ κείμενο τοῦ Πολύαινου παρατηρεῖ ὅτι ἀναφέρονται στὶς πηγὰς Κρητὲς καὶ ὅτι τὸ κείμενο ἔχει καλῶς. Τέλος, βρίσκει πειστικὸ τὸ ἐπιχείρημα τοῦ κ. Ν. Κονομῆ ὅτι ὁ *φαρμακός* δὲν θανατωνόταν διότι διαφορετικὰ, ἂν δὲν μποροῦσε ὁ *φαρμακός* νὰ διαβεῖ τὰ σύνορα, τότε τὰ *μηνίματα* καὶ τὰ *ἄγη* θὰ παρέμεναν στὴ χώρα.

Ὁ Σεβασμιώτατος Μητροπολίτης Περγάμου **Ἰωάννης Ζηζιούλας** ἐπιβεβαιώνει ὅτι ἀνέφερε ὁ κ. Κονομῆς γιὰ τὸν Ἰησοῦ Χριστὸ ὡς παράδειγμα ἀποδιοπομπαίου τράγου.

Ὁ κ. **Κωνσταντῖνος Δεσποτόπουλος** λέγει ὅτι ὁ Κόδρος ἦτο ἐξέχουσα μορφή τῆς Ἀθηναϊκῆς ἱστορίας καὶ ὅτι χαίρει διότι ἓνα αἶσθημα ἀμηχανίας πρὸ δοκίμασε νέος ὅτι ἓνας τόσο ἐξέχων πολιτικὸς ἀνὴρ, ὅπως ὁ Θεμιστοκλῆς, βαρυνόταν μὲ μιὰ τέτοια ἀνθρωποθυσία, τώρα ἀπὸ ὅσα ἐξήγησε ὁ κ. Κονομῆς πρόκειται γιὰ μιὰ φανταστικὴ ἱστορία ἐνὸς ἱστοριογράφου γιὰ νὰ διανθίσει τὴν ἀφήγησή του.

Ὁ κ. **Νικόλαος Κονομῆς**, προκειμένου περὶ τοῦ Κόδρου, ἐξηγεῖ ὅτι σύμφωνα μὲ τοὺς ἀνθρωπολόγους οἱ καταστάσεις ἀντιστρέφονται. Ἔτσι τὴ θέση τοῦ ταπεινοῦ *φαρμακοῦ* ἔλαβε ἐθελοντικὰ ὁ ἴδιος ὁ βασιλιάς προκειμένου νὰ σώσει τὴν πατρίδα του.

Ὁ κ. **Εὐάγγελος Μουτσόπουλος** λέγει τὰ ἀκόλουθα:

«Ὀλίγα περὶ τῆς ἀρχῆς τῆς μεθέξεως στὶς πρωτόγονες ἐλληνικὲς κοινωνίες».

Ἀκούστηκαν ἤδη ἀρκετὲς ἀπόψεις, ὥστε νὰ μοῦ ἀπομένει ν' ἀναφερθῶ στὰ διδάγματα τῆς ἐθνολογίας. Ἀνεξαρτήτως αὐτῶν, δὲν εἶναι νοητὸν νὰ ἐπιθυμεῖ κανεὶς

νά ἐρμηνεύσει δομικές συμπεριφορές ἀρχέγονων κοινωνιῶν πού δὲν εἴταν δυνατὸν νά διαφέρουν ἀπὸ τὶς γενικώτερα χαρακτηριζόμενες ὡς ἀρχαϊκές. Εἶναι ἀναντίρρητο πλεόν ὅτι ἡ ἀρχαϊκὴ λεγόμενη νοοτροπία διέπεται ἀπὸ τὶς ἴδιες μὲ τὴν μεταρριστοτελικὴν νοοτροπία λογικὲς ἀρχές: τῆς ταυτότητας καὶ τῆς αἰτιότητας λ.χ., οἱ ὁποῖες ὅμως, στὸ ἐπίπεδό της, λειτουργοῦν ἐντελῶς διαφορετικὰ, ἂν ὄχι κι ἀντίθετα, ἐξ αἰτίας τῆς καθολικώτατης ἀρχῆς τῆς μεθέξεως, πού στὸ ἴδιο ἐπίπεδο διέπει, ἀτομικῶς καὶ συλλογικῶς, τὶς συνειδήσεις. Ἡ ἀρχὴ τῆς μεθέξεως, πιὸ συγκεκριμένα, προϋποθέτει τὴν δυνατότητα συνδέσεως τοῦ φυσικοῦ πρὸς τὸ ὑπερφυσικό, καὶ ἰδιαίτερα τὴν δυνατότητα ἰδιοποιήσεως, ἀπὸ τὸν ἄνθρωπο, ὑπερφυσικῶν δυνάμεων, κρυπτόμενων στὴν φύση, ἀλλὰ καὶ μεταβιβάσεώς των σ' ἄλλα ὄντα ἀπ' εὐθείας ἢ μέσω ἱερῶν ὀργάνων, καὶ συνήθως ἱερῶν ὄπλων, πρὸς ἐπίτευξιν καθωρισμένου σκοποῦ, ἀμυντικοῦ ἢ κ' ἐπιθετικοῦ.

Ἄπ' αὐτὴν τὴν πρακτικὴν ἀνεπτυχθῆσαν ὄχι μόνον οἱ παντοῖες μαγικοθηρσκευτικὲς τεχνικὲς, ἀλλὰ κι ὅλες οἱ τέχνες. Στὸ θ' Βιβλίον τῶν Νόμων ὁ Πλάτων ἐπανειλημμένως τονίζει πὼς οἱ ὠδὲς εἶναι στὴν πραγματικότητα ἐπωδὲς, δηλαδὴ ζόρια, ὄργανα μαγικοθηρσκευτικῆς συμπεριφορᾶς. Τὸ ἀναφερόμενον ἀπὸ τὸν Ἡρόδοτον συμβάν τῆς ἐξολοθρευσεως ὀλοκλήρου στρατιωτικῆς κοινωνίας ἐκ μόνης τῆς γεύσεως τοῦ σώματος ταύρου προσβληθέντος ἀπὸ τὸν ἰὸν τῆς «μωρίας», πού μετεδόθη στὴν στρατιάν διὰ σωματικῆς μεθέξεώς της, θὰ εἶχεν ἴσως καταλήξει, ἂν ὁ ταῦρος δὲν εἶχε μολυνθεῖ, στὴν τυχὸν ἀνάδειξιν τοῦ τελευταίου ὡς σωτήρος καὶ περαιτέρω, ὡς ἱεροῦ διὰ τὴν κοινωνίαν αὐτῆς ζώου — προστάτου — ἐμπροσώπου (τοτέμ).

Ἐξ ἄλλου, χρειάζεται πολλὴ προσοχὴ προκειμένου ν' ἀποφεύγονται ἐνδεχόμενοι ἀναχρονισμοί. Δὲν εἶναι δυνατόν, ἐπειδὴ σὲ κάποιαν περίοδο τοῦ ἐθνικοῦ των βίου, οἱ Ἕλληνας ἀνέπτυξαν τὸν λόγον καὶ μάλιστα κατὰ τρόπον θαυμαστὸν καὶ μοναδικόν, ν' ἀποκλείωμε τὴν ὑπαρξὴ προηγούμενων σταδίων κατὰ τὰ ὁποῖα τὸ ἐξώλογον, ὡς λογικὴ συμπεριφορὰ, ἀποτελοῦσε τὸν κανόνα. Θὰ ἔπρεπε δηλαδὴ ν' ἀποκλείσωμεν ἐν προκειμένῳ πὼς τ' ἀνάπηρα παιδιὰ στὴν Σπάρτη ἐρρίπτοντο στὸν Καιάδα ὡς ὀχήματα τοῦ κακοῦ, ὅπως κ' οἱ δύο ἐκεῖνοι ἀσχημάνθρωποι, τοὺς ὁποίους ὁ κ. συνάδελφος ἀνέφερε, ἐθανατοῦντο γιὰ τὸν ἴδιο λόγο. Δὲν πρέπει, ἄλλωστε, νὰ παραβλέπεται πὼς ἡ ἔννοια τῆς καλοκαγαθίας ἔχει βαθύτατες ρίζες στὸ συλλογικὸ ἀσυνείδητο. Τὸ νὰ καταδικάζωμε θεσμούς, ἐπειδὴ δῆθεν δὲν διανοούμεθα πὼς θὰ εἴταν ἀνεκτὸν (φυσικὰ ἀπὸ ἡμᾶς τοὺς μεταγενέστερους) οἱ Ἕλληνας νὰ συμπεριφέρονται σ' ἐποχὴν λίαν παρωχημένην, ὅπως κάθε ἄλλος λαός, ἰσοδυναμεῖ πρὸς ὅ,τι τινές, κατὰ τὸ πρόσφατον ἀκόμη παρελθόν, διετείνοντο, ὅτι δῆθεν στὶς σοσιαλιστικὲς κοινωνίες δὲν ὑφίστανται σκάνδαλα... Καταλήγων, ἐπανέρχομαι στὴν ἐπισήμανση τοῦ κινδύνου διαπράξεως ἀναχρονισμῶν καὶ τῆς ἀνάγκης ἀποφυγῆς των.

Ὁ κ. Γεώργιος Μητσόπουλος λέγει: Οἱ ἀσχολούμενοι μὲ τὴν ἱστορίαν τοῦ ρωμαϊκοῦ δικαίου τονίζουν τὴν μεγάλην σημασίαν τὴν ὁποίαν ἀπέκτησε τὸ νομικὸν πλάσμα (*fictio iuris*) ὡς πρὸς τὴν ἐξέλιξιν τοῦ ρωμαϊκοῦ δικαίου.

Ἐπὶ κλοπῆς λ.χ. ἡ βλάβης πραγμάτων ἠϋθύνετο μόνον ὁ ρωμαῖος πολίτης ὄχι ὅμως καὶ ὁ *peregrinus*. Διὰ τὴν ἐπεκταθῆ ὅμως καὶ ὡς πρὸς αὐτὸν ἡ εὐθύνη, ἐφευρέθη τὸ πλάσμα, ὅτι θεωρεῖται ὁ *peregrinus* ὡς ἐὰν ἦτο ρωμαῖος ὅταν διέπραξε κλοπὴν ἢ ἐπροξένησε βλάβην.

Ἐπίσης ἡ αἰχμαλωσία τοῦ ρωμαίου πολίτου καθίστα τὴν νομικὴν θέσιν αὐτοῦ ὁμοίαν πρὸς τὴν τοῦ δούλου καὶ ὡς ἐκ τούτου ἡ συνταχθεῖσα ὑπ' αὐτοῦ πρὸ τῆς αἰχμαλωσίας διαθήκη ἦτο ἄκυρος, ἐὰν ἀπέθνησκεν οὗτος ἐν αἰχμαλωσίᾳ. Διὰ τὴν ἀποφευχθῆ ὅμως ἡ τοιαύτη ἔννομος συνέπεια ἐφευρέθη τὸ πλάσμα, καὶ ἐθεωρήθη, ὡς ἐὰν ἀπέθανεν οὗτος κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς αἰχμαλωσίας, ἦτοι καθ' ὃν χρόνον ἦτο ἀκόμη ἐλεύθερος, ἐπὶ σκοπῷ διατηρήσεως τῆς ἐγκυρότητος τῆς διαθήκης, ἀφοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς αἰχμαλωσίας ἦτο ἀκόμη ρωμαῖος πολίτης.

Τὴν σύλληψιν αὐτὴν τῆς λειτουργίας τοῦ πλάσματος ἐν τῷ ρωμαϊκῷ δικαίῳ, ἐπεχείρησε διακεκριμένος νομικὸς τοῦ 19ου αἰῶνος, ὁ Demelius (*Die Rechtsfiktionen in ihrer geschichtlichen und dogmatischen Bedeutung*, Weimar 1858), καὶ συνδέσθη πρὸς τὸ *ius pontificium*, τὸ ὁποῖον ἐνεφανίσθη ἀρχικῶς ὑπὸ μορφὴν μυστηρίου (*Sakralwesen*).

Ἡ ἀρχικὴ σημασία τοῦ πλάσματος εὐρίσκεται, κατ' αὐτόν, εἰς τὴν προοδευτικὴν ἐξέλιξιν τῆς οὐσίας αὐτοῦ τοῦ μυστηρίου, διὰ τῆς ἀρχικῶς ἀνθρωπίνης θυσίας τῆς ἀντικατασταθείσης ἐν συνεχείᾳ διὰ τῆς θυσίας ὑπὸ τὴν μορφὴν τοῦ συμβολισμοῦ τοῦ θυσιαζομένου μὲν ζώου ἀλλὰ ἀποτελουμένου πλέον ἐκ ζύμης ἢ κηροῦ.

Καὶ προσθέτει, ὅτι ἡ μεταβολὴ αὐτὴ δὲν συνίστατο εἰς προσπάθειαν ἐξαπατήσεως τῶν θεῶν διὰ ψευδοῦς ἀντικαταστάσεως ἐνὸς ἀντικειμένου δι' ἑτέρου, ἀλλὰ περὶ μιᾶς ἐξομοιώσεως ἀντικειμένων, ἦτοι περὶ μιᾶς ἐξισοροπήσεως ἐξ ἐπόψεως ἱερῶν κανόνων.

Αὐτὴ ἡ λειτουργία τοῦ πλάσματος ὑποστηρίζεται ὅτι διείσδυσε καὶ εἰς τὸ ρωμαϊκὸν δίκαιον ὑπὸ τὴν ἐξομοιωτικὴν αὐτοῦ λειτουργίαν, ὡς εἰς τὰ προαναφερθέντα παραδείγματα, ὅπου ἐξομοιοῦνται: πρὸς ρωμαῖον πολίτην ὁ *peregrinus*, ἢ ὁ ἐν αἰχμαλωσίᾳ ἀποθνήσκων ρωμαῖος πολίτης πρὸς ἐκεῖνον ὁ ὁποῖος ἀπεβίωσε κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς αἰχμαλωσίας, ἦτοι εἰς χρονικὴν στιγμὴν καθ' ἣν ἦτο ἀκόμη ἐλεύθερος.

Καὶ εἰς τὸ ἀρχαῖον ἑλληνικὸν δίκαιον ἀπαντοῦν πλάσματα τὰ ὁποῖα ἐπεσήμα-
 νεν ὁ Pringsheim εἰς τὴν βασικὴν περὶ τοῦ θέματος μελέτην του: *Symbol und Fiktion in antiken Rechten*, ἐν *Studi in onore Pietro de Francisci* (Giuffrè 1956) 211 ἐπ.

Ἡ ἀνακοίνωσις τοῦ κ. Κονομῆ δίδει λαβὴν περαιτέρω ἐρεύνης ὡς πρὸς τὴν ἐνδεχομένην σύνδεσιν τοῦ διαπραγματευθέντος ὑπ' αὐτοῦ θέματος μετὰ τὰς εἰδικωτέρας ἀρχικὰς μορφάς, ὑφ' ἃς ἐξεδηλώθη ὁ κοινωνικὸς ρυθμὸς τοῦ ἀρχαίου ἐλληνικοῦ δικαίου.

Κλείνοντας τὴν συζήτηση ὁ Πρόεδρος ὑπογραμμίζει τὸ γεγονός τῆς ζωνῆς συζήτησης δεῖγμα τοῦ ἐνδιαφέροντος τῆς ἀνακοίνωσης ἀλλὰ καὶ τῶν ἀκροατῶν ἀκαδημαϊκῶν.

ΕΚΤΑΚΤΟΣ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 25^{ΗΣ} ΑΠΡΙΛΙΟΥ 1996

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΙΩΑΝΝΟΥ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ

MECHANICS.— **(Micro) structures with variable poisson's ratio design concepts,**
Pericles S. Theocaris, Academy of Athens P.O. Box 77230, 175 10
Athens, Greece, in collaboration with: *G.E. Stavroulakis*, Technical
University of Crete, and *P.D. Panagiotopoulos**, Aristotle University
of Thessaloniki.

ABSTRACT

Materials and structures weak in shear strength are known to be able to exhibit negative Poisson's ratio. This fact has been shown to be valid for certain mechanisms, composites with voids and frameworks and has recently been verified for micro-structures optimally designed by the homogenization approach. For micro-structures composed of beams it has been postulated that non-convex shapes (with re-entrant corners) are responsible for this effect. In this paper it is numerically shown that mainly the shape, but also the ratio of shear to bending rigidity of the beams do influence the apparent (phenomenological) Poisson's ratio. The same is valid for continua with voids, or for composites with irregular shapes of inclusions, even if the constituents are quite usual materials, provided that their porosity is strongly manifested. Elements of the numerical homogenization theory and first attempts towards an optimal design theory are presented in this paper and applied for a numerical investigation of such types of materials.

1. INTRODUCTION

Modern structures and machine components working under extreme conditions are required to have optimal performance. Advances in computational modelling and mechanics and in the manufacturing technology nowadays render feasible an optimisation of such materials and structural designs. On

* ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ, Γ. Ε. ΣΤΑΥΡΟΥΛΑΚΗΣ, Π. Δ. ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ, (Μικρό)-
κατασκευαί μεταβλητού λόγου Poisson: αρχαί σχεδιασμού.

the other hand, nature assesses that monolithic structural systems, made of isotropic and homogeneous materials, are far away from such an optimal design: one needs only see the form and the inner structure of a bone to realize how an optimal material design problem that has emerged out from centuries of evolution, looks like. Composite structures and materials made of microstructures allow to apply to some extent, optimal design concepts to tailor a structural system, such as to fit with certain requirements. Structures with even negative Poisson's ratios, which at first glance would appear to be exotic, are also feasible. It is the purpose of this paper to exploit the effect of a controllable, possibly negative, Poisson's ratio for structures and microstructures, and to study this effect numerically either for composite materials, or for materials with reentrant corner microstructures, by means of a numerical homogenization method and finite-element techniques.

Composite materials, like human bones present a certain, clearly not homogeneous and isotropic microstructure. Even if at the structure's level continuum mechanics' techniques are used for structural modelling purposes, it is the microstructure of the material, the appropriate property which allows us to control according to our wishes its overall mechanical properties. By applying modern techniques of optimal topology design by homogenization [1-3] the detailed material design (i.e. the choice of the appropriate microstructure, the constituents etc) is treated for a characteristic cell of the structure. In turn, classical modelling techniques at the structure's level with appropriate elasticity laws are used, as they result from the overall behaviour of the characteristic cell. The origin of this micro-macro approach can be traced back to the elastic framework modelling of continuous structures [4-9]. In general one gets orthotropic elastic moduli which are related to the bending stiffness of the members, composing the cell walls, or, in a more general context, with the topology of the microstructure (cell). Moreover, elastic collapse is associated with elastic buckling of these members, plastic collapse is modelled by plastic hinges formed inside these members and failure response including the transition from a compression-strong to a tension-strong behaviour with increased porosity, may also be explained by these models [10].

The effect of negative Poisson's ratio has also been explained by elastic framework of mechanism models [5-7] and [11-15]. One should recall here that anisotropy and variable Poisson's ratio may have a beneficial effect,

among others, on the strength characteristics, on the stress concentration factors and on the failure response of the structures composed of these materials [10, 17-21]. In particular, the advantages of using materials with negative Poisson's ratio have already been reviewed and appreciated [12, 22]. They permit, among others, the reduction of stress concentration factors and the production of layered composite panels and beams, which allow for a smooth treatment by cold metal forming techniques.

Concerning the technological feasibility of manufacturing materials with «strange» microstructures, so that to exhibit negative Poisson's ratios, one should note that there exist already materials with this kind of microstructure, which have the aforementioned property. Let us recall here some anisotropic crystalline materials like the hexagonal cadmium [23] and the cubic pyrite [24]. Furthermore, the pyrolytic graphite, with a lattice structure, presents a value of Poisson's ratio equal to $\nu=0.24$ [25], the spongy parts of bones, with a lattice-like structure, reported in [12] and the granular materials [26]. Moreover, thermomechanical techniques have been developed, which transform conventional low density open-cell thermoplastic polymer foams to form materials with negative Poisson's ratio, up to a value of $\nu=-0.4$ for some loading directions [22]. More sophisticated techniques are also mentioned, without re-entrant corners and nonconvex shaped, two-dimensional cellular (micro) concrete examples for voided ceramics or even metals. In this paper the evidence of, and the ability to design for negative Poisson's ratio will be shown, by means of finite-element based numerical examples, for porous materials with re-entrant corners and nonconvex shaped, two-dimensional cellular (micro) structures, as well as for composite materials with analogous, re-entrant corner inclusions.

Design concepts and inverse design (tailoring) aspects will be discussed and demonstrated by numerical examples. Analogous effects also appear in two-dimensional cells of matrix-fiber reinforced composite materials, as it will be shown by means of typical numerical examples.

A concise survey of existing published results on structures, materials and mechanisms with variable and in particular negative Poisson's ratios and practical results of this effect are given in section 2. Continuous and discrete modelling aspects are discussed in sections three and four respectively. Elements of numerical homogenization theory, as they are used in the numerical investigation in this paper, are presented in section five. The inverse

homogenization (optimal design) problem is briefly discussed in section six. Numerical examples and discussion are presented in the last section.

2. BODIES WITH VARIABLE AND NEGATIVE POISSON'S RATIOS

The admissible limits of variation for Poisson's ratio for homogeneous and isotropic materials lie in the interval $[-1, + 1/2]$. The right-side limit corresponds to incompressible materials, like the rubbers, while negative values correspond to dilatational materials in general, with weak bulk modulus and strong shear modulus. For anisotropic materials and in particular for orthotropic ones a condition has been given by the first author [20], which guarantees that they behave like isotropic materials with positive values of Poisson's ratio. In all other cases the possibility of the appearance of a negative Poisson's ratio, at least in one orientation of the anisotropic body is not excluded a priori from the theory of general anisotropic elasticity.

Several single crystals of a polygonal structure at the atomic level are reported to have negative Poisson's ratio along some directions of loading (see for example tests with cadmium crystals [23], the single-crystal pyrite [24] and the lattice structured pyrolytic graphite [25]). Thermomechanically treated low density open-cell thermoplastic polymeric foams are also materials, which exhibit negative Poisson's ratios [15, 22, 27, 28]. These materials are usually porous and have a spongy nature with a lot of voids and a complicated microstructure.

From the microstructural picture of these materials, which exhibits non-convex cells with re-entrant corners, a number of micro-structures and mechanisms have been proposed for the explanation and the study of this effect. These examples are not actually proper materials, which can be found in nature, but, as manufacturing technology and micromechanics attain actually a higher level of development, the possibility of constructing materials with these microstructures as prototypes continuously grows.

Cellular microstructures composed of beams have been successfully used for the modelling of linear and nonlinear elastic properties of two-dimensional and three-dimensional cellular materials or honeycombs; the results correlated well with experimental measurements [5-7]. In the classical case for materials with positive Poisson's ratio, polygonal, convex cells are appropriate for their modelling. The same tools with non-convex cells, with re-entrant corners are able to predict an overall mechanical behaviour with negative Poisson's ratio [10, 12,

22]. Notice here that spongy parts of bones have lattice-like structures, a fact that indicates the significance of this work for applications in biomechanics.

Random isotropic granular materials with a ratio of interparticle tangential to normal stiffness greater than unity has theoretically negative Poisson's ratios [26], although one should accept that this case is physically rather unlikely to occur for particles made of natural materials.

Moreover, certain mechanisms formed by microstructures composed of springs and sliding collars, containing also re-entrant corners, are able to exhibit negative Poisson's ratios [11,29]. Mechanisms composed of rigid bars and folded nets constituting tensile networks, have also been proposed, for achieving the same Poisson's ratio effect [13]. It is of interest to observe here that optimal microstructures, that are produced by homogenization-based topology optimization techniques, have an analogous structure with re-entrant corners [2, 3]. Furthermore, for completeness, it should be mentioned that unilateral Poisson's ratio, i.e. different ratio in tension (greater) than in compression has also been reported for several low-density rigid plastic foams under conditions yielding pseudo-elastic values, as for example polystyrene-beam foams and polyurethane foams [30].

Finally, microstructures which appear in the course of the homogenization studies for composite materials exhibit the same effect. The elastic chessboard composites of ref.[31] belong to this class of structures. The appearance of negative Poisson's ratio for composites made of classical, with positive Poisson's ratio, composites is also not excluded, as the estimates provided in ref.[32] clearly show. A detailed study of composite materials with negative Poisson's ratio, which includes two-dimensional two-phase composites with hexagonal symmetry has been undertaken in ref. [14]. The same behaviour can also be produced by multiscale laminates.

The importance of having materials with negative Poisson's ratio has been early recognized with respect to modern structural analysis applications especially in the aerospace industry. These materials should have a high shear modulus relatively to the bulk modulus. This correlation of the moduli is especially appreciated, if the material is used in sheet or beam form, as it is actually the case in most structural applications [12]. Moreover, the deformation pattern of elastic structures made of such materials generally differs from the ones made of classical materials [15]. This latter effect requires a new way

of thought for the design of structural elements or structures, but, at the same time, it opens new possibilities for novel applications. For example, a sandwich panel or beam with core made of this new material will exhibit a dome-like double curvature in figure. Thus, it will allow a cold-metalforming treatment for the production of the shell from initially plane panels. The last advantage, as mentioned here, results in a reduction of the stress concentration factors in the shell, which, in turn, it enhances the crack and fatigue strength of the structure.

3. LIMITS OF POISSON'S RATIOS IN ELASTIC CONTINUA

In the framework of the theory of elasticity for isotropic materials the mechanical behaviour is described by the three material constants: the elastic modulus E , the shear modulus G and the Poisson ratio ν , which are given by the well known formulas:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (1)$$

$$\theta = (\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z) = \frac{p}{E} = \frac{p}{K} \quad (2)$$

where K is the bulk modulus of the material and θ and p express the volumetric strain and the applied hydrostatic pressure, respectively.

From thermodynamic reasons, implying that E , G should be positive and that K is positive, the lower and the upper bounds for the Poisson ratio read as follows [33]:

$$-1 < \nu < \frac{1}{2} \quad (3)$$

For orthotropic and generally anisotropic materials the elasticity relations are more complicated and involve a greater number of material constants. The basic thermodynamic requirement that the work done by a given stress must remain always positive, when applied to the relations of the orthotropic or general anisotropic elasticity, yields bounds on the admissible Poisson's ratio. However, in ref. [33] a value for $\nu_{12}=1.92$ was reported for a composite material, as it is derived from the one of the limits established in Eqs. (4.1) This value for ν_{12} is considered as excessive. However, more strin-

gent values for the limits of Poisson's ratio have been established in ref. [34], which are expressed by either of the inequalities:

$$|v_{12}| < \left\{ (1-v_{23}) \frac{E_{11}}{2E_{22}} \right\} \quad (4.1)$$

or

$$2v_{12} v_{23} v_{13} \frac{E_{22}}{E_{11}} < 1 - v_{12}^2 \frac{E_{22}}{E_{11}} - v_{23}^2 \frac{E_{33}}{E_{22}} - v_{13}^2 \frac{E_{33}}{E_{11}} \quad (4.2)$$

where the double indices denote the values of the respective quantities along the axes of anisotropy. Applying these constraints for the Poisson v_{ij} , reasonable values for these quantities have been established [34-36].

4. CELLULAR BODIES

While materials with extreme values for Poisson's ratio are not usual, the overall mechanical behaviour of microstructures may attain a variety of phenomenological Poisson's ratio values. Experimental evidence with foams containing cells with re-entrant corners [22] and from the relevant results applying the numerical homogenization theory [2], we may construct microstructures with an adjustable mechanical behaviour, which exhibit positive or negative Poisson's ratios. For the study of the overall mechanical properties of these materials we assume that they are periodic, i.e. created by arrays of a representative unit cell. Moreover, we assume that the overall mechanical behaviour of the material can be described by the classical elasticity relations.

In this framework a homogenization problem is posed as follows: find the elasticity constants of the continuous model, which lead to the same mechanical behaviour as the one of the material with the periodic microstructure. To this end a detailed analysis of a representative unit-cell is performed and a best fit method is followed, as it will be shown in the numerical examples in this paper. This technique is also valid for continuous structures with periodic inhomogeneities (i.e. composite materials, etc) and will be studied in the next section.

The possibility to adjust the overall mechanical properties by changing the geometric or material properties of the microstructure constitutes the following inverse (optimal) design problem: *«find a microstructure for which the material has a given (or optimal in some particular sense) mechanical beha-*

viour). In the following section numerical examples with two-dimensional materials, made of periodic, star-shaped beams as microstructures, are presented, followed by a mathematical and numerical approach of the homogenization method in different types of bodies. The mechanical properties of these materials will be presented.

5. THE NUMERICAL HOMOGENIZATION METHOD

For both a discrete (beam-like) and a continuous (composite), periodic structure, an equivalent homogeneous model can be constructed by using the *homogenization technique*. An appropriate numerical method for the application of this technique is developed here. It is based on the use of finite-element modelling for the real cell of the structure and on, optimality-criteria based, numerical homogenization concepts. The method developed will be applied for the numerical treatment of the examples presented in the last section.

Let us consider a representative unit-cell of the periodic structure, which, for simplicity, is assumed to be two-dimensional (Fig. 1). Let the unit cell be orthogonal with dimensions equal to l_1 and l_2 along the two coordinate axes and let it occupy the area Ω with boundary Γ . The boundary Γ is composed of the complementary and nonoverlapping parts $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma'_1$ and Γ'_2 (i.e. $\Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \Gamma'_1 \cup \Gamma'_2 = \Gamma, \Gamma_1 \cap \Gamma_2 = \emptyset$ etc). A *unit cell* of the real structure (case II in Fig. 1) and a *unit cell* with the same dimensions of the sought homogeneous structure (case I in Fig. 1) are considered. The cells I and II are subjected to the three unit stresses, respectively:

$$\begin{aligned}
 \text{problem (1): } & \sigma_1 = 1, & \sigma_2 = 0, & \sigma_3 = \tau_{12} = \tau_{21} = 0, \\
 \text{problem (2): } & \sigma_1 = 0, & \sigma_2 = 1, & \sigma_3 = \tau_{12} = \tau_{21} = 0, \\
 \text{problem (3): } & \sigma_1 = 0, & \sigma_2 = 0, & \sigma_3 = \tau_{12} = \tau_{21} = 1
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

as it is shown in Fig. 1.

The solution of cell I for these loading modes can be based on simple engineering mechanics relations, due to the assumption that the dimensions of the periodic cell are small with respect to the dimensions of the structure.

For the cell II a finite-element method is employed for the solution of the above static-analysis problems. Moreover, the following periodicity restraints are taken into account (as multipoint constraints) in the above described problems: for problems 1 and 2 displacements on boundaries Γ_1, Γ'_1 along

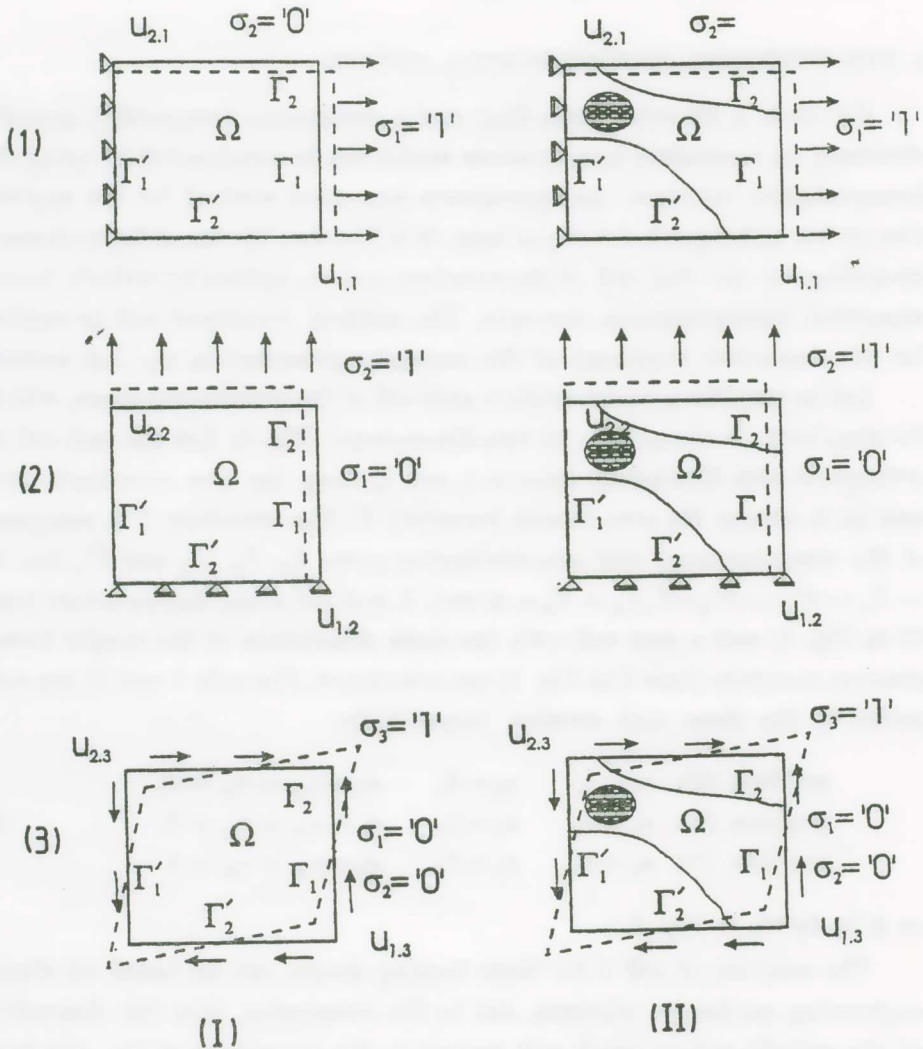


Fig. 1. Elements of the numerical homogenization technique for a cell. Case I: homogeneous cell, case II: real structure cell, cases (1), (2), (3): unit prestresses.

the horizontal direction 1 are the same, for problems 1 and 2 displacements on boundaries Γ_2, Γ'_2 along the vertical direction 2 are the same and for problem 3, boundaries $\Gamma_1, \Gamma'_1, \Gamma_2$ and Γ'_2 remain straight lines after deformation.

The essence of the energy-based numerical homogenization method is that the parameters of the homogeneous cell I are appropriately chosen, so that this cell has the same deformation energy with the cell of the real structure (cell II), if both are subjected to the same deformation patterns, which respect the periodicity assumptions, i.e. they are periodic for the whole structure.

If the parameters which define the mechanical behaviour of cell I (e.g. the elasticity constants) are gathered up in the design vector α , the numerical homogenization method can be described by the following identification problem:

Find α as a solution of the optimization problem:

$$\min_{\alpha \in A_{ad}} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 w_i \left\{ \prod_{in}^{I(i)} (e^{(i)}, \alpha) - \prod_{in}^{II(i)} (e^{(i)}) \right\}^2 \quad (6)$$

Here A_{ad} is the admissible set for the material parameters of the homogenized cell, i runs over all independent periodic deformation patterns $e^{(i)}$, which are considered, w_i are appropriate weights, which transform the multi-objective optimization problem into a classical one, with a cost function as in (6), superscript I or II stands for the quantities of cell I or II respectively and Π_{in} is the internal energy of the considered structure.

The identification problem (6) can be solved either by classical numerical optimization techniques, or by neural-network based methods [37, 38]. In the sequel we will describe a simple procedure, which is based on the optimality criteria method for the solution of a certain class of problems (6). This method avoids the formulation and the solution of large scale optimization problems, and if it can be used, it is considered to be suitable for structural analysis applications [1].

Let us assume for simplicity here that all w 's are equal to one. Moreover, we assume that the homogenized unit cell I obeys the classical isotropic elasticity relations:

$$e = \begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & 0 \\ -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2(1-\nu)}{E} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \tau_{12} \end{Bmatrix} = K_0 \sigma \quad (7)$$

The design vector α is chosen as: $\alpha = [\alpha_1, \alpha_2]^T = [1/E, -\nu/E]^T$.

The internal energy is expressed by $\prod_{in}^{i(j)} = \int_{\Omega} \sigma^{i(j)T} e^{i(j)} d\Omega$ for all $i = I, II$,

where Ω is the area of the considered cell. For simplicity we assume here $j = 1, 2, 3$, that $A_{ad} = R^2$.

Under the above assumptions problem (6) reads:

$$\min_{\alpha \in R^2} \left\{ \frac{1}{2} \int_{\Omega} \left\{ (\sigma^{I(1)T}(\alpha) e^{I(1)}(\alpha) - \sigma^{II(1)T} e^{II(1)})^2 + (\sigma^{I(2)T}(\alpha) e^{I(2)}(\alpha) - \sigma^{II(2)T} e^{II(2)})^2 + \right. \right. \\ \left. \left. + (\sigma^{I(3)T}(\alpha) e^{I(3)}(\alpha) - \sigma^{II(3)T} e^{II(3)})^2 \right\} d\Omega \right\}$$

For the assumed unit stresses (5) and the elasticity relations (7) we get for the unit cell I that:

$$\begin{aligned} e_1^{I(1)} &= \alpha_1 \sigma_1^{I(1)} = \alpha_1 & e_2^{I(1)} &= \alpha_2 \sigma_1^{I(1)} = \alpha_2 \\ e_1^{I(2)} &= \alpha_2 \sigma_2^{I(2)} = \alpha_2 & e_2^{I(2)} &= \alpha_1 \sigma_2^{I(2)} = \alpha_1 \end{aligned} \quad (9)$$

$$e_3^{I(3)} = 2(\alpha_1 - \alpha_2) \sigma_3^{I(3)} = 2(\alpha_1 - \alpha_2)$$

with all other components equal to zero.

Moreover, the virtual work equality for the cell II reads:

$$\int_{\Omega} \sigma^{II(j)T} e^{II(j)} d\Omega = \int_{\Omega} S^{II(j)T} u^{II(j)} d\Gamma, \quad j = 1, 2, 3 \quad (10)$$

for all given unit stresses of (5) (i.e. $S_{II(1)} = 1$ on Γ_1 , $S_{II(1)} = 0$ on Γ_2 , Γ'_2 etc.).

Finally, the optimality conditions for (8) are written by means of (10) as follows:

«Find α_1, α_2 , such that:

$$\int_{\Omega} \left(\alpha_1 - \sigma^{II(2)T} e^{II(2)} \right) d\Omega \frac{\partial \alpha_1}{\partial \alpha_1} + \int_{\Omega} \left(2(\alpha_1 - \alpha_2) - \sigma^{II(3)T} e^{II(3)} \right) d\Omega \frac{\partial [2(\alpha_1 - \alpha_2)]}{\partial \alpha_2} = 0 \quad (11)$$

$$\int_{\Omega} \left(2(\alpha_1 - \alpha_2) - \sigma^{II(3)T} e^{II(3)} \right) d\Omega \frac{\partial [2(\alpha_1 - \alpha_2)]}{\partial \alpha_2} = 0 \quad (12)$$

By using (10) the area integrals are transformed into boundary integrals. Thus, we get the following optimality conditions:

«Find α_1, α_2 such that:

$$\left\{ \alpha_1 \ell_1 \ell_2 - u_1^{II(1)} \ell_2 \right\} + \left\{ \alpha_1 \ell_1 \ell_2 - u_2^{II(2)} \ell_1 \right\} + \left\{ 2(\alpha_1 - \alpha_2) \ell_1 \ell_2 - \int_{\Omega} \sigma^{II(3)T} e^{II(3)} \right\} = 0 \quad (13)$$

$$\left\{ 2(\alpha_1 - \alpha_2) \ell_1 \ell_2 - \int_{\Omega} \sigma^{II(3)T} e^{II(3)} \right\} = 0 \quad (14)$$

Variable α_1 (the elasticity modulus E) results from (13) and (14) as follows:

$$(15)$$

Variable α_1 (the Poisson ratio ν) may now be calculated either from (15), or from the elasticity relations (1), which have been assumed to hold true.

Analogous relations can be extracted for the more general case, where the homogeneous model I is assumed to obey the orthotropic elasticity relation or the general anisotropic elasticity relations [2].

6. OPTIMAL DESIGN CONCEPTS

The inverse homogenization problem can be formulated analogously to the direct problem of the previous section. We make here the same assumptions and we consider again the cells I and II and the unit stresses (1) : to (3) of Fig. 1.

Now the homogeneous cell I is given, that is the corresponding material constants (7) are known and constitute the goal of the optimal design problem. On the other hand, the *real* cell II may now be modified by means of a certain number of design parameters, which are summed up in the design-vector β . For instance, either elasticity constants of the various constituents in a composite structure, or the shape of the inclusions in a reinforced composite, or the type and the shape of the microstructure, may be considered as design variables by an appropriate choice of the elements of vector β .

By an analogous reasoning to the one used in the previous section, the optimal design problem reads:

Find β as a solution of the optimization problem:

$$\min_{\beta \in B_{ad}} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 w_i \left\{ \prod_{in}^{I(i)} (e^{(i)}) - \prod_{in}^{II(i)} (e^{(i)}, \beta) \right\}^2 \quad (16)$$

Here B_{ad} is the admissible set for the design variables β and all other quantities are defined after problem (6).

As with problem (6), problem (16) can be solved by means of various methods. A detailed study of this problem is not included here. The reader may consult refs. [2, 3], among others, for analogous recent studies. The parametric investigation of the next section may be used to help the formulation and the study of the above outlined problem.

7. APPLICATIONS OF THE HOMOGENIZATION METHOD

As a first example, a fiber-reinforced composite material is considered. A cross section perpendicular to the direction of the fibers is shown in Fig. 2, along with the dimensions of the problem and the representative unit cell ABCD. All quantities here and in the sequel are assumed to be measured in compatible units. The finite element discretization of the analysed part, which is considered as a two-dimensional plane stress problem, is shown in Fig. 3, where the initial and the deformed configurations for a unit loading at the boundary AB are shown. For the application of the numerical homogenization technique and the determination of the overall mechanical properties of the composite material, support conditions, at the boundaries BC (resp. AD) which prescribe zero vertical (resp. horizontal) displacements are considered. Moreover, at the boundary BC (resp. AB) the horizontal (resp. the vertical) displacements are forced to be equal by means of the multipoint constraint strategy of the finite-element method.

For the matrix, which occupies the region Ω_2 in the finite element model of Fig. 2b, an anisotropic elastic material is considered with elastic modulus $E_1=10^2$ and Poisson's ratio $\nu=0.30$. For the fibers, which occupy the region Ω_1 , an isotropic material is also considered with $\nu_2=0.30$ and values of E_2 between 10 and 10^3 . In this way a parametric investigation of the considered composite is performed.

The values of the elastic modulus E and the Poisson ratio for the composite, as they are calculated by the numerical homogenization method, are shown in Figs 3 and 4 respectively. In the same figures the values of E, as predicted by the analytical method based on the Hashin and Rosen model (HR), presented in ref. [39], are also plotted, as well as by the unfolding model, introducing the concept of mesophase between phases, and developed by Theo-

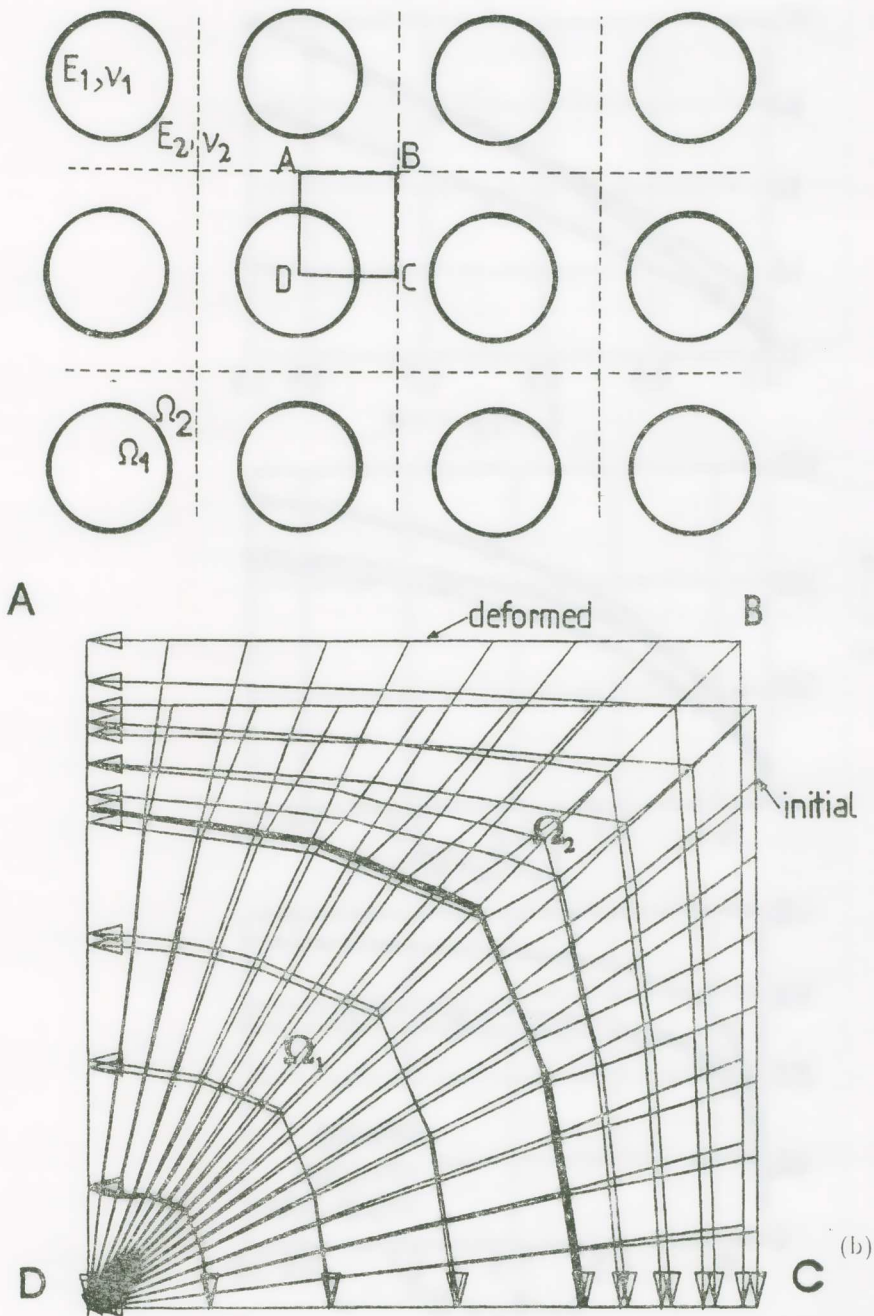


Fig. 2. a) A periodic fiber-reinforced composite, b) Finite element model of the analysed unit-cell.

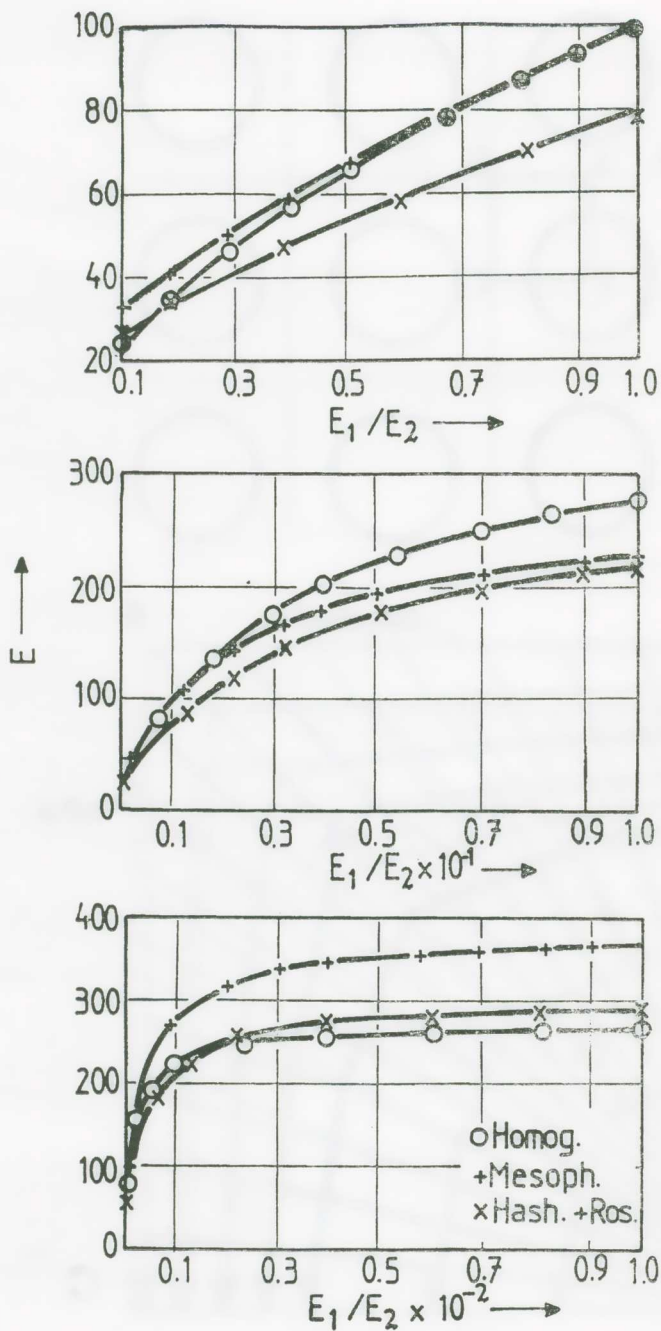


Fig. 3. Elastic modulus of the composite of Fig. 2 for various choices of the material constants.

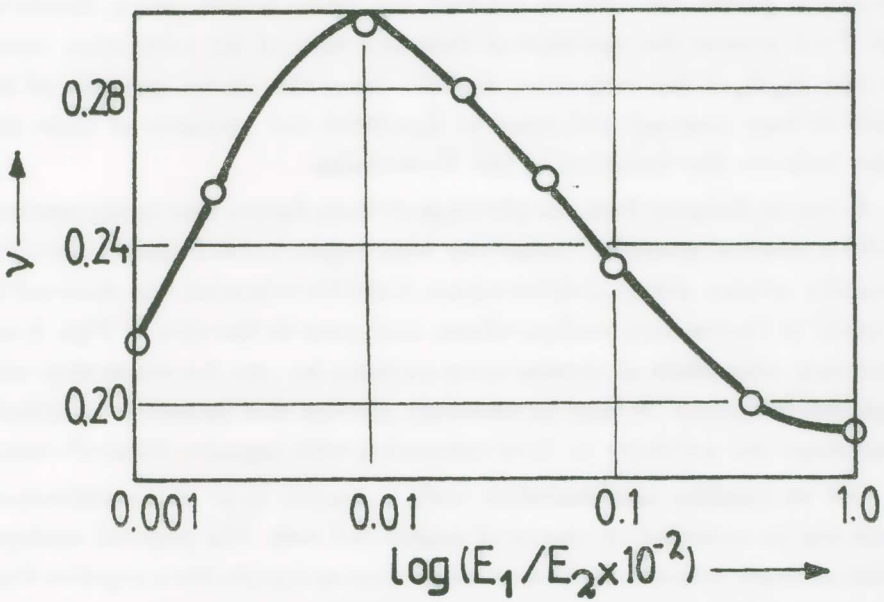
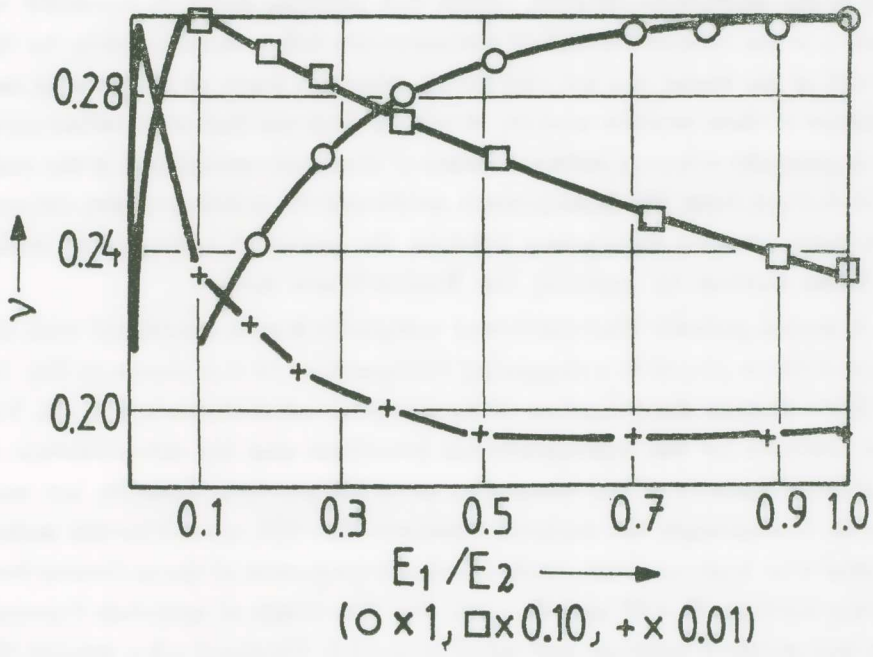


Fig. 4. Poisson's ratio of the composite of Fig. 2 for various choices of material constants.

caris [40, 41], designated by (IF). In this model the extent of the volume (specific) of the mesophase between phases was assumed equal to $v_1=0.001 v_c$, where v_c is the volume fraction of the composite taken equal to unity for the unit-cell of the model (see ref. [40] for an extensive study of the validity and properties of these realistic models). It can be observed that an excellent accuracy is generally achieved between values of the elastic modulus E of the composite derived from the homogenized model and the unfoldig model, whereas there exists always a discrepancy between the values of homogenized model and those derived by applying the Hashin-Rosen model.

A second periodic fiber-reinforced composite is now considered with the arrays of fibers placed in a staggering configuration as it is shown in Fig. 5a. The finite element discretization of the analysed cell is shown in Fig. 5b. The same concepts for the homogenization procedure and the determination of the elastic constants of the composite, as in the previous example, are used here. In this example the material constants $E_2=100$, $\nu_2=0.3$ for the matrix material were kept constant, while the elastic properties of the inclusions were varying between $E_1=10$ and $E_1=10^3$. For this range of materials Poisson's ratio was assumed constant and equal to $\nu_1=0.1$. Figures 6 a,b,c present the variation of the elastic moduli of the composite, as the ratio between the moduli of the phases are varying between the limits stated above. Similarly, Figs. 7 a,b present the variation of Poisson's ratio of the composites versus the ratio E_1/E_2 of the respective moduli. Since the elastic modulus of the matrix is kept constant and equal to $E_2=100.0$ the abscissas of these diagrams indicate the variation of the E_1 -modulus.

It can be deduced from the plottings of these figures that in the previous results a classical mechanical behaviour with respect to the Poisson ratio of the composite attains always positive values. A similar behaviour was observed for a variety of fiber-matrix configurations, analogous to the ones of Figs. 2 and 5 not only with fibers of circular cross-sections, by also for composites with ellipsoidal inclusions. It may be therefore derived that inclusions of complicated shape are necessary to form composites with negative Poisson's ratios.

Let us consider now materials with a specific type of microstructure, which can be modelled by means of beams and rods. The physical analogue of this example comes from foamed and porous materials. For a negative Poisson's ratio effect, non-convex shaped cells with re-entrant corners must be

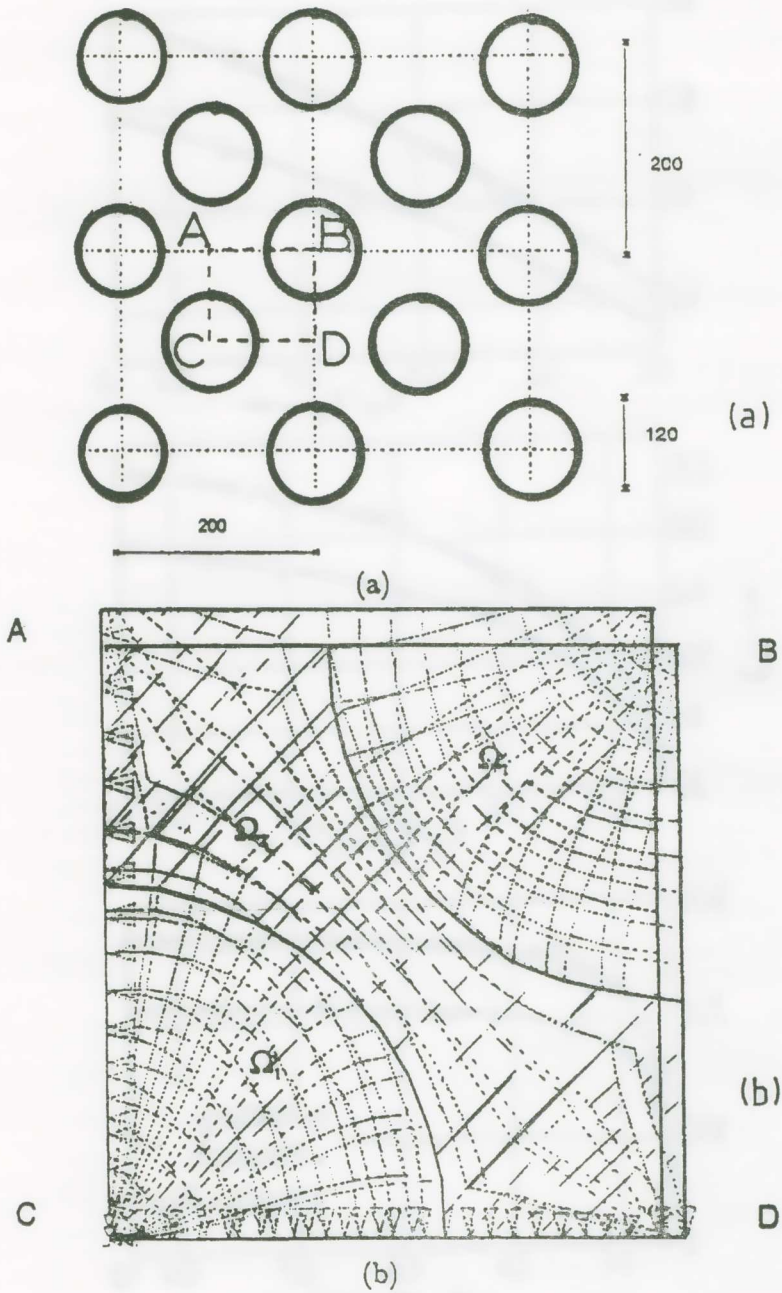


Fig. 5. a) Configuration of a fiber-reinforced composite, b) Finite element model of analysed unit-cell.

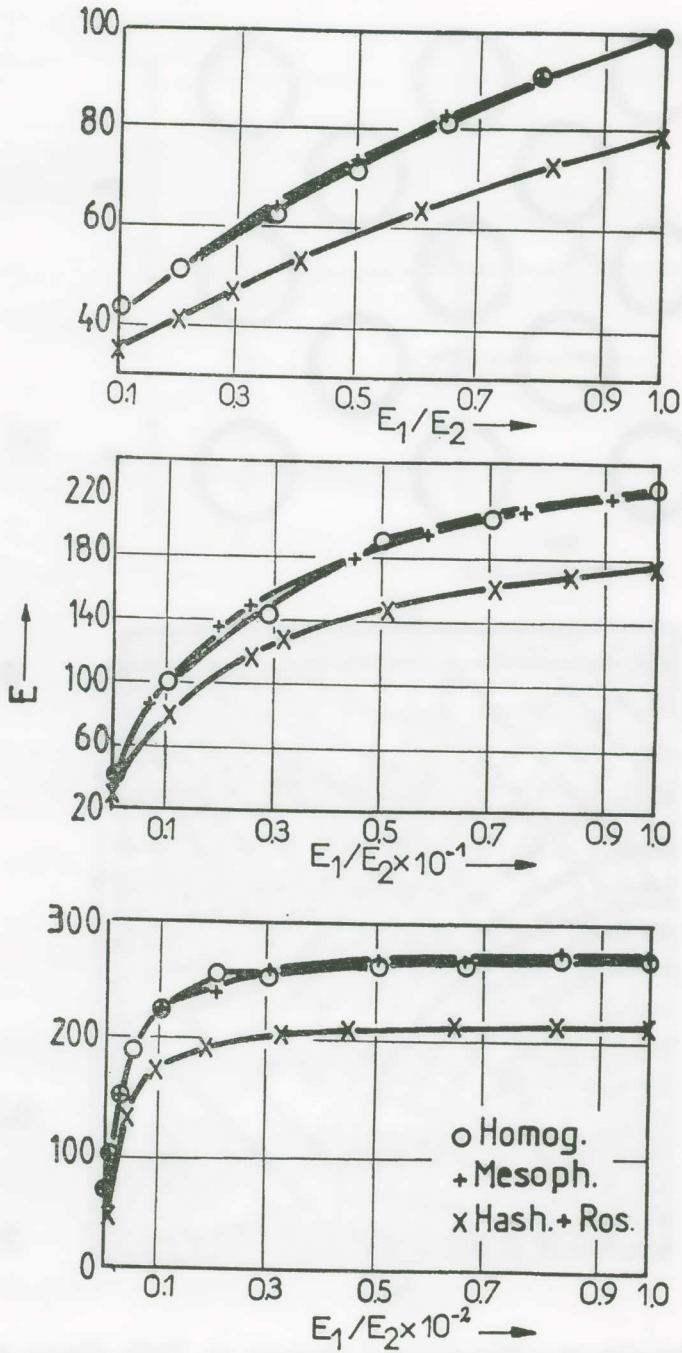


Fig. 6. Elastic modulus of the composite of Fig. 5 for various material constants.

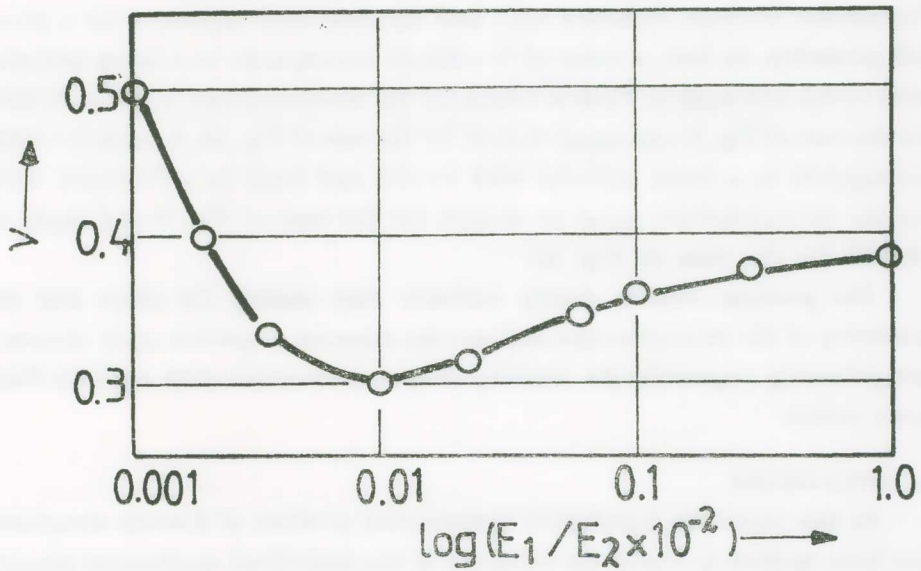
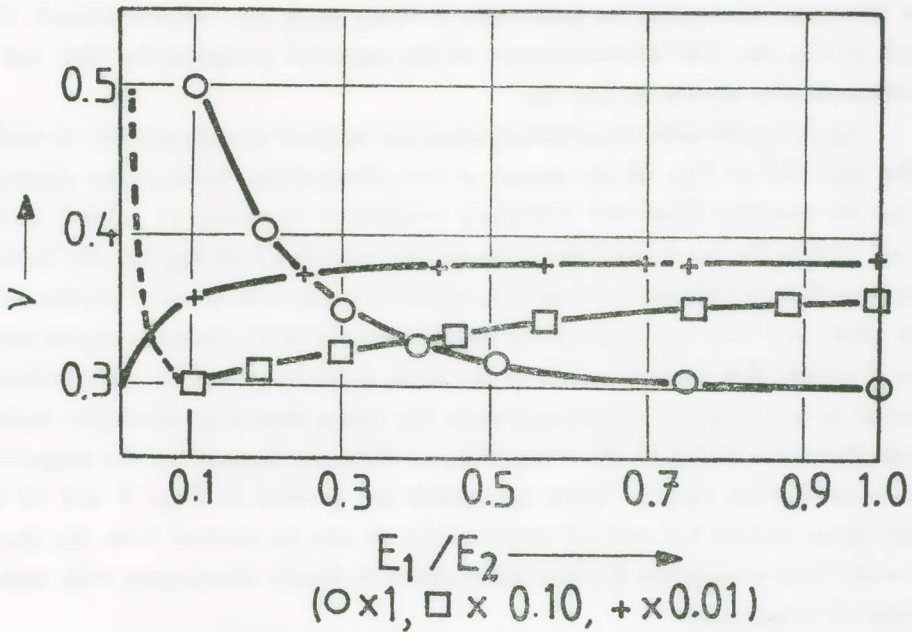


Fig. 7. Poisson's ratio of the composite of Fig. 5 for various material constants.

considered, as it is dictated from the results of refs. [2,3,6,11-13,22, 27-30]. It is therefore convenient to undertake a study with the convex-shaped unit cell of Fig. 8a. The microstructure of the material produced by this cell is schematically shown in Fig. 8b.

Applying the numerical homogenization method already stated, we model the unit cell of Fig. 8b by means of two-dimensional beam finite elements and we consider fixed-end boundary conditions (support) at point 1 and a unit load in the horizontal direction applied at point 7 of Fig. 8b. We further assume that the beams have an area equal to unity, a moment of inertia equal to 1000, and they are made of an elastic material with elastic modulus equal to $E=1000$. For various values of the shear modulus G and for a shear factor equal to 0.3 (resp. to 0.9) we calculate the (phenomenological) elastic moduli and Poisson's ratios of the composite, as they are derived by the numerical homogenization theory. These quantities are plotted in Figs. 9 and 10 for the shear factors 0.3 and 0.9 respectively. It can be derived from the above results that a negative Poisson ratio effect is clearly developing with such a type of composites.

One should nevertheless underline here that the above parametric investigation is extrapolated outside the range of mechanically admissible values for the material constants, in order to give a better overall picture of the sought dependence between Poisson's ratio and the structural constants for a given cell geometry. In fact, a value of $G=333.33$ corresponds to a beam material with $\nu=0.5$ and leads to Poisson's ratio for the microstructure equal to -0.2815 for the case of Fig. 9, and equal -0.1538 for the case of Fig. 10. A value $G=1000$ corresponds to a beam material with $\nu=-0.5$ and leads to a Poisson's ratio for the microstructure equal to -0.1524 for the case of Fig. 9 and equal to -0.0120 for the case of Fig. 10.

The previous results clearly indicate that mainly the shape and the geometry of the microstructure and not the material properties of its elements are primarily responsible for creating composite materials with negative Poisson's ratios.

8. CONCLUSIONS

In this paper the topological optimization problem of discrete structures has been applied to study the influence of the individual mechanical properties of the constituent phases of a composite material, or structure, on the

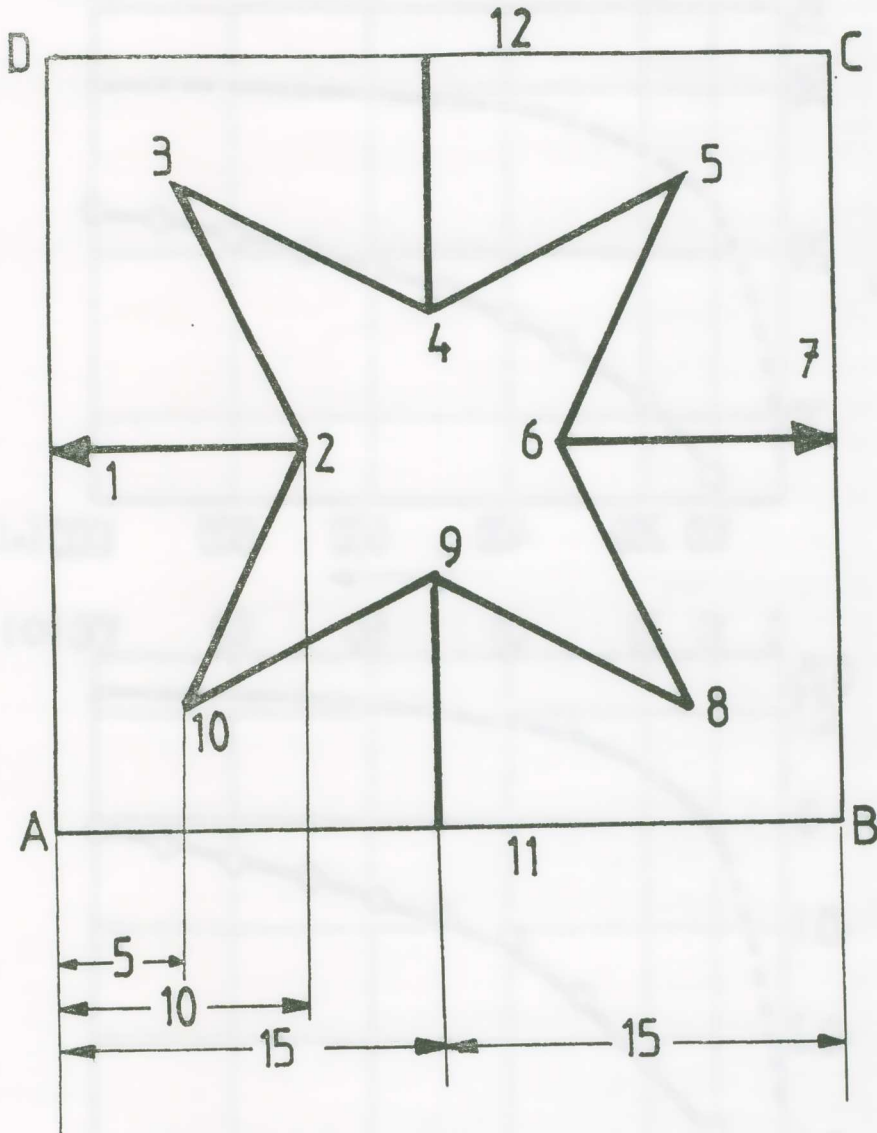


Fig. 8. A star-shaped two-dimensional beam cell with re-entrant corners. Finite element discretization and mode numbering.

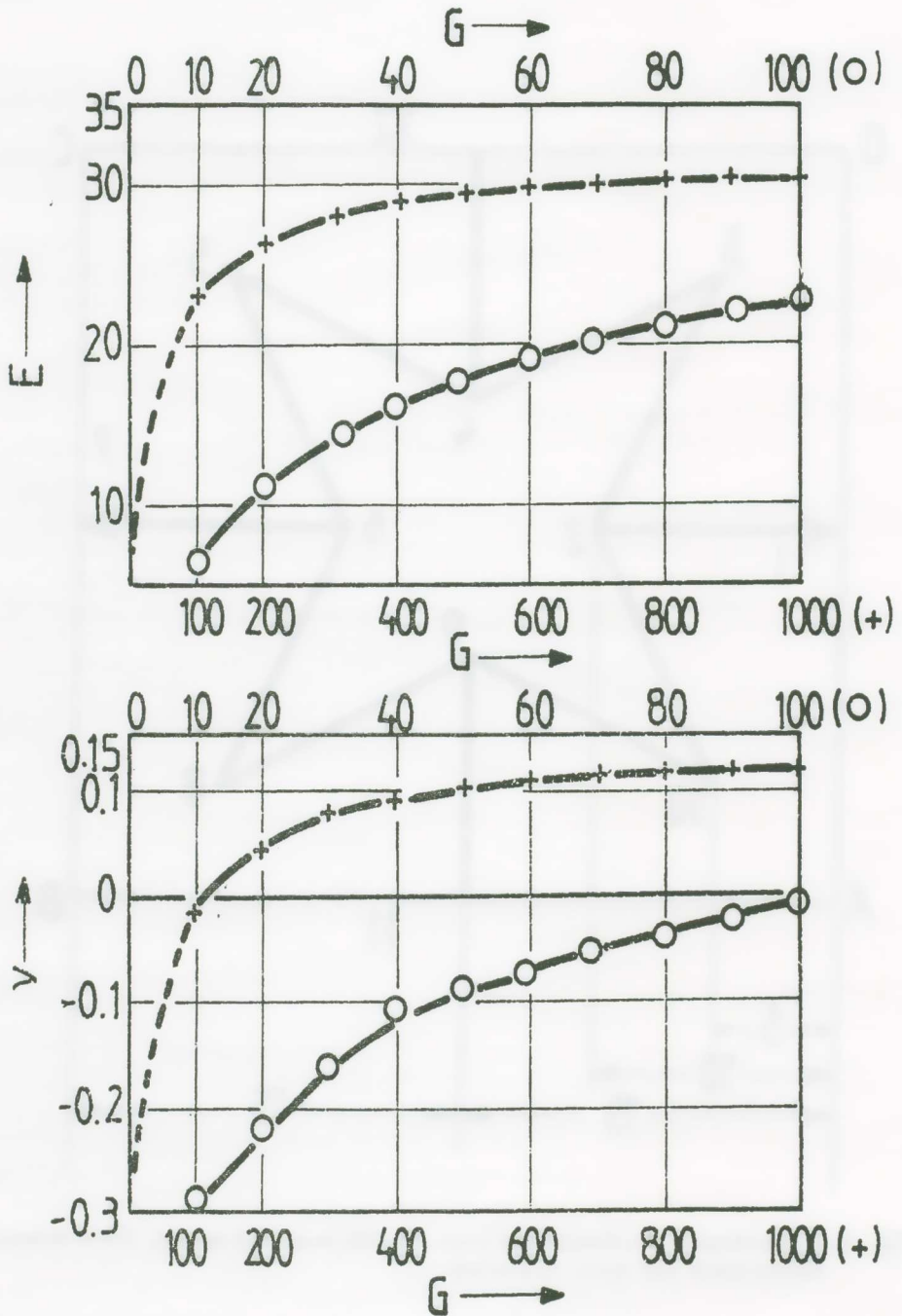


Fig. 9. Phenomenological elastic modulus (a) and Poisson's ratio (b) for a material with microstructure as in Fig. 8 possessing a shear factor equal to 0.3

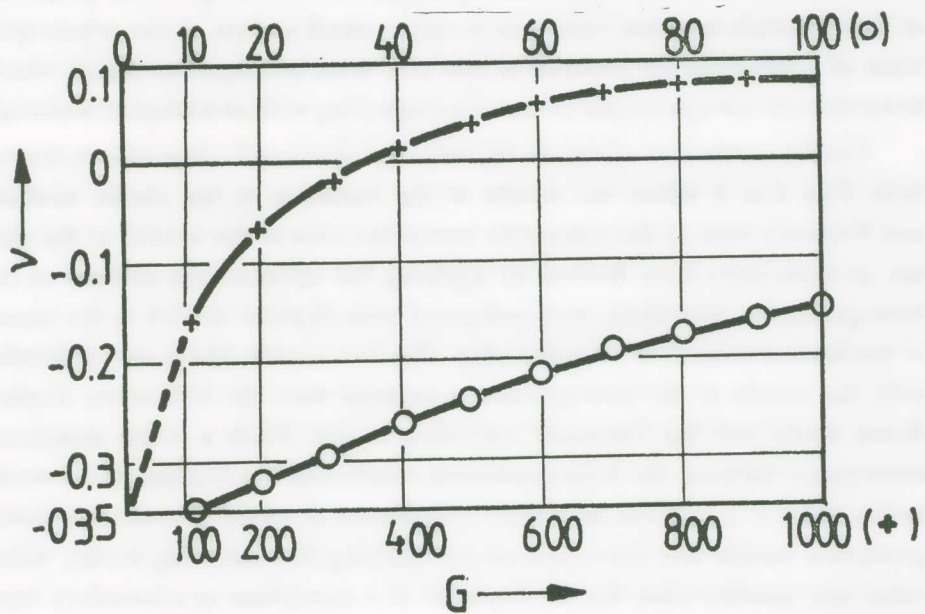
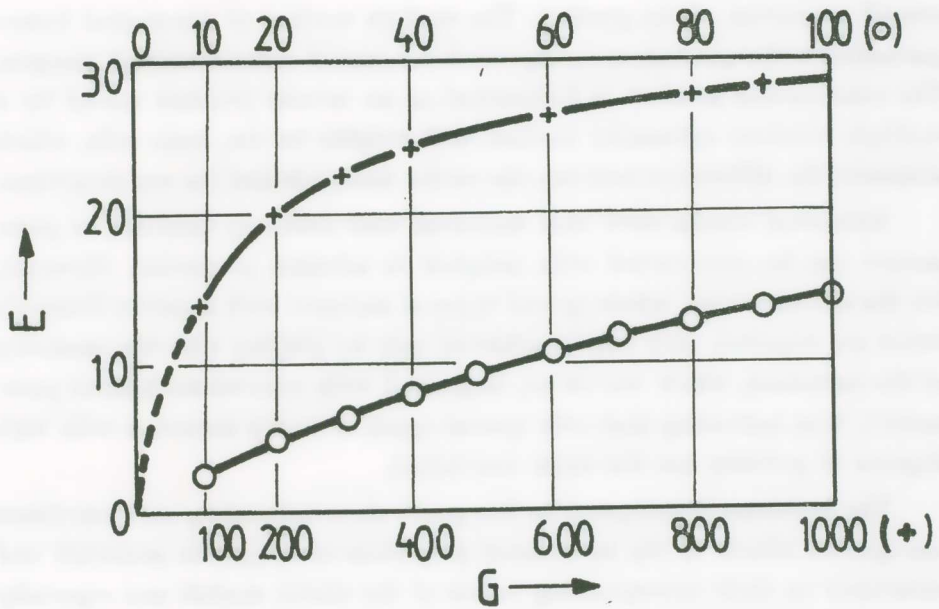


Fig. 10. Phenomenological elastic modulus (a) and Poisson's ratio (b) for a material with microstructure as in Fig. 8 possessing a shear factor equal to 0.9

overall properties of the product. The modern method of topological homogenization technique was used, expressed in terms of element mutual energies. The construction problem is formulated as an inverse problem solved by a multiple constant optimality method with weights for the basic cells, which minimize the differences between the model materials and the real structures.

Numerical results show that materials with arbitrary constitutive parameters can be constructed with assigned in advance properties. However, for the extreme cases, where special types of material with negative Poisson's ratios are required, they can be achieved only by playing with the geometry of the inclusions, which should be, in general, with reduced mechanical parameters, thus indicating that only special types of foamy materials with high degrees of porosity are the most convenient.

The problems investigated in this paper show interesting and sometimes unexpected effects of the mechanical properties of composite materials and structures on their corresponding values of the elastic moduli and especially on values of Poisson's ratio. Although these effects may contradict our intuition and long term experience, acquired by testing 'regular' materials in the constructions, they also suggest that perhaps our knowledge of the properties of the materials is rather restricted to only a small section of the whole spectrum of possibilities for creation of new and more intelligent materials which, however, exist always around us from the beginning with all biological materials.

Finally, a side issue of this study, but of great scientific importance, derives from Figs. 6 to 8 where the results of the variation of the elastic modulus and Poisson's ratio of the composite versus the ratio of the moduli of the phases, as these have been derived by applying the optimization method on the homogenization procedure, were compared with classical models in the theory of mechanical behaviour of composites. The two models which are confronted with the results of the homogenization method were the wellknown Hashin-Rosen model and the Theocaris' unfolding model. While a rather significant discrepancy between the homogenization results and the Hashin-Rosen model exists, there is in general an almost coincidence of results between the homogenization results and those derived by applying the unfolding model, which takes into consideration the development of a mesophase as a boundary layer between the main phases of the composites. This is another proof of the soundness of these models.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research programme presented in this paper was supported from the National Academy of Athens Research Fund under the code No. 200/294. The authors acknowledge this generous support. The numerical calculations have been performed on a HP 755 computer at the Institute of Steel Structures of the Aristotle University of Thessaloniki, Greece. Finally, the authors are indebted to Mrs. Anna Zografaki for the typing and printing of the manuscript, as well as for the drawing of its figures.

REFERENCES

1. L. J. Gibson, M. F. Ashby, F. R. S., G. S. Schajer, C. I. Robertson, The mechanics of two-dimensional cellular materials, *Proc. Royal Society London*, **A382** (1982), 25-42.
2. R. J. Barhurst, L. Rothenbur, Note on a random isotropic granular material with negative Poisson's ratio, *Int. jnl. Engng. Sciences*, **26(4)**, (1988), 373-383.
3. P. S. Theocaris, Th. P. Philippidis, True bounds on Poisson's ratios for transversely isotropic solids, *Int. Jnl. of Strain Analysis*, **27(1)**, (1992), 43-44.
4. P. S. Theocaris, *The mesophase concept in composites*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1987.
5. P. S. Theocaris, Th. P. Philippidis, Stress distribution in orthotropic plates with coupled elastic properties, *Acta Mechanica*, **80(2)**, (1989), 95-111.
6. P. S. Theocaris, Failure criteria for weak-axis quasi-isotropic woven-fabric composites, *Acta Mechanica*, **95(1)**, (1992), 69-86.
7. A. P. Hrennikoff, A solution of problem in elasticity by the framework method, *Jnl. Appl. Mech.*, **8**, 4 (1941).
8. L. J. Gibson, M. F. Ashby, F. R. S, The mechanics of two-dimensional cellular materials, *Proc. Royal Society London*, **A382** (1982), 43-59.
9. O. Sigmund, Design of material structures using topology optimization, Danish Center for Applied Mathematics and Mechanics, Technical Univ. of Denmark, *Report No. 502*, June 1995.
10. G. I. N. Rozvany, *Structural design via optimality criteria. The Prager approach to structural optimization*, Kluwer Academic, Dordrecht, 1989.
11. A. V. Cherkaev, L. V. Gibiansky, Coupled estimates for the bulk and shear moduli of a two-dimensional isotropic elastic composite, *Jnl. Mech. Phys. Solids*, **41(5)** (1993), 937-980.
12. K. Evans, Tensile network microstructures exhibiting negative Poisson's ratios, *Jnl. Phys. D: Appl. Phys.* **22** (1989), 1870-1876.
13. B. D. Caddock, K. E. Evans, Microporous materials with negative Poisson's: I Microstructure and mechanical properties, *Jnl. Phys. D: Appl. Phys.*, **22** (1989) 1877-1882.

14. P. S. Theocaris, The elliptic paraboloid failure criterion for cellular solids and brittle foams, *Acta Mechanica*, **89**(2), (1991), 93-121.
15. B. D. Caddock, K. E. Evans, Microporous materials with negative Poisson's ratios: II Mechanisms and interpretation, *Jnl. Phys. D: Appl. Phys.*, **22**(1989) 1883-1887.
16. P. S. Theocaris, On a family of quasi-isotropic fiber-reinforced composites, *Acta Mechanica*, **96** (2), (1993), 163-180.
17. G. W. Milton, Composite materials with Poisson's ratio close to -1. *Jnl. Mech. Phys. Solids*, **40**(5), (1992), 1105-1137.
18. A. G. Kolpakov, Determination of the average characteristics of elastic frame-works, *Prikl. Matem. Mekhan.*, **49**(6), (1985), 969-977.
19. K. Evans, Tailoring the negative Poisson's ratio, *Chemistry and Industry*, (Oct, 1990) 654-657.
20. A. K. Noor, M. S. Anderson, W. H. Green, Continuum models for beam-and plate-like lattice structure, *AIAA Jnl.* **6**(12) (1978), 1219-1228.
21. J. A. Rinde, Poisson's ratio for rigid plastic foams, *Jnl. of Applied Polymer Science*, **14** (1970) 1913-1926.
22. R. M. Jones, *Mechanics of composite materials*, Scripta Book Co., Washington and McGraw Hill Intern., 1975.
23. E. A. Friis, R. S. Lakes, J. B. Park, Negative Poisson's ratio polymeric and metallic foams., *Jnl. of Material Science*, **23** (1988), 4406-4414.
24. P. S. Theocaris, Th. P. Philippidis, Variational bounds in the eigenvalue ω in transversely isotropic materials, *Acta Mechanica*, **85**(1), (1990), 13-26.
25. R. F. Almgren, An isotropic three-dimensional structure with Poisson's ratio = -1., *Jnl. of Elasticity*, **15** (1985), 427-430.
26. O. Sigmund, Material with prescribed constitutive parameters: an inverse homogenization problem. *Int. Jnl. Solids and Structures*, **31**(17), (1994), 2313-2329.
27. L. V. Berlyand, S. M. Kozlov, Asymptotics of the homogenized moduli for the elastic chess-board composite, *Arch. Rat. Mech. Anal.*, **118**, (1992), 95-112.
28. P. S. Theocaris, P. D. Panagiotopoulos, Neural networks for computing in fracture mechanics. Methods and prospects of applications, *Computer methods in Applied Mechanics and Engineering*, **106**(3), (1993), 213-228.
29. S. Kortsis, P. D. Panagiotopoulos, Neural networks for computing in structural analysis. Methods and prospects of applications, *Int. Jnl. of Numerical Methods in Engng.* (1993).
30. P. S. Theocaris, Failure modes of closed cell polyurethane foams, *Int. Jnl. of Fracture*, **4**, (1992), 353-375.
31. P. S. Theocaris, Th. P. Philippidis, Evaluation of transverse Poisson's ratios in thin orthotropic plates by the optical method of pseudocaustics *Acta Mechanica*, **43**(4), (1992), 369-378.
32. R. Lakes, Foam structures with a negative Poisson's ratio, *Science*, **235** (1987), 1038-1040.

33. R. S. Lakes, J. B. Park, E. A. Friis, Materials with negative Poisson's ratios: Dependence of properties on structure, *Proc. Am. Soc. of Composites, Third Tech. Conference Integrated Composites Technology*, Technomic Publ. Co. Inc. Lancaster, Basel (1988), 527-533.
34. P. S. Theocaris, The beneficial influence of matrix anisotropy in fiber composites, *Acta Mechanica*, **97**(3-4), (1993), 127-139.
35. M. Garber, Pyrolytic materials for thermal protection systems, *Aerospace Engng.* (Jan. 1963), 126-137.
36. U. Lee, Equivalent continuum models of large platelike lattice structures, *Int. Jnl. Solids and Structures*, **31**(4), (1994), 457-467.
37. Y. Li, The anisotropic behaviour of Poisson's ratio, Young's modulus and shear modulus in hexagonal materials, *Phys. Stat. Sol. (a)*, **38**, **171** (1976), 171-175.
38. A. E. H. Love, *A treatise of the mathematical theory of elasticity*, Dover, N. York, fourth edition, 1944.
39. Z. Hashin, B. W. Rosen, The elastic moduli of Fibre-Reinforced Materials, *Jnl. Appl. Mech.*, **31** (1964), 223-232.
40. P. S. Theocaris, *The Mesophase Concept in Composites*, Polymers/Properties and Applications Series Vol. No 11, Springer Verlag, Berlin etc. (1987).
41. P. S. Theocaris, A. G. Varias, The Influence of Mesophase of the Transverse and longitudinal moduli and the major Poisson's ratio in fibrous composites, *Colloid and Polymer Science*, **264** (7), (1986), 561-569.

