

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ

Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α

ΤΗΣ

ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΤΟΣ 2017: ΤΟΜΟΣ 92ος

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ
ΤΑΞΙΣ ΤΩΝ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

2017

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ

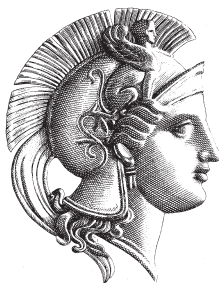
Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α

ΤΗΣ

ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΤΟΣ 2017: ΤΟΜΟΣ 92ος

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ
ΤΑΞΙΣ ΤΩΝ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ
2017

Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α
ΤΗΣ
Α Κ Α Δ Η Μ Ι Α Σ Α Θ Η Ν Ω Ν

ΤΟΜΟΣ 92ος
ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ
ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΔΟΥΚΑ ΠΑΠΑΔΗΜΟΥ

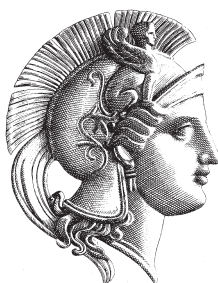
ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ
ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ
Πανεπιστημίου 28, 10679 Αθήνα
www.academyofathens.gr
dim@academyofathens.gr

ISSN 0369-8106

Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α
ΤΗΣ
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΤΟΣ 2017: ΤΟΜΟΣ 92ος

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ
ΤΑΞΙΣ ΤΩΝ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ
2017

ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

τοῦ 92ου Τόμου τῶν Πρακτικῶν τοῦ ἔτους 2017

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

	Σελ.
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 9ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2017.....	9
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 14ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2017.....	11
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 16ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2017.....	47
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 6ΗΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2017.....	95
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 27ΗΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2017.....	109
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 8ΗΣ ΙΟΥΝΙΟΥ 2017.....	115
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 19ΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2017.....	119
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 21ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2017.....	143
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 23ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2017.....	171
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 5ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2017.....	179
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 12ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2017.....	187
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 13ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2017.....	205
 ΕΚΘΕΣΗ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΡΕΥΝΩΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ.....	 213
ΕΚΘΕΣΗ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΡΕΥΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ.....	213
ΕΚΘΕΣΗ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΡΕΥΝΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ.....	214
 ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ ΚΑΤΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ.....	 215

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 9ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2017

ΑΝΑΓΓΕΛΙΑ ΘΑΝΑΤΟΥ

Ὁ Πρόεδρος τῆς Ἀκαδημίας κ. Λουκᾶς Παπαδηῆμος ἀναγγέλλει τὸν θάνατο τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους Ἰωακεῖμ (Μάκη) Τσαπόγα.

Ἡ Ὀλομέλεια τηρεῖ ἐνὸς λεπτοῦ σιγῇ εἰς μνήμην τοῦ ἐκλιπόντος.

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 14ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2017

ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ
κ. ΑΝΤΩΝΙΟΥ Γ. ΜΙΚΟΥ

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ
κ. ΛΟΥΚΑ ΠΑΠΑΔΗΜΟ

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ὑποδέχεται σήμερα μὲ ἰδιαίτερη τιμὴ τὸν κ. Ἀντώνιο Γ. Μίκο, καθηγητὴ Ἑμβιομηχανικῆς, Χημικῆς καὶ Βιομοριακῆς Μηχανικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Rice στὸ Χιούστον τῶν ΗΠΑ, τὸν ὁποῖο ἡ Ὀλομέλεια ἐξελέξε τὸ 2016 ὡς ἀντεπιστέλλον μέλος της στὴν Τάξη τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

Ὁ κ. Ἀντώνιος Μίκος γεννήθηκε στὴ Θεσσαλονίκη τὸ 1960. Ἐλαβε τὸ πτυχίον τοῦ χημικοῦ μηχανικοῦ ἀπὸ τὸ Ἀριστοτέλειον Πανεπιστήμιον Θεσσαλονίκης τὸ 1983 καὶ τὸ διδακτορικὸ του δίπλωμα ἀπὸ τὸ Τμῆμα Χημικῶν Μηχανικῶν τοῦ Πανεπιστημίου Purdue τῶν ΗΠΑ τὸ 1988.

Ὁ νέος συνάδελφος ἔχει πλούσιο ἐρευνητικὸ καὶ συγγραφικὸ ἔργο. Ἡ ἔρευνά του ἐπέφερε νέο τρόπο σκέψης στὴν ἀντιμετώπιση τῶν βιοϋλικῶν γιὰ τὴν ἀναγεννητικὴ ἱατρικὴ καὶ συνέβαλε στὸν λογικὸ σχεδιασμὸ ἱκριωμάτων γιὰ στοχευμένη ἀναγέννηση ἰστῶν. Τὰ ἱκρίωματα αὐτὰ ἀποτελοῦν τὸν ἀκρογωνιαίον λίθον στὴν ἱστομηχανικὴ καὶ τὴ βάση γιὰ ἀναρίθμητα κλινικὰ προϊόντα. Ἡ μεγάλη ἐρευνητικὴ παραγωγικότητά του ἀποτυπώνεται στὴ συγγραφὴ ἄνω τῶν 550 ἐπιστημονικῶν ἐργασιῶν. Ἐχει παρουσιάσει τὸ ἔργο του σὲ περισσότερες ἀπὸ 680 ὁμιλίες σὲ ἐθνικὰ καὶ διεθνῆ συνέδρια. Ὡς καθηγητὴς ἔχει ἐπιβλέψει πολλοὺς διδακτορικοὺς φοιτητὲς καὶ μεταδιδακτορικοὺς ἐρευνητὲς, ἀρκετοὶ ἐκ τῶν ὁποίων εἶναι σήμερα καθηγητὲς πανεπιστημίων.

Ὁ καθηγητὴς Μίκος χαίρει διεθνoῦς κύρους ὡς παγκόσμιος πρωτοπόρος στὴν ἐφαρμογὴ βασικῶν ἀρχῶν τῆς Μηχανικῆς καὶ τῶν Βιολογικῶν Ἐπιστημῶν, γιὰ τὴ δημιουργία βιοϋλικῶν μὲ εὐρὺ φάσμα χρήσεων ποὺ κυμαίνονται ἀπὸ τὴν ἐλεγχόμενη ἀπελευθέρωση φαρμακευτικῶν οὐσιῶν καὶ τὴ γονιδιακὴ θεραπεία ἕως τὴν ἱστομηχανικὴ καὶ τὴν ἀναγεννητικὴ ἰατρική. Ἡ ἔρευνά του ἔχει ὁδηγήσει στὴν ἀνάπτυξη καινοτόμων βιοϋλικῶν γιὰ ὀρθοπεδικές, ὀδοντιατρικές, καρδιαγγειακές, νευρολογικές καὶ ὀφθαλμολογικές ἐφαρμογές.

Κύριε συνάδελφε, ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν εἶναι εὐτυχὴς ποὺ σᾶς καλωσορίζει καὶ σᾶς ἀπευθύνει θερμὲς εὐχές γιὰ συνέχιση τοῦ ἐπιστημονικοῦ σας ἔργου.

Σᾶς καλῶ γιὰ νὰ σᾶς ἐπιδώσω τὸ δίπλωμα τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους τοῦ Ἰδρύματος.

Ὁ ἀκαδημαϊκὸς κ. Ἀθανάσιος Φωκᾶς θὰ παρουσιάσει ἐκτενέστερα τὸ ἐπιστημονικὸ ἔργο καὶ τίς λοιπές ἐπαγγελματικὲς δραστηριότητες τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ. Παρακαλῶ τὸν κ. Φωκᾶ νὰ ἀνέλθει στὸ βῆμα.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ
κ. ΑΘΑΝΑΣΙΟ ΦΩΚΑ

Εὐχαριστῶ τὴ Σύγκλητο τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν γιὰ τὴν ἀνάθεση τῆς παρουσίας τοῦ ἔργου καὶ τῆς προσωπικότητας τοῦ νέου ἀντεπιστέλλοντος μέλους. Ὅπως θὰ καταστεῖ προφανὲς λίαν συντόμως, αὕτῃ ἡ ἀνάθεση ἀποτελεῖ γιὰ ἐμένα ἰδιαίτερη τιμὴ.

Ὁ κ. Ἀντώνιος Μίκος γεννήθηκε στὴ Θεσσαλονίκη τὸ 1960. Ἐλαβε τὸ δίπλωμα τοῦ χημικοῦ μηχανικοῦ ἀπὸ τὸ Ἀριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης τὸ 1983 καὶ διδακτορικὸ δίπλωμα ἀπὸ τὸ Τμῆμα Χημικῶν Μηχανικῶν τοῦ Πανεπιστημίου Purdue τὸ 1988. Ἀμέσως μετὰ ἐπέστρεψε στὴν Ἑλλάδα γιὰ τὴ στρατιωτικὴ του θητεία καὶ ὑπηρέτησε στὴ διεύθυνση Ναυτικοῦ Χημεῖου τοῦ Πολεμικοῦ Ναυτικοῦ. Κατόπιν ἦταν μεταδιδακτορικός ἐρευνητὴς σὲ δύο ἀπὸ τὰ κορυφαῖα πανεπιστήμια τοῦ κόσμου: στὸ Τεχνολογικὸ Ἰνστιτοῦτο τῆς Μασαχουσέτης (MIT) καὶ στὴν Ἰατρικὴ Σχολὴ τοῦ Πανεπιστημίου Harvard.

Τὸ 1992 ἐξελέγη καθηγητὴς στὸ γνωστὸ Πανεπιστήμιο Rice στὸ Χιούστον τῶν ΗΠΑ, ὅπου πλέον εἶναι κάτοχος τῆς ἔδρας Louis Calder στὰ Τμήματα Ἐμβιομηχανικῆς, καθὼς καὶ Χημικῆς καὶ Βιομοριακῆς Μηχανικῆς. Εἶναι ἐπίσης διευθυντὴς τοῦ Ἑργαστηρίου Βιοϊατρικῆς Μηχανικῆς J. W. Cox καὶ τοῦ Κέντρου Ἀριστείας στὴν Ἰστομηχανικὴ τοῦ ἴδιου πανεπιστημίου.

Ὁ καθηγητὴς Μίκος εἶναι ἓνας ἀπὸ τοὺς κορυφαίους παγκοσμίως ἐρευνητὲς στὴν ἐξαιρετικὰ σημαντικὴ ἀπὸ πλευρᾶς ἐφαρμογῶν περιοχὴ δημιουργίας νέων βιοϋλικῶν γιὰ πληθώρα πρωτοποριακῶν χρήσεων. Αὕτῃ ἡ ἔρευνα ἀπαιτεῖ βαθιὰ κατανόηση τόσο τῆς μηχανικῆς ὅσο καὶ τῆς βιολογίας.

Ἀναγεννητικὴ ἱατρικὴ

Ἡ ἔρευνα τοῦ καθηγητῆ Μίκου εἰσήγαγε νέο τρόπο σκέψης στὴν ἀντιμετώπιση τῶν βιοϋλικῶν γιὰ τὴν ἀναγεννητικὴ ἱατρικὴ καὶ συνέβαλε στὸν λογικὸ σχεδιασμὸ ἱκριωμάτων γιὰ τὴν ἀναγέννηση συγκεκριμένων ἰστῶν. Τὰ ἱκρίωματα αὐτὰ ἀποτελοῦν τὴ βάση μεγάλου ἀριθμοῦ κλινικῶν προϊόντων. Εἶναι ἓνας ἀπὸ τοὺς πρώτους ἐρευνητὲς ποὺ ἀναγνώρισε τὶς δυνατότητες τῶν βιολογικῶν ἐνεργῶν οὐσιῶν νὰ προάγουν ἀναγέννηση σὲ διάφορους ἰστούς. Ἐπίσης καινοτόμησε στὴν ἐλεγχόμενη χορήγηση θερα-

πευτικών ούσιων, στις όποιες συμπεριλαμβάνονται νουκλεϊκά όξέα και διάφοροι αύξητικοί παράγοντες. Σε αύτή τήν τεχνική βασίζεται ή χορήγηση θεραπευτικών ούσιων τών περισσότερων προϊόντων αναγεννητικής ιατρικής που χρησιμοποιούνται σήμερα.

Πρέπει νά τονισθεῖ ότι οί τεχνολογίες για τήν αναγεννητική ιατρική που ανέπτυξαν ό καθηγητής Μίκος και οί συνεργάτες του χρησιμοποιήθηκαν άργότερα στην έλεγχόμενη χορήγηση θεραπευτικών ούσιων για πολυάπλές επιπρόσθετες χρήσεις. Μεταξύ αύτων συμπεριλαμβάνονται ή τοπική αποδέσμευση αντιβιοτικών για τή θεραπεία τής όστεομυελίτιδας, καθώς και ή αποδέσμευση αντιφλεγμονώδους siRNA εντός τών αρθρώσεων για τή θεραπεία διαφόρων παθήσεων τών κλειδώσεων.

Γονιδιακή θεραπεία

Η έρευνα του καθηγητή Μίκου είχε πρωτοποριακά άποτελέσματα στη σύνθεση μη ίογενών φορέων για γονιδιακή θεραπεία. Αύτοι οί φορείς χρησιμοποιούν συνθετικά πολυμερή καθώς και φυσικές δραστικές ούσιες. Αξιοποιώντας βιολογικούς μηχανισμούς μέσω τών ύποδοχών τών κυττάρων, ό κ. Μίκος κατόρθωσε νά αύξήσει κατά πολύ τήν άποτελεσματικότητα τής ένσωμάτωσης νέου γενετικού ύλικού.

Νανοσωματίδια

Ο καθηγητής Μίκος συνέβαλε σημαντικά στην κατασκευή ίκριωμάτων σε νανοκλίμακα. Αύτά τά ίκριώματα έχουν σημαντικές εφαρμογές στην ίστομηχανική, όπου απαιτούνται νανοσωματίδια που φέρουν φορτία. Τά ύλικά που κατασκευάστηκαν στο έργαστήριο του κ. Μίκου ξεπέρασαν τις μέχρι τότε δυσκολίες στη διασπορά και ένσωμάτωση τών νανοϋλικών σε πορώδεις νανοςύνθετες δομές. Παράλληλα, ό κ. Μίκος ανέπτυξε βιοδιασπώμενα συστήματα ύδροπηγμάτων για τήν έλεγχόμενη αποδέσμευση πολλαπλών αύξητικών παραγόντων. Αύτοι οί παράγοντες βοηθοϋν άποτελεσματικά τήν αποκατάσταση βλαβών σε διάφορους ιστούς.

Βλαστοκύτταρα

Είναι έξαιρετικά ένδιαφέρον ότι σε πολλές περιπτώσεις τά άνωτέρω ύδροπήγματα συνδυάστηκαν με βλαστοκύτταρα. Χρησιμοποιώντας αύτόν

τὸν καινοτόμο συνδυασμό, ἔγινε δυνατὴ ἡ μελέτη τῶν μηχανισμῶν δράσης τῶν αὐξητικῶν παραγόντων καὶ τῶν βλαστοκυττάρων μὲ στόχο τὴν ἀναγέννηση ποικίλων ἰστῶν. Σὲ αὐτοὺς τοὺς ἰστούς συμπεριλαμβάνονται χόνδροι, ὅστές, ὀφθαλμικοὶ φακοὶ καὶ τὸ μυοκάρδιο.

Ἡ ἐρευνητικὴ παραγωγικότητά τοῦ κ. Μίκου εἶναι ἀξιοζήλευτη: Ἔχει συγγράψει περίπου 550 ἐπιστημονικὲς δημοσιεύσεις καὶ ἔχει ἐκδώσει 15 βιβλία, συμπεριλαμβανομένων τῶν βιβλίων *Frontiers in Tissue Engineering* (Elsevier, 1998) καὶ *Tissue Engineering Principles and Practices* (CRC Press, 2013). Ἐπίσης, ἔχει κατοχυρώσει 27 διπλώματα εὐρεσιτεχνίας (patents). Ἔχει δώσει πάνω ἀπὸ 680 ὁμιλίες σὲ ἐθνικὰ καὶ διεθνῆ συνέδρια καὶ ἔχει παρουσιάσει τὴν ἔρευνά του σὲ 170 σεμινάρια σὲ πανεπιστήμια καὶ ἐταιρεῖες. Ἡ ἐπίδραση τῆς ἔρευνάς του στὴν παγκόσμια ἐπιστημονικὴ κοινότητα εἶναι μεγάλη. Ἔχει περίπου 50.000 ἀναφορὲς μὲ h-index 120· δηλαδὴ 50.000 δημοσιεύσεις ἄλλων ἐρευνητῶν ἀναφέρονται στὶς δημοσιεύσεις τοῦ καθηγητῆ Μίκου.

Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σύντομη περιγραφή γίνεται καταφανὲς ὅτι ἡ ἔρευνα τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ εἶναι ὄντως ἐξαιρετικὰ σημαντικὴ. Αὐτὸ ἐπιβεβαιώνεται καὶ ἀπὸ τὴ μεγάλη καὶ συνεχὴ χρηματοδότηση τῆς ἔρευνάς του, καθὼς καὶ τὴ διεθνή του ἀναγνώριση. Ὅσον ἀφορᾷ τὴ χρηματοδότηση τῆς ἔρευνάς του, αὐτὴ φθάνει στὸ συνολικὸ ποσὸ τῆς τάξεως τῶν 25 ἑκατομμυρίων δολαρίων. Ἔχει χρηματοδοτηθεῖ ἀπὸ ἐθνικοὺς φορεῖς τῶν ΗΠΑ (National Institute of Health, National Science Foundation, Department of Defense), ἀπὸ διάφορους κοινωφελεῖς ὀργανισμοὺς καὶ ἀπὸ ἐταιρεῖες.

Σχετικὰ μὲ τὴ διεθνή του ἀναγνώριση, ἀναφέρω ὅτι ἔχει τιμηθεῖ μὲ μεγάλο ἀριθμὸ σημαντικῶν βραβείων, συμπεριλαμβανομένων τῶν ἑξῆς:

- Lifetime Achievement Award τῆς Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society-Americas,
- Founders Award καὶ Clemson Award for Contributions to the Literature τῆς Society for Biomaterials,
- Robert A. Pritzker Distinguished Lecturer Award τῆς Biomedical Engineering Society,
- Alpha Chi Sigma Award for Chemical Engineering Research τοῦ American Institute of Chemical Engineers,
- Meriam/Wiley Distinguished Author Award τῆς American Society for Engineering Education,

- Edith and Peter O'Donnell Award in Engineering τῆς Academy of Medicine, Engineering and Science of Texas,
- Marshall R. Urist Award for Excellence in Tissue Regeneration Research τῆς Orthopaedic Research Society,
- Distinguished Scientist Award – Isaac Schour Memorial Award τοῦ International Association for Dental Research, καὶ

– Distinguished Engineering Alumnus Award τοῦ Πανεπιστημίου Purdue.

Ὁ καθηγητῆς Μίκος εἶναι ἰδρυτικὸ μέλος τῆς Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society, ἑταῖρος τῆς American Association for the Advancement of Science, ἑταῖρος τοῦ American Institute of Chemical Engineers, ἑταῖρος τοῦ American Institute for Medical and Biological Engineering, ἑταῖρος τῆς Biomedical Engineering Society, ἑταῖρος τῆς Controlled Release Society καὶ ἑταῖρος τῆς International Union of Societies for Biomaterials Science and Engineering. Τέλος, καὶ τὸ σημαντικότερο, εἶναι μέλος τριῶν ἀκαδημιῶν: τῆς Ἑθνικῆς Ἀκαδημίας Μηχανικῶν, τῆς Ἑθνικῆς Ἀκαδημίας Ἰατρικῆς καὶ τῆς Ἑθνικῆς Ἀκαδημίας Ἐφευρετῶν τῶν ΗΠΑ.

Παρ' ὅλη τὴν τόσο σπουδαία ἔρευνά του, ὁ καθηγητῆς Μίκος βρῖσκει χρόνο γιὰ νὰ συνεισφέρει μέσῳ διαφόρων ἡγετικῶν θέσεων στὴν ἐπιστημονικὴ κοινότητα. Γιὰ παράδειγμα, ἔχει διατελέσει πρόεδρος τῆς Society for Biomaterials καὶ τοῦ ἀμερικανικοῦ τμήματος τῆς International Society of Tissue Engineering and Regenerative Medicine. Ἐπίσης, διοργανώνει προγράμματα συνεχοῦς ἐπιμόρφωσης, συμπεριλαμβανομένου τοῦ προγράμματος Advances in Tissue Engineering, ποὺ διοργανώνεται ἐτησίως ἀπὸ τὸ 1993 στὸ Πανεπιστήμιο Rice. Προεδρεύει σὲ πολυάριθμα διεθνή συνέδρια, μεταξὺ αὐτῶν πέντε Aegean Conferences in Tissue Engineering, τὰ ὁποῖα διοργανώνονται κάθε τρία χρόνια σὲ νησιὰ τῆς Ἑλλάδας. Εἶναι μέλος τῆς συντακτικῆς ἐπιτροπῆς τῶν ἐπιστημονικῶν περιοδικῶν:

- *Advanced Drug Delivery Reviews*,
- *Cell Transplantation*,
- *Journal of Biomaterials Science Polymer Edition*,
- *Journal of Biomedical Materials Research (Part A and B)*, καὶ
- *Journal of Controlled Release*.

Ἐπίσης, ὁ καθηγητῆς Μίκος ἴδρυσε καὶ ἐκτελεῖ χρέη ἀρχισυντάκτη τῶν ἐπιστημονικῶν περιοδικῶν *Tissue Engineering Part A*, *Tissue Engi-*

neering Part B: Reviews και Tissue Engineering Part C: Methods. Ὑπὸ τὴν ἐποπτεία του, τὰ περιοδικὰ αὐτὰ παραμένουν τὰ σημαντικότερα τοῦ τομέα τους τὰ τελευταῖα 20 χρόνια.

Ὁ καθηγητὴς Μίκος εἶναι ἓνας ἀκούραστος δάσκαλος: Ἔχει ἐπιβλέψει 59 διδακτορικοὺς φοιτητὲς καὶ 38 μεταδιδακτορικοὺς ἐρευνητές, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἀρκετοὶ εἶναι Ἕλληνες, καὶ ἐκ τῶν ὁποίων 22 εἶναι τὴν στιγμήν καθηγητὲς πανεπιστημίου.

Μόνιμο μέλημα τοῦ κ. Μίκου εἶναι ἡ προσφορὰ πρὸς τὸν συνάνθρωπο. Σχετικὰ ἀναφέρω ὅτι διευθύνει ἀπὸ τὸ 2008 τὸ πρόγραμμα ἀναδόμησης κρανιοπροσωπικῶν ἀνωμαλιῶν τοῦ Ἰνστιτούτου Ἀναγεννητικῆς Ἰατρικῆς τῶν Ἀμερικανικῶν Ἐνόπλων Δυνάμεων (Armed Forces Institute of Regenerative Medicine). Τὸ πρόγραμμα στοχεύει στὴ μεταφορὰ τεχνικῶν ἀναγεννητικῆς ἱατρικῆς στὸ κλινικὸ ἐπίπεδο. Αὐτὲς οἱ τεχνικὲς συμβάλλουν στὴ διόρθωση λειτουργικῶν καὶ αἰσθητικῶν ἀνωμαλιῶν τῶν κρανιοπροσωπικῶν ὁστῶν.

Ἔχω τὴν τιμὴ νὰ γνωρίζω τὸν κ. Μίκο προσωπικά. Δὲν εἶναι μόνον ἄριστος ἐπιστήμονας ἀλλὰ καὶ ἐξαίρετος ἄνθρωπος.

Ὁ κ. Ἀντώνιος Μίκος ἀποτελεῖ ἓναν ἀπὸ τοὺς ἐπιφανέστερους μηχανικοὺς στὸ παγκόσμιο στερέωμα καὶ συγχρόνως ἓναν ἀπὸ τοὺς σημαντικότερους πρεσβευτὲς τοῦ Ἑλληνισμοῦ. Τὰ μέλη τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν εἶναι εὐτυχῆς ποὺ ἔχουν πλέον τὴ δυνατότητα νὰ ἀποκαλοῦν τὸν κ. Μίκο συνάδελφο.

ΙΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ: ΣΥΓΚΛΙΣΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ
κ. ΑΝΤΩΝΙΟΥ Γ. ΜΙΚΟΥ

1. Είσαγωγή

Βρίσκομαι σήμερα μπροστά σας με αισθήματα βαθιάς ταπεινοφροσύνης και ευγνωμοσύνης. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον ακαδημαϊκό κ. Αθανάσιο Φωκά για τη θερμή είσαγωγή του και να εκφράσω τις πιο ειλικρινείς μου ευχαριστίες στα μέλη της Ακαδημίας Αθηνών, του ανώτατου πνευματικού ιδρύματος της χώρας μου, για την ύψιστη τιμή της έκλογής μου και για την ευκαιρία να μιλήσω σχετικά με το έργο που έχουμε πραγματοποιήσει στο εργαστήριό μου τα τελευταία 25 χρόνια. Όταν ξεκινούσα τις προπτυχιακές σπουδές μου ως χημικός μηχανικός στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο της Θεσσαλονίκης, δεν θα μπορούσα ποτέ να προβλέψω ότι η διαδρομή της καριέρας μου θα με οδηγούσε από τη μοντελοποίηση των αντιδράσεων πολυμερισμού, που ήταν το θέμα της διπλωματικής μου εργασίας, στο πεδίο της ιστομηχανικής και της αναγεννητικής ιατρικής. Η αναγνώριση των έπιστημονικών επιδόσεων του εργαστηρίου μου από την πατρίδα μου είναι για μένα μια τόσο μεγάλη προσωπική τιμή, που αδυνατώ να την εκφράσω με λόγια. Η επιτέλεση του έργου αυτού θα ήταν αναμφισβήτητα αδύνατη χωρίς τους μέντορές μου, κάποιοι από τους οποίους παρίστανται σήμερα εδώ, καθώς και χωρίς τους μαθητές μου, παλιούς και τωρινούς.

Τα τελευταία χρόνια, σε όλα τα έπιστημονικά πεδία τονίζεται ή σπουδαιότητα της έννοιας της «σύγκλισης». Η σύγκλιση ορίστηκε πρόσφατα ως «η συγχώνευση προσεγγίσεων και βαθύτερων γνώσεων που προέρχονται από ιστορικά διακριτούς έπιστημονικούς κλάδους, όπως η μηχανική, ή χημεία, ή φυσική, ή πληροφορική, τα μαθηματικά και οι βιολογικές έπιστήμες». Η γενικότερη αντίληψη είναι ότι μέσω της σύγκλισης, δηλαδή με τη δημιουργία διεπιστημονικών συμπράξεων, θα αναδειχθούν νέες στρατηγικές για να δοθούν απαντήσεις σε όρισμένα από τα πιο δύσκολα προβλήματα που αντιμετωπίζει η κοινωνία στη φροντίδα υγείας και σε άλλους τομείς. Η έκλογή μου δεν συνιστά καταξίωση του έργου του δικού μου εργαστηρίου μόνο, αλλά συνιστά γενικότερα καταξίωση της ιστομηχανικής

και της έπιστήμης της σύγκλισης ως σημαντικών πεδίων στην έπιστημονική κοινότητα.

Η ίστομηχανική, που αποτελεί τὸ θέμα της ὁμιλίας μου, εἶναι ἕνας σχετικὰ νέος τομέας, ἀλλὰ ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὸ παράδειγμα αὐτῆς ἀκριβῶς της ιδέας της σύγκλισης. Ἀντιπροσωπεύει μιὰ συλλογικὴ προσπάθεια μηχανικῶν, βιολόγων, φυσικῶν καὶ ἄλλων ἐπιστημόνων, καθὼς καὶ ἐπαγγελματιῶν υἱείας, που σκοπὸ ἔχει τὴν ἀναγέννηση ἰστών γιὰ τοὺς ἀσθενεῖς που χρειάζονται τὴν ἀντικατάσταση τῶν δικῶν τους. Κατὰ τὴν ὁμιλία μου, θὰ σᾶς παρουσιάσω τὸν τομέα αὐτόν, ξεκινώντας ἀπὸ τὰ πρῶτα ταπεινά του βήματα. Θὰ σᾶς μιλήσω γιὰ ὀρισμένα ἀπὸ τὰ ἐργαλεῖα που ἀναπτύξαμε στὸ ἐργαστήριό μου μὲ τὴ χρήση της ἰστομηχανικῆς, πρὸς ὄφελος ἀσθενῶν, κλινικῶν ἱατρῶν καὶ ἄλλων ἐπιστημόνων. Θὰ ἤθελα ἐπίσης νὰ κάνω ἰδιαίτερη μνεία στοὺς ἐλληνικῆς καταγωγῆς συνεργάτες, που συνέβαλαν μαζί μὲ πολλοὺς ἄλλους στὶς προσπάθειες τοῦ ἐργαστηρίου μας. Τέλος, θὰ ἀναφέρω μερικὰ παραδείγματα, στὰ ὁποῖα ἡ ἰστομηχανικὴ ἀξιοποιήθηκε ὡς ἐπιστήμη της σύγκλισης γιὰ τὴν ἀντιμετώπιση ὀρισμένων ἀπὸ τὶς πλέον σύνθετες προκλήσεις στὴν ἱατρικὴ καὶ στὴ φροντίδα υἱείας.

1.1 Ἀναγέννηση ἰστών: Μιὰ πανάρχαια ιδέα

Ἐνῶ ὁ τομέας της ἰστομηχανικῆς εἶναι σχετικὰ νέος στὴν ἐποχὴ μας, ἡ ιδέα της ἀναγέννησης ἰστών καὶ ὀργάνων διέγειρε τὴ φαντασία τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα. Στὴν ἀρχαιοελληνικὴ μυθολογία ἀναφέρεται ὅτι τὸ συκώτι τοῦ Προμηθέα ἀναγεννιόταν καθημερινὰ στὸ πλαίσιο της τιμωρίας του, ἐπειδὴ δώρισε στὴν ἀνθρωπότητα τὴν τεχνολογία μὲ τὴ μορφὴ της φωτιᾶς καὶ της κατεργασίας τοῦ μετάλλου. Ἄν καὶ ὁ Προμηθεὺς δὲν θὰ συμφωνοῦσε, τὸ νὰ φτιάξεις καινούργιο συκώτι ἐνσαρκώνει σήμερα τὸν πόθο δεκάδων χιλιάδων ἀνθρώπων που περιμένουν γιὰ τὴ λήψη ἑνὸς μοσχεύματος. Ὁ Παγκόσμιος Ὁργανισμὸς Ὑγείας ἐκτιμᾷ ὅτι μόνον στὴν Εὐρώπῃ πάνω ἀπὸ 130.000 ἄτομα πεθαίνουν κάθε χρόνο ἀπὸ νόσο τοῦ ἥπατος. Καὶ φυσικὰ αὐτὸ ἀφορᾷ ἕνα ὄργανο μόνον – ὅπως ἀντιλαμβάνεστε, ἡ ζήτηση γιὰ καρδιές, πνεύμονες, νεφροὺς καὶ ἄλλους ἰστούς ὑπερβαίνει κατὰ πολὺ τὴν προσφορά. Οἱ ἰστοὶ ἀπὸ υἱεῖς δότες εἶναι δυσεύρετα ἀγαθὰ. Ἀκόμη καὶ ὅταν ὑπάρχουν διαθέσιμοι ἰστοί, εἴτε ἀπὸ ζῶντα εἴτε ἀπὸ προσφάτως ἀποθανόντα δότη, ἡ μεταμόσχευσή τους ἐνέχει τὸν κίνδυνο της ἀπόρριψης τοῦ μοσχεύματος, τὴν ἀνάγκη λήψης μακροχρόνιων φαρμακευ-

τικῶν ἀγωγῶν γιὰ τὴν καταστολὴ τῆς ἀνοσιακῆς ἀπόκρισης καὶ τὴν πιθανόντητα μετάδοσης νόσου.

1.2 Κίνητρα γιὰ τὴν ἱστομηχανικὴ

Συνεπῶς, τὸ ἀρχικὸ κίνητρο καὶ τὸ ὄραμα γιὰ τὴν ἱστομηχανικὴ ἦταν ἡ παράκαμψη τῆς μεταμόσχευσης ὀργάνων, λόγῳ τῆς ἔνδειας ἰστῶν ἀπὸ δότες. Ὁ πρωταρχικὸς στόχος στὸ πεδίο αὐτὸ ἦταν ἡ ἀνάπτυξη τῆς τεχνολογίας ἐκείνης πού θὰ καθιστοῦσε ἐφικτὸ τὸ ἀκόλουθο σενάριο: Ἐνας ἀσθενὴς χρήζει μεταμόσχευσης κάποιου ὀργάνου. Ὁ ἰατρός, εἴτε χειρουργὸς εἴτε ὄχι, προχωρᾷ στὴ λήψη μιᾶς μικροῦ μεγέθους βιοψίας ἀπὸ τὸν ἀσθενὴ μέσω μιᾶς ἐλάσσονος ἐπέμβασης. Ἀπὸ αὐτὴ τὴ μικρὴ βιοψία ἀπομονώνονται καὶ ἀνακτῶνται τὰ κύτταρα. Στὴ συνέχεια, αὐτὰ τὰ κύτταρα καλλιεργοῦνται στὸ ἐργαστήριο ὑπὸ πολὺ συγκεκριμένες συνθῆκες, προκειμένου νὰ δημιουργηθεῖ ἓνα νέο ὅμοιο ὑγιὲς ὄργανο στὴ θέση ἐκείνου πού νοσεῖ. Καθὼς τὸ νέο αὐτὸ ὄργανο δημιουργεῖται ἀπὸ τὰ ἴδια τὰ κύτταρα τοῦ ἀσθενοῦς, δὲν ὑπάρχει κίνδυνος ἀπόρριψής του οὔτε ἀνάγκη χημικῆς ἀνοσοκαταστολῆς ἀλλὰ οὔτε καὶ κίνδυνος ἐξωγενοῦς μετάδοσης νόσου.

Κατὰ κάποιον τρόπο, τὸ πρότυπο αὐτὸ ἐξακολουθεῖ νὰ ἀποτελεῖ τὸ «ἱερὸ δισκοπότηρο» τῆς ἱστομηχανικῆς. Ὡστόσο τὸ πεδίο ἐφαρμογῆς ἔχει ἐπεκταθεῖ πέρα ἀπὸ τὴν μεταμόσχευση ὀργάνων. Γνωρίζουμε ὅτι ὑπάρχουν πολλὰ παραδείγματα παθολογικῶν καταστάσεων, στίς ὁποῖες διάφοροι ἱστοὶ ἢ ὄργανα μπορεῖ νὰ ὑποστοῦν βλάβες πού ὑπερβαίνουν τὴν ἐγγενὴ ἀναγεννητικὴ ἱκανότητα τοῦ ὀργανισμοῦ γιὰ ἀποκατάσταση, ὅπως μεῖζον τραῦμα, καρκίνος, λοιμώξεις, συγγενεῖς παθήσεις, αὐτοάνοσα νοσήματα καὶ χρόνιες νόσοι.

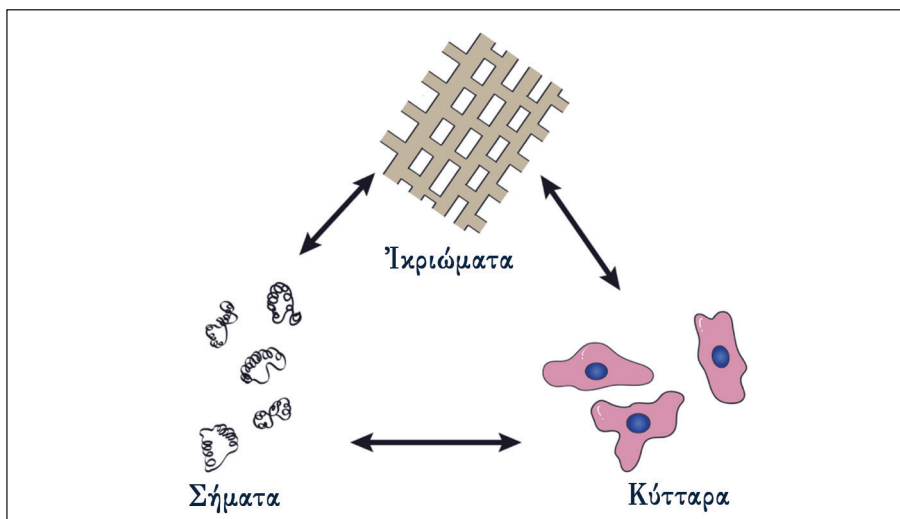
Τὸ πρότυπο αὐτὸ ἔχει ἐπίσης ἐπεκταθεῖ σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὸν τρόπο διάθεσης καὶ χορήγησης. Στὴ θέση τῆς ἀνάπτυξης τοῦ ὀργάνου ἔξω ἀπὸ τὸ σῶμα τοῦ ἀσθενοῦς καὶ τὴν ἐν συνεχείᾳ μεταμόσχευσή του σὲ αὐτόν, ἀντιληφθήκαμε –τόσο στὸ δικό μου ἐργαστήριο ὅσο καὶ σὲ ἄλλα– ὅτι μὲ τὴν χρῆση τοῦ σωστοῦ συνδυασμοῦ ὑλικῶν καὶ κυττάρων εἶναι ἐφικτὴ ἡ σχεδίαση στρατηγικῶν ἱστομηχανικῆς, οὕτως ὥστε νὰ διεγείρεται ἡ ἐπούλωση τῶν ἰστῶν μέσα στὸ σῶμα. Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν δημιουργία ἰστῶν γιὰ τὴν ἀντικατάσταση νοσούντων ὀργάνων, οἱ εἰδικοὶ τῆς ἱστομηχανικῆς συνειδητοποίησαν ἐπίσης τὴν ἀξία τῆς δυνατότητας δημιουργίας βιολογικῶν ἰστῶν ἔξω ἀπὸ τὸ σῶμα καὶ γιὰ ἄλλες ἀνάγκες τῆς κοινωνίας. Παραδείγματός

χάριν, οί ἰστοὶ αὐτοὶ μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ τὸν ἔλεγχον νέων φαρμάκων γιὰ τὴν καταπολέμηση τοῦ καρκίνου χωρὶς κανέναν κίνδυνον γιὰ τοὺς ἀσθενεῖς ἢ γιὰ τὴν καλὺτερη κατανόηση τῶν μηχανισμῶν μὲ τοὺς ὁποίους οἱ ἰοὶ καὶ τὰ βακτήρια εἰσβάλλουν στὸν ὀργανισμό.

2. Τὸ ἱστομηχανικὸ πρότυπο

Σὲ ἓναν ἰδιαίτερα λειτουργικὸ ὀρισμό, τὸ Ἑθνικὸ Ἰνστιτοῦτο Βιοϊατρικῆς Ἀπεικόνισης καὶ Ἐμβιομηχανικῆς τῶν ΗΠΑ ἀναφέρει ὅτι ἡ ἱστομηχανικὴ («[...] ἀφορᾷ τὴν πρακτικὴ τοῦ συνδυασμοῦ ἱκριωμάτων, κυττάρων καὶ βιολογικῶν δραστικῶν μορίων σὲ λειτουργικοὺς ἰστούς. Ὁ στόχος τῆς ἱστομηχανικῆς εἶναι ἡ συναρμολόγηση λειτουργικῶν κατασκευῶν ποὺ ἐπανορθώνουν, διατηροῦν ἢ βελτιώνουν ἰστούς ἢ ὁλόκληρα ὅργανα ποὺ ἔχουν καταστραφεῖ»). Ἄν καὶ αὐτὸς ὁ ὀρισμὸς εἶναι τυπικὰ ἀκριβής, εἶναι σημαντικὸ νὰ τονιστεῖ ἡ διεπιστημονικὴ φύση τῆς ἱστομηχανικῆς. Δεδομένης τῆς πολυπλοκότητος τῶν βιολογικῶν ἰστῶν, ἡ ἱστομηχανικὴ συνδυάζει καὶ ἐφαρμόζει βασικὲς γνώσεις ἀπὸ τοὺς τομεῖς τῆς χημικῆς μηχανικῆς, τῆς μηχανολογίας, τῆς ἐπιστήμης τῶν ὑλικῶν, τῆς βιολογίας, τῆς βιοχημείας, τῆς βιοφυσικῆς, τῆς βιοπληροφορικῆς καὶ τῆς ἱατρικῆς.

Μιὰ ρήση ποὺ ἀποδίδεται στὸν Ἱπποκράτη ἀναφέρει ὅτι «ἡ ἴαση εἶναι θέμα χρόνου, ἀλλὰ μερικὲς φορὲς καὶ θέμα εὐκαιρίας». Σὲ πολλὰς περιπτώσεις ἡ ἴαση, δηλαδὴ στὴν περίπτωσή μας ἡ ἐγγενὴς ἱκανότητα ἐπούλωσης ποὺ διαθέτει τὸ ἀνθρώπινο σῶμα, μπορεῖ νὰ ὑπερκεράσει τὴν ἀπώλεια ἱστοῦ. Ὅταν ἓνα παιδὶ σπάσει ἓνα κόκκαλο, ἐὰν αὐτὸ ἀναταχθεῖ σωστά, τότε θὰ ἐπούλωθεῖ σωστά. Ἐὰν ὅμως τὸ ὅστὸ μολυνθεῖ ἢ τὸ κάταγμα ὀφείλεται στὸ φορτίο μιᾶς νόσου, ὅπως ὁ καρκίνος, ἢ ἐὰν ἡ ἀπώλεια τοῦ ὅστου εἶναι τόσο ἐκτεταμένη ποὺ ξεπερνάει τὴν ἐγγενὴ ἱκανότητα ἀναγέννησης ποὺ διαθέτει ὁ ὀργανισμός, τότε δὲν μπορεῖ νὰ ἐπέλθει φυσιολογικὴ ἐπούλωση. Συνεπῶς, ὁ στόχος τῆς ἱστομηχανικῆς εἶναι ἡ παροχὴ τοῦ σωστοῦ συνδυασμοῦ κυττάρων, σημάτων καὶ δομικῶν μονάδων ποὺ θὰ προσφέρει στὸν ὀργανισμό τὴν εὐκαιρίαν νὰ ἐπούλωθεῖ. Ὅπως διευκρινίστηκε προηγουμένως, οἱ συνδυασμοὶ αὐτοὶ μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἔξω ἀπὸ τὸ σῶμα, γιὰ νὰ δημιουργηθεῖ κάποιο ὄργανο. Ὡστόσο μποροῦν ἐπίσης νὰ χρησιμοποιηθοῦν στὸ σημεῖο τοῦ ἱστοῦ ποὺ νοσεῖ, προκειμένου νὰ ἀποκατασταθεῖ ἡ εὐκαιρία τῆς ἐπούλωσης σύμφωνα μὲ τὰ λεγόμενα τοῦ Ἱπποκράτη.



Σχήμα 1: Τα τρία βασικά στοιχεία της ιστομηχανικής: ικτριώματα, κύτταρα, σήματα.

Τα τρία βασικά στοιχεία οποιασδήποτε στρατηγικής ιστομηχανικής είναι τα ικτριώματα, τα κύτταρα και τα σήματα (Σχήμα 1). Σε έναν ιστό το φυσικό ικτριώμα αποκαλείται («έξωκυττάριο στρώμα»). Οι ειδικοί της ιστομηχανικής έχουν δημιουργήσει διάφορα συνθετικά υλικά ικτριωμάτων, που προέρχονται από μέταλλα, κεραμικά ή πολυμερή και είναι διαμορφωμένα για τις ειδικές ανάγκες του κάθε συγκεκριμένου ιστού. Ένας από τους τρόπους με τους οποίους το εργαστήριό μου κατόρθωσε να συμβάλει σε αυτόν τον τομέα είναι μέσω της σχεδίασης νέων, υψηλής προσαρμογής, βιοαποικοδομήσιμων υλικών για ικτριώματα, ώστε να ενσωματώνονται στον οργανισμό μετά την εμφύτευση. Η επιλογή του σωστού ικτριώματος είναι αποφασιστικής σημασίας για τη δημιουργία λειτουργικών ιστών.

Το επόμενο βασικό στοιχείο της ιστομηχανικής είναι το κύτταρο. Οι πιο σύνθετοι ιστοί απαρτίζονται από διάφορους τύπους κυττάρων. Τα κύτταρα αυτά μπορεί να είναι εξειδικευμένα, παραδείγματος χάριν στην παραγωγή έξωκυττάριου στρώματος, στη διατήρηση των αιμοφόρων αγγείων ή σε μια ειδική μεταβολική δραστηριότητα μέσα στον ιστό. Υπάρχουν κύτταρα που έχουν ωριμάσει πλήρως και είναι γνωστά ως «ένηλικα κύτταρα», καθώς και «ανώριμα κύτταρα», που είναι γνωστά ως βλαστοκύτταρα.

“Όταν εκτίθενται σέ συγκεκριμένα σήματα, αὐτὰ τὰ βλαστοκύτταρα μποροῦν νὰ διαφοροποιηθοῦν σέ ἐνήλικα κύτταρα. Ἐνα παράδειγμα κυττάρου τὸ ὁποῖο ἀξιοποίησε καὶ χειρίστηκε τὸ ἐργαστήριό μου στὶς στρατηγικὲς ἱστομηχανικῆς ποὺ ἀναπτύξαμε ὅλα αὐτὰ τὰ χρόνια εἶναι τὸ «μεσεγχυματικό βλαστοκύτταρο». Ὑπὸ τὴν ἐπίδραση διαφορετικῶν περιβαλλοντικῶν ἐρεθισμάτων καὶ σημάτων, τὰ μεσεγχυματικὰ βλαστοκύτταρα μποροῦν νὰ διαφοροποιηθοῦν πρὸς ἐνήλικα ὅστικα, χόνδρινα, λιπώδη, συνδετικά καὶ μυϊκὰ κύτταρα. Μιὰ ἀπὸ τίς ἀποστολές τῶν εἰδικῶν τῆς ἱστομηχανικῆς εἶναι νὰ ζευγαρώσουν τὸ σωστὸ βλαστοκύτταρο μὲ τὸ σωστὸ ἱκρίωμα καὶ σηματοδοτικὸ σύστημα, ὥστε νὰ ὠθήσουν τὰ κύτταρα νὰ δημιουργήσουν τὸν ἐπιθυμητὸ τύπο ἱστών. Μποροῦμε νὰ συλλέξουμε τὰ κύτταρα αὐτὰ ἀπὸ τὸν ἀσθενή καὶ νὰ τὰ ἐμφυτεύσουμε στὸ ἱκρίωμα. Παραδείγματός χάριν, γιὰ τὴ συλλογὴ μεσεγχυματικῶν βλαστοκυττάρων μπορεῖ νὰ πραγματοποιηθεῖ μιὰ μικρὴ ἐπεμβατικὴ διαδικασία, γνωστὴ ὡς βιοψία μυελοῦ τῶν ὀστέων, ποὺ θὰ ἐπιτρέψει τὴ συγκομιδὴ κυττάρων ἀπὸ τὸ ἐσωτερικὸ τοῦ ἰσχυικοῦ ὀστοῦ τοῦ ἀσθενοῦς. Σὲ ὁρισμένες βέβαια στρατηγικὲς ἱστομηχανικῆς, δὲν ἀπαιτεῖται συγκομιδὴ καὶ ἐμφύτευση κυττάρων. Μὲ τὴν ἐπιλογὴ ἱκριωμάτων συγκεκριμένου σχεδίου, τὰ βλαστοκύτταρα ἀπὸ τὸ ἐσωτερικὸ τοῦ σώματος τοῦ ἀσθενοῦς μποροῦν νὰ ἐπιστρατευτοῦν τοπικὰ σὲ ἓνα ἱστικὸ ἔλλειμμα, γιὰ νὰ ξεκινήσουν τὴν ἐπούλωση καὶ τὴν ἀποκατάσταση. Στὴν περίπτωσή αὐτή, τὸ ἱκρίωμα ἐμφυτεύεται μέσα στὸ ἱστικὸ ἔλλειμμα χωρὶς κύτταρα, ἀλλὰ δρᾷ μὲ σκοπὸ τὴν ἐξασφάλιση ἑνὸς φιλόξενου περιβάλλοντος, ποὺ θὰ ἐνθαρρύνει τὴν κυτταρικὴ μετακίνηση καὶ τὸν σχηματισμὸ φυσικοῦ ἱστοῦ.

Ἐκτός ἀπὸ τὰ ἱκρίωματα καὶ τὰ κύτταρα, τὸ τελευταῖο στοιχεῖο τοῦ ἱστομηχανικοῦ προτύπου εἶναι τὰ σήματα. Τὰ σήματα ἔχουν τὴ μορφή μικρῶν μορίων, γενετικῶν πληροφοριῶν, μηχανικῶν ἐρεθισμάτων ἢ ἀκόμη καὶ ἠλεκτρικῶν μεταδόσεων. Αὐτὰ μποροῦν στὴ συνέχεια νὰ ὠθήσουν τὰ βλαστοκύτταρα νὰ διαφοροποιηθοῦν, ἐλέγχουν τὸν τύπο τοῦ ἱστοῦ ποὺ συντίθεται ἀπὸ τὰ ἐνήλικα κύτταρα, προκαλοῦν τὴ μετακίνηση τῶν κυττάρων σὲ ὁρισμένα σημεῖα ἢ διεγείρουν τὸν κυτταρικὸ πολλαπλασιασμό. Οἱ εἰδικοὶ τῆς ἱστομηχανικῆς πρέπει νὰ ἐφεύρουν καὶ νὰ ἀναπτύξουν στρατηγικὲς γιὰ τὴν παροχὴ σημάτων μὲ ἰσχυρὴ χωρικὴ καὶ χρονικὴ εἰδικότητα, προκειμένου νὰ χειραγωγηθεῖ ἡ συμπεριφορὰ τοῦ κυττάρου, ὥστε νὰ βελτιστοποιηθεῖ ἡ ἀναγέννηση ὑγιоῦς ἱστοῦ. Σὲ διαφορετικὴ περίπτωσι, ἐνδέχεται νὰ σχηματιστοῦν μὴ ἐπιθυμητοὶ ἱστοί, ὅπως οὐλές ἢ ἀκόμη καὶ ὄγκοι.

Τὰ τελευταῖα 25 χρόνια ἐργαζόμαστε μὲ μεγάλη ἐπιμέλεια στὸ ἐργαστήριό μου, προκειμένου νὰ δημιουργήσουμε νέες στρατηγικὲς γιὰ τὴν ἐνσωμάτωση ἱκριωμάτων, κυττάρων καὶ σημάτων, ὥστε νὰ παραχθεῖ ὑγιὲς ἰστός.

3. Ἀνάπτυξη ἐργαλείων γιὰ χρήση στὴν ἱστομηχανικὴ

3.1 Σύνθεση τῶν ἱκριωμάτων

Ἐνα μεγάλο μέρος τοῦ πρώιμου ἔργου τοῦ ἐργαστηρίου μου ἦταν ἡ ἀνάπτυξη νέων ὑλικῶν, γιὰ νὰ λειτουργήσουν ὡς ἱκρίωματα κυττάρων. Ὁ στόχος ἑνὸς ἱκριώματος εἶναι νὰ διευκολύνει τὴν ἐπούλωση καὶ τελικὰ νὰ ἀντικαθίσταται ἐντελῶς ἀπὸ νέους, ὑγιεῖς φυσικοὺς ἰστούς.

Ἰδανικά, ἓνα ἱκρίωμα θὰ πρέπει νὰ διαθέτει τὶς ἀκόλουθες ιδιότητες: Πρωτίστως, δὲν πρέπει νὰ εἶναι τοξικὸ γιὰ τὰ ἀνθρώπινα κύτταρα. Στὴ συνέχεια, πρέπει νὰ ὑποστηρίζει τὴν προσκόλληση τῶν ἀνθρώπινων κυττάρων. Τὸ ἱκρίωμα πρέπει νὰ μπορεῖ νὰ διασπαστεῖ μετὰ τὴν ἐμφύτευση, μιὰ ιδιότητα γνωστὴ ὡς «βιοαποικοδόμηση». Τὰ προϊόντα αὐτῆς τῆς ἀποικοδόμησης πρέπει καὶ τὰ ἴδια νὰ μὴν εἶναι τοξικά, ἐνῶ πρέπει νὰ μποροῦν νὰ ἀποβληθοῦν ἀπὸ τὸν ὀργανισμό, ὅπως μέσῳ τῶν νεφρῶν ἢ τοῦ ἥπατος. Ὁ ρυθμὸς αὐτῆς τῆς ἀποικοδόμησης εἶναι καίριας σημασίας καὶ πρέπει νὰ ἀντιστοιχεῖ στὸν ρυθμὸ τῆς ἐπούλωσης τοῦ φυσικοῦ ἱστοῦ. Ἐὰν κάποιον ἱκρίωμα ἀποικοδομεῖται πάρα πολὺ γρήγορα, τότε τὰ κύτταρά του δὲν θὰ ἔχουν τὸν χρόνο νὰ τὸ ἀντικαταστήσουν μὲ φυσικὸ ἰστό καὶ τὸ τραῦμα δὲν θὰ ἐπούλωθεῖ. Ἐὰν κάποιον ἱκρίωμα ἀποικοδομεῖται πάρα πολὺ ἀργά, τότε μπορεῖ νὰ ἐμποδίσει τὴν ἀνάπτυξη φυσικῶν ἱστῶν καὶ τελικὰ νὰ προκληθεῖ ἀνοσιακὴ ἀπόκριση.

Αὐτὰ τὰ συνθετικὰ ἱκρίωματα θὰ πρέπει ἐπίσης νὰ ταιριάζουν μὲ τὸ στοχευόμενον φυσικὸ ἰστό σὲ ἐπίπεδο μηχανικῶν ιδιοτήτων. Ὅπως μπορεῖ νὰ φανταστεῖ κανεὶς, ἓνα ἱκρίωμα ποὺ ἔχει σχεδιαστεῖ γιὰ τὴ δημιουργία ὀστικοῦ ἱστοῦ διαφέρει κατὰ πολὺ ἀπὸ ἓνα ἱκρίωμα ποὺ ἔχει σχεδιαστεῖ γιὰ τὴν ἀνάπτυξη καρδιακοῦ ἱστοῦ. Μὲ τὴν πάροδο τῶν χρόνων δημιουργήσαμε διαφορετικὰ συνθετικὰ ἱκρίωματα πολυμερῶν μὲ προσαρμόσιμες ιδιότητες. Ἀπὸ τὴ στιγμή ποὺ μποροῦμε νὰ ἐλέγξουμε τὴ χημεία τῶν πολυμερῶν, μποροῦμε νὰ ἐλέγξουμε τὸν τελικὸ ρυθμὸ ἀποικοδόμησης καὶ τὴν τελικὴ μηχανικὴ ἰσχὺ τοῦ ἱκριώματος. Μποροῦμε νὰ δημιουργήσουμε ἱκρίωματα ποὺ νὰ εἶναι ἄκαμπτα, ὅπως τὸ ὀστό, ἢ ἱκρίωματα ποὺ νὰ μοιάζουν μὲ ὑδροπήγματα καὶ νὰ ἀπορροφοῦν τὸ νερό, ὅπως ὁ χόνδρος. Οἱ μέθοδοί μας

έχουν γίνει πια πολύ σύνθετες. Μπορούμε τώρα να εισάγουμε πρωτεϊνικά μοτίβα στις επιφάνειες του συνθετικού ικριώματος που δημιουργούμε, ούτως ώστε συγκεκριμένοι τύποι κυττάρων να αναγνωρίζουν τα υλικά αυτά και να προσκολλώνται επάνω τους. Μπορούμε επίσης να προγραμματίσουμε αλληλουχίες εντός του δομικού σκελετού του ικριώματος, ούτως ώστε ειδικά ένζυμα που παράγονται από τα κύτταρα να μπορούν να διασπάσουν και να αποικοδομήσουν το ικρίωμα. Συνεπώς, ο ρυθμός της αποικοδόμησης ελέγχεται από την τοπική συγκέντρωση των ενζύμων που παράγονται από τα κύτταρα, ενώ το ικρίωμα θα αποικοδομηθεί μόνον όταν στη θέση του δημιουργηθούν νέοι ιστοί. Με τον έλεγχο της σύνθεσης του ικριώματος καταδείξαμε επίσης ότι μπορούμε να επηρεάσουμε την έναπλοση πρωτεϊνών και ανόργανων ουσιών στην επιφάνεια του ικριώματος, γεγονός που μάς επιτρέπει να επιδράσουμε στην αναγέννηση του ιστού. Χρειάστηκε να αφιερώσουμε πολλές προσπάθειες στην ανάπτυξη και τον χαρακτηρισμό αυτών των καινοφανών ικριωμάτων πολυμερών, αλλά αυτό μάς επέτρεψε να δημιουργήσουμε μια πλατφόρμα μοναδικών βιοαποικοδομησιμων πολυμερών για τους ειδικούς της ιστομηχανικής.

3.2 Κατασκευή των ικριωμάτων

Έκτος από τη σύνθεση των ικριωμάτων, υπήρξαμε πρωτοπόροι σε πολλές μοναδικές μεθόδους για την κατασκευή τους. Εάν κάποιος παρατηρούσε τους ιστούς κάτω από ένα δυνατό μικροσκόπιο, δεν θα έβλεπε όμοιο-γενείς δομικές μονάδες. Κάθε φυσικός ιστός διαθέτει μοναδική αρχιτεκτονική και η αρχιτεκτονική αυτή εξαρτάται από τον συγκεκριμένο τύπο του ιστού. Το εργαστήριό μας δημιούργησε πολλές στρατηγικές για την κατασκευή των πολυμερών μας, με σκοπό τη συμπερίληψη των αρχιτεκτονικών δομών συγκεκριμένων ιστών. Στις διάφορες μεθόδους συγκαταλέγονται η ηλεκτροστατική ινοποίηση, κατά την οποία χρησιμοποιείται ηλεκτρικό πεδίο για να καθοδηγήσει το πολυμερές στον σχηματισμό νανοϊνών είτε σε ευθυγραμμισμένο είτε σε τυχαίο μοτίβο, και η τρισδιάστατη εκτύπωση, μια σχετικά νέα εξέλιξη στον τομέα, η οποία επιτρέπει την ακριβή έναπλοση υλικού μέσω ύποβοηθούμενων από υπολογιστή σχεδιαστικών μοντέλων.

Όπως με τη σχεδίαση της σύνθεσης των ικριωμάτων, δεν πρέπει να παραμένουν τοξικά κατάλοιπα στο ικρίωμα ούτε κατά την κατασκευή τους. Εάν πρόκειται να εγκλειστούν κύτταρα εντός κάποιου ικριώματος κατά τη διάρ-

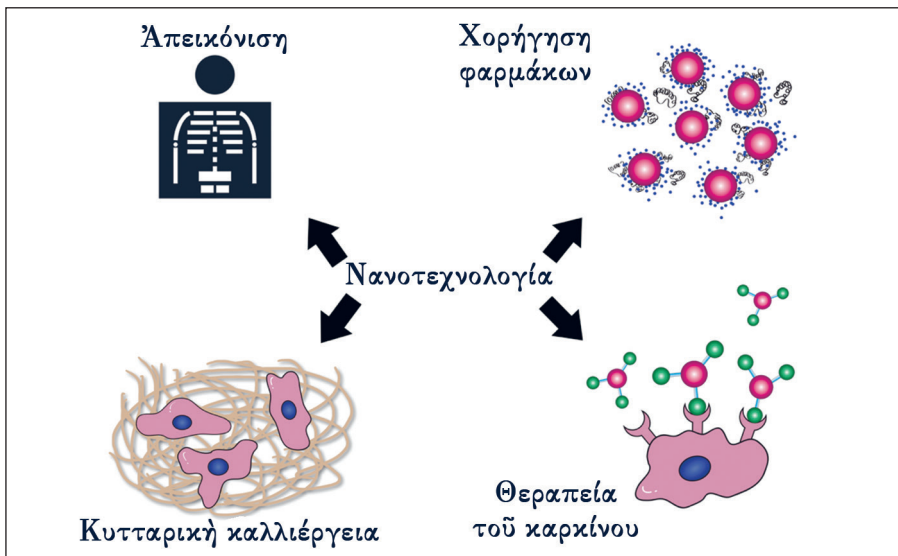
κεια τῆς κατασκευῆς του, ἡ μέθοδος κατασκευῆς πρέπει νὰ εἶναι βιοσυμβατή. Τελικά, χάρις σέ αὐτὲς τὶς νέες ἐξελίξεις στὴν κατασκευή, εἴμαστε σὲ θέση νὰ ἔχουμε τὸν ἀκριβῆ ἔλεγχο τῆς ἀρχιτεκτονικῆς τοῦ ἱκριώματος. Ὁ ἔλεγχος αὐτὸς μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐπηρεάζουμε περαιτέρω τὴν ἀναγέννηση ἱστῶν.

3.3 Ἰκριώματα σὲ νανοκλίμακα

Ἐνα ἄλλο παράδειγμα μιᾶς νέας τεχνολογίας ἱκριωμάτων ποὺ ἔχει ἀξιοποιήσει ὁ τομέας μας προκειμένου νὰ βελτιώσει τὴν ἀναγέννηση τῶν ἱστῶν εἶναι ἡ νανοτεχνολογία. Τὸ Πανεπιστήμιο Rice, ὅπου καὶ ἡ ἀκαδημαϊκή μου ἑδρα, εἶναι τὸ ἴδρυμα στὸ ὁποῖο οἱ καθηγητὲς Richard Smalley καὶ Robert Curl περιέγραψαν τὸ Buckminster φουλερένιο, μιὰ νανοδομὴ μὲ βάση τὸν ἄνθρακα, γιὰ τὴν ὁποία τοὺς ἀπονεμήθηκε τὸ βραβεῖο Nobel στὴ χημεία τὸ 1996. Ἀπὸ τότε ἔχουμε ὠφεληθεῖ τὰ μάλα στὸ ἐργαστήριό μου ἀπὸ τὴ στενὴ συνεργασία ποὺ ἀναπτύξαμε μὲ τοὺς ἐρευνητὲς τοῦ Ἰνστιτούτου Smalley – Curl σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὸν συνδυασμὸ πρωτοποριακῶν νανοτεχνολογιῶν μὲ στρατηγικὲς ἱστομηχανικῆς, μὲ στόχο τὴ βελτίωση τῆς ἐπούλωσης. Ὅπως ἀκριβῶς ἡ μακροαρχιτεκτονικὴ μπορεῖ νὰ ἐπηρεάσει τὴν ἱστικὴ ἀπόκριση στὰ ἐμφυτευμένα ὑλικά, ἔτσι καὶ ἡ νανοαρχιτεκτονικὴ μπορεῖ νὰ τροποποιήσει τὴν ἀναγέννηση τῶν ἱστῶν. Ἡ νανοτεχνολογία ἐπηρεάζει τὴν κυτταρικὴ ἀπόκριση μὲ τρόπους ποὺ δὲν εἶναι ἐφικτοὶ γιὰ τὰ παραδοσιακὰ ὑλικά. Ἐκτὸς ἀπὸ τὴ χρῆση σὲ ἱκριώματα, στὸ δικό μας ἀλλὰ καὶ σὲ ἄλλα ἐργαστήρια, ἔχουμε διερευνήσει τὰ νανοϋλικά ὡς σκιαγραφικούς παράγοντες γιὰ τὴν ἀναβάθμιση τῶν μεθόδων τῆς κλινικῆς ἀπεικόνισης, καθὼς καὶ ὡς φορεῖς χορήγησης διαφόρων θεραπευτικῶν παραγόντων, μεταξὺ τῶν ὁποίων εἶναι ἀντιβιοτικά, σήματα γιὰ τὴν ἐνίσχυση τῆς ἀνάπτυξης τῶν ἱστῶν καὶ χημειοθεραπευτικοὶ παράγοντες γιὰ τὴν καταπολέμηση τοῦ καρκίνου (Σχῆμα 2).

3.4 Χορήγηση τῶν ἱκριωμάτων

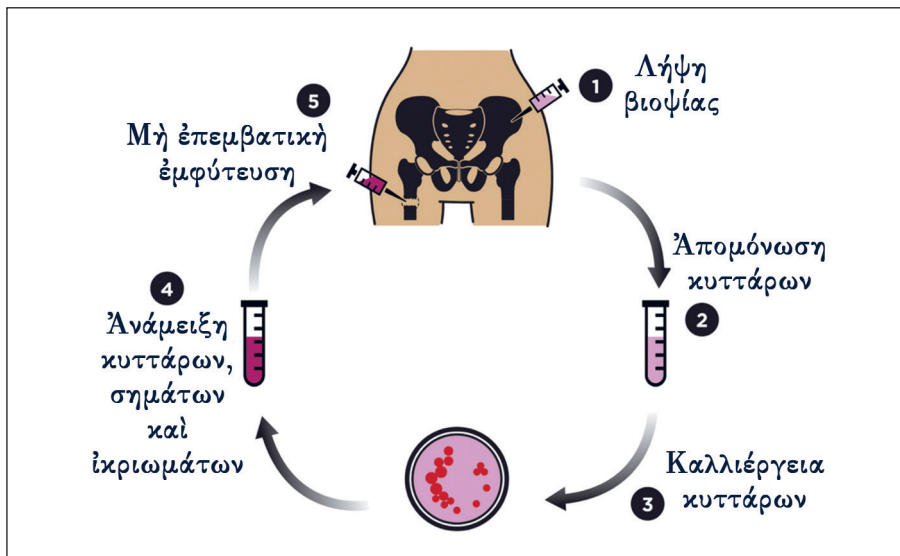
Τελικά, ἡ σύνθεση καὶ ἡ ἀρχιτεκτονικὴ δομὴ τῶν ἱκριωμάτων δὲν ἀποτελοῦν τὰ μοναδικὰ ζητήματα πρὸς ἐπίλυση κατὰ τὴ σχεδίαση νέων τεχνολογιῶν μὲ σκοπὸ τὴν κλινικὴ χρῆση. Γιὰ νὰ ἐνσωματωθοῦν εὐκόλα τὰ ἐργαλεῖα ποὺ δημιουργοῦμε στὴν κλινικὴ πρακτικὴ, οἱ ἱατροί, εἴτε χειρουργοὶ εἴτε ὄχι, δὲν πρέπει νὰ ἀντιμετωπίζουν δυσκολίες στὴ χρῆση καὶ τὴν ἐφαρμογὴ τους. Κατὰ τὴ σχεδίαση νέων στρατηγικῶν ἱστομηχανικῆς,



Σχήμα 2: Η ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας έχει ωφελήσει την ιστομηχανική και την αναγεννητική ιατρική.

και για να διασφαλίσουμε ότι οι μέθοδοι αυτές είναι εφαρμόσιμες στη σημερινή κλινική πρακτική, είμαστε σε συνεχή επικοινωνία με μια ομάδα ιατρών χειρουργικών και άλλων ειδικοτήτων.

Συνεπώς, μια άλλη κατηγορία εργαλείων που προσφέρουμε για χρήση στον κλάδο είναι διάφορες καινοτόμες μέθοδοι χορήγησης των ικριωμάτων. Η παραδοσιακή εμφύτευση των ικριωμάτων απαιτεί επεμβατική χειρουργική. Ωστόσο, μια από τις παλιές μου μεταπτυχιακές φοιτήτριες, η Αθήδα Κλουδᾶ, θέλησε να κάνει πιο εύκολη τη χορήγηση των ικριωμάτων και έτσι σχεδίασε μια σειρά ενέσιμων ικριωμάτων πολυμερών. Πριν να ενταχθεί στην ομάδα μου ως μεταπτυχιακή φοιτήτρια, η Αθήδα είχε ολοκληρώσει τις βασικές της σπουδές ως χημικός μηχανικός στο Έθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο της Αθήνας. Χάρης στις δικές της προσπάθειες σχεδιάσαμε μια σειρά ενέσιμων ικριωμάτων πολυμερών, τα οποία είναι σε υγρή κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου και σε κατάσταση γέλης σε θερμοκρασία σώματος (Σχήμα 3). Έτσι, το ικρίωμα μπορεί να ενεθεί στο σημείο ενός ελλείμματος, ώστε η εμφύτευση να μη χρειάζεται να είναι επεμβατική. Επιπλέον, τα βλαστοκύτταρα και τα σηματοδοτικά μόρια μπορούν εύκολα να αναμει-



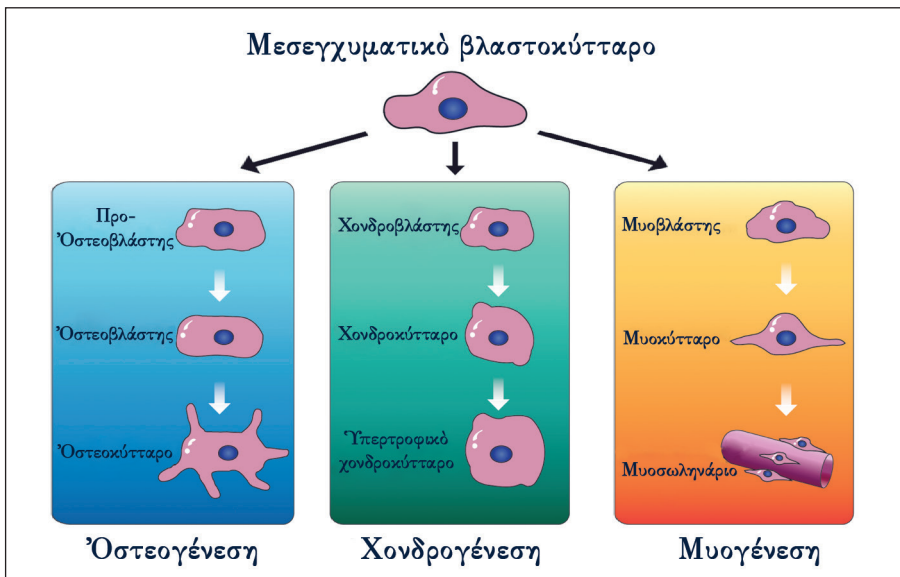
Σχήμα 3: Χορήγηση ενέσιμων ικτριωμάτων με βλαστοκύτταρα και σηματοδοτικά μόρια για την επούλωση οστών.

χθοῦν μὲ τὸ ἰκρίωμα πρὶν ἀπὸ τὴν ἐμφύτευση. Καθὼς στὴ θερμοκρασία τοῦ σώματος τὸ ἰκρίωμα στερεοποιεῖται, οἱ παράγοντες αὐτοὶ ἐνσωματώνονται σὲ ὁλόκληρο τὸ ἰκρίωμα, ὥστε νὰ ξεκινήσει ἡ διεργασία τῆς ἐπούλωσης. Ἔχουμε καταδείξει σὲ ζωικὰ μοντέλα νόσου, ὅπως σὲ ποντίκια, ὅτι τὰ ἰκτριώματα αὐτὰ μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ τὴν ἐνίσχυση τῆς διεργασίας τῆς ἐπούλωσης στὰ ὀστά.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ θερμοευαίσθητα ὑλικά, ἔχουμε σχεδιάσει καὶ ἄλλες τεχνικὲς ἐνέσιμων ἰκτριωμάτων, στὶς ὁποῖες ἡ διεργασία ἐκκινεῖται ἀπὸ χημικὰ ἐρεθίσματα ἢ ἐρεθίσματα φωτός. Τὰ ἐργαλεῖα αὐτὰ ἐπιτρέπουν στοὺς συναδέλφους μας χειρουργοὺς νὰ ἐφαρμόσουν μὲ εὐκολία στρατηγικὲς ἱστομηχανικῆς μὲ παράλληλη ἐλαχιστοποίηση τοῦ τραύματος ποὺ προκαλεῖται στὸν ἀσθενή.

3.5 Κύτταρα στὴν ἱστομηχανικὴ

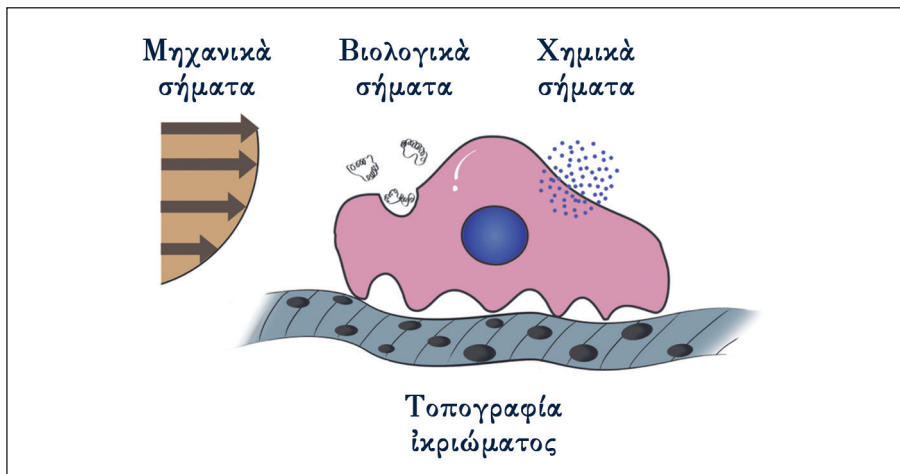
Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν πρόοδο στὴν τεχνολογία ἰκτριωμάτων, τὸ ἐργαστήριό μας συνέβαλε σὲ νέες στρατηγικὲς ἱστομηχανικῆς ποὺ βασίζονται σὲ κύτταρα. Ὅπως εἶπα προηγουμένως, ὁ συνηθέστερος τύπος κυττάρου ποὺ χρη-



Σχήμα 4: Διαφοροποίηση μεσεγχυματικού βλαστοκυττάρου για τον σχηματισμό οστού, χόνδρου ή μυός.

σιμοποιείται στην ιστομηχανική του μυοσκελετικού συστήματος είναι το μεσεγχυματικό βλαστοκύτταρο που λαμβάνεται με μια μικρή χειρουργική επέμβαση, τη βιοψία του μυελού των οστών. Έχουμε συνεργαστεί στενά με κυτταρικούς βιολόγους, ειδικούς στην αναπτυξιακή βιολογία και ιστολόγους, ώστε να βελτιστοποιήσουμε διάφορα πρωτόκολλα για τη διαφοροποίηση των μεσεγχυματικών βλαστοκυττάρων προς διαφορετικούς τύπους ενήλικων κυττάρων. Μια παλιά μου προπτυχιακή βοηθός έρευνήτρια, ή Στεφανία Τζουάνα, μελέτησε την έκθεση των μεσεγχυματικών βλαστοκυττάρων σε διάφορα σήματα και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, καθώς και τις επακόλουθες επιδράσεις στην κυτταρική διαφοροποίηση (Σχήμα 4). Σε ό,τι αφορά τη δημιουργία οστού, παραδείγματος χάριν, ανακαλύψαμε ότι το θρεπτικό υλικό και η διάρκεια της καλλιέργειας διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην κυτταρική διαφοροποίηση και στη δυνατότητα χρήσης των κυττάρων αυτών για την αντιμετώπιση βλαβών του κρανίου σε ένα ζωικό μοντέλο.

Ός μηχανικοί, έχουμε εργαστεί με επιμέλεια για πολλά χρόνια, προκειμένου να βελτιστοποιήσουμε αυτές τις συνθήκες καλλιέργειας, ώστε να



Σχήμα 5: Ή παρουσία διαφόρων σημάτων μπορεί νά ἐπηρεάσει τή συμπεριφορά τῶν κυττάρων.

ἀποδώσουν τοὺς ἐπιθυμητοὺς ἰστούς. Ἡ τεχνητὴ ἀνασύνθεση τῶν πολυπλοκῶν βιολογικῶν σημάτων ποὺ ἐνεργοποιοῦνται κατὰ τὴν ἀνάπτυξη εἶναι μιὰ μεγάλη πρόκληση ἀλλὰ καὶ ἓνα ἀναγκαῖο βῆμα γιὰ τὴν καλύτερη προκατεργασία τῶν κυττάρων γιὰ ἀναγέννηση.

3.6 Σήματα στὴν ἱστομηχανικὴ

Τέλος, τὰ σήματα εἶναι τὸ τελευταῖο βασικὸ στοιχεῖο στὸ ἱστομηχανικὸ πρότυπο. Τὰ σήματα αὐτὰ ποικίλλουν καὶ μποροῦν νά εἶναι βιολογικῆς, χημικῆς, μηχανικῆς ἢ ἀκόμη καὶ ἠλεκτρικῆς φύσης (Σχήμα 5). Παραδείγματος χάριν, ὁ νόμος τοῦ Wolff ἀποτελεῖ μιὰ διάσημη περιγραφὴ τοῦ τρόπου μὲ τὸν ὁποῖο οἱ βιολογικοὶ ἱστοὶ ἀντιδρῶν σὲ μηχανικὰ σήματα. Διατυπώθηκε στὰ τέλη τοῦ 19οῦ αἰῶνα ἀπὸ τὸν Γερμανὸ χειρουργὸ Julius Wolff καὶ ἀναφέρει ὅτι τὸ ὅστος προσαρμόζεται στὶς δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται πάνω του. Μεγαλύτερα φορτία ὁδηγοῦν σὲ σχηματισμὸ περισσότερου ὁστοῦ καὶ μικρότερα φορτία ὁδηγοῦν στὴν ἀπορρόφηση ἢ στὴν ἐξαφάνιση τοῦ ὁστοῦ. Στὴ φύση, τὰ ὅστα ὑφίστανται πολλὲς μηχανικὲς καταπονήσεις. Ὅταν ἐμεῖς μαζὶ μὲ ἄλλους ξεκινήσαμε τὴν ἱστομηχανικὴ ὁστῶν, ἡ πλειονότητα τοῦ ἔργου μας ἀφοροῦσε στατικὲς συνθήκες. Τὰ κύτταρα ὑποβάλλονταν σὲ καλλιέργεια μὲ διάφορα θρεπτικὰ ὑλικά, ἀλλὰ δὲν ὑφίσταντο

μηχανικές δυνάμεις, όπως αυτές που απαντώνται στη φύση. Για να παραθέσω τον Άριστοτέλη, «αν ένας τρόπος είναι καλύτερος από έναν άλλο, τότε σίγουρα είναι ο τρόπος της φύσης». Ο Βασίλειος Σικαβίτσας, που έχει πτυχίο χημικού μηχανικού από το Άριστοτέλειο Πανεπιστήμιο της Θεσσαλονίκης και ήρθε στο εργαστήριό μου ως μεταδιδακτορικός υπότροφος, ενδιαφερόταν για τη μοντελοποίηση της κυτταρικής απόκρισης σε φυσικές δυνάμεις *in vitro*. Με την εφαρμογή των αρχών της ρευστομηχανικής και χρησιμοποιώντας συστήματα βιοαντιδραστήρων, μπορέσαμε να ασκήσουμε δυνάμεις συγκεκριμένων μεγεθών σε ένηλικά όστικα κύτταρα και βλαστοκύτταρα, ώστε να μετρήσουμε την κυτταρική απόκριση σε μηχανικά σήματα. Όπως είχαμε υποθέσει, οι μηχανικές δυνάμεις είναι καίριας σημασίας για τον σχηματισμό του όστικού ιστού και τα κύτταρα που εκτίθενται σε μηχανικά σήματα πολλαπλασιάζονται με μεγαλύτερους ρυθμούς και έναποθέτουν περισσότερα ανόργανα υλικά στα ικρίωματα. Σε συνεργασία με όγκολόγους ιατρούς στο Αντικαρκινικό Κέντρο MD Anderson στο Χιούστον, είμαστε τώρα πρωτοπόροι στις προσπάθειες για καλύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα μηχανικά σήματα επηρεάζουν την ανάπτυξη των όγκων των οστών, ώστε να βοηθήσουμε στην καλύτερη αντιμετώπιση των ασθενών μας.

3.7 Χορήγηση αυξητικών παραγόντων

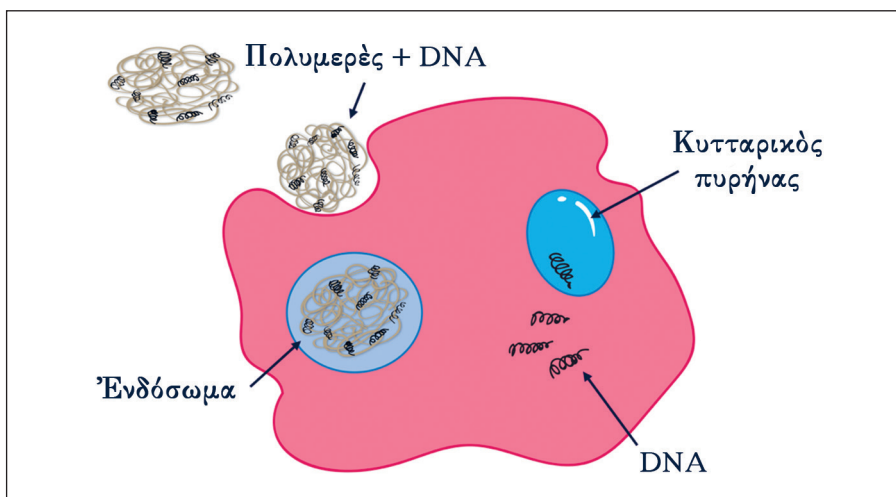
Οι μηχανικές δυνάμεις πάντως δεν είναι τα μόνα σήματα που δέχονται τα κύτταρα υπό φυσιολογικές φυσικές συνθήκες. Οι αυξητικοί παράγοντες είναι σήματα βιολογικής προέλευσης που εκκρίνονται από διάφορους τύπους κυττάρων, για να καθοδηγήσουν την ανάπτυξη και τη διαφοροποίηση των κυττάρων για τον σχηματισμό εξειδικευμένων ιστών. Έχουμε μάθει πώς να παράγουμε αυτά τα αυξητικά σήματα και πώς να τα χρησιμοποιούμε, για να καθοδηγήσουμε εμείς οι ίδιοι την ανάπτυξη. Στην πραγματικότητα, ένα από τα πιο επιτυχημένα προϊόντα ιστομηχανικής από έμπορική άποψη είναι ένα ικρίωμα στο οποίο έχει προστεθεί ένας ισχυρός αυξητικός παράγοντας όστού για χρήση σε σπονδυλοδεσίες.

Έκτος από τη μελέτη των επιδράσεων αυτών των αυξητικών σημάτων, το εργαστήριό μου έχει καταβάλει σημαντικές προσπάθειες στη μελέτη της επίδρασης της ακριβούς χρονικής και χωρικής τοπικής χορήγησης αυτών των σημάτων για την αναγέννηση των ιστών. Ο Γεώργιος

Σταματᾶς, ἕνας μεταδιδακτορικός υπότροφος στὸ ἐργαστήριό μου, ποὺ ἐπίσης ξεκίνησε τὶς σπουδές του ἀπὸ τὸ Ἀριστοτέλειο Πανεπιστήμιο τῆς Θεσσαλονίκης, ἄρχισε νὰ ἐρευνᾷ τὴν ἐλεγχόμενη ἀποδέσμευση αὐτῶν τῶν παραγόντων, ὅπως αὐτὴ σχετίζεται μὲ τὴν ἀναγέννηση. Ἀνακαλύψαμε ὅτι ἡ ἀνάπτυξη τοῦ ἱστοῦ μπορεῖ νὰ μεγιστοποιηθεῖ ὅταν χρησιμοποιοῦνται συγκεκριμένοι συνδυασμοὶ καὶ ἀλληλουχίες σημάτων. Μὲ τὴ χορήγηση πολλαπλῶν παραγόντων σὲ διαφορετικὰ χρονικὰ καὶ χωρικὰ μοτίβα σὲ ἕνα μεγάλο ἱστοικὸ ἔλλειμμα, μπορέσαμε νὰ διεγείρουμε τὴν ἐπούλωση σὲ ἕνα τραῦμα, τὸ ὁποῖο ὑπὸ διαφορετικὲς συνθῆκες δὲν θὰ μπορούσε ποτὲ νὰ ἀναγεννηθεῖ ἀπὸ μόνο του. Ἀπὸ τὴν ἐποχὴ ποὺ δημοσιεύσαμε γιὰ πρώτη φορὰ αὐτὰ τὰ συναρπαστικὰ ἀποτελέσματα, ἔχει ἀναπτυχθεῖ ἐντὸς τῆς ἱστομηχανικῆς ἕνα ὁλόκληρο πεδίο μελέτης ποὺ ἀφορᾷ τὴν ἀκριβὴ χορήγηση πολλαπλῶν ἀντιμετωπιζόμενων παραγόντων.

3.8 Χορήγηση γονιδίων

Ἐκτὸς ἀπὸ τὸ ἔργο μας στὰ μηχανικὰ καὶ βιολογικὰ σήματα, ἔχουμε χαράξει καινούργιες στρατηγικὲς γιὰ τὴ χορήγηση τῶν σημάτων στὰ κύτταρα μὲ ἀσφαλεῖς τρόπους. Σήμερα καταβάλλονται πολλὲς προσπάθειες γιὰ τὴ δημιουργία φορέων ἱκτῆς προέλευσης γιὰ τὴ χορήγηση γενετικῶν πληροφοριῶν στὰ κύτταρα. Παρότι οἱ στρατηγικὲς αὐτὲς ὑπόσχονται πολλὰ, ἐνέχουν τὸν κίνδυνο μαζικῆς φλεγμονώδους ἀπόκρισης ἀπὸ τὸν ἄσθενή. Ἔτσι, ξεκινήσαμε ἀπὸ τὴ δεκαετία τοῦ '90 νὰ ἀναπτύσσουμε φορεῖς γενετικῶν πληροφοριῶν, οἱ ὁποῖοι προέρχονται ἀπὸ πολυμερῆ ὕλικα. Ἡ Λίνα Μουντζιάρη, μὲ διπλὸ πτυχίον ἱατροῦ καὶ χημικοῦ μηχανικοῦ καὶ διδακτορικὸν στὴν ἐμβιομηχανικὴ, ἡ ὁποία πραγματοποιοῦσε τὶς μεταπτυχιακὲς τῆς σπουδῆς στὸ ἐργαστήριό μου, διερεύνησε ἐνόςω ἐργαζόμενα στὴν ὁμάδα μου διάφορους καινοτόμους φορεῖς χορήγησης γενετικῶν πληροφοριῶν (Σχῆμα 6). Ἐχουμε ἐργαστεῖ τόσο μὲ ἐξ ὁλοκλήρου συνθετικὰ πολυμερῆ γιὰ τὴ χορήγηση τῶν γονιδίων μέσα στὸ κύτταρο ὅσο καὶ μὲ τὴ σχεδίαση σύνθετων ὕλικων ποὺ προέρχονται ἀπὸ φυσικὰ συστατικὰ τοῦ ἐξωκυττάρου στρώματος, ὥστε νὰ προάγουμε τὴ βιοσυμβατότητα, ἐνῶ παράλληλα χορηγοῦμε μὲ ἀσφάλεια τὸ γενετικὸ ὕλικό. Αὐτὲς οἱ γενετικὲς μέθοδοι μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ τὴν ἀντιμετώπιση σύνθετων παθολογικῶν καταστάσεων, ὅπως ἡ ὀστεοαρθρίτιδα, μιὰ νόσος ποὺ προσβάλλει τόσο τὸ ὁστὸ ὅσο καὶ τὸν χόνδρο. Παραδείγματος χάριν, ἔχουμε



Σχήμα 6: Συνθετικά πολυμερή ως μη ιογενείς φορείς για την ασφαλή χορήγηση γενετικού υλικού.

τροποποιήσει το ύαλουρονικό οξύ, ένα φυσικό συστατικό του χόνδρου, έτσι ώστε να δρά ως φορέας για τη χορήγηση γονιδιακού DNA που κωδικοποιεί μεταγραφικούς παράγοντες χόνδρου και οστού.

Ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζονται τα σήματα στα κύτταρα, είτε μέσω των παραδοσιακών μεθόδων χορήγησης είτε μέσω των καινούργιων τεχνικών, μπορεί να είναι εξίσου σημαντικός με τα ίδια τα κύτταρα ή το υλικό του ικριώματος σε ό,τι αφορά την επιτυχία μιζς στρατηγικής ιστομομηχανικής. Χαιρόμαστε ιδιαίτερα που μπορέσαμε να συνεισφέρουμε με πολλές διαφορετικές μεθόδους χορήγησης σημάτων στον κλάδο και αναμένουμε με μεγάλο ενδιαφέρον τη συνεχιζόμενη μετάφρασή τους σε κλινική πρακτική.

4. Σύγκλιση: Η ιστομομηχανική και η κοινωνία

Σε όλη τη διάρκεια της καριέρας μου, έχουμε αφιερωθεί στο έργο-στήριό μου στην αξιοποίηση και στον χειρισμό των τριών βασικών στοιχείων της ιστομομηχανικής (ικριωμάτων, κυττάρων και σημάτων), ώστε να αναπτύξουμε έργα με τα οποία μηχανικοί και κλινικοί ιατροί θα συνεργαστούν με σκοπό τη δημιουργία βιώσιμων ιστών και οργάνων. Από τη στιγμή που θα αναπτυχθούν και θα χαρακτηριστούν οι πλατφόρμες αυτές,

οί μέθοδοι τῆς ἱστομηχανικῆς θὰ μποροῦν νὰ ἐφαρμοστοῦν στὸ πλαίσιο μιᾶς ἐπιστήμης τῆς σύγκλισης γιὰ τὴν ἐπίλυση εὐρύτερων προβλημάτων τῆς κοινωνίας ποὺ ἀφοροῦν τῇ φροντίδᾳ υἱείας. Συγκεκριμένα, ἐφαρμόζουμε τὴν τεχνολογία μας γιὰ νὰ ἀναπτύξουμε στρατηγικὲς ποὺ θὰ βοηθήσουν στὴν ἀνακατασκευὴ προσώπου καὶ γιὰ νὰ βελτιώσουμε τὴν ἀνάπτυξη φαρμάκων γιὰ τὴν καταπολέμηση τοῦ καρκίνου.

5. Παραμορφωτικὲς κρανιοπροσωπικὲς κακώσεις

Σύμφωνα μὲ τὸν Κικέρωνα, «τὸ πρόσωπο εἶναι μιὰ εἰκόνα τοῦ μυαλοῦ μὲ τὰ μάτια γιὰ μεταφραστές του». Ἡ κάκωση στὸ πρόσωπο δὲν ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα μόνον λειτουργικὰ ἐλλείμματα, ὅπως δυσκολία στὴν πρόσληψη τροφῆς, ἀλλὰ φέρει ἐπίσης ψυχολογικὸ φορτίο. Τὸ κρανιοπροσωπικὸ σύμπλεγμα εἶναι πολὺ βασικὸ στὴν ἀντίληψη τῆς ταυτότητας καὶ τὴν αἴσθηση ποὺ ἔχει ὁ καθένας γιὰ τὸν ἑαυτό του. Οἱ ἀσθενεῖς ποὺ φέρουν μεγάλα κρανιοπροσωπικὰ τραύματα παρουσιάζουν συνακόλουθα κοινωνικο-οικονομικὲς καὶ ψυχικὲς συννοσηρότητες. Γι' αὐτοὺς τοὺς λόγους συνεργαζόμαστε ἐνεργᾶ ἐδῶ καὶ πολλὰ χρόνια μὲ χειρουργοὺς ἐξειδικευμένους στὴν κρανιοπροσωπικὴ χειρουργικὴ, καθὼς καὶ μὲ ἀσθενεῖς, προκειμένου νὰ ἐφαρμόσουμε τίς ἀρχὲς τῆς ἱστομηχανικῆς στὴν καλύπτερη δυνατὴ ἀντιμετώπιση ἀσθενῶν μὲ μεγάλα κρανιοπροσωπικὰ ἐλλείμματα τόσο ἀπὸ λειτουργικὴ ὅσο καὶ ἀπὸ αἰσθητικὴ ᾄποψη.

Οἱ ἀσθενεῖς προσέρχονται συνήθως μὲ μεγάλα ἐλλείμματα στὸ πρόσωπο λόγῳ τῆς ἀφαίρεσης καρκίνων, λόγῳ τραύματος ἢ λοιμώξεων, καθὼς καὶ ἐξαιτίας παθήσεων συγγενοῦς αἰτιολογίας. Ἡ ἀφαίρεση ἑνὸς κρανιοπροσωπικοῦ ὅγκου ἀποτελεῖ ἕναν ἀπὸ τοὺς συνηθέστερους λόγους γιὰ ἀνακατασκευὴ τοῦ προσώπου. Στὴν ἀρχή, ὁ ὅγκος ἀποκολλᾶται ἀπὸ τοὺς περιβάλλοντες ἱστοὺς καὶ ἀπὸ τὸ ὅσπὸ τοῦ προσώπου. Ἐὰν στὸ σημεῖο τοῦ ὅγκου ὑπάρχει λοίμωξη ἢ ἐκσεσημασμένη φλεγμονή ἢ ἐὰν δὲν εἶναι σίγουρο ὅτι ἔχει ἀφαιρεθεῖ ὁλόκληρος ὁ ὅγκος, τότε ἡ ὀριστικὴ ἀνακατασκευὴ τοῦ προσώπου μπορεῖ νὰ καθυστερήσει γιὰ ἀρκετὲς ἐβδομάδες ἕως καὶ μῆνες. Στὴν περίπτωσι τραυματισμοῦ, μετὰ τὴ σταθεροποίηση τοῦ ἀσθενοῦς καὶ τὴν ἀπομάκρυνση τῶν ρακῶν ἀπὸ τὸ κρανιοπροσωπικὸ τραῦμα, ἡ ὀριστικὴ ἀνακατασκευὴ μπορεῖ ἐπίσης νὰ καθυστερήσει, προκειμένου νὰ ἀντιμετωπιστεῖ πλήρως μιὰ πιθανὴ λοίμωξη καὶ νὰ ἐλαχιστοποιηθεῖ ἡ φλεγμονή. Καὶ στίς δύο περιπτώσεις πάντως, ἐνῶ οἱ χειρουργοὶ ἀναμένουν τὴν ἐπού-

λωση του σημείου, επί του κρανιοπροσωπικού όστού παραμένει ένα μεγάλο ιστικό έλλειμμα. Σύμφωνα με την αρχαία ρήση, «ή φύση απεχθάνεται το κενό», όποτε το έλλειμμα αυτό γρήγορα γεμίζει με ούλωτικό ιστό. Η ούλοποίηση διαταράσσει το φυσιολογικό περίγραμμα του προσώπου και καταλήγει σε έπιπλέον παραμόρφωση, ενώ παράλληλα καθιστά άκόμη πιο δύσκολη τη χειρουργική ανακατασκευή σε δεύτερο χρόνο. Έτσι, οί συνάδελφοί μας στην κρανιοπροσωπική χειρουργική μάς ρώτησαν εάν θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε τα έπιτεύγματά μας στην έπιστήμη των ύλικών, τη βιολογία και τη μηχανική, ώστε να δημιουργήσουμε ύλικα διατήρησης χώρου για την προσωρινή πλήρωση του κρανιοπροσωπικού έλλείμματος, ενώ ή έπούλωση προχωράει στο υπόλοιπο πρόσωπο. Μετά τη σταθεροποίηση του σημείου, το ύλικό διατήρησης χώρου μπορεί να απομακρυνθεί και να αντικατασταθεί από ιστό που έχει συλλεγεί από άλλη θέση του σώματος του άσθενούς, ώστε να αποκατασταθεί το πρόσωπο.

5.1 Κλινική έπιτυχία των ύλικών διατήρησης χώρου

Έτσι, βαλθήκαμε να αναπτύξουμε ύλικα διατήρησης χώρου που να μπορούν να διαμορφωθούν ούτως ώστε να εφαρμόζουν τέλεια σε ένα έλλειμμα στο πρόσωπο. Αυτά τα ύλικα διατήρησης χώρου πρέπει: 1) να προλαμβάνουν τον σχηματισμό ούλων, 2) να έπιτρέπουν την έπούλωση των μαλακών ιστών που γειτνιάζουν με το ύλικό διατήρησης χώρου, και 3) να σταθεροποιούν το σημείο του έλλείμματος έως ότου πραγματοποιηθεί ή χειρουργική επέμβαση τής όριστικής ανακατασκευής. Μπορέσαμε να κατασκευάσουμε ύλικα διατήρησης χώρου, των όποιων το πορώδες έπιφανείας έχει την ιδανική τιμή ώστε να συκρατούν άνοικτο το έλλειμμα, ενώ παράλληλα έπιτρέπουν στον ύγιη μαλακό ιστό να αναπτύσσεται επί του ύλικού διατήρησης χώρου. Έπιπλέον, χρησιμοποιώντας έξειδικευμένες τεχνικές χημείας πολυμερών, καθώς και τις άρχες τής έλεγχόμενης αποδέσμησης φαρμάκων, κατορθώσαμε να κατασκευάσουμε ύλικα διατήρησης χώρου που άπελευθερώνουν αντιβιοτικούς παράγοντες τοπικά μέσα στο τραύμα του προσώπου, αντιμετωπίζοντας όποιαδήποτε τοπική ιστική φλεγμονή ή όποια θα μπορούσε να άναστείλει τη φυσιολογική έπούλωση των ιστών. Κατά κάποιον τρόπο, ή τεχνολογία ύλικών διατήρησης χώρου που αναπτύξαμε άποτελεί έπίσης μιá μορφή «έξατομικευμένης» ίατρικής, καθώς τα ύλικα αυτά μπορούν να διαμορφωθούν σύμφωνα με τη γεωμετρία

του προσώπου του κάθε συγκεκριμένου ασθενούς. Έτσι, ο ασθενής μπορεί να διατηρήσει τη φυσιολογική εικόνα του προσώπου του καθώς αναμένει τη σταθεροποίηση του σημείου και την επακόλουθη χειρουργική ανακατασκευή, ενώ η ψυχολογική του επιβάρυνση ελαχιστοποιείται.

Σε συνεργασία με τους συναδέλφους μας χειρουργούς, αντιμετωπίσαμε με τα δικά μας υλικά διατήρησης χώρου μια σειρά ασθενών με καρκίνο, οι οποίοι έφεραν μεγάλα έλλειμματα στη γνάθο, λόγω αφαίρεσης κάποιου όγκου. Σε όρισμένους από αυτούς τους ασθενείς, ο όγκος καταλάμβανε πάνω από το ένα τρίτο του μήκους της γνάθου τους. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, η αφαίρεση ενός τόσο μεγάλου όγκου θα οδηγούσε σε ένα πολύ κακό αισθητικό αποτέλεσμα για τον ασθενή. Στα δικά μας περιστατικά, μετά την αφαίρεση του όγκου, τοποθετήσαμε στη θέση του ένα υλικό διατήρησης χώρου που είχε κατασκευαστεί κατά παραγγελία για τον κάθε συγκεκριμένο ασθενή. Χάρis στην τεχνολογία αυτή και μέσω της προσαρμογής του υλικού διατήρησης χώρου στο φυσιολογικό περίγραμμα του προσώπου του, ο ασθενής εξακολουθεί να διατηρεί την εγγενή του ανατομία. Με αυτόν τον τρόπο, αφενός αποφεύγεται η παραμόρφωση του ασθενούς κατά την περίοδο αναμονής για την οριστική χειρουργική ανακατασκευή, αφετέρου η ίδια η χειρουργική επέμβαση γίνεται ευκολότερη για τη χειρουργική ομάδα, καθώς το έλλειμμα οριοθετείται σαφώς μέσω του υλικού διατήρησης χώρου. Αυτά τα υλικά διατήρησης χώρου αντιπροσωπεύουν μια κλινική επιτυχία της επιστημονικής σύγκλισης. Οι εξελίξεις στη χημική μηχανική, την επιστήμη των υλικών, τη βιολογία και την τεχνολογία κατασκευών έχουν βελτιώσει την ποιότητα ζωής των ασθενών μας.

5.2 Βιοαντιδραστήρες *in vivo*

Καταβάλλουμε μεγάλες προσπάθειες να βελτιώσουμε περαιτέρω την ανακατασκευή του προσώπου. Η τεχνολογία υλικών διατήρησης χώρου που έχουμε αναπτύξει χρησιμοποιείται για να βελτιώσει προσωρινά την εμφάνιση του ασθενούς, καθώς και για την επούλωση των μαλακών ιστών, πριν από την οριστική ανακατασκευή. Κατά τη διάρκεια της οριστικής ανακατασκευής, λαμβάνεται όσo από μια άλλη ανατομική θέση του ασθενούς, συννηθέστερα από το πόδι. Το όσo σμιλεύεται στη συνέχεια στη χειρουργική αίθουσα, ώστε η γεωμετρία του να ταιριάζει όσο το δυνατόν περισσότερο με το έλλειμμα στο πρόσωπο του ασθενούς. Όπως μπορεί να φαντα-

στεϊ κανείς, ό χειρουργός αντιμετωπίζει πολλούς περιορισμούς αναφορικά με τó πώς τó σχήμα και ό όγκος τού ιστού τού μοσχεύματος θά ταιριάζει αισθητικά με τó σχήμα τού έλλείμματος στό πρόσωπο. Έπιπλέον, ή λήψη μοσχεύματος μπορεί νά όδηγήσει σέ μακροχρόνια προβλήματα, πού αποκαλούνται «νοσηρότητα τής περιοχής λήψης μοσχεύματος» και περιλαμβάνουν χρόνια άλγος, βλάβες τών νέρων και ύποτροπιάζουσες λοιμώξεις στό σημείο τής συκομιδής.

Έτσι, έκτός από τά υλικά διατήρησης χώρου, προσπαθούμε νά αξιοποιήσουμε τή φυσική ικανότητα έπούλωσης πού διαθέτει ό ίδιος ό όργανισμός, προκειμένου νά αναπτύξουμε όστό συγκεκριμένης γεωμετρίας και όγκου. Άλλωστε, όπως φέρεται νά είπε ό Ίπποκράτης, «οί φυσικές δυνάμεις πού έχουμε μέσα μας είναι οί πραγματικοί θεραπευτές τής νόσου». Έπό αυτό τó πνεύμα, σχεδιάσαμε βιοαντιδραστήρες πού είναι έμφυτεύσιμοι *in vivo*. Οί βιοαντιδραστήρες αυτοί είναι θάλαμοι πού μπορούν νά εισαχθούν δίπλα στό όστό σέ σημείο τού σώματος πού διαθέτουν ύψηλή αναγεννητική ικανότητα, όπως είναι ό θωρακικός κλωβός. Μπορούμε νά διαμορφώσουμε αυτούς τούς βιοαντιδραστήρες έτσι ώστε νά είναι ίδιου μεγέθους και σχήματος με τó έλλειμμα στό πρόσωπο τού άσθενούς. Γεμίζοντας τούς βιοαντιδραστήρες με ένα ικρίωμα πού είναι ικανό νά ύποστηρίξει τήν όστική αναγέννηση μπορούμε νά προσελκύσουμε βλαστοκύτταρα τοπικά μέσα στόν βιοαντιδραστήρα, ώστε νά γεμίσουν τó κενό με νέο όστό. Μετά τήν ανάπτυξη τών νέων ιστών στόν βιοαντιδραστήρα, τó υλικό διατήρησης χώρου μπορεί νά αφαιρεθεί, ενώ ό νέος ιστός με σχήμα πού ταιριάζει άπόλυτα στό έλλειμμα μπορεί νά μεταμοσχευθεί στην περιοχή τού έλλείμματος, ώστε νά προχωρήσει ή ιστική έπούλωση. Καθώς ό ιστός αναπτύσσεται μέσα στό ίδιο τó σώμα τού άσθενούς, δέν ύπάρχει κίνδυνος απόρριψης.

Τελικά, οί συνάδελφοί μας χειρουργοί είναι ένθουσιασμένοι με τά άποτελέσματά μας στην αξιοποίηση τών τεχνολογιών τής ιστομηχανικής για τήν ανακατασκευή τού προσώπου. Τά υλικά διατήρησης χώρου και οί βιοαντιδραστήρες *in vivo* πού αναπτύξαμε μάς έπιτρέπουν νά έπιδιορθώνουμε με ακρίβεια τά όστά τού προσώπου και, συνεπώς, νά αποκαθιστούμε τήν ποιότητα ζωής τών άσθενών μας. Οί τεχνολογίες αυτές συνιστούν ένα έξαιρετο παράδειγμα τού τρόπου με τόν όποίο μπορεί νά εφαρμοστεί ή σύγκλιση πολλών έπιστημονικών πεδίων γύρω από τόν άξονα τής ιστομηχανικής, ώστε νά βοηθήσει στην έπίλυση ένός σύνθετου προβλήματος τής φροντίδας υγείας.

6. Ὁ καρκίνος ὡς κοινωνικὸ πρόβλημα

Υπολογίστηκε ὅτι τὸ 2012 στὴν Ἑλλάδα πέθαναν ἀπὸ καρκίνο 289 στοὺς 100.000 ἄνδρες καὶ 192 στὶς 100.000 γυναῖκες. Εἶναι τρομακτικὰ δύσκολο, παγκοσμίως, νὰ κυκλοφορήσουν στὴν ἀγορὰ νέα ἀντικαρκινικὰ φάρμακα. Γιὰ κάθε 5-10 χιλιάδες φάρμακα ποὺ ἀνακαλύπτονται καὶ θεωροῦνται πιθανὸν εὐεργετικά, μόνον ἓνα θὰ ἐγκριθεῖ ἀπὸ τοὺς κανονιστικοὺς φορεῖς ὡς θεραπευτικὴ ἀγωγή, σὲ μιὰ διαδικασία ποὺ διαρκεῖ πάνω ἀπὸ μιὰ δεκαετία καὶ κοστίζει ἑκατοντάδες ἑκατομμύρια δολάρια. Ἐνας ἀπὸ τοὺς ἀνασχετικούς παράγοντες εἶναι ἡ ἔλλειψη ἀποτελεσματικῶν, οἰκονομικῶν ἀποδοτικῶν μοντέλων ὑψηλῆς ἀπόδοσης γιὰ τὸν προκλινικὸ ἔλεγχο τῶν φαρμάκων.

Ἐπὶ τοῦ παρόντος, γιὰ τὸν προκλινικὸ ἔλεγχο ὑπάρχουν δύο κύρια μοντέλα. Αὐτὰ εἶναι μέθοδοι κυτταρικῶν καλλιιεργειῶν *in vitro* καὶ ζωικὰ μοντέλα *in vivo*. Κατὰ τὸν ἔλεγχο μὲ τὴ μέθοδο τῆς κυτταρικῆς καλλιέργειας *in vitro*, λαμβάνεται τὸ καρκινικὸ κύτταρο-στόχος, καλλιιεργεῖται σὲ τρυβλίο Petri καὶ ὑποβάλλεται σὲ θεραπεία μὲ τὸ νέο φάρμακο. Πρόκειται γιὰ ἓνα περιβάλλον ποὺ σὲ πολὺ μεγάλο βαθμὸ εἶναι τεχνητό. Τὰ καρκινικὰ κύτταρα καλλιιεργοῦνται σὲ φύλλα σὲ ἐπίπεδες πλάκες. Αὐτοὶ οἱ δισδιάστατοι ἔλεγχοι *in vitro* ὀδηγοῦν συχνὰ σὲ ἐσφαλμένες προβλέψεις σχετικὰ μὲ τὴν ἐπιτυχία τοῦ φαρμάκου, μὲ ὑψηλὰ ποσοστὰ ψευδῶς θετικῶν ἀποτελεσμάτων. Μὲ ἄλλα λόγια, σὲ μιὰ παραδοσιακὴ δισδιάστατη καλλιέργεια, τὰ νέα φάρμακα μπορεῖ νὰ φαίνεται ὅτι εἶναι πιὸ ἀποτελεσματικά ἀπὸ ὅ,τι πραγματικὰ εἶναι σὲ φυσιολογικὸ περιβάλλον *in vivo*. Ὡστόσο, παρ' ὅλα τὰ ἐλαττώματά τους, τὰ ὑφιστάμενα δισδιάστατα μοντέλα *in vitro* εἶναι φθηνά, γρήγορα καὶ μποροῦν νὰ ἀναβαθμιστοῦν πρὸς συστήματα ὑψηλῆς ἀπόδοσης. Μπορεῖ νὰ φανταστεῖ κανεὶς ἑκατοντάδες τρυβλία Petri μὲ καρκινικὰ κύτταρα, ὅπου στὸ κάθε τρυβλίο δοκιμάζεται ἓνα ξεχωριστὸ νέο φάρμακο. Τὸ πρόβλημα εἶναι ὅτι πάρα πολλὰ φάρμακα ποὺ κατορθώνουν νὰ περάσουν μὲ ἐπιτυχία ἀπὸ τὸ στάδιο αὐτό, καθὼς φαίνονται νὰ εἶναι ἀποτελεσματικά, τελικὰ προκαλοῦν κατασπατάληση τῶν διαθέσιμων πόρων στὰ ἐπόμενα ἐπίπεδα ἐλέγχου.

Ὁ ἄλλος χρυσὸς κανόνας γιὰ τὸν προκλινικὸ ἔλεγχο τῶν νέων ἀντικαρκινικῶν φαρμάκων εἶναι τὸ μοντέλο τοῦ ποντικοῦ. Στοὺς ποντικούς εἶναι δυνατὴ ἡ πρόκληση κάποιου συγκεκριμένου ὄγκου μέσῳ διαφόρων μηχανισμῶν, ὅπως ἡ μεταμόσχευση τοῦ ἀνθρώπινου ὄγκου στὸν ποντικὸ ἢ

ή έπαγωγή τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ ὄγκου μέσω γενετικῶν τροποποιήσεων. Οἱ ποντικοὶ αὐτοὶ μποροῦν στὴ συνέχεια νὰ ὑποβληθοῦν σὲ θεραπεία μὲ τὰ νέα φάρμακα καὶ τὸ φορτίο τοῦ ὄγκου νὰ μετρηθεῖ σὲ συνάρτηση μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου. Παρότι ἀπέχουν πολὺ ἀπὸ τὸ τέλειο, αὐτὰ τὰ συστήματα μοντέλων ποντικοῦ *in vivo* εἶναι πολὺ πιὸ ἀκριβῆ ἀπὸ τὶς δισδιάστατες κυτταρικές καλλιέργειες σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὴν πρόβλεψη τῆς ἐπιτυχίας τῶν νέων ἀντικαρκινικῶν φαρμάκων. Ὡστόσο, τὸ μοντέλο τοῦ ποντικοῦ ἐγείρει ἄλλα ζητήματα. Σὲ σύγκριση μὲ τὶς κυτταρικές καλλιέργειες, ἡ χρῆση ποντικῶν εἶναι πολὺ δαπανηρὴ καὶ χρονοβόρα. Καί, ὅπως ἰσχύει γιὰ τὴ χρῆση ζῶων στὴν ἐπιστημονικὴ ἔρευνα, πρέπει νὰ τηροῦνται συνέχεια οἱ αὐστηρότεροι κανόνες δεοντολογίας. Τελικά, μὲ τὴ χαμηλὴ εὐαισθησία τῶν δισδιάστατων κυτταρικῶν καλλιεργειῶν ἀπὸ τὴ μιὰ καὶ τὸ ὑψηλὸ κόστος τῶν μοντέλων *in vivo* ἀπὸ τὴν ἄλλη, ἔχει δημιουργηθεῖ ἓνα σημαντικό φαινόμενο στενωποῦ ποὺ ἐπιβραδύνει τὸ πέρασμα νέων ἀντικαρκινικῶν φαρμάκων ἀπὸ τὸ στάδιο τῆς ἀνακάλυψης πρὸς αὐτὸ τῶν κλινικῶν δοκιμῶν, τὰ ὁποῖα μποροῦν νὰ βοηθήσουν τοὺς ἀσθενεῖς ποὺ τὰ ἔχουν ἀνάγκη.

6.1 Ἡ ἱστομηχανικὴ ὡς πλατφόρμα γιὰ ἔλεγχο ἀντικαρκινικῶν φαρμάκων

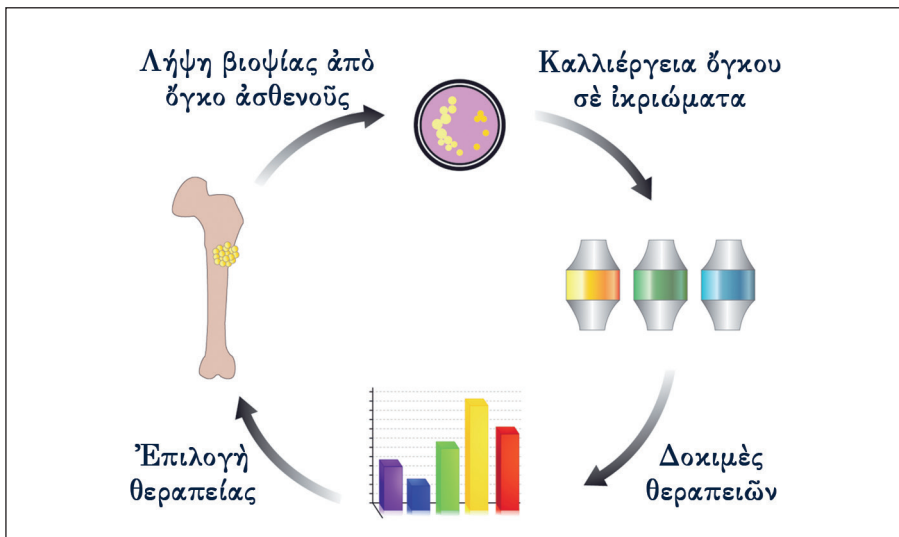
Συνεπῶς, ὅταν ἀρχίσαμε νὰ συνεργαζόμαστε μὲ τοὺς συναδέλφους μας τῆς βιολογίας τοῦ καρκίνου καὶ τῆς ὀγκολογίας, ἓνας ἀπὸ τοὺς σημαντικότερους στόχους μας ἦταν ἡ δημιουργία νέων στρατηγικῶν ἐλέγχου φαρμάκων ὑψηλῆς ἀπόδοσης, ποὺ νὰ διαθέτουν μεγαλύτερη εὐαισθησία ἀπὸ ὅ,τι οἱ παραδοσιακὲς μέθοδοι ποὺ χρησιμοποιοῦνται σήμερα. Αἰσιοποιώντας τὶς τεχνολογίες ἀπὸ τὰ πεδία τῆς ρευστομηχανικῆς, τῆς ἐπιστήμης τῶν ὑλικῶν, τῆς βιολογίας τοῦ καρκίνου καὶ τῆς ὑπολογιστικῆς μοντελοποίησης, σχεδιάσαμε μιὰ στρατηγικὴ ἱστομηχανικῆς, γιὰ νὰ δημιουργήσουμε περιβάλλοντα ποὺ νὰ προσομοιάζουν περισσότερο μὲ τὴν πραγματικὴ παθοφυσιολογία. Στὸ ἐργαστήριό μου εἶχαμε ἤδη δημιουργήσει συστήματα βιοαντιδρασθέρων, στὰ ὁποῖα οἱ ἱστοὶ μποροῦσαν νὰ καλλιεργηθοῦν σὲ τρισδιάστατα ἱκρίωματα ὑπὸ διαφορετικὲς μηχανικὲς καταπονήσεις καὶ συνθῆκες συνεχοῦς ροῆς. Μὲ συνεργάτες ἀπὸ τὸ Ἀντικαρκινικὸ Κέντρο MD Anderson τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Τέξας, ἔχουμε χρησιμοποίησει τὰ συστήματα αὐτὰ γιὰ νὰ καλλιεργήσουμε ἱστοὺς μὲ τὴν παρουσία ὀγκῶν ὅπως

είναι ο μεταστατικός καρκίνος του προστάτη, το σάρκωμα Ewing και το όστεοσάρκωμα. Μπορούμε στη συνέχεια να μελετήσουμε τους όγκους αυτούς σε περιβάλλον *in vitro*, αλλά πρόκειται για ένα τρισδιάστατο περιβάλλον με παρουσία βιολογικών και μηχανικών σημάτων, που υφίστανται πολύ αυστηρό έλεγχο.

Όταν οι όγκοι αυτοί σπαρθοῦν στο ικρίωμά μας, μπορούμε να αρχίσουμε να υποβάλλουμε τόν καρκίνο σε θεραπεία με φάρμακα. Ανακαλύψαμε ότι σε αυτό το μοναδικό τρισδιάστατο περιβάλλον, ή συμπεριφορά του όγκου, αναφορικά με την ανταπόκριση στη φαρμακευτική θεραπεία, προσομοιάζει περισσότερο με τὰ μοντέλα νόσου *in vivo* από ό,τι με τις παραδοσιακές πλάκες κυττάρων *in vitro*. Ωστόσο, από άποψη κόστους και απόδοσης, αυτά τὰ συστήματα βιοαντιδραστήρων είναι πιο κοντινά στις δισδιάστατες κυτταρικές καλλιέργειες. Συνεπώς, ή χρήση τρισδιάστατων ιστών ιστομηχανικής προέλευσης σε βιοαντιδραστήρες μπορεί να εφαρμοστεί στην ανάπτυξη νέων θεραπειών για τόν καρκίνο, με σκοπό να εξοικονομηθεί χρόνος και χρήμα.

6.2 Η ιστομηχανική στην εξατομικευμένη θεραπεία του καρκίνου

Μια άλλη χρήση τών συστημάτων αυτών είναι ή ανάπτυξη εξατομικευμένων θεραπειών κατά του καρκίνου. Ο καρκίνος του κάθε ασθενούς είναι μέχρις ενός σημείου μοναδικός, ακόμη και όταν συγκρίνεται με τόν ίδιο τύπο όγκου. Ο καρκίνος όστων, για παράδειγμα, μπορεί να ανταποκρίνεται σε κάποιο συγκεκριμένο χημειοθεραπευτικό σχήμα σε ένα άτομο, ενώ σε κάποιο άλλο άτομο μπορεί να αποδεικνύεται ανθεκτικός στη θεραπευτική αγωγή. Όταν ένας ασθενής δεν ανταποκρίνεται σε μια συγκεκριμένη θεραπεία, τότε οί γιατροί περνούν σε θεραπευτικές επιλογές δεύτερης ή ακόμη και τρίτης γραμμής, έως ότου ή βρεθεί τελικά ο σωστός συνδυασμός φαρμάκων ή ο ασθενής υποκύψει στη νόσο του. Συνεπώς, προκειμένου να εξασφαλιστούν τὰ βέλτιστα αποτελέσματα υπάρχει μια τάση πρὸς εξατομικευμένες θεραπείες ή πρὸς τρόπους προσαρμογής τών θεραπειών στὸν συγκεκριμένο καρκίνο του κάθε ασθενούς. Η δική μας στρατηγική ιστομηχανικής θέτει ισχυρή υποψηφιότητα για τή βελτιστοποίηση μιᾶς εξατομικευμένης προσέγγισης. Φανταστείτε τή λήψη μιᾶς βιοψίας από τόν όγκο του ασθενούς, όπως γίνεται και σήμερα για διαγνωστικούς



Σχήμα 7: Καλλιέργεια κυττάρων όγκου ασθενούς για τη βελτιστοποίηση μιας εξατομικευμένης θεραπείας.

σκοπούς (Σχήμα 7). Κάποια κύτταρα από τη βιοψία αυτή, κύτταρα του ίδιου του όγκου του ασθενούς, μπορούν να σπαρθούν στη συνέχεια στα δικά μας ίκτριώματα ιστομηχανικής, μέσα στα συστήματα βιοαντιδραστών. Μπορούμε στη συνέχεια να καλλιεργήσουμε τον όγκο και να τον υποβάλουμε σε πολλά χημειοθεραπευτικά σχήματα, εκτιμώντας ποιό είναι το πιο αποτελεσματικό στο δικό μας περιβάλλον προσομοίωσης. Η θεραπευτική αγωγή του ασθενούς μπορεί να προσαρμοστεί σύμφωνα με αυτά τα αποτελέσματα, ώστε να βελτιστοποιηθεί ή θεραπευτική του αντιμετώπιση και να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα της θεραπείας. Πράγματι, έχουμε κατορθώσει να καλλιεργήσουμε στα δικά μας συστήματα βιοαντιδραστών πολλούς τύπους καρκίνων από βιοψίες ασθενών και έχουμε ανακαλύψει διαφορές στη συμπεριφορά του όγκου που είναι ειδικές ανά ασθενή.

Όπως αντιλαμβάνεστε, έχουμε εξελίξει το παραδοσιακό ιστομηχανικό πρότυπο πολύ πιο πέρα από την καλλιέργεια νέου όστου από μια μικρή βιοψία. Συμπορευόμενοι με πολλούς διαφορετικούς ιατρούς και επιστήμονες, καλλιεργούμε τώρα καρκίνους ασθενών, προκειμένου να ανακαλύψουμε τα καλύτερα φάρμακα που θα τους καταστρέψουν.

7. Σύνοψη τοῦ ἔργου μας

Τὰ τελευταῖα 25 χρόνια, ἐπικεντρωθήκαμε στὸ ἐργαστήριό μου στὴν ἀνάπτυξη νέων τεχνολογιῶν μὲ σκοπὸ τὴ δημιουργία ἰστών. Ὑπῆρξαμε πολὺ παραγωγικοὶ στὴν ἀξιοποίηση καὶ στὸν χειρισμὸ τῶν τριῶν βασικῶν στοιχείων τῆς ἱστομηχανικῆς, δηλαδὴ τῶν ἱκριωμάτων, τῶν κυττάρων καὶ τῶν σημάτων, ὥστε νὰ προσφέρουμε στοὺς ἐπιστήμονες καὶ στοὺς ἰατροὺς νέα ἐργαλεῖα γιὰ τὴ μελέτη καὶ τὴν ἀντιμετώπιση τῶν νόσων. Ἐπίσης, ἐφαρμόσαμε τὶς τεχνολογίες αὐτές, γιὰ νὰ καταπολεμήσουμε κάποιες νόσους μὲ τρόπους οἱ ὁποῖοι δὲν ἦταν δυνατοὶ προηγουμένως. Γιὰ νὰ ἀποκαταστήσουμε τόσο τὴ λειτουργία ὅσο καὶ τὴν αἰσθητικὴ ἐμφάνιση σὲ ἀσθενεῖς μὲ μεγάλα ἐλλείμματα προσώπου, δημιουργήσαμε ὑλικά διατήρησης χώρου καὶ βιοαντιδραστῆρες *in vivo*, ὥστε νὰ τιθασεύσουμε τὶς ἀναγεννητικὲς δυνάμεις τοῦ ἴδιου τοῦ ὀργανισμοῦ τῶν ἀσθενῶν, γιὰ νὰ σχηματίσει ἰστούς συγκεκριμένου μεγέθους καὶ σχήματος, ποὺ θὰ χρησιμοποιηθοῦν στὴν ἀποκατάσταση. Μὲ τὴν τρισδιάστατη καλλιέργεια ἰστών μέσα σὲ βιοαντιδραστῆρες, ἀναπτύξαμε νέες μεθόδους ἐλέγχου γιὰ ἀποτελεσματικὰ ἀντικαρκινικὰ φάρμακα. Ἀρχικά, ἡ ἱστομηχανικὴ δὲν περιλάμβανε ἓνα τόσο εὐρὺ φάσμα ἐφαρμογῶν. Ὅπως ὁμως εἶπε ὁ Δημοσθένης, «οἱ μικρὲς εὐκαιρίες εἶναι συχνὰ ἢ ἀρχὴ μεγάλων ἐγχειρημάτων». Ξεκινήσαμε μὲ τὸ ὄραμα τῆς δημιουργίας ὀργάνων στὸ ἐργαστήριό γιὰ μεταμόσχευση σὲ ἀσθενεῖς, ἀλλὰ τὸ πεδίο ἔχει διευρυνθεῖ γιὰ νὰ ἀντιμετωπίσει κάποια ἀπὸ τὰ δυσκολότερα προβλήματα τῆς κοινωνίας στὴ φροντίδα ὑγείας. Ἡ πραγματοποίηση τοῦ ἔργου ποὺ σᾶς παρουσίασα σήμερα δὲν θὰ ἦταν μὲ κανέναν τρόπο δυνατὴ χωρὶς τὴν ὑπαρξὴ πολλῶν σημαντικῶν ἀνθρώπων σὲ ὅλη τὴ διάρκεια τῆς καριέρας μου.

8. Εὐχαριστίες

Ὁ Πλάτων εἶπε ὅτι «ἡ κατεύθυνση πρὸς τὴν ὁποία ξεκινᾷ ἡ ἐκπαίδευση ἑνὸς ἀνθρώπου καθορίζει τὸ μέλλον του στὴ ζωὴ» καὶ τίποτε ἀπὸ τὸ ἔργο μου δὲν θὰ ἦταν δυνατό χωρὶς τὴν καθοδήγηση ποὺ εἶχα σὲ ὅλη τὴν καριέρα μου ἀπὸ καθοριστικούς μέντορες. Σπούδασα χημικὸς μηχανικὸς στὸ Ἀριστοτέλειο Πανεπιστήμιό τῆς Θεσσαλονίκης, στὸ ὁποῖο εἶχα πολλοὺς καταπληκτικοὺς δασκάλους. Οἱ διαλέξεις ποὺ παρακολούθησα ἀπὸ τοὺς Κώστα Κυπαρισσίδη, Ἀναστάσιο Καράμπελα, Γεώργιο Σακελλαρό-

πουλο, Σταύρο Νυχᾶ, Ίάκωβο Βασάλο και άλλους υπῆρξαν για ἐμένα ὁδηγοὶ στη συνεχή ἐφαρμογή τῶν ἀρχῶν τῆς χημικῆς μηχανικῆς σὲ διάφορα πραγματικά προβλήματα. Μετὰ τὴν ἀποφοίτησή μου, μετακόμισα στὶς Ἡνωμένες Πολιτεῖες τῆς Ἀμερικῆς για σπουδὲς χημικῆς μηχανικῆς σὲ μεταπτυχιακὸ ἐπίπεδο στὸ Πανεπιστήμιο Purdue. Ἐγίνα βοηθὸς ἐρευνητῆς στὸ ἐργαστήριο ἑνὸς ἄλλου ἀντεπιστέλλοντος μέλους τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, τοῦ κ. Νικολάου Πέππα. Ὁ χρόνος ποὺ πέρασα μετὸν καθηγητὴ Πέππα ἦταν ἐξαιρετικὰ γόνιμος. Χάρης στὴ δική του ἐκπαίδευση, ἔμαθα νὰ σχεδιάζω πειράματα με μεγάλη ἀκρίβεια καὶ σχολαστικότητα, με ἔμφαση στὴ μαθηματικὴ μοντελοποίηση τῶν συστημάτων πολυμερῶν ποὺ βασίζονται σὲ ἐμπειρικὰ δεδομένα. Ὁ καθηγητῆς Πέππας ἐξακολουθεῖ νὰ ἀποτελεῖ κινητήρια δύναμη στὸ πεδίο μου τῆς ἱστομηχανικῆς καὶ τῆς χορήγησης φαρμάκων καὶ ἡ συνεισφορά του ἔχει υπάρξει θεμελιώδης σὲ πάρα πολλὰ πεδία τῆς ἐπιστήμης. Εἶμαι εὐγνώμων για τὴ συνεχιζόμενη καθοδήγηση καὶ φιλία του ὅλα αὐτὰ τὰ χρόνια. Μετὰ τὴν ὁλοκλήρωση τοῦ χρόνου μου στὸ Purdue καὶ τὸ τέλος τῆς θητείας μου στὸ Ἑλληνικὸ Πολεμικὸ Ναυτικόν, πῆγα ὡς μεταδιδακτορικὸς ἐρευνητῆς στὸ Τεχνολογικὸ Ἰνστιτοῦτο τῆς Μασαχουσέτης καὶ στὴν Ἱατρικὴ Σχολή τοῦ Χάρβαρντ στὴ Βοστώνη, για νὰ μελετήσω τὴν ἐφαρμογὴ τῆς χημείας τῶν πολυμερῶν σὲ βιολογικὰ συστήματα, ὑπὸ τοὺς Robert Langer καὶ Joseph Vacanti. Μετὰ ἀπὸ μιὰ παραγωγικὴ μεταδιδακτορικὴ καριέρα, με προσκάλεσαν ὡς ἐπίκουρο καθηγητὴ στὸ Τμῆμα Χημικῆς Μηχανικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Rice στὸ Χιούστον τοῦ Τέξας. Καθὼς στὸ πανεπιστήμιο προσλαμβάνονταν ὅλο καὶ περισσότεροι ἐμβιομηχανικοί, ἰδρύσαμε τὸ Τμῆμα Ἐμβιομηχανικῆς, τὸ ὁποῖο ἀποτελεῖ ἀπὸ τότε τὴν ἑδρά μου. Θὰ ἤθελα νὰ ἐκφράσω εἰλικρινὴ καὶ μέγιστη εὐγνωμοσύνη πρὸς τοὺς καθηγητὲς Πέππα, Langer καὶ Vacanti για τὴ συνεχή τους ὑποστήριξη σὲ ὅλη τὴ διάρκεια τῆς καριέρας μου.

Εἶχα τὴν εὐλογία νὰ ἔχω ἐξαιρετικοὺς μέντορες, εἶχα ὅμως καὶ τὴ μεγάλη τύχη νὰ ἔχω πάμπολλους πολύτιμους συνεργάτες σὲ ὅλο τὸν κόσμο, ὅπως ἡ κυρία Μπίζιου, ποὺ παρίσταται στὸ ἀκροατήριον. Ἡ ἱστομηχανικὴ εἶναι μιὰ συνδυαστικὴ παγκόσμια προσπάθεια. Ὅπως εἶπε ὁ Ἀριστοτέλης, «οὔτε μία οὔτε δύο, ἀλλὰ ἀμέτρητες φορές ἐμφανίζονται οἱ ἴδιες ἰδέες στὸν κόσμον». Πολὺ νωρὶς στὴν καριέρα μου συνειδητοποίησα ὅτι καὶ ἄλλοι ἐργάζονταν για τὴν ἐπίλυση παρόμοιων προβλημάτων καὶ ὅτι θὰ ἦταν πρὸς ὄφελος ὅλων μας νὰ ἐργαζόμαστε μαζί, ἀντὶ ὁ ἓνας ἐναντίον τοῦ ἄλλου. Καθὼς ἡ τεχνολογία μᾶς ἐπιτρέπει νὰ συνομιλοῦμε με εὐκολία, ἡ φυσικὴ

απόσταση δεν αποτελεί πλέον φραγμό για τις στενές συνεργασίες μεταξύ ηπείρων. Έχουμε στενή συνεργασία με έρευνητές από τις Ήνωμένες Πολιτείες, την Ευρώπη, την Ασία και την Αφρική, προκειμένου να αναπτύξουμε στρατηγικές ιστομηχανικής. Εκτός από τους συνεργάτες σε όλόκληρο τον κόσμο, οί συνάδελφοί μου στο Πανεπιστήμιο Rice ήταν αναντικατάστατοι όλα αυτά τα χρόνια ως συνεργάτες και ως φίλοι. Επιπλέον, οί κλινικοί ιατροί συνεργάτες μας, χειρουργοί και άλλων ειδικοτήτων, πού εργάζονται στο Ίατρικό Κέντρο του Τέξας και σε άλλα ιατρικά κέντρα σε όλόκληρο τον κόσμο, μᾶς επέτρεψαν να εφαρμόσουμε τις τεχνολογίες μας για να βελτιώσουμε τις ζωές τῶν ασθενῶν, και γι' αυτό τους εἶμαι ιδιαίτερα εὐγνώμων. Τέλος, θά ἤθελα νά ἐκφράσω τίς εὐχαριστίες μου γιά τή συνεχιζόμενη συνεργασία με πολλούς χρηματοδοτικούς ὀργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων κρατικῶν καί ιδιωτικῶν ἰδρυμάτων, πού με ὑποστήριξαν στό ἔργο μου τῆς διεξαγωγῆς ἔρευνας γιά τήν ἀντιμετώπιση ὑφιστάμενων κλινικῶν ἀναγκῶν. Ἡ διεπιστημονική συνεργασία ὑπῆρξε καταλυτική σέ πολλές ἀπό τίς σπουδαῖες ἀνακαλύψεις τῶν ἐργαστηρίων μας καί εἶναι νευραλγικῆς σημασίας τόσο γιά τήν ἱστομηχανική ὅσο καί γιά τή σύγκλιση τῶν ἐπιστημῶν.

Τά τελευταῖα 25 χρόνια ἐκπαίδευσα πολλούς φοιτητές, καί οί φοιτητές μου με δίδαξαν τουλάχιστον τόσα ὅσα τους δίδαξα κι ἐγώ. Μιά ἀπό τίς μεγαλύτερες χαρές μου σέ αὐτά τὰ μεταγενέστερα στάδια τῆς καριέρας μου εἶναι νά παρακολουθῶ τίς ἐπιτυχίες πού σημειώνουν οί φοιτητές μου πολύ μετὰ ἀφότου ἀποφοιτοῦν ἀπό τὸ ἐργαστήριό μου. Πολλοί ἀπό αὐτούς ἔχουν τώρα ἐπιτυχημένες καριέρες στή βιομηχανία, ἐργαζόμενοι στήν ἐμπορική προώθηση τῶν στρατηγικῶν ἱστομηχανικῆς, ἢ στόν ἀκαδημαϊκὸ χῶρο, ὅπου οί ἴδιοι ἐκπαιδεύουν τήν ἐπόμενη γενιά ἱστομηχανικῶν. Εἶμαι σίγουρος ὅτι τὸ μέλλον τῆς ἐπιστήμης μας βρίσκεται σέ ἐξαιρετικά χέρια.

Τίποτε ἀπό ὅλα αὐτά δέν θά ἦταν δυνατό νά πραγματοποιηθεῖ χωρίς τήν ὑποστήριξη τῆς οἰκογένειάς μου. Θά ἤθελα νά εὐχαριστήσω τοὺς γονεῖς μου Γεώργιο Μίκο καί Ἰφιγένεια Μίκου, πού δέν ζοῦν πιά, καθὼς καί τήν ἀδερφή μου Βίκυ Μίκου, γιά τίς ὑψηλές ἀξίες πού ἐνστάλαξαν μέσα μου ἀπὸ πολὺ μικρὴ ἡλικία. Παρουσιάζω σήμερα τὸ ἔργο τῆς ζωῆς μου, γνωρίζοντας πόσο περήφανοι θά εἶναι οἱ γονεῖς μου, παρακολουθώντας ἀπὸ ψηλά. Καί θά ἤθελα νά εὐχαριστήσω τή σύζυγό μου Λύδια Καβράκη καί τὰ παιδιά μας, τὸν Γεώργιο καί τή Μαίρη, στὰ ὁποῖα καί ἀφιερώνω αὐτὴ τήν τιμητική διάκριση. Στὸ ἀκροατήριό σήμερα παρίστανται πολὺ στενά μέλη τῆς

οικογένειάς μας που χωρίς την αγάπη τους και την υποστήριξή τους δεν θα βρισκόμουν εδώ.

9. Επίλογος

«Τὸ θεμέλιο κάθε πολιτείας εἶναι ἡ ἐκπαίδευση τῶν νέων», εἶπε ὁ πυθαγόρειος Διωτογένης, καὶ ἡ ἱστομηχανικὴ δὲν διαφέρει. Ἡ ἐκλογὴ μου στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἱστομηχανικὴ θὰ εἶναι ἓνα πεδίο κρίσιμης σημασίας στὴν πρόοδο τῆς ἐπιστήμης καὶ τὸ μέλλον τῆς ἱστομηχανικῆς θὰ βρίσκεται στὰ χέρια τῆς ἐπόμενης γενιᾶς ἐπιστημόνων. Δεδομένου μάλιστα ὅτι ἡ ἱστομηχανικὴ εἶναι ἓνας σχετικὰ καινούργιος κλάδος, ἔχω καταβάλει σημαντικὲς προσπάθειες γιὰ νὰ ὁργανωθοῦν εὐκαιρίες ἐκπαίδευσης γιὰ τοὺς μαθητευόμενους τοῦ πεδίου αὐτοῦ. Σὲ συνεργασία μὲ τοὺς συναδέλφους μου, ἱδρύσα τὸ περιοδικὸ *Tissue Engineering*, γιὰ νὰ ἀποτελέσει μιὰ πρώτη δίοδο γιὰ τὴν κοινότητά μας, ὥστε νὰ μπορεῖ νὰ δημοσιεύει καὶ νὰ μοιράζεται τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐκάστοτε ἐρευνῶν της. Ἐργαστήκαμε σκληρὰ γιὰ νὰ ἱδρύσουμε τὴ Διεθνή Ἑταιρεία Ἱστομηχανικῆς καὶ Ἀναγεννητικῆς Ἰατρικῆς, τὴν ὁποία εἶχα τὴ χαρὰ νὰ ὑπηρετῶ ὡς πρόεδρος καὶ ἱδρυτικὸ μέλος, ὥστε νὰ φέρουμε κοντὰ ὅλη τὴ διεθνή κοινότητα. Καθιερώσαμε τὰ συνέδρια Αἰγαίου γιὰ τὴν ἱστομηχανικὴ, στὰ ὁποῖα φοιτητὲς ἀπὸ ὅλο τὸν κόσμο ταξιδεύουν στὴν Ἑλλάδα γιὰ νὰ παρουσιάσουν τὰ δεδομένα τους καὶ νὰ μάθουν ἀπὸ τοὺς εἰδικούς τοῦ πεδίου, καθὼς καὶ ὁ ἓνας ἀπὸ τὸν ἄλλο. Γιὰ τὴν ἐπόμενη γενιὰ ἱστομηχανικῶν θὰ ἤθελα νὰ τονίσω ὅτι τὸ πεδίο αὐτὸ ἀποτελεῖ μιὰ διεθνή κοινότητα. Ἄς ἐργαστοῦμε ὁ ἓνας μαζὶ μὲ τὸν ἄλλο. Ὑπάρχουν ἤδη πολλὰ δύσκολα προβλήματα στὴ φροντίδα υγείας, γιὰ νὰ προστεθεῖ καὶ ὁ μὴ ὑγιὲς ἀνταγωνισμός. Δὲν ἐργαζόμαστε γιὰ τὴ δόξα, ἐργαζόμαστε γιὰ νὰ ὑπηρετήσουμε μὲ τὸν καλύτερο δυνατὸ τρόπο τὸν ἄρρωστο συνάνθρωπο. Ἐχουμε διανύσει πολὺ μακρὸ δρόμο, ἀλλὰ οἱ ἀληθινὲς δυνατότητες τῆς ἱστομηχανικῆς εἶναι μπροστὰ μας. Ἄς διατηρήσουμε τὸν ἐνθουσιασμό μας!

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 16ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2017

Η ΑΠΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΤΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ
κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ Α. ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ

1. Είσαγωγή

1.1 Σημασία και αντικείμενο της εργασίας

Η ανάγκη και η προοπτική απεξάρτησης του τομέα των Μεταφορών από τα καύσιμα άνθρακα, που αποδίδεται στη διεθνή βιβλιογραφία με τον αγγλικό όρο decarbonisation, αποτελεί πλέον μια αναγκαιότητα αποδεκτή από όλες τις κυβερνήσεις σε παγκόσμια κλίμακα. Η αναγκαιότητα αυτή προκύπτει κυρίως από τις σχετικές περιβαλλοντικές πολιτικές για προστασία του περιβάλλοντος από τις κάθε είδους αρνητικές επιπτώσεις των εκπομπών καυσαερίων από τα καύσιμα άνθρακα, αλλά προκύπτει και από τις σχετικά πιό πρόσφατες δεσμεύσεις των περισσότερων κρατών για λήψη μέτρων μετριασμού του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής.

Η σημασία του τομέα των Μεταφορών έγκειται στο ότι ο τομέας αυτός αποτελεί μια από τις σημαντικότερες πηγές εκπομπών από τη χρήση καυσίμων άνθρακα στις μηχανές εσωτερικής καύσης οχημάτων. Σε παγκόσμια κλίμακα σύμφωνα με την έκθεση της Διακυβερνητικής Έπιτροπής του ΟΗΕ για το Κλίμα (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC),

ό τομέας τών Μεταφορών τὸ 2004 ἀντιπροσώπευε τὸ 23% τών παγκόσμιων ἐκπομπών CO₂, ἐκ τών οποίων τὸ 74% προήρχετο ἀπὸ τὶς ὀδικές Μεταφορές. Ἐπίσης ὁ ρυθμὸς αὐξησης τών ἐκπομπών αὐτῶν καταγραφόταν ὡς ὁ μεγαλύτερος σὲ σύγκριση μὲ ὅλους τοὺς ἄλλους τομεῖς (IPCC Transport 2007). Ὅσον ἀφορᾷ τὶς ἄλλες κατηγορίες ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου, π.χ. ἀμμωνίας (CH₄) καὶ ὀξειδίων τοῦ ἀζώτου (N₂O), ὁ τομέας τών Μεταφορῶν συμβάλλει κατὰ μικρότερα ποσοστὰ τῆς τάξεως τών 0,1-0,3% γιὰ τὸ CH₄ καὶ 2,0-2,8% γιὰ τὰ N₂O. Τέλος στὰ λεγόμενα μικροσωματίδια ὁ τομέας τών Μεταφορῶν εἶναι ὁ μεγαλύτερος παραγωγὸς τοὺς ἰδίως στὶς ἀστικές περιοχές.

Σήμερα σὲ ἐπίπεδο Εὐρωπαϊκῆς Ἑνώσεως (ΕΕ) ὁ τομέας τών Μεταφορῶν καταναλώνει τὸ 33% περίπου τῆς συνολικῆς ἐνέργειας ποὺ καταναλίσκεται στὸ σύνολο τών 28 κρατῶν μελῶν¹ καὶ ἀπὸ τὸ ποσοστὸ αὐτὸ τὸ 94% προέρχεται ἀπὸ τὰ ὀρυκτὰ καύσιμα. Σύμφωνα μὲ ἐκτιμήσεις τῆς Εὐρωπαϊκῆς Ἐπιτροπῆς, μέχρι τὸ 2030 ὁ τομέας τών Μεταφορῶν ἀναμένεται νὰ εἶναι ἡ μεγαλύτερη πηγὴ ἐκπομπών CO₂ στὴν ΕΕ².

Τέλος, σὲ ἐπίπεδο εὐρύτερο τῆς ΕΕ, στὶς 47 χῶρες-μέλη τοῦ ΟΟΣΑ (Ὅργανισμὸς Οἰκονομικῆς Συνεργασίας καὶ Ἀνάπτυξης), ὁ τομέας τών Μεταφορῶν εἶναι ὁ δεύτερος κατὰ σειρὰ παραγωγὸς ἐκπομπών CO₂ μετὰ τὸν τομέα παραγωγῆς ἠλεκτρισμοῦ καὶ θέρμανσης, μὲ τὶς ἐκπομπές CO₂ νὰ αὐξάνονται μεταξὺ 1990 καὶ 2008 κατὰ 29% (ITF 2017). Γιὰ τὶς ὑπόλοιπες χῶρες τοῦ κόσμου ὁ Διεθνὴς Ὅργανισμὸς Ἐνέργειας (International Energy Agency) δίνει μιὰ αὐξηση στὶς ἐκπομπές CO₂ ἀπὸ τὸν τομέα τών Μεταφορῶν στὴν ἴδια περίοδο κατὰ 89% (IEA 2016).

Στὴν Ἑλλάδα, μὲ βάση τὰ στοιχεῖα τοῦ ἐνεργειακοῦ ἰσοζυγίου τών τελευταίων ἐτῶν τόσο πρὶν ὥστε καὶ μετὰ τὴν οἰκονομικὴ κρίση, ἡ κατανάλωση ἐνέργειας στὸν κλάδο τών Μεταφορῶν ἀντιπροσώπευε τὸ 2014 τὸ 41,55% τῆς συνολικῆς κατανάλωσης ἐνέργειας στὴ χώρα (EC 2015). Σὲ σχέση μὲ τὶς ἐκπομπές ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου ὁ τομέας τών Μεταφορῶν

1. Σύμφωνα μὲ στοιχεῖα τοῦ 2015, τὸ ποσοστὸ αὐτὸ περιλαμβάνει τὶς διεθνεῖς ἀεροπορικὲς μεταφορὲς καὶ ὄχι τὶς διεθνεῖς θαλάσσιες μεταφορὲς τῆς ΕΕ.

2. Στοιχεῖα ἀπὸ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Στρατηγικὴ, Energy Union Research, Innovation and Competitiveness Strategy (EURICS), στὸ https://ec.europa.eu/info/strategy/transport_en

στην Ελλάδα αντιπροσωπεύει τὸ 25-28% τοῦ ἐκπεμπόμενου CO₂, ἐνῶ σὲ ἄλλες μορφές ρυπογόνων ἀερίων, ὅπως τὸ μονοξείδιο τοῦ ἀνθρακὰ (CO), τὰ ὀξειδία τοῦ ἀζώτου (NOx), οἱ πτητικές ὀργανικές ἐνώσεις (VOC), οἱ ἄκαυστοι ὑδρογονάνθρακες, τὸ βενζόλιο καὶ τὰ σωματίδια (PM), ὁ τομέας τῶν Μεταφορῶν –ιδίως στὶς ἀστικές περιοχές– εἶναι ἡ κύρια πηγὴ ἐκπομπῆς. Οἱ ἐκπομπές CO₂ ὅμως παραμένουν κατὰ περίπου 30% ὑψηλότερες τῶν ἐπιπέδων τοῦ 1990.

Ὑπάρχει συνεπῶς ἰδιαιτέρο ἐνδιαφέρον, ἀλλὰ καὶ ἀνάγκη, νὰ διερευνηθοῦν οἱ τεχνικές δυνατότητες ἀλλὰ καὶ οἱ πολιτικές ποὺ θὰ δώσουν τὸ ἐπιθυμητὸ ἐπίπεδο ἀπεξάρτησης τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν ἀπὸ τὰ καύσιμα ἄνθρακα.

Ἡ παρούσα ἐργασία ἀσχολεῖται μὲ τὸ βασικὸ αὐτὸ θέμα δίνοντας ἔμφαση κυρίως στὶς ἰδιαιτέρες προοπτικές, ὑποχρεώσεις καὶ ἀναγκαῖες πολιτικές γιὰ τὴν Ελλάδα. Στόχος της εἶναι νὰ ἐκθέσει κατ' ἀρχὰς τὶς βασικές «διαστάσεις» τοῦ προβλήματος, νὰ σκιαγραφήσει τοὺς στόχους μιᾶς πιθανῆς ἐλληνικῆς πολιτικῆς στὰ θέματα αὐτὰ καὶ νὰ ἀναφερθεῖ στὶς κύριες δράσεις, ἐνέργειες καὶ πολιτικές ποὺ προσφέρονται γιὰ τὴν ἐπίτευξη τῶν στόχων αὐτῶν στὴν Ελλάδα. Τέλος, ἐπιχειρεῖται ἡ σκιαγράφηση τοῦ πῶς ἀναμένεται νὰ εἶναι τὸ ἀπεξαρτημένο ἀπὸ τὸν ἄνθρακα σύστημα τῶν Μεταφορῶν καὶ κυκλοφορίας στὸ μέλλον.

1.2 Τὸ πλαίσιο ἀναφορᾶς

Τὰ βασικὰ δεδομένα καὶ οἱ ἀποφάσεις ποὺ ἀποτελοῦν τὸ πλαίσιο ἀναφορᾶς γιὰ τὴ σημερινὴ πολιτικὴ, καθὼς καὶ τὰ μέτρα σχετικὰ μὲ τὴν «ἀπο-ανθρακοποίηση» τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν στὴν Ελλάδα προέρχονται κυρίως ἀπὸ δύο πηγές:

- τὶς σχετικές ἀποφάσεις καὶ πολιτικές τῆς Εὐρωπαϊκῆς Ἑνώσεως γιὰ ὅλα τὰ σχετικὰ θέματα, καὶ
- τὶς σχετικές ἀποφάσεις καὶ μέτρα τοῦ ΟΗΕ στὸ πλαίσιο τῆς διεθνοῦς σύμβασης γιὰ τὸ κλίμα.

Ὅσον ἀφορᾷ τὶς σχετικὲς πολιτικὲς τῆς ΕΕ, αὐτὲς ἀναφέρονται κυρίως στὰ περιβαλλοντικὰ καὶ ἐνεργειακὰ θέματα καὶ ἐξετάζονται μὲ περισσότερη λεπτομέρεια στὰ ἐπόμενα. Συνοπτικὰ μπορεῖ νὰ ἀναφερθεῖ ἐδῶ ὅτι αὐτὲς χαρακτηρίζονται ἀπὸ μιὰ σειρά ἐκθέσεων, διαπιστώσεων καὶ νομοθετημάτων σὲ ὅλα τὰ σχετικὰ θέματα ποὺ καλύπτουν κυρίως τὴν τρέχουσα δεκαετία 2011-2020.

Τὸ κύριο, σχετικὰ μὲ τὴν παρούσα ἐργασία, νομοθέτημα τῆς ΕΕ στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν τὸ ὁποῖο ἔθεσε γιὰ πρώτη φορὰ ἐπισημῶς συγκεκριμένους στόχους καὶ ἐνέργειες γιὰ τὴν ἀπεξάρτηση τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν ἀπὸ τὰ καύσιμα ἄνθρακα εἶναι ἡ λεγόμενη «Λευκὴ Βίβλος» τῆς ΕΕ γιὰ τὶς Μεταφορὲς (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ 2011)³. Τὸ κείμενο αὐτὸ περιγράφει τὴν πολιτικὴ Μεταφορῶν τῆς ΕΕ γιὰ τὴ δεκαετία 2011-2020, θέτει τὴν «ἀπο-ανθρακοποίηση» (decarbonisation) τῶν Μεταφορῶν ὡς πρώτη προτεραιότητα καὶ ἀναφέρει ποσοτικούς στόχους καὶ συγκεκριμένες ἐνέργειες μετὰξὺ τῶν ὁποίων οἱ⁴:

1. μείωση τῶν ἐκπομπῶν τοῦ θερμοκηπίου ἀπὸ τὶς Μεταφορὲς κατὰ 60% τὸ 2050 σὲ σχέση μὲ τὸ 1990,
2. μείωση κατὰ 50% τῶν αὐτοκινήτων συμβατικῶν καυσίμων μέχρι τὸ 2030 καὶ ἐξάλειψή τους στὶς ἀστικές περιοχὲς μέχρι τὸ 2050,
3. χρῆση νέων «βιώσιμων» καυσίμων χαμηλοῦ ἀποτυπώματος ἄνθρακα στὶς ἀεροπορικές καὶ τὶς θαλάσσιες μεταφορὲς τουλάχιστον στὸ 40% τῆς κατανάλωσης μέχρι τὸ 2050,
4. μετακίνηση τοῦ 30% τοῦ φορτίου ποὺ σήμερα μεταφέρεται ὁδικὰ σὲ ἀποστάσεις ἄνω τῶν 300 χλμ. μὲ σιδηροδρομικὰ καὶ θαλάσσια μέσα μέχρι τὸ 2030 καὶ ἄνω τοῦ 50% μέχρι τὸ 2050,
5. ὁλοκλήρωση μέχρι τὸ 2050 τοῦ εὐρωπαϊκοῦ σιδηροδρομικοῦ δικτύου ὑψηλῶν ταχυτήτων, τριπλασιασμὸς τοῦ σημερινοῦ δικτύου μέχρι τὸ 2030 καὶ μέχρι τὸ 2050 μετακίνηση τῆς πλειονότητος τῶν ἐπιβατῶν σὲ μεσαῖες ἀποστάσεις μὲ σιδηρόδρομο,
6. ὁλοκλήρωση τοῦ βασικοῦ δικτύου τῶν διευρωπαϊκῶν δικτύων TEN-T μέχρι τὸ 2030, συμπληρωμένου μὲ ὑποδομὲς εὐφυῶν μεταφορικῶν συστημάτων (ITS) καὶ σύνδεση στὸ σιδηροδρομικὸ δίκτυο τῶν TEN-T ὅλων τῶν ἀεροδρομίων καὶ λιμένων μέχρι τὸ 2050.

3. Στὰ ἀγγλικά ἡ «Λευκὴ Βίβλος» ἔχει τὸν τίτλο: Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system.

4. Εἶχε προηγηθεῖ ἡ ἀντίστοιχη «Λευκὴ Βίβλος» τῆς προηγούμενης δεκαετίας (2001-2010), στὴν ὁποία ἡ μείωση τῶν ἀρνητικῶν περιβαλλοντικῶν ἐπιπτώσεων τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν εἶχε ἐπίσης περίοπτη θέση καὶ προτεραιότητα (ΕΕ 2001).

Ἐκτοτε τὸ κείμενο αὐτὸ εἰσήχθη σταδιακὰ καὶ στὶς ἐπίσημες πολιτικές Μεταφορῶν τῶν κρατῶν-μελῶν τῆς ΕΕ, ἀλλὰ ἐπηρέασε καὶ τὶς πολιτικές πολλῶν ἄλλων κρατῶν μὴ μελῶν τῆς.

Ὅσον ἀφορᾷ τὶς σχετικές ἀποφάσεις τοῦ ΟΗΕ γιὰ τὸ κλίμα, οἱ διεθνεῖς ὑποχρεώσεις τῆς Ἑλλάδας ἀπορρέουν ἀπὸ τὴ Σύμβαση-Πλαίσιο τοῦ ΟΗΕ γιὰ τὴν Κλιματικὴ Ἀλλαγὴ ποὺ ὑπεγράφη στὸ Παρίσι τὸν Δεκέμβριο τοῦ 2015 καὶ ἀπὸ τὴ μετέπειτα ἐπικύρωση καὶ ἐφαρμογὴ τῆς⁵. Ἡ Συμφωνία ἐπῆλθε στὸ πλαίσιο τῆς διαρκοῦς Διάσκεψης τῶν Ἡνωμένων Ἐθνῶν γιὰ τὴν Κλιματικὴ Ἀλλαγὴ (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) στὴν ὁποία συμμετεῖχαν ἀντιπροσωπεῖες ἀπὸ 200 περίπου χῶρες. Οἱ προβλέψεις τῆς Σύμβασης αὐτῆς σχετίζονται στενὰ μὲ τὸ ἀντικείμενο τῆς παρούσας ἐργασίας καὶ ἀναμένεται νὰ ἐπηρεάσουν σὲ σημαντικὸ βαθμὸ τὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν καὶ τὴν πορεία ἀπεξάρτησής του ἀπὸ τὰ καύσιμα ἄνθρακα. Εἶναι συνεπῶς ἐνδιαφέρον νὰ ἀναφερθοῦν ἐδῶ οἱ κυριότερες ἀπὸ τὶς προβλέψεις τῆς Σύμβασης αὐτῆς⁶:

1. ἀρχικὰ σταθεροποίηση καὶ στὴ συνέχεια μείωση τῶν ἐκπομπῶν ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου ἀπὸ ὅλες τὶς χῶρες-μέλη τῆς Συμφωνίας μέσα ἀπὸ συγκεκριμένα μέτρα καὶ στόχους ποὺ θὰ καθορίσει ἡ κάθε χώρα (μέτρα «πρόληψης» – mitigation). Πολλὰ ἀπὸ τὰ μέτρα αὐτὰ ἀναφέρονται –ἐνδεικτικὰ– στὴ Συμφωνία,

2. καθιέρωση στόχου γιὰ περιορισμὸ τῆς αὔξης τῆς μέσης θερμοκρασίας τοῦ πλανῆτη στοὺς +2 C° κατὰ μέγιστο μέχρι τὸ τέλος τοῦ αἰῶνα καὶ εἰ δυνατόν πιὸ κοντὰ στὸν +1,5 C°,

3. ἐνίσχυση τῆς δυνατότητας τῶν χωρῶν-μελῶν νὰ ἀντιμετωπίσουν τὶς ἐπιπτώσεις τῆς κλιματικῆς ἀλλαγῆς μὲ συγκεκριμένα μέτρα «προσαρμογῆς» (adaptation), πολλὰ ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀναφέρονται στὴ Συμφωνία,

4. διαμόρφωση καὶ νομοθέτηση ἀπὸ κάθε χώρα-μέλος τῆς Συμφωνίας ἐνὸς «δικοῦ τῆς» προγράμματος καὶ μέτρων ποὺ θὰ τῆς ἐπιτρέψουν νὰ εὐθυγραμμιστεῖ μὲ τὶς προβλέψεις τῆς Συμφωνίας. Πρόκειται γιὰ τὶς λεγό-

5. Ἡ Σύμβαση αὐτὴ ἐφαρμόστηκε στὶς 4 Νοεμβρίου 2016 ἀφοῦ ἐπικυρώθηκε ἀπὸ τὸν ἀπαιτούμενο ἐλάχιστο ἀριθμὸ κρατῶν στὶς 5 Ὀκτωβρίου 2016.

6. Τὸ πλῆρες κείμενο τῆς Σύμβασης μπορεῖ νὰ βρεθεῖ στὴν ἰστοσελίδα τοῦ ΥΠΕΚΑ (<http://www.ypeka.gr>) ἢ στὴν εἰδικὴ ἰστοσελίδα τῆς Συνόδου τῶν Παρισίων <http://unfccc.int>, καὶ σὲ πολλὲς ἄλλες σχετικὲς ἰστοσελίδες.

μενες «Έθνικά Καθοριζόμενες Συμβολές – *Nationally Determined Contributions* ή *NDC*»,

δ. καθιέρωση μιᾶς συνολικῆς δομῆς παρακολούθησης τῆς ἐφαρμογῆς τῆς Συμφωνίας καὶ ἀλληλοενημέρωσης μέσα ἀπὸ μιὰ σειρά «μηχανισμῶν» καὶ δράσεων ὅπως:

i. τοῦ ὑπάρχοντος διεθνοῦς «Μηχανισμοῦ τῆς Βαρσοβίας» (Warsaw International Mechanism for Loss and Damage associated with the climate change) γιὰ ἀνταλλαγὴ τεχνογνωσίας, στοιχείων, καλῶν πρακτικῶν, κ.λπ. σὲ σχέση μετὰ τὸ κλίμα,

ii. τοῦ Χρηματοδοτικοῦ Μηχανισμοῦ τῆς Σύμβασης (Financial Mechanism of the Convention) ὁ ὁποῖος θὰ διευκολύνει τὴ χρηματοδότηση τῶν σχετικῶν μέτρων στὶς λιγότερο ἀνεπτυγμένες χῶρες (μετὰ χρηματοδότηση ἀπὸ τὶς ἀνεπτυγμένες),

iii. δράσεων ἐνημέρωσης καὶ ἐκπαίδευσης (Capacity building),

iv. περιοδικῶν ἐνημερώσεων καὶ παροχῆς συγκεκριμένων δεδομένων καὶ στοιχείων (ποὺ ἀναφέρονται στὴ Συμφωνία) μέσα ἀπὸ τὶς λεγόμενες Δομὲς Διαφάνειας (Framework for Transparency),

v. περιοδικῶν συναντήσεων γιὰ τὸν ἔλεγχο τῆς προόδου σχετικὰ μετὰ τὴν ὑλοποίηση τῶν προβλέψεων τῆς Συμφωνίας ἀπὸ κάθε χώρα-μέλος καὶ μετὰ τὴν πορεία πρὸς ἐπίτευξη τῶν στόχων ποὺ ἔχουν τεθεῖ γιὰ κάθε χώρα μετὰ βάση τὸ δικό της *NDC*. Οἱ συναντήσεις αὐτὲς ἀναφέρονται ὡς «*Global stocktake*» καὶ θὰ γίνονται κάθε πέντε χρόνια ξεκινώντας ἀπὸ τὸ 2023,

vi. δημιουργίας ἐντὸς τῆς διοικητικῆς δομῆς τῶν Ἑνωμένων Ἐθνῶν συγκεκριμένων δομῶν παρακολούθησης καὶ ἐλέγχου τῆς Συμφωνίας, ὅπως π.χ. τὰ: «Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice», «Subsidiary Body for Implementation», κ.ἄ.