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

(Μικρο)-κατασκευαί μεταβλητοῦ λόγου poisson: ἀρχαί σχεδιασμοῦ

Οἱ αὐξημένες ἀπαιτήσεις γιὰ τὴν βέλτιστη ἀπόδοση τῶν σύγχρονων κατασκευῶν καὶ στοιχείων μηχανῶν σὲ συνδυασμὸ μὲ τὶς ἐξελίξεις στὴν ὑπολογιστικὴ μηχανικὴ καὶ στὴν τεχνολογία τῶν κατασκευῶν, καθιστοῦν σήμερα ἐφικτὴ τὴν βελτιστοποίηση ὑλικῶν καὶ κατασκευῶν. Ἡ φύση ἐξάλλου μᾶς διδάσκει ὅτι μονολιθικὰ μηχανικὰ συστήματα ἀποτελούμενα ἀπὸ ἰσότροπα καὶ ὁμογενῆ ὑλικά ἀπέχουν πολὺ ἀπὸ τὸ νὰ εἶναι βέλτιστα: δὲν ἔχει κάποιος παρὰ νὰ παρατηρήσει τὴν μορφή καὶ τὴν ἐσωτερικὴ δομὴ τῶν ὀστῶν γιὰ νὰ συνειδητοποιήσῃ πῶς περίπου μοιάζει ἓνα βέλτιστα σχεδιασμένο ὑλικό, τὸ ὁποῖον προῆλθε ἀπὸ βιολογικὲς διαδικασίες ἐξελίξεως διάρκειας πολλῶν αἰῶνων.

Οἱ σύνθετες κατασκευές καὶ τὰ ὑλικά ἐπιτρέπουν, σὲ κάποια ἔκταση, τὴν ἐφαρμογὴ τῶν ἀρχῶν τοῦ βελτίστου σχεδιασμοῦ γιὰ τὴν σύνθεση ἑνὸς συστήματος ποὺ ταιριάζει στὶς τιθέμενες ἀπαιτήσεις. Κατασκευές ποὺ ἐμφανίζουν μέχρι καὶ ἀρνητικὸ λόγο Poisson εἶναι ἐφικτές, παρόλο ποὺ σὲ πρώτη θεώρηση φαίνονται νὰ εἶναι ἐξωτικές. Σκοπὸς τῆς παρουσίας ἐργασίας εἶναι ἡ διερεύνηση τοῦ ἐλεγχόμενου, πιθανῶς ἀρνητικοῦ λόγου Poisson γιὰ κατασκευές καὶ μικροκατασκευές καὶ ἡ μελέτη τοῦ φαινομένου δ' ἀριθμητικῶν μεθόδων εἰς σύνθετα ὑλικά ἢ εἰς ὑλικά μὲ μικροδομὴ εἰσερχουσῶν γωνιῶν, μὲ τὴν βοήθεια μεθόδων ἀριθμητικῆς βελτιστοποίησεως καὶ τεχνικῶν προσομοιώσεως μὲ πεπερασμένα στοιχεῖα.

Τὰ σύνθετα ὑλικά, ὅπως ἀκριβῶς καὶ τὰ ἀνθρώπινα ὀστᾶ, δὲν ἔχουν ὁμογενῆ καὶ ἰσότροπη μικροδομή. Ἀκόμη καὶ ἂν στὸ ἐπίπεδο τῆς κατασκευῆς χρησιμοποιοῦνται μέθοδοι τῆς μηχανικῆς τῶν συνεχῶν σωμάτων γιὰ τὴν μηχανικὴ προσομοίωση, ἡ μικροδομὴ τοῦ ὑλικοῦ εἶναι ἡ ἰδιότητα ἐκεῖνη ἢ ὁποῖα ἐπιτρέπει τὸν ἔλεγχο τῶν μηχανικῶν χαρακτηριστικῶν τοῦ ὑλικοῦ καὶ τὴν τροποποίησή τους ἀνάλογα μὲ τὶς ἀνάγκες σχεδιασμοῦ. Μὲ τὴν χρῆση συγχρόνων τεχνικῶν βελτίστου τοπολογικοῦ σχεδιασμοῦ, μὲ χρῆση ὁμογενοποίησεως, ἀντιμετωπίζεται τὸ πρόβλημα τοῦ ἀναλυτικοῦ σχεδιασμοῦ τοῦ ὑλικοῦ (π.χ. ἡ κατάλληλη μικροδομή, τὰ ὑλικά κλπ.). Στὴν συνέχεια στὸ ἐπίπεδο τῆς κατασκευῆς χρησιμοποιοῦνται τεχνικὲς προσομοιώσεως μὲ κατάλληλους, ὀλικούς φαινομενολογικοὺς νόμους ἐλαστικότητος, ὅπως προκύπτουν ἀπὸ τὴν συνολικὴ μηχανικὴ συμπεριφορὰ τοῦ χαρακτηριστικοῦ κελύφους τοῦ ὑλικοῦ. Οἱ ἀρχές τῆς μικρο-μακρο-προσεγγίσεωςμποροῦν νὰ ἀναζητηθοῦν στὴν

προσομοίωση συνεχών κατασκευών με μοντέλα ελαστικών, πλαισιακών φορέων. Γενικώς προκύπτουν ὀρθότροπες ελαστικές σταθερές που συσχετίζονται με τις καμπτικές ἀκαμψίες τῶν στοιχείων που συνιστοῦν τὰ τοιχώματα τοῦ κελύφους ἢ, σὲ ἓνα πιὸ γενικὸ πλαίσιο, μετὴν τοπολογία τῆς μικροδομῆς (κέλυφος). Ἐπιπλέον, ἡ ελαστικὴ ἀστοχία σχετίζεται μετὸν ελαστικὸ λυγισμό τῶν μελῶν, ἡ πλαστικὴ ἀστοχία προσομοιάζεται μετὰ πλαστικές ἀρθρώσεις που ἐμφανίζονται στὰ μέλη καὶ ἡ ἀστοχία, μαζί μετὴν μετάβαση ἀπὸ ἰσχυρὰ σὲ θλίψη σὲ ἰσχυρὰ σὲ ἔλκυσμό συμπεριφορὰ μετὰ αὐξανόμενο πορῶδες, ἐξηγοῦνται ἐπίσης μετὰ παρόμοια μοντέλα.

Τὸ φαινόμενο τοῦ ἀρνητικοῦ λόγου Poisson ἔχει ἐπίσης ἐξηγηθεῖ μετὰ ὁμοιώματα ελαστικῶν πλαισίων μετὰ μηχανισμούς. Πρέπει ἐδῶ νὰ τονισθεῖ ὅτι ἡ ἀνισοτροπία καὶ ὁ μεταβλητὸς λόγος Poisson δύναται νὰ ἔχουν θετικὴ ἐπιρροή, μετὰξὺ ἄλλων στὰ χαρακτηριστικὰ ἀντοχῆς, στοὺς συντελεστὲς συγκεντρώσεως τάσεων καὶ στὴν ἀπόκριση ἀστοχίας τῆς κατασκευῆς. Εἰδικώτερον, ὑλικά μετὰ ἀρνητικὸν λόγον Poisson ἐπιτρέπουν τὴν μείωση τῶν συντελεστῶν συγκεντρώσεως τάσεων καὶ τὴν κατασκευὴ συνθέτων πλακῶν καὶ δοκῶν που ἐπιτρέπουν ὁμαλὴ ἐπεξεργασία τους μετὰ τεχνικὲς ψυχρῆς διαμορφώσεως (πρέσα). Ὅπως φαίνεται καὶ ἀπὸ τὴν σύντομη ἐπισκόπηση τοῦ πεδίου που παρατίθεται στὴν ἐργασία, εἶναι ἤδη γνωστὰ στὴν φύση ὑλικά μετὰ παρόμοια μηχανικὴ συμπεριφορὰ. Ἐπίσης κλασικὰ θερμοπλαστικά, ἀφρώδη πολυμερῆ χαμηλῆς πυκνότητος μετὰ ἀνοιχτὰ κελύφη ὀδηγοῦν σὲ ὑλικά μετὰ ἀρνητικὸν λόγον Poisson μετὰ ἀπὸ κατάλληλη θερμομηχανικὴ ἐπεξεργασία.

Στὴν παροῦσα ἐργασία ἡ ἐμφάνιση καὶ ἡ ἰκανότητα σχεδιασμοῦ ὑλικῶν μετὰ ἀρνητικὸν λόγον Poisson ἀποδεικνύεται μετὰ τὴν βοήθεια ἀριθμητικῶν παραδειγμάτων που ὑπελογίσθησαν μετὰ τὴν μέθοδο τῶν πεπερασμένων στοιχείων, γιὰ πορώδη ὑλικά μετὰ εἰσερχόμενες γωνίες καὶ διδιάστατες κελυφωτὲς (μικρο)κατασκευὲς μετὰ μὴ-κυρτὴ μορφή, ὅπως ἐπίσης καὶ γιὰ σύνθετα ὑλικά μετὰ ἀνάλογα ἐγκλωβίσματα μετὰ εἰσερχόμενες γωνίες. Μελετῶνται ἐπίσης διάφορες πτυχὲς τῆς βάσεως τοῦ σχεδιασμοῦ καὶ τοῦ ἀντιστρόφου προβλήματος σχεδιασμοῦ (διαμόρφωση). Ἡ μέθοδος τῆς ἀριθμητικῆς ὁμογενοποιήσεως μετὰ πεπερασμένα στοιχεῖα που χρησιμοποιεῖται γιὰ τὰ ἀριθμητικὰ παραδείγματα περιγράφεται μετὰ κάποια λεπτομέρεια ἐπίσης στὴν ἐργασία.

MECHANICS.— **The influence of the form of inclusion on the sign of Poisson's ratio of fiber composites**, by *Pericles S. Theocaris*, National Academy of Athens, *G. E. Stavroulakis*, Technical University of Crete, and *P. D. Panagiotopoulos**, Aristotle University of Thessaloniki, Greece.

ABSTRACT

Materials with specific microstructural characteristics and composite structures are able to exhibit negative Poisson's ratio. This result has been proved for continuum materials by analytical methods in previous works of the first author, among others[1]. Furthermore, it has been shown to be also valid for certain mechanisms, composites with voids, and frameworks, and has been recently verified for micro-structures optimally designed by the homogenization approach. For microstructures composed of beams it has been postulated that non-convex shapes (with re-entrant corners) are responsible for this effect [2]. In this paper it is numerically shown that mainly the shape of the re-entrant corner (non-convex, star-shaped) microstructure does influence the apparent (phenomenological) Poisson's ratio. The same is valid for continua with voids, or for composites with irregular shapes of inclusions, even if the individual constituents are quite usual materials. Elements of the numerical homogenization theory are reviewed and used for the numerical investigation.

1. INTRODUCTION

Composite materials present usually a certain non-homogeneous and isotropic microstructure. Only on the macroscale it is possible to accept these materials as quasi-homogeneous and according to the case and isotropic. By using the method of optimal topology design by numerical homogenization [1,2] a choice of the appropriate quantities for the constituents of the microstructure was achieved on the respective characteristic unit-cell. The origin of this micro-macro approach can be traced back to the modelling of elastic

* Π. ΘΕΟΧΑΡΗΣ, Γ. Ε. ΣΤΑΥΡΟΥΛΑΚΗΣ, Π. Δ. ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ.— 'Η έπιρροή τής μορφής του έγκλεισματος εις τὸ πρόσημο του λόγου Poisson σέ ισοπλισμένα σύνθετα υλικά.

framework in continuous structures [3,4]. By this procedure the overall elastic moduli of the anisotropic structure can be evaluated through the stiffnesses of the members composing the unit-cell walls.

Applying these ideas it is further possible to explain the appearance of negative Poisson's ratios and their effects on the behaviour of the structure [3-7]. It has been recently shown that, by an appropriate selection of the anisotropic properties of the material, or the structure, and especially, by varying its values of Poisson's ratios, a beneficial effect on their strength characteristics and particularly by a reduction of the stress concentration factors due to geometric discontinuities of the structures can be achieved [9-12]. In particular, the advantages of using materials with negative Poisson's ratio have been already appreciated since they permit, among others, a reduction of the stress concentration factors and the production of layered composite panels and beams, which allow for smooth treatment by cold metal forming processes [13,14].

In this paper ways for designing materials with negative Poisson's ratios will be indicated, based on configurations of arrays of inclusions with polygonal shapes with re-entrant corners. These non-convex two-dimensional cellular microstructures, where the inclusions are made of a material of lower moduli than the moduli of the matrix of the structure, are convenient to create composites with negative Poisson's ratios of different amounts, depending on the ratio of the moduli of the constituents of the composite, as well as on the shape of the inclusions. It has been shown in this paper, by applying methods of numerical analysis, that, while the choice of the material properties of the individual constituents of the composite does not influence significantly this effect, the shape of the star-shaped microinclusions is mainly responsible for this phenomenon.

2. TRUE BOUNDS OF POISSON'S RATIOS IN ANISOTROPIC BODIES

The positiveness of the stiffness \mathbf{C} , and the compliance \mathbf{S} , tensors in anisotropic materials imposed by thermodynamic principles, based on the fact that the elastic potential should remain always a positive quantity, and the positive definiteness of these two tensors for any anisotropic material implies that the following four eigenvalues of the minimum polynomial for \mathbf{S} to be expressed by [15]:

$$\lambda_1 = \frac{1+\nu_{23}}{E_{23}} = \frac{1}{2G_{23}} \quad \lambda_2 = \frac{1}{2G_{12}} = \frac{1}{2G_{13}}$$

$$\lambda_3, \lambda_4 = \frac{(1-\nu_{23})}{2E_{23}} + \frac{1}{2E_{12}} \pm \left\{ \left(\frac{1-\nu_{23}}{2E_{23}} - \frac{1}{2E_{12}} \right)^2 + \frac{2\nu_{12}^2}{2E_{12}^2} \right\}^{1/2} \quad (1)$$

The above values for the four roots of the minimum polynomial for S are simplified expressions for the transversely isotropic body where the 2, 3-principal directions correspond to the transverse plane of symmetry of the material, so that $E_{12} = E_{13}$ and $\nu_{12} = \nu_{13}$. From the above relationships (1) and for positiveness of E_{23} and G_{23} one finds easily for the components of Poisson's ratios ν_{23} and $\nu_{12} = \nu_{13}$ the expressions [16,17]:

$$(\nu_{23}) < 1 \quad \text{and} \quad |\nu_{12} = \nu_{13}| < \left(\frac{(1-\nu_{23}) E_{12}}{2E_{23}} \right)^{1/2} \quad (2)$$

It should be pointed out and emphasized that positiveness of the elastic potential is guaranteed only when both above inequalities hold, fact which has been sometimes overlooked in the literature and has led to inaccurate conclusions [17]. Then, for orthotropic solids the following system of relations must hold [17]:

$$|\nu_{12}| < \left(\frac{E_{11}}{E_{22}} \right)^{1/2}, \quad |\nu_{23}| < \left(\frac{E_{22}}{E_{33}} \right)^{1/2}, \quad |\nu_{13}| < \left(\frac{E_{11}}{E_{33}} \right)^{1/2} \quad (3)$$

and

$$2\nu_{12}\nu_{23}\nu_{13} \frac{E_{33}}{E_{11}} < \left(1 - \nu_{12}^2 \frac{E_{22}}{E_{11}} - \nu_{23}^2 \frac{E_{33}}{E_{22}} - \nu_{13}^2 \frac{E_{33}}{E_{11}} \right) \quad (4)$$

For the transversely isotropic body these relations reduce to the simpler ones:

$$|\nu_{12}| = |\nu_{13}| < \left(\frac{E_{11}}{E_{22}} \right)^{1/2}, \quad \nu_{23} < 1 \quad (5)$$

and

$$\nu_{12}^2 \nu_{23} < \left[(1-\nu_{23}^2) \frac{E_{11}}{2E_{22}} - \nu_{12} \right] \quad (6)$$

It can be readily derived from these relations that the inequalities (4) or (6) are more restrictive and severe than the respective inequalities (3) or (5) and therefore they are the relationships which should be considered for evaluating limits of variation of Poisson's ratios in composites. Application of these relationships may then protect the researcher from admitting excessive bounds for this important mechanical property (see for example the excessive value for $\nu_{23}=1.97$ given in ref. [17] for the transverse Poisson's ratio of some particular composite).

For the isotropic elastic materials the bounds of Poisson's ratio values are reduced to the well known limits varying between -1.0 and +0.5. The right-side limit corresponds to incompressible materials with the rubbery materials and especially polymers approaching this limit. The negative values for Poisson's ratio appear in special substances and especially those presenting weak values for the bulk modulus and strong values for their respective shear modulus. The lower limit of the negative unit is an extreme value, which may be achieved only in very special structures of substances. In all other cases the possibility of the appearance of a negative Poisson's ratio, at least in one direction of loading, is not excluded from the theory of general anisotropic elasticity. Instances of this effect will be reviewed in this section [18,19].

Thus, single crystals with a polygonal structure at the atomic level are reported to have negative Poisson's ratio along some directions of loading. Such materials are reported to be the cadmium [20], the single crystal of pyrite [21] and the lattice structured pyrolytic graphite [22]. On the other hand, thermomechanically treated low density open-cell thermoplastic polymeric foams are materials, which eventually exhibit negative Poisson's ratio. It is of interest to remark that such materials are usually porous and have a spongy nature, with a lot of voids and a complicated microstructure. From the microstructural picture of the latter materials, which exhibits non totally convex cells, containing also cells with re-entrant corners, a number of microstructures and mechanisms have been proposed for an explanation and the study of this effect [13, 23-25]. However, these examples are not actually materials which can be found in normally, in applications but, as manufacturing technology and micromechanics attain a higher level of development, the possibility of constructing materials with this microstructures as prototypes grows continuously. On the other hand, it should be remarked that almost all structures in living creatures are practically composed by a combination of such materials.

Cellular microstructures composed of beams have been used with success for the modelling of linear and nonlinear elastic properties of two-dimensional and three-dimensional cellular materials or honeycombs; the results correlated well with experimental measurements [3,4,7]. It should be noted that experience gathered up-to-now indicates that all usual materials and composites with positive values for Poisson's ratio should be formed from units containing exclusively or predominantly convex cells, whereas foamy materials with very high porosity with non-convex cells presenting re-entrant corners, are convenient to create substances with negative Poisson's ratio [3, 14, 23].

The importance of creating materials with negative Poisson's ratio has been recognized with respect to modern structural analysis applications especially in the aerospace industry. It was recognized that, these materials should normally have a very high shear modulus relatively to their respective bulk modulus. This is appreciated, if the material is used in a sheet or beam form, as it is actually the case in most structural applications, where materials having a high shear modulus than a high bulk modulus are beneficial [14]. Moreover, the deformation patterns of elastic structures made of this kind of materials generally differ from the ones made of classical materials (see ref. [13] for a detailed description). This latter effect requires a new way of thought for the design of structural elements of structures, but at the same time, opens new possibilities for applications. For example, a sandwich panel or beam with core made of this new material will exhibit a dome-like double curvature on flexure, fact which allows an improved cold metal-forming treatment for the production of shells from initially plane panels, thus reducing the stress concentration factors which, in turn, enhance the crack and fatigue strength of structures.

3. A NUMERICAL HOMOGENIZATION METHOD FOR ADAPTING NEGATIVE EFFECTIVE POISSON'S RATIOS

From a series of experimental results on foams with re-entrant corner cells (e.g.[23]) and from the relevant results by applying the numerical homogenization theory (e.g. [2]), it can be shown that we may construct microstructures with an adjustable mechanical behaviour, which exhibit positive or negative Poisson's ratio. For the study of the overall mechanical properties of these materials we assume that they are periodic, i.e. the same microstruc-

tural pattern is repeated for the whole area of a structure. We assume moreover that the overall mechanical behaviour of the material can be described by the classical elasticity relations. In this framework the homogenization problem is posed as follows: *find the elasticity constants of the continuous model which lead to the same mechanical behaviour as the one of the material with the periodic microstructure.*

To this end a detailed analysis of a representative material cell is performed and a best fit method is followed, as it will be shown in the numerical examples later-on in this paper. The possibility to adjust the overall mechanical properties by changing either the geometric, or the material properties of the microstructure constitutes the inverse (optimal) design problem: *find a microstructure for which the material has a given (or optimal in some sense) mechanical behaviour.*

Let us assume a representative unit-cell of the periodic structure, which for simplicity is considered to be two-dimensional (see Fig. 1). Let the unit cell be orthogonal with dimensions equal to L_1 and L_2 along the two coordinate axes and let it occupy the area Ω with boundary Γ . The boundary is composed of the complementary and non-overlapping parts $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma'_1$ and Γ'_2 (i.e. $\Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \Gamma'_1 \cup \Gamma'_2 = \Gamma, \Gamma_1 \cap \Gamma_2 = \emptyset$ etc). A unit cell of the real structure (case II in Fig. 1) and a unit cell with the same dimensions of the sought homogeneous structure (case I in Fig. 1) are considered. The cells I and II are subjected to the three unit prestresses:

$$\begin{array}{lll} \text{case (1):} & \sigma_1 = 1, & \sigma_2 = 0, & \sigma_3 = \tau_{12} = \tau_{21} = 0, \\ \text{case (2):} & \sigma_1 = 0, & \sigma_2 = 1, & \sigma_3 = \tau_{12} = \tau_{21} = 0 \\ \text{case (3):} & \sigma_1 = 0, & \sigma_2 = 0, & \sigma_3 = \tau_{12} = \tau_{21} = 1 \end{array} \quad (7)$$

as it is shown in Fig. 1.

The solution of cell I for these load cases can be based on simple engineering mechanics relations, due to the assumption that the dimensions of the periodic cell are small with respect to the dimensions of the structure.

For the cell II a finite-element method is employed for the solution of the above static analysis problems. Moreover, the following periodicity restraints, which result from technical mechanics considerations, are taken into account (as multipoint constraints) in the above described problems:

-For problems 1 and 2 displacements on boundaries Γ_1, Γ'_1 along the horizontal direction 1 are the same,

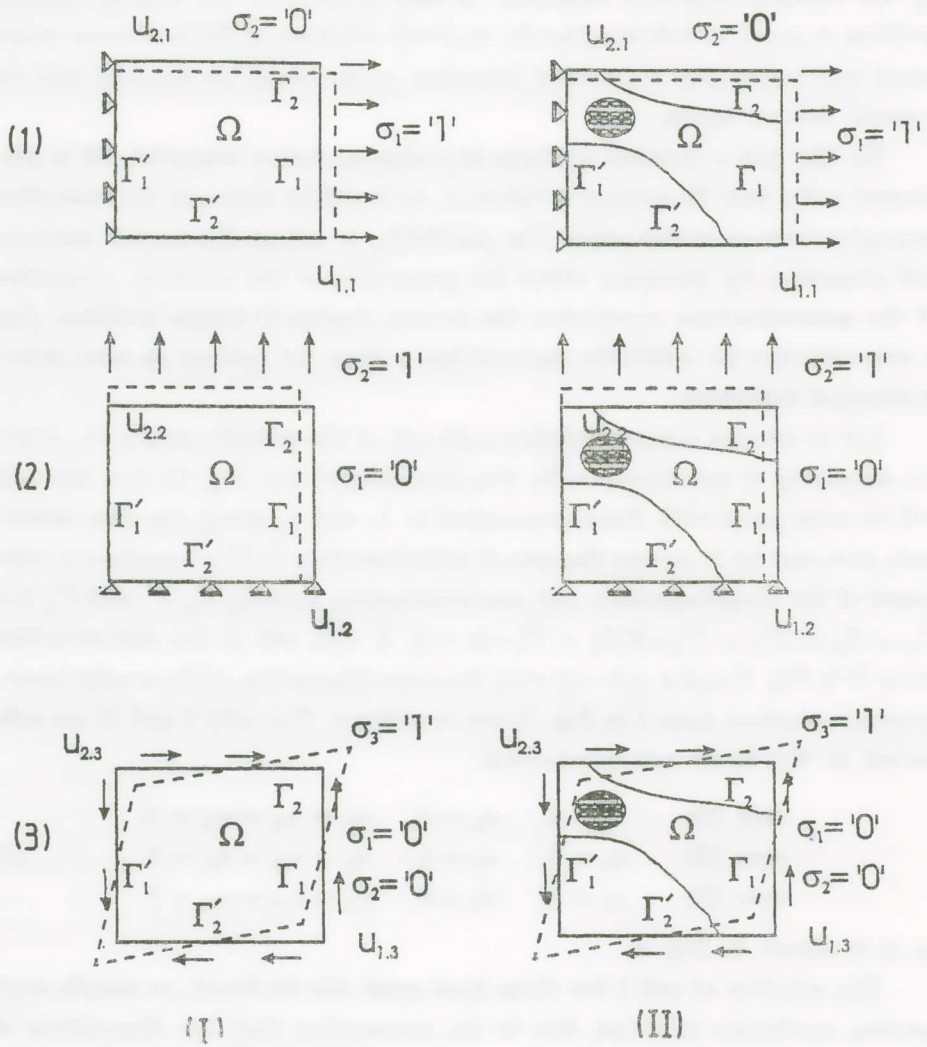


Fig. 1. Elements of the numerical homogenization technique for a unit-cell. Case (I) the homogeneous cell. case (II) the real structure cell. Problems (1) (2) and (3) indicate loading modes of the respective cells.

-For problems 1 and 2 displacements of boundaries Γ_2, Γ'_2 along the vertical direction 2 are the same, and

-For problem 3, boundaries $\Gamma_1, \Gamma'_1, \Gamma_2$ and Γ'_2 remain straight lines after deformation.

The essence of the energy-based numerical homogenization method is that the parameters of the homogeneous cell I are appropriately chosen, so that it has the same deformation energy with the cell of the real structure (cell II), if both are subjected to the same deformation patterns, which should respect the periodicity assumptions, i.e. they are periodic for the whole structure.

If the parameters, which define the mechanical behaviour of the cell I (e.g. the elasticity constants) are gathered up in the design vector α , the numerical homogenization method can be described by the following identification problem:

Find α as a solution of the optimization problem:

$$\min_{\alpha \in A_{ad}} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 w_i \left\{ \prod_{in}^{I(i)} (e^{(i)}, \alpha) - \prod_{in}^{II(i)} (e^{(i)}) \right\}^2 \quad (8)$$

Here A_{ad} is the admissible set for the material parameters of the homogenized cell, i runs over all independent periodic deformation patterns $e^{(i)}$, which are considered, w_i are appropriate weights, which transform the multi-objective optimization problem into a classical one, with a cost function as in (8), superscript I or II stands for the quantities of cell I or II respectively and Π_{in} is the internal energy of the considered structure.

The identification problem (8) can be solved, either by classical numerical optimization techniques, or by neural-network based methods, as presented in ref. [26]. Here we use a simple procedure, which is based on the optimality criteria method for the solution of a certain class of problems (8). This method avoids the formulation and the solution of large scale optimization problems, and if it can be used, it is considered to be suitable for structural analysis applications [1].

Let us assume for simplicity here that all w_i 's are equal to one. Moreover we assume that the homogenized unit cell I obeys the classical isotropic elasticity relations, i.e. we have that [17].

$$e = \begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & 0 \\ -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2(1-\nu)}{E} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \tau_{12} \end{Bmatrix} = K_0 \sigma \quad (9)$$

The design vector α is chosen as: $\alpha = [\alpha_1, \alpha_2]^T = [1/E, -\nu/E]^T$.

The internal energy is expressed by $\int_{\Omega} \sigma^T e \, d\Omega$ for all $i = I, II$, $j = 1, 2, 3$, where Ω is the area of the considered cell. For simplicity we assume here that $A_{ad} = R^2$.

Under the above assumptions problem (8) reads:

$$\min_{\alpha \in R^2} \left\{ \frac{1}{2} \int_{\Omega} \left\{ (\sigma^{I(1)T}(\alpha) e^{I(1)}(\alpha) - \sigma^{II(1)T} e^{II(1)})^2 + (\sigma^{I(2)T}(\alpha) e^{I(2)}(\alpha) - \sigma^{II(2)T} e^{II(2)})^2 + \right. \right. \\ \left. \left. + (\sigma^{I(3)T}(\alpha) e^{I(3)}(\alpha) - \sigma^{II(3)T} e^{II(3)})^2 \right\} d\Omega \right\} \quad (10)$$

For the assumed unit stresses (7) and the elasticity relations (9) we get for the unit cell I that:

$$\begin{aligned} e_1^{I(1)} &= \alpha_1 \sigma_1^{I(1)} = \alpha_1 & e_2^{I(1)} &= \alpha_2 \sigma_1^{I(1)} = \alpha_2 \\ e_1^{I(2)} &= \alpha_2 \sigma_2^{I(2)} = \alpha_2 & e_2^{I(2)} &= \alpha_1 \sigma_2^{I(2)} = \alpha_1 \\ e_3^{I(3)} &= 2(\alpha_1 - \alpha_2) \sigma_3^{I(3)} = 2(\alpha_1 - \alpha_2) \end{aligned} \quad (11)$$

with all other components equal to zero.

Relations (11) and (7) written for the cell I are used in (10).

Moreover, the virtual work equality for the cell II reads:

$$\int_{\Omega} \sigma^{II(j)T} e^{II(j)} \, d\Omega = \int_{\Omega} S^{II(j)T} u^{II(j)} \, d\Gamma, \quad j = 1, 2, 3 \quad (12)$$

for all given unit stresses of (7) (i.e. $S^{II(1)} = 1$ on $\Gamma_1, S^{II(1)} = 0$ on Γ_2, Γ'_2 etc).

Finally, the optimality conditions for (10) are written by means of (11).
Find a_1, a_2 , such that:

$$\int_{\Omega} \left(\alpha_1 - \sigma^{\text{II}(2)\text{T}} e^{\text{II}(2)} \right) d\Omega \frac{\partial \alpha_1}{\partial \alpha_1} + \int_{\Omega} \left(2(\alpha_1 - \alpha_2) - \sigma^{\text{II}(3)\text{T}} e^{\text{II}(3)} \right) d\Omega \frac{\partial (2(\alpha_1 - \alpha_2))}{\partial \alpha_2} = 0 \quad (13)$$

$$\int_{\Omega} \left(2(\alpha_1 - \alpha_2) - \sigma^{\text{II}(3)\text{T}} e^{\text{II}(3)} \right) d\Omega \frac{\partial (2(\alpha_1 - \alpha_2))}{\partial \alpha_2} = 0 \quad (14)$$

By using (12), the area-integrals are transformed into boundary integrals. Thus, we get the following optimality conditions:

«Find a_1, a_2 such that:

$$\left(\alpha_1 l_1 l_2 - u_1^{\text{II}(1)} l_2 \right)_1 + \left(\alpha_1 l_1 l_2 - u_2^{\text{II}(2)} l_1 \right)_1 + \left(2(\alpha_1 - \alpha_2) l_1 l_2 - \int_{\Omega} \sigma^{\text{II}(3)\text{T}} e^{\text{II}(3)} \right)_2 = 0 \quad (15)$$

$$\left(2(\alpha_1 - \alpha_2) l_1 l_2 - \int_{\Omega} \sigma^{\text{II}(3)\text{T}} e^{\text{II}(3)} \right) (-2) = 0 \quad (16)$$

Variable a_1 (the elastic modulus E) results from (14) and (15):

$$\alpha_1 = \frac{u_1^{\text{II}(1)} l_2 + u_2^{\text{II}(2)} l_1}{2 l_1 l_2} \quad (17)$$

Variable a_2 (the Poisson ratio ν) may now be calculated either from (16), or from the elasticity relations (11), which have been assumed to hold true.

Analogous relations can be extracted for the more general case, where the homogeneous model I is assumed to obey the orthotropic elasticity relations, or to general anisotropic elasticity relations [2].

4. THE INVERSE PROBLEM OF DEFINING A MATERIAL WITH GIVEN HOMOGENIZED ELASTIC CONSTANTS

The aim of this chapter is to formulate and implement a procedure to define linear elastic materials with prescribed constitutive parameters and presenting a periodic micro-structure, such as fiber composites. Such materials are prone to be defined for their macroscopic behaviour by effective average elastic constants, through an analysis of the micro-structure represented by unit representative cells. Then, the inverse homogenization problem can be formulated analogously to the direct problem of the previous section. We make here the same assumptions and we consider again the cells I and II and the unit stresses (1) ÷ (3) of Fig. 1.

Now the «homogeneous» cell I is given, i.e. relations (9) are valid and the elastic constants are known and constitute the goal of the optimal design problem. On the other hand, the *real* cell II may now be modified by means of a certain number of design parameters, which are summed up in the design-vector β . For instance, either elasticity constants of various constituents in a composite structure, or the shape of the inclusions in a reinforced composite, or the type and the shape of the microstructure, may be considered as design variables, by an appropriate choice of the elements of vector β .

By an analogous reasoning to the one used in the previous section, the optimal design problem reads (cf. (8)):

Find β as a solution of the optimization problem:

$$\min_{\beta \in B_{ad}} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 w_i \left\{ \prod_{in}^{I(i)} (e^{(i)}) - \prod_{in}^{II(i)} (e^{(i)}, \beta) \right\}^2 \quad (18)$$

Here B_{ad} is the admissible set for the design variables β and all other quantities are defined after problem (8).

As with problem (8), problem (18) can be solved by means of various methods. A detailed presentation of the solution of this homogenization problem is not undertaken here in this paper, since the method is well established and known. The reader may consult refs. [2], [27] and [28] among others, for analogous recent studies.

Since in the inverse problem it is asked to construct materials with designated properties, it is expected that a number of differently composed bodies may exhibit the same mechanical behaviour. Then, it is chosen for a practical stand-point the goal to construct the simplest material with the given parameters, thus solving an optimization problem, whose cost function must be minimized. If this cost function should be the weight of the structure, then the constraints are expressed by the constitutive parameters to be satisfied and the design variables should define the composition and the topology of the body.

Since the composite materials are periodic structures, they are described by a representative unit-cell, which constitutes the smallest repetitive unit of material, and a calculation of the effective moduli of the substance can be obtained by analyzing only the unit-cell. Considering that the typical composite is a complicated microstructure, an analytic approach for the determination of the properties of the material is rather impossible, and, therefore, a finite-element based numerical method is better suitable, due to its simplic-

ity. Here we are using the homogenization procedure in terms of element mutual energies, which renders the inverse problem better suited for optimization. Then, the optimization problem is formulated as a multiple load minimum weight problem and solved by a modified version of the optimality criterion method proposed in ref. [29].

Since with fiber reinforced materials we are concerned with the general constitutive laws in two dimensional linear elasticity, we consider a case of a particular type of microstructure consisting of a star-shaped inclusion with re-entrant corners, as it is indicated in Fig. 2, and it is related with materials

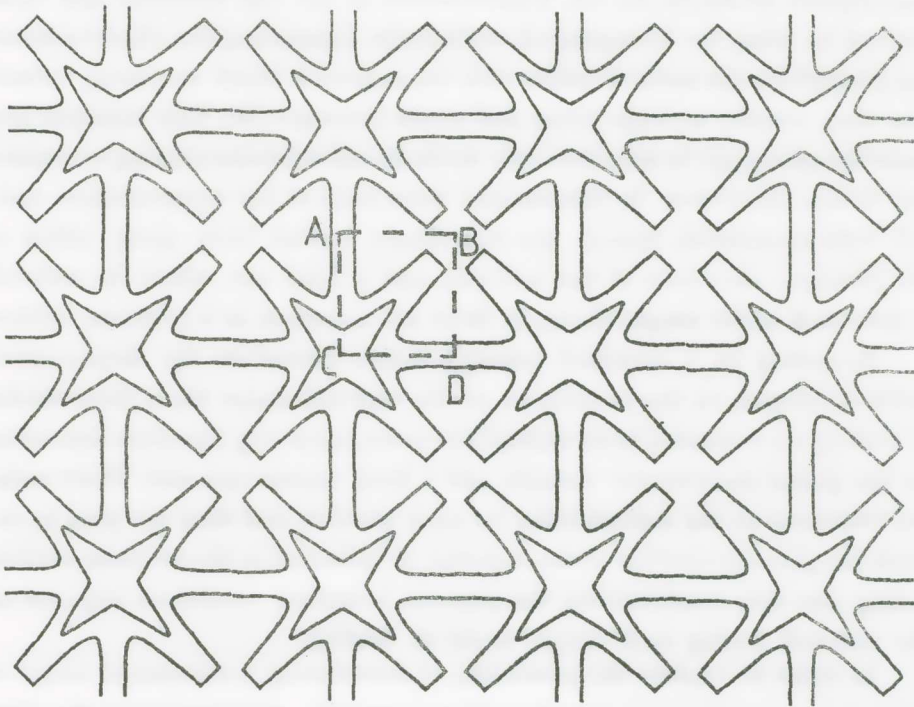


Fig. 2. A periodic fiber-reinforced composite with star-shaped encapsulated inclusions.

of a specific microstructure, which can be modelled by means a truss-like cell. The principal analogue of this example comes from a foamed porous material. Indeed, the truss structure may be a continuum with holes, with the provision for an analytic solution of the problem that none of the holes does intersect the cell boundaries. However, this constraint may be relaxed for the case

of a solution based on numerical analysis, provided that the appropriate boundary conditions of the examined cases were conveniently defined. Then, the homogenization relationships can be solved by a finite element approach, for which the individual bars in the truss-like cell are considered as continuum elements, with two modes disposing only of a certain longitudinal stiffness and zero-shear stiffness. In this way the same software, which is used in finding the homogenized coefficients for the truss-like structure, yields also the continuum-like material. Figure 3 presents a periodic composite material with star-shaped inclusions convenient for developing negative Poisson's ratio.

The described asymptotic homogenization procedure provides rigorous convergence estimates for the displacements of the real structure and those derived by using the homogenized coefficients. Concerning the effective material properties, the method tallies with the approach based on energy principles that, employ average stress and strain theorems [30]. This technique presents the advantage to use effectively methods and solutions existing for trusses and similar structures. In this method three tests of the representative unit-cell were considered, namely the two simple tension tests along either of the principal directions of the unit-cell, and a third one, where the unit-cell is deformed under simple shear, as these are described in a previous section.

According to a standard homogenization procedure the displacement fields developed on the boundaries of the unit-cell under these three modes of loading are expanded in an asymptotic series, involving functions depending on the global macroscopic variable and a local microscopic one. These series are truncated to the desired order for each problem and they are used to express the global properties of the material, as indicated in the previous section, taking also into consideration the periodic boundary conditions imposed on the unit-cell during each simple mode of loading.

In order to explore the possibility of introducing a convenient shape of cross-sections of the inclusions in a fiber composite, contributing to the creation of a negative value for the transverse Poisson's ratio of the composite, we examine the case of the truss-like structure under the form of a convex star, created by a number of beams and rods, whose principal analogy derives from open foam and porous materials. It is indeed anticipated that, in order that a porous material presents negative Poisson's ratio, its porosity should be rather high and the material should be classed in the open-foam materials. We start our investigation with the convex shaped-beam cell of Fig. 2.

The microstructure of the material produced by this cell is schematically shown in Fig. 3. By using the numerical homogenization concepts of section four we model the unit-cell of Fig. 2 by means of two-dimensional beam finite elements, we consider fixed-end boundary conditions (support) at point 1 and a unit load in the horizontal direction applied at point 7. For the above-described cell, with geometric dimensions as in Fig. 2, we assume that the beams have a cross-section equal to unity, a moment of inertia equal to 1000, and they are made of an elastic material with elastic modulus equal to $E=1000$. For various values of the shear modulus G and for a shear factor equal to 0.3 (resp. to 0.9) the (phenomenological) elastic modulus E , and Poisson's ratio, ν , as they are calculated by the numerical homogenization theory, are plotted in Figs. 4a and b respectively, for low values of the shear modulus G of the structure varying between $G=100$ and $G=1000$. For higher values of the shear modulus G , varying between $G=1000$ and $G=10^4$, the variation of E and ν is plotted in Figs. 5a, b respectively.

From the above results a negative Poisson's ratio effect is clearly demonstrated. One should nevertheless underline here that the above parametric investigation is extrapolated outside the range of mechanically admissible values for the material constants, in order to give a better visualization of the sought dependence between Poisson's ratio and structural constants for a given cell geometry. In fact, a value of $G=333.30$ corresponds to a beam material with $\nu=0.5$, which leads to a Poisson's ratio for the microstructure equal to -0.2815 for a material with shear factor equal to 0.3, whereas, for a material with shear factor equal to 0.9, the respective value for Poisson's ratio is equal to -0.1538 for the low range of variation of G ($100 \leq G \leq 1000$). However, a value $G=1000$ corresponds to a beam material with $\nu=-0.5$, which leads to a Poisson's ratio for the microstructure equal to -0.1524 for a low shear factor 0.3 and equal to $\nu=-0.0120$ for a high shear factor. These results indicate that the shape and the geometry of the microstructure and not the material constants of its elements are mainly responsible for a negative Poisson's ratio.

The influence of the shape of the inclusions will be studied subsequently. For this purpose we consider five different shapes and orientations of inclusions, whose forms and orientation are indicated in Fig. 6. Indeed, from the shape of a square cell type of Fig. 3 with four re-entrant sides, whose angles

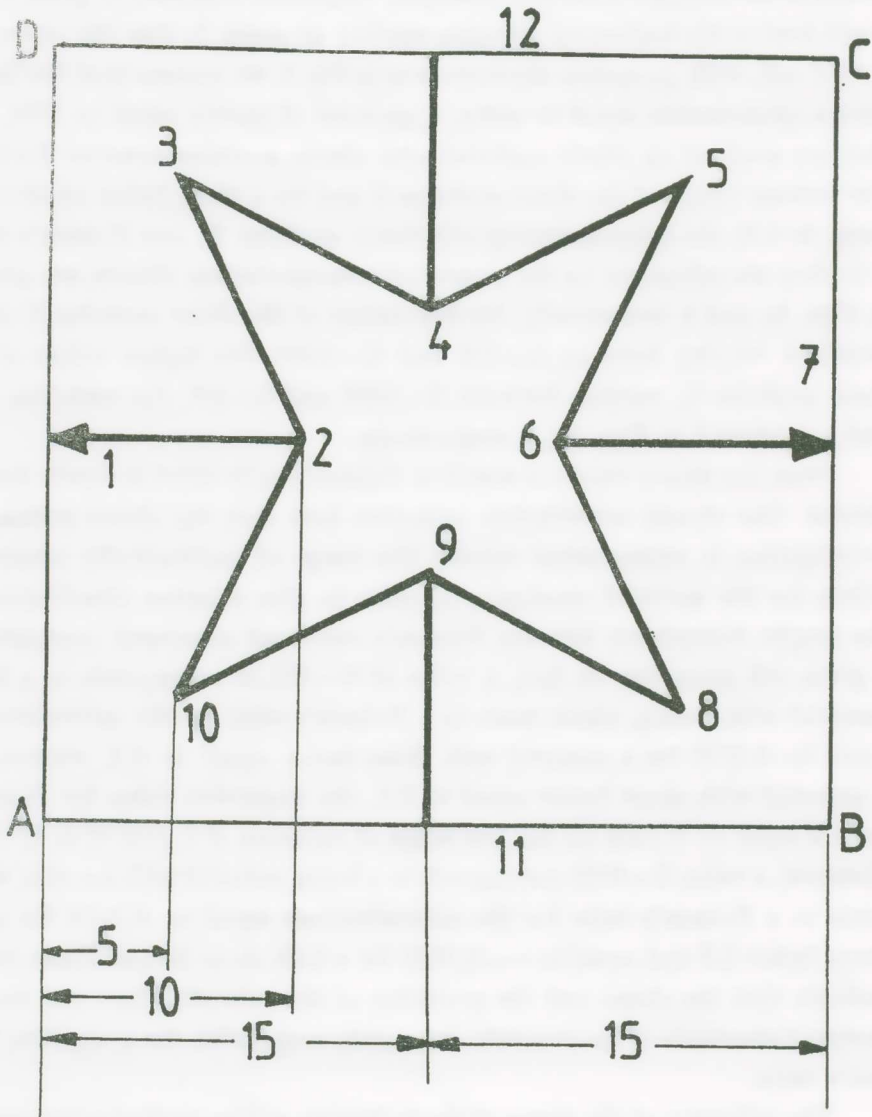


Fig. 3. A star-shaped two-dimensional beam-like cell with re-entrant corners simulating the unit cell of Fig. 2. Finite element discretization and mode numbering.

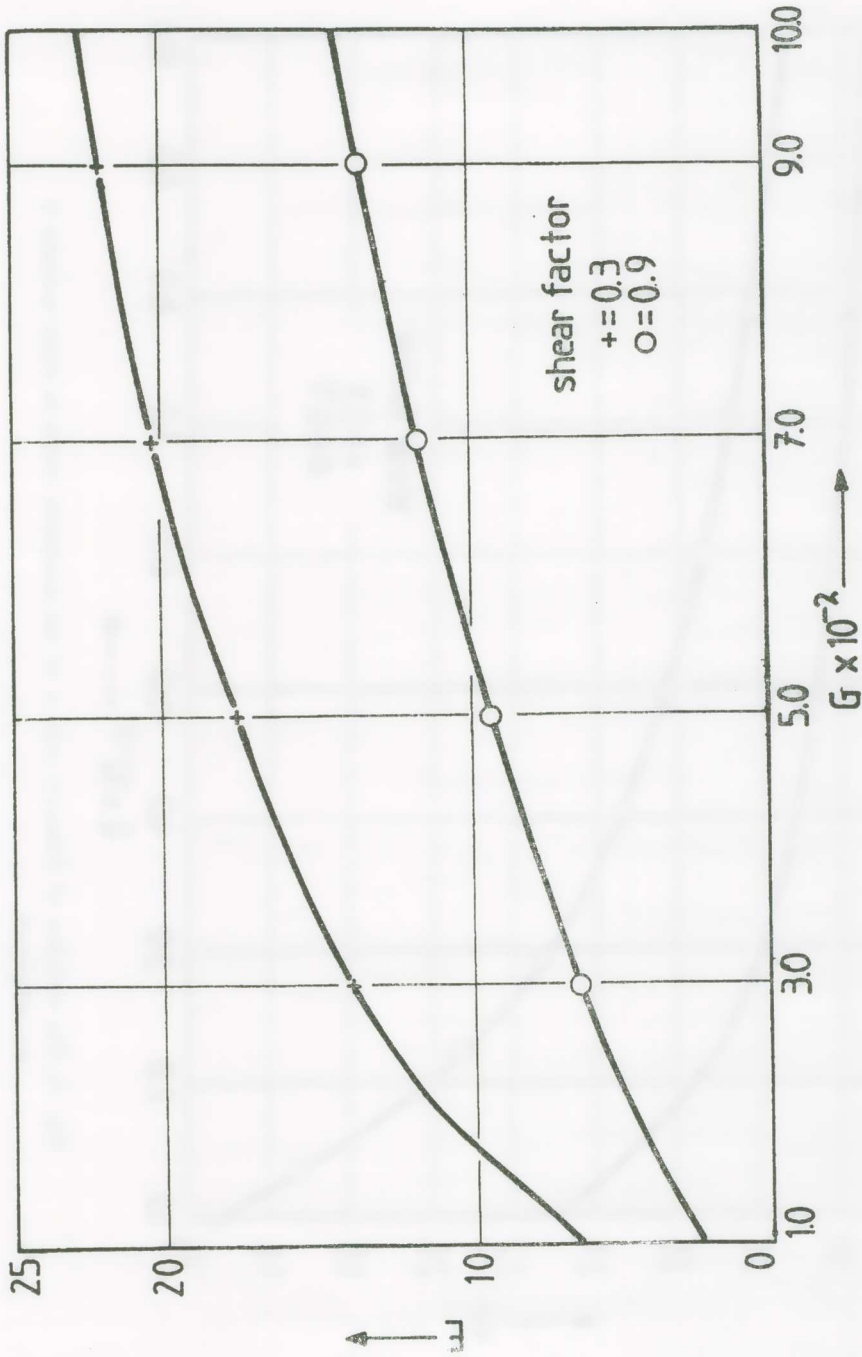


Fig. 4a. The variation of the elastic modulus E of the composite versus its shear modulus G for $100(G < 1000$

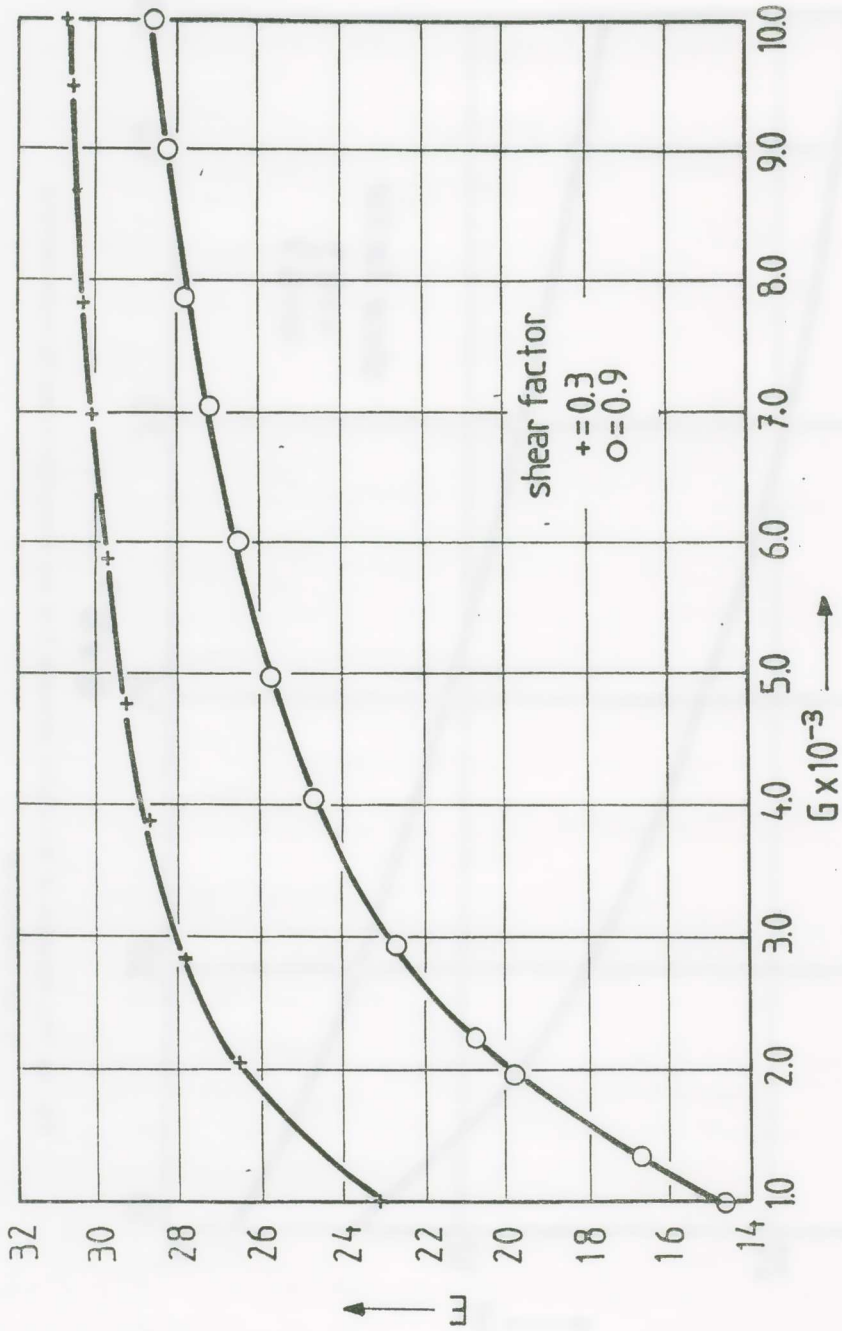


Fig. 4b. The variation of Poisson's ratio ν of the composite versus its shear modulus G for $10^3 \nu G < 10^4$

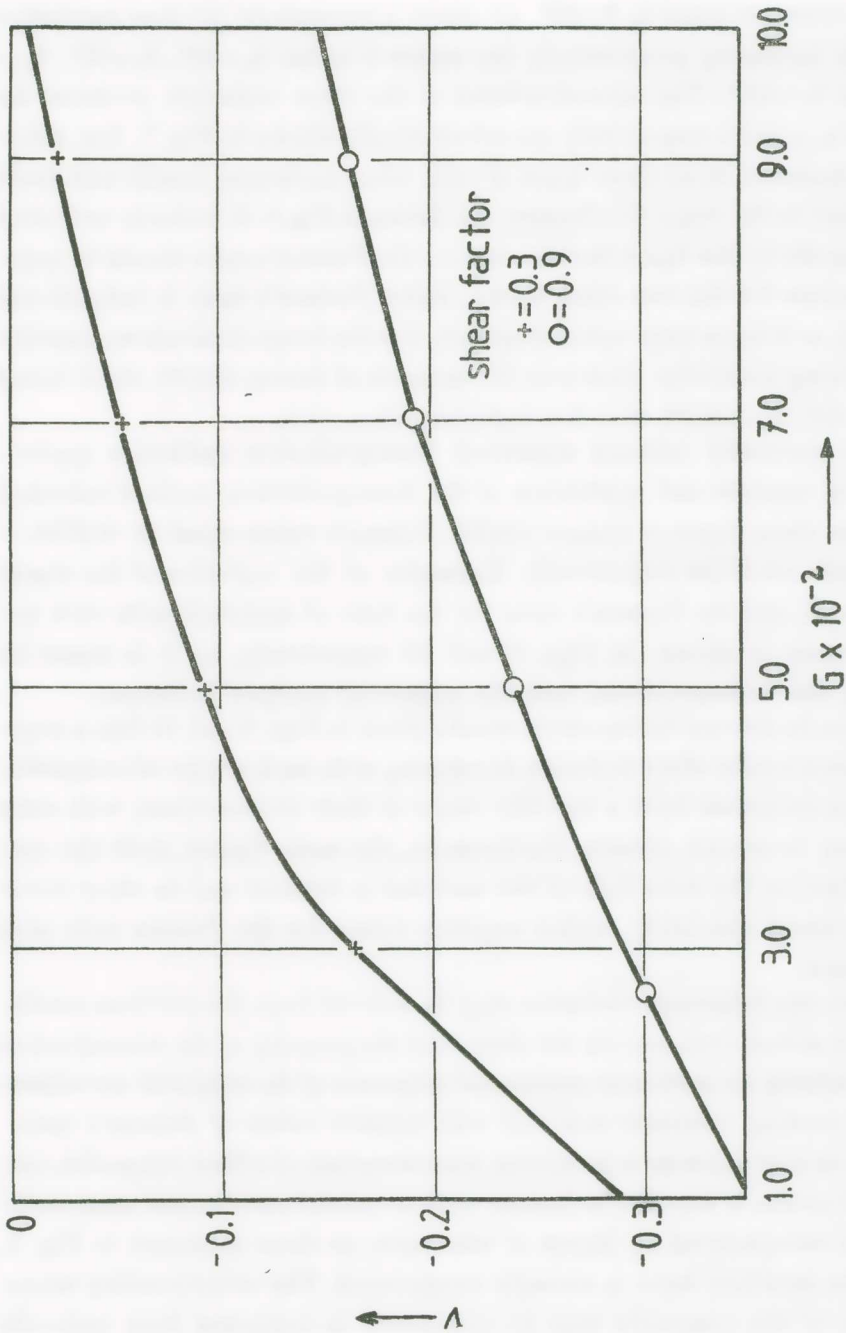


Fig. 5a. The variation of Poisson's ratio ν of the composite versus its shear modulus G for $100(G/1000)$.

at its corners are equal to $\theta=36^\circ$, we create progressively the four successive forms by increasing progressively the angles θ to be: $\theta_b=61^\circ$, $\theta_c=90^\circ$, $\theta_d=134^\circ$ and $\theta_e=180^\circ$. The microstructures of the three materials produced by the cells a, c and e respectively are schematically shown in Fig. 7. The deformation modes of these three types of cells, when horizontal tensile unit-loads are applied to the respective frames, are shown in Fig. 8. It is clearly indicated schematically in this figure that for case (a) the Poisson's ratio should be negative, whereas for the two other modes, either Poisson's ratio is insignificant (case (c)), or it takes large values (case (e)). For the beam-elements we consider the following constants: cross-area 50, moment of inertia 416.66, shear factor 0.9, $E=10^6$, $G=333.30$, that is a material with $\nu=0.5$.

The previously outlined numerical homogenization method is applied. Numerical analysis and application of the homogenization method indicated that these three types of frames exhibit Poisson's ratios equal to -0.2715 , $+0.2928$ and $+0.40134$ respectively. Examples of the variation of the elastic modulus, E , and the Poisson's ratio for the type of materials with such microstructures is shown in Figs. 9 and 10 respectively, as it is found by applying the homogenization and the numerical analysis technique.

It can be derived for the above results given in Figs. 9 and 10 that a negative Poisson's ratio effect is clearly developing with such a type of composite, where the inclusions have a star-like shape of their cross-sections, with sides containing re-entrant corners. Furthermore, the same figures yield the conclusion that, as the ratio G/E of the material is reduced and its shear factor is also reduced absolutely, higher negative values for the Poisson ratio may be attained.

Then, the following conclusion may be derived from the previous results. It can be stated that: *mainly the shape and the geometry of the microstructure and secondarily the particular mechanical properties of the composite are responsible for creating composite materials with negative values of Poisson's ratio.*

Let us now examine a particular microstructure of a fiber composite, consisting of arrays of star-like inclusions with re-entrant corners and these inclusions are encapsulated by layers of interfaces, as those indicated in Fig. 2, where the interface layer is strongly exaggerated. The corresponding microstructure of the composite may be considered as composed from unit-cells corresponding to the squares ABCD of Fig. 2, whose finite-element discretization is shown in Fig. 11.

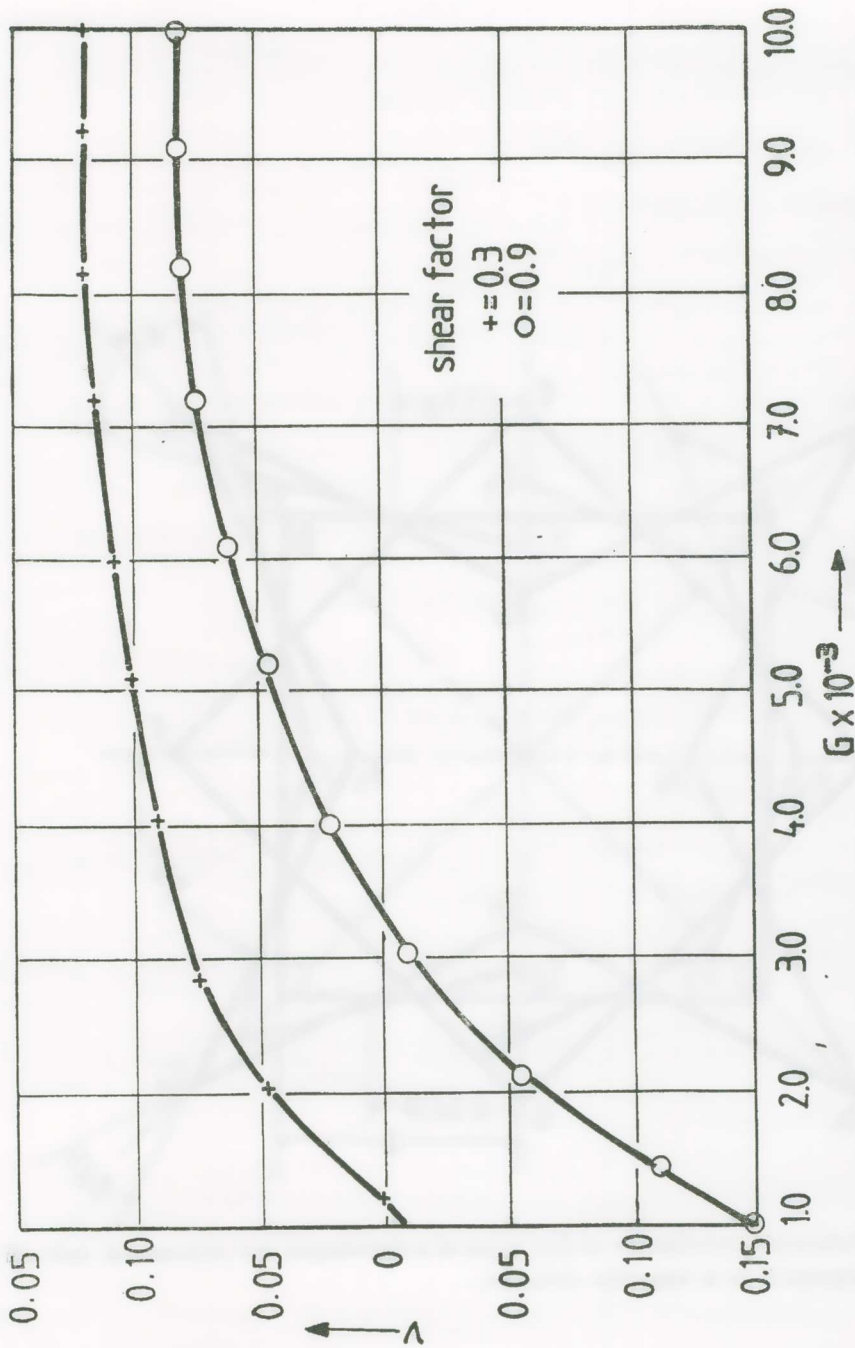


Fig. 5b. The variation of Poisson's ratio ν of the composite versus its shear modulus G and for $10^3 \langle G \rangle 10^4$.

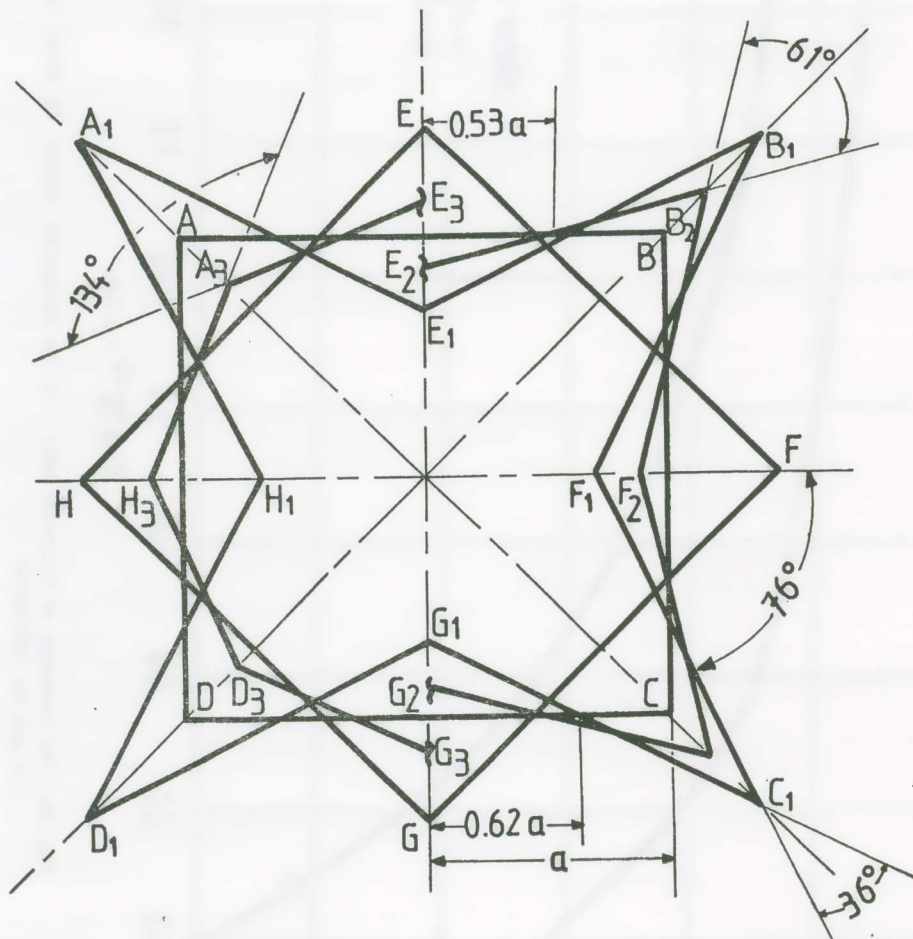


Fig. 6. Parametric investigation of five types of a star-shaped two dimensional unit cell expressed as a truss-like structure.

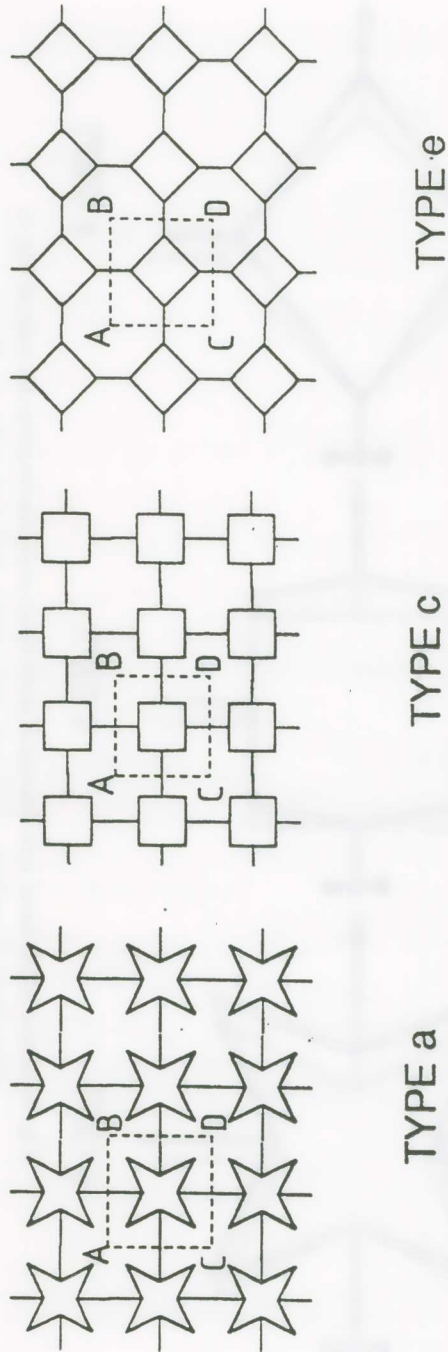


Fig. 7. Three types of microstructures produced by the unit-cells (a), (c) and (e) of Fig. 6.

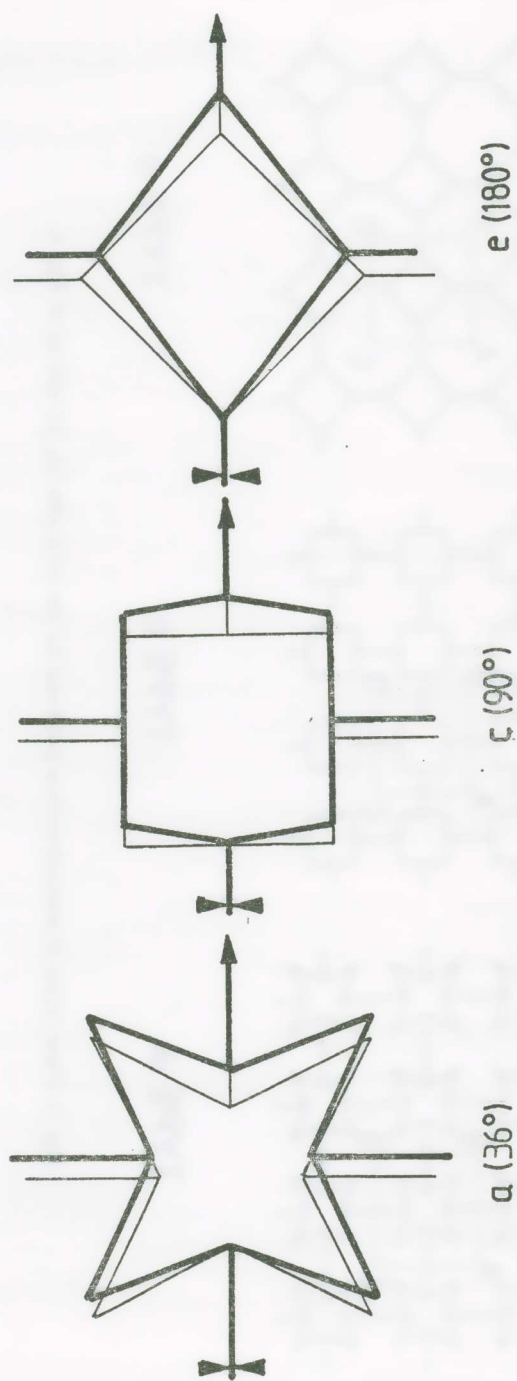


Fig. 8. Initial (thin lines) and deformed (solid lines) configurations for the cells of Fig. 7.

The effect of negative, near zero, and positive Poisson's ratio are shown.

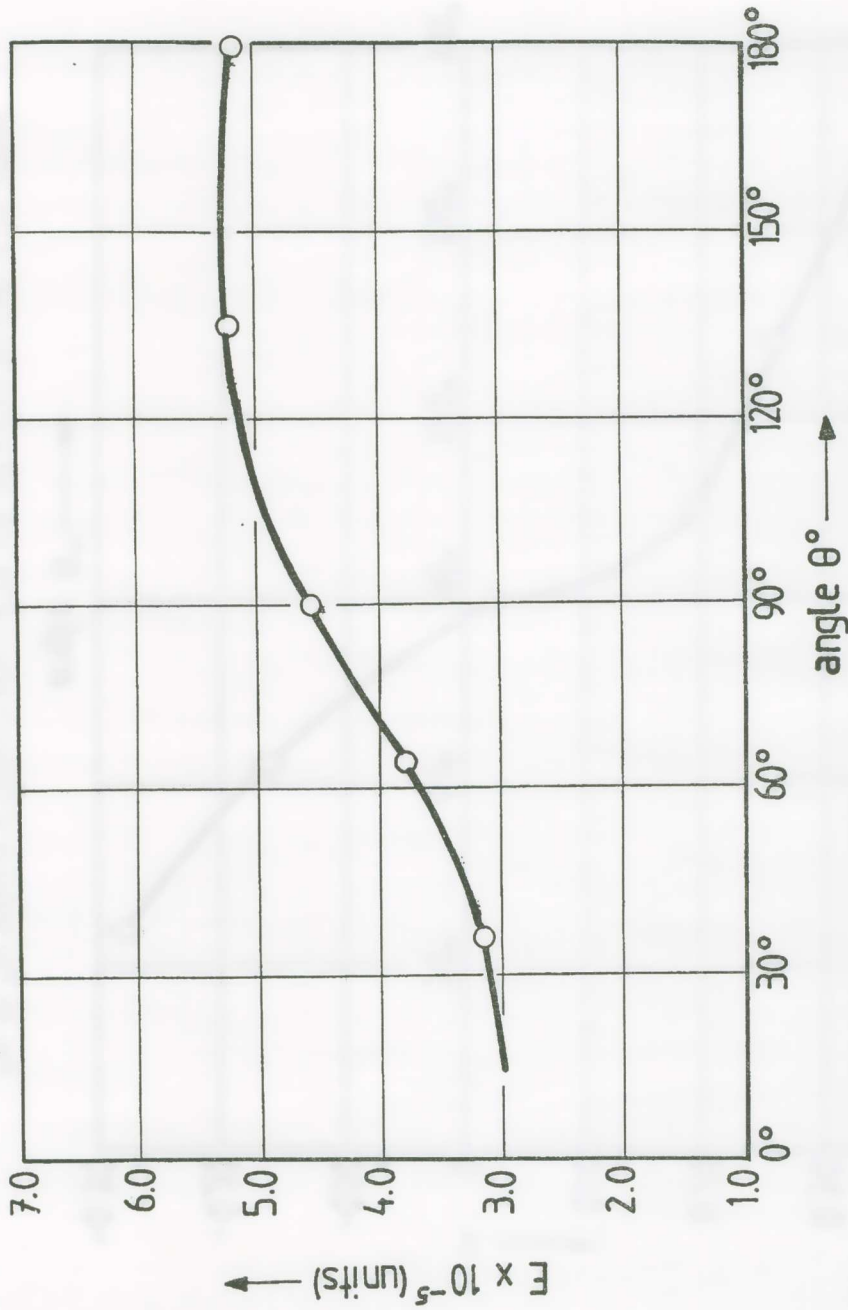


Fig. 9. The variation of the elastic modulus E of the unit cell versus the angle of the corners of the star shaped inclusions.

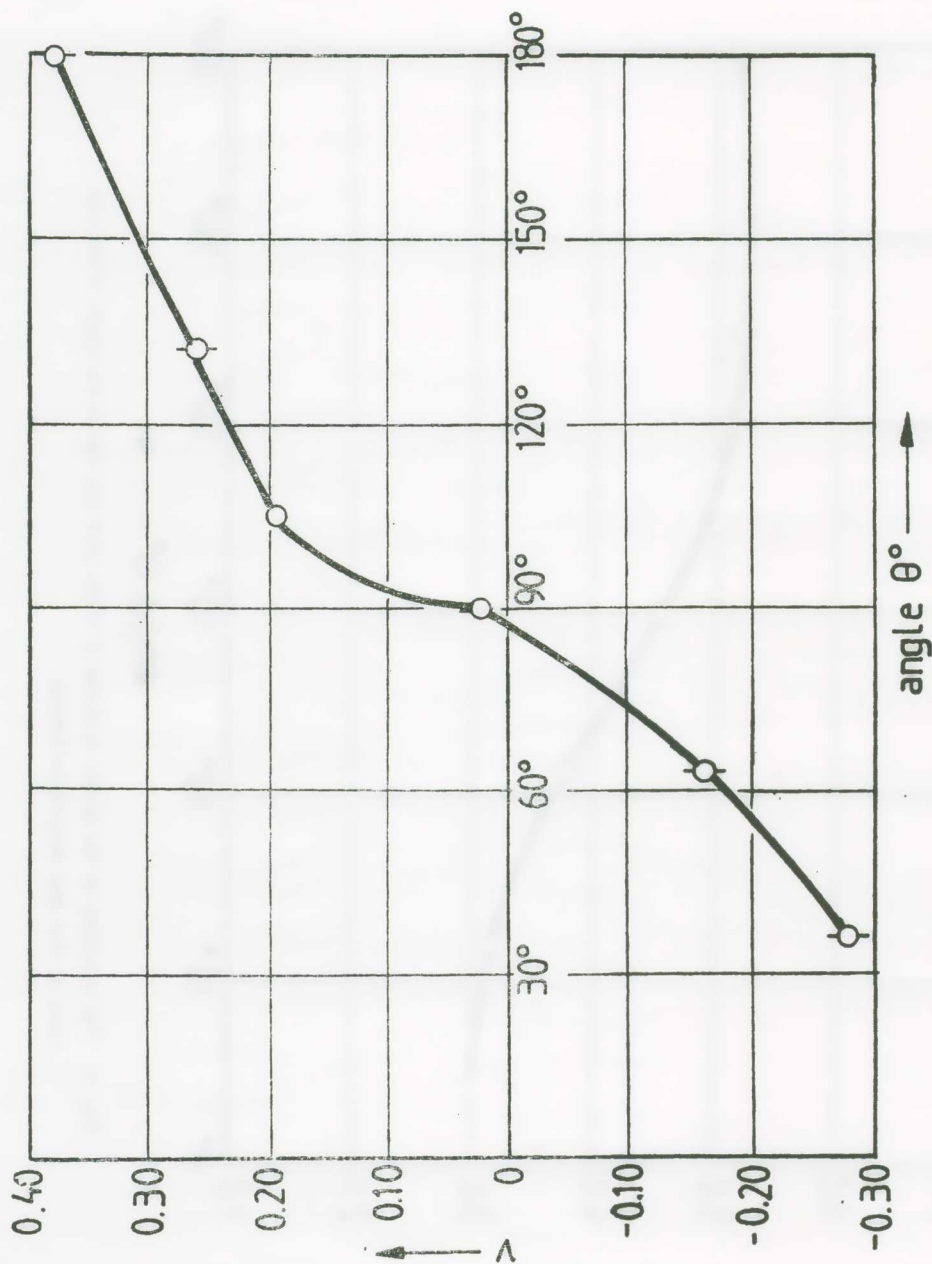


Fig. 10. The variation of Poisson's ratio ν of the unit cell v versus the angle of the corners of the star shaped inclusions.

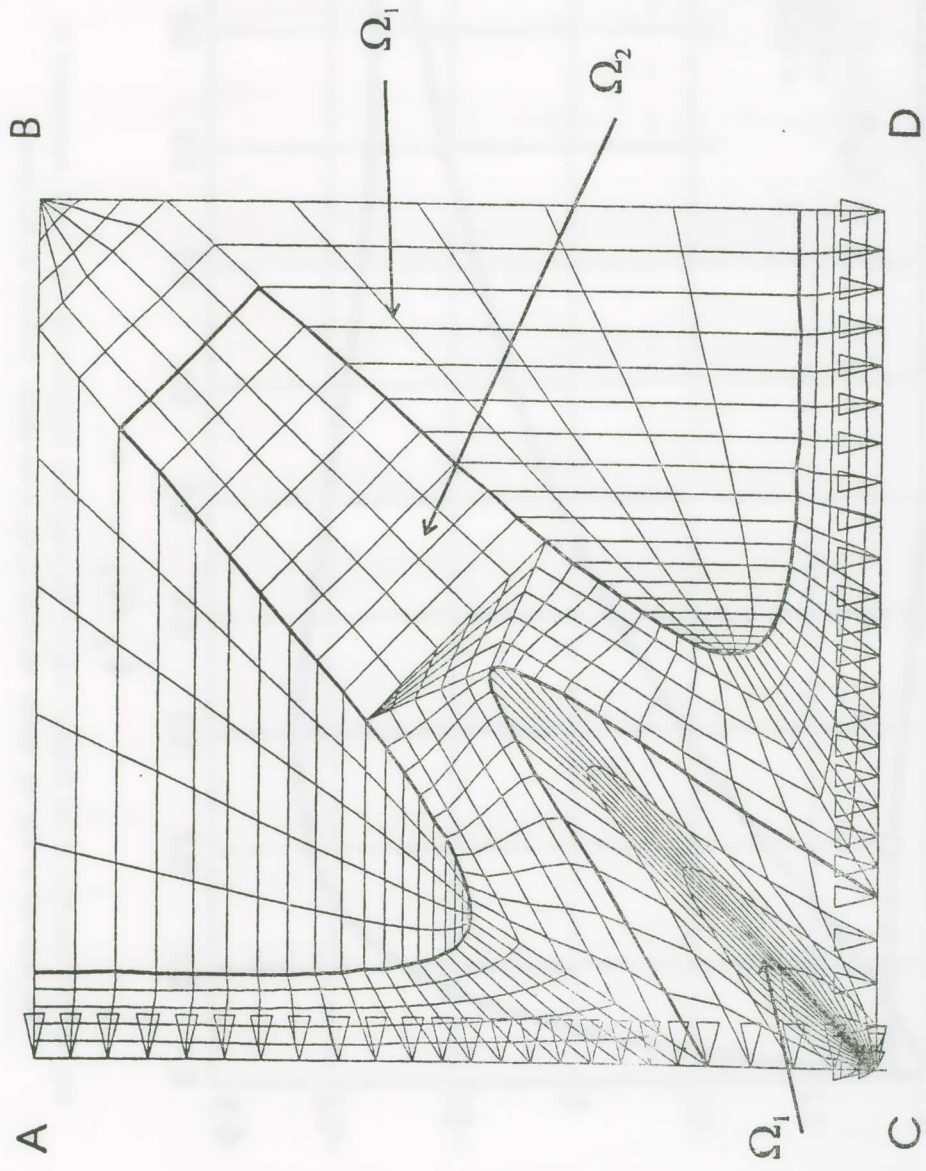


Fig. 11. Finite element model for the analyzed unit cell of Fig. 2.

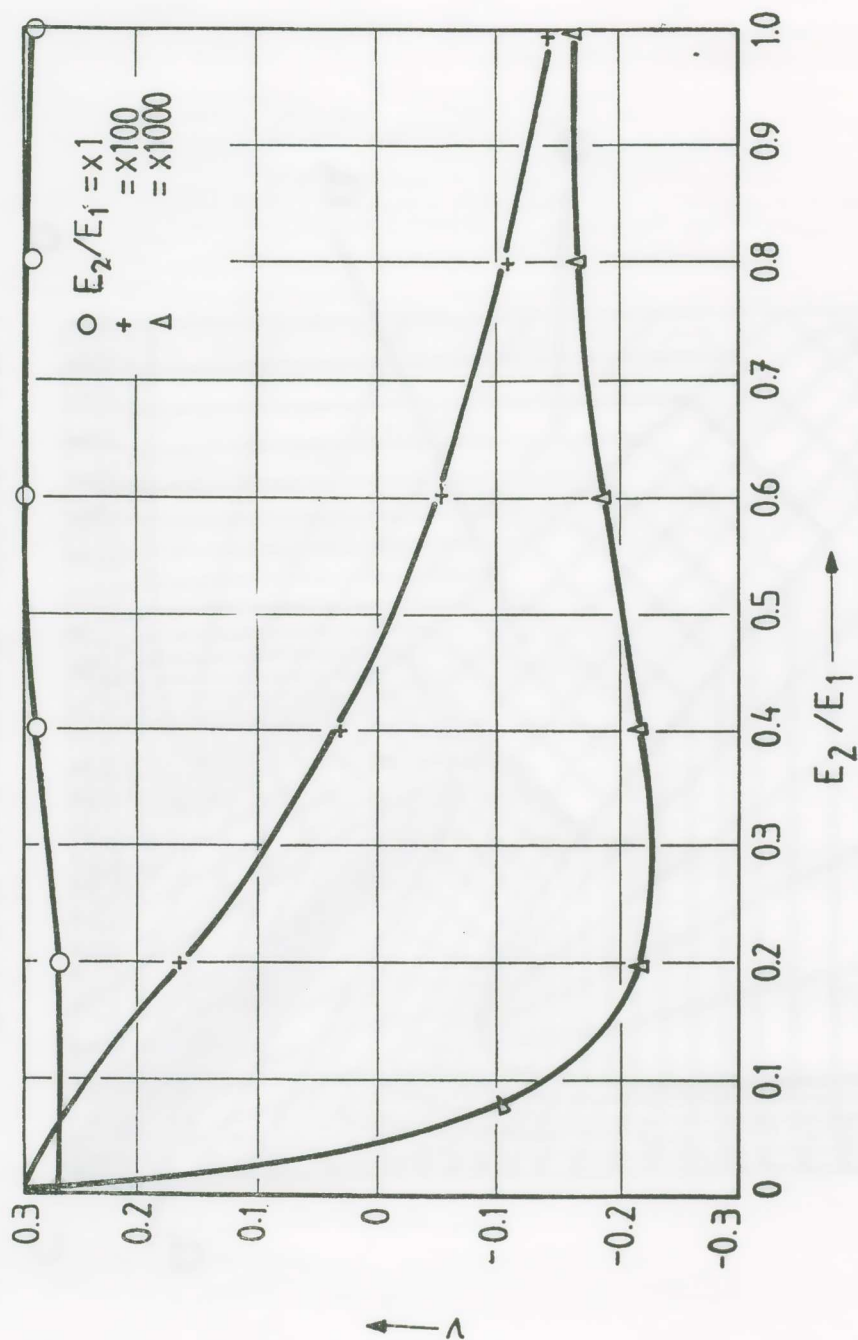


Fig. 12. The variation of the Poisson ratio of the composite indicated by Fig. 2 and represented by the unit-cell of Fig. 11, versus the ratio E_1/E_2 of the elastic moduli of the phases.

For the respective isotropic material, which occupies the region Ω_1 (matrix) of the composite, we consider an elastic modulus $E_1=100$ and Poisson's ratio $\nu_1=0.3$. For the material of the region Ω_2 , that is the reinforcement of the composite, we consider $\nu_2=0.30$ and several values for E_2 , from a weak material with $E_2=10$ to a very strong one with $E_2=10^5$. The dependence of Poisson's ratio of the composite from the ratio E_2/E_1 is presented in Fig. 12, where it is clear that for low values of the ratio E_2/E_1 (lower than $E_2/E_1 < 46$) the Poisson ratio of the structure remains positive and above this limit this material parameter becomes negative.

ACKNOWLEDGMENTS

The research programme presented in this paper was supported from the National Academy of Athens Research Fund, under the code No. 200/294. The authors acknowledge this generous support. The numerical calculations have been performed on a HP 755 computer at the Institute of Steel Structures of the Aristotle University of Thessaloniki, Greece. Finally, the authors are indebted to Mrs. Anna Zografaki for the typing and printing of the manuscript, as well as for the drawing of its figures.

R E F E R E N C E S

1. G.I.N. Rozvany, *Structural design via optimality criteria. The Prager approach to structural optimization*. Kluwer Academic, Dordrecht, 1989.
2. O. Sigmund, Materials with prescribed constitutive parameters: an inverse homogenization problem. *Int. Jnl. Solids and Structures*, **31(17)**, (1994) 2313-2329.
3. A. G. Kolpakov, Determination of the average characteristics of elastic frameworks, *Prikl. Matem. Mehan.*, **49(6)**, (1985) 969-977.
4. L. J. Gibson, M. F. Ashby, F. R. S. G.S. Schajer, C.I. Robertson, The mechanics of twodimensional cellular materials., *Proc. Royal Society London*, **A382** (1982), 25-42.
5. K. Evans, Tensile network microstructures exhibiting negative Poisson's ratios., *Jnl. Phys. D: Appl. Phys.* **22** (1989), 1870-1876.
6. G. W. Milton, Composite materials with Poisson's ratio close to -1. *Jnl. Mech. Phys. Solids*, **40(5)**, (1992), 1105-1137.
7. L. J. Gibson, M. F. Ashby, F. R. S., The mechanics of two-dimensional cellular materials., *Proc. Royal Society London*, **A382** (1982), 43-59.
8. P. S. Theocaris, Th. P. Philippidis, Stress distribution in orthotropic plates with coupled elastic properties. *Acta Mechanica*, **80(2)**, (1989), 95-111.

9. P. S. Theocaris, Failure criteria for weak-axis quasi-isotropic woven-fabric composites, *Acta Mechanica*, **95**(1), (1992), 69-86.
10. P. S. Theocaris, The elliptic paraboloid failure criterion for cellular solids and brittle foams, *Acta Mechanica*, **89**(2), (1991), 93-121.
11. P. S. Theocaris, Failure modes of closed cell polyurethane foams, *Int. Jnl. of Fracture*, **4** (1992), 353-375.
12. P. S. Theocaris, The beneficial influence of matrix anisotropy in fiber composites. *Acta Mechanica*, **97**(3-4), (1993), 127-139.
13. R. S. Lakes, J. B. Park, E. A. Friis, Materials with negative Poisson's ratios: Dependence of properties on structure, *Proc. Am. Soc. of Composites, Third Tech. Conference: Integrated Composites Technology*, Technomic Publ. Co. Inc. Lancaster, Basel (1988) 527-533.
14. K. Evans, Tailoring the negative Poisson's ratio, *Chemistry and Industry*. (Oct. 1990) 654-657.
15. P. S. Theocaris, Th. P. Philippidis, Elastic eigenstates of a medium with transverse isotropy, *Archives of Mechanics (Archiwum Mekhanikii Stosowanej)*, **41**, (1989) 717-724.
16. P. S. Theocaris, Th. P. Philippidis, True bounds on Poisson's ratios for transversely isotropic solids, *Int. Jnl. of Strain Analysis*, **27**(1) (1992) 43-44.
17. R. M. Jones, *Mechanics of composite materials*, Scripta Book Co., Washington and McGraw Hill Intern., 1975.
18. R. F. Almgren, An isotropic three-dimensional structure with Poisson's ratio = -1., *Jnl. of Elasticity*, **15** (1985), 427-430.
19. J. A. Rinde, Poisson's ratio for rigid plastic foams, *Jnl. of Applied Polymer Science*, **14** (1970), 1913-1926.
20. Y. Li, The anisotropic behaviour of Poisson's ratio, Young's modulus and shear modulus in hexagonal materials, *Phys. Stat. Sol. (a)*, **38**, **171** (1976), 171-175.
21. A. E. Love, *A treatise on the mathematical theory of elasticity*, Dover, N. York, fourth edition, 1944.
22. A. M. Garber, Pyrolytic materials for thermal protection systems, *Aerospace Engng.* (Jan 1963) 126-137.
23. R. Lakes, Foam structures with a negative Poisson's ratio, *Science*, **235** (1987), 1038-1040.
24. E. A. Friis, R. S. Lakes, J. B. Park, Negative Poisson's ratio polymeric and metallic foams, *Jnl. of Materials Sciences*, **22** (1988), 4406-4414.
25. B. D. Caddock, K. E. Evans, Microporous materials with negative Poisson's ratios: I Microstructure and mechanical properties, *Jnl. Phys. D: Appl. Phys.* **23** (1989) 1877-1882.
26. P. S. Theocaris, P. D. Panagiotopoulos, Neural networks, for computing in fracture mechanics. Methods and prospects of applications, *Computer methods in Applied Mechanics and Engineering*, **106** (3). (1993), 213-228.
27. O. Sigmund, Design of material structures using topology optimization. Danish Center for Applied Mathematics and Mechanics, Technical Univ. of Denmark, *Report No.* 502, June 1995.