2. Στόχοι καὶ πολιτικὲς τῆς ΕΕ

2.1 Γενικὰ στὸν ἐνεργειακὸ τομέα

Σήμερα ἡ Εὐρωπαϊκὴ Ἑνωση κατὰ τὸ 94% τῶν ἐνεργειακῶν της ἀναγκῶν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰ ὑγρὰ καύσιμα (ὕδρογονανθράκων). Τὸ 84% τῶν καυσίμων αὐτῶν εἰσάγεται μετὰ ἕνα κόστος τῆς τάξης τοῦ 1 δις εὐρώ τὴν ἡμέρα. Εἶναι συνεπῶς αὐτονόητο ὅτι, συνυπολογιζομένων καὶ τῶν κάθε εἰ-
δους ἐπιπτώσεων ἀπὸ τὶς ἐκπομπὲς ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου, ἡ Εὐρώπη

έχει κάθε λόγο να προχωρεί συστηματικά και έπειγόντως στη λεγόμενη πολιτική «άποανθρακοποίησης» (decarbonisation).

Τόν Μάρτιο του 2011 δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά η Ανακοίνωση της Έπιτροπής σχετικά με τον Χάρτη πορείας για τη μετάβαση σε μια ανταγωνιστική οικονομία χαμηλών επιπέδων άνθρακα το 2050 (Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050)⁷. Ο Χάρτης αυτός είχε συνταχθεί με βάση έναν στόχο για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2050 κατά 80-90% σε σύγκριση με το 1990 στο πλαίσιο των αναγκαιών –κατά την αρχική έκθεση της Διακυβερνητικής Έπιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC)– μειώσεων από τις ανεπτυγμένες χώρες συνολικά⁸. Παρουσιάζεται επίσης στον όδικο αυτόν Χάρτη η προγραμματιζόμενη από την Έπιτροπή ανάληψη δράσεων μέχρι το 2050, χάρη στην οποία η ΕΕ θα μπορούσε να επιτύχει μειώσεις των αερίων του θερμοκηπίου σύμφωνα με τον στόχο του 80 έως 90% σε σχέση με το 1990.

Τόν Δεκέμβριο του ίδιου έτους δημοσιεύτηκε και επίσημα ο τελικός πλέον «Χάρτης πορείας για την Ενέργεια μέχρι το 2050» (Energy Road Map 2050) με μέτρα και ενέργειες για ένα ασφαλές, ανταγωνιστικό και «άποανθρακοποιημένο» ενεργειακό σύστημα για το 2050 (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ 2014).

Αργότερα, οι στόχοι αυτοί αναδιαμορφώθηκαν για το 2030 μέσα από το λεγόμενο «Πακέτο κλίματος και ενέργειας 2030» (The 2030 climate and energy package) που ανακοινώθηκε τον Οκτώβριο του 2014. Σύμφωνα με το πλαίσιο αυτό τίθενται οι παρακάτω βασικοί στόχοι:

7. Σημειώνεται ότι το 2007 η Έπιτροπή ανακοίνωσε (και μετέτρεψε σε νομοθεσία το 2009) τη στρατηγική της για το 2020 (Europe 2020 strategy for smart, sustainable and inclusive growth), η οποία έγινε γνωστή με τον όρο «Στρατηγική 20-20-20» επειδή περιελάμβανε:

- 20% μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με το 1990,
- 20% ποσοστό συμμετοχής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας,
- 20% βελτίωση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας.

8. Αν ληφθούν υπόψη μόνο οι προσπάθειες των αναπτυσσόμενων χωρών, το ποσοστό αυτό θα οδηγήσει σε παγκόσμια μείωση των εκπομπών κατά 50% έως το 2050.

- τουλάχιστον 40% μείωση σε σχέση με το 1990 σε όλα τα αέρια του θερμοκηπίου,
- 27% ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στο σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας, και
- 27% βελτίωση της συνολικής ενεργειακής αποτελεσματικότητας.

Τόν Φεβρουάριο του 2015 εγκρίθηκε η γενική Στρατηγική της ΕΕ για την Ένέργεια (Energy Union Strategy) η οποία προβλέπει το πλαίσιο για ενεργειακή αὐτάρκεια της ΕΕ ὥστε νά ἐπιτευχθοῦν καὶ οἱ στόχοι γιὰ τὴν κλιματική ἀλλαγὴ. Ἡ Στρατηγική αὐτὴ βασίστηκε σὲ πέντε ὁμάδες ἐνεργειῶν:

1. ἀπομάκρυνση ἀπὸ τὴν οἰκονομία τοῦ ἄνθρακα (decarbonisation of the economy),
2. μεγαλύτερη ενεργειακὴ ἀποδοτικότητα ὡς συμβολὴ στὴν ἐλάττωση τῆς ενεργειακῆς ζήτησης,
3. πλήρως ἐνοποιημένη ἐσωτερικὴ ενεργειακὴ ἀγορά,
4. ενεργειακὴ ἀσφάλεια, ἀλληλεγγύη καὶ ἐμπιστοσύνη,
5. κοινὴ ενεργειακὴ ἔρευνα, καινοτομία καὶ ἀνταγωνιστικότητα.

Σὲ συνέχεια τῆς Στρατηγικῆς αὐτῆς δημοσιεύθηκε τὸν Σεπτέμβριο τοῦ 2015 τὸ Στρατηγικὸ Σχέδιο Ἐνεργειακῶν Τεχνολογιῶν (Strategic Energy Technologies Plan, SET-Plan). Τὸ Σχέδιο αὐτὸ περιλαμβάνει τὴν ἀνάπτυξη καὶ ἐφαρμογὴ 10 ενεργειακῶν τεχνολογιῶν δράσεων ποὺ θὰ διευκολύνουν τὴ μετάβαση σὲ μιὰ ἀπεξαρτημένη ἀπὸ τὸν ἄνθρακα εὐρωπαϊκὴ οἰκονομία καὶ οἱ ὁποῖες συνοψίζονται στὰ ἀκόλουθα (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ 2015):

1. ἐπίτευξη τεχνολογικῆς πρωτοπορίας στὴν παραγωγὴ ἀνανεώσιμων μορφῶν ἐνέργειας καὶ ἔνταξή τους στὸ εὐρωπαϊκὸ σύστημα παραγωγῆς καὶ παροχῆς ἐνέργειας,
2. μείωση τοῦ κόστους τῶν βασικῶν μορφῶν ΑΠΕ (ἀνανεώσιμων πηγῶν ἐνέργειας),
3. ἀνάπτυξη ἐνὸς «ἔξυπνου» ενεργειακοῦ συστήματος γιὰ χρῆση στὶς οἰκίες («ἔξυπνη κατοικία»),
4. αὐξηση τῆς ἀνθεκτικότητας, τῆς ἀσφάλειας καὶ τῆς «εὐφυΐας» τοῦ ενεργειακοῦ συστήματος,
5. ἀνάπτυξη ὕλικῶν καὶ τεχνολογιῶν γιὰ ενεργειακὰ ἀποδοτικὰ κτίρια καὶ προώθησή τους στὴν ἀγορά,

6. βελτίωση τῆς ἐνεργειακῆς ἀποτελεσματικότητας καὶ τοῦ κόστους ἐνέργειας γιὰ τὶς βιομηχανίες,

7. εὐρωπαϊκὴ ἀνταγωνιστικότητα στὴν παγκόσμια παραγωγὴ συσσωρευτῶν γιὰ τὴν προώθηση τῆς ἡλεκτροκίνητης κινητικότητας,

8. ἐνίσχυση τῆς ἀποδοχῆς ἀπὸ τὴν ἀγορὰ τῶν ἀνανεώσιμων καυσίμων γιὰ βιώσιμες λύσεις στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν,

9. ἐπιτάχυνση τῶν δραστηριοτήτων ἔρευνας καὶ καινοτομίας γιὰ τὴ δέσμευση, ἀποθήκευση καὶ χρῆση τοῦ ἄνθρακα,

10. ἐνίσχυση τῆς πυρηνικῆς ἀσφάλειας.

Τέλος, τὴν 30ῇ Νοεμβρίου 2016 ἡ Ἐπιτροπὴ παρουσίασε γιὰ διαβούλευση τοὺς «νέους κανόνες γιὰ τὴ Μετάβαση στὴν καθαρὴ ἐνέργεια μὲ κέντρο τὸν χρήστη» (“New rules for consumer centered clean energy transition”). Πρόκειται γιὰ ἕνα πακέτο μέτρων γιὰ τὴν ἐπίτευξη τῶν ἐνεργειακῶν στόχων τῆς ΕΕ γιὰ τὸ 2030 «χωρὶς μείωση τῆς ἀνταγωνιστικότητας». Τὸ πακέτο αὐτό, ποὺ εἶναι καὶ γνωστὸ ὡς «πακέτο χειμῶνα» (winter package), περιλαμβάνει τὶς ἀκόλουθες τρεῖς κατηγορίες κανόνων ποὺ ἀφοροῦν τήν:

i. ἐνεργειακὴ ἀποτελεσματικότητα (energy efficiency),

ii. ἀνάπτυξη παγκόσμιας πρωτοπορίας στὶς Ἀνανεώσιμες Πηγές Ἐνέργειας (ΑΠΕ), καὶ

iii. διαμόρφωση δίκαιων μέτρων γιὰ τοὺς καταναλωτές.

Τὸ κύριο χρηματοδοτικὸ μέσο γιὰ τὴν ἐπίτευξη τῶν πολιτικῶν στὰ θέματα τοῦ περιβάλλοντος καὶ τῆς κλιματικῆς ἀλλαγῆς εἶναι τὸ πρόγραμμα LIFE. Μέσω τοῦ προγράμματος LIFE χρηματοδοτοῦνται μόνο μέτρα καὶ ἔργα μὲ «Εὐρωπαϊκὴ προστιθέμενη ἀξία» καὶ ὄχι μεμονωμένα γιὰ τὰ κράτη-μέλη.

2.2 Στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν

Τὰ ἐνεργειακὰ θέματα τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν ἀποτελοῦν μεγάλη –ἴσως τὴ μεγαλύτερη– πρόκληση γιὰ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Ἑνωση δεδομένου ὅτι εἶναι ὁ μόνος τομέας στὸν ὁποῖο οἱ ἐκπομπές ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου αὐξάνονται ἀντὶ νὰ μειώνονται σὲ σχέση μὲ τὰ ἐπίπεδα τοῦ 1990. Πράγματι, ἐνῶ οἱ ἐκπομπές ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου σὲ σύγκριση μὲ τοὺς ἄλλους τομεῖς ἐκτὸς τῶν Μεταφορῶν μειώθηκαν στὸ σύνολο τῆς ΕΕ τῶν 28 κατὰ 15% μετὰξὺ 1990 καὶ 2007, οἱ ἐκπομπές στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν αὐ-

ξήθηκαν κατά 33% στην ίδια περίοδο⁹. Άρχισαν να μειώνονται και πάλι μόνο πρόσφατα (μετά το 2007) λόγω της οικονομικής κρίσης, των υψηλότερων τιμών των καυσίμων και της καλύτερης ενεργειακής αποδοτικότητας των κινητήρων.

Κατά κλάδο Μεταφορών ο τομέας των όδικων Μεταφορών είναι ο πρώτος στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ28 με ποσοστό περίπου 74% στο σύνολο του τομέα. Αυτό σημαίνει ότι ο τομέας των όδικων Μεταφορών της ΕΕ είναι υπεύθυνος για το 20% περίπου των συνολικών εκπομπών CO₂ στην ΕΕ (από όλες τις πηγές). Στόν τομέα των θαλασσιών Μεταφορών οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι σχετικά μικρές και φθάνουν το 4% περίπου των συνολικών τέτοιων εκπομπών στην ΕΕ (από όλες τις πηγές) δηλαδή σε απόλυτους αριθμούς περίπου 1 δισεκατομμύριο τόνους το έτος. Το ποσοστό αυτό εκτιμάται ότι θα διπλασιαστεί μέχρι το 2050 σε σχέση με το 1990, γεγονός που θέτει άμεσα και τον τομέα των θαλασσιών Μεταφορών στο πλαίσιο των περικοπών και μέτρων που θα πρέπει να ληφθούν για να καλυφθούν οι στόχοι της Συμφωνίας των Παρισιών του 2015 για το κλίμα. Ός πρώτο βήμα ή ΕΕ έχει συμπεριλάβει πλέον τις θαλάσσιες μεταφορές σε όλα τα σχέδια και τις πολιτικές της για την πρόληψη (mitigation) και έχει εισαγάγει την υποχρέωση για όλα τα πλοία που προσεγγίζουν τα λιμάνια της ΕΕ από το 2018 να δηλώνουν με πιστοποιημένο τρόπο τις εκπομπές τους σε αέρια του θερμοκηπίου και σε ρύπους.

Στόν τομέα των αεροπορικών Μεταφορών από το 2012 οι εκπομπές αερίων από τα αεροπλάνα είναι επίσης αντικείμενο ρυθμίσεων, προκειμένου να μειωθούν, ενώ περιλαμβάνονται και στο σύστημα εμπορίας ρύπων της ΕΕ (EU Emissions Trading System). Αυτό έγινε για να μπορέσει ή Διεθνής Ένωση των Όργανισμών Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO – International Civil Aviation Organization) να επιβάλει το ίδιο σύστημα σε παγκόσμια κλίμακα στο πλαίσιο ενός παγκόσμιου μηχανισμού εμπορίας τέτοιων ρύπων (Global market-based mechanism – MBM).

Σήμερα, μετά και τη Συμφωνία για το κλίμα του 2015, οι βασικοί στόχοι της ΕΕ για μειώσεις εκπομπών στόν τομέα των Μεταφορών παρα-

9. Στοιχεία από την Ευρωπαϊκή Έπιτροπή στό: <https://ec.europa.eu/clima/>

μένουν στην ίδια λογική μειώσεων με εκείνους της Λευκής Βίβλου του 2011 και περιλαμβάνουν¹⁰:

- μείωση των εκπομπών CO₂ σε σχέση με το 2008 κατά 20% το 2030 και κατά 60% το 2050,
- μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 40% σε σχέση με το 2005 μέχρι το 2021 για τα νέα ΙΧ και κατά 19% σε σχέση με το 2012 μέχρι το 2020 για τα νέα Van,
- μείωση κατά 6% της «έντασης» (intensity) διοξειδίου του άνθρακα των καυσίμων στις Μεταφορές μέχρι το 2020, καθιέρωση όριων για την αντίσταση κύλισης, υποχρεωτικούς αυτόματους μετρητές της πίεσης στα ελαστικά και άλλα ανάλογα μέτρα.

Ήδη σήμερα και μετά τη Συμφωνία των Παρισίων του 2015 για το κλίμα ή Ευρωπαϊκή Έπιτροπή εξέδωσε τον Απρίλιο του 2016 Όδηγία που περιλάμβανε τον Όδικό Χάρτη για την απεξάρτηση του τομέα των Μεταφορών από τα καύσιμα άνθρακα (Roadmap on decarbonizing the transport sector)¹¹. Ο όδικός αυτός χάρτης καθόριζε το πλαίσιο για τη μετάβαση των χωρών-μελών της ΕΕ από τη σημερινή κατάσταση σε εκείνη που θα εκπλήρωνε τους ειδικότερους στόχους για το 2050 για νέα καύσιμα με λιγότερο άνθρακα, μεγαλύτερη αποδοτικότητα των κινητήρων και άλλες ενέργειες.

Λίγο αργότερα, τον Ιούλιο 2016 δημοσιεύεται και η Όδηγία σχετικά με τη Στρατηγική για μια Ευρωπαϊκή Κινητικότητα χαμηλών εκπομπών άνθρακα (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ 2016). Η Όδηγία αυτή βασίζεται στους στόχους της Λευκής Βίβλου του 2011 και τους ειδικότερους ενεργειακούς στόχους της ΕΕ για το 2030 που προαναφέρθηκαν (2030 climate and energy framework) και παρουσιάζει τη στρατηγική και τα μέτρα που πρόκειται να ληφθούν μετά τη Συμφωνία για το κλίμα του 2015.

Τα κύρια στοιχεία της Στρατηγικής αυτής περιλαμβάνουν:

- i. αύξηση της αποδοτικότητας του συστήματος των Μεταφορών με αξιοποίηση όλων των δυνατοτήτων που προσφέρει η σύγχρονη τεχνολογία,

10. Στοιχεία από τό: https://ec.europa.eu/clima/policies/international/paris_protocol/transport_en (τὴν 6.3.2017).

11. Ανέπισημη περιγραφή στό: http://ec.europa.eu/smart-regulation/roadmaps/docs/2016_move_046_decarbonization_of_transport_en.pdf

ii. λήψη μέτρων για την ανάπτυξη και χρήση καυσίμων χαμηλών εκπομπών άνθρακα και των ΑΠΕ στις Μεταφορές (βιοκαύσιμα, ηλεκτρισμός, υδρογόνο, συνθετικά ανανεώσιμα καύσιμα, κ.λπ.),

iii. βελτίωση των μηχανών εσωτερικής καύσης ή εισαγωγή νέων με μηδενικές ή πολύ χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (zeroemission vehicles)¹².

Η Στρατηγική αυτή περιλαμβάνει επίσης και δεσμεύσεις σχετικά με τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητας της ΕΕ, διατήρηση της απασχόλησης, της ανάπτυξης και των επενδύσεων, κινητοποίηση των άστικών και τοπικών κυβερνήσεων για τη μείωση της χρήσης ορυκτών καυσίμων, τα χρηματοδοτικά μέσα που θα χρησιμοποιηθούν, κ.ά.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι στο πλαίσιο της γενικότερης Στρατηγικής για την Ενέργεια (Energy Union Strategy), που εγκρίθηκε το 2015, και της διάστασης της Στρατηγικής αυτής που προωθεί την έρευνα και καινοτομία βρίσκεται υπό διαμόρφωση και προβλέπεται να ολοκληρωθεί έως το τέλος του 2017 ή Στρατηγική Ατζέντα για την Έρευνα και Καινοτομία στον τομέα των Μεταφορών, ή γνωστή ως STRIA (Strategic Transport Research and Innovation Agenda). Στο πλαίσιο της «Ατζέντας» αυτής εξετάζονται μέτρα σε έπτα τομείς:

- i. ηλεκτροκίνηση,
- ii. έναλλακτικά καύσιμα,
- iii. σχεδιασμό και κατασκευή των οχημάτων,
- iv. συνδεδεμένες και αυτοματοποιημένες μεταφορές,
- v. υποδομές Μεταφορών,

12. Πρέπει να αναφερθεί η έμφαση που δίνεται πλέον στον έλεγχο και στην πιστοποίηση των πραγματικών εκπομπών των οχημάτων από μετρήσεις στην πράξη και όχι στο εργαστήριο, μετά το σκάνδαλο του γερμανικού Volkswagen Group που αφορά τους κινητήρες πετρελαίου της Volkswagen (Σεπτέμβριος 2015). Η εταιρεία αυτή είχε εξοπλίσει κρυφά τους κινητήρες ντίζελ 11 εκατομμυρίων οχημάτων με συσκευές που έδειχναν άλλοιωμένες τιμές εκπομπών καυσαερίων ώστε αυτές να εμπίπτουν στα περιβαλλοντικά πρότυπα που ίσχυαν στις αντίστοιχες χώρες. Είναι χαρακτηριστικό ότι, σύμφωνα με μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις του σκανδάλου αυτού στην υγεία, μέχρι το 2016 προκλήθηκαν 60 πρόωροι θάνατοι στις ΗΠΑ (BARRETT 2015) και 1200 περίπου στην Ευρώπη, σε χώρες γύρω από τη Γερμανία (CHOSSIÈRE 2017).

vi. διαχείριση δικτύων και κυκλοφοριακών συστημάτων, και

vii. εύφυες υπηρεσίες μεταφορών και κινητικότητας.

Οι έπτά αυτές περιοχές χρησιμοποιούνται και για την παρουσίαση του νέου «τοπίου» που θα προκύψει για τις Μεταφορές μετά την υλοποίηση των προβλέψεων και των μέτρων για άπεξάρτηση από τα καύσιμα άνθρακα (Κεφάλαιο 5).

3. Στόχοι και σχετικές ενέργειες στην Ελλάδα

3.1 Γενικά

Στην Ελλάδα δέν υπάρχει ακόμη συγκεκριμένη διατυπωμένη πολιτική για την άπεξάρτηση από τα καύσιμα άνθρακα στον τομέα των Μεταφορών. Οι ακολουθούμενες ενέργειες και τα μέτρα προσαρμόζονται στην ευρωπαϊκή πολιτική Μεταφορών, άν και όχι με συστηματικό τρόπο και χωρίς κάποια ιδιαίτερη εξειδίκευση στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις γεωπολιτικές δυνατότητες της χώρας. Επίσης, τα τελευταία χρόνια άτόνησε σημαντικά ή διαμόρφωση και πολύ περισσότερο ή εφαρμογή πολιτικών Μεταφορών προσαρμοσμένων στα ελληνικά δεδομένα κυρίως λόγω της οικονομικής κρίσης¹³.

Πιο δραστήριο εμφανίζεται στον τομέα των πολιτικών σχετικά με την άπεξάρτηση του τομέα των Μεταφορών από τα καύσιμα άνθρακα τó Ύπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας – ΎΠΕΚΑ, στην ίστοσελίδα του όποιου αναφέρονταν μέχρι πρόσφατα τρεις άξονες ενεργειών για την περισσότερο όρθολογική και λιγότερο ενεργοβόρα λειτουργία του τομέα των Μεταφορών (χωρίς να τα εξειδικεύει όμως σε συγκεκριμένα μέτρα και πολιτικές)¹⁴:

13. Κίνητρο για την εκ νέου ενεργοποίηση του τομέα ίσως άποτελέσει ή εκπόνηση της μελέτης Στρατηγικού Σχεδιασμού του συστήματος των Μεταφορών της χώρας, ή όποια βρίσκεται (την περίοδο συγγραφής της έργασίας αυτής) υπό προκήρυξη. Χαρακτηριστικό της επικρατούσας, δυστυχώς, νοστορίας είναι τó ότι ή πολύ σημαντική και αναγκαία αυτή ενέργεια δημιουργίας ένός Έθνικού Στρατηγικού Σχεδίου Μεταφορών προκύπτει ως «ύποχρέωση» της χώρας από τη 2η συμφωνία με τούς δανειστές της («μνημόνιο»).

14. www.ypeka.gr (άνάρτηση στην κύρια σελίδα του Ύπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Σεπτέμβριος 2016).

1. ὀρθολογική, ἐπιλεκτική καὶ βέλτιστη χρήση τῶν διαθέσιμων μέσων μεταφορᾶς,

2. χρήση ὀχημάτων τὰ ὅποια ἐνσωματώνουν τεχνολογίες ὑψηλῆς ἀποδοτικότητος, καὶ

3. οἰκολογική-οἰκονομική ὁδήγηση μὲ τὴν ἔννοια τῆς ἐλαχιστοποίησης τῆς καταναλισκόμενης ἐνέργειας ἀνὰ ἐπιβάτη καὶ χιλιόμετρο τῆς διανυθείσας ἀπόστασης.

Ὅσον ἀφορᾷ συγκεκριμένες ἐνέργειες, ποὺ ἔχουν γίνει μέχρι σήμερα στὴν Ἑλλάδα, ἀναφέρονται οἱ ἀκόλουθες δύο:

α. ἡ Ἐθνικὴ Στρατηγικὴ γιὰ τὴν Προσαρμογὴ στὴν Κλιματικὴ Ἀλλαγὴ (ΕΣΠΚΑ), ἡ ὁποία συντάχθηκε μετὰ ἀπὸ μνημόνιο συνεργασίας ποὺ ὑπεγράφη τὸν Δεκέμβριο τοῦ 2014 μεταξὺ τοῦ Ὑπουργείου Περιβάλλοντος καὶ Ἐνέργειας, τοῦ Ἰδρύματος Ἰατροβιολογικῶν Ἐρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν καὶ τῆς Τράπεζας τῆς Ἑλλάδος, καὶ τὸ ὁποῖο ἀφοροῦσε ἐκτὸς τῶν ἄλλων καὶ στὴ σύνθεση τοῦ κειμένου τῆς Ἐθνικῆς αὐτῆς Στρατηγικῆς. Εἶχε προηγηθεῖ ἡ σχετικὴ ἀνάλυση στοιχείων καὶ προτάσεων γιὰ τὴν κλιματικὴ ἀλλαγὴ ἀπὸ τὴν Ἐπιτροπὴ Μελέτης τῶν Ἐπιπτώσεων τῆς Κλιματικῆς Ἀλλαγῆς τῆς Τράπεζας τῆς Ἑλλάδος (ΕΜΕΚΑ). Ἡ ΕΣΠΚΑ τέθηκε σὲ δημόσια διαβούλευση ἀπὸ 24/11/2015 ἕως 08/12/2015 καὶ ἀκολούθως ἐγκρίθηκε ὡς ἡ Ἐθνικὴ Στρατηγικὴ στὰ θέματα αὐτὰ (ΥΠΕΚΑ 2016). Ἄξιο ἀναφορᾶς εἶναι τὸ γεγονός ὅτι ἡ Ἐθνικὴ αὐτὴ Στρατηγικὴ θὰ πρέπει νὰ ἐξειδικευθεῖ καὶ σὲ περιφερειακὸ ἐπίπεδο μέσῳ τῶν Περιφερειακῶν Στρατηγικῶν Σχεδίων Προσαρμογῆς στὴν Κλιματικὴ Ἀλλαγὴ (ΠεΣΠΚΑ), τὰ ὅποια ἄρχισαν ἤδη νὰ ἐκπονοῦνται,

β. τὰ Σχέδια Βιώσιμης Ἀστικῆς Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) γιὰ ἀρκετὲς ἀστικὲς περιοχὲς τῆς χώρας. Πρόκειται γιὰ τὴ σύνταξη μελετῶν Σχεδιασμοῦ τῆς ἀστικῆς κινητικότητας στὸ πλαίσιο μιᾶς ὀλοκληρωμένης προσέγγισης γιὰ προώθηση τῶν τρόπων μετακίνησης μὲ τὰ φιλικὰ πρὸς τὸ περιβάλλον μέσα καὶ προώθηση μέτρων γιὰ τὴ χρήση «καθαρῶν» συστημάτων μεταφορῶν ἢ τὴ συνδυασμένη χρήση τους.

Στὰ ἐπόμενα ἐξετάζονται τὰ δύο αὐτὰ θέματα μὲ μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

3.2 Η Έθνικη Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή

Η Έθνικη Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ)¹⁵ αποτελεί κείμενο στρατηγικού προσανατολισμού με στόχο τη χάραξη κατευθυντήριων γραμμών και είναι το πρώτο βήμα για μια συνεχή και εύελικτη διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης των απαραίτητων μέτρων προσαρμογής (adaptation) στην κλιματική αλλαγή σε έθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Ο καθορισμός των εξειδικευμένων μέτρων προσαρμογής και ο τρόπος υλοποίησής τους αποτελούν την ουσία των Περιφερειακών Σχεδίων Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή (ΠεΣΠΚΑ) τα οποία και θα εξειδικεύσουν τις κατευθύνσεις της ΕΣΠΚΑ καθορίζοντας τις άμεσες προτεραιότητες προσαρμογής σε τοπικό επίπεδο. Η εκπόνηση των ΠεΣΠΚΑ άρχισε το 2017 από την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας.

Ο πρωταρχικός σκοπός της ΕΣΠΚΑ είναι να συμβάλει στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας της χώρας όσον αφορά τις επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή, καθώς και στη δημιουργία των προϋποθέσεων ώστε οι απόψεις να λαμβάνονται με βάση τη σωστή πληροφόρηση και με μακροπρόθεσμο στόχο να αντιμετωπιστούν οι κίνδυνοι και να αξιοποιηθούν οι ευκαιρίες που πηγάζουν από την κλιματική αλλαγή. Η ΕΣΠΚΑ προβλέπει έναν άρχικό όριζοντα πενταετίας για την ανάπτυξη ικανότητας προσαρμογής και για την ιεράρχηση και την υλοποίηση ενός πρώτου συνόλου δράσεων.

Άλλοι βασικοί στόχοι της ΕΣΠΚΑ είναι (ΥΠΕΚΑ 2016):

1. βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων μέσω της απόκτησης πληρέστερων πληροφοριών και επιστημονικών δεδομένων σχετικών με την προσαρμογή,
2. προώθηση της ανάπτυξης και εφαρμογής περιφερειακών/τοπικών σχεδίων δράσης σε συμφωνία με την παρούσα στρατηγική,
3. προώθηση δράσεων και πολιτικών προσαρμογής σε όλους τους τομείς με έμφαση στους πιο ευάλωτους,

15. Εκπονήθηκε για λογαριασμό του ΥΠΕΚΑ με ευθύνη της Επιτροπής Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής της Τράπεζας της Ελλάδος (ΕΜΕΚΑ) το 2015-16.

4. δημιουργία μηχανισμού παρακολούθησης και αξιολόγησης των δράσεων και πολιτικών προσαρμογής, και

5. ενημέρωση και ευαισθητοποίηση της κοινωνίας.

Κύρια περιεχόμενα-προτάσεις της Στρατηγικής είναι:

- δημιουργία παρατηρητηρίου παρακολούθησης και μηχανισμού ελέγχου και υποστήριξης για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή¹⁶,
- επέκταση της γνωστικής και πληροφοριακής βάσης δεδομένων της ΕΜΕΚΑ σε θέματα κλιματικών επιπτώσεων,
- σύνδεση της ΕΣΠΚΑ με το υπάρχον πλαίσιο διαχείρισης φυσικών καταστροφών,
- αξιολόγηση και ιεράρχηση των προτεινόμενων από τους φορείς μέτρων,
- διερεύνηση των δυνατοτήτων χρηματοδότησης των μέτρων από έθνικες και διεθνείς πηγές,
- κατάρτιση εξειδικευμένων «σεναρίων» σχετικά με την ανάπτυξη της ελληνικής οικονομίας και με τους πλέον τρωτούς κλάδους της,
- ενσωμάτωση των παραπάνω σε εξειδικευμένα περιφερειακά σχέδια δράσης και όδικους χάρτες σε συγκεκριμένους τομείς ενδιαφέροντος,
- διερεύνηση συγκεκριμένων μέτρων για την ενδυνάμωση της προσαρμοστικής ικανότητας φορέων και πολιτών,
- κατάρτιση σχεδίου για την αναθεώρηση και την προσαρμογή της ΕΣΠΚΑ στο μέλλον.

3.3 Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας

Ένα σχέδιο χαρακτηρίζεται ως Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) εφόσον έχει τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

- υιοθέτηση βασικής μεθοδολογίας ή όποια να περιλαμβάνει: 1) την ανάλυση της «υπάρχουσας κατάστασης» και του «σεναρίου βάσης», 2) τον καθορισμό του οράματος και των συγκεκριμένων στόχων, 3) την επιλογή των πολιτικών και των μέτρων, 4) την ανάθεση των αρμοδιοτήτων και των

16. Όπως αναφέρεται χαρακτηριστικά, επιβάλλεται η ενσωμάτωση του κριτηρίου «κλιματικά ασφαλής επένδυση» σε όλα τα επίπεδα λήψης αποφάσεων για την αδειοδότηση και τη χρηματοδότηση επενδυτικών σχεδίων σε όλους τους τομείς.

πόρων, και 5) τις ρυθμίσεις για την παρακολούθηση, υλοποίηση και αξιολόγηση της εφαρμογής του Σχεδίου,

- συμμετοχική προσέγγιση – δηλαδή να έχει προβλέψει και να έχει εισαγάγει τη συμμετοχή των πολιτών και των ενδιαφερόμενων μερών σε όλες τις διαδικασίες λήψης των σχετικών αποφάσεων καθώς και εφαρμογής μέτρων και αξιολογήσεων για την αντιμετώπιση των πολύπλοκων ζητημάτων Σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη ακόμη και θέματα όπως η διασφάλιση της ισότητας των φύλων,

- δέσμευση για άειφόρα συστήματα Μεταφορών που λαμβάνουν υπόψη –εξισορροπημένα– την κοινωνική δικαιοσύνη, την ποιότητα του περιβάλλοντος και την οικονομική ανάπτυξη,

- ολοκληρωμένη προσέγγιση των πρακτικών και των πολιτικών μεταξὺ των διαφόρων τομέων πολιτικής και επιπέδων εξουσίας,

- εστίαση στην επίτευξη μετρήσιμων στόχων σε βραχυπρόθεσμο επίπεδο, εϋθυγραμμισμένων με ένα μακροπρόθεσμο ὄραμα για τις μεταφορές της περιοχής και τη βιώσιμη κινητικότητα, και ἑνσωματωμένων σε μιὰ συνολική στρατηγική για την αειφόρο ανάπτυξη,

- ἀνασκόπηση τοῦ κόστους μεταφορᾶς και τῶν ὀφελῶν ἀφοῦ ληφθοῦν υπόψη εὐρύτερες κοινωνικὲς δαπάνες και ὀφέλη σε ὅλους τοὺς τομεῖς τῆς πολιτικῆς.

Τὰ Σχέδια Βιώσιμης Ἀστικῆς Κινητικότητας ἔχουν ἀρχίσει νὰ ἐκπονοῦνται στὴν Ἑλλάδα ἤδη ἀπὸ τὸ 2012. Τὸ πρῶτο ἐλληνικὸ ΣΒΑΚ ἦταν αὐτὸ τῆς Μητροπολιτικῆς Περιοχῆς τῆς Θεσσαλονίκης, ποὺ ἐκπονήθηκε ἀπὸ τὸ Συμβούλιο Ἀστικῶν Συγκοινωνιῶν Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ 2012). Τὸ ΣΒΑΚ αὐτὸ πρότεινε μέτρα και ἐνέργειες γιὰ τὴ βιώσιμη κινητικότητα στὴ Θεσσαλονίκη ποὺ ἐντάσσονται στὶς παρακάτω 12 κατηγορίες:

1. ἐναῖο και εὐφυὲς σύστημα κομίστρου στὶς δημόσιες συγκοινωνίες (ἠλεκτρονικὸ εἰσιτήριο),

2. ἀπόδοση προτεραιότητας στὰ λεωφορεῖα (μέσω εἰδικῶν ἀποκλειστικῶν λωρίδων, προτεραιότητα στὴ φωτεινὴ σηματοδότηση, ἐγκατάσταση και λειτουργία συστημάτων Bus Rapid Transit, κ.ἄ.),

3. ἐκστρατεία εὐαισθητοποίησης τοῦ κοινοῦ μὲ στόχο τὴν ἐνημέρωση τῶν ἐπιβατῶν σχετικά μὲ τὰ ὀφέλη ἀπὸ τὴ χρῆση τῶν μέσων μαζικῆς μεταφορᾶς,

4. νέο σύστημα τράμ στὴ Θεσσαλονίκη ὡς συμπληρωματικοῦ μέσου πρὸς τὸ (ὑπὸ κατασκευὴ) μετρό,

5. ενίσχυση τών συνδυασμένων μεταφορών μεταξύ τών διαφόρων τρόπων δημόσιων μεταφορών. Διασύνδεση μετρό-τράμ-λεωφορείων με δημιουργία σύγχρονων χώρων μετεπιβίβασης και πληροφόρηση τών χρηστών,

6. ανάπτυξη ενός θαλάσσιου συστήματος Μεταφορών στον Θερμαϊκό Κόλπο,

7. συστήματα ευέλικτης συγκοινωνίας και αξιοποίηση του ρόλου τών ταξί,

8. ενιαία πολιτική στάθμευσης,

9. πεζοδρομήσεις και αναπλάσεις στον δημόσιο χώρο,

10. δίκτυο ποδηλατοδρόμων,

11. σύστημα κοινόχρηστων δημόσιων ποδηλάτων,

12. εισαγωγή συστήματος για την καταβολή «τέλους για την κυκλοφοριακή συμφόρηση» και έλεγχος της όδικής πρόσβασης στο κέντρο.

3.4 Προτεινόμενοι στόχοι έκπομπών CO₂ στον τομέα τών Μεταφορών

Δεν υπάρχουν ακόμη συγκεκριμένοι μακροπρόθεσμοι στόχοι σχετικά με τους αναγκαίους περιορισμούς τών έκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα στο πλαίσιο και τών προβλεπόμενων από τη Σύμβαση του ΟΗΕ για το κλίμα του 2015 «Εθνικά καθοριζόμενων συμβολών» (*Nationally Determined Contributions – NDC*).

Ο βραχυπρόθεσμος στόχος για τη χώρα μας είναι να επιτύχουμε τη συμμετοχή τών ΑΠΕ κατά 20% στο σύνολο της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας και τη διείσδυση τών ΑΠΕ κατά 5% στις μεταφορές. Σύμφωνα με τα μέχρι τώρα στοιχεία¹⁷ η χώρα μας βρίσκεται κοντά στην επίτευξη του πρώτου στόχου (για διείσδυση τών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας), αλλά όχι τόσο κοντά στην επίτευξη του δεύτερου. Συγκεκριμένα, το ποσοστό συμμετοχής τών ΑΠΕ στο σύνολο της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας

17. Όμιλία του Γενικού Γραμματέα Ενέργειας και Όρυκτων Πρώτων Υλών του ΥΠΕΚΑ κ. Μ. Βερροιάπουλου στα Πρακτικά της Ημερίδας «Ενέργεια και Μεταφορές», που έλαβε χώρα στην Ακαδημία Αθηνών τον Οκτώβριο του 2016.

στην Ελλάδα κυμαινόταν το 2015 περίπου στο 15,5%, ενώ το ποσοστό των ΑΠΕ στο μίγμα καυσίμου κίνησης στις Μεταφορές κυμαινόταν στο 1,7% περίπου, άρκετά χαμηλότερα από τον στόχο του 5%.

Αν η Ελλάδα θελήσει να προσαρμοστεί στις δεσμεύσεις της διάσκεψης του ΟΗΕ για το κλίμα που έγινε τον Δεκέμβριο του 2015 στο Παρίσι, θα πρέπει να καθιερώσει μια πολιτική που θα θέτει συγκεκριμένους στόχους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι περικοπές των εκπομπών αυτών σύμφωνα και με τα προβλεπόμενα στις αντίστοιχες πολιτικές άλλων ευρωπαϊκών κρατών (LEONHARD 2015) μπορεί να φτάσουν για το CO₂ συνολικά και στο σύνολο του ενεργειακού φάσματος μέχρι και το 95% το έτος 2050 σε σχέση με το 1990. Για τον τομέα των Μεταφορών αυτό θα σημαίνει μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για το έτος 2050, κατά 65% περίπου σε σχέση με το 1990 ή 75% σε σχέση με το 2010.

Οι μακροπρόθεσμοι στόχοι για το 2050 και μετά στο θέμα της ενεργειακής κατανομής του τομέα των Μεταφορών στην Ελλάδα θα πρέπει να βρίσκονται (κατά τη γνώμη του γράφοντος) στα παρακάτω επίπεδα:

i. περιορισμός των συμβατικών καυσίμων στον τομέα των Μεταφορών (με παράλληλη καθολική χρήση «καθαρών») κινητήρων μειωμένων εκπομπών CO₂) περίπου στο 30% της συνολικής κατανάλωσης,

ii. χρήση των λεγόμενων ηλεκτροκαυσίμων (υδρογόνου, βιοντίζελ, κ.λπ.) περίπου στο 30% της συνολικής κατανάλωσης,

iii. χρήση ηλεκτρισμού (από το δίκτυο για φόρτιση μπαταριών των οχημάτων ή από κυψέλες καυσίμου) περίπου στο 30% της συνολικής κατανάλωσης,

iv. χρήση βιοκαυσίμων περίπου στο 10% της συνολικής κατανάλωσης.

Στον Πίνακα 1 φαίνεται η συνολική (και συγκριτική) εικόνα της κατανάλωσης συμβατικών και έναλλακτικών καυσίμων στην Ελλάδα την περίοδο 2010-2015. Όπως φαίνεται στον Πίνακα αυτόν, τα έναλλακτικά καύσιμα στην ελληνική αγορά καταλαμβάνουν ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης, της τάξης του 4-6%. Το υπόλοιπο είναι συμβατικά υγρά καύσιμα υδρογονανθράκων. Να σημειωθεί ότι στις τιμές του Πίνακα 1 οι μειωμένες τιμές έναλλακτικών καυσίμων των έτων 2010 και 2012 πιθανώς να οφείλονται σε ανακριβή δηλωθέντα δεδομένα προς την Eurostat.

	Σύνολο κατανάλωσης (ktoe)					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Συμβατικά καύσιμα	8.056	7.114	6.153	5.970	6.061	5.590
«Έναλλακτικά»	188	320	178	349	383	305
«Έναλλακτικά» καύσιμα, στο σύνολο	2,3%	4,3%	2,8%	5,5%	5,9%	5,45%
Ποσοστό βιοκαυσίμων στις Μεταφορές	—	1,3%	1,4%	1,45%	1,5%	1,7%

Πηγή: (EUROSTAT 2016)

Πίνακας 1: Κατανάλωση συμβατικών και έναλλακτικών¹⁸ καυσίμων στον τομέα των Μεταφορών στην Ελλάδα (2010-2014).

4. Μέτρα για την απεξάρτηση από τα καύσιμα άνθρακα στον τομέα των Μεταφορών στην Ελλάδα

4.1 Η ανάγκη σύνταξης Εθνικής Στρατηγικής

Ο καθορισμός συγκεκριμένων στόχων σχετικά με τις μειώσεις εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και ειδικότερα CO₂ τόσο στον τομέα των Μεταφορών όσο και γενικότερα στην κατανάλωση ενέργειας στη χώρα καθιστά απαραίτητη τη σύνταξη και την εφαρμογή σε μακροχρόνια βάση μιας συγκεκριμένης στρατηγικής για την ενεργειακή κάλυψη του τομέα των Μεταφορών στην Ελλάδα. Η Στρατηγική αυτή θα πρέπει να στοχεύει τόσο στη βέλτιστη περιβαλλοντική προστασία των περιοχών που επηρεάζονται από την κυκλοφορία οχημάτων και από τη λειτουργία του συστήματος των Μεταφορών γενικότερα, όσο και στην επίτευξη των στόχων της κλιματικής αλλαγής, όπως αυτοί συζητήθηκαν στα προαναφερθέντα μετά τη διάσκεψη των Παρισίων.

Η μείωση των εκπομπών CO₂ από τον τομέα των Μεταφορών μπορεί να επιτευχθεί με έναν συνδυασμό τεχνικών λύσεων που αφορούν τόσο τον κινητήρα όσο και το καύσιμο που χρησιμοποιείται, αλλά και τους τρόπους με τους οποίους αυτά αξιοποιούνται και λειτουργούν στο πλαίσιο της κυ-

18. Με τον όρο «έναλλακτικά» νοούνται τα καύσιμα που προέρχονται από άλλες πηγές εκτός των ορυκτών καυσίμων υδρογονανθράκων.

κλοφορίας τῶν ὀχημάτων. Ὅλα αὐτὰ πρέπει νὰ ἀξιολογηθοῦν ἀντικειμενικά, νὰ τεθοῦν μακροπρόθεσμοι στόχοι καὶ νὰ διαμορφωθοῦν οἱ ἐναλλακτικὲς ἐνέργειες καὶ οἱ πολιτικὲς ποὺ θὰ τοὺς ὑλοποιήσουν.

Τὸ πρῶτο συνεπῶς μέτρο ποὺ πρέπει νὰ ληφθεῖ –καὶ μάλιστα σὲ σύντομο χρόνο– εἶναι ἡ σύνταξη καὶ διακομματικὴ (εἰ δυνατόν) ἀποδοχὴ μιᾶς Ἑθνικῆς Ἐνεργειακῆς Στρατηγικῆς στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν. Ἡ πολιτικὴ αὐτὴ θὰ πρέπει νὰ εἶναι πλήρως ἐναρμονισμένη μὲ τὴ γενικότερη πολιτικὴ τῶν Μεταφορῶν τῆς χώρας (ὅταν καὶ ἐφόσον αὐτὴ συνταχθεῖ καὶ ἐπικυρωθεῖ νομοθετικὰ ἀπὸ τὴ Βουλὴ ὡς «Λευκὴ Βίβλος») καὶ νὰ καθορίζει μὲ συγκεκριμένο καὶ λεπτομερὲς τρόπο τοὺς στόχους γιὰ τὴν ἀπεξάρτηση τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν ἀπὸ τὰ καύσιμα ἄνθρακα, ἀλλὰ καὶ τὰ μέτρα ποὺ θὰ πρέπει νὰ ληφθοῦν γιὰ τὴν ἐπίτευξή τους¹⁹. Ἐνδεικτικὰ, τὰ βασικὰ κεφάλαια καὶ μέτρα στὸ πλαίσιο μιᾶς τέτοιας Ἑθνικῆς Στρατηγικῆς θὰ μπορούσαν νὰ εἶναι:

i. προώθηση τῆς παραγωγῆς καὶ χρήσης ἀνανεώσιμων καὶ ἐναλλακτικῶν καυσίμων. Οἱ δυνατότητες στὸν τομέα αὐτὸν παρουσιάζονται στὸ ἐπόμενο κεφάλαιο. Τονίζεται ὅμως ὅτι ἡ παραγωγή ὑδρογόνου μπορεῖ νὰ ἀποτελέσει γιὰ τὴν Ἑλλάδα προῖον καινοτομικῆς πρωτοπορίας καὶ ἀνάπτυξης,

19. Στὴ Γερμανία π.χ., ὅπου διαμορφώνεται ἤδη μιὰ τέτοια ἐνεργειακὴ Στρατηγικὴ γιὰ τὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν, τὰ κύρια στοιχεῖα εἶναι (LEONHARD 2015):

- μείωση κατὰ 60% τῆς κατανάλωσης ἐνέργειας ἀπὸ τὸν στόλο τῶν ὀδικῶν ὀχημάτων μέχρι τὸ 2060 σὲ σχέση μὲ τὸ 2010 (ἡ μείωση αὐτὴ ἀντιστοιχεῖ σὲ μείωση 50% στὴν πρωτογενὴ ἐνέργεια ποὺ ἀπαιτεῖται),

- μετάβαση ἀπὸ ἓνα μίγμα καυσίμων ποὺ τὸ 2010 ἀποτελοῦνταν ἀπὸ μιὰ ἀναλογία περίπου 95% ὀρυκτῶν καυσίμων καὶ 5% βιοκαυσίμων σὲ ἓνα μίγμα περίπου 30% ὀρυκτῶν καυσίμων, 30% «ἠλεκτροκαυσίμων» (κυρίως ὑδρογόνου), 30% ἠλεκτρισμοῦ ἀπὸ μπαταρίες, καὶ τὸ ὑπόλοιπο ἀπὸ βιοκαύσιμα,

- ἀνάπτυξη μηχανῶν μὲ μεγαλύτερη ἐνεργειακὴ ἀπόδοση καὶ συστημάτων μετάδοσης τῆς κίνησης (powertrains) ὥστε νὰ μειωθεῖ στὸ ἀπολύτως ἐλάχιστο ἡ ἐκπομπὴ ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου καὶ ἄλλων περιβαλλοντικῶν ἐπιβλαβῶν ἀερίων ἀπὸ τὶς μηχανὲς ἐσωτερικῆς καύσης,

- συνέχιση τῆς χρησιμοποίησης μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσης πλήρως βελτιστοποιημένων ὡς πρὸς τὶς ἐκπομπὲς ἀκόμη καὶ μετὰ τὸ 2050.

ii. προώθηση χρήσης ενεργειακά φιλικών μέσων μεταφορᾶς και καθαρῶν ὀχημάτων. Ἡ πρωμοδότηση τέτοιων ὀχημάτων ἔχει ἀποτελέσει στὸ παρελθὸν σημαντικὴ πτυχὴ τῆς ἐλληνικῆς πολιτικῆς Μεταφορῶν, ἡ ὁποία θὰ πρέπει νὰ συνεχιστεῖ καὶ νὰ ἐπεκταθεῖ στὸ μέλλον καὶ γιὰ τὴν ἀπόκτηση ἡλεκτρικῶν ὀχημάτων ἢ ὑβριδικῶν μὲ κυψέλες καυσίμου ἢ χρῆση ὕδρo-γόνου, κ.λπ. (Παραδείγματα μέτρων γιὰ μιὰ τέτοια πρωμοδότηση ἀναφέρονται στὸ ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ 2016 ὑποκεφάλαιο 4.2.1),

iii. συστηματικὴ προώθηση ενεργειακά φιλικῶν τρόπων μεταφορᾶς καὶ ὁδήγησης. Πολλὰ ἀπὸ τὰ προβλεπόμενα στὸν τομέα αὐτὸν περιγράφονται στὰ ἐπόμενα κεφάλαια, ἰδίως στὸ κεφάλαιο 5 (ὑποκεφάλαια 5.4, 5.6 καὶ 5.7). Ἡ κυρίαρχη ἔννοια ποὺ χρησιμοποιεῖται διεθνῶς εἶναι ἡ ἔννοια τῆς «Κινητικότητας ὡς ὑπηρεσίας» (*Mobility as a Service – MaaS*). Ἡ ἔννοια αὐτὴ ἐμπεριέχει προσφορὰ ὑπηρεσιῶν γιὰ τὴν ἱκανοποιητικὴ ἀπὸ κάθε πλευρὰ ὁλοκλήρωση τῆς μετακίνησης προσώπου ἀπὸ «πόρτα σὲ πόρτα» μὲ ενεργειακά καὶ περιβαλλοντικὰ «φιλικὸ» τρόπο.

5. Οἱ ἐπτὰ συνιστώσες τοῦ μελλοντικοῦ, «ἀπεξαρτημένου» ἀπὸ τὸν ἄνθρακα, συστήματος τῶν Μεταφορῶν καὶ κυκλοφορίας

5.1 Ἡλεκτροκίνηση

Τὸ νομικὸ πλαίσιο γιὰ τὴν κυκλοφορία καὶ χρῆση ἡλεκτρικῶν ὀχημάτων (Η/Ο) στὴν Ἑλλάδα ἔχει ἤδη ἀρχίσει νὰ διαμορφώνεται²⁰ ἐναρμονισμένο μὲ τὶς σχετικὲς προβλέψεις τῆς εὐρωπαϊκῆς νομοθεσίας.

Ἡ ἡλεκτροκίνηση στὶς ὁδικὲς μεταφορὲς εἶναι μιὰ ἐκπεφρασμένη πολιτικὴ τῆς ΕΕ τὴν ὁποία ἔχουν υἱοθετήσῃ ἤδη οἱ περισσότερες αὐτοκινητο-

20. Αὐτὸ ὀφείλεται σὲ μεγάλο βαθμὸ στοὺς νόμους: 1) Ν. 4277/2014 (ΦΕΚ Α156-1.8.2014), ὁ ὁποῖος εἰσήγαγε τὴν ἔννοια τοῦ φυσικοῦ ἢ νομικοῦ προσώπου ποὺ προμηθεύεται τὴν ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μὲ σκοπὸ τὴν παροχὴ τῆς ὡς ὑπηρεσίας φόρτισης ἡλεκτροκίνητων ὀχημάτων, 2) Ν. 4211/2013 (ΦΕΚ Α256-28.11.2013), μὲ τὸν ὁποῖο καταργήθηκε ὁ φόρος πολυτελείας γιὰ τὰ ἀμιγῶς ἡλεκτρικὰ αὐτοκίνητα, καὶ 3) Ν. 4233/2014 (ΦΕΚ Α22-29.1.2014), ποὺ ἐπιτρέπει τὴν ἔκδοση ἁδείας λειτουργίας γιὰ τὴν ἐγκατάσταση φορτιστῶν ἡλεκτρικῶν ὀχημάτων στὰ ὑφιστάμενα ἢ ὑπὸ ἀδειοδότηση πρατήρια παροχῆς καυσίμων καὶ ἐνέργειας.

βιομηχανίες σε παγκόσμιο επίπεδο, παράγοντας όλοένα και περισσότερα αλλά και ποιοτικώς καλύτερα ηλεκτρικά οχήματα με μειούμενο κόστος αγοράς. Από την άλλη πλευρά, όμως, η εγκατάσταση του εξοπλισμού για τη φόρτιση σε δημόσιους χώρους προχωρεί με αργά βήματα²¹.

Η θέση της ηλεκτροκίνησης στις Μεταφορές του μέλλοντος πρέπει να θεωρείται δεδομένη, και ιδίως για τις άστικές Μεταφορές ο στόχος της ισχύουσας Λευκής Βίβλου είναι να φθάσει το 50% στο σύνολο των κυκλοφορούντων μικρών οχημάτων ή ελαφρών φορτηγών (τοπικής διανομής εμπορευμάτων) μέχρι το 2030 και σχεδόν το 100% μέχρι το 2050.

Η ηλεκτροκίνηση περιλαμβάνει τόσο τα ηλεκτρικά οχήματα με χρήση συσσωρευτών (Battery electric vehicles – BEV) όσο και τα ηλεκτρικά οχήματα με χρήση «κυψελών καυσίμου» (Fuel cell electric vehicles – FCEV). Περιλαμβάνει επίσης και όλων των κατηγοριών ελαφρά οχήματα, από ηλεκτρικά ποδήλατα και μοτοσυκλέτες μέχρι ΙΧ, λεωφορεία, ελαφρά φορτηγά, van και άλλα οχήματα δημοσίων συγκοινωνιών.

Τα κύρια θέματα που πρέπει να λυθούν κατά προτεραιότητα για τη μελλοντική ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης και την υλοποίηση των στόχων για την ηλεκτροκίνηση της ΕΕ είναι κατά σειρά:

- ολοκλήρωση του νομικού και κανονιστικού πλαισίου για την εγκατάσταση δικτύων διανομής, έγκριση τύπων οχημάτων, παροχή κινήτρων, διευκόλυνση της συνεργασίας μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων μερών (παρόχων ρεύματος, δικτύων διανομής, παρόχων υπηρεσιών κοινής χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων), κ.λπ.,
- ή περαιτέρω βελτίωση της τεχνολογίας των ηλεκτρικών συσσωρευτών και ή μείωση του κόστους τους,
- κατασκευή δικτύων με σταθμούς ταχυφορτιστών των ηλεκτρικών οχημάτων που θα μπορούν να φορτίζουν σε πολύ λίγο χρόνο τους συσσω-

21. Σε πρόσφατη εργασία που παρουσιάστηκε σε εκδήλωση της Ακαδημίας Αθηνών προτάθηκε, προκειμένου να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά το αυξημένο κόστος για την αγορά του εξοπλισμού φόρτισης Η/Ο σε δημόσια σημεία, να δοθεί προτεραιότητα στην ανάπτυξη ενός δικτύου φορτιστών Η/Ο σε κλειστούς –δημόσιους ή ιδιωτικούς– φυλασσόμενους χώρους, δεδομένου ότι το κόστος αγοράς του συγκεκριμένου τύπου εξοπλισμού είναι πολύ πιο χαμηλό από το αντίστοιχο για τα σημεία πρόσβασης εξωτερικού χώρου (ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ 2016).

ρευτές τών ηλεκτρικών οχημάτων ώστε αυτά να καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις²²,

- εξέλιγμένα συστήματα παραγωγής και χρήσης «κυψελών καυσίμου» (fuel cells) για παραγωγή ρεύματος στο όχημα,

- χρήση «ευφυών» δικτύων φόρτισης (smart charging) και εξέλιγμένων πρωτοκόλλων διανομής του ρεύματος κυρίως για υπερταχεία φόρτιση (super-fast charging),

- βασικό στοιχείο στα μελλοντικά δίκτυα είναι και η ύπαρξη διαλειτουργικότητας, δηλαδή η δυνατότητα να επιλέγει ο καταναλωτής τον πάροχο ηλεκτρικού ρεύματος για τη φόρτιση της μπαταρίας του, ακόμη και η ύπαρξη τελών περιαγωγής για την αγορά ηλεκτρικού ρεύματος εκτός της περιοχής καθημερινής λειτουργίας ενός οχήματος,

- χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με στόχο την παραγωγή του χρησιμοποιούμενου ηλεκτρικού ρεύματος για τη φόρτιση τών συσσωρευτών.

Ειδικά για τα όχημα κυψελών καυσίμου (Fuel cells vehicles) η εξέλιξη προβλέπεται σημαντική και προδιατίθεται η μελλοντική κατάκτηση σημαντικού ποσοστού ηλεκτροκίνησης από τα όχημα αυτά. Σύμφωνα με τα στοιχεία σχετικής μελέτης για την πορεία της χρήσης κυψελών καυσίμου το 2016 (E4TECH 2016), υπάρχουν ήδη αρκετά αυτοκίνητα κυψελών καυσίμου στην αγορά²³.

Πέρα από τα ηλεκτρικά όχημα ξηρᾶς, τα ηλεκτροκίνητα όχημα με κυψέλες καυσίμου προωθούνται και για τις αεροπορικές και θαλάσσιες μεταφορές. Η EasyJet προγραμματίζει χρήση ειδικών ηλεκτρικών μοτέρ

22. Η εταιρεία Tesla ανακοίνωσε πρόσφατα ότι θα θέσει ως πρώτη προτεραιότητα τη δημιουργία στην Αμερική ενός τέτοιου δικτύου ταχυφορτιστών, δεδομένου ότι θεωρείται κρίσιμο για την επέκταση της ηλεκτροκίνησης.

23. Αναφέρονται χαρακτηριστικά τά: Mirai (Toyota), Tucson UC X - iX35s της Hyundai, το GLC SUV της Daimler, που είναι ταυτόχρονα fuel και plug-in hybrid, το Clarity h-tron της Honda, το Quattro της Audi, ενώ οι Ford και BMW έχουν επίσης εξαγγείλει τέτοια όχημα, με πιο γνωστό το όχημα κυψελών υδρογόνου της BMW. Η τεχνολογία επεκτείνεται και στα ελαφρά φορτηγά και van, με κυριότερο το παράδειγμα της Hyundai, η οποία παρουσίασε πρόσφατα το H350 Fuel Cell Concept van στην έκθεση του Άννοβερου. Αντίστοιχα η κινεζική Hunan CRRC Times Electric Vehicle Co., Ltd αναπτύσσει ελαφρά φορτηγά με κυψέλες καυσίμου.

μέ κυψέλες καυσίμου για την κίνηση των αεροπλάνων της στο έδαφος (taxiing). Με τον τρόπο αυτόν υπολογίζει να γλιτώσει περίπου 50.000 τόνους συμβατικών καυσίμων τον χρόνο, δεδομένου ότι τα αεροπλάνα τους κινούνται στο έδαφος πριν και μετά την πτήση κατά μέσο όρο 20 λεπτά, καταναλώνοντας το 4% περίπου των συνολικών καυσίμων²⁴. Η κατασκευή ενός πλήρως (ηλεκτρικού) αεροπλάνου έχει επίσης διερευνηθεί. Ενδεικτικά αναφέρεται ο γερμανικός έρευνητικός οργανισμός DLR, ο οποίος κατασκεύασε το αεροπλάνο *DLR Hy4*, που κινείται εξ ολοκλήρου με κυψέλες υδρογόνου, ενώ ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια της Αεροπλοΐας (European Aviation Safety Agency – EASA) προωθεί ως κεντρική επιλογή του τη χρήση ηλεκτρικής ή υβριδικής πρόωσης στα αεροπλάνα του μέλλοντος.

Στις θαλάσσιες Μεταφορές ή σουηδική Powercell κατασκευάζει ηλεκτρικά μοτέρ βασισμένα σε κυψέλες καυσίμου για βοηθητικές εργασίες στα πλοία, ενώ η εταιρεία Royal Caribbean, σε συνεργασία με τα φινλανδικά ναυπηγεία Meyer Turku, ξεκινάει από το 2018 ναυπήγηση πλοίων κρουαζιέρας με LNG στα οποία θα σημειώνεται μεγάλο ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες καυσίμου.

Η ηλεκτροκίνηση στο σύστημα των Μεταφορών της Γερμανίας προβλέπεται να φθάσει το 30% περίπου στο σύνολο του συστήματος για το έτος 2050 (LEONHARD 2015). Το ποσοστό αυτό θα επιτευχθεί μετά το 2030. Μέχρι τότε τα ποσοστά ηλεκτροκίνησης είτε από συσσωρευτές είτε από κυψέλες καυσίμου αναμένεται να μην ξεπεράσουν το 5-10% στο σύνολο των Μεταφορών, ενώ για τις αστικές ειδικά περιοχές τα ποσοστά αυτά θα είναι μεγαλύτερα, δηλαδή της τάξης του 30-50% το 2030.

5.2 Έναλλακτικά καύσιμα

Τα λεγόμενα «έναλλακτικά» καύσιμα περιλαμβάνουν τον ηλεκτρισμό σε όλες τις μορφές που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, αλλά και πολλές άλλες μορφές καυσίμων, μερικά από τα οποία μπορεί να προέρχονται και από τους όρυκτους υδρογονάνθρακες αλλά χωρίς μεγάλες εκ-

24. <https://www.flightglobal.com/news/articles/easyjet-plans-battery-powered-taxiing-421500/>

πομπές αερίων του θερμοκηπίου. Υπάρχουν επίσης εδώ και τα λεγόμενα «ηλεκτροκαύσιμα» (electrofuels), δηλαδή τα απαλλαγμένα από άνθρακα καύσιμα τα οποία παράγονται από τη διαχέτευση ηλεκτρικής ενέργειας (από ανανεώσιμες πηγές) σε υγρά ή αέρια καύσιμα για τη διάσπαση των χημικών δεσμών τους και την παραγωγή έτσι απαλλαγμένων από άνθρακα καυσίμων υλών. Κύρια «ηλεκτροκαύσιμα» είναι το υδρογόνο, ή βουτανόλη (butanol) και το βιοντίζελ.

Σχετικά με την ανάπτυξη των αναγκαίων υποδομών για την παραγωγή και διάθεση των «εναλλακτικών» καυσίμων ισχύει η Οδηγία της ΕΕ για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων²⁵.

Από τα εναλλακτικά καύσιμα στην Ελλάδα σήμερα μόνο το LPG²⁶ έχει αποκτήσει πλέον τη λεγόμενη «κρίσιμη μάζα» που του επιτρέπει την ουσιαστική λειτουργία του ως «εναλλακτικού καυσίμου». Όλα τα άλλα εναλλακτικά καύσιμα πολύ απέχουν από το να θεωρηθούν ως ουσιαστικώς εναλλακτικά εκείνων των υγρών καυσίμων υδρογονανθράκων. Συνολικά, το 2014 η συμμετοχή των εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των Μεταφορών στην Ελλάδα βρισκόταν στο 1,37% σε σχέση με τον μέσο όρο της ΕΕ28, που βρισκόταν στο 5,94%.

Η σημερινή κατάσταση στην Ελλάδα σχετικά με την παραγωγή και χρήση εναλλακτικών καυσίμων έχει ως εξής²⁷:

25. Άριθμός COM 2013/18 - 24.1.2013 «Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure».

26. Το υδροποιημένο αέριο πετρελαίου ή LPG (ή Autogas) αποτελείται κυρίως από προπάνιο, προπυλένιο, βουτάνιο και βουτυλένιο σε διάφορα μίγματα. Παράγεται ως παραπροϊόν της επεξεργασίας του φυσικού αερίου και της διύλισης πετρελαίου.

27. Πολλά από τα στοιχεία του τμήματος αυτού προέρχονται από την «Εθνική Έκθεση σχετικά με την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για Μεταφορές στην Ελλάδα» που εκδίδονταν μέχρι πρόσφατα σε έναρμόνιση με τις προβλέψεις του άρθρου 4 της Οδηγίας 2003/30/ΕΚ από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

*Βιοκαύσιμα*²⁸:

i. Υπάρχει σήμερα μικρός σχετικά αριθμός εταιρειών παραγωγής και εισαγωγής βιοντῆζελ. Η μελλοντική μεγαλύτερη χρήση βιοντῆζελ πρώτης γενιάς είναι αμφισβητήσιμη δεδομένου ότι η παραγωγή του είναι, κατ' αρχήν, περιβαλλοντικά επικίνδυνη. Το λεγόμενο βιοντῆζελ δεύτερης γενιάς παράγεται με διαδικασίες περισσότερο συμβατές με το περιβάλλον και αποτελεί αξιολόγη προοπτική για το μέλλον (π.χ. μια μέθοδος παραγωγής του από τηγανέλαια αποτελεί καινοτόμο τεχνική που έχει αναπτυχθεί και εξελιχθεί από Έλληνες ερευνητές²⁹).

ii. Το βιοαέριο³⁰ παράγεται σήμερα στην Ελλάδα αλλά προορίζεται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και δεν γίνεται χρήση του στις Μεταφορές, δεδομένου ότι το βιομεθάνιο, που παράγεται από το βιο-

28. Το μεγάλο έρωτηματικό σχετικά με την εύρεία χρήση των βιοκαυσίμων αφορά τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει η μαζική παραγωγή τους στη μείωση των καλλιεργειών τροφίμων για ανθρώπους και ζώα. Μια άρχικη μελέτη της Διεθνούς Τράπεζας του 2008 (MITCHELL 2008) συμπέρανε ότι οι μεγάλες αύξήσεις στην παραγωγή βιοκαυσίμων στην Ευρώπη και την Αμερική τη δεκαετία του 2000 ήταν υπεύθυνες για τις παγκόσμιες αύξήσεις στις τιμές των τροφίμων. Μια επόμενη όμως μελέτη του ίδιου Όργανισμού (Διεθνής Τράπεζα) του 2010 υποστήριξε ότι η προαναφερθείσα μελέτη του 2008 ίσως (υπερεκτίμησε) τη συμβολή του τομέα παραγωγής βιοκαυσίμων στις τιμές των τροφίμων και ότι οι αύξήσεις αυτές οφείλονταν κυρίως στη χρησιμοποίηση των τροφίμων στα χρηματιστήρια έμπορευμάτων και στις συνεπακόλουθες επιπτώσεις της (BAFFES 2010). Την άποψη ότι οι επιπτώσεις της παραγωγής βιοκαυσίμων στις τιμές των τροφίμων είναι μικρές υποστήριξε με μελέτες του και ο ΟΟΣΑ (OECD 2008).

29. Καινοτόμος διαδικασία παραγωγής βιοντῆζελ δεύτερης γενιάς από τηγανέλαια από το Ίνστιτούτο Τεχνικής Χημικών Διεργασιών (ITXHD) του ΕΚΕΤΑ (σημερινό ΙΔΕΠ/ΕΚΕΤΑ) με επικεφαλής την ερευνήτρια κ. Στέλλα Μπεζεργιάννη, σε συνεργασία με το Άριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών) για την αξιολόγηση του νέου καυσίμου σε κινητήρες, και σε συνεργασία με το Έθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Τμήμα Χημικών Μηχανικών) για την αξιολόγηση των ιδιοτήτων του νέου καυσίμου.

30. Αέριο καύσιμο το οποίο παράγεται από βιομάζα ή και από το βιοαποικοδομήσιμο τμήμα αποβλήτων, το οποίο μπορεί να καθαριστεί φτάνοντας σε ποιότητα το φυσικό αέριο, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως βιοκαύσιμο.

αέριο και είναι τὸ κατ' ἐξοχὴν χρησιμοποιούμενο στὶς Μεταφορὲς αέριο, δὲν παράγεται στὴν Ἑλλάδα.

iii. Ἡ αἰθανόλη εἶναι ἓνα πολλὰ ὑποσχόμενο βιοκαύσιμο ποὺ παράγεται κυρίως ἀπὸ ζαχαροκάλαμο ἀλλὰ καὶ ἀπὸ κομποστοποίηση σκουπιδιῶν. Κύριες παραγωγοὶ χώρες εἶναι ἡ Βραζιλία καὶ οἱ ΗΠΑ (μὲ τὸ 87% περίπου τῆς παγκόσμιας παραγωγῆς τὸ 2011). Στὴ Σουηδία ἐπίσης σημειώνεται μεγάλη παραγωγή αἰθανόλης ἀπὸ κομποστοποίηση σκουπιδιῶν³¹. Σήμερα ἡ αἰθανόλη χρησιμοποιεῖται κυρίως ὡς πρόσμιξη στὴ βενζίνη σὲ ποσοστὸ 10-15% (καύσιμο χαρακτηριζόμενο ἀντίστοιχα ὡς E10 ἢ E15) ἀλλὰ μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθεῖ καὶ ὡς πλήρες καύσιμο E100 σὲ εἰδικοὺς κινητήρες. Στὴν Ἑλλάδα παράγεται σὲ μικρὲς ποσότητες ὡς πρόσμιξη στὴ βενζίνη (πολλὲς φορὲς παράνομα καὶ σὲ ποσοστὰ ποὺ μπορεῖ νὰ βλάψουν τοὺς μὴ προσαρμοσμένους κινητήρες).

Γενικότερα ἡ παραγωγή τοῦ βιοαερίου καὶ τῶν βιοκαυσίμων στὴν Ἑλλάδα θὰ πρέπει νὰ προωθηθεῖ κατὰ προτεραιότητα ἀπὸ τὴν κυβέρνηση τῆς χώρας σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴν ἀξιοποίηση τῆς μὴ βρώσιμης λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας (γεωργικὰ καὶ δασικὰ ὑπολείμματα) καθὼς καὶ χρησιμοποιομένων ἐλαίων, δηλαδὴ ὑλικῶν ποὺ δὲν ἀνταγωνίζονται τὴ διατροφικὴ ἀλυσίδα. Ὑπάρχει σήμερα στὴν Ἑλλάδα φθινὴ καὶ τοπικὰ διαθέσιμη, ἀφθονη τέτοια πρώτη ὕλη ποὺ δὲν ἀξιοποιεῖται καὶ ἡ χώρα πληρώνει πρόστιμα γιὰ τὴν ἀπόρριψή της καὶ τὴ μὴ ὑγειονομικὴ ταφὴ της χωρὶς καμία περιβαλλοντικὴ πρόβλεψη (ΖΑΦΕΙΡΗΣ 2016). Ἡ παραγωγή καὶ χρῆση βιοκαυσίμων δεύτερης γενιᾶς μπορεῖ νὰ λειτουργήσῃ ὡς πυλώνας ἀνάπτυξης καὶ ὡς βάση μιᾶς ἀποδοτικῆς κυκλικῆς οἰκονομίας, ὅπου τὰ ἀπόβλητα τῶν πόλεων καὶ ἄλλων χρήσεων γῆς θὰ ἀξιοποιοῦνται γιὰ παραγωγή βιοαερίου καὶ λιπασμάτων ποὺ θὰ χρησιμοποιοῦνται γιὰ γεωργικὴ παραγωγή ἢ ὅποια θὰ κατανalώνεται στὶς πόλεις κ.λπ.

Φυσικὸ αέριο κίνησης (Natural Gas). Πρόκειται γιὰ σχετικὰ νέο καύσιμο κίνησης στὴν Ἑλλάδα, τὸ ὁποῖο ὑποστηρίζεται ἀπὸ τὶς ἐταιρεῖες διάθεσης φυσικοῦ αερίου. Χρησιμοποιεῖται μόνον σὰν Συμπιεσμένο Φυσικὸ Ἀέριο – CNG (Compressed Natural Gas) μὲ κύρια πηγὴ διάθεσής του τὴν ἐταιρεία FISIKON τῆς ΔΕΠΑ, ἐνῶ ὑπάρχουν καὶ μονάδες Ὑδροποιημένου

31. Στοιχεῖα ἀπὸ:

«World Energy Outlook 2006» στὸ www.Worldeenergyoutlook.org.

Φυσικού Αερίου – LNG, με κυριότερη αυτή στη Ρεβυθούσα της ΔΕΣΦΑ³². Οί προοπτικές αυτού του καυσίμου είναι καλές, αν και δεν έχει αποκτήσει ακόμη την απαιτούμενη «κρίσιμη» μάζα σταθμών διανομής. Η μελλοντική του πορεία θα εξαρτηθεί από την τιμολογιακή πολιτική που θα ακολουθηθεί ιδίως στα κρίσιμα πρώτα χρόνια εξάπλωσής του και προσέλευσης νέων χρηστών.

Υδρογόνο. Δεν υπάρχουν ακόμη στην Ελλάδα μονάδες παραγωγής και διάθεσης υδρογόνου ως καυσίμου κίνησης. Πειραματικές μονάδες παραγωγής υπάρχουν μόνο στο *Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ)* και στο *Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)*. Παγκοσμίως το υδρογόνο θεωρείται ένα πολλά υποσχόμενο καύσιμο για τις Μεταφορές του μέλλοντος. Στη χώρα μας έχει αναπτυχθεί καινοτόμος μέθοδος παραγωγής του υδρογόνου από νερό και ήλιακη ενέργεια. Η βασική ιδέα της μεθόδου περιλαμβάνει τη διοχέτευση υδρατμών μέσα από έναν κεραμικό μετατροπέα (τόν αντιδραστήρα Hydrosol, ο οποίος διαθέτει καταλυτικό μετατροπέα με πολλούς αλλούς και επίστρωση από οξειδοαναγωγικά νανοσωματίδια που συγκρατούν οξυγόνο). Τόν αντιδραστήρα αυτόν παρακρατείται το οξυγόνο και αποδίδεται καθαρό υδρογόνο χωρίς έκλυση καυσπερίων. Για να πραγματοποιηθεί ή πρώτη αυτή αντίδραση χρησιμοποιείται θερμότητα ή οποία συλλέγεται από τόν ήλιο με σύστημα κατόπτρων. Σε μια παραλλαγή του ο αντιδραστήρας αυτός μπορεί με είσπαγωγή CO₂ να παραγάγει υδρογόνο και συνθετικό καύσιμο (CH₄, C_xH_y). Πρόκειται για την τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί από τούς έρευνητές του *Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης – ΕΚΕΤΑ* στο πλαίσιο μεγάλου ευρωπαϊκού έρευνητικού έργου με τόν όνομα Hydrosol (PAGLIARO 2010).

Η προοπτική για τή χρήση του υδρογόνου ως καυσίμου στις Μεταφορές είναι μεγάλη. Οί κυριότεροι τρόποι χρήσης του αναμένεται να είναι:

1. απ' ευθείας ως καυσίμου σε συστήματα Power-to-Hydrogen (PtH₂),
2. με μετατροπή του μέσω χημικής σύνθεσης σε αέριο ή υγρό συνθετικό καύσιμο με χρήση CO₂ από τήν ατμόσφαιρα ή άλλες πηγές. Οί δημιουργούμενες γραμμές παραγωγής είναι γνωστές ως:

32. <http://www.desfa.gr/default.asp?pid=304&la=1> και <http://www.fisikon.gr/diktuo-pratirion.html>

- Power-to-Gas (PtG) ή
- Power-to-Liquid (PtL) ή
- Power-and Biomass-to-Liquid (PBtL),

3. ως καυσίμου σε κυψέλες καυσίμου υδρογόνου –hydrogen fuel cells– που παράγουν ηλεκτρισμό για τόν ηλεκτρικό κινητήρα.

Τὰ θέματα παραγωγής και χρήσης του υδρογόνου στην Ελλάδα πρέπει να εξετασθούν με ιδιαίτερη προσοχή. Ἡ χώρα έχει τὴ δυνατότητα νὰ σημειώσει σχετική πρωτοπορία στους τομείς παραγωγής, ἀποθήκευσης και διάθεσης του υδρογόνου με ἀξιοποίηση τῆς μεγάλης ἡλιοφάνειας που ἐπικρατεῖ ἐδῶ, τῆς ὑπάρχουσας ἐλληνικῆς τεχνογνωσίας και τοῦ ὑπάρχοντος ἐπιστημονικοῦ δυναμικοῦ. Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸν θὰ δημιουργηθοῦν τεράστιες ἀναπτυξιακές προοπτικές για τὴ χώρα. Στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν ὁ αἰώνας που διανύουμε θὰ μπορούσε νὰ εἶναι ὁ «αἰώνας τοῦ υδρογόνου» κατ' ἀναλογία με τὸν προηγούμενο, ὁ ὁποῖος ἦταν ὁ αἰώνας τῆς μηχανῆς ἐσωτερικῆς καύσης και τῶν ὀρυκτῶν καυσίμων.

Εἰς ἐπίρρωσιν τῶν προοπτικῶν αὐτῶν θὰ πρέπει νὰ ἀναφερθεῖ ἐδῶ ὅτι ἄλλες χῶρες ἔχουν ἤδη ξεκινήσει τὴν ἐμπλοκή τους στὴ χρήση και ἀξιοποίηση τοῦ υδρογόνου στὶς Μεταφορές:

i. Στὴ Γερμανία μιὰ σύμπραξη δημοσίου-ιδιωτικοῦ τομέα με τὸ ὄνομα *H2 Mobility* ἔχει ἀναλάβει τὴν κατασκευὴ 400 σταθμῶν διανομῆς υδρογόνου στὸ ἐθνικὸ ὁδικὸ δίκτυο μέχρι τὸ 2023.

ii. Στὴν Καλιφόρνια τῶν ΗΠΑ ἡ κυβέρνηση τῆς πολιτείας ἀναπτύσσει συστηματικὰ ὑποδομὲς διανομῆς υδρογόνου, ἐνῶ τὸ πρωτοποριακὸ τῆς πρόγραμμα για ὀχήματα μηδενικῶν ἐκπομπῶν (Zero Emission Vehicle – ZEM) βάζει συνεχῶς ἀξιοζήμενες ποσοστῶσεις στὶς αὐτοκινητοβιομηχανίες για παραγωγή και κυκλοφορία ὀχημάτων μηδενικῶν ἐκπομπῶν, περιλαμβανομένων τῶν ηλεκτρικῶν ὀχημάτων με κυψέλες υδρογόνου ἢ ἀπ' εὐθείας υδρογόνου³³.

iii. Τέλος, ἡ ἰαπωνικὴ κυβέρνηση προωθεῖ, ἐνόψει τῶν Ὀλυμπιακῶν Ἀγώνων τοῦ Τόκυο, τὸ 2020 τὴ χρήση υδρογόνου ὡς μίας ἀπὸ τίς κύριες πηγές ἐνέργειας στὴν πόλη.

33. Τὰ ὀχήματα καθαροῦ υδρογόνου σε ὅλη τὴν ἐπικράτεια τῶν ΗΠΑ ἦταν τὸ 2016 περίπου 3.000, ἐνῶ τὸ 2015 ἦταν μόλις 200.

5.3 Σχεδιασμός και κατασκευή των οχημάτων

Σύμφωνα με τις υπάρχουσες προοπτικές και τα σχέδια των αυτοκινητοβιομηχανιών, τα οχήματα οδικών μεταφορών του μέλλοντος θα είναι βελτιστοποιημένα από κάθε άποψη ως προς τις τεχνικές τους δυνατότητες και ως προς τα υλικά κατασκευής και τους τρόπους κατασκευής τους, και θα είναι και «καθαρά».

Ός ενεργειακά «φιλικά» ή «καθαρά» μέσα μεταφοράς χαρακτηρίζονται εκείνα τα όποια καταναλώνουν ενέργεια που παράγεται με φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Τέτοια είναι όλα τα ηλεκτρικά σιδηροδρομικά ή οδικά μέσα εφόσον ο ηλεκτρισμός που χρησιμοποιούν παράγεται από υδροηλεκτρική ή ήλιακή ενέργεια ή άλλες φιλικές προς το περιβάλλον πηγές, όπως επίσης τα οχήματα που καταναλώνουν εναλλακτικά καύσιμα καθώς και οι μετακινήσεις πεζή ή με ποδήλατο.

Κύριοι στόχοι για τη βελτιστοποίηση αυτή είναι:

- i. αύξηση της ασφάλειας των επιβατών και των πεζών που ενδέχεται να συγκρουστούν με το όχημα,
- ii. μείωση της κατανάλωσης ενέργειας,
- iii. μειωμένες έως μηδενικές εκπομπές CO₂ και άλλων αερίων,
- iv. άνεση και βελτιωμένη εργονομία, και τέλος
- v. εισαγωγή «ευφυΐας» στο σύστημα των Μεταφορών και επικοινωνία με το περιβάλλον.

Η τάση που εκδηλώνεται, σε σχέση με τα καύσιμα, όπως ήδη αναφέρθηκε στα προηγούμενα, είναι τα μηχανολογικά χαρακτηριστικά να παρέχουν μειωμένες εκπομπές CO₂ πολύ κάτω των 100 gr ανά χλμ. Η διατήρηση της μηχανής εσωτερικής καύσης με πολύ χαμηλές εκπομπές CO₂ και καθαρά καύσιμα είναι μια προοπτική ή οποία θα εξακολουθήσει να υπάρχει ακόμη και στον ορίζοντα του 2050 ιδίως για τα οχήματα εμπορευματικών μεταφορών (LEONHARD 2015).

Τα τελευταία λίγα χρόνια έχουν φανεί σοβαρές τεχνολογικές δυνατότητες σε δύο κατηγορίες οχημάτων οι οποίες μέχρι πρότινος αποτελούσαν αντικείμενο δημοσιεύσεων «επιστημονικής φαντασίας». Πρόκειται για τα:

- i. «αυτόνομα» οχήματα, επιβατικών κυρίως Μεταφορών που κινούνται δηλαδή χωρίς οδηγό, καθώς επίσης και
- ii. Ίπτάμενα Οχήματα Προσωπικής Μεταφοράς, τα γνωστά ως PATS (Personal Airborne Transportation Systems), τα όποια είναι ενδιάμεσου τύπου μεταξύ ενός άπλοῦ drone και ενός αεροπλάνου.

Τὰ περισσότερα ἀπὸ τὰ ὀχήματα αὐτῶν τῶν κατηγοριῶν εἶναι ἡλεκτροκίνητα μὲ συσσωρευτὲς ἢ ἄλλου τύπου παραγωγὴ ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας, ἄρα ἀπεξαρτημένα ἀπὸ τὸν ἄνθρακα. Ἡ προώθηση αὐτῶν τῶν δύο κατηγοριῶν ὀχημάτων πρόκειται νὰ καλύψει ἓνα νέο εἶδος κινητικότητας ἀνθρώπων καὶ ἀγαθῶν ποὺ θὰ ἀφορᾷ τοὺς ἐξῆς τομεῖς:

- i. ἐξυπηρέτηση εἰδικῶν κατηγοριῶν ἐπιβατικῆς κίνησης, π.χ. ἀτόμων μὲ ὑψηλὸ εἰσόδημα ἢ κοινωνικὴ θέση (VIP), τὰ ὅποια δὲν θέλουν νὰ ὑποστοῦν τὶς ἐπιπτώσεις τῆς κυκλοφοριακῆς συμφόρησης στὸ ἔδαφος³⁴,
- ii. ἐξατομικευμένη διανομὴ ἐμπορευμάτων σὲ ἀστικές περιοχές,
- iii. κάλυψη τῶν δύο τελικῶν ἄκρων μετακίνησης προσώπων –στὴν ἀφετηρία ἢ τὸν προορισμό της– ἀφοῦ ἔχει χρησιμοποιηθεῖ ἓνα μέσο μαζικῆς μεταφορᾶς γιὰ τὸν κύριο κορμὸ της,
- iv. οἰκολογικὴ μετακίνηση γιὰ μικροῦ μήκους μετακινήσεις (συνολικὴ μετακίνηση),

v. συλλογὴ μεγάλης ἔκτασης δεδομένων καὶ στοιχείων γιὰ τὴν κυκλοφορία καὶ τὶς μετακινήσεις (γεωγραφικὰ καὶ χρονικά).

Οἱ προοπτικὲς ἐπικράτησης τῶν ὀχημάτων αὐτῶν εἶναι πρὸς τὸ παρὸν ἀδύνατον νὰ προσδιοριστοῦν μὲ κάποιο βαθμὸ ἀκρίβειας, ἐπεὶδὴ ὑπάρχουν πολλοὶ παράγοντες ἀβεβαιότητας. Κατὰ τὴ γνώμη τοῦ γράφοντος οἱ προοπτικὲς αὐτὲς θὰ ἐξαρτηθοῦν ἀπὸ:

– τὴν ὁλοκλήρωση τῶν τεχνικῶν δυνατοτήτων καὶ χαρακτηριστικῶν τῶν ὀχημάτων αὐτῶν ποὺ ἀφοροῦν τὴν ἀσφάλεια σὲ διάφορες πιθανὲς μελλοντικὰ εἰδικὲς περιπτώσεις κυκλοφοριακῶν συνθηκῶν καὶ ἀλληλεπίδρασης μὲ τὸν περιβάλλοντα χῶρο. Οἱ εἰδικὲς αὐτὲς περιπτώσεις διερευνῶνται

34. Δὲν εἶναι τυχαῖο ὅτι ἓνα ἀπὸ τὰ πρῶτα αὐτόνομα ἐναέρια ὀχήματα μεταφορᾷ προσώπων κάθετης ἀπογείωσης καὶ προσγείωσης (VTOL) –τὸ αὐτόνομο «Cormorant» Fancraft™ τῆς ἐταιρείας Urban Aeronautics– πρόκειται νὰ τεθεῖ σὲ λειτουργία γιὰ πρώτη φορὰ στὴν πόλη τοῦ Sao Paulo στὴ Βραζιλία, ὅπου ἡ ὁδήγησή μὲσα στὴν πόλη μπορεῖ νὰ διαρκέσει 2 ἢ καὶ περισσότερες ὥρες λόγῳ κυκλοφοριακῆς συμφόρησης. Στὴν πόλη αὕτη ὑπάρχουν ἤδη περὶ τὰ 500 ἐλικόπτερα τὰ ὅποια ἐξυπηρετοῦν μετακινήσεις ἀτόμων ὑψηλῆς οἰκονομικῆς καὶ κοινωνικῆς θέσης.

μέσα από δοκιμές σε πραγματικές συνθήκες, οι οποίες είναι άγνωστο ακόμη σε τί συμπεράσματα μπορούν να καταλήξουν³⁵,

- την επίλυση των νομικών και διαδικαστικών θεμάτων που άφορούν την «ευθύνη» (“liability”) π.χ. τί συμβαίνει σε περίπτωση ατυχήματος ενός αυτόνομου (χωρίς οδηγό) οχήματος (επίγειου ή αερίου), ή ποιά είναι ή ευθύνη σε περίπτωση καθυστέρησης ή αναβολής πτήσεων, κ.λπ.,

- την επίλυση και καθιέρωση μιᾶς σειράς κανονισμών και νομοθετικών ρυθμίσεων για τη διευθέτηση θεμάτων όπως ή αδειοδότηση και οι τεχνικές προδιαγραφές των οχημάτων αυτών, οι κανόνες και οι κανονισμοί που θα άφορούν την κυκλοφορία τους (κυκλοφοριακός έλεγχος και διαχείριση), κ.λπ.,

- την προώθηση και την επιτυχία με την οποία θα εφαρμοστούν νέοι τρόποι ιδιοκτησίας και/ή χρήσης τέτοιων οχημάτων βασισμένων στη συλλογικότητα, δηλαδή στην κοινή (shared) χρήση χωρίς ιδιοκτησία.

5.4 Συνδεδεμένες και αυτοματοποιημένες Μεταφορές

Οι «συνδεδεμένες» Μεταφορές (“connected” ή “cooperative” Transport systems) είναι ήδη γεγονός και δοκιμάζονται συστηματικά σε μεγάλο αριθμό αστικών περιοχών του κόσμου περιλαμβανομένης και της Ελλάδος – στη Θεσσαλονίκη (ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ 2015). Άφορούν την σε πραγματικό χρόνο επικοινωνία του οχήματος με την υποδομή και τα κέντρα κυκλοφοριακού ελέγχου ώστε να είναι ή μετακίνηση βέλτιστη από πλευράς ταχύτητας, ασφάλειας, ενεργειακής κατανάλωσης, υποβοήθησης του οδηγού στην όδήγηση, άνεσης του οδηγού και των επιβατών, και τέλος ευρύτερης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης. Από τις κύριες δυνατότητες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της «συνδεδεμένης» κινητικότητας και των λεγόμενων «συνεργατικών» (cooperative) συστημάτων Μεταφορών είναι ή δυνατότητα σύνδεσης του αυτοκινήτου με το διαδίκτυο των πραγμάτων (internet of

35. Στη μητροπολιτική περιοχή της Βιέννης υπάρχει ένα τμήμα της οδικής υποδομής (από το αεροδρόμιο μέχρι το κέντρο της πόλης) το οποίο είναι καταχωρισμένο ως «υποδομή έλεγχου» των νέων τεχνολογιών αυτόνομης όδήγησης, με κύριο πεδίο δοκιμών την κίνηση των αυτόνομων οχημάτων μέσα στην υπόλοιπη κυκλοφορία, τις αντιδράσεις των πεζών και άλλων οδηγών στα όχημα αυτά κ.ά. Ανάλογες ενέργειες σημειώνονται και σε άλλες αστικές περιοχές του κόσμου.

things) και την αξιοποίηση πολλών εφαρμογών οι οποίες θα βασίζονται στις κάθε είδους δυαδικές επικοινωνίες (digital communications) που θα μπορούν να αναπτυχθούν εκεί. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι το “easy mobility” της εταιρείας SEAT για την προώθηση της κοινής χρήσης των οχημάτων από περισσότερους τοῦ ἑνός χρήστες κάθε φορά (vehicle sharing) και το σύστημα “chariot” της Ford για τους επιβάτες που ενδιαφέρονται να χρησιμοποιήσουν από κοινού ειδικά επιβατικά vans στις αστικές δημόσιες μεταφορές κ.λπ.³⁶

Ἡ χρήση τῶν Συστημάτων «Εὐφυῶν» Μεταφορῶν (ITS – Intelligent Transport Systems) αὐτονόητα εἶναι συνυφασμένη με τὶς συνδεδεμένες Μεταφορές στὰ λεγόμενα Συνεργατικὰ Συστήματα Εὐφυῶν Μεταφορῶν (Co-operative Intelligent Transport Systems ἢ C-ITS). Τὰ συστήματα C-ITS (σὲ συνδυασμὸ ἢ ὄχι με τὰ πλήρως αὐτοματοποιημένα οχήματα) ἔχουν τὴ δυνατότητα νὰ ἀλλάξουν πλήρως τὸ σκηνικὸ τῶν ἀστικῶν κυρίως Μεταφορῶν (ἐπιβατικῶν ἢ ἐμπορευματικῶν) ὅπως τὶς ξέρουμε σήμερα. Τὰ κύρια ὅμως θέματα ποὺ πρέπει νὰ ἀντιμετωπισθοῦν σὲ σχέση με τὰ «συνδεδεμένα» μεταφορικὰ συστήματα τοῦ μέλλοντος εἶναι αὐτὰ ποὺ ἀφοροῦν τὴ συλλογὴ τοῦ μεγάλου ὄγκου δεδομένων ποὺ ἀπαιτοῦνται καὶ τὴν σὲ πραγματικὸ χρόνο ἀνάλυση καὶ ἀξιοποίησή τους, ὅπως ἐπίσης τὰ θέματα ποὺ ἀφοροῦν τὴν ἀσφάλεια τῶν δεδομένων αὐτῶν (cyber security) καὶ τὴν προστασία τῆς ἀτομικότητας καὶ τῶν προσωπικῶν δεδομένων ὁδηγῶν καὶ ἐπιβατῶν.

Τὰ αὐτοματοποιημένα ἢ αὐτόνομα οχήματα ποὺ ἀναφέρθηκαν στὴν προηγούμενη ἐνότητα ἔχουν ἤδη σήμερα ἀποκτήσει μιὰ ἐνδιαφέρουσα παρουσία στὰ σχέδια ἀνάπτυξης τῶν Μεταφορῶν τοῦ μέλλοντος καὶ σὲ συνδυασμὸ με τὰ «συνδεδεμένα» συστήματα μποροῦν νὰ παρέχουν κυρίως:

- αὐξημένη ἀσφάλεια (λιγότερα ἀτυχήματα),
- αὐξημένη ἀξιοποίηση τοῦ διαθέσιμου χώρου γιὰ μετακινήσεις (ὁδικὲς ὑποδομές), καὶ
- περισσότερη ἄνεση καὶ ἀξιοποίηση τοῦ χρόνου μεταφορᾶς.

Σύμφωνα με προβλέψεις τῆς ἴδιας τῆς αὐτοκινητοβιομηχανίας, ἡ διεξόδυση τῶν αὐτόνομων οχημάτων στὶς Μεταφορές μπορεῖ νὰ φθάσει τὸ 2030

36. Περισσότερες πληροφορίες καὶ στοιχεῖα μποροῦν νὰ βρεθοῦν στὸ ἔνθετο «The world ahead» τῆς ἱστοσελίδας «Buzz Business» 13-1-2017 στὸ: <http://www.thebuzzbusiness.com/the-future-of-urban-mobility/>

ακόμη και στο 15 με 20%³⁷. Η διείσδυση αυτή θα αρχίσει με χρήση τους σε εξειδικευμένους τομείς Μεταφορών, όπως στα ταξί που διανύουν συγκεκριμένες διαδρομές, σε υπηρεσίες διανομής εμπορευμάτων σε υπεραστικούς διαδρόμους (όμαδοποίηση οχημάτων σε platoons), ή για αστικές διανομές σε πολύ τοπικό επίπεδο κ.λπ.

5.5 Υποδομές Μεταφορών

Όσον αφορά τις υποδομές Μεταφορών σε ένα σύστημα Μεταφορών απεξαρτημένο από τον άνθρακα, υπάρχουν αρκετά που μπορούν να γίνουν αλλά και τα όποια συνάδουν προς μια γενικότερη προσαρμογή των υποδομών αυτών στις δυνατότητες που προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες οχημάτων αλλά και κατασκευής των υποδομών³⁸.

Είναι χαρακτηριστικές οι προβλέψεις σχετικά με τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες των οδικών υποδομών του μέλλοντος που προτείνονται από την κατ' έξοχην αρμόδια για θέματα έρευνας και καινοτομίας στις οδικές υποδομές Ευρωπαϊκή Όμοσπονδία Έργαστηρίων Οδοποιίας (European Federation of Highway Research Laboratories – FEHRL) μέσω του προγράμματος *For ever open road*³⁹. Συγκεκριμένα προβλέπεται:

α. ο πλήρως «προσαρμοζόμενος» (adaptable) και ανθεκτικός (resilient) δρόμος. Ο «προσαρμοζόμενος» δρόμος θα κατασκευάζεται από προκατασκευασμένα τμήματα με υλικά και ιδιότητες που θα τον κάνουν ανθεκτικό σε αντίξοες καιρικές συνθήκες (ψύχος, ζέστη), θα μπορεί να απορροφά ήλιακη ενέργεια για να αξιοποιούνται οι διάφορες λειτουργίες του, θα έχει τη δυνατότητα ασύρματης μετάδοσης ενέργειας στα οχήματα και άλλες καινοτόμους ιδιότητες. Ειδικά όσον αφορά την ανθεκτικότητα στην κλιματική αλλαγή, ο μελλοντικός «προσαρμοζόμενος» δρόμος θα έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει τα επίπεδα νερού, χιονιού ή πάγου, ανέμου κ.λπ., και να μετριάσει τις συνέπειές τους μέσα από ενσωματωμένες διατάξεις αποχέτευσης, αυτόματης θέρμανσης (ή ψύξης) του οδοστρώματος,

37. <http://www.thebuzzbusiness.com/the-future-of-urban-mobility/>

38. Σχετικές λεπτομέρειες στην αναφορά ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ 2015.

39. Περισσότερα στοιχεία και πληροφορίες στο: <http://www.foreveropenroad.eu/>

άλλα και άμεσης ενημέρωσης τών χρηστών σέ πραγματικό χρόνο σχετικά με τις συνθήκες που θά επικρατοῦν στο δόστωμα,

β. ὁ «αὐτοματοποιημένος» (automated) δρόμος. Ὁ «αὐτοματοποιημένος» δρόμος θά ἔχει ἐνσωματωμένες ὅλες τις βασικές λειτουργίες τών *Εὐφυῶν Συστημάτων Μεταφορῶν* (C-ITS, Cooperative Intelligent Transport Systems) καί θά «συνδέεται-συνεργάζεται» (με τήν ἔννοια πού δόθηκε καί στά προηγούμενα γιά τά «συνεργατικά» συστήματα) πλήρως με τοὺς «χρηστες».

Οἱ μελλοντικές ὑποδομές Μεταφορῶν θά περιλαμβάνουν ἐπίσης τις ἀναγκαῖες ὑποδομές αὐτόματης καί συνεχοῦς συλλογῆς καί ἐπεξεργασίας κυκλοφοριακῶν δεδομένων καί μετάδοσής τους στά κέντρα ἐπεξεργασίας τέτοιων πληροφοριῶν, καθῶς καί τών ἐπεξεργασμένων πληροφοριῶν, στοὺς κάθε εἶδους χρήστες τών μεταφορικῶν δικτύων. Ἐπίσης θά περιλαμβάνουν τις ἀναγκαῖες ὑποδομές γιά «εὐφυή» φόρτιση τών ἡλεκτρικῶν ὀχημάτων (smart electricity distribution grids), ἀλλά καί τις ὑποδομές GNSS προσδιορισμοῦ τῆς θέσης τών ὀχημάτων καί ἄλλα τεχνικά στοιχεῖα πού εἶναι ἀπαραίτητα γιά τή λειτουργία τοῦ ἀπεξαρτημένου ἀπὸ τὸν ἄνθρακα μελλοντικοῦ συστήματος Μεταφορῶν.

Συνολικά, οἱ μελλοντικές ὑποδομές Μεταφορῶν θά πρέπει νά γίνουν περισσότερο:

- φιλικές καί ὑποβοηθητικές στὴ συντήρησή τους,
- φιλικές στὴ στάθμευση τῶν νέου τύπου ὀχημάτων (αὐτόνομα, ἐναέρια, μικρῶν ἀποστάσεων, κ.ἄ.),
- προσαρμοσμένες στὰ ἀκραῖα καιρικά φαινόμενα (λόγω κλιματικῆς ἀλλαγῆς),
- προσαρμοσμένες στὶς ὑπάρχουσες συνθήκες ὁδήγησής καί ὁρατότητας,
- προσαρμοσμένες στὴν πολιτικὴ χρήσης τους (π.χ. ὡς πρὸς τὴν εἰσπραχτὴ διοδίων ἢ ἄλλων τελῶν)⁴⁰ κ.ἄ.

40. Γενικότερα, τὰ θέματα πού ἀφοροῦν τὸν τρόπο χρηματοδότησης καί τις μεθόδους κατασκευῆς τῶν ὑποδομῶν αὐτῶν, καθῶς καί τὰ ἐπιχειρηματικά μοντέλα γιά τὴν κατασκευὴ καί λειτουργία τους, θά πρέπει ἐπίσης νά προσαρμοστοῦν στὴν ἐπικείμενη νέα οἰκονομία ἀπεξάρτησης ἀπὸ τὸν «ἄνθρακα».

5.6 Διαχείριση δικτύων και κυκλοφοριακών συστημάτων

Πέρα από την αλλαγή του τρόπου μετακίνησης και την προτίμηση στα μεταφορικά μέσα που χρησιμοποιούν («καθαρά» καύσιμα (δηλαδή χωρίς άνθρακα), ή σημαντική μείωση των εκπομπών καυσαερίων του θερμοκηπίου θα μπορούσε να επέλθει από τη διαχείριση της κυκλοφορίας με περιβαλλοντικά φιλικό τρόπο και από τη βελτιστοποίηση της κυκλοφοριακής ροής με μείωση των καθυστερήσεων και των διανυόμενων αποστάσεων.

Η εικόνα των μελλοντικών συστημάτων διαχείρισης μεταφορικών δικτύων και κυκλοφορίας συντίθεται από τέσσερις βασικές συνιστώσες:

- i. εύφυια στη σύνθεση και επιλογή των στρατηγικών ελέγχου της κυκλοφορίας,
- ii. πλήρη «δυναμικότητα», δηλαδή τη σε πραγματικό χρόνο διεκπεραίωση των σχετικών διεργασιών,
- iii. διαχείριση της κυκλοφορίας σε επίπεδο περιοχής ή και ολόκληρης πόλεως, και
- iv. συντονισμό και συνεργασία με τα συστήματα ελέγχου κυκλοφορίας όλων των μεταφορικών μέσων που λειτουργούν σε μια περιοχή.

5.7 Εύφυες υπηρεσίες Μεταφορών και κινητικότητας

Το έπιστέγασμα όλων των προηγούμενων ενεργειών και εξελίξεων προς ένα σύστημα Μεταφορών απεξαρτημένο από τον άνθρακα είναι η ύπαρξη και λειτουργία νέων καινοτόμων υπηρεσιών κινητικότητας ιδίως στις αστικές περιοχές, μια και εκεί υπάρχει πλέον και μετακινείται καθημερινά ή μεγάλη πλειονότητα του πληθυσμού των περισσότερων χωρών.

Η έννοια της «εύφους» κινητικότητας (smart mobility) θεωρείται σήμερα ο πλέον ένδεδειγμένος τρόπος διεξαγωγής των μετακινήσεων σε ένα σύστημα Μεταφορών προσαρμοσμένο σε ενεργειακά και περιβαλλοντικά «φιλικούς» τρόπους μεταφοράς. Οί τρόποι αυτοί βασίζονται στην κατά τον περιβαλλοντικά καλύτερο δυνατό τρόπο εξυπηρέτηση των μετακινήσεων ατόμων (και όχι οχημάτων) με παροχή υπηρεσιών μετακίνησης «από πόρτα σε πόρτα». Η επιδιωκόμενη νέα «εύφυη κινητικότητα» αξιοποιεί όλες τις δυνατότητες τεχνολογίας και υποδομών που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα, για να προσφέρει τη μέγιστη δυνατή περιβαλλοντική και οικολογική μετακίνηση με κορμό το σύστημα των δημόσιων μαζικών συγκοινωνιών σε μια (αστική κυρίως) περιοχή.

Ἐνδεικτικὰ παραδείγματα ὑπηρεσιῶν «εὐφυοῦς» κινητικότητας ποὺ προβλέπεται νὰ ἐπικρατήσουν στὸ μέλλον, ἰδίως στὶς ἀστικές μας περιοχές, εἶναι (μὲ σειρὰ ἀπὸ τὰ πιὸ ἅμεσα νὰ ἐφαρμοστοῦν μέχρι τὰ πιὸ μακροπρόθεσμα):

i. πλήρης καὶ σὲ πραγματικὸ χρόνο ἐνημέρωση τοῦ ἐπιβάτη τῶν δημόσιων μέσων μεταφορᾶς σχετικὰ μὲ τὰ δρομολόγια, τὶς ὥρες ἄφιξης καὶ ἀναχώρησης καὶ γενικὰ τὸ πρόγραμμα λειτουργίας τοῦ συστήματος δημόσιων μαζικῶν συγκοινωνιῶν,

ii. ὑποβοήθηση –σὲ πραγματικὸ χρόνο καὶ μέσῳ τῶν μελλοντικῶν «συνεργατικῶν» συστημάτων Μεταφορῶν– τῶν ὁδηγῶν IX ὀχημάτων ἢ φορτηγῶν γιὰ οἰκολογικὴ ὁδήγηση μειωμένων ἐκπομπῶν καυσασκερίων καὶ κατανάλωσης ἐνέργειας⁴¹,

iii. ὑποστήριξη μέσῳ «εὐφυῶν» συστημάτων σύνδεσης καὶ συντονισμοῦ τῶν σχετικῶν ἐνεργειῶν γιὰ μιὰ συστηματικὴ, ἀσφαλὴ καὶ ἐξασφαλισμένη κοινὴ χρῆση IX ὀχημάτων (shared vehicles) ἀπὸ πολλοὺς χρήστες. Τὰ ὀχήματα αὐτὰ μπορεῖ νὰ εἶναι εἴτε ἰδιοκτησίας ἐξειδικευμένων φορέων παροχῆς τέτοιων ὑπηρεσιῶν εἴτε ἰδιοκτησίας ἀπὸ κοινοῦ τῶν περισσότερων τοῦ ἐνὸς ἰδιοκτητῶν ποὺ τὰ χρησιμοποιοῦν,

iv. ἐξατομικευμένες, εὐέλικτες καὶ ἅμεσες ὑπηρεσίες ταξὶ διαθέσιμες σὲ πραγματικὸ χρόνο,

41. Ἡ λεγόμενη «οἰκολογικὴ» ὁδήγηση (eco-driving) προωθεῖται ἤδη, σὲ μὴ πραγματικὸ ὅμως χρόνο, μέσα ἀπὸ τὴν ἐκπαίδευση τῶν ὁδηγῶν γιὰ τήρηση μερικῶν ἀπλῶν κανόνων ὅπως οἱ ἑξῆς:

1. ὁδήγηση μὲ κατὰ τὸ δυνατόν σταθερὴ ταχύτητα, χωρὶς ἄσκοπα φρεναρίσματα ἢ ἀλλαγὰς ταχυτήτων, μὲ χρῆση τῆς μεγαλύτερης δυνατῆς σχέσης μετάδοσης,

2. ἐπιβράδυνση τοῦ ὀχήματος ὁμαλὰ καὶ ἀπὸ μεγάλῃ ἀπόστασης,

3. σβήσιμο τοῦ κινητήρα σὲ στάσεις ποὺ προβλέπονται μεγαλύτερες ἀπὸ π.χ. 20 δεύτερα (αὐτὸ ἐφαρμόζεται πλέον καὶ αὐτόματα σὲ πολλοὺς τύπους νέων αὐτοκινήτων),

4. σωστὴ πίεση τῶν ἐλαστικῶν ὅπως προβλέπεται ἀπὸ τὸν κατασκευαστὴ,

5. συνετὴ χρῆση τοῦ κλιματισμοῦ,

6. ἀποφυγὴ χρήσης στοιχείων ποὺ αὐξάνουν τὴν ἀντίσταση στὸν ἀέρα ὅπως π.χ. σχάρες ὁροφῆς, ἀεροτομὲς κ.λπ.,

7. ὁμαλὴ ὁδήγηση στὶς στροφές χωρὶς πολλὰς ἐπιταχύνσεις καὶ ἐπιβραδύνσεις.

v. ύπηρεσίες μεταφορᾶς «κατὰ παραγγελία» (on-demand) με χρήση αυτόνομων επίγειων ἢ ἐναέριων ὀχημάτων με κύριο στόχο τὴν ἐξυπηρέτηση τοῦ ἀρχικοῦ ἢ τοῦ τελικοῦ σταδίου μιᾶς μετακίνησης ἢ τὴν διεκπεραίωση μικροῦ μήκους μετακινήσεων σὲ ἀραιοκατοικημένες περιοχές,

vi. χρήση αυτόνομων ὀχημάτων γιὰ τὴν ἐξυπηρέτηση ὁλοκληρωμένων μετακινήσεων (ἀπὸ πόρτα σὲ πόρτα) πάνω σὲ συγκεκριμένους ὁδικούς ἄξονες, με «σύμπυξη» ὅμως τῶν ὀχημάτων σὲ συρμούς γιὰ τὴν μεγιστοποίηση τῆς χωρητικότητας καὶ τὴν ἀποφυγὴ κυκλοφοριακῆς συμφόρησης.

Συναφὲς τέλος με τὴν ἔννοια τῆς «εὐφυοῦς» κινητικότητας εἶναι καὶ ἡ ἔννοια τῆς «εὐφυοῦς» διαχείρισης τῆς «ζήτησης» γιὰ μετακινήσεις. Στόχος εἶναι ὁ ἐπηρεασμὸς τῶν ἀποφάσεων τῶν μετακινουμένων σχετικὰ με τὴν ὥρα καὶ τὸν τρόπο πραγματοποίησης τῆς μετακίνησής τους ὥστε νὰ προκύπτει –γιὰ κάθε ὥρα τῆς ἡμέρας– τὸ βέλτιστο δυνατὸ ἀποτέλεσμα ἀπὸ πλευρᾶς κυκλοφοριακῆς συμφόρησης καὶ λειτουργίας τῶν συστημάτων δημόσιων συγκοινωνιῶν. Ὁ «ἐπηρεασμὸς» αὐτὸς ἐπιτυγχάνεται με τὴν κατάλληλη πληροφόρηση (πάντα σὲ πραγματικὸ χρόνο), τὴν παιδεία, τὴν ἐπιμόρφωση καὶ τὴν παροχὴ κινήτρων.

6. Κρίσεις – προτάσεις – συμπεράσματα

6.1 Πόσο ἀποδοτικὴ θὰ εἶναι ἡ ἐφαρμογὴ τῶν ἐπτά συνιστωσῶν;

Ὁ τομέας τῶν Μεταφορῶν διανύει μιὰ πορεία αὐξησης τῶν ἐκπομπῶν ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου ποὺ θὰ τὸν καταστήσει σύντομα τὸν μεγαλύτερο παραγωγὸ τέτοιων ἐκπομπῶν στὴν ἀτμόσφαιρα. Στὴν οὐσία, σήμερα ὁ τομέας αὐτὸς «ἐξαρτᾶται» ὁλοένα καὶ περισσότερο ἀπὸ τὸν ἄνθρακα ὡς πρὸς τὴν ἐνέργεια ποὺ χρησιμοποιοῦ καὶ ἄρα εἶναι ὁ τομέας στὸν ὁποῖο πρέπει νὰ πέσει τὸ μεγαλύτερο βᾶρος τῶν προσπάθειῶν γιὰ «ἀπεξάρτηση» ἀπὸ τοιοῦτο εἶδος ἐνέργειας.

Ἡ δημοσιευμένη μέχρι σήμερα πολιτικὴ τῆς Εὐρωπαϊκῆς Ἑνώσεως γιὰ ἀπεξάρτηση ἀπὸ τὸν ἄνθρακα καὶ ὅλα τὰ σχετικὰ κείμενα ποὺ ἔχει συντάξει, εἰδικὰ γιὰ τὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν, δείχνουν ὅτι ἡ ΕΕ βασιζέται γιὰ τὴ μεγάλη «ἀλλαγὴ» σὲ τρεῖς κυρίως παράγοντες:

- i. τὴν ἠλεκτροκίνηση, σὲ ὅλες τὶς μορφές της (μπαταρίες – κυψέλες καυσίμου),
- ii. τὴ χρήση καθαρῶν καυσίμων (κυρίως ὑδρογόνου καὶ βιοκαυσίμων)

καὶ καθαρῶν κινητῆρων μὲ αὐστηρὰ ὄρια ἐκπομπῶν, ἐλεγχόμενα σὲ συν-
θῆκες κυκλοφορίας, καὶ τέλος

iii. τὴν αὐξήση τῆς «ἀποδοτικότητας» τοῦ ὅλου συστήματος τῶν Με-
ταφορῶν μέσα ἀπὸ τὴ «συνεργατικὴ» (μὲ τὶς ὑποδομὲς καὶ τὰ κέντρα
ἐλέγχου) διαχείριση τῆς κυκλοφορίας τῶν ὀχημάτων στὰ δίκτυα καὶ τὸν
σχεδιασμό νέων «εὐφυῶν» ὑπηρεσιῶν Μεταφορῶν καὶ κινητικότητας.

Ἡ ἠλεκτροκίνηση θεωρεῖται ἴσως τὸ κλειδί τῆς ὅλης αὐτῆς πολιτικῆς,
κυρίως ἂν ἐπιτευχθεῖ ἡ πλήρης καὶ καθολικὴ ἐφαρμογὴ της στὶς ἀστικές
περιοχές. Ἡ αὐτοκινητοβιομηχανία καὶ ἡ λοιπὴ ἰδιωτικὴ πρωτοβουλία ἔχει
ἀποδεχθεῖ τὴν πρόκληση αὐτὴ καὶ οἱ καινοτόμοι προσπάθειες ἐταιρειῶν
ὅπως τῆς Tesla, τῆς Toyota καὶ ἄλλων ἀλλάζουν σταδιακὰ τὸ τοπίο μὲ τὰ
νέα ἠλεκτροκίνητα ὀχήματα καὶ ἓνα δίκτυο ταχυφορτιστῶν ποὺ μποροῦν νὰ
καλύπτουν μεγάλες ἀποστάσεις χωρὶς πρόβλημα. Αὐτὴ ἡ ἐξέλιξη σὲ συν-
δυασμὸ μὲ τὴν εἰσαγωγὴ μιᾶς νέας μορφῆς κινητικότητας, π.χ. μὲ ὑπηρε-
σίες μεταφορᾶς τύπου Uber, μὲ κοινὴ χρῆση ὀχημάτων χωρὶς ὁδηγὸ γιὰ τὴν
ὀλοκλήρωση μιᾶς μετακίνησης στὸ ἀρχικὸ ἢ τελικὸ της τμήμα, μὲ τὴ χρῆση
ἐναέριων ὀχημάτων ἀτομικῆς μεταφορᾶς κ.λπ., ἔχουν τὴ δυνατότητα νὰ
ἐπιφέρουν ἐπαναστατικὲς ἀλλαγές στὸν τρόπο ποὺ μετακινούμεθα σήμερα
καὶ νὰ μειώσουν τὸ ἀποτύπωμα ἄνθρακα τοῦ τομέα.

Τὸ ἐρώτημα ποὺ τίθεται εἶναι ἂν καὶ κατὰ πόσον οἱ ἀλλαγές αὐτές θὰ
προκύψουν ἔγκαιρα καὶ ἂν θὰ εἶναι ἀρκετές γιὰ νὰ ἐπιτευχθοῦν οἱ στόχοι
ποὺ ἔχουν τεθεῖ γιὰ τὴν «ἀπεξάρτηση» τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν ἀπὸ τὸν
ἄνθρακα.

Ἡ ἀπάντηση στὰ ἐρωτήματα αὐτὰ εἶναι δύσκολη καὶ ἡ εἰκόνα μᾶλλον
θολή. Ὅσον ἀφορᾷ τὰ ἠλεκτροκίνητα ὀχήματα, ὅλες οἱ προσπάθειες ὑπολο-
γισμοῦ καὶ κατάρτισης συγκεκριμένων «ὁδικῶν χαρτῶν» (roadmaps) γιὰ
τὴν εἰσαγωγὴ καὶ χρῆση τῶν κάθε μορφῆς καὶ εἴδους τέτοιων ὀχημάτων
δείχνουν ὅτι τὰ ποσοστὰ τῶν ὀχημάτων αὐτῶν στὸ σύνολο τῶν κυκλοφο-
ρούντων θὰ ἀρχίσουν νὰ ἀποκοῦν κάποιον ὑπολογισμό μέγεθος (δηλαδὴ
5% καὶ ἄνω) ἀπὸ τὸ 2020 καὶ μετὰ. Μέχρι τὸ 2030 ὁ Διεθνὴς Ὁργανισμὸς
Ἐνέργειας (International Energy Agency) προβλέπει τὸ ποσοστὸ συμμε-
τοχῆς τῶν ἠλεκτρικῶν ὀχημάτων στὸ σύνολο τῶν κυκλοφορούντων ὀχη-
μάτων νὰ φθάνει τὸ 30% (IEA 2015). Αὐτὸ ὅμως ἀμφισβητεῖται ἀπὸ ἄλ-
λους μελετητές, οἱ ὁποῖοι –σὲ εὐρωπαϊκὸ τουλάχιστον ἐπίπεδο– εἶναι
λιγότερο αισιόδοξοι. Π.χ. σύμφωνα μὲ μελέτη ποὺ ἔγινε στὸ ἐρευνητικὸ

έργο CAPIRE με συμμετοχή και των Όργανισμών ERTRAC⁴², EPoss⁴³ και Smart Grids⁴⁴, εκτιμάται ότι η φάση της έρευνας και ανάπτυξης πρωτοτύπων για όρισμένα επί μέρους τμήματα της ηλεκτροκίνησης θα ολοκληρωθεί μετά το 2025 (CAPIRE 2012). Άλλοι, ακόμη πιο απαισιόδοξοι μελετητές υποστηρίζουν ότι το 2030 ο ηλεκτρισμός θα αποτελεῖ μόλις το 4-5% της ενέργειας που θα καταναλίσκεται στις Μεταφορές, για να φτάσει μόλις το 15-16% το 2050 (SZABÓ 2016). Αν δεχθούμε τις εκτιμήσεις αυτές αλλά και την άργη εξέλιξη που έχει σημειώσει η ηλεκτροκίνηση μέχρι σήμερα, τότε η εκτίμηση του 30% για τα κυκλοφορούντα ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα για το 2030 φαίνεται πολύ αισιόδοξη. Συνεπώς η ηλεκτροκίνηση δεν φαίνεται πιθανό να αποτελέσει αξιόλογη πηγή μείωσης των εκπομπών CO₂ πριν περάσει μια είκοσαετία περίπου από σήμερα.

Όσον αφορά τη δεύτερη από τις παραπάνω «άλλαγές», δηλαδή αυτή που αφορά την επίτευξη μειωμένων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέσω καθαρών καυσίμων και επιβολής όριων εκπομπών με βελτιωμένους κινητήρες των οχημάτων εσωτερικής καύσης, υπάρχουν και πάλι αρκετά έρωτηματικά. Τα έρωτηματικά σχετικά με την περαιτέρω βελτίωση των κινητήρων συμβατικών καυσίμων αφορούν την πραγματική τεχνολογική δυνατότητα που υπάρχει για μεγάλες μειώσεις των εκπομπών ιδίως μετά την πρόσφατη αποκάλυψη της μη ελικορινούς παράθεσης στοιχείων όσον αφορά τις εκπομπές αυτές στα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα της Volkswagen. Το σκεπτικό της αμφιβολίας έγκειται στο γεγονός ότι μια μεγάλη αυτοκινητοβιομηχανία όπως η Volkswagen χρησιμοποίησε τέτοιες μεθόδους για να ικανοποιήσει τα αυστηρά όρια εκπομπών στις ΗΠΑ, και δείχνει ότι η ουσιαστική περαιτέρω βελτίωση είναι είτε ανέφικτη είτε πολύ ακριβή. Αν μάλιστα δεχθούμε ότι, όπως υποστηρίζουν πολλοί, υπάρχουν και άλλες περιπτώσεις σαν κι αυτήν και ότι τα έσφαλμένα (άλλοιωμένα) στοιχεία δεν αφορούν μόνο τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αλλά και την κατανάλωση καυσίμου σε ποσοστά της τάξης του 40% και πλέον (SZABÓ 2016), τότε η κατάσταση περιπλέκεται περισσότερο και η προοπτική θετικών

42. The European Technology Platform: European Road Transport Research Advisory Council.

43. The European Technology Platform: Smart Systems Integration.

44. European Technology Platform for the Electricity Networks of the Future.

αποτελεσμάτων από την πηγή αυτή μειώνεται. Το σίγουρο είναι ότι οι όποιες εκτιμήσεις για μελλοντική μείωση των εκπομπών καυσαερίων από τους κινητήρες έσωτερικής καύσης θα βασίζονται σε επιτόπιες μετρήσεις στον δρόμο (για τα όδικα όχηματα) και όχι στις δηλώσεις των κατασκευαστών. Μέχρι να γίνει αυτό και να καθιερωθούν τέτοιου είδους μετρήσεις δεν θα είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε το κατά πόσο οι μηχανές έσωτερικής καύσης θα έχουν βελτιωθεί αποτελεσματικά και σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

Όσον αφορά τα καθαρά καύσιμα και τα βιοκαύσιμα, και εδώ η εικόνα είναι μάλλον δύσκολο να προβλεφθεί με ακρίβεια, δεδομένου ότι:

i. η έκτεταμένη χρήση αποβλήτων για παραγωγή των αναγκαίων βιοκαυσίμων (κυρίως αϊθανόλης και βιοντῆζελ) είναι κάτι που μένει να αποδειχθεί στο μέλλον. Π.χ. για να χρησιμοποιηθούν τα τηγανέλαια για παραγωγή βιοντῆζελ στα εκτιμώμενα ποσοστά του 7% για το 2030 και πάνω από το 30% πρὸς το μέσον του αἰώνα (ποσοστό παραγωγῆς βιοντῆζελ από τηγανέλαια στο σύνολο τῆς παραγωγῆς βιοντῆζελ από άγροτικά και άλλα απόβλητα), εκτιμάται ότι θα πρέπει να εισάγεται τηγανέλαιο στην Εὐρώπη σε μεγάλες ποσότητες γιατί το ἐγχώριο δὲν θὰ ἐπαρκεί. Κάτι τέτοιο ὅμως δὲν ἔχει ἀντιμετωπιστεῖ ἀκόμη,

ii. ἡ ἐπιθυμητὴ καὶ «βιώσιμη» παραγωγή ἐξελιγμένων βιοκαυσίμων, συνολικά, θὰ ἀπαιτήσῃ τὴν ἐκτεταμένη κατασκευή «βιοδιυλιστηρίων» στὸ πλαίσιο τῆς «κυκλικῆς οἰκονομίας» (σύμφωνα καὶ με τὰ προλεχθέντα). Τέτοιες ὑποδομὲς «βιοδιυλιστηρίων» δὲν ὑπάρχουν ἀκόμη (ἐκτὸς μιᾶς ἢ δύο περιπτώσεων στὴ Γερμανία) καὶ εκτιμάται ὅτι μιὰ πανευρωπαϊκὴ ἀνάπτυξή τους θὰ ἀπαιτήσῃ ἐπενδύσεις τῆς τάξης τῶν 50-100 δισεκατομμυρίων εὐρώ (SZABÓ 2016),

iii. ἡ παραγωγή βιοκαυσίμων καὶ ἡ πριμοδότησή της πρέπει νὰ διαφοροποιηθεῖ κατὰ εἶδος βιοκαυσίμου καὶ κατὰ τόπο παραγωγῆς με κύριο γνώμονα τὴν ὑπαρξὴ τῶν ἀπαραίτητων πρώτων ὑλῶν σὲ βάθος χρόνου. Π.χ. ἡ παραγωγή αϊθανόλης ἐμφανίζεται ὡς ὀλιγότερο ἐπιβλαβὴς γιὰ τὸ περιβάλλον ἀπ' ὅ,τι τὸ βιοντῆζελ καὶ τὸ βιομεθάνιο, ἐνῶ τὸ βιοαέριο καὶ τὸ βιομεθάνιο ποὺ παράγεται ἀπὸ αὐτὸ ἐνδείκνυνται γιὰ περιοχὲς ὅπου ὑπάρχουν μεγάλα ἀποθέματα γεωργικῶν ὀργανικῶν καὶ ἀνόργανων ἀποβλήτων (ὅπως ἡ Ἑλλάδα). Στὶς μέχρι σήμερα πολιτικὲς καὶ στὰ κείμενα τῆς ΕΕ δὲν γίνεται τέτοια διαφοροποίηση, ἐνῶ γιὰ τὴν Ἑλλάδα ἔχει ἤδη ὑποστηριχθεῖ στὰ προηγούμενα ἡ ἀνάγκη χάραξης συνολικῆς στρατηγικῆς γιὰ τὰ καύ-

σιμα ή όποία θά περιλαμβάνει καί αὐτοῦ τοῦ εἵδους τίς ἀποφάσεις (ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ 2016 καί ΖΑΦΕΙΡΗΣ 2016).

Τέλος, ὅσον ἀφορᾷ τήν αὐξηση τῆς «ἀποδοτικότητας» τοῦ ὅλου συστήματος τῶν Μεταφορῶν μέσα ἀπό χρήση «εὐφυΐας» καί ἄλλων συναφῶν τεχνολογιῶν, ἡ ἀναμενόμενη μείωση τῶν ἐκπομπῶν ἀναμένεται νά εἶναι μὲν σημαντική ἀλλὰ ὄχι καθοριστική. Στὸ παρελθόν, τέτοιου τύπου βελτιώσεις στὴν «ἀποδοτικότητα» τοῦ συστήματος, ποὺ ἐπῆλθαν μὲ τὴ χρήση νέας τεχνολογίας σηματοδοτῶν καί ἐξελιγμένων ἀλγορίθμων συντονισμοῦ τους, ἐπέφεραν καί βελτιώσεις στὴν κυκλοφοριακὴ ροὴ τῆς τάξης τοῦ 10-15% σὲ σχέση μὲ τὴν προηγούμενη κατάσταση. Δὲν ὑπάρχει συνεπῶς λόγος νά περιμένουμε μεγαλύτερες βελτιώσεις ἀπὸ αὐτὲς ὡς τάξη μεγέθους μὲ τὴν ἐφαρμογὴ τῶν νέων «εὐφυῶν» τεχνολογιῶν καί συστημάτων βελτίωσης τῆς ἀποδοτικότητας συστήματος ποὺ προαναφέρθηκαν.

Τὸ συμπέρασμα ἀπὸ τίς παραπάνω θεωρήσεις εἶναι ὅτι ἡ ἀποτελεσματικότητα τῶν ἐπτὰ «συνιστωσῶν» ποὺ ἀναφέρθηκαν στὸ προηγούμενο κεφάλαιο γιὰ τὴν ἀπεξάρτηση τοῦ συστήματος τῶν Μεταφορῶν ἀπὸ τὸν ἄνθρακα δὲν εἶναι κάτι αὐταπόδεικτο, οὔτε εἶναι δυνατόν νά προβλεφθεῖ ἐπακριβῶς τὸ ἂν ἡ ἐφαρμογὴ τους θά ἐπιτύχει τίς ἐπιθυμητὲς μειώσεις ἐκπομπῶν καί τὰ ὅρια ποὺ τίθενται ἀπὸ τὴν ΕΕ ἢ ἀπὸ τίς ἐπὶ μέρους ἐθνικὲς κυβερνήσεις. Χρειάζεται συνεπῶς συνεχῆς ἐπαλήθευση καί ἐπιβεβαίωση τῶν ἀποτελεσμάτων στὴν πράξη καί θά πρέπει νά σχεδιαστοῦν καί νά ἐφαρμοστοῦν τὰ σχετικὰ «ἐργαλεῖα» γιὰ νά γίνεи αὐτὸ σύντομα καί γιὰ ὅσο θά εἶναι σὲ ἐξέλιξη ἡ ὑλοποίηση καί ἡ ἐφαρμογὴ τους.

6.2 Συμπεράσματα γιὰ τὴν Ἑλλάδα

Ἡ παρατεταμένη καί βαθιὰ οἰκονομικὴ κρίση ποὺ βιώνει ἡ Ἑλλάδα τὰ τελευταῖα ὀκτῶ χρόνια ἐπηρεάζει προφανῶς καί τὴν ἱκανότητά της νά σχεδιάσει καί νά ὑλοποιήσει τίς ἀναγκαῖες ἀλλαγές καί ὑποδομὲς ποὺ θά τῆς ἐπιτρέψουν τὴ μερικὴ ἢ ὀλικὴ πρακτικὴ ἐφαρμογὴ τῶν ἐπτὰ «συνιστωσῶν» τοῦ μελλοντικοῦ –ἀπεξαρτημένου ἀπὸ τὸν ἄνθρακα– συστήματος Μεταφορῶν.

Στὸν τομέα τῆς παραγωγῆς καί χρήσης ἐναλλακτικῶν καυσίμων ἡ σημερινὴ κατάσταση ἔχει ἐπηρεαστεῖ σημαντικὰ ἀπὸ τὴν οἰκονομικὴ κρίση τόσο θετικὰ ὅσο καί ἀρνητικὰ. Στὰ θετικὰ περιλαμβάνεται ἡ αὐξημένη χρήση τοῦ LPG, ἡ ὁποία ἐξαπλώνεται πολὺ γρήγορα λόγω τοῦ μειωμένου

κόστους έναντι της βενζίνης. Το βιοντίζελ 2ης γενιάς από πρώτες ύλες οργανικής βάσης οι οποίες είναι ανανεώσιμες παράγεται μὲν ἀλλὰ περιορισμένα καὶ δὲν ἔχει ἐπεκταθεῖ ἱκανοποιητικὰ ἀκόμη στὴν ἀγορὰ λόγω φορολογικῶν κυρίως ἐπιβαρύνσεων. Ὁ ἡλεκτρισμὸς ὡς «καύσιμο» κίνησης στὴν Ἑλλάδα βρίσκεται ἀκόμα σὲ ἐμβρυϊκὸ στάδιο. Ἡ χρῆση τῶν συμβατικῶν καυσίμων παρουσιάζει γενικὰ πτωτικὲς τάσεις λόγω τῆς οἰκονομικῆς κρίσης καὶ τῆς ὑψηλῆς φορολογίας τους καὶ μάλιστα σὲ ποσοστὰ τῆς τάξης τοῦ 30 καὶ 40% ἀνάλογα μὲ τὸ καύσιμο, ἀλλὰ αὐτὸ δὲν μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ ὡς μόνιμο φαινόμενο ἢ ἐνδεδευμένη πολιτική.

Ἡ χώρα πρέπει συνεπῶς στὰ ἀμέσως ἐπόμενα χρόνια νὰ διαμορφώσει καὶ νὰ ἀκολουθήσει μιὰ σταθερὴ πολιτικὴ σχετικὰ μὲ τὴν παραγωγή καὶ κατανάλωση ἐνέργειας στὶς Μεταφορές. Ἡ πολιτικὴ αὕτῃ θὰ πρέπει νὰ εἶναι ἄμεσα σχετιζόμενη μὲ τὴν περιβαλλοντικὴ πολιτικὴ τῆς καὶ τὴν πολιτικὴ γιὰ τὴν κλιματικὴ ἀλλαγὴ, ἡ ὁποία θὰ πρέπει νὰ πληροῖ μεταξὺ ἄλλων καὶ τὰ κριτήρια τῆς πρόσφατης Διάσκεψης τῶν Παρισίων. Ταυτόχρονα ἡ ἐνεργειακὴ αὕτῃ πολιτικὴ τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν θὰ πρέπει νὰ συνδυάζεται μὲ μιὰ πολιτικὴ γιὰ τὴν οἰκονομικὴ ἀνάπτυξη τῆς χώρας καὶ τὴν ὅποια πολιτικὴ Μεταφορῶν στὸν βαθμὸ πὺ αὕτῃ ὑπάρχει καὶ ὑλοποιεῖται. Στὸ πλαίσιο αὐτὸ προτάθηκε προηγουμένως ἡ διαμόρφωση καὶ ὑλοποίηση μιᾶς Ἑθνικῆς Ἑνεργειακῆς Στρατηγικῆς γιὰ τὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν ἡ ὁποία θὰ στοχεύει τόσο στὴ βέλτιστη περιβαλλοντικὴ προστασία τῶν περιοχῶν πὺ ἐπηρεάζονται ἀπὸ τὴν ὀδικὴ κυρίως κυκλοφορία ὅσο καὶ στὴν ἐπίτευξη τῶν στόχων πὺ σχετίζονται μὲ τὴν κλιματικὴ ἀλλαγὴ μέσα ἀπὸ ἐφαρμογὴ συνδυασμοῦ λύσεων στὴ βάση τῶν ἑπτὰ «συνιστωσῶν».

Ἡ χώρα μας ἔχει δυστυχῶς μακρὰ παράδοση ἀσυνέπειας πολιτικῶν καὶ καθυστερημένων ἐνεργειῶν ὅσον ἀφορᾷ τὶς ὑποχρεώσεις τοῦ κράτους. Εἶναι πιθανὸ τὸ ἴδιο νὰ συμβεῖ καὶ στὸν τομέα τῶν Μεταφορῶν καὶ τῶν ἐνεργειακῶν πολιτικῶν πὺ σχετίζονται μὲ αὐτές. Ἄς ἐλπίσουμε ὅτι ἡ παρούσα ἐργασία θὰ δώσει τὸ ἐναυσμα καὶ τὸ ἐρέθισμα γιὰ ἀλλαγὴ νοοτροπίας καὶ τακτικῆς.

Ἀναφορές

- ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ, Ἐνέργεια καὶ Μεταφορές στὴν Ἑλλάδα: Προϋποθέσεις καὶ μέτρα γιὰ καθαρὴ καὶ βιώσιμη ἐνέργεια στὶς Μεταφορές, Ἀκαδημία Ἀθηνῶν, Ἐπιτροπὴ Ἐνέργειας, Πρακτικὰ Ἡμερίδας «Μεταφορές καὶ Ἐνέργεια», 7 Ὀκτωβρίου 2016, Ἀθήνα 2016.
- BAFFES, J. H. – HANIOTIS, A., *Placing the 2006/08 Commodity Price Boom into Perspective*, World Bank, Policy Research Working Paper 5371, Washington DC, Ἰούλιος 2010.
- BARRETT, S. R. H. – SPETH, R. L. – EASTHAM, S. D. – DEDOUSSI, I. C. – ASHOK, A. – MALINA, R. – KEITH, D. W., Impact of the Volkswagen emissions control defeat device on US public health, *Environmental Research Letters*, 10, 11, 2015, σ. 1-10.
- CAPIRE, *European Roadmap Electrification of Road Transport 2nd Edition*, EU funded project CAPIRE, Deliverable 5.4, editors BRIEC, E. – RENAULT, C. M. – MEYER, G. – MÜLLER, B., σὲ συνεργασία μὲ ERTRAC, EPoss, SmartGrids, Βρυξέλλες 2012, στὸ www.green-cars-initiative.eu
- CHOSSIÈRE, G. P. – MALINA, R. – ASHOK, A. – DEDOUSSI, I. C. – EASTHAM, S. D. – SPETH, R. L. – BARRETT, S. R. L., Public health impacts of excess NOx emissions from Volkswagen diesel passenger vehicles in Germany, *Environmental Research Letters*, 12, 3, 2017, σ. 1-14.
- ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ, Γ. Α., Τεχνολογικὲς ἐξελίξεις καὶ ἀναμενόμενες καινοτομίες στὸ σύστημα τῶν ἀστικῶν Μεταφορῶν καὶ συγκοινωνιῶν: Ἐπιπτώσεις καὶ ἐνδεικνυόμενες πολιτικὲς γιὰ τὴν Ἑλλάδα, Πρακτικὰ τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, 90, Α', Ἀθήνα 2015.
- , Ἐνεργειακὴ ἀποτύπωση τοῦ τομέα τῶν Μεταφορῶν στὴν Ἑλλάδα καὶ οἱ προοπτικὲς γιὰ τὸ μέλλον, Ἀκαδημία Ἀθηνῶν, Πρακτικὰ Ἡμερίδας «Μεταφορές καὶ Ἐνέργεια», 7 Ὀκτωβρίου 2016, Ἀθήνα 2016.
- EE, European Transport policy for 2010: time to decide, *Εὐρωπαϊκὴ Ἐπιτροπὴ*, report COM(2001) 370 final, Brussels, 12.9.2001.
- E4TECH, *The Fuel Cell Industry Review 2016*, E4Tech, Λωζάννη 2016, στὸ www.FuelCellIndustryReview.com
- EUROSTAT, *Transport statistics*, Eurostat Luxembourg 2016.
- ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, Χάρτης πορείας γιὰ ἕναν ἐνιαῖο χῶρο Μεταφορῶν – Γιὰ ἕνα ἀνταγωνιστικὸ καὶ ἐνεργειακὰ ἀποδοτικὸ σύστημα Μεταφορῶν, COM(2011) 144, Βρυξέλλες, 28.3.2011.
- , Χάρτης πορείας γιὰ τὴ μετάβαση σὲ μιὰ ἀνταγωνιστικὴ οἰκονομία χαμηλῶν ἐπιπέδων ἀνθρακούχων ἐκπομπῶν τὸ 2050 (Energy Road Map 2050), *Εὐρωπαϊκὴ Ἐπιτροπὴ*, COM(2011) 885 final, Βρυξέλλες, 15.12.2011.

- , *Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: Accelerating the European Energy System Transformation*, Ανακοίνωση Εύρωπαϊκής Έπιτροπής αριθ. C, Βρυξέλλες 2015, 6317 final.
- , *Εύρωπαϊκή Στρατηγική για κινητικότητα χαμηλών εκπομπών* (A European Strategy for Low-Emission Mobility), *Εύρωπαϊκή Έπιτροπή*, COM(2016) 501 final, Βρυξέλλες, 20.7.2016.
- ΖΑΦΕΙΡΗΣ, ΧΡ., *Αναβάθμιση βιοαερίου σέ βιομεθάνιο – Προοπτική για τó αύριο, Ακαδημία Αθηνών, Πρακτικά Ημερίδας «Μεταφορές και Ένέργεια», 7 Όκτωβρίου 2016, Αθήνα 2016.*
- IEA, *Electric and Plug-in Hybrid Vehicle Roadmap*, International Energy Agency, Παρίσι 2015, στέ www.iea.org/roadmaps
- , *CO₂ Emissions From Fuel Combustion, 2016 Edition*, International Energy Agency, Παρίσι 2016.
- IPCC Transport, *Transport and its Infrastructure, in Climate Change: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report*, Cambridge University Press, KAHN RIBEIRO, S., S. KOBAYASHI, M. BEUTHE, J. GASCA, D. GREENE, D. S. LEE, Y. MUROMACHI, P. J. NEWTON, S. PLOTKIN, D. SPERLING, R. WIT, P. J. ZHOU, New York 2007.
- ITF, *Decarbonising Transport: Helping decision makers establish pathways to carbon-neutral mobility*, International Transport Forum, interim report, Παρίσι 2017, στέ www.itf-oecd.org/decarbonising-transport
- LEONHARD, R., *Driving with fire: Ways to CO₂ free mobility, στέ 15. Internationales Stuttgarter Symposium Automobile und Motorentechnik*, editors BARGENDE, M. – REUSS, H.-CH. – WIEDEMANN, J., Springer, 15th International Stuttgarter Symposium, Proceedings, Στουτγάρδη 2015, σ. 1349-1361 και στέ <http://www.springer.com/gp/book/9783658088439>
- MITCHELL, D., *A note on Rising Food Crisis*, The World Bank, Policy Research Working Paper No. 4682, Washington DC, Όύλιος 2008.
- OECD, *Economic Assessment of Biofuel Support Policies*. OECD, Directorate for Trade and Agriculture, Παρίσι, 16.7.2008.
- OHE, *Paris Agreement*. Παρίσι, 5 Δεκεμβρίου 2015, και στέ: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>: Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties, Twenty-first session (COP21).
- PAGLIARO, M. – KONSTANDOPOULOS, G. A. – CIRIMINNA, R. – PALMISANO, G., *Solar hydrogen: Fuel of the near future*, *Energy and Environmental Science*, 3, 3, 2010, σ. 279-287.
- ΣΑΣΘ, *Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας για τή Μητροπολιτική Περιοχή Θεσσαλονίκης, Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης, στέ πλαίσιο τού εύρωπαϊκού έργου ATTAC, Βρυξέλλες 2012.*

- SZABÓ, Z., EU's fanciful transport decarbonisation strategy. *EURACTIV Network*, Βρυξέλλες, 12.9.2016, στο <https://www.euractiv.com/section/transport/opinion/eus-fanciful-transport-decarbonisation-strategy/>
- ΥΠΕΚΑ, *Εθνική Στρατηγική για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή*, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα, Απρίλιος 2016.
-

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 6ΗΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2017

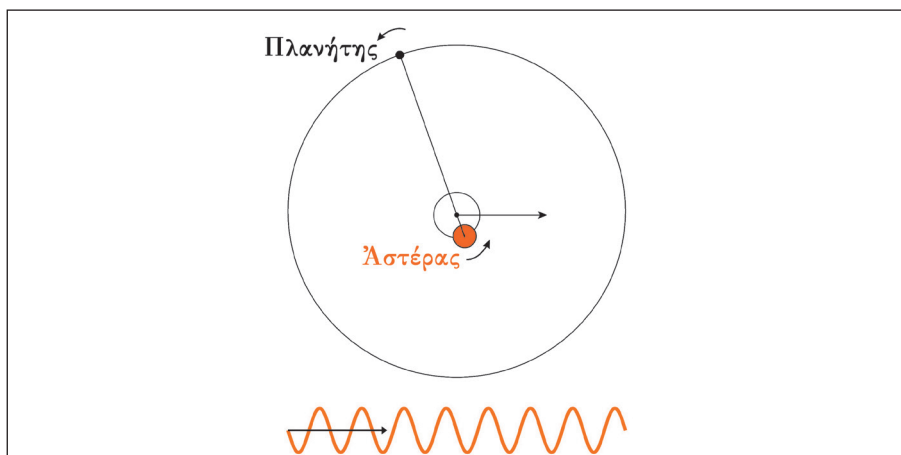
ΥΠΑΡΞΗ ΖΩΗΣ ΣΤΟ ΣΥΜΠΑΝ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ
κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΥ

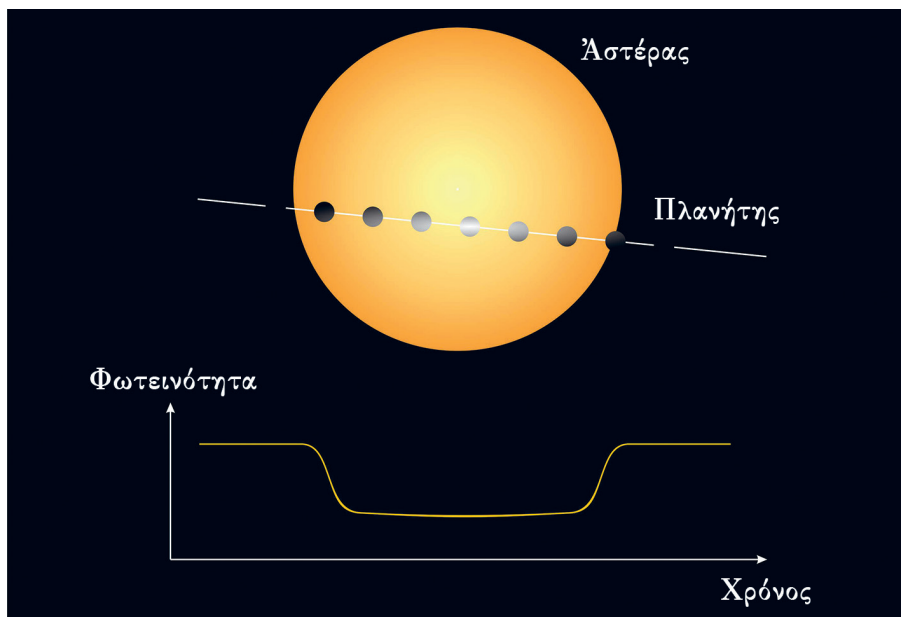
Πρίν από λίγες εβδομάδες έγινε μια έντυπωσιακή ανακοίνωση από τη NASA: Ανακαλύφθηκαν γύρω από έναν μικρό άστέρα 7 πλανήτες με διαστάσεις παρόμοιες με τη Γη, εκ των οποίων μάλιστα οι 3 εύρισκονται στην «κατοικήσιμη ζώνη» γύρω από τον άστέρα. Η ανακάλυψη αυτή έφερε στο προσκήνιο τη συζήτηση για το αν υπάρχει έξω από τη Γη ζωή παρόμοια με τη ζωή στη Γη.

Τα τελευταία χρόνια ανακαλύφθηκαν πολλά πλανητικά συστήματα έξω από το ηλιακό μας σύστημα. Η ανακάλυψή τους γίνεται με δύο κυρίως τρόπους:

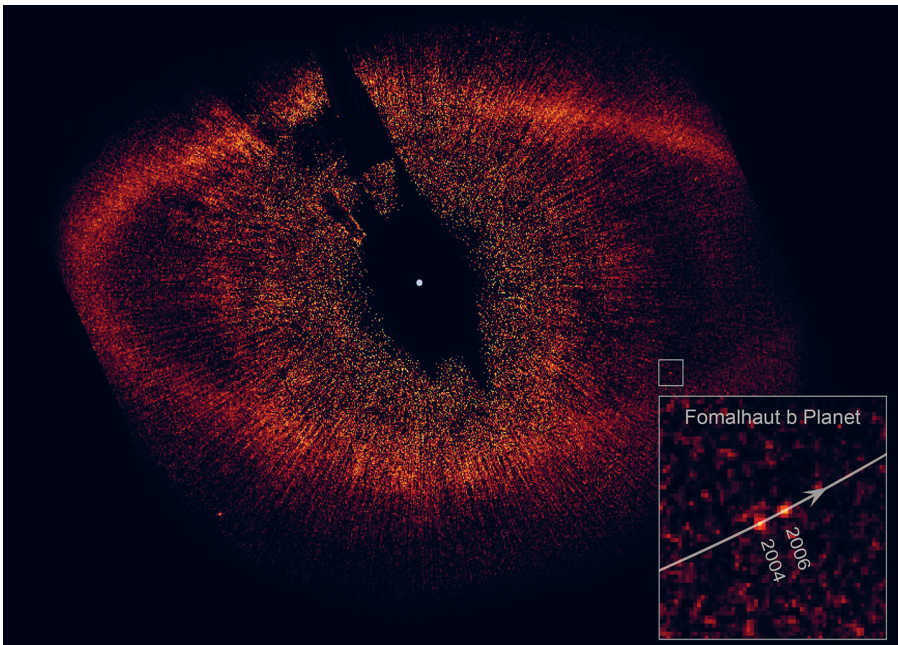
(Α) Αν ένας άστέρας συνοδεύεται από έναν πλανήτη, τότε ο άστέρας αυτός και ο πλανήτης κινούνται σε έλλειπτικές τροχιές γύρω από το κοινό κέντρο βάρους (Σχήμα 1). Έξ' αλλου το κέντρο βάρους Κ κινείται στον χώρο με ευθύγραμμη και ομαλή κίνηση. Κατά συνέπεια η τροχιά του άστέρα είναι ένας συνδυασμός της ευθύγραμμης και της έλλειπτικής τροχιάς (Σχήμα 1). Έν γένει ο πλανήτης είναι άορατος γιατί είναι πολύ μικρός και η έλλειψη που διαγράφει ο κεντρικός άστέρας είναι πολύ μικρή. (Για παράδειγμα, αν θεωρήσουμε την κίνηση του Ήλιου γύρω από το κέντρο μάζας του Ήλιου και των πλανητών, αυτή είναι περίπου κυκλική με ακτίνα λίγο μεγαλύτερη από την ακτίνα του Ήλιου.) Όμως με όργανα ακριβείας έχουν διαπιστωθεί πολλοί άστέρες που παρουσιάζουν εκτροπές από την ευθύγραμμη κίνηση και από τις εκτροπές αυτές υπολογίζεται η μάζα του πλανήτη.



Σχήμα 1: Ο αστέρας και ο πλανήτης του περιστρέφονται γύρω από το κοινό κέντρον μάζας, το οποίο έχει μία εὐθύγραμμη κίνηση. Ἐπομένως ἡ παρατηρούμενη τροχιά τοῦ ἀστέρα εἶναι μία ταλάντωση γύρω ἀπὸ τὴν εὐθύγραμμη τροχιά.



Σχήμα 2: Ὄταν ἓνας πλανήτης διέρχεται μπροστὰ ἀπὸ τὸν ἀστέρα, ἡ λαμπρότης τοῦ ἀστέρα ἐλαττώνεται.



Σχῆμα 3: Ἡ πρώτη ἄμεση παρατήρηση πλανήτη μέσα σὲ ἓνα νέφος πὺν περιβάλλει τὸν ἀστέρα Fomalhaut. Ἡ θέση τοῦ πλανήτη ἀλλάζει ἀπὸ τὸ 2004 στὸ 2006.

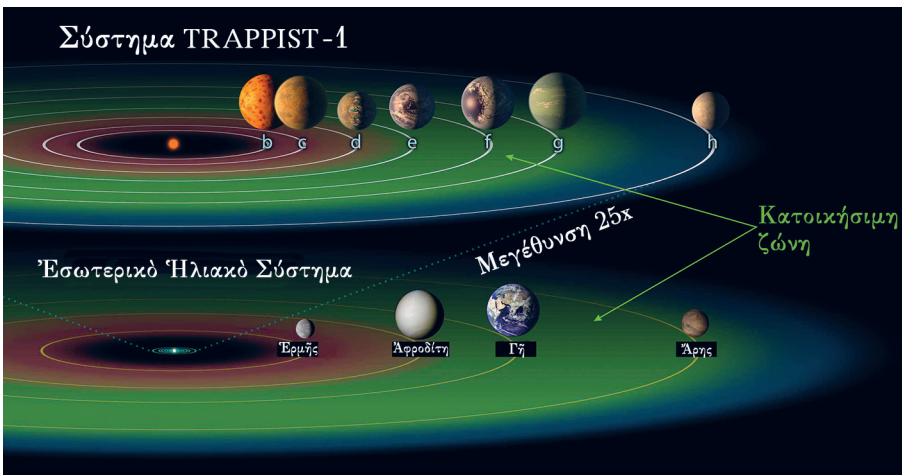
(B) Ἡ δευτέρα μέθοδος εἶναι φωτομετρική. Ἐὰν ὁ πλανήτης περνάει μπροστὰ ἀπὸ τὸν ἀστέρα, ἡ λαμπρότης τοῦ ἀστέρος ἐλαττώνεται κατὰ τι καὶ ἀπὸ τὴν ἐλάττωση αὕτη ὑπολογίζονται οἱ διαστάσεις τοῦ πλανήτη (Σχῆμα 2).

Μέχρι τώρα ἔχουν βρεθεῖ πάνω ἀπὸ 3.500 πλανῆτες καὶ ὁ ἀριθμὸς τους αὐξάνει συνεχῶς. Ἐν γένει πάντως οἱ πλανῆτες αὗτοι δὲν παρατηροῦνται ἄμεσα, ἀλλὰ ἡ ὑπαρξή τους διαπιστώνεται ἔμμεσα. Λίγοι μόνο πλανῆτες ἔχουν παρατηρηθεῖ ἄμεσα καὶ ὁ πρῶτος ἀπὸ αὗτους παρατηρήθηκε ἀπὸ τὸν Ἑλληνα Paul Kalas ἀπὸ τὸ Πανεπιστήμιο τοῦ Berkeley (2008) (Σχῆμα 3).

Οἱ περισσότεροι πλανῆτες πὺν ἀνακαλύφθηκαν εἶναι πολὺ μεγάλοι, σὰν τὸν Δία καὶ τὸν Κρόνο στὸ ἡλιακὸ μας σύστημα. Ἐμᾶς ὅμως μᾶς ἐνδιαφέρουν οἱ πλανῆτες πὺν εἶναι παρόμοιοι μὲ τὴ Γῆ, καὶ αὗτοι εἶναι πὺν δύσκολο νὰ παρατηρηθοῦν, γιατί τὰ φαινόμενα πὺν προκαλοῦν στὶς τροχιές τῶν ἀστέρων ἢ στὴ φωτεινότητά τους εἶναι πολὺ μικρά.



Σχῆμα 4: Οἱ πλανῆτες τοῦ TRAPPIST-1 συγκρινόμενοι μὲ τοὺς ἐσωτερικοὺς πλανῆτες τοῦ ἡλιακοῦ μας συστήματος.



Σχῆμα 5: Οἱ κατοικήσιμες ζῶνες γύρω ἀπὸ τὸν TRAPPIST-1 καὶ γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο.

Γι' αὐτὸ ἔχει ἰδιαίτερο ἐνδιαφέρον ἡ πρόσφατη ἀνακάλυψη τῆς NASA ποὺ δημοσιεύθηκε στὸ περιοδικὸ *Nature* στίς 23 Φεβρουαρίου 2017. Οἱ ἐπιστήμονες τῆς NASA βρῆκαν ἓναν ἀστέρα σὲ ἀπόσταση 40 ἐτῶν φωτὸς ἀπὸ ἐμᾶς, ποὺ ὀνομάζεται TRAPPIST-1 καὶ ἔχει 7 πλανῆτες μὲ διαστάσεις παρόμοιες μὲ τίς διαστάσεις τῆς Γῆς (Σχῆμα 4).

Μάλιστα οι 3 από τους πλανήτες αυτούς βρίσκονται μέσα στην «κατοικήσιμη περιοχή» γύρω από τον άστέρα, δηλαδή σε απόσταση τέτοια ώστε να μπορεί να υπάρξει στον πλανήτη αυτόν νερό σε υγρή μορφή. Στο Σχήμα 5 έχουμε σημειώσει την κατοικήσιμη περιοχή γύρω από τον TRAPPIST-1 και γύρω από τον Ήλιο, δηλαδή την περιοχή όπου η μέση θερμοκρασία είναι μεταξύ 0° και 100° . Αν ένας πλανήτης είναι πολύ κοντά στον άστέρα, η θερμοκρασία του είναι πολύ μεγάλη και όλο το νερό έχει εξατμισθεί. Έξ' άλλου, αν ο πλανήτης είναι πολύ μακριά από τον άστέρα, η θερμοκρασία του είναι πολύ μικρή και αν υπάρχει νερό θα είναι υπό τη μορφή πάγου.

Η ύπαρξη υγρού νερού είναι ένα απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη ζωής παρόμοιας με τη ζωή της Γης, γιατί όλες οι βασικές διεργασίες γίνονται με τη βοήθεια του νερού. Αν η θερμοκρασία ενός πλανήτη είναι πάνω από 100° ή μονίμως κάτω από το μηδέν, οι χημικές αντιδράσεις που δημιουργεί η ζωή είναι ιδιαίτερα δύσκολες, αν όχι έντελως απαγορευτικές.

Στο ήλιακό μας σύστημα η κατοικήσιμη περιοχή εκτείνεται περίπου από την Αφροδίτη μέχρι τον Άρη. Στον έσωτερικό πλανήτη, τον Έρμη, η θερμοκρασία φθάνει τους 400° Κελσίου, ενώ στον Δία μετά τον Άρη η θερμοκρασία είναι γύρω στους 150° Κελσίου υπό το μηδέν, άρα και στις δύο περιπτώσεις η ζωή φαίνεται να είναι αδύνατη. Άλλωστε στον Δία υπάρχει ένα ακόμη εμπόδιο για την ύπαρξη ζωής, που είναι η μεγάλη πίεση της ατμόσφαιρας στην επιφάνειά του, η οποία είναι περίπου ένα εκατομμύριο γήινες ατμόσφαιρες.

Έξ' άλλου και η Αφροδίτη, που βρίσκεται στα όρια της κατοικήσιμης περιοχής, έχει πολύ μεγάλη θερμοκρασία (πάνω από 400°), που καθιστά αδύνατη την ανάπτυξη ζωής. Όμως η μεγάλη θερμοκρασία της Αφροδίτης οφείλεται σε ένα φαινόμενο θερμοκηπίου λόγω της ύπαρξης νεφών που την καλύπτουν εξ' ολοκλήρου. Αν τα νέφη αυτά φύγουν, τότε η Αφροδίτη θα μπορεί να γίνει κατοικήσιμη.

Ο Άρης πάντως έχει τις πιο συγγενείς συνθήκες με αυτές της Γης (Σχήμα 6). Η θερμοκρασία του είναι πολλές φορές άνω του μηδενός (μέχρι 30° Κελσίου), έχει ένα ποσό νερού, έχει όζον — αν και πολύ λιγότερο από το όζον της Γης —, έχει κλιματικές μεταβολές, ανέμους κ.λπ. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι 0,006 ατμόσφαιρες, δηλαδή σαν να είμαστε στη Γη σε ύψος μεγαλύτερο από το Έβερεστ.



Σχήμα 6: Ο Άρης έχει θερμοκρασία και άλλες συνθήκες που θα μπορούσαν να επιτρέψουν την ανάπτυξη ζωής.

Όπως είναι γνωστό, γίνονται πολλές προσπάθειες να εύρεθούν ίχνη ζωής (έστω μικροβιακής ζωής) στον Άρη. Όμως μέχρι στιγμής δεν υπάρχουν ενδείξεις για την ύπαρξη ζωής¹.

Το κύριο συμπέρασμά μας είναι ότι για να υπάρχει ζωή δεν αρκεί ένας πλανήτης να βρίσκεται μέσα στην κατοικήσιμη ζώνη γύρω από έναν αστέρα. Χρειάζεται επίσης να εύρεθεί ή σύσταση της ατμόσφαιρας του πλανήτη, να διαπιστωθεί αν έχει όξινο και υδρατμούς, να εύρεθεί ή πίεση της ατμόσφαιρας κ.ο.κ.

Γι' αυτό τον λόγο ή πρώτη προτεραιότητα στη μελέτη των έξω-ηλιακών πλανητικών συστημάτων είναι ή προσπάθεια να εύρεθούν φάσματα των ατμοσφαιρών των πλανητών που θα μας δώσουν στοιχεία για τη σύσταση των ατμοσφαιρών αυτών.

1. Τα τελευταία χρόνια ή NASA κάνει πολλές προσπάθειες να μελετήσει τις συνθήκες που υπάρχουν σε όρισμένους δορυφόρους του Διός και του Κρόνου, οι οποίες ίσως επιτρέπουν την ύπαρξη νερού σε υγρή μορφή.