28. J. M. Guedes, N. Kikuchi, Reprocessing and Postprocessing for materials based on the homogenization method with adaptive finite element methods, *Comp. Meth. Appl. Mech. Engng.*, **83** (1990), 143-198.

29. M. Zhou, G. I. N. Rozvany, DCOC: an optimality criteria method for large systems Part. I: Theory, *Struct. Optimization*, **5** (1), (1993), 12-25.

30. Z. Hashin, Analysis of composite materials- A Survey, *Jnl. Appl. Mech.*, **50** (1983), 484-505.

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Ἡ ἐπιρροή τῆς μορφῆς τοῦ ἐγκλείσματος εἰς τὸ πρόσημο τοῦ λόγου Poisson σὲ Ἴνο-πλισμένα σύνθετα ὑλικά

Ἵλικά μὲ ἰδιάζοντα χαρακτηριστικά μικροδομῆς καὶ σύνθετες κατασκευές μποροῦν νὰ ἐμφανίσουν ἀρνητικὸν λόγον Poisson, ὅπως ἔχει ἀποδειχθεῖ μὲ ἀναλυτικὰς μεθόδους γιὰ συνεχῆ ὑλικά. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ἐμφανίζεται καὶ σὲ μηχανισμούς, σὲ πορώδη ὑλικά καὶ σὲ πλαισιακὰς (μικρο)-κατασκευές καὶ ἔχει προσφάτως ἐπιβεβαιωθεῖ καὶ σὲ βέλτιστα σχεδιασμένες μικροκατασκευές μὲ τὴν βοήθεια τῆς μεθόδου τῆς ὁμογενοποιήσεως.

Μὲ χρῆση τῶν μεθόδων τοῦ βελτίστου τοπολογικοῦ σχεδιασμοῦ καὶ μὲ χρῆση ἀριθμητικῆς ὁμογενοποιήσεως, μπορεῖ νὰ καθορισθεῖ ἡ ἐπιλογή τῶν καταλλήλων ποσοτήτων τῶν συστατικῶν ὑλικῶν καὶ ἡ ὀλικὴ ἐλαστικὴ μηχανικὴ συμπεριφορὰ συνθέτου κατασκευῆς μὲ λεπτομερῆ ἀνάλυση τοῦ ἀντιπροσωπευτικοῦ κελύφους τῆς. Ἡ διαδικασία αὐτὴ μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθεῖ καὶ γιὰ τὴν μελέτη τῆς ἐμφάνισεως ἀρνητικοῦ λόγου Poisson σὲ σύνθετα ὑλικά καὶ τὴν ἐπιρροή τῶν διαφόρων παραμέτρων σχεδιασμοῦ τοῦ συνθέτου ὑλικοῦ ἐπὶ τοῦ ἐξεταζομένου φαινομένου.

Γιὰ μικροκατασκευές ἀποτελούμενες ἀπὸ δοκοὺς ἔχει γίνῃ ἡ ὑπόθεση ὅτι μὴ κυρτὰ σχήματα (μὲ εἰσερχόμενες γωνίες) γιὰ τὰ ἐγκλωβίσματα ἢ τοὺς πόρους προκαλοῦν τὸ φαινόμενο ποὺ μελετᾶται. Εἰς τὴν παροῦσα ἐργασία ἀποδεικνύεται ἀριθμητικῶς ὅτι κυρίως τὸ σχῆμα τῆς (μὴ κυρτῆς, ἀστεροειδοῦς) μικροδομῆς μὲ εἰσερχόμενες γωνίες ἐπηρεάζει τὸν φαινόμενον λόγον Poisson. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ γιὰ πορώδη ὑλικά ἢ γιὰ σύνθετα ὑλικά μὲ ἀκανόνιστα σχήματα ἐγκλωβισμάτων, ἀκόμη καὶ ἂν καθένα συστατικὸ τους ἐμφανίζει τελείως κλασικὴ μηχανικὴ ἀπόκριση. Στοιχεῖα ἀπὸ τὴν θεωρία τῆς ἀριθμητικῆς ὁμογενοποιήσεως, ὅπως χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν ἀνακοίνωση παρουσιάζονται ἐν συντομίᾳ καὶ χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴν ἀριθμητικὴ διερεύνηση ποὺ παρατίθεται καὶ ἐρευνᾶται στὴν παροῦσα ἐργασία.

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 23ΗΣ ΜΑΪΟΥ 1996

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΙΩΑΝΝΟΥ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ

Γλωσσολογία.— **Ἑτυμολογικά ἀπὸ τὰ νεοελληνικά ἰδιώματα**, ὑπὸ Δημητρίου Κρεκούκια*, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Νικολάου Κονομῆ.

Κύριοι Συνάδελφοι,

Ἔχω τὴν τιμὴν νὰ σᾶς παρουσιάσω δεῖγμα ἐργασίας τοῦ τ. διευθυντοῦ τοῦ Κέντρου Συντάξεως τοῦ Ἱστορικοῦ Λεξικοῦ τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν κ. Δημητρίου Κρεκούκια.

Ὁ κ. Κρεκούκιας μὲ τὴν πολύχρονη ἀναδίφησή του στὸν μεγάλο πλοῦτο τῶν δελτίων τοῦ ἀδημοσίετου καὶ δημοσιευμένου ὕλικου τοῦ ἀρχείου τοῦ ἀνωτέρω Κέντρου ἔχει καταρτίσει ἐργασία μὲ πεντακόσια περίπου λήμματα λέξεων ἀνετυμολόγητων ἢ δυσετυμολόγητων ἢ καὶ ἀμφιβόλων θεωρουμένων ἀπὸ παλαιότερους ἐρευνητὲς τῶν ὁποίων ἐτοιμάζει τὴ δημοσίευσή.

Λίγες ἀπὸ τίς λέξεις αὐτὲς τῆς δεύτερης ἐργασίας τοῦ κ. Κρεκούκια ποὺ ἔχει τὸν τίτλο «Ἑτυμολογικά», ὅσες ἐπιτρέπει ὁ περιορισμένος μας χρόνος, θὰ ἀποτελέσουν τὸ θέμα τῆς σημερινῆς ἀνακοίνωσής.

ἄβαρα, ἢ: **Ἀβάρα** καὶ **βάρα** στὴ Γορτυνία, στὴν Κορινθία καὶ στὰ Καλαβρυτοχώρια λέγεται ἓνα εἶδος μεγάλου τσιμπουριοῦ ποῦ, ἅμα ριζῶσει στὰ ἀφτιά καὶ πίσω στὸ κεφάλι τῶν αἰγοπροβάτων, τοὺς φέρνει ζάλη καὶ τὰ μισοπεθαίνει.

Ἡ λέξη αὐτὴ ποὺ ἔχει χαρακτηρησθῆ στὸ Ἱστορικό Λεξικό ὡς ἀγνώστου ἐτύμου ἀναφέρεται ἀπὸ τὸν Ἡσύχιον ὡς Λακωνική. Διαβάζουμε λοιπὸν τὴ γλῶσσα τοῦ λεξικογράφου αὐτοῦ: *βάρα· νόσημά τι καρηβαρικὸν ἢ θρέμματα. Λάκωνες.*

Ὁ κ. Κρεκούκιας, μελετητὴς τοῦ Ἡσύχιου καὶ ἔμπειρος στὰ λεξικογραφικά, διαπίστωσε παλαιογραφικὸ σφάλμα στὸ ἐρμήνευμα τοῦ λήμματος καὶ ἀποκατέστησε τὸ ὀρθὸ ἀντικαθιστῶντας τὸ διαζευκτικὸ ἢ μὲ τὴν πρόθεσιν *εἰς*: *βάρα· νόσημά τι καρηβαρικὸν εἰς θρέμματα*, δηλαδὴ ἢ *βάρα* εἶναι μιὰ ἀρρώστια ποὺ προκαλεῖ ζαλάδα στὰ αἰγοπρόβατα.

* DÉMÉTRE KRÉKOUKIAS, *Some etymological remarks concerning Modern Greek Dialects.*

ἀλεκατήνα, ἦ: Στὰ χωριά τῆς Μέσα Μάνης ἀλεκατήνα λέγεται ἓνα εἶδος μεγάλης παλαμύδας, πιθανῶς ἢ Ὀρκύνοψις ἢ μονόχρωμος (*Oreynopsis unicolor*).

Ἡ λέξη εἶναι ἢ ἀρχαία ἠλακατήνες, τὴν ὁποίαν ἀναφέρουν ὁ Μένανδρος (Κόλαξ ἀπ. 7), ὁ Μνεσίμαχος (4,35), ὁ Μνασέας (33), ὁ Ἡσύχιος καὶ ὁ Ἡρωδιανὸς (Γραμμ.2.923) ὡς ἴσως εἶδος θύννου. Κατὰ τὸν Ἡσύχιον «ἠλακατήνες» θαλασσίων ἰχθύων οἱ κητώδεις».

ἀλέτροπο, τό: Στὴν Τῆλο ἓνα ἀγριόχορτο μὲ λευκὰ σύνθετα ἄνθη λέγεται ἀλέτροπο.

Ἡ λέξη εἶναι ἢ μεταγενέστερη ἠλιότροπος τοῦ Ψευδο-Διοσκουρίδη (Ἰλ. ἰατρ. 4, 190).

ἀλυσκούμενε: «Ὁ κοῦε ἔκι ἀλυσκούμενε ὅλα τὰ μούτα (=ὁ σκύλος γάβριζε ὅλη τὴ νύχτα)». Τὸ λῆμμα γραμμένο κακῶς ἀλισκούμενε, ἀνετυμολόγητο μὲ τὸ παράδειγμά του εἶναι ἀπὸ τὰ Σαπουνακαίικα τῆς Τσακωνιάς στὸ Λεξικὸ τῆς Τσακωνικῆς Διαλέκτου τοῦ Ἁθ. Κωστάκη.

Κατὰ τὸν κ. Κρεκούκια τὸν ἀλυσκούμενε αὐτὸ ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὸ ὑλασκούμενος μὲ ἀντιμετάθεση τῶν φθόγγων *v-a*, καὶ εἶναι παθητικὴ μετοχὴ τοῦ ἀρχαίου ὑλάσκω ποὺ σημαίνει ὑλακτῶ, ἀλυκτῶ.

ἀνθρωπαρέσος: Στὴν Κορώνη τῆς Μεσσηνίας ἀνθρωπαρέσος λέγεται 1) ὁ ἄνθρωπος ποὺ προσποιεῖται τὸν καλὸ καὶ 2) ὁ κόλακας.

Ἡ λέξη εἶναι ἢ μεταγενέστερη ἀνθρωπαρέσος καὶ ἀναφέρεται μὲ τὴν ἴδια σημασία στὸν 52^ο Ψαλμὸ τοῦ Δαυΐδ (52,6): «ὅτι ὁ θεὸς διεσκόρπισεν ὁστᾶ ἀνθρωπαρέσκων» καὶ σὲ δύο ἐπιστολὰς τοῦ ἀποστόλου Παύλου, στὶς πρὸς Ἐφεσίους (6,6) καὶ πρὸς Κολασσαεῖς (3,22).

ἀν-νουρίδα, ἦ: Στὴν Τῆλο ἀν-νουρίδα λένε ἓνα χόρτο ποὺ μοιάζει μὲ τὴν παπαρούνα. Εἶναι ἴσως ἢ ὄνουρις τοῦ Διοσκουρίδη, ἢ ὁποῖα κατὰ τὸν συγγραφέα αὐτὸν «καταπλασθεῖσα πραῦνει τὰ θηριώδη ἔλκη» (Ἰλ. ἰατρ. 4.117).

ἀντωναῖδα, ἦ: Στὰ ὄρεινά χωριά τῶν περιοχῶν Μονοφατσίου καὶ Μαλεβυζίου Κρήτης ἓνα θαμνόφυτο τῆς οἰογένειας τῶν χειλανθῶν μὲ πολλὰς θεραπευτικὰς ιδιότητες λέγεται ἀντωναῖδα.

Ἡ λέξις εἶναι ἢ ἀρχαία ἀδωνῆις ποὺ σημαίνει καὶ τὸ φυτὸ θριδακίνη (Ἡσύχ. ἀδωνῆις ἢ χειλιδὸν καὶ ἢ θριδακίνη (Καλλίμ. ἀπ. 478)).

ἀρακήσου, τού: Στὰ Σαπουνακαίικα τῆς Τσακωνιάς ἓνα εἶδος ἀγριόκεδρου λέγεται ἀρακήσου.

Νομίζω ὅτι ἡ λέξη πρέπει νὰ συνδεθῇ μὲ τὸ ἀρχαῖο ῥαχός, ποὺ ἐσήμαινε κάθε ἀγκαθερὸ ἀγριόδεντρο. Στὴν Τροιζήνα σύμφωνα μὲ τὸν Παυσανία (2.32.10) σημαίνει τὴν κότινο: *αἰετὶ θάλασσαν δὲ τὴν Ψιφαίαν πορευομένοις κότινος πέφυκεν ὄνο-*

μαζόμενος ῥᾶχος (ἔτσι συχνὰ στὰ χφφ.) στρεπτός. ῥάχους μὲν δὴ καλοῦσι Τροϊζή-
νιοι πᾶν ὅσον ἄκαρπον ἐλαίας, κότινον καὶ φυλλίαν· στρεπτόν δὲ ἐπονομάζουσι τοῦτο,
ὅτι ἐνσχεθεισῶν αὐτῶ τῶν ἡνίων ἀνετράπη τοῦ Ἰππολύτου τὸ ἄρμα).

Θὰ ἔχουμε λοιπόν: ραχός > ραχήσιος > ἀραχήσιος (μὲ προθετικό α) > ἀρα-
κήσιον (μὲ τροπή τοῦ χ σὲ κ, πού εἶναι γνωστὸ στὰ Τσακόνικα, καὶ τοῦ ο σὲ ου).

ἀρασκός, ὁ: Στὴν Ἄνδρο ἀρασκός λέγεται ὁ ποντικὸς τῶν χωραφιῶν, ὁ ἀρουραῖος.

Ἡ λέξις στὸ Ἱστορικὸ Λεξικὸ θεωρήθηκε ἀγνώστου ἐτύμου, ἐνῶ θὰ ἔπρεπε
νὰ συνδεθῆ μὲ τὸ ἀρχαῖον ἐπίθετον ὄρεσκῶος, αὐτὸς πού ζεῖ καὶ τρέφεται στὰ
βουνά, ὁ ἄγριος σὲ ἀντίθεση μὲ τὸν οἰκοδίαιτο, τὸν σπιτικὸ ποντικὸ. Ἔχουμε
δηλαδή: ὄρεσκῶος > *ὄρεσκός > ἀρασκός. Ἄς θυμηθοῦμε πὼς στὴν Ἰκαρία τὰ ἀγριο-
κάτσικα πού ζοῦν μόνα τους στὰ βουνὰ λέγονται ρεσκὰ καὶ ρασκὰ, δηλ. ὄρεσκῶα.

ἀσπαγνός καὶ ἀσπαχνός, ὁ: Στὴν Κάσο καὶ στὴν Κάρπαθο ἓνα εἶδος ἄγριας
φασκομηλιάς λέγεται ἀσπαγνός καὶ ἀσπαχνός.

Ἡ λέξις εἶναι ἡ ἀρχαία σφάγνος, τὴν ὁποῖαν ἀναφέρουν ὁ Διοκλῆς (Ἀπόσπ.
139) καὶ ὁ Διοσκουρίδης (Ἰλ. ἰατρ. 3,33). Κατὰ τὸν δεῦτερο, τὸ Διοσκουρίδῃ· «Ἐλε-
λίσφακον· οἱ δὲ ἐλαφόβοσκον, οἱ δὲ σφάγνον, θάμνος ἐστὶν ἐπιμήκης... φέεται δὲ
ἐν τραχέσι χωρίοις».

ἀτσομαλιά, ἡ: Σὲ πολλὰ χωριά τῆς Κρήτης τὸ θαμνόφυτο γαλατσίδα ἢ φλό-
μος λέγεται ἀτσομαλιά. Τὸ ἐπιστημονικὸ του ὄνομα εἶναι Εὐφόρβιον τὸ δεινροει-
δές (Euphorbia dendroides) καὶ εἶναι ἡ θυμαλὶς τοῦ Νικάνδρου (Θηρ. 617), ἓνας
παράλληλος τύπος τοῦ τιθύμαλλος.

αὐάδ', τοῦ: Στὴ Λέσβο κάθε πράμα καμένο, ξερό, τὸ λένε αὐάδ'.

Ἐδῶ ὑπόκειται τὸ ἀμάρτυρον *αὐάδιον, ὑποκοριστικὸς τύπος οὐσιαστικοῦ πού
προέρχεται ἀπὸ τὸ ἀρχαῖο αὔος, ξερός, ἀποξεραμμένος.

ἀχίλυδρας, χίλυδρας καὶ χίλυντρας, ὁ: Ἔτσι λένε σὲ πολλὰ μέρη τῆς Κέρκυ-
ρας ἓνα εἶδος μεγάλου φιδιοῦ πού ζεῖ στὶς ὄχθες καὶ στὰ χαντάκια τοῦ νησιοῦ. Εἶναι
ὁ χέλυδρος, τὸ δεῦτερον ὄνομα τοῦ φιδιοῦ δρυΐνας πού μᾶς ἀναφέρεται ἀπὸ τὸ Νί-
κανδρο (Θηρ. 411-412):

Κῆρα δέ τοι δρυΐνας πιφάσκειο, τὸν τε χέλυδρον

ἐξέτεροι καλέουσι.

βίρρι, τό: Στὴν περιοχή τοῦ Ναυπλίου ἓνα εἶδος μαύρου χελιδonioῦ μὲ μεγάλη
καὶ σπαθωτὰ φτερά πού φωλιάζει σὲ τρύπες τοῦ φρουρίου λέγεται βίρρι.

Τὸ πουλλὶ αὐτὸ στὴν Τριφυλία λέγεται κλαδευτήρα καὶ στὴ Χίο δρεπανία, ἡ
δρεπανὶς τοῦ Ἀριστοτέλη (Ἰστ. ζῴων 487^b 27).

Στὸν Ἡσύχιον ὑπάρχει ἡ ἀκόλουθη γλῶσσα: βίρρη· πυράγρα. οἱ δὲ δρέπανον.
Νομίζω ὅτι μποροῦμε νὰ παρομοιάσουμε τὸ πουλλὶ αὐτό, ὅταν μὲν μετὰ κλειστὰ τὰ

μεγάλα σπαθωτά φτερά του με πυράγρα που έχει κλειστές τσιμπίδες. Μετά από αυτή την παρομοίωση θα είναι εύκολο, νομίζω, το τόσο κακογραμμένο έρμήνευμα να το διαβάσουμε: *βίρρη πυράγρα. οί δὲ δρεπανίς.*

βλάσσανη καὶ **βλασσάνα**, ἢ: Στὴ Δρόβιανη τῆς Β. Ἡπείρου καὶ στὴν Τριφυλία ἓνα φυτὸ τῆς οἰκογένειας τῶν Ἀγρωστιδῶν (Gramineae) μὲ φύλλα σὰν τοῦ σιταριοῦ ἀλλὰ πολὺ σκληρὰ καὶ ἀνθεκτικὰ λέγεται ἀντίστοιχα *βλάσσανη* καὶ *βλασσάνα*.

Τὸ φυτὸ αὐτὸ εἶναι ἡ *Μακροχλόη* ἢ *Ἰσχυρότατη* (*Macrochloa tenacissima*) τῶν βοτανολόγων, τὸ ἀρχαῖον *βλήσσανον*· μὲ τὸν ἀνάλογον δωρικὸν τύπον ('*Ἡσύχ. β 715: βλήσσανον· φυτὸν σκίῳ ὅμοιον*).

βοϊτίζω: Τὸ ρῆμα αὐτὸ μεταχειρίζονται οἱ μελισσοκόμοι τῆς Ἰκαρίας μὲ τὴ σημασία τοῦ βόσκω.

Δὲν θὰ ἦταν ἴσως πολὺ τολμηρό, ἀν συνέδεε κανεὶς τὸ *βοϊτίζω* αὐτὸ πρὸς τὸ ἐπικὸ *βοτῶ*, πού ἔχει τὴ σημασία τοῦ βόσκω. ('*Ἡσύχ. β 853: βοτεῖν· βόσκειν*). Τὸ κανονικὸ *βοτίζω* ἔγινε ἴσως *βοϊτίζω* παρετυμολογικὰ ἀπὸ τὸ *βοητός*, τὸ βούισμα πού κάνει τὸ μελίσι, ὅταν βόσκη.

βουδέτης, ὁ: Στὴν Ἀπείρανθο τῆς Νάξου ἡ λέξη *βουδέτης* σημαίνει τὴν καλτσοδέτα.

Ἡ λέξη αὐτὴ νομίζω ὅτι πρέπει νὰ συνδεθῇ μὲ τὴ μεταγενέστερη λέξη *ἀμφιδέτης*, πού ἐσήμαινε τὴ λαιμαριά τῶν βοδιῶν. Ἔχουμε λοιπόν, *ἀμφιδέτης* > **φιδέτης* > *βουδέτης* παρετυμολογικὰ πρὸς τὸ βούς, ἐπειδὴ ἡ λαιμαριά ἦταν κυρίως γιὰ τὰ βόδια.

Βούχιλας, ὁ: Μιὰ ἀγροτικὴ περιφέρεια τῶν Παργαλιάνων μὲ εὐφορα σιταροχώραφα καὶ ἀμπελῶνες λέγεται *Βούχιλας*.

Ἡ λέξη εἶναι τὸ ἀρχαῖο ἐπίθετο *βούχιλος* πού σημαίνει πλούσιος σὲ νομὴ, πού τρέφει βόδια. Στὶς Ἰκέτιδες τοῦ Αἰσχύλου (στ. 540) διαβάζουμε *λειμῶνα βούχιλον* καὶ σὲ ἓνα ἐπίγραμμα τοῦ Μύρινου (Πλατ. Ἀνθολ. 6,108) *βούχιλος Ἀρκαδίη*. Τὸ ἀξιοπερίεργο στὴν περίπτωση αὐτὴ εἶναι ὅτι τὸ ἐπίθετον εἶναι σπάνιο (ἀπαντᾷ δις καὶ ποιητικῶς).

βρουτούλλι, τοῦ: Στὴν Πλατανοῦσα τῆς Πρεβέζης *βρουτούλλ'* λένε τὸ πολὺ νοτερὸ μέρος, τὸ χωράφι τὸ βαρικό.

Ἡ λέξη πού δὲν ἔχει περιληφθῆ στὸ Ἱστορικὸ Λεξικὸ τῆς Νέας Ἑλληνικῆς εἶναι τὸ *βρουτούλλι*, ἀπὸ τὸ *βρουούλλιον* (=μικρὴ βρύση) καὶ ὕστερα ἡ γῆ πού ἀναβλύζει νερό, ὁ βαλτώδης τόπος.

βάθρα, ἡ: Στὴ Μάνη *βάθρα* λένε τὸ λειωμένο παπούτσι: «*Νὰ φτειάσης ἄλλα παπούκια. Ἐφτοῦνα ἐγίνησα βάθρες*», ἔλεγε μιὰ μητέρα στὸ γιὸ της ἀπὸ τὴ Μέσα Μάνη.

Ἡ λέξις εἶναι μονομάρτυρη ἀρχαία πού μᾶς ἀναφέρεται στό οὐδέτερο γένος στό Ὀνομαστικό τοῦ Πολυδεύκη (7,93): *Τυρρηνικά· τὸ κάττυμα ξύλινον, τετραδάκτυλον οἱ δὲ ἱμάντες ἐπίχρσοι· σανθάλιον γὰρ ἦν· ὑπέδησε δ' αὐτὸ Φειδίας τὴν Ἀθηναίων. ἐκάλουν δ' αὐτὰ Τυρρηνικουργῆ, ὡσπερ καὶ τὰ ἔμβαθρα ὀηνοεργῆ (γρ. Ῥηνοεργῆ, δηλ. κατασκευασμένα στὴ Ῥήνια).*

βουλάκ', **τού:** Στὴν Τήνηο τὸ στενὸ δρομάκι πού δὲν ἔχει διέξοδο λέγεται *βουλάκ'*.

Ἡ λέξις εἶναι ὑποκοριστικὸς τύπος τοῦ ἔμβολος, τὸ ἔμβολάκι, τὸ βουλάκι. Ἐμβολος κατὰ τὰ Βυζαντινὰ χρόνια ἀπὸ τοὺς ἀνθρώπους τοῦ λαοῦ ὀνομαζόταν κάθε στενὸ δρομάκι. Κατὰ τὸν Κίνναμον (Ἰστ. 281,2) οἱ Βενετοὶ ἀάμοιβῆς τυγχάνουσι τῆς τε ἄλλης καὶ δὴ καὶ στενωπὸς αὐτοῖς ἐν Βυζαντίῳ ἀπετέτακτο, ὃν ἔμβολον ὀνομάζουσιν οἱ πολλοί).

γαύαλος, ὁ: Στὴν Κῶ τὸ ἀγγεῖο πού μέσα σ' αὐτὸ ἀρμέγουν τὸ γάλα τῶν ἀγελάδων λέγεται γαύαλος.

Ἡ λέξις αὐτὴ ἢ ὅποια δὲν θησαυρίζεται στό Ἱστορικό Λεξικό τῆς Νέας Ἑλληνικῆς εἶναι τὸ Ὀμηρικό γαυλός, πού σημαίνει τὸ καρδάρι πού ἔβαζαν τὸ γάλα, με ἀνάπτυξη συνοδίτη φθόγγου α καὶ ἀναβίβασμό τοῦ τόνου στὴν προπαραλήγουσα κατὰ τὸ κούτουλος (=κοτύλη).

Γλίνος καὶ Χλίνος, ὁ: Εἶναι ὀνόματα δύο τοποθεσιῶν στὸν Ἅγιο Σώστη καὶ στὴν Ἀμπελιῶνα ἀντίστοιχα τῆς ὄρεινῆς Τριφυλίας. Ἴσως εἶναι φυτόνυμα καὶ ἔχουν σχέση με τὸ δασικὸ δέντρο γλίνος τοῦ Θεοφράστου (Φυτ. ἱστορ. 3,3,1 καὶ 3,41,2) πού εἶναι τὸ δεύτερο ὄνομα τοῦ πεδινοῦ σφενταμιοῦ (Φυτ. ἱστορ. 3,41,2): *Καλοῦσι, δ' αὐτὴν ἔνιοι γλίνον, οὐ σφένδαμον.*

γλουπαῖος καὶ γλουπέας σὲ πολλὰ μέρη τῆς Ζακύνθου καὶ **γλουπιὰ** στὴν Κεφαλληνία λέγεται ἓνα εἶδος παλαμύδας. Τὸ ἐπιστημονικὸ τοῦ ὀνόματος εἶναι Θύννος ὁ κοινὸς (*Thynnus vulgaris*) με συνώνυμα τὶς λέξεις *γόφος, κόπανος, μαγιάτικο, ὄρκνος, τόννος.*

Εἶναι χωρὶς ἀμφιβολία τὸ μεταγενέστερο κλουπαῖα τοῦ Ψευδο-Πλουτάρχου (Περὶ ποταμῶν 6,2: *Γενᾶται δ' ἐν αὐτῷ (ἐνν. στὸν ποταμὸ Ἄραμ) μέγας ἰχθὺς κλουπαῖα προσαγορευόμενος ὑπὸ τῶν ἐγχωρίων*), ὁ βυζαντινὸς κλωπίας (Γλυκᾶς, Βίβλος Χρονικὴ 88,11-12) καὶ (Ἰω. Λυδός, Περὶ μηνῶν 3,11).

διόσπυρο, λιόσπυρο καὶ λιόσπορο, τό: Ἐτσι λέγεται ἓνας μικρὸς ριζωματικὸς θάμνος πού φυτρώνει σὲ ξερὸτοποιους καὶ ἐπικλινῆ μέρη τῆς Κέρκυρας.

Τὸ φυτὸ αὐτὸ εἶναι τὸ *διόσπυρον* τοῦ Διοσκουρίδου (Ἰλ. ἱατρ. 3,141), τὸ *διόσπορον* τοῦ Ὀριβάσιου (Εὐπόριστ. XI στή λ. *λιθόσπερμον*) καὶ τοῦ Παύλου τοῦ

Αιγινήτη (VIII, 3) που από τα χρόνια τα παλιά μέχρι σήμερα θεωρείται ως άριστο φάρμακον κατά της χολολιθίασης.

δροῦλος, ό: Στην Κω και στην Κάλυμνο ένα μαλακόστρακο που ζει σε ρηχούς ύφάλους και έχει το σχήμα του ανδρικού μορίου λέγεται δροῦλος. Το επιστημονικό του όνομα είναι *όλοθούριον* και είναι άριστο δόλωμα για τους ψαράδες με παραγάδια.

Ή λέξη είναι ή αρχαία *δροῖλος*, που έχει την έννοια του *λιπόδερμος, ψωλός*, Λατιν. *verpus* και αναφέρεται στο ακόλουθο επίγραμμα του Λουκιλίου (Παλ. Ἀνθ. 11,197):

*Ἦθελε ΔΡΙΜΥΣ ἄγαν τὸ πρόσθ' Ἰερώνυμος εἶναι·
νῦν δὲ τὸ ΔΡΙ μὲν ἔχει, ΛΟΣ δὲ τὸ ΜΥΣ γέγονε.*

δρίτης, ό: Οἱ Ἀπερανθίτες τῆς Νάξου λένε τὴν παροιμία:

*Δρίτης τοῦ νεροῦ, βασιλικὸς γιατρὸς,
δρίτης τοῦ βουνοῦ, φκνάρι κι ἀξίγη.*

δηλαδή ἅμα δαγκάση κάποιον δρίτης τοῦ νεροῦ, χρειάζεται γιατρὸς σπουδαῖος για νὰ τὸν γιάνη, ἐνῶ ἅμα τὸν δαγκάση δρίτης τοῦ βουνοῦ, δὲν ὑπάρχει καμμιά γιατρεία γι' αὐτόν, θὰ πεθάνη και θὰ χρειασθῆ φτυάρι και ἀξίνα για νὰ τοῦ ἀνοίξουν τὸν τάφο νὰ τὸν θάψουν.

Ἐδῶ νομίζω ὅτι ὑπάρχει ή λέξη *δεντροίτης* με συγκοπή τῆς πρώτης συλλαβῆς και ἐννοεῖται τὸ φίδι *δεντρογαλιά* που ζεῖ σε ὑγρά και σε ξηρά μέρη. Ἡ λέξη είναι ή αρχαία *δενδρίτης* που ἀποδιδόταν σε κροκόδειλο, πιθανῶς εἶδος σαύρας που στα Αἰγαιοπελαγίτικα νησιά λέγεται *κουρκούδειλος* και *κουρκούταβλος*.

ἐντυλας, ό: Στην Κεφαλληνία *ἐντυλας* λέγεται 1) κάθε λίθος ή πλάκα τοῦ φραγμοῦ γύρω ἀπὸ τὸ ἄλωνι για νὰ μὴ σκορπῶν τὰ ἄλωνιζόμενα σιτηρὰ και 2) τὸ κυκλικὸ αὐτὸ περίφραγμα.

Πρόκειται για τὸ *ἐντύλη* τῶν μεταγενεστέρων χρόνων, όνομα που σημαίνει, ὅπως και τὸ ἀπλὸ *τύλη*, τὸ προσκέφαλο, τὸ μαξιλάρι.

ἐνυχας, ό: Στην Τῆλο *ἐνυχας* λέγεται κάθε πλάκα τῆς περιφέρειας τοῦ ἄλωνιοῦ, που εἶναι στημένη ὀρθια και περιορίζει τὰ στάχυα νὰ πετιοῦνται ἔξω ἀπὸ τὸ σχηματιζόμενο κύκλο κατά τὸν ἄλωνισμό.

Εἶναι ὁ *ὄνυχας*, τὸ νύχι με τὴν προφορὰ *ἐνυχας* ἀναλογικὰ πρὸς τὰ *ἐλυθ-θας* (=ὄλυθος), *ἐμπουλας* (=ἐμβολος), *ἐξινος*, *ἐχτυπος* κ.ἄ., ὁ «ὄξυς ὄνυξ *πετραίου λίθου*» τοῦ Εὐριπίδη (Κύκλ. 401).

γάνα, ή: Στην Ἄνδρο και στην Τῆνο *γάνα* λέγεται ένα μεγάλο πῆλινο δοχεῖο στο ὁποῖο ἔβαζαν λάδι ή νερό. Τὸ δοχεῖο αὐτὸ στην Κύπρο λέγεται *δάνα* και *δάνη*.

Στὸ Ἱστορικὸ Λεξικὸ ὅπου τυπώθηκε τὸ λῆμμα *γάνα* θεωρήθηκε ἀγνώστου ἐτύμου καὶ στὸ σημασιολογικὸ μέρος δὲν ἀναφέρθηκε ἡ σημασία τοῦ πῆλινου δοχείου.

Ὁ μακαρίτης καθηγητῆς Φαίδων Κουκουλῆς σὲ ἀνακοίνωσή του στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν τὸ 1951, ποῦ τὸ θέμα του ἦταν «Ἀρχαῖαι, μεταγενέστεραι καὶ ἀκατάχωριστοι Ἑλληνικαὶ λέξεις ἐν τῇ κοινῇ Νεοελληνικῇ καὶ ἐν τοῖς ἰδιώμασιν», μεταξὺ πολλῶν ἄλλων λέγει: «Υπάρχει τρόπος διὰ τοῦ ὁποίου θὰ δυνηθῇ τις νὰ πλουτίσῃ τὸν θησαυρὸν τῆς Ἑλληνικῆς γλώσσης καὶ αὐτὸς εἶναι ἡ χρησιμοποίησις τοῦ Νεοελληνικοῦ ὑλικοῦ ἐν τῷ ὁποίῳ ὁ ἔμπειρος ἐρευνητῆς δύναται νὰ ἀνακαλύψῃ πολλὰς λέξεις τὰς ὁποίας ἀσφαλῶς ἀνὰ τοὺς αἰῶνας ἐχρησιμοποίησαν οἱ Ἕλληνες. Ἡ νέα Ἑλληνικὴ γλῶσσα εἶναι καὶ αὐτὴ ἐν πολῦτιμον κείμενον, τὸ ὁποῖον δὲν ἐχρησιμοποίηθη ἐπαρκῶς καὶ κατὰ σύστημα πρὸς τὸν εἰρημένον σκοπὸν». Αὐτὸ ἀκριβῶς ἐφαρμόζει καὶ ὁ κ. Κρεκούκιος στὶς ἐρευνές του.

Καὶ ἐδῶ γιὰ τὸ λῆμμα *γάνα*: Στὸ λεξικὸ τοῦ Ἡσύχιου ὑπάρχει μὲ σταυρὸ (crux) τὸ ἀκόλουθο ἐφθαρμένο χωρίο: *γᾶν ἄγγειον, σκύφω παραπλήσιον. Ὁ Kurt Latte στὴν τελευταία ἐκδόση τοῦ Λεξικοῦ αὐτοῦ, στὴν προσπάθειά του νὰ διορθώσῃ τὴν εἰκασία τοῦ παλαιότερου ἐκδότη Mauricius Schmidt, γράφει ἀντὶ τοῦ *γᾶν γάινον.

Ἡ νεοελληνικὴ γλῶσσα μὲ τὸ λῆμμα καὶ τὴν ἀντίστοιχὴν σημασία του γίνεται καὶ ἐδῶ βοηθὸς γιὰ νὰ ἀποκατασταθῇ τὸ ἐφθαρμένο χωρίο καὶ ἔτσι ἀποκαθίσταται γᾶνκα ἄγγειον σκύφω παραπλήσιον.

S U M M A R Y

Some etymological remarks concerning Modern Greek Dialects

In this paper the writer presents some thirty words which are used in Modern Greek dialects and the etymon of which has been considered by other scholars as unknown, dubious or difficult trace. After thorough discussion of each one of them the writer concludes that these words have an ancient greek origin. The material presented constitute a small part of a total of almost 500 words, a work to be published soon.

ΦΥΣΙΚΗ.— **Variability of ozone and solar ultraviolet radiation in Greece**, by *P. S. Theocaris*, and *C. Zerefos*, *A. Bais*, *C. Meleti* *.

Abstract

In this work we present the results from the analysis of regular total ozone and simultaneous solar UV-B spectral measurements, obtained at the Laboratory of Atmospheric Physics of the Aristotle University of Thessaloniki (40° N). The UV-B results presented here refer to clear-skies (cloudiness $\leq 3/8$) and to solar zenith angles of $63^\circ \pm 1^\circ$. These results support earlier findings of increased solar UV-B irradiances, under all-skies conditions, associated with observed ozone decline at the same period. The observed acceleration of the ozone decline in the early 90's shows a recovery in Greece and resulted to increased solar UV irradiance levels at Thessaloniki by about 2.8% per year at 305 nm. These figures are modified, if we use different shorter periods of recordings and they point out how sensitive are UV-changes on the period chosen and how dangerous are any generalized conclusions of their trends in the future.

Introduction

There is by now evidence of significant increases of solar UV-B radiation over the northern hemisphere (Kerr and McElroy, 1993; Bais et al., 1994; Seckmeyer et al., 1994; Zerefos et al., 1995), which are associated with the accelerated ozone decline during 1992 and 1993 (Bojkov et al., 1993). Decreasing ozone results in increases of solar radiation at wavelengths where ozone is a strong absorber (e.g. $\lambda < 310$ nm). Kerr and McElroy (1993) were among the first to report large UV-B changes at the shortest available wavelengths (e.g. at 300 nm), which were as large as 35% per year during the winter, but 7%

* Π. ΘΕΟΧΑΡΗΣ, Χ. ΖΕΡΕΦΟΣ, Α. ΜΠΑΗΣ, Χ. ΜΕΛΕΤΗ.— **Οι μεταβολές του Όζοντος και της Υπεριώδους Ήλιακής Ακτινοβολίας στην Ελλάδα.**

per year in the summer-time, using data prior to 1993. Due to the effects of clouds, the limited number of observations in winter and the larger uncertainty of the Brewer instrument at 300 nm, these findings have been questioned (Michaels et al., 1994). Seckmeyer et al. (1994), reported increases of the UV-B erythemal dose, during the summer months of 1993 relative to the values observed in 1992, which were in the range between 2 % and 11 % and analogous results have been reported by Zerefos et al. (1995).

Besides the limitation imposed by the available instrumentation, changes in clouds, haze, pollution, surface albedo and aerosols all contribute to decreasing the significance of observed long-term solar UV-B changes induced by corresponding total ozone changes. The results presented here are based on solar UV-B spectral measurements made at Thessaloniki (40° N), Greece, during the period from November 1990 through November 1993, as well as on total ozone measurements made since March 1982. The study aims at quantifying the observed effects of the variability of total ozone on solar UV-B irradiances received at the ground, by excluding long-term effects of changes in cloudiness.

Data and Instrumentation

Both spectral UV-B irradiances and the total ozone column are measured continuously, by using a single monochromator Brewer spectrophotometer, at the Laboratory of Atmospheric Physics (LAP) of the Aristotle University of Thessaloniki. The Brewer spectrophotometer is capable in measuring the global solar irradiance in the spectral region from 290 to 325 nm, at increments of 0.5 nm. Its absolute calibration is maintained by the use of 1000 W lamps traceable to the standards of the National Institute of Standards and Technology (NIST), and its long-term stability is monitored and assured by using a set of 50 W standard lamps. The absolute calibration of the instrument is performed in the dark room of LAP at intervals of about two months, or more often, if a drift is detected from the measurements of the 50 Watt lamps. These regular lamp tests are done in the field at shorter intervals (every two weeks), supplementing the overall calibration procedure of the Brewer spectrophotometer. From a series of such checks it was found that the repeatability of the UV-B spectral measurements with the Brewer instrument and its stability in time are within $\pm 4\%$.

The regular schedule of the UV-B spectral measurements includes measurements performed at selected solar zenith angles from sunrise to sunset. Since the instrument is operating automatically in unattended mode, the spectral scans are performed under a variety of atmospheric and environmental conditions.

Results and Discussion

The years of 1992 and afterwards and particularly 1993 have been years of record-low ozone values over a large part of the northern hemisphere (Bojkov et al., 1993; Kerr et al., 1993; Gleason et al., 1993) and their cause was attributed to a number of phenomena, such as the westerly phase of the GBO, prolonged El Nino and a small transient component of Pinatubo volcanic eruption (Zerefos et al., 1992; Zerefos et al., 1994). Observed total ozone deficiencies during the winter/spring seasons of 1992/93 over the northern hemispheric middle and high latitudes, exceeded 15% and associated large enhancements of UV-B radiation, were monitored at both Reykjavik (62° N) and at Thessaloniki (40° N) (Bais et al., 1994).

In 1993, total ozone values over the middle latitudes of the northern hemisphere in winter/spring were about -17% below normal, which became -8% in early autumn of the same year. Around the 40th and the 60th northern hemisphere parallels of latitude during winter/spring of 1993 the ozone deficiencies were -11% and -14% respectively, the QBO being in its westerly phase (WMO). The corresponding departures for winter/spring 1994 were -2% and -4% and the phase of the QBO changed to easterly. In spite of the fact of the extreme ozone deficit in 1993 over the northern hemisphere middle latitudes, ozone was seldom below 240 m-atm-cm. The years 1992 and 1993 presented large accelerations of the ozone decline (Stolarski et al., 1992; WMO, 1994). It has been demonstrated in several studies that large UV-B enhancements are associated with the recent total ozone decreases.

Figure 1 shows the total ozone record over Greece from the longest available measurements with a Brewer spectrophotometer which started in March 1982. The anomalies of 1993 and 1995 are notable and of course the accelerations of the ozone decline which is easily seen in the 90's. It should be mentioned, however, that in addition to chemical processes equatorial winds in 1993 and 1995 were westerly, which is known to coincide with larger than

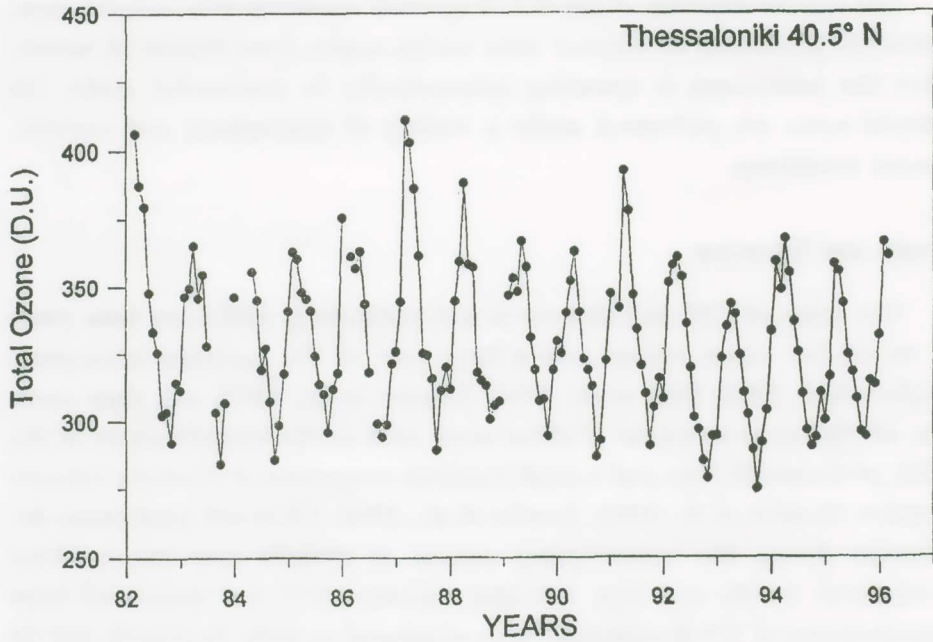


Fig. 1. Total ozone variation over Thessaloniki in a period between 1982 and 1996.

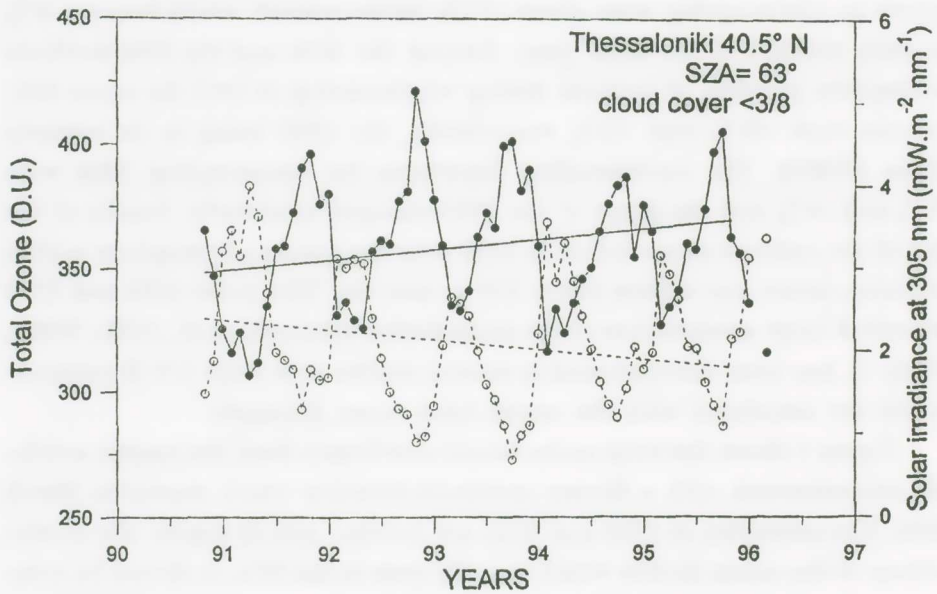


Fig. 2. Total ozone and solar irradiance at 305 nm over Thessaloniki, for the same period of years.

5 % ozone reductions at the latitude of Greece. As the equatorial winds shifted recently, slightly below normal ozone values have been recorded in 1996.

Figure 2 shows time series of solar UV-B radiation at 305 nm reaching ground level at Thessaloniki (40° N). This is a wavelength where the UV flux reaching ground level is very sensitive to the ozone column density. All data are taken at a solar zenith angle of 63°, under clear skies. The corresponding total ozone values are also shown as monthly means. Both UV-B and total ozone time series show strong seasonal variations, as expected, and are in opposite directions. The observations show that there has been a clear long term increase in the UV-B radiation, and a simultaneous decrease in ozone column densities over the time period 1991-1996. Linear best-fit lines are drawn to emphasize these changes and they show about 2.7% UV-B increase per year for a 1% decrease in total ozone per year. Assuming that the UV-B increases are caused by reduced ozone column densities, this would lead to radiative enhancement factor of about 5 at this shorter wavelength (305 nm).

Table 1 shows the calculated spectral UV-B changes for three periods (1990-93, 1990-94, 1990-95), which show that even for near to cloudless skies ($CLC \leq 2/8$) the 1993 increase in UV-B wavelength is rather a large perturbation, as contrasted to the wrongly used term «trend». This is because we can see, for example, that at Thessaloniki (Table 1) the change of solar irradiance at 305 nm moved from 12,7% per year during the first 3 year period (1991-93) to about 2.7% per year, if we add the last two years of obs (1994-96). This result shows how delicate are these changes and the need for long-term, carefully calibrated spectral measurements under clear skies before assessing tendencies in UV-B.

TABLE 1

PERIOD	11/90-11/93			11/90-11/94			11/90-11/95		
	MEAN	SLOPE	%	MEAN	SLOPE	%	MEAN	SLOPE	%
YEAR - 305	3.38	0.43	12.65	3.33	0.12	3.66	3.35	0.09	2.69
YEAR - 325	92.11	1.77	1.92	92.58	1.31	1.41	93.45	1.48	1.59
YEAR - O3	315.00	-16.79	-5.33	315.99	-6.30	-1.99	316.29	-3.04	-0.96

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Οί μεταβολές του όζοντος και της υπεριώδους ήλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα

Οί παράγοντες που συντελούν στη διατήρηση της προστατευτικής ασπίδας του όζοντος που έχει ο πλανήτης μας έναντι στις θανατηφόρες ακτίνες του ήλιου δυστυχώς είναι εϋθραυστη και ήδη με τις ούσιες που ελευθέρωσε τις τελευταίες δεκαετίες ο άνθρωπος την άρραίωσε σημαντικά, κυρίως στα μεγάλα και μέσα γεωγραφικά πλάτη. Η ασπίδα αυτή έχει κατά καιρούς άρραίωσε μέχρι και 40 % στις Άρκτικές περιοχές. Εϋτυχώς, η άρραίωση αυτή είναι μικρότερη το θέρος και πάνω από τα μέσα πλάτη. Τα τελευταία χρόνια και ιδιαίτερα μετά το 1980 η άρραίωση του στρώματος αυτού στην Ελλάδα έχει κυμανθεί μεταξύ 2 % και 15 %. Η μεγαλύτερη άρραίωση έχει παρατηρηθεί το 1993 και 1995 και η μικρότερη φέτος το 1996. Οί μεταβολές αυτές του όζοντος συνεπάγονται μεταβολές στην καρκινογενετική επικίνδυνη υπεριώδη ήλιακή ακτινοβολία που φθάνει στο έδαφος και ιδιαίτερα στα μήκη κύματος τα μικρότερα των 320 nm. Η αύξηση της επικίνδυνης αυτής υπεριώδους ακτινοβολίας στο κεντρικό μήκος κύματος των 305 nm στην Ελλάδα παρακολουθείται από το Έργαστήριο Φυσικής της Άτμόσφαιρας του Άριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης από το 1989 το όποιο διαθέτει την πλέον μακροχρόνια χρονοσειρά αυτών των μετρήσεων υπό άνεφελος συνθήκες. Η αύξηση αυτή μέσα στην τελευταία πενταετία είναι κατά μέσο όρο 2 % κατ' έτος. Ουσιαστικά η μετρηθείσα αύξηση είναι πολύ μικρότερη από εκείνη την όποία στατιστικά έχουν υπολογίσει για τα μέσα πλάτη διάφοροι Έρευνητές και είναι πολύ δύσκολο να γίνουν προβλέψεις για το μέλλον, διότι μέχρι σήμερα οί φασματικές παρατηρήσεις υπεριώδους καλύπτουν μιὰ μικρή περίοδο μιᾶς περίπου πενταετίας.

Στην έργασία αυτή αποδεικνύεται άκριβώς ότι η αύξηση της υπό μελέτην υπεριώδους ακτινοβολίας έξαρτάται από την περίοδο την όποία μελετάμε. Π.χ. εάν κανείς υπελόγιζε την κατ' έτος μεταβολή της υπεριώδους ήλιακής ακτινοβολίας υπό άνεφελος συνθήκες στη σταθερή ζενιθία γωνία του ήλιου 63°, από το 1991 έως το 1993, θα έβρισκε μιὰ αύξηση κατ' έτος περίπου 19 %, ενώ έπο το 1991 έως το 1995 ή κατ' έτος αύξηση αυτή μειώνεται στο 4 % και από το 1991 έως το 1996 μειώνεται ακόμη περισσότερο σε περίπου 2.8 % κατ' έτος. Θα πρέπει έδω να τονιστεί ότι οί μεταβολές της υπεριώδους ήλιακής ακτινοβολίας που φθάνουν στο έδαφος, έπειδή έξαρτώνται από πάρα πολλούς παράγοντες (νέφωση, ανακλαστικότητα κλπ.), είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν και να γίνονται προεκτάσεις των μεταβολών στο μέλλον. Ο

κανόνας που χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν ότι για κάθε 1% μείωση του όζοντος ή έρυθματώδους δόση της υπεριώδους αϋξάνει κατά 1.5% έχει σήμερα αμφίβολη αξία, ιδιαίτερος μετά τις λεπτομερείς μετρήσεις ακριβείας που πραγματοποιούνται σε όρισμένους εξειδικευμένους σταθμούς στον κόσμο, μεταξύ των οποίων και εκείνες στο Έργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας στο ΑΠΘ, στο οποίο έλαβαν χώραν το πρώτα διεθνή πειράματα αλληλοβαθμονόμησης βαρέων οπτικών οργάνων.

Ο άνθρωπος με πολλούς τρόπους έχει επιδράσει στο στρώμα του όζοντος: με τη χρήση των χλωροφθορανθράκων, με τη χρήση φυτοφαρμάκων, με τις στρατοσφαιρικές αεροπορικές πτήσεις και γενικότερα με την αύξηση της όξινισης της ατμόσφαιρας. Δυστυχώς, παρά την υπογραφή του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ για τη σωτηρία του στρώματος του όζοντος και παρά την πρόοδο που έχει γίνει με μεγάλα πειράματα μέσα στην στρατόσφαιρα, υπάρχουν πολλά αναπάντητα ερωτήματα που σχετίζονται με τις ατμοσφαιρικές φυσικές και χημικές διεργασίες που γίνονται στους τροπικούς και οι οποίες δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς. Τα πράγματα βέβαια θα ήταν σαφώς χειρότερα αν δεν είχαν επιβεβαιωθεί έγκαιρα οι θεωρίες των καθηγητών Crutzen, Molina και Rowland το 1984 στη Χαλιδική και το 1885 από τη Βρετανική Ανταρτική αποστολή.

Ήδη, εκτός του όζοντος και πολλά από τα άλλα αέρια της ατμόσφαιρας δείχνουν ανησυχητικές μεταβολές που υποδηλώνουν σημαντικές αλλαγές στην ατμόσφαιρα του πλανήτη μας στα χρόνια που έρχονται. Όλες οι ένδείξεις δείχνουν πως το φαινόμενο του θερμοκηπίου ήδη έχει αρχίσει να λειτουργεί και αναμένονται χειρότερες μέρες για περιοχές όπως η Μεσόγειος. Επίσης αναμένεται ότι στο έγγυς μέλλον ή αραίωση του όζοντος με την αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας έχει ως άλλο αποτέλεσμα την ένταση του νέφους των πόλεων και γενικότερα την αλλαγή της χημικής σύστασης της ατμόσφαιρας μέσα στις προσεχείς δεκαετίες. Στο όλο αυτό πολύπλοκο σχήμα των αλληλεπιδράσεων όζοντος - ακτινοβολίας - σύστασης της ατμόσφαιρας υπεισέρχεται και ο παράγοντας **βιόσφαιρα**, ή οποία συμμετέχει στις έκπομπες διαφόρων αερίων, σημαντικών για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μας. Δυστυχώς ο άνθρωπος διατάραξε και διαταράσσει με τις συνεχείς καύσεις των καυσίμων και αυτή την ισορροπία και έτσι αναμένουμε μία σημαντική εξέλιξη στο φαινόμενο του θερμοκηπίου μέσα στις επόμενες δεκαετίες.

Σε περιοχές όπως η Ελλάδα και η Μεσόγειος, τόσο το φαινόμενο του θερμοκηπίου, όσο και η αραίωση του στρώματος του όζοντος, αλλά και γενικότερα η αλλαγή της σύστασης και ατμόσφαιρας, θα έχουν σοβαρές συνέπειες, διότι οι περιοχές αυτές είναι και γενικώς θερμές περιοχές της Ευρώπης και ηλιόλουστες. Οι

ἐπικείμενες ἀλλαγές στη Μεσόγειο ἐνδιαφέρουν ἀμέσως τὰ ἑκατομμύρια τῶν ἐπισκεπτῶν τῆς καὶ γι' αὐτὸ τὸν λόγο τὰ κράτη στὴν περιοχὴ αὐτὴ θὰ πρέπει νὰ ἐνημερώνουν τοὺς πολίτες τους γιὰ τὴν ὑπάρχουσα κατάσταση τοῦ περιβάλλοντος. Τέλος, θὰ πρέπει νὰ σημειωθεῖ ὅτι, παρ' ὅλα τὰ μέτρα ποὺ πάρθηκαν μέχρι σήμερον, τὸ στρῶμα τοῦ ὄζοντος δὲν ἀναμένεται νὰ ἐπανέλθει πλήρως παρὰ μετὰ ἀπὸ 70 ἕως 100 χρόνια.

R E F E R E N C E S

- Bais, A.F., C.S. Zerefos, C. Meleti, I.C. Ziomas, K. Tourpali, «Spectral measurements of solar UV-B radiation and its relations to total ozone, SO₂ and clouds», *J. Geophys. Res.*, **98**, 5199-5204, 1993.
- Bais, A.F., C.S. Zerefos, C. Meleti, I.C. Ziomas, K. Tourpali, V. Karaouza, D. Balis, «Variability of solar UV-B radiation at high and middle latitudes during EASOE 1991|92», *Geophys. Res. Let.* **21**, 1403-1406, 1994.
- Bojkov, R.D., C.S. Zerefos, D.S. Balis, I.C. Ziomas, A.F. Bais, «Record low total ozone during northern winters of 1992 and 1993», *Geophys. Res. Let.*, **30**, 1351-1354, 1993.
- Frederick, J.E., A.D. Alberts, «Prolonged enhancement in surface ultraviolet radiation during the Antarctic spring of 1990», *Geophys. Res. Let.* **18**, 1869-1871, 1991.
- Kerr, J.B., C.T. McElroy, «Evidence for large upward trends of ultraviolet-B radiation linked to ozone depletion», *Science*, **262**, 1032-1034, 1993.
- Madronich, S., «Implications of recent total atmospheric ozone measurements for biologically active ultraviolet radiation reaching the earth's surface», *Geophys. Res. Let.*, **19**, 37-40, 1992.
- McKenzie, R.L., W.A. Matthews, P.V. Johnston, «The relationship between erythematous UV and ozone, derived from spectral irradiance measurements», *Geophys. Res. Let.*, **18**, 2269-2272, 1991.
- Michaels, P.J., S.F. Singer, P.C. Knappenberger, «Analyzing ultraviolet-B radiation: Is there a trend?» *Science*, **264**, 1341-1342, 1994.
- Seckmeyer, G., B. Mayer, R. Erp, G. Bernhard, «UV-B in Germany higher in 1993 than in 1992», *Geophys. Res. Let.*, **21**, 577-580, 1994.
- Stamness, K., J. Zhonghai, J. Slusser, C. Booth, T. Lucas, «Several-fold enhancement of biologically effective ultraviolet radiation levels at McMurdo station Antarctica during the 1990 ozone «Hole», *Geophys. Res. Let.*, **19**, **10**, 1013-1016, 1992.
- Zerefos, C.S., A.F. Bais, C. Meleti, «UV-B measurements under extreme ozone deficiencies», *Proc. Intern. Symp. on Environmental UV Radiation and Health Effects*, May 4-6, Munich-Neuherberg, Germany, 1993.
- Zerefos, C.S., C. Meleti, A.F. Bais, A. Lambros, «The recent UV-B variability over south-eastern Europe», *Photochem. Photobiol.*, B: Biology, **31**, 15-19, 1995.
- Zerefos, C.S., A.F. Bais, C. Meleti, I.C. Ziomas, «A note on the recent increase of solar UV-B radiation over northern middle latitudes», *GRL*, **22**, **10**, 1245-1247, 1995.

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 17^{ΗΣ} ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1996

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΙΩΑΝΝΟΥ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ

ΙΑΤΡΙΚΗ.— **Ἡ Ἐπίδραση τοῦ νατρίου στήν ἐνεργοποίηση τῶν αἰμοπεταλίων**, ὑπὸ τοῦ Ἀντεπιστέλλοντος Μέλους κ. Παναγιώτη Γ. Ἰατρίδη*.

Τὰ αἰμοπετάλια εἶναι μικρὰ ἄχρσα, ἀπύρρηνα πρωτοπλασματικά τεμάχια τῶν μεγακαρυοκυττάρων τὰ ὅποια βρίσκονται στὸν μυελὸ τῶν ὀστέων (Wright, 1910). Τὰ αἰμοπετάλια μετὰ τὴν ἐλευθέρωσή των εἰσέρχονται στήν κυκλοφορία καὶ συμβάλλουν σημαντικά στήν αἰμόσταση καὶ στὸν μηχανισμό τῆς πήξης τοῦ αἵματος. Ἐπίσης μεταφέρουν ἀγγειοκινητικὲς οὐσίες ὅπως ἡ σεροτονίνη, οἱ κατεκολαμίνες, ἡ θρομβοξάνη (Ellis καὶ συνεργάτες, 1976), καθὼς καὶ αὐξητικούς παράγοντες ποὺ συμβάλλουν στήν ἀρτηριοσπλήρυνση (Ross καὶ Glomset, 1976) καὶ ἐπιτείνουν τὴν μετάσταση κακοήθων ὄγκων (Hilgard, 1973).

Κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ μηχανισμοῦ τῆς αἰμόστασης, μετὰ τὸν τραυματισμὸν ἐνὸς ἀγγείου καὶ τῆς λύσης τῆς συνέχειας τοῦ τοιχώματός του, ὁ μηχανισμὸς τῆς πήξης τοῦ αἵματος καὶ ἡ συνάθροιση καὶ συγκόλληση τῶν αἰματοπεταλίων συμβάλλουν στήν διακοπὴ τῆς αἱμορραγίας (Wintrobe, 1993, Vermyless, 1978). Ἡ ἄμεση ἀγγειοσυστολὴ καὶ ἡ δημιουργία τοῦ αἰμοπεταλιακοῦ ἐμβόλου ἀποτελοῦν τὴν πρωτογενῆ αἰμόσταση (Zucker, 1974, Chen καὶ Tsai, 1948). Κατὰ τὴν πρωτογενῆ αἰμόσταση τὰ αἰμοπετάλια προσκολλοῦνται καὶ συναθροίζονται στὸ τοίχωμα τοῦ τραυματισμένου ἀγγείου (Bizzozero, 1882). Ὁ μηχανισμὸς αὐτὸς τῆς συνάθροισης τῶν αἰμοπεταλίων χαρακτηρίζεται ἀπὸ μιὰ σειρά ἐπαλλήλων ἀντιδράσεων, ποὺ ξεκινᾷ ἀπὸ τὸ ἐρέθισμα τῶν αἰμοπεταλίων καὶ στήν συνέχεια τὴν ἐνεργοποίηση, συστολὴ, καὶ ἔκκριση τῶν ἐνδοαἰμοπεταλιακῶν κοκκίων. Ἔτσι ὀλοκληρώνεται ὁ κύκλος τῆς αἰμοπεταλιακῆς λειτουργίας (White καὶ συνεργάτες, 1974).

Ἡ προσκόλλησις τῶν αἰμοπεταλίων στὸ τοίχωμα τοῦ ἀγγείου ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν ἀλληλοεπίδραση μετὰξὺ τῆς αἰμοπεταλιακῆς μεμβρανικῆς γλυκοπρωτεΐνης Ib (Olson καὶ συνεργάτες, 1983) καὶ τοῦ πλασματικοῦ παράγοντα von Wil-

* PANAYOTIS G. IATRIDIS, **The effects of sodium on platelet activation.**

lebrand (Weiss, 1980). Ἀφοῦ τὰ αἰμοπετάλια ἐνεργοποιηθοῦν ἀπὸ τὸ κολλαγόνο τοῦ τοιχώματος τοῦ ἀγγείου ἢ ἀπὸ τὸ ADP πού ἐλευθερώνουν τὰ ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια (Marr καὶ συνεργάτες, 1965) ἢ ἀπὸ ὑπενδοθηλιακοὺς συνδετικούς ἴστους (Hounour καὶ Mitchell, 1976), συναθροίζονται καὶ συγκολλοῦνται μεταξύ τους. Ὑπὸ τὴν ἐπίδραση τῶν ἰόντων ἀσβεστίου ἢ γλυκοπρωτεΐνη IIb καὶ τὸ σύμπλεγμα IIIa τῆς αἰμοπεταλιακῆς μεμβράνης, ἀλληλοαντιδροῦν μὲ τὸ ἰνωδογόνο (Bennett καὶ Villaire, 1979, Nachman καὶ Leung, 1982) καὶ τὴν θρομβοσπονδίνη τοῦ πλάσματος (Jaffe καὶ συνεργάτες, 1982) καὶ προκαλοῦν τὴν συνάθροιση καὶ συγκόλληση τῶν αἰμοπεταλίων.

Κατὰ τὴν διάρκεια τῆς συγκόλλησης τὰ αἰμοπετάλια ἐνεργοποιοῦνται, ἀλλάζουν σχῆμα ἀπὸ δισκοειδῆ σὲ μικρὰ σφαιρίδια. Στὸ ἐσωτερικὸ τῶν αἰμοπεταλίων τὰ ὄργανίδια πού ἀποθηκεύουν διάφορες οὐσίες συγκεντρώνονται στὸ κέντρο τῶν αἰμοπεταλίων καὶ περιβάλλονται ἀπὸ ἓνα δακτύλιο ἀκτινομουσίνης καὶ μικροσωληναρίων (White, 1968). Ἐπίσης ἡ πυκνότης τοῦ ἐνδοαἰμοπεταλιακοῦ ἀσβεστίου αὐξάνει καὶ προκαλεῖ μιὰ σειρά ἐνεργειῶν πού συμβάλλουν στὴν περαιτέρω ἐνεργοποίηση τῶν αἰμοπεταλίων ὅπως ἡ φωσφοριλίωση τῆς μουσίνης καὶ ἡ κινητοποίηση τοῦ ἐλεύθερου ἀραχιδονικοῦ ὀξέος ἀπὸ τὰ φωσφολιπίδια τῆς αἰμοπεταλιακῆς μεμβράνης.

Ἡ ἀλλαγὴ τοῦ σχήματος τῶν αἰμοπεταλίων συμβάλλει στὴν διάχυση τῶν ἐνδοαἰμοπεταλιακῶν κοκκίων (Grette, 1962, Day καὶ Holmsen, 1971) καὶ τὴν ἐλευθέρωση διαφόρων αἰμοπεταλιακῶν οὐσιῶν ὅπως τὸ ADP, ἀσβέστιο, σεροτονίνη, κατεκολαμίνες, PAF (ἐνεργοποιὸς παράγοντας τῶν αἰμοπεταλίων), αὐξητικούς παράγοντες καὶ φωσφολιπίδια. Τὸ ἐλευθερούμενο αἰμοπεταλιακὸ ADP ἐνεργοποιεῖ μεταξύ ἄλλων τὶς αἰμοπεταλιακὰς προσταγλανδίνες μὲ τελικὸ σχηματισμὸ τῆς θρομβοξάνης (TXA₂), ἡ ὁποία συναθροίζει καὶ συγκολλᾷ περισσότερα αἰμοπετάλια, συμβάλλοντας στὴν αὐξηση τοῦ αἰμοπεταλιακοῦ ἐμβόλου καὶ στὴν περαιτέρω πρόληψη τῆς ἐξαγγείωσης τοῦ αἵματος. Τὰ ἐλευθερούμενα φωσφολιπίδια συμβάλλουν στὸν μηχανισμό τῆς πήξης τοῦ αἵματος καὶ τῆς δημιουργίας μὴ διαλυτοῦ δικτύου ἰνώδους πού περιβάλλει καὶ σταθεροποιεῖ τὸ πρωτογενὲς αἰμοπεταλιακὸ ἔμβολο.

Ἀπὸ τὰ διάφορα ἰόντα πού ἐπιδροῦν στὴν λειτουργία τῶν αἰμοπεταλίων, τὸ ἀσβέστιο ἔχει μελετηθῆ τὸ περισσότερο. Ἐπὶ πλέον τὸ νάτριο ἔχει ἐπίσης μελετηθῆ καὶ διάφοροι ἐρευνητὲς ἀπέδειξαν τὴν ὑπαρξὴ σημαντικοῦ ρόλου τοῦ νατρίου στὴν λειτουργία τῶν αἰμοπεταλίων. Τὸ 1977 ὁ Feinberg καὶ συνεργάτες ἀπέδειξαν γιὰ πρώτη φορὰ τὴν σχέση νατρίου καὶ αἰμοπεταλιακῆς λειτουργίας. Οἱ ἐν λόγω ἐρευνητὲς ἀπέδειξαν ὅτι κατὰ τὴν διάρκεια τῆς συνάθροισης τῶν αἰμοπεταλίων λαμ-

βάνει χώρα αύξηση τής διακίνησης του έξωκυτταρικού νατρίου εντός του αίμοπεταλίου. Άλλοι έρευνητές (LeBreton and Feinberg, 1974, Massini and Luscher, 1974) διεπίστωσαν ότι κατά την διάρκεια τής ένεργοποίησης των αίμοπεταλίων με ADP δέν υπήρχε διακίνηση του άσβεστίου στο αίμοπετάλιο. Σε πειράματα, όπου ή με ADP συνάθροιση των αίμοπεταλίων άναστέλλετο με την άφαίρεση του άσβεστίου του πλάσματος με EDTA, ή άλλαγή του σχήματος των αίμοπεταλίων έπιτελειτό με την δακίνηση του έξωκυτταρικού νατρίου εντός των αίμοπεταλίων. Όταν ή άλλαγή σχήματος έξουδετερώνεται με την προσταγλανδίνη PGE₂, ή ένδοδιακίνηση του νατρίου έπίσης άναχαιτίζετο (Sandler και συνεργάτες, 1980). Επίσης οί αύτοί έρευνητές παρατήρησαν ότι κατά την διάρκεια τής συνάθροισης των αίμοπεταλίων με έπινεφρίνη ή με βαζοπρεσσίνη, δέν διαπιστώθηκε διακίνηση του νατρίου εντός των αίμοπεταλίων.

Οί Sandler και συνεργάτες (1980) άνακοίνωσαν ότι με την προσθήκη Βεραπαμίλης (άναστολέας τής ένδοδιακίνησης του άσβεστίου) ή Άμελορίδης (άναστολέας τής ένδοδιακίνησης του νατρίου) για την έξουδετέρωση τής διακίνησης άφ' ένός του άσβεστίου και άφ' έτέρου του νατρίου εντός των αίμοπεταλίων, ή συνάθροιση των αίμοπεταλίων άναστέλλετο. Τα αίμοπετάλια με Βεραπαμίλη δέν συναθροίζοντο με την προσθήκη τής έπινεφρίνης ένώ παρουσίασαν κανονική συνάθροιση με την προσθήκη του ADP (LeBreton and Feinberg, 1974). Από την άλλη μεριά όμως ή Άμελορίδη έξουδετέρωνε την με ADP συνάθροιση των αίμοπεταλίων και την ένδοδιακίνηση του νατρίου. Τα έν λόγω πειράματα καθιστούν έμφανές ότι ή διακίνηση του νατρίου εντός των αίμοπεταλίων συμβάλλει στην ένεργοποίηση των αίμοπεταλίων με ADP ένώ ή ένεργοποίηση των αίμοπεταλίων με την έπινεφρίνη χρειάζεται ιόντα άσβεστίου.

Οί Ίατρίδης και Ling-Indeck (1986) άπέδειξαν ότι τó ιονοφόρο του νατρίου Μονενσίνη έπαυξάνει την συνάθροιση των αίμοπεταλίων και την σύνθεση τής αίμοπεταλιακής TXA₂ υπό την επίδραση μικρών ποσοτήτων έπινεφρίνης, νορεπινεφρίνης, κολλαγόνου και A23187 (ιονοφόρο του άσβεστίου). Επίσης οί αύτοί έρευνητές άπέδειξαν ότι ή Άμελορίδη έξουδετέρωνε την συνάθροιση των αίμοπεταλίων και την σύνθεση τής TXA₂ υπό την επίδραση φυσιολογικών ποσοτήτων έπινεφρίνης, νορεπινεφρίνης, κολλαγόνου και A23187.

Οί Connolly και Limbird (1983a) και οί Motulsky και Insel (1983) ύπέθεσαν ότι τó νάτριο συμβάλλει στην α -άδρενεργική ένεργοποίηση των αίμοπεταλίων. Οί αύτοί έρευνητές άπέδειξαν ότι ή συνάθροιση των αίμοπεταλίων με έπινεφρίνη έξαρτάται από την παρουσία νατρίου στο πλάσμα ένώ ή συνάθροιση των αίμοπεταλίων με θρομβίνη είναι άνεξάρτητη από την παρουσία ή μή νατρίου στο πλάσμα.

Για την επιβεβαίωση των ανωτέρω οι αυτοί έρευνητές μεταχειρίστηκαν Μονενσίνη (ιονοφόρο του νατρίου) ή ούαβαίνη (γλυκοσίδη που αναστέλλει την ένδοδιακίνηση του νατρίου), για να αποδείξουν την σχέση της επινεφρικής δράσης επί του α -άδρενεργικού ύποδοχέα.

Οι Connolly και Limbird (1983b) έμελέτησαν περαιτέρω την δράση του νατρίου στην ενεργοποίηση των αίμοπεταλίων με επινεφρίνη, ADP και μικρές ποσότητες θρομβίνης κατά την διφασική συνάθροιση των αίμοπεταλίων. 'Απέδειξαν ότι ή επίδραση του νατρίου αφορά την δεύτερη φάση της αίμοπεταλιακής συνάθροισης ή όποια όφειλεται στην έλευθέρωση της TXA₂. Οι 'Ιατριδής και Ling-Indeck (1986) έμελέτησαν την δράση του νατρίου κατόπιν ραδιοανοσοδοκιμασίας της TXA₂ κατά την διάρκεια της συνάθροισης των αίμοπεταλίων μετά προσθήκης Μονενσίνης (ιονοφόρο του νατρίου) και μικρές ποσότητες αίμοπεταλιακών αγωνιστών. Τα πειράματα αυτά απέδειξαν ότι ή αύξηση της πρόσληψης του νατρίου με την βοήθεια της Μονενσίνης, αυξάνει την σύνθεση της TXA₂ ενώ ή προσθήκη 'Αμελορίδης (άνταγωνιστή της πρόσληψης του νατρίου) αναστέλλει την σύνθεση της TXA₂.

Τò 1985 οι Sweatt και συνεργάτες απέδειξαν ότι ή έλευθέρωση του άραχιδονικού όξέος αναστέλλετο όταν τò νάτριο αφαιρείτο από τò έξωτερικό περιβάλλον των αίμοπεταλίων. Οι αυτοί έρευνητές απέδειξαν ότι ή ενεργοποίηση του μηχανισμού ανταλλαγής του έξωκυτταρικού νατρίου με τò ένδοκυτταρικό ύδρογόνο συμβάλλει στην έλευθέρωση του άραχιδονικού όξέος κατά την αίμοπεταλιακή ενεργοποίηση με επινεφρίνη, ADP ή με θρομβίνη. "Όταν τò pH είναι όξινο μεταξύ 7.3 και 6.8, ή έλευθέρωση του άραχιδονικού όξέος με επινεφρίνη αναστέλλετο. Οι Sweatt και συνεργάτες (1986 α,β) και Banga και συνεργάτες (1986) επρότειναν ότι ή επινεφρίνη και τò ADP χρειάζονται την ανταλλαγή του έξωκυτταρικού νατρίου με τò ένδοκυτταρικό ύδρογόνο για την ενεργοποίηση της φωσφολιπάσης A₂. 'Η σύνθεση των προσταγλανδινικών ένδοπεροξειδίων και της TXA₂ όδηγούν στην ενεργοποίηση της φωσφολιπάσης C (Banga και συνεργάτες, 1986).

'Ο Brass (1984) έμελέτησε την επίδραση της βαθμίδωσης του νατρίου στην όμοιόσταση του άσβεστίου στα μη ενεργοποιημένα αίμοπετάλια. Τò αντίκειμενο της μελέτης ήταν ή διαλεύκανση του κατά πόσον ή ανταλλαγή του έξωκυτταρικού νατρίου με τò ένδοκυτταρικό άσβέστιο έπιδρά στην όμοιόσταση του άσβεστίου στα αίμοπετάλια. Τα έρευνητικά άποτελέσματα του έν λόγω έρευνητή έδειξαν ότι ή ανταλλαγή του νατρίου με τò άσβέστιο δέν άποτελεί τόν κύριο παράγοντα στην ένδοδιακίνηση του άσβεστίου.

Οι Zanioco και συνεργάτες (1986) απέδειξαν ότι ή ένδοδιακίνηση του καλίου στα κύτταρα επηρεάζει την πυκνότητα του ένδοκυτταρικού ύδατος. "Όπως σε όλα

τὰ εὐκαρυωτικά κύτταρα, τὰ αἰμοπετάλια περιέχουν κάλιο (Cooley καὶ Cohen, 1967, Kiem καὶ συνεργάτες, 1979, Gorodetsky καὶ Marx, 1990). Οἱ Marx καὶ συνεργάτες (1992) ἀπέδειξαν ὅτι ὁ ὄγκος τῶν αἰμοπεταλίων ρυθμίζεται ἀπὸ τὴν ἀντλία τοῦ νατρίου/καλίου ATPase. Οἱ αὐτοὶ ἐρευνητὲς ἀπέδειξαν πειραματικά ὅτι ἡ ἀναστολὴ τῆς ἀντλίας τοῦ νατρίου/καλίου ATPase μὲ οὐαβαΐνη συντελεῖ στὴν αὐξηση τοῦ ἐνδοαίμοπεταλιακοῦ ὕδατος καὶ κατὰ συνέπεια στὴν αὐξηση τοῦ μέσου ὄγκου τῶν αἰμοπεταλίων. Ἐπίσης ἡ οὐαβαΐνη προκαλεῖ μεγαλύτερη ἔκφραση τοῦ ὑποδοχέα τοῦ ἰνωδογόνου (GPIIb) στὴν ἐπιφάνεια τῶν αἰμοπεταλίων τοῦ ὁδηγεῖ σὲ μικροσυναθροίσεις τῶν αἰμοπεταλίων καὶ αὐξημένη δράση τοῦ ADP. Ὁ Finotti (1992) ἀπέδειξε ὅτι ἡ μεμβρανικὴ νάτριο/κάλιο ATPase ἀντιδρᾷ διαφορετικὰ κατὰ τὴν ἐνεργοποίηση τῶν αἰμοπεταλίων μὲ θρουψίνη ἢ θρομβίνη, διότι ὑπάρχουν διαφορετικοὶ ὑποδοχεῖς γιὰ κάθε μία ἀπὸ τὶς ἐν λόγω πρωτεΐνες. Κατὰ συνέπεια ἡ ἐνεργοποίηση τῶν αἰμοπεταλίων εἶτε μὲ θρομβίνη εἶτε μὲ θρουψίνη ἐπιτυγχάνεται διὰ μέσου τῆς μεμβρανικῆς νάτριο/κάλιο ATPase.

Ἀπὸ ὅσα παραθέσαμε παραπάνω εἶναι φανερό ὅτι τὸ νάτριο εἶτε σὰν νάτριο/κάλιο ATPase εἶτε σὰν ἐλεύθερο νάτριο συμβάλλει ἐνεργᾶ στὴν ἐνεργοποίηση τῆς καθόλου λειτουργίας τῶν αἰμοπεταλίων.

Ἔως προσφάτως ὁ μηχανισμὸς τῆς δράσης τοῦ νατρίου στὰ αἰμοπετάλια δὲν ἦταν γνωστός. Ὑποθέσαμε ὅτι ἓνας τρόπος δράσης τοῦ νατρίου εἶναι ἡ πιθανὴ αὐξηση τῆς πυκνότητας τοῦ ἐνδοαίμοπεταλιακοῦ ἀσβεστίου $[Ca^{++}]_i$.

Σὲ μιὰ σειρὰ πειραμάτων μελετήσαμε τὴν ἐνδοαίμοπεταλιακὴ πυκνότητα τοῦ ἀσβεστίου μὲ Quin-2, φθοριοῦχο ἐλεγκτὴ (Tsien, 1980), σύμφωνα μὲ τὴν μέθοδο τοῦ Rink καὶ συνεργάτες (1982), κατόπιν προσθήκης διαφόρων πυκνοτήτων Μο-νεσίνης (ιονοφόρο νατρίου) καὶ A23187 (ιονοφόρο ἀσβεστίου) στὸ ἐξωκυτταρικό ὑγρὸ (buffer) τοῦ αἰμοπεταλιακοῦ αἰωρήματος. Τὸ πλούσιο σὲ αἰμοπετάλια πλάσμα ἐπιδόθηκε γιὰ 30 λεπτά μὲ 20 mM Quin-2 σὲ 37° C (Rink καὶ συνεργάτες 1982). Μετὰ τὴν ἐπίπωση, τὸ πλούσιο σὲ αἰμοπετάλια πλάσμα ἐχωρίζετο σὲ δείγματα τῶν 5 ml τὸ καθένα. Σὲ κάθε δείγμα προσετίθετο 50ml EGTA. Τὰ δείγματα ἐφυγοκεντροῦντο σὲ 400 xg γιὰ 15 λεπτά σὲ 22° C. Τὸ ὑπερκείμενο πτωχὸ σὲ αἰμοπετάλια ἀφαιρεῖτο καὶ στὸ αἰμοπεταλιακὸ ἔζημα προσετίθετο 5ml HEPES-Tyrode buffer pH 7.4 σὲ 37° C (145 mM NaCl, 5 mM KCl, 1 mM MgSO₄, 0.5 mM Na₂ HPO₄, 5 mM γλυκόζης καὶ 10 mM HPEPES). Τὸ τελικὸ ἐναίωρημα τῶν αἰμοπεταλίων περιεῖχε $1-1,5 \times 10^8$ αἰμοπετάλια σὲ κάθε κυβικὸ ἑκατοστό. Ἡ ἐξωκυτταρικὴ πυκνότητα τοῦ ἀσβεστίου ἐρυθμίζετο μὲ τὴν προσθήκη 15 ml CaCl₂ (100 mM) σὲ κάθε αἰμοπεταλιακὸ ἐναίωρημα 5 λεπτά πρὶν τὴν καταμέτρηση τοῦ ἐνδοκυτταρικοῦ ἀσβεστίου (Hallam καὶ συνεργάτες, 1984a,b).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

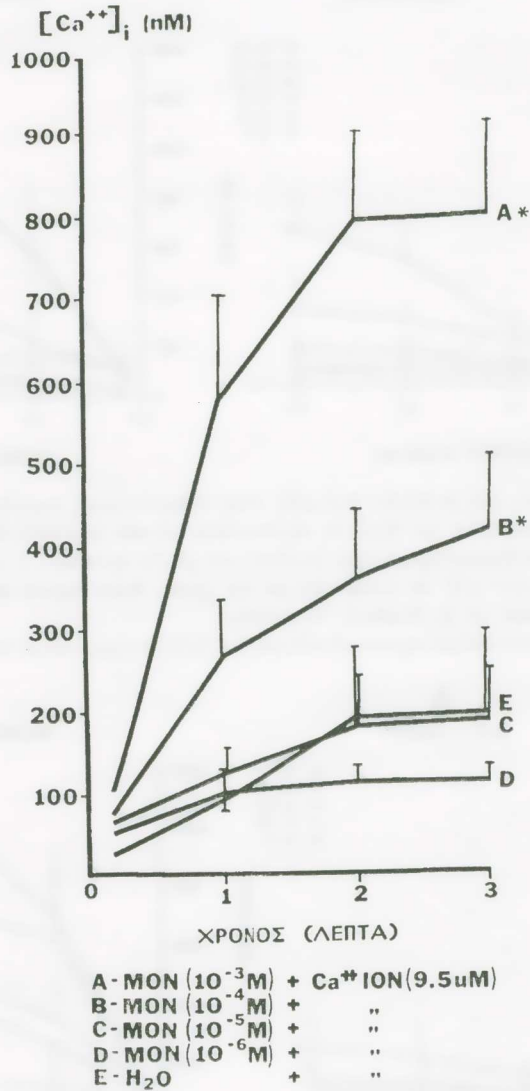
Όπως είναι όρατο (εικόνα 1), η προσθήκη διαφόρων ποσοτήτων Μονενσίνης και κάτω του όριου ποσότητες A23187 (ιονοφόρο άσβεστίου), σαφώς αύξανε την ένδοαιμοπεταλιακή πυκνότητα του άσβεστίου σε συνάρτηση με τον χρόνο. Η προσθήκη 10-3M (A) και 10-4M (B) Μονενσίνης παρουσίαζε την μεγαλύτερη αύξηση του ένδοκυτταρικού άσβεστίου, η οποία ήταν στατιστικά σημαντική.

Η εικόνα 2 παρουσιάζει αποτελέσματα από πειράματα, όπου διάφορες πυκνότητες του νατρίου (145, 125, 100, 45, 25 και nM) περιείχοντο στο έξωκυτταρικό υγρό (buffer) του αίμοπεταλιακού αίωρήματος. Όπως είναι καταφανές, η ένδοαιμοπεταλιακή πυκνότητα του άσβεστίου εξαρτάτο από την έξωκυτταρική πυκνότητα του νατρίου. Η προσθήκη Μονενσίνης συγχρόνως με A23187 (εικόνα 2-B) αύξανε προοδευτικά την ένδοαιμοαιμοπεταλιακή πυκνότητα του άσβεστίου σε συνάρτηση με τον χρόνο. Στον μάρτυρα ή προσθήκη ύδατος και A23187 (εικόνα 2-A) δεν παρουσίαζε σημαντική αύξηση του ένδοαιμοπεταλιακού άσβεστίου σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Διάφορες πυκνότητες άσβεστίου (750, 500, 250, 125, και 0nM) περιείχοντο στο έξωκυτταρικό υγρό (buffer) του αίμοπεταλιακού αίωρήματος (εικόνα 3). Η προσθήκη Μονενσίνης και A23187 (εικόνα 3-B) αύξανε σημαντικά, σε συνάρτηση με τον χρόνο, την πυκνότητα του ένδοαιμοπεταλιακού άσβεστίου όταν η έξωκυτταρική πυκνότητα του άσβεστίου ήτο 750 ή 500 nM. Στον μάρτυρα ή προσθήκη ύδατος και A23187 (εικόνα 3-A) δεν προκαλούσε αύξηση του ένδοαιμοπεταλιακού άσβεστίου σε συνάρτηση με τον χρόνο.