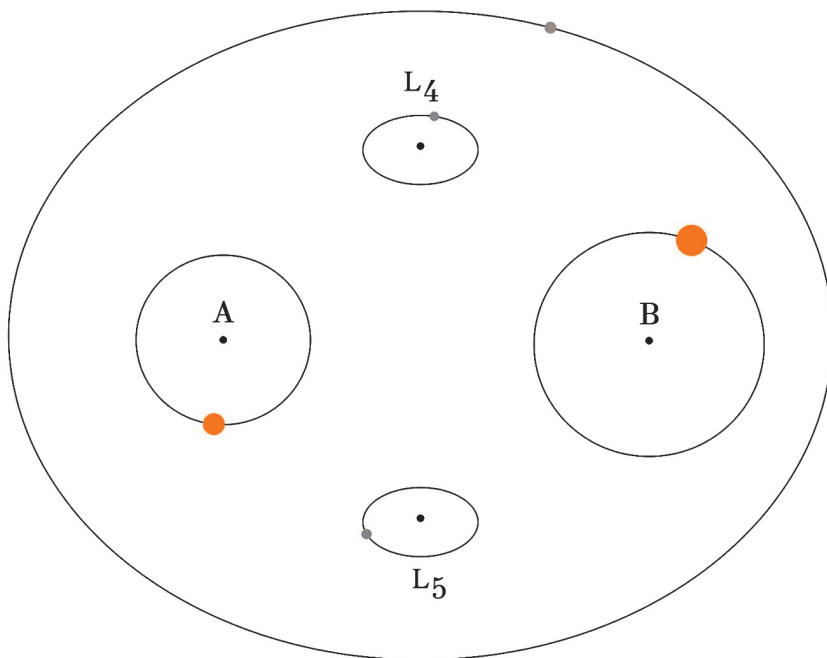
Μιά ιδιαίτερη προσπάθεια να μελετηθεί ή ατμόσφαιρα ενός πλανήτη αναφέρεται στον πλανήτη που διαπιστώθηκε ότι έχει ο πλησιέστερος άστέρας προς τον Ήλιο, ο Proxima Centauri, που βρίσκεται στον άστερισμό του Κενταύρου και σε απόσταση περίπου 4 έτων φωτός από τον Ήλιο. Ο πλανήτης αυτός βρίσκεται μέσα στην κατοικήσιμη ζώνη γύρω από τον Proxima Centauri. Άρα ή μελέτη του έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Ένα ενδιαφέρον θέμα σχετικό με τους εξωηλιακούς πλανήτες αποτελεί ή μορφή των τροχιών των πλανητών και ή ευστάθεια των τροχιών αυτών. Με τὸ θέμα αυτό είχε ασχοληθεί πρωτοπορώντας ο άείμνηστος Ιωάννης Χατζηδημητρίου, άντεπιστέλλον μέλος τῆς Ακαδημίας Αθηνών (2008, 2009).

Πολλές τροχιές είναι περίπου κυκλικές, δηλαδή έχουν μικρή έκκεντρότητα. Οί τροχιές αυτές είναι έν γένει ευσταθείς. Όταν όμως υπάρχουν περισσότεροι του ενός πλανήτες, αυτοί αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και σε πολλές περιπτώσεις προκαλούν αστάθεια των τροχιών. Παραδείγματος χάριν, υπολογίζεται ότι ο πλανήτης Έρμης, μετά από μερικά δισεκατομμύρια έτη, θα φύγει από τὸ ήλιακό σύστημα ή θα πέσει πάνω στον Ήλιο. Ιδιαίτερη επίσης σημασία έχουν οί τροχιές σε διπλούς άστέρες, δεδομένου ότι οί περισσότεροι άστέρες στο Σύμπαν είναι διπλοί ή πολλαπλοί.

Στην περίπτωση διπλών άστέρων υπάρχουν πλανητικές τροχιές γύρω από έναν από τους δύο άστέρες, υπάρχουν όμως και τροχιές που περιβάλλουν και τους δύο άστέρες σε μεγάλες αποστάσεις από αυτούς. Υπάρχουν ακόμη τροχιές γύρω από τὰ σημεία Lagrange L4, L5 που σχηματίζουν ισόπλευρα τρίγωνα με τους δύο άστέρες του διπλού συστήματος (Σχήμα 7). Έτσι διαμορφώνονται ανάλογα οί κατοικήσιμες περιοχές γύρω από τους άστέρες αυτούς. Σε πολλές περιπτώσεις οί τροχιές είναι ασταθείς και δέν παρέχουν ένα μακρόβιο, σταθερό περίπου καθεστώς, που θα επέτρεπε τήν ανάπτυξη και τήν εξέλιξη τῆς ζωῆς.

Άς σημειωθεί ἐδῶ ότι, ακόμη και σε περιπτώσεις που όρισμένοι πλανήτες βρίσκονται στην κατοικήσιμη ζώνη, οί συνθήκες μπορεί να είναι πολύ διαφορετικές από τις συνθήκες που ισχύουν στη Γῆ. Για παράδειγμα, οί πλανήτες που ανακάλυψε πρόσφατα ή NASA είναι τόσο κοντά στον κεντρικό άστέρα ώστε περιστρέφονται ταχύτατα γύρω από αυτόν. Έτσι ή διάρκεια του έτους στους πλανήτες αυτούς είναι ελάχιστες ήμέρες (από 1,5 μέχρι 12 ήμέρες). Επίσης στον πλανήτη γύρω από τον Proxima Centauri τὸ έτος διαρκεί 11 ήμέρες.



Σχήμα 7: Τροχιές γύρω από ένα ζεύγος αστέρων A, B.

Πόσοι όμως είναι οι πιθανοί πλανήτες γύρω από τους άστρες του Γαλαξίου μας; Ο Γαλαξίας μας περιέχει πάνω από 100 δισεκατομμύρια άστρες και οι περισσότεροι από αυτούς είναι δυνατόν να συνοδεύονται από πλανήτες. Πολλοί από αυτούς τους πλανήτες θα πρέπει να βρίσκονται σε κατοικήσιμες ζώνες. Αλλά είναι άγνωστο πόσοι από αυτούς τους πλανήτες έχουν όλες τις κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και χημικής σύστασης της ατμόσφαιράς τους ώστε να μπορούν να αναπτύξουν ζωή.

Ας υποθέσουμε όμως ότι ένας πλανήτης έχει όλες τις προϋποθέσεις για να αναπτύξει ζωή. Σημαίνει αυτό ότι νομοτελειακά θα αναπτύξει ζωή; Έδω εμφανίζεται το πρόβλημα της αρχικής δημιουργίας της ζωής.

Η ζωή αρχίζει όταν δημιουργηθεί το πρώτο μόριο DNA που έχει τη δυνατότητα να αναπαραχθεί. Αλλά ποιά είναι η πιθανότητα να δημιουργηθεί τυχαία ένα μόριο DNA;

Το μόριο του DNA αποτελείται από τουλάχιστον 1000 άτομα. Ας υποθέσουμε ότι όλα τα άτομα άνθρακος, άζωτου, φωσφόρου κ.λπ. είναι διαθέσιμα και κάνουμε τυχαίες τοποθετήσεις των ατόμων αυτών. Το πλήθος

τῶν δυνατῶν συνδυασμῶν τῶν ἀτόμων αὐτῶν εἶναι τῆς τάξεως τῶν 1000^{1000} . Ἐπομένως ἡ πιθανότης νὰ ἔλθουν τὰ ἄτομα αὐτὰ στὴ σωστὴ σειρὰ ποὺ χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὴ διπλὴ ἑλίκια τοῦ DNA εἶναι μὴ μηδενικὴ, ἀλλὰ τῆς τάξεως τοῦ $1/1000^{1000}$, δηλαδὴ ἓνας ἀπίστευτα μικρὸς ἀριθμὸς. Ἄν ὑπολογίζαμε ὅλες τὶς δυνατὲς περιπτώσεις, θὰ χρειαζόμαστε ἓναν ὑπολογιστὴ πολὺ μεγαλύτερο ἀπὸ ὅλο τὸ ὄρατὸ Σύμπαν, ποὺ θὰ δούλευε μὲ τεράστια ταχύτητα ἐπὶ ἀναρίθμητα δισεκατομμύρια ἔτη γιὰ νὰ βρεῖ τὶς δυνατὲς εὐσταθεῖς καταστάσεις ἑνὸς μορίου DNA.

Τώρα βέβαια ποὺ γνωρίζουμε πειραματικὰ τὴ δομὴ τοῦ DNA, εἶναι σχετικὰ εὐκόλο νὰ ὑπολογίσουμε τὶς δυνάμεις ποὺ συνδέουν τὰ ἄτομα τοῦ DNA μεταξὺ τους καὶ νὰ βροῦμε τὴν εὐστάθεια τῆς δομῆς αὐτῆς. Ἀλλὰ χωρὶς αὐτὴ τὴ γνώση θὰ ἦταν πρακτικὰ ἀδύνατο νὰ ὑπολογίσουμε θεωρητικὰ τὴ δομὴ τοῦ DNA, μὲ τὶς ἀπίστευτες ιδιότητες, ποὺ ἀποτελεῖ τὴ βάση τῆς γνωστῆς μας ζωῆς.

Τώρα τὸ ἂν ἄλλες ἐξωτικὲς μορφές ζωῆς θὰ μπορούσαν νὰ δημιουργηθοῦν μὲ ἄλλους συνδυασμοὺς ἀτόμων, αὐτὸ εἶναι κάτι τὸ ἐντελῶς ἀπροσδιόριστο καὶ δὲν εἴμαστε σὲ θέση νὰ ἐκτιμήσουμε ἂν ὑπάρχει τέτοια δυνατότητα.

Ἕνας διάσημος ἀστρονόμος, ὁ Fred Hoyle, ὑπολόγισε ὅτι ἡ πιθανότης δημιουργίας ἑνὸς βακτηρίου εἶναι $1:10^{6900}$. Κατόπιν αὐτοῦ συμπέρανε ὅτι ἀποκλείεται ἡ ζωὴ νὰ δημιουργήθηκε στὴ Γῆ. Πολὺ πιὸ πιθανὸ εἶναι ἡ ζωὴ νὰ ἦλθε ἀπὸ τὸ διάστημα, μέσα σὲ μετεωρίτες ποὺ συνεχῶς βομβαρδίζουν τὴ Γῆ.

Ἀλλὰ, ἂν θεωρήσουμε τὴν πιθανότητα νὰ δημιουργήθηκε ἡ πρώτη μορφή ζωῆς σὲ ὁλόκληρο τὸ ὄρατὸ Σύμπαν ἀπὸ τὸν συνδυασμὸ τῶν ἀτόμων τοῦ ὄρατος Σύμπαντος (ποὺ ἀνέρχονται σὲ 10^{80} ἄτομα), πάλι ἡ πιθανότης δημιουργίας ἑνὸς βακτηρίου εἶναι ἀπειροστή, τῆς τάξεως τοῦ $10^{80}/10^{6900}$. Ἐπομένως ἡ πιθανότης νὰ δημιουργήθηκε ἡ ζωὴ σὲ ὁλόκληρο τὸ Σύμπαν δὲν εἶναι αἰσθητὰ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν πιθανότητα νὰ δημιουργήθηκε ἡ ζωὴ στὴ Γῆ. Ὅμως ὁ Hoyle εἶχε διατυπώσει ἐπίσης τὴ θεωρίαν τῆς «συνεχοῦς δημιουργίας», σύμφωνα μὲ τὴν ὁποία τὸ Σύμπαν δημιουργεῖται συνεχῶς καὶ ὑπάρχει αἰωνίως. Ἄρα, ἔλεγε, κάποτε δημιουργήθηκε ζωὴ στὸ Σύμπαν αὐτό. Ὅμως σήμερα ἡ θεωρία τῆς συνεχοῦς δημιουργίας ἔχει ἀπορριφθεῖ καὶ ἡ ἡλικία τοῦ Σύμπαντος ὑπολογίζεται σὲ 14 μόνον δισεκατομμύρια ἔτη.

Γι' αὐτὸ ὁ διάσημος βιολόγος Monod (βραβεῖο Νομπέλ), στὸ κλασικὸ βιβλίον του *Τύχη καὶ Αναγκαιότης*, ἐθεώρησε ὅτι ἓνα ἐντελῶς ἀπίθανο γεγονός, μὲ πιθανότητα σχεδὸν μηδενικὴ, ἐδημιούργησε τὴ βίοσφαιρα τῆς

Γῆς². Ἀλλὰ αὐτὴ ἡ παραδοχὴ τοῦ Monod μόνο ὑπερφυσικὸ γεγονὸς θὰ μποροῦσε νὰ χαρακτηρισθεῖ.

Σήμερα πάντως ποὺ γνωρίζουμε ὅλες τὶς λεπτομέρειες τῆς δομῆς τοῦ DNA, θεωρῶ ὅτι δὲν ἀποκλείεται στὸ μέλλον νὰ δημιουργήσουμε πειραματικά στὸ ἐργαστήριό μας δομὲς ποὺ νὰ μοιάζουν μὲ τὴ δομὴ τοῦ DNA καὶ τῶν κυττάρων, ἀκολουθώντας τὶς παρατηρήσεις ποὺ κάνουμε στὴ φύση.

Ἄν πάντως δεχθοῦμε ὅτι μιὰ πρώτη μορφή ζωῆς δημιουργήθηκε στὴ Γῆ πρὶν ἀπὸ μερικὰ δισεκατομμύρια ἔτη, εἶναι δυνατόν νὰ παρακολουθήσουμε τὴν ἐξέλιξη τῆς ζωῆς σὲ ὁλοένα καὶ πιὸ σύνθετες μορφές. Τὰ τελευταῖα ἔτη μελετήθηκαν τὰ γονιδιώματα πολλῶν ὀργανισμῶν, ὄχι μόνο τοῦ ἀνθρώπου, ἀλλὰ καὶ διαφόρων ζώων καὶ φυτῶν. Ἐτσι διαπιστώνεται ἡ συγγένεια τῶν διαφόρων εἰδῶν, καὶ τὰ διάφορα ἐξελικτικὰ δένδρα κατασκευάζονται πλέον μὲ πιὸ ἀκριβῆ καὶ ἀντικειμενικὰ κριτήρια.

Ἐκεῖνο πάντως ποὺ ἐντυπωσιάζει ὅλους τοὺς ἐρευνητὲς εἶναι ὅτι τὸ γονιδίωμα τοῦ ἀνθρώπου δὲν διαφέρει περισσότερο ἀπὸ 2% ἀπὸ τὸ γονιδίωμα τῶν ἀνώτερων θηλαστικῶν. Παρ' ὅλα αὐτά, εἶναι ἀκόμη ἄγνωστο πῶς ἡ μικρὴ αὐτὴ διαφορὰ μεταφράζεται στὴν τεράστια διαφορὰ τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὰ ἀνώτερα πρωτεύοντα ὅσον ἀφορᾷ τὶς πνευματικὲς ιδιότητες τοῦ ἀνθρώπου στὴ νόηση, στὴ γλώσσα, στὰ συναισθήματα καὶ ἰδίως στὴν αὐτοσυνείδηση, στὴν ἐπινοητικότητα καὶ στὴν ἠθικὴ συνείδηση ποὺ τὸν διακρίνουν. Δὲν ἀμφιβάλλω ὅτι ἡ μελέτη τῶν διαφορῶν αὐτῶν θὰ ἀπασχολήσει ἐπὶ αἰῶνες ἀκόμα τὴν ἐπιστήμη. Καὶ εἶναι χαρακτηριστικὸ ὅτι, μετὰ τὸ τεράστιο διεθνὲς πρόγραμμα τοῦ γονιδιώματος, σήμερα τὸ πιὸ σημαντικὸ διεθνὲς πρόγραμμα ἐρευνῶν στὴ βιολογία ἀφορᾷ τὸν ἐγκέφαλο τοῦ ἀνθρώπου.

Μετὰ ἀπὸ ὅλα αὐτά ἂς ἐπανέλθουμε στὸ πρόβλημα ἂν ὑπάρχει ἄλλη ζωὴ στὸ Σύμπαν ἔξω ἀπὸ τὴ Γῆ. Ἡ πιὸ εὐλόγη ὑπόθεση στὸ θέμα αὐτὸ εἶναι ὅτι ὅπωςδήποτε θὰ ὑπάρχουν στὰ δισεκατομμύρια τῶν πλανητικῶν συστημάτων μορφές ζωῆς παρόμοιες πρὸς τὴ ζωὴ τῆς Γῆς. Καί, ἂν αὐτὸ ἰσχύει, τότε δὲν ἀποκλείεται νὰ ὑπάρχουν λογικὰ ὄντα παρόμοια μὲ τὸν ἄνθρωπο τῆς Γῆς. Ὅπως εἶναι γνωστό, ἔχουν γίνεи πολλὲς προσπάθειες ἀπὸ τοὺς ἀστρονόμους νὰ ἀνιχνευθοῦν λογικὰ σήματα ἀνάμεσα στὶς τόσες ἀκτινοβολίες ποὺ φθάνουν στὴ Γῆ.

2. «la biosphère apparaît comme le produit d'un évènement unique... avant qu'elle ne fût, ses chances d'être étaient quasi nulles» (J. Monod, 1970).

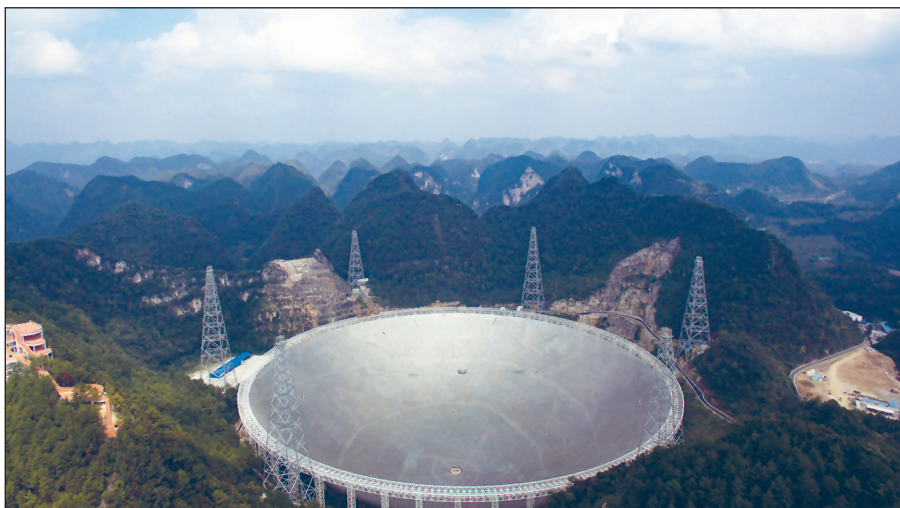


Σχήμα 8: Σύστημα κεραιών στο Νέο Μεξικό που χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα SETI.

Το πρόγραμμα SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) (Σχήματα 8, 9), που άρχισε το 1971, έχει κάνει τεράστιες προσπάθειες να ανιχνεύσει λογικά σήματα που έρχονται από το διάστημα. Επίσης έχουν γίνει πολλές μελέτες για το πώς θα μπορούσαμε να επικοινωνήσουμε με τα όντα αυτά.

Όμως μέχρι σήμερα δεν είχαμε καμία ένδειξη ότι υπάρχουν λογικά σήματα από το διάστημα. Και αυτό είναι περίεργο. Γιατί αν υπάρχουν λογικά όντα στο Σύμπαν, às τα ονομάσουμε εξωγήινους ανθρώπους, αυτά μπορεί να έχουν μια ιστορία εκατομμυρίων ή και δισεκατομμυρίων ετών, και όχι μόνο μερικων χιλιάδων ετών που έχει ο άνθρωπος πολιτισμός της Γης. Άρα οι άνθρωποι αυτοί μπορεί να έχουν μια απίστευτα τελειότερη τεχνολογία από έμας. Και θα μπορούσαν όχι μόνο να στείλουν σήματα σε όλο το Σύμπαν αλλά και να ταξιδεύουν σε ολόκληρο τον Γαλαξία μας και να φθάσουν ως έμας. Γιατί τότε δεν τους είδαμε;

Φυσικά εδώ δεν θα συζητήσω καν τους ισχυρισμούς μερικων που λένε ότι είδαν διαστημόπλοια κάποιο βράδυ στην Αριζόνα βγαίνοντας από ένα τοπικό μπάρ. Ούτε θα αναφερθώ στους ισχυρισμούς του Däniken και άλλων ότι οι πυραμίδες και άλλα έντυπωσιακά ευρήματα στη Νότιο Αμερική



Σχῆμα 9: Τὸ μεγαλύτερο σφαιρικὸ ραδιοτηλεσκόπιο στὸν κόσμο βρίσκεται στὴν Κίνα. Ἔχει διάμετρο 500 μέτρα καὶ ἄρχισε νὰ λειτουργεῖ τὸν Σεπτέμβριο τοῦ 2016. Σχεδιάζεται νὰ χρησιμοποιηθεῖ γιὰ ἀναζήτηση νοήμονος ζωῆς στὸ Σύμπαν.

ἐγίναν ἀπὸ ἐξωγήινους. Γιατὶ ἂν πράγματι περνοῦσαν ἐξωγήινοι ἀπὸ τὴ Γῆ τὸ πιὸ πιθανὸ εἶναι ὅτι θὰ τοὺς βλέπαμε ὅλοι καθαρά. Ἔτσι μένουμε σήμερα μὲ ὠραῖες κινηματογραφικὲς ταινίες ποὺ περιγράφουν ἐξωγήινους καὶ κάνουν ιδιαίτερη ἐντύπωση, ἰδίως στὰ παιδιά.

Τὸ γεγονός πάντως εἶναι ὅτι δὲν ἀνιχνεύθηκαν μέχρι σήμερα ἴχνη ἀπὸ ἐξωγήινους πολιτισμούς, ἐνῶ θὰ περίμενε κανεὶς ὅτι θὰ εἴχαμε δεῖ πολλὰ ἐξωγήινα ἴχνη, εἴτε ἀπὸ ραδιοφωνικὰ κύματα εἴτε ἀπὸ πραγματικὲς ἐπισκέψεις τους στὴ Γῆ. Καὶ διερωτᾶται κανεὶς: Μήπως τέτοιοι πολιτισμοὶ δὲν ὑπάρχουν;

Ἔτσι αὐτὴ τὴ στιγμή βρισκόμαστε σὲ ἓνα δίλημμα. Ἀπὸ τὸ ἓνα μέρος ἡ ἀνακάλυψη τόσων πλανητικῶν συστημάτων καὶ ἡ ἐκτίμηση ὅτι ὑπάρχουν δισεκατομμύρια πλανῆτες στὸν Γαλαξία μας καὶ στοὺς ἄλλους γαλαξίες μᾶς ὁδηγεῖ στὴν ἐκτίμηση ὅτι ὑπάρχουν πολλοὶ ἐξωγήινοι πολιτισμοὶ στὸ Σύμπαν. Ἀπὸ τὸ ἄλλο μέρος, θὰ περίμενε κανεὶς ὅτι ἂν ὑπάρχουν τέτοιοι πολιτισμοὶ θὰ εἶχαν γεμίσει τὸ Σύμπαν ὁλόκληρο μὲ τὰ ἴχνη τους.

Τὸ γεγονός ὅτι δὲν παρατηρήθηκαν ἴχνη αὐτῶν τῶν πολιτισμῶν, ποὺ ὑποτίθεται ὅτι εἶναι πολὺ πιὸ ἐξελιγμένοι ἀπὸ ἐμᾶς, μᾶς κάνει νὰ ἀμφιβάλουμε γιὰ τὴν ὑπαρξή τους.

Πάντως ἡ ἔρευνα συνεχίζεται. Καὶ περιμένουμε μὲ ἀνυπομονησία τὶς νεώτερες ἀνακαλύψεις πὺν θὰ μᾶς φέρει ἡ λεπτομερὴς μελέτη τῶν πλανητικῶν συστημάτων τὰ ὁποῖα ἀνακαλύφθηκαν πρόσφατα. Κι αὐτὴ ἡ μελέτη ἐλπίζουμε ὅτι θὰ μᾶς δώσει περισσότερες ἐνδείξεις γιὰ τὴν ὕπαρξη καὶ τὴ μορφή τῆς ζωῆς στὸ Σύμπαν.

SUMMARY

Existence of Life in the Universe

The recent discovery of a star with 7 planets having sizes similar to the Earth's has generated a renewed discussion of the problem of life outside the Earth.

Up to now more than 3,500 planets have been discovered. The conditions necessary for the appearance of life are discussed. However, the appearance of life is an extremely improbable event. Fred Hoyle calculated that the probability of formation of a bacterium is $1:10^{6900}$. Thus, he assumed that life came to the Earth from Space. However, the probability of formation of life in the whole universe is also infinitesimal.

But if life is generated in billions of planets then its evolution would lead to populations of intelligent beings. Many of them may be much more advanced than the present population of the Earth. Then the question arises. Why we have not found traces of these populations that should be abundant in the whole Universe?

Ἀναφορές

ANGLADA-ESCUDE, G. et al., *Nature*, 536, σ. 437, 2016.

GILLON, M. et al., *Nature*, 542, σ. 456, 23.2.2017.

HATZIDEMETRIOU, J. D., *Cel. Mech. Dyn. Astron.*, 95, σ. 225, 2006· 102, σ. 69, 2008.

KALAS, P. et al., *Science*, 322, σ. 1345, 2008.

MONOD, J., *Le Hasard et la Nécessité*, Éditions du Seuil, 1970.

XATZHAHMHTPIOY, I. Δ., Ἐξωηλιακὰ πλανητικὰ συστήματα καὶ ἡ δυνατότητα ὑπάρξεως ζωῆς σὲ ἄλλους κόσμους, *Πρακτικὰ Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν*, 84, Α', 3.2.2009, σ. 81-108.

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 27ΗΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2017

Η ΠΛΗΘΥΣΜΙΚΗ ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΚΑΙ Η ΘΕΩΡΙΑ ΠΕΡΙ ΔΗΘΕΝ ΑΦΑΝΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ ΤΗΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΜΕΣΑΙΩΝΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ
κ. ΑΝΤΩΝΙΟΥ Ν. ΚΟΥΝΑΔΗ

Ἡ παρούσα ἀνακοίνωση ἀφορᾷ σὲ μιὰ πρόσφατη ἀξιόλογη δημοσίευση δεκατετραμελοῦς ἐρευνητικῆς ομάδος με ἐπικεφαλῆς τὸν Καθηγητὴ Γενετικῆς καὶ Ἰατρικῆς Γενετικῆς στὸ πανεπιστήμιο Οὐάσινγκτον (Seattle, WA, USA) κ. Γεώργιο Σταματογιαννόπουλο [1] (ἀντεπιστέλλον μέλος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν), ποὺ δημοσιεύθηκε στὸ περιοδικὸ *European Journal of Human Genetics* τὸ 2017 με τίτλο «Ἡ Γενετικὴ τῶν Πελοποννήσιων πληθυσμῶν καὶ ἡ θεωρία ἀφανισμοῦ τῶν Ἑλλήνων τῆς Πελοποννήσου κατὰ τὸν Μεσαίωνα».

Πρὶν προχωρήσω στὸ περιεχόμενο τῆς ἀνακοίνωσης θεωρῶ σκόπιμο νὰ ἀναφέρω εἰσαγωγικὰ τὰ ἑξῆς:

Τὸ 1943 ἀνακαλύφθηκε ὅτι ὁ χημικὸς φορέας τῶν κληρονομικῶν μας χαρακτηριστικῶν εἶναι τὸ δεσοξυριβοζονουκλεϊκὸ δξὺ ἢ ἐν συντομίᾳ DNA, ποὺ ὑπάρχει στὸν πυρήνα κάθε κυττάρου καὶ μεταβιβάζεται ἀναλλοίωτο ἀπὸ γονιὰ σὲ γονιὰ, ἐφ' ὅσον δὲν γίνει κάποια ἀλλαγὴ (μετάλλαξη), ἡ ὁποία ὅμως ἂν συμβεῖ στὰ γεννητικὰ κύτταρα μπορεῖ καὶ αὐτὴ νὰ μεταβιβαστεῖ στοὺς ἀπογόνους. Κάθε ἄνθρωπος ἔχει στὰ κύτταρα τοῦ σώματός του DNA ποὺ κληρονόμησε ἀπὸ τοὺς γονεῖς του, οἱ ὁποῖοι τὸ κληρονόμησαν ἀπὸ τοὺς δικούς τους γονεῖς, με ἀποτέλεσμα προοδευτικὰ νὰ μπορούμε νὰ φθάσουμε στοὺς προγόνους μας. Δηλαδή τὸ DNA εἶναι ἕνας ἀξιόπιστος μάρτυρας γιὰ

τὴν ἀνίχνευση γενεαλογικῶν γεγονότων στὴν ἱστορία τοῦ ἀνθρώπου [2α, β], τὰ ὁποῖα ἔλαβαν χώρα ἀκόμη καὶ πρὸ ἑκατοντάδων χιλιάδων χρόνων.

Τὴ μοριακὴ δομὴ τοῦ DNA ἀνακάλυψαν τὸ 1953 ὁ Ἀμερικανὸς James D. Watson καὶ ὁ Βρετανὸς Francis H. C. Crick [3], οἱ ὁποῖοι καὶ ἔλαβαν τὸ 1962 βραβεῖο Nobel γιὰ τὴν ἐργασία τους αὐτή. Οἱ δύο αὐτοὶ ἐρευνητὲς ἀποκρυπτογράφησαν τὸν βιοχημικὸ μηχανισμό τῆς κληρονομικότητος καὶ ἔλυσαν τὸ μυστήριον γιὰτὶ καθένας μας ὁμοιάζει μὲ τοὺς προγόνους του.

Σὲ κάθε κύτταρό μας ὑπάρχει καὶ τὸ ριβοζονουκλεϊνικὸ ὀξύ, ἐν συντομίᾳ RNA, τὸ ὁποῖο παράγεται μὲ καλούπι ἀπὸ τὸ DNA. Τὰ μόρια τῶν DNA καὶ RNA εἶναι ἀλυσίδες ἀπὸ νουκλεοτίδια. Τὸ σύνολο τοῦ γενετικοῦ ὕλικου (τοῦ DNA) καλεῖται γονιδίωμα.

Τὸ 2003 ὁλοκληρώθηκε ἡ ἀποκρυπτογράφηση τοῦ γονιδιώματος, ἡ ὁποία ἔδειξε ὅτι τὸ DNA (εὐρισκόμενον στὸν πυρήνα κάθε ἀνθρώπινου κυττάρου) ἀποτελεῖται ἀπὸ 3,2 δισεκ. ζευγάρια νουκλεοτιδίων. Τὸ DNA κάθε ἀνθρώπινου κυττάρου περιέχει περίπου 22 χιλιάδες γονίδια, μέρος τῶν ὁποίων ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἀποθηκεύει καὶ νὰ διαβιβάζει τὶς γενετικὲς πληροφορίες. Ὅλοι μας ἔχουμε τὸν ἴδιον ἀριθμὸ γονιδίων ἀλλὰ διαφέρουμε μεταξὺ μας· ἕνας δὲ ἀπὸ τοὺς λόγους ποὺ διαφέρουμε εἶναι ὅτι ἔχουμε διαφορετικὲς παραλλαγὰς τοῦ γονιδιώματος. Παραλλαγὰς, οἱ ὁποῖες εἶναι σχετικὰ συχνές, ὀνομάζονται γενετικοὶ πολυμορφισμοί. Οἱ ἀνθρώπινοι πληθυσμοὶ ἔχουν περίπου τοὺς ἴδιους γενετικοὺς πολυμορφισμοὺς ἀλλὰ σὲ διαφορετικὲς συχνότητες.

Τὶς τελευταῖες δεκαετίες, λόγῳ τῆς ραγδαίας ἐξελίξεως τῆς τεχνολογίας τοῦ γονιδιώματος, ἀναπτύχθηκε ἕνας σημαντικὸς κλάδος τῆς Γενετικῆς, ἡ Ἀνθρώπινη Πληθυσμικὴ Γενετικὴ καὶ ἡ Ἀρχαία Γενετικὴ [2α, β] μὲ βάση τὸ aDNA (ancient DNA). Ὁ κλάδος αὐτὸς δίνει τὴ δυνατότητα μελέτης τῶν μετακινήσεων τῶν πληθυσμῶν κατὰ τὴν ἀρχαιότητα μὲ βάση τὴ γενετικὴ δομὴ τούτων, καὶ συνακόλουθα τὴ χρονολόγηση ἱστορικῶν γεγονότων, ὡς καὶ τὴν ἐπαλήθευση ἢ ἀπόρριψη ἐπικρατησασῶν θεωριῶν, ποὺ συνήθως στηρίχθησαν σὲ διεπιστημονικὴ ἔρευνα ἱστορικῶν, ἀρχαιολόγων, παλαιοντολόγων καὶ ἐπιστημόνων ἄλλων εἰδικότητων.

Πρὸ ἐτῶν, ὁ προαναφερθεὶς Καθηγητὴς κ. Γ. Σταματογιαννόπουλος [4] εἶχε προβεῖ στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν (16.11.2010) σὲ μιὰ ἐξαιρετικὰ ἐνδιαφέρουσα ἀνακοίνωση μὲ τίτλο *Ἡ καταγωγὴ τῶν Μακεδόνων: ἱστορία, γενετικὴ καὶ τὸ διαδίκτυο*. Ἐπίσης, ἔρευνά του γιὰ τὴν καταγωγὴ τῶν κα-

τοίκων τοῦ ὀροπεδίου τοῦ Λασιθίου Κρήτης μὲ τὴ βοήθεια δειγμάτων aDNA ποὺ εἶχε συλλέξει κυρίως ἀπὸ μουσεῖα, ἡλικίας 2.500 καὶ πλέον ἐτῶν π.Χ., ἀπεδείκνυε ὅτι οἱ σημερινοὶ κάτοικοι τοῦ Λασιθίου ἔχουν ἀνάλογο DNA μὲ τοὺς προγόνους τους.

Ἡ παρούσα ἔρευνα αὐτοῦ καὶ τῶν συνεργατῶν του ἀφορᾷ τὴ γενετικὴ δομὴ πληθυσμῶν τῆς Πελοποννήσου ἀπὸ διάφορες περιοχὲς τῆς χερσονήσου αὐτῆς, μὲ ἰδιαίτερη ἀναφορὰ στοὺς Τσάκωνες (κατὰ μίαν ἄποψη παράρφραση τοῦ Λάκωνες), ποὺ χρησιμοποιοῦσαν δωρικῆς προελεύσεως διάλεκτο [4], καὶ στοὺς Μανιάτες, δύο πληθυσμικὲς ομάδες τῆς Πελοποννήσου (γενετικῶς διάφορες) ποὺ διεκρίνοντο ἀπὸ πλευρᾶς μορφώσεως. Ἀλλαγὲς στὴ δομὴ τῶν πληθυσμῶν τῆς Πελοποννήσου ξεκίνησαν στὶς ἀρχὲς τῆς μεσαιωνικῆς περιόδου μὲ τὴ μετανάστευση Σλάβων στὰ Βαλκάνια, σύμφωνα –κατὰ τοὺς συγγραφεῖς τοῦ παρόντος ἄρθρου– μὲ τοὺς Curta F. [5α, β] καὶ Fine JVA [6], ἀλλὰ καὶ τὸν ἀείμνηστο ἀκαδημαϊκὸ Διονύσιο Ζακυθινὸ [7].

Ἡ ἐπιρροή αὐτῶν τῶν μεταναστεύσεων κυριάρχησε στὴν ἱστοριογραφία τῆς Πελοποννήσου μὲ ἀτέρμονες συζητήσεις καὶ διαφωνίες μεταξὺ ἱστορικῶν, λογίων κ.ἄ. τὰ τελευταῖα 170 ἔτη. Ὁ Γερμανὸς ἱστορικὸς Ἰάκωβος-Φίλιππος Fallmerayer [8] τὸ 1830 ὑπεστήριξε τὴ γνωστὴ θεωρία του, βασισμένη ὅμως σὲ πολὺ λίγες πηγές (κυρίως σὲ δύο βυζαντινοὺς συγγραφεῖς στὰ μέσα τοῦ Μεσαίωνα) καὶ στὰ σλαβικὰ τοπωνύμια τῆς Πελοποννήσου. Συγκεκριμένα, σύμφωνα μὲ τὴ θεωρία αὕτῃ οἱ Πελοποννήσιοι τοῦ Μεσαίωνα εἶχαν ὀλοκληρωτικὰ ἐξοντωθεῖ κυρίως ἀπὸ τοὺς Σλάβους καὶ Ἀβάρους εἰσβολεῖς, οἱ ὁποῖοι ἐγκαταστάθηκαν ἀκολούθως στὴ χερσόνησο αὕτῃ ὡς ἔποικοι κατὰ τὴ διάρκεια κυρίως τοῦ 6ου ἕως τὸν 8ο μ.Χ. αἰῶνα. Ἐπίσης ὁ Fallmerayer ὑποστήριξε ὅτι οἱ μὲν Τσάκωνες ἦσαν ἀπόγονοι μιᾶς σλαβικῆς φυλῆς ποὺ μετανάστευσε στὴν Πελοπόννησο, πρὶν οἱ Σλάβοι (τῶν ὁποίων ἡ κοιτίδα φέρεται ὅτι ἦταν στὴν κεντροανατολικὴ Εὐρώπη) ἔλθουν στὴ χερσόνησο, οἱ δὲ Μανιάτες εἶναι ἀπόγονοι τῶν Μαρδαϊτῶν, ἐνῶ οἱ κάτοικοι τῆς Βάθειας Μάνης ἔχουν σλαβικὴ προέλευση. Κατ' ἄλλους ὅμως ἐρευνητές, ὁ ἀφανισμὸς τῶν Πελοποννησίων κατὰ τὸν Μεσαίωνα δὲν ὀφείλεται τόσο στὴν ἐξόντωσή τους ἀπὸ τοὺς Σλάβους καὶ τοὺς Ἀβάρους ἢ ἄλλους ἐπιδρομεῖς, ὅσο ἀπὸ μιὰ ἐπιδημίαν πανώλης ποὺ ἐνέσκηψε κατὰ τὴν περίοδο ἐκείνη, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἀφανίσει κυριολεκτικὰ μεγάλο μέρος τῶν Ἑλλήνων γηγενῶν κατοίκων τῆς περιοχῆς αὐτῆς.

Σκοπὸς τῆς ἔρευνας αὐτῆς ἦταν νὰ ἐξετασθεῖ ἡ ἀξιολογιστὶς τῆς θεωρίας τοῦ Fallmerayer, τὴν ὁποία εἶχε ἀντικρούσει (στηριζόμενος στὶς ἴδιες πηγές

που χρησιμοποίησε ο Fallmerayer) ο ιστορικός Κωνσταντῖνος Παπαρηγόπουλος [9], προβάλλοντας μάλιστα την ιδέα περί συνέχειας τῆς Ἑλληνικῆς Ἐθνότητος κατὰ τὴ διάρκεια τῆς μεσαιωνικῆς περιόδου. Ἀντίθετος ἐπίσης τῆς θεωρίας αὐτῆς ἦταν καὶ ὁ ἀνθρωπολόγος (καὶ βιολόγος) Ἄρης Πουλιανός [2α, β].

Προκειμένου νὰ ἐλεγχθεῖ ἡ ὑπόθεση Fallmerayer περὶ τῆς «Θεωρίας ἀντικαταστάσεως τῶν Πελοποννησίων τοῦ Μεσαίωνα ἀπὸ Σλάβους», χρησιμοποιήθηκαν 2.500.000 πολυμορφισμοὶ ἀπὸ μονα-νουκλεοτίδια γιὰ τὴν ἔρευνα τῆς γενετικῆς δομῆς τῶν πληθυσμῶν τῆς Πελοποννήσου ἀπὸ ἓνα δείγμα 241 ἀτόμων προερχόμενων ἀπὸ ὅλες τὶς περιοχὲς τῆς χερσονήσου. Στὴν ἔρευνα αὕτῃ ἐφαρμόσθηκε ἐξειδικευμένο λογισμικὸ ποὺ χρησιμοποιεῖται στὴν ἀρχαιογενετικὴ (χωρικὸς διανυσματικὸς λογισμὸς, ἡ norm standard matrix frobenius κ.λπ.), καθὼς ἐπίσης καὶ τὸ ὑπολογιστικὸ σχῆμα MatLab, προσαρμοσμένο (ἀπὸ τοὺς ἰδίους τοὺς συγγραφεῖς) γιὰ τὴν παρακάτω ἀναφερόμενη Ἀνάλυση τῶν Κυρίων Συνιστωσῶν.

Ἀπὸ τὴν ἔρευνα αὕτῃ προέκυψε σημαντικὴ ἑτερογένεια τῶν πελοποννησιακῶν πληθυσμῶν, ποὺ δικαιολογεῖται ἀπὸ τοὺς γενετικῶς διακεκριμένους ὑποπληθυσμοὺς καὶ ἀπὸ τὶς διαβαθμίσεις γονιδιακῆς ροῆς ἐντὸς τῆς χερσονήσου τῆς Πελοποννήσου. Μὲ βάση τὸν Ἀλγόριθμο Ταυτοποίησης Μέσω Καταγωγῆς [10] (Identity by Descent, IBD), τὴν Ἀνάλυση Κυρίων Συνιστωσῶν (Principal Component Analysis, PCA) καὶ τὴν Ἀνάλυση Μίξεως (ADMIXTURE Analysis), σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴν Ἀνάλυση Δικτύων (Network Analysis), ἡ ἐρευνητικὴ αὕτῃ ὁμάδα κατέληξε ὅτι οἱ Πελοποννήσιοι εἶναι γενετικῶς σαφῶς διακρισιμοὶ ἀπὸ τοὺς πληθυσμοὺς τῶν γηγενῶν Σλάβων, καὶ μάλιστα πολὺ ὅμοιοι τῶν Σικελῶν καὶ τῶν Ἰταλῶν. Ὅπως δὲ –κατὰ τὸν Σταματογιαννόπουλο– ἔδειξε ἡ Πληθυσμικὴ Γενετικὴ, ἡ σλαβικὴ ἐπιμειξία μὲ ἐλληνικὸ πληθυσμὸ ἦταν πολὺ μικρὴ [1].

Ἀπὸ τὴν πολὺ ἐνδιαφέρουσα αὕτῃ ἔρευνα, κατὰ τὴν ὁποία χρησιμοποιήθηκε μιὰ νέα μέθοδος ποσοτικῆς Ἀνάλυσης Μίξεως (ADMIXTURE), προέκυψε ὅτι ἡ σλαβικὴ γενεαλογία Πελοποννησίων ὑποπληθυσμῶν ἐκυμαίνετο ἀπὸ 0,2-14,4%.

Ὡς ἐκ τούτου, ἡ μελέτη αὕτῃ τῆς ὑπὸ τὸν κ. Σταματογιαννόπουλο ἐρευνητικῆς ὁμάδος ἀπέρριψε τὴν «Θεωρία ἀφανισμοῦ τῶν Πελοποννησίων κατὰ τὸν Μεσαίωνα» καὶ κατέδειξε ὅτι ἡ Πληθυσμικὴ Γενετικὴ μπορεῖ νὰ διευκρινίσει σημαντικὲς πλευρὲς τῆς καταγωγῆς καὶ τῆς ἱστορίας τοῦ ἀνθρώπου πληθυσμοῦ.

Αξίζει να τονισθεῖ ὅτι ἀπὸ τὴν ἔρευνα αὐτὴ, συνοδευόμενη ἀπὸ χάρτες τῶν περιοχῶν λήψεως τῶν δειγμάτων aDNA, διαγράμματα καὶ πίνακες, οἱ συγγραφεῖς συνάγουν (βάσει τῶν προαναφερθεισῶν ἀναλύσεων IBD, PCA, ADMIXTURE, Network) καὶ ἄλλα εἰδικότερα συμπεράσματα γιὰ τὴ γενετική δομὴ τῶν μελετηθεῖσων πληθυσμικῶν ομάδων, ἀπὸ τίς ὁποῖες, ὅπως οἱ ἴδιοι τονίζουν, ξεχωρίζουν οἱ γενετικές δομές τῶν Τσακῶνων καὶ τῶν Μανιατῶν ἀπὸ ἐκεῖνες ὄλων τῶν ἄλλων πληθυσμικῶν ομάδων τῆς Πελοποννήσου.

Σημειωθῆτω ὅτι ἡ πρόοδος στὴν Πληθυσμικὴ Γενετικὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν πρόοδο στὴν ἐξαιρετικὰ δυσχερὴ ἀνάλυση τοῦ ἀνθρώπινου γονιδιώματος, στὴν ὁποία συμβάλλουν ἡ εὕρεση καταλληλότερων γενετικῶν δεικτῶν καὶ καλυτέρων μεθόδων ἀναλύσεως, ποὺ ἐπιτρέπουν τὴν προσφορὸτερη ἐπεξεργασία τοῦ τεραστίου ἀριθμοῦ παραμέτρων-δεδομένων. Ἡ ἐπεξεργασία αὐτὴ πραγματοποιεῖται μὲ σχετικὴ ἐπιτυχία σήμερα χάρις στὴ ραγδαία ἐξέλιξη τῶν ἡλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν καὶ τῶν συγχρόνων μεθόδων λογισμικοῦ, λόγῳ καὶ τῆς σημαντικῆς προόδου στὶς ἀναλυτικές-ποιοτικές λύσεις τῶν σύγχρονων Ἑφηρμοσμένων Μαθηματικῶν.

Ἡ ἐγκυρότητα βεβαίως τῶν ἀποτελεσμάτων τῆς Πληθυσμικῆς Γενετικῆς δὲν ἐξαρτᾶται μόνο ἀπὸ τὴν ἐγκυρότητα ἀναλύσεως τοῦ ἀνθρώπινου γονιδιώματος (σὲ ὅλες τίς προαναφερθεῖσες φάσεις ἀναλύσεως) ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὴν πρόοδο στὴν τεχνολογία λήψεως δειγμάτων τοῦ aDNA καὶ τὴ μέσῳ αὐτῶν ἀντλησὴ πληροφοριῶν τοῦ γενετικοῦ ὕλικου. Οἱ κλιματολογικὲς συνθῆκες ἐπηρεάζουν τὴν ποιότητα τῶν δειγμάτων τοῦ aDNA. Σὲ ψυχρὰ κλίματα τὸ aDNA διατηρεῖται καλύτερα καὶ ὥς ἐκ τούτου εἶναι πλέον ἀξιόπιστο ἀπὸ τὸ aDNA θερμῶν περιοχῶν, ὅπως ἡ χώρα μας. Ὡστόσο θὰ πρέπει νὰ τονισθεῖ ὅτι ἀναμφίβολα ὁ ὑπάρχων βαθμὸς ἀβεβαιότητος σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὰ ἀποτελέσματα τῆς Πληθυσμικῆς Γενετικῆς μειώνεται μὲ τίς νέες ἐξελίξεις στὴν ἀκριβέστερη ἀνάλυση τοῦ γονιδιώματος.

Τέλος, συνοψίζοντας τὰ παραπάνω φρονῶ ὅτι ἀξιόπιστα συμπεράσματα γιὰ τὴ χρονολόγηση ἱστορικῶν γεγονότων, τὴν προέλευση, τὴν καταγωγή, τίς μετακινήσεις πληθυσμῶν καὶ γενικότερα τὴν ἐπαλήθευση ἢ ἀπόρριψη συναφῶν θεωριῶν μποροῦν μὲ ἀσφάλεια νὰ συναχθοῦν ἐφόσον στηρίζονται σὲ διεπιστημονικὴ ἔρευνα· δηλαδή ἐφόσον τὰ συμπεράσματα αὐτὰ εἶναι ἀποτελέσματα συγκλίσεως πολλῶν ἐπιστημῶν στὶς ὁποῖες ἡ Πληθυσμικὴ Γενετικὴ παίζει καθοριστικὸ ρόλο. Ἱστορικά, ἀρχαιολογικά, παλαιοντολογικά, ἀνθρωπολογικά, ἀστρονομικά καὶ τυχὸν ἄλλα ὑπάρχοντα

εύρήματα θα πρέπει να διασταυρώνονται με γενετικές πληροφορίες της Πληθυσμικής Αρχαιογενετικής.

Άναφορές

- [1] STAMATOΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ, G., Genetics of the Peloponnesean populations and the theory of extinction of the medieval Peloponnesean Greeks, *European Journal of Human Genetics*, 25, 2017, σ. 637-645.
- [2α] ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΔΗΣ, Κ., *Η γενετική ιστορία της Ελλάδας, το DNA των Ελλήνων*, Β', έκδ. Δ. Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 2014.
- [2β] ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΔΗΣ, Κ., *Η γενετική καταγωγή των Ελλήνων*, έκδ. Δ. Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 2016.
- [3] WATSON, J. D. – CRICK, F. H. C., A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid, *Nature*, 171, 1953, σ. 737-738.
- [4] SCOUTT, C. A., The Tzakonian Dialect, *Ann. Brit. School at Athens*, 19, 1913, σ. 133-173.
- [5α] CURTA, F., *Southeastern Europe in the Middle Ages 500-1250*, Cambridge University Press, Cambridge 2006.
- [5β] CURTA, F., *The Edinburgh History of the Greeks, C. 500 to 1050*, Edinburgh University Press, Edinburgh 2011.
- [6] FINE, J. V. A., *The Early Medieval Balkans: A Critical Survey from the Sixth to the Late Twelfth Century*, The University of Michigan Press, Ann Arbor 1991.
- [7] ΖΑΚΥΘΗΝΟΣ, Δ. Α., *Οί Σλάβοι ἐν Ἑλλάδι. Συμβολαὶ εἰς τὴν ἱστορίαν τοῦ μεσαιωνικοῦ Ἑλληνισμοῦ*, Ἀετός, Ἀθήναι 1945.
- [8] FALLMERAYER, J. P. H., *Geschichte der Halbinsel Morea während des Mittelalters: ein historischer Versuch; Untergang Der Peloponnesischen Hellenen Und Wiederbevölkerung Des Leeren Bodens Durch Slavische Volksstämme*, 1, J. G. Cotta'schen Buchhandlung, Stuttgart und Tübingen 1830.
- [9] ΠΑΠΑΡΡΗΓΟΠΟΥΛΟΣ, Κ., *Περὶ τῆς ἐποικίσεως Σλαβικῶν τινων φυλῶν εἰς τὴν Πελοπόννησον*, Ἐν Ἀθήναις 1843.
- [10] BROWNING, B. L. – BROWNING, S. R., Improving the accuracy and efficiency of identity-by-descent detection in population data, *Genetics*, 194, 2013, σ. 459-471.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 8ΗΣ ΙΟΥΝΙΟΥ 2017

ΑΝΑΓΓΕΛΙΑ ΘΑΝΑΤΟΥ

Ο Αντιπρόεδρος της Ακαδημίας κ. Αντώνιος Κουνάδης αναγγέλλει τόν θάνατο του άντεπιστέλλοντος μέλους Louis Hegedus.

Μετά τόν Αντιπρόεδρο λαμβάνει τόν λόγο ό άκαδημαϊκός κ. Κωνσταντίνος Βαγενάς και λέγει για τόν Louis Hegedus τά έξής:

«Ο Louis Hegedus, μέλος από τό 1995 τής Έθνικής Ακαδημίας Μηχανικών (National Academy of Engineering, NAE) τών Ηνωμένων Πολιτειών, ήταν ένας από τούς πλέον καταξιωμένους διεθνώς χημικούς μηχανικούς και ό διαπρεπέστερος μάλλον έπιστήμονας στόν τομέα τής βιομηχανικής καταλύσεως κατά τά τελευταία 40 έτη. Θεωρείται ό κύριος δημιουργός του καταλυτικού μετατροπέα τών αυτοκινήτων, που παίζει καθοριστικό ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος και τής ζωής μας.

Γεννήθηκε στο Szolnok τής Ούγγαρίας τό 1941 και έλαβε τό δίπλωμα (MS) Χημικής Μηχανικής από τό Technical University τής Βουδαπέστης τό 1964. Κατόπιν διέφυγε στη Δυτική Γερμανία, όπου εργάστηκε στην Daimler-Benz επί τρία έτη. Κατόπιν μετέβη με ύποτροφία στο U. C. Berkeley τών ΗΠΑ, όπου έτελείωσε τό διδακτορικό του τό 1972. Στη συνέχεια προσελήφθη στο έρευνητικό τμήμα τής General Motors, όπου ήγήθηκε από τό 1974 όμάδος τριάντα έπιστημόνων ή όποία ανέπτυξε τόν πρώτο καταλυτικό μετατροπέα τών αυτοκινήτων. Σήμερα όλα τά παραγόμενα αυτοκίνητα έχουν έναν τέτοιο καταλυτικό μετατροπέα για τόν καθαρισμό τών άπαερίων.

Έξι χρόνια άργότερα έγινε Διευθυντής Έρευνών και Αντιπρόεδρος τής μεγάλης χημικής εταιρείας W. R. Grace (1980-1996), όπου δημιούργησε σειρά νέων έρευνητικών προγραμμάτων στις ενεργειακές τεχνολογίες. Τό

1996 μεταπήδησε, πάλι ως διευθυντής Έρευνών και Αντιπρόεδρος (senior vice president), στην Elf Atochem North America, μιᾶς εταιρείας χημικών μὲ ἐτήσιο κύκλο ἐργασιῶν 2 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Τὸ διάστημα αὐτὸ ὑπηρέτησε σὲ σειρὰ ἐπιτροπῶν τῆς NAE [ὅπου διετέλεσε καὶ πρόεδρος τοῦ Τμήματος (section) Χημικῶν Μηχανικῶν]. Ἐπίσης ὑπηρέτησε σὲ σειρὰ ἐπιτροπῶν τοῦ Ἐθνικοῦ Ἐρευνητικοῦ Συμβουλίου τῶν ΗΠΑ (US National Research Council).

Ἀπὸ τὸ 2006 ἦταν πρόεδρος τῆς ἐταιρείας συμβούλων ἔρευνας καὶ τεχνολογίας (R & D) LOUIS HEGEDUS LLC καὶ ἀπὸ τὸ 2010 ἦταν διακεκριμένος ἐπισκέπτης ἐταῖρος (distinguished Visiting Fellow) τοῦ γνωστοῦ τεχνολογικοῦ ἐρευνητικοῦ κέντρου Research Triangle Institute (RT International).

Εἶχε δώσει περισσότερες ἀπὸ 120 ὁμιλίες σὲ πανεπιστήμια καὶ ἐρευνητικὰ κέντρα, ἦταν μέλος τῆς Ἀκαδημίας Μηχανικῶν τῆς Οὐγγαρίας καὶ ἐπίτιμος διδάκτωρ τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Βουδαπέστης. Εἶχε λάβει πολλὰ βραβεῖα, μεταξὺ τῶν ὁποίων τὸ Professional Progress Award in Chemical Engineering, τὸ Catalysis and Reaction Engineering Practice Award (ὁ πρῶτος στὸν ὁποῖο ἀπενεμήθη τὸ 2000) τοῦ Ἀμερικανικοῦ Ἰνστιτούτου Χημικῆς Μηχανικῆς (AIChE) τῶν ΗΠΑ καὶ τὸ Leo Friend Award τῆς Ἀμερικανικῆς Χημικῆς Ἐταιρείας (ACS).

Ἄλλη σημαντικὴ διάκρισή του ἦταν ἡ ἐπιλογή του ὡς Mason Lecturer στὸ Stanford, Dodge Lecturer στὸ Yale καὶ W. K. Lewis Lecturer στὸ MIT.

Διετέλεσε μέλος τῆς Συντακτικῆς Ἐπιτροπῆς ὅλων τῶν βασικῶν περιοδικῶν Χημικῆς Μηχανικῆς (*AIChE Journal*, *Catalysis Letters*, *Topics in Catalysis*, *Industrial and Engineering Chemistry*) καὶ ὑπῆρξε μέλος πολλῶν σημαντικῶν ἐπιτροπῶν τῆς NAE, τῆς ACS, τοῦ AIChE, τοῦ Συμβουλίου Χημικῆς Ἐρευνας (CCR), τοῦ NRC καὶ τῆς NSF.

Χαρακτηριστικὸ τῆς διεθνοῦς του ἀναγνώρισης ἦταν καὶ ἡ ἐπιλογή του ὡς ἑνὸς ἀπὸ τοὺς 100 καλότερους χημικοὺς μηχανικοὺς τῆς νεωτέρας ἱστορίας (1945-2008) ἀπὸ τὸ Ἀμερικανικὸ Ἰνστιτούτο Χημικῆς Μηχανικῆς (AIChE). Ἡ ἐπιλογή του αὐτὴ ἔγινε «σὲ ἀναγνώριση τοῦ ἔργου του στὴν κατάλυση, στὸν σχεδιασμὸ καταλυτικῶν ἀντιδραστῆρων καὶ στὴν ἀνάπτυξη τοῦ καταλυτικοῦ μετατροπέα».

Ὁ καταλυτικὸς μετατροπέας τῶν αὐτοκινήτων παίζει σημαντικὸτατο ρόλο στὴν προστασία τοῦ περιβάλλοντος παγκοσμίως. Εἶναι πολὺ λίγοι οἱ ἐρευνητὲς ποὺ ἔχουν συνεισφέρει τόσο πολλὰ γιὰ τὴν προστασία τοῦ περιβάλλοντος τοῦ πλανήτη μας κατὰ τὸν 20ὸ αἰῶνα.

Ὁ Louis Hegedus διεκρίνετο γιὰ τὸν φιλελληνισμό του· εἶχε ἐπισκεφθεῖ ἀρκετὲς φορές τὴν Ἑλλάδα καὶ δώσει διαλέξεις στὸ Πανεπιστήμιο Πατρῶν.

Δυστυχῶς ἡ ἐπάρατη νόσος δὲν τὸν ἄφησε νὰ πραγματοποιήσῃ τὸ ὄνειρό του νὰ ὁμιλήσῃ στὴν Ἀκαδημία μας. Οἱ Ἕλληνες χημικοὶ μηχανικοὶ θὰ τὸν ἐνθυμοῦνται πάντοτε μὲ σεβασμὸ καὶ ἀγάπη».

Ἡ Ὀλομέλεια τηρεῖ ἐνὸς λεπτοῦ σιγὴ εἰς μνήμην τοῦ ἐκλιπόντος.

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 19ΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2017

ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΕΣ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΕΛΟΥΣ ΤΟΥ ΤΡΩΙΚΟΥ ΠΟΛΕΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΟΔΥΣΣΕΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ
ΤΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥ ΠΑΠΑΜΑΡΙΝΟΠΟΥΛΟΥ,
ΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΣ ΠΡΕΚΑ-ΠΑΠΑΔΗΜΑ,
ΤΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΜΗΤΡΟΠΕΤΡΟΥ, ΤΗΣ ΕΛΕΝΑΣ ΜΗΤΡΟΠΕΤΡΟΥ,
ΤΩΝ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΥ, ΓΙΩΡΓΟΥ ΣΑΡΑΝΤΙΤΗ,
ΚΟΣΜΑ ΓΑΖΕΑ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΝΑΣΤΟΥ, ΚΩΣΤΑ ΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΥ
ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ ΤΣΙΡΩΝΗ

ΔΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΚΟΥΝΑΔΗ

Ἀπὸ τὸ περιεχόμενον τῆς ὁμιλίας μου, ποὺ θὰ ἀκολουθήσει, εἶναι φανερό ὅτι ἡ ἀνακοίνωσις ἔχει διεπιστημονικὸν χαρακτῆρα, δηλαδὴ εἶναι γνωστικὸν ἀντικείμενον πολλῶν ἐπιστημῶν, προσχόντως ὅμως τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν, ὥπως προκύπτει ἀπὸ τὸν τίτλον τῆς καὶ τίς διαφορὰς εἰδικότητες τῶν συντακτῶν τῆς ἐπιστημονικῆς αὐτῆς ομάδας, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται: ἀπὸ τὸν γεωφυσικὸν Σταῦρον Παπαμαρινόπουλον, καθηγητὴν Πανεπιστημίου Πατρῶν, ἰσόβιον ἐταῖρον τῆς Ἀρχαιολογικῆς Ἑταιρείας, τὸν ὁποῖον πρότεινε στὴν Ἑταιρεία τὸ 1988 ὁ ἀείμνηστος ἀκαδημαϊκὸς Γεώργιος Μυλωνᾶς, τὴν ἐπίκουρην καθηγήτριά Αἰστροφυσικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν Παναγιώτα Πρέκα-Παπαδήμα, καθὼς καὶ εἰδικοὺς τῆς φιλολογίας, τῆς ἀστρονομίας, τῆς ἀρχαιολογίας, τῆς ἀτμοσφαιρικῆς φυσικῆς, τῆς πληροφορικῆς καὶ τῆς γεωλογίας.

Εἰσαγωγή

Στὰ ὁμηρικὰ ἔπη δὲν ὑπάρχει σαφὲς διάκριση μεταξὺ λόγου καὶ μύθου. Ὁ ποιητὴς χρησιμοποιοῖ δύο μόνο φορές τὴ λέξη «λόγος» καὶ μάλιστα στὸν πληθυντικόν, ἴσως χάριν τοῦ μέτρου (Ο 393, α 56) καὶ ἑκατοντάδες φορές τὴ λέξη «μῦθος» (147 φορές στὴν Ἰλιάδα καὶ 151 στὴν Ὀδύσεια). Στὴν πραγματικότητα ἡ λέξη «μῦθος» στὸν Ὅμηρο ἔχει ὅλες τὶς σημασίες ποὺ προσέλαβε ἀργότερα ἡ λέξη «λόγος», καὶ ἡ ἀκριβὴς κάθε φορά ἔννοια τῆς λέξης ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰ συμφραζόμενα. Ἔτσι, σὲ κάποια ἀπὸ αὐτὰ σημαίνει λόγια, κουβεντούλα, ἀφήγηση ἢ ἀκόμη ἀγόρευση, συμβουλή, συνομιλία, γνώμη καὶ λογικὸ ἐπιχείρημα.

Ἡ σημαντικὴ σχέση μεταξὺ μύθου καὶ λόγου φαίνεται στὴν ἀναφορὰ τοῦ Πλουτάρχου: «Ὅτι μὲν οὖν ἡ παλαιὰ φυσιολογία καὶ παρ' Ἑλλήσι καὶ βαρβάροις λόγος ἦν φυσικὸς ἐγκεκαλυμμένος μύθοις, τὰ πολλὰ δι' αἰνιγμάτων καὶ ὑπονοιῶν ἐπικρυφός, καὶ μυστηριώδης θεολογία τὰ τε λαλούμενα τῶν σιγωμένων ἀσαφέστερα τοῖς πολλοῖς ἔχουσα καὶ τὰ σιγώμενα τῶν λαλουμένων ὑποπτότερα, κατὰδὲλόν ἐστιν» (Περὶ τῶν ἐν Πλαταιαῖς Δαιδάλων, ἀπ. 157, 16-21).

[Εἶναι ὁλοφάνερο, λοιπόν, ὅτι ἡ παλαιὰ φυσικὴ ἐπιστήμη καὶ στοὺς Ἕλληνες καὶ στοὺς βαρβάρους ἦταν φυσικὸς λόγος κρυμμένος βαθιὰ μέσα σὲ μύθους, καὶ ἀπόκρυφ καὶ μυστηριώδης θεολογία, ποὺ ἐκφράζεται ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον μὲ αἰνιγματικὰ λόγια καὶ ὑπονοούμενα, καὶ ἡ ὁποία κάνει, γιὰ τοὺς πολλούς, καὶ τὰ λεγόμενα νὰ εἶναι ἀσαφέστερα ἀπὸ ὅσα ἀποσιωπῶνται καὶ τὰ ἀποσιωπώμενα νὰ εἶναι πιὸ ἀμφίβολα ἀπὸ τὰ λεγόμενα.]

Ἡ ἐπιστημονικὴ ομάδα γνωρίζει τὴν ἄποψη τῆς ἀρχαιολόγου E. S. Sherratt (1990) ὅτι τὰ ἔπη περιέχουν ἀναχρονισμούς καὶ βρίθουν ἀπὸ παραδοξότητες. Ὡστόσο, ἡ ομάδα γνωρίζει καὶ τὴν ἄποψη τοῦ γεωλόγου John Kraft καὶ τῶν συνεργατῶν του (2003), ὁ ὁποῖος μαζί μὲ τὸν ἱστορικὸ John Luce τῆς ἴδιας συγγραφικῆς ομάδας ἐγκωμίασαν τὸν Ὅμηρο γιὰ τὴν ἀκρίβεια μερικῶν ἐκ τῶν ἐξετασθέντων χωρίων του, ποὺ ἀφοροῦν θέματα ἱστορικῆς τοπογραφίας καὶ γεωμορφολογίας τῆς Τρωάδος, μετὰ ἀπὸ γεωλογικὲς ἐρευνες πεδίου εἴκοσι καὶ πλέον χρόνων. Ὁ E. Cline (2013) ἔχει συγκεντρώσει ὅλα τὰ ἀποτελέσματα ποὺ προέκυψαν τὰ τελευταῖα 23 χρόνια μετὰ τὸ 1990 ἀπὸ τὶς ἀρχαιολογικὲς καὶ λοιπὲς μελέτες σχετικὰ μὲ τὸν Τρωικὸ Πόλεμο. Ὅπως ἐπισημαίνεται, οἱ διαφορὲς περιγραφές (γιὰ τὰ ἄρ-

ματα, τὸν ἐξοπλισμὸ ἢ τὴν τακτικὴ τοῦ πολέμου) οἱ ὁποῖες ἀνήκουν σὲ ἄλλες ἐποχὲς πρὶν ἢ μετὰ τὴν ἐποχὴ πού οἱ ἀρχαιολογικὲς μελέτες δίνουν γιὰ τὸν Τρωικὸ Πόλεμο μποροῦν κάλλιστα νὰ ἀποδοθοῦν στοὺς αἰῶνες προφορικῆς παράδοσης πού μεσολάβησαν καὶ πού, ὅπως ἦταν φυσικόν, ἀλλοίωσαν κάποια στοιχεῖα ἥσσονος σημασίας. Σὲ ἀντιδιαστολὴ ὁ συγγραφέας παραθέτει ὁμηρικὲς περιγραφές πού ἀνήκουν ἀποκλειστικὰ στὸ τέλος τοῦ 13ου αἰώνα π.Χ., δηλαδὴ στὴν ἐποχὴ πού περιγράφεται αὐτὸς ὁ πόλεμος. Ἔτσι, στὸν κατάλογο τοῦ στόλου πού ἀναφέρεται στὴν Ἰλιάδα, περιλαμβάνονται πόλεις πού κατοικοῦντο μόνον ἐκείνη τὴν ἐποχὴ καὶ ὄχι τὴν ἐποχὴ κατὰ τὴν ὁποία θεωρεῖται ὅτι ἔζησε ὁ Ὅμηρος (8ος αἰώνας π.Χ.). Ἀναφέρονται τοποθεσίες πού ἦταν θαμμένες τὴν ὁμηρικὴ ἐποχὴ, δηλαδὴ τὸν 8ο αἰώνα π.Χ., οἱ ὁποῖες ἀνακαλύφθηκαν μὲ τὶς ἀνασκαφές τὸν 20ῦ αἰώνα. Στὴν Ἰλιάδα, γιὰ παράδειγμα, ὁ Πάτροκλος σκαρφαλώνει τρεῖς φορὲς στὰ (ἐξωτερικὰ) τείχη τῆς Τροίας. Οἱ ἀνασκαφές ἀπέδειξαν ὅτι ὑπάρχει μέρος τῶν (ἐσωτερικῶν) τειχῶν ὑπὸ κατάλληλῃ κλίση καὶ ἀνοίγματα ἀνάμεσα στοὺς δομικοὺς λίθους τὰ ὁποῖα θὰ διευκόλυναν κάποιον νὰ σκαρφαλώσει. Ὅμως τὴν ἐποχὴ πού ἔζησε ὁ Ὅμηρος τὰ τείχη αὐτὰ ἦταν θαμμένα κάτω ἀπὸ τὸ ἔδαφος σὲ μεγάλου βάθους.

Εἶναι φανερό ὅτι ὑπάρχουν πολλὲς ἀπόψεις, διαφορετικὲς μεταξὺ τους, ὡς πρὸς τὴν ἐρμηνεία τῶν ὁμηρικῶν ἐπῶν.

Ὅμηρικὰ ἔπη καὶ ἀστρονομικὰ φαινόμενα

Στὰ ὁμηρικὰ ἔπη ὑπάρχουν ἀναφορὲς σὲ ἀστερισμούς, ἀστέρες καὶ ἀστρονομικὰ φαινόμενα. Ἀναφερόμενοι στὰ τελευταῖα, ὁ Ἡράκλειτος ἐκ Πόντου [Ὅμηρικὰ προβλήματα, εἰς ἃ περὶ θεῶν Ὅμηρος ἠλληγόρησεν (75,1,1 καὶ 9,3)], ὁ Πλούταρχος [Περὶ τοῦ ἐμφαινομένου προσώπου τῷ κύκλῳ τῆς Σελήνης (931F)] καὶ ὁ Εὐστάθιος [Παρεκβολαὶ εἰς τὴν Ὀμήρου Ὀδύσειαν (2,67,11-14, 2,84,29-31, 2,204,3-5, 2,241,3-6 καὶ 11-13)] ἐπισημαίνουν ὅτι στὴν Ὀδύσεια, κατὰ τὴ μνηστηροφονία, περιγράφεται μιὰ ἡλιακὴ ἔκλειψη (υ 350-357). Στούς στίχους αὐτοὺς, ὁ μάντης Θεοκλύμενος, λίγη ὥρα πρὶν συμβεῖ ἡ μνηστηροφονία, προφητεύει ὅτι ὁ ἥλιος θὰ ἔχει χαθεῖ ἀπὸ τὸν οὐρανὸ καὶ θὰ ἔχει κάνει τὴν ἐμφάνισή της μιὰ «κακὴ ἀχλύς» κατὰ τὴ διάρκεια τῆς μνηστηροφονίας, δηλαδὴ μιὰ κακὴ καταχνιὰ (καὶ ὄχι μιὰ ἀπλὴ συννεφιά): «ἡέλιος δὲ οὐρανοῦ ἐξαπόλῳε, κακὴ δ' ἐπιδέδρομεν ἀχλύς» (υ 356-357). Τὰ ἀναφερόμενα γεγονότα συμβαίνουν μεση-

μεριανή ώρα σύμφωνα με το κείμενο, διότι το συμβάν λαμβάνει χώρα μετά το μεσημεριανό φαγητό και πριν από το απογευματινό «δόρπον», δηλαδή πριν νυχτώσει. Η έμφάνιση «κακῆς» καταχνιάς και όχι συνηθισμένης συννεφιάς ή σκότους υποδηλώνει ότι η ήλιακή έκλειψη είναι μερική και όχι ολική, καθόσον στην ολική έκλειψη επικρατεί σκότος για λίγα λεπτά της ώρας.

Λόγω της περιοδικότητας των εκλείψεων, ένας έρευνητής μπορεί με κατάλληλους αλγόριθμους να εντοπίσει εκλείψεις που συνέβησαν κατά το παρελθόν ή πρόκειται να συμβούν στο μέλλον, αρκεί να έχει κάποια στοιχεία. Και αυτά δίδονται από τον Όμηρο και είναι τα εξής:

1. Η εποχή είναι φθινόπωρο.

2. Η ώρα της έκλειψης είναι μεσημεριανή.

3. Πέντε ημέρες πριν από την ημέρα της έκλειψης, κατά την άφιξη του Όδυσσέα στην Ιθάκη, η Άφροδίτη ήταν ορατή στον ανατολικό ορίζοντα πριν από την ανατολή του Ήλιου.

Επίσης, η απαραίτητη συνθήκη προκειμένου να υπάρξει η ήλιακή έκλειψη, δηλαδή η φάση της Νέας Σελήνης, δηλώνεται με σαφήνεια στο χωρίο ξ 161-164 όταν αναφέρεται ότι εκείνη την ημέρα ήταν «τοῦ μὲν φθίνοντος μηνός, τοῦ δὲ ἰσταμένοιου». Αυτή η συγκεκριμένη παρατήρηση μάλιστ' ανήκει επίσης στον Ήρακλειτο ἐκ Πόντου.

Η έρευνητική ομάδα επέλεξε το διάστημα 1400-1130 π.Χ. ως τη χρονική περίοδο της αναζήτησης αυτής της ήλιακής έκλειψης για λόγους που θα εξηγηθούν παρακάτω.

Χρονολόγηση της επιστροφής του Όδυσσέα βάσει ήλιακής έκλειψης στην Όδύσσεια

Η επιστημονική ομάδα χρονολόγησε την ἐν λόγω ήλιακή έκλειψη, όπως θα εκτεθεί στη συνέχεια, με βάση τα προαναφερθέντα στοιχεία, όπως περιγράφονται στην Όδύσεια και στην Ιλιάδα, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Starry Night και τον κατάλογο των εκλείψεων της NASA (ESPENAK – MEEUS 2006, 2009a,b,c).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι πρώτες προσπάθειες εντοπισμού αυτής της ήλιακής έκλειψης έγιναν από τον Schoch (1926) και από τους Baikouzis – Magnasco (2008), οι οποίοι την ταύτισαν με την ολική ήλιακή έκλειψη της 16ης Απριλίου 1178 π.Χ. Στη δημοσίευση της ομάδας (PAPAMARINO-

POULOS et al. 2012), απορρίπτεται τεκμηριωμένα για πολλούς λόγους ή προταθείσα ήμερομηνία, διότι μεταξύ άλλων όχι το σκότος («ήηρ»), αλλά ή καταχινά («άχλὺς») είναι που υποδηλώνει μερική, και όχι όλική, ήλιακη έκλειψη. Επίπλέον οί προηγούμενοι έρευνητές δέν έρμήνευσαν σωστά τήν έποχή, ή όποία πασιφανώς ήταν φθινόπωρο και όχι άνοιξη. Τοϋτο αποδεικνύεται από πληθώρα όμηρικων περιγραφών, οί όποίες άφορούν τó κλίμα, τίς συνήθειες τών ανθρώπων, τίς άγροτικές και βουκολικές άσχολίες, τά όπωροφόρα δένδρα, τή μεγάλη διάρκεια τών νυχτών κ.λπ. Στο χωρίο ο 391-392 ó Όμηρος άναφέρει, παραδείγματος χάριν, ότι οί νύκτες ήταν «άθέςφατοι» (μεγάλης διάρκειας). Αυτό σημαίνει ότι ό Όδυσσέας έφτασε στην Ίθάκη μετά τή φθινοπωρινή ίσημερία, που τότε ήταν στις 4 Όκτωβρίου, μετατοπισμένη σε σχέση με σήμερα εξαιτίας τοϋ φαινομένου τής μετάπτωσης τών ίσημεριών.

Κατόπιν προσεκτικής άνάγνωσης τής Όδύσειας ή όμάδα έντόπισε άναφορά σε ψυχρές συνθήκες και βαριά σκεπάσματα, στο άναμμα φωτιάς για νά ζεσταθούν οί άνθρωποι στην Ίθάκη κ.λπ.

Επίσης όλα τά άναφερόμενα φυτά (άχλαδιές, μηλιές, συκιές, ροδιές, κληματαριές γεμάτες με σταφύλια κ.λπ.) και οί γεωργικές και κτηνοτροφικές άσχολίες (ε 68-69 και 72-73, η 114-116, 122 και 124-126, ω 234, 246-247 και 340-344), όπως τρύγος και πατητήρια, πιστοποιούν τó φθινόπωρο. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει ή όμάδα και από τά πολλά πεσμένα φύλλα που συναντά ό Όδυσσέας στη Σχερία (ε 480-487).

Επίσης, οί άστερισμοί που άναφέρονται από τόν Όμηρο (ε 270-277) και όδηγούν τόν Όδυσσέα στο ταξίδι τής έπιστροφής (Πλειάδες, Βοώτης, Άρκτος, Ωρίων) συνάδουν με νυχτερινό φθινοπωρινό οϋρανó για γεωγραφικά πλάτη Μεσογείου Θαλάσσης, είτε έντός είτε έκτός αϋτής. Η Μεγάλη Άρκτος παρουσιάζεται ως άειφανής άστερισμός που βοηθοϋσε στón προσδιορισμό τοϋ Βορρά, όπως άναφέρει ό Άρατος στο έργο του *Φαινόμενα και διοσημεϊα*. Επειδή ή Μεγάλη Άρκτος έπρεπε νά είναι στα άριστερά τοϋ πλοίου τοϋ Όδυσσέα, υποχρεωτικώς ή πορεία τοϋ τελευταίου ήταν από τά δυτικά πρós τά άνατολικά. Οί Πλειάδες, οί όποίες είναι άστρικό σμήνος, άναφέρονται ως άστερισμός από τόν Έρατοσθένη και τόν Άρατο στα έργα τους *Καταστερισμοί και Φαινόμενα και διοσημεϊα* αντιστοίχως. Τó όμηρικό κείμενο άναφέρεται στón Βοώτη ως «όψέ δύνοντα».

Ἀλλὰ ἡ ταυτόχρονη παρουσία στὸν νυχτερινὸ οὐρανὸ τοῦ Βοώτη καὶ τῶν Πλειάδων συμβαίνει δύο συγκεκριμένες περιόδους: τὴν ἄνοιξη καὶ τὸ φθινόπωρο. Ἡ ἄνοιξη ἀποκλείεται λόγω τῶν προαναφερθεῖσων ὁμηρικῶν περιγραφῶν, καὶ εἰδικὰ λόγω τῆς μεγάλης διάρκειας τῆς νύχτας. Ἐπίσης, ἡ ἀναφορὰ στὸν Βοώτη ὡς «ὀψὲ δύνοντα», σύμφωνα μὲ τὸν Ἄρατο, ἀφορᾷ τὸ φθινόπωρο (*Φαινόμενα καὶ διοσημεῖα*, 579-585). Ἐπιπλέον, οἱ Πλειάδες τὴν ἄνοιξη εἶναι δυτικὰ στὸν ὀρίζοντα καὶ δύνουν λίγες ὥρες μετὰ τὴ δύση τοῦ Ἡλίου. Συνεπῶς δὲν μπορεῖ νὰ εἶναι ὁρατὲς ὅλη τὴ νύχτα. Ὡστόσο τὸ φθινόπωρο οἱ Πλειάδες φαίνονται ὅλη τὴ νύχτα νὰ κινεῖνται ἀπὸ τὰ ἀνατολικά πρὸς τὰ δυτικά.

Ὁ Βοώτης τὴν ἄνοιξη εἶναι πρὸς τὰ ἀνατολικά, ἐνῶ τὸ φθινόπωρο εἶναι πρὸς τὰ δυτικά, ὁδεύοντας ἀργὰ πρὸς τὴ δύση, δηλαδὴ εἶναι «ὀψὲ δύνων Βοώτης». Ὅπως ἔδειξε τὸ πρόγραμμα *Starry Night*, σὲ ἐκεῖνο τὸν παρελθόντα χρόνον, ὁ Βοώτης δὲν ἔδωκε τελείως στὸν φθινοπωρινὸ οὐρανὸ σὲ γεωγραφικὰ πλάτη τῆς Μεσογείου Θαλάσσης μέχρι καὶ σὲ πλάτη νοτίως τῶν Βρετανικῶν Νήσων. Τὰ δύο ἀστέρια του (β καὶ γ) παρέμεναν ὀριακὰ πάνω ἀπὸ τὸν ὀρίζοντα, ἐνῶ ὁλόκληρος ὁ ἀστερισμὸς φαινόταν νὰ κινεῖται ὅλη τὴ νύχτα ἀπὸ τὰ ΒΔ πρὸς τὰ ΒΑ. Μὲ ἄλλα λόγια, ἐνισχύεται καὶ ἀστρονομικῶς ἡ ἐκδοχὴ τοῦ φθινοπώρου τόσο ἀπὸ τὶς Πλειάδες, ὅσο καὶ ἀπὸ τὸν μὴ δύνοντα πλήρως Βοώτη.

Τὸ χρονικὸ διάστημα τῆς ἀναζήτησης αὐτῆς τῆς ὁμηρικῆς ἡλιακῆς ἐκλείψεως ἦταν ἀρχικὰ ἀπὸ τὸ 1300 ἕως τὸ 1130 π.Χ. Τὸ τελευταῖο καθορίζεται ἀφ' ἐνὸς ἀπὸ τὰ ἀρχαιολογικὰ εὐρήματα τῶν ἀνασκαφῶν στὴν Τροία καὶ ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα ποὺ προκύπτουν ἀπὸ τὶς ἐπίμονες ἐπιστημονικὲς μελέτες τῶν ἀρχαιολόγων, οἱ ὁποῖοι χρονολογοῦν τὶς γεωλογικὲς ζῶνες καταστροφῆς τῆς Τροίας, τὶς καλούμενες Troy VI (ἀπὸ σεισμὸ) καὶ Troy VIIa (ἀπὸ ἐμπρησμὸ λόγω πολέμου), μετὰ τὸ 1300 π.Χ., καὶ ἀφ' ἐτέρου ἀπὸ τὴν καταστροφὴ τῶν μυκηναϊκῶν κέντρων καὶ τὴν ἑναρξὴ τῶν λεγομένων «σκοτεινῶν χρόνων». Ἐπισημαίνεται ὅτι στὸ ἴδιο περίπου χρονικὸ πλαίσιο κυμαίνονται καὶ οἱ ἀναφορὲς διαφόρων ἀρχαίων Ἑλλήνων συγγραφέων ὡς πρὸς τὴ χρονολόγησιν τοῦ Τρωικοῦ Πολέμου.

Ἡλιακὲς ἐκλείψεις στὴν Ἰθάκη καὶ στὴν Τροία

Σύμφωνα μὲ τὸν κατάλογο τῶν ἡλιακῶν ἐκλείψεων τῆς NASA (ESPENAK – MEEUS 2006, 2009a,b,c), 64 ἡλιακὲς ἐκλείψεις (ὀλικές, μερικὲς

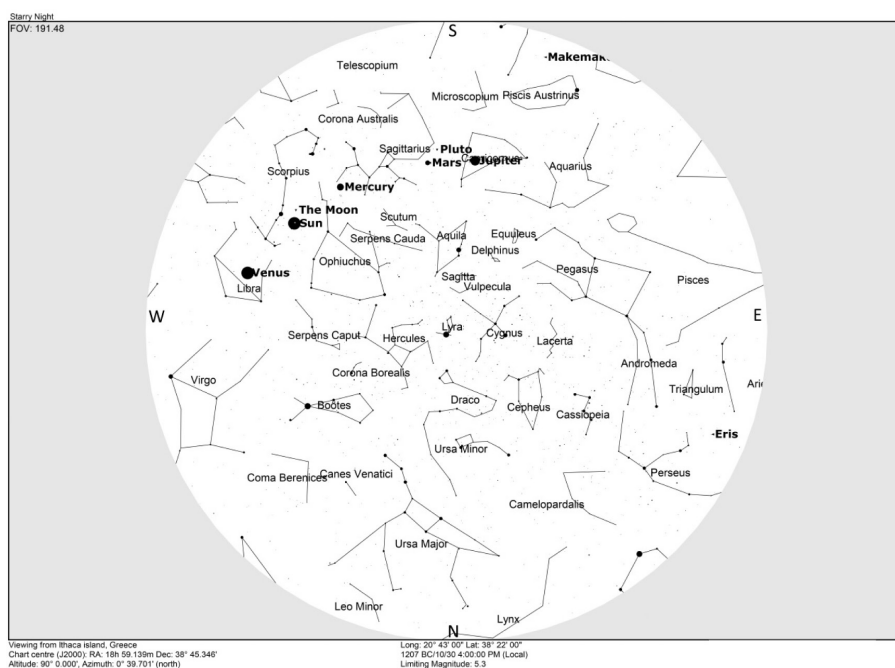
καὶ δακτυλιοειδεῖς), ὁρατὲς στὰ Ἴονια Νησιά, ἔλαβαν χώρα μέσα σὲ αὐτὸ τὸ χρονικὸ πλαίσιο. Ἐὰν ὅμως περιοριστοῦμε στὸ φθινόπωρο, ὅπου μᾶς ὀδηγεῖ ὑποχρεωτικῶς ὁ Ὅμηρος, οἱ ἐκλείψεις αὐτὲς μειώνονται σὲ 14. Ὅμως τὸ ὁμηρικὸ κείμενο δίνει ἄλλη μιὰ χρήσιμη ἀστρονομικὴ πληροφορία, ἡ ὁποία ἐλήφθη ὑπ' ὄψιν ἀπὸ τὴν ἐπιστημονικὴ ομάδα. Ὁ πλανήτης Ἀφροδίτη κατὰ τὴν ἄφιξή τοῦ Ὀδυσσέα –πέντε ἡμέρες πρὶν ἀπὸ τὴ μνηστηροφονία, μὴ συμπεριλαμβανομένης τῆς ἡμέρας τῆς μνηστηροφονίας– ἦταν καλὰ ὁρατὸς στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ τοῦ Ἥλιου (ν 93-95).

Ὁ Ὅμηρος ἀναφέρει σὲ διαφορετικὰ ἀποσπάσματα τῆς Ὀδύσσειας πέντε πλήρη ἡμερόνυχτα ὡς χρονικὰ διαστήματα ποικίλων δραστηριοτήτων στὴν Ἰθάκη καὶ τὴν Πελοπόννησο μετὰ τὸν ἐρχομὸ τοῦ Ὀδυσσέα. Ἡ ἐπιστημονικὴ ομάδα ἐντόπισε αὐτὰ τὰ ἀντίστοιχα ὁμηρικὰ ἀποσπάσματα διαδοχικῶν χαραυγῶν, δηλαδὴ τῶν χρονικῶν διαστημάτων πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ τοῦ Ἥλιου μέχρι καὶ τὴν ἡμέρα τῆς μνηστηροφονίας, τὰ ὁποῖα εἶναι τὰ ἐξῆς: ν 93-95, ο 56, 189-193 καὶ 495-500, ρ 1-5, υ 91-97.

Ὁ ἑλεγχος τῶν 14 ἡμερομηνιῶν ἡλιακῶν ἐκλείψεων σὲ σχέση καὶ μὲ τὴν ἐμφάνιση τῆς Ἀφροδίτης στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα ἔδειξε ὅτι μόνον πέντε ἀπὸ αὐτὲς τὲς ἡμερομηνίες εἶχαν αὐτὴ τὴν ὁμηρικὴ προϋπόθεση. Ἐξ αὐτῶν, οἱ τρεῖς δὲν ἔγιναν κἂν ἀντιληπτές, καθόσον ἡ κάλυψη τοῦ ἡλιακοῦ δίσκου ἦταν μόλις 1-2% ἢ διότι τὸ συμβᾶν ἔγινε μετὰ τὴ δύση τοῦ Ἥλιου. Ἡ τέταρτη συνέβη γύρω στὶς 8 π.μ., γεγονὸς τὸ ὁποῖο δὲν εἶναι συμβατὸ μὲ τὴν ὁμηρικὴ περιγραφὴ τῆς μνηστηροφονίας, ἡ ὁποία ἔγινε μετὰ τὸ μεσημεριανὸ φαγητό.

Ὡστόσο, ἡ πέμπτη ἡμερομηνία ἡλιακῆς ἐκλείψεως εἶναι σύμφωνη μὲ ὅλες τὲς ὁμηρικὲς περιγραφές. Πρόκειται γιὰ τὴ μερικὴ ἡλιακὴ ἐκλείψη τῆς 30ῆς Ὀκτωβρίου 1207 π.Χ., μὲ σημαντικὴ κάλυψη τῶν $\frac{3}{4}$ τοῦ ἡλιακοῦ δίσκου (74,7%). Τὸ φαινόμενο ξεκίνησε στὶς 14.31, κορυφώθηκε στὶς 16.03 καὶ τελείωσε στὶς 17.23. Ἡ ἡλιακὴ ἐκλείψη συνέβη στὰ δυτικά, σὲ ὕψος 20 μοιρῶν ἀπὸ τὸν ὀρίζοντα, στὴν περιοχὴ τοῦ ἀστερισμοῦ τοῦ Σκορπιοῦ. Λίγη ὥρα μετὰ, στὶς 17.58, ὁ ἥλιος ἔδυσε, καὶ γι' αὐτό, ὅπως περιγράφεται στὸ ὁμηρικὸ κείμενο, ἀμέσως οἱ ὑπέρετρες ἔφεραν φῶς (χ 497). Τὴ θέση τῆς ἐν λόγω ἡλιακῆς ἐκλείψεως στὸν οὐρανὸ τῶν Ἰονίων Νήσων τὴν ἀπεικονίζει ἡ Εἰκόνα 1.

Ἡ ἀκρίβεια τοῦ Ὁμήρου ὡς πρὸς τὴν ἐμφάνιση τῆς Ἀφροδίτης κατὰ τὴν ἄφιξή τοῦ Ὀδυσσέα περιγράφεται στὸ ἀπόσπασμα ν 93-95. Πράγματι, ἡ Ἀφροδίτη ἦταν στὴν ἀνατολή, στὸν ἀστερισμὸ τοῦ Ζυγοῦ, σὲ ὕψος 18

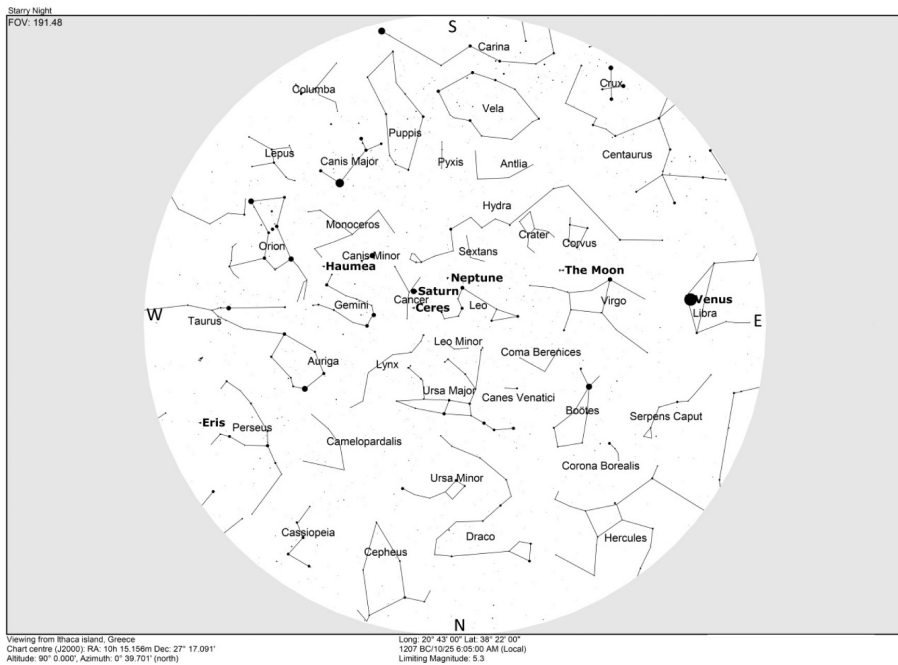


Εικόνα 1: Η μερική ήλιακη έκλειψη, με κάλυψη κατά 74,7% του ήλιακού δίσκου, της 30ής Οκτωβρίου του 1207 π.Χ., όρατη στον ούρανο των Ίονίων Νήσων, όριοθετείται σε περιοχή του ούρανοῦ ἀπὸ τοὺς ἀστερισμοὺς τοῦ Σκορπιοῦ, τοῦ Ζυγοῦ (ἢ Χηλῶν τοῦ Σκορπιοῦ) καὶ τοῦ Ὀφιοῦχου.

μοιρῶν πάνω ἀπὸ τὸν ὀρίζοντα, γιὰ μιὰμιση ὥρα καλῶς ὁρατὴ, πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ τοῦ Ἡλίου (ἡ ἀνατολὴ Ἡλίου ἔγινε στὶς 6.50, ἐνῶ ἡ ἀνατολὴ τῆς Ἀφροδίτης ἔγινε στὶς 5.13 τοπικὴ ὥρα). Ἡ Ἀφροδίτη (Venus) φαίνεται στὴν Εἰκόνα 2 στὴν Ἀνατολὴ (East), πρὸς τὴ δεξιὰ πλευρὰ τῆς εἰκόνας.

Ἐπιπλέον, ἡ ἐρευνητικὴ ὁμάδα ἐπισημαίνει ὅτι δύο ἀστερονομικὰ φαινόμενα, ἡ ἡλιακὴ ἐκλειψὴ καὶ μιὰ βροχὴ διαττόντων ἀστέρων (πεφταστέρια), περιγράφονται στὴν Ὀδύσσεια ὡς προφητεῖες τοῦ μάντη Θεοκλύμενου, ποὺ τὸ ὄνομά του σημαίνει «ὁ ἀκούων τὰ θεῖα», καθὼς, σύμφωνα μὲ τὶς δοξασίες ἐκείνης τῆς ἐποχῆς, τὰ ἔκτακτα αὐτὰ ἀστερονομικὰ φαινόμενα συνεδέοντο μὲ θεότητες (PAPAMARINOPOULOS et al. 2013).

Ὁ Ὅμηρος ἀναφέρει πολλὰς φορὲς ὅτι ὁ Τρωικὸς Πόλεμος διήρκεσε δέκα ἔτη καὶ ὅτι ὁ Ὀδυσσεὺς ἐπέστρεψε στὴν Ἰθάκη εἴκοσι ἔτη μετὰ τὴν ἀναχώρησή του. Τρία χωρία τῆς Ἰλιάδας (B 134-138, 295-296 καὶ 328-330)



Εικόνα 2: Η εμφάνιση της Αφροδίτης (Venus) τὰ χαράματα στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα τοῦ οὐρανοῦ τῶν Ἰονίων Νήσων τὴν 25ῃ Ὀκτωβρίου τοῦ 1207 π.Χ., ὅταν ὁ Ὀδυσσεύς ἐφθασε στὸ νησί του. Ἡ Αφροδίτη φαίνεται στὰ δεξιὰ τῆς εἰκόνας.

ἀναφέρουν τὸν Κάλχα, τὸν Ἀγαμέμνονα καὶ τὸν Ὀδυσσεύα νὰ ἐπαναλαμβάνουν τὴ δεκαετὴ διάρκεια τοῦ πολέμου καὶ νὰ προσθέτουν ὅτι τὰ περιγραφόμενα γεγονότα στὴν Ἰλιάδα ἔγιναν στὴν ἀρχὴ τοῦ δέκατου «ἔτους τοῦ πολέμου» στὴν Τροία.

Στὴ συνέχεια ἐντοπίστηκε καὶ ἄλλη μία ἡλιακὴ ἔκλειψη, ποὺ περιγράφεται στὴν Ἰλιάδα (στὸ χρονικὸ διάστημα ἀναζήτησης 1400-1130 π.Χ.). Τὰ στοιχεῖα ποὺ δίνονται ἀπὸ τὸν Ὅμηρο γιὰ τὸν ἐντοπισμὸ τῆς εἶναι:

1. Ἡ ἐποχὴ ἦταν καλοκαίρι (περιγραφή πολλῆς ζέστης καὶ παρουσίας ἐρωδιοῦ).
2. Ἡ ὥρα τῆς ἔκλειψης ἦταν ἀργὰ τὸ μεσημέρι (θάνατος Πατρόκλου).
3. Ἡ Αφροδίτη ἦταν στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα ὁρατὴ πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ τοῦ Ἡλίου, τρεῖς ἡμέρες μετὰ τὴν ἔκλειψη καὶ τὸν θάνατο τοῦ Πατρόκλου, κατὰ τὴν ἡμέρα ποὺ ξημέρωσε μετὰ τὴν καύση τῆς σοροῦ του.

4. Ἡ ἔκλειψη αὐτὴ ἔπρεπε νὰ εἶχε προϋπάρξει δέκα χρόνια πρὶν ἀπὸ τὴν ἔκλειψη ποὺ ἀναφέρεται στὴν Ὀδύσσεια.

Ἡ πρώτη ἀναφορὰ σὲ αὐτὴ τὴν ἡλιακὴ ἔκλειψη ἔγινε ἀπὸ τὸν Σουηδὸ ἀστρονόμο Knut Lundmark σὲ ὁμιλία του περὶ τὸ 1940 (HENRIKSSON 2012).

Συγκεκριμένα, οἱ ἐρευνητές, κατὰ τὴ μελέτῃ τοῦ ὁμηρικοῦ κειμένου, ἐντόπισαν τὴν περιγραφὴ μίας ἀκόμη μερικτῆς ἡλιακτῆς ἔκλειψης ὁρατῆς στὴν Τροία κατὰ τὴν προϊστορικὴ ἐποχὴ καὶ τὴν ἐπιβεβαίωσαν στοὺς καταλόγους τῶν ἐκλείψεων τῆς NASA (PAPAMARINOPOULOS et al. 2014). Ἡ περιγραφόμενη ἀπόλυτη σκοτεινιά τῆς νύχτας (Θ 500-511, Κ 275-277, 297, 394 καὶ 468) πρὶν ἀπὸ τὴν ἡμέρα θανάτου τοῦ Πατρόκλου εἶναι συμβατὴ μὲ τὴν ἀπαραίτητη προϋπόθεση τῆς φάσεως Νέας Σελήνης, προκειμένου νὰ συμβεῖ μιὰ ἡλιακὴ ἔκλειψη. Ἐπιπλέον ἡ ὑπαρξὴ τοῦ ἔρωδιου (Κ 274-275), ποὺ εἶναι ἀποδημητικὸ πτηνόν, καθὼς καὶ οἱ σκηνές ποὺ ἀναφέρονται καὶ ἀντιστοιχοῦν σὲ συνθηκὲς ὑψηλῆς θερμοκρασίας (Κ 572-575, Λ 621-622, 642-643 καὶ 811-812), ὑποδηλώνουν ὅτι ἡ ἐποχὴ ἦταν εἴτε προχωρημένη ἀνοιξὴ εἴτε ἀρχὴ καλοκαιριοῦ.

Ἡ ἡλιακὴ ἔκλειψη στὴν Τροία καὶ ὁ θάνατος τοῦ Πατρόκλου

Παρακολουθώντας τὴν ὁμηρικὴ ἀφήγησιν τῆς μάχης, φαίνεται ὅτι περιγράφεται ἓνα σταδιακὸ σκοτείνιασμα (τὸ ὁποῖο προκαλεῖ ὁ Ζεὺς), ποὺ ξεκινᾷ τὸ μεσημέρι, τὴν ὥρα θανάτου τοῦ Σαρπηδόνα (Π 567-568), καὶ κορυφώνεται μετὰ τὴν ὥρα θανάτου τοῦ Πατρόκλου (Ρ 269-270).

Δὲν πρόκειται γιὰ ὀλικὴ ἡλιακὴ ἔκλειψη, καθὼς ὑπάρχει ὁρατότητα καὶ ἡ σκληρότατη μάχη συνεχίζεται κανονικὰ γύρω ἀπὸ τὸ σῶμα τοῦ νεκροῦ Πατρόκλου. Μάλιστα στοὺς στίχους: «Ὡς οἱ μὲν μάρναντο δέμας πυρός, οὐδέ κε φαίης οὔτε ποτ' ἥελιον σῶν ἔμμεναι οὔτε σελήνην» (Ρ 366-377) ὑποδηλώνεται ἡ «συνύπαρξις» Ἡλίου καὶ Σελήνης. Θὰ ἦταν λογικὸ νὰ γίνεαι ἀναφορὰ μόνον στὸν Ἥλιο καὶ ὄχι καὶ στὴ Σελήνη τὸ μεσημέρι ποὺ διεξάγεται αὐτὴ ἡ μάχη. Βεβαίως μπορεῖ κανεὶς νὰ διακρίνει ἀχνὰ καὶ τὴ Σελήνη σὲ ἡμερήσιο φῶς, ἀλλὰ ὄχι κάτω ἀπὸ τὸν ἔντονον ἡλιακὸ φωτισμὸ ἑνὸς ζεστοῦ καλοκαιριοῦ μεσημεριοῦ ὅπως αὐτὸ ποὺ περιγράφεται. Κατόπιν συνδυασμοῦ τῶν παραπάνω περιγραφῶν ἔγινε ἀντιληπτὸ ὅτι ὁ ποιητὴς περιγράφει μιὰ μερικτὴ ἡλιακὴ ἔκλειψη, ὅπου ὁ σκοτεινὸς δίσκος τῆς Σελήνης βρίσκεται ἀκριβῶς δίπλα καὶ ἐν μέρει καλύπτει τὸν φωτεινὸ ἡλιακὸ δίσκο.

Ἡ περιγραφὴ μάλιστα συνεχίζεται (P 366-377) μὲ τὴ διευκρίνιση ὅτι τὸ φαινόμενο τῆς συνύπαρξης τῶν δύο οὐρανίων σωμάτων δὲν γίνεται ἀντιληπτό ἀπὸ ὅσους μάχονται σκληρὰ γύρω ἀπὸ τὸν νεκρὸ Πάτροκλο, οἱ ὅποιοι βρίσκονται ἐνδιαμέσως τῶν στρατευμάτων, καθὼς «*ἡέρι γὰρ κατέχοντο μάχης ἐπὶ θ' ὅσον ἄριστοι ἔστασαν ἀμφὶ Μενoitιάδῃ κατατεθνηῶτι*». Δηλαδή αὐτοὺς τοὺς κάλυπτε τὸ σκοτάδι τῆς μάχης («*ἡέρι μάχης*»), συνεκδοχικὰ ἢ σκοτεινιὰ τοῦ πολέμου, καὶ δὲν ἀντιλαμβάνονται τὸ οὐράνιο φαινόμενο· σὲ ἀντίθεση μὲ ὅλους τοὺς ἄλλους μαχομένους, στὴν ἴδια βεβαίως πεδιάδα, οἱ ὅποιοι πολεμοῦν κάτω ἀπὸ αἴθριο οὐρανό, μὲ ὀξύ, διαπεραστικό, ἐκτυφλωτικὸ ἡλιακὸ φῶς, ἐνῶ «*δὲν φαίνεται πουθενὰ σύννεφο, οὔτε στὴ γῇ οὔτε στὰ ὄρη*» («*οἱ δ' ἄλλοι Τρῶες καὶ εὐκνήμιδες Ἀχαιοὶ εὐκνηλοὶ πολέμιζον ὑπ' αἰθέρι, πέπτατο δ' αὐγὴ ἡελίου ὀξεῖα, νέφος δ' οὐ φαίνετο πάσης γαίης οὐδ' ὀρέων*»).

Ἡ τελευταία ἐπισήμανση ὑποδηλώνει τὴν ὑπαρξὴ μιᾶς «σκοτεινιάς», ὅπως ὅταν ὑπάρχει νέφωση, χωρὶς ὅμως, στὴ συγκεκριμένη περίπτωση, τὴν ὑπαρξὴ νεφῶν. Πρόκειται γιὰ τὸ σκοτεινιάσμα ποὺ ἐπιφέρει μιὰ μερικὴ ἡλιακὴ ἔκλειψη. Τὸ ὀξύ ἐκτυφλωτικὸ ἡλιακὸ φῶς προέρχεται ἀπὸ τὸ ἐναπομεῖναν μικρὸ τμήμα τοῦ ἡλιακοῦ δίσκου ποὺ δὲν ἔχει καλυφθεῖ ἀπὸ τὸν σεληνιακὸ δίσκο.

Στὴ συνέχεια καὶ ἐνῶ ἡ μάχη συνεχίζεται, ἡ θεὰ Ἀθηνᾶ ὡς πορφυρὴ νεφέλη κατέβηκε ἀπὸ τὸν οὐρανὸ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους (P 544-555), καλύπτοντας τὰ στρατεύματα, ὅποτε ἡ μάχη διακόπτεται λόγω μὴ ὁρατότητας, ὅπως δηλώνεται διὰ στόματος τοῦ Αἴαντα (P 643-650). Δηλαδή τὸ μειωμένο ἡλιακὸ φῶς, λόγω τῆς ἔκλειψης, ἐπιβαρύνεται ἀπὸ τὴν προσθήκη αὐτοῦ τοῦ κόκκινου νέφους.

Γιὰ τὴν ἐρμηνεῖα αὐτοῦ τοῦ κόκκινου νέφους, καθὼς καὶ γιὰ τὴν πτώση στὴ γῇ αἱμάτων δροσοσταλίδων [*αἱματοέσσας δὲ ψιάδας κατέχευεν ἔραζε*] (Π 459)], ποὺ προηγήθηκαν στὸ πεδίο τῆς μάχης, παρέχεται ἐπιστημονικὴ ἐξήγηση σὲ ὅρους ἀστροφυσικῆς καὶ ἀτμοσφαιρικῆς φυσικῆς σὲ πρόσφατη δημοσιευμένη ἐργασία τῆς ομάδας (PAPAMARINOPOULOS et al. 2016). Ἡ ἐξήγηση ἢ ὅποια δίδεται ἀφορᾷ τὴ δημιουργία συνθηκῶν (οἱ ὁποῖες ἀναλύονται), προγενεστέρως τῆς ἡλιακῆς ἔκλειψης, ποὺ ὀδήγησαν στὴν παρουσία ἐνὸς ἐρυθροῦ σύννεφου καὶ τὴν κάθοδό του ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ὡς ὁμίχλης στὸ πεδίο τῆς μάχης, τὴν ὥρα τῆς μέγιστης φάσης τῆς ἡλιακῆς ἔκλειψης, λόγω τῆς ἀπότομης μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς ὑγρασίας στὴν πεδιάδα τῶν μαχῶν, ἐξ αἰτίας ἀκριβῶς τῆς ὑπαρξῆς τῆς ἡλιακῆς

ἔκλειψης. Ἡ συνύπαρξή τῶν δύο φαινομένων τονίζεται μέσα στο ὁμηρικό κείμενο ὡς ἡ αἰτία τῆς παντελοῦς ἔλλειψης ὁρατότητας γιὰ λίγα λεπτά.

Ὁ Αἴας προσεύχεται στὸν Δία νὰ ἐπαναφέρει τὸ φῶς καὶ ἐκεῖνος ἀνταποκρίνεται ἄμεσα. Πράγματι, ἡ μέγιστη φάση μιᾶς ἡλιακῆς ἔκλειψης κρατᾷ μόνο μερικὰ λεπτά. Ἔτσι ὁ Ζεὺς ἐπιφέρει δύο συμβάντα, καθὼς ὑπῆρχαν δύο φαινόμενα, «ἠέρα μὲν σκέδασε καὶ ἄπωσεν ὀμίχλην» (P 649-650). Δηλαδή σκόρπισε τὸ σκοτάδι (λόγῳ τῆς ἔκλειψης) καὶ ἀπομάκρυνε καὶ τὴν ὀμίχλη. Ὅποτε «ἠέλιος δὲ ἐπέλαμψε», δηλαδή ὁ Ἥλιος ἔλαμψε ψηλὰ στὸν οὐρανό.

Ὁ ποιητὴς ὅμως δίνει καὶ ἄλλη μία χρήσιμη ἀστρονομικὴ πληροφορία. Μετὰ τὸν θάνατο τοῦ Πατρόκλου (μὴ συμπεριλαμβανομένης τῆς ἡμέρας θανάτου του), σὲ διαφορετικὰ ἀποσπάσματα τοῦ κειμένου ἀναφέρονται τρεῖς χαραυγές. Ἡ ὁμάδα ἐνότισε αὐτὲς τὲς τρεῖς διαδοχικὲς χαραυγές, οἱ ὁποῖες περιγράφονται σὲ ἀντίστοιχα ἀποσπάσματα (T 1-2, Ψ 109-110 καὶ 226-228). Στὸ πρῶτο καὶ στὸ δεύτερο ἐξ αὐτῶν περιγράφεται ἡ πρώτη καὶ ἡ δεύτερη χαραυγὴ ἀντιστοίχως μετὰ τὸν θάνατο τοῦ Πατρόκλου. Στὸ τρίτο περιγράφεται ἡ χαραυγὴ μετὰ τὸ τέλος τῆς διὰ πυρὸς καύσης τῆς σοροῦ τοῦ ἥρωα, ὅποτε ἐπισημαίνεται ἡ ἐμφάνιση τῆς Ἀφροδίτης (Venus) στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ τοῦ Ἥλιου.

Μὲ δεδομένη τὴν ὕπαρξή μίας ἀκόμη ἡλιακῆς ἔκλειψης ποὺ ἀναφέρεται στὴν Ὀδύσσεια, θὰ πρέπει ἡ ἔκλειψη τῆς Ἰλιάδας νὰ προηγεῖται κατὰ δέκα ἔτη πολέμου, σύμφωνα μὲ τὸν ἴδιο τὸν Ὅμηρο. Συνεπῶς, ἡ ἐπιστημονικὴ ὁμάδα ὅφειλε νὰ ἀναζητήσει δύο ἡλιακὲς ἐκλείψεις (μέσα στὸ χρονικὸ διάστημα 1400-1130 π.Χ.) ποὺ νὰ ἱκανοποιοῦν τὲς ἐξῆς ὁμηρικὲς προϋποθέσεις:

– Μιὰ ἔκλειψη ὁρατὴ στὴν Τροία, μεσημεριανὴ ὥρα, ποὺ συνέβη προχωρημένη ἄνοιξη ἢ καλοκαίρι. Ἐπὶ πλεόν ὁ πλανήτης Ἀφροδίτη πρέπει νὰ εἶναι ὁρατὸς στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα, πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ τοῦ Ἥλιου, τρεῖς ἡμέρες μετὰ τὴν ἡλιακὴ ἔκλειψη.

– Μετὰ μία δεκαετία, μιὰ ἔκλειψη ὁρατὴ στὴν Ἰθάκη, μεσημεριανὴ ὥρα, ποὺ συνέβη τὸ φθινόπωρο. Ἐπιπροσθέτως ὁ πλανήτης Ἀφροδίτη πρέπει νὰ εἶναι ὁρατὸς στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα, πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ τοῦ Ἥλιου, πέντε ἡμέρες πρὶν ἀπὸ τὴν ἡλιακὴ ἔκλειψη.

Τὸ πρόγραμμα Starry Night καὶ οἱ κατάλογοι ἐκλείψεων τῆς NASA

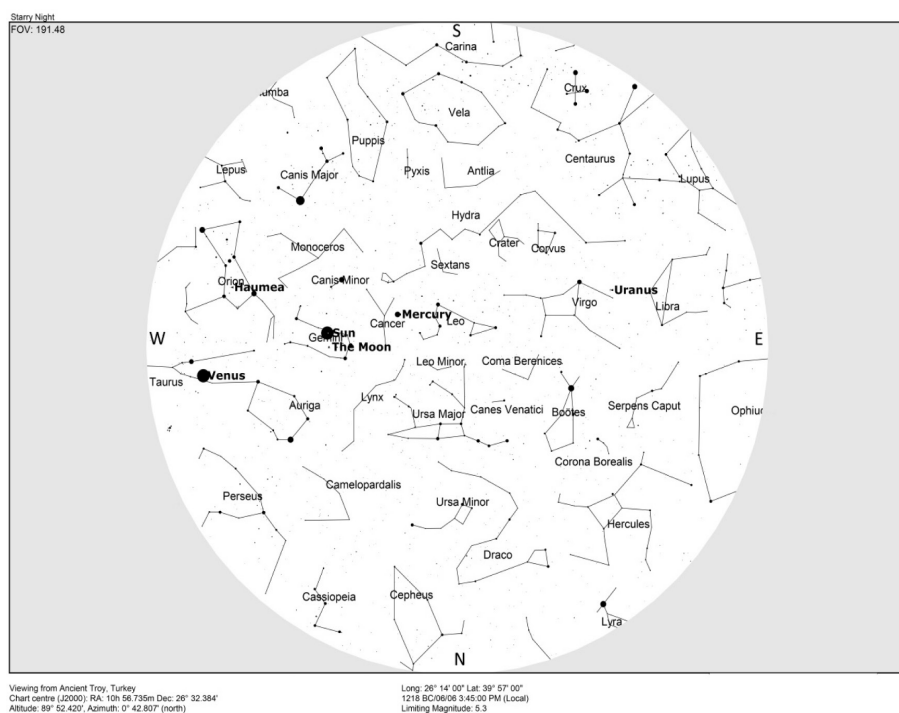
Μὲ χρήση τοῦ προγράμματος Starry Night καὶ τῶν καταλόγων τῶν ἐκλείψεων τῆς NASA, ἐλέγχθηκε ὅλη ἡ χρονικὴ περίοδος ἀπὸ τὸ 1400 ἕως τὸ 1130 π.Χ. Ἡ ἐπιστημονικὴ ομάδα ὄφειλε νὰ λάβει ὑπόψη τὴν ἑναρξὴ τῆς ἀνθησης τοῦ μυκηναϊκοῦ πολιτισμοῦ τὸ 1400 π.Χ., καθὼς καὶ τὴν ἀκμὴ καὶ τὸ τέλος τοῦ κόσμου τῶν Ἀχαιῶν τὸ 1130 π.Χ. Θὰ πρέπει ἀκόμη νὰ ἐπισημάνουμε ὅτι θὰ ἦταν φοβερὰ ριψοκίνδυνο νὰ πραγματοποιηθεῖ μυκηναϊκὴ ἐκστρατεία ἐναντίον τῆς Τροίας κατὰ τὴν ἀκμὴ τῆς Χεττιτικῆς Αὐτοκρατορίας, γι' αὐτὸ καὶ ἐκστρατεία πρέπει νὰ ἐπιχειρήθηκε μόνο ὅταν ἡ τελευταία ἔχασε τὴ δύναμή της μετὰ τὴν ἥττα της ἀπὸ τοὺς Αἰγυπτίους στὴ μάχη τοῦ Kadesh τὸ 1275/4 π.Χ. (SPALINGER 2005) καὶ κυρίως μετὰ τὴν ἥττα της ἀπὸ τοὺς Ἀσσυρίους στὴ μάχη τῆς Nihriya τὸ 1237 π.Χ. (LIVERANI 2001). Ἡ ἐπιστημονικὴ ομάδα, ἀφοῦ ἔλαβε ὑπόψη της ὅλα τὰ προαναφερθέντα, ἐντόπισε τὴν ἡμερομηνία αὐτῆς τῆς μερικῆς ἡλιακῆς ἐκλείψεως, ποὺ ἦταν ἡ 6ῃ Ἰουνίου τοῦ 1218 π.Χ. Ἡ θέση τῆς συγκεκριμένης ἡλιακῆς ἐκλείψεως παρουσιάζεται στὴν Εἰκόνα 3, στὴν ἀριστερὴ πλευρὰ της.

Ἡ μερικὴ ἡλιακὴ ἐκλείψη τῆς 6ης Ἰουνίου 1218 π.Χ. στὴν Τροία, ἡ ὁποία μετὰ ἀπὸ ἕναν ἕως δύο μῆνες ἀλώθηκε, ἱκανοποιεῖ τὴν ἀναφορὰ τοῦ Ὁμήρου ὅτι προηγεῖται μία δεκαετία ἀπὸ τὴν ἐπιστροφή τοῦ Ὀδυσσεά, ποὺ ἔγινε τὴν 25ῃ Ὀκτωβρίου τοῦ 1207 π.Χ. – καὶ ἀκολούθησε ἡ ἐκλείψη τῆς Ἰθάκης πέντε ἡμέρες μετὰ, δηλαδὴ τὴν 30ῃ Ὀκτωβρίου 1207 π.Χ. Τὸ ζεῦγος αὐτῶν τῶν δύο ἡλιακῶν ἐκλείψεων εἶναι τὸ μοναδικὸ ποὺ ἱκανοποιεῖ αὐτὸν τὸν ὁμηρικὸ ὄρο στὴ χρονικὴ περίοδο 1400-1130 π.Χ.

Ἡ μερικὴ ἡλιακὴ ἐκλείψη στὴν Τρωάδα συνέβη μεσημέρι, μὲ ἑναρξὴ στὶς 14.10, μέγιστη φάση στὶς 15.45 καὶ λήξῃ στὶς 17.07, ἐνῶ ἡ κάλυψη τοῦ ἡλιακοῦ δίσκου ἦταν 75,2%. Ὁ συγχρονισμὸς της μὲ τὸν θάνατο τοῦ Πατρόκλου εἶναι ἐμφανής.

Τρεῖς ἡμέρες μετὰ τὴν ἐκλείψη, τὰ χαράματα τῆς 9ης Ἰουνίου, ἡ Ἀφροδίτη ἦταν πολὺ καλὰ ὁρατὴ στὸν ἀνατολικὸ ὀρίζοντα, καθὼς ἀνέτειλε στὶς 3.12, ἐνῶ ὁ ἥλιος ἀνέτειλε στὶς 4.48, ὅπως φαίνεται στὴν Εἰκόνα 4 στὴ δεξιὰ πλευρὰ τοῦ χάρτη.

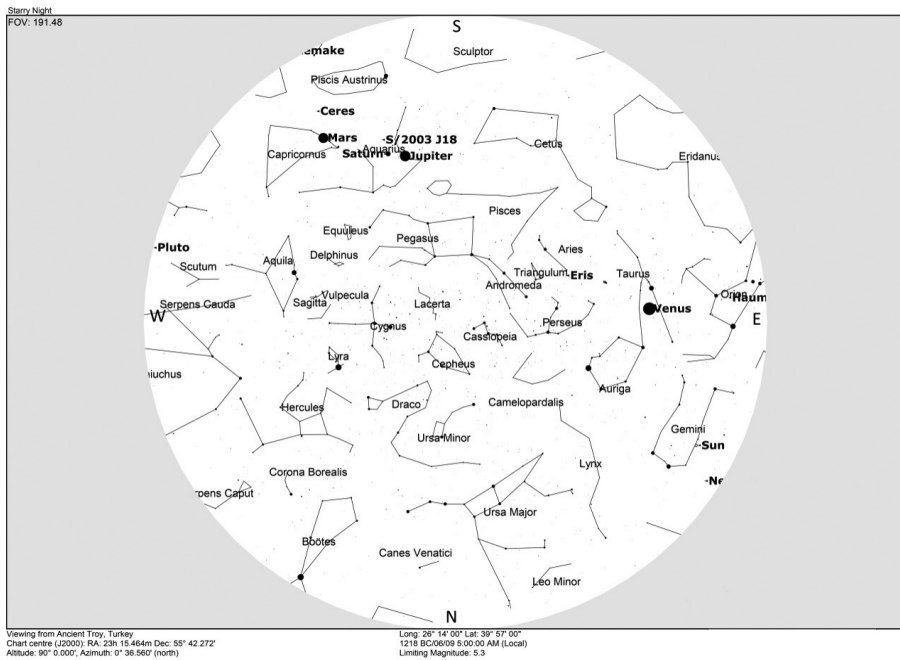
Ἡ εὐρεθεῖσα ἡλιακὴ ἐκλείψη τῆς 6ης Ἰουνίου τοῦ 1218 π.Χ. ὀριοθετεῖται, σὲ περιοχὴ τοῦ οὐρανοῦ τῆς Τρωάδας, ἀπὸ τοὺς ἀστερισμοὺς τοῦ Ὠρίωνα, τοῦ Ταύρου (μὲ τὰ νεφελώματα Πλειάδες καὶ Ὑάδες) καὶ τῆς Με-



Εικόνα 3: Η έκλειψη Ηλίου της 6ης Ιουνίου 1218 π.Χ. στην Τρωάδα, με κάλυψη του ήλιακού δίσκου 75,2%, έγινε σε περιοχή του ούρανοῦ ἡ ὁποία ὀριοθετεῖται ἀπὸ τοὺς ἀστερισμοὺς τοῦ Ταύρου, τοῦ Ὠρίωνα καὶ τῆς Μεγάλης Ἀρκτοῦ καὶ ἐμφανίζεται στὴν ἀριστερὴ πλευρὰ τῆς εἰκόνας. Αὐτοὶ ἀκριβῶς οἱ ἀστερισμοὶ περιγράφονται στὴ δεύτερη ἀσπίδα τοῦ Ἀχιλλέα!

γάλης Ἀρκτοῦ. Τὸ χωρίο τῆς Ἰλιάδας Σ 483-489 ἀναφέρει αὐτοὺς ἀκριβῶς τοὺς ἀστερισμοὺς, οἱ ὅποιοι δίκην στεφάνου κυκλώνουν τὴν οὐράνια περιοχὴ ὅπου ἔγινε ἡ έκλειψη. Οἱ ἀστερισμοὶ αὐτοὶ ἀναφέρονται στὴν περιγραφὴ τῆς δεύτερης ἀσπίδας τοῦ Ἀχιλλέα, δεδομένου ὅτι ἡ πρώτη λαφυραγωγήθηκε ἀπὸ τοὺς Τρῶες ὅταν σκότωσαν τὸν Πάτροκλο. Ἡ ἤδη παρουσιασθεῖσα Εἰκόνα 3 δείχνει τὸν οὐρανὸ τῆς Τροίας τὴν ὥρα τῆς έκλειψης, ἡ ὁποία ἔλαβε χώρα στὸν ἀστερισμὸ τῶν Διδύμων καὶ εἶναι ὀριοθετημένη ἀπὸ τοὺς συγκεκριμένους ἀστερισμοὺς οἱ ὅποιοι –ἀναφέρεται ὅτι– ἀπεικονίζονταν πάνω στὴν ἀσπίδα τοῦ Ἀχιλλέα.

Ἐπιπροσθέτως, στὴ δημοσίευση τῆς ομάδας PAPAMARINOPOULOS et al. (2014) ἀπορρίπτεται τεκμηριωμένα καὶ γιὰ πολλοὺς λόγους ἡ ὀλικὴ ἡλιακὴ



Εικόνα 4: Η εμφάνιση της Αφροδίτης (Venus) στον ανατολικό ορίζοντα του ουρανού της Τροίας, τα χαράματα της 9ης Ιουνίου του 1218 π.Χ., τρεις ημέρες μετά τον θάνατο του Πατρόκλου, φαίνεται στη δεξιά πλευρά της εικόνας.

έκλειψη της 11ης Ιουνίου 1312 π.Χ. ή της 24ης Ιουνίου του 1312 π.Χ., σε γρηγοριανό και ιουλιανό ημερολόγιο αντιστοίχως, την οποία πρότεινε ο Henriksson (2012). Η όλη περιγραφή του όμηρικού κειμένου αντιστοιχεί σε μερική και όχι σε όλική ήλιακή έκλειψη, όπως προτείνει ο έν λόγω έρευνήτης. Επίσης υπάρχουν επιστημονικώς ασυγχώρητες ασυμβατότητες στο έλο σκεπτικό που παρουσιάζει προκειμένου να δικαιολογήσει την έπιλογή του.

Η περιγραφόμενη στο όμηρικό κείμενο ζέστη και ή προαναφερθείσα εμφάνιση του αποδημητικού πτηνού έρωδιου στη δέκατη ραψωδία της Ιλιάδας ταιριάζουν απόλυτα στις αρχές Ιουνίου, έναν περίπου μήνα πριν από το θερινό ήλιοστάσιο, που τότε (λόγω του φαινομένου της μετάπτωσης) ήταν την 4η Ιουλίου.

Ός γνωστόν, ή κοινή αποδοχή της χρονικής αναφοράς της πρώτης τέλεσης των Ολυμπιακών Αγώνων τó έτος 776 π.Χ. εκ μέρους του κρά-

τους τῆς Ἡλιδας ἔγινε πρὸς τὰ μέσα τοῦ 3ου αἰῶνα π.Χ. Ἡ ὁμάδα παραθέτει ἑννέα ἀποσπάσματα, τὰ ὁποῖα ἀφοροῦν τῇ χρονολόγησιν γεγονότων μὲ βάση τινες Ὀλυμπιάδες ἀπὸ τὰ μέσα τοῦ 3ου αἰῶνα π.Χ. Συγκεκριμένα, τρία ἀπὸ τὸν Διόδωρο Σικελιώτη (Ἱστορικὴ βιβλιοθήκη 1,4,7 - 1,68, 5,1 καὶ 6-7), τρία ἀπὸ τὸν Διονύσιο Ἀλικαρνασσέα (Ῥωμαϊκαὶ ἀρχαιοότητες, 1,74,1 - 1,74,4 - 3,1,4) καὶ τρία ἀπὸ τὸν Πολύβιο Μεγαλοπολίτη (Ἱστορίαι, 3,17,1 - 4,26,1 - 5,105,3).

Κατὰ τὴν κλασικὴ ἐποχὴ στὴν Ἑλλάδα οἱ χρονολογικὲς ἀφετηρίες ἦταν διαφορετικὲς. Στὴν Ἀθήνα, γιὰ παράδειγμα, τὰ ἔτη καθορίζονταν ἀπὸ τὸν ἐπώνυμο ἄρχοντα, στὴ Σπάρτη ἀπὸ τὸν ἐπώνυμο ἔφορο καὶ στὸ Ἄργος ἀπὸ τὴν ἰσόβια ἱέρεια τῆς Ἥρας.

Ἐπίσης, γιὰ τὴν ὑπαρξὴ διαφορετικῆς ἀρχῆς τοῦ ἔτους στὶς ἐλληνικὲς πόλεις κατὰ τοὺς αἰῶνες πρὶν ἀπὸ τὴν χρονολόγησιν μὲ βάση τινες Ὀλυμπιάδες, παρατίθενται τὰ ἑξῆς ἀποσπάσματα: Φώτιος, Λεξικόν, 291 καὶ Πλούταρχος, Πελοπίδας, 25. Ἐπὶ πλεόν ὑπάρχουν καὶ πολλὰ ἄλλα περιγραφόμενα στὴ βιβλιογραφία, ὅπως λόγου χάριν ἀναφέρονται ἀπὸ τοὺς Μάνο Δανέζη καὶ Στράτο Θεοδοσίου στὸ βιβλίον τους Ἡ Ὀδύσσεια τῶν ἡμερολογίων (1995).

Εἶναι ἀναμενόμενο ὅτι γιὰ τοὺς προγενέστερους αἰῶνες, ὅπως γιὰ τὸ τέλος τοῦ 13ου καὶ τινες ἀρχὲς τοῦ 12ου αἰῶνα π.Χ. παραδείγματος χάριν, δὲν ὑπῆρχε κοινὸ ἡμερολόγιον γιὰ τὰ βασίλεια τῶν Ἀχαιῶν. Συνήθως ἡ πρωτοχρονιά εἶχε σχέση μὲ κάποιον ἡλιοστάσιον ἢ κάποια ἰσημερία, ἀλλὰ διέφερε ἀπὸ περιοχὴν σὲ περιοχὴ. Κατὰ συνέπειαν ὁ Ὅμηρος δὲν θὰ μπορούσε νὰ δίνει τὴ δεκαετία τοῦ πολέμου μὲ βάση ἓνα κοινὸ ἡμερολόγιον, μία κοινὴ πρωτοχρονιά. Ὡς ἐκ τούτου ὁ κοινὸς χρόνος γιὰ ὅλους τοὺς μαχομένους ἦταν «πόσα ἔτη πολέμου», δηλαδὴ τὰ «ἔτη πολέμου». Πράγματι, ὁ Κάλχας, ὁ Ἀγαμέμνωνας καὶ ὁ Ὀδυσσεύς (B 134-135, 295-296 καὶ 328-329, ἀντιστοίχως), ἀλλὰ καὶ ἄλλοι, ἀναφέρουν ὅτι ἔχουν ἤδη πολέμησει ἑννέα ἔτη καὶ τώρα βρίσκονται στὴν ἀρχὴ τοῦ δέκατου ἔτους τοῦ πολέμου.

Ἐπιπροσθέτως, ἡ ὁμάδα, στηριζόμενη σὲ κείμενα τῆς ἀρχαίας ἐλληνικῆς γραμματείας τῶν μεταγενέστερων περιόδων, ἀποδεικνύει ὅτι οἱ ἐκστρατεῖες ξεκινοῦσαν τὴν ἀνοιξὴ ἢ ἀμέσως μετὰ τὴν ἀνοιξὴ. Παραθέτει δὲ πολλὰ ἀποσπάσματα ἀρχαίων ἱστορικῶν καὶ ἄλλων συγγραφέων, καὶ συγκεκριμένα: δύο ἀπὸ τὸν Ἡρόδοτον (Ἱστορίαι, 6,106-107 - 7,206), δεκαεπτὰ ἀπὸ τὸν Θουκυδίδην (Ἱστορίαι, 1,30,4 - 2,2,1 - 2,34,1 - 2,102,2 - 2,103,1 - 4,117,1 - 5,20,3 - 5,26,1 - 6,8,1 - 6,88,5 - 6,88,6 - 6,94,1 - 7,15,2 -

7,17,1 - 8,2,4 - 8,7,1 - 8,61,1), δύο από τὸν Ξενοφώντα (Ἑλληνικά, 3,2,6 - 5,3,1), ἑπτὰ ἀπὸ τὸν Ἀρριανὸν (Ἀλεξάνδρου ἀνάβασις, 1,1,4 - 1,11,3 - 3,6,1 - 4,7,1 - 4,18,2 καὶ 4 - 4,22,3) καὶ τρία ἀπὸ τὸν Δίωνα τὸν Κάσσιο (Ρωμαϊκαὶ ἱστορίαι, 36,5,1 - 49,31,4 - 54,33,1).

Ἀπὸ ὅλα αὐτὰ ἀποδεικνύεται ὅτι οἱ ἐκστρατεῖες ξεκίνοῦσαν κατὰ κανόνα εἴτε τὴν ἀνοιξὴ εἴτε ἀμέσως μετὰ ἀπὸ αὐτὴν. Κατὰ συνέπεια ἡ ἴδια λογικὴ τῆς διεξαγωγῆς τῶν πολέμων καὶ τῆς ἐπιμελητείας τῶν ἐκστρατειῶν κατὰ τὴν κλασικὴ, τὴν ἑλληνιστικὴ καὶ τὴ ρωμαϊκὴ ἐποχὴ θὰ πρέπει νὰ προσεκταθεῖ καὶ κατὰ τὴ μυκηναϊκὴ περίοδο, ποὺ συμπίπτει μὲ τὴν ὕστερη ἐποχὴ τοῦ Χαλκοῦ.

Ἐνα, λοιπόν, «ἔτος πολέμου» στὴν Τροία ἄρχιζε τὴν ἀνοιξὴ ἐνὸς ἔτους καὶ τελείωνε τὴν ἀνοιξὴ τοῦ ἐπομένου ἔτους. Συνεπῶς, μὲ σημερινὴ χρονολόγηση, τὸ πρῶτο «ἔτος πολέμου» ἦταν μετὰ τῶν ἐτῶν 1227-1226 π.Χ. καὶ τὸ δέκατο «ἔτος πολέμου» ἦταν μετὰ τῶν ἐτῶν 1218-1217 π.Χ. Ἡ ἄλωση τῆς Τροίας ἔλαβε χώρα στὴν ἀρχὴ τοῦ δέκατου «ἔτους τοῦ πολέμου», ὅπως γράφει ὁ Ὅμηρος, δηλαδὴ τὸ καλοκαίρι τοῦ 1218 π.Χ., ὅπως προτείνει ἡ ομάδα.

Ὁ Ὀδυσσεὺς ἀναχώρησε ἀπὸ τὴν Ἰθάκη τὸ 1228-1227 π.Χ. καὶ ἐπέστρεψε τὸ εἰκοστὸ ἔτος, δηλαδὴ τὸ 1208-1207 π.Χ.

Ἡ ἐπιστημονικὴ ομάδα παραθέτει στὸν Πίνακα 1 τὰ ἔτη πολέμου (ἀπὸ ἀνοιξὴ σὲ ἀνοιξὴ) καὶ τὸ ἔτος ἐπιστροφῆς τοῦ Ὀδυσσεά.

1227-1226 π.Χ. Πρῶτο ἔτος πολέμου
1218-1217 π.Χ. Δέκατο ἔτος πολέμου
1208-1207 π.Χ. Εἰκοστὸ ἔτος – Ἐπιστροφὴ Ὀδυσσεά στὴν Ἰθάκη

Πίνακας 1: Τὰ ἔτη τοῦ πολέμου καὶ τῆς ἐπιστροφῆς τοῦ Ὀδυσσεά.

Χρονολογήσεις τοῦ Τρωικοῦ Πολέμου ἀπὸ ἱστορικοὺς καὶ ἀρχαιολόγους

Ἡ ἐπιστημονικὴ ομάδα παραθέτει ἐπίσης καὶ τὸν Πίνακα 2, ὁ ὁποῖος περιέχει τὶς ἀπόψεις τῶν ἀρχαίων ἱστορικῶν γιὰ τὴ χρονολόγηση τοῦ Τρωικοῦ Πολέμου. Οἱ ἱστορικοὶ χρονολογοῦν τὸν Τρωικὸ Πόλεμο ποὺ περιγράφεται ἀπὸ τὸν Ὅμηρο στὸ χρονικὸ διάστημα μετὰ τὸ 1300 π.Χ. (ἐκτὸς ἀπὸ τὸν Δούρη τὸν Σάμιο) μέχρι τὸ 1171 π.Χ.

Όνομα συγγραφέως	Έτος π.Χ.
Δούρις Σάμιος (ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, <i>Στρωματεῖς</i> , 1960)	1454 ἢ 1514
Κλείταρχος Ἀλεξανδρεὺς (ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, <i>Στρωματεῖς</i> , 1960)	1274 ἢ 1334
Τίμαιος Ταυρομενίτης (ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, <i>Στρωματεῖς</i> , 1960)	1274 ἢ 1334
Έρατοσθένης Ἀλεξανδρεὺς (ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, <i>Στρωματεῖς</i> , 1960)	1184 ἢ 1228 ἢ 1288
Έφορος Κυμαῖος (ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, <i>Στρωματεῖς</i> , 1960)	1189 ἢ 1249
Φανίας Έρέσιος (ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, <i>Στρωματεῖς</i> , 1960)	1169 ἢ 1229
Έρόδοτος Ἀλικαρνασσεύς (<i>Ιστορίαι</i> , 1968)	περὶ τὸ 1250
Δικαίαρχος Σικελιώτης (<i>Fragmenta</i> , 1888-1906)	1212
Πάριον Χρονικόν (Παράγραφος 24 τοῦ κειμένου, 2001)	1208
Σωσίβιος Λάκων (CENSORINUS, <i>De die natali</i> , 1810)	1171

Πίνακας 2: Οἱ ἀπόψεις τῶν ἀρχαίων ἱστορικῶν (σημείωση: Έντὸς παρενθέσεων εἶναι οἱ πηγές ποὺ ἀναφέρουν τοὺς ἀρχαίους συγγραφεῖς).

Ἡ ομάδα παραθέτει ἐπίσης καὶ τὸν Πίνακα 3, στὸν ὁποῖο παρουσιάζονται οἱ ἀπόψεις τῶν ἀρχαιολόγων σχετικῶς μὲ τὴν καταστροφὴ τῆς Τροίας, ποὺ καλύπτουν τὸ χρονικὸ διάστημα ἀπὸ τὸ 1270 μέχρι τὸ 1180 π.Χ., ἰδιαίτερα ὅσον ἀφορᾷ τῇ γεωαρχαιολογικῇ ζώνῃ Troy VIIa, ἡ ὁποία φέρει σαφεῖς ἔχνη καταστροφῆς ἀπὸ πυρκαγιὰ καὶ ἡ ὁποία γιὰ ἓνα μεγάλο μέρος τῶν ἀρχαιολόγων ἀντιστοιχεῖ στὴν ὁμηρικὴ Τροία.

Όνομα συγγραφέως	Γεωαρχαιολογικὴ ζώνη (στρῶμα)	Ἡ καταστροφὴ τῆς Τροίας σὲ ἔτος π.Χ.
C. Nylander (1963)	Τροία VI	Θεωρεῖ ὅτι ὁ Τρωικὸς Πόλεμος δὲν εἶναι ἱστορικὸ γεγονός
M. Finley et al. (1964)	Τροία VI	Θεωρεῖ ὅτι ὁ Τρωικὸς Πόλεμος δὲν εἶναι ἱστορικὸ γεγονός
W. Dörpfeld (ZENGEL, 1990)	Τροία VI	περίπου 1250, ἀλλὰ μετὰ τὴ μάχη τοῦ Kadesh
C. Blegen (ZENGEL, 1990)	Τροία VIIa	1270-1240
V. R. d'A. Desborough (1966)	Τροία VIIa	1230-1250

Όνομα συγγραφέως	Γεωαρχαιολογική ζώνη (στρώμα)	Ἡ καταστροφή τῆς Τροίας σέ ἔτος π.Χ.
M. Wood (1998)	Τροία VI	1250-1260
S. Hiller (1991)	Τροία VIh Τροία VIIa	Στὸ μέσον τοῦ 13ου αἰώνα Στὸ τέλος τοῦ 13ου καὶ στὴν ἀρχὴ τοῦ 12ου αἰώνα
G. Mylonas (1964)	Τροία VIIa	περίπου 1200
P. A. Mountjoy (1999a,b)	Τροία VIIa Τροία VIh	περίπου 1210 περίπου 1300
M. Korfmann (2004a,b)	Τροία VIIa/VIIb1	1200-1180
S. Hood (1998)	Τροία VIIb2	10ος αἰώνας

Πίνακας 3: Οἱ ἀπόψεις τῶν ἀρχαιολόγων.

Ἡ πρώτη ομάδα ἀποτελεῖται ἀπὸ τοὺς ἀρχαιολόγους Nylander καὶ Finley, οἱ ὅποιοι δὲν ἀποδέχονται τὴν ἱστορικότητα τοῦ Τρωικοῦ Πολέμου.

Ἡ δεύτερη ἀποτελεῖται ἀπὸ τοὺς Dörpfeld καὶ Blegen, Desborough, Wood καὶ Hiller, οἱ ὅποιοι χρονολογοῦν τὴν καταστροφή τῆς Τροίας περὶ τὸ 1250 π.Χ.

Ἡ τρίτη ομάδα ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν Μυλωνᾶ, τὴ Mountjoy, τὸν Korfmann καὶ τὸν Hood, οἱ ὅποιοι χρονολογοῦν τὴν καταστροφή τῆς Τροίας περὶ τὸ 1200 π.Χ., περὶ τὸ 1210 π.Χ., μεταξὺ τοῦ 1200 καὶ 1180 π.Χ. καὶ τὸν 10ο αἰώνα π.Χ. ἀντιστοίχως.

Συμπεράσματα

Ἡ ἐπισήμανση τοῦ Πλουτάρχου ὅτι «ἡ παλαιὰ φυσικὴ ἐπιστήμη» ἦταν «φυσικὸς λόγος» κρυμμένος μέσα σὲ «μύθους» καὶ «μυστηριώδη θεολογία» ἰσχύει καὶ γιὰ τὰ ὁμηρικὰ ἔπη, ποὺ περιγράφουν γεγονότα τὰ ὁποῖα συνέβησαν στὸ τέλος τοῦ 13ου αἰώνα π.Χ. Ἡ «φυσικὴ ἐπιστήμη», καὶ στὴ συγκεκριμένη περίπτωσή τὸ ἀστρονομικὸ φαινόμενο τῆς ἡλιακῆς ἑκλειψῆς, ὑποκρύπτεται μέσα στὴν ποιητικὴ ἀφήγηση καὶ ἀποδίδεται σὲ θεότητες, στὸν Δία, στὴν Ἀθηνᾶ ἢ στὸν Ἀπόλλωνα.

Ἡ ἐν θέματι ἐπιστημονικὴ ὁμάδα, σὲ σειρὰ ἐργασιῶν τῆς (PAPAMARINOPOULOS et al. 2012, 2013, 2014 καὶ 2016) στὸ περιοδικὸν *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, χρονολόγησε τὴν ἐπιστροφή τοῦ Ὀδυσσέως στὴν Ἰθάκη καὶ τὴν πτώση τῆς Τροίας μετὰ βάσιν τὰ ἀστρονομικὰ στοιχεῖα τῶν δύο ἐπῶν. Ἡ ὁμάδα μετὰ ὅρους ἀστροφυσικῆς, ἀτμοσφαιρικῆς φυσικῆς καὶ γεωφυσικῆς, ἐντόπισε, ἀνέλυσε καὶ ἐρμήνευσε καὶ ἄλλα φαινόμενα ποὺ ὑπάρχουν ἐντὸς τῶν ὁμηρικῶν ἐπῶν.

Ἡ ἀστρονομικὴ χρονολόγηση τῆς πτώσεως τῆς Τροίας τὸ 1218 π.Χ. εἶναι πολὺ κοντὰ στὴν ὁμάδα τῶν ἱστορικῶν, ὅπως τοῦ Δικαιάρχου ἀπὸ τῆς Σικελίας, ὁ ὁποῖος τὴ χρονολογεῖ τὸ 1212 π.Χ., καὶ τοῦ Πάριου Χρονικοῦ, ὅπου ἄγνωστος ἱστορικὸς τὴ χρονολογεῖ τὸ 1208 π.Χ.

Τὸ ἔτος 1218 π.Χ. εἶναι ἐπίσης πολὺ κοντὰ στὴ χρονολόγηση τῆς τρίτης ὁμάδας τῶν ἀρχαιολόγων, ὅπως τοῦ ἀειμνήστου ἀκαδημαϊκοῦ Γεωργίου Μυλωνᾶ, ὁ ὁποῖος χρονολογεῖ τὸ στρῶμα Troy VIIa, δηλαδὴ τὴ γεωαρχαιολογικὴ ζώνη μετὰ ἔχνη καταστροφῆς, ἀπὸ ἐμπρησμὸ λόγῳ πολέμου, περίπου τὸ 1200 π.Χ., καὶ τῆς P. A. Mountjoy, ἡ ὁποία τὸ χρονολογεῖ περίπου τὸ 1210 π.Χ.

Ἡ ὁμάδα ἐπισημαίνει ὅτι ἡ «μέση τιμὴ» χρονολόγησης αὐτῆς τῆς γεωαρχαιολογικῆς ζώνης Troy VIIa, ἡ ὁποία φέρει ἔχνη πυρκαγιᾶς, εἶναι περίπου τὸ 1250 π.Χ. Ἡ μέση αὕτη τιμὴ ἔχει προκύψει ἀπὸ τὶς ἀνασκαφικὲς μελέτες τῶν ἀρχαιολόγων, οἱ ὁποῖοι στηρίχθησαν κυρίως στὴν κεραμικὴ καὶ ἐν μέρει σὲ χρονολογήσεις μετὰ ἄνθρακα 14. Αὕτη ἡ τιμὴ ἔχει εὖρος σφάλματος, δηλαδὴ ἓνα σὺν καὶ ἓνα πλὴν, μερικῶν ἐτῶν ἢ μερικῶν δεκαετιῶν, τὸ ὁποῖο ὑποχρεωτικῶς εἴτε προστίθεται εἴτε ἀφαιρεῖται ἀπὸ τὸ 1250 π.Χ. Τὸ σφάλμα ὑποδηλώνει τὸν βαθμὸ ἀβεβαιότητος τῶν ἐκτιμήσεων καὶ ὀφείλεται στὸν τρόπο μετὰ τὸν ὁποῖο γίνονται οἱ χρονολογήσεις. Ἡ χρονολόγηση ὅμως ἡ ὁποία προέκυψε ἀπὸ τὰ ἀστρονομικὰ στοιχεῖα τῶν δύο ἐπῶν ἔχει μηδαμινὸ σφάλμα ἀβεβαιότητος καὶ βρίσκεται ἐντὸς τοῦ πλαισίου χρονολόγησης τῆς ἀρχαιολογικῆς ἔρευνας καὶ τῶν ἀναφορῶν τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων συγγραφέων.

Ἦταν ἡ 6ῃ Ἰουνίου τοῦ 1218 π.Χ. ὅταν σκοτώθηκε ὁ Πάτροκλος, ὑπὸ τῇ σκιᾷ μιᾶς μερικῆς ἡλιακῆς ἔκλειψης, ἐνῶ ἡ πτώση τῆς Τροίας ἐπῆλθε περίπου μετὰ ἓναν δύο μῆνες. Ὁ Ὀδυσσεὺς ἐπέστρεψε στὴν Ἰθάκη τὴν 25ῃ Ὀκτωβρίου τοῦ 1207 π.Χ. καὶ φόνευσε τοὺς διεκδικητὰς τοῦ θρόνου τοῦ τὴν 30ῃ Ὀκτωβρίου τοῦ 1207 π.Χ., ὑπὸ τῇ σκιᾷ μιᾶς ἄλλης μερικῆς ἡλιακῆς ἔκλειψης. Τὰ γεγονότα αὐτά, σημαντικὰ ἀπὸ μόνον τοὺς, συνδέθησαν ἀνα-

πόφευκτα μὲ τὰ ἀστρονομικὰ φαινόμενα τῶν ἐκλείψεων, σύμφωνα μὲ τὶς δοξασίες ἐκείνης τῆς μακρινῆς ἐποχῆς, καὶ παρέμειναν ἔντονα χαραγμένα στὴ μνήμη τῶν ἀνθρώπων ὡς ἓνα παρελθὸν ἡρώων, τὸ ὁποῖο προφορικῶς καὶ ἐμμέτρως τὸ μετέφεραν ἀπὸ γενιὰ σὲ γενιὰ. Ἦταν φυσικὸ ἐπακόλουθο ἡ Μούσα νὰ παραλάβει τοὺς θρύλους καὶ νὰ τοὺς μετατρέψει σὲ ἐπικὸ ἔμμετρο ποίημα. Ἄλλωστε ἡ ἐπικὴ ποίηση περιγράφει κατορθώματα ἡρώων καὶ γεγονότα ποὺ συνέβησαν σὲ παρελθόντα χρόνο.

Σημείωση:

The SAO/NASA Astrophysics Data System

(<http://adsabs.harvard.edu/>)

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2014MAA....14...93P>

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2013MAA....13...69P>

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2012MAA....12...117P>

SUMMARY

Astronomical dating of the Trojan War's end and of the Odysseus' return

(Athens Academy plenary session, 19.10.2017)

Public announcement of Stavros Papamarinopoulos, Panagiota Preka-Papadema, Panagiotis Mitropetros, Helena Mitropetrou, Panagiotis Antonopoulos, Giorgos Saranditis, Kosmas Gazeas, Panagiotis Nastos, Kostas Kiriakopoulos and Alexandra Tsironi

through Academician Professor Antonios Kounadis

The study of the Epics (*Iliad* and *Odyssey*) proved the existence of a unique pair of two partial solar eclipses spaced 10 years apart, observed in prehistoric Troy and in Ithaca, respectively. The identified eclipses, within the time span 1400-1130 B.C., were on the 6th of June of 1218 B.C. in Troy (IL. 16.567-568 and 786-810), during which Patroclus was killed, and on the 30th of 1207 B.C. in Ithaca (OD. 20.350-357), during which Odysseus killed the suitors. The obscuration of the solar disc was 75% in both cases.

Also, three successive dawns were identified within the *Iliad* which had occurred after Patroclus' death (IL. 19.1-2, IL. 23.109-110 and 226-228). In the third, after the end of fire which consumed Patroclus' body, Venus

appeared in the Troy's East horizon, before the sunrise. The latter was proved by the Starry Night software.

In the *Odyssey* five dawns were identified too after Odysseus' arrival in Ithaca (OD. 13.93-95, OD. 15.56, 189-193 and 495-500, OD. 17.1-5, OD. 20.91-97). In the first dawn, when Odysseus reached Ithaca, Venus appeared in the East Horizon. The latter was proved by the Starry Night software as well.

The synchronised astronomical events, solar eclipses and Venus' 'respective appearances', fit fully with seasonal Homeric descriptions and people's habits in Troy and Ithaca, and made the two astronomical datings compelling since they satisfy Homer's descriptions fully, inducing a zero error uncertainty bar which C-14 and ceramic datings cannot perform.

Βιβλιογραφία

- ΑΡΑΤΟΣ, *Φαινόμενα*, έπιμ. J. Martin, La Nuova Italia Editrice, Florence 1956.
- ΑΡΡΙΑΝΟΣ, *Αλεξάνδρου ανάβασις*, έπιμ. A. G. Roos – G. Wirth, Teubner, Leipzig 1967.
- ΔΑΝΕΖΗΣ, Μ. – ΘΕΟΔΟΣΙΟΥ, Σ., *Όδύσσεια τών ήμερολογίων, Α' και Β'*, εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα 1995.
- ΔΙΚΑΙΑΡΧΟΣ, *Αποσπάσματα*, έπιμ. F. Wehrli, Basel 1967.
- ΔΙΟΔΩΡΟΣ ΣΙΚΕΛΙΩΤΗΣ, *Ιστορική βιβλιοθήκη* (βιβλία 1-20), έπιμ. F. Vogel – K. T. Fischer, Teubner, Leipzig 1888-1906 (άνατ. Stuttgart 1964).
- ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΑΛΙΚΑΡΝΑΣΣΕΥΣ, *Ρωμαϊκά αρχαιότητες*, έπιμ. K. Jacoby, Teubner, Leipzig 1885-1905 (άνατ. Stuttgart 1967).
- ΔΙΩΝ ΚΑΣΣΙΟΣ, *Ρωμαϊκά ιστορία*, έπιμ. U. P. Boissvain, Weidmann, Berlin 1895-1901 (άνατ. 1955).
- ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ, *Καταστερισμοί*, έπιμ. A. Olivieri, Teubner, Leipzig 1987.
- ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ, *Παρεκβολαί εις τήν Όμήρου Όδύσσειαν*, έπιμ. G. Stallbaum, Eustathii archiepiscopi Thessalonicensis commentarii ad Homeri Odysseam, Leipzig 1825-1826 (άνατ. Hildesheim, 1960).
- ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ ΕΚ ΠΟΝΤΟΥ, *Όμηρικά προβλήματα*, Les belles lettres, Paris 1962.
- ΗΡΟΔΟΤΟΣ, *Ιστορία*, Les belles lettres, Paris 1968.
- ΘΟΥΚΥΔΙΔΗΣ, *Ιστορία*, έπιμ. H. S. Jones – J. E. Powell, Clarendon Press, Oxford 1942.
- ΚΛΗΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, *Στρωματεΐς*, έπιμ. O. Stählin – L. Früchtel – U. Treu, Akademie-Verlag, Berlin 1960.
- ΞΕΝΟΦΩΝ, *Έλληνικά*, έπιμ. E. C. Marchant, Clarendon Press, Oxford 1900 (άνατ. 1968).
- Όμήρου *Υλιάς*, μτφ. Κ. Δούκας, εκδόσεις Γεωργιάδη, Αθήνα 1998.

- Ὀμήρου Ὀδύσσεια, μτφ. Κ. Δούκας, ἐκδόσεις Γεωργιάδη, Ἀθήνα 2002.
- Πάριον Χρονικόν, Ashmolean Museum of Art and Archaeology, Oxford 2001.
- ΠΛΟΥΤΑΡΧΟΣ, *Περὶ τοῦ ἐμφαινομένου προσώπου τοῦ κύκλου τῆς Σελήνης*, ἐπιμ. H. Cherniss – W. C. Helmbold, Loeb Classical Library, London 1957.
- , *Ἡθικά*, 7, ἐπιμ. F. H. Sandbach, Teubner, Leipzig 1967.
- , *Πελοπίδας*, ἐπιμ. K. Ziegler, Teubner, Leipzig 1968.
- ΠΟΛΥΒΙΟΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΙΤΗΣ, *Ἱστορίαι*, ἐπιμ. T. Büttner-Wobst, Teubner, Leipzig 1889-1904 (ἀνατ. Stuttgart 1962).
- ΦΩΤΙΟΣ, *Λεξικόν* (Α-Δ), ἐπιμ. C. Theodoridis, De Gruyter, Berlin 1982, καὶ (Ε-Ω), ἐπιμ. R. Porson – P. P. Dobree, Cambridge University Press, Cambridge 2010.
- BAIKOUZIS, C. – MAGNASCO, M. O., Is an eclipse described in the Odyssey?, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 105, 26, 2008, σ. 8823-8828.
- BLEGEN, C. W., *Troy and the Trojans*, Thames and Hudson, London 1963.
- CENSORINUS, *De die natali*, Oxford 1810.
- CLINE, E., *The Trojan War, a Very Short Introduction*, Oxford University Press, Oxford 2013.
- DESBOROUGH, V. R. D'A., *The Last Mycenaeans and Their Successors, An Archaeological Survey c. 1200 - c. 1000 B.C.*, Clarendon Press, Oxford 1964.
- DÖRPFELD, W., *Troja und Ilion*, Beck & Barth, Athens 1902.
- ESPENAK, F. – MEEUS, J., *Five Millennium Canon of Solar Eclipses: -1999 to +3000*, NASA Technical Publication TP-2006-214141, 2006.
- , *Five Millennium Canon of Lunar Eclipses: -1999 to +3000*, NASA Technical Publication TP-2009-214172, 2009a.
- , *Five Millennium Catalog of Lunar Eclipses: -1999 to +3000*, NASA Technical Publication TP-2009-214173, 2009b.
- , *Five Millennium Catalog of Solar Eclipses: -1999 to +3000*, NASA Technical Publication TP-2009-214174, 2009c.
- FINLEY, M. I. – CASKEY, J. L. – KIRK, G. S. – PAGE, D. L., The Trojan War, *The Journal of Hellenic Studies*, 84, 1964, σ. 1-20.
- HENRIKSSON, G., The Trojan War dated by two solar eclipses, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 12, 1, 2012, σ. 63-76.
- HILLER, S., Two Trojan Wars? On the destructions of Troy VIh and VIIa, *Studia Troica*, 1, 1991, σ. 145-154.
- HOOD, S., The Bronze Age context of Homer, σφό: Carter, J. B. – Morris, S. P. (ἐπιμ.), *The Ages of Homer, A Tribute to Emily Townsend Vermeule*, University of Texas, Austin, 1998, σ. 25-32.

- KORFMANN, M., Was there a Trojan War?, *Archaeology*, 57, 3, 2004a, σ. 36-41.
- , Die Arbeiten in Troia/Wilusa 2003 – Work at Troia/Wilusa in 2003, *Studia Troica*, 14, 2004b, σ. 3-31.
- KRAFT, J. C. – RAPP, G. – ΚΑΡΑΝ, Ι. – LUCE, J. V., Harbor areas at ancient Troy: Sedimentology and geomorphology complement Homer's Iliad, *Geology*, 31, 2, 2003, σ. 163-166.
- LIVERANI, M., *International Relations in the Ancient Near East*, 1600-1100 BC, New York 2001.
- MOUNTJOY, P. A., The destruction of Troia VIh, *Studia Troica*, 9, 1999a, σ. 253-294.
- , Troia VII reconsidered, *Studia Troica*, 9, 1999b, σ. 295-346.
- MYLONAS, G. E., Priam's Troy and the date of its fall, *Hesperia*, 33, 4, 1964, σ. 352-380.
- NYLANDER, C., The fall of Troy, *Antiquity*, 37, 145, 1961, σ. 6-11.
- PAPAMARINOPOULOS, S. P. – PREKA-PAPADEMA, P. – ANTONOPOULOS, P. – MITROPETROU, H. – TSIRONI, A. – MITROPETROS, P., A new astronomical dating of Odysseus' return to Ithaca, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 12, 1, 2012, σ. 117-128.
- , The anatomy of a complex astronomical phenomenon described in the Odyssey, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 13, 2, 2013, σ. 69-82.
- PAPAMARINOPOULOS, S. P. – PREKA-PAPADEMA, P. – MITROPETROS, P. – ANTONOPOULOS, P. – MITROPETROU, H. – SARANDITIS, G., A new astronomical dating of the Trojan War's end, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 14, 1, 2014, σ. 93-102.
- PAPAMARINOPOULOS, S. P. – PREKA-PAPADEMA, P. – GAZEAS, K. – NASTOS, P. – KIRIAKOPOULOS, K. G., Extreme physical phenomena during the Trojan War, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 16, 3, 2016, σ. 135-155.
- SCHOCH, C., The eclipse of Odysseus, *The Observatory*, 49, 1926, σ. 19-21.
- SHERRATT, E. S., 'Reading the texts': Archaeology and the Homeric Question, *Antiquity*, 64, 1990, σ. 807-824.
- SPALINGER, A. J., *War in Ancient Egypt: The New Kingdom*, Oxford 2005.
- Starry Night User's Guide*, Imaginova Corp. Toronto, Canada, 2006.
- WOOD, M., *In Search of the Trojan War*, University of California Press, Los Angeles 1998.
- ZENGEL, E., Troy, στῶ: Demakopoulou, K. (ἐπιμ.), *Troy, Mycenae, Tiryns, Orchomenos. Heinrich Schliemann. The 100th Anniversary of his Death* (joint exhibition of the National Archaeological Museum of Athens and the Altes Museum of Berlin), 1990, σ. 51-79.

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 21ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2017

ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ
κ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥ Μ. ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΥ

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ
κ. ΛΟΥΚΑ ΠΑΠΑΔΗΜΟ

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ὑποδέχεται σήμερα μὲ ἰδιαίτερη τιμὴ τὸν κ. Χαράλαμπο Μουτσόπουλο, καθηγητὴ Ἰατρικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, τὸν ὁποῖο ἡ Ὀλομέλεια ἐξέλεξε κατὰ τὸ τρέχον ἔτος ὡς τακτικὸ μέλος τῆς στῆν ἔδρα «Ἰατρικῆς Ἐπιστῆμης-Ἀνοσολογίας» στῆν Τάξιν τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

Ὁ κ. Χαράλαμπος Μουτσόπουλος γεννήθηκε στὰ Ἰωάννινα. Σπούδασε στὴν Ἰατρικὴ Σχολὴ τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν καὶ ἀποφοίτησε μὲ ἄριστα τὸ 1968.

Μετέβη στὶς Ἡνωμένες Πολιτεῖες τῆς Ἀμερικῆς τὸ 1972, ὅπου εἰδικεύθηκε στὴν Ἑσωτερικὴ Παθολογία καὶ τὴν Ἀνοσολογία-Αὐτοάνοσα Νοσήματα σὲ διακεκριμένα πανεπιστήμια καὶ ἐρευνητικὰ κέντρα στὴν Washington, DC (στὸ Πανεπιστήμιο Georgetown) καὶ στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Καλιφόρνιας στὸ San Francisco. Ἀπὸ τὸ 1976 ἕως τὸ 1978 συνέχισε τὴν ἐκπαίδευσή του στὴν Ἀνοσολογία, στὸν τομέα τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων, στὰ Ἐθνικὰ Ἰνστιτοῦτα Ὑγείας (National Institutes of Health) στὸ Bethesda, Maryland τῶν ΗΠΑ, καὶ τὸ 1978 ὀρίσθηκε Ὑπεύθυνος Ἐρευνητικῆς Ὁμάδος.

Τὸ 1980 ἐξελέγη καθηγητῆς Παθολογίας στὴ νεοσυσταθεῖσα Ἰατρικὴ Σχολὴ τοῦ Πανεπιστημίου Ἰωαννίνων, ὅπου ἀνέλαβε τὴ συγκρότηση ἀπὸ τὸ μηδὲν τῆς Πανεπιστημιακῆς Παθολογικῆς Κλινικῆς. Στὰ Ἰωάννινα ἀνέπτυξε ἀπὸ τὴν ἀρχὴ τὸν Τομέα Παθολογίας μὲ ὅλες τὶς εἰδικότητες σὲ κλι-

νικό, διδακτικό και έρευνητικό επίπεδο και οργάνωσε τὸ Ἀνοσολογικὸ Ἐργαστήριο καὶ τὸ Κέντρο Ἀναφορᾶς γιὰ τὸ AIDS στὴ Βορειοδυτικὴ Ἑλλάδα, τὰ ὁποῖα διηύθυνε μέχρι τὸ 1993.