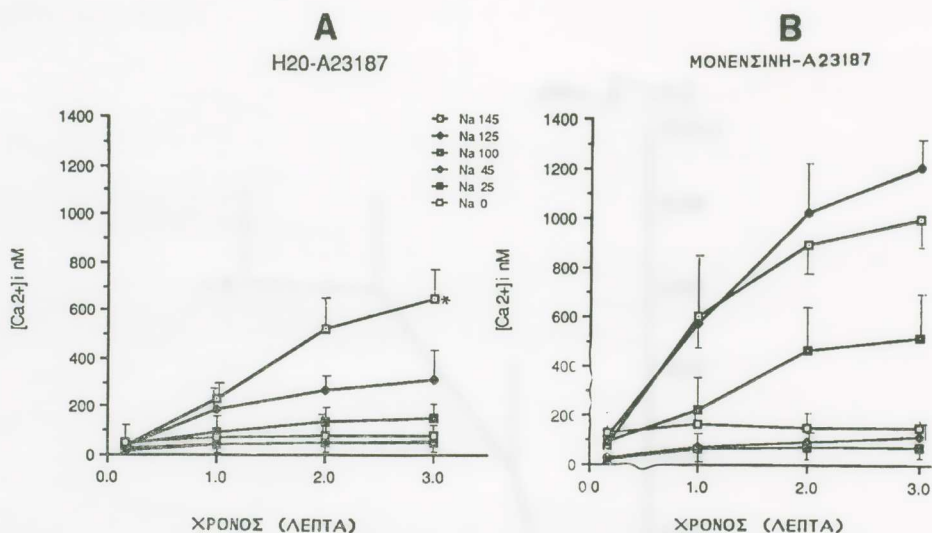
Όπως είναι γνωστό, η ούαβαίνη αναστέλλει την διακίνηση του νατρίου στα αίμοπετάλια. Σε μιá σειρά πειραμάτων (εικόνα 4) σε έκτεθειμένα ή μη σε ούαβαίνη αίμοπετάλια, η ένδοαιμοπεταλιακή πυκνότητα του άσβεστίου, σε συνάρτηση με τον χρόνο, ελαττώνετο σημαντικά υπό την επίδραση τής μονενσίνης και ύδατος (εικόνα 4Γ), ή A23187 και ύδατος (εικόνα 4Α). Η σύγχρονη επίδραση τής μονενσίνης και του A23187 (εικόνα 4B), δεν ελάττωνε σημαντικά, σε συνάρτηση με τον χρόνο, την ένδοαιμοπεταλιακή πυκνότητα του άσβεστίου στα έκτεθειμένα σε ούαβαίνη αίμοπετάλια.

Τá πειράματα αυτά απέδειξαν ότι η πυκνότης του ένδοαιμοπεταλιακού άσβεστίου εξηρτάτο από την πυκνότητα τής Μονενσίνης (ιονοφόρο του νατρίου) και κατά συνέπεια του βαθμού διακίνησης του νατρίου εντός των αίμοπεταλίων. Η εικόνα 5 παρουσιάζει σχηματικά την δράση τής ένδοδιακίνησης του νατρίου στα αίμοπετάλια και την πιθανή αύξηση τής ένδοαιμοπεταλιακής πυκνότητας του άσβεστίου ή όποια συμβάλλει στην αύξηση τής σύνθεσης τής θρομβοζάνης. Η αύξηση τής



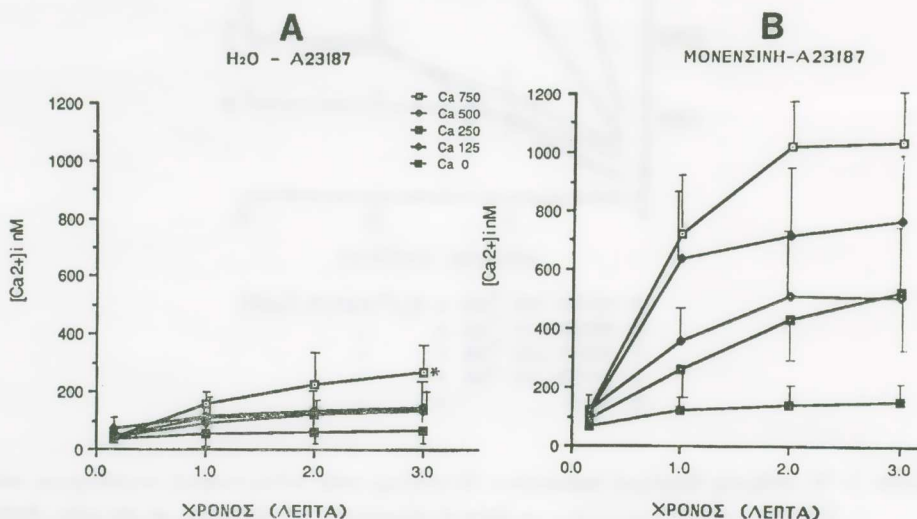
Εικόνα 1: 'Η επίδραση διαφόρων πυκνοτήτων Μονενσίνης στην ένδοκυτταρική συγκέντρωση του άσβεστίου στα εμπλουτισμένα με Quin-2 αίμοπετάλια σε συνάρτηση με τόν χρόνο. Κάθε σημείο αποτελεί τόν μέσο όρο 5 πειραμάτων με \pm Σταθερή 'Απόκλιση.

* Δηλώνει στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,01$) συγκριτικά με τόν μάρτυρα (E).



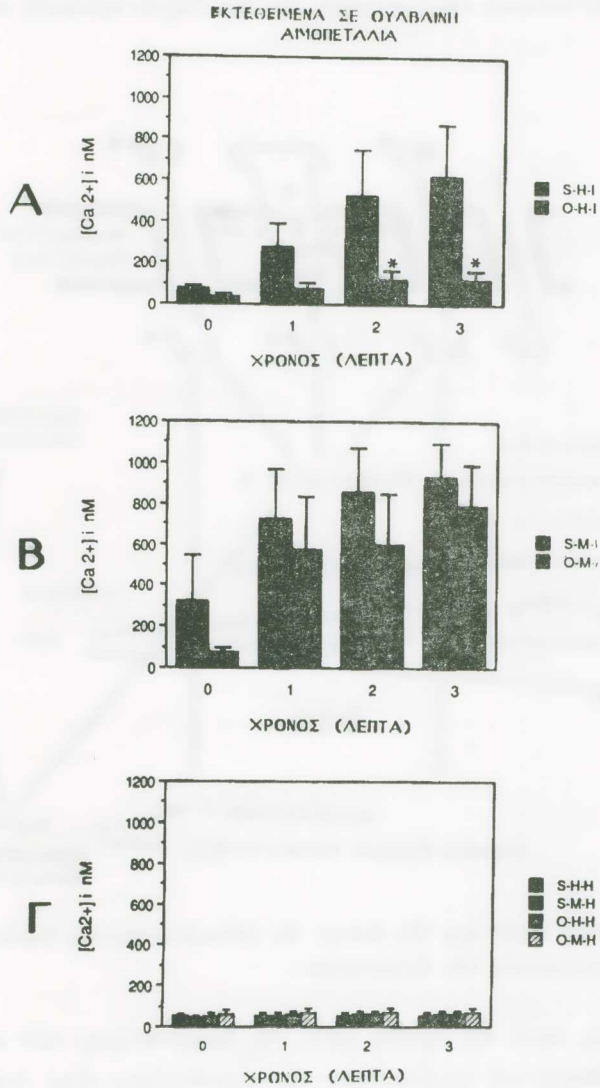
Εικόνα 2: Η επίδραση του A-23187 (9.5 μ M) στην ενδοκυτταρική συγκέντρωση του άσβεστιού στα εμπλουτισμένα με Quin-2 αιμοπετάλια με την παρουσία διαφόρων πυκνοτήτων νατρίου στο εξωκυτταρικό υγρό (buffer) και με την προσθήκη ή (Α) Η2O ή (Β) Μονενσίνης (1×10^{-4} M) σε συνάρτηση με τον χρόνο. Κάθε σημείο αποτελεί τον μέσο όρο 5 πειραμάτων με \pm Σταθερή Απόκλιση.

* Δηλώνει στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,01$) συγκριτικά με τον αντίστοιχο μάρτυρα.



Εικόνα 3: Η επίδραση του A-23187 (9.5 μ M) στην ενδοκυτταρική συγκέντρωση του άσβεστιού στα εμπλουτισμένα με Quin-2 αιμοπετάλια με την παρουσία διαφόρων πυκνοτήτων άσβεστιού στο εξωκυτταρικό υγρό (buffer) και με την προσθήκη ή (Α) Η2O ή (Β) Μονενσίνης (1×10^{-4} M) σε συνάρτηση με τον χρόνο. Κάθε σημείο αποτελεί τον μέσο όρο 5 πειραμάτων με \pm Σταθερή Απόκλιση.

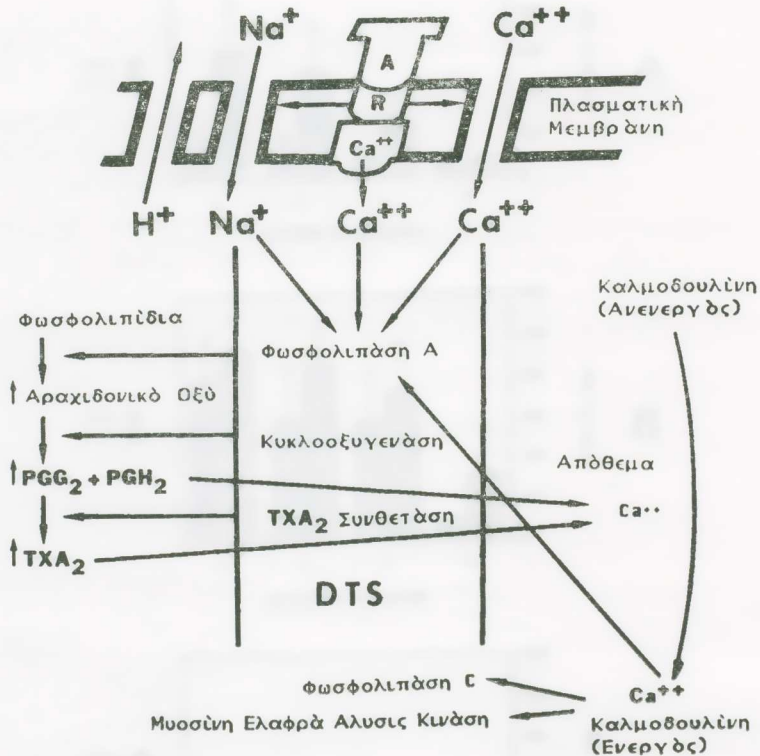
* Δηλώνει στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,01$) συγκριτικά με τον αντίστοιχο μάρτυρα.



Εικόνα 4: Συγκριτικά ιστοδιαγράμματα της ενδοαιμοπεταλιακής πυκνότητας του άσβεστιού σε εκτεθειμένα σε ούαβαίνη αιμοπετάλια μετά την προσθήκη (Α) ύδατος και A23187 (9,5 μM), (Β) Μονενσίνη και A23187, και (Γ) ύδατος και Μονενσίνη (1 × 10⁻⁴ M). * Δηλώνει στατιστικά σημαντική αύξηση (p < 0,01) συγκριτικά με τον αντίστοιχο μάρτυρα.

M=Μονενσίνη, H=H₂O, I=A23187, O=Ούαβαίνη, Σ=NaCl (Saline)

σύνθεσης της θρομβοξάνης αφ' ενός συναθροίζει τα αιμοπετάλια κατά την δεύτερη φάση της αιμοπεταλιακής ενεργοποίησης και αφ' ετέρου προκαλεί τοπικώς αγγειοσυστολή.



Εικόνα 5: Σχηματική παράσταση της δράσης της ένδοαιμοπεταλιακής διακίνησης του νατρίου στην ενεργοποίηση των αιμοπεταλίων.

Συνοπτικώς, κατά την πρώτη φάση της ενεργοποίησης των αιμοπεταλίων ο ρόλος της διακίνησης του νατρίου εντός των αιμοπεταλίων είναι πολύ σημαντικός, αφού θέτει σε λειτουργία ένδοαιμοπεταλιακούς μηχανισμούς που έχουν σαν τελικό αποτέλεσμα την συνάθροιση και συγκόλληση των αιμοπεταλίων και την τελική συμμετοχή των στην φυσιολογία της αιμόστασης. Η ένδαγγειακή όμως συνάθροιση και συγκόλληση των αιμοπεταλίων είναι βλαβερή, αφού προκαλεί θρόμβωση και διακοπή της αιμάτωσης ζωτικών ή μη όργάνων.

Η μερική αναστολή της ενεργοποίησης των αιμοπεταλίων με διάφορες φαρμακευτικές ουσίες, όπως η ασπιρίνη, ή ινδοσίδη ή άλλες, έχει σαν σκοπό την ελάττωση

τῆς ἐνδαγγειακῆς συνάθροισης καὶ συγκόλλησης τῶν αἰμοπεταλίων καὶ κατὰ συνέπεια τῆς θρόμβωσης.

Ἡ πλήρης διαλεύκανση τῆς δράσης τῆς ἐνδοαίμοπεταλιακῆς διακίνησης τοῦ νατρίου χρήζει συμπληρωματικῆς μελέτης γιὰ τὴν πλήρη κατανόηση τῆς συμβολῆς τοῦ νατρίου στὴν καθόλου λειτουργία τῶν αἰμοπεταλίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Banga, H. S., E. R. Simons, L.F. Brass and S.E. Rittenhouse, Activation of phospholipase A and C in human platelets exposed to epinephrine: Role of glycoproteins IIb|IIIa and dual role of epinephrine. Proc. Natl. Acad. Sci. 83:9197-9201, 1986.
- Bannett, J.S. and G. Vilaire, Exposure of platelet fibrinogen receptors by ADP and epinephrine. J. Clin. Invest. 64:1393-1401, 1979.
- Bizzozero, J., Ueber einen neuen Formbestandteil des Blutes und dessen Rolle bei der Thrombose und de Blutgerrinnuny. Virchow's Arch Pathol Anat Physiol Klin Med 90: 261-332. 1882.
- Brass, L.F. The effect of Na^+ on Ca^{2+} homeostasis in unstimulated platelets. J. Biol. Chem. 259(20): 12571-12575, 1984.
- Chen, T.I. and C. Tsai, The mechanism of haemostasis in peripheral vessels. J. Physiol. Lond. 107: 280-288, 1948.
- Connolly, T.M. and L.E. Limbird, The influence of Na^+ in the α -adrenergic receptor system of human platelets. J. Biol. Chem. 258 (6): 3907-3912, 1983a.
- Connolly, T. M. and L. E. Limbird, Removal of extraplatelet Na^+ eliminates indomethacin-sensitive secretion from human platelets stimulated by epinephrine, ADP and bin. Proc. Natl. Acad. Sci. 80:5320-5324, 1983b.
- Cooley, M. H. and P. Cohen, Potassium transport in blood platelets. J. Lab. Clin. Med. 70: throm 69-79, 1967.
- Day, H. J. and H. Holmsen, Concepts of the blood platelet release reaction. Ser. Haemat. 4(1): 3-27, 1971.
- Ellis, E. F., O. Oelz, L. J. Roberts III, N. A. Payne, B. J. Sweetman, A.S. Nies and J. A. Oates. Coronary arterial smooth muscle contraction by a substance released from platelets: evidence that it is thromboxane A_2 . Science 193: 1135-1137, 1976.
- Feinberg, H., W. W. C. Sandler, M. Scorer, G. C. LeBreton, B. Grossman, and G. V. R. Born, Movement of sodium into human platelets induced by ADP. Biochim. Biophys. Acta, 470: 317-324, 1977.
- Gorodetsky, R. and G. Marx, Multi-elemental analysis of platelets and autologous plasma by X-ray fluorescence spectrometry. J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis. 4:194, 1990.
- Grette, K. Studies on the mechanism of thrombin-catalyzed hemostatic reactions in blood platelets. Acta Physiol. Scand. 56: 9-93, 1962.

- Hallam, T. J., A. Sanchez and T. J. Rink, Stimulus-response coupling in human platelets. *Biochem. J.* 218: 819-827, 1984a.
- Hallam, T. J., N. T. Thompson, M. C. Scrutrin and T. J. Rink, The role of cytoplasmic free calcium in the response of quin 2-loaded human platelets to vasopressin. *Biochem. J.* 221: 819-901, 1984b.
- Hilgard, P., The role of blood platelets in experimental metastases. *Br. J. Cancer*, 28: 429-435, 1973.
- Homour, A. J. and J. R. A. Mitchell, Platelet clumping *in vivo*. *Nature Lond.* 197: 1019-1020, 1967.
- Iatridis, P. G. and L. L. Ling-Indeck, The role of Na^+ flux on platelet aggregation thromboxane A_2 synthesis and $[\text{Ca}^{++}]_i$ in platelets. *Federation Proc.* 45:221, 1986.
- Jaffe, E. A., L. L. K. Leung, R. L. Nachman, R. I. Levin and D. F. Mosher, Thrombospending is the endogenous lectin of human platelets. *Nature Lond.* 295:246-248, 1982.
- Kiem, J., H. Borberg, G. V. Iyengar, K. Kasperek, M. Siegers, L. E. Feinendegen, and Gross. Elemental composition of platelets II. *Clin. Chem.* 25: 705-710, 1979.
- LeBreton, G. C. and H. Feinberg, ADP-induced changes in intraplatelet Ca ion concentration. *The Pharmacologist* 16: 699, 1974.
- Marr, J., J. J. Barboriak and S. A. Johnson, Relationship of appearance of adenosine diphosphate, fibrin formation and platelet aggregation in the haemostatic plug *in vivo*. *Nature Lond.* 205: 259-262, 1965.
- Marx, G., A. Blankenfeld, R. Panet, and R. Gorodetsky, Model for regulation of platelet volume and responsiveness by the trans-membrane Na^+K^+ -pump. *J. Cell.Physiol.* 151(2): 249-254, 1992.
- Massini, P. and E. F. Luscher, On the significance of the influx of calcium ions into stimulated human blood platelets. *Biochim. Biophys. Acta* 436: 652-663, 1976.
- Motulsky, H. J. and P. A. Insel, Influence of sodium on the α -adrenergic receptor system on human platelets, *J. Biol. Chem.* 258(6): 3913-3919, 1983.
- Nachman, R. L. and L. L. Leung, Complex formation of platelet membrane glycoproteins Iib and IIIc with fibrinogen. *L. Clin. Invest.* 69: 263-269, 1982.
- Olson, J. D., J. L. Moore, M. F. Collins and B. S. Michael, Adhesion of human platelets to purified solid-phase von Willebrand factor: Studies of normal and Bernard-Soulier platelets. *Thromb. Res.* 32: 115-122, 1983.
- Rink, T. J., S. W. Smith and R. Y. Tsien, Cytoplasmic free Ca^{2+} in human platelets: Ca^{2+} thresholds and Ca^{2+} -independent activation for shape change and secretion. *FEBS Lett.* 148(1): 21-26, 1982.
- Ross, R., and J. A. Glomset, The pathogenesis of atherosclerosis, *N. Engl. J. Med.* 295: 369-377, 1976.
- Sandler, W. C., G. C. LeBreton and H. Feinberg, Movement of sodium into human platelets, *Biochim. Biophys. Acta* 600: 448-455, 1980.
- Sweatt, J. D., I. A. Blair, E. J. Cragoe and L. L. Limbird, Inhibitions of Na^+H^+ exchange block epinephrine and ADP-induced stimulation of human platelet phospholipase

- C by blockade of arachidonic acid release at a prior step. *J. Biol. Chem.* 261 (19): 8660-8666, 1986a.
- Sweatt, J. D., T. M. Conolly, E. J. Cragoe and L. E. Limbird, Evidence that α_2 F β exchange regulates receptor-mediated phospholipase A α activation in human platelets. *J. Biol. Chem.* 261(19): 8667-8673, 1986b.
- Sweatt, J. D., S. L. Johnson, E. J. Cragoe and L. E. Limbird, Inhibitors of Na $^+$ /H $^+$ exchange block stimulators-provoked arachidonic acid release in human platelets. *J. Biol. Chem.* 260(24): 12910-12919, 1985.
- Tsien, R. Y., New calcium indicators and buffers with high selectivity, against magnesium and protons, design synthesis, and properties of prototype structures. *Biochemistry* 19:2396-2404, 1980.
- White, J. G., Fine structural alterations induced in platelets by adenosine diphosphate. *Blood* 31(5): 604-622, 1968.
- White, J. G., G. H. R. Rao and J. M. Gerrard, Effects of the ionophore A23187 on blood platelets. *Am. J. Path.* 77: 135-190, 1974.
- Weiss, H. J., Congenital disorders of platelet function. *Sem. Hematol.* 17: 228-241, 1980.
- Wintrobe, M. M. In: *Clinical Haematology*, Philadelphia, Lea and Febiger, 371-450, 1974.
- Wright, J. H., The histogenesis of the blood platelet. *J. Morphology* 21 (2): 263-278, 1910.
- Zavoico, G. B., E. J. Cragoe, Jr. and M. B. Feinstein, Regulation of intracellular, pH in human platelets. *J. Biol. Chem.* 261(28): 13160-13167, 1986.
- Zucker, M. B. Platelet agglutination and vasoconstriction as factors in spontaneous hemostasis in normal, thrombocytopenic, heparinized and hypofibrinemic rats. *Am. J. Physiol.* 148: 275-288, 1947.

S U M M A R Y

The effects of sodium on Platelet activation

Platelet stimulation results in an increase in cytosolic free Ca $^{2+}$ concentration. Platelet [Ca $^{2+}$] $_i$ increase leads to several calcium-mediated events associated with platelet activation, such as phosphorylation of myosin light chains and mobilization of free arachidonic acid from membrane phospholipids. Na $^+$ influx may play a role in mediating platelet activation. Na $^+$ influx and/or increase in [Na $^+$] $_i$, affect Ca $^{2+}$ uptake by platelets, platelet shape change, platelet aggregation, and platelet α_2 receptors. Na $^+$ influx increase by monensin (a Na $^+$ ionophore), enhances platelet aggregation and thromboxane A $_2$ (TXA $_2$) synthesis. Amiloride, a selective inhibitor of Na $^+$ flux, inhibits both platelet aggregation and TXA $_2$ synthesis. An increase in platelet [Ca $^{2+}$] $_i$, induced by monensin and sub optimal concentrations of calcium ionophore (A23187), suggests that Na $^+$ influx can contribute in the mobilization of Ca $^{2+}$ in platelets.

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 31ΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1996

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΙΩΑΝΝΟΥ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ

ΙΑΤΡΙΚΗ.— **Ίατρικός πληθωρισμός: Μέγιστο πρόβλημα δημόσιας υγείας,**
υπό του Ίακαδημαϊκού κ. Νικολάου Ματσανιώτη.

Πρὶν ἀπὸ εἰκοσιπέντε περίπου χρόνια εἴχαμε ἐπισημάνει [1] μεταξύ τῶν πρώτων στὴν παγκόσμια ἐπιστημονικὴ κοινότητα, ὅτι ἡ ραγδαία αὐξηση τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἱατρῶν, κατεξοχὴν στὴν Ἑλλάδα, ἀλλὰ καὶ σὲ ἄλλες ἀνεπτυγμένες χώρες τῆς Εὐρώπης θὰ εἶχε ἀρνητικὲς συνέπειες τόσο στὴν υγεία τοῦ πληθυσμοῦ ὅσο καὶ στὸ κύρος καὶ τὴν ἀξιοπιστία τοῦ ἱατρικοῦ ἐπαγγέλματος. Πολλὲς χώρες, συλλογικὰ σώματα καὶ διεθνεῖς ὀργανισμοί, συμπεριλαμβανομένου τοῦ Παγκόσμιου Ὁργανισμοῦ Ὑγείας [2,3], ἔχουν τώρα ἀναγνωρίσει τὴν ὀρθότητα αὐτῆς τῆς ἐκτίμησης καὶ καταβάλλουν ἤδη προσπάθειες γιὰ τὴν ἀναθεώρηση τῶν προγραμματικῶν τους ἐπιδιώξεων ὅσον ἀφορᾷ τὸ ἱατρικὸ δυναμικὸ. Ἐπανερχόμεστε σήμερα μὲ τὴ διαπίστωση ὅτι στὸ τέταρτο τοῦ αἰῶνα ποῦ παρεμβλήθηκε, ἡ κατάσταση στὴ χώρα μας ὄχι μόνο δὲν βελτιώθηκε, ἀλλὰ ἀντίθετα ἐπιδεινώθηκε σὲ τρόπο καὶ βαθμὸ ποῦ σκιάζει τὴ δημόσια υγεία καὶ ἀπειλεῖ ὄχι μόνο τὴν ἐπαγγελματικὴ ἀξιοπρέπεια τοῦ ἱατροῦ ἀλλὰ ἀκόμη καὶ τὴν ἐπαγγελματικὴ ἐπιβίωσή του.

Οἱ φοιτητὲς ποῦ σπουδάζουν σήμερα στὶς ἑπτὰ ἱατρικὲς σχολὲς τῆς χώρας μας ξεπερνοῦν τοὺς 10.000. Δὲν θὰ θίξω τὸ μαγικὸ τρόπο μὲ τὸν ὁποῖο στὸ 3ο ἔτος σπουδῶν ὁ ἀριθμὸς τῶν φοιτητῶν εἶναι κατὰ 50% τουλάχιστον μεγαλύτερος ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ αὐτῶν ποῦ εἰσῆλθαν κανονικὰ μὲ τίς πανελλήνιες ἐξετάσεις. Οὔτε τὰ ἄλλα προβλήματα ποῦ δημιουργεῖ στὴν ἐκπαίδευση τῶν αὐριανῶν γιατρῶν ὁ τεράστιος ἀριθμὸς τῶν φοιτητῶν τῆς ἱατρικῆς, οὔτε τὴ βεβαιότητα ὅτι δὲν ὑπάρχει ἐπιστημονικὸ σῶμα ποῦ θὰ μποροῦσε νὰ ἐκπαιδεύσει σωστὰ φοιτητὲς τῶν ὁποίων οἱ

* N. MATSANIOTIS, **Physician oversupply in Greece: a major public health problem.**

πνευματικές ικανότητες, οι προσδοκίες, τα κίνητρα και η φάση ένταξής τους στο σπουδαστικό σώμα ποικίλλουν τόσο πολύ. 'Απλώς θα επισημάνω ότι η εκπαίδευση που παρέχουν οι Ιατρικές σχολές μας σήμερα δεν πληροῖ ούτε ένα από τα κριτήρια τα όποια έχει θεσπίσει η ειδική επιτροπή για την Ιατρική εκπαίδευση τῆς Εὐρωπαϊκῆς "Ενωσης. Τοῦτο ἰσοδυναμεῖ με ἀποκλεισμό τῶν ἐλλήνων ἰατρῶν ἀπό τὴν ἐλεύθερη ἐπαγγελματική τους διακίνηση καὶ ἐγκατάσταση στὶς ὑπόλοιπες χῶρες τῆς Εὐρωπαϊκῆς "Ενωσης.

Δὲν εἶναι γνωστός ὁ ἀκριβὴς ἀριθμὸς τῶν νέων μας πὺ σπουδάζουν ἰατρική στὸ ἐξωτερικό. 'Ενδέχεται νὰ ὑπερβαίνουν τοὺς 5.000. 'Ισως νὰ εἶναι καὶ διπλάσιοι. Γιὰ παράδειγμα, τὸ 1994 στὴν εὐρύτερη περιοχή 'Αθηνῶν πῆραν ἄδεια ἀσκήσεως ἐπαγγέλματος 2.000 νέοι γιατροὶ ἐνῶ τὴν ἴδια χρονιὰ οἱ ἀπόφοιτοι τῶν ἰατρικῶν μας σχολῶν ἦταν συνολικὰ 1.027.

'Απλὴ ἀριθμητικὴ δείχνει ὅτι στοὺς 42.000 σημερινούς γιατροὺς τὰ προσεχῆ 10 χρόνια θὰ προστεθοῦν (ὑπολογιζόμενων φυσικὰ ὅσον πρόκειται νὰ ἀποσυρθοῦν τὴν ἴδια περίοδο) τόσοι νέοι γιατροὶ ὥστε νὰ ἀναλογεῖ 1 γιατρός σὲ κάθε 200 κατοίκους ἢ καὶ λιγότερους.

Δὲν ὑπάρχει συμφωνία στὴ διεθνή βιβλιογραφία ὅσον ἀφορᾷ τὴν κάλλιστη ἀναλογία ἀριθμοῦ ἰατρῶν πρὸς πληθυσμό, ἀλλὰ τὰ ὑπάρχοντα δεδομένα συγκλίνουν πρὸς τὴν ἀναλογία ἑνὸς (1) ἰατροῦ πρὸς πεντακόσια ἢ ἑξακόσια (500-600) ἄτομα [5-8].

Οἱ ἰατροὶ ἀποτελοῦν ἀναμφισβήτητα τοὺς ἡγέτες στὴ μάχη γιὰ τὴν προστασία τῆς ὑγείας καὶ τὴν καταπολέμηση τῆς νόσου, ἀλλὰ ἡ συμβολὴ τους εἶναι λιγότερο σημαντικὴ ἀπὸ ὅ,τι γενικὰ πιστεύεται [4]. 'Επιπλέον, ἡ ἰατρικὴ συμβολὴ μεγιστοποιεῖται ὅταν ἡ μόρφωση τοῦ ἰατροῦ εἶναι ὑψηλὴ καὶ ἀνανεούμενη καὶ ἡ ἄσκηση τοῦ ἰατρικοῦ ἐπαγγέλματος γίνεται με ὄρους ἀνταποδοτικὸς πρὸς τὴ σκληρὴ, μακροχρόνια καὶ συνεχῆ ἰατρικὴ ἐκπαίδευση. 'Η δημιουργία ἰατρικοῦ προλεταριάτου δὲν διευκολύνει τὴν παροχὴ καλῶν ἰατρικῶν ὑπηρεσιῶν, ἀλλὰ ἀντίθετα ὑποβαθμίζει τὴν ποιότητά τους, προάγει τὸν ἐπαγγελματικὸ ἀνταγωνισμό καὶ καλλιεργεῖ ἰατρογενὴ νοσηρότητα γιὰ τὴν ἐξασφάλιση βιοποριστικοῦ χώρου (supply-induced demand). Στὶς 'Ηνωμένες Πολιτεῖς, ὅπου ὁ ἰατρικὸς πληθωρισμὸς εἶναι ὑπαρκτός, ἀλλὰ δὲν ἔχει λάβει τίς ἀπειλητικὲς διαστάσεις πὺ παρατηροῦνται στὴ χῶρα μας, ἐκτιμᾶται ὅτι μέχρι 3% τοῦ συνόλου τῶν θανάτων καὶ μεγαλύτερο ποσοστὸ τῆς συμπαρομαρτούσας νοσηρότητας μπορεῖ νὰ ἀποδοθοῦν σὲ ἀναιτιολόγητες πράξεις ἢ παραλείψεις τοῦ ἰατρικοῦ σώματος.

Θὰ μπορούσε νὰ ὑποστηριχθεῖ ὅτι ἡ αὔξηση τῆς ἀναλογίας τῶν ἰατρῶν θὰ ὀδηγοῦσε ἴσως σὲ ἐξάλειψη τῆς ἀνισοκατανομῆς τῶν ἰατρικῶν ὑπηρεσιῶν, ἀλλὰ δὲν ὑπάρχει καμία ἐνδειξη γιὰ μείωση τῶν κοινωνικῶν ἀνισοτήτων στὴν ὑγεία με τὴν

αύξηση του αριθμού των Ιατρών [9,10], η διαμόρφωση έκούσιου ρεύματος Ιατρών προς οικονομικά άγονες περιοχές [11].

Ο πληθωρισμός των Ιατρών δεν προάγει την υγεία ή την ισοκατανομή των Ιατρικών υπηρεσιών και υποβαθμίζει την ποιότητα της παρεχόμενης Ιατρικής. Έπιπλέον, διαβρώνει την αξιοπιστία του Ιατρικού σώματος και παγιδεύει τα λαμπρά νέα παιδιά που έχουν ως όραμα την Ιατροκοινωνική προσφορά. Τα άξια αυτά μυαλά θα έπρεπε να στραφούν σε κρίσιμους τομείς σπουδών που θα διαμορφώσουν το πνευματικό, πολιτισμικό και οικονομικό τοπίο της πατρίδας μας τον 21ο αιώνα. Το πρόβλημα θα έπρεπε να είχε αντιμετωπιστεί πριν από είκοσιπέντε χρόνια. Είναι ήδη πολύ αργά. Αυτό όμως δεν αποτελεί δικαιολογία για να μην κάνουμε σήμερα ό,τι μπορούμε, όσο ακόμη μπορούμε.

Η Ιατρική και οι γιατροί στη χώρα μας βρίσκονται σε κρίση που υποβόσκει αλλά δεν θ' αργήσει να ξεσπάσει. Και οι επιπτώσεις θα είναι ισχυρά αρνητικές τόσο στο Ιατρικό σώμα όσο και στην κοινωνία.

Στο ταμείο ανεργίας είναι σήμερα γραμμένοι περισσότεροι από 2.000 γιατροί. Στην Ισπανία και την Αυστρία και άλλες ακόμα χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι πολύ περισσότεροι. Το όνειρο του σημερινού νέου γιατρού είναι να διορισθεί σε έμμισθη θέση. Στην κατώτερη βαθμίδα της Ιεραρχίας, στην θέση επιμελητού β' του ΕΣΥ, βρίσκονται σήμερα καθηλωμένοι λαμπροί επιστήμονες ηλικίας 40-45 ετών. Έχουν κουρασθεί, νιώθουν απογοήτευση, ή εξέλιξή τους είναι αβέβαιη. Η άπαισιοδοξία έχει εισδύσει ακόμη και στα όνειρά τους. Παρά ταύτα, το κινήγημα μιας τέτοιας έμμισθης θέσης στο ΕΣΥ, από πολλαπλάσιους συχνά υποψήφιους, είναι τόσο σκληρό ώστε συχνά παραβιάζεται ή αξιοκρατία.

Η αναλογία 1 γιατρού προς 200 ανθρώπους στη χώρα μας είναι άκρως δυσμενής όχι μόνο για το γιατρό αλλά κυρίως για το λαό, άτομικά και συλλογικά. Η επιβίωση του γιατρού σε συνθήκες Ιατρικού πληθωρισμού σημαίνει υποχρεωτικά την έκ μέρους του σκόπιμη αύξηση στη ζήτηση Ιατρικών υπηρεσιών, με επιδίωξη όχι τη βελτίωση της υγείας του πελάτη του αλλά τη βελτίωση της δικής του οικονομικής θέσεως. Άσκοπες κλινικές και εργαστηριακές εξετάσεις, πολυφαρμακία, δημιουργία Ιατρογενοῦς νοσηρότητας, άσκοπες εισαγωγές σε νοσοκομεία ακόμη και άσκοπες χειρουργικές επεμβάσεις. Πριν από 8 χρόνια συνεργατική ομάδα υπό την καθοδήγησή μου διαπίστωσε σε ομάδα 2.300 παιδιών ότι η συχνότητα σκαληκοειδεκτομής ήταν τρεις φορές συχνότερη σε παιδιά που είχαν υποστεί άμυγδαλεκτομή ή αδενοειδεκτομή σε σχέση με όμηλικα παιδιά που εξακολούθησαν να έχουν τις άμυγδαλές και τις αδενοειδεΐς έμβλαστές στη θέση τους [12]. Το εύρημα αυτό αναφέρεται και έρμηνεύεται στη βιβλιογραφία ως φαινόμενο Ιατροκεντρικής αντιμετω-

πίσεως που έντοπίζεται και άφορᾶ σέ ποσοστό μόνο του πληθυσμού. 'Ο Walker σέ σύγγραμμά του τό 1991 άναφέρει χαρακτηριστικά ὅτι στίς Η.Π.Α. ἡ πιό σημαντική ένδειξη για ὑστερεκτομή είναι πρώτο νά ἔχει ἡ γυναίκα μήτρα και δεύτερο νά είναι σέ θέση νά πληρώσει για νά τῆς τήν άφαιρέσουν [13].

'Η ίατρογενής νοσηρότητα είναι γνωστή άπό χρόνια, αλλά θα πάρει έκρηκτικές διαστάσεις στο μέλλον. Παρά τήν συνακόλουθη αύξηση στή ζήτηση ίατρικών υπηρεσιών, πολλοί γιατροί θα ὑποχρεωθούν ν' αλλάξουν επάγγελμα ἢ θα έτεροασχολούνται και συγχρόνως θα είναι χαμηλόμισθοι ὑπάλληλοι, κυρίως σέ ιδιωτικούς ασφαλιστικούς ὀργανισμούς υγείας ἢ σέ ιδιωτικά νοσοκομεῖα και διαγνωστικά κέντρα. Οί έντιμοί γιατροί θα γίνουν σπάνιο είδος.

Προοδευτικῶς έγινε ὀρατό ὅτι ἡ αύξηση του άριθμού τῶν ίατρῶν στίς οικονομικά άνεπτυγμένες χῶρες του κόσμου άποτελεῖ ἤδη μέρος του υγειονομικοῦ προβλήματος και ὄχι συνιστώσα τῆς επίλυσής του [14].

Σέ πολλές χῶρες του κόσμου καταβάλλεται προσπάθεια ἢ έκπονούνται προγράμματα για τόν περιορισμό τῆς παραγωγῆς ίατρῶν. Στή χώρα μας δέν γίνεται καμία σχετική σκέψη και δέν φαίνεται νά ἔχει καν συνειδητοποιηθεῖ τό πρόβλημα, μολονότι έκφάνσεις του επηρεάζουν άρνητικά τήν ποιότητα τῆς καθημερινῆς μας ζωῆς και άπασχολούν σταθερά τά μέσα μαζικῆς ενημέρωσης. Στο μεταξύ, ὁ άριθμός τῶν ίατρῶν μας αύξάνεται με έκρηκτικό ρυθμό που άντανακλᾶ άδιαφορία για τό ίατροκοινωνικό πρόβλημα που δημιουργεῖ ὁ ίατρικός πληθωρισμός και άνευθυνότητα άπέναντι στα νέα παιδιά τά ὀποῖα συνωστίζονται στίς πύλες τῶν ίατρικών σχολῶν προσβλέποντας σ' ένα ὄνειρο που έπαψε άπό μακροῦ νά ὑπάρχει.

Τό πρόβλημα είναι έξαιρετικά δυσεπίλυτο, έν μέρει εξαιτίας τῆς αναπόφευκτης αντίδρασης του κοινωνικοῦ συνόλου που ἔχει άποσπασματική μόνο γνώση του τεράστιου και συνεχῶς διογκούμενου προβλήματος. "Αν σήμερα περιοριζόταν κατά 50% ὁ άριθμός αὐτῶν που αρχίζουν ίατρικές σπουδές, θα χρειάζονταν δέκα τουλάχιστον χρόνια για νά καμφθεῖ ὁ ρυθμός αύξησης τῶν ίατρῶν, που προβλέπεται νά πλημμυρίσουν τά αστικά μας κέντρα στίς αρχές του επόμενου αἰώνα. Καί επαναλαμβάνω ὅτι αὐτή τή στιγμή εκπαιδεύονται στίς ίατρικές μας σχολές κι εκεινες του έξωτερικοῦ και ειδικεύονται σέ έλληνικά και ξένα νοσοκομεῖα περίπου 20.000 νέοι και νέες.

'Ο ίατρικός πληθωρισμός είναι χίλιες φορές πιό άντιλαϊκός άπό τό νομισματικό πληθωρισμό. "Αν άφθεούν τά ίατρικά πράγματα του τόπου μας στή μοίρα τους, σέ 10-15 χρόνια ὁ ίατρικός πληθωρισμός θα έξελιχθεῖ στο μεγαλύτερο σαράκι τῆς κοινωνίας μας. Θα τήν μολύνει άνεπανόρθωτα. Θα τῆς καταφάει τό κορμί και τήν ψυχή. Συγχρόνως, τό ίατρικό προλεταριάτο, αυτοκαταδικασμένο ὕλικά και ἠθικά

και κοινωνικά απόβλητο, θα γίνει το μέγιστο επαγγελματικό θύμα στο πρώτο τέταρτο του αιώνα που έρχεται.

Κάνω έκκληση στους νέους και τις νέες μας να προβληματισθούν. Είναι ώριμότεροι από τους γονείς τους. Τους καλώ να αντιτάξουν τη σκληρή αλλά αντικειμενική πραγματικότητα που περιγράφω στις συναισθηματικές παρορμήσεις των γονιών τους.

Κάνω έκκληση στις ιατρικές σχολές, στους ιατρικούς συλλόγους και τις επιστημονικές ιατρικές εταιρίες του τόπου μας να πάρουν θέση. Ν' αντιτάξουν δυναμική αντίσταση στην πολιτική άκρισία και το λαϊκισμό.

Κάνω έκκληση στους σκεπτόμενους πολιτικούς μας, σ' αυτούς που αν δεν δράσουν σήμερα θ' αντιμετωπίσουν αύριο άλυσιδα κοινωνικοιατρικών προβλημάτων που δεν θα έχουν τέλος. Είναι μεγάλο πολιτικό λάθος, είναι έθνικό λάθος ν' αφήσουμε τα καλύτερα μυαλά της νέας γενιάς ν' αυτοκαταστραφούν και συγχρόνως ν' δημιουργήσουν το μέγιστο πρόβλημα δημόσιας υγείας του επόμενου αιώνα.

SUMMARY

Physician oversupply in Greece: a major public health problem

There are more than 42.000 physicians in Greece in 1996. By the year 2005 it is projected that there will be 1 physician for 180 inhabitants. It is postulated that unemployment of physicians and iatrogenic morbidity will create major social, ethical and financial problems in the near future, unless drastic measures are taken immediately. Tomorrow will be too late.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΚΕΠΕ, Πρόγραμμα μακροχρονίου προοπτικής, 1970-1985. 'Αθήνα 1972.
2. World Health Organization. World Health Statistics Annual. Geneva, WHO 1988.
3. Mullan F., Politzer R.M., Gamliel S., Rivo M.L. Balance and limits: modeling graduate medical education reform based on recommendations of the Council on Graduate Medical Education. *Milbank Quarterly* 1994; 72 (3): 385-98.
4. Μαρσανιώτης Ν. 'Υγεία και 'Ιατρική, Πρακτικά 'Ακαδημίας 'Αθηνών, 'Αθήνα 1985.
5. Kim K., Moody P.M. More resources better health? A cross-national perspective. *Social Science and Medicine*. 1992 Apr; 34 (8): 837-42.

6. Feil E.C., Welch M.G., Fisher E.S. Why estimates of physician supply and requirements disagree. *JAMA* 1993 May 26; 269 (20): 2659-63.
7. Weiner J.P. Forecasting the effects of health reform on us. Physician workforce requirement. Evidence from HMO staffing patients. *JAMA* 1994 Jul 20; 272 (3): 222-30.
8. Mosberg W.H.Jr. Medical manpower needs at home and abroad. *Neurosurgery* 1992 Apr 30 (4): 639-48; discussion 649.
9. Black D. Inequalities in health: report of a research working group. Great Britain: Department of Health and Social Security, 1980.
10. Forbes J.F., Pickering R.M. Influence of maternal age, parity and social class on perinatal mortality in Scotland: 1980-82. *Biosoc Sci* 1985; 17: 339-349.
11. Kobayashi Y., Takaki H. Geographic distribution of physicians in Japan. *Lancet* 1992. Dec 5; 340 (8832): 1391-3.
12. Petridou E., Valadcan I., Trichopoulos D., Tzonou A., Kyriopoulos Y., Matsaniotis N. Medical services and socioeconomic factors: determinants of infant mortality in Greece. *Int J Hlth Educ.* 1989; 8: 20-23.
13. Walker A.M. *Observation and Inference*, Boston: *Epidemiology Resources* p. 9-10.
14. Wennberg J.E., Goudman D.C., Nease R.F., Keller R.B. Finding equilibrium in us. Physician supply. *Health Affairs* 1993 summer; 12 (2): 89-103.

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 7^{ΗΣ} ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1996

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΙΩΑΝΝΟΥ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ

MECHANICS. — **The properties the eigenangle ω of the failure tensor of the anisotropic materials and its systematic classification**, by Pericles S. Theocaris*, National Academy of Athens.

ABSTRACT

The spectrally decomposed compliance (S), stiffness (C) and failure (H) tensors for transversely isotropic materials, as they are the fiber reinforced composites, and their respective eigenvalues define in a simple and efficient manner the respective elastic eigenstates of loading of the anisotropic materials [1]. It has been shown [2] that the necessary parameters for an invariant description of the elastic behaviour of the transversely isotropic materials are the four eigenvalues of the compliance or stiffness tensor (from which the two firsts are double) complemented by the eigenangle ω , a dimensionless parameter derived from this spectral decomposition. However, thermodynamic restrictions are imposed on the variational bounds of this parameter. It is the purpose of this paper to study the influence of the imposed restrictions along the spectrum of variation of the eigenangle ω , on the type and properties of the corresponding elastic bodies and describe the limits imposed by the respective values of ω on the properties of the anisotropic materials. It is further shown that this single parameter is sufficient to characterize qualitatively both the elastic properties and the respective toughness of the transversely isotropic bodies.

1. INTRODUCTION

Decompositions of the fourth-rank tensor representing either stiffness, or compliance, or failure, have been extensively used recently to describe efficiently either the underlying geometry symmetry in crystals, or the mechanical properties of anisotropic materials, because the structures of fourth-order tensor reflect this symmetry and, thus, they can reduce the number of independent components describing this symmetry.

* ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ. — Αί ιδιότητες της ιδιογωνίας ω του τανυστού άστοχίας της άνισοτρούπου ύλης και ή συστηματική κατάταξις της.

Walpole [3] has presented for the first time a reduction of the algebra of the fourth-rank tensors to irreducible subalgebras, which were simpler than the initial one and, therefore, they facilitated operations between these tensors. In this general form of decomposition Walpole included also the spectral decomposition of the fourth-rank tensor and applied these decompositions to define the properties of various crystalline systems. Later-on Rychlewski [4], [5] has shown the possibility to decompose the elastic stiffness and compliance fourth-rank tensors by using the **spectral decomposition**. The advantage of this decomposition is that the elementary idempotent tensors, to which the fourth-rank tensor is decomposed, present the interesting property to define energy orthogonal stress states, that is states where the stress idempotent tensors are mutually orthogonal and at the same time collinear with their respective strain tensors and therefore they correspond to energy orthogonal stress states [6]. Since the failure tensor is the limiting case for the respective σ_m -tensors, which are eigenstates of the compliance tensor S , this tensor also possesses the same remarkable property. On the contrary, the decompositions used by Walpole in his crystallographic applications [1] do not belong to spectral decompositions except for the trivial cases of the isotropic fourth-rank tensor and the tensor corresponding to the cubic system.

While Rychlewski has proved the possibility of a spectral decomposition of the fourth-rank symmetric tensor and has shown that this decomposition is the simplest and the one defining the compliance, C , the stiffness S and the failure H of orthotropic materials, he did not proceed to establish the characteristic eigenvalues of this spectral decomposition. It was Theocaris [7], [8] and Theocaris and Philippides [1], [2] who succeeded to decompose spectrally the compliance, or stiffness tensors for a transversely isotropic material and to evaluate their characteristic values, which defined the respective energy-orthogonal stress-states. Furthermore, bounds of the admissible values for the elastic constants and especially for Poisson's ratios are given, obeying restrictions of thermodynamics.

In this paper, bounds based on thermodynamic principles and the positiveness conditions for the elastic properties, which are previously established [1], [2], were studied all over the spectrum of variation of the basic parameter of the eigenangle ω , which alone characterizes qualitatively both the elastic properties and the toughness of the transversely isotropic materials.

2. THE SPECTRAL DECOMPOSITION OF THE FOURTH-RANK TENSOR DESCRIBING THE TRANSVERSELY ISOTROPIC BODY.

Consider the Cartesian coordinate system, which the stress -and strain- tensor components are referred to, being oriented along the principal material directions, with 3-axis being the axis of infinite symmetry of the material, which is normal to the isotropic (transverse) plane. Using engineering constants with subscript (T) to denote elastic properties on the isotropic plane, and subscript (L) the corresponding ones on the normal, (longitudinal) plane, components of the stiffness **C** -or compliance **S**- tensor, associated with the adopted Cartesian system are given in ref. [2]. The eigenvalues of the associated square matrix of the rank six to tensor **S** are expressed by [2]:

$$\lambda_1 = \frac{(1+\nu_T)}{E_T} = \frac{1}{2G_T} \quad (1.1)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2G_L} \quad (1.2)$$

$$\left. \begin{matrix} \lambda_3 \\ \lambda_4 \end{matrix} \right\} = \frac{(1-\nu_T)}{2E_T} + \frac{1}{2E_L} \pm \left\{ \left[\frac{(1-\nu_T)}{2E_T} - \frac{1}{2E_L} \right]^2 + \frac{2\nu_L^2}{E_L^2} \right\}^{1/2} \quad (1.3)$$

$$(1.4)$$

with the two first eigenvalues λ_1 and λ_2 being of multiplicity two. Furthermore, along the isotropic plane (T) it is valid that:

$$G_T = \frac{E_T}{2(1+\nu_T)} \quad (2)$$

The minimum polynomial of tensor **S** is a quartic and has as roots the eigenvalues λ_1 , λ_2 , λ_3 , and λ_4 . The associated form idempotent tensors \mathbf{E}_m ($m=1+4$) of the spectral decomposition of **S** are given by:

$$\mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \mathbf{E}_3 + \mathbf{E}_4 = \mathbf{I} \quad (3)$$

with **I** the spherical unit tensor.

Furthermore, the eigenangle ω , defined in [2], is expressed by:

$$\tan 2\omega = \frac{-2\sqrt{2}\nu_L}{\left[(1-\nu_T) \frac{E_L}{E_T} - 1 \right]} \quad (4)$$

If the stress states σ_m constitute the eigenstates of tensor \mathbf{S} , they satisfy the relationship:

$$\sigma_m = \mathbf{E}_m \cdot \sigma \quad (5)$$

with the index m varying between 1 and 4, where σ is the contracted stress tensor.

Relations (5) imply, through a series of calculations, that:

$$\sigma_1 = \left[\frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2), -\frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2), 0, 0, 0, \sigma_{12} \right]^T \quad (6.1)$$

$$\sigma_2 = [0, 0, 0, \sigma_{23}, \sigma_{31}, 0]^T \quad (6.2)$$

$$\sigma_3 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \cos\omega(\sigma_1 + \sigma_2) + \sin\omega\sigma_3 \right) \left[\frac{1}{\sqrt{2}} \cos\omega, \frac{1}{\sqrt{2}} \cos\omega, \sin\omega, 0, 0, 0 \right]^T \quad (6.3)$$

$$\sigma_4 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \sin\omega(\sigma_1 + \sigma_2) - \cos\omega\sigma_3 \right) \left[\frac{1}{\sqrt{2}} \sin\omega, \frac{1}{\sqrt{2}} \sin\omega, -\cos\omega, 0, 0, 0 \right]^T \quad (6.4)$$

Relations (6) imply that the stress eigenstates corresponding to spectral decomposition of the compliance tensor \mathbf{S} for the transversely isotropic materials brake down the stress tensor σ into four elements. The states σ_1 and σ_2 are shears, simple together with pure, and pure shear respectively, which they are independent of the eigenangle ω . The σ_3 -state represents an equilateral stress state in the isotropic plane together with a superposed tension along the infinite symmetry axis (σ_3) of the material, whereas the σ_4 - state replaces the uniaxial tension by uniaxial compression along the symmetry axis σ_3 . To these four stress-tensors σ_1 to σ_4 are associated the four respective strain tensors ε_1 , ε_2 , ε_3 and ε_4 , from which the two first strain tensors correspond to a pure distortion of the solid without any volume change.

From relation (4) it can be deduced that the angle ω takes values in the interval $(0^\circ, 180^\circ)$, whereas for the isotropic solid it was shown that ω equals 125.26° . As it can be seen by this relation, there are two possible values of angle ω corresponding to the isotropic medium, that is $\omega=35.26^\circ$ and 125.26° . The former value of ω corresponds to a **negative** value of Poisson's ratio, ν , whereas the latter to a **positive** one. Although a negative value for ν is thermodynamically admissible, only special types of composites are possessing such a negative value [9]. For these materials the zone of variation of the eigenangle ω lies beyond the interval of variation included between $\omega=90^\circ$ and $\omega=180^\circ$. It is anticipated that these materials with negative Poisson's ratio ν_L lie inside the interval $\omega=0^\circ$ and $\omega=90^\circ$.

3. CLASSIFICATION OF VARIETIES OF TRANSVERSELY ISOTROPIC MATERIALS

The failure theory introduced during recent years and based on failure tensor polynomials was mainly developed for establishing failure conditions for compression strong (C-strong) materials and composites, as they are all compacted and thick-packed materials of condensed matter, which naturally present a high resistance in compression. However, it was shown that the same theory is equally valid for tension strong (T-strong) materials [10].

Similar materials presenting this phenomenon of being tension strong in failure are detected up to now, besides the foamy materials and ceramics of high porosity, various types of paper sheets, as well as the oriented polypropylene, and materials which present again a high porosity in their structure. For these materials, however, the critical condition defining the type of the anisotropic material, which is expressed by [11]:

$$\text{tr} \mathbf{h} \leq 0 \quad (7)$$

yields always negative values, whereas for the C-strong materials this quantity should be always positive. In this relation the 2nd rank tensor \mathbf{h} is the strength differential effect (SDE) tensor \mathbf{h} , intervening into the failure tensor polynomial expressed by [11]:

$$f(\boldsymbol{\sigma}) = \boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{H} \cdot \boldsymbol{\sigma} + \mathbf{h} \cdot \boldsymbol{\sigma} - 1 = 0 \quad (8)$$

where the normal components of the failure tensor \mathbf{H} and the (SDE)-tensor \mathbf{h} are given by:

$$H_{ii} = \frac{1}{\alpha_{Ti} \sigma_{ci}}, \quad (i \leq 3) \quad (9)$$

$$h_i = \frac{1}{\alpha_{Ti}} - \frac{1}{\sigma_{ci}} = (\sigma_{ci} - \alpha_{Ti}) H_{ii}$$

whereas for shear components are given by:

$$H_{ii} = \frac{1}{\sigma_{si}^+ \sigma_{si}^-} \quad (i > 3) \quad (10)$$

$$h_i = \frac{1}{\sigma_{si}^+} - \frac{1}{\sigma_{si}^-} = (\sigma_{si}^- - \sigma_{si}^+) H_{ii}$$

The distance y_0 between the symmetry axis of the (EPFS) surface, representing the failure criterion (8), and the hydrostatic axis is given by relation [11]:

$$y_0 = \frac{\sqrt{6}}{9} \frac{(h_1 - h_3)}{H_{33}} \quad (11)$$

and takes always negative values for T-strong materials. The negative value for y_0 indicates again that the symmetry axis of the (EPFS) is beneath the hydrostatic axis

relatively to the positive σ_3 -direction and this is another indication that the material behaves like a T-strong material.

Most of the orthotropic materials are C-strong materials since they are capable to sustain large compressive stresses without failure. However, there is a restricted category of materials which behave like T-strong ones. In these substances the solid material is distributed in little columns or beams forming the cell edges in cellular open-cell foam-like solids, where clusters of microvoids intervene between molecules or crystals, thus creating structures which may be either isotropic or more frequently orthotropic. Most polymers can be readily foamed and techniques exist for doing the same thing with ceramics and glasses even with metals in modern technologies.

Foam-like substances permit the simultaneous optimization of stiffness, strength and lightness of a structure. The mechanical properties of foamed materials reflect to some extent the mode of distribution of the solid material, which depends on the relative density of the solid phase constituting the foam-like material. Thus, for high void fractions of the total volume structures, a lower than linear decrease in flow strength with a decrease of density was exhibited, indicating that bending stresses within the foam structure are progressively a less important feature of the collapse load. Then the structure behaves like a T-strong material presenting a higher strength in the tension-tension-tension octant of the principal stress space until a collapse by internal buckling of the structure takes place.

Thus, for example, oriented polypropylene has a geometric conformation of the individual polymer molecules in the unit cell of a polymer crystallite depending strongly on the repulsion of the methyl groups in the planar zig zag conformation. The molecules assume positions at 120 degrees out of the plane of the chain and are therefore forming helical conformations within the unit-cell of their crystallites. Therefore low-density oriented polypropylene influenced by the spring-like cells presents a T-strong behavior [12]. Similarly, paper sheets consist of networks of fibers placed at different random arrangements. The properties of the individual fibers and the nature and frequency of bonds between them influence the properties of the paper sheet. Moreover, fibers are actually filament wound composite systems, whose cell walls are composed of a number of different layers, the fibrils, which are aggregates of cellulose molecules with cellobiose as the basic repeating unit, arranged either in a orderly, or in a random fashion. The fibrils themselves are arranged in a regular fashion differing within the various layers of the cell-wall and they are held together by the hemicellulose and lignin matrix material. Such conglomerates contain a great number of microvoid clusters distributed randomly inside the structure and this reduces considerably the specific density of the material. The bonded fibers act like springs largely interconnected. It was found that low density paper sheets behave like T-strong anisotropic materials, as it is clearly indicated in [13].

Then, for classical fiber reinforced materials, whose σ_3 -axis of symmetry is the strong axis, as well as for all compacted and close-packed C-strong materials, it has been established [2] that their corresponding eigenangle ω varies at the interval $\omega=135^\circ$ and $\omega=180^\circ$ with the more anisotropic materials lying closer the neighbourhood of $\omega=180^\circ$. As the anisotropy of the composites or any C-strong material is reduced, tending to become an isotropic material, the value of the respective eigenangle diminishes from $\omega=180^\circ$ tending to values approaching $\omega_i=125.26^\circ$ for the isotropic materials. Indeed, it has been established that all strong-matrix materials, like those with the metallic or pyrolytic graphite matrices, lie at the transition zone of angle ω , where their ω -angles are much smaller than those of the composites, whose angles ω lie close to $\omega=180^\circ$ [2].

Furthermore, a special category of transversely isotropic materials exists, whose mechanical properties are conveniently selected, so that two last eigenstate components of the S-tensor, given by relations (1.4) and (1.3) may identified to contribute, the first, a dilatational type of strain energy, whereas the second, creating a pure distortional one. In this way the four eigenstates (1) are clearly separated into two distinct groups, creating either distortional, or dilatational types of strain energy. It was shown that this family of materials behave like the isotropic body, in spite of their differences in the elastic constants along their principal axes of anisotropy [14].

Since with all fiber-composites it is possible to arrange their mechanical properties by selecting the appropriate ratios between matrix and inclusions, according to their properties, this possibility of selecting in advance the properties of the composite is feasible. Taking into consideration that quasi-isotropic materials develop the smallest stress concentrations in the structures, the development and selection of such composites with quasi-elastic properties becomes very important [15]. Indeed relation (4), expressing the tangent of the double of the eigenangle ω , suggests a particular relationship between E_L , E_T and ν_L , ν_T in order to yield an angle ω_i approaching the value $\omega_i=125.26^\circ$. This relationship is expressed by:

$$\frac{(1-\nu_L)}{E_L} = \frac{(1-\nu_T)}{E_T} \quad (12)$$

Introducing this relation into Eq. (4) we obtain:

$$\tan 2\omega = -2\sqrt{2} \quad (13)$$

and therefore, angle ω takes either of the following values:

$$\omega = \omega_i = 125.26^\circ, 35.26^\circ \quad (14)$$

These are the only values for angle ω , which yield quasi-isotropic materials with positive or negative values for Poisson's ratios.

Introducing relation (12) into the eigenvalues given by relations (1) we have:

$$\lambda_1 = \frac{1}{2G_T} \quad , \quad \lambda_2 = \frac{1}{2G_L} \quad (15)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{2G_L} \quad \& \quad \lambda_4 = \frac{(1-2\nu_L)}{E_L}$$

These relations indicate that only the first eigenvalue λ_1 depends on the transverse shear modulus, whereas the next two eigenvalues depend exclusively on the longitudinal shear modulus G_L and the fourth λ_4 -eigenvalue depends only on the longitudinal bulk modulus.

Moreover, the eigentensors σ_m of the symmetric stress tensor σ are given by:

$$\sigma_1 = \left[\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} , - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} , 0 , 0 , 0 , \sigma_{12} \right]^T \quad (16.1)$$

$$\sigma_2 = [0 , 0 , 0 , \sigma_{23} , \sigma_{13} , 0]^T \quad (16.2)$$

$$\sigma_3 = \frac{1}{6} (\sigma_1 + \sigma_2 - 2\sigma_3) [1 , 1 , -2 , 0 , 0 , 0]^T \quad (16.3)$$

$$\sigma_4 = \frac{1}{3} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) [1 , 1 , 1 , 0 , 0 , 0]^T \quad (16.4)$$

Relations (15) and (16) indicate that the characteristic states of stress corresponding to the spectral decomposition of the compliance tensor S for the transversely isotropic material satisfying also the relationship (12) decompose the generic stress tensor σ into four distinct states, from which the three first are shears, whereas the fourth state (σ_4) is a hydrostatic stress producing a dilatational strain energy, whereas the strain energies of all the other three components are distortional. Thus, this class of transversely isotropic materials maintains the property of isotropic substances to yield the possibility under a certain orientation of loading to admit a clear separation of the total strain energy into two distinct components a distortional and a dilatational one. Then, all the advantages already mentioned [15], valid for the isotropic materials, are extended to this class of transversely isotropic substances in addition to the particular properties deriving from their anisotropy.

From the above concise description of the mechanical properties of this category of quasi-isotropic fiber-reinforced composite it derives the conclusion that this type of materials present values of their eigenangle ω lying in the vicinity of the characteristic eigenangle $\omega_i = 125.26^\circ$ for the isotropic material and these values are spread in both sides of this angle ω_i .

Finally, it remains one last category of composite materials to be examined and this is the group of weak-axis woven fabric composites. These relatively newly introduced woven fabric composites have shown that they provide more balanced properties on the weave plane than unidirectional fiber composites and therefore they have already gained an increasing importance in technological applications. This was due to the fact that the two-directional reinforcement inside the lamina behaves like a quasi-isotropic substance and resists better in any biaxial loading and especially in impact [16]. All woven composites are considered as laminated bodies, each layer of which is a woven fabric formed by interlacing two sets of threads, the warp and the fill or weft. Warp and weft may be either identical or different threads and the various types of weaves can be identified by the patterns of repeats in the warp and weft directions denoted by the weave parameter n_t meaning the number of threads in the pattern which is equal for warp and weft for non-hybrid fabrics. For equally spaced warps and wefts the fabric is termed as *plain weave* and constitutes the simplest and more homogeneous fabric [17].

The failure behavior of woven fabric composites in the form of plain weave fiber unidirectional laminae obeys the same laws as the strong-axis fiber reinforced composites. However, since the transverse weave plane is the strong and isotropic plane of the composite, while the normal to it direction is the weak one, the material is approximated as a weak-axis transversely isotropic composite. Then, the elliptic paraboloid failure surface (EPFS) criterion, continues to describe satisfactorily this type of materials. It was shown [18] that such weak-axis transversely isotropic composites correspond to tension strong composites and their failure surfaces consist of a single-sheet convex surface open to the tension-tension-tension octant of the principal stress space. The main characteristic of such surfaces is that they are oblate along the normal direction to the isotropic plane, in contrast to the typical (EPFS)-criterion for fiber composites, which are prolate along the same direction. While the intersection of this (EPFS)-criterion by the (σ_1, σ_3) -principal stress plane (σ_3 is the weak axis) resembles closely the respective intersection for the unidirectional fiber composites, the (σ_1, σ_2) -isotropic plane intersection, which coincides with the weaving strong plane, approaches very closely a circle, thus indicating that along this isotropic plane the failure stress is hydrostatic and independent of its orientation inside this plane. This property constitutes a significant and promising property, which makes this type of woven composites very attractive in applications.

Indeed, it has been shown [18] that the ellipticity, λ_x , of the paraboloid representing the failure surface for woven fabric weak-axis composites is given by:

$$\lambda_x = \left\{ \frac{H_{33}}{(4H_{11} - H_{33})} \right\}^{1/2} \quad (17)$$

Then, for values $H_{33} \approx 2H_{11}$ the factor λ_x , tends to unity. For the composite studied in ref. [18], which is a T-300 carbon-epoxy woven fabric composite, this value was found to be $\lambda_x = 0.97$. For several other similar materials the same approximate equality is valid. Then, the intersection of the (EPFS) for such materials by the (σ_1, σ_2) -plane tends to become a circle. The critical relationship for such a property to be valid is the relationship:

$$(H_{33} - H_{11} - H_{22}) \approx 0 \quad (18)$$

From the existing experimental evidence with different woven fabric composites it can be derived that this ratio λ_x remains always close to unity, then it may be concluded the extremely interesting property for this type of materials, that along their weave plane, which is their strong plane, failure is invariant and the stresses at failure, at any combination of the σ_1 -and σ_2 - principal stresses, is an invariant characteristic of the material. This is a unique property very advantageous, exclusive for this type of woven-fabric composites, which makes these materials very attractive in applications.

Furthermore, the invariance of the failure strength in the strong weave plane creates a further advantage in the use of these materials as laminates, since it justifies and facilitates the application of a **simple lamination theory** for the creation of multiple-ply laminates, where the contribution of each lamina may be accepted as being invariant of its orientation of the fibers with respect to its neighbors. If one adds to these incontestable advantages of this type of materials the fact, which was derived from this application of the (EPFS)-failure theory, that the woven-fabric composites reinforce the laminates toward the tension-tension quadrant of their failure locus, while they do not create abrupt and high differences in failure limits along the different stress-directions, one may anticipate that these materials should find an exclusive and broad use in crucial modern technological applications.

This last property indicates that the respective values for the eigenangle ω of these composites lies always in the interval around the critical angle $\omega_1 = 125.26^\circ$.

4. THE EVALUATION OF THE LONGITUDINAL G_L -SHEAR MODULUS

The spectral decomposition of the elastic stiffness or compliance tensors in elementary fourth-rank tensors serves as a means for the energy orthogonal decomposition of the energy function. The advantage of this decomposition is that the elementary idempotent tensors, to which the fourth-rank tensors are decomposed, have the interesting property of defining energy orthogonal stress states. That is, the stress-idempotent tensors are mutually orthogonal and at the same time collinear with their respective strain tensors, and therefore they correspond to energy-orthogonal stress states, which consequently are

independent to each other. Since the failure tensor is the limiting case for the respective elastic tensors, which are eigenstates of the compliance tensor \mathbf{S} , this tensor also possesses the same remarkable property. Moreover, it was conclusively proved that the four eigenvalues of the compliance, or stiffness, or failure tensors for a transversely isotropic body, together with the value of the eigenangle ω , constitute the five necessary and most simple parameters, which invariantly describe either the elastic, or the failure behavior of the body. The expressions for the stress-vector thus established represent an ellipsoid centered at the origin of the Cartesian frame, whose principal axes are the directions of the idempotent strain vectors. This ellipsoid is a generalization of the Beltrami ellipsoid for the isotropic materials, introduced in ref. [19].

Furthermore, in combination with extensive experimental evidence, this theory indicates that the eigenangle ω alone characterizes monoparametrically the degree of anisotropy for each transversely isotropic material. Thus, while the angle ω for isotropic materials is always equal to $\omega_i=125.26^\circ$, or 35.26° , the angle $|\omega|$ increases progressively in both sides within the interval $0^\circ-180^\circ$, as the anisotropy of the material is increased. Then, the possibilities of modern technology to create new composite materials by acting upon the selection of the particular elastic moduli of the reinforcements and the matrix and choosing the appropriate density of inclusions, allowed to form a series of new composites with selected mechanical and other physical properties convenient for special uses in industry.

For this procedure the definition of a particular eigenangle ω of the composite plays an important role, since it constitutes the criterion for the proper selection of the composite. It has been shown that composites with eigenangles lying at the vicinity of the critical value for the eigenangle, ω_i , for the isotropic materials [9] behave like **quasi-isotropic** materials with equilibrated properties along the principal axes of anisotropy, fact which has a direct influence on an increase of the adhesion between phases and therefore an increase of their toughness.

Furthermore, it has been proved in a recent study [18] that the possibility of disposing orthotropic plates with particular properties interconnecting their mechanical properties improves considerably their mechanical behavior, by reducing drastically the stress concentration factors in discontinuities (holes or cracks) eventually existing in the structures. These stress-concentration factors are reduced considerably, when the composite has properties approaching the respective values for isotropic materials [15]. Then, it is worthwhile to seek convenient types of composites, which not only are highly reinforced by their anisotropy, but also they are favorably designed to develop the lowest possible stress concentration factors at eventual discontinuities of structures made of these materials. It was further indicated that the optimum of such concentration factors can be achieved by the respective isotropic material.

Since for fiber-reinforced composites a vast possibility exists to arrange conveniently the selection of the quantities and the properties of the constituent phases, it becomes feasible to produce convenient composites approaching this simple condition (12). Then, for quasi-isotropic composites it is possible to split the total elastic strain energy into a distortional and a dilatational component, a property which has beneficial repercussions in designing optimal structures. Indeed, it has been shown previously [15] that such materials, whose properties approach those of an isotropic material, present very reduced stress-concentration and stress-intensity factors. Thus, a structure made of such materials presents a superiority over a similar one made by a strong anisotropic composite, since for the same mode and intensity of loading the first type of structure can hold much larger loadings. This phenomenon has been already detected intuitively by the designers of advanced research centers based on their long experience in practical applications. Thus, they have established a long practice and by trial and error procedures, that it is advantageous to introduce in structures strong-matrix composites of woven-fabric composites, whose elastic constants approach better relation (12).

It is worthwhile remarking that the expressions for eigenstates λ_1 , λ_3 and λ_4 given by relations (1.1), (1.3) and (1.4), as well as the expression for the eigenangle ω by relation (4) do not depend on the value of the longitudinal shear modulus G_L . Only the λ_2 -eigenstate depends exclusively on the G_L -value. It is well known that the evaluation of the longitudinal shear modulus G_L , derived by measuring the shears between the σ_3 -axis and the isotropic ($0\sigma_1\sigma_2$)-plane, is a difficult and error-affected experimental procedure. The values for this elastic constant for anisotropic materials present always a large scattering and a high degree of uncertainty. The evaluation of the eigenangle ω of each material, which does not necessitate the knowledge of this elastic constant, as it can be readily checked by relation (4), yields a means for evaluating accurately this constant from the remaining elastic constants of the anisotropic material, provided that some relationship can be established between the angle ω and the shear modulus G_L .

Moreover, it can be readily proved by means of the classical anisotropic elasticity theory [20] that the stress concentration factor, K_T , in the presence of a elliptic crack in a transversely isotropic plate, loaded in tension, along the strongest material direction, is given by:

$$K_T = 1 + \left[2 \left(\frac{E_L}{E_T} \right)^{1/2} + 2 \left(\frac{E_L}{2G_L} - \nu_L \right) \right]^{1/2} \frac{b}{a} \quad (19)$$

where b/a denotes the ratio of the elliptic crack semi-axes. This relationship indicates that the value of the shear modulus, G_L , is also contributing to the characterization of the fracture toughness of the material and an eventual phenomenological correlation of it with the value of eigenangle, ω , would extend its usefulness as a simple parameter characterizing both elasticity and toughness of the transversely isotropic medium.

In order to investigate a possible monoparametric correlation between the value of the angle ω and that of G_L , and since there does not exist an exact and simple expression for G_L in terms of the other elastic properties, we should make recourse to experimental evidence. Thus, by plotting the values of the ratio $E_L/2G_L$ for all known transversely isotropic materials, fiber composites and inorganic crystals of the hexagonal lattice arrangement, which are strongly orthotropic, versus their respective eigenangles ω , a universal curve of dependence of the $E_L/2G_L$ -ratio versus angle ω can be derived, which constitutes a sure and accurate relationship between all elastic constants of orthotropic materials. These experimental points were already plotted in refs [2], [14] and [22] with coordinates the values ω and $E_L/2G_L$. Most materials represented by these experimental points were also conveniently tabulated (Table 1 of refs [2] and [14]). The continuous curve plotted passing through these points represents the mean characteristic behaviour of all these experimental points, which are ordered in a very prescribed manner. It is evident that the value of the ratio $E_L/2G_L$ diminishes as the angle ω approaches the value of 125.26° , whereas in the broad vicinity of this value, the ratio $E_L/2G_L$ changes mildly, thus retaining values near those of isotropic materials.

The plotting of this figure is repeated here in Fig. 1, where, besides the points corresponding to different materials as they have derived from experience, the curve $|\cot 2\omega| = f(\omega)$ was also plotted. It can be immediately derived that all values $E_L/2G_L = f(\omega)$ lie on this curve with some scatter, due to inherent experimental error in measuring all these elastic constants, that is E_L , E_T , ν_T . Then, it is legal to accept that the variation of the $E_L/2G_L$ -ratio with angle ω follows a curve defined by:

$$\frac{E_L}{2G_L} = a[1 + \cot 2\omega] \quad (20)$$

Introducing the value for $\cot 2\omega$ from Eq.(4) we have:

$$\frac{E_L}{2G_L} = a \left[1 + \left| \frac{\frac{1}{2E_L} - \frac{1-\nu_T}{2E_T}}{\sqrt{2} \frac{\nu_L}{E_L}} \right| \right] \quad (21)$$

where the a -factor is evaluated from Fig.3 to be $a = \sqrt{2}$.

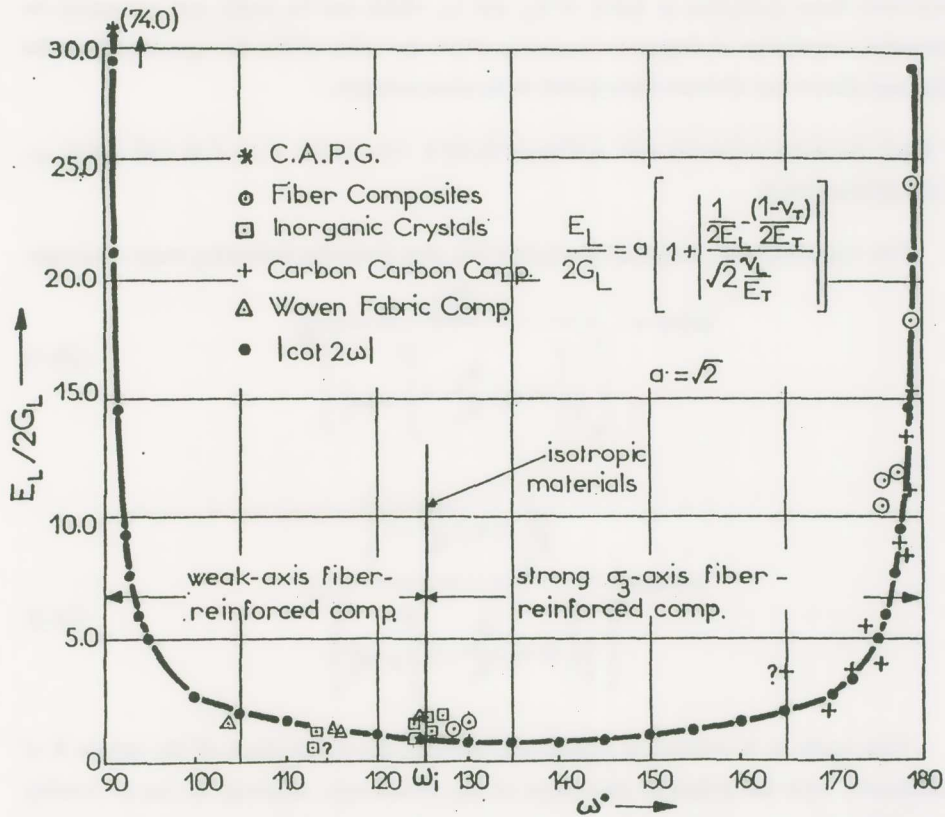


Fig. 1. The universal curve of variation of the $E_L/2G_L$ -ratio versus the eigenangle ω , expressed by the relation $E_L/2G_L = [1 + |\cot 2\omega|]$ and the comparison with the values derived from experimental results for a series of materials used in applications.

Then, relation (21), when solved for G_L , yields:

$$G_L = \frac{\nu_L}{\left| \frac{1 + 2\sqrt{2} \nu_L}{E_L} - \frac{1 - \nu_T}{E_T} \right|} \quad (22)$$

Relation (22) yields the value of the longitudinal shear modulus G_L of the composite in terms of the elastic moduli E_L and E_T and the respective Poisson ratios ν_L and ν_T . Since both G_L and ν_L elastic constants are difficult to be measured and they demand sophisticated loading devices and measuring systems, the importance of relation (22), which intercon-

nects both these quantities in terms of E_T and ν_T , which can be easily and accurately be evaluated, constitutes an important means to check the value of the one quantity from the other and detect any obvious discrepancy in its measurement.

5. THE DEPENDENCE OF ANISOTROPY ON THE VALUE OF THE ω -EIGENANGLE

The eigenangle ω , defined by relation (4), also gives the following basic relations:

$$\sin 2\omega = - \frac{\sqrt{2} \nu_L}{\left[\frac{1}{4} \left((1-\nu_T) \frac{E_L}{E_T} - 1 \right)^2 + 2\nu_L^2 \right]^{1/2}} \quad (23.1)$$

$$\cos 2\omega = \frac{\frac{1}{2} \left[(1-\nu_T) \frac{E_L}{E_T} - 1 \right]}{\left[\frac{1}{4} \left((1-\nu_T) \frac{E_L}{E_T} - 1 \right)^2 + 2\nu_L^2 \right]^{1/2}} \quad (23.2)$$

This angle ω is intimately connected, through the eigenvalues of the tensor S of compliance, with the principal directions of the orthotropic material. It can be readily derived that the orientations of the principal strain directions depend exclusively on angle ω . This is valid for every transversely isotropic material, as well as for the isotropic body. It can be readily shown that for the isotropic body, the vector e_4 has the positive direction of the hydrostatic axis, whereas the e_3 -vector lies on the deviatoric plane. Both of these vectors remain always on the principal diagonal plane ($\sigma_3 \delta_{12}$) for the transversely isotropic bodies. From relations (4) and (7) it can be readily shown that thermodynamically accepted values for the eigenangle ω lie in-between 0° and 180° , whereas for the isotropic body $\omega_i = 125.26^\circ$ or 35.26° .

For the typical fiber-reinforced composite materials, whose axis of symmetry of the parallel fibers constitutes the strong axis of the material, angle ω takes values lying inside the interval between 125.26° and 180° . Furthermore, it should be mentioned that relation (4), or relations (7), yield two values for the isotropic material $\omega = 125.26^\circ$ and $\omega = 35.26^\circ$. While the first value corresponds to a positive Poisson's ratio ν_L , the second value refers to a negative Poisson's ratio ν_L . However, it has been established that the limits of variation of the isotropic Poisson's ratio ν_i are defined by the inequalities:

$$-1.0 \leq \nu_i < 0.50 \tag{24}$$

whereas for the transversely isotropic material it is valid that the longitudinal, ν_L , and the transverse, ν_T , Poisson's ratios must satisfy the relations [2]:

$$|\nu_T| \leq \left[(1-\nu_T) \frac{E_L}{2E_T} \right]^{1/2} \text{ and } |\nu_T| \leq 1 \tag{25}$$

Then, it is of interest to study the influence of the value of the eigenangle ω on the type of anisotropy holding in the material. This study will be limited to only the transversely isotropic materials which are of great interest in the constructions.

The general representation of relations (4) and (23) in the trigonometric circle of radius:

$$r_i = \left[\frac{1}{4} \left\{ (1-\nu_T) \frac{E_L}{E_T} - 1 \right\}^2 + 2\nu_L^2 \right]^{1/2}$$

yields Fig. 2, where, for the angle $AOC=2\omega$, the argument $OB=\cos 2\omega$ and the argument $BC=\sin 2\omega$.

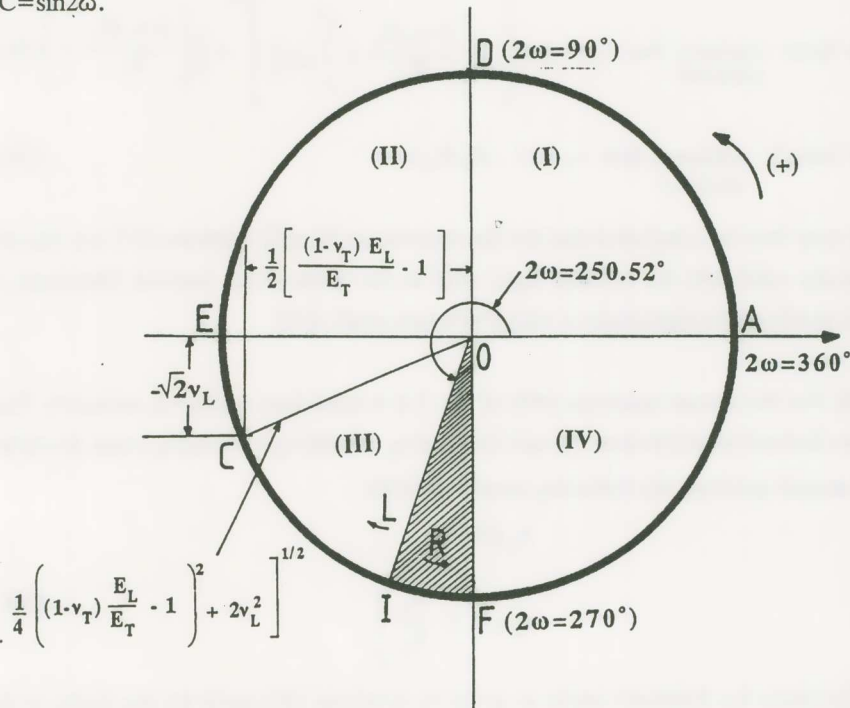


Fig. 2. The trigonometric circle with radius $r = \{1/4 [(1-\nu_T)E_L/E_T - 1]^2 + 2\nu_L^2\}^{1/2}$ with the four different regions of variation of eigenangle ω .

(i) Then, when angle 2ω lies in the first quadrant A0D in Fig. 4 it is valid that $\cos 2\omega$, $\sin 2\omega \geq 0$. Furthermore, since from relations (4) and (23) $\tan 2\omega$ should be positive it may be derived that it is valid that:

$$\nu_L \leq 0 \quad \text{and} \quad \left(\frac{(1-\nu_T)}{E_T} E_L - 1 \right) \geq 0 \quad (26)$$

Relations (26) yield the following conditions valid for the first quadrant (I):

$$\nu_L \leq 0$$

$$\nu_T \leq \left(1 - \frac{E_T}{E_L} \right) \quad (27)$$

Introducing these conditions into the expressions for the limits of Poisson's ratios for the anisotropic materials, expressed by relations (25), we find for the limiting value of $\nu_T = \{1 - (E_T/E_L)\}$ and for $2\omega = \pi/2$, that $\nu_L \leq 1/\sqrt{2}$.

Then, for the limits of this first quadrant we have:

$$(i) \text{ For } 2\omega=0 : \begin{matrix} \cos 2\omega=1, \\ \sin 2\omega=0 \end{matrix} \text{ then } \nu_L=0 \text{ and } \left[\frac{1}{4} \left(\frac{(1-\nu_T)E_L}{E_T} - 1 \right)^2 + 2\nu_L^2 \right]^{1/2} = \frac{1}{2} \left[\frac{(1-\nu_T)E_L}{E_T} - 1 \right] \quad (28.1)$$

$$(ii) \text{ For } 2\omega=\pi/2 : \begin{matrix} \cos 2\omega=0, \\ \sin 2\omega=1 \end{matrix} \text{ then } \nu_T = \{1 - (E_T/E_L)\} \quad (28.2)$$

It may then be concluded that for the interval $\omega \in [0, \pi/2]$ relations (27) are thermodynamically valid with the equality signs valid at the limits of the interval. Obviously, in this first quadrant the eigenangle ω varies between $\omega \in [0, \pi/4]$.

(ii) For the second quadrant D0E of Fig. 2 it is valid that: $\cos 2\omega < 0$, $\sin 2\omega \geq 0$. Then it may be derived from relations (4) and (23) that $\nu_L \leq 0$ and $\nu_T > (1 - E_T/E_L)$ and, therefore, for the second quadrant the following conditions hold:

$$\nu_L \leq 0$$

$$\nu_T > \left(1 - \frac{E_T}{E_L} \right) \quad (29)$$

The limits for Poisson's ratios as given by relations (25) yield for the limits of the second quadrant that:

- (a) For $2\omega=\pi/2$, $\cos 2\omega = 0$, $\sin 2\omega = 1$ as previously, and
 (b) for $2\omega=\pi$, $\cos 2\omega = -1$, $\sin 2\omega = 0$ and therefore $\nu_L=0$.

Therefore, for a thermodynamically acceptable case in the interval $2\omega \in [\pi/2, \pi]$ relations (29) hold with the sign of equality for the limits as indicated. Obviously, angle ω runs in-between $\pi/4$ and $\pi/2$ ($\omega \in [\pi/4, \pi/2]$).

(iii) For the third quadrant (E0F), where $2\omega \in [\pi, 3\pi/2]$, we have $\sin 2\omega < 0$ and $\cos 2\omega \leq 0$, which, because of relations (23), yield:

$$\nu_L > 0 \quad \text{and} \quad \nu_T \geq \left(1 - \frac{E_T}{E_L} \right) \quad (30)$$

Therefore, for the third quadrant the following relations are valid:

$$\nu_L > 0 \quad , \quad \nu_T \geq \left(1 - \frac{E_T}{E_L} \right) \quad (31)$$

For these limits Poisson's ratios check well, yielding: $|\nu_T| \leq 1$ and $|\nu_L| \leq 1/\sqrt{2}$.

At the limits of this interval we have:

- (a) for $2\omega=\pi$, $\cos 2\omega = -1$, $\sin 2\omega = 0$,
 and (b) for $2\omega=3\pi/2$, $\cos 2\omega = 0$, $\sin 2\omega = -1$, which yield:

$$\nu_T = \left(1 - \frac{E_T}{E_L} \right) \quad (32)$$

Therefore, for a thermodynamically acceptable case in the interval $2\omega \in [\pi, 3\pi/2]$ relations (30) are valid with the signs of equality holding at the limits of the interval. Obviously, the eigenangle ω varies in this interval $\omega \in [\pi/2, 3\pi/4]$.

(iv) For the fourth quadrant (F0A), where $2\omega \in [3\pi/2, 2\pi]$, it is valid that $\sin 2\omega \leq 0$ and $\cos 2\omega > 0$ which yield:

$$\nu_L \geq 0 \quad \text{and} \quad \nu_T < \left(1 - \frac{E_T}{E_L} \right)$$

Therefore, for this interval we have the validity of relations:

$$\nu_L \geq 0 \quad , \quad \nu_T < \left(1 - \frac{E_T}{E_L} \right) \quad (33)$$

Relations (33) hold for the quadrant IV and they give thermodynamically acceptable values for Poisson's ratios in this interval $2\omega \in [3\pi/2, 2\pi]$ and therefore for $\omega \in [3\pi/4, \pi]$.

(v) Finally, we examine the situation around the characteristic value ω_i for the isotropic materials ($\omega_i = 125.26^\circ$). For this angle $\cos 2\omega_i = -1/3$, then from relation (23.2) we have:

$$\frac{1}{2} \left[(1-\nu_T) \frac{E_L}{E_T} - 1 \right] > -\frac{1}{3} \left[\frac{1}{4} \left\{ (1-\nu_T) \frac{E_L}{E_T} - 1 \right\}^2 + 2\nu_L^2 \right]^{1/2}$$

which, for $\omega \in [125.26^\circ, 135^\circ]$, yields:

$$\nu_L > \left[1 - (1-\nu_T) \frac{E_L}{E_T} \right], \quad \nu_T \geq \left[1 - \frac{E_T}{E_L} \right] \quad (34)$$

Similarly, for $\omega \in [90^\circ, 125.26^\circ]$, we find that:

$$\nu_L < \left[1 - (1-\nu_T) \frac{E_L}{E_T} \right], \quad \nu_T > \left[1 - \frac{E_T}{E_L} \right] \quad (35)$$

From the above-developed thorough study of the thermodynamically admissible limits of variation of the two components of Poisson's ratios the following results may be derived:

(I) The interval I of variation of the eigenangle ω° , $\omega^\circ \in [0^\circ, 90^\circ]$, contains all transversely isotropic materials which have negative longitudinal Poisson's ratios ν_L . Such materials are all the so-called **auxetic materials** [22] with very interesting properties described recently in several papers, referred to in [9]. These materials presumably should have a high porosity and correspond to a great number of open-cell foamy materials, based on polymers or metals, with re-entrant cell structures, as well as various types of papers, ultra high molecular weight oriented polypropylene and polyethylene, as well microporous oriented polytetra- fluoroethylene. In the same category also belong several types of honeycombs, as well as rank-2 composites, which are composite mixtures of two materials of whom the one is a rank-1 composite, consisting of alternating layers of the stiffer and the more flexible phases, then the rank-2 composite is constructed of alternating layers of the stiff material and the rank-1 composite in layers of different orientations. Depending on the average densities of the two phases, the stiff phase and the rank-1 composite and

their relative orientation, it is possible to obtain composites with negative Poisson's ratios approaching the negative unit [23].

However, these newly developed types of materials, very useful in special applications, are as yet not thoroughly studied and their mechanical properties, as well as their failure modes are as yet not well known, in order to allow a definite classification of these materials. Therefore, the domain of variation of the eigenangle ω between 0° and 90° is not clearly defined, the only definite result being that for the characteristic value of ω , $\omega_i=35.26^\circ$ in the interval $\in [0^\circ, 90^\circ]$, where the material becomes again an isotropic one.

II) It remains to classify systematically the extent of anisotropy of the materials in the range of the ω -eigenangle: $\omega \in [90^\circ, 180^\circ]$. According to the previous analysis, as well as from the experience gathered in examining different types of composites presenting different values for their respective ω -eigenangle, there are three distinct sub-domains where the properties of the materials present different anisotropic behaviour. These domains are defined as follows. The first domain extends in the interval $\omega \in [90^\circ, 125^\circ]$, the second one in the interval $\omega \in [125^\circ, 135^\circ]$ and the third and last one inside the range $\omega \in [135^\circ, 180^\circ]$.

(a) In the interval $\omega \in [90^\circ, 125^\circ]$ are included most of the weak-axis of symmetry composites with the compression annealed pyrolytic graphite-graphite fiber composites presenting a value of its eigenangle $\omega \approx 90^\circ$ [2], [14]. Indeed, all woven-fabric composites disposing their σ_3 -axis of symmetry with the lowest strength, in comparison with their transverse isotropic plane (σ_1, σ_2) which is reinforced with fibers in a woven fabric arrangement, resemble very much the quasi-isotropic materials and they all lie inside this interval [18], [22]. In the same interval lie also all open-cell foamy materials [12], [24]. All these composites present the property to be tension-strong materials and they obey the condition $\text{trh} < 0$. Finally, in the same interval lie the majority of inorganic crystals with the property that one of the values of their Poisson's ratios is always negative.

Since the negativeness of Poisson's ratio is an indication of increased porosity of the materials, it seems that there is an interdependence between the property of the materials to be T-strong materials with the property to eventually present negative or very low one of their Poisson's ratios and in this case the longitudinal one, ν_L . This argument is further supported by the fact that oriented polypropylene, as well as oriented polytetrafluoroethylene, are both T-strong materials [25], and they present a texture of their macromolecules resembling the texture of open-cell foams. Similar phenomena and failure behaviour appear with various types of papers, which again are sheets formed from randomly arranged arrays

of cellulosic fibers presenting some kind of parallel ordering, bound together by lignin, a polymeric substance, thus presenting an important amount of porosity [13].

(b) For the second interval of the ω -eigenangle, where $\omega^\circ \in [125.26^\circ, 135^\circ]$ we proceed to a straightforward transform to the two last eigenvalues λ_3 and λ_4 of relations (1) and we derive that:

$$\lambda_3 = (A+B) = \frac{(1-\nu_T)}{2E_T} \left(1 + \frac{1}{\cos 2\omega} \right) + \frac{1}{2E_L} \left(1 - \frac{1}{\cos 2\omega} \right) \quad (36)$$

$$\lambda_4 = (A'+B') = \frac{1}{2E_L} \left(1 + \frac{1}{\cos 2\omega} \right) + \frac{1-\nu_T}{2E_T} \left(1 - \frac{1}{\cos 2\omega} \right)$$

where A, B, A', B' are functions of the moduli and Poisson's ratios.

Relations (36) may replace the expressions for the two last eigenvalues λ_3 and λ_4 given by Eqs. (1). These relations, expressed in terms of tangent of the eigenangle ω , take the form:

$$\lambda_3 = \frac{1}{(1-\tan^2\omega)} \left[\frac{1-\nu_T}{E_T} - \frac{1}{E_L} \tan^2\omega \right] \quad (37)$$

$$\lambda_4 = \frac{1}{(1-\tan^2\omega)} \left[\frac{1}{E_L} - \frac{1-\nu_T}{E_T} \tan^2\omega \right]$$

Figure 3 presents the variation of $\tan^2\omega=f(\omega)$ and $(1-\tan^2\omega)^{-1}=f(\omega)$ for $\omega^\circ \in [90^\circ, 180^\circ]$. It is clear from this plotting that both eigenvalues λ_3 and λ_4 become indeterminate for $\omega^\circ=135^\circ$. Then, relation (4), expressing the tangent of the 2ω -angle becomes negative infinite for $\omega=135^\circ$ suggesting that, for this value of the eigenangle, the denominator of relation (4) becomes equal to zero. Then, it is valid that:

$$\left\{ (1-\nu_T) \frac{E_L}{E_T} - 1 \right\} = 0 \quad (38)$$

and therefore relations (37) for this angle become:

$$\lambda_3 = \lambda_4 = \frac{1}{E_L} \quad (39)$$

Then, in the interval of variation of the ω -eigenangle, $\omega^\circ \in [125.26^\circ, 135^\circ]$, the compliance, stiffness and failure tensors degenerate to simple quasi-isotropic forms, varying between the bounds:

$$\text{for } \omega_i=125.26^\circ : \lambda_1 = \frac{1}{2G}, \lambda_2 = \frac{1}{2G}, \lambda_3 = \frac{1}{2G}, \lambda_4 = \frac{1}{3K} \quad (40)$$

and

$$\text{for } \omega = 135^\circ : \lambda_1 = \frac{1}{2G_T}, \lambda_2 = \frac{1}{2G_L}, \lambda_3 = \frac{1}{E_L}, \lambda_4 = \frac{1}{E_L} \quad (41)$$

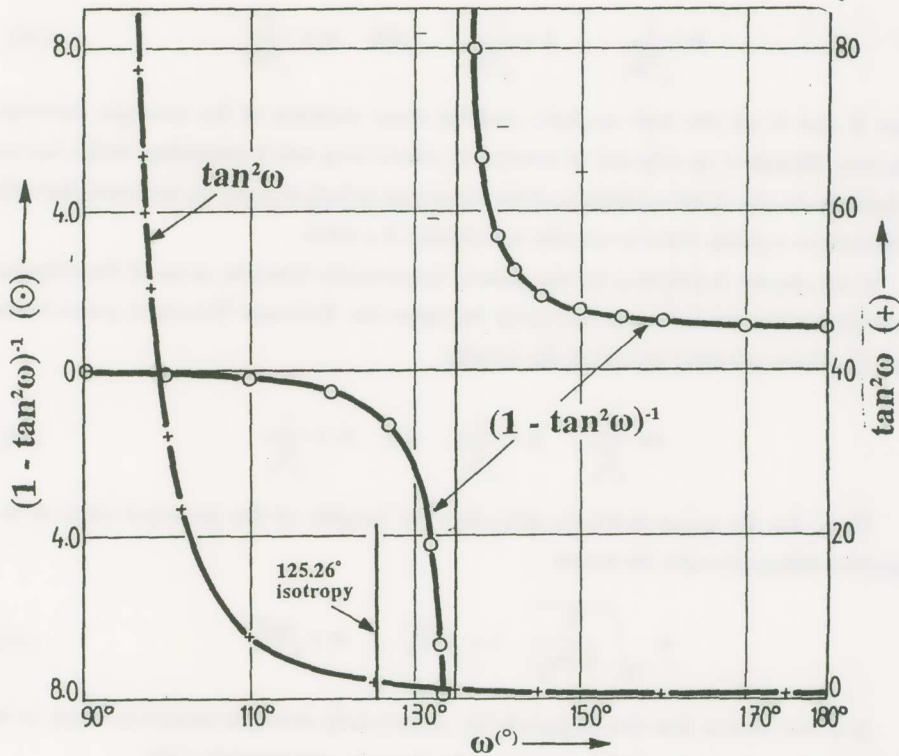


Fig. 3. The variation of the quantities $\tan^2\omega$ and $(1 - \tan^2\omega)^{-1}$ versus the eigenangle for the interval $\omega \in [90^\circ, 180^\circ]$.

In-between this interval of ω ($\omega \in [125.26^\circ, 135^\circ]$), as well as outside this interval and in the zones of variation of the ω -eigenangle, where relation (12) for the quasi-isotropic materials is valid, these bounds become:

$$\lambda_1 = \frac{1}{2G_T}, \lambda_2 = \frac{1}{2G_L}, \lambda_3 = \frac{1}{2G_L}, \lambda_4 = \frac{(1-2\nu_L)}{E_L} \quad (42)$$

In a previous publication of the author [19] the Beltrami-Haigh ellipsoid of stresses and deformations for the isotropic materials [26], [27], valid only for isotropic materials, was extended to cover the whole range of transversely isotropic composites and other substances. It was shown that for the isotropic case the Beltrami ellipsoid is an ellipsoid of revolution, whose principal semi-axes have the lengths:

$$\ell = \frac{1}{\sqrt{3K}}, \quad k = \frac{1}{\sqrt{2G}} \quad \text{and} \quad m = \frac{1}{\sqrt{2G}} \quad (43)$$

where K and G are the bulk modulus and the shear modulus of the isotropic material. Thus, this ellipsoid is an ellipsoid of revolution, whose long axis is coinciding with l , lies on the hydrostatic axis of the material and the transverse principal plane (k, m) coincides with the deviatoric π -plane. Since $k=m$, this intersection is a circle.

It was shown in [19] that for the general transversely isotropic material the ellipsoid of revolution for the isotropic materials becomes the Beltrami-Theocaris generalized ellipsoid, whose principal axes have the lengths:

$$\ell = \frac{1}{\sqrt{\lambda_4}}, \quad k = \frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} \quad \text{and} \quad m = \frac{1}{\sqrt{\lambda_3}} \quad (44)$$

Thus, for the quasi-isotropic materials the lengths of the principal axes of the respective ellipsoids take the forms:

$$\ell = \sqrt{\frac{E_L}{(1-2\nu_L)}}, \quad k = \sqrt{2G_T}, \quad m = \sqrt{2G_L} \quad (45)$$

It is also shown that the ellipsoids for transversely isotropic materials cease to be ellipsoids of revolution and they present a slenderness, expressed by [19]:

$$s = \sqrt{\frac{\lambda_3}{\lambda_1}} \quad (46)$$

The slenderness, s , for the transversely isotropic materials having an ω -angle lying in the interval $\omega \in [90^\circ, 125.26^\circ]$, is horizontal, that is these ellipsoids seem to be compressed along the vertical σ_3 -principal stress axis. Beyond this zone and inside the interval $\omega \in [125.26^\circ, 180^\circ]$ the slenderness of the ellipsoids is increased, as the ω -eigenangle tends to its extreme limits, either $\omega=90^\circ$ or $\omega=180^\circ$. It is of interest to remark that, for the particular value of $\omega=135^\circ$, the ellipsoid of principal stresses or strains becomes again an ellipsoid of revolution, but with its longitudinal axis of symmetry along the σ_1 -principal direction, normal to the principal diagonal $\sigma_3\delta_{12}$ -plane. This is because for this particular value of the ω -angle it is valid that $\lambda_3=\lambda_4$ (see relation (41)).

Furthermore, while the Beltrami ellipsoid for the isotropic materials has as principal axes, the hydrostatic axis coinciding with σ_4 -principal direction and the deviatoric plane for the (σ_1, σ_3) -plane, all the other ellipsoids for the transversely isotropic materials have their

principal axes rotating about the origin with the σ_4 -principal direction subtending an angle $(\omega-\pi/2)$ with the (σ_1, σ_2) transverse isotropic plane, the σ_1 -direction always normal to the principal diagonal plane (σ_3, δ_{12}) and the σ_3 -principal direction subtending again an angle $(\omega-\pi/2)$ with the σ_3 -principal stress direction.

Thus, for the strong fiber-axis composites the Beltrami-Theocaris ellipsoids become almost vertical, since for these materials, angle ω tends to 180° . As the composites dispose stronger matrices and therefore the angle ω diminishes, the B-T ellipsoid rotates about the σ_1 -principal axis tending to the angle $\omega=35.26^\circ$ for the isotropic materials and the respective ellipsoids tend to become ellipsoids of revolution, approaching the isotropic Beltrami ellipsoid.

For the interval of $\omega \in [90^\circ, 125.26^\circ]$ the Beltrami-Theocaris ellipsoids for the transversely isotropic materials start to become horizontally flattened and their longitudinal σ_4 -axis rotates about the σ_1 -principal direction, subtending an angle varying in the interval $[35.26^\circ, 0^\circ]$ as the angle ω tends to $\omega \rightarrow 90^\circ$. As an example, Fig. 4 presents a series of typical Beltrami-Theocaris ellipsoids (a) for a Thornel 75S graphite epoxy composite, for which $\omega=178.57^\circ$ [2], (b) for a Borsic 1100/Aluminum composite with $\omega=134.92^\circ$, (c) for an isotropic material ice-I at -16°C , (d) for a glass-epoxy woven fabric composite with $\omega=114.96^\circ$ and finally (e) for a compression annealed pyrolite graphite material with $\omega=90.84^\circ$. It is of interest to remark the relative positions of these ellipsoids, as well as their principal dimensions [14].

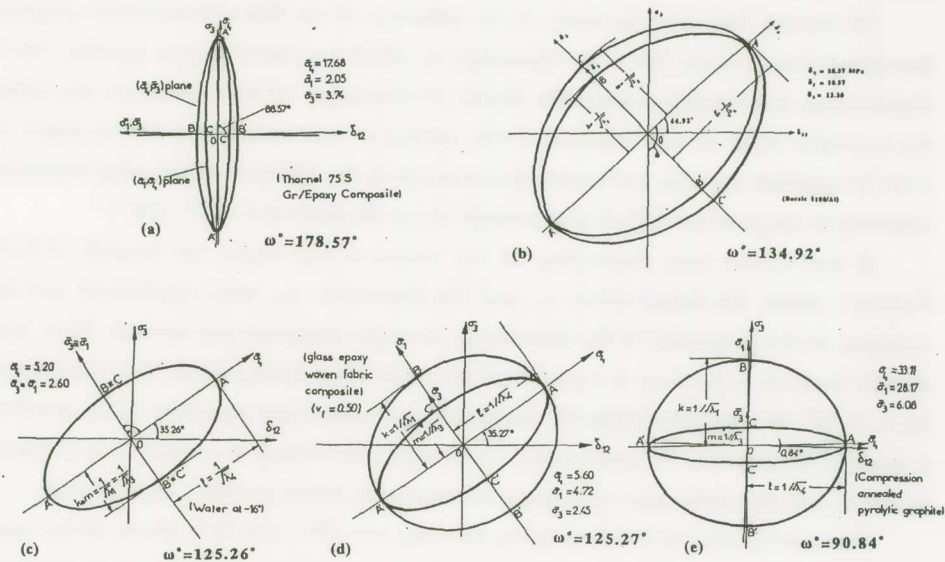


Fig. 4. The normalized to total strain energy $2T$, B-T strain-energy ellipsoids for five different transversely isotropic materials with respective eigenangles ω° varying between $\omega=90^\circ$ and $\omega=180^\circ$.

7. CONCLUSIONS

The spectral decomposition of the fourth-rank tensors of elastic stiffness, compliance and failure of transversely isotropic materials gave the possibility of decomposing in an energy orthogonal mode the stress and the strain tensors in this important category of materials, encompassing almost the totality of engineering materials of the praxis. Then, the spectral decomposition of these tensors allowed the extension of the advantageous properties of linearity and coincidence of the components of principal stresses and strains at a privileged Cartesian frame, beyond their purely elastic domain, to a broader area of the transversely isotropic materials.

This spectral decomposition of the abovementioned tensors gave six eigenvalues λ_i ($i=1+4$), with the two first double, which allowed the splitting of the strain energy into four components, the two firsts of which representing a distortional type of elastic strain energy, whereas the two last eigenvalues gave stress – and strain – states consisting of a superposition of a equilateral stress or strain in the transverse isotropic plane, superimposed with either a tensile, or a compressive stress along the strong axis of symmetry of the material. In this way the strain-energy function may be splitted into four components in the general transversely isotropic or orthotropic material, none of which is expressing exclusively a dilatational type of strain energy. This decomposition of the strain energy presented in detail in previous papers [19], [1].

Of interest here was the study of the influence of the fifth characteristic quantity, describing these tensors, that is the eigenangle ω , which is a dimensionless quantity which characterizes monoparametrically the degree of anisotropy of the orthotropic materials. An extensive study of the variation of this parameter was undertaken in this paper, in order to establish the type and extent of anisotropy in the different engineering materials, relatively to the position of their ω -eigenangle along the interval $\in \omega [0^\circ, 180^\circ]$.

It was shown that, depending on the values of this angle, the bounds of both Poisson's ratios, the longitudinal, ν_L , and the transverse, ν_T , were established and the variation of the properties of the transversely isotropic materials was derived. Thus, four distinct intervals in the zone of variation of the $\tan 2\omega$ were distinguished. The first interval for $\omega \in [0^\circ, 90^\circ]$ should contain all composites and anisotropic materials, which manifest a negative longitudinal Poisson's ratio. These materials belong to a great part to foamy materials and especially those with open-cell structures, which present a high porosity.

The second interval is delineated by the zone $\omega \in [90^\circ, 125.26^\circ]$, where all the weak axis of symmetry composites, like the woven-fabric composites, are contained. In the same zone foamy materials with closed-cell structures are included, as well as a great number of inorganic crystals and different types of papers.

For the limiting values of angle ω equal to $\omega=125.26^\circ$, as well as $\omega=35.26^\circ$ (for the first interval), the materials become isotropic. It was also shown that as the angle ω changed from 90° to 125.26° , the anisotropy of the materials was reduced and in both sides of the neighbourhood of the isotropic angle $\omega_i=125.26^\circ$ the anisotropic materials tend to a quasi-isotropy presenting the remarkable fact to acquire the property, valid only for the isotropic substances, to split their strain energy into dilatational and distortional components, like the isotropic ones.

The third interval is in the zone $\omega \in [125.26^\circ, 135^\circ]$, which is characterized by almost complete isotropy. Finally, in the fourth interval of $\omega \in [135^\circ, 180^\circ]$ lie all strong-axis composites and fiber reinforced materials, with those of a strong matrix concentrating closer to the ω_i -angle. As the anisotropy of the material increased the angle ω_i is receding, approaching the limiting value of $\omega=180^\circ$, where all the weak-matrix, strong-fiber composites are placed.

As a further confirmation of the variation of the anisotropy of the materials with the change of angle ω , the modified Beltrami-Theocaris ellipsoids of elastic strains or stresses were plotted for five different characteristic materials along the intervals studied and the form and orientation of these ellipsoids were established [19].

ACKNOWLEDGMENTS

The research programme presented in this paper was supported by the National Academy of Athens Fund under the code No. 200/294. The author acknowledges this generous support. He is also indebted to his secretary Mrs. Anna Zografaki for helping him in typing the manuscript and plotting the figures of the paper.

REFERENCES

- 1 Theocaris, P. S. and Philippides, T. P., "Spectral Decomposition of compliance and stiffness fourth-rank Tensors suitable for orthotropic materials", *Zeitsch. angew. Math. & Mech.*, **71**(3), 161-171 (1991).
2. Theocaris, P. S. and Philippides, T. P., "Variational bounds on the eigenvalue ω of transversely isotropic materials", *Acta Mechanica*, **85**(1), 13-26, (1990).
3. Walpole, L. J., "Fourth-rank tensors of the thirty-two crystal classes: Multiplication tables", *Proced. Roy. Soc. London*, **A391**, 149-179 (1984).
4. Rychlewski, J., "On the Hooke's law", *Prikl. Matem. i Mekh.*, **48**(3), 303-314 (1984).
5. Rychlewski, J., "Elastic Energy decompositions and limit criteria", *Advances in Mechanics (Uspechi Mekhanikii)*, **10**(3), 83-102 (1987).
6. Thomson, W., "Elements of a mathematical theory of elasticity", *Phil. Trans. Royal Soc.*, **A155**, 481-498 (1856).
7. Theocaris, P. S., "The Compliance fourth-rank tensor for the transtropic material and its spectral decomposition", *Proc. National Academy of Athens*, **64**(1), 80-100 (1989).
8. Theocaris, P. S., "The decomposition of the strain-energy density of a single-ply laminate to orthonormal components", *Jnl. Reinf. Plast. and Comp.*, **8**(6), 565-583 (1989).
9. Theocaris, P. S., Stavroulakis, G. E., and Panagiotopoulos P. D., "Negative Poisson's Ratios in Composites with Star-shaped inclusions: A Numerical Homogenization Approach", *Archive Applied Mechanics*, in print (1997).
10. Theocaris, P. S., "The Elliptic Paraboloid Failure Surface for 2D-Transtropic Plates (Fiber Laminates)", *Engng. Fracture Mech.*, **33**(3), 185-203 (1989).
11. Theocaris, P. S., "Failure Criteria for Anisotropic Bodies" *Handbook of Fatigue Crack Propagation in Metallic Structures*, A. Carpinteri Editor, Elsevier, Amsterdam, Publ., **1**, 3-45 (1994).
12. Theocaris, P. S., "Failure Modes of Closed Cell Polyurethane Foams", *Intern. Jnl. of Fracture*, **56**(4), 353-375 (1992).
13. Theocaris, P. S., "Failure Behaviour of Paper Sheets", *Jnl. of Reinforced Plastics and Composites*, **8**(6), 601-626 (1989).

14. Theocaris, P. S. "On a Family of Quasi-Isotropic Fiber-Reinforced Composites", *Acta Mechanica*, **96**(2), 163-180, (1993).
15. Theocaris, P. S. and Philippides T. P., "Stress Distribution in Orthotropic Plates with Coupled Elastic Properties", *Acta Mechanica*, **80**(2), 95-111 (1989).
16. Zweben, C. & Norman, J. C., "Kevlar 49/Thormed 300 Hybrid Fabric Composites for Aerospace Applications, *Soc. Amer. Plast. Engs.*, Quarterly No 2, 1-8, (1976).
17. Ishikawa, T. & Chou, T. W., "Non-Linear Behaviour of Woven Fabric Composites", *Jnl. Composite Materials*, **18**, 399-413 (1983).
18. Theocaris P. S., "Failure Criteria for Weak-Axis Quasi-Isotropic Woven-Fabric Composites", *Acta Mechanica*, **95**(1), 69-86 (1992).
19. Theocaris P. S., "The Extension of Beltrami's Ellipsoid to Anisotropic Materials" *Archive of Applied Mechanics*, **65**(2), 86-98 (1995).
20. Lekhnitskii S. G., "Anisotropic Plates", Gordon & Breach, (1968).
21. Evans K. E., Nkansah M. A. Hutchinson I. J. & Rogers S. G. "Molecular Network Design", *Nature*, **353**, 124, (1991).
22. Theocaris P. S., "Failure Modes of Woven Fabric Composites Loaded in the Transverse Isotropic Plane", *Acta Mechanica*, **103**(1-4), 157-175 (1994).
23. Milton G. W., "On Characterizing the Set of possible Effective Tensors of composites: The Variational Method and the Translation Method", *Comm. Pure and Appl. Math.*, **43**, 63-125, (1990).
24. Theocaris P. S., "The Elliptic Paraboloid Failure Criterion for Cellular Solids and Brittle Foams", *Acta Mechanica*, **89**(2), 93-121, (1991).
25. Theocaris P. S., "Failure Criteria for Transtropic Pressure Dependent Materials: The Fiber Composites", *Rheologica Acta*, **27**(5), 451-465 (1988).
26. Beltrami E., "Sulle Condizioni di resistenza dei corpi elastici. Opere Matematiche IV (1920) (see also Rendiconti del R. Istituto Lombardo di Scienze Lettere e Arti, 18, 704-714 (1885).
27. Haigh R. P., "The Strain Energy Function and the Elastic Limit", *Engeneering CX*, 158-160 (1920).

Αί ιδιότητες της ιδιογωνίας ω του τανυστού άστοχίας της άνισοτρόπου ύλης και ή συστηματική κατάταξίς της

Οί τανυσταί ένδόσεως (S), δυσκαμφίας (C) και άστοχίας (H) τών έγκαρσίως ίσοτρόπων ύλικών, άποσυντιθέμενοι φασματικώς, δίδουν έξ ιδιοτιμάς ή ιδιοτανυστάς, έξ ών δύο εΐναι διπλοΐ, μεγέθη τά όποΐα έπιτρέπουν τόν καθορισμόν τών έλαστικών ιδιοκαταστάσεων φορτίσεως τών άνισοτρόπων ύλικών και κατά συνέπειαν τόν καθορισμόν τών βασικών και στοιχειωδών όρων διαχωρισμού τής έλαστικής ένεργείας του καταπονουμένου σώματος [1]. Έχει άποδειχθΐ ότι αί άναγκαΐαι παράμετροι διά τήν άναλλοίωτον περιγραφήν τής έλαστικής συμπεριφορής τών έγκαρσίως ίσοτρόπων ύλικών έκφράζονται διά τών τεσσάρων τιμών τών ιδιοτανυστών εις τούς όποΐους αναλύεται ό εκάστοτε τανυστής άστοχίας τών ύλικών, δεδομένου ότι αί δύο πρώται ιδιοτιμαΐ του τανυστού εΐναι διπλαΐ [2]. Αΐ τέσσαρες αύται τιμαΐ τών ιδιοτανυστών συμπληροϋνται υπό τής ιδιογωνίας ω , ή όποΐα άποτελεΐ άδιάστατον παράμετρον προκύπτουσαν άπό τήν φασματικήν άποσύνθεσιν του τανυστού.

Έν τούτοις, περιορισμοΐ εις τήν παραμετρικήν έκφρασιν του μεγέθους τής ιδιογωνίας, έπιβαλλόμενοι εκ θερμοδυναμικών συνθηκών, καθορίζουν τά όρια μεταβολής τής ιδιογωνίας ω . Σκοπός του άρθρου τούτου εΐναι ή εξέτασις τής επιδράσεως τών επιβαλλομένων περιορισμών έφ' όλοκλήρου του φάσματος μεταβολής τής ιδιογωνίας ω , επί του τύπου, τής μορφής και τών ιδιοτήτων τών αντιστοΐχων άνισοτρόπων σωμάτων και ό καθορισμός και ή περιγραφή τών όρίων, εκ τών επιβαλλομένων εις τās τιμάς τής ιδιογωνίας ω , επί τών ιδιοτήτων τών άνισοτρόπων ύλικών.

Άποδεικνύεται περαιτέρω εις τό άρθρον αύτό ότι άρκει ή μοναδική αύτή παράμετρος τής ιδιογωνίας να χαρακτηρίση ποιοτικώς, τόσοσ τās έλαστικές ιδιότητες, καθώς επίσης και τήν άνθεκτικότητα τών έγκαρσίως ίσοτρόπων ύλικών.

Δεδομένου ότι ή φασματική άποσύνθεσις του τανυστού άποτελεΐ τήν άπλουστέραν μορφήν αναλύσεως του συμμετρικού τανυστού τετάρτης τάξεως, ή όποΐα έπιτυγχάνει να αναλύη τούς τανυστάς τών τάσεων και τών παραμορφώσεων εις συγγραμμικά άνύσματα, άνά δύο κάθετα επ' άλλήλων, ή άνάλυσις αύτή παρέχει ταχύ και δραστικόν μέσον όρισμού τών όρων αναλύσεως τής ειδικής ένεργείας παραμορφώσεων. Τοιουτοτρόπως, τά χωριζόμενα μέρη τής ένεργείας αύτης δύνανται να καθορίσουν τούς όρους αναλύσεως τής ένεργείας και να όρίσουν έπακριβώς τήν μορφήν τών τόπων άστοχίας τών άνισοτρόπων ύλικών.

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 28^{ΗΣ} ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1996

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΙΩΑΝΝΟΥ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ

A plausible model for the explanation of the selectivity effect of seismic electric signals, by P. Varotsos, N. Sarlis, M. Lazaridou, and P. Kapiris, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Καίσαρος Ἀλεξοπούλου.

ABSTRACT

Previous publications by other groups claim that, in order to detect Seismic Electric Signals (SES) at epicentral distances $r \approx 100$ km, huge current intensities have to be emitted from the focal area. In this paper, we suggest a model, which explains that, even a current intensity of 1 A, is sufficient to produce detectable SES at $r \approx 100$ km. This model also indicates that SES can be detectable within certain areas *only*, thus explaining the selectivity effect. It is also shown that, for big earthquakes *only*, i.e., with $M \approx 6.5-7.0$, a magnetic field variation becomes detectable simultaneously with SES; this was the case of the SES that preceded the 6.6 Kozani-Grevena earthquake in Greece.

Also the physical basis of the $\Delta V/L$ -criterion is summarised in an Appendix; we emphasize that when the long dipoles are appropriately installed (i.e., in configurations suggested by VAN long ago), their measurements, when compared to those of the short dipoles, lead to an immediate recognition of noise (due to an artificial source lying up to several km far away).

In an additional Appendix, we also discuss Gruszow *et al.*'s [1996] claim that the SES correlated with the 6.6 Kozani-Grevena earthquake can be attributed to a nearby industrial source, which emitted a huge current; we show that their claim sharply contradicts the theory and the experimental facts. For example, if these SES were due to an industrial nearby source: (a) they should have been accompanied mainly by *horizontal* magnetic field variations, while the magnetic signal observed by Gruszow *et al.* [1996] was mainly on the *vertical* component and (b) the electric field variations should have reached an amplitude two orders of magnitude larger than that observed. Furthermore, Gruszow *et al.* [1996] misused the VAN data, e.g., by incorrectly applying the $\Delta V/L$ -criterion; thus none of their arguments appears to work.

INTRODUCTION

Various physical mechanisms have been proposed (e.g., Lazarus [1993], Slifkin [1993, 1996], Teisseyre [1995], Morgan [1990; 1996, private communication], Varotsos and Alexopoulos [1986]) for the generation of the Seismic Electric Signals (SES), that have been found to precede earthquakes (EQs) in Greece (for a recent review on SES see

Uyeda [1996], while *Park et al.* [1993] summarized the generation mechanisms). These signals have been detected up to distances of the order of 100km from the epicenter; plausible models for their transmission have been suggested by *Lazarus* [1996], and *Varotsos et al.* [1993]. However, some publications (e.g., *Bernard and Le Mouel* [1996]) claim that a transmission at such distances is questionable, as it requires unreasonably huge current intensities I in the focal area. It is one of the main scopes of the present paper to show that even small current intensities of $I \sim 1A$, can lead to detectable electric field values, but only at certain regions of the earth's surface (thus explaining the selectivity effect, reported long ago by VAN, e.g., see *Varotsos and Lazaridou*, [1991]).

A second scope of this paper is focused on the calculation of magnetic field (B) variations accompanying the SES. VAN group repeatedly published that SES are not accompanied by *observable* variations of the *horizontal* components of the magnetic field (e.g., *Varotsos et al.* [1996a,b]), thus leading to an easy discrimination of SES from the usual magnetotelluric (MT) variations. The above does not imply that SES are not accompanied at all by magnetic field variations (the existence of which is obligatory from Maxwell equations), but that they are very small [cf. drastically smaller than those, which produce MT electric field variations having comparable amplitude (and period) to the SES] and hence are not readily detectable. In other words, there is a question of detectability *only* of the magnetic field variations for the usual cases of M 5.0-5.5 at $r \sim 100km$, or so; on the other hand, it is naturally expected that appreciably strong SES activities could be accompanied by *detectable* magnetic field variations. In the present paper, we show that a value of $B_z \sim 1nT$, or so, is naturally expected for strong EQs with M 6.5-7.0; this was observed before the 6.6 Grevena-Kozani, but *Gruszow et al.* [1996] misused this observation as an evidence for an artificial origin of the relevant SES observed by VAN. In Appendix II we summarize additional reasons, which show that *Gruszow et al.*'s [1996] claim is not valid. Furthermore, in Appendix I we review the physical basis of the $\Delta V/L$ criterion suggested by VAN for discriminating true SES from signals of artificial origin; thus, the validity of this criterion for the SES associated with the aforementioned 6.6 earthquake excludes any possibility for these signals to be attributed to an artificial source.

THE MODEL FOR THE SES TRANSMISSION AT LONG DISTANCES

Varotsos and Alexopoulos [1986] and *Varotsos et al.* [1993] suggested the following model for the SES transmission: when the SES is emitted, the current follows the most conductive channel through which most of this current travels; if the emitting source lies near a channel of high conductivity (Fig. 1a) and our measuring station lies at a site (with appreciably higher resistivity than that of the conductive channel but) close to the top of the conductive channel, the electric field is appreciably stronger than in the case of a homogeneous, or horizontally layered earth; this indicates that signals may be detectable at larger epicentral distances, but not at shorter. Such a mechanism, as it will be shown below, explains the *selectivity* effect reported by VAN long ago, e.g., see *Varotsos and Lazaridou* [1991].

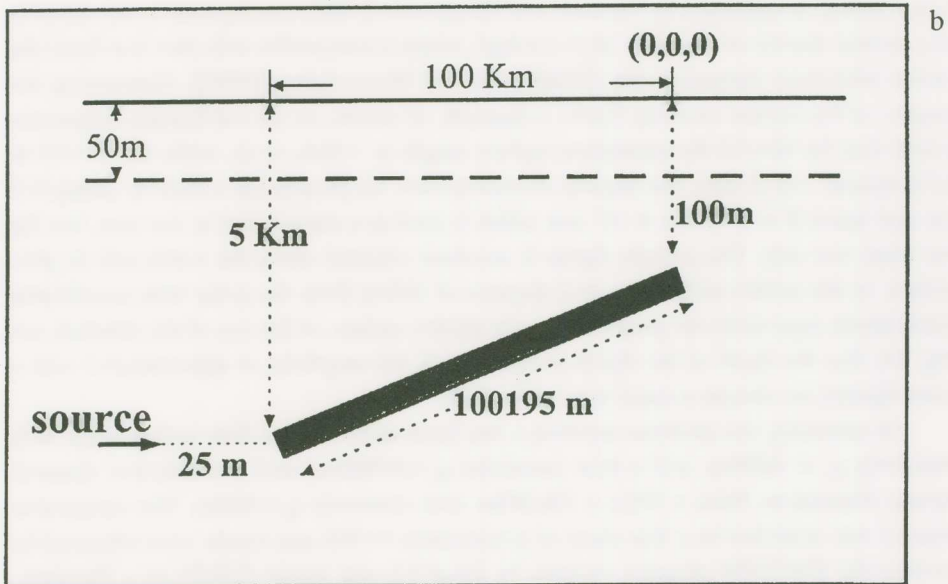
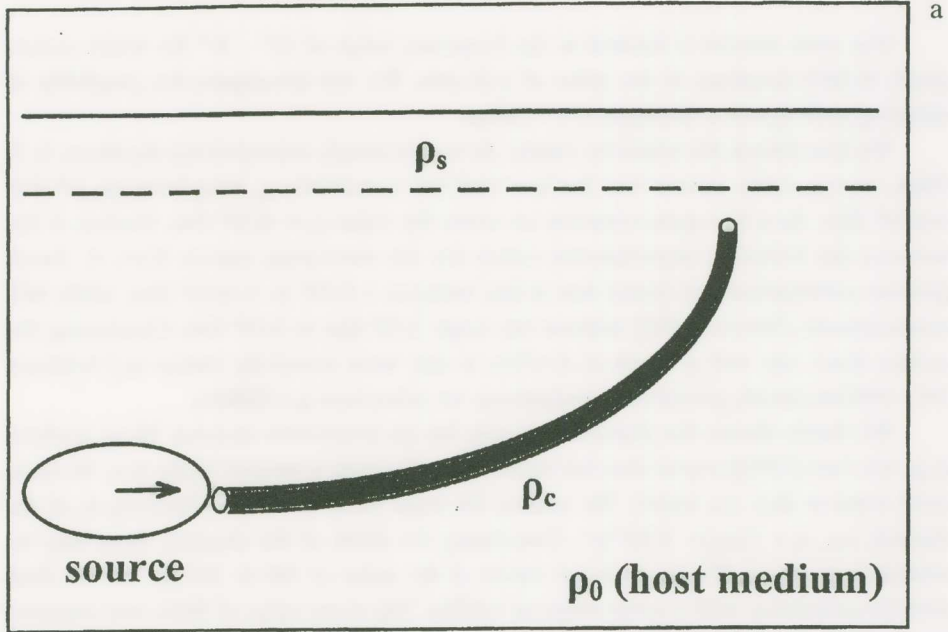


Fig. 1.a. The model (not to scale) of transmitting SES at long distances suggested by *Varotsos and Alexopoulos* [1986] and *Varotsos et al.* [1993]. Fig. b shows how the calculation is carried out: a thin sheet (of 500m×100km) with conductance 50S is considered.

SELECTION OF THE VALUES OF THE PARAMETERS USED IN THE CALCULATION

Our main interest is focused in the frequency range of 10^{-2} - 10^{-3} Hz which corresponds to SES durations of the order of 1-20 min. We will investigate the possibility of detecting such signals at distances of $r \sim 100$ km.

We first discuss the resistivity values. As we are mainly interested for depths up to 5-30km, we can safely assume that the host rock has a resistivity ρ_0 lying between $10^3 \Omega\text{m}$ and $10^4 \Omega\text{m}$. As a first approximation we select the value $\rho_0 \approx 4 \times 10^3 \Omega\text{m}$, because it lies between the following experimental values for the measuring station IOA: *K. Smith* (private communication) found that it lies between 1.5×10^3 to $5.2 \times 10^3 \Omega\text{m}$, while MT measurements (Makris [1996]) indicate the range $3 \times 10^3 \Omega\text{m}$ to $5 \times 10^3 \Omega\text{m}$. Concerning the surface layer, say with a depth of $d \approx 50$ m, it may have resistivity values (ρ_s) between $190 \sim 300 \Omega\text{m}$ (*Smith*, private communication); we select here $\rho_s \approx 200 \Omega\text{m}$.

We finally discuss the plausible values ρ_c for the conductive channel. Many workers (e.g., see *Park* [1996]) report that the resistivity ρ_f of a fault is around $10 \Omega\text{m}$ (i.e., 40 times more resistive than sea water). We assume the same value for the conductivity σ_c of the channel, i.e., $\sigma_c = (1/\rho_f) = 0.1 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$. Concerning the width of the channel, there may be contradictory views. We may assume values of the order of 100 to 1000m, but we shall start the calculation with a mean value of ≈ 500 m. The same value of 500m was assumed for the thickness and hence the conductance τ is $(0.1 \times 500) = 50\text{S}$.

As for the current I emitted from the earthquake source we assume the value of $I = 1\text{A}$ which, as explained by *Varotsos and Alexopoulos* [1986], corresponds to an emission of a current density of the order of $j = 1\text{A}/\text{km}^2$, which is compatible with (but less than) the recent laboratory measurements (*Hadjicontis and Mavromatou* [1996]). Concerning the length l of the current emitting dipole, it depends, of course, on the earthquake magnitude (recall that for $M \approx 5.0$ the subsurface rupture length is ~ 5 km, or so, while for $M \approx 5.5$ to 6.5 is around 7 to 25 km). For reasons of convenience, we present the results by taking $l = 1$ km and hence $Il \approx 1\text{A} \times 1\text{km} \approx 10^3 \text{Am}$ which is used as a natural unit in our case, but for the main text *only*. The current dipole is assumed oriented along the x-axis and its projection on the earth's surface lies at a distance of 100km from the point with coordinates 0,0,0 (which represents the projection at the earth's surface of the top of the channel, see Fig. 1b). For the depth of the dipole source (which, for simplicity, is approximated with a point dipole), we assume a usual value of $h = 5$ km.

In summary, our problem involves a two layer earth (with a 50m surface layer with resistivity $\rho_s = 200 \Omega\text{m}$, and a host resistivity $\rho_0 = 4000 \Omega\text{m}$) and a conductive channel having dimensions $500\text{m} \times 500\text{m} \times 100,000\text{m}$ with resistivity $\rho_c = 10 \Omega\text{m}$. The conductive channel was modelled by a thin sheet of conductance $\tau = 50\text{S}$ and results were obtained by running the EM1DSH program (written by *Hoversten and Becker* [1995]) on a Hewlett-Packard 735 digital computer. To help the calculation, the real problem was modelled according to the "similitude relationship" (*Zhdanov and Keller* [1994]), that relates the frequency ω , the magnetic permeability μ , the conductivity σ , and the length scale l of a

real world problem to a model problem,

$$\frac{\omega_m \mu_m \sigma_m \ell_m^2}{\omega_w \mu_w \sigma_w \ell_w^2} = 1 \quad (1)$$

where the subscripts denote the real world (w) and the model (m) problem parameters.

In the following, we will calculate and discuss the variations of the amplitude of the electric and the magnetic fields appearing at various points x,y of the surface of the earth.

CALCULATION OF THE ELECTRIC FIELD VALUES

Figures 2 and 3 show plots of points of equal (absolute) values of the field strength. Fig. 2 depicts the contours of the horizontal component E_x of the electric field; for the schematic diagram depicted in Fig. 2a we used a grid of 5km x 5km, while for the detailed contours shown in Figs 2b and 2c more detailed grids, 2km x 2km and 2km x 0.5km respectively were considered. For example the contour labelled "1" shows the region at which E_x becomes $E_x \approx 1$ mV/km (cf. a symmetric region exists for negative values of y); Note that, in this example there is a large "shadow zone", i.e., $E_x < 1$ mV/km, lying between the two contours labelled "1". As a second example, we consider the case of selecting a threshold of $E_x = 10$ mV/km; again there are two regions, at which E_x is detectable, i.e., a region close to the top of the channel (with average dimensions 16km x 1km) and another one (roughly 8km x 10km) that includes sites lying at small distances from the source. Finally, if we consider appreciably larger values of E_x , e.g. $E_x \geq 28$ mV/km, we find that E_x is detectable only at a narrow region close to the top of the channel. Figure 3 shows the contours for E_y ; we see that the corresponding regions, at which E_y is detectable, have smaller dimensions when compared to those of E_x . Figs 4a and 4b show the variation of E_x and E_y at various distances (measured from the projection of the top of the channel on the earth's surface).

CALCULATION OF THE MAGNETIC FIELD VARIATIONS

A calculation, for $I \approx 1$ A x 1km (see Fig. 5), shows that the three components B_x , B_y , B_z **nowhere** exceed the detectable limit, which is usually around a few tenths of 1nT (cf., for a usual fluxgate variometer). Therefore, in order to achieve detectability of the magnetic field, a stronger source should be considered having two orders of magnitude larger value of I ; this corresponds to stronger EQs, e.g., with $M \approx 6.5-7.0$, or so. Note that, in such a case, the magnetic field becomes detectable at certain regions *only*, i.e., close to the epicenter (where $B_z \approx B_y > B_x$) or close to the top of the channel (where $B_z > B_y$). The first region might correspond to the observations of *Fraser-Smith et al.* [1990] (near the epicenter of the M_s 7.1 Loma Prieta EQ), while the second to the detection of ($B_z \approx 1$ nT) at an epicentral distance of 70-80 km from the 6.6 Kozani EQ in Greece (*Varotsos et al.* [1996b,c]).

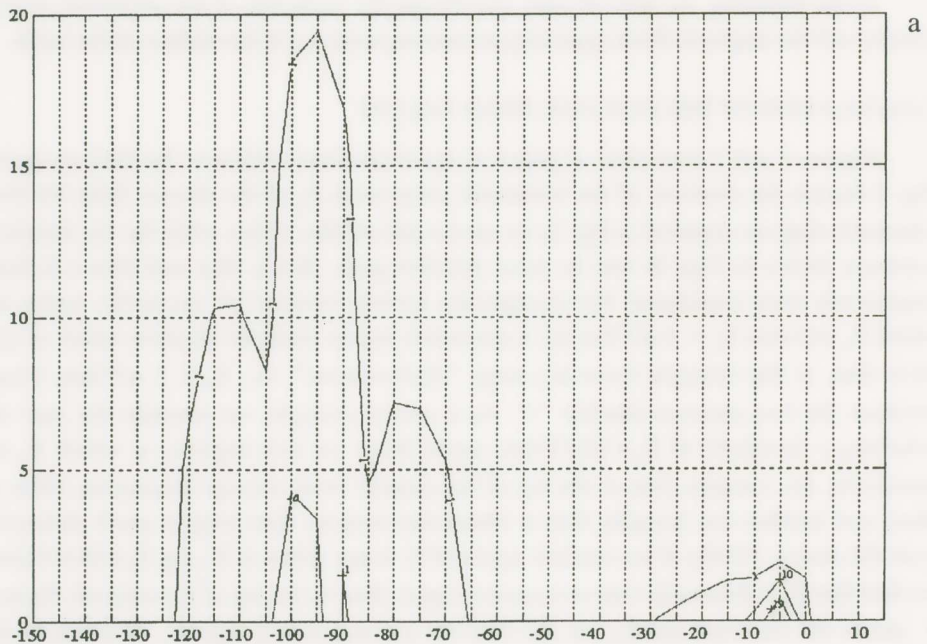
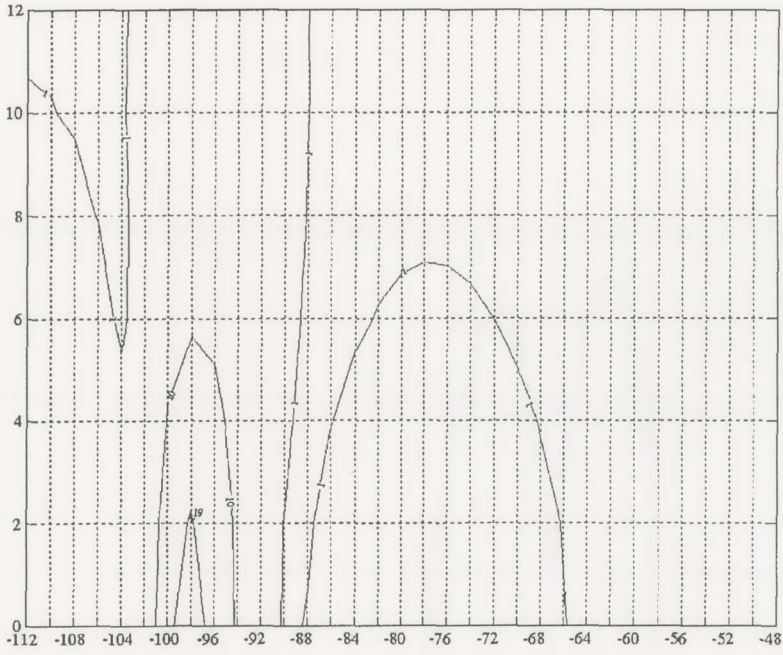
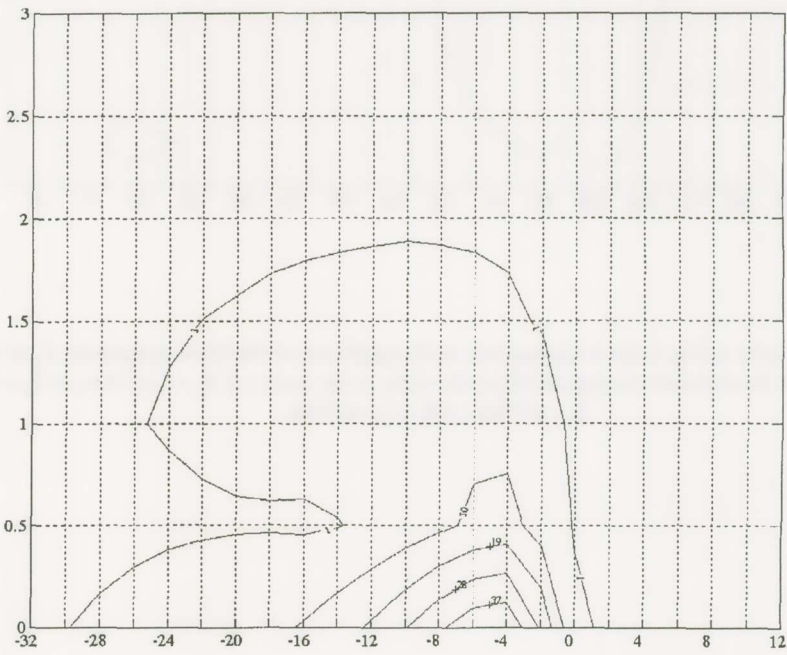


Fig. 2. Calculated values of the amplitude of the component E_x of the electric field: the contours correspond (from the outer to the inner): a) E_x : 1, 10, 19 mV/km; b) E_x : 1, 10, 19 mV/km; c) E_x : 1, 10, 19, 28, 37mV/km. Note that case (a) corresponds to a schematic diagram, while (b) and (c) to the detailed contours close to the epicenter and to the top of the channel respectively. (Note that the electric field values are calculated for a source 1km x 1A). The projection of the source on the earth's surface is $x=-100\text{km}$, $y=0$, while that of the top of the channel (see Fig 1b) corresponds to the origin (0,0).



b



c

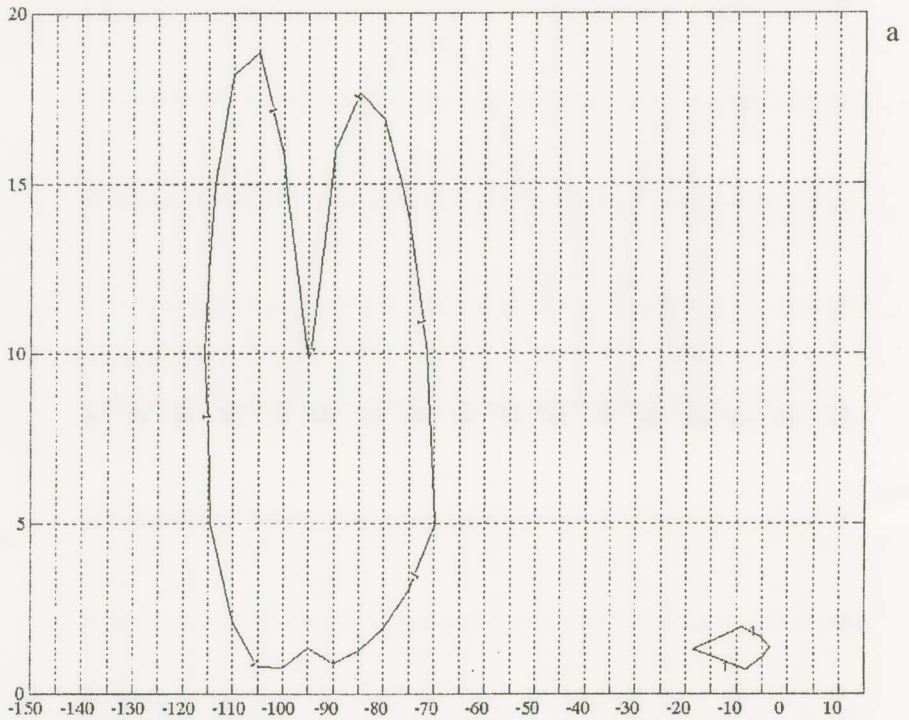
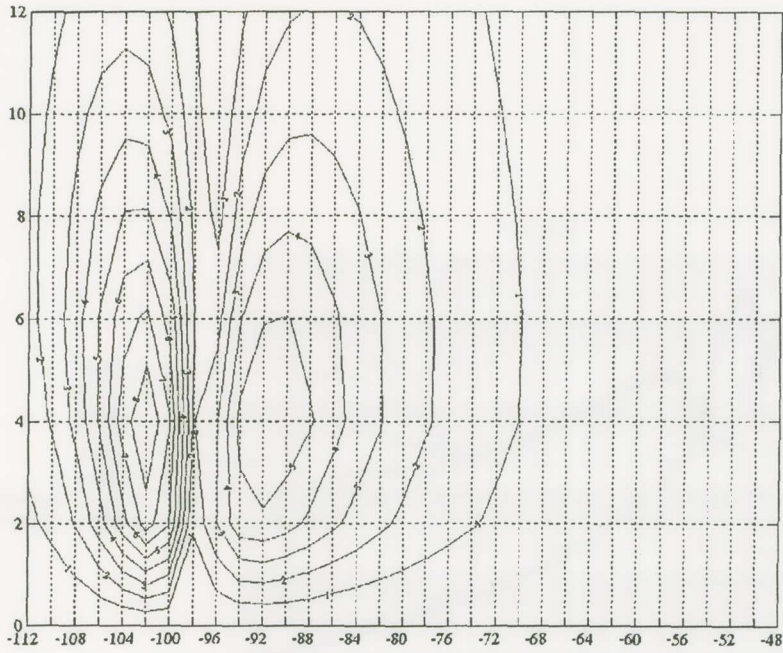
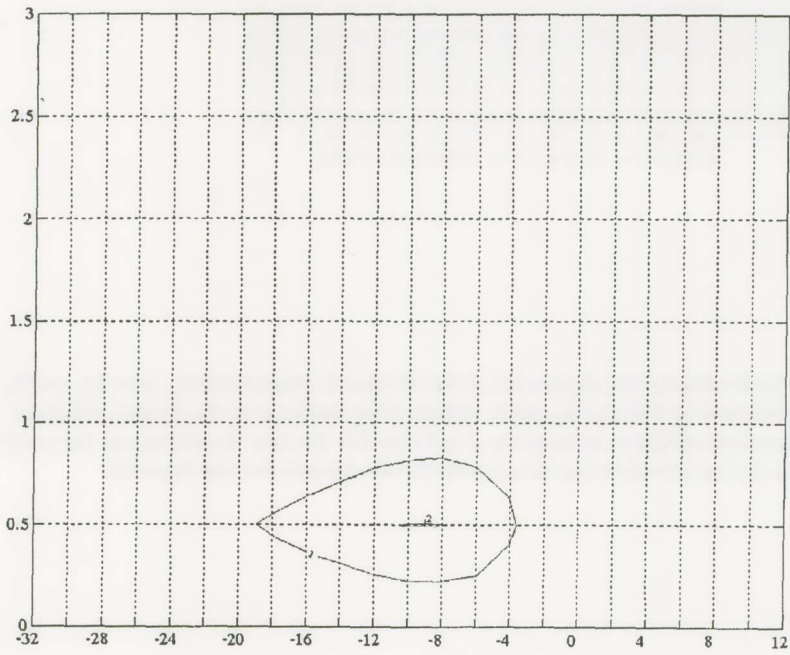


Fig. 3. The same as Fig. 2, but it corresponds to the amplitude of the other component E_y of the electric field; the contours correspond (from the outer to the inner): a) $E_y=1$ mV/km, b) $E_y=1, 2, 3, \dots$ mV/km, c) $E_y=1, 2$ mV/km.



b



c

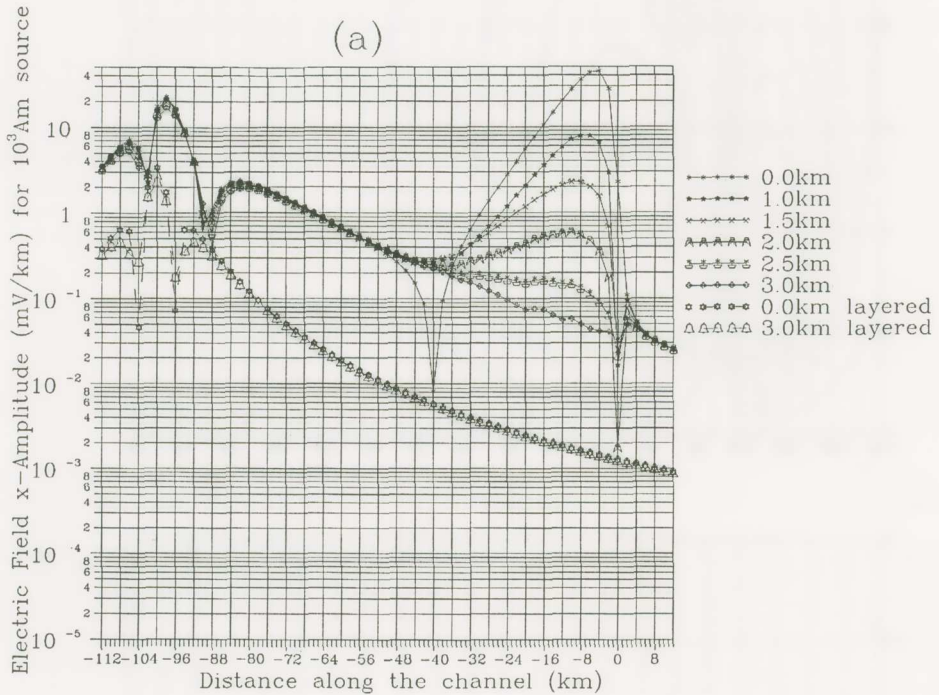
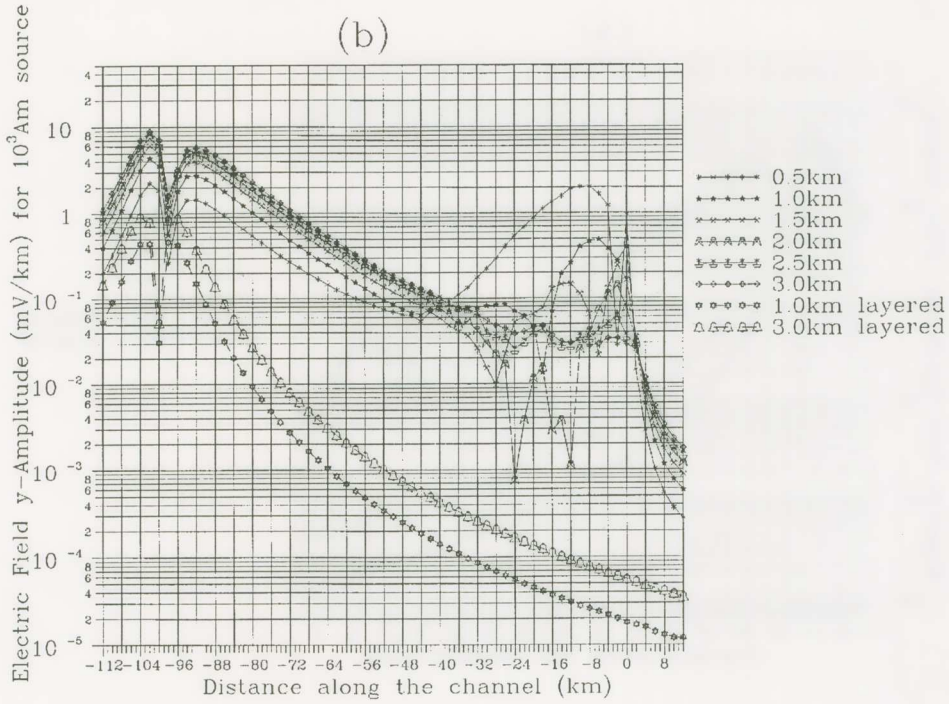


Fig. 4. Calculated values of the amplitudes, of the horizontal components E_x , case (a), and E_y , case (b), of the electric field on the earth's surface along and close to the channel. Different curves correspond to different values of the y-ordinate. For the sake of comparison, the results for the layered earth (and hence without the channel) are also depicted.



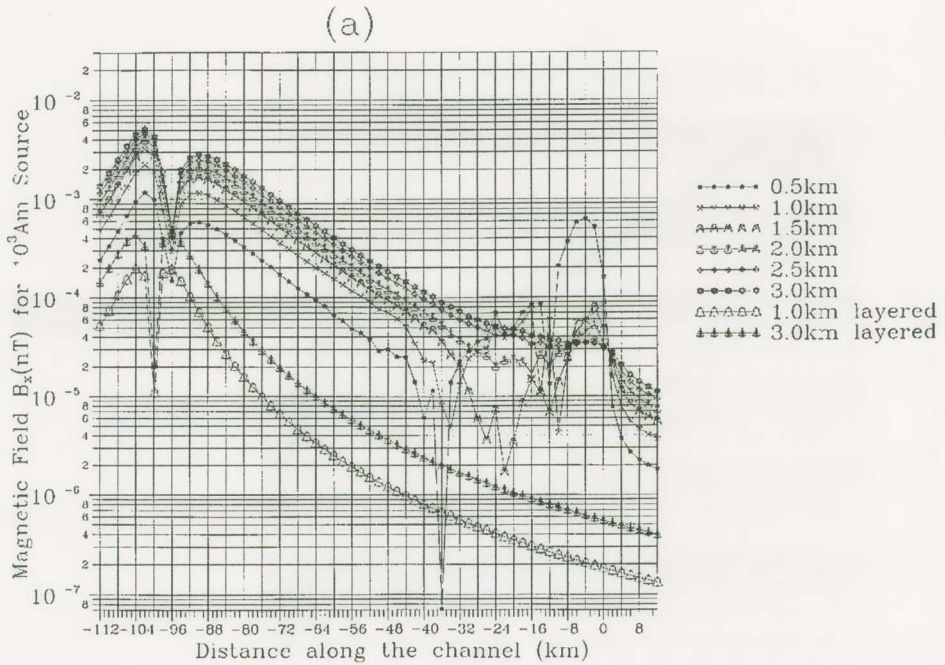
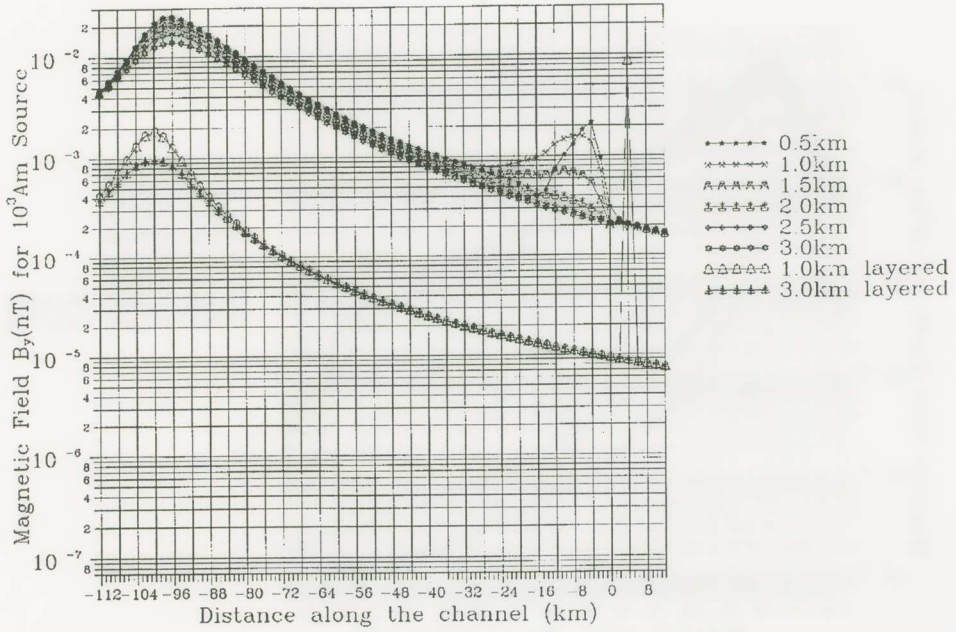
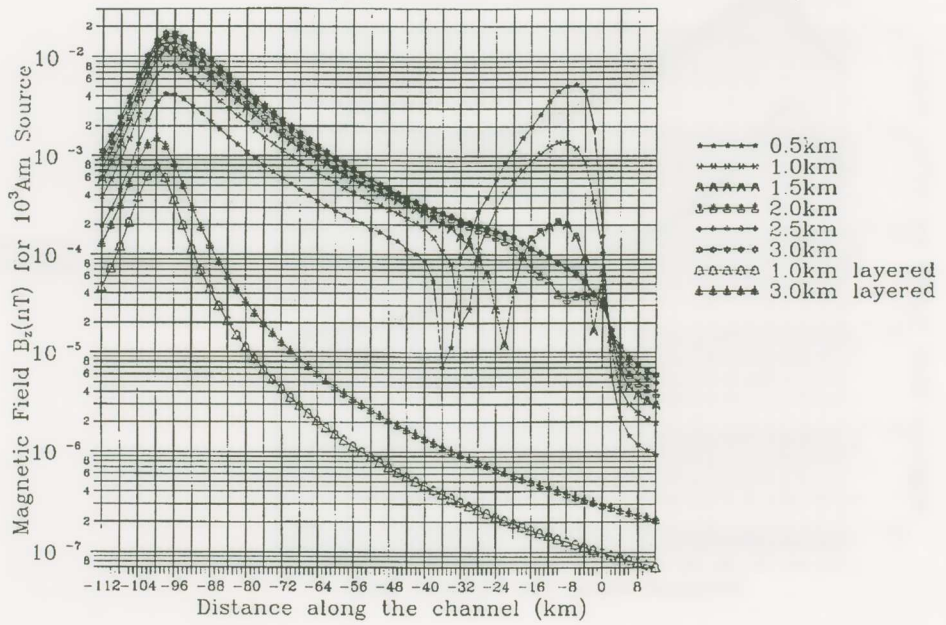


Fig. 5. Calculated values of the amplitudes of the three components B_x , case (a), B_y , case (b), B_z , case (c), on the earth's surface along and close to the channel. Different curves correspond to different values of the y-ordinate. For the sake of comparison, the results for the layered earth (and hence without the channel) are also depicted.

(b)



(c)



DISCUSSION AND CONCLUSIONS

When considering that currents emitted in the earth should follow channels of reduced resistivity, we find a number of interesting results:

The first conclusion reveals that signals emitted from a current dipole $1\text{A} \times 1\text{km}$ (at a depth of 5km) give detectable electric field values at distances of $r \approx 100\text{km}$, or so. Such electric signals are detectable on the earth's surface at certain regions *only*, which explains the *selectivity effect*, reported long ago by VAN (e.g., see *Varotsos and Lazaridou* [1991]).

A second conclusion emerging from the present calculation is that, for $M \approx 5.0 - 5.5$, the aforementioned electric signals can be observed without being accompanied by any observable variation of the magnetic field. On the other hand, when considering appreciably stronger EQs (e.g., $M \sim 6.5-7.0$), the magnetic field variations become observable ($>0.25\text{nT}$) at certain regions only, i.e., at short epicentral distances or close to the top of the conductive channel (e.g., at distances $r \sim 100\text{km}$); in the latter case, the vertical component B_z is appreciably larger than the horizontal component B_H . This feature is important, because it is quite different than what is (theoretically expected -see also Appendix II- and experimentally) observed when an artificial source emits current into the earth from distances of the order of a few km from the observation point; in other words, if magnetic field measurements show that B_z is significantly larger than B_H , this shows that the emitted signal cannot be due to a nearby artificial source. Concerning the latter point, note that once the long (measuring electric) dipoles, if they are properly installed (*Varotsos and Lazaridou* [1991]; *Varotsos et al.* [1993]), show approximately equal $\Delta V/L$ -values (cf. compatible with those of the short dipoles), the emitted signal cannot be ascribed to any nearby artificial source; the physical basis of the $\Delta V/L$ -criterion is reviewed in the Appendix I.

We should emphasize that the present results were derived on the basis of a thin sheet modelling; we think it necessary to repeat the calculation by using (other) 3D resistivity and EM modelling codes (cf. we are currently working in this direction).

The following remark should be added: the calculated values close to $(0,0,0)$ could be questioned as they correspond to sites very near the conductive sheet (cf. we could overcome this, e.g., either by assuming that the thickness of the channel becomes less as we approach the measuring site*, or by increasing the depth of the top of the channel). We clarify however, that the aim of the present calculation is just to explain the correct order of magnitude of the electric field values, and also to show the general feature of the selectivity phenomenon.

The order of magnitude could be alternatively (i.e., without relying, as above, on any numerical solution of Maxwell equations) explained as follows. We first recall that laboratory experiments indicate that the current density emitted from the focal area (which have linear dimensions of, at least, a few km) is $\sim 10^{-5}\text{A/m}^2$ (or more). Second, field experiments show that the electric field values measured on the earth's surface, at $r \approx 100\text{km}$ (for $M \sim 6.0$), are around 10mV/km , and hence the corresponding current density (at the

* The results remain the same if we decrease the thickness by a factor, e.g. 5, and simultaneously decrease the channel resistivity by the same factor (so that the conductance τ to be constant, i. e., 50S).

measuring site) is around 10^{-7} to 10^{-8} A/m² (if we assume local resistivities of $10^2\Omega\text{m}$ to $10^3\Omega\text{m}$ respectively). In other words, what we must explain is a decrease of the current density, by 2-3 orders of magnitude, from the focal area to the measuring site; towards this scope, we may think as follows: Assume a conductive cylinder (ρ_c), with radius R and infinite length, which is embedded in a more resistive medium (ρ_0); if we consider an emitting current dipole (inside the cylinder and) along the cylinder axis (x), we can analytically calculate the electric field along that axis, at various distances r (see Appendix III). We then find that the value of E_x (inside the cylinder) decreases by three orders of magnitude (for a resistivity contrast $\rho_c/\rho_0 \sim 10/4000$) when increasing the distance from $r_1/R \approx 20$ to $r_2/R \approx 400$, or so (e.g., from $r_1 \approx 5\text{km}$ to $r_2 \approx 100\text{km}$, if $R=250\text{m}$). As the electric field E_x inside (in) the cylinder, is equal to that just outside (out) it, i.e., $E_x^{\text{in}} = E_x^{\text{out}}$, it reflects that $j_x^{\text{in}}/j_x^{\text{out}} \approx \rho_0/\rho_c \approx 4000/10$, at $r \approx r_2$, if the cylinder has an infinite length. If we assume, however, that the conductive cylinder terminates at $r=r_2$, we then expect a current density (to have an absolute value) of the order of $|j_x^{\text{in}}|$ at some points ($r \leq r_2$), within the host medium, lying close to the outcrop. Therefore, if the measuring site lies near the outcrop, the corresponding electric field $|E^{\text{out}}|$ should be of the order of $\rho_0 \times 10^{-3} x_j(r=r_1)$, which leads to measurable electric field values.

APPENDIX I. THE PHYSICAL BASIS OF THE $\Delta V/L$ -CRITERION. DISCRIMINATION OF TRUE SES FROM ARTIFICIAL SIGNALS WHEN USING A COMBINATION OF SHORT AND LONG DIPOLES.

VAN published four criteria according to which true SES can be discriminated from magnetotelluric (MT) variations and from anthropogenic disturbances (*Varotsos and Lazaridou* [1991]) (see *Nagao et al.* [1996] for a correct application of the four VAN criteria). The correct application of these criteria requires the simultaneous operation of short electric dipoles (e.g., with lengths L lying between 50 m and 200 m) and long dipoles (e.g., with $L \approx$ a few km to several km). As a general rule, we can state that **only** if the sites of the long dipoles are *properly* selected, with respect to the artificial sources (e.g., see Fig. 12 of *Varotsos and Lazaridou* [1991] or Appendix II and sections 3.2 and 3.3 of *Varotsos et al.* [1993]), can we achieve an easy discrimination of true SES from artificial signals emitted from distances up to several kilometers. Below we shall review the physical basis of the $\Delta V/L$ -criterion when long dipoles and short dipoles are simultaneously operating.

Consider a short (measuring) dipole AB (e.g., $L=50\text{m}$) and a long (measuring) dipole AF (e.g., $L=5\text{km}$) which lie on a straight line; although we assume here, for simplicity, that these dipoles have a common electrode A, this never occurs in practice, because we use independent neighbouring electrodes in order to avoid the simultaneous appearance of electrochemical noise, e.g., due to rain. We designate with ρ the distance of a (point) noise source from the *measuring* site (which, by definition, is the site of the short dipoles' deployment), while φ denotes the angle between the position vector of the noise and the direction of the measuring dipoles. If the noise source is an emitting current

(point) dipole (grounded on the earth's surface), θ denotes the angle between its dipole moment and the measuring dipoles (see Fig. AI.1). In the following we assume that the two measuring dipoles and the noise source lie on a straight line, i.e., $\varphi=0$ or $\varphi=180^\circ$. These two cases are separately discussed.

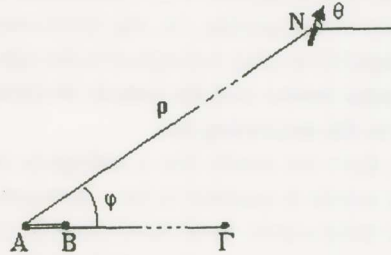


Fig. AI.1. Definition of angles φ and θ (and the distance ρ of the emitting dipole from the measuring site) when using a long dipole $A\Gamma$ and a short dipole AB .

The calculations (static as we are in the near field approximation for $f \sim 10^{-3}\text{Hz}$) were performed by using the method of image charges. The series of image charges contributions was summed up numerically so as to obtain an accuracy of 1ppm. The results of the present calculation were compared to the results obtained by the Berkeley program (Hoversten and Becker [1995]) and showed a discrepancy of approximately 100ppm. This small discrepancy is due to the fact that the Berkeley program calculates the fields for $f=10^{-3}\text{Hz}$ -and not for the steady-state- and to the integration algorithm that has to be used in order to calculate ΔV from the electric fields that are obtained from Berkeley's program.

As it is well known (Zhdanov and Keller [1994]), a source at the surface of a two layer Earth causes a series of image charges sited at an one-dimensional lattice with lattice constant $2d$, where d is the depth of the surface layer, along the vertical line going through the source and with magnitudes diminishing according to the geometric progression K_{0s}^n , where n is the distance of the image charge from the source measured at lattice constants and $K_{0s} = (\rho_0 - \rho_s) / (\rho_0 + \rho_s)$. Thus, the electric potential for a monopole source of current I is

$$\varphi_m(\mathbf{x}) = (\rho_s I / 2\pi) (1/|\mathbf{x}|) + \text{Image sources contributions}$$

and for a point dipole current source \mathbf{II} , $|\mathbf{II}| = I l$

$$\varphi_d(\mathbf{x}) = (\rho_s / 2\pi) (\mathbf{II} \cdot \mathbf{x} / |\mathbf{x}|^3) + \text{Image dipoles contributions}$$

The $\Delta V/L$ -value for the long measuring dipole $A\Gamma$, for example, is just $\{\varphi(A) - \varphi(\Gamma)\} / L$, where L is the length ($A\Gamma$). In all the calculations of this Appendix we shall assume $I=1\text{A}$ and $l=1\text{m}$ (instead of $l=1\text{km}$ used in the main text). The calculation is made in each case: (i) either by representing the earth with a half-space, having resistivity $\rho_0 = 4 \times 10^3 \Omega\text{m}$, or (ii) with a two (horizontally) layered earth having a surface layer (thickness $\sim 50\text{m}$) with

resistivity $\rho_s=200\Omega\text{m}$ (and/or $10\Omega\text{m}$ depending on the case) and a lower layer with $\rho_0=4\times 10^3\Omega\text{m}$.

The following three quantities are plotted in each figure: the $\Delta V/L$ -values recorded by the short dipole ($L=50\text{m}$) and the long dipole ($L=5\text{km}$), as well as their ratio, i.e., “ $\Delta V/L$ of the long dipole” / “($\Delta V/L$ of the short dipole)”; the latter quantity, for reasons of brevity, will be labelled “*Ratio (Long/Short)*” and is depicted with a continuous line (it corresponds to the left vertical scale). The former two quantities, i.e., the $\Delta V/L$ -values, are depicted with a dotted line and broken line respectively (they correspond to the right vertical scale).

Case A ($\varphi=0^\circ$). The noise source and the remote electrode of the long dipole lie on the same side in respect to the measuring site.

Figs. AI.2a and AI.3a show the results (for a half-space and the two-layer model respectively) when the noise source is assumed to be a monopole, while Figs. AI.4a and AI.5a correspond to a dipole noise source. In all these cases the results show, as expected, that at large distances [when compared to the length ($A\Gamma$) of the long dipole, i.e., $\rho \gg (A\Gamma)$], the “ratio (Long/Short)” is around unity; as we move from $+\infty$ to the measuring site and approach the site of the remote electrode Γ , the “ratio (Long/Short)” increases at values significantly larger than unity (cf. this is one of the cases recommended by Varotsos and Lazaridou [1991] for an easy recognition of the noise, see their Fig. 12c); for example, at distances two times larger than the (long) dipole length, i.e., $\rho \sim 2(A\Gamma)$, the “ratio (Long/Short)” reaches the value ~ 2 for a monopole and ~ 3 for a dipole noise source. Note that these values hold irrespective of whether we consider half-space or a two-layer model (in the latter case, if we consider that the upper layer resistivity is very low, i.e., $\rho_s \approx 10\Omega\text{m}$, the ratio under discussion still remains large, i.e., ~ 2 , when $\rho \sim 2(A\Gamma)$, for a dipole emitting source; see Fig. AI.6a).

At shorter distances from the measuring site, i.e., $\rho < (A\Gamma)$, Figs. AI.4a and AI.5a show that (for a dipole emitting source) the “ratio (Long/Short)” takes negative values, thus leading to an even easier recognition of the noise source; at these distances, but for a monopole noise source, the ratio is appreciably larger than unity, when it lies at small distances from the remote electrode Γ , and becomes negative when $\rho < (A\Gamma)/2$. Thus, we see that, in any case (i.e., irrespective if the noise comes from a monopole or a dipole current emitting source N), the “ratio (Long/Short)” is negative provided that $\rho < (A\Gamma)/2$, i.e., the remote electrode Γ is installed so that for the noise source to lie closer to the measuring site (than the remote electrode Γ); this is the case (II) recommended in Fig. 22 by Varotsos et al. [1993a] (or in Fig. 12a,b by Varotsos and Lazaridou [1991]) for an easy recognition of the noise.

The aforementioned figures AI.4a, AI.5a and AI.6a show the results when the dipole moment is parallel to the measuring (long and short) dipoles, i.e., $\theta=0$. The study was extended (for the half-space with $\rho_0=4\times 10^3\Omega\text{m}$) to various values of θ , i.e., from 0 to 180° and the results are depicted in Figs. AI.7 and AI.8, for steps every 10° (except for $\theta \sim 90^\circ$); although the $\Delta V/L$ -values change from case to case, the “ratio (Long/Short)” retains exactly the same behaviour as in Fig. AI.4a (or AI.5a); for example, note that this ratio is around 3 when $\rho \sim 2(A\Gamma)$, or around 2 when $\rho \sim 3(A\Gamma)$ (cf. both $\Delta V/L$ -values, for the short and long dipole, are positive for $\theta < 90^\circ$ and negative for $\theta > 90^\circ$).

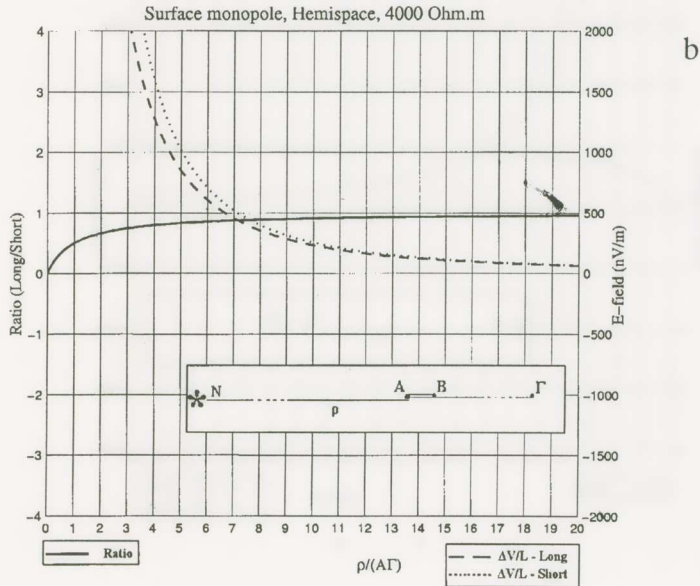
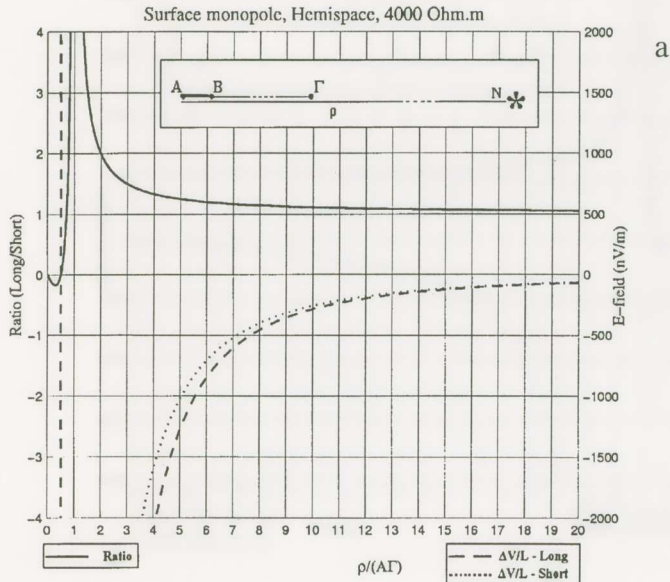
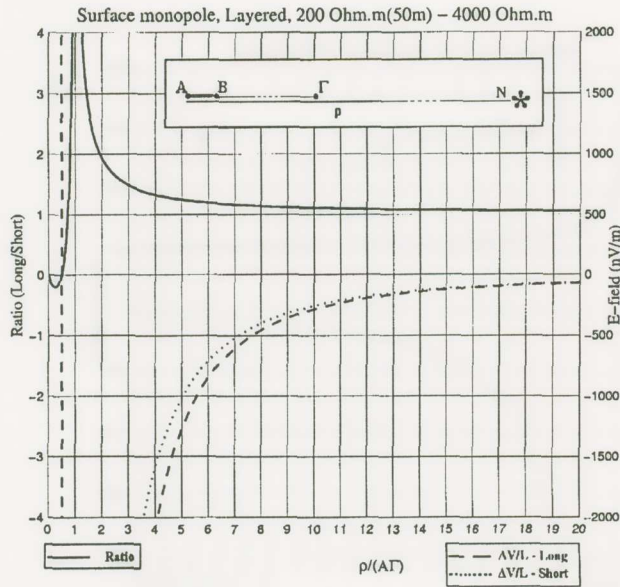
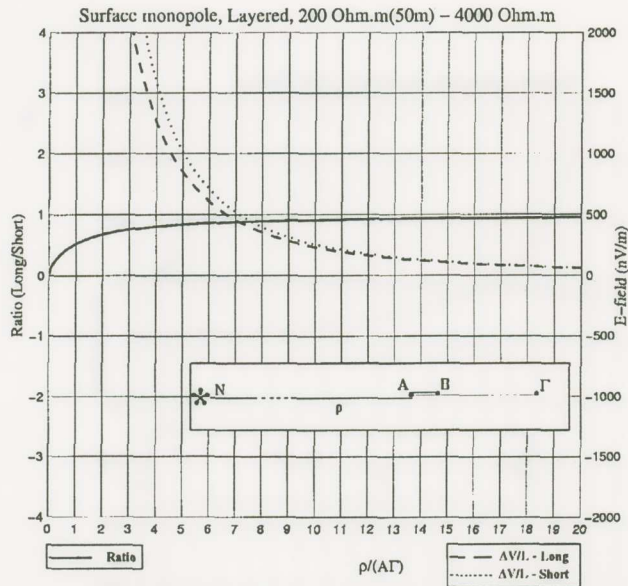


Fig. A1.2. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole 5km (cf. asymmetric dipoles) at various (reduced) distances from an emitting (surface) source. The calculation was made for a monopole source and a half-space ($\rho_0=4 \times 10^3 \Omega \text{m}$); a: $\varphi=0$; b: $\varphi=180^\circ$.

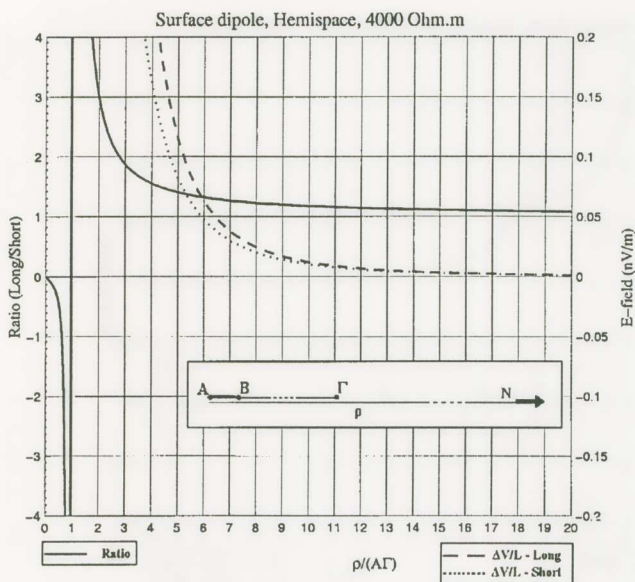


a

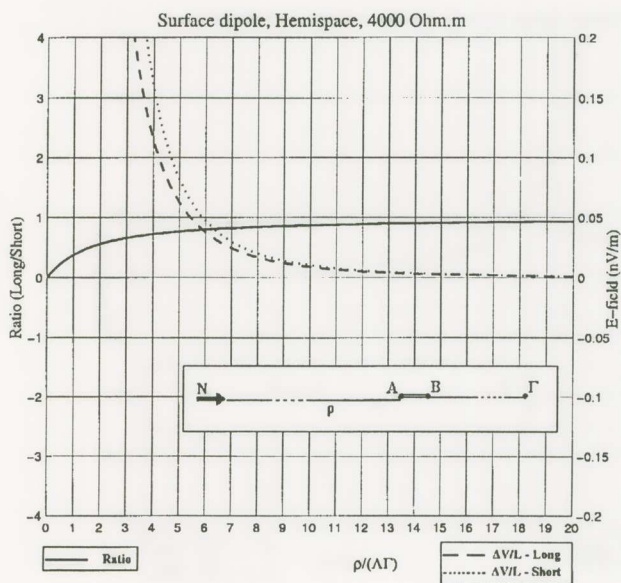


b

Fig. A1.3. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole 5km (cf. asymmetric dipoles) at various (reduced) distances from an emitting (surface) source. The calculation was made for a monopole source and a two layer earth ($\rho_S=200\Omega m$); a: $\varphi=0$; b: $\varphi=180^\circ$.