Τὸ 1993 ἐξελέγη Καθηγητὴς Παθολογικῆς Φυσιολογίας στὴν Ἱατρικὴ Σχολὴ τοῦ Ἐθνικοῦ καὶ Καποδιστριακοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν (ΕΚΠΑ) καὶ διετέλεσε (μέχρι τὴν ἀφυπηρέτησή του τὸ 2011) Διευθυντὴς τῆς Παθολογικῆς Κλινικῆς τοῦ Περιφερειακοῦ Γενικοῦ Νοσοκομείου Ἀθηνῶν «Λαϊκὸ» καὶ τοῦ Ἐργαστηρίου τῆς Παθολογικῆς Φυσιολογίας τῆς Ἱατρικῆς Σχολῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν.

Ὁ καθηγητὴς Χαράλαμπος Μουτσόπουλος ἔχει πλούσιο καὶ πολυδιάστατο ἐπιστημονικὸ καὶ ἐκπαιδευτικὸ ἔργο. Εἶναι πρότυπο ἱατροῦ-ἐπιστήμονα, δηλαδὴ ἱατροῦ ποὺ ἀσκεῖ τὴν ἱατρικὴ καὶ παράλληλα πραγματοποιεῖ τόσο κλινικὴ ὅσο καὶ ἐργαστηριακὴ ἔρευνα. Σημαντικὸ τμῆμα τοῦ ἐπιστημονικοῦ του ἔργου ἀφορᾷ τὸ σύνδρομο τοῦ Sjögren καὶ ἔχει ἀναγνωριστεῖ ὡς πρωτοποριακὸ παγκοσμίως.

Τὸ συγγραφικὸ του ἔργο εἶναι ἐκτενέστατο. Περιλαμβάνει 15 ἱατρικὰ συγγράμματα, 75 κεφάλαια σὲ κορυφαῖα βιβλία ἀναφορᾶς καὶ περισσότερα ἀπὸ 400 ἄρθρα, ποὺ συνοψίζουν τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐρευνητικῶν δραστηριοτήτων του, σὲ ἔγκριτα διεθνῇ ἐπιστημονικὰ περιοδικά.

Συμπερασματικά, ὁ καθηγητὴς Χαράλαμπος Μουτσόπουλος ἔχει καταξιωθεῖ διεθνῶς γιὰ τὴν ἐρευνητικὴ του συμβολὴ στὴν ἐνδελεχὴ περιγραφὴ τῆς ἔκφρασης τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων καὶ στὴν κατανόηση τῆς παθογένεσός τους. Θεωρεῖται ὡς ὁ κύριος συντελεστὴς τῆς ἀνάπτυξης τῆς ἀνοσολογίας καὶ τῆς αὐτοανοσίας στὴν Ἑλλάδα.

Μὲ τὸ ἐρευνητικὸ, ἐκπαιδευτικὸ καὶ συγγραφικὸ του ἔργο καὶ τὴν εὐρύτερη προσφορὰ του σὲ θέματα υγείας καὶ ἐκπαίδευσης, ὁ καθηγητὴς Χαράλαμπος Μουτσόπουλος ἔχει ἀναδειχθεῖ πρωτοπόρος στὸν τομέα τῆς ἀνοσολογίας καὶ ἔχει καταστεῖ ἐξέχουσα ἱατρικὴ προσωπικότητα τῆς χώρας μὲ ἡγετικά προσόντα καὶ διεθνὴ ἀναγνώριση.

Κύριε συνάδελφε, ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν εἶναι εὐτυχὴς ποὺ σᾶς καλωσορίζει ὡς τακτικὸ μέλος της καὶ σᾶς ἀπευθύνει θερμὲς εὐχὲς γιὰ τὴν ἐπιτυχὴ συνέχιση τοῦ ἐπιστημονικοῦ σας ἔργου.

Σᾶς καλῶ γιὰ νὰ σᾶς ἐπιδώσω τὸ διάσημο τοῦ τακτικοῦ μέλους τοῦ Ἰδρύματος.

Καὶ τώρα παρακαλῶ τὸν ἀκαδημαϊκὸ κ. Χαράλαμπο Ροῦσσο νὰ παρυσιάσει τὸ ἔργο τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ
κ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΟ ΡΟΥΣΣΟ

Τύχη αγαθή, μοῦ ἀνετέθη σήμερα τιμητικό καθήκον, νὰ παρουσιάσω στὴν εἰσιτήριο αὐτὴ τελετὴ τὸν ἀκαδημαϊκό, καθηγητὴ τῆς Ἱατρικῆς, κ. Χαράλαμπο Μουτσόπουλο, ἄνδρα πολύτροπο, ποὺ στὸν μελετητὴ τῆς ζωῆς τοῦ ἀφήνει τὴν ἐπίγευση ὅτι ἔχει ὑπηρετήσει ἀταλάντευτα τὶς τρεῖς βασικὲς ἀρετές: Ἡ πρώτη εἶναι αὐτὴ τῆς εὐρυμάθειας, τῆς κατάρτισης καὶ κυρίως τῆς παραγωγῆς καινούργιας γνώσης. Ἡ δεύτερη εἶναι τὸ ἀκαδημαϊκὸ ἥθος, μὲ προεξάρχουσα τὴν τήρηση καὶ μεταλαμπάδευση τῶν κανόνων τῆς ἀξιοκρατίας καὶ ἀριστείας. Καὶ ἡ τρίτη εἶναι ἡ προσφορὰ στὸν ἄρρωστο, στὸν φοιτητὴ, ὅπως καὶ ἡ συμβολὴ στὴν ἐν γένει πνευματικὴ πρόοδο τῆς χώρας.

Σπουδές, σταδιοδρομία

Ὁρμώμενος ἐξ Ἰωαννίνων, κοιτίδας τῶν γραμμάτων, ὅπως ἀναφέρει ὁ Παλαμᾶς, ἐπηρεάστηκε ἀπὸ νωρὶς ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιρα τοῦ Νεοελληνικοῦ Διαφωτισμοῦ.

Ὁ κ. Μουτσόπουλος ἀποφοίτησε μὲ ἄριστα ἀπὸ τὴν Ἱατρικὴ Σχολὴ τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν τὸ 1968, καὶ τὸ 1971 ἀπέκτησε μὲ ἄριστα τὸν τίτλο τοῦ διδάκτορος.

Ἀφοῦ ὀλοκλήρωσε τὶς στρατιωτικὲς τοῦ ὑποχρεώσεις καὶ τὴν ὑπηρεσία ὑπαίθρου, μετέβη στὶς ΗΠΑ τὸ 1972. Ἐκεῖ εἰδικεύτηκε στὴν Ἑσωτερικὴ Παθολογία καὶ τὴν Ἀνοσολογία σὲ ἑγκριτὰ κέντρα τῆς Washington καὶ τοῦ Ἁγίου Φραγκίσκου, καθὼς καὶ στὰ Ἐθνικὰ Ἰνστιτοῦτα Ὑγείας τῆς Ἀμερικῆς.

Ἀκολούθως, ὑπηρέτησε διαδοχικὰ ὡς Ἐπιμελητὴς, Λέκτορας καὶ Κλινικὸς Ἀναπληρωτὴς Καθηγητὴς Παθολογίας τοῦ Πανεπιστημίου Georgetown στὴν Washington τῶν ΗΠΑ.

Τὸ 1980 ἐξελέγη καθηγητὴς Παθολογίας στὴ νεοσυσταθεῖσα Ἱατρικὴ Σχολὴ τῶν Ἰωαννίνων. Παράλληλα, ὑποστηριζόμενος ἀπὸ τὸ Fogarty International Center, συνέχιζε νὰ συνεργάζεται μέχρι τὸ 1985 μὲ τὴν Παθολογικὴ Κλινικὴ τοῦ Πανεπιστημίου Georgetown, καὶ ὡς εἰδικὸς σύμβουλος μὲ τὰ Ἐθνικὰ Ἰνστιτοῦτα Ὑγείας τῆς Ἀμερικῆς (NIH).

Τὸ 1993 ἐξελέγη καθηγητὴς Παθολογικῆς Φυσιολογίας στὴν Ἱατρικὴ Σχολὴ Ἀθηνῶν καί, μέχρι τὴν ἀφυπηρέτησή του τὸ 2011, διετέλεσε διευθυντὴς τῆς Παθολογικῆς Κλινικῆς στὸ Λαϊκὸ Νοσοκομεῖο.

Ἔρευνα

Βαθύνους μελετητὴς ἐξ ἰδιοσυγκρασίας, ἀσυγκράτητος ὁραματιστὴς ἀλλὰ μὲ γήινες στοχεύσεις, μελέτησε ἐνδελεχῶς τὴν ἔκφραση καὶ τὴν παθογένεια τῆς παράδοξης ἀντίδρασης τοῦ ἀνοσολογικοῦ συστήματος τοῦ ὀργανισμοῦ στὰ δικά του ἀντιγόνα, ἀπὸ τὴ μακροσκοπικὴ τῆς ἐκδήλωση, δηλαδή τὴν κλινικὴ τῆς ἔκφραση, ἕως τὴ μοριακὴ τῆς συμπεριφορά.

Συνοπτικὰ, τὰ εὐρήματα τῶν μελετῶν του ὁδήγησαν ἀφ' ἐνὸς στὴ λεπτομερὴ (κλινικὴ, ἀνοσολογικὴ, παθολογοανατομικὴ) περιγραφὴ τῆς προσβολῆς τῶν διαφόρων ὀργάνων (πνευμόνων, οἰσοφάγου, ἥπατος, νεφρῶν, ἀγγείων) σὲ διάφορα αὐτοάνοσα νοσήματα, ὅπως τὸ σύνδρομο Sjögren, ὁ Συστηματικὸς Ἐρυθηματώδης Λύκος, τὸ Ἀντιφωσφολιπιδικὸ Σύνδρομο, οἱ Ἀγγεΐτιδες, ἡ Ρευματοειδὴς Ἀρθρίτιδα, καὶ ἀφ' ἑτέρου στὴν κατανόηση τῶν μηχανισμῶν ποὺ ὁδηγοῦν τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα νὰ προκαλεῖ βλάβη ἰστῶν καὶ ὀργάνων σὲ ἀσθενεῖς μὲ αὐτοάνοσα νοσήματα.

Κυρίαρχο πρότυπο νόσου γιὰ τὴ μελέτη τῆς παθογένεσης τῶν αὐτοανώσων νοσημάτων ἀποτέλεσε τὸ σύνδρομο Sjögren, νόσος μὲ εὐρύτατο κλινικὸ φάσμα, ποὺ ἐκτείνεται ἀπὸ τὴν προσβολὴ τῶν ἐξωκρινῶν ἀδένων σὲ ὅλα τὰ ὅργανα καὶ τὰ συστήματα, καὶ ἐξελλίσσεται σὲ κακοήθεια τοῦ λεμφικοῦ ἰστοῦ.

Ἡ σφαιρικὴ κλινικοεργαστηριακὴ προσέγγιση τῶν ἐρωτημάτων ποὺ ἔθεσε τὸν ὁδήγησε στὸ νὰ ἀναδείξει καὶ νὰ ἐπιβεβαιώσῃ ὅτι τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα στὰ αὐτοάνοσα νοσήματα δὲν χαρακτηρίζεται ἀπὸ μείζονες διαταραχὲς καὶ ὅτι ἡ ὑπερβολικὴ ἀντίδρασή του ἀπέναντι σὲ στοιχεῖα καὶ ὅργανα τοῦ σώματος ὀφείλεται, κατὰ κανόνα, στὴν πρόκληση ποὺ δέχεται ἀπὸ τοὺς ἰστοὺς αὐτοῦς. Μὲ τὰ ἀποτελέσματα αὐτὰ καθόρισε διεθνῶς νέες κατευθύνσεις στὴν ἔρευνα τῆς αἰτιοπαθογένεσης τῆς αὐτοανοσίας καὶ στὴ θεραπευτικὴ ἀντιμετώπιση τῶν αὐτοανώσων νοσημάτων.

Τὸ ἐρευνητικὸ ἔργο του, ἀπόρροια σκληρῆς δουλειᾶς στὴν κοινίστρα τῆς παιδείας, γιὰ τὴν ἀνέυρεση τῆς στρυφνῆς ἀλήθειας κόντρα στὶς ἐδραῖες πλάνες τῆς, συνοψίζεται σὲ 396 πρωτότυπα ἄρθρα, 98 ἀνασκοπήσεις καὶ ἄρθρα σύνταξης, 27 ἐνδιαφέροντα περιστατικὰ σὲ ἀγγλόφωνα ἔγκριτα ἐπι-

στημονικά περιοδικά και 66 σε έλληνικά επιστημονικά περιοδικά. Μνημονεύεται από άλλους επιστήμονες περισσότερες από 23.000 φορές και έχει δείκτη απήχησης h 70 (ISI), ή 34.500 φορές, και δείκτη απήχησης 91 (Scholar Google).

Έχει κληθεί ως κύριος ομιλητής και όμοτράπεζος συζητητής κορυφαίων στον διεθνή χώρο επιστημόνων σε επιστημονικές συναντήσεις σε όλο τον κόσμο.

Διδασκαλία

Ο κ. Μουτσόπουλος ανέπτυξε σχολή διεθνούς έμβλειας. Στόχος του ή προαγωγή και διάδοση της γνώσης σε ένα όσο το δυνατόν πιο ύψηλο επίπεδο άριστείας και σε κλίμα αυστηρού ακαδημαϊκού ήθους. Χωρίς να διεκδικεί το αλάθητο, πάλεψε πολλές φορές, με προσωπικό κόστος, για την επικράτηση της αξιοκρατίας, έρχομενος σε αντιπαράθεση με τα καθεστώτα της φιλοκρατίας, της οικογενειοκρατίας, της κομματοκρατίας. Θεώρησε υπέρτατο χρέος του να υπηρετήσει την έντιμότητα και τη φιλαλήθεια με αίσθημα δικαιοσύνης, καθήκοντος, προσφοράς, δίδοντας ίσες ευκαιρίες σε όλους, αλλά προωθώντας τους άριστους.

Αυτές του τις αρχές τις διέδιδε με πάθος και κήρυττε στους νέους πώς η Ελλάδα χρειάζεται όχι μόνο εύφυες ανθρώπους, αλλά και ανθρώπους που θα έμπορουν από πνεύμα πρωταθλητισμού.

Ο νέος ακαδημαϊκός υπηρέτησε ως πρότυπο ιατρού-επιστήμονα (physician-scientist), δηλαδή ιατρού που ασκεί την ιατρική και παράλληλα επιτελεί έρευνα.

Δίδασκε τους φοιτητές και τους ιατρούς επί της κλίνης του ασθενούς, με βάση τους κανόνες της αποδεικτικής και τεκμηριωμένης ιατρικής γνώσης. Ήταν ο πρώτος στην Ελλάδα που ανέδειξε το αντικείμενο της Άνοσολογίας, από ένα τμήμα της Μικροβιολογίας, σε ιδιαίτερο αντικείμενο μελέτης και διδασκαλίας.

Στην υπερτριακονταετή υπηρεσία του στην Ελλάδα δίδαξε εκατοντάδες νέους ιατρούς και βιολόγους, και επέτρεψε την έρευνα δεκάδων μεταπτυχιακών φοιτητών για την εκπόνηση της διδακτορικής τους διατριβής. Περισσότεροι από τριάντα μαθητές του στελεχώνουν ακαδημαϊκά και ερευνητικά ιδρύματα και νοσοκομειακές μονάδες σε διεθθυντικές θέσεις στην Ελλάδα και το εξωτερικό.

Αὐτὰ ἦταν μερικὰ ἀπὸ τὰ σημαντικὰ χαρακτηριστικά του, τὰ ὁποῖα ἀναμφισβήτητα ὤθησαν τὴν ἐπιτροπὴ ἐπιλογῆς νὰ τοῦ ἀπονείμει τὸ 2005 τὸ βραβεῖο ἐξαίρετης πανεπιστημιακῆς διδασκαλίας Ξανθοπούλου – Πνευματικοῦ.

Προσφορὰ στὸ κοινωνικὸ σύνολο

Εἶναι γνωστὸ σὲ ὅλους ὅτι ἡ Ἱατρικὴ Σχολὴ Ἰωαννίνων φέρει τὴ σφραγίδα τοῦ κ. Μουτσόπουλου. Μιὰ χούφτα ἀνθρώπων, μὲ πρωτομάστορα τοῦ Παθολογικοῦ Τομέα τὸν κ. Μουτσόπουλο, ἔθεσαν τὰ θεμέλια τῆς Σχολῆς αὐτῆς στὴν ὀρεινὴ ἔρημο τῆς Ἠπείρου, καὶ τὴν κατέστησαν σημεῖο ἀναφορᾶς ὄχι μόνον γιὰ τὴν Ἑλλάδα, ἀλλὰ καὶ γιὰ τὸν διεθνὴ χῶρο.

Συγκεκριμένα, ὁ κ. Μουτσόπουλος ὀργάνωσε δύο Παθολογικὲς Κλινικὲς καὶ ἀντίστοιχα Τμήματα Αὐτοανόσων Νοσημάτων, κάτω ἀπὸ ἐξαιρετικὰ δύσκολες ὑλικοτεχνικὲς συνθῆκες, τόσο στὰ Ἰωάννινα, ὅσο καὶ στὸ Λαϊκὸ Νοσοκομεῖο. Καὶ οἱ δύο κλινικὲς συνεχίζουν μετὰ ἀπὸ δεκαετίες νὰ παρέχουν ὑψηλοτάτου ἐπιπέδου ἱατρικὴ φροντίδα.

Κατὰ τὸ διάστημα 1995-1997 διετέλεσε πρόεδρος τῆς Ἐξεταστικῆς Ἐπιτροπῆς Ἱατρικῆς Εἰδικότητος Παθολογίας καὶ ἀπὸ τὸ 1995 ἕως τὸ 2011 τῆς εἰδικότητος τῆς Ρευματολογίας στὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν.

Ἀπὸ τὸ 1995 ἕως τὸ 2004 διετέλεσε πρόεδρος τοῦ Ἐπιστημονικοῦ Συμβουλίου στὸ Ἐρευνητικὸ Κέντρο Βιοϊατρικῶν Ἐπιστημῶν – Ε.ΚΕ.Β.Ε. «Α. Φλέμινγκ», καὶ ἀπὸ τὸ 1995 ἕως τὸ 2009 μέλος τῆς Ἐπιστημονικῆς Ἐπιτροπῆς τοῦ Ἑλληνικοῦ Ἰνστιτούτου Παστέρ.

Κατὰ τὸ χρονικὸ διάστημα 1995-1998 διετέλεσε πρόεδρος τῆς Ἐπιτροπῆς Ἀνωτάτου Ὑγειονομικοῦ Συμβουλίου ΙΚΑ, καὶ ἀπὸ τὸ 1996 ἕως τὸ 1998 πρόεδρος τῆς Ἐθνικῆς Ἐπιτροπῆς γιὰ τὴν κατάρτιση Λίστας Συνταγογραφούμενων Φαρμάκων.

Τὸ 1998 ὀρίστηκε μέλος τῆς «Ἐπιτροπῆς Στρατηγικοῦ Σχεδιασμοῦ-Ἀνάπτυξης τοῦ Πανεπιστημίου Ἰωαννίνων».

Ἀπὸ τὸ 1999 ἕως τὸ 2000 ὑπηρέτησε ὡς πρόεδρος τοῦ Ἐθνικοῦ Ὁργανισμοῦ Φαρμάκων.

Τὸ 2001-2002 διετέλεσε πρόεδρος Τομεακοῦ Ἐπιστημονικοῦ Συμβουλίου γιὰ τὸν Τομέα Βιολογίας καὶ Βιοτεχνολογίας στὴ Γενικὴ Γραμματεία Ἐρευνας καὶ Τεχνολογίας τοῦ Ὑπουργείου Ἀνάπτυξης.

Κατά τὸ διάστημα 2011-2013 διετέλεσε πρόεδρος τοῦ Ἐφορευτικοῦ Συμβουλίου τῆς Ἑθνικῆς Βιβλιοθήκης τῆς Ἑλλάδος.

Ὁ Χαράλαμπος Μ. Μουτσόπουλος ἐπελέγη ὡς ἰσόβιο μέλος ἀπὸ τὸ 1985 τοῦ Διοικητικοῦ Συμβουλίου τοῦ Κοινωφελοῦς Ἰδρύματος «Γεωργίου Σταύρου» καὶ ἀπὸ τὸ 1988 τοῦ ΔΣ τοῦ Ἰδρύματος Μελετῶν Ἴονίου καὶ Ἀδριατικοῦ Χώρου, ἐνῶ τὸ 1993 ἔγινε Πρόεδρος τοῦ Κοινωφελοῦς Ἰδρύματος «Φίλιππος καὶ Ἄρτεμις Ἐμμανουήλ».

Ἡ ἀφοσίωσή του στὴν υπεράσπιση τῶν θεσμῶν καὶ τοῦ δημοσίου συμφέροντος ἔχει ἐκφραστεῖ κατὰ τὴ διάρκεια τῆς δραστηριότητάς του στὸν ἀκαδημαϊκὸ καὶ διοικητικὸ τομέα. Οἱ ἐμπειρίες καὶ οἱ ἀπόψεις του ἔχουν καταγραφεῖ μὲ γλαφυρότητα ἀπὸ τὸν ἴδιο σὲ μιὰ σειρὰ ἀπὸ δημοσιεύσεις στὸν τύπο καὶ σὲ βιβλία ποὺ ἔχει ἐκδώσει, χωρὶς δισταγμούς, χωρὶς ἐνδοιασμούς, χωρὶς ἐκπτώσεις, χωρὶς ἐπιφυλάξεις. Οἱ ἰδεολογικὲς του συγκρούσεις δὲν ἐξαντλοῦνταν στὸ νὰ ἀπαιτεῖ ἀπλῶς τὴν ἀποκατάσταση τῆς τάξης καὶ τῆς εὐπρέπειας στὰ Πανεπιστήμια. Ἔδιδε ἰδεολογικὲς μάχες γιὰ τὴν παιδεία, γιὰ τὸν τρόπο ποὺ διδάσκεται ἡ γνώση τῆς Ἱατρικῆς, καὶ πρὸ πάντων γιὰ τὸν τρόπο μὲ τὸν ὁποῖο μπορεῖ νὰ ἀναδειχθεῖ ἡ ἀξιοκρατία καὶ νὰ ἐπικρατήσῃ ἡ ἀριστεία.

Τιμητικὲς διακρίσεις

Ὁ κ. Μουτσόπουλος ἔχει τιμηθεῖ γιὰ τὸ ἐπιστημονικὸ καὶ διδακτικὸ τοῦ ἔργου μὲ σημαντικὲς διακρίσεις.

Τὸ 1989 ἐξελέγη Ἀντεπιστέλλον Μέλος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν.

Τὸ 2003 ἔλαβε τὸ Βραβεῖο τῆς Ἑλληνικῆς Ἀνοσολογικῆς Ἑταιρείας «γιὰ τὴν πολύτιμη προσφορά του στὴν Ἀνοσολογία στὴν Ἑλλάδα καὶ διεθνῶς», τὸ 2005 τὸ Βραβεῖο Ἐξάιρετης Πανεπιστημιακῆς Διδασκαλίας στὴ μνήμη Βασιλείου Ξανθόπουλου καὶ Στέφανου Πνευματικοῦ, τὸ 2008 ἔλαβε τὸν τίτλο τοῦ Ἱπποκρατικοῦ Ρήτορα ἀπὸ τὴν Ἑλληνικὴ Ἱατρικὴ Ἑταιρεία τοῦ Λονδίνου, τὸ 2010 ἀναγορεύθηκε Ἐπίτιμος Διδάκτωρ τῆς Ἱατρικῆς Σχολῆς τοῦ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας καὶ Ἐπίτιμος Καθηγητῆς τῆς Ἱατρικῆς Σχολῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἰωαννίνων. Τὸ 2010 τιμήθηκε ἐπίσης μὲ τὸ Βραβεῖο Ἀριστείας ἀπὸ τὸ Ἴδρυμα Μποδοσάκη.

Εἶναι ἐταῖρος ἐπὶ τιμῇ τοῦ Royal College of Physicians τοῦ Λονδίνου καὶ τοῦ Ἑδιμβούργου, καὶ ἐπίτιμο μέλος τῶν British Society of Rheumatology καὶ Turkish Society for Research and Education in Rheumatology.

Είναι έταῖρος τοῦ ACR (Ἀμερικανικοῦ Κολεγίου Πνευματολόγων), τὸ ὁποῖο τὸν τίμησε δις μὲ τὸ βραβεῖο Distinguished Clinician – Scholar Award γιὰ τὴν ἐξαίρετη συνεισφορά του στὴν κλινικὴ ἱατρικὴ, τὴν ἀκαδημαϊκὴ γνώση καὶ ἐκπαίδευση, καὶ τὸν ἀναγόρευσε Master of the ACR, ὑψηλότατο τίτλο τιμῆς ποὺ ἀπονέμει τὸ Κολέγιο σὲ μέλος του γιὰ τὴν ἐξαιρετικὴ συνεισφορά του στὸ ἀντικείμενο τῆς Πνευματολογίας.

Ὁ κ. Μουτσόπουλος ἔχει τιμηθεῖ ἀπὸ τὴν EULAR (Εὐρωπαϊκὴ Ἑνωσιὴ κατὰ τοῦ Πνευματισμοῦ) μὲ τὸ βραβεῖο Alessandro Robecchi γιὰ τὴν ἔρευνά του στὰ Αὐτοάνοσα Πνευματικὰ Νοσήματα καὶ μὲ τὸ Meritorious Service Award γιὰ τὴν ἐξαίρετη συνεισφορά του στὴ Πνευματολογία.

Τὸ 1992 τιμήθηκε μὲ τὸ European-Australian Award γιὰ τὴν ἱατρικὴ ἔρευνα καὶ τὸ 2007 μὲ τὸ Βραβεῖο Clemens Von Pirquet γιὰ τὴν προσφορά του στὴν Ἀνοσολογία καὶ τὴν Παθολογία ἀπὸ τὸ University of California, Davis, USA.

Τὸ 2013 τιμήθηκε μὲ τὸν τίτλο Professor and Physician-in-Chief Pro-Tempore ἀπὸ τὸ Hospital of Special Surgery, Weill Medical College of Cornell University, New York, USA.

Τὸ 2014 ἔλαβε βραβεῖο κατὰ τὸ 9ο Εὐρωπαϊκὸ Συνέδριο Συστηματικοῦ Ἐρυθηματώδους Λύκου γιὰ τὴν πολλαπλὴ συνεισφορά του στὴ θεραπεία, ἐκπαίδευση καὶ ἔρευνα γιὰ τὸ νόσημα αὐτό.

Τὸ 2010 τὸ ἔγκριτο ἐπιστημονικὸ περιοδικὸ *Journal of Autoimmunity* ἀφιέρωσε εἰδικὸ τεῦχος (35) πρὸς τιμὴν τῆς πρωτότυπης ἐρευνητικῆς συνεισφορᾶς του στὴν Αὐτοανοσία.

Τέλος, γιὰ τὸ ἱατρικὸ καὶ κοινωνικὸ του ἔργο τιμήθηκε ἀπὸ τὴν Αὐτοῦ Ἐξοχότητα τὸν Πρόεδρο τῆς Δημοκρατίας μὲ τὸ παράσημο τοῦ Ἀνώτερου Ταξιάρχου τοῦ Τάγματος τῆς Τιμῆς, καὶ ἀπὸ τὴν Ἑλληνορθόδοξὴ Ἀρχιεπισκοπὴ τῆς Αὐστραλίας μὲ τὸν Χρυσὸ Σταυρὸ τοῦ Ἁγίου Ἀνδρέα.

Συμπέρασμα

Ὁ Χαράλαμπος Μουτσόπουλος σπούδασε στὴν Ἑλλάδα καὶ στὶς ΗΠΑ. Ἐργάστηκε στὶς ΗΠΑ καὶ ὑπηρέτησε ὡς καθηγητὴς ἐπὶ πολλὰ ἔτη στὶς Ἱατρικὲς Σχολὰς τῶν Πανεπιστημίων Ἰωαννίνων καὶ Ἀθηνῶν, ὅπου ὀργάνωσε καὶ διηύθυνε Πανεπιστημιακὲς Κλινικὲς, Τμήματα Αὐτοανόσων Νοσημάτων καὶ Ἀνοσολογικὰ Ἐργαστήρια. Ὁ νέος ἀκαδημαϊκὸς εἶναι διακεκριμένος κλινικὸς ἱατρός, ἐμπνευσμένος δάσκαλος μὲ μεγάλη ἐπιστημο-

νική έπιρροή στους νέους ιατρούς, πρωτοποριακός και διεθνώς αναγνωρισμένος έρευνητής στο αντικείμενο τής Άνοσολογίας. Θεωρείται ως ο κύριος συντελεστής τής ανάπτυξης του τομέα τής Άνοσολογίας και τής Αυτόανοσίας στην Ελλάδα.

Θά πρέπει με έμφαση νά τονισθεῖ ὅτι τὸ μεγαλύτερο μέρος τοῦ ἔργου τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ ἔχει ἐπιτελεσθεῖ στὴν Ελλάδα. Τὸ γεγονὸς αὐτὸ προσδίδει στὸ ἔργο του ἰδιαίτερη βαρύτητα καὶ τὸν καθιστᾷ μίᾳ ἀπὸ τὶς μεῖζονες ἱατρικὲς προσωπικότητες τῆς χώρας, ἡ ὅλη διαδρομὴ τοῦ ὁποῖου ἀφήνει στοὺς νεότερους ἕνα βαρυσήμαντο καταπίστευμα: ὅτι ἡ λιμώττουσα σήμερα πατρίδα, ὅπως θὰ ἔλεγε ὁ ἴδιος χρησιμοποιοῦντας τὰ λόγια τοῦ διάσημου συγγραφέα καὶ εἰρηνιστῆ Amos Oz, ἔχει ἀνάγκη ἀπὸ ἀγωνιστὲς· γυναῖκες καὶ ἄνδρες δραστήριους καὶ δημιουργικούς· ἀνθρώπους μὲ πνευματικὴ ἀλκή, μὲ δυνατὰ ἔνστικτα καὶ ἃς ἔχουν πρόδηλες ἀδυναμίες καὶ ἐσωτερικὲς ἀντιφάσεις. Δὲν θέλει προξενητὲς, δουλοπρεπεῖς καὶ φολκλορικοὺς γηγενεῖς ἐπαῖτες ἢ ζητιάνους ἐπήλυδες τῆς διασπορᾶς. Ἡ χώρα μας, θὰ ἔλεγε ὁ κ. Μουτσόπουλος, θέλει μορφὲς ποὺ νὰ μπορεῖ ἡ νεολαία μας νὰ θαυμάσει καὶ ἀπὸ τὶς ὁποῖες νὰ μπορεῖ νὰ διδαχθεῖ καὶ κυρίως νὰ ἀντλήσει ἔμπνευση.

ΑΥΤΟΑΝΟΣΑ ΝΟΣΗΜΑΤΑ:
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΤΑΞΙΔΙ 45 ΕΤΩΝ

ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ
κ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥ Μ. ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΥ

Αἰσθάνομαι ιδιαίτερη τιμή, χαρὰ καὶ συγκίνηση ἀνερχόμενος στὸ βῆμα τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν προκειμένου νὰ ἐκφωνήσω τὴν ἐναρκτήριο ὁμιλία στὴν ἐπίσημη τελετὴ ὑποδοχῆς μου ὡς ἀκαδημαϊκοῦ. Τὰ συναισθήματα αὐτὰ ἐμπλουτίζονται περαιτέρω ἀπὸ τὸ βάρος τῆς εὐθύνης ποὺ ἐμπεριέχει ἡ ἔδρα τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, ὅπως ἄλλωστε αὐτὸ ρητὰ ἀναφέρεται στὸν Ἱδρυτικὸ Νόμο γιὰ τὴ σύσταση τοῦ ἀνωτάτου αὐτοῦ πνευματικοῦ ἰδρύματος τῆς χώρας. Ἀναλαμβάνω τὸν θῶκο τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ μὲ σεμνότητα, ἀναλογιζόμενος σπουδαίους δασκάλους τῆς ἱατροβιολογικῆς ἐπιστήμης, ποὺ συγκυρίες δὲν τοὺς ἐπέτρεψαν νὰ ἀπολαύουν τῆς τιμῆς αὐτῆς καὶ τῆς εὐκαιρίας γιὰ ἀναγνώριση, ἀλλὰ καὶ τῆς ἐπέκτασης τῆς προσφορᾶς τους ἀπὸ τὴ θέση τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ. Δημόσια θέλω νὰ διαβεβαιώσω ὅτι καὶ ἀπὸ τὸ ἀνώτατο ἀκαδημαϊκὸ ἀξίωμα θὰ συνεχίσω νὰ ὑπηρετῶ τὴν ἀριστεία, τὴν ἀξιοκρατία καὶ τὴν πρόοδο τῆς ἐπιστήμης.

Στὶς σημαντικὲς στιγμὲς τῆς ζωῆς, ὅπως εἶναι ἡ σημερινή γιὰ τὸ πρόσωπό μου, ἀνακαλοῦνται στὴ μνήμη οἱ συντελεστές τῆς δημιουργίας τοῦ χαρακτήρα, τῆς προσωπικότητος καὶ τῆς ἐπιστημονικῆς ὀλοκλήρωσης. Ἐπιτρέψτε μου ἔτσι πρῶτα νὰ ἀποδώσω φόρο τιμῆς στοὺς ἀείμνηστους γονεῖς μου Νίκη καὶ Μιχάλη Μουτσόπουλο, οἱ ὅποιοι μὲ τὴ στάση ζωῆς τους μᾶς δίδαξαν νὰ ἀγαπᾶμε τὴ σκληρὴ δουλειὰ καὶ τὸν συνάνθρωπο, νὰ εἴμαστε ἀφοσιωμένοι στὸ καθῆκον, νὰ ὑπηρετοῦμε τὴν ἀλήθεια καὶ τὴν ἀξιοκρατία καὶ νὰ πορευόμαστε ἀφιλοκερδῶς. Τὰ διδάγματα καὶ τὶς ἀπόψεις τους τὰ πέρασαν σὲ ἐμᾶς ἀθόρυβα. Ἦταν πάντα διαθέσιμοι συμπαραστάτες στὶς δυσκολίες καὶ στὰ ἐμπόδια τῆς ζωῆς καὶ ἐξέφραζαν τὴν ἀποψή τους μὲ διακριτικότητα καὶ εὐγένεια. Ἐρχεται τώρα ἡ σειρὰ νὰ μνημονεύσω τὴν προσφορὰ τῶν δασκάλων μου στὴν ἐπιστημονικὴ μου ὀλοκλήρωση. Ἀπὸ τὰ πρῶτα φοιτητικὰ μου χρόνια οἱ ἀείμνηστοι Ἀχιλλέας Μαρούφωφ, διευθυντῆς τοῦ Μικροβιολογικοῦ Ἐργαστηρίου τοῦ Νοσοκομείου Χατζηγκώστα Ἰωαννίνων, καὶ ὁ Ἰωάννης Παπαβασιλείου, καθηγητῆς Μικροβιολογίας, μοῦ φανέρωσαν τὶς ὁμορφιὲς τῆς ἱατρικῆς ἔρευνας. Οἱ ἀείμνηστοι δάσκαλοί μου στὴν Παθο-

λογία καθηγητές Harold Weiss, Proctor Harvey, Sol Katz, Hayman Zimmerman και Dudley Jackson συνέβαλαν στην ολοκλήρωσή μου ως διαγνώστη και θεραπευτή ιατροῦ. Ακολουθῶς οἱ ἀείμνηστοι καθηγητές Norman Talal, William Epstein, Ephraim Engelmann, John L. Decker, Alfred D. Steinberg και οἱ καθηγητές Paul Plotz, Antony S. Fauci και Steve Katz συνέβαλαν στην ὀρίμασή μου ὡς ἐρευνητῇ τῶν μηχανισμῶν γένεσης τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων. "Ἐνα ἄπλο εὐχαριστῶ σέ ὅλους αὐτοὺς δὲν θὰ ἦταν ἐπαρκῆς και θὰ ἀποτελοῦσε κοινοτοπία. Θεωρῶ ὅτι μεγαλύτερη ἀπόδοση τιμῆς στοὺς δασκάλους ἀποτελεῖ τὸ γεγονὸς ὅτι σέ ὅλη τὴν ἀκαδημαϊκή μου πορεία προσπάθησα νὰ προσφέρω τὰ ὅμοια, αὐτὰ δηλαδὴ ποὺ διδάχθηκα ἀπὸ τοὺς δασκάλους μου, στοὺς νεότερους συναδέλφους μου.

Ἀγαπητὲ ἀκαδημαϊκὲ κ. Χαράλαμπε Ροῦσσε, ἡ γενναιόδωρη εἰσήγησή σας μὲ συγκίνησε βαθύτατα. Σᾶς εὐχαριστῶ θερμά. Στὴν πολυετὴ ἀκαδημαϊκή συμπόρευσή μας στὴν Ἱατρικὴ Σχολὴ Ἀθηνῶν προσπαθήσαμε νὰ ὑπερετήσουμε τὴν ἀριστεία και τὴν ἀξιοκρατία. Δὲν ξέρω ἂν τὰ καταφέραμε.

Κλείνοντας αὐτὰ τὰ λίγα εἰσαγωγικά θὰ ἦταν οὐσιώδης και ἀνεπίτρεπτη παράλειψη ἂν ἀπὸ τὸ βῆμα τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν δὲν εὐχαριστοῦσα τίς κυρίες και τοὺς κυρίους ἀκαδημαϊκοὺς ποὺ μὲ τίμησαν μὲ τὴν ψῆφον τους και ὅλους ἐσᾶς ποὺ μὲ τιμᾶτε ἀπόψε μὲ τὴν παρουσία σας.

Γενικὰ χαρακτηριστικὰ τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων

Τὸ ἀνοσολογικὸ (ἀμυντικὸ) σύστημα τοῦ ὀργανισμοῦ στὰ αὐτοάνοσα νοσήματα ἀναγνωρίζει στοιχεῖα τοῦ ἴδιου τοῦ ὀργανισμοῦ (αὐτοαντιγόνα) προκαλώντας νοσηρὲς καταστάσεις. Ἡ ἐπίθεση τοῦ ἀμυντικοῦ συστήματος κατὰ τῶν ἰδίων στοιχείων ἐπιτελεῖται εἴτε μέσῳ ἀντισωμάτων ποὺ ὀνομάζονται αὐτοαντισώματα, μὲ τὴ βοήθεια τῶν πρωτεϊνῶν τοῦ συμπληρώματος, εἴτε μέσῳ ἐνεργοποιημένων ἀνοσοκυττάρων και τῶν προϊόντων τους (κυτταροκίνες, χημειοκίνες). Ἀποτέλεσμα τῆς ἐπίθεσης τοῦ ἀνοσολογικοῦ συστήματος κατὰ τῶν ἰδίων στοιχείων εἶναι:

α) Ἡ καταστροφὴ τοῦ κυττάρου ἢ ὀργάνου, ὅπως, γιὰ παράδειγμα, προκαλοῦν τὰ ἀντιερυθροκυτταρικά αὐτοαντισώματα στὰ ἐρυθρὰ αἱμοσφαίρια και ἐπάγουν τὴν αὐτοάνοση αἱμολυτικὴ ἀναιμία. Τὰ αὐτοαντισώματα προκαλοῦν τὴ βλάβη εἴτε ὑποβοηθούμενα ἀπὸ τὴν ἐνεργοποίηση τοῦ συμπληρώματος εἴτε μὲ τὴ βοήθεια τῶν φαγοκυττάρων (μακροφάγα και λευκοκύτταρα).

β) Ἡ καταστολή τῆς λειτουργίας τοῦ ὀργάνου, ὅπως ἐπιτυγχάνουν τὰ αὐτοαντισώματα ποὺ δροῦν κατὰ τῶν ὑποδοχέων τῆς ἀκετυλχολίνης παρεμποδίζοντας τὴ μετάδοση τοῦ μηνύματος ἀπὸ τὰ νεῦρα στοὺς μῦς. Ἐτσι προκαλεῖται ἡ βαρεία μυασθένεια.

γ) Ἡ ὑπερλειτουργία ἐνὸς ὀργάνου, ὅπως ἐπιτυγχάνουν τὰ αὐτοαντισώματα κατὰ τοῦ ὑποδοχέα τῆς θυρεοειδοτρόπου ὁρμόνης καὶ προκαλοῦν τὴν αὐτοάνοση νόσο ὑπερθυρεοειδισμό.

δ) Ἡ βλάβη τῶν ἰστῶν ἀπὸ τὴν ἐναπόθεση σὲ αὐτοὺς συμπλόκων ἀντιγόνων-ἀντισωμάτων (ἀνοσοσυμπλέγματα). Τὰ ἀνοσοσυμπλέγματα ἐνεργοποιοῦν τὶς πρωτεΐνες τοῦ συμπληρώματος. Παραδείγματα νοσημάτων ποὺ προκαλοῦνται μέσῳ αὐτοῦ τοῦ μηχανισμοῦ εἶναι οἱ ἀγγεΐτιδες καὶ οἱ σπειραματονεφρίτιδες τοῦ συστηματικοῦ ἐρυθματώδους λύκου.

ε) Ἡ βλάβη τῶν ἰστῶν ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ τὴ συνάθροιση σὲ αὐτοὺς φλεγμονωδῶν κυττάρων (πολυμορφοπύρηνων, μακροφάγων, λεμφοκυττάρων). Τὰ κύτταρα αὐτὰ ἐξαπολύουν τοξικὲς οὐσίες (μεταλλοπρωτεΐνάσες, δραστικὲς ρίζες ὀξυγόνου, κυτταροκίνες), μέσῳ τῶν ὁποίων ἐπιτελεῖται ἡ ἱστική βλάβη. Παραδείγματα τέτοιων ἱστολογικῶν βλαβῶν παρατηροῦνται στὸν ἀρθρικό ὑμένα ἀσθενῶν ποὺ πάσχουν ἀπὸ ρευματοειδῆ ἀρθρίτιδα καὶ στοὺς σιελογόνους ἀδένες ἀσθενῶν μὲ σύνδρομο Sjögren.

Ἡ ἐπιστημονικὴ κοινότητα ἔχει ἀναγνωρίσει μέχρι τώρα 100 καὶ πλέον νοσήματα ποὺ πληροῦν τὶς συνθήκες γιὰ νὰ ὀνομάζονται αὐτοάνοσα νοσήματα. Κάποια ἀπὸ αὐτὰ παρατηροῦνται συχνά, ἐνῶ ἄλλα εἶναι σπάνια:

Νόσος	Ἐπίπτωση (%)
Θυρεοειδίτιδα Hashimoto	15
Ρευματοειδὴς ἀρθρίτιδα	0.5-1
Σύνδρομο Sjögren's	0.2
Συστηματικὸς ἐρυθματώδης λύκος	0.01-0.02
Πολυμυοσίτιδα/Δερματομυοσίτιδα	0.01
Πρωτοπαθὴς χολικὴ κίρρωση	0.01

Πίνακας 1: Συχνότητα αὐτοάνοσων νοσημάτων.

Τὰ αὐτοάνοσα νοσήματα προσβάλλουν κατ' ἐξοχὴν γυναῖκες τῆς ἀναπαραγωγικῆς ἡλικίας. Μελέτες ἔχουν ὑπολογίσει ὅτι 36 ἑκατομμύρια Εὐρωπαίων πάσχουν ἀπὸ αὐτοάνοσα νοσήματα. Τὰ νοσήματα αὐτὰ ἀποτε-

λοῦν τὴ δεύτερη αἰτία νοσηρότητας καὶ τὴν τρίτη αἰτία ἀναπηρίας καὶ εἶναι δυνατόν νὰ προσβάλλουν ἓνα μόνο ὄργανο (ὄργανοειδικά), ὅπως, γιὰ παράδειγμα, τὰ νοσήματα τοῦ θυρεοειδοῦς ἀδένα ἢ τοῦ δέρματος (ψωρίαση), ἐνῶ ἄλλα προσβάλλουν πολλὰ ὄργανα συγχρόνως καὶ ὀνομάζονται συστηματικά. Ἐπειδὴ τὰ νοσήματα αὐτὰ προσβάλλουν ὅλα τὰ ὄργανα τοῦ ἀνθρώπινου σώματος, εἶναι καλὸ οἱ ἱατροὶ ὅλων τῶν εἰδικοτήτων νὰ τὰ ἀναγνωρίζουν καὶ νὰ τὰ παραπέμπουν σὲ ἐξειδικευμένα κέντρα γιὰ τὴν πλέον σύγχρονη καὶ ἀποτελεσματικὴ ἀντιμετώπισή τους.

Ἱστορικὸι σταθμοὶ κατανόησης τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων

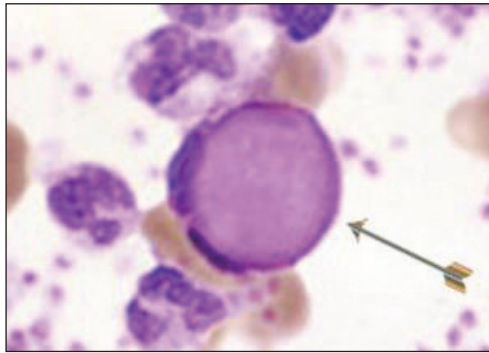
Ἡ ἀντίληψη ὅτι τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα εἶναι δυνατόν νὰ ἐπιτεθεῖ κατὰ τῶν στοιχείων (ἀντιγόνων) τοῦ ἴδιου τοῦ ὁργανισμοῦ (αὐτοάνοση ἀπόκριση) ἦταν ἀδιανόητη στὸ τέλος τοῦ 19ου αἰώνα. Ἡ ἀντίληψη αὐτὴ πυροδοτήθηκε ἀπὸ τὸ πείραμα τοῦ Paul Erlich (2). Ὁ ἐρευνητὴς αὐτὸς προσπάθησε νὰ ἐνεργοποιήσει τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα αἰγῶν χορηγώντας τους τὰ δικά τους ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια. Ἐπειδὴ οἱ αἶγες δὲν ἀνέπτυξαν ἀντισώματα κατὰ τῶν δικῶν τους ἐρυθρῶν αἰμοσφαιρίων, διατύπωσε τὴν ἄποψη ὅτι τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα δὲν δύναται νὰ ἀντιδράσει κατὰ τῶν δικῶν του στοιχείων (*Horror autotoxicus*). Τὰ ἐπόμενα χρόνια πολλοὶ ἐρευνητὲς περιέγραψαν ὅτι τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα εἶναι δυνατόν νὰ ἀναγνωρίσει τὰ δικά του στοιχεῖα καὶ νὰ προκαλέσει νόσο. Οἱ Donath καὶ Landsteiner ἔδειξαν ὅτι ἀντισώματα στὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος ἀσθενῶν ἀναγνωρίζαν τὰ δικά τους ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια (ἀντιερυθροκυτταρικά αὐτοαντισώματα) καὶ τὰ κατέστρεφαν ὅταν ὁ ἀσθενὴς ἐκτίθετο στὸ κρῦο (3). Ὁ Papasolu τὸ 1911 περιέγραψε ἀντισώματα στὸ αἷμα ἀσθενῶν ποὺ ἀναγνωρίζαν στοιχεῖα τοῦ θυρεοειδοῦς ἀδένα σὲ ἀσθενεῖς ποὺ ἔπασχαν ἀπὸ ὑπερθυρεοειδισμό (4). Τὰ εὐρήματα αὐτὰ ἀγνοήθηκαν καὶ τὸ πεδίο τῆς ἀπόκρισης τοῦ ἀνοσολογικοῦ συστήματος κατὰ ἰδίων στοιχείων (αὐτοάνοση ἀπόκριση) καὶ ἡ ἀνάπτυξη, μέσῳ αὐτοῦ τοῦ μηχανισμοῦ νόσου (αὐτοάνοση νόσος), παρέμειναν σὲ ὕπνωσις μέχρι τὴ δεκαετία τοῦ 1940.

Τὴν τριακονταετία 1945-1975 οἱ γνώσεις μας γιὰ τὶς αὐτοάνοσες ἀποκρίσεις αὐξήθηκαν δραματικά. Δύο ἐρευνητὲς, ὁ ἓνας ἐργαζόμενος στὴ Νορβηγία (Dr Eric Waaler) καὶ ὁ ἄλλος στὴ Νέα Ὑόρκη (Dr Harry Rose), ἀνακάλυψαν τυχαῖα, στὴ δεκαετία τοῦ 1940, στὸν ὁρὸ τοῦ αἵματος τὴν

ὑπαρξῆς ἑνὸς παράγοντα ποὺ ἀναγνώριζε τὰ ἀντισώματα. Ἐπειδὴ οἱ ἀσθενεῖς ἔπασχαν ἀπὸ ρευματοειδῆ ἀρθρίτιδα, ὀνόμασαν τοὺς παράγοντες αὐτοὺς ρευματοειδεῖς παράγοντες (5, 6). Ἀργότερα ἀποδείχτηκε ὅτι ὁ παράγοντας αὐτὸς ἦταν ἀντίσωμα ποὺ ἀναγνώριζε τὰ ἄλλα ἀντισώματα τοῦ ὀργανισμοῦ, δηλαδή ἓνα αὐτοαντίσωμα. Τὴν ἴδια δεκαετία, ὁ Dr Edward Hargraves, ἐξετάζοντας μυελοὺς τῶν ὀστέων ἀσθενῶν μὲ δυσεπίλυτα ἱατρικὰ προβλήματα, παρατήρησε ὅτι μερικὰ κύτταρα τοῦ μυελοῦ εἶχαν ροδόχροα ἔγκλειστα σωματίδια. Τὸ ἴδιο κύτταρο μὲ ἔγκλειστα δημιουργήθηκε ὅταν ὁ Hargraves ἐπώασε μυελοὺς ἀπὸ ὑγιῆ ἄτομα μὲ ὁρούς ἀπὸ ἀσθενεῖς μὲ συστηματικὸ ἐρυθρηματώδη λύκο (7). Μελέτες στὴ συνέχεια ἔδειξαν ὅτι ὁ παράγοντας τοῦ ὁροῦ ἀσθενῶν μὲ συστηματικὸ ἐρυθρηματώδη λύκο ἀναγνώριζε ἀντιγόνα τῶν πυρήνων τῶν κυττάρων. Τὰ κύτταρα αὐτὰ ὀνομάστηκαν κύτταρα λύκου (Εἰκόνα 1). Ἡ παρατήρηση αὕτῃ ὁδήγησε στὴν ἀνακάλυψη κατὰ τὴ δεκαετία τοῦ 1950 τῶν ἀντιπυρηνικῶν ἀντισωμάτων, τῶν αὐτοαντισωμάτων ποὺ ἀνευρίσκονται στὸν ὁρὸ τοῦ αἵματος τῆς πλειονότητος τῶν ἀσθενῶν μὲ συστηματικὰ αὐτοάνοσα νοσήματα. Στὶς ἐπόμενες δεκαετίες, μελέτες ἀνέδειξαν τὰ ἀκριβῆ αὐτοαντιγόνα στὸν πυρήνα ἢ στὸ κυτταρόπλασμα τοῦ κυττάρου τὰ ὁποῖα ἀναγνωρίζουν τὰ ἀντιπυρηνικὰ ἀντισώματα (Πίνακας 2) (1).

Κυτταρική ἐντόπιση	Ἀντιγόνα	Νόσος
Πυρήνας	Διπλῆ ἔλινα DNA Ίστονες Τοποϊσομεράση I	Συστηματικὸς ἐρυθρηματώδης λύκος (ΣΕΛ) ΣΕΛ Συστηματικὸ σκληρόδερμα
Πυρήνας	Sm ἀντι-U1snRNP	ΣΕΛ ΣΕΛ, Μικτὴ νόσος συνδετικοῦ ἰστοῦ
Πυρήνας	Κεντρομερίδιο	Περιορισμένο σκληρόδερμα
Κυτταρόπλασμα/ Πυρήνας	Ro(SSA), La(SSB)	ΣΕΛ, Σύνδρομο Sjögren
Κυτταρόπλασμα	Συνθετάσες τῶν tRNA	Μυοσίτιδα
Κυτταρόπλασμα	Ἀντιγόνα κατὰ τῶν μιτοχονδρίων	Πρωτοπαθὲς χολικὴ κίρρωση

Πίνακας 2: Οἱ κυτταρικοὶ στόχοι ποὺ ἀναγνωρίζουν τὰ ἀντιπυρηνικὰ αὐτοαντισώματα καὶ οἱ αὐτοάνοσες ἀσθένειες στὶς ὁποῖες ἀνευρίσκονται.



Εικόνα 1: Κύτταρα λύκου (βέλος).

Από το τέλος της δεκαετίας του 1940 έως τα μέσα της δεκαετίας του 1950, ο ιολόγος-άνοσολόγος Αυστραλός έρευνητής F. Macfarlane Burnet διατύπωσε την υπόθεση της «Επιλογής των κλώνων». Σύμφωνα με την υπόθεση, τα ανοσοκύτταρα που αναγνωρίζουν με υψηλή συγγένεια αντιγόνα του οργανισμού, περνώντας από πρωτεύοντα ανοσολογικά όργανα, δηλαδή τον θύμο αδένα και τον μυελό των οστών, για να διαφοροποιηθούν και να ωριμάσουν, αποθνήσκουν. Έτσι αυτά που κυκλοφορούν στο αίμα ή μεταναστεύουν στα δευτερογενή ανοσολογικά όργανα (λεμφαδένες) δεν αντιδρούν με τα στοιχεία του οργανισμού (ίδια αντιγόνα) και έχουν ανοσολογική ανοχή (8). Με βάση την υπόθεση αυτή, τα αυτοάνοσα νοσήματα εκδηλώνονται όταν καταργείται ή ανοσολογική ανοχή.

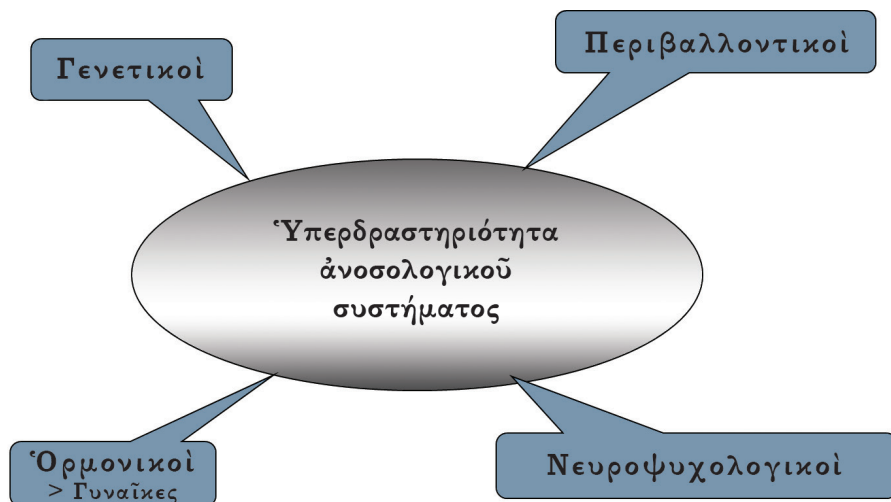
Αντίθετα, στα μέσα της δεκαετίας του 1970 με αρχές της δεκαετίας του 1980, ο έρευνητής Σ. Άβραμέας, μελετώντας όρους ύγιων ατόμων, με ανοσοενζυμική μέθοδο την οποία ο ίδιος ανέπτυξε (9), ανακάλυψε αντισώματα που αντιδρούσαν κατά πολλών αντιγόνων του οργανισμού. Τα αντισώματα αυτά τα ονόμασε «φυσικά αυτοαντισώματα» και το φαινόμενο «φυσική αυτοανοσία» (10, 11). Έξαιτίας της πολυδραστικότητάς τους, αποτελούν την πρώτη γραμμή άμυνας του οργανισμού έναντι ξένων εισβολέων, απομακρύνουν νεκρά υπολείμματα κυττάρων, καλύπτουν νεοαντιγόνα και παίζουν ουσιώδη ρόλο στην ανοσορρύθμιση. Όταν απελευθερώνονται άθροα αυτοαντιγόνα λόγω έντονου κυτταρικού θανάτου (απόπτωση) ή λόγω του ότι μικροβιακές δομές μοιάζουν με δομές του οργανισμού, τότε σε γενετικά προδιατεθειμένα άτομα φυσικοί αυτοδραστικοί κλώνοι ανοσοκυττάρων εκπτύσσονται, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη αυτοάνοσης νόσου.

Μελέτες τῆς ομάδας μας, χρησιμοποιώντας τὰ ζωικά πρότυπα (ποντίκια Νέας Ζηλανδίας, NZBxNZW, NZB καὶ NZW) ποὺ ἀναπτύσσουν αὐτόματα κατὰ τὸν ἕκτο μήνα τῆς ζωῆς τους συστηματικὸ ἐρυθρηματώδη λύκο, κατέδειξαν ὅτι τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα τῶν ζωικῶν προτύπων μὲ αὐτοάνοση νόσο εἶναι ἐνεργοποιημένο ἀπὸ τὴν πρώτη ἐβδομάδα τῆς ζωῆς τους καὶ ἡ ἀπάντησή του σὲ ἐνδογενῆ καὶ ἐξωγενῆ ἐρεθίσματα ἀκολουθεῖ τοὺς κανόνες τῆς ἀντιγονο-καθοδηγούμενης ἀνοσολογικῆς ἀπόκρισης. Μὲ τὰ πειράματα αὐτὰ ἀνεδείχθη ὅτι τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα ὑπερλειτουργεῖ καὶ δὲν δυσλειτουργεῖ (12). Ἡ λειτουργικὴ ἀκεραιότητα τοῦ ἀνοσολογικοῦ συστήματος στὰ αὐτοάνοσα νοσήματα τοῦ ἀνθρώπου ἐπιβεβαιώθηκε, διότι ὁ ἐμβολιασμὸς ἀσθενῶν κατὰ ἰῶν καὶ μικροβίων ὁδήγησε σὲ ἐπαρκή, προστατευτικὴ ἀνοσολογικὴ ἀπόκριση (13). Ἐπιπλέον, οἱ ἀσθενεῖς ποὺ ὑποβλήθηκαν σὲ ἀλλογενῆ μεταμόσχευση μυελοῦ τῶν ὀστέων, ὡς θεραπεία τῆς λευχαιμίας ἢ τῆς ἀπλαστικῆς ἀναιμίας, ἀνέπτυξαν αὐτοάνοσες νόσους, ὅπως σκληρόδερμα, σύνδρομο Sjögren, πρωτοπαθὴ χολικὴ κίρρωση καὶ συστηματικὸ ἐρυθρηματώδη λύκο (14,15). Ἡ ἀνάπτυξη αὐτῆ ἦταν τὸ ἀποτέλεσμα τῆς χρόνιας ἀντίδρασης τῶν ἀνοσοκυττάρων τοῦ μοσχεύματος κατὰ τῶν ἀντιγόνων τοῦ ξενιστῆ. Οἱ πειραματικὲς καὶ κλινικὲς μελέτες μας ἐνδυνάμωσαν τὴν ἄποψη ὅτι ἡ χρόνια ἐνεργοποίηση τοῦ ἀνοσολογικοῦ συστήματος ὁδηγεῖ στὴν ἀνάπτυξη αὐτοάνοσου νοσήματος.

Παράγοντες ποὺ ἐνεργοποιοῦν τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα

Μελέτες στὶς δεκαετίες 1970 καὶ 1980 ὑπέδειξαν ὅτι ἡ ὑπερλειτουργία τοῦ ἀνοσολογικοῦ συστήματος στὰ αὐτοάνοσα νοσήματα εἶναι πολυπαραγοντικὴ (Εἰκόνα 2).

Περιβαλλοντικοὶ παράγοντες, ὅπως λοιμῶξεις, φάρμακα καὶ χημικὲς οὐσίες, εἶναι δυνατόν νὰ ἐπάγουν ἢ νὰ προκαλέσουν ἐξάρση τῶν νοσημάτων αὐτῶν. Αὐτὸ ἐπιτελεῖται μέσῳ αὐξημένου κυτταρικοῦ θανάτου ἢ/καὶ καταστροφῆς ἰστῶν/ὀργάνων, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ἀθρόα ἀπελευθέρωση ἐνδοκυττάρων δομῶν (ἀντιγόνων), μὲ τίς ὁποῖες τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα δὲν ἔχει προηγουμένως ἔλθει σὲ ἐπαφὴ καὶ στὶς ὁποῖες δὲν ἔχει ἀναπτύξει ἀνοχή. Ἐπίσης, οἱ μικροοργανισμοὶ μπορεῖ νὰ ἔχουν δομικὰ στοιχεῖα ποὺ προσομοιάζουν σὲ δομὲς τοῦ ὁργανισμοῦ, ἐπεκτείνοντας ἔτσι τίς ἀνοσολογικὲς ἀποκρίσεις στὶς τελευταῖες (μοριακὴ μίμηση).



Εικόνα 2: Παράγοντες που συμμετέχουν στην παθογένεια των αυτοάνοσων νοσημάτων.

Η γενετική προδιάθεση είναι έτερος σημαντικός γενεσιουργός παράγοντας για την εκδήλωση των αυτοάνοσων νοσημάτων. Αυτό υποδεικνύεται τόσο από κλινικές μελέτες που δείχνουν ότι τα αυτοάνοσα νοσήματα έπιπολάζουν σε μέλη οικογενειών, όσο και από τη μεγάλη συχνότητα αυτοάνοσων νοσημάτων σε μονοζυγωτικά δίδυμα. Έπιπρόσθετα, ή ύψηλή συσχέτιση των νοσημάτων αυτών με διάφορους πολυμορφισμούς γονιδίων που σχετίζονται με την ανοσολογική απάντηση, όπως τα αντιγόνα του μείζονος συμπλέγματος ίστοσυμβατότητας, πρωτεΐνες του συμπληρώματος, κυτταροκίνες κ.ά., συνηγορούν ισχυρά υπέρ του ότι τα άτομα που αναπτύσσουν αυτοάνοσα νοσήματα έχουν γενετική προδιάθεση. Μελέτες του έργαστηρίου μας στη δεκαετία του 1970 έδειξαν την ύψηλή συσχέτιση των αντιγόνων ίστοσυμβατότητας HLA-B8 και HLA-DR3 με το σύνδρομο Sjögren (16-19).

Έπίσης, όρμονικοί παράγοντες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση αυτών των νοσημάτων. Σε αυτό συνηγορούν τόσο το γεγονός ότι τα περισσότερα από τα συστηματικά αυτοάνοσα νοσήματα εμφανίζονται σε γυναίκες, με αναλογία που πολλές φορές φτάνει το 10 προς 1 σε σχέση με τους άνδρες, όσο και πληθώρα μελετών σε πειραματικά πρότυπα αυτοάνοσων νοσημάτων και στον άνθρωπο που υποστηρίζουν ότι τα οίστρογόνα πυροδοτούν την αυτοάνοση νόσο, ενώ τα ανδρογόνα την καταστέλλουν (20).

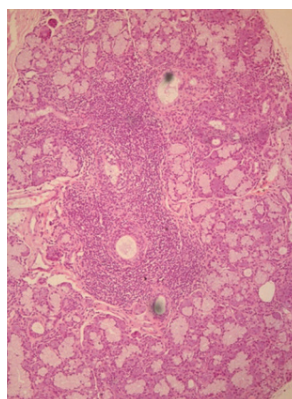
Τέλος, η ψυχική καταπόνηση (stress) συμμετέχει στην παθοβιολογία των νοσημάτων αυτών. Πράγματι, η εμφάνιση ή έξαρση των αυτοανόσων νοσημάτων έχει συσχετισθεί με προηγούμενα σημαντικά ψυχοτραυματικά γεγονότα, όπως απώλεια αγαπημένου προσώπου, διαζύγιο ή οικονομική καταστροφή, που ο ασθενής με αυτοάνοσο προδιάθεση δεν είναι δυνατόν να διαχειριστεί (21,22).

Παθογένεια των αυτοανόσων νοσημάτων: Μαθήματα από τη μελέτη του συνδρόμου Sjögren

Το σύνδρομο Sjögren είναι ιδανικό πρότυπο νόσου για τη μελέτη της παθογένειας των αυτοανόσων νοσημάτων διότι α) πληροί τα κριτήρια αυτοανόσου ασθένειας (παρουσία αυτοαντισωμάτων στην κυκλοφορία και καταστροφή των προσβεβλημένων ιστών από λεμφοκύτταρα) (Εικόνα 3), β) έχει εύρύ κλινικό φάσμα που εκτείνεται από όργανοειδικό νόσημα (προσβολή των εξωκρινών αδένων, κατεξοχήν των σιελογόνων και των δακρυϊκών) σε συστηματικό (προσβολή πνευμόνων, νεφρών, ήπατος και αγγείων), γ) σε ένα σημαντικό ποσοστό των ασθενών (5-10%) εξελίσσεται σε λεμφική νεοπλασία (Β-λεμφοκυτταρικό λέμφωμα), και δ) είναι δυνατόν να εκφράζεται ως ξεχωριστή οντότητα ή να συνεκφράζεται με άλλο συστηματικό αυτοάνοσο νόσημα, όπως ή ρευματοειδής αρθρίτιδα ή ο συστηματικός έρυθηματώδης λύκος. Η έρευνητική μας ομάδα περιέγραψε τόσο την κλινικοεργαστηριακή εικόνα των συστηματικών εκδηλώσεων της νόσου, όσο και την κλινικοϊστολογική εικόνα του λεμφώματος στους ασθενείς με το σύνδρομο Sjögren, και βρήκαμε κλινικούς και εργαστηριακούς δείκτες που προβλέπουν, από την πρώτη επίσκεψη του ασθενούς στον ιατρό, αν στην πορεία της νόσου θα αναπτύξει λέμφωμα (23-26). Τέλος, κλινικές, εργαστηριακές και ανοσογενετικές μελέτες μας ανέδειξαν ομοιότητες και διαφορές μεταξύ των ασθενών που πάσχουν μόνο από το σύνδρομο Sjögren και των ασθενών που πάσχουν από ρευματοειδή αρθρίτιδα ή συστηματικό έρυθηματώδη λύκο και σύνδρομο Sjögren. Τα εύρηματα των μελετών αυτών μάς οδήγησαν να αποκαλέσουμε πρωτοπαθές το σύνδρομο όταν εκφράζεται μόνο του, ενώ δευτεροπαθές όταν συνεκφράζεται με άλλα αυτοάνοσα νοσήματα (19, 27, 28). Με βάση τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά του συνδρόμου, η μελέτη του είναι δυνατόν να διαλευκάνει την παθογένεια όχι μόνο των αυτοανόσων νοσημάτων, αλλά και της κακοήθειας των λεμφοκυττάρων.

Σιελογόνοι αδένες:
λεμφοκυτταρικές διηθήσεις

Αυτοαντισώματα έναντι:	Ποσοστό ασθενών
Ανοσοσφαιρινών (ΠΠ)	60-70%
Ro (SSA)	50-60%
La (SSB)	30-40%
Μιτοχονδρίων	5%
Κεντρομεριδίου	5%
Κιτρουλινοποιημένων πεπτιδίων	5%

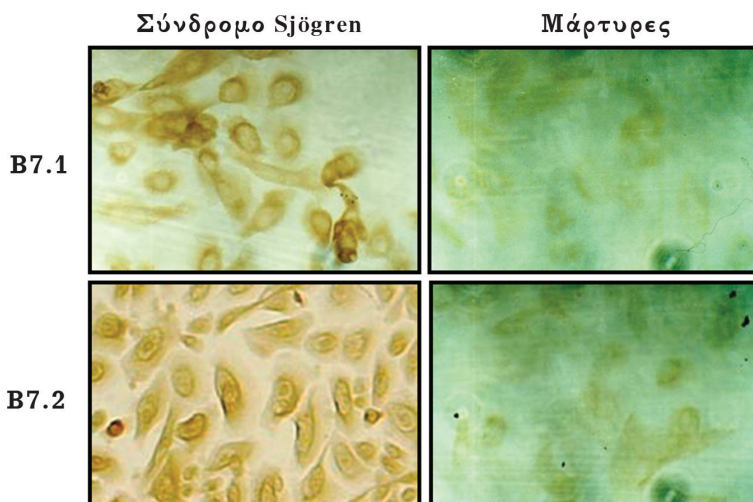


Εικόνα 3: Παρουσία αυτοαντισωμάτων στην κυκλοφορία (αριστερά) και διήθηση των σιελογόνων από ανοσοκύτταρα (δεξιά) σε ασθενείς με σύνδρομο Sjögren.

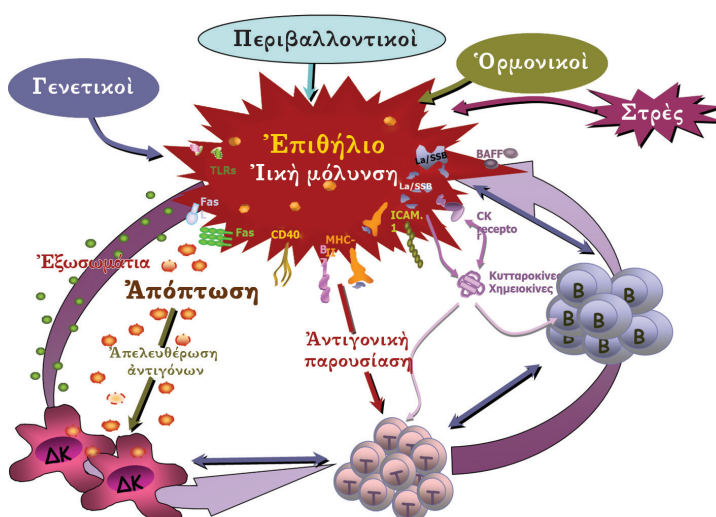
Η έρευνητική μας ομάδα μελέτησε τόσο τις αντιγονικές περιοχές του αυτοαντιγόνου La/SSB (επίτοποι) που αναγνωρίζουν τα αυτοαντισώματα, όσο και την ιστοπαθολογική βλάβη των μικρών σιελογόνων αδένων του χείλους. Στόχος της μελέτης των αντιγονικών επιτόπων που αναγνωρίζουν τα αυτοαντισώματα του όρου του αίματος των ασθενών με σύνδρομο Sjögren ήταν αφενός η δημιουργία φθηνών, ευαίσθητων και ειδικών διαγνωστικών τεχνικών, και αφετέρου η ανεύρεση του έναρκτηρίου έρεθίσματος που προκαλούσε την υπερδραστηριότητα του ανοσολογικού συστήματος (29). Η μελέτη δέ της ιστοπαθολογικής βλάβης των μικρών σιελογόνων αδένων ασθενών με σύνδρομο Sjögren μās βοήθησε να κατανοήσουμε και να αποκρυπτογραφήσουμε τους μηχανισμούς που συμμετέχουν στην παθογένεια του συνδρόμου και την ανάπτυξη των αυτοανόσων αποκρίσεων. Μάλιστα η ιστοική βλάβη των σιελογόνων αδένων είναι αντιπροσωπευτική των βλαβών που παρατηρούνται και σε άλλα αυτοάνοσα νοσήματα. Έτσι η μελέτη της παρέχει τη δυνατότητα κατανόησης της παθογένειας των αυτοανόσων διεργασιών γενικά και όχι μόνο αυτών που συμμετέχουν στην ανάπτυξη του συνδρόμου Sjögren.

Η ομάδα μας μελέτησε τη βλάβη με ανοσοϊστοχημικές και μοριακές τεχνικές και περιέγραψε αναλυτικά τους πληθυσμούς των ανοσοκυττάρων

(B-, T-, μακροφάγα, NK και ύποπληθυσμοί τους) και τών διαβιβαστών τῆς ἐπικοινωνίας μεταξύ τους (ἐπιφανειακοὶ ὑποδοχεῖς, κυτταροκίνες, χημειοκίνες). Ἡ κατανομή τών ἀνοσοκυττάρων καὶ ἡ ἐκφραση τών κυτταροκινῶν μεταβάλλονται ἀνάλογα μὲ τὴ βαρύτητα τῆς βλάβης (30-33). Ἐπιπροσθέτως, παρατηρήθηκε ὅτι τὰ ἐπιθηλιακὰ κύτταρα τών σιελογόνων ἀδένων ἀσθενῶν μὲ σύνδρομο Sjögren ἐκφράζουν ἀδόκιμα ἀντιγόνα ἰστοσυμβατότητας, συνδιεγερτικὰ καὶ προσκολλητικὰ μόρια, παράγουν κυτταροκίνες καὶ χημειοκίνες, ἀποθνήσκουν ἀπὸ προγραμματισμένο κυτταρικὸ θάνατο καὶ ἀπελευθερώνουν μέσῳ ἀποπτωτικῶν φυσαλίδων καὶ ἐξωσωματίων ἐνδοκυττάρια αὐτοαντιγόνα (34-40). Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ ὑποδηλώνουν ὅτι τὰ ἐπιθηλιακὰ κύτταρα τών σιελογόνων ἀδένων τών ἀσθενῶν μὲ σύνδρομο Sjögren εἶναι ἐνεργοποιημένα καὶ ἱκανὰ νὰ ρυθμίζουν τὴν προσέλκυση καὶ ἐνεργοποίηση τών ἀνοσοκυττάρων. Γιὰ νὰ ἀποκλεισθεῖ ὅτι αἰτία τῆς ἐνεργοποίησης τών ἐπιθηλιακῶν κυττάρων εἶναι ἡ ἐπίδραση τών κυτταροκινῶν καὶ τών χημειοκινῶν τοῦ ἱστικοῦ μικροπεριβάλλοντος τῆς ἀνοσοπαθολογικῆς βλάβης, ἀναπτύχθηκαν καλλιέργειες τών ἐπιθηλιακῶν κυττάρων τών σιελογόνων ἀδένων ἀσθενῶν καὶ μαρτύρων (41). Τὰ ἐπιθηλιακὰ κύτταρα, παρὰ τὴν ἀπομάκρυνσή τους ἀπὸ τοὺς ἰστούς, διατηροῦσαν τὸν ἐνεργοποιημένο φαινότυπο (38-41), πράγμα ποὺ ὑποδεικνύει ὅτι εἶναι ἐνδογενῶς ἐνεργοποιημένα καὶ ἱκανὰ νὰ ἀλληλοεπιδροῦν ἀποτελεσματικὰ καὶ νὰ ἐνεργοποιοῦν τὰ λεμφοκύτταρα. Ἔτσι φαίνεται ὅτι στὸ σύνδρομο Sjögren τὰ ἐνδογενῶς ἐνεργοποιημένα ἐπιθηλιακὰ κυττάρων προσκαλοῦν καὶ ἐνεργοποιοῦν τὰ ἀνοσοκύτταρα νὰ ἐπιτεθοῦν κατὰ αὐτῶν, διαδραματίζοντας σημαντικὸ ρόλο στὴν ἔναρξη καὶ στὴ διαιώνιση τῆς αὐτοάνοσης ἀντίδρασης (Εἰκόνα 4). Ἡ αἰτία τῆς ἐνδογενοῦς ἐνεργοποίησης τών ἐπιθηλιακῶν κυττάρων στὸ σύνδρομο Sjögren δὲν εἶναι γνωστή. Ἐντούτοις, μελέτες ἀπὸ τὴ δεκαετία τοῦ 1970 ὑπέδειξαν ὅτι ἱκὲς λοιμώξεις ἀποτελοῦν πιθανὰ τὸ ἐναρκτήριο λάκτισμα γιὰ τὴν ἀπαρχὴ τῆς αὐτοάνοσης διεργασίας. Μελέτες τοῦ ὁροῦ τοῦ αἵματος ἀσθενῶν μὲ συστηματικὰ αὐτοάνοσα νοσήματα, συμπεριλαμβανομένου τοῦ συνδρόμου Sjögren, ἔδειξαν τὴν ὑπαρξὴ ἰντερφερόνης-α, ἐνὸς ἀντιικοῦ παράγοντα, ἰδίως κατὰ τὴν ἐνεργὸ φάση τών νόσων (42, 43). Μεταγενέστερες μελέτες ἐνέπλεξαν διάφορους ἰοὺς στὴν παθογένεια τοῦ συνδρόμου Sjögren. Ἡ ὁμάδα μας ἔδειξε ὅτι οἱ σιελογόνοι ἀδένες τών ἀσθενῶν φέρουν ἐνδοκυττάρια ἀλληλουχίες ἐντεροϊῶν (ἰοὶ Cxsackie), οἱ ὁποῖες πιθανῶς εἶναι ὑπεύθυνες γιὰ τὴν ἐνεργοποίηση τών ἐπιθηλιακῶν κυττάρων (44).



Εικόνα 4: Καλλιεργημένα επιθηλιακά κύτταρα σιελογόνων αδένων από ασθενείς με σύνδρομο Sjögren και μάρτυρες χωρίς νόσο. Αναδεικνύεται ότι τα κύτταρα των ασθενών, σε αντίθεση με αυτά των μαρτύρων, εκφράζουν τα μόρια B7, που συμμετέχουν στην ενεργοποίηση των Τ-λεμφοκυττάρων (38).



Εικόνα 5: Σχηματική αναπαράσταση της παθογένειας του συνδρόμου Sjögren (αυτοάνοση επιθηλίτιδα).

Τὰ εὑρήματα αὐτά, παράλληλα μὲ τὴν παρατήρηση ὅτι οἱ ἱστοπαθολογικὲς βλάβες ὅλων τῶν προσβεβλημένων ὀργάνων (σιελογόνων καὶ δακρυϊκῶν ἀδένων, πνευμόνων, νεφρῶν, ἥπατος) τῶν ἀσθενῶν μὲ σύνδρομο Sjögren ἔχουν τὰ ἴδια χαρακτηριστικά, δηλαδή τὰ ἀνοσοκύτταρα στρέφονται κατὰ τῶν ἐπιθηλιακῶν κυττάρων τους, μὲ ὁδήγησε νὰ προτείνω γιὰ τὸ σύνδρομο Sjögren τὸν ὅρο «Αὐτοάνοση ἐπιθηλίτιδα» (41, 45, 46). Τὸ εὑρημα αὐτὸ ἔλλαξε τὸν προσανατολισμὸ τῶν ἐρευνητῶν τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων, ἀπὸ τὴ μελέτη τῶν ἀνοσοκυττάρων καὶ τῶν προϊόντων τους στὴν ἱστική βλάβη, στὸ κύτταρο ποὺ προσελκύει καὶ ἐνεργοποιεῖ τὰ ἀνοσοκύτταρα, γιὰ παράδειγμα στὸ ὑμενοκύτταρο στὴ ρευματοειδῆ ἀρθρίτιδα.