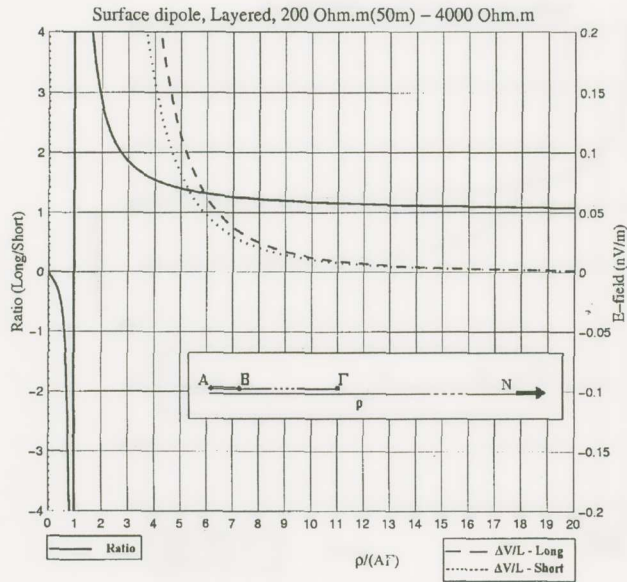


a

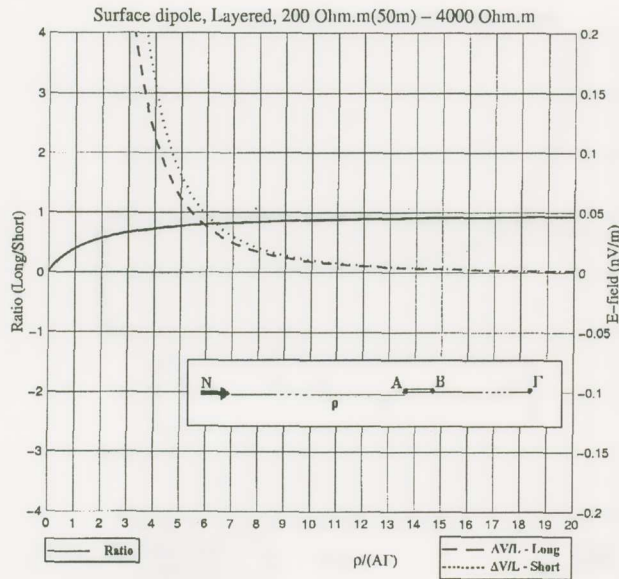


b

Fig. AI.4. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole 5km (cf. asymmetric dipoles) at various (reduced) distances from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a half-space ($\rho_0=4 \times 10^3 \Omega \cdot m$); a: $\varphi=0$; b: $\varphi=180^\circ$.

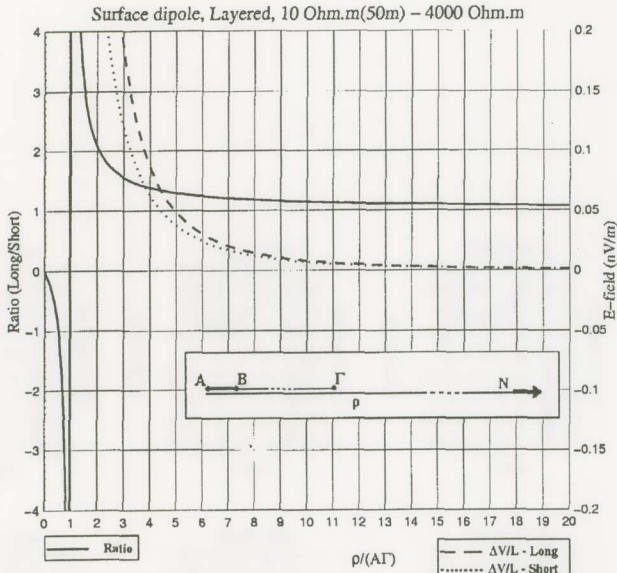


a

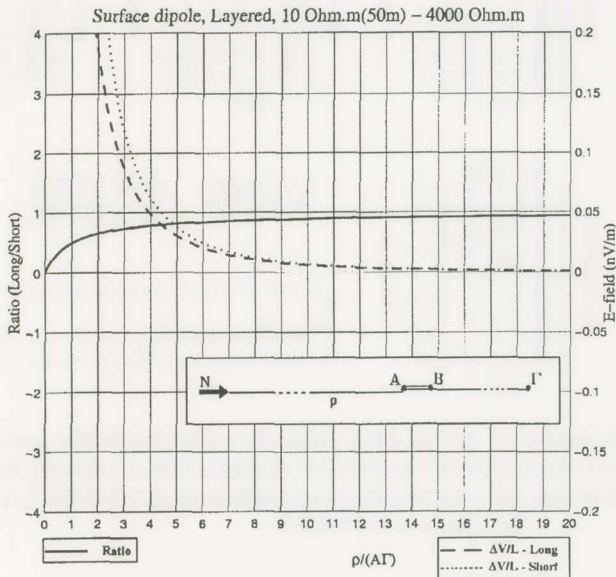


b

Fig. AI.5. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole 5km (cf. asymmetric dipoles) at various (reduced) distances from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a two layer-earth ($\rho_3=200\Omega m$); a: $\varphi=0^\circ$; b: $\varphi=180^\circ$.



a



b

Fig. A1.6. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole 5km (cf. asymmetric dipoles) at various (reduced) distances from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a two layer-earth ($\rho_S=10\Omega m$); a: $\varphi=0$; b: $\varphi=180^\circ$.

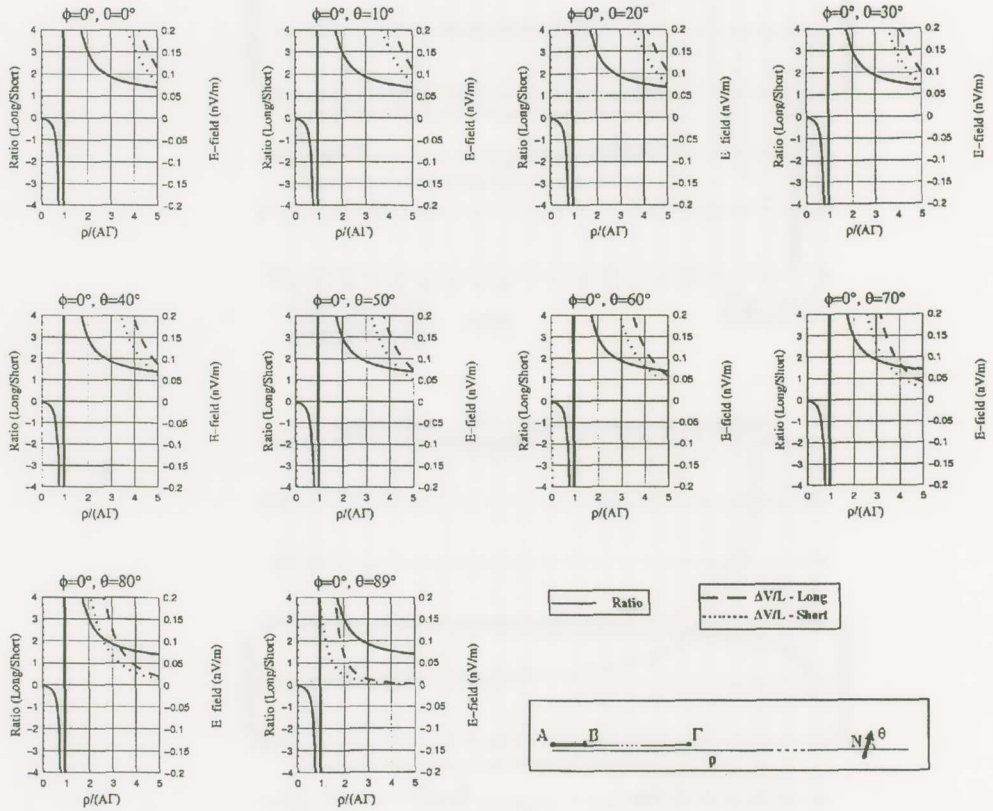


Fig. AI.7. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole 5km (cf. asymmetric dipoles) at various (reduced) distances from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a half-space ($\epsilon_0=4\pi \times 10^3 \Omega m$); $\phi=0$, but for various θ , i.e., $\theta=0-90^\circ$.

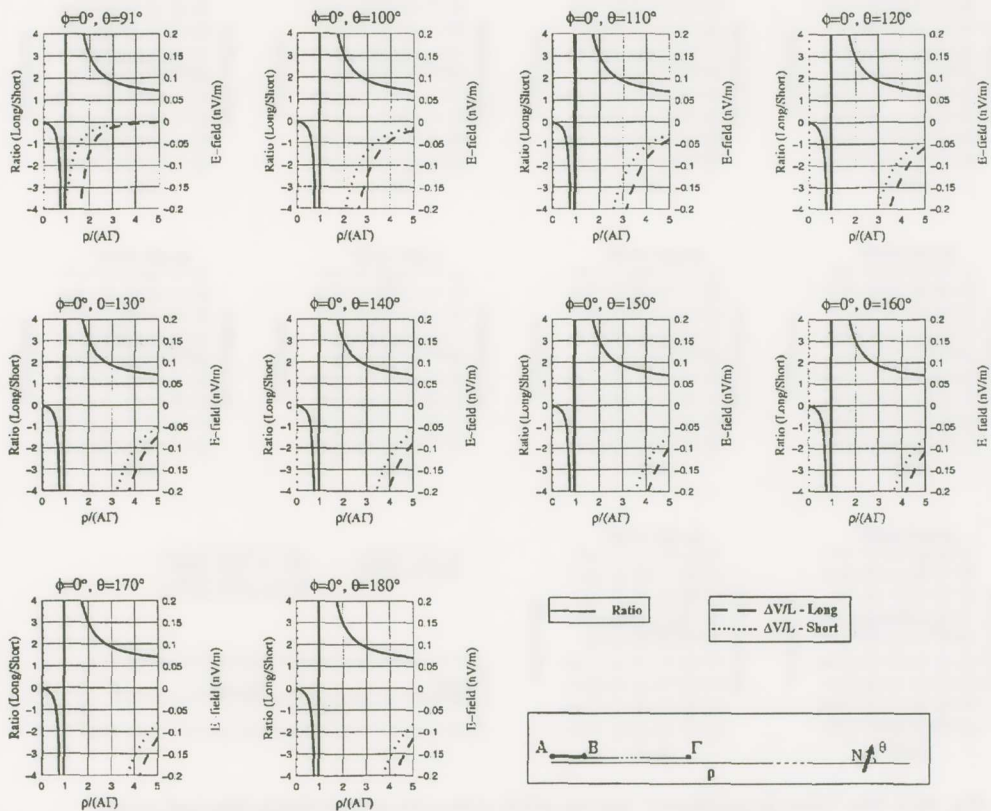


Fig. AI.8. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole 5km (cf. asymmetric dipoles) at various (reduced) distances from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a half-space ($\rho_0=4 \times 10^3 \Omega m$); $\phi=0$, but for various θ , i.e., $\theta=90^\circ-180^\circ$.

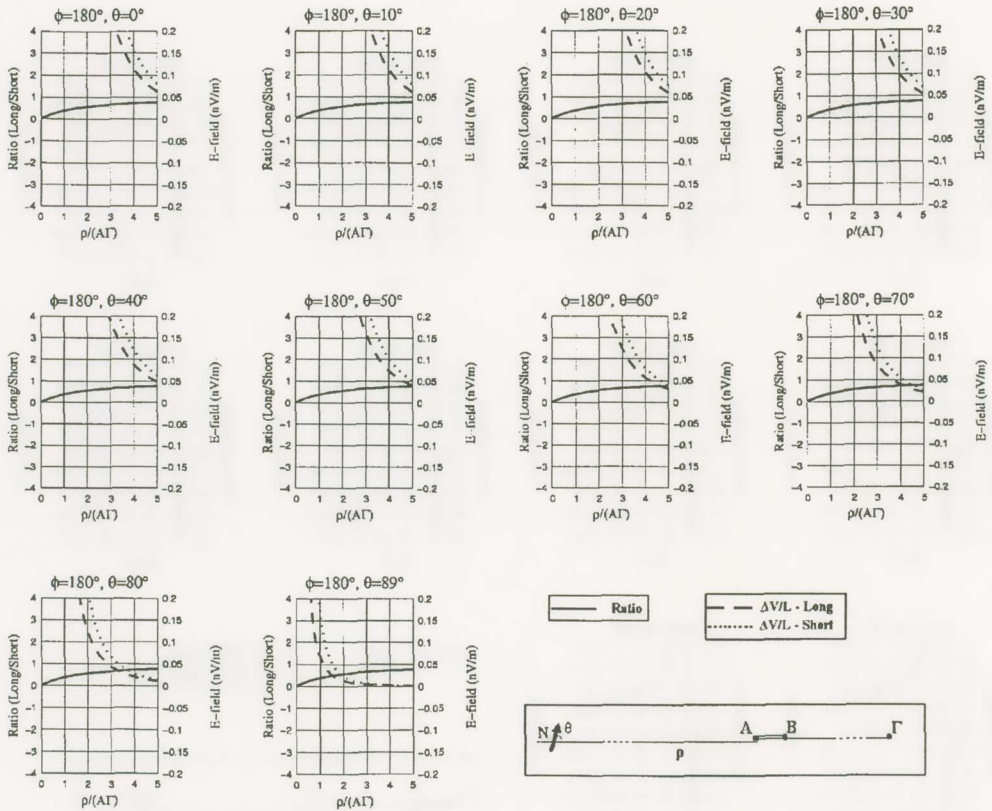


Fig. AI.9. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole 5km (cf. asymmetric dipoles) at various (reduced) distances from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a half-space ($\epsilon_0 = 4 \times 10^3 \Omega \text{m}$); $\phi = 180^\circ$, but for various θ , i.e., $\theta = 0-90^\circ$.

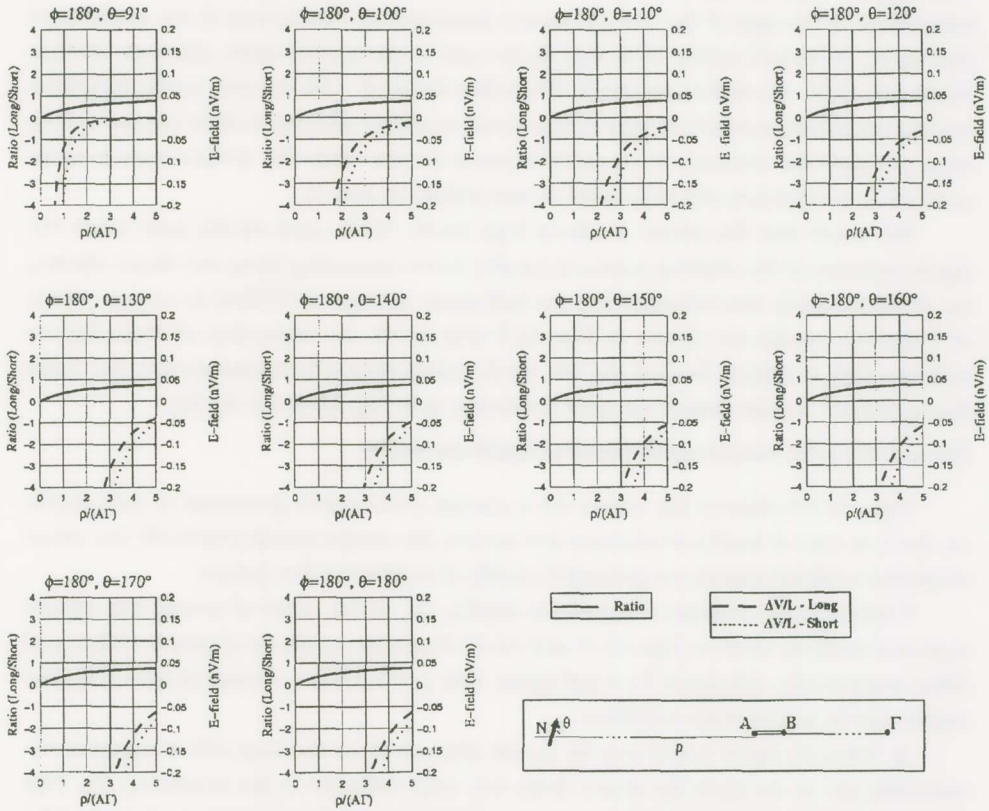


Fig. AI.10. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole 5km (cf. asymmetric dipoles) at various (reduced) distances from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a half-space ($\rho_0=4 \times 10^3 \Omega m$); $\phi=180^\circ$, but for various θ , i.e., $\theta=90^\circ-180^\circ$.

Case B ($\varphi=180^\circ$). The noise source lies at the other side, in respect to the measuring site, from the remote electrode of the long dipole

Figs. AI.2b and AI.3b refer to a monopole source, while Figs. AI.4b and AI.5b (and AI.6b) to a dipole source. In all cases the “ratio (Long/Short)” approaches unity, as expected, at large distances [i.e., $\varrho \gg (\Lambda\Gamma)$]; although this ratio never becomes negative, it becomes markedly smaller than unity when the emitting source approaches the measuring site, e.g., $\varrho \sim 2(\Lambda\Gamma)$, and hence the noise becomes easily recognisable. This holds irrespective of the type of the current source (monopole or dipole) and of the model used (half-space or layered earth). Note that, in the case of the layered earth, although -in Figs. AI.5b and AI.6b- the surface resistivity differs by a factor of ~ 20 , the ratio under discussion remains practically constant at large distances and is slightly affected at short distances only; more precisely the deviation from unity becomes smaller when the surface layer is more conductive, a behaviour which is similar to that noticed in case A.

We recall that the above results in Figs AI.4b, AI.5b (and AI.6b) hold when the dipole moment of the emitting source is parallel to the measuring (long and short) dipoles, i.e., $\theta=0$; the study was extended (for the half-space with $\varrho_0=4 \times 10^3 \Omega\text{m}$) to various values of θ and the results are shown in Figs AI.9 and AI.10. An inspection of these figures indicates that, in spite of the fact that the $\Delta V/L$ -values change from case to case, the “ratio (Long/ Short)” retains exactly the same behaviour as in Fig. AI.4b (or AI.5b).

The case of a point current dipole buried at significant depths

Figs. AI.4-6 showed the results for a current point dipole grounded at zero depth, i.e., $h=0$; in case of depths of around a few meters, the results remain practically the same; recall that artificial sources are grounded usually at depths of a few meters.

Current dipole sources at significant depths, i.e., of the order of several km, cannot represent artificial sources; Figs AI.11 and AI.12 depict the results for depths $h=10\text{km}$ and 30km respectively, calculated for a half-space with $\varrho_0=4 \times 10^3 \Omega\text{m}$. At such depths only, the results can be summarized as follows:

a) *When the dipole source and the remote electrode lie on the same side in respect to the measuring site:* as we move the source from very large distances to the measuring site, Figs AI.11a and AI.12a indicate that the “ratio (Long/Short)” remains continuously close to unity (but >1) only up to a point, the distance of which, from the remote electrode Γ becomes roughly equal with the dipole depth; at shorter distances, this ratio starts to decrease drastically and then follows the complicated behaviour depicted in Figs AI.11a and AI.12a.

b) *When the dipole source and the remote electrode lie on different sides in respect to the measuring site:* as we move from large distances to the measuring site, the ratio (Long/Short) remains continuously close to unity (but <1) only up to a point, having $\varrho \approx h$ (see Figs. AI.11b and AI.12b); at shorter distances, this ratio starts to drastically increase following the complicated behaviour depicted in Figs. AI.11b and AI.12b.

Note that for smaller depths, i.e., $h=5\text{km}$ (which is comparable with the length of the measuring long dipole), the above behaviour is slightly different, as shown in

Figs AI.11c and AI.11d.

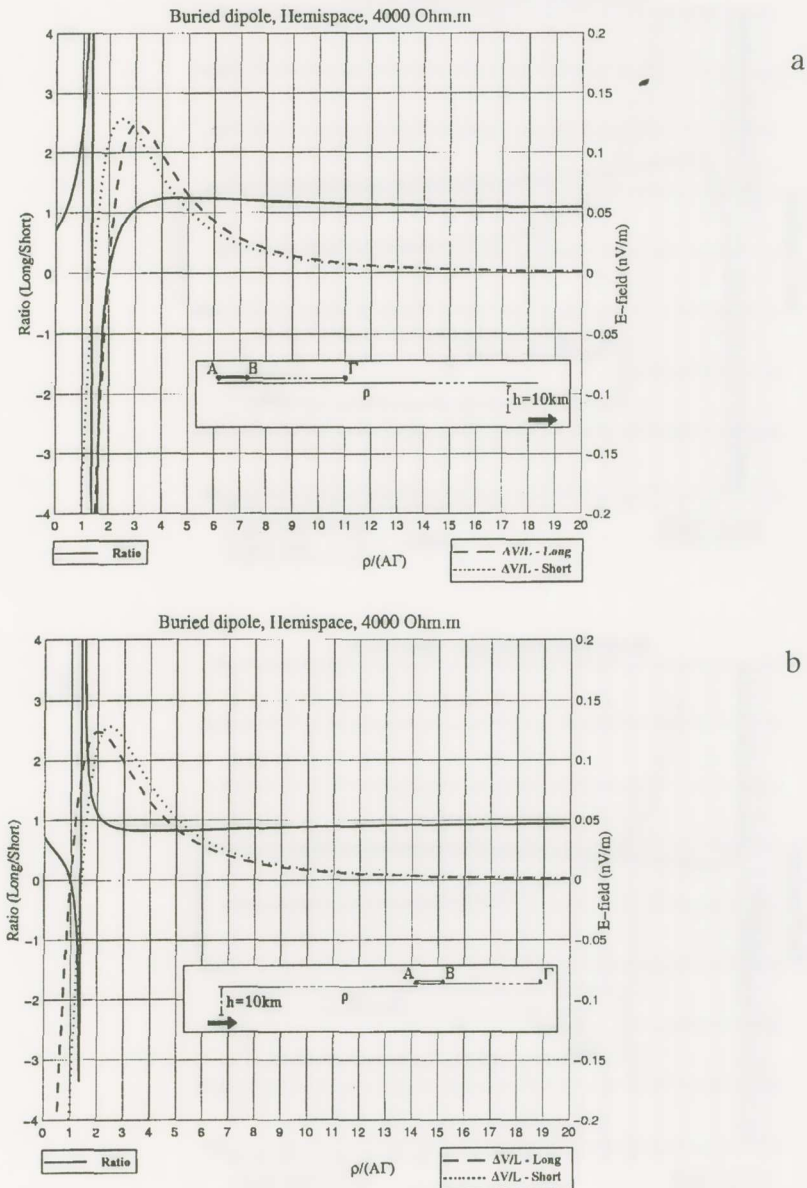
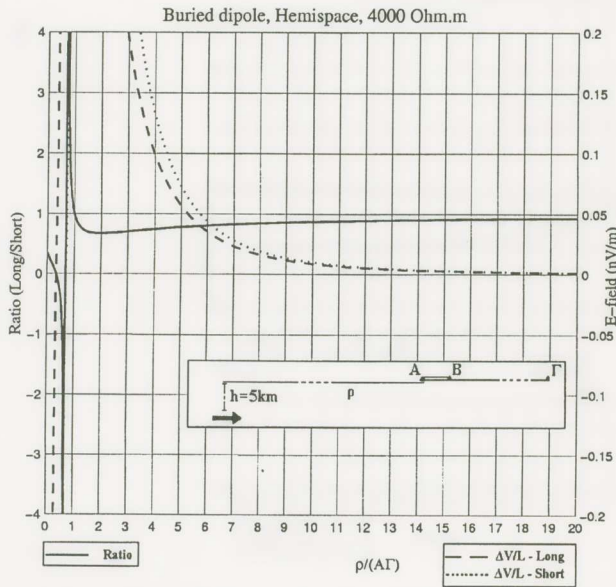
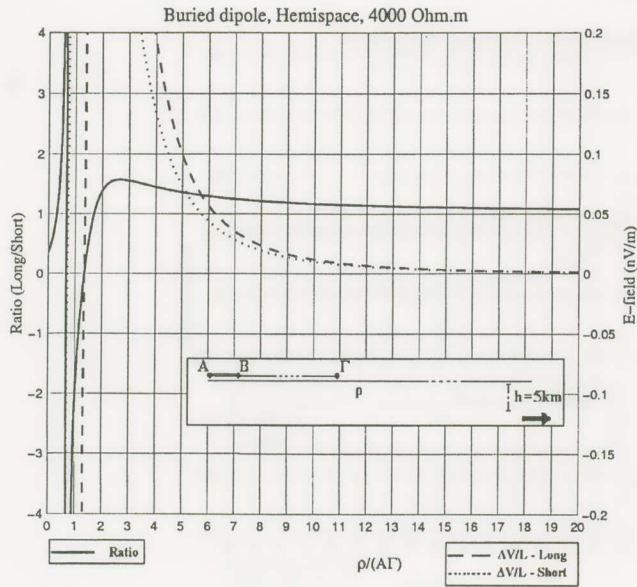


Fig. AI.11. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole 5km (cf. asymmetric dipoles) at various (reduced) distances from an emitting source. The calculation was made for a buried ($h=10\text{km}$) current dipole and a half-space ($\rho_0=4 \times 10^3 \Omega\text{m}$); a: $\varphi=0$; b: $\varphi=180^\circ$. For the sake of comparison, the calculation was repeated for a smaller depth $h=5\text{km}$ (c: $\varphi=0$; d: $\varphi=180^\circ$).



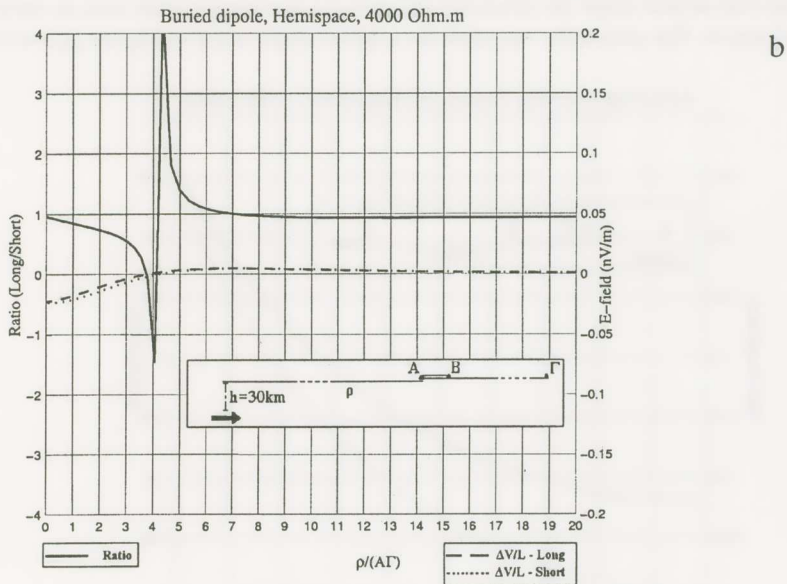
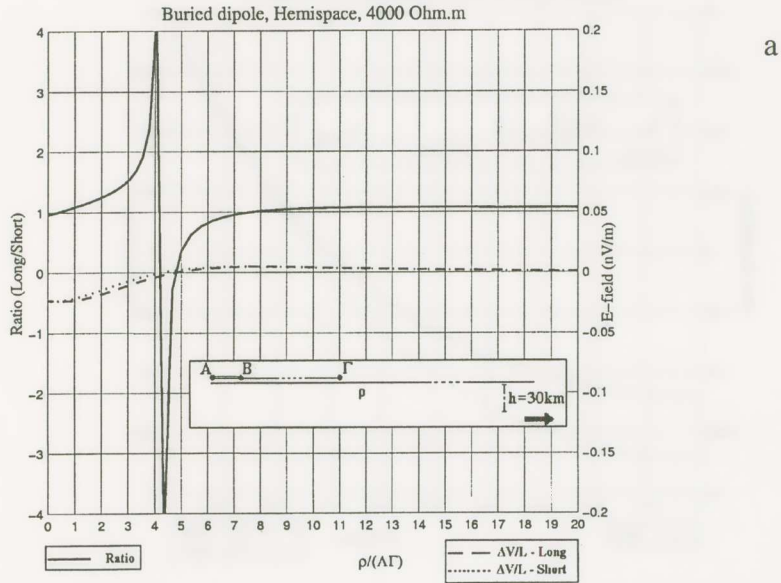


Fig. AI.12. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole 5km (cf. asymmetric dipoles) at various (reduced) distances from an emitting (surface) source. The calculation was made for a buried ($h=30\text{km}$) current dipole and a half-space ($\rho_0=4 \times 10^3 \Omega\text{m}$); a: $\varphi=0$; b: $\varphi=180^\circ$.

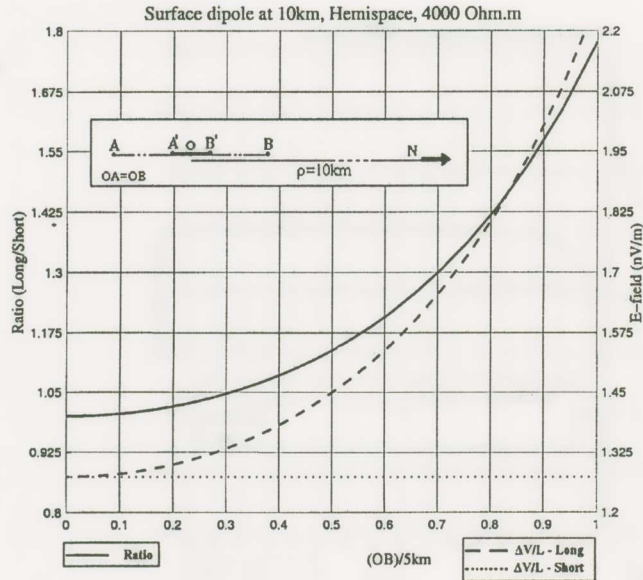


Fig. AI.13. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole with variable length (cf. symmetric dipoles) at a distance $\rho=10\text{km}$ from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a half-space ($\rho_0=4 \times 10^3 \Omega\text{m}$).

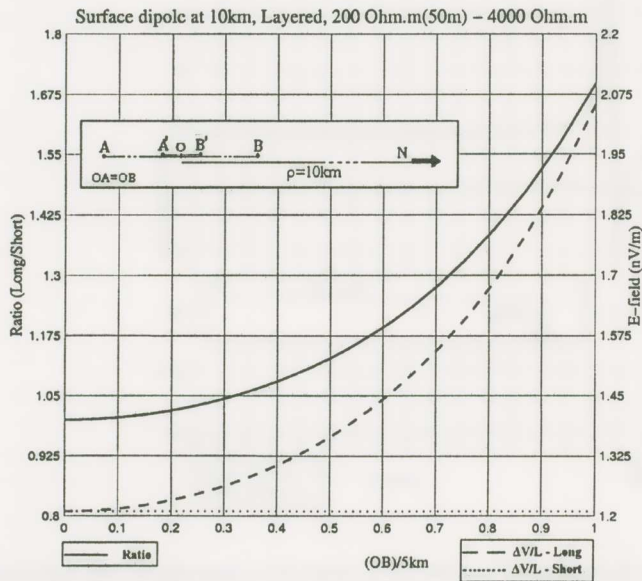


Fig. AI.14. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole with variable length (cf. symmetric dipoles) at a distance $\rho=10\text{km}$ from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a two layer-earth ($\rho_s=200\Omega\text{m}$).

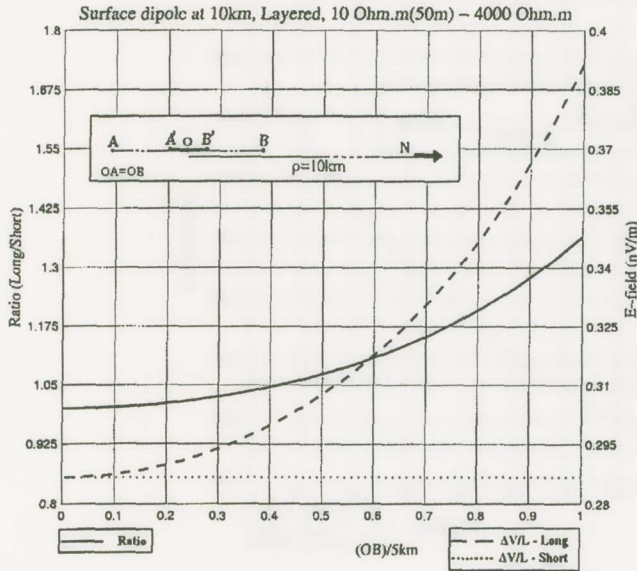


Fig. AI.15. The “ratio (Long/Short)” and the ΔV/L-values for a short dipole 50m and a long dipole with variable length (cf. symmetric dipoles) at a distance $\rho=10\text{km}$ from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a two layer-earth ($\rho_s=10\Omega\text{m}$).

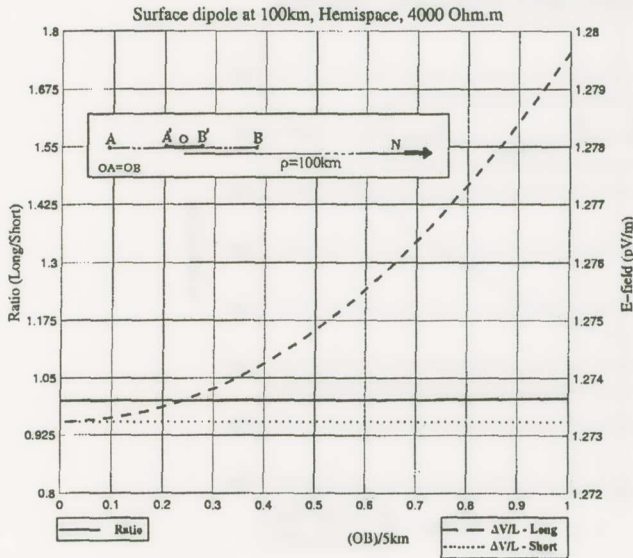


Fig. AI.16. The “ratio (Long/Short)” and the ΔV/L-values for a short dipole 50m and a long dipole with variable length (cf. symmetric dipoles) at a distance $\rho=100\text{km}$ from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a half-space ($\rho_0=4\times 10^3\Omega\text{m}$).

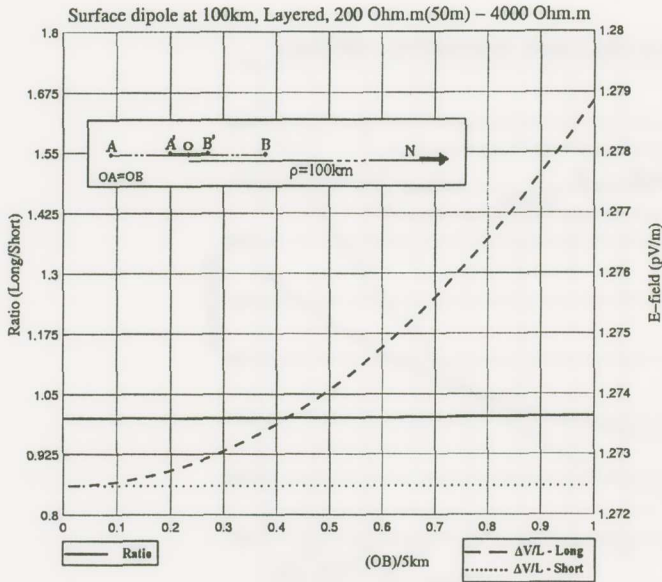


Fig. AI.17. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole with variable length (cf. symmetric dipoles) at a distance $\rho = 100\text{km}$ from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a two layer-earth ($Q_S = 200\Omega\text{m}$).

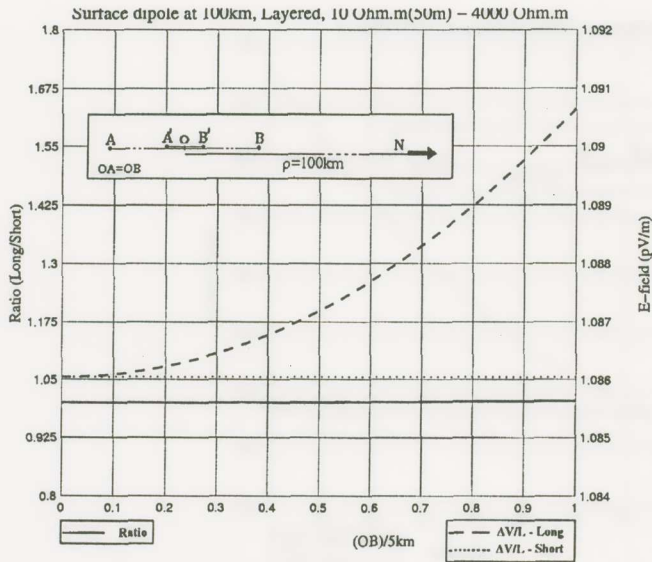
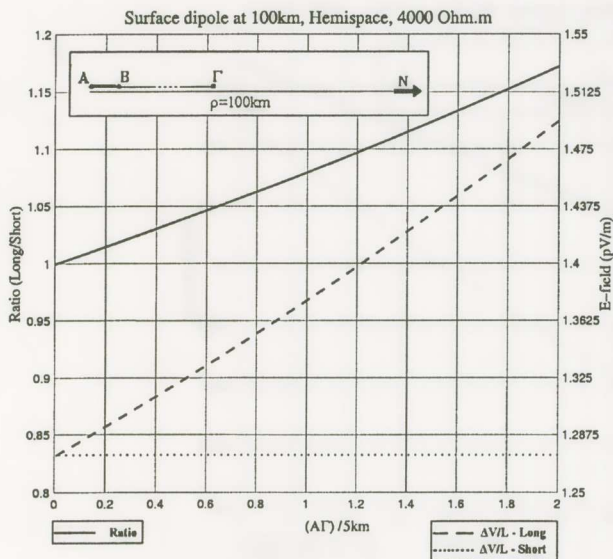
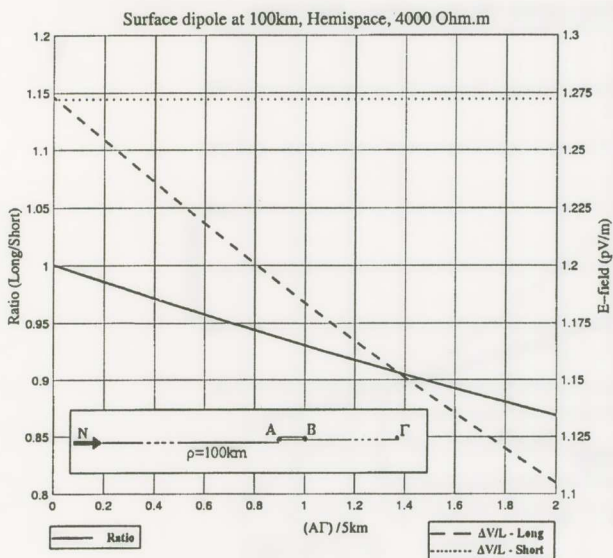


Fig. AI.18. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole with variable length (cf. symmetric dipoles) at a distance $\rho = 100\text{km}$ from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a two layer-earth ($Q_S = 10\Omega\text{m}$).

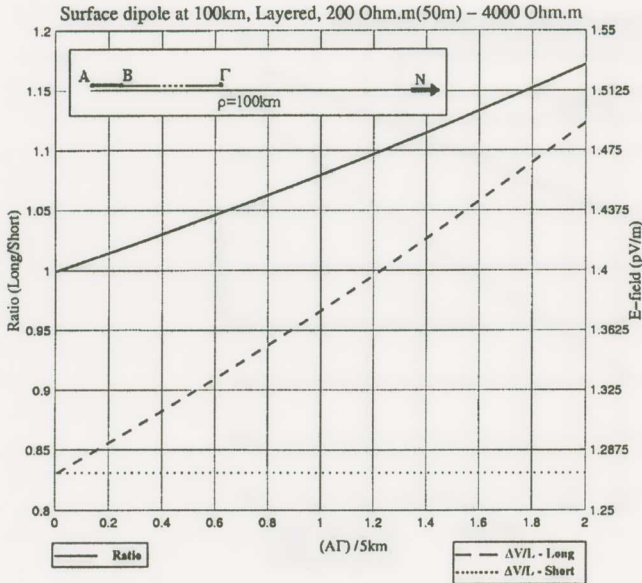


a

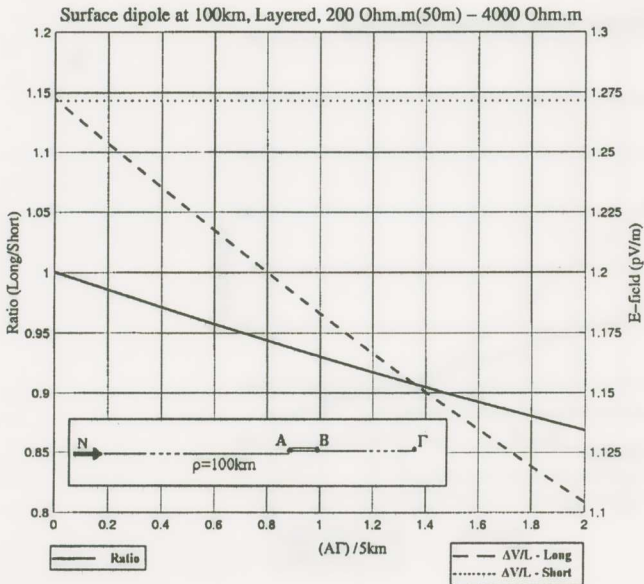


b

Fig. AI.19. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole with variable length (cf. asymmetric dipoles) at a distance $\rho=100\text{km}$ from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a half-space ($\rho_0=4 \times 10^3 \Omega\text{m}$):
a: $\varphi=0^\circ$; b: $\varphi=180^\circ$.

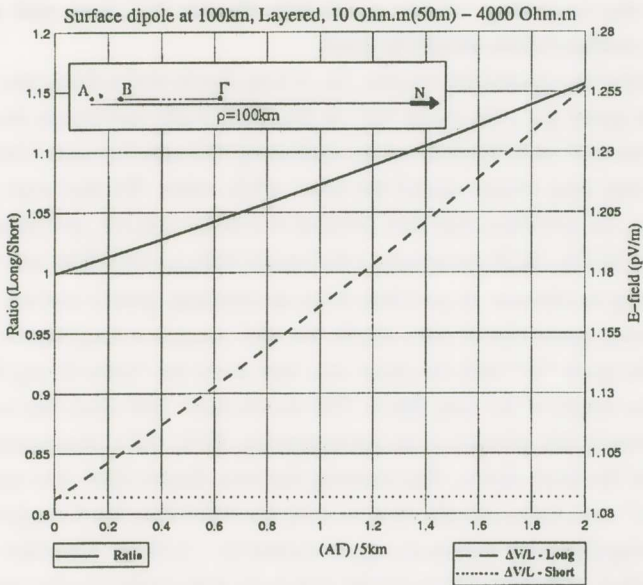


a

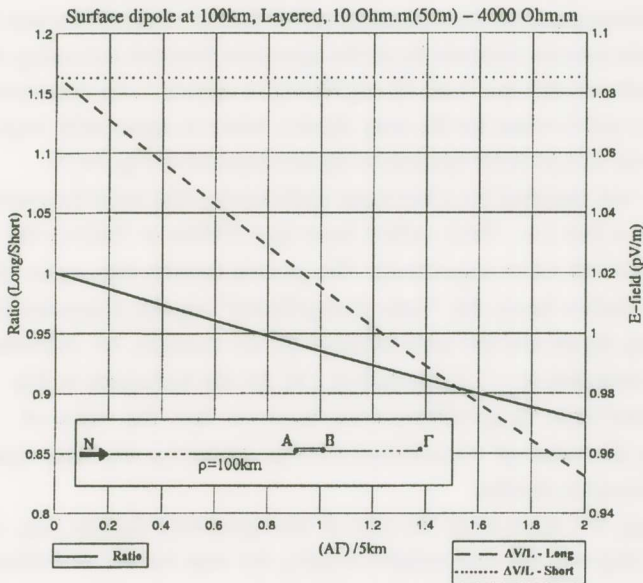


b

Fig. AI.20. The “ratio (Long/Short)” and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole with variable length (cf. asymmetric dipoles) at a distance $\rho=100km$ from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a two layer-earth ($\rho_s=200\Omega m$): a: $\varphi=0^\circ$; b: $\varphi=180^\circ$.



a



b

Fig. AI.21. The "ratio (Long/Short)" and the $\Delta V/L$ -values for a short dipole 50m and a long dipole with variable length (cf. asymmetric dipoles) at a distance $\rho=100\text{km}$ from an emitting (surface) source. The calculation was made for a dipole source and a two layer-earth ($\rho_s=10\Omega\text{m}$): a: $\varphi=0$; b: $\varphi=180^\circ$.

**Comparison of the recordings of two symmetric dipoles (i.e., long and short).
Why the asymmetric configuration should be used.**

Let us now consider two symmetric dipoles, i.e., a long dipole and a short one, which have the same middle point (i.e., the point "O" in Figs AI.13-18) and lie on the same straight line; VAN never used such dipoles, but we shall study this case, because it has been erroneously reported that they always record the same $\Delta V/L$ -value. We first start with a relatively small distance, i.e., $\varrho \approx 10\text{km}$, and then proceed to a larger one, i.e., $\varrho \approx 100\text{km}$.

Case of $\varrho \approx 10\text{km}$: In Fig. AI.13 we assume a half-space with $\varrho_0 = 4 \times 10^3 \Omega\text{m}$ and a short dipole (A'B')=50m lying at distance of $\varrho \approx 10\text{km}$ from an emitting (point) current dipole (noise) source ($I=1\text{Am}$), grounded at zero depth; we also assume a long dipole (AB), having the same middle point "O" with the short one, and study the "ratio (Long/Short)" for various values of the length of the long dipole. The results show that when this length is very small, in comparison to the distance ϱ , its corresponding $\Delta V/L$ -value almost coincides (as expected) to that of the short dipole, thus showing the true electric field. For example, the "ratio (Long/Short)" remains practically close to unity for $AB \approx 1\text{km}$, but for appreciably larger lengths (of the long dipole), it increases, e.g., it reaches to ~ 1.15 for $AB \approx 5\text{km}$ and to ~ 1.42 for $AB \approx 8\text{km}$. Note that these values (of the ratio) are appreciably smaller when we compare them to the corresponding case of the asymmetric dipoles (cf. with the same lengths and the same distance ϱ from the measuring site) if they are located in a way so that the dipole source and the remote electrode lie on the same side from the measuring site; for example, Fig. AI.4a indicates that the "ratio (Long/Short)" is around 3, for the asymmetric dipoles (cf. for $\varrho \approx 10\text{km}$ and $L=5\text{km}$ for the long dipole), which is appreciably larger than the aforementioned value of 1.15 of the symmetric dipoles depicted in Fig. AI.13.

The above study was repeated for a two-layer earth having (the same basement with $\varrho_0 = 4 \times 10^3 \Omega\text{m}$ but) with a thin (i.e., 50m) surface layer ($\varrho_s = 200 \Omega\text{m}$ or $10 \Omega\text{m}$); the results are shown in Figs. AI.14 and AI.15 respectively. The general trend is that, upon adding a more conductive thin surface layer, the "ratio (Long/Short)" slightly decreases (for the same length of the long dipole and the same distance ϱ); for example, for $AB \approx 8\text{km}$, the "ratio (Long/Short)" decreases to ~ 1.2 (instead of 1.42 for the half-space in Fig. AI.13) when adding the surface layer of $\varrho_s \approx 10 \Omega\text{m}$; note, however that, this value of ~ 1.2 is markedly smaller than the value of ~ 2 obtained (in Fig. AI.6a) for the same resistivity structure, but with asymmetric dipoles.

Case of $\varrho \approx 100\text{km}$: We again study the case of two symmetric dipoles (e.g., a short one A'B'=50m and a long one AB with variable length), but now located at a distance of $\varrho \approx 100\text{km}$ from an emitting current dipole source (grounded on the earth's surface). Fig. AI.16 shows the results for a half-space with $\varrho_0 = 4 \times 10^3 \Omega\text{m}$, while Figs AI.17 and AI.18 correspond to a two-layer earth having the same basement resistivity (i.e., $4 \times 10^3 \Omega\text{m}$) but with surface layer's resistivities of $200 \Omega\text{m}$ and $10 \Omega\text{m}$ respectively. An inspection of Figs AI.16-18 shows that, for the usual length of $\sim 5\text{km}$ of the long dipole, the "ratio (Long/Short)" is around unity.

For the sake of comparison, Figs AI.19-21 study the relevant case [for the same distance $\rho \approx 100\text{km}$ from the emitting source, i.e., a short dipole with $(AB)=50\text{m}$ and a long one $(A\Gamma)$ with variable length], but for the *asymmetric* dipoles (and the same dipole lengths). By considering the usual length of the long dipole, i.e. $A\Gamma \approx 5\text{km}$, we see that the “ratio (Long/Short)” is around 1.08 (see Figs AI.19a, AI.20a and AI.21a), if the emitting source and the remote electrode lie on the same side in respect to the measuring site (cf. when they lie on different sides -see Fig. AI.19b, AI.20b and AI.21b- the ratio is smaller than unity, as expected, i.e., around 0.93); in other words, in all these cases, the deviation from unity is around $(3/2) \times (A\Gamma)/\rho$ only.

Before concluding this section, the following important point should be recalled, when considering the typical case of a two layered earth, with a (relatively) resistive basement and a (thin) surface (more) conductive layer: once the distance between the emitting (surface) dipole source and the measuring site is drastically larger than the thickness of the surface layer (cf. Appendix III.B), the electric field value is (solely or mainly, depending on the distance) governed by the resistivity of the basement (and *not* on the resistivity just beneath the measuring site). This is important in the following sense: when doing VAN measurements, artificial noise may come from distances of a few to several kilometers (when the strength of the source is appropriately large). Let us now consider (the extreme case of) $\rho \approx 10\text{km}$ and compare the right vertical scales of Figs AI.13 and AI.14; for a half-space ($\rho_0 = 4 \times 10^3 \Omega\text{m}$) the electric field value, produced by a noise source of $\sim 1\text{Am}$, is $\sim 1.3\text{nV/m}$; this value is slightly reduced to $\sim 1.2\text{nV/m}$, when considering a two layered earth (with the same basement $\rho_0 = 4 \times 10^3 \Omega\text{m}$, but) with a surface layer ($\sim 50\text{m}$ thickness) having conductivity 20 times larger than that of the basement (if $\rho_s = 10 \Omega\text{m}$, the field is reduced $\sim 0.3\text{nV/m}$, i.e., it decreases by a factor of $\sim 4-5$ only -see Fig. AI.15- although the surface layer became 400 times more conductive than the basement).

As a general conclusion of this section we may say the following: when using a combination of short dipoles ($L \sim 50\text{m}$) and long dipoles ($L \sim 5\text{km}$), there is a *substantial* difference between the two cases: (i) *symmetric* and (ii) *asymmetric* dipoles (cf. especially when considering the configurations repeatedly recommended by VAN, e.g., when the emitting *surface* source and the remote electrode lie on the same side, in respect to the measuring site, or simply when the remote electrode is installed very close to the *surface* noise source); for noise source distances of $\rho \sim 10\text{km}$, the “ratio (Long/Short)” differs drastically from unity, e.g. it is ~ 3 , for the asymmetric configuration (cf. the case of Fig. AI.4a), but only ~ 1.15 for the symmetric one; this emphasizes the *decisive role of the long dipoles* (cf. *asymmetric configuration*) in recognizing the noise emitted from nearby artificial sources. For large distances, e.g., $\rho \approx 100\text{km}$ (as in the case of SES, artificial noise cannot be detected at such distances), the “ratio (Long/Short)” slightly differs from unity and hence the $\Delta V/L$ -values either of the short dipoles or of the long ones represent the true electric field (which is mainly governed by the basement resistivity; note, however, that in the frame of the model of the SES transmission presented in this paper, the SES electric field

value also depends on the distance from the top of the channel, the conductance of the latter and, of course, on the measuring direction in respect to that of the channel, see below).

Study of the $\Delta V/L$ -values when two (almost parallel) long dipoles are operating simultaneously with a short dipole array.

We now turn to the case of two long dipoles $A\Gamma$ and $A\Gamma'$ (e.g., with lengths 2km and 5km respectively) which are simultaneously operating with a short dipole AB, e.g., 50m (all these dipoles are assumed to be collinear). In order to study the possible sites (and orientations) of an emitting noise source (monopole or dipole) that produces signals having comparable $\Delta V/L$ -values (on the aforementioned 3 dipoles), we run a Monte-Carlo simulation. The position (and the orientation) of the monopole (or dipole) source is selected randomly within a circle of radius equal to $(A\Gamma)$; the $\Delta V/L$ ratio is calculated (for each pair of dipoles) and if found to satisfy the condition (cf. for the three pairs of dipoles simultaneously):

$$|\Delta V/L \text{ ratio} - 1| < \text{tolerance}$$

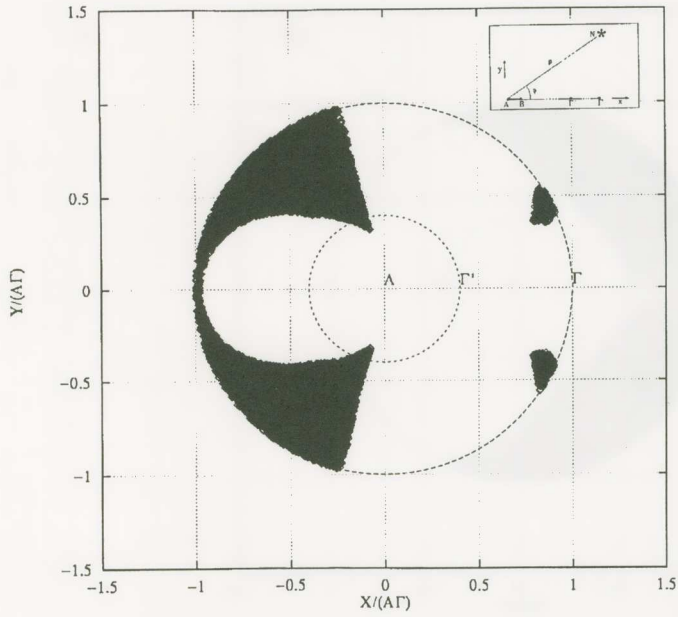
the program plots this solution on a graph, otherwise it continues with a new random selection of position (and orientation). The program ends when either 10000 solutions have been obtained or the CPU time limit (2 hours approximately in a CONVEX 3820 supercomputer) has been exceeded. In other words, in the aforementioned example, we searched for sites at which the following three inequalities were *simultaneously* satisfied:

$$\begin{aligned} &|\text{ratio (Long/Short)}-1| < \text{tolerance, when } (A\Gamma)=5\text{km, } (AB)=50\text{m} \\ &|\text{ratio (Long'/Short)}-1| < \text{tolerance, when } (A\Gamma')=2\text{km, } (AB)=50\text{m} \\ &|\text{ratio (Long'/Long)}-1| < \text{tolerance, when } (A\Gamma')=2\text{km, } (A\Gamma)=5\text{km} \end{aligned}$$

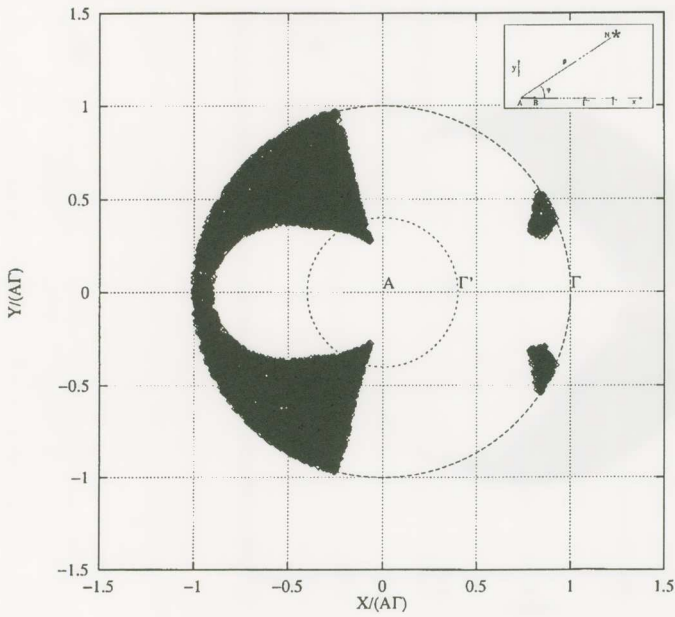
The results of the calculation (made either for a half-space, with $\rho_0=4 \times 10^3 \Omega\text{m}$, or a two layered earth with $\rho_0=4 \times 10^3 \Omega\text{m}$ and $\rho_5=200 \Omega\text{m}$) are depicted in Fig. AI.22, AI.23 and AI.24 by accepting a tolerance of 50%; the emitting noise source is assumed to be a monopole, a point (current) dipole and an extended (current) dipole (cf. with a length of 1km) respectively. An inspection of these figures indicates that a (dipole) noise source -after investigating its possible sites within a circle with a radius equal to the longer dipole- *cannot* lie at sites having the following coordinates:

(i) In front of the measuring site, i.e., $x > 0$: a y-value between $(A\Gamma)/2$ and $-(A\Gamma)/2$ with a x-value between 0 and $(A\Gamma)$ [cf. the same holds, but only approximately (due to the small shaded areas depicted in Fig. AI.22), for a monopole emitting source]; in other words, once we assured comparable $\Delta V/L$ -values on the two long dipoles (and on the short dipole as well), this indicates that *the noise source cannot lie within an area having dimensions almost $(A\Gamma) \times (A\Gamma)$.*

(ii) Backwards of the measuring site, i.e., $x < 0$: within a semi circle with radius of, at least, $(A\Gamma)/2$, or so.



a



b

Fig. AI.22. Sites of a noise source (*monopole*) for which the $\Delta V/L$ values recorded by a short dipole and two long dipoles $A\Gamma'$ and $A\Gamma$ are equal (with a tolerance 50%, see the text): a: half-space ($\rho_0=4 \times 10^3 \Omega m$); b: two layer earth ($\rho_s=200 \Omega m$, $\rho_0=4 \times 10^3 \Omega m$).

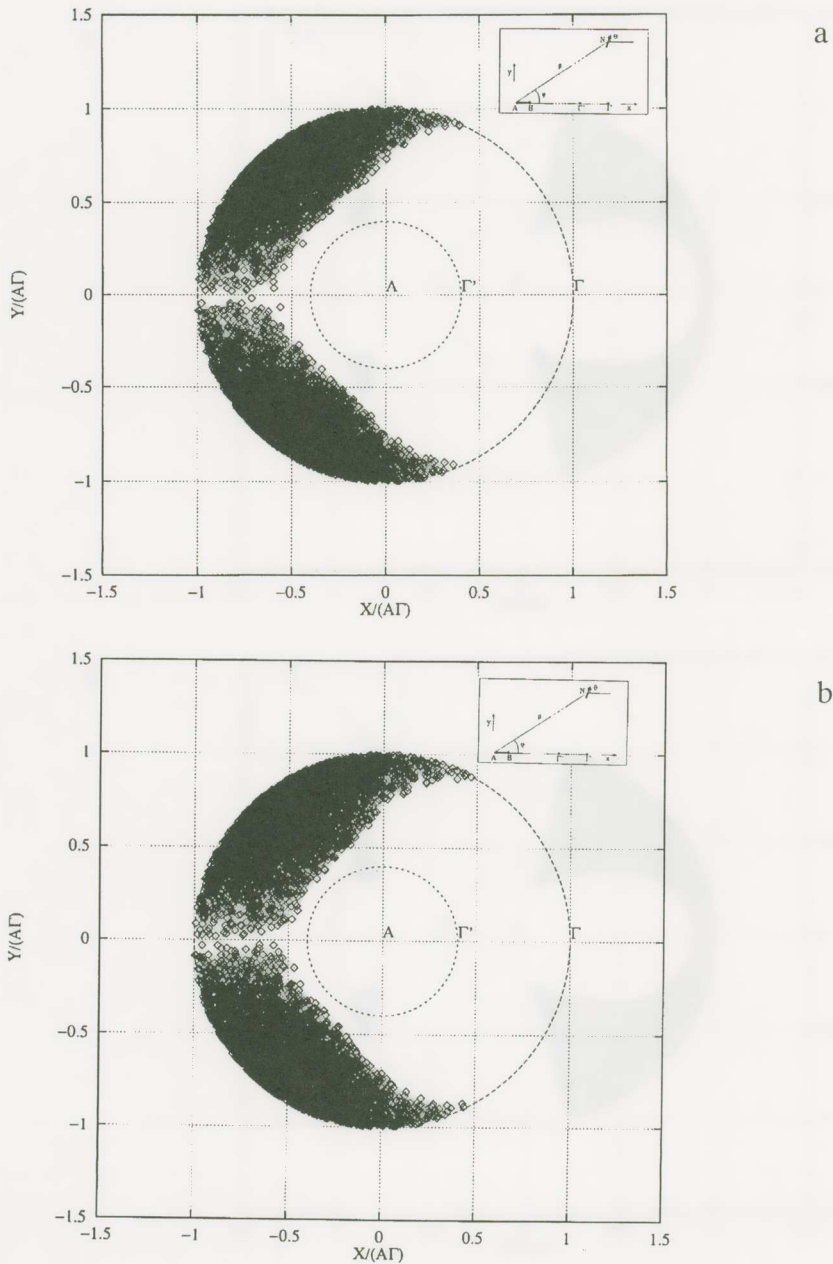
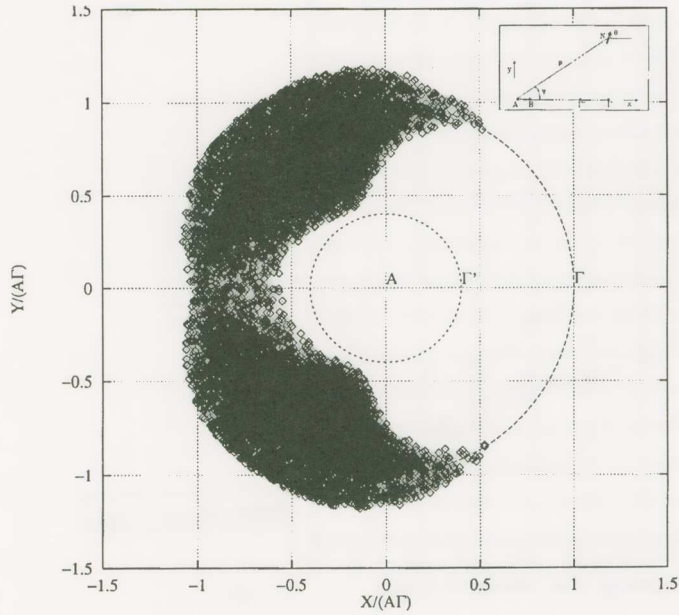
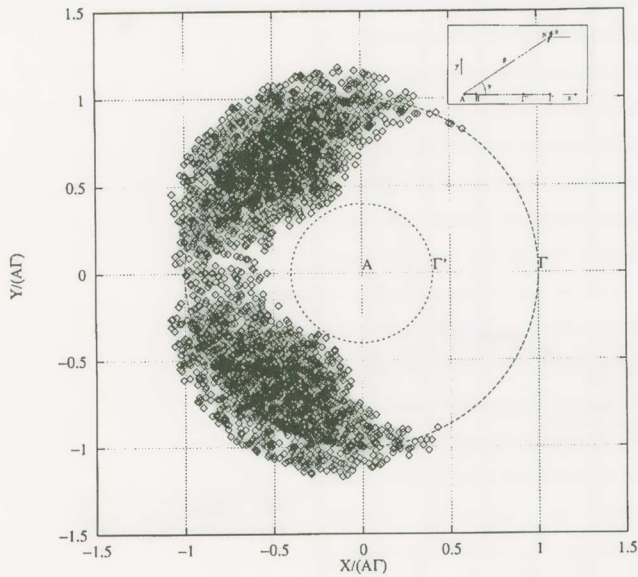


Fig. AI.23. Sites of a noise source (*point current dipole*) for which the ΔV -L values, recorded by a short dipole and two long dipoles $ΑΓ'$ and $ΑΓ$, are equal (with a tolerance 50%, see the text): a: half-space ($\rho_0 = 4 \times 10^3 \Omega m$); b: two layer earth ($\rho_s = 200 \Omega m$, $\rho_0 = 4 \times 10^3 \Omega m$).



a



b

Fig. AI.24. Sites of a noise source (extended current dipole with a length of 1km) for which the $\Delta V/L$ values, recorded by a short dipole and two long dipoles $A\Gamma'$ and $A\Gamma$, are equal (with a tolerance 50%, see the text): a: half-space ($\rho_0=4 \times 10^3 \Omega m$); b: two layer earth ($\rho_S=200 \Omega m$, $\rho_0=4 \times 10^3 \Omega m$).

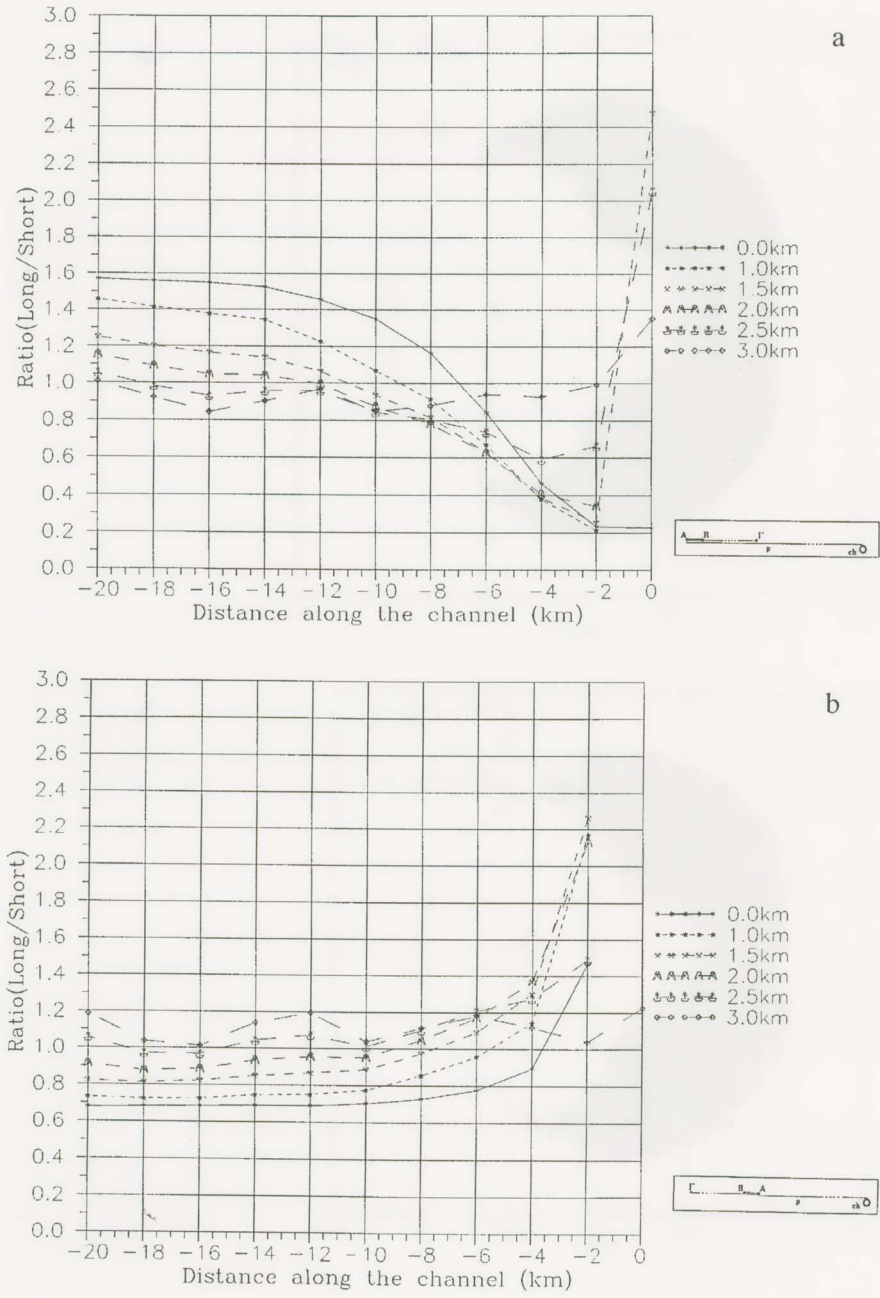


Fig. AI.25. Study of the “ratio (Long/Short)” for the SES transmission model discussed in the main text.

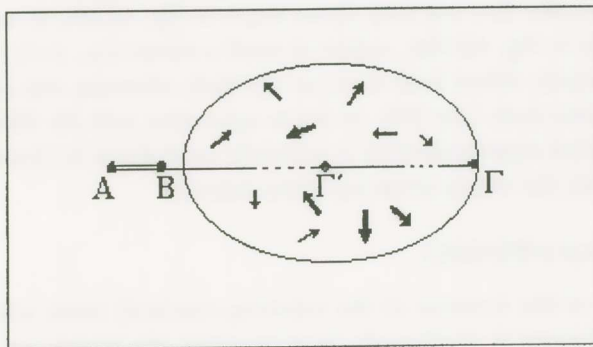


Fig. AI. 26. Configuration of a short dipole AB and two long dipoles AΓ' and AΓ for an easy recognition of noise; the emitting (noise) source is assumed to lie within the elliptical area.

Investigation of the validity of the $\Delta V/L$ -criterion in the case of the SES transmission model suggested in the main text.

Figs AI.25a,b show the “ratio (Long/Short)” for the *asymmetric* configuration of a long dipole (5km) and a short dipole (50m), at various distances (of the measuring site) from the projection on the earth’s surface of the top of the channel; Fig. AI.25a corresponds to the case when the remote electrode and the top of the channel lie on the same side from the measuring site (i.e., the site of the short dipoles), while in Fig. AI.25b they lie on different sides. The (collinear) dipoles were assumed parallel to the projection of the channel on the earth’s surface, at various y -values, i.e., $y=0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5$ and 3.0 km. An inspection of these figures shows the following: at short distances from the top of the channel (i.e., smaller than one long dipole length in Fig. AI.25b, or smaller than two long dipole lengths in Fig. AI.25a), and/or at small y -values (i.e., $y \approx 0, 1.0$), the “ratio (Long/Short)” markedly differs from unity, as expected; otherwise, this ratio *approaches unity* (it only deviates from 1 by 20%, or so) in agreement with the SES observations. (Note that a detailed experimentation is currently carried out in Greece in order to determine, if possible, the vicinity of the top of the channel).

Concluding remarks of APPENDIX I

Depending on the location of the emitting (surface) noise source (cf. in a homogeneous half-space or horizontally layered earth), the proper use of the $\Delta V/L$ -criterion can lead to the noise recognition as follows:

(1) In the case of a noise source N lying in the immediate vicinity of the short dipoles (*Varotsos and Lazaridou* [1991], see p.327), it can be easily recognised, because the cultural signal voltage ΔV does not generate the same field strength $\Delta V/L$ in neighbouring (short) dipoles with the same orientation but of different lengths. (This, of course, also excludes any electrochemical noise, arising from the instability of electrodes, e.g., due to rain).

(2) In the case of an artificial source the location of which is *known* and lies a few km (up to several km) away from the *measuring site*, the installation of a single long dipole (cf. in combination with a short dipole parallel to the long one) seems to be enough for the noise recognition, **if** its two electrodes are located as follows: one of them should be close to the measuring site, while the other, i.e., the remote one, should lie on the same side (cf. in respect to the measuring site) and the same straight line with the noise source; as for the exact location of this remote electrode, the following two possibilities are recommended:

(a) the noise source to lie closer to the measuring site than to the remote electrode [see Figs 12a,b by *Varotsos and Lazaridou*, 1991, or case II of Fig. 22 of *Varotsos et al.* 1993]; the noise is then easily recognised, because (irrespective of whether it comes from a monopole or dipole source) it gives signals with *opposite polarities* on the long dipole and on the (parallel) short dipole, i.e., the “ratio (Long/Short)” is negative,

(b) the noise source to lie close to the remote electrode (e.g., see Fig. 12c of *Varotsos and Lazaridou* 1991); the noise (irrespective of whether the emitting source is a monopole or a dipole) is then again easily recognised, because the “*ratio (Long/Short)*” differs drastically from unity (cf. in the case of an emitting dipole, the ratio is negative if it lies between the remote electrode and the measuring site; otherwise, it is positive, but it has a value significantly larger than unity).

(3) In the case of artificial sources (at distances up to several km from the measuring site), the exact location of which are *not known*, it is necessary to install *two* (almost parallel) long dipoles (cf. in addition to the short dipole array, one of the dipoles of which should be parallel to the long ones), with non equal lengths, but having one of their electrodes close to the measuring site; once the candidate area (for the tentative locations of artificial sources) can be roughly estimated, say an ellipse, care should be taken in order for its major axis to coincide, if possible, with one of the long dipoles, while the other dipole may have a smaller length, e.g., by a factor of 2, or so (see Fig. AI.26). Under such a configuration, any noise signal (emitted from the candidate area) *cannot give, as explained above, equal $\Delta V/L$ -values* (within a reasonable deviation of 50% or so) when comparing the long dipoles with their (parallel) short dipole(s).

APPENDIX II. SUMMARY OF THE ARGUMENTS THAT INVALIDATE GRUSZOW ET AL.'S [1996] CLAIMS.

On May 13, 1995, an earthquake (EQ) with magnitude 6.6 occurred in Kozani area (Greece). A prediction was issued well in advance by VAN, based on SES activities recorded at IOA (North-western Greece) on April 18 and 19, 1995. *Varotsos et al.* [1996b] published the corresponding SES and the relevant variations of the *horizontal* components of the magnetic field and commented on the latter that they are not significant. *Gruszow et al.* [1996] reported: (a) that they also observed (at a site labelled JAN E, 4.5km from the VAN station IOA, Fig. AII.1a) electrical variations simultaneously with those published by VAN, and (b) that the observed electrical variations were accompanied by magnetic field variations of $\sim 1\text{nT}$ (measured at JAN M, lying 3.5 km from IOA, Fig. AII.1a). *Gruszow et al.* [1996] claim that their observations, as well as those of VAN, could be attributed to a (nearby) industrial source, with $I=1.6 \times 10^5 - 4 \times 10^4 \text{Am}$. It is the aim of this Appendix to prove that this *Gruszow et al.*'s [1996] claim contradicts *all* the observed results, including their own. In the main text we showed that it is naturally expected that very strong SES activities, like those preceded the 6.6 Kozani EQ, should be accompanied by magnetic field variations of 1nT, mainly on Z-component. Beyond this point, we shall indicate below the more definite errors of *Gruszow et al.* [1996]. (In the next two paragraphs, we follow their approximation that “the earth is represented by a half space with a conductivity $\sigma(z)$ depending only on the vertical coordinate”).

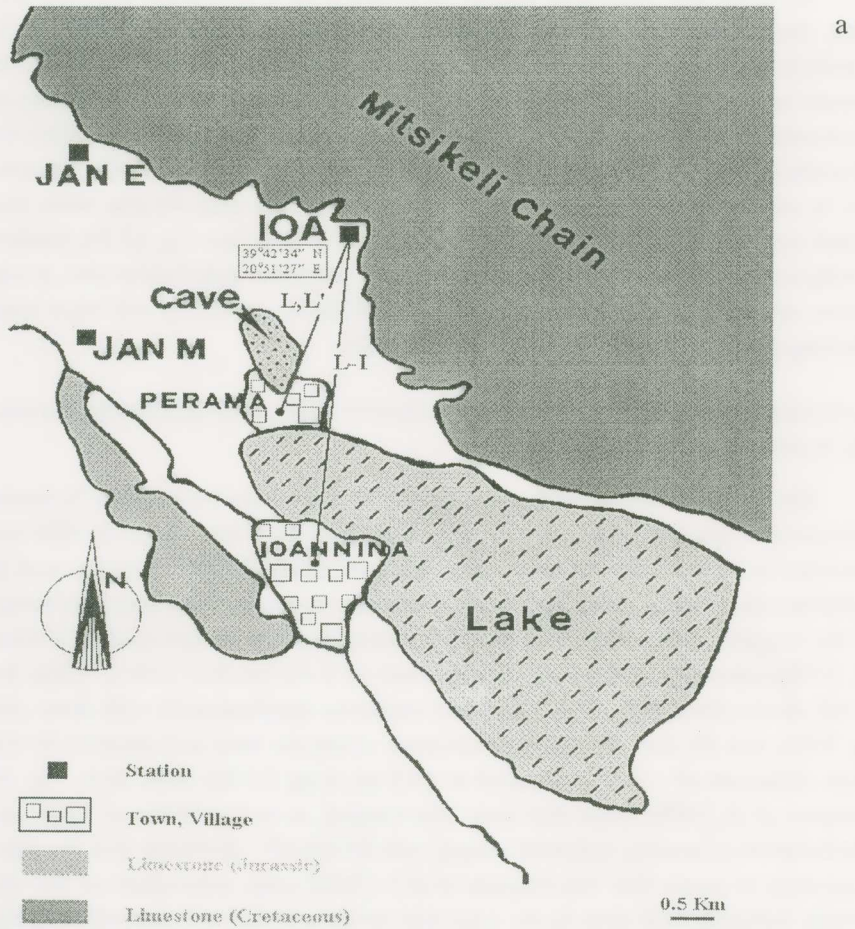
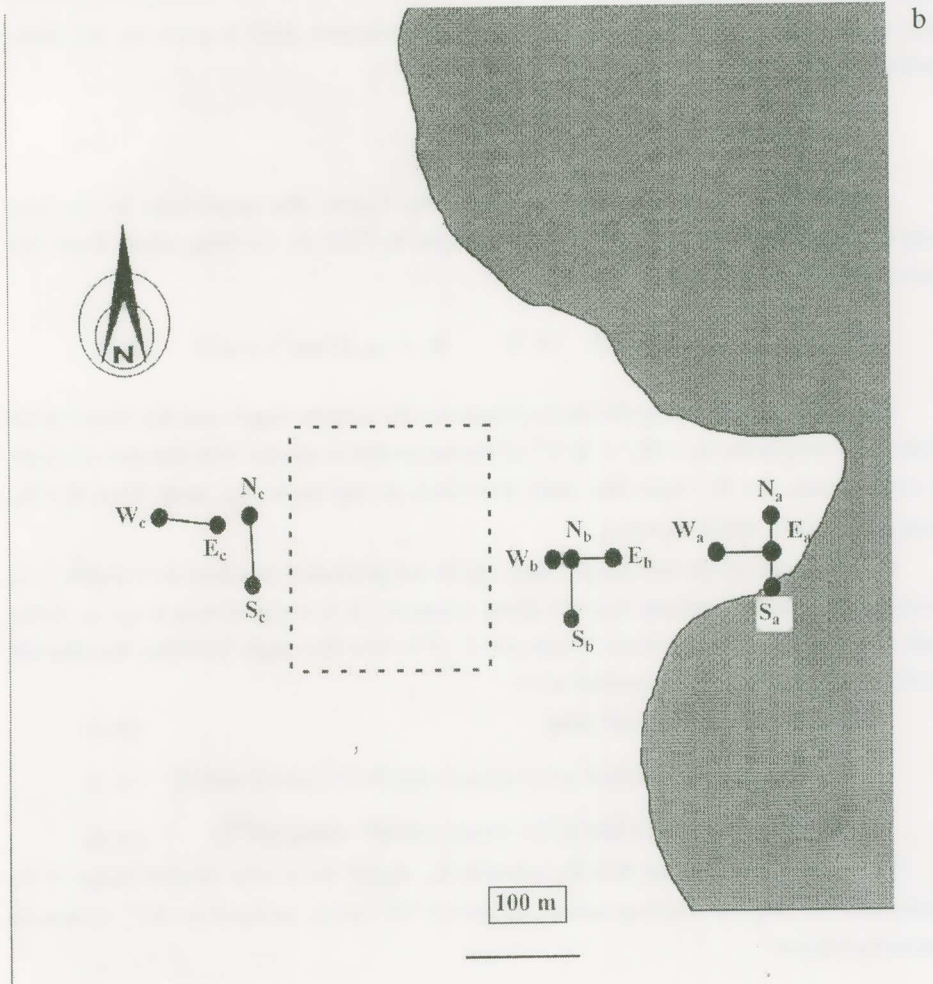


Fig. AII.1. Map showing the sites of JAN E and JAN M along with the long dipoles L, L', and L-I at IOA (map a), and the short dipoles at IOA (map b).



Non compatibility of the magnetic field observations of Gruszow et al. [1996] with nearby artificial sources

By recalling that *Gruszow et al.* [1996] observed that B_z is significantly larger than the horizontal component and following *Varotsos et al.* [1996d], we discuss below three possibilities for an eventual artificial source:

a) For a (surface) horizontal *point* current dipole (with current intensity I and length l), grounded at both ends ($z=0$), the amplitude B_z of the vertical component (due to the current flowing in the cable) of the magnetic field is given by the Biot-Savart law ($l < r$):

$$B_z = (\mu_0 I l / 4\pi r^2) \sin \partial \quad (\text{A.1})$$

Assuming the current dipole is along the x -axis, the amplitude of the two components B_x and B_y of the horizontal magnetic field B_H (arising *solely* from the current flow in the earth) are:

$$B_x = (\mu_0 I l / 4\pi r^2) \sin 2\partial \quad (\text{A.2}) \quad B_y = (\mu_0 I l / 4\pi r^2) \cos 2\partial \quad (\text{A.3})$$

Therefore, when varying the angle ∂ between the current dipole and the observation vector \mathbf{r} the amplitude $B_H = (B_x^2 + B_y^2)^{1/2}$ of the horizontal magnetic field remains constant (if $r = \text{constant}$), but B_z varies like $\sin \partial$; therefore, at any angle, we must have $B_z < B_H$ (except for $\partial = 90^\circ$, where $B_z = B_H$).

b) If the ends of the aforementioned dipole are grounded at a non zero depth $|z|$, *Varotsos et al.* [1996d] indicate that the above relations (A.1) to (A.3) turn to (cf. φ is the angle -smaller than 90° - between z -axis and \mathbf{r} ; ∂ is now the angle between the current dipole and the horizontal component of \mathbf{r}):

$$B_z = (\mu_0 I l / 4\pi r^2) \sin \partial \sin \varphi \quad (\text{A.4})$$

$$B_x = (\mu_0 I l / 4\pi r^2) [(1/\sin^2 \varphi) (1 - \cos \varphi) \sin 2\partial - (1/2) \cos \varphi \sin 2\partial] \quad (\text{A.5})$$

$$B_y = (\mu_0 I l / 4\pi r^2) [(1/\sin^2 \varphi) (1 - \cos \varphi) \cos 2\partial + \cos \varphi \sin^2 \partial] \quad (\text{A.6})$$

These relations indicate that B_H exceeds B_z , except for a very narrow range of ∂ -values (cf. for depths corresponding to $\varphi > 23^\circ 23'$ only), around $\partial = 90^\circ$, which is determined from:

$$\sin^2 \partial \sin^2 \varphi (2 \cos^2 \varphi + 4 \cos \varphi + 1) \geq 1 \quad (\text{A.7})$$

When this inequality holds, after considering that usually $|z| \sim \text{m}$ and $r \sim \text{km}$, we find that B_z/B_H exceeds unity [cf. within the angle $\partial = \pi/2 \pm 2(|z|/r)^{1/2}$ rad] by $\sim 2|z|/r$ only. For example, for $|z| \cong 2\text{m}$ and $r \cong 4\text{km}$, B_z exceeds B_H (when $88^\circ \lesssim \partial \lesssim 92^\circ$, see Fig.

AII.2) by (at most) 1‰ ; such differences are below the experimental error, and hence observations cannot lead to B_z that (significantly) exceeds B_H .

c) For an *extended* current dipole ($z=0$), detailed calculations (Prof. R. Teisseyre, private communication) show that only in its vicinity (i.e., $r < L$) we may have that B_z significantly exceeds B_H (see Fig. AII.3); away from the dipole, B_z/B_H quickly drops to values smaller than unity (or ~ 1 , if $\theta=90^\circ$, while it approaches zero close to the dipole axis). Thus, when it is observed that B_z significantly exceeds B_H , this, in principle, could be attributed to an artificial source, only if situated quite near the measuring site; such a possibility, however, is excluded (see Appendix I) once the electric observations show that the (measuring) long dipoles (cf. almost with the same orientation and having one of their ends in the vicinity of the measuring short dipoles), resulted in approximately equal $\Delta V/L$ -values (compatible with the corresponding values of the short dipoles).

The above remarks indicate that the magnetic field observations of *Gruszow et al.* [1996] are not compatible with *any* of the aforementioned 3 possibilities of an artificial source. Furthermore, it is important to note that measurements we have conducted lately, at the *same* sites as *Gruszow et al.* [1996], demonstrated that disturbances from (nearby) industrial sources actually give $B_H > B_z$, thus precluding any possibility for their claim to be correct (e.g., even when considering nearby inhomogeneities); this experimental result, *alone*, invalidates *Gruszow et al.'s* [1996] claim about the magnetic signals being of cultural nature.

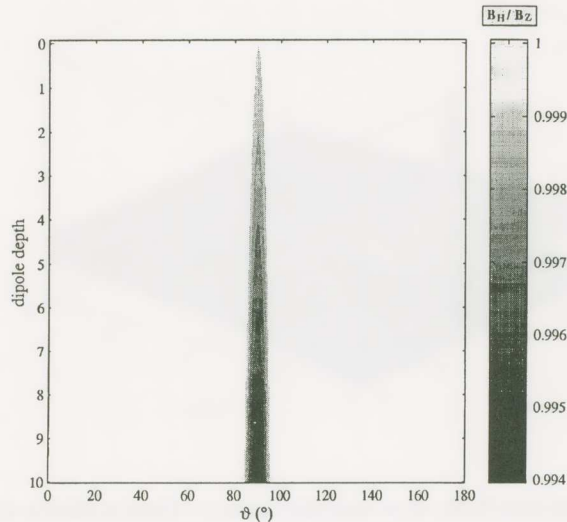


Fig. A. II.2. The shaded area shows, at various depths (for $r=4\text{km}$), the narrow angle, within which B_z slightly exceeds B_H (cf the corresponding value of the ratio B_H/B_z is shown to the right), for a buried current point dipole. Note that at $z=0$, at any angle, we must have $B_z < B_H$ (except for $\phi=90^\circ$, where $B_z=B_H$).

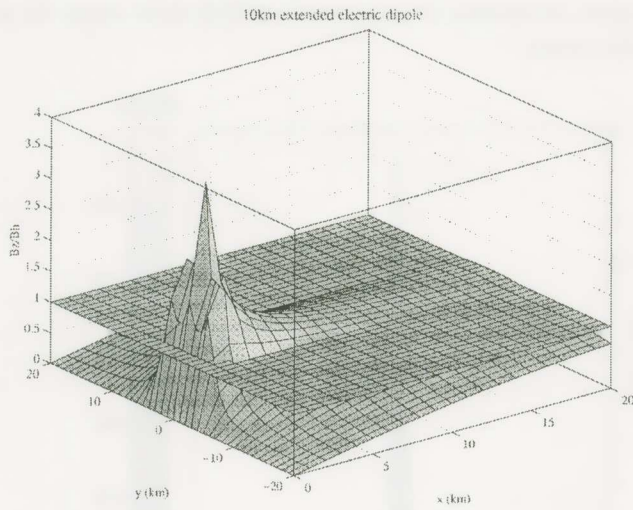
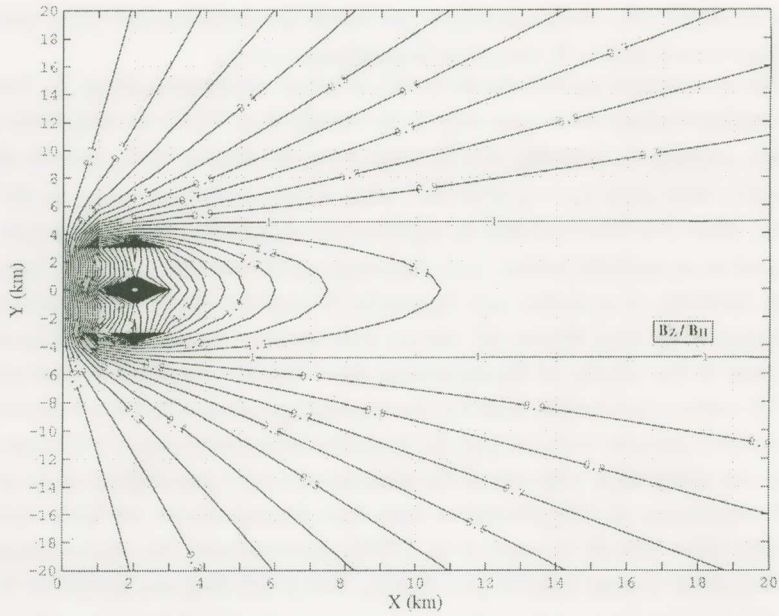


Fig. AII.3. The ratio B_z/B_H of an extended dipole (=10km) located at the origin of axis (and directed along y-axis).

Non compatibility of electrical observations with *Gruszow et al.*'s [1996] claim on nearby artificial sources

Gruszow et al. [1996] state that an industrial source with $I=1.6 \times 10^5 \text{ Am}$ is compatible with their B_z observation (at a distance $R=4 \text{ km}$ from JAN M). Concerning the distance r from JAN E and IOA to the source, they claim that "it seems safe to suppose that this distance is ...4 km". *Varotsos et al.* [1996c] presented the (horizontal) electric field variations, that would have been produced at JAN E and IOA by such an industrial source; the calculation was made by Berkeley's program (*Hoversten and Becker* [1995]) taking $I \approx 1.6 \times 10^5 \text{ Am}$, $r \approx 4 \text{ km}$, for a two-layered earth with a surface layer (thickness $\sim 50 \text{ m}$) having resistivity $\rho_s = 200 \Omega \text{ m}$ and a lower layer with $\rho_0 \approx 4 \times 10^3 \Omega \text{ m}$ (cf. These values are compatible, on the average, with the geoelectric structure around IOA [*K. Smith*, private communication] and with the detailed MT study by *Makris* [1996]). The results showed that electric field variations of the order of 1.5 to 2.6 V/km would have been measured at JAN E and IOA; these values are roughly two orders of magnitude larger than those measured. We emphasize that, if we change the aforementioned resistivity values with other (reasonable) values, the calculated electric field values are still far larger than those measured (the measurements are depicted in Figs AII.4 and AII.5, see also below); note that, even if we consider the extreme case of $\rho_s = 10 \Omega \text{ m}$ (thickness $\sim 50 \text{ m}$), Fig. AII.6 indicates that the calculated electric field becomes $\sim 0.3 \text{ V/km}$, which is still drastically larger than that registered. Such a sharp discrepancy cannot be attributed to the complicated (near surface) geoelectrical structure of IOA (and hence to the incompleteness of the aforementioned simplified theoretical calculation), because the experimental results showed (see Figs AII.4, AII.5) that the $\Delta V/L$ -values of the long dipoles were compatible -but not exactly equal, as expected- with those of the short ones. Thus, in any case, *Gruszow et al.*'s [1996] claim contradicts *all* the electrical observations (including their own).

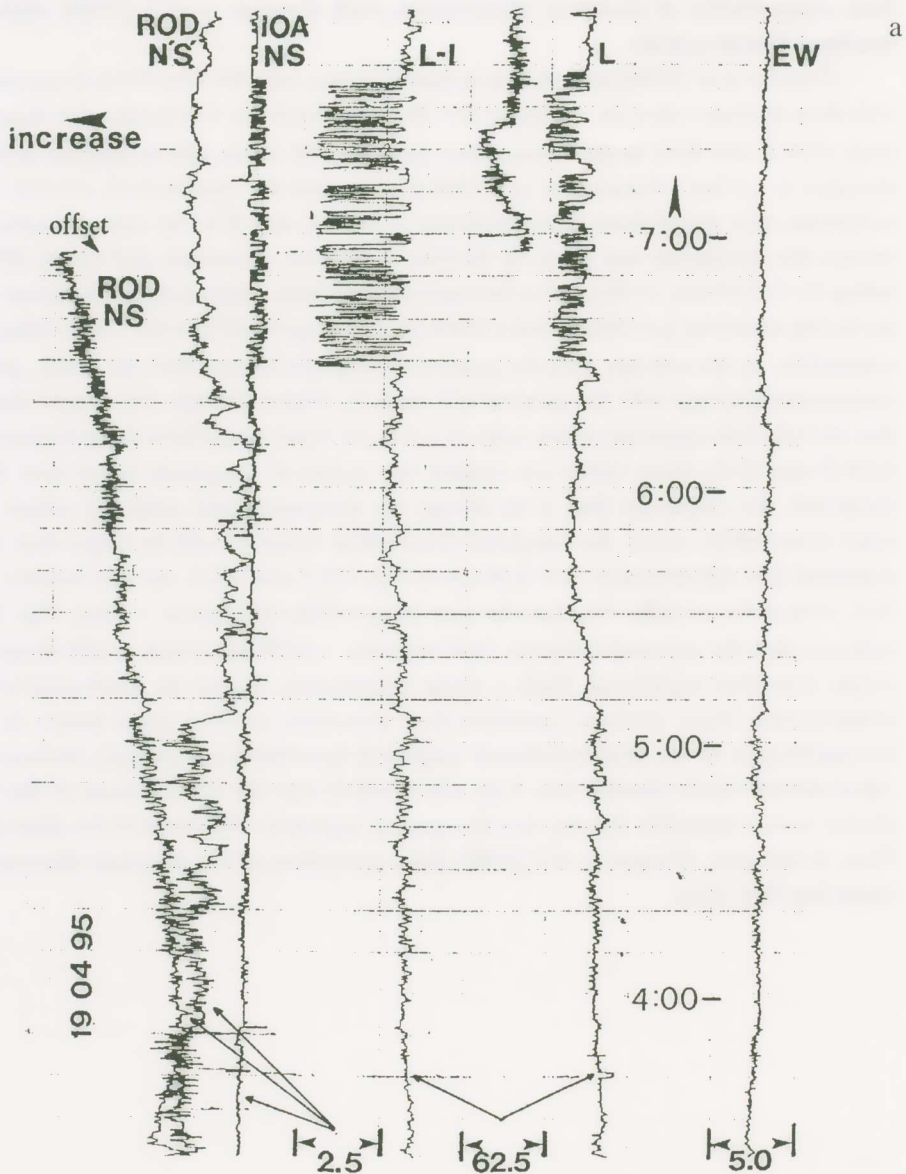
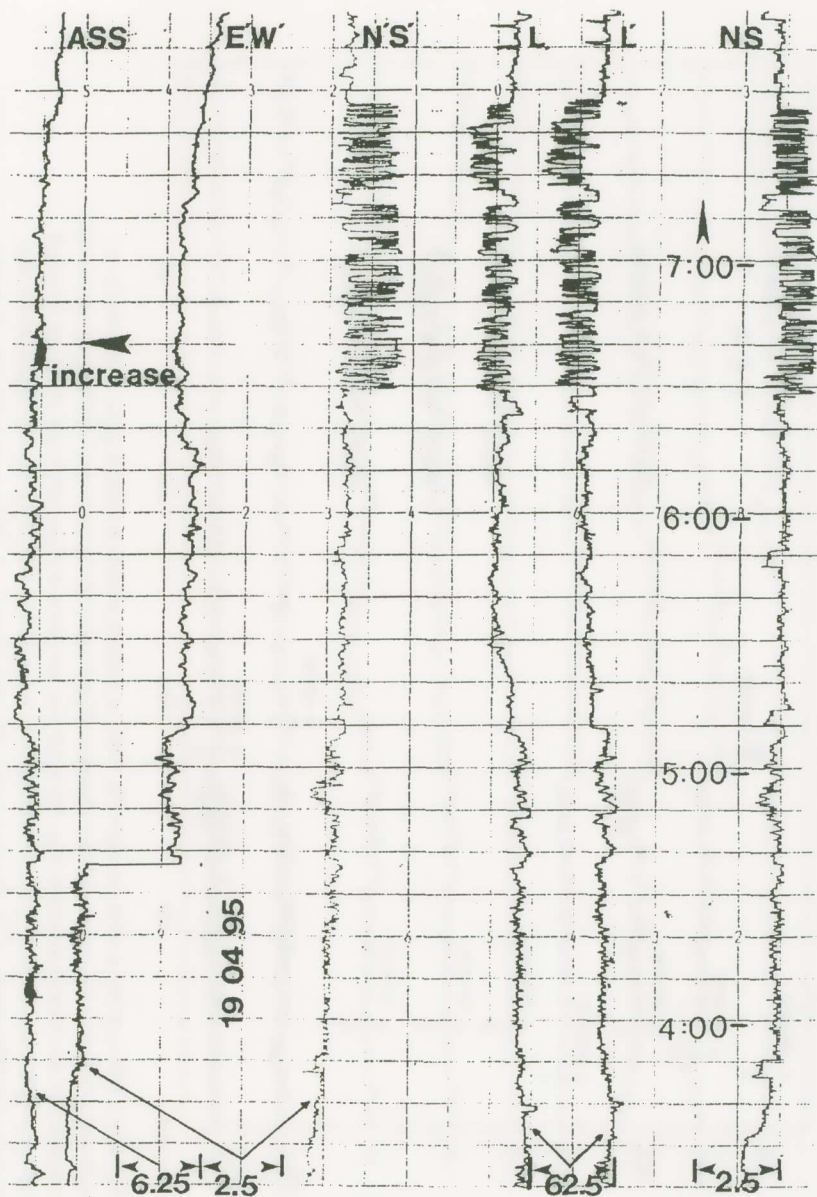


Fig. AII.4. SES activity at IOA on April 19, 1995. They are photocopies from the (continuous) analog recorders at the central station (GLY) of the real-time telemetric network (cf. the polarity of these recorders, as explained by *Varotsos et al.* [1993] with several examples, is opposite to that of a different type of recorders we use for additional dipoles operating at IOA). All channels correspond to IOA, except those labelled ROD or ASS which refer to other stations. The arrow, labelled increase, indicates the direction of increasing value of ΔV (e.g., see p. 324 of *Varotsos and Lazaridou* [1991]). All the scales are in mV.



b

Ioannina Station, 19-4-1995, vertical dipoles, Areas B & C, long-dipoles [raw data]

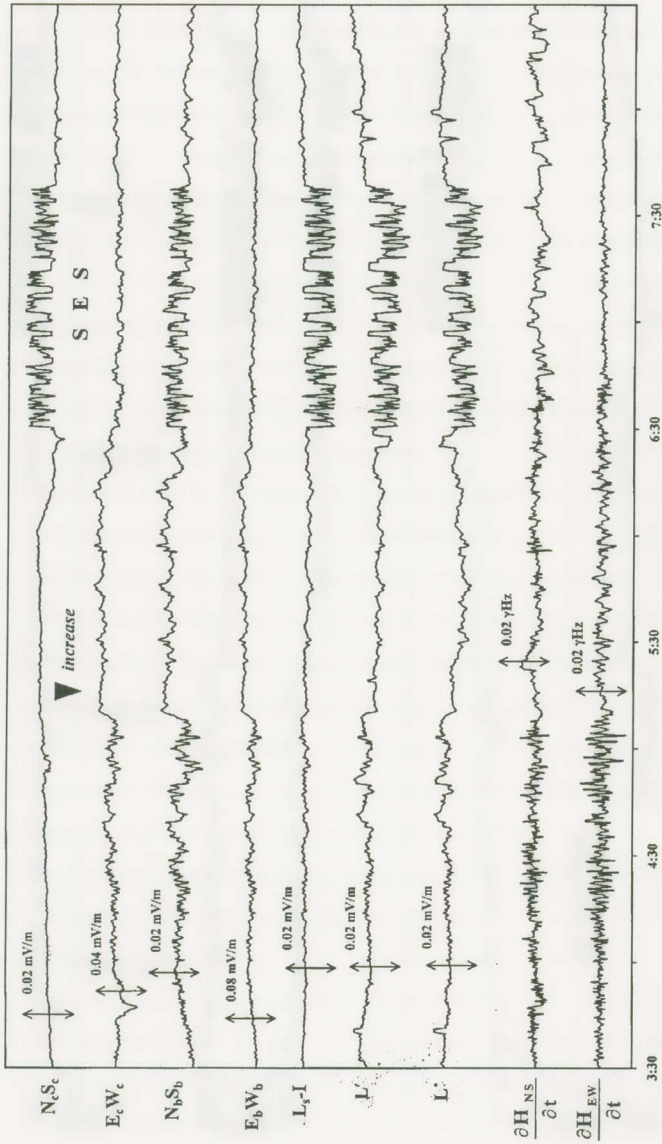


Fig. AII.5. SES activity at IOA on April 19, 1995, as collected with the data logger. The polarity at sites b and c (which is the same with that shown in Figs 5 and 6 of *Varosos et al.* [1996b]) is *negative* in accordance to the records shown in Fig. AII.4. (cf. the recorders in Figs. AII.4 and AII.5 are span left and span right respectively); this is consistent with the polarity of the long dipoles which shows that the potential differences “IOA measuring site - Perama village”, or “IOA measuring site - Ioannina city” *decrease*.

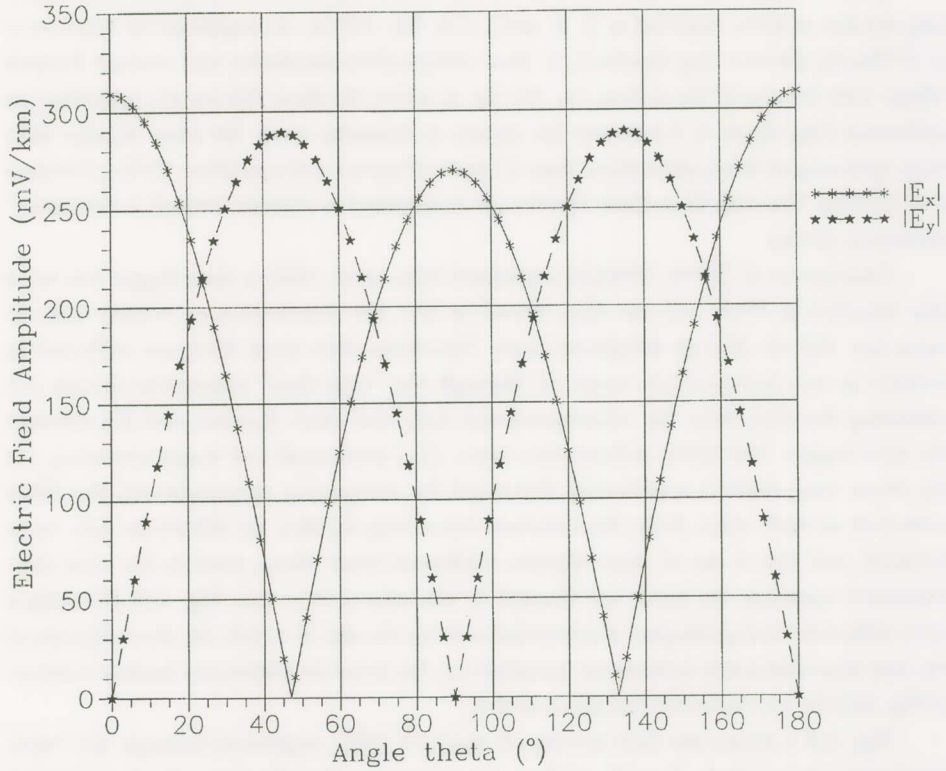


Fig. AII. 6. The amplitude of the two components of the electric field versus ϑ at a distance of 4km from a (point) current electric dipole with $I/l = 1.6 \times 10^5$ Am grounded on the surface of a two layered earth ($\rho_s = 10 \Omega m$ with thickness 50m, $\rho_0 = 4 \times 10^3 \Omega m$).

Remarks on the validity of the four VAN criteria for the SES of Grevena-Kozani 6.6 EQ

In accordance with Fig. 21 of *Varotsos et al.* [1993], we have installed, long ago, 3 long dipoles at IOA, depicted as L, L' and L-I in Fig. AII.1a. As explained by *Varotsos et al.* [1996a,b], the two long dipoles L, L' have independent electrodes and connect Perama village with the site of the station, i.e., the site at which the short dipoles are operating; an additional long dipole L-I connects the station to Ioannina town. Six short dipoles have been operating at IOA, since more than 12 years (*Varotsos and Lazaridou* [1991]; *Varotsos et al.* [1993]). The data from these dipoles are transmitted to Athens through a "real time" telemetric system.

Varotsos et al. [1994, 1996a,b] explained that, since 1992, a data logger has been also installed at IOA, and the data, stored in situ, are transmitted to Athens once or twice per day via dial up telephone lines. Therefore, data from IOA are collected in Athens in two independent ways: (i) through the "real time" telemetric system (cf. collecting the data from the aforementioned long and short dipoles) and (ii) through the data logger. The latter collects data from: (i) 2 horizontal coil magnetometers, (ii) the three long dipoles mentioned above (cf. by comparing systematically the SESs collected, in both ways, from the *common* three long dipoles, no difference has been noticed) and (iii) a set of short dipoles (different from those used in the real time telemetric system); the latter are located at the sites a, b, c (see Fig. AII.1b), which have different local geological characteristics from the site at which the short dipoles of the real time telemetric system are installed (cf. the latter lie within the broken contour of Fig. AII.1b, i.e., between the sites b and c).

Fig. AII.4 shows the SES activity of April 19, 1995, registered through the "real-time" telemetric system. A study of these records shows that the four criteria published by *Varotsos and Lazaridou* [1991] are well obeyed. The following comments clarify a few points raised by *Gruszow et al.* [1996]:

(a) Concerning the " $\Delta V/L$ -criterion"; the three short dipoles (in the NS direction) with $L=47.5$ m, 100 m and 184 m (IOA, NS, in Fig. AII.4a, and NS and N'S' in Fig. AII.4b) show almost the same $\Delta V/L$ -value (the dipoles, in EW direction, labelled EW and E'W, have $L=47.5$ and 50m respectively). This invalidates *Gruszow et al.'s* [1996] claim that the criterion " $\Delta V/L = \text{const}$ " fails at IOA. *Gruszow et al.* [1996] incorrectly demand the equality of the $\Delta V/L$ -values of the NS-dipoles located at the different sites a, b and c, which have *different* directions of the electric field polarisation (*Varotsos et al.* [1994; 1996a,b]) deduced from MT measurements. We again emphasize that $\Delta V/L$ -test (for the short dipoles) should *not* be made in such cases of *inhomogeneous ground* (e.g., see pp. 324, 328 of *Varotsos and Lazaridou* [1991]).

(b) Concerning the SES polarity: for an easy recognition of the noise, coming from artificial sources inside (or close to) the long dipoles array, *Varotsos* and co-workers repeatedly emphasized that, for the configuration of the dipoles of the "real-time"

telemetric network, the following convention is used (e.g., see p. 343 of *Varotsos and Lazaridou* [1991]): “In measuring the potential difference between the electrodes of the short dipoles the following convention is used: E⁺W⁻, N⁺S⁻; and for the long dipole: (Perama village)⁺ - (station). This convention implies that for a true SES signal the polarity of ΔV for the long and parallel short dipole *should be opposite* [on the recording charts]”. Therefore, Fig. AII.4 shows that the SES polarity on April 19, 1995 is negative. (The same holds for the SES of April 18, 1995). Recall that the prediction text (see Fig. 13a of *Varotsos et al.* [1996b]) emphasized that the SES characteristics (*polarity*, form, etc.) of the signals on April 18-19, 1995 are the same with those of Sept. 29, 1988 and Oct. 3, 1988 (cf. the polarity of the SES on October 3, 1988 was *negative*, e.g., see *Nagao et al.* [1996]). Furthermore, note that there is an obvious inconsistency in *Gruszow et al.* [1996], because in their Figs. 2a, 2b they plot correctly the (negative) SES polarity of the VAN signals, but in their Fig. 1b they plot this polarity in the opposite way.

Recapitulating, we have assured that all dipoles, short and long ones (directed almost in the NS direction), consistently show the *same (negative) polarity*. This fact excludes any possibility for attributing these signals to the “industrial areas: Perama village 2.5 km to the south-west of IOA, Ioannina town and suburbs 4 km to the south of IOA”, because (e.g., see, Fig. 21 of *Varotsos et al.* [1993]) any disturbance, emitted from these industrial areas, should have destroyed (see Appendix I), either the internal consistency between the polarities of short and long dipoles, or it should have led to *drastically* different $\Delta V/L$ -values (see Fig. AII.5) of the long dipoles L, L' and L-I, which was not the case.

The misuse of $\Delta V/L$ -criterion by *Gruszow et al.* [1996] at their electrical measurements

Gruszow et al. [1996] mentioned that their $\Delta V/L$ -values (for the SESs of April 18-19, 1995) on their two NS dipoles are different and considered it in favour of an industrial origin of the disturbances; this is not so, because, either an industrial source lying at $r \approx 4$ km (i.e., at a distance far larger than the lengths of their short dipole array), or a natural EQ source at $r \approx 80$ km, should give $\Delta V/L \approx$ constant, for their short dipoles, in a given direction, provided that their area is homogeneous (e.g., *Varotsos and Lazaridou* [1991]). Therefore, the inequality of $\Delta V/L$ -values should have instigated *Gruszow et al.* [1996] to study the inhomogeneity at their measuring site in a similar fashion as *Varotsos et al.* [1994, 1996a,b] did for the areas a, b and c at IOA (and found that their directions, along which the electric field is polarized, are different). In order to investigate the eventual inhomogeneity, *Varotsos et al.* [1996c] undertook a detailed MT survey, inside and just outside the array of *Gruszow et al.* [1996]. Our results actually showed the existence of strong inhomogeneities. In other words, *Gruszow et al.* [1996] misused the criterion “ $\Delta V/L = \text{const}$ ”, i.e., without checking if their measuring site is homogeneous.

Concluding remarks of Appendix II

The claim of *Gruszow et al.* [1996], i.e., the electrical signals on April 18-19, 1995 could be attributed to a nearby (huge) industrial source (cf. no such disturbances were reported by the Electrical Company), is in sharp contradiction to the theory as well as to *all* the experimental facts. First, their magnetic field measurements, detected a vertical variation, which is appreciably larger than the horizontal; this invalidates their claim, because, as we showed, a (nearby) industrial source cannot give (cf. at distances claimed by *Gruszow et al.* [1996]) a vertical magnetic field variation significantly greater than the horizontal one. Second, the strength of the (industrial) source, necessary to produce the detected B_z variation, would give an electric signal far stronger than the registered. Third, the totality of the electric field measurements, at short dipole arrays and at the long dipoles, preclude *any possibility* of an industrial origin of the electrical variations, because not only they *all* showed the same polarity, but also the long dipoles registered comparable $\Delta V/L$ -values (which were also compatible with those of the short ones). Furthermore, note that *Gruszow et al.* [1996] misused the “ $\Delta V/L$ -criterion”, because they required constant “ $\Delta V/L$ -values” (for short dipoles in a given direction), when comparing sites which (as we experimentally confirmed) exhibit different directions of electric field polarization.

APPENDIX III. SOLUTION OF THE BOUNDARY VALUE PROBLEMS: CONDUCTIVE CYLINDER OR CONDUCTIVE LAYER EMBEDDED IN A LESS CONDUCTIVE MEDIUM

A. CONDUCTIVE CYLINDER INSIDE A MEDIUM WITH SMALLER CONDUCTIVITY.

Point current source in the center of the cylinder

Let us suppose that the point current source is located at the origin (0,0,0) of a cylindrical system of coordinates. We also assume that a conductive cylinder (with conductivity σ) has its axis along the z-axis of the coordinate system and that it lies in the region $\rho < R$. The remainder of the space is a medium with smaller conductivity σ' , i.e. $\sigma' < \sigma$. The electrostatic potential φ is composed of two parts: the primary part φ^p that is the (singular at the origin) potential of a point current source inside a full space of conductivity σ and a secondary part φ^s that is due to the existence of the cylinder. The primary potential can be written as

$$\varphi^p = I/[4\pi\sigma(\rho^2+z^2)^{1/2}] = I/(2\pi^2\sigma R) \int_0^\infty K_0(\xi\rho/R) \cos(\xi z/R) d\xi$$

since $\int_0^\infty K_0(\lambda\rho) \cos(\lambda z) d\lambda = \pi/[2(\rho^2+z^2)^{1/2}]$ (e.g., see Abramowitz and Stegun, *Handbook of Mathematical Functions*, Dover, New York, [1970]).

Inside the cylinder the solution involves, the singular part φ^p , that describes the point current source, and the secondary part φ^s expressed in terms of the (well-behaving at the origin) modified Bessel function, of the first kind $I_0(\xi\rho/R)$ (*J.R.Wait, Colorado School of Mines Quarterly* [1978], Vol.73, p. 1-21) :

$$\varphi_{IN} = \varphi^p + \varphi^s = I/(2\pi^2\sigma R) \int_0^\infty [K_0(\xi\rho/R) + A(\xi)I_0(\xi\rho/R)] \cos(\xi z/R) d\xi. \quad \text{III.1}$$

Outside the cylinder, the potential involves only the (well-behaving at infinity) modified Bessel function of the second kind $K_0(\xi\rho/R)$ (*J.R.Wait* [1978]) :

$$\varphi_{OUT} = I/(2\pi^2\sigma R) \int_0^\infty B(\xi) K_0(\xi\rho/R) \cos(\xi z/R) d\xi. \quad \text{III.2}$$

The unknown functions $A(\xi)$ and $B(\xi)$ are to be determined by the boundary conditions for the electric field $\mathbf{E} = -\text{grad } \varphi$ on the surface of the cylinder $\rho = R$:

$$E_{zIN}(z,R) = E_{zOUT}(z,R), \quad \text{III.3}$$

$$\sigma E_{\rho IN}(z,R) = \sigma' E_{\rho OUT}(z,R). \quad \text{III.4}$$

Equation III.3 implies

$$K_0(\xi) + A(\xi) I_0(\xi) = B(\xi) K_0(\xi), \quad \text{III.5}$$

and Eq.III.4, using, $K_0'(\xi) = -K_1(\xi)$ and $I_0'(\xi) = I_1(\xi)$, leads to:

$$\sigma K_1(\xi) - \sigma A(\xi) I_1(\xi) = \sigma' B(\xi) K_1(\xi). \quad \text{III.6}$$

A combination of, Eqs.III.5 and III.6 gives:

$$A(\xi) = (\sigma - \sigma') K_1(\xi) K_0(\xi) / [\sigma I_1(\xi) K_0(\xi) + \sigma' I_0(\xi) K_1(\xi)], \quad \text{III.7}$$

and

$$B(\xi) = 1 + A(\xi) I_0(\xi) / K_0(\xi). \quad \text{III.8}$$

By inserting Eqs.III.7 and III.8 into Eqs.III.1 and III.2, respectively, we find the *electrostatic* potential inside and outside the cylinder.

The case of a dipole current source

We consider the case of a dipole current source $\mathbf{p} = \mathbf{I}$, located at the origin. We first recall the general expression (*Zhdanov and Keller* [1994]) :

$$\varphi_{\text{dipole}} = -\mathbf{p} \cdot \text{grad } \varphi_{\text{monopole}} / l$$

III.9

and then, using the expressions III.1 and III.2 (for the monopole potential), we can obtain the electrostatic potential for any polarization of the dipole.

For a dipole, $|\mathbf{p}|=Il$, along the z-axis, and for points inside the cylinder ($\rho < R$) we obtain:

$$\varphi_{\text{IN}}(\rho, z) = Il / (2\pi^2 \sigma R^2) \int_0^{\infty} [K_0(\xi \rho / R) + A(\xi) I_0(\xi \rho / R)] \xi \sin(\xi z / R) d\xi, \quad \text{III.10}$$

while for points outside the cylinder ($\rho > R$) we have:

$$\varphi_{\text{OUT}}(\rho, z) = Il / (2\pi^2 \sigma R^2) \int_0^{\infty} K_0(\xi \rho / R) [1 + A(\xi) I_0(\xi) / K_0(\xi)] \xi \sin(\xi z / R) d\xi, \quad \text{III.11}$$

Fig.A.III.1 depicts, for various values of the distance $d=z$ from the dipole, the ratio of the electric field E_z along the axis of the cylinder at $\rho=0$ (labeled E_{inside}) over the electric field (along the same direction) for a full space of conductivity σ' at the same distance (labeled E_{host}). This ratio is plotted for various values of the conductivity contrast σ / σ' . Note that, for a given conductivity contrast, the ratio $E_{\text{inside}} / E_{\text{host}}$ reaches a maximum value (larger than unity) at a certain reduced distance-denoted $(d/R)_{\text{min}}$ - and then decreases approaching unity at appreciably larger distances. If we recall that E_{host} varies with distance as $1/d^3$, we reach the following conclusion: when studying (reduced) distances *smaller than* $(d/R)_{\text{min}}$, the electric field E_{inside} (i.e., inside an one dimensional conductive channel) decreases (versus distance) more slowly than $1/d^3$; on the other hand, when restricting our study to (reduced) distances just *larger than* $(d/R)_{\text{min}}$, the field E_{inside} decreases (versus the distance) *faster* than $1/d^3$. Finally, at distances *appreciably larger than* $(d/R)_{\text{min}}$, the field E_{inside} varies as $1/d^3$ (approaching E_{host}).

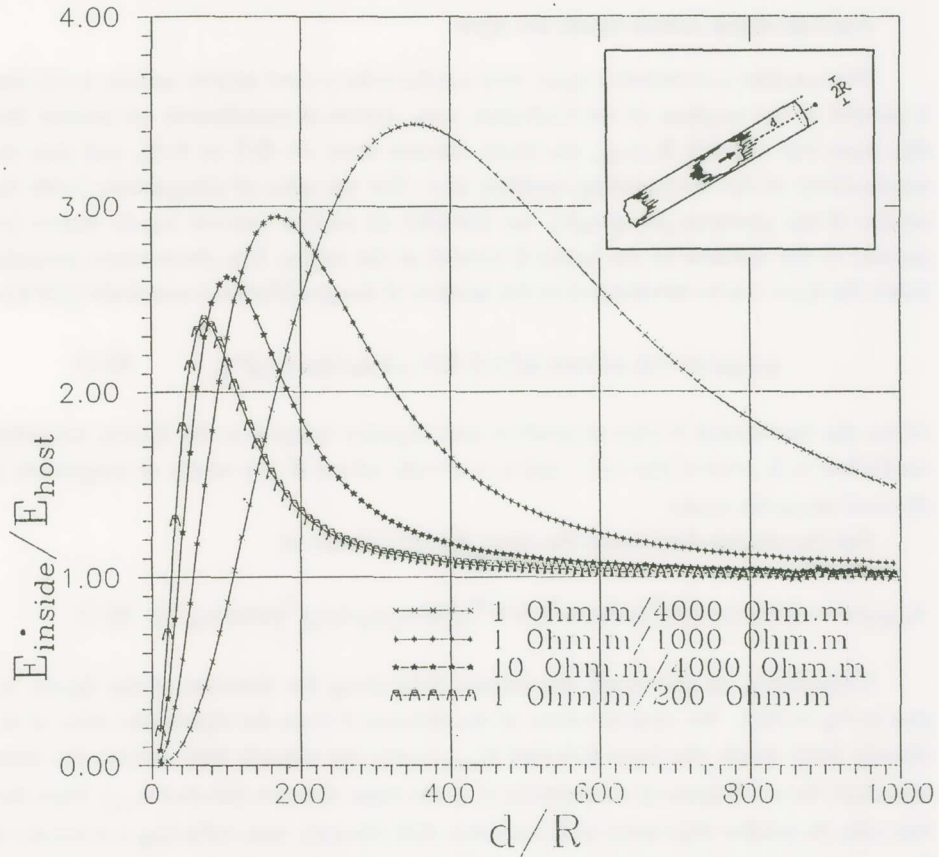


Fig. A.III.1. The ratio $E_{\text{inside}}/E_{\text{host}}$ (static) versus the distance d from a current dipole lying inside a conductive cylinder (with radius R and conductivity σ) of infinite length embedded in a medium (host) with conductivity σ' ($\sigma > \sigma'$). The curves correspond to the following conductivity ratios: $\sigma/\sigma' = 4000/1$, $1000/1$, $4000/10$ and $200/1$ respectively.

B. CONDUCTIVE LAYER INSIDE A MEDIUM WITH SMALLER CONDUCTIVITY

Current dipole source inside the layer

We consider a conductive layer, with conductivity σ (and infinite surface area), that is parallel to the xy -plane of our Cartesian, now, system of coordinates; we assume that this layer has a width R (e.g., the layer extends from $z=-R/2$ to $R/2$), and that the conductivity of the surrounding medium is σ' . For the sake of comparison (with the results of the previous paragraph), we consider an electric current dipole source (cf. parallel to the surfaces of the layer) \mathbf{I} located at the origin. The electrostatic potential inside the layer can be determined by the method of images (*Zhdanov and Keller* [1994]):

$$\varphi_{2DIN}(\mathbf{x}) = I [\mathbf{I} \cdot \mathbf{x} / (4\pi\sigma |\mathbf{x}|^3) + \sum K^{|n|} {}_{12} \mathbf{I} \cdot \mathbf{x}_n / (4\pi\sigma |\mathbf{x}_n|^3)], \quad \text{III.12}$$

where the summation is over all positive and negative integers n ; the Kelvin reflection coefficient is $K_{12} = (\sigma - \sigma') / (\sigma + \sigma')$, and $\mathbf{x}_n = \mathbf{x} + n\mathbf{R}$, where \mathbf{R} is a vector of magnitude R directed along the z -axis.

For the electric field inside the layer, Eq.III.12 leads to:

$$E_{2DIN}(\mathbf{x}) = I \{ [3(\mathbf{I} \cdot \mathbf{x})\mathbf{x} - \mathbf{I} |\mathbf{x}|^2] / (4\pi\sigma |\mathbf{x}|^5) + \sum K^{|n|} {}_{12} [3(\mathbf{I} \cdot \mathbf{x}_n)\mathbf{x}_n - \mathbf{I} |\mathbf{x}_n|^2] / (4\pi\sigma |\mathbf{x}_n|^5) \} \quad \text{III.13}$$

Considering, as previously, the electric field along the direction of the dipole, we plot in Fig.A.III.2, for various values of the distance d from the dipole, the ratio of the electric field inside the layer (labeled E_{inside}) over the electric field (along the same direction) for a full space of conductivity σ' at the same distance (labeled E_{host}). Note that this ratio (is smaller than unity and) increases with distance, thus reflecting a decrease of E_{inside} (versus the distance) *slower* than $1/d^3$; approximating with $E_{\text{inside}}/E_{\text{host}} \propto d/R$ (cf. which approximately holds only for a certain part of the curves depicted in Fig. A.III.2) we find that, roughly, $E_{\text{inside}} \propto 1/d^2$.

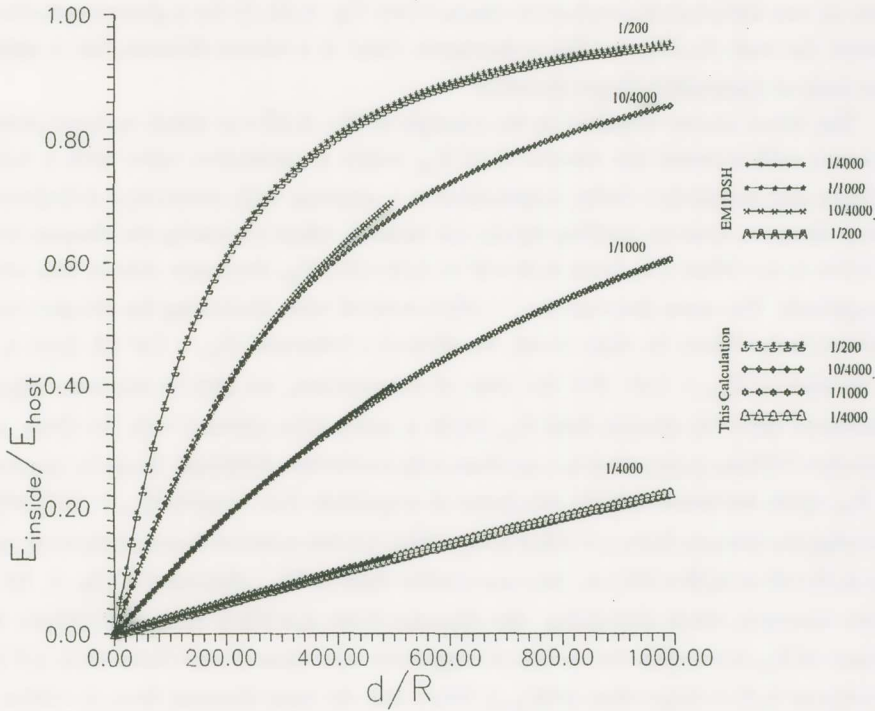


Fig. A.III.2. The ratio $E_{\text{inside}}/E_{\text{host}}$ (static) versus the distance d from a current dipole lying inside a conductive layer (with width R , infinite surface area and conductivity σ), which is embedded in a medium (host) with conductivity $\sigma' (\sigma > \sigma')$. The curves correspond to the following conductivity ratios: $\sigma'/\sigma = 1/4000, 1/1000, 10/4000$ and $1/200$ respectively. Each curve has been calculated in both ways, i.e., a) with the procedure described in the text (lower four symbols in the insert), and b) with EM1DSH program (upper four symbols in the insert); in the latter case we took advantage of the fact that the problem under discussion is equivalent with the following problem: a current dipole located at the surface of a two layer medium (consisting of a basement, with conductivity σ' , and a thin surface layer, with conductivity σ).

When comparing Figs (A.III.1) and (A.III.2) we conclude, as expected, that the electric field (E_{2D}) within a two-dimensional conductive layer is smaller than that (E_{1D}) within an one-dimensional conductive channel (see Fig. A.III.3); for a given conductivity contrast, the ratio E_{1D}/E_{2D} reaches a maximum value at a certain distance, but it approaches unity at appreciably larger distances.

The above can be visualised in the example of Fig. A.III.4 in which we have plotted (cf. curve with crosses) the electric field E_{2D} inside a conductive layer with a width $R=500\text{m}$ and resistivity= $10\Omega\text{m}$ (embedded in a medium with resistivity= $4000\Omega\text{m}$) at various distances from an emitting dipole; for instance, when increasing the distance from $d_1=10\text{km}$ to $d_2=30\text{km}$ (i.e., from $d_1/R=20$ to $d_2/R=60$), E_{2D} decreases only by one order of magnitude. The same decrease (i.e., ~ 10) is noticed when increasing the distance from $d_2=30\text{km}$ to $d_3=90\text{km}$. In other words, we observe a behaviour $E_{2D} \propto 1/d^2$ (cf. from d_1 to d_3), instead of $E_{2D} \propto 1/d^3$. For the sake of comparison, we plot in the same figure (continuous line) the electric field E_{1D} inside a conductive cylinder with $R=250\text{m}$ and resistivity= $7.85\Omega\text{m}$ (embedded in a medium with resistivity= $4000\Omega\text{m}$). It can be observed that E_{1D} again decreases only by one order of magnitude (i.e., roughly $E_{1D} \propto 1/d^2$) when increasing the distance from $d_1=10\text{km}$ to $d_2=30\text{km}$ [cf. the reduced distances increase now from $d_1/R=40$ to $d_1/R=120$, i.e., they are smaller than $(d/R)_{\min}$ discussed in Fig. A. III.1]; on the contrary, when increasing the distance from $d_2=30\text{km}$ to $d_3=90\text{km}$, the decrease of E_{1D} is (roughly two orders of magnitude and hence) even faster than $1/d^3$ [cf. the value of d_3/R is larger than $(d/R)_{\min}$]. (Note that the total decrease from $d_1=10\text{km}$ to $d_3\approx 90\text{km}$ is *smaller* than that expected from $1/d^3$). We draw attention to the following point: assume that in order to estimate the E_{1D} value, at $d\approx 100\text{km}$, one considers the (true) value at $d\approx \text{few km}$, and then applies the $1/d^3$ behaviour; such a calculation leads to an underestimation of E_{1D} ($d\sim 100\text{km}$) by (at least) one order of magnitude. This becomes obvious from the study of Fig. A.III.1 (when restricting to the cases between the two curves $\sigma'/\sigma=1/1000$ and $\sigma'/\sigma=10/4000$): for distances $d/R\approx 10\text{--}20$ the ratio $E_{\text{inside}}/E_{\text{host}}$ is of the order of 10^{-1} , while at appreciably larger distances, i.e., $d/R\approx 300\text{--}400$, the ratio $E_{\text{inside}}/E_{\text{host}}$ is larger than unity; in summary, when increasing the distance, e.g., from 4km to 100km , Fig. A.III 4 indicates that E_{1D} (or E_{2D}) decreases by 3 orders of magnitude *only* (note that the same decrease is found for E_{2D} if we consider, instead of an emitting point dipole, an *extended* dipole with length of 5km).

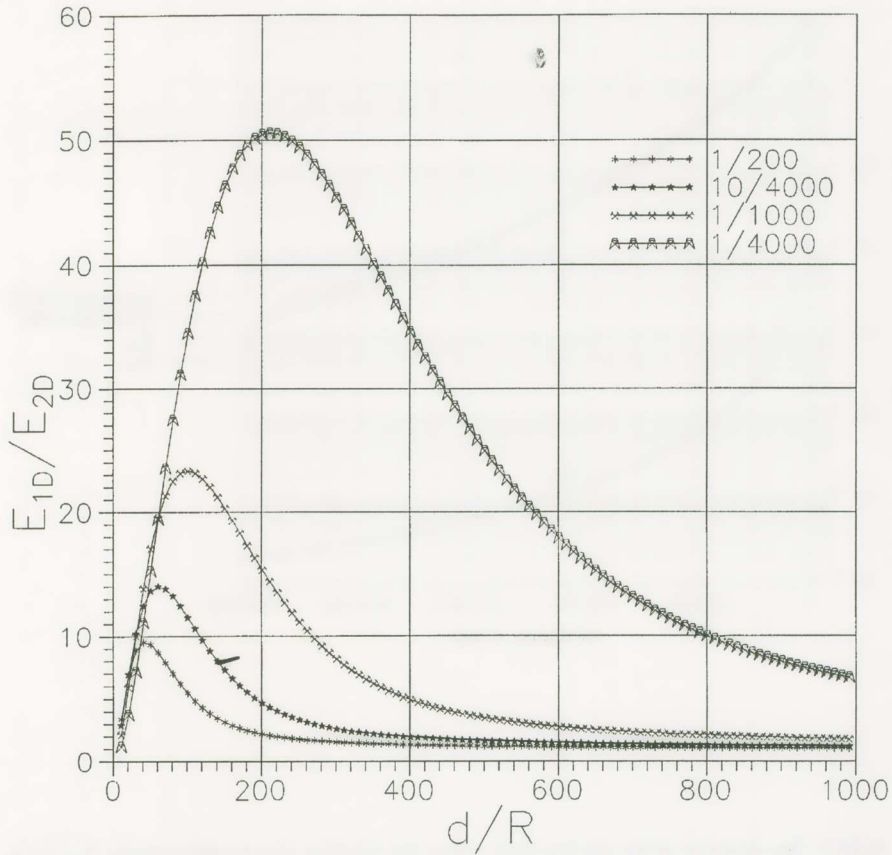


Fig. A.III.3. The ratio E_{1D}/E_{2D} (i.e. the electric field inside a conductive cylinder, with infinite length and radius R , over the electric field inside a conductive layer with width R and infinite surface) versus the distance d from a current dipole. The curves correspond to the following conductivity ratios: $\sigma'/\sigma = 1/4000, 1/1000, 10/4000$ and $1/200$ respectively.

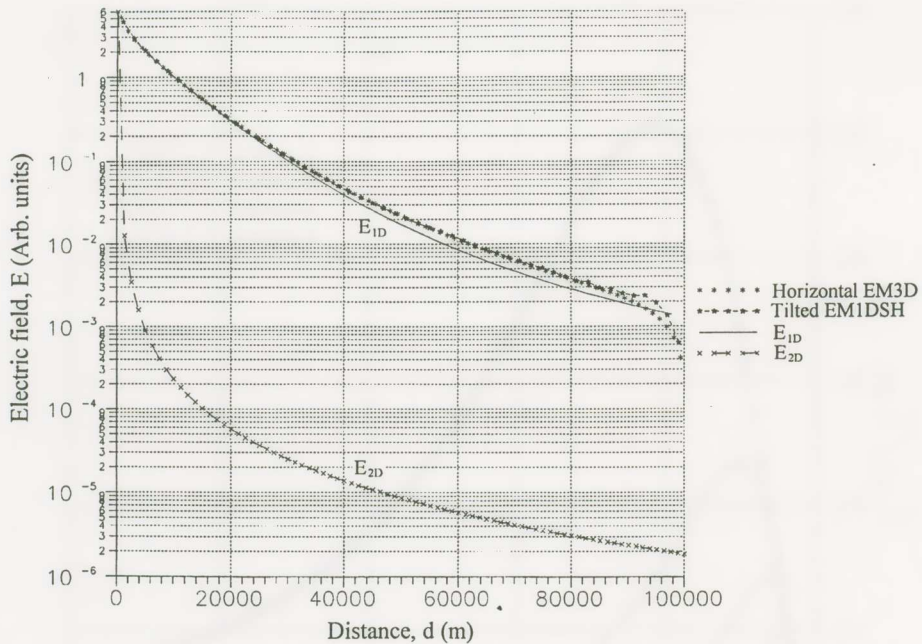


Fig. A.III.4. The decrease of the electric field versus the distance. Curve with crosses: E_{2D} for a conductive layer $R=500\text{m}$, resistivity= $10\Omega\text{m}$ (in a medium with resistivity= $4000\Omega\text{m}$). Continuous line: E_{1D} for a conductive cylinder $R=250\text{m}$ and resistivity= $7.85\Omega\text{m}$ [$\approx(\pi/2R)/50\text{S}$] embedded in a medium with resistivity= $4000\Omega\text{m}$; for the sake of comparison, we also depict the E_{1D} values calculated by: a) the EM1DSH program for the titled conductive channel (50 S) discussed in the text and b) the EM3D program (kindly forwarded by Prof. P. Wannamaker, Utah University) for a horizontal channel (50 S), with a length of 100km, lying at a depth of 5km in a two-layer earth (50m surface layer with $\rho_s=200\Omega\text{m}$ on a basement with $\rho_0=4000\Omega\text{m}$)(cf.

The E_{2D} and E_{1D} values should not be directly compared).

Acknowledgements. The first author would like to express his sincere thanks to Prof. K. Alexopoulos, Prof. Seiya Uyeda and Prof. David Lazarus for very useful discussions on the subject of the main text. We also thank Prof. Frank Morrison who drew our attention to the development of the EM1DSH program? we also acknowledge, with pleasure, the continuous help of Dr. M. Hoversten, in the application of this program. Useful discussions with Prof. F. Hadjioannou and A. Lahanas are greatly appreciated.

REFERENCES

- Bernard, P., J.L. Le Mouel, On electrotelluric signals, in *The Critical Review of VAN: Earthquake Prediction from Seismic Electric Signals*, ed. Sir J. Lighthill, World Scientific Publishing Co., Singapore, 118-152, 1996.
- Fraser-Smith, A.C., A. Bernardi, P.R. McGill, M.E. Ladd, R.A. Helliwell, and O.G. Villard, Jr., Low-frequency magnetic field measurements near the epicenter of the Ms 7.1 Loma Prieta earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 17, 1465-1468, 1990.
- Gruszow, S., J.C. Rossignol, A. Tzanis, and J.L. Le Mouel, Identification and analysis of electromagnetic signals in Greece: the case of the Kozani earthquake VAN prediction, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 2025-2029, 1996.
- Hadjicontis, V., and C. Mavromatou, Laboratory investigation of the electric signals preceding earthquakes, in *The Critical Review of VAN: Earthquake Prediction from Seismic Electric Signals*, ed. Sir J. Lighthill, World Scientific Publishing Co., Singapore, 105-117, 1996.
- Hoversten, G.M., and A. Becker, EM1DSH with EMMODEL a Motif GUI, *Numerical Modeling of multiple thin 3D sheets in a layered earth*, University of California at Berkeley, Engineering Geoscience Department, (June 12, 1995).
- Lazarus, D., Note on a possible origin for seismic electric signals, *Tectonophysics* 224, 265-267, 1993.
- Lazarus, D., Physical mechanisms for generation and propagation of seismic electrical signals, in *The Critical Review of VAN: Earthquake Prediction from Seismic Electric Signals*, ed. Sir J. Lighthill, World Scientific Publishing Co., Singapore, 91-96, 1996.
- Makris, J., Magnetotelluric inspection of Ioannina area, PhD Thesis, University of Athens, 1996.
- Morgan, D., A model for the explanation of SES-generation based on electrokinetic effect, paper presented at International Conference on Measurements and Theoretical Models of the Earths Field Variations Related to Earthquakes, Univ. Athens, Athens, Feb. 6 to Feb. 8, 1990.
- Nagao, T., M. Uyeshima and S. Uyeda, An independent check of VANs criteria for signal recognition, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 1441-1444, 1996.
- Park, S., M. Johnston, T. Madden, D. Morgan, and F. Morrison, Electromagnetic precursors to earthquakes in the VLF band: A review of observations and mechanisms, *Rev. Geophys.* 31, 117-132, 1993.

- Park, S.K., D.J. Strauss, and R.L. Aceves, in *The Critical Review of VAN: Earthquake Prediction from Seismic Electric Signals*, ed. Sir J. Lighthill, World Scientific Publishing Co., Singapore, 267-285, 1996.
- Slifkin, L., Seismic electric signals displacement of charged dislocations, *Tectonophysics* 224, 149-152, 1993.
- Slifkin, L., A dislocation model for seismic electric signals, in *The Critical Review of VAN: Earthquake Prediction from Seismic Electric Signals*, ed. Sir J. Lighthill, World Scientific Publishing Co., Singapore, 97-104, 1996.
- Teisseyre, R., Electric field generation in earthquake premonitory processes, in *Theory of Earthquake Premonitory and Fracture Processes*, edited by R. Teisseyre, pp. 282-303, Polish Scientific Publishers PWN Ltd, Warszawa, 1995.
- Uyeda, S., Introduction to the VAN method of earthquake prediction, in *The Critical Review of VAN: Earthquake Prediction from Seismic Electric Signals*, ed. Sir J. Lighthill, World Scientific Publishing Co., Singapore, 3-28, 1996.
- Varotsos, P., and K. Alexopoulos, Stimulated current emission in the earth and related geophysical aspects, in *Thermodynamics of Point Defects and their Relation with Bulk Properties*, edited by S. Amelinckx, R. Gevers and J. Nihoul, pp. 136-142, 403-406, 410-412, 417-420, North Holland, Amsterdam, 1986.
- Varotsos, P., and M. Lazaridou, Latest aspects of earthquake prediction in Greece based on Seismic Electric Signals, *Tectonophysics* 188, 321-347, 1991.
- Varotsos, P., K. Alexopoulos, and M. Lazaridou, Latest aspects of earthquake prediction in Greece based on seismic electric signals, II, *Tectonophysics* 224, 1-37, 1993.
- Varotsos, P., K. Eftaxias, and M. Lazaridou, Recent VAN results (in Japanese), *Jishin Journal*, 17, 18-26, 1994.
- Varotsos, P., K. Eftaxias, M. Lazaridou, G. Antonopoulos, J. Makris and J. Poliyiannakis, Summary of the five Principles suggested by Varotsos et al. [1996] and the additional questions raised in this debate, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 1449-1452, 1996a.
- Varotsos P., M. Lazaridou, K. Eftaxias, G. Antonopoulos, J. Makris and J. Kopanas, Short term earthquake prediction in Greece by Seismic Electric Signals, in *The Critical Review of VAN: Earthquake Prediction from Seismic Electric Signals*, ed. Sir J. Lighthill, World Scientific Publishing Co., Singapore, 29-76, 1996b.
- Varotsos, P., N. Sarlis, N. Bogris, K. Eftaxias, M. Lazaridou, and P. Kapiris, Reply to Identification and analysis of electromagnetic signals in Greece: the case of the Kozani earthquake VAN prediction, by S. Gruszow et al., *Geophys. Res. Lett.*, 1996c (submitted for publication); see also pp. 503 of the Proceedings of AGU Fall Meeting 1996 (*EOS*, 77, No 46, Nov. 12, 1996).
- Varotsos, P., K. Eftaxias, M. Lazaridou, K. Nomicos, N. Bogris, J. Makris, G. Antonopoulos and J. Kopanas. Recent earthquake prediction results in Greece based on the observation of Seismic Electric Signals. *Acta Geophysica Polonica*, Vol. XLIV, No. 4, 1996d
- Zhdanov, M.S., and G.V. Keller. *The Geoelectrical Methods in Geophysical Exploration*. Elsevier, Amsterdam, 1994

Contents

Introduction

The model for the SES transmission at long distances
 Selection of the values of the parameters used in the calculation
 Calculation of the electric field values
 Calculation of the magnetic field variations
 Discussion and Conclusions

Appendix I. The physical basis of the $\Delta V/L$ -criterion. Discrimination of true SES from artificial signals when using a combination of short and long dipoles.

Case A. The noise source and the remote electrode of the long dipole lie on the same side in respect to the measuring site.

Case B. The noise source lies at the other side, in respect to the measuring site, from the remote electrode of the long dipole.

The case of a point current dipole buried at significant depths.

Comparison of the recordings of two symmetric dipoles (i.e., long and short). Why the asymmetric configuration should be used.

Study of the $\Delta V/L$ -values when two (almost parallel) long dipoles are operating simultaneously with a short dipole array.

Investigation of the validity of the $\Delta V/L$ -criterion in the case of the SES transmission model suggested in the main text.

Concluding remarks of Appendix I.

Appendix II. Summary of the arguments that invalidate Gruszow et al.'s [1996] claims.

Non compatibility of the magnetic field observations of *Gruszow et al* [1996] with nearby artificial sources.

Non compatibility of electrical observations with *Gruszow et al.'s* [1996] claim on nearby artificial sources.

Remarks on the validity of the four VAN criteria for the SES of Grevena-Kozani 6.6 EQ.

The misuse of $\Delta V/L$ -criterion by *Gruszow et al.* [1996] at their electrical measurements.

Concluding remarks of Appendix II.

Appendix III. Solution of the boundary value problems: Conductive cylinder or conductive layer embedded in a less conductive medium.

A. Conductive cylinder inside a medium with smaller conductivity.

Point current source in the center of the cylinder.

The case of a dipole current source.

B. Conductive layer inside a medium with smaller conductivity.

Current dipole source inside the layer.

References

Περίληψη

Ένα πιθανό πρότυπο για την εξήγηση της επιλεκτικότητας των Σεισμικών Ηλεκτρικών Σημάτων (SES)

Σε προηγούμενες δημοσιεύσεις, άλλες ερευνητικές ομάδες διατείνονται ότι για να ανιχνευθούν σεισμικά ηλεκτρικά σήματα (SES) σε επικεντρωμένες αποστάσεις $r \approx 100\text{km}$, πρέπει να εκπέμπονται ρεύματα τεράστιας έντασης, από την εσπιακή περιοχή του επερχόμενου σεισμού. Σε αυτό το δημοσίευμα προτείνεται ένα πρότυπο, το οποίο εξηγεί ότι ακόμη και ρεύματα έντασης 1A είναι ικανά να δώσουν ανιχνεύσιμα SES σε απόσταση $r \approx 100\text{km}$. Αυτό το πρότυπο αποδεικνύει ότι τα σήματα SES είναι ανιχνεύσιμα μόνο σε ορισμένες περιοχές, εξηγώντας έτσι το φαινόμενο της επιλεκτικότητας. Επίσης αποδεικνύεται ότι μόνο για μεγάλους σεισμούς με μέγεθος 6.5-7.0 μπορεί να ανιχνευθεί μεταβολή του μαγνητικού πεδίου συνοδεύουσα τα SES. Αυτό ακριβώς παρατηρήθη στον σεισμό 6.6 της περιοχής Κοζάνης-Γρεβενών.

Επίσης, σε ένα ξεχωριστό Κεφάλαιο, δίδεται περιληπτικά η φυσική βάση του κριτηρίου $\Delta V/L = \text{σταθερό}$. Αποδεικνύουμε ότι, όταν τα ηλεκτρόδια των διπόλων μεγάλου μήκους εγκαθίστανται κατάλληλα (δηλ. με έναν τρόπο που έχει προταθεί από το BAN αρκετά χρόνια πριν), οι αντίστοιχες τιμές $\Delta V/L$ που οφείλονται σε τεχνητές πηγές εγκατεστημένες σε αποστάσεις έως και αρκετά χιλιόμετρα από το σημείο μέτρησης, διαφέρουν σημαντικά από τις αντίστοιχες τιμές των μικρών διπόλων και ως εκ τούτου οδηγούν σε μία εύκολη αναγνώριση του θορύβου.

Σε ένα επιπρόσθετο ξεχωριστό Κεφάλαιο συζητούμε τους ισχυρισμούς των Gruszow et al. [1996], δηλ. ότι τα SES που συσχετίζονται με τον σεισμό 6.6 Κοζάνης-Γρεβενών μπορούν να αποδοθούν σε μία κοινή βιομηχανική πηγή η οποία εξέπεμψε ένα τεράστιο ρεύμα. Αποδεικνύουμε ότι ο ισχυρισμός αυτός είναι σε δυσαρμονία και με την θεωρία και με τα πειραματικά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, εάν αυτά τα σήματα οφείλοντο σε βιομηχανική πηγή: (α) αυτά έπρεπε να συνοδεύονται με μαγνητικές μεταβολές κυρίως της οριζοντίου συνιστώσας, ενώ η παρατηρηθείσα μαγνητική μεταβολή κατεγράφη κυρίως στην κατακόρυφη συνιστώσα και (β) οι μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου θα έπρεπε να έχουν πλάτος δύο τάξεις μεγέθους μεγαλύτερο από αυτό που παρατηρήθη. Επί πλέον οι Gruszow et al. [1996] δεν εχρησιμοποίησαν ορθώς τα δεδομένα BAN, π.χ. δεν εφήρμοσαν ορθώς το κριτήριο $\Delta V/L = \text{σταθερό}$, και ως εκ τούτου κανένα από τα επιχειρήματά τους δεν ευσταθεί.

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 5ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1996

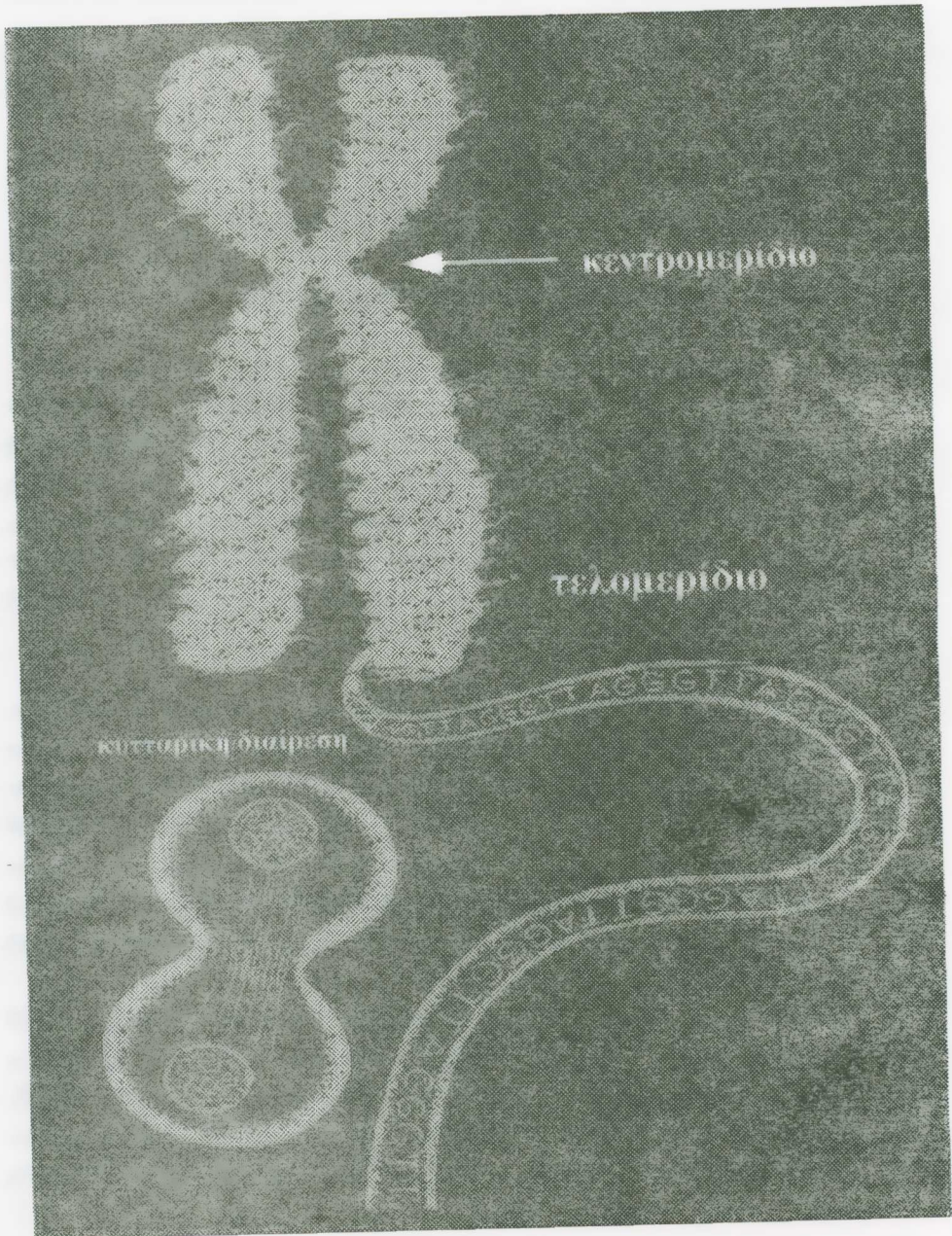
ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΙΩΑΝΝΟΥ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ

ΙΑΤΡΙΚΗ.— Μηχανισμός επίμηκύνσεως τῶν τελομεριδίων τῶν χρωμοσωμάτων τῶν καρινικῶν κυττάρων ὁ ὁποῖος εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τῆς δράσης τῆς τελομεράσης καὶ σχετίζεται μὲ ἀνευπλοειδία, ἀπώλεια τῆς ἑτεροζυγωτίας καὶ ἑτερογένεια τοῦ ὄγκου, ὑπὸ Σ. Γκάγκου, Δ. Ἡλιόπουλου, Σ. Τσελένη-Μπαλαφούτα, Μ. Ἀγαπητοῦ, Χ. Ἀνταχόπουλου, Α. Κωστάκη, Π. Καραγιαννάκου, καὶ Γρ. Δ. Σκαλιέα*, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Γρ. Δ. Σκαλιέα.

Κάθε ἓνα ἀπὸ τὰ 23 χρωμοσώματα τὰ ὁποῖα συνιστοῦν τὸν καρυότυπο 46 χρωμοσωμάτων τοῦ ἀνθρώπου, ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πανομοιότυπα δίκλινα μόρια DNA, τὰ ὁποῖα συνδέονται μεταξύ τους σὲ μικροσκοπικὰ ὄρατῆ περίσφιξη τοῦ ὀνομάζεται κεντρομερίδιο. Τὰ ἄκρα τῶν μορίων αὐτῶν δὲν εἶναι ὄρατὰ στὸ συμβατικὸ μικροσκόπιο. Εἶναι μονόκλινα καὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἐπαναλαμβανόμενη ἀλληλουχία 5600 ἕως 8500 βάσεων τοῦ ἑξανουκλεοτιδίου TTAGGG, ἡ ὁποία συνδέεται μὲ εἰδικὲς τελομεριδιακὲς πρωτεῖνες καὶ παρουσιάζει ἰδιόμορφη τεταρτοταγὴ δομὴ (Allsopp et al., 1992).

Τελομερίδια ὀνομάζονται τὰ φυσικὰ ἄκρα τῶν χρωμοσωμάτων (Σχ. 1). Ἡ ὀνομασία του προέρχεται ἀπὸ τὶς ἑλληνικὲς λέξεις **τέλος** καὶ **μέρος** καὶ ἐμφανίζεται γιὰ πρώτη φορὰ στὴ βιβλιογραφία τοῦ 1938 ἀπὸ τὸν πρωτοπόρο τῆς γενετικῆς Η. J. Muller. Σύμφωνα μὲ τὴν Β. McClintock (1941), τὰ τελομερίδια παίζουν σημαντικὸ ρόλο στὴν προστασία τῶν χρωμοσωμάτων ἀπὸ ἀνεπιθύμητους ἀνασυνδυασμοὺς καὶ μεταλλάξεις (Counter et al., 1992).

* S. GAGOS, D. ILLIOPOULOS, S. TSELENI-BALAFOUTA, M. AGAPITOS, CH. ANTAHOPOULOS, A. KOSTAKIS, P. KARAYANNAKOS and GR. SKALKEAS, **A telomerase independent chromosomal mechanism of telomere elongation related to aneuploidy, loss of heterozygosity, and tumor heterogeneity.**



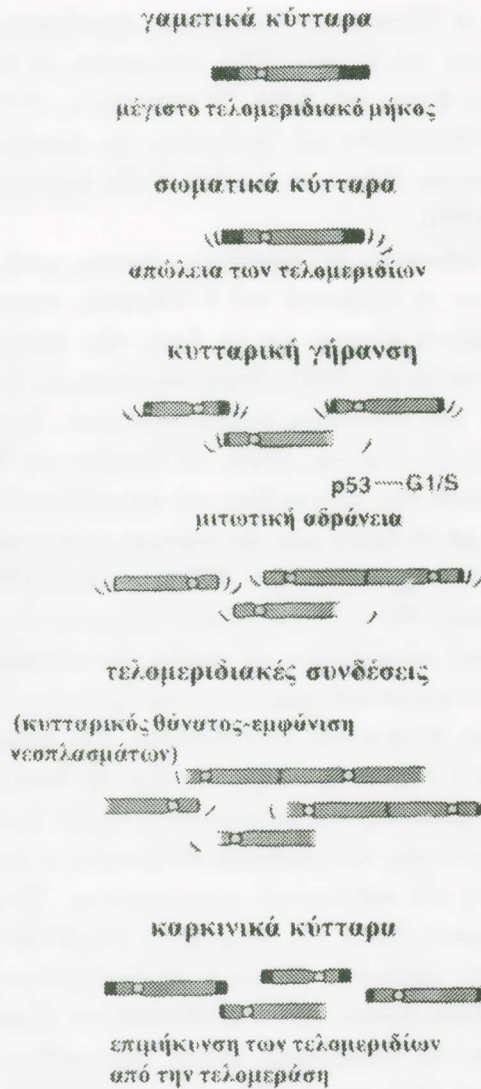
Σχήμα 1: Τὰ τελομερίδια είναι μονόκλωνες επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες του εξανουκλεοτιδίου TTAGGG. Συνδεδεμένα με ειδικές πρωτεΐνες βρίσκονται στα άκρα των χρωμοσωμάτων και προστατεύουν το γραμμικό μόριο του DNA από ανεπιθύμητους ανασυνδυασμούς και μεταλλάξεις. Σε κάθε κυτταρική διαίρεση τὰ σωματικά κύτταρα χάνουν ένα μικρό τμήμα τῆς τελομεριδιακῆς αλληλουχίας. (τροποποιημένο από New York Times).

Από το 1973, οι Watson και Olovnikov, εργαζόμενοι ανεξαρτήτως, διαπίστωσαν την αδυναμία του ενζύμου DNA πολυμεράση να αντιγράψει πλήρως το 3' άκρο της δίκλωνης έλικας του DNA. Ο περιορισμός αυτός, έκτοτε είναι γνωστός ως «άρχη του Olovnikov» και υποδηλώνει την ανεπάρκεια του μηχανισμού αντιγραφής να πολυμερίσει πλήρως το ένα από τα δύο άκρα του γραμμικού χρωμοσώματος (Greider, 1990).

Είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον ότι πρωτόζωα, μύκητες, φυτά, βακτήρια και άνθρωποι οργανισμοί όπως τα θηλαστικά και ο άνθρωπος, παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες όσον αφορά τη σύσταση και τη δομή των τελομεριδίων των χρωμοσωμάτων τους (Meyene et al., 1990). Στους περισσότερους οργανισμούς, τα τελομερίδια αποτελούνται από μονόκλινα επαναλαμβανόμενα όλιγονουκλεοτίδια πλούσια σε γουανίνη (πολύ-G) (Zakian, 1995). Οι Greider και Blackburn το 1987, έδειξαν ότι η επιμήκυνση των τελομεριδίων του πρωτοζώου *Tetrahymena* επιτυγχάνεται ενζυματικώς με τη δράση μίας αντίστροφης μεταγραφάσης την οποία ονόμασαν **τελομεράση**. Τρία χρόνια μετά, οι Wilkie και συν. (1990) παρατήρησαν σε ασθενή με α-θαλασσαιμία έλλειμμα του τελικού τμήματος του μικρού βραχίονα του χρωμοσώματος 16 που περιελάμβανε τα γονίδια της α-σφαιρίνης. Αξιοσημείωτο ήταν ότι το άκρο του έλλειμματικού χρωμοσώματος είχε επιδιορθωθεί με την προσθήκη των τελομεριδιακών αλληλουχιών (TTAGGG)_n. Τον επόμενο χρόνο, ο Morin (1991) απέδειξε πως η ανθρώπινη τελομεράση είχε την ικανότητα να αναγνωρίσει τις αλληλουχίες που βρίσκονται στο συγκεκριμένο σημείο θραύσεως του 16p, και να προσθέσει τις απαραίτητες τελομεριδιακές αλληλουχίες οι οποίες ήταν αναγκαίες για τη σταθεροποίηση του παθολογικού χρωμοσώματος. Είναι πολύ πιθανόν ότι παρόμοια σταθεροποιητική δράση της τελομεράσης μπορεί να λαμβάνει χώρα και σε άλλα σύνδρομα που οφείλονται σε τελικά χρωμοσωμικά μικροελλείμματα όπως είναι τα σύνδρομα Miller-Dieker και Wolf-Hirschhorn (Lamp et al., 1993).

Η ζωτική δράση της τελομεράσης, έκτοτε παρατηρήθηκε σε πολλούς άλλους οργανισμούς και από το 1994 πιστοποιήθηκε και στον άνθρωπο (Kim et al., 1994). Η ανθρώπινη τελομεράση είναι ένα λειτουργικό σύμπλοκο πρωτεϊνών και RNA, τη δράση του οποίου μπορούμε να ανιχνεύσουμε άμεσα και έμμεσα σε γαμετικά κύτταρα και κακοήθεις όγκους (Morin, 1989, Zakian, 1995). Ο πλήρης συνδυασμός των υπευθύνων γονιδίων δεν έχει ακόμη αποκαλυφθεί (Jazwinski, 1996).

Πρόσφατα, απομονώθηκε και κλωνίσθηκε ένα από τα γονίδια που κωδικοποιεί πρωτεΐνη η οποία συνδέεται με το ριβονουκλεϊκο-πρωτεϊνικό σύμπλοκο της τελομεράσης των θηλαστικών (Harrington et al., 1997). Η πρωτεΐνη αυτή ονομάστηκε TP1 (telomerase-associated protein 1), και παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με



Σχήμα 2: Η τελομεριδιακή θεωρία του καρκίνου. Στον άνθρωπο τα γαμετικά κύτταρα θεωρούνται ότι διαθέτουν το μέγιστο τελομεριδιακό μήκος. Κατά την ανάπτυξη του οργανισμού, με τις άλλεπάλληλες κυτταρικές διαιρέσεις, σταδιακά χάνεται σημαντικό μέρος από τα τελομερίδια και τα χρωμοσώματα των σωματικών κυττάρων παραμένουν "ακάλυπτα". Σ' αυτό το στάδιο τα περισσότερα σωματικά κύτταρα παύουν να διαιρούνται. Αν τα κύτταρα ξεφύγουν από τους μηχανισμούς έλεγχου (p53), τότε παρουσιάζουν παθολογική κυτταρική διαίρεση και συχνά εμφανίζουν τελομεριδιακές συνδέσεις και δικεντρικά χρωμοσώματα. Στα καρκινικά κύτταρα τα όποια παρουσιάζουν ικανότητες συνεχούς πολλαπλασιασμού, ύφίστανται μηχανισμοί που διατηρούν το τελομεριδιακό μήκος σταθερό και συντηρούν τις δυνατότητες κυτταρικής διαίρεσης. (τροποποιημένο από Titia de Lange, 1994).

τήν πρωτεΐνη p80 ή οποία είναι βασικό συστατικό της τελομεράσης της *Tetrahymena*. Το πρωτόζωο αυτό είναι ό μοναδικός οργανισμός στον οποίο έχει απομονωθεί και χαρακτηρησθεί πλήρως ή βιοχημική δομή του ριβονουκλεϊνο-πρωτεϊνικού συμπλόκου της τελομεράσης. Η τελομεράση της *Tetrahymena* είναι σύμπλοκο που περιλαμβάνει ένα μόριο RNA και δύο πρωτεΐνες τις p80 και p95. Η p80 συνδέεται ειδικά με το μόριο του RNA, ενώ ή p95 αλληλεπιδρά με το μονόκλωνο τελομερδιακό DNA (Collins et al., 1995).

Τό 1991 ό Hurley διατύπωσε τήν τελομερδιακή θεωρία της γηράνσεως. Κατά τή θεωρία αυτή, εκτός από τά γαμετικά κύτταρα, τά περισσότερα σωματικά κύτταρα, σε κάθε νέα κυτταρική διαίρεση, χάνουν μέρος γενετικού υλικού από τά άκρα τών χρωμοσωμάτων τους. Στόν άνθρωπο, έχει υπολογισθεί ότι περίπου 30 βάσεις τελομερδιακού μήκους χάνονται κάθε έτος. Τά σωματικά κύτταρα γερνούν. Ύστερα από έναν όρισμένο και πεπερασμένο αριθμό κυτταρικών διαιρέσεων, τό κύτταρο έχει πλέον χάσει μεγάλο μέρος της τελομερδιακής του αλληλουχίας και τά άκρα τών χρωμοσωμάτων παραμένουν «ακάλυπτα». Τά κύτταρα τότε εισέρχονται σε μία παρατεταμένη κατάσταση ήρεμίας, δέν διαιροούνται και σταδιακά πεθαίνουν (Hurley et al., 1990).

Ό αριθμός τών κυτταρικών διαιρέσεων που μπορούν φυσιολογικά κύτταρα να πραγματοποιήσουν *in vitro*, δέν είναι άπερίοριστος. Για παράδειγμα, ίνοβλάστες που άπομονώνονται από βιοψίες φυσιολογικού δέρματος, έμφανίζουν διαφορετικές δυνατότητες πολλαπλασιασμού σε κυτταρική καλλιέργεια, οι όποίες μάλιστα είναι άνάλογες με τήν ήλικία του δότη. Άπό τό 1959, τά πειράματα τών Moorehead και Hayflick, έδειξαν ότι κύτταρα τά όποια προέρχονται από βιοψίες δέρματος παιδιών, άν τεθούν σε κυτταρικές καλλιέργειες, μπορούν να διπλασιάσουν τόν αριθμό τους περίπου 100 ή περισσότερες φορές ενώ τά αντίστοιχα κύτταρα από έναν άνθρωπο 60 χρονών δέν πολλαπλασιάζονται παρά μόνον 20 φορές (Hayflick, 1965). Φαίνεται λοιπόν ότι τά σωματικά κύτταρα διαθέτουν ένα έγγενές βιολογικό ρολόι που έχει τή δυνατότητα να μετρά τόν αριθμό τών κυτταρικών διπλασιασμών (Hurley, 1991).

Τί συμβαίνει όταν τά κύτταρα παύουν να διαιροούνται; Τά κύτταρα αυτά δέν πεθαίνουν, περνούν όμως σε μιá φάση ήρεμίας κατά τήν όποία συνεχίζουν να έπιτελούν τις φυσιολογικές τους λειτουργίες μέχρις ότου πεθάνουν. Η κατάσταση αυτή όνομάζεται κυτταρικός μαρασμός (senescence). Τά κύτταρα που γερνούν παρουσιάζουν παθολογική κυτταρική διαίρεση (Shay et al., 1992). Συχνά παρατηρούνται τυχαίες συνδέσεις μεταξύ τών άκρων διαφορετικών χρωμοσωμάτων (τελομερδιακές συνδέσεις). Οι διαταραχές αυτές προκαλούν έκτεταμένη γενετική αστάθεια ή όποια τις περισσότερες φορές μπορεί να όδηγήσει σε κυτταρικό θάνατο και

σέ όρισμένες περιπτώσεις σέ νεοπλασία (Hastie et al., 1990, Shay et al., 1993, de Lange, 1994).

Στή δεκαετία πού διανύουμε, ή διεθνής έρευνα κατά τοϋ καρκίνου έχει στρέψει τήν προσοχή της στα τελομερίδια τών χρωμοσωμάτων. Στα καρκινικά κύτταρα, έκτος από τήν ένεργοποίηση τών ειδικών γονιδίων πού συνδέονται με τόν ανεξέλεγκτο πολλαπλασιασμό (όγκογονίδια), ή τήν άπενεργοποίηση τών όγκοκατασταλτικών γονιδίων, ύφίστανται μηχανισμοί διατηρήσεως τοϋ μήκους τών τελομεριδίων οί όποιοι συντηροϋν τήν ικανότητα συνεχούς πολλαπλασιασμοϋ (Zakian, 1995) (Σχ. 2). Η μελέτη τών μηχανισμών αυτών μπορεί νά προσφέρει οϋσιαστικές λύσεις στην καταπολέμηση τοϋ καρκίνου, αλλά και δυνατότητες διαρκούς ανανέωσης τών φυσιολογικών ιστών.

Ένας μεγάλος αριθμός προσφάτων δημοσιεύσεων παρέχει πολϋ σημαντικά στοιχεία. Οί περισσότερες μελέτες βασίζονται σέ έμμεση διαπίστωση τής δράσης τής τελομεράσης πού πραγματοποιείται κυρίως με δύο τρόπους. Η πρώτη μέθοδος πού ονομάζεται TRF (Terminal Restriction Fragment), έπιτρέπει τή μέτρηση τοϋ συνολικοϋ τελομεριδικοϋ μήκους σέ ένα δείγμα κυτταρικοϋ υλικοϋ. Η μέθοδος TRF βασίζεται στη χρήση ειδικών περιοριστικών ένζυμων πού αναγνωρίζουν και κόβουν τò DNA στις τελομεριδικές άλληλουχίες. Άκολουθεϊ μεταφορά κατά Southern, για τήν αξιολόγηση τοϋ τελομεριδικοϋ μήκους ένòς ιστοϋ ή ένòς κυτταρικοϋ πληθυσμοϋ (Rogalla et al., 1996). Η δεύτερη μέθοδος βασίζεται στην άλυσιδωτή αντίδραση τής DNA πολυμεράσης (PCR), ονομάζεται TRAP (Telomeric Repeat Amplification Protocol) και έπιτρέπει τήν ανίχνευση τής δράσεως τοϋ ένζυμου με έξαιρετική εύαισθησία (Kim et al., 1994).

Αϋξημένη έκφραση τής τελομεράσης έχει περιγραφεί σέ πολλούς τύπους μετασχηματισμένων κυτταρικών σειρών (Kim et al., 1994, Small et al., 1996), και κακοήθων νεοπλασμάτων συμπεριλαμβανομένων λευχαιμιών (Shay et al., 1996a, Shay και Wright, 1996b), λεμφωμάτων (Norrback et al., 1996), ήπατοκυτταρικών καρκίνων (Nouso et al., 1996), όγκων τοϋ μαστοϋ (Sugino et al., 1996), τοϋ παχέος έντέρου (Li et al., 1996) και τών νεφρών (Mehle et al., 1996).

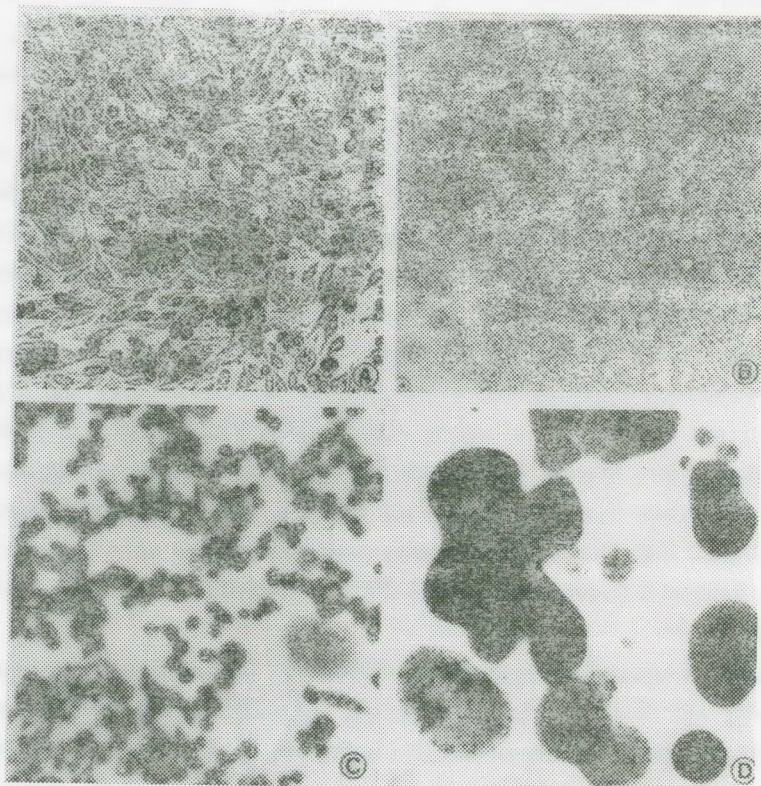
Παρά τή γενικευμένη διαπίστωση ότι ένα από τὰ πιò κοινὰ χαρακτηριστικά όλων τών κακοήθων νεοπλασμάτων είναι ή έκφραση τής τελομεράσης (Axelrod, 1996), άξίζει νά σημειωθεί ότι έχουν περιγραφεί αρκετές άθánατες καρκινικές κυτταρικές σειρές οί όποιες αν και διατηροϋν τή δυνατότητα συνεχούς πολλαπλασιασμοϋ, δέν παρουσιάζουν ανιχνεύσιμα επίπεδα τοϋ ένζυμου (Bryan et al., 1995). Οί Gupta και συν. (1996), αναφέρουν ότι τò 50% τών ρετινοβλαστωμάτων πού έξετάσθηκαν με τήν ύπερευαίσθητη μέθοδο TRAP δέν έκφράζει τελομεράση.

Δραστηριότητα τῆς τελομεράσης σὲ φυσιολογικά σωματικά κύτταρα ἔχει περιγραφεῖ ἀπὸ τοὺς Morrison καὶ συν. (1996). Ἡ δράση τοῦ ἐνζύμου σχετίσθηκε ἄμεσα μὲ τὴν ἀναγεννητικὴ ἱκανότητα ἀνθρωπίνων κυττάρων τοῦ αἰμοποιητικοῦ καὶ τοῦ ἀνοσοποιητικοῦ συστήματος (Weng et al., 1996). Ἡ ομάδα τοῦ Morrison, διαπίστωσε χαμηλὴ μὲν, ἀλλὰ ἀνιχνεύσιμη δράση τῆς τελομεράσης στὸ 70% τῶν βλαστικῶν κυττάρων τοῦ μυελοῦ τῶν ὀστέων. Ἀνάλογα ἀποτελέσματα προέκυψαν ὅταν μελετήθηκαν καὶ ἄλλοι ἴστοι ποὺ εἶναι γνωστὸ ὅτι ἔχουν αὐξημένες ἀναγεννητικὲς δυνατότητες ὅπως εἶναι π.χ. τὰ κύτταρα τῆς ἐπιδερμίδας (Yasumoto et al., 1996).

Σὲ ἀντίθεση πρὸς τὰ φυσιολογικά, τὰ καρκινικά κύτταρα ἔχουν θεωρητικά, ἀπεριόριστες ἱκανότητες πολλαπλασιασμοῦ. Ἄν μάλιστα ἐγκλιματισθοῦν σὲ πειραματικές συνθῆκες κυτταρικής καλλιέργειας, τὰ κύτταρα αὐτὰ καθίστανται «ἀθάνατα», δηλαδή πολλαπλασιάζονται διαρκῶς καὶ ἀποτελοῦν τὶς λεγόμενες συνεχεῖς κυτταρικές σειρές. Κύτταρα τῶν συνεχῶν κυτταρικῶν σειρῶν ἂν τροφοδοτοῦνται μὲ τὰ κατάλληλα θρεπτικά συστατικά μποροῦν νὰ ἀναπτύσσονται ἐπ' ἀόριστον, νὰ ψύχονται καὶ νὰ ἀποψύχονται καὶ νὰ «ζοῦν» πολλὰ χρόνια μετὰ ἀπὸ τὸ θάνατο τοῦ φυσικοῦ τους δότη (Smith καὶ Pereira Smith, 1996). Ἐνα τέτοιο παράδειγμα ἀποτελοῦν οἱ κυτταρικές σειρές SW480 καὶ SW620, τὶς ὁποῖες χρησιμοποίησαμε στὶς μελέτες μας. Τὰ κύτταρα αὐτὰ προέρχονται ἀπὸ ἀσθενῆ μὲ ἀδενοκαρκίνωμα τοῦ παχέος ἐντέρου ὁ ὁποῖος ἀπεβίωσε τὸ 1973 (Leibovitz et al., 1976, Leibovitz et al., 1979).

Κατὰ τὸ χρονικὸ διάστημα 1991-1993, στὸ Ἐργαστήριο Πειραματικῆς Χειρουργικῆς καὶ Χειρουργικῆς Ἑρεῦνης τῆς Ἰατρικῆς Σχολῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, τὸ ὁποῖο διευθύνεται ἀπὸ τὸν καθηγητὴ Π. Γ. Καραγιαννάκο, πραγματοποιήσαμε σειρὰ πειραμάτων σὲ ζῶντα κύτταρα τῆς κυτταρικής σειρᾶς SW480. Σιοπὸς τῆς ἐρευνητικῆς μας προσπάθειας ὑπῆρξε ἡ μελέτη τῆς ἐπιδράσεως τοῦ ἀνοσοκατασταλτικοῦ φαρμάκου Κυκλοσπορίνη-Α, στὴν πειραματικὴ ἀνάπτυξη καρκίνου τοῦ παχέος ἐντέρου *in vitro* σὲ ἀθυμικούς ποντικούς καὶ *in vitro* σὲ κυτταρικές καλλιέργειες. Σὲ κάθε στάδιο τῆς μελέτης μας, ἡ ἐπίδραση τῆς κυκλοσπορίνης ἐπὶ τοῦ γενετικοῦ ὕλικου τῶν καρκινικῶν κυττάρων ἐλέγχθηκε μὲ τὴ μέθοδο τῆς ἀνάλυσης τοῦ καρυοτύπου (Σκαλκέας καὶ συν., 1993).

Ἡ ἐξέταση τῶν χρωμοσωμάτων ἐπέτρεψε τὴ συνολικὴ ἐκτίμηση τῶν μεταβολῶν τοῦ γενετικοῦ ὕλικου τῶν καρκινικῶν κυττάρων ἀλλὰ καὶ τῆς ἐκτεταμένης ἑτερογένειας τοῦ ὄγκου. Σὲ κάθε χρονικὴ στιγμή τῆς ἀναπτύξεως τῆς SW480, οἱ διαφορετικοὶ κυτταρικοὶ ὑποπληθυσμοὶ ἦταν δυνατό νὰ ταυτοποιηθοῦν μὲ κριτήριο ἰδιότυπες χρωμοσωμικές διαταραχὲς οἱ ὁποῖες ἦταν χαρακτηριστικές γιὰ κάθε ὑποκλώνο (Φωτ. 5). Ὑπὸ τὶς συνθῆκες τῶν πειραμάτων μας, ὀρισμένοι κυτταρικοὶ πλη-



Φωτογραφία 1: "Μορφολογική έτερογένεια σε μικροφωτογραφίες καρκινικών κυττάρων των κυτταρικών σειρών SW480 και SW620, σε κυτταρικές καλλιέργειες.

A: κύτταρα της SW480 όπως αναπτύσσονται σε μονόστιβη κυτταροκαλλιέργεια. B: κύτταρα της SW620 που παρουσιάζουν σφαιρική μορφολογία. C: στοιχεία κυτταρικού θανάτου σε καλλιέργεια της SW480 (τα κύτταρα αυτά εμφάνισαν πολύ ύψηλα ποσοστά τελομεριδιακών συνδέσεων και δικεντρικών χρωμοσωμάτων) (A, B, C: X 100).

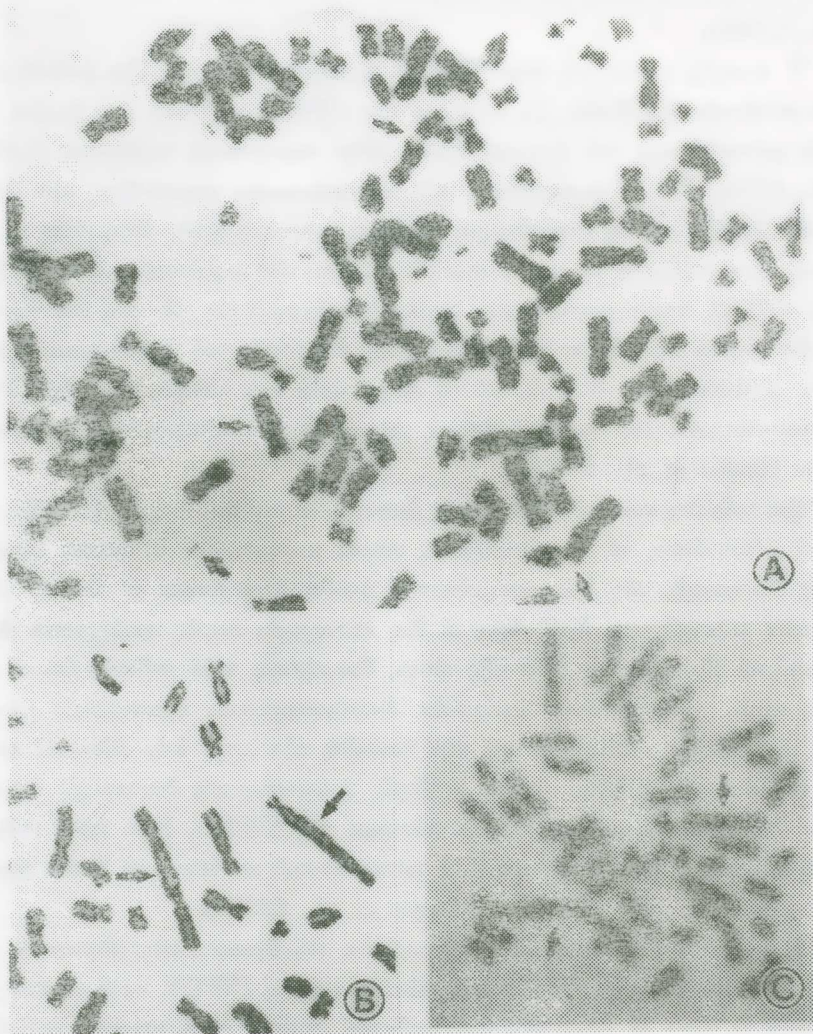
D: Στοιχεία κυτταρικού θανάτου σε μεγαλύτερη μεγέθυνση (X 1.000). Άλλαγες στη μορφολογία και τη δομή της χρωματίνης καθώς και δημιουργία μικροπυρήνων (Χρώση Giemsa) (άπό: Gagos et. al., 1996).

θυσμοί φάνηκε ότι ήταν έπιλεκτικά πλεονεκτικότεροι. Οί ιδιόμορφες χρωμοσωμικές διαταραχές που παρουσίαζαν αυτοί οί υποπληθυσμοί, συσχετίσθηκαν με γονιδιακές περιοχές υπεύθυνες για τήν έπιθετική συμπεριφορά του νεοπλάσματος (Gagos et al., 1995b).

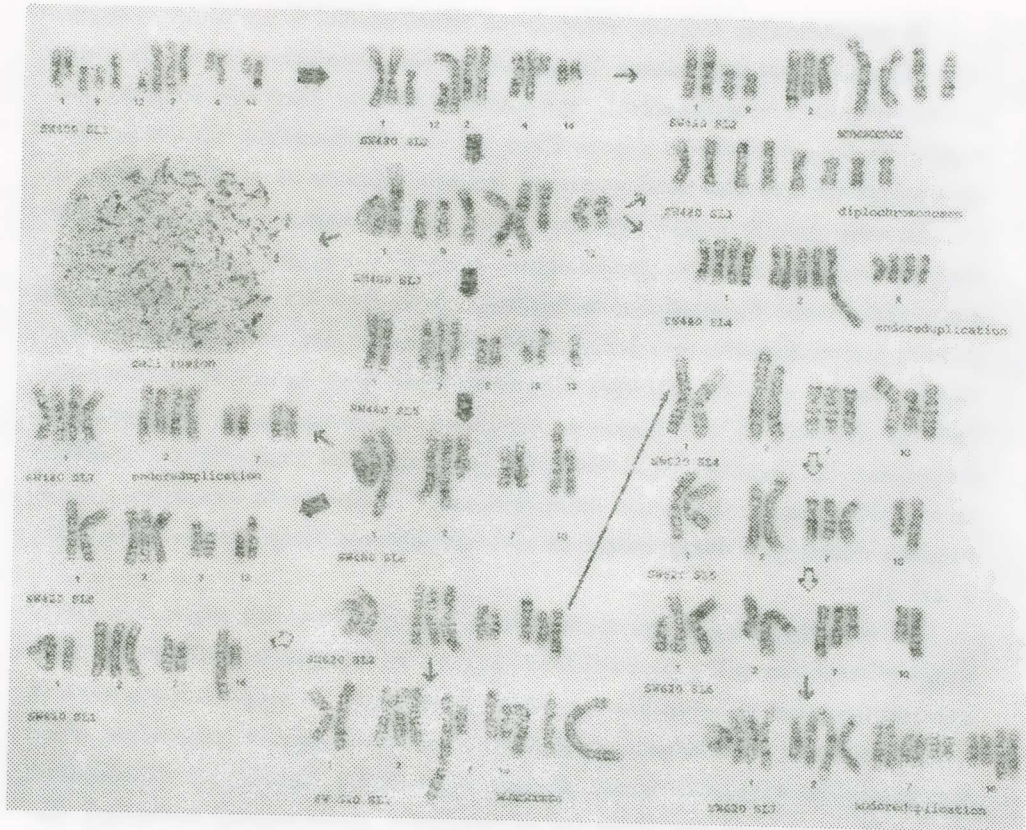
Ή συνεχής κυτταρική σειρά SW620, προέρχεται από τόν ίδιο άσθενή από τόν όποιο προέκυψε ή SW480. Τά κύτταρα τής SW620 προήλθαν από βιοψία λεμφογενούς μεταστάσεως του άρχικοϋ όγκου στην περιτοναϊκή κοιλότητα (Leibovitz et al., 1976). Για νά συγκρίνουμε τούς καρυοτυπικούς χαρακτήρες τών δύο κυτταρικών σειρών και νά έντοπίσουμε σταθερές χρωμοσωμικές άνωμαλίες οί όποϊες πιθανόν νά σχετίζονται με μεταστατική ικανότητα τών καρκινικών κυττάρων (Gagos et al. 1995a), πραγματοποιήσαμε σειρά άνακαλλιέργειών τών δύο άνωτέρω κυτταρικών σειρών στο Έργαστήριο Κυτταρικής Γενετικής του άντικαρκινικοϋ κέντρου M. D. Anderson τών Η.Π.Α., με τή συνεργασία του καθηγητή κ. Sen Pathak. Τά άποτελέσματά μας έπιβεβαίωσαν τή μονοκλωνική προέλευση τών δύο κυτταρικών σειρών (Gagos et al., 1995b).

Έπί τρία έτη συνεχούς κυτταρικής άναπτύξεως και παρά τήν έκτεταμένη καρυοτυπική έτερογένεια, οί δύο κυτταρικές σειρές παρουσίασαν όρισμένες χαρακτηριστικές διαταραχές τών χρωμοσωμάτων οί όποϊες ήταν κοινές σε όλα τά κύτταρα τά όποια μελετήθηκαν. Καθ' όσον οί δύο κυτταρικές σειρές προέρχονται από δύο διαφορετικά έξελικτικά στάδια τής νόσου, θεωρήσαμε πολϋ πιθανόν ότι οί ταυτόσημες αυτές χρωμοσωμικές άνωμαλίες άντιπροσωπεϋουν πρωτογενείς χρωμοσωμικές άναδιατάξεις υπεύθυνες για τήν κακοήθη έξαλλαγή ένός άδενικοϋ κυττάρου από τó έντερικό έπιθήλιο. Όσες σταθερές χρωμοσωμικές διαταραχές παρατηρήθηκαν άποκλειστικά και σε όλα τά κύτταρα τής SW620, ήταν πολϋ πιθανόν ότι άντιπροσωπεϋουν τόν καρυότυπο ένός μεταστατικοϋ κυττάρου τó όποιο άπετέλεσε τή δευτεροπαθή έστία του όγκου (Gagos et al., 1995b).

Ή γενετική άστάθεια και ή έτερογένεια του όγκου διατηρήθηκαν σε όλα τά στάδια τής μελέτης μας. Τά κύτταρα τών SW480 και SW620, κατά τή συνεχή τους άνάπτυξη *in vitro* σε άθυμικούς ποντικούς και *in vitro* σε κυτταρικές καλλιέργειες, έδειξαν ότι άκολουθοϋν πανομοιότυπους μηχανισμούς κλωνικής έξελίξεως. Οί παρατηρήσεις μας αυτές, δημοσιεύθηκαν πρόσφατα με τόν τίτλο «Στοιχεία κυτταρικοϋ μαρασμοϋ και ένός μηχανισμού έξελίξεως τών καρκινικών κυττάρων ό όποϊος οδηγεί σε συνεχή κυτταρικό πολλαπλασιασμό, άπώλεια τής έτεροζυγωτίας, και έτερογένεια του όγκου-μελέτες σε δύο «άθάνατες» κυτταρικές σειρές καρκίνου του παχέος έντέρου» (Gagos et al., 1996).



Φωτογραφία 2: Χρωμοσωμικά στοιχεία κυτταρικού μαρασμού σε κύτταρα της SW480. A: Τελομεριδιακές συνδέσεις (Giemsa, X 1.000). B: Δικεντρικά χρωμοσώματα (Giemsa, X 1.000). C: Άσταθες τρικεντρικό χρωμόσωμα (βέλος) σε κύτταρο του εξελικτικώς αρχαιότερου υποπληθυσμού της μελέτης μας που χαρακτηρίζεται από τη μετατόπιση t(1;9)(q11;q12) (βέλος) (C-Banding, X 1.000). (από: Gagos et. al., 1996)



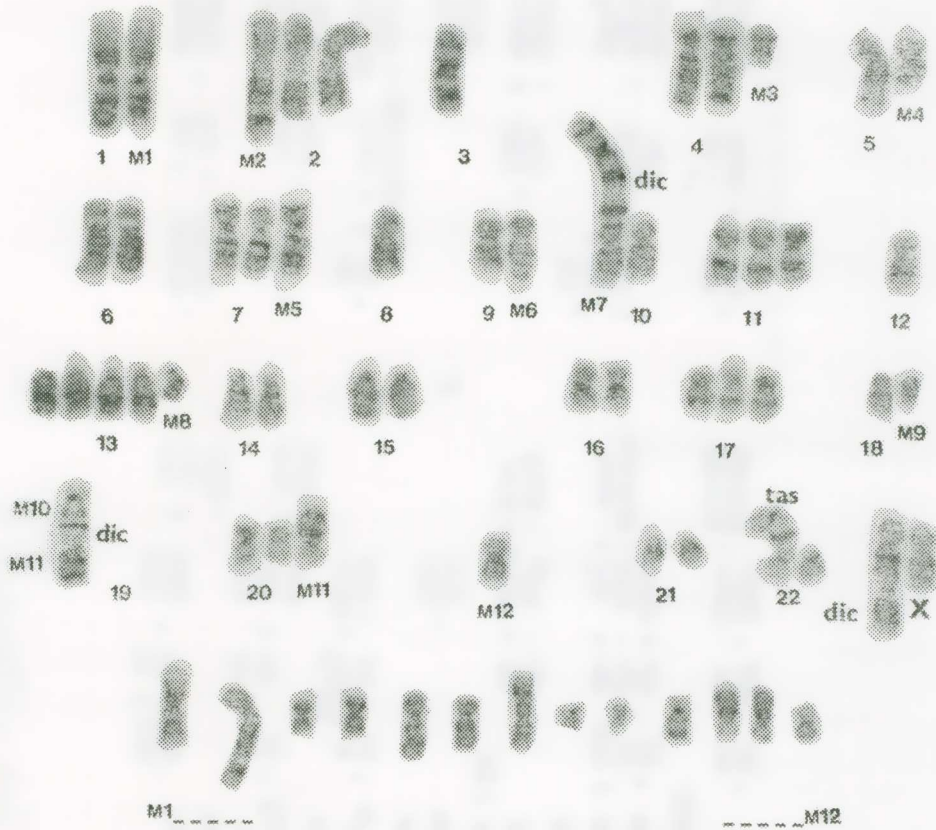
Φωτογραφία 3: Τμήματα καρυοτύπων από τις δύο κυτταρικές σειρές της μελέτης μας (G-Banding, X 1.000). Οι διάφοροι υποπληθυσμοί χαρακτηρίζονται από τα γράμματα SL (sidelines). Η κλωνική εξέλιξη της SW480 υποδεικνύεται από τα μεγάλα μαύρα βέλη. Η εξέλιξη της SW620 εικονίζεται από τα λευκά βέλη και το μακρύ βέλος. Η πανομοιότυπη παράπλευρη εξελικτική πορεία των δύο κυτταρικών σειρών, από τα μικρά βέλη. Σε κάθε εξελικτικό βήμα, ο βασικός περι-διπλοειδικός υποκλώνος συχνά διπλασιάζει τη συνολική ποσότητα του γενετικού του υλικού, προς δημιουργία περιτετραπλοειδικών πυρήνων. Το φαινόμενο αυτό που αφορά μη-άποχωρισμό όλων των χρωμοσωμάτων, εικονίζεται ως εμφάνιση διπλοχρωμοσωμάτων στην SL3 της SW480. Οι υπερπολυπλοειδικοί πυρήνες, πιθανόν ήταν αποτέλεσμα κυτταρικής σύντηξης (SW480, SL2). Η εξαφάνιση χαρακτηριστικών χρωμοσωμικών διαταραχών στο επόμενο εξελικτικό βήμα τις περισσότερες φορές συνοδεύεται από διπλασιασμό των κυτταρολογικώς φυσιολογικών ομολόγων χρωμοσωμάτων. Στοιχεία κυτταρικού μαρασμού (τελομερικές συνδέσεις) παρατηρήθηκαν σε όλα τα στάδια της μελέτης μας (SW480: SL2 και SW620: SL3). (από Gagos et. al, 1996).

Ἡ χρωμοσωμική ἀνάλυση ἐπέτρεψε νὰ προσδιορισθεῖ ἡ χρονολογική ἀρχαιότητα τῶν διαφορῶν ὑποκλώνων. Ἡ κατάταξη τῶν ὑποπληθυσμῶν σὲ ἐξελικτικὰ μεταγενέστερους ἢ προγενέστερους, πραγματοποιήθηκε μὲ βάση τὴν ἀρχὴ ὅτι κυτταρικοὶ πληθυσμοὶ οἱ ὁποῖοι παρουσιάζουν τὶς ἴδιες ἀναδιατάξεις, εἶναι πιθανότερο ὅτι προέρχονται ἀπὸ ἓνα κοινὸ κυτταρικὸ πρόγονο (Muleris et al., 1990) (Φωτ. 5).

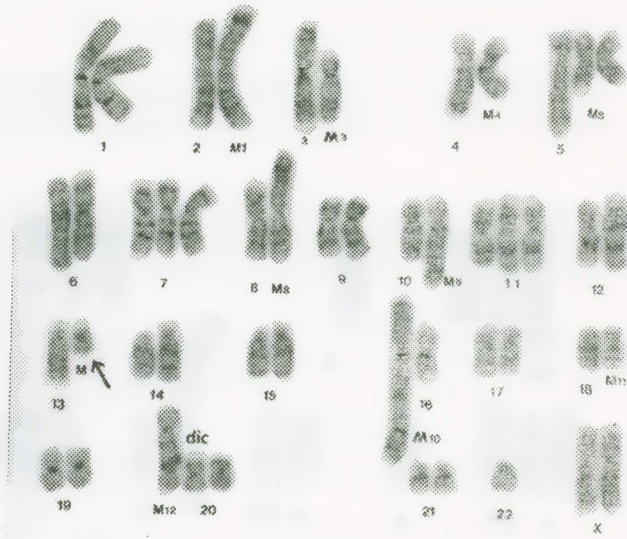
Σὲ κάθε χρονικὴ στιγμή τῆς ἀναπτύξεως τῶν δύο καρκινικῶν σειρῶν, τὰ κύτταρα τὰ ὁποῖα παρουσίαζαν χρωμοσωμικὰ στοιχεῖα κυτταρικῆς γηράνσεως, ἀνῆκαν στοὺς ἐξελικτικῶς ἀρχαιότερους ὑποκλώνους. Δεδομένου ὅτι ὅλα τὰ κύτταρα τῆς μελέτης μας προέρχονται ἀπὸ ἓνα μοναδικὸ κύτταρο πρόγονο, κοινὸ γιὰ τὶς δύο κυτταρικές σειρές, κάθε ἓνα ἐπιτυχὲς ἐξελικτικὸ βῆμα ἦταν δυνατὸ νὰ προσδιορισθεῖ ἀπὸ τὴν ἐμφάνιση ἢ τὴν ἐξαφάνιση ὀρισμένων χαρακτηριστικῶν χρωμοσωμικῶν ἀνωμαλιῶν. Ἡ ἐμφάνιση νέων σταθερῶν χρωμοσωμικῶν ἀναδιατάξεων συνδέθηκε μὲ τὴ γένεση νέων κυτταρικῶν ὑποπληθυσμῶν. Ἡ ἐξαφάνιση ὀρισμένων χρωμοσωμικῶν διαταραχῶν συσχετίσθηκε μὲ μιτωτικὴ ἀδράνεια (Gagos et al., 1996) (Φωτ. 2 καὶ 3).

Οἱ παρατηρήσεις μας ἐπὶ τῆς ἐξελίξεως τῶν καρκινικῶν κυττάρων, ἐπιτρέπουν νὰ προτείνουμε γιὰ πρώτη φορὰ στὴ διεθνῆ βιβλιογραφία, **μηχανισμό διαρκοῦς ἀνακυκλώσεως τῶν τελομεριδίων**, ὁ ὁποῖος ὑποθέτουμε ὅτι λαμβάνει χώρα κατὰ τὴ συνεχῆ ἀνάπτυξη «ἀθανάτων» καρκινικῶν κυτταρικῶν σειρῶν. Ὁ μηχανισμὸς αὐτὸς πιστεύουμε ὅτι σχετίζεται ἄμεσα μὲ τοὺς μηχανισμοὺς δημιουργίας ἀνευπλοειδίας γιὰτὶ κάθε φορὰ κατὰ τὴν ὁποία μιὰ συγκεκριμένη χρωμοσωμικὴ διαταραχὴ ἐξέλκειται ἀπὸ τὸν καρυότυπο τοῦ καρκινικοῦ κυττάρου, τὰ κυτταρολογικῶς φυσιολογικὰ ὁμόλογα τῶν χρωμοσωμάτων τὰ ὁποῖα ἐλάμβαναν μέρος στὴν ἀναδιάταξη τοῦ γενετικοῦ ὕλικου, στὸ ἐπόμενο ἐπιτυχὲς ἐξελικτικὸ βῆμα συχνὰ διπλασίαζαν τὸν ἑαυτό τους (Φωτ. 3 καὶ 5). Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ὀνομάζεται **ἐπιλεκτικὸς μὴ-ἀποχωρισμὸς τῶν χρωμοσωμάτων** (selective non-disjunction) καὶ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα ἀπώλεια τοῦ γενετικοῦ ὕλικου ἑνὸς ἀπὸ τὰ δύο ὁμόλογα χρωμοσώματα καὶ διπλασιασμὸ τοῦ γενετικοῦ ὕλικου τοῦ ἄλλου (Σχ. 3). Ὁ χρωμοσωματικὸς μὴ-ἀποχωρισμὸς ὀδηγεῖ σὲ ἀπώλεια τῆς ἑτεροζυγωτίας πολλῶν γονιδίων (LOH, loss of heterozygosity), κατάσταση ποὺ παρατηρεῖται πολὺ συχνὰ σὲ νεοπλασματικούς ἰστούς (Jones et al., 1989).

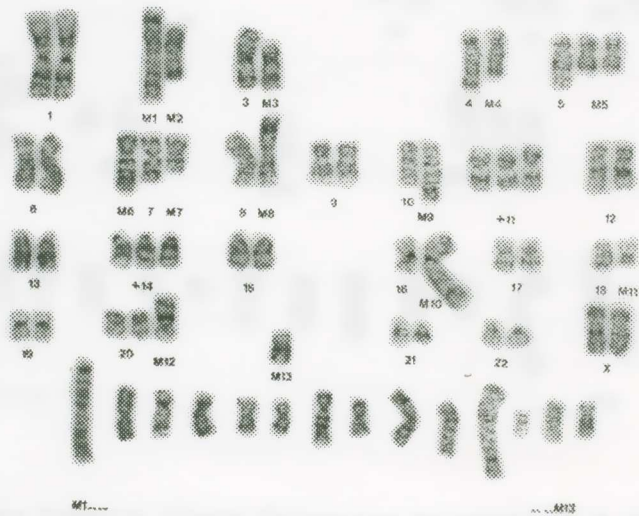
Παρὰ τὸ συνεχῆ πολλαπλασιασμό, οἱ κυτταρικές σειρές τῆς μελέτης μας ἐμφάνιζαν συχνές τελομεριδιακές συνδέσεις μεταξύ τῶν ἄκρων τυχαίων χρωμοσωμάτων, καθὼς καὶ μὴ-κλωνικὰ δικεντρικὰ ἢ πολυκεντρικὰ χρωμοσώματα. Οἱ διαταραχὲς αὐτὲς θεωροῦνται κυτταρολογικὰ εὐρήματα κυτταρικοῦ μαρασμοῦ καὶ ἀπωλείας



Φωτογραφία 4: Καρυότυπος και χρωμοσωμικά στοιχεία κυτταρικού μαρασμού σε έναν από τους αρχαιότερους υποπληθυσμούς της μελέτης μας (SW480, SL2). Οι χρωμοσωμικές διαταραχές που χαρακτηρίζουν το συγκεκριμένο υποκλώνο, συμβολίζονται M1-M12. Στο κάτω μέρος της φωτογραφίας εικονίζονται πανομοιότυπες αναδιατάξεις (M1-M12), προερχόμενες από διαφορετικό κύτταρο του ίδιου υποπληθυσμού οι οποίες υποδεικνύουν την κλωνικότητα των εύρημάτων (dic: δικεντρικά χρωμοσώματα, tas: τελομεριδιακές συνδέσεις) (G-Banding, X 1.000).



5α



5β

Φωτογραφία 5: Σύγκριση τῶν καρυότυπων δύο κυτταρογενετικά διακριτῶν ὑποπληθυσμῶν τῆς κυτταρικής σειρᾶς SW620. Ὁ καρυότυπος 5α ἀντιπροσωπεύει ὑποπληθυσμὸ (SL5) ὁ ὁποῖος εἶναι προγενέστερος τοῦ ὑποπληθυσμοῦ ποὺ χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὸν καρυότυπο 5β (SL6). Τὸ συμπέρασμα αὐτὸ μπορεῖ νὰ ἐξαχθεῖ ἀπὸ τὴν ἀπουσία φυσιολογικοῦ ἀντιτύπου τοῦ χρωμοσώματος 2 στὰ κύτταρα τῆς SL6. Οἱ δύο καρυότυποι παρουσιάζουν σημαντικὲς ὁμοιότητες (M1, M3, M4, M5, M8, M9, M10, M11), ἀλλὰ καὶ διαφορὲς (M, M2, M6, M7, M13). Ὁ δείκτης M, τῆς SL5 (5α, βέλος), εἶναι ἓνα ἔλλειμμα τοῦ χρωμοσώματος 13, del(13)(q13), στὸ ἐπόμενο ἐξελικτικὸ βῆμα (5β), ἔχει ἐξαφανισθεῖ, ἐνῶ τὸ κυτταρολογικῶς φυσιολογικὸ χρωμόσωμα 13, ἔχει διπλασιάσει τὸν ἑαυτὸ του καὶ βρίσκεται σὲ δύο ἀντίτυπα.

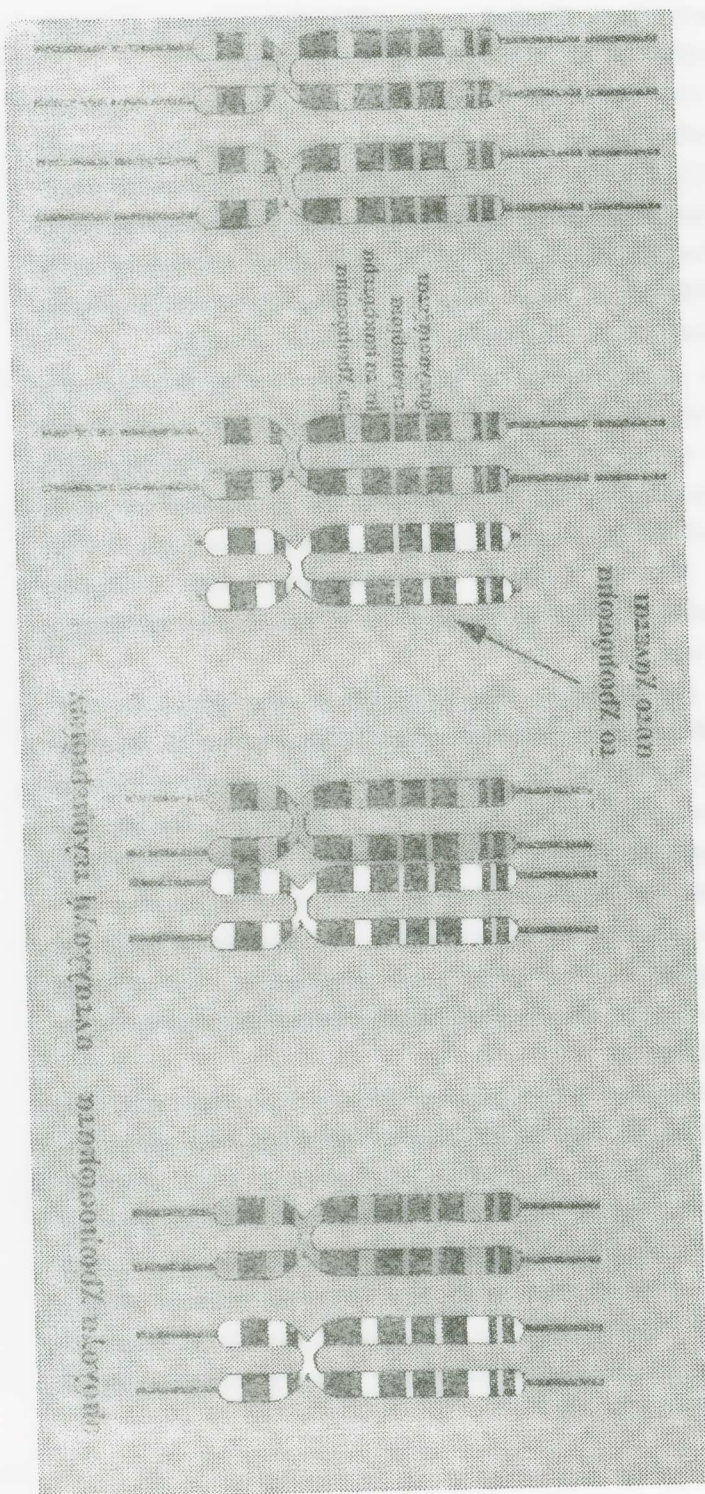
σημαντικοῦ τελομεριδιακοῦ μήκους (Pathak et al., 1988, Holzmann et al., 1993, Howell et al., 1993, Pathak et al., 1994 Pathak et al., 1994b).

Κατὰ τὴν ἐξέλιξη τῶν καρκινικῶν κυττάρων παρατηρήσαμε πολὺ συχνὰ τὴν ἐξαφάνιση χαρακτηριστικῶν χρωμοσωμάτων ἀπὸ τὸν καρυότυπο. Σύμφωνα μὲ τοὺς Sandel καὶ Zakian (1993), ἡ ἀπώλεια τῶν τελομεριδίων ἀπὸ χρωμοσώματα μυκῆτων, ὀδηγεῖ στὴν ἐξαφάνιση αὐτῶν τῶν χρωμοσωμάτων κατὰ τὶς ἐπόμενες κυτταρικές διαιρέσεις (ἐπίσης Runge et al., 1991). Ἐνῶ λοιπὸν οἱ δύο κυτταρικές σειρές τῆς μελέτης μας εἶναι ἀθάνατες, οἱ ὑποπληθυσμοὶ οἱ ὁποῖοι τὶς συνιστοῦν φαίνεται ὅτι γηράσκουν καὶ πεθαίνουν, ἐνῶ παράλληλα μεταβάλλονται συνεχῶς.

Οἱ κυτταρογενετικές μας παρατηρήσεις θὰ μπορούσαν νὰ ἐξηγηθοῦν ἀπὸ τὴν ὑπόθεση ὅτι στὰ καρκινικὰ κύτταρα τῶν SW480 καὶ SW620, μὲ τὶς ἀλλεπάλληλες κυτταρικές διαιρέσεις καὶ παρὰ τὴν ἀποδεδειγμένη δράση τῆς τελομεράσης (Kim et al., 1994), ἓνα σημαντικό μῆκος ἀπὸ τὰ τελομερίδια τῶν χρωμοσωμάτων, εἶναι πολὺ πιθανὸν ὅτι ἐξακολουθεῖ νὰ χάνεται ἀπὸ ὀρισμένα χρωμοσώματα χωρὶς νὰ εἶναι δυνατὸ νὰ ἀναπληρωθεῖ. Μάλιστα, ἡ δράση τῆς τελομεράσης φάνηκε ἀνεπαρκῆς γιὰ τὰ χρωμοσώματα ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα συμμετεῖχαν σὲ τελομεριδιακὲς συνδέσεις ἢ χάθηκαν ἀπὸ τὸν καρυότυπο.

Ὁ μηχανισμὸς τῆς ἀνακυκλώσεως τῶν τελομεριδίων τῶν καρκινικῶν κυττάρων πιθανὸν νὰ εἶναι ἀνάλογος ἐνὸς φαινομένου τὸ ὁποῖο ἔχει περιγραφεῖ σὲ μεταλλάγματα μυκῆτων ἀπὸ τὶς Lundblad καὶ Blackburn τὸ 1993. Τὰ μεταλλάγματα αὐτὰ (tel) ἐμφανίζουν ἐλλατωματικὴ δραστηριότητα τῆς τελομεράσης, δὲν ἐπιμηκύνουν τὰ τελομερίδιά τους καὶ ἔχουν χάσει τὴν ἱκανότητα συνεχοῦς πολλαπλασιασμοῦ. Μετὰ ἀπὸ ἓνα πεπερασμένο ἀριθμὸ κυτταρικῶν διαιρέσεων τὰ μεταλλαγμένα κύτταρα πεθαίνουν. Ὅρισμένα κύτταρα ὅμως, συνεχίζουν νὰ πολλαπλασιάζονται καὶ διατηροῦν σταθερὸ τελομεριδιακὸ μῆκος ἀπουσία τῆς τελομεράσης. Στὰ κύτταρα αὐτὰ φαίνεται ὅτι λαμβάνει χώρα **ἄνιση ἀνταλλαγή τελομεριδιακῶν ἀλληλουχιῶν** μεταξὺ τῶν χρωμοσωμάτων.

Σύμφωνα μὲ τὴν ὑπόθεσή μας, στὰ καρκινικὰ κύτταρα τῆς μελέτης μας, ἓνας παρόμοιος ἄνισος διασκελισμὸς θὰ εἶχε ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐπιμήκυνση τῶν τελομεριδίων στὰ χρωμοσώματα «δέκτες τελομεριδιακῶν ἀλληλουχιῶν» καὶ τὴ συνακόλουθη ἐλάττωση αὐτοῦ τοῦ ζωτικοῦ μήκους στὰ χρωμοσώματα «δότες». Τὰ χρωμοσώματα μὲ τὸ μειωμένο τελομεριδιακὸ μῆκος θὰ ἔχουν τὴν τάση νὰ χάνονται ἀπὸ τὸν καρυότυπο στὸ ἐπόμενο ἐπιτυχὲς ἐξελικτικὸ βῆμα. Τὰ χρωμοσώματα «δέκτες τελομεριδιακῶν ἀλληλουχιῶν» εἶναι δυνατόν νὰ διατηροῦν τὸ ἀπαραίτητο τελομεριδιακὸ μῆκος γιὰ ἓναν ἀριθμὸ κυτταρικῶν διαιρέσεων, μέσω **μὴ-ἀποχωρισμοῦ τῶν ἀδελφῶν χρωματίδων** (Σχ. 3).



Σχήμα 3: Ο μηχανισμός της ανακλώσεως των τελομεριδίων μπορεί να εξηγήσει το φαινόμενο της έκτεταμένης άνευλοειδίας που παρουσιάζουν τα καρκινικά κύτταρα. Σύμφωνα με την υπόθεσή μας, επιμήκυνση των τελομεριδίων μπορεί να συμβεί και χωρίς τη δραστηριότητα της τελομεράσης. Αύξηση του τελομεριδιακού μήκους ενός χρωμοσώματος, μπορεί να συμβεί με άνοση ανταλλαγή τελομεριδιακών αλληλουχιών μεταξύ χρωμοσωμάτων. Οι ύψηλα επαναλαμβανόμενες υποτελομεριδιακές ή τελομεριδιακές αλληλουχίες, αποτελούν ιδανικό υπόστρωμα για άνοσο ανασυνδυασμό. Μη-άποχωρισμός των αδελφών χρωματίδων κατά την επόμενη κυτταρική διαίρεση, θα είχε ως αποτέλεσμα το διπλασιασμό του χρωμοσώματος που δέχεται τελομεριδιακά δότες χρωμοσώματα ενώ τα χρωμοσώματα δότες τελομεριδίων θα έχουν την τάση να χάνονται από τον καρύοτυπο ή να λαμβάνουν μέρος σε τελομεριδιακές συνδέσεις και άσταθη δικεντρικά ή πολυκεντρικά χρωμοσώματα. Ο μηχανισμός που προτείνουμε χρησιμοποιεί την άνευλοειδία ως κινητήρια δύναμη για την ανάπτυξη της νεοπλασίας, καθώς το απαραίτητο για τον πολλαπλασιασμό τελομεριδιακό μήκος συντηρείται από τη διαρκή μεταβολή του αριθμού των χρωμοσωμάτων.

Ἡ ὑπόθεσή μας ἐνισχύεται ἀπὸ τὶς παρατηρήσεις τῶν Henderson καὶ συν. (1996), σὲ διπλοειδεῖς ἀνθρώπινους ἰνοβλάστες καὶ καρκινικὰ κύτταρα. Οἱ ἐν λόγω ἐρευνητές, χρησιμοποίησαν συνεστιακὸ μικροσκόπιο LASER καὶ τὴ μέθοδο μεσοφασικοῦ FISH (interphase fluorescence in situ hybridization) γιὰ νὰ ἀποδείξουν ὅτι σὲ κάθε πυρήνα ὑφίσταται διαχρωμοσωμικὴ ἑτερογένεια ὅσον ἀφορᾷ τὸ μῆκος τῶν τελομεριδίων τῶν χρωμοσωμάτων (ἀντίστοιχα στοιχεῖα δίδουν οἱ Lansdorp καὶ συν., 1996). Τὸ σημαντικὸ στοιχεῖο ποὺ προκύπτει ἀπὸ τὴν ἐργασία τοῦ Henderson, εἶναι ὅτι οἱ ἀθάνατες καρκινικὲς σειρὲς οἱ ὁποῖες δὲν ἐκφράζουν τελομεράση παρουσιάζουν ἐκτεταμένη ἑτερογένεια στὴν κατανομὴ τοῦ μήκους τῶν τελομεριδίων μεταξὺ τῶν χρωμοσωμάτων καὶ ἰσχυρότερο σῆμα τελομεριδιακοῦ ἀνοσοφθορισμοῦ, σὲ σύγκριση μὲ αὐτὸ ποὺ παρατηρεῖται σὲ νεαρὰ φυσιολογικὰ κύτταρα τὰ ὁποῖα προέρχονται ἀπὸ ἀντίστοιχο ἰστό. Τὰ εὐρήματα αὐτὰ σύμφωνα μὲ τοὺς ἀνωτέρω ἐρευνητές, εἶναι ἐνδεικτικὰ γιὰ τὴν ὑπαρξὴ ἐναλλακτικοῦ μηχανισμοῦ ἐπιμηκύνσεως τῶν τελομεριδίων ὁ ὁποῖος εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴ δράση τῆς τελομεράσης.

Κατὰ τοὺς McEachern καὶ Blackburn (1996), ἐλλείμματα τοῦ γονιδίου ποὺ εἶναι ὑπεύθυνο γιὰ τὴν παραγωγὴ τοῦ RNA τῆς τελομεράσης τοῦ μύκητα *Kluyveromyces lactis* (TER1), ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴ σταδιακὴ ἐλάττωση τοῦ τελομεριδιακοῦ μήκους καὶ ἐμφάνιση συμπτωμάτων κυτταρικοῦ μαρασμοῦ. Σύμφωνα μὲ τοὺς δύο ἐρευνητές τὰ ἀρχικὰ φαινόμενα κυτταρικῆς γηράνσεως χαρακτηρίζονται ἀπὸ κύτταρα ὑπερφυσικοῦ μεγέθους τὰ ὁποῖα πραγματοποιοῦν ἀνώμαλες κυτταρικές διαιρέσεις. Τὰ μεταλλαγμένα ζυμοκύτταρα ποὺ ἐπιβιώνουν ἀπὸ τὶς καταστροφικὲς συνέπειες τῆς τελομερικῆς ἐνδείας, παρουσιάζουν αὐξημένο τελομεριδιακὸ μῆκος τὸ ὁποῖο πολλὰς φορὲς εἶναι πολὺ μεγαλύτερο ἀπὸ ἐκεῖνο τῶν φυσιολογικῶν μυκήτων. Τὸ γεγονός αὐτὸ ἐξαρτᾶται ἄμεσα ἀπὸ τὴν ἔκφραση τοῦ γονιδίου RAD52, τὸ προτὶν τοῦ ὁποῖου συνδέεται μὲ τοὺς μηχανισμοὺς ἐπιδιορθώσεως τοῦ γενετικοῦ ὕλικου. Οἱ McEachern καὶ Blackburn προτείνουν ὅτι τὸ σμικρυσμένο τελομεριδιακὸ DNA, σταδιακὰ ἀπογυμνώνεται ἀπὸ τὶς εἰδικὲς καλυπτικὲς τελομερικὲς πρωτεΐνες ποὺ ἀποτρέπουν τὸν ἀνασυνδυασμὸ, ἐπιτρέποντας τὴν ἐπαγωγὴ μηχανισμῶν ἐπιδιορθώσεως οἱ ὁποῖοι δημιουργοῦν ἐπιμηκυσμένα τελομερίδια στὰ κύτταρα ποὺ καταφέρνουν νὰ ἐπιβιώσουν ἀπὸ τὴν κρίση. Ὁ ἀνασυνδυασμὸς ποὺ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν παρουσία καλυπτικῶν πρωτεϊνῶν (cap-prevented recombination -CPR), μπορεῖ νὰ ἀποτελεῖ ἐναλλακτικὸ μηχανισμὸ ἐπιμηκύνσεως τῶν τελομεριδίων ἀνεξάρτητο τῆς δράσεως τοῦ ριβονουκλεῖνο-πρωτεϊνικοῦ συμπλόκου τῆς τελομεράσης (McEachern καὶ Blackburn, 1996). Πρόσφατα οἱ Marcand καὶ συν. (1997) παρουσίασαν ἕνα μηχανισμὸ ἐλέγχου τοῦ τελομεριδιακοῦ μήκους, ὁ ὁποῖος σχετίζεται ἄμεσα μὲ τὴν παρουσία πολλαπλῶν ἀντιτύπων τῆς καλυπτικῆς πρωτεΐνης Rap 1p, ἡ ὁποία συνδέεται ἐκλεκτικὰ μὲ τὰ τελομερίδια.

‘Ο χρωμοσωμικός μηχανισμός τῆς ἀνακυκλώσεως τῶν τελομεριδίων τῶν καρκινικῶν κυττάρων πού προτείνουμε, ἀπαιτεῖ τήν ἐνορχηστρωμένη δράση ἐλικάσῶν, τοποϊσομερασῶν καί ἀρκετῶν ἄλλων πρωτεϊνῶν πού σχετίζονται μέ τούς μηχανισμούς σωματικοῦ ἀνασυνδυασμοῦ καί ἐπιδιορθώσεως τοῦ DNA. Μεταλλαγμένες μορφές αὐτῶν τῶν πρωτεϊνῶν ἔχουν σαφῆ ἐπίδραση στή συμπεριφορὰ καί τὸ μῆκος τῶν τελομεριδίων τῶν χρωμοσωμάτων. Προδιαθέτουν σέ καρκίνο ἢ πρόωρη γήρανση καί προκαλοῦν παρόμοιες χρωμοσωμικές διαταραχές μέ αὐτές πού παρατηρήσαμε νὰ ἐμφανίζονται συχνά στίς δύο καρκινικές σειρές τῆς μελέτης μας.

‘Ο Greenwell καί οἱ συνεργάτες του (1995) ἔδειξαν ὅτι τὸ ἀνθρώπινο γονίδιο πού θεωρεῖται ὑπεύθυνο γιὰ τὴν σπάνια ὑποτελῆ αὐτοσωματικὴ νόσο τελαγκιεκτασικὴ ἀταξία καί ὀνομάζεται ATM, παρουσιάζει μεγάλη ὁμολογία ὅσον ἀφορᾷ στή σύσταση καί τὴν ἀλληλουχία τῶν κωδικοποιῶν του βάσεων, μέ δύο γονίδια ζυμομυκήτων τὸ ESR1/MEC1 τοῦ *Saccharomyces cerevisiae* καί τὸ rad3 τοῦ *Schizosaccharomyces pombe* καθὼς ἐπίσης καί μέ ἓνα ἀνοικτὸ πλαίσιο ἀναγνώσεως (open reading frame) τῆς ζύμης πού ὀνομάζεται YBLO88. Οἱ ἴδιοι ἐρευνητὲς ἔδειξαν ὅτι τὸ YBLO88, ἀποτελεῖ μέρος τοῦ γονιδίου TEL1, τὸ ὁποῖο εἶναι ἀπαραίτητο γιὰ τὴν διατήρηση τοῦ τελομεριδιακοῦ μήκους σ’ αὐτοὺς τούς ὀργανισμούς (Greenwell et al., 1995). Μεταλλάξεις τοῦ TEL1 ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα βαθμιαία ἐλάττωση τοῦ τελομεριδιακοῦ μήκους τῶν χρωμοσωμάτων τῆς ζύμης. Οἱ Morrow καί συν. (1995) παρουσίασαν στοιχεῖα πού συνηγοροῦν ὑπὲρ τῆς λειτουργικῆς ὁμοιότητος τοῦ γονιδίου TEL1 μέ τὸ ἀνθρώπινο γονίδιο ATM. Οἱ παρατηρήσεις τῶν Xia καί συν. (1996), σὲ ἰνοβλάστες ἀσθενῶν μέ τελαγκιεκτασικὴ ἀταξία, ἐπιβεβαίωσαν τὴ σχέση τῶν δύο γονιδίων καθὼς τὸ τελομεριδιακὸ μῆκος τῶν κυττάρων αὐτῶν ἐμφανίσθηκε σημαντικὰ μειωμένο.

‘Η τελαγκιεκτασικὴ ἀταξία χαρακτηρίζεται ἀπὸ πρόωρη γήρανση καί ἀνήκει σὲ μία ὁμάδα σπάνιων κληρονομικῶν νόσων πού προδιαθέτουν στὴν ἀνάπτυξη ποικίλων μορφῶν καρκίνου. Στὴν ἴδια κατηγορία ἀνήκουν ἀσθένειες ὅπως ἡ ἀναιμία τοῦ Fanconi, τὸ σύνδρομο Bloom καί ἡ πηγματώδης ξηροδερμία. Ἀξιοσημείωτο εἶναι ὅτι τὸ κοινὸ χαρακτηριστικὸ ὅλων αὐτῶν τῶν νοσημάτων εἶναι ἡ εὐθραυστότητα τῶν χρωμοσωμάτων, συχνὴ ἐμφάνιση χρωμοσωμικῶν ἀναδιατάξεων, αὐξηση τοῦ ποσοστοῦ ἀνταλλαγῆς γενετικοῦ ὕλικου μεταξὺ ἀδελφῶν χρωματίδων καί ἐνίοτε ἡ παρουσία συχνῶν δικεντρικῶν χρωμοσωμάτων καί τελομεριδιακῶν συνδέσεων.

Οἱ Mohamed καί συν. (1987) βρῆκαν μειωμένη παραγωγή τῆς τοποϊσομεράσης II σὲ ὀρισμένες ἀπὸ τίς κυτταρικές σειρές πού προέρχονται ἀπὸ ἀσθενεῖς μέ τελαγκιεκτασικὴ ἀταξία. Οἱ DNA τοποϊσομεράσες I καί II, εἶναι ἐνζύμα πού προκαλοῦν προσωρινὲς θραύσεις στὸν ἓνα ἢ καί στοὺς δύο κλώνους τῆς ἀλυσίδας τοῦ

DNA, έχουν τη δυνατότητα να μετατρέπουν την τεταρτοταγή δομή της διπλής έλικας και συνδέονται με τη δημιουργία δομικών χρωμοσωμικών αναδιατάξεων. Η απομόνωση και μελέτη μεταλλαγμάτων αυτών των δύο ένζυμων στη ζύμη, καθώς και η ανεύρεση αύξημένων επιπέδων της DNA τοποϊσομεράσης κατά την συνθετική φάση του κυτταρικού κύκλου, προσφέρουν σημαντικές ενδείξεις για τη σχέση που έχουν οι τοποϊσομεράσες με τους μηχανισμούς αντιγραφής και μεταγραφής του DNA, καθώς και του αποχωρισμού των χρωμοσωμάτων κατά την κυτταρική διαίρεση. Η ομάδα του Kojis (1989) προτείνει ότι η παρατηρούμενη ύψηλη συχνότητα των «λεμφοκυτταρικών χρωμοσωμικών διαταραχών» (lymphocyte-associated rearrangements-LARs) είναι διαγνωστικό κριτήριο της τελαγγιεκτασικής άταξίας. Οι Peterson και Funkhouser (1990) έδειξαν ότι οι διαταραχές που παρατηρούνται στο ισοζύγιο του πληθυσμού των T-λεμφοκυττάρων στους άσθενείς με την έν λόγω νόσο, οφείλονται σε έλαττωματικό σωματικό ανασυνδυασμό των γονιδίων των T-λεμφοκυττάρων (ανασυνδυασμός V(D)J).

Πρόσφατα ανακαλύφθηκαν τα γονίδια που είναι υπεύθυνα για τις άλλες τρεις σπάνιες γενετικές ασθένειες που παρουσιάζουν αύξημένη προδιάθεση για εμφάνιση καρκίνου. Τα γονίδια αυτά κωδικοποιούν πρωτεΐνες που συνδέονται με την επιδιόρθωση του DNA, τη μεταγραφή και τον ανασυνδυασμό του γενετικού υλικού (Bankmann et al., 1992).

Σε αντίθεση με ό,τι ήταν μέχρι τώρα αποδεκτό, φαίνεται ότι εκτός από τον ανασυνδυασμό του γενετικού υλικού που συμβαίνει κατά τον επιχιασμό των παχυταινικών χρωμοσωμάτων στη μείωση, και τον άξιοθαύμαστο, αλλά ήδη γνωστό σωματικό ανασυνδυασμό που λαμβάνει χώρα κατά την ώριμανση και διαφοροποίηση των κυττάρων του ανοσοποιητικού συστήματος (Schwartz, 1995), υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι ανασυνδυασμός του γενετικού υλικού συμβαίνει και σε άλλους σωματικούς ιστούς κατά τα διάφορα στάδια της αναπτύξεως του οργανισμού (LaSalle και Lalande, 1996). Το φαινόμενο αυτό πιθανώς συνδέεται με μηχανισμούς έκλεκτικής έκφρασης γονιδίων τα όποια παρουσιάζουν το φαινόμενο που ονομάζεται imprinting (Barlow, 1995). Τα γονίδια αυτά παρουσιάζουν ιδιόμορφη συμπεριφορά, και φυσιολογικά εκφράζονται μόνον όταν προέρχονται από έναν από τους δύο γονείς, τη μητέρα ή τον πατέρα. Οι πατροκλινείς ή μητροκλινείς φορείς γενετικής πληροφορίας βρίσκονται φυσιολογικά σε δύο αντίτυπα — ένα γονίδιο σε κάθε ένα χρωμόσωμα. Τα γονίδια αυτά θεωρούνται ότι είναι σεσημασμένα, φέρουν δηλαδή μια «σφραγίδα» χημικών τροποποιήσεων ή όποια καθορίζει ποιό θα ενεργοποιηθεί και ποιό θα παραμείνει αδρανές. Το σύνδρομο Beckwith-Wiedemann, το όποιο έχει ως συμπτώματα σωματική ήμι-ύπερτροφία και συχνή εμφάνιση νεφρικών όγκων

σέ νεαρή ηλικία, κατά κύριο λόγο οφείλεται σέ έλαττωματικό σωματικό άνασυνδυασμό που συμβαίνει στην περιοχή ένός γονικά σεσημασμένου γονιδίου που κωδικοποιεί τόν ύποδοχέα του αύξητικού παράγοντα IGF2 (Bischoff et al., 1995).

Πολλαπλές μη ειδικές χρωμοσωμικές διαταραχές έχουν παρατηρηθεί στο σύνδρομο Bloom και στην άναιμία του Fanconi (German, 1992). Κατά τους Ellis και συν. (1995), ή ύπέρμετρη τάση που παρουσιάζουν τά κύτταρα τών άσθενών με τó σύνδρομο Bloom νά έμφανίζουν χρωμοσωμικές μεταλλάξεις, είναι άποτέλεσμα ύπερβολικής αύξήσεως τής συχνότητας άνασυνδυασμού τών άδελφών χρωματίδων. Οί ίδιοι έρευνήτες χρησιμοποίησαν για πρώτη φορά τή μέθοδο χαρτογραφήσεως που βασίζεται στον σωματικό άνασυνδυασμό (somatic crossover point mapping-SCP) και προσδιόρισαν τή θέση του ύπεύθυνου γονιδίου (BLM) στο χρωμόσωμα 15 στη ζώνη q26.6. Τó γονίδιο BLM παρουσιάζει μεγάλη όμοιότητα με τις έλικάσες τής οίκογενείας RecQ του βακτηριδίου E.coli. Η πρωτεΐνη που κωδικοποιεί τó γονίδιο που είναι ύπεύθυνο για τή νόσο πηγματώδη ξηροδερμία, είναι επίσης μια έλικάση που συμμετέχει στους μηχανισμούς μεταγραφής και έπιδιορθώσεως του DNA (Li et al., 1994, Li et al., 1995).

Τó γονίδιο RecQ είναι μέλος του μεταβολικού μηχανισμού άνασυνδυασμού του γενετικού ύλικού τών βακτηριδίων που όνομάζεται RecF. Ένα αντίστοιχο ανθρώπινο γονίδιο που όνομάστηκε RecQL, άπομονώθηκε άπό τά κύτταρα τής συνεχούς κυτταρικής σειρας HeLa. Τó προϊόν αυτού του γονιδίου έχει δράση DNA έξαρτώμενης ATPάσης, DNA έλικάσης, και ικανότητες νά επάγει μετατοπίσεις μονόκλωνου DNA άπό τó 3' άκρο τής έλικας του DNA, στο 5'. Τó ένζυμο RecQL, θά μπορούσε νά συμμετέχει στο μηχανισμό τής άνακυκλώσεως τών τελομεριδίων που προτείνουμε. Τά καρκινικά κύτταρα HeLa εκφράζουν τελομεράση (Counter et al., 1994) αλλά παρουσιάζουν επίσης μεγάλη καρυοτυπική έτερογένεια με πληθώρα χρωμοσωμικών άναδιατάξεων που μεταβάλλονται διαρκώς (Pathak et al., 1992). Σύμφωνα με τους Ellis και German (1996), ή πρωτεΐνη BLM έχει επίσης σημαντικές όμοιότητες με δύο άλλες έλικάσες που άνήκουν κι αυτές στην οίκογένεια RecQ. Η μία άπό αυτές (WRN), όταν είναι μεταλλαγμένη στον άνθρωπο, είναι ύπεύθυνη για τó σύνδρομο πρόωρης γηράνσεως του Werner. Η δεύτερη πρωτεΐνη που όνομάζεται SGS1 άλληλοεπιδρα με τις τοποϊσομεράσες τών ζυμομυκήτων.

Η ύπόθεσή μας για τή χρωμοσωμική βάση ένός μηχανισμού έπιμηκύνσεως τών τελομεριδίων τών καρκινικών κυττάρων, που έξαρτάται άπό τόν σωματικό άνασυνδυασμό και εκμεταλλεύεται τήν άνευπλοειδία, έπιβεβαιώνεται άπό πρόσφατες άνακοινώσεις που άποκαλύπτουν σαφή συσχέτιση τών τελομεριδίων με τις διαδικασίες άποχωρισμού τών χρωμοσωμάτων κατά τή μείωση ή τή μίτωση (Hawley,

1997). Οί Kirk και συν. (1997) αναφέρουν ότι διαταραχές τών τελομεριδίων προκαλοῦν ἐλαττωματικὸ ἀποχωρισμὸ τών χρωμοσωμάτων κατὰ τὴ διαίρεση σωματικῶν κυττάρων. Οί συγγραφεῖς συμπεραίνουν ὅτι στὴ διάρκεια τῆς ἀνάφασης τὰ φυσιολογικὰ τελομερίδια τών χρωματίδων κάθε χρωμοσώματος συνδέονται μεταξύ τους καὶ ἀποχωρίζονται κατὰ τὴν κυτταρική διαίρεση. Μεταλλαγμένα τελομερίδια προκαλοῦν μὴ-ἀποχωρισμὸ τών χρωμοσωμάτων. Ἐνας τέτοιος μὴ-ἀποχωρισμὸς ὁ ὁποῖος προκαλεῖ ἐνδοαναδιπλασιασμὸ τοῦ χρωμοσώματος 2 σὲ κύτταρο τῆς SW480 εἰκονίζεται στὴ φωτογραφία 2 (SL4).

Τὰ στοιχεῖα ποῦ προκύπτουν ἀπὸ τὴ μελέτη τῆς συμπεριφορᾶς τών τελομεριδίων σὲ διάφορους ὀργανισμούς, ἐπιτρέπουν νὰ ὑποθέσουμε ὅτι στὴ διαδικασία διατηρήσεως τοῦ τελομεριδιακοῦ μήκους, λαμβάνουν μέρος ἀρκετοὶ παράγοντες ὅπως εἶναι οἱ πρωτεΐνες ποῦ συνδέονται μὲ τὰ τελομερίδια, οἱ καλυπτικές πρωτεΐνες, ἡ τελομεράση καὶ ἔνζυμα ποῦ συμμετέχουν στὴν ἀντιγραφή καὶ ἐπιδιόρθωση τοῦ DNA (Broccoli et al., 1997). Ἡ ἀποσαφήνιση τών μηχανισμῶν αὐτῶν καὶ τών ἀλληλεπιδράσεων τους ἀποτελεῖ κλειδί γιὰ ἐνδεχόμενες θεραπευτικὲς ἐπεμβάσεις στὸ τελομεριδιακὸ μῆκος (Axelrod, 1996).

Οἱ σχέσεις τοῦ συστήματος διατηρήσεως τών τελομεριδίων μὲ τοὺς μηχανισμούς ἐλέγχου τοῦ κυτταρικοῦ κύκλου ἀπὸ ὄγκο-κατασταλτικὰ γονίδια καὶ τοὺς μηχανισμούς ἐπαγόμενου κυτταρικοῦ θανάτου (ἀποπτώσεως) ἀρχίζουν νὰ ἀποκαλύπτονται. Ὁ Kipling (1992), προτείνει ὅτι ἡ συχνὰ μεταλλαγμένη στὸς καρκίνους p53, ἀλλὰ καὶ ἄλλες πρωτεΐνες ποῦ ἐλέγχουν τὶς διαδικασίες ἐπιδιόρθωσης τοῦ DNA καὶ κινητοποιοῦν μηχανισμούς κυτταρικοῦ θανάτου, πιθανὸν νὰ ἀποτελοῦν μέρος ἑνὸς μηχανισμοῦ ὁ ὁποῖος ἐλέγχει μὲν τὴ γενικότερη βλάβη τοῦ γενετικοῦ ὕλικου ἀλλὰ καὶ τὸ μῆκος τών τελομεριδίων (ἐπίσης Greider, 1995). Ἡ ἀπουσία φυσιολογικῆς p53 μάλιστα, ἔχει συνδεθεῖ μὲ ἀνωμαλίες τών κεντροσωματίων κατὰ τὴ μίτωση καὶ τὴ δημιουργία ἀνευπλοειδίας (Fukasawa et al., 1996).

Συμπερασματικά, ἡ πρωτοτυπία τῆς ἀνακοινώσεώς μας καταφαίνεται ἀπὸ τὸ γεγονὸς ὅτι ἡ μελέτη μας παρέχει, γιὰ πρώτη φορὰ στὴ διεθνή βιβλιογραφία, κυτταρολογικὲς ἐνδείξεις ὑπὲρ τῆς ὑπάρξεως χρωμοσωμικοῦ μηχανισμοῦ ἀνακυκλώσεως τών τελομεριδίων τών καρκινικῶν κυττάρων, ὁ ὁποῖος ὑποθέτουμε ὅτι ἐξαρτᾶται ἀπὸ διαδικασίες μιτωτικοῦ ἀνασυνδυασμοῦ, συνδέεται μὲ μὴ-ἀποχωρισμὸ τών χρωμοσωμάτων καὶ μπορεῖ νὰ ἐξηγήσει φαινόμενα τὰ ὁποῖα παραιτηροῦνται πολὺ συχνὰ στὴ νεοπλασία, ὅπως ἡ ἀνευπλοειδία, ἡ διαρκὴς ἐξαλλαγή καὶ ἡ ἀπώλεια τῆς ἑτεροζυγωτίας (Heim καὶ Mitelman, 1995). Τέλος, εἶναι πολὺ πιθανὸν ὅτι ὁ μηχανισμὸς αὐτὸς ἀποτελεῖ ἀποκλειστικὸ τρόπο ἐπιμηκύνσεως τών τελομεριδίων στὶς συνεχεῖς κυτταρικὲς σειρὲς οἱ ὁποῖες δὲν ἐκφράζουν τελομεράση (Bryan et al., 1995, Gupta et al., 1996).

S U M M A R Y

A telomerase independent chromosomal mechanism of telomere elongation related to aneuploidy, loss of heterozygosity, and tumor heterogeneity.

Recent evidence indicates the existence of an alternative mechanism for the maintenance of telomeric repeats that is independent of the action of telomerase. Herein we suggest a chromosomal mechanism which presumably takes place during the continuous growth of two colon cancer cell lines derived from the same patient. Our hypothesis is based on data obtained from extensive karyotypic analysis that was performed on early and late passages of the colon adenocarcinoma cell lines SW480 and SW620. These cells have been continuously cultivated for a period of 24 months and passaged through nude mice. Despite some karyotypic diversity, the two cell lines exhibited common chromosomal anomalies and followed similar patterns of evolution. Genomic instability seemed to play an important role in the emergence, growth, and subsequent elimination of the heterogeneous sidelines by selection, clonal expansion and proliferative cell death. Cell senescence was evident by the presence of telomeric associations and random dicentric or multicentric formations. These chromosomal lesions were related to the disappearance of the most ancestral sidelines through evolution. Successful evolutionary steps were characterized by elimination of pre-existing marker chromosomes that were subsequently replaced by their cytologically intact homologous chromosomes possibly after selective endoreduplication. We propose a telomere recycling mechanism which presumably relies on somatic recombination and is related to aneuploidy, loss of heterozygosity and tumor heterogeneity.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allsopp R.C., Vaziri H., Patterson C., Goldstein S., Younglai E.V., Futcher A.B., Greider C.W., Harley C.B., (1992): Telomere length predicts replicative capacity of human fibroblasts. *Proc. Natl Acad. Sci USA* **89**: 10114-10118.
- Axelrod N., (1996): Of telomeres and tumors. *Nat. Med.* **2**: 158-159.
- Bankmann M., Prakash L., Prakash S., (1992): Yeast RAD14 and human xeroderma pigmentosum group A DNA-repair genes encode homologous proteins. *Nature* **355**: 555-558.
- Barlow D. R., (1995): Gametic imprinting in mammals. *Science* **270**: 1610-1613.
- Bischoff F., Feldman G., McCaskill C., Subramanian S., Hughes M., Shaffer L. (1995): Single cell analysis demonstrating omatic mosaicism involving 11p in a patient with paternal isodisomy and Beckwith-Wiedemann syndrome. *Hum. Mol. Genet.* **4**: 395-399.
- Broccoli D., Chong L., Oelmann S., Fernald A. A., Marziliano N., van Steensel B., Kipling D., Le Beau M. M., de Lange T., (1997): Comparison of the human and mouse genes encoding the telomeric protein, TRF1: chromosomal localization, expression and conserved protein domains. *Hum Molec Genet.* **6**: 69-76.
- Bryan T. M., Englezou A., Gupta J., Bacchetti S., Reddel R. R., (1995): Telomere elongation in immortal human cells without detectable telomerase activity. *EMBO* **14** (17): 4240-4248.
- Collins K., (1996): Structure and function of telomerase. *Curr. Opin. Cell. Biol.* **8**: 374-380.
- Counter C. M., Avillion A. A., LeFeuvre C. E., Stewart N. G., Greider C. W., Bacchetti S., (1992): Telomere shortening associated with chromosome instability is arrested in immortal cells which express telomerase activity. *EMBO J* **11**: 1924-1929.
- Counter C. M., Hirte H. W., Bacchetti S., Harley C. B., (1994): Telomerase activity in human ovarian carcinoma. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **91**: 2900-2904.
- de Lange T., (1994): Activation of telomerase in human tumor. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **91**: 2882-2885.
- Ellis N. A., German J., (1996): Molecular genetics of Bloom's syndrome. *Hum. Molec. Genet.* **5**: 1457-1463.
- Ellis N. A., Groden J., Ye T. Z., Straughen J., Lennon D. J., Ciocci S., Proytcheva M., German J., (1995): The Bloom's syndrome gene product is homologous to RecQ helicases. *Cell.* **83**: 655-666.
- Fukasawa K., Choi T., Kuroyama R., Rulong S., Vande Woude G., (1966): Abnormal centrosome amplification in the absence of p53. *Science* **271**: 1744-1747.
- Gagos S., Iatridou-Kyrkou K., Liosi A., Karakitsos P., Papageorgaki P., Kyroudi A. and S. Pathak, (1995a): Clonal evolution of an immunoblastic type non Hodgkin's Lymphoma with der(6)t(1:6)(q11; p11) as it's primary cytogenetic abnormality. *Cancer Genet. Cytogenet.* **79**: 59-63.
- Gagos S., Hopwood V., Iliopoulos D., Kostakis A., Karayannakos P., Yatzides H., Skalkas G. and Pathak S., (1995b): Chromosomal markers associated with metastasis in two colon cancer cell lines established from the same patient. *Anticancer Res.* **15**: 36-3978.

- Gagos S., Pathak S., Tseleni S., Iliopoulos D., Agapitos E., Kostakis A., Karayannakos P., Skalkeas G., (1996): Cell senescence and a mechanism of clonal evolution leading to continuous cell proliferation, LOH, and tumor heterogeneity: Studies on two immortal colon cancer cell lines. *Cancer Genet. Cytogenet.* **90**: 157-165.
- German J., (1992): Bloom's syndrome: incidence, age of onset, and types of leukemia in the Bloom's Syndrome Registry. In: Bartsocas, C. S., Loukopoulos, D.: *Genetics of Hematological Disorders*. Washington, D. C.: Hemisphere Publishers (pub.) 1992. pp. 241-258.
- Greenwell P. W., Kronmal S. L., Porter S. E., Gassbenhuber J., Obermaier B., Petes T. D. (1995): TEL1, a gene involved in controlling telomere length in *S. cerevisiae*, is homologous to the human ataxia telangiectasia gene. *Cell.* **82**: 823-829.
- Greider C. W., (1990): Telomeres, telomerase and senescence. *BioEssays* **12**: 363-369.
- Greider C. W., (1996): Telomere length regulation. *Annu. Rev. Biochem.* **65**: 337-365.
- Gupta J., Han L. P., Wang P., Gallie B. L., Bacchetti S. (1996): Development of retinoblastoma in the absence of telomerase activity *J. Nat. Cancer Inst.* **88**: 1152-2157.
- Harley C. B., Futcher A. B., Greider C. W. (1990): Telomeres shorten during aging of human fibroblasts. *Nature* **345**: 458-460.
- Harley C. B. (1991): Telomere loss: Mitotic clock or genetic time bomb? *Mutat Res.* **256**: 271-282.
- Harrington L., McPhail T., Mat V., Zhou W., Oulton R., Amgen EST Program, Bass. M., Arruda I. Robinson O. M. (1997): A mammalian telomerase-associated protein. *Science* **275**: 973-977.
- Hastie N. D., Dempster M., Dunlop M. G., Thompson A. M., Green D. K., Alshire R. C. (1990): Telomere reduction in human colorectal carcinoma and in association with aging. *Nature* **350**: 569-573.
- Hayflick L., (1965): The limited in vitro lifetime of human diploid cell strains. *Exp. Cell. Res.* **37**: 614-636.
- Hawley R. S., (1997): Unresolvable endings: Defective telomeres and failed separation. *Science* **275**: 1441-1443.
- Henderson S., Allsopp R., Spector D., Wang S. S., Harley C., (1996): In situ analysis of changes in telomere size during replicative aging and cell transformation. *J. Cell. Biol.* **134**: 1-12.
- Heim S., Mitelman F., (1995): *Cancer Cytogenetics*. New York: Alan R. Liss Inc. p.p. 19-31.
- Holzmann K., Blin N., Welter C., Zang K. D., Seitz G., Henn W., (1993): Telomeric association and loss of telomeric DNA repeats in renal tumors. *Genes. Chromosome Cancer* **6**: 178-181.
- Howell R. T., Kitchen C., Standen G. R. (1993): Telomeric association in a patient with B-cell polyclonal lymphocytic leukemia. *Genes Chromosom. Cancer* **7**: 116-118.
- Jazwinski S.M., (1996): Longevity genes and Aging, *Science* **273**: 54-59.
- Jones P. A., Chandler L. A., Ghazi H., Ahlering T., Dubeau L., (1989): DNA methylation patterns and tumor heterogeneity. In Nicolson G. L., Fidler I. J. (eds.): *Tumor Progression and Metastasis*. New York: Alan R. Liss, Inc., pp. 173-177.

- Kim N. W., Piatyszek M. A., Prowse K. R., Harley C. B., West M. D., L. C. Ho P., Coviello G. M., Wright W. E., Weinrich S. L., Shay J. W., (1994): Specific association of human telomerase activity with immortal cells and cancer. *Science* **266**: 2011-2014.
- Kirk K. E., Harmon B. P., Reichardt I. K., Sedat J. W., Blackburn E., (1997): Block in anaphase chromosome separation caused by telomerase template mutation. *Science* **275**: 1478-1481.
- Kipling D, Cooke H. J., (1992): Beginning or end? Telomere structure, genetics and biology, *Hum. Mol. Genet.* **1**: 3-6.
- Kojis T. L., Schreck R. R., Gatti R. A., Sparkes R. S., (1989): Tissue specificity of chromosomal rearrangements in ataxia-telangiectasia. *Hum. Genet.* **83**: 347-352.
- Lamb J., Harris P., Wilkie A., Dauwerse J., Higgs (1993): De novo truncation of chromosome 16p and healing with (TTAGGG)_n in the α -thalassemia/mental retardation syndrome (ATR 16). *Am. J. Hum. Genet.* **52**: 668-676.
- Lansdorp P. M., Verwoerd N. P., van de Rijke F. M., Dragowska V., Little M.T., Dirks R.W., Raap A. K., Tanke H. J., (1996): Heterogeneity in telomere length of human chromosomes. *Hum. Mol. Genet* **5**: 685-694.
- LaSalle J., Lalande M., (1996): Homologous association of oppositely imprinted chromosomal domains. *Science* **272**: 722-728.
- Leibovitz A., Stinson J., McCombs W., McCoy C., Mazur K., Mabry N., (1976): Classification of human colorectal adenocarcinoma cell lines. *Cancer Res.* **36**: 456-4560.
- Leibovitz A., Wright W., Pathak S., Siciliano M., Daniels W., Fogh H., Fogh J. (1979): Detection and analysis of a glucose 6-phosphate dehydrogenase phenotype B cell line contamination. *J. Natl. Cancer Ins.* **63**: 635-644.
- Li L., Elledge S. J., Peterson C. A., Bales E. S., Legerski R. J., (1994). Specific association between the human DNA repair proteins XPA and ERCC1. *Proc. Nat. Acad. Sci.* **91**: 5112-5116.
- Li L., Peterson C. A., Lu X., Legerski R. J., (1995): Mutations in XPA that prevent association with ERCC1 are defective in nucleotide — excision repair. *Molec. Cell. Biol.* **15**: 1993-1998.
- Li Z. H., Salovaara R., Aaltonen L. A., Shibata D., (1996): Telomerase activity is commonly detected in hereditary nonpolyposis colorectal cancers. *Am. J. Pathom.* **148**: 1075-1079.
- Lundblad V., Blackburn E. H., (1993): An alternative pathway for yeast telomere maintenance rescues est 1- senescence. *Cell.* **73**: 347-360.
- Marcand S., Gilson E., Shore D., (1997): A protein-counting mechanism for telomere length regulation in yeast. *Science* **275**: 986-990.
- McEachern M. J., Blackburn E. H., (1996): Cap-prevented recombination between terminal telomeric repeat arrays (telomere CPR) maintains telomeres in *Kluyveromyces lactis* lacking telomerase. *Genes Dev.* **10**: 1822-1824.
- Mehle C., Piatyszek M. A., Ljungberg B., Shay J. W., Roos G., (1996): Telomerase activity in human renal cell carcinoma. *Oncogene* **13**: 161-166.

- Meyene J., Baker R. J., Hobart H. H., Hsu T. C., Ryder O. A., Ward O. G., Wiley J. E., Wurster-Hill D. H., Yates T. L., Moyzis R. K., (1990): Distribution of the (TTAGGG)_n telomeric sequence in vertebrate chromosomes. *Chromosoma* **99**: 3-10.
- Mohamed R., Singh S. P., Kumar S., Lavin M. F., (1987): A defect in DNA topoisomerase II activity in ataxia-telangiectasia cells. *Biochem. Biophys. Res. Communt.* **149**: 233-238.
- Morin G. B., (1989): The human telomere terminal transferase enzyme is a ribonucleoprotein that synthesizes TTAGGG repeats. *Cell.* **59**: 521-529.
- Morin G. B., (1991): Recognition of a chromosome truncation site associated with alpha-thalassaemia by human telomerase. *Nature* **353**: 454-456.
- Morrison S. J., Prowse K. R., Ho P., Weissman I. L., (1996): Telomerase activity in hematopoietic cells is associated with self-renewal potential. *Immunity* **5**: 207-216.
- Morrow D. M., Tagle D. A., Shiloh Y., Collins F. S., Hieter P., (1995): TEL1, an *S. cerevisiae* homolog of the human gene mutated in ataxia telangiectasia, is functionally related to the yeast checkpoint gene MEC1. *Cell.* **82**: 831-840.
- Muleris M., Delattre O., Olschwang S., Dutrillaux A. M., Remvikos Y., Salmon R. J., Thomas G., Dutrillaux B., (1990): Cytogenetic and molecular approaches of polyploidization in colorectal adenocarcinomas. *Cancer Genet. Cytogenet.* **44**: 107-118.
- Norrback K. F., Dahlenborg K., Carlsson R., Roos G., (1996): Telomerase activation in normal B lymphocytes and non-Hodgkin's lymphomas. *Blood* **88**: 222-229.
- Nouso K., Urabe Y., Higashi T., Nakatsukasa H., Himo N., Ashida K., Kinugasa N., Yoshida K., Uematsu S., Tsuji T., (1996): Telomerase as a tool for the differential diagnosis of human hepatocellular carcinoma. *Cancer*, **78**: 232-236.
- Pathak S., Wang Z., Dhaliwal M. K., Sacks P. D., (1988): Telomeric association: Another characteristic of cancer chromosomes? *Cytogenet. Cell. Genet.* **47**: 227-229.
- Pathak S., De Lucca E. J., Polyzos A., (1992): Chromosomal evolution in a human breast tumor: A comparison of results 12 years apart. *Chromatin* **1**: 7-17.
- Pathak S., Dave B., Gagos S., (1994a): Chromosome alterations in cancer development and apoptosis. *In vivo*, **8**: 843-850.
- Pathak S., Risin S., Brown N., Berry K., (1994b): Telomeric association of chromosomes is an early manifestation of programmed cell death. *International J. Oncology* **4**:323-328.
- Peterson R. D., Funkhouser J., (1990): Ataxia-telangiectasia: an important clue. (Editorial) *New Eng. J. Med.* **322**: 124-125.
- Rogalla P., Rohen C., Bonk U., Bullerdiek J., (1996). Telomeric repeat fragment lengths are correlated to histological grading in 85 breast cancers. *Cancer Lett.* **103**: 155-161.
- Runge K. W., Wellinger R. J., Zakian V. A., (1991): Effects of excess centromeres and excess telomeres on chromosome loss rates. *Mol. Cel. Biol.* **11**: 2919-2928.
- Sandel A. A., Zakian V. A., (1993): Loss of a yeast telomere: arrest recovery, and chromosome loss. *Cell.* **75**: 729-739.
- Schwartz R. D. (1995): Jumping genes and the immunoglobulin V gene system. *New Engl. J. Med.* **333**: 42-44.

- Shay J. W., West M. D., Wright W. B., (1992): Re-expression of senescent markers in induced reversibly immortalized cell. *Exp. Gerontol.* **27**: 477-492.
- Shay J. W., Wright W. E., (1996b): Telomerase activity in human cancer. *Curr. Opin. Oncol.* **8**: 66-67.
- Σκαλκιάς Γ. Δ., Κωστάκης Α., Τσελένη-Μπαλαφούτα Σ., Γκάγκος Σ., Ήλιόπουλος Δ. Κουντούρης Χ. Χαλιάσος Α. Καραγιαννάκος Π. Καρατζᾶς Γ., (1993): 'Επίδραση τῆς κυκλοσπορίνης-Α, ἐπὶ τοῦ Καρκίνου παχέος ἐντέρου ἀνθρώπου, ἐμφυτευθέντος εἰς πειραματόζωα. Πρακτικά Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, **68**, Τεύχος Α', 1993, σελ. 193-215.
- Small M. B., Hubbard K., Pardinas J. R., Marcus A. M., Dhanaraj S. N., Sethi-Ka (1996): Maintenance of telomeres in SV40-transformed pre-immortal and immortal human fibroblasts. *J. Cell. Physiol.* **168**: 727-736.
- Smith J. R., Pereira-Smith O. M. (1996): Replicative senescence: implications of in vivo aging and tumor suppression. *Science* **273**: 63-67.
- Sugino T., Yoshida K., Bolodeoku J., Tahara H., Buley I., Manek S., Wells C., Goodison S., Ide T., Suzuki T., Tahara E., Tarin D., (1996): Telomerase activity in breast cancer and benign breast lesions: diagnostic applications in clinical specimens, including fine needle aspirates. *Int. J. Cancer* **69**: 304-308.
- Weng N. P., Levine B. L., June C. H., Hodes R. J., (1996): Regulated expression of telomerase activity in human T lymphocyte development and activation. *J. Exp. Med.* **183**: 2471-2479.
- Wilkie A. O. M., Lamb J., Harris P. C., Finney R. D., Higgs D. R., (1990): A truncated human chromosome 16 associated with alpha thalassaemia is stabilized by addition of telomeric repeat (TTAGGG)_n. *Nature* **346**: 868-871.
- Xia S. J., Shammam M. A., Shmookler-Reis R. J., (1996): Reduced telomere length in ataxia-telangiectasia fibroblasts. *Mutat. Res.* **364**: 1-11.
- Yasumoto S., Kunimura C., Kikuchi K., Tahara H., Ohji H., Yamamoto H., Ide T., Uta-koji T., (1996): Telomerase activity in normal human epithelial cells. *Oncogene* **13**: 433-439.
- Zakian V. A., (1995): Telomeres: beginning to understand the End. *Science* **270**: 1601-1607

Ἡ ἐργασία αὐτὴ ἐπιχορηγήθηκε ἐν μέρει ἀπὸ τὴν Ἐπιτροπὴ Ἐρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, τὴν Ἐπιτροπὴ Ἐρευνῶν τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, καὶ τὸ Ἰδρυμα Κρατικῶν Ὑποτροφιῶν.

EYPETHPION

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ ΚΑΤΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ

	Σελ.
VAROTSOS P. — SARLIS N. — LAZARIDOU M. — KAPIRIS P. — A plausible model for the explanation of the selectivity effect of seismic electric signals. ('Ένα πιθανό πρότυπο για την εξήγηση τής επιλεκτικότητας τών σεισμικών ηλεκτρικών σημάτων (SES)	283
ΓΚΑΓΚΟΣ Σ. — ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ Δ. — ΤΣΕΛΕΝΗ-ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΑ Σ. — ΑΓΑΠΗ-ΤΟΣ Μ. — ΑΝΤΑΧΟΠΟΥΛΟΣ Χ. — ΚΩΣΤΑΚΗΣ Α. — ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΑΚΟΣ Π. — ΣΚΑΛΚΕΑΣ ΓΡ. — Μηχανισμός επιμηγύνσεως τών τελομεριδίων τών χρωμοσωμάτων τών καρκινικών κυττάρων ό όποϊος είναι ανεξάρτητος από τη δράση τής τελομεράσης και σχετίζεται με άνευπλοειδία, άπώλεια τής έτεροζυγωτίας και έτερογένεια του όγκου. (A telomerase independent chromosomal mechanism of telomere elongation related to aneuploidy, loss heterozygosity, and tumor heterogeneity) . . .	355
ΘΕΟΧΑΡΗΣ Π. Σ. — ΜΠΟΥΝΤΟΥΛΑΣ Χ. — ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΑΚΟΣ Π. Ε. — ΣΟΚΟΛΗΣ Δ. — ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ Γ. — ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ Φ. — ΠΑΠΑΛΑΜΠΡΟΥ Γ. Η. — ΠΕΡΡΕΑ Δ. — ΔΟΝΤΑ Ι. — 'Η μεταβολή τής μηχανικής Συμπεριφορής 'Αρτηριακών Τοιχωμάτων από την 'Αθηρωματική Νόσον. (Mechanical properties of the aorta duct, during the evolution of experimentally induced atherosclerosis)	63
THEOCARIS P. S. — A study of the topology of a laser - damaged surface. (Μελέτη τής τοπολογίας επιφανειών υπό την επίδρασιν ακτίνων Laser)	85
THEOCARIS P. S. — STAVROULAKIS G. E. — PANAGIOTOPOULOS P. D. — (Micro) structures with variable poisson's ratio design concepts. (Μικρό)- κατασκευαι μεταβλητοῦ λόγου Poisson: αρχαι σχεδιασμοῦ)	160
THEOCARIS P. S. -- ZEREFOS C. — BAIS A. — MELETI C. — Variability of ozone and solar ultraviolet radiation in Greece. (Οί μεταβολές του όζοντος και τής υπεριώδους ήλιακής ακτινοβολίας στην 'Ελλάδα)	227
THEOCARIS P. S. — The properties the eigenangle ω of the failure tensor of the anisotropic materials and its systematic classification). (Αί ιδιότητες τής ιδιογωνίας ω του τανυστοῦ άστοχίας τής άνισοτρόπου ύλης και ή συστηματική κατάταξις της)	254
ΙΑΤΡΙΔΗΣ Π. Γ. — 'Η επίδραση του νατρίου στην ενεργοποίηση τών αιμοπεταλίων. (The effects of sodium on platelet activation)	235

KONOMHS N. — Ἀπὸ τῆ μαγικῆ τελετουργία τοῦ φαρμακοῦ. (From the Magic ritual of the scape - goat)	138
KPEKOYKIAS Δ. — Ἐτυμολογικά ἀπὸ τὰ νεοελληνικά ἰδιώματα. (Some etymological remarks concerning Modern Greek Dialects).	220
MATSANIΩTHS N. — Ἱατρικὸς πληθωρισμὸς: Μέγιστο πρόβλημα δημόσιας ὑγείας. (Physician oversupply in Greece: a major public health problem)	248
TOYPTOΓAOTY M. — Ἡ ἐξασφάλιση τῶν δικαιωμάτων στὰ μεταβυζαντινὰ δικαιοπρακτικὰ ἔγγραφα. Ἐπιβιώσεις ἀρχαίων ἐλληνικῶν δικαίων. (La garantie des droits dans les documents juridiques post-byzantins. Survivances des droits grecs antiques)	415

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ ΚΑΘ' ἸΑΗΝ

Γλωσσολογία

- ΚΡΕΚΟΥΚΙΑΣ Δ. — Ἐτυμολογικά ἀπὸ τὰ νεοελληνικά ἰδιώματα. (Some etymological remarks concerning Modern Greek Dialects) 220

Δίκαιον

- ΤΟΥΡΤΟΓΛΟΥ Μ. — Ἡ ἐξασφάλιση τῶν δικαιωμάτων στὰ μεταβυζαντινά δικαιοπρακτικὰ ἔγγραφα. Ἐπιβιώσεις ἀρχαίων ἐλληνικῶν δικαίων. (La garantie des droits dans les documents juridiques post-byzantins. Survivances des droits grecs antiques. . . . 115

Ἰατρικὴ

- ΘΕΟΧΑΡΗΣ Ρ. Σ. — ΜΠΟΥΝΤΟΥΛΑΣ Χ. — ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΑΚΟΣ Π. Ε. — ΣΟΚΟΛΗΣ Δ. — ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ Γ. — ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ Φ. — ΠΑΠΑΛΑΜΠΡΟΥ Γ. Η. — ΠΕΡΡΕΑ Δ. — ΔΟΝΤΑ Ι. — Ἡ μεταβολὴ τῆς μηχανικῆς Συμπεριφορᾶς Ἀρτηριακῶν Τοιχωμάτων ἀπὸ τὴν Ἀθηρωματικὴ Νόσον. (Mechanical properties of the aorta duct, during the evolution of experimentally induced atherosclerosis) 63
- ΙΑΤΡΙΔΗΣ Π. Γ. — Ἡ ἐπίδραση τοῦ νατρίου στὴν ἐνεργοποίηση τῶν αἰμοπεταλίων. (The effects of sodium on platelet activation) 235
- ΜΑΤΣΑΝΙΩΤΗΣ Ν. — Ἰατρικὸς πληθωρισμὸς: Μέγιστο πρόβλημα δημόσιας ὑγείας. (Physician oversupply in Greece: a major public health problem) 248
- ΓΚΑΓΚΟΣ Σ. — ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ Δ. — ΤΣΕΛΕΝΗ-ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΑ Σ. — ΑΓΑΠΗΤΟΣ Μ. — ΑΝΤΑΧΟΠΟΥΛΟΣ Χ. — ΚΩΣΤΑΚΗΣ Α. — ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΑΚΟΣ Π. — ΣΚΑΛΚΕΑΣ ΓΡ. — Μηχανισμὸς ἐπιμηκύνσεως τῶν τελομεριδίων τῶν χρωμοσωμάτων τῶν καρκινικῶν κυττάρων ὁ ὁποῖος εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴ δράση τῆς τελομεράσης καὶ σχετίζεται μὲ ἀνευπλοειδία, ἀπώλεια τῆς ἑτεροζυγωτίας καὶ ἑτερογένεια τοῦ ὄγκου. (A telomerase independent chromosomal mechanism of telomere elongation related to aneuploidy, loss of heterozygosity, and tumor heterogeneity) . . . 355

Μηχανικὴ

- THEOCARIS P. S. — A study of the topology of a laser - damaged surface. (Μελέτη τῆς τοπολογίας ἐπιφανειῶν ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἀκτίνων Laser) 85
- THEOCARIS P. S.—STAVROULAKIS G. E.—PANAGIOTOPOULOS P. D.—(Micro) structures with variable poisson's ratio design concepts. (Μικρὸ) - κατασκευαὶ μεταβλητοῦ λόγου Poisson: ἀρχαὶ σχεδιασμοῦ) 160

- THEOCARIS P. S. — The properties the eigenangle ω of the failure tensor of the anisotropic materials and its systematic classification). (Αί ιδιότητες τῆς ιδιογωνίας ω τοῦ τανυστοῦ ἀστοχίας τῆς ἀνισοτρόπου ὕλης καὶ ἡ συστηματικὴ κατάταξις τῆς) 254

Φιλολογία

- KONOMHΣ N. — Ἀπὸ τῆ μαγικῆ τελετουργία τοῦ φαρμακοῦ. (From the Magic ritual of the scape - goat) 138

Φυσικὴ

- THEOCARIS P. S. - ZEREFOS C. - BAIS A. - MELETI C. — Variability of ozone and solar ultraviolet radiation in Greece. (Οἱ μεταβολὲς τοῦ ὄζοντος καὶ τῆς ὑπεριώδους ἡλιακῆς ἀκτινοβολίας στὴν Ἑλλάδα)..... 227

Σεισμολογία

- VAROTSOS P. — SARLIS N. — LAZARIDOU M. — KAPIRIS P. — A plausible model for the explanation of the selectivity effect of seismic electric signals. (Ἐνα πιθανὸ πρότυπο γιὰ τὴν ἐξήγηση τῆς ἐπιλεκτικότητος τῶν σεισμικῶν ἠλεκτρικῶν σημάτων (SES) 283

Τύποις: ΕΜΜΑΝ. Μ. ΠΑΠΑΔΑΚΗ Δερβενίων 7 Ἀθήνα 106 80 Τηλ. 36 31 298-FAX. 36 00 145