Θεραπευτικὴ ἀντιμετώπιση τῶν αὐτοανόσων νοσημάτων

Ἐνδελεχεῖς μελέτες τῆς ἀνοσοῖστοπαθολογικῆς βλάβης τῶν ἀρθρίτιδων στὶς δεκαετίες τοῦ 1980-1990 ἀνέδειξαν τὰ σημαντικὰ ἐκκρινόμενα, ἐπιφανειακὰ ἢ/καὶ ἐνδοκυττάρια μόρια ποὺ πυροδοτοῦν καὶ διαιωνίζουν τὴ φλεγμονή. Ἀναστολὴ τῶν μορίων αὐτῶν σὲ πειραματικὰ πρότυπα ὁδήγησε σὲ ἀντιμετώπιση τῆς φλεγμονώδους διεργασίας καὶ θεραπευτικὴ ἀντιμετώπιση τῆς νόσου. Ἔτσι σήμερα ὁ κλινικὸς γιατρὸς ἔχει μιὰ πλειάδα βιοτεχνολογικὰ παραγόμενων μορίων ποὺ ἀναστέλλουν τὴν πρόοδο καὶ βελτιώνουν τὴ βλάβη ἀσθενῶν μὲ φλεγμονώδεις ἀρθρίτιδες (47). Δέον νὰ σημειωθεῖ ὅτι ἀπὸ τὸ τέλος τῆς δεκαετίας τοῦ 1970, μετὰ ἀπὸ ἐπαναλαμβανόμενες γονιμοποιήσεις μεταξὺ τῶν αὐτοανόσων ποντικῶν NZB καὶ τῶν ποντικῶν CBA/N (ποντικῶν τῶν ὁποίων τὰ Β-λεμφοκύτταρα δυσλειτουργοῦν), δημιουργήθηκαν ὑβρίδια ποντικῶν στὰ ὁποῖα ἡ λειτουργία τῶν Β-λεμφοκυττάρων (παραγωγή ἀνοσοσφαιρινῶν) ἦταν κατασταλαμένη. Εἶχε ἀναδειχθεῖ δηλαδή ὅτι ἡ καταστολὴ τῶν ἐνεργοποιημένων Β-λεμφοκυττάρων στὰ πειραματικὰ πρότυπα αὐτοανοσίας (ποντίκια NZB) ὁδηγεῖ στὴν ἀναστολὴ ἀνάπτυξης τῆς αὐτοάνοσης νόσου (48). Ἡ παρατήρηση αὕτη, καθὼς καὶ ἡ ἀποτελεσματικότητά τῆς ἐξάλειψης τῶν Β-λεμφοκυττάρων στὰ λεμφώματα, ἀποτέλεσαν τὴ βάση γιὰ τὴν ἐφαρμογὴ τῆς θεραπευτικῆς χρήσης αὐτῆς σὲ ἀσθενεῖς μὲ αὐτοάνοσα νοσήματα.

Οἱ θεραπευτικὲς αὐτὲς παρεμβάσεις ἐφαρμόζονται εὐρέως στὴν κλινικὴ πράξι γιὰ νὰ ἀντιμετωπιστοῦν ἡ ρευματοειδὴς ἀρθρίτιδα, οἱ ὁροαρνητικὲς σπονδυλοαρθρίτιδες, ἡ ψωριασικὴ νόσος, ὁ συστηματικὸς ἐρυθηματώδης λύκος, τὸ σύνδρομο Sjögren καὶ οἱ ἀγγεΐτιδες.

Συμπερασματικά

Ἡ ὑπερτεσσαρακονταετῆς μελέτη ζωικῶν προτύπων καὶ ἀνθρώπων μᾶς δίδαξε ὅτι:

- Τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα στὰ αὐτοάνοσα νοσήματα ὑπερλειτουργεῖ καὶ δὲν δυσλειτουργεῖ.
- Ἐναρκτῆς τῆς ἀνοσοπαθολογικῆς βλάβης εἶναι τὸ κύτταρο τοῦ ὀργάνου ἔναντι τοῦ ὁποίου στρέφεται τὸ ἀνοσολογικὸ σύστημα.
- Ἐνδελεχῆς μελέτη τῶν ἀνοσοκυττάρων καὶ τῶν προϊόντων τους (κυτταροκίνες, χημειοκίνες), καθὼς καὶ τῆς ἐπικοινωνίας μεταξὺ τους, ὑπέδειξαν στόχους κατὰ τῶν ὁποίων παρήχθησαν βιοτεχνολογικά θεραπευτικά μόρια.

Ἀπόδοση τιμῆς

Τὸ κλινικοερευνητικὸ ἔργο ποὺ ἐπιτελέσαμε δὲν θὰ ἦταν δυνατόν νὰ γίνεῖ χωρὶς συνεργάτες. Θέλω νὰ ἐξάρω τὴν προσφορά τους. Ἐγινε μὲ τὴν ἀνιδιοτελή, ἀγόγγυστη, ἄοκνη ἐργασία τῶν γραμματέων, τῶν νοσηλευτῶν, τῶν τεχνικῶν, τῶν ἱατρῶν καὶ τῶν ἐπιστημόνων τῆς κλινικῆς καὶ τοῦ ἐργαστηρίου καὶ στίς δύο ἱατρικὲς σχολές ποὺ ὑπηρέτησα.

Τοὺς συντελεστὲς τοῦ κλινικοερευνητικοῦ ἔργου παρουσιάζω στὸν Πίνακα 3. Οἱ περισσότεροι ἀπὸ τοὺς συνεργάτες μου ξεκίνησαν τὴν ἐρευνητικὴ ἐργασία ἀπὸ τὰ πρῶτα φοιτητικὰ τους χρόνια ἢ μετὰ τὸ πτυχίον. Ἡ ἀφοσίωσή τους στὴν ἐρευνητικὴ διαδικασία δὲν ἀποσπάστηκε οὔτε στιγμή ἀπὸ τίς πάμπολλες δυσκολίες ποὺ ἀντιμετωπίσαμε. Ἀντίθετα, οἱ δυσκολίες αὐτὲς τοὺς ἐνδυνάμωσαν γιὰ περισσότερη δουλειὰ καὶ παραγωγὴ πρωτοπόρου γνώσης.

Σήμερα οἱ συνεργάτες μου κοσμοῦν μὲ τὴν παρουσία τους ἱατρικὲς σχολές καὶ ἐρευνητικὰ ἰνστιτοῦτα τῆς χώρας καὶ τοῦ ἐξωτερικοῦ, νοσοκομεῖα τοῦ Ἑθνικοῦ Συστήματος Ὑγείας, καθὼς καὶ τοῦ ἰδιωτικοῦ τομέα. Θέλω νὰ τοὺς εὐχαριστήσω ὅλους ἀπὸ τὰ βάθη τῆς καρδιᾶς μου καὶ νὰ τοὺς εὐχηθῶ, ἀπὸ τὴ θέση αὐτή, νὰ ἔχουν ὑγεία καὶ νὰ συνεχίσουν τὴν προσφορά τους σὲ ὅποιοιδήποτε κλάδο ὑπηρετοῦν. Εὐχόμαι οἱ ἐρευνητὲς συνεργάτες μου νὰ μεταλαμπαδεύουν τὸ πάθος, τὴν ἀγάπη καὶ τὴν ἀφοσίωση γιὰ τὴν ἐρευνα στοὺς νεότερους συναδέλφους.

Ἐπιτρέψτε μου τώρα νὰ ἀναφερθῶ σὲ δύο δικὰ μου ἄτομα: τὴ Φωτεινὴ Νικολάου Σκοπούλη, τῆς ὁποίας τὸ ἥθος καὶ ἡ ἀξιοπρέπεια τῆς ἐπέβαλαν,

ὅταν ἡ σχέση μας ἔγινε συγγενική, νὰ παραιτηθεῖ ἀπὸ τὴν ἀνώτατη ἀκαδημαϊκὴ θέση ποὺ κατεῖχε στὴν κλινικὴ καὶ τὸ ἐρευνητικὸ μας ἐργαστήριον καὶ νὰ ἀκολουθήσει τὸν δикό της ἀκαδημαϊκὸ δρόμο· καὶ τὴν κόρη μου, Νίκη-Μαρία Μουτσοπούλου, ποὺ ἄνοιξε τὸν δικό της ἐρευνητικὸ δρόμο στοὺς βασικοὺς μηχανισμοὺς γένεσης τῶν ἀνοσολογικῶν νοσημάτων τοῦ στόματος· τῆς εὐχομαι μεγαλύτερες ἐπιστημονικὲς καὶ προσωπικὲς ἐπιτυχίες.

R. F. Abu-Helu, PhD	Σ. Κατσιουγιάννης, PhD	Κ. Πέτροβας, PhD
B. Βασιλείου, MD	Γκ. Κατσιφής, MD	Σ. Πλαστήρας, MD
Π. Γ. Βλαχογιαννόπουλος, MD	Ε. Κ. Καψογεώργου, PhD	Ι. Ρούτσιος, MD
M. Βουλγαρέλης, MD	Στ. Κοκόρη, MD	Κ. Σακαρέλλος, PhD
X. Γεωργοπούλου, MD	N. Κυριακίδης, PhD	Φ. N. Σκοπούλη, MD
E. Γιαννάκης, PhD	Στ. Κωνσταντόπουλος, MD	M. Σπαχίδου, PhD
Στ. Γιαννούλη, MD	Δ. Λιάκος, PhD	E. Στέα, PhD
A. Gharavi, MD	Γ. Λιναρδάκης, MD	N. Ταπεινός, MD
X. Γολεμάτης, PhD	Σ. Λιονάκης, MD	M. Τεκτονίδου, MD
A. Γουλές, MD	M. N. Μανουσάκης, MD	A. Τερζόγλου, PhD
B. Γουρζής, MD	K. Π. Μαυραγάνη, MD	B. Τζαβάρα, MD
I. Cinoku, MD	A. Μαυρίδης, MD	E. Τζάκος, PhD
O. Δαφνής, PhD	Δ. Μήτσιας, MD	Γ. Τζελέπης, MD
I. Δ. Δημητρίου, PhD	K. Μοκί, MD	A. Γ. Τζιούφας, MD
I. Dahabreh, MD	I. Μπολέτης, MD	A. Τριανταφυλλοπούλου, MD
A. Δρόσος, MD	Δ. Μπούμπα, PhD	E. Τσιάνος, MD
I. Ίωαννίδης, MD	E. Μπουραζοπούλου, PhD	A. Τσιρογιάννη, MD
E. Johnson, PhD	A. Νέζος, PhD	Σ. Φραγκιουδάκης, MD
E. Ζαμπέλη, MD	Γ. Ξάνθου, PhD	Γ. Φραγκούλης, MD
A. Ζέρβας, MD	Σ. Πάικος, DDS	Γρ. Χατζής, MD
H. Ζινζαράς, PhD	A. Παπαγεωργίου, MD	M. I. Χριστοδούλου, PhD
Π. Καπιτσίνου, MD	Σπ. Παπίρης, MD	
Δ. Καραϊσκος, MD	Π. Παυλάκης, MD	
Π. Κατσίκης, MD	N. Παυλίδης, MD	
	Δ. Πικάζης, MD	

Πίνακας 3: Συντελεστές τοῦ κλινικοεργαστηριακοῦ ἐρευνητικοῦ ἔργου στὴν Ἑλλάδα.

Αναφορές

1. ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ, Χ. Μ., *Αυτοάνοσα νοσήματα. Βασικές γνώσεις, εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης*, 2017.
2. EHRLICH, P. – MORGENROCH, J., Ueber Hämolysine, *Berl klin Wochenschr*, 38, 1901, σ. 251-257.
3. DONATH, J. – LANDSTEINER, K., Ueber paroxysmale Hämoglobinurie, *Munch Med Wochenschr*, 51, 1904, σ. 1590-1593.
4. CHANG, C., Autoimmunity: From black water fever to regulatory function, *J Autoimmun*, 48-49, 2014, σ. 1-9 (Editorial).
5. WAALER, E., On the occurrence of a factor in human serum activating the specific agglutination of sheep blood corpuscles, *Acta Path Microbiol Scandinav*, 17, 1940, σ. 172-188.
6. ROSE, H. M. – RAGAN, CH. – PEARCE, E. – LIPMAN, M., Differential agglutination of normal and sensitized sheep erythrocytes by sera of patients with rheumatoid arthritis, *Proc Soc Exp Biol Med*, 68, 1948, σ. 1-6.
7. HARGRAVES, M. M. – RICHMOND, H. – MORTON, R., Presentation of two bone marrow elements: the «tart» cell and the LE cell, *Proc Staff Meet Mayo Clin*, 23, 1948, σ. 25-28.
8. MACKAY, I. R., Travels and travails of autoimmunity: a historical journey from discovery to rediscovery, *Autoimmun Rev*, 9, 2010, σ. A251-A258.
9. AVRAMEAS, S., Coupling of enzymes to proteins with glutaraldehyde. Use of the conjugates for the detection of antigens and antibodies, *Immunochemistry*, 6, 1969, σ. 43-52.
10. GUILBERT, B. – DIGHIERO, G. – AVRAMEAS, S., Naturally occurring antibodies against nine common antigens in human sera. I. Detection, isolation and characterization, *J Immunol*, 128, 1982, σ. 2779-2787.
11. AVRAMEAS, S., Natural autoantibodies: from ‘horror autotoxicus’ to ‘gnothi seauton’, *Immunol Today*, 12, 1991, σ. 154-159.
12. MOUTSOPOULOS, H. M. – BOEHM-TRUITT, M. – KASSAN, S. S. – CHUSED, T. M., Demonstration of activation of B-lymphocytes in New Zealand black mice at birth by an immunoradiometric assay for murine IgM, *J Immunol*, 119, 1977, σ. 1639-1644.
13. KARSH, J. – PAVLIDIS, N. – SCHIFFMAN, G. – MOUTSOPOULOS, H. M., Immunization of patients with Sjögren’s Syndrome with pneumococcal polysaccharide vaccine. A randomized trial, *Arthritis Rheum*, 23, 1980, σ. 1294-1298.
14. GRATWOHL, A. A. – MOUTSOPOULOS, H. M. – CHUSED, TH. M. – AKIZUKI, M. – WOLF, R. O. – SWEET, J. B. – DEISSEROTH, A. B., Sjögren-type Syndrome after allogeneic bone-marrow transplantation, *Ann Intern Med*, 87, 1977, σ. 703-706.

15. LAWLEY, T. J. – PECK, G. L. – MOUTSOPOULOS, H. M. – GRATWOHL, A. A. – DEISSEROTH, A. B., Scleroderma, Sjögren-like syndrome, and chronic graft-versus-host disease, *Ann Intern Med*, 87, 1977, σ. 707-709.
16. FRE, K. H. – TERASAKI, P. I. – MOUTSOPOULOS, H. M. – DANIELS, T. E. – MICHALSKI, J. P. – TALAL, N., Association of Sjögren's syndrome with HLA-B8, *Arthritis Rheum*, 19, 1976, σ. 883-886.
17. CHUSED, TH. M. – KASSAN, S. S. – OPETZ, G. – MOUTSOPOULOS, H. M. – TERASAKI, P. I., Sjögren's Syndrome associated with HLA-DW3, *N Engl J Med*, 296, 1977, σ. 895-897.
18. MOUTSOPOULOS, H. M. – CHUSED, TH. M. – JOHNSON, A. H. – KNUDSEN, B. – MANN, D. L., B-Lymphocyte antigens in Sicca syndrome, *Science*, 199, 1978, σ. 1441-1442.
19. MOUTSOPOULOS, H. M. – MANN, D. L. – JOHNSON, A. H. – CHUSED, TH. M., Genetic differences between primary and secondary Sicca syndrome, *N Engl J Med*, 301, 1979, σ. 761-763.
20. AHMED, S. A. – TALAL, N., Sex hormones and the immune system, *Baillieres Clin Rheumatol*, 4, 1990, σ. 13-31.
21. KARAIKOS, D. – MAVRAGANI, C. P. – MAKARONI, S. – ZINTZARAS, E. – VOULGARELIS, M. – RABAVILAS, A. – MOUTSOPOULOS, H. M., Stress, coping strategies and social support in patients with primary Sjögren's syndrome prior to disease onset: a retrospective case-control study, *Ann Rheum Dis*, 68, 2009, σ. 40-46.
22. KARAIKOS, D. – MAVRAGANI, C. P. – SINNO, M. H. – DÉCHELOTTE, P. – ZINTZARAS, E. – SKOPOULI, F. N. – FETISSOV, S. O. – MOUTSOPOULOS, H. M., Psychopathological and personality features in primary Sjögren's syndrome-asociations with autoantibodies to neuropeptides, *Rheumatology*, 49, Oxford, 2010, σ. 1762-1769.
23. MAVRAGANI, C. P. – MOUTSOPOULOS, H. M., Sjögren's Syndrome, *CMAJ*, 186, 2014, σ. E579-E586.
24. SKOPOULI, F. N. – DAFNI, U. – IOANNIDIS, J. P. A. – MOUTSOPOULOS, H. M., Clinical evolution and morbidity and mortality of primary Sjögren's syndrome, *Semin Arthritis Rheum*, 29, 2000, σ. 296-304.
25. VOULGARELIS, M. – MOUTSOPOULOS, H. M., Mucosa-associated lymphoid tissue lymphoma in Sjögren's syndrome: risks, management and prognosis, *Rheum Dis Clin North Am*, 34, 2008, σ. 921-933.
26. FRAGKIOUDAKI, S. – MAVRAGANI, C. P. – MOUTSOPOULOS, H. M., Predicting the risk for lymphoma development in Sjögren's syndrome: an easy to use clinical tool, *Medicine*, 95, 2016, σ. e3766.
27. MOUTSOPOULOS, H. M. – WEBBER, B. L. – VLAGOPOULOS, T. P. – CHUSED, T. M. – DECKER, J. L., Differences in the clinical manifestations of Sicca syndrome

- in the presence and absence of rheumatoid arthritis, *Am J Med*, 66, 1979, σ. 733-736.
28. MANOUSSAKIS, M. N. – GEORGOPOULOU, CH. – ZINTZARAS, E. – SPYROPOULOU, M. – STAVROPOULOU, AI. – SKOPOULI, F. N. – MOUTSOPOULOS, H. M., Sjögren's syndrome associated with systemic lupus erythematosus, *Arthritis Rheum*, 50, 2004, σ. 882-891.
29. ROUTSIAS, J. G. – TZIOUFAS, A. G. – MOUTSOPOULOS, H. M., The clinical value of intracellular autoantigens B-cell epitopes in systemic rheumatic diseases, *Clin Chim Acta*, 340, 2004, σ. 1-25.
30. DALAVANGA, Y. A. – DETRICK, B. – HOOKS, J. J. – DROSOS, A. A. – MOUTSOPOULOS, H. M., Effect of cyclosporinA (CyA) on the immunopathological lesion of the labial minor salivary glands from patients with Sjögren's syndrome, *Ann Rheum Dis*, 46, 1987, σ. 89-92.
31. MANOUSSAKIS, M. N. – BOIU, S. – KORKOLOPOULOU, P. – KAPSOGEOURGOU, E. K. – KAVANTZAS, N. – ZIAKAS, P. – PATSOURIS, E. – MOUTSOPOULOS, H. M., Rates of infiltration by macrophages and dendritic cells and expression of interleukin-18 and interleukin-12 in the chronic inflammatory lesions of Sjögren's syndrome: correlation with certain features of immune hyperactivity and factors associated with high risk of lymphoma development, *Arthritis Rheum*, 56, 2007, σ. 3977-3988.
32. CHRISTODOULOU, M. I. – KAPSOGEOURGOU, E. K. – MOUTSOPOULOS, H. M. – MOUTSOPOULOS, H. M., Foxp3⁺ T-regulatory cells in Sjögren's syndrome: correlation with the grade of the autoimmune lesion and certain adverse prognostic factors, *Am J Pathol*, 173, 2008, σ. 1389-1396.
33. CHRISTODOULOU, M. I. – KAPSOGEOURGOU, E. K. – MOUTSOPOULOS, H. M., Characteristics of the minor salivary gland infiltrates in Sjögren's syndrome, *J Autoimmun*, 34, 2010, σ. 400-407.
34. SKOPOULI, F. N. – KOUSVELARI, E. E. – MERTZ, P. – JAFFE, E. S. – FOX, P. C. – MOUTSOPOULOS, H. M., c-myc mRNA expression in minor salivary glands of patients with Sjögren's syndrome, *J Rheumatol*, 19, 1992, σ. 693-699.
35. BOUMBA, D. – SKOPOULI, F. N. – MOUTSOPOULOS, H. M., Cytokine mRNA expression in the labial salivary gland tissues from patients with primary Sjögren's syndrome, *Brit J Rheumatol*, 34, 1995, σ. 326-333.
36. POLIHRONIS, M. – TAPINOS, N. I. – THEOCHARIS, S. E. – ECONOMOU, A. – KITAS, C. – MOUTSOPOULOS, H. M., Modes of epithelial cell death and repair in Sjögren's syndrome (SS), *Clin Exp Immunol*, 114, 1998, σ. 485-490.
37. XANTHOU, G. – POLIHRONIS, M. – TZIOUFAS, A. G. – PAIKOS, S. – SIDERAS, P. – MOUTSOPOULOS, H. M., "Lymphoid" chemokine messenger RNA expression by epithelial cells in the chronic inflammatory lesion of the salivary glands of

- Sjögren's syndrome patients: possible participation in lymphoid structure formation, *Arthritis Rheum.*, 44, 2001, σ. 408-418.
38. KAPSOGEOUGOU, E. K. – MOUTSOPOULOS, H. M. – MANOUSSAKIS, M. N., Functional expression of a costimulatory B7.2 (CD86) protein on human salivary gland epithelial cells that interacts with the CD28 receptor, but has reduced binding to CTLA4, *J Immunol*, 166, 2001, σ. 3107-3113.
39. KAPSOGEOUGOU, E. K. – ABU-HELU, R. F. – MOUTSOPOULOS, H. M. – MANOUSSAKIS, M. N., Salivary gland epithelial cell exosomes: a source of autoantigenic ribonucleoproteins, *Arthritis Rheum*, 52, 2005, σ. 1517-1521.
40. TZIOUFAS, A. G. – KAPSOGEOUGOU, E. K. – MOUTSOPOULOS, H. M., Pathogenesis of Sjögren's syndrome: what we know and what we should learn, *J Autoimmun*, 39, 2012, σ. 4-8.
41. DIMITRIOU, I. D. – KAPSOGEOUGOU, E. K. – ABU-HELU, R. F. – MOUTSOPOULOS, H. M. – MANOUSSAKIS, M. N., Establishment of a convenient system for the long-term culture and study of non-neoplastic human salivary gland epithelial cells, *Eur J Oral Sci*, 110, 2002, σ. 21-30.
42. HOOKS, J. J. – MOUTSOPOULOS, H. M. – GEIS, S. A. – STAHL, N. I. – DECKER, J. L. – NOTKINS, A. L., Immune interferon in the circulation of patients with autoimmune disease, *N Engl J Med*, 301, 1979, σ. 5-8.
43. HOOKS, J. J. – JORDAN, G. W. – CUPPS, T. H. – MOUTSOPOULOS, H. M. – FAUCI A. S. – NOTKINS A. L., Multiple interferons in the circulation of patients with systemic lupus erythematosus and vasculitis, *Arthritis Rheum*, 25, 1982, σ. 396-400.
44. TRIANTAFILLOPOULOU, A. – TAPINOS, N. – MOUTSOPOULOS, H. M., Evidence for coxsackievirus infection in primary Sjögren's syndrome, *Arthritis Rheum*, 50, 2004, σ. 2897-2902.
45. MOUTSOPOULOS, H. M., Sjögren's syndrome: autoimmune epithelitis, *Clin Immunol Immunopathol*, 72, 1994, σ. 162-165.
46. MOUTSOPOULOS, H. M., Sjögren's syndrome: a forty-year scientific journey, *J Autoimmun*, 51, 2014, σ. 1-9.
47. ZAMPELI, E. – VLACHOYIANNPOULOS, P. G. – TZIOUFAS, A. G., Treatment of rheumatoid arthritis: unraveling the conundrum, *J Autoimmun*, 65, 2015, σ. 1-18.
48. TAUROG, J. D. – MOUTSOPOULOS, H. M. – ROSENBERG, Y. J. – CHUSED, T. M. – STEINBERG, A. D., CBA/N x-linked B-cell defect prevents NZB B-cell hyperactivity in F1 mice, *J Exp Med*, 150, 1979, σ. 31-43.
-

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 23ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2017

Η ΠΕΡΙΦΗΜΗ ΕΙΚΑΣΙΑ RIEMANN

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ
κ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΦΩΚΑ

Ἡ σημερινή ἀνακοίνωση ἀποτελεῖ ἐκπλήρωση ὑπόσχεσης στὸν κορυφαῖο Ἑλληνα διανοούμενο ἀκαδημαϊκὸ κ. Νικόλαο Κονομή, καθὼς ἐπίσης καὶ στὸν ἀκαδημαϊκὸ κ. Ἀπόστολο Γεωργιάδη, ὅταν ἐπὶ προεδρίας του ἀνέφερα ὅτι, ἐὰν κατορθώσω νὰ λύσω ἓνα ἱστορικὸ πρόβλημα σχετιζόμενο μὲ τὴν ὑπόθεση Riemann, τότε θὰ τὸ ἀνακοινώσω πρῶτα στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν καὶ μετὰ στὸ Cambridge. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο ἐκφράζω τὸν σεβασμὸ μου στὸ ἀνώτατο πνευματικὸ ἴδρυμα τῆς χώρας μας.

Πρὶν ἀπὸ 10 χρόνια πραγματοποιήθηκε στὸ σπίτι μας στὸ Cambridge μία συνέντευξη-διάλογος μὲ τὸν Φώτη Καφάτο, ἡ ὁποία δημοσιεύθηκε στὸ περιοδικὸ *Κ* τῆς *Καθημερινῆς* μὲ τίτλο «Ἡ ἀλήθεια τῶν μαθηματικῶν καὶ τὸ πεπρωμένο τοῦ γονιδιώματος». Τότε ἀποφασίσαμε μὲ τὸν Φώτη νὰ συγγράψουμε ἓνα βιβλίο, μία ἀπόφαση ποὺ δυστυχῶς δὲν θὰ ὑλοποιηθεῖ ποτέ. Αὐτὴ ἡ ἀνακοίνωση ἀφιερώνεται στὴ μνήμη τοῦ Φωτίου Καφάτου, τοῦ μεγάλου αὐτοῦ ἐπιστήμονα.

Δὲν ὑπάρχει ἀμφιβολία ὅτι ἡ ὑπόθεση Riemann ἀποτελεῖ τὸ πιὸ σημαντικὸ ἀνοικτὸ πρόβλημα στὴν ἱστορία τῶν μαθηματικῶν. Τὸ 1900, ὅταν ὁ David Hilbert ἀνακοίνωσε τὰ πιὸ σημαντικὰ ἀνοικτὰ τότε προβλήματα τῶν μαθηματικῶν, πολλὰ ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἔχουν ἤδη λυθεῖ, κάποιος δημοσιογράφος τοῦ ὑπέβαλε τὴν ἀκόλουθη ἐρώτηση: «Ὡς ἀποτέλεσμα τῶν ἐκπληκτικῶν ἐξελίξεων στὴν ἱατρική, ἴσως καταστεῖ δυνατὸν νὰ ἐπανέρχεται μετὰ θάνατον ὁ ἄνθρωπος στὴ ζωὴ. Ἐὰν ἐσεῖς ἐπανέλθετε μετὰ ἀπὸ

100 χρόνια, ποιά θα είναι η πρώτη σας ερώτηση;» Ο Hilbert χωρίς κανέναν δισταγμό απήντησε: «Έχει λυθεί η υπόθεση Riemann;»

Η υπόθεση Riemann αφορά την Euler – Riemann ζήτα συνάρτηση. Για τους μη επαίοντες, μία μαθηματική συνάρτηση δεν είναι τίποτε άλλο παρὰ ένας κανόνας ο οποίος επιτρέπει τον υπολογισμό κάποιας μαθηματικής οντότητας. Στην περίπτωση της συναρτήσεως ζήτα, αυτός ο κανόνας λαμβάνει τη μορφή

$$\zeta(\sigma) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^{\sigma}}, \quad \sigma > 1.$$

Δεδομένου του σ , ο άνωτέρω κανόνας υπολογίζει τη συνάρτηση $\zeta(\sigma)$. Για παράδειγμα, αν $\sigma=2$, τότε

$$\zeta(2) = \frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \dots$$

Βεβαίως, δεν είναι καθόλου προφανές ότι το άθροισμα απείρων αριθμών είναι πεπερασμένο. Είναι όμως εύκολο να αποδειχθεί ότι αν το σ είναι μεγαλύτερο της μονάδας, τότε όντως ο $\zeta(\sigma)$ είναι ένας πεπερασμένος αριθμός.

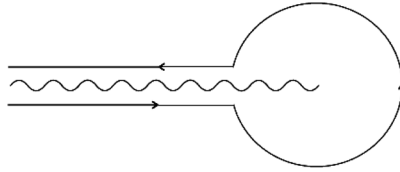
Είναι γνωστό ότι τα μαθηματικά αποτελούν την αποθέωση της έννοιας της γενικεύσεως. Η συνάρτηση ζήτα γενικεύεται ως ακολούθως: Πρώτον, είναι δυνατόν να αντικατασταθεί ο πραγματικός αριθμός σ από τον μιγαδικό αριθμό s :

$$\zeta(s) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^s}, \quad s = \sigma + it, \quad \sigma > 1,$$

όπου t είναι ένας πραγματικός αριθμός. Η δεύτερη γενίκευση είναι πιο δύσκολη και έπετεύχθη από τον ίδιο τον Riemann: αν χρησιμοποιηθεί η τεχνική της αναλυτικής συνέχειας, είναι δυνατόν να οριστεί η συνάρτηση ζήτα για όλα τα s ,

$$\zeta(s) = \frac{\Gamma(1-s)}{2i\pi} \int_H \frac{z^{s-1}}{e^{-z} - 1} dz, \quad s \in \mathbb{C},$$

όπου τώρα s είναι ένας οποιοσδήποτε μιγαδικός αριθμός, το Γ συμβολίζει τη συνάρτηση γάμα και το H συμβολίζει την καμπύλη του Hankel, ή οποία απεικονίζεται στην Εικόνα 1.

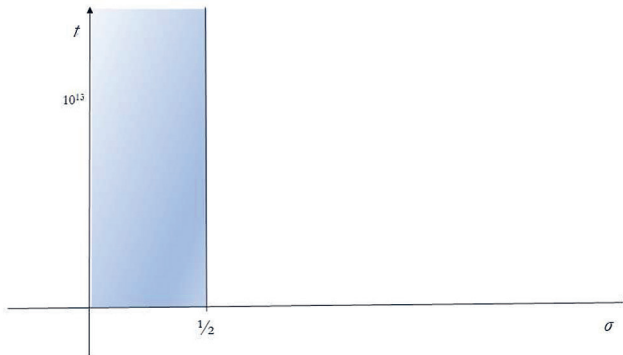


Εικόνα 1: Η καμπύλη Hankel.

Ανοίγοντας μιὰ παρένθεση, ἀναφέρω ὅτι ἡ ἀνωτέρω γενίκευση δεικνύει ὅτι τὸ πέρασμα ἀπὸ τοὺς πραγματικοὺς ἀριθμοὺς στὸ μιγαδικὸ ἐπίπεδο ἐπιτρέπει τὸν ὀρισμὸ τῆς συναρτήσεως ζῆτα γιὰ ὅλα τὰ s . Ἡ μέθοδος ποὺ ἔχω εἰσαγάγει γιὰ τὴ λύση διαφορετικῶν ἐξισώσεων (ἡ ἐπονομαζόμενη μέθοδος Φωκᾶ) ἀποτελεῖ ἓνα ἄλλο παράδειγμα τῆς ἐξαιρετικῆς χρησιμότητος τοῦ μιγαδικοῦ ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖο παρεμπιπτόντως ἀποτελεῖ τὴ μεγάλη ἀγάπη τῆς μαθηματικῆς ζωῆς μου.

Μετὰ τὸν ὀρισμὸ τῆς συναρτήσεως ζῆτα εἶναι εὐκόλο νὰ ὀρίσουμε τὴν ὑπόθεση Riemann. Ἀξίζει νὰ ἀναφερθεῖ ὅτι τόσο στὰ μαθηματικὰ ὅσο καὶ στὶς καλὲς τέχνες ὑπάρχει μιὰ ὑπέροχη σχέση ἀπλότητος καὶ πολυπλοκότητος.

Σὲ αὐτὸ τὸ πλαίσιο εἶναι εὐκόλο νὰ κατανοηθεῖ ἡ ἀπλότητα τῆς ὑπόθεσης Riemann: Ἡ συνάρτηση Riemann μηδενίζεται ἐντὸς τῆς λωρίδας $\{0 < \sigma \leq \frac{1}{2}, 0 < t < \infty\}$ μόνον γιὰ $\sigma = \frac{1}{2}$.



Εικόνα 2.

Ὁ μεγάλος μαθηματικὸς τοῦ Cambridge Hardy ἀπέδειξε ὅτι ὄντως ἡ ζῆτα συνάρτηση ἔχει ἄπειρα μηδενικὰ στὴν εὐθεία γραμμὴ $\sigma = \frac{1}{2}$. Κανεὶς ὅμως δὲν ἔχει ἀποδείξει ὅτι δὲν ὑπάρχουν μηδενικὰ γιὰ $0 < \sigma < \frac{1}{2}$.

Ποιά είναι ή χρησιμότητα τῆς ἀπόδειξης τῆς ἀνωτέρω ὑποθέσεως; Ἡ συνάρτηση ζῆτα διαδραματίζει σημαντικὸ ρόλο σὲ πολλές περιοχὲς τῶν μαθηματικῶν καὶ τῆς φυσικῆς καὶ ἐπίσης εἶναι καθοριστικῆς σημασίας στὴν ἀνάλυση τῶν πρώτων ἀριθμῶν. Ἐνδεικτικῶς ἀναφέρουμε τὶς ἀκόλουθες παραπομπές (Marcus du Sautoy, *Ἡ μουσικὴ τῶν πρώτων ἀριθμῶν*): «Ὁ Riemann ἀνακάλυψε μιὰ ἀπροσδόκητη ἀρμονία στοὺς πρώτους ἀριθμούς» καὶ «Ἡ ὑπόθεση Riemann προσφέρει τὴν ἐλπιδοφόρα προοπτικὴ νὰ χαρτογραφῇ τὰ θολὰ νερὰ τοῦ ἀπέραντου ὠκεανοῦ τῶν πρώτων ἀριθμῶν».

Ἐὰν ληφθεῖ ὑπ' ὄψιν ὁ καθοριστικὸς ρόλος τῶν πρώτων ἀριθμῶν ἀπὸ τὴν κρυπτογράφηση μέχρι τὴν ἀσφάλεια τῶν τραπεζικῶν συναλλαγῶν καὶ τοῦ ἠλεκτρονικοῦ ἐμπορίου, καθὼς ἐπίσης καὶ ἡ σημασία τῆς συναρτήσεως ζῆτα σὲ πληθῶρα κλάδων τῶν μαθηματικῶν ἀπὸ τὴ θεωρία τοῦ χάους καὶ τὴν πληροφορικὴ μέχρι τὴν κβαντομηχανικὴ, τότε γίνεται κατανοητὸ τὸ γεγονὸς ὅτι ἡ ὑπόθεση Riemann συνιστᾷ τὴν ὕψιστη πρόκληση γιὰ μεγάλους, σύγχρονους μαθηματικούς καὶ συχνὰ γίνεται ὄνειρο καὶ ἐπένδυση ὀλόκληρης ζωῆς. «Ἡ ὑπόθεση Riemann ἔγινε γιὰ πολλοὺς μαθηματικούς ἐμμονὴ ἢ ἀκόμη καὶ μονομανία» (John Derbyshire, *Ἡ ὑπόθεση Ρίμαν – Ἡ ἐμμονὴ μὲ τοὺς πρώτους ἀριθμούς*).

Μὲ τὴ χρῆση τῶν σημερινῶν ὑπολογιστῶν, εἶναι δυνατόν νὰ ἐπαληθευθεῖ ὅτι ἡ συνάρτηση ζῆτα πράγματι δὲν μηδενίζεται στὴ λωρίδα τῆς Εἰκόνας 2 γιὰ τιμὲς τοῦ t ποὺ φτάνουν περίπου μέχρι 10 εἰς τὴν 13η. Οἱ τιμὲς αὐτές, παρ' ὅ,τι εἶναι ἐξαιρετικὰ ὑψηλές, ἐντούτοις εἶναι πολὺ χαμηλές συγκρινόμενες μὲ τὸ ἄπειρο. Ὅπως εἶναι φυσικὸ, οἱ κλασικοὶ μαθηματικοὶ κατανόησαν ὅτι ἡ θεμελιώδης δυσκολία τῆς ὑπόθεσης Riemann ἔγκειται στὸν ὑπολογισμό τῆς συμπεριφορᾶς τῆς συναρτήσεως ζῆτα γιὰ πολὺ ὑψηλές τιμὲς τῆς παραμέτρου t . Ἰδιαίτερα ὁ Lindelöf πρότεινε ἕναν μαθηματικὸ τύπο γιὰ τὴν ἀνωτέρω συμπεριφορὰ ὁ ὁποῖος καθιερώθηκε ὡς ὑπόθεση τοῦ Lindelöf:

$$\zeta\left(\frac{1}{2} + it\right) = O(t^\varepsilon), \varepsilon > 0, t \rightarrow \infty.$$

Ἐδῶ πρέπει νὰ τονισθεῖ ὅτι ἡ ὑπόθεση Riemann συνεπάγεται τὴν ὑπόθεση Lindelöf, ἐνῶ ἡ ὑπόθεση Lindelöf περιορίζει δραματικὰ τὸν πιθανὸ ἀριθμὸ τῶν μηδενικῶν τῆς ζῆτα συναρτήσεως.

Τὸ 2010 δίδαξα στὸ Cambridge ἕνα μάθημα ποὺ συμπεριελάμβανε μιὰ σύντομη ἀναφορὰ στὴν ὑπόθεση Riemann. Ἐκεῖνη τὴν περίοδο ἤμουν πλήρως ἀφοσιωμένος στὴ μέθοδό μου (μέθοδος Φωκᾶ). Ἐτσι, προέκυψε ἡ

ιδέα να συνδέσω τη μέθοδό μου με την υπόθεση Riemann. Πράγματι, υφίσταται μια τέτοιου είδους σύνδεση και το σχετικό αποτέλεσμα δημοσιεύτηκε στο επιστημονικό περιοδικό των πεπραγμένων της Βασιλικής Ακαδημίας (A. S. FOKAS – M. L. GLASSER, *The Laplace equation in the exterior of the Hankel contour and novel identities for hypergeometric functions*, 2013). Έντούτοις, δεν κατέστη δυνατόν να χρησιμοποιηθεί αυτή η σχέση ώστε να σημειωθεί πρόοδος ως προς την υπόθεση Riemann. Με αυτόν τον τρόπο άρχισα να ασχολούμαι με τη συνάρτηση ζήτα. Επίσης, είναι ξεκάθαρο ότι η υπόθεση Lindelöf σχετίζεται με την επιστημονική περιοχή της άσυμπτωτικής ανάλυσης, ή οποία επί χρόνια αποτελεί βασικό πεδίο εξειδίκευσής μου. Ός εκ τούτου, έθεσα ως μαθηματικό μου στόχο την απόδειξη της υπόθεσης Lindelöf. Σχεδόν όλοι οι μαθηματικοί θεωρούν την υπόθεση Lindelöf ως ένα κατεξοχήν πρόβλημα των θεωρητικών μαθηματικών (παρ' ό,τι η άσυμπτωτική ανάλυση αποτελεί τμήμα των εφαρμοσμένων μαθηματικών). Έτσι, κράτησα τον φιλόδοξο στόχο μου κρυφό.

Ποιά είναι η δυσκολία της υπόθεσης Lindelöf; Εάν χρησιμοποιήσουμε τις καθιερωμένες άσυμπτωτικές τεχνικές της μιγαδικής ανάλυσης, τότε μπορούμε να βρούμε έναν τύπο για τον πρωτεύοντα όρο στο ανάπτυγμα που προκύπτει από την ανάλυση της συμπεριφοράς της συναρτήσεως ζήτα για μεγάλα t :

$$\zeta(s) \sim \sum_{m=1}^{\left[\frac{t}{2\pi}\right]} \frac{1}{m^s}, \quad t \rightarrow \infty.$$

Το ανωτέρω άθροισμα είναι όμως υπερβατικό. Πολλοί καταξιωμένοι μαθηματικοί, συμπεριλαμβανομένου και του Hardy, έχουν αναπτύξει εξειδικευμένες τεχνικές για να προσεγγίσουν αυτό το άθροισμα. Όμως στίς προσεγγίσεις αυτές προκύπτουν ανισότητες και όχι ισότητες και, επομένως, οι προσεγγίσεις είναι πάντοτε λειψές (όσο πιο ισχυρή ή τεχνική, τόσο μικρότερο το σφάλμα). Κατά συνέπεια, είναι αδύνατον να αποδείξει κανείς την υπόθεση Lindelöf μέσω αυτής της διαδικασίας, ή οποία είναι τεχνικώς σύνθετη, αλλά λογικώς προφανής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όλοι οι ανωτέρας τάξεως όροι στο ανάπτυγμα που περιγράφει τη συμπεριφορά της συναρτήσεως ζήτα για μεγάλα t είναι δυνατόν να υπολογισθούν άκριβως. Αυτό το καταφέραμε με τον πρώην μεταδιδακτορικό μου συνεργάτη Jonatan Lenells σε μια έργασία έκτασης 120

σελίδων (A. S. FOKAS – J. LENELLS, On the Asymptotics to all Orders of the Riemann Zeta Function and of a Two-Parameter Generalization of the Riemann Zeta Function, ὑπὸ ἔκδοσιν στὸ: *Memoirs of the AMS*, 2017). Γιὰ παράδειγμα:

$$\begin{aligned} \zeta(s) &= \sum_{n=1}^{\left[\frac{\eta}{2\pi}\right]} n^{-s} - \frac{1}{1-s} \left(\frac{\eta}{2\pi}\right)^{1-s} + \frac{2i\eta^{-s}}{(2\pi)^{1-s}} \left\{ -i \arg(1 - e^{-i\eta}) \right. \\ &+ \left. \frac{t-i\sigma}{\eta} \Re Li_2(e^{i\eta}) \right\} + O\left(\frac{t^2}{\eta^{2+\sigma}}\right), \quad 2t < \eta < \infty, \quad 0 \leq \sigma \leq 1, \quad t \rightarrow \infty \\ \zeta(s) &= \sum_{n=1}^{\left[\frac{t}{2\pi}\right]} n^{-s} - \frac{1}{1-s} \left(\frac{t}{2\pi}\right)^{1-s} - \frac{2it^{-s}e^{it}}{(2\pi)^{1-s}} \left\{ -\frac{e^{-it}}{2t} [t+i(\sigma-1)] - i\Im Li_1(e^{it}) \right. \\ &+ \left. \frac{i\sigma}{t} \Re Li_2(e^{it}) - \frac{1}{t} \Im Li_3(e^{it}) \right\} + \frac{t^{-s}e^{it}}{(2\pi)^{1-s}} \left\{ \frac{1+i}{2} \sqrt{\pi} t - \frac{1}{3} i(3\sigma-2) \right. \\ &+ \left. \frac{i-1}{24\sqrt{t}} \sqrt{\pi}(6\sigma^2-6\sigma+1) + \frac{1}{135t}(45\sigma^3-45\sigma^2+4) \right. \\ &- \left. \frac{1+i}{576t^{\frac{2}{3}}} \sqrt{\pi}(36\sigma^4-24\sigma^3-24\sigma^2+12\sigma+1) \right\} + O(t^{-\sigma-2}), \quad 0 \leq \sigma \leq 1, \quad t \rightarrow \infty \end{aligned}$$

Σχετικά μὲ τὴν ὑπόθεση Lindelöf, ἄς θυμηθοῦμε τὰ λόγια τοῦ Bombieri (*Prime Territory*, 1992): «Ὅταν τὰ πράγματα δυσκολεύουν δραματικά, ἐνίοτε ὀφείλουμε νὰ ἀποστασιοποιηθοῦμε ἀπὸ τὸ πρόβλημα ποὺ μᾶς βασανίζει καὶ νὰ ἀναρωτηθοῦμε ἐὰν ἔχουμε θέσει τὴ σωστὴ ἐρώτηση». Πράγματι, ἡ δική μου ἰδέα ἦταν ἐντελῶς διαφορετικὴ: Προσπάθησα νὰ ἐνσωματώσω τὴ συνάρτηση ζῆτα σὲ μιὰ πιὸ σύνθετη μαθηματικὴ δομὴ καὶ νὰ ἀναλύσω ἀσυμπτωτικά τὴ νέα αὐτὴ δομὴ (παρακάμπτοντας μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο τὸ ἀναπόφευκτο σφάλμα τῶν προσεγγίσεων). Μετὰ ἀπὸ πολλὰς ἀνεπιτυχεῖς προσπάθειες καὶ μὲ τὴν κρίσιμη συμβολὴ τοῦ Jonathan Lenells καὶ τοῦ πρώην διδακτορικοῦ μου μαθητῆ Anthony Ashton, κατέστη τελικὰ δυνατὸν νὰ ἐνσωματωθεῖ ἡ συνάρτηση ζῆτα σὲ ἓνα πρόβλημα Riemann – Hilbert:

$$\frac{t}{\pi} \oint_{-\infty}^{\infty} \Re \left\{ \frac{\Gamma(it - i\tau t)}{\Gamma(\sigma + it)} \Gamma(\sigma + i\tau t) \right\} |\zeta(\sigma + i\tau t)|^2 d\tau + \mathcal{G}(\sigma, t) = 0,$$

$$0 < \sigma < 1, \quad t > 0,$$

$$\mathcal{G}(\sigma, t) = \begin{cases} \zeta(2\sigma) + \left(\frac{\Gamma(1-\bar{s})}{\Gamma(s)} + \frac{\Gamma(1-s)}{\Gamma(\bar{s})} \right) \Gamma(2\sigma-1) \zeta(2\sigma-1) + \frac{2(\sigma-1)\zeta(2\sigma-1)}{(\sigma-1)^2+t^2}, & \sigma \neq \frac{1}{2} \\ \Re\{\Psi(\frac{1}{2}+it)\} + 2\gamma - \ln 2\pi + \frac{2}{1+4t^2}, & \sigma = \frac{1}{2} \end{cases}$$

$$\Psi(z) = \frac{\frac{d}{dz}\Gamma(z)}{\Gamma(z)}, \quad z \in \mathbb{C}.$$

Ἐπισημαίνω ὅτι σὲ πολὺ μεγάλο κομμάτι τῆς μαθηματικῆς μου ζωῆς ἐπωφελήθηκα ἀπὸ τὶς μεγάλες ἀνακαλύψεις τοῦ Riemann: (i) Σημαντικὲς συνεισφορὲς μου στὰ μαθηματικὰ στηρίχθηκαν στὸν φορμαλισμὸ Riemann – Hilbert. (ii) Τὰ τελευταῖα ὀκτὼ χρόνια ἀσχολοῦμαι μὲ τὴ συνάρτηση τοῦ Riemann. (iii) Ἐπίσης, προσφάτως, σὲ συνεργασία μὲ τὸν Luc Blanchet, τὸν πιὸ σημαντικὸ ἐρευνητὴ στὴν περιοχὴ τοῦ λεγόμενου προβλήματος τῶν δύο σωμάτων τῆς θεωρίας τῆς γενικῆς σχετικότητας, ὁρμώμενοι ἀπὸ τὶς πρωτοποριακὲς ιδέες τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Βαγενᾶ, λύσαμε ἓνα σημαντικὸ πρόβλημα τῆς γενικῆς σχετικότητας (καὶ βεβαίως ἡ γενικὴ σχετικότητα δὲν θὰ ὑπῆρχε χωρὶς τὴ γεωμετρία τοῦ Riemann).

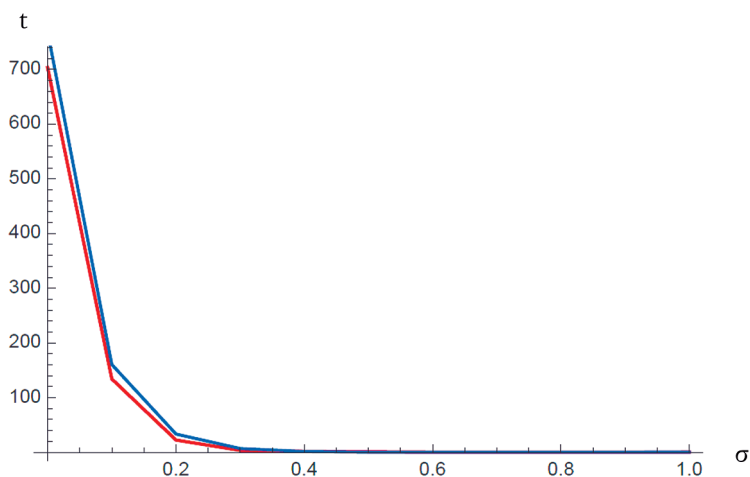
Ἡ ἀνάλυση τῆς ἀνωτέρω ἐξισώσεως καταρχὰς ὀδηγεῖ στὴν ἀπόδειξη Lindelöf γιὰ τὴν ἀκόλουθη συνάρτηση, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ μικρὴ παραλλαγὴ τῆς συναρτήσεως ζῆτα:

$$\sum_{m_1, m_2 \in N} \frac{1}{m_1^{s-it\delta_3}} \frac{1}{m_2^{\bar{s}+it\delta_3}} \frac{1}{\ln \left[\frac{m_2}{m_1} (t^{1-\delta_3} - 1) \right]} = \begin{cases} O(t^{\delta_3} \ln t), & \sigma = \frac{1}{2}, \\ O(t^{\frac{\delta_3}{2}}), & \frac{1}{2} < \sigma < 1, \end{cases}$$

$t \rightarrow \infty,$

$$N = \left\{ m_1 \in \mathbb{N}^+, \quad m_2 \in \mathbb{N}^+, \quad 1 \leq m_1 \leq [T], \quad 1 \leq m_2 < [T], \right. \\ \left. \frac{m_2}{m_1} > \frac{1}{t^{1-\delta_3} - 1} \left(1 + c(t) \right), \quad t^{-\frac{\delta_3}{2}} < c(t) < 1, \quad t > 0, \quad T = \frac{t}{2\pi} \right\}.$$

Ἡ ἀνωτέρω συνάρτηση εἶναι ὥντως κοντὰ στὴ συνάρτηση ζῆτα:



Εικόνα 3: Μπλέ: $\ln(t)$ επί τὸ τετράγωνο τῆς ἀπολύτου τιμῆς τῆς νέας συναρτήσεως, κόκκινο: τὸ τετράγωνο τῆς ἀπολύτου τιμῆς τῆς συναρτήσεως ζῆτα.

Χρησιμοποιώντας αὐτὸ τὸ ἀποτέλεσμα κατέστη τελικὰ δυνατόν προσφάτως νὰ ἀποδειχθεῖ ἡ ὑπόθεση Lindelöf γιὰ τὴ συνάρτηση ζῆτα τοῦ Riemann καθεαυτὴν (A. S. FOKAS, *A formal proof of Lindelöf's hypothesis*, preprint, 2017).

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 5ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2017

ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ
κ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΣΥΝΟΛΑΚΗ

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ
κ. ΛΟΥΚΑ ΠΑΠΑΔΗΜΟ

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ὑποδέχεται σήμερα μὲ ἰδιαίτερη τιμὴ τὸν κ. Κωνσταντῖνο Συνολάκη, καθηγητὴ (φυσικῶν καταστροφῶν) στὸ Πολυτεχνεῖο Κρήτης, τὸν ὁποῖο ἡ Ὀλομέλεια ἐξελέξε κατὰ τὸ ἔτος 2016 ὡς τακτικὸ μέλος τῆς στὸν κλάδο τῶν Γεωλογικῶν Ἐπιστημῶν στὴν Τάξη τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

Ὁ κ. Κωνσταντῖνος Συνολάκης γεννήθηκε στὴν Ἀθήνα τὸ 1956. Σπούδασε πολιτικὸς μηχανικὸς στὸ California Institute of Technology (Ἰνστιτοῦτο Τεχνολογίας τῆς Καλιφόρνιας), ἀπὸ ὅπου ἔλαβε καὶ τὸ διδακτορικὸ τοῦ δίπλωμα τὸ 1986. Ἐξελέγη καθηγητῆς στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Νότιας Καλιφόρνιας τὸ 1997 καὶ καθηγητῆς στὸ Πολυτεχνεῖο Κρήτης τὸ 2004, στὴν πρώτη πανεπιστημιακὴ ἔδρα πανελλαδικὰ μὲ ἀντικείμενο τὶς φυσικὲς καταστροφές.

Τὸ ἐπιστημονικὸ ἔργο τοῦ καθηγητῆ Συνολάκη περιλαμβάνει ἔρευνες στὴ σεισμολογία καὶ τὴν ὡκεανογραφία. Εἰδικότερα, οἱ ἔρευνές του ἀφοροῦν τὶς ἐπιπτώσεις σεισμῶν, παλιρροϊκῶν κυμάτων (τῶν ὀνομαζόμενων τσουνάμι) καὶ ἀκραίων θαλασσίων πλημμυρῶν.

Ἡ συμβολή του στὴ μείωση τῶν κινδύνων ἀπὸ τσουνάμι συνδυάζει θεωρία, ἐργαστηριακὰ πειράματα, ὑπολογιστικὰ πρότυπα καὶ ἔρευνες πεδίου. Τὸ ὑπολογιστικὸ πρότυπο προσομοίωσης MOST, ποὺ ἀνέπτυξε μὲ τοὺς φοιτητές του στὴν Ἀμερικὴ καὶ στὸ Πολυτεχνεῖο Κρήτης, χρησιμο-

ποιεῖται ἐπιχειρησιακὰ ἀπὸ τὴν Ἑθνικὴ Ὑπηρεσία Ὤκεανῶν καὶ Ἀτμόσφαιρας τῶν Ἡνωμένων Πολιτειῶν τῆς Ἀμερικῆς (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA) γιὰ τὴν ἔγκαιρη πρόγνωση τῆς διάδοσης τῶν παλιρροϊκῶν κυμάτων στὸν Εἰρηνικό, τὸν Ἰνδικὸ καὶ τὸν Ἀτλαντικὸ Ὤκεανὸ καὶ τὴν Καραϊβική.

Ὁ καθηγητὴς Συνολάκης ἔχει ὀργανώσει ἢ συμμετάσχει σὲ 31 ἀποστολὲς πεδίου, γιὰ τὴ μελέτη τῶν ἐπιπτώσεων σεισμῶν καὶ τσουνάμι σὲ 20 χῶρες, σὲ ὅλες τὶς θάλασσες καὶ τοὺς ὠκεανοὺς τοῦ πλανήτη μας. Ἡ ἔρευνά του ἐμπεριέχει, μεταξὺ ἄλλων, τὴν ἀνάλυση τῶν ἐπιπτώσεων τῆς προϊστορικῆς ἔκρηξης τοῦ ἡφαιστείου τῆς Σαντορίνης στὸν μινωικὸ πολιτισμό.

Τὸ συγγραφικὸ ἔργο τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ περιλαμβάνει περισσότερες ἀπὸ 110 ἐργασίες ποὺ ἔχουν δημοσιευθεῖ σὲ ἔγκριτα ἐπιστημονικὰ περιοδικὰ μεγάλης ἐπιρροῆς, τὴν ἐπιμέλεια ἔκδοσης ἑξὶ βιβλίων, καθὼς καὶ πάνω ἀπὸ 50 δημοσιεύσεις σὲ πρακτικὰ συνεδρίων καὶ κεφάλαια βιβλίων μὲ διαδικασίες κρίσης. (Ἐχει ἐκφωνήσει δεκάδες ὁμιλίες σὲ συνέδρια καὶ σὲ ἐπιστημονικὰ ιδρύματα σὲ ὅλο τὸν κόσμο καὶ ἔχει ἐπιβλέψει πολλὰ διδακτορικὰ διατριβές.)

Τέλος, θὰ ἤθελα νὰ ἐπισημάνω ὅτι, γιὰ τὴ σπουδαιότητα καὶ τὴν ποικιλία τῶν ἐπιτευγμάτων του, ὁ κ. Κωνσταντῖνος Συνολάκης ἔχει τιμηθεῖ μὲ τὶς σημαντικότερες διεθνεῖς διακρίσεις στὸ ἐπιστημονικὸ πεδίο του. Ἐνδεικτικὰ ἀναφέρω ὅτι τοῦ ἔχει ἀπονεμηθεῖ τὸ βραβεῖο Moffatt – Nichol (γιὰ τὴν Ἀκτομηχανική) τῆς Ἀμερικανικῆς Ἑταιρείας Πολιτικῶν Μηχανικῶν (τὸ 2015) καὶ τὸ βραβεῖο Soloviev γιὰ φυσικὲς καταστροφὲς ἀπὸ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Ἑταιρεία Γεωεπιστημῶν (τὸ 2014). Ἐπίσης, τὸ 1988 ἐπελέγη ἀπὸ τὸν Λευκὸ Οἶκο ὡς ἓνας ἀπὸ τοὺς 100 καλύτερους νέους ἐπιστήμονες ὅλων τῶν εἰδικότητων στὶς ΗΠΑ.

Κύριε συνάδελφε, ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν εἶναι εὐτυχὴς ποὺ σᾶς καλωσορίζει ὡς τακτικὸ μέλος της καὶ σᾶς ἀπευθύνει θερμὲς εὐχὲς γιὰ τὴν ἐπιτυχὴ συνέχιση τοῦ ἐπιστημονικοῦ σας ἔργου.

Σᾶς καλῶ γιὰ νὰ σᾶς ἐπιδώσω τὸ διάσημο τοῦ τακτικοῦ μέλους τοῦ Ἰδρύματος.

Καὶ τώρα παρακαλῶ τὸν ἀκαδημαϊκὸ κ. Χρῆστο Ζερεφὸ νὰ παρουσιάσει ἀναλυτικὰ τὸ ἔργο τοῦ νέου ἀκαδημαϊκοῦ.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ
κ. ΧΡΗΣΤΟ Σ. ΖΕΡΕΦΟ

Τὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ἐλάμπρυναν στὶς Γεωλογικὲς καὶ Γεωφυσικὲς Ἐπιστῆμες πλειάδα σημαντικῶν ἐπιστημόνων ὡς τακτικὰ καὶ πρόσεδρα μέλη καθὼς καὶ ὡς ξένοι ἐταῖροι, ὅπως φαίνεται στὴν Εἰκόνα 1. Ὅπως εἶναι γνωστό, στὴν ἐλληνικὴ μυθολογία τὰ γεωλογικὰ φαινόμενα ἐρμηνεύοντο πάντοτε ὡς διαμάχες μεταξὺ θεοτήτων. Εἰς τὴν περὶ λίθων ὁμιλία του ὁ ἀείμνηστος ἀκαδημαϊκὸς Ἀθανάσιος Πανάγος περιγράφει τὴ μυθολογικὴ ἀποψη ἐρμηνείας τῆς ἡφαιστειακῆς δραστηριότητος στὴ Σικελία μὲ τὸν μύθο τῆς Γαίας καὶ τοῦ γίγαντα Τυφωέα, τὸν ὁποῖο ὁ Ζεὺς νικά καὶ τὸν καταπλακώνει μὲ τὴν Αἴτνα. Ἀπὸ τοὺς ὁμηρικοὺς χρόνους, ὁ Ποσειδῶνας

Τακτικὰ μέλη

- Κτενᾶς Κωνσταντῖνος (1884-1935), Ὁρυκτολογία, 1926
- Νέγρης Φωκίων (1846-1928), Γεωλογία, 1926
- Τρικκαλινὸς Ἰωάννης (1888-1980), Φυσικοῖστορικὲς Ἐπιστῆμες, 1947
- Μητσόπουλος Μάξιμος (1897-1968), Φυσικοῖστορικὲς Ἐπιστῆμες, 1955
- Μούσουλος Λουκᾶς (1910-1993), Γεωλογικὲς-Μεταλλειολογικὲς Ἐπιστῆμες, 1977
- Γαλανόπουλος Ἀγγελος (1910-2001), Φυσικοῖστορικὲς Ἐπιστῆμες- Γεωφυσική, 1983
- Πανάγος Ἀθανάσιος (1926-1999), Φυσικοῖστορικὲς Ἐπιστῆμες-Ὁρυκτολογία-Πετρογραφία, 1995
- Ἀμβράζης Νικόλαος (1929-2012), Γεωλογικὲς Ἐπιστῆμες, 2003

Πρόσεδρα μέλη

- Γεωργαλᾶς Γεώργιος (1887-1980), Ὁρυκτολογία-Πετρογραφία, 1939

Ξένοι ἐταῖροι

- Kühn Othmar (1892-1975), Γεωλογία, Βιέννη, 1964
- Lacroix Alfred (1863-1948), Ὁρυκτολογία-Πετρογραφία, Παρίσι, 1933
- Philippson Alfred (1864-1953), Φυσικὴ Γεωγραφία, Βόννη, 1933
- Stille Hans (1876-1966), Γεωλογία, Βερολίνο, 1964

Εἰκόνα 1: Διατελέσαντα τακτικὰ, πρόσεδρα μέλη καὶ ξένοι ἐταῖροι στὶς γεωλογικὲς-γεωφυσικὲς ἐπιστῆμες.

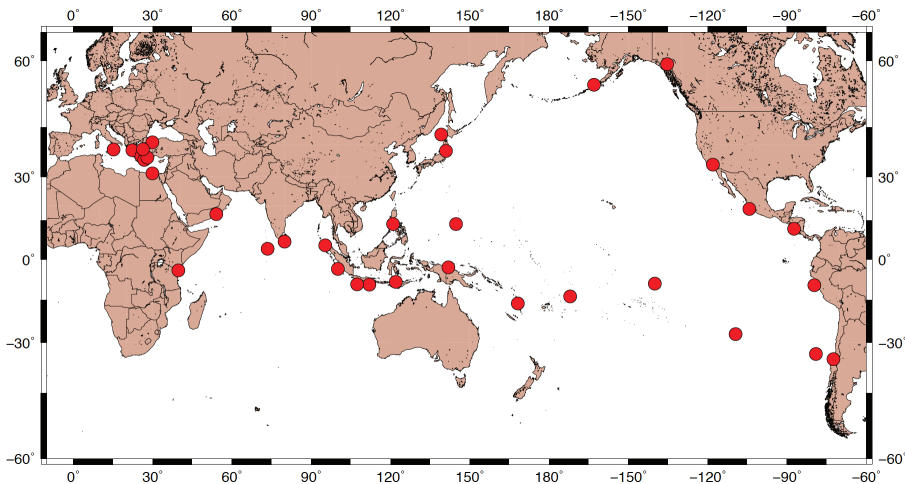
ἀναφέρεται καὶ ὡς Σεισίχθων καὶ Ἐννοσίγαιος (γαιοσειστής), στὸν ὁποῖο ἀπέδιδαν καὶ τὸ φαινόμενο τῶν σεισμῶν. Στὸν Ποσειδῶνα ἐπίσης ἀπέδιδαν καὶ φαινόμενα καταποντισμῶν καὶ κατακλυσμῶν, ἀκόμα καὶ τὰ παλιρροϊκὰ κύματα ποὺ ὑπάρχουν στὰ ὁμηρικὰ ἔπη, ὅπως π.χ. ἡ πλημμυρίδα τοῦ Σκάμανδρου ποταμοῦ, ὁ ὁποῖος καταδίωξε τὸν Ἀχιλλέα.

Ὁ ἀείμνηστος Σπύρος Μαρινάτος ἀνέπτυξε σὲ σχετικὴ ὁμιλία του στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν τὶς καταστροφικὲς συνέπειες τῆς ἐκρήξεως τοῦ ἡφαιστείου τῆς Σαντορίνης τοῦ 1450 π.Χ. εἰς τὸν μινωικὸ πολιτισμό. Ἡ καταστροφή δὲν ἔγινε μόνον ἀπὸ τὴ μεταφορὰ πρὸς τὴν Κρήτη δολοφονικῶν ἀερίων καὶ τέφρας, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὴ συνέργεια τοῦ παλιρροϊκοῦ κύματος ποὺ ἀκολούθησε τὴν ἐκρήξη. Ὁ Μαρινάτος παραλλήλῃσις τὶς καταστροφὲς αὐτὲς μὲ ἐκείνες ποὺ συνέβησαν μετὰ τὶς ἐκρήξεις τοῦ Κρακατάο καὶ τοῦ Βεζουβίου – θὰ πρόσθετα ἐδῶ καὶ τοῦ ἡφαιστείου Ταμπόρα τὸ 1815. Ὁ ἀείμνηστος Ἀγγελος Γαλανόπουλος ἀπέδωσε μὲ ἐπιχειρήματα, ἐπίσης στὴν ἐκρήξη τοῦ ἡφαιστείου τῆς Θήρας, καὶ τὶς δέκα πληγὲς τοῦ Φαραῶ. Ὁ ἀείμνηστος Ἰωάννης Ξανθάκης ἔδωσε μαθηματικὴ ἔκφραση στὴν ἀλληλουχία τῶν μεγάλου μεγέθους σεισμῶν καὶ προέβη σὲ μαθηματικὲς προβλέψεις. Ὁ ἀείμνηστος Νικόλαος Ἀμβράζης περιέγραψε τὴν καταστροφή τοῦ μεγαλυτέρου λιμένος τῆς ἀρχαιότητος, δηλαδὴ τῆς Ἀλεξάνδρειας, ἀπὸ παλιρροϊκὸ κύμα τὸ 365 μ.Χ., τὸ ὁποῖο καὶ προσομοίωσε μὲ τὸ μαθηματικὸ του μοντέλο.

Ἡ ἀπώλεια τοῦ ἀειμνήστου Ἀμβράζη τὸ 2012 ἀναπληρώνεται σήμερα μὲ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ Κωνσταντίνου Συνολάκη ὡς τακτικοῦ μέλους τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν στὸν τομέα τῶν Γεωλογικῶν Ἐπιστημῶν τῆς Τάξεως τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν τῆς Ἀκαδημίας.

Τὸ ἐπιστημονικὸ πεδίο τοῦ νέου συναδέλφου κ. Κωνσταντίνου Συνολάκη περιλαμβάνει ἔρευνες στὴ σεισμολογία, στὴν ὠκεανογραφία καὶ ἰδιαίτερα στὴ σχέση σεισμῶν καὶ παλιρροϊκῶν κυμάτων σχεδὸν σὲ ὅλους τοὺς ὠκεανούς καὶ σὲ πολλὰς θάλασσες τοῦ πλανήτη. Ἀπὸ τὸ 1992 μέχρι σήμερα ἔχει ὀργανώσει διεθνεῖς μετρήσεις πεδίου σὲ 31 περιοχὲς τῆς γῆς ἀπὸ τὴ Χιλή μέχρι τὴν Εὐρώπη καὶ ἀπὸ τὴν Εὐρώπη μέχρι τὴν ἀνατολικὴ Ἀσία, ὅπως φαίνεται στὴν Εἰκόνα 2.

Ὁ Κωνσταντῖνος Συνολάκης πραγματοποίησε τὶς προπτυχιακὲς καὶ μεταπτυχιακὲς σπουδὲς του στὸ Τεχνολογικὸ Ἰνστιτοῦτο τῆς Καλιφόρνιας (Caltech). Τὴν περίοδο τῶν σπουδῶν του στὸ Caltech ἐδίδασκε μαθήματα Σεισμολογίας καὶ Γεωφυσικῆς ὁ ἀείμνηστος Charles Richter, μαζί μὲ



Εικόνα 2: Διεθνείς αποστολές διασκόπησης του καθηγητή Κ. Συνολάκη.

πλειάδα διασώσεων γεωφυσικών και μηχανικών επίγειας διασκόπησης. Το 1997 ο κ. Συνολάκης εξέλεξε καθηγητής της Άκτομηχανικής στο Πανεπιστήμιο της Νότιας Καλιφόρνιας (USC) και το 2004 καθηγητής Φυσικών Καταστροφών και Περιβαλλοντικής Ρευστομηχανικής στη Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Ο κ. Συνολάκης ανέπτυξε το υπολογιστικό μοντέλο προσομοίωσης MOST, το οποίο χρησιμοποιείται επιχειρησιακά από την Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας των ΗΠΑ (NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration) για την έγκαιρη πρόγνωση της διάδοσης των παλιρροϊκών κυμάτων στον Ειρηνικό, Ινδικό και Ατλαντικό Ωκεανό καθώς και στην Καραϊβική. Είναι ο πρώτος που εξήγησε τις διαφορές μεταξύ μακρών κυμάτων που προξενούνται από κατολισθήσεις και από σειμούς. Είναι εκείνος που έχει μαζί με την ομάδα του σχεδιάσει και αναπτύξει τους επίσημους χάρτες αντιπλημμυρικής προστασίας της Πολιτείας της Καλιφόρνιας από παλιρροϊκά κύματα. Τα αποτελέσματα των έρευνών του κ. Συνολάκη έχουν παρουσιαστεί σε 25 επιστημονικές και εκπαιδευτικές ταινίες μεγάλης θέασης διεθνώς, στις οποίες συμπεριλαμβάνεται και η έρευνά του για την καταστροφή της μινωικής Κρήτης από παλιρροϊκό κύμα, στην οποία εφάρμοσε με επιτυχία το υπολογιστικό του μοντέλο.

Ο κ. Συνολάκης έχει δημοσιεύσει περισσότερες από 120 εργασίες σε έγκριτα επιστημονικά περιοδικά μεγάλης επιρροής (μεταξύ αυτών στο

Science, στο *Nature* και στα *Philosophical Transactions* της Royal Society), έχει δώσει δεκάδες διαλέξεις και παρουσιάσεις σε επιστημονικά ιδρύματα κύρους σε όλο τον κόσμο και έχει επιβλέψει 11 διδακτορικές διατριβές. Έχει βραβευθεί με το βραβείο Moffatt – Nichol για Άκτομηχανική της Αμερικανικής Έταιρείας Πολιτικών Μηχανικών (2015), από την Εύρωπαϊκή Έταιρεία Γεωεπιστημών (European Geosciences Union) με το βραβείο Soloviev για φυσικές καταστροφές (2014), με το πολιτειακό βραβείο για τη συμβολή του στην πολιτική προστασία της Καλιφόρνιας (2001) και από τον Λευκό Οίκο ως ένας από τους 100 καλύτερους νέους επιστήμονες όλων των ειδικοτήτων στις ΗΠΑ (1988).

Ο κ. Συνολάκης έχει συντονίσει σημαντικό αριθμό ανταγωνιστικών έρευνητικών προγραμμάτων στον τομέα του. Ο γενικός δείκτης επιρροής του είναι υψηλός, κυμαινόμενος από 42 μέχρι 55 ανάλογα με τη βάση δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί, και έχει αρκετές χιλιάδες έτεροαναφορών στο έργο του. Χαρακτηριστικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι το άρθρο του στα *Philosophical Transactions* της Royal Society που περιέχει επισκόπηση των γεωφυσικών φαινομένων πριν και κατά τη διάρκεια του πυρηνικού ατυχήματος στη Fukushima συγκαταλέγεται μεταξύ των 10 πιο αναγνωσμένων άρθρων του έγκριτου αυτού περιοδικού υψηλής επιρροής. Οι πρόσφατες εργασίες του κ. Συνολάκη επικεντρώνονται στις συνέπειες από τη διάβρωση των άκτων στην Ελλάδα λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και άλλων ανθρωπογενών παραγόντων. Θα πρέπει να τονισθεί ότι ο κ. Συνολάκης ίδρυσε το πρώτο Tsunami Research Center στις ΗΠΑ το 1995 στο Πανεπιστήμιο της Νότιας Καλιφόρνιας. Από την ήμερομηνία δημιουργίας του Κέντρου Παλιρροϊκών Κυμάτων στην Καλιφόρνια μέχρι σήμερα, η επισκεψιμότητα της ιστοσελίδας του έχει ξεπεράσει τα 35 εκατομμύρια επισκεπτών.

Από το 1986 μέχρι σήμερα έχει διαχειρισθεί δεκάδες ανταγωνιστικά επιστημονικά έργα συνολικού ύψους που πλησιάζει τα 7 εκατομμύρια δολάρια. Έχει δώσει προσκεκλημένες ομιλίες σε δεκάδες ερευνητικά-εκπαιδευτικά ιδρύματα ανά τον κόσμο και έχει συμμετάσχει σε 31 διεθνείς επιστημονικές επιτροπές, καθώς και στην έκδοση έξι βιβλίων γενικής αναφοράς σε έκδοτικούς οίκους υψηλής επιρροής.

ΜΕΓΑΛΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΑ ΚΥΜΑΤΑ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ
κ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΣΥΝΟΛΑΚΗ

Ὁ καθηγητὴς κ. Συνολάκης δὲν παρέδωσε τὸ κείμενο τοῦ εἰσιτηρίου λόγου του.

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 12ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2017

ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ
κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΔΑΣΙΟΥ

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ
κ. ΛΟΥΚΑ ΠΑΠΑΔΗΜΟ

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ὑποδέχεται σήμερα μὲ ἰδιαίτερη τιμὴ τὸν κ. Γεώργιο Δάσιο, ὁμότιμο καθηγητὴ Μαθηματικῶν στὸ Πανεπιστήμιο Πατρῶν, τὸν ὁποῖο ἡ Ὀλομέλεια ἐξέλεξε κατὰ τὸ τρέχον ἔτος ὡς ἀντεπistέλλον μέλος της στὸν κλάδο τῶν Μαθηματικῶν, στὴν ἔδρα «Ἐφαρμοσμένη Ἀνάλυση», στὴν Τάξη τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

Ὁ κ. Γεώργιος Δάσιος γεννήθηκε στὴν Πάτρα τὸ 1946. Σπούδασε Μαθηματικὰ στὸ Ἐθνικὸ καὶ Καποδιστριακὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν καὶ ἔλαβε τὸ πτυχίον του τὸ 1970. Συνέχισε τὶς σπουδές του στὸ Πανεπιστήμιο τοῦ Illinois στὸ Chicago τῶν Ἡνωμένων Πολιτειῶν τῆς Ἀμερικῆς, ὅπου ἀπέκτησε δίπλωμα Master of Science στὰ μαθηματικὰ τὸ 1972 καὶ ἀναγορεύτηκε διδάκτωρ (Doctor of Philosophy) ἐφαρμοσμένων μαθηματικῶν τὸ 1975.

Ὁ κ. Δάσιος ἔχει διδάξει στὸ Ἐθνικὸ Μετσόβιον Πολυτεχνεῖο καὶ στὸ Πανεπιστήμιο Πατρῶν, ὅπου ἐξελέγη καθηγητῆς τὸ 1981. Ἔχει διατελέσει ἐπισκέπτης καθηγητῆς σὲ πανεπιστήμια τῶν Ἡνωμένων Πολιτειῶν καί, τὴν τριετία 2005-2008, κατεῖχε τὴν ἔδρα ἀριστείας Marie Curie στὸ Τμῆμα Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν καὶ Θεωρητικῆς Φυσικῆς στὸ Πανεπιστήμιο Cambridge. Ἐπίσης, ἔχει δώσει διαλέξεις σὲ πάρα πολλὰ πανεπιστήμια σὲ ὅλον τὸν κόσμον.

Ὁ καθηγητῆς Δάσιος εἶναι ἐπιστήμων μὲ παγκόσμια ἀναγνώριση καὶ προβολὴ στὸν τομέα τῆς Ἐφαρμοσμένης Ἀνάλυσης καί, εἰδικότερα, στὴ

Θεωρία Σκέδασης, στις Ίατρικές Άπεικονίσεις και στην Ανάλυση Μαθηματικών Προτύπων της Έπιστήμης και της Τεχνολογίας. Θεωρείται διεθνώς ως ειδικός στη Θεωρία των Έλλειψειδων Αρμονικών Συναρτήσεων και στις εφαρμογές τους.

Το συγγραφικό έργο του καθηγητή Δάσιου είναι έκτενές και διακεκριμένο. Περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό έπιστημονικών εργασιών (ζνω των 140) δημοσιευμένων σε έγκριτα διεθνή έπιστημονικά περιοδικά, 10 πανεπιστημιακά συγγράμματα στα έλληνικά και 2 έρευνητικά συγγράμματα στα άγγλικά που εκδόθηκαν από το Oxford University Press και το Cambridge University Press.

Κύριε συνάδελφε, ή Ακαδημία Αθηνών είναι εύτυχής που σās καλωσορίζει ως άντεπιστέλλον μέλος της και σās άπευθύνει θερμές εύχές για την έπιτυχή συνέχιση του έπιστημονικού σας έργου.

Σās καλῶ για να σās έπιδώσω το δίπλωμα του άντεπιστέλλοντος μέλους του Ίδρύματος.

Και τώρα παρακαλῶ τόν άκαδημαϊκό κ. Αθανάσιο Φωκά να παρουσιάσει λεπτομερέστερα το έργο του νέου άκαδημαϊκού.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ

κ. ΑΘΑΝΑΣΙΟ ΦΩΚΑ

Η λέξη εύδαιμονία εκφράζει ίσως με τόν καλύτερο δυνατό τρόπο τὰ συναισθήματά μου για τή συμμετοχή μου στη σημερινή ύποδοχή του νέου άντεπιστέλλοντος μέλους της Ακαδημίας Αθηνών.

Ο κύριος Δάσιος έλαβε το πτυχίο μαθηματικών από το Έθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών το 1970. Το 1972 έλαβε το πτυχίο Master of Science στα μαθηματικά από το Πανεπιστήμιο του Illinois και το 1975 άνηγορεύθη διδάκτωρ έφαρμοσμένων μαθηματικών από το ίδιο Πανεπιστήμιο. Αφού διετέλεσε έπιμελητής στο Πανεπιστήμιο Πατρών και ύφηγητής στο Έθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, έξελέγη το 1981 Καθηγητής στο Μαθηματικό Τμήμα του Πανεπιστημίου Πατρών. Το 1989 μετεκινήθη, μετά από πρόσκληση, στο Τμήμα Χημικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών. Το 2013, άμέσως μετά τή συνταξιοδότησή του, άνηγορεύθη όμότιμος καθηγητής και συνεχίζει τήν άκαδημαϊκή του δραστηριότητα

στά μεταπτυχιακά προγράμματα σπουδών του Τμήματος Χημικών Μηχανικών.

Κατά τη διάρκεια των ετών 2005-2008 ήταν κάτοχος της έδρας άριστείας Marie Curie στο Τμήμα Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Θεωρητικής Φυσικής του Πανεπιστημίου του Cambridge. Η έδρα αυτή ήταν μία από τις 16 συνολικά έδρες άριστείας σε όλο τον κόσμο και σε όλες τις επιστημονικές περιοχές που χρηματοδότησε το 2005 η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η ακαδημαϊκή ζωή του κ. Γεωργίου Δάσιου αποτελεί έκφραση προσφοράς στην κοινωνία, στους νέους και στην επιστήμη.

Προσφορά στην κοινωνία

1. Από το 1980 έως το 1996 διετέλεσε καθηγητής στη Σχολή Επιστήμης και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου του Cambridge.

2. Από το 1992 έως σήμερα (με εξαίρεση μόνο τα 3 έτη που ήταν στο Cambridge) διετέλεσε αρχικά εισηγητής των θεμάτων μαθηματικών και στη συνέχεια πρόεδρος της Κεντρικής Επιτροπής Εξετάσεων για την εισαγωγή στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. Από το 2014 είναι πρόεδρος της Ανεξάρτητης Αρχής «Εθνικός Οργανισμός Εξετάσεων».

3. Υπήρξε μέλος της Πρώτης Διοικούσας Επιτροπής και πρόεδρος της Επιτροπής Έρευνών του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου.

4. Είναι ιδρυτικό μέλος της Επιτροπής Απονομής του βραβείου Ξανθόπουλου – Πνευματικού για εξαιρετική πανεπιστημιακή διδασκαλία και παραμένει μέλος από το 1990 έως σήμερα.

Προσφορά στους νέους

1. Έχει συνεχή πανεπιστημιακή διδακτική παρουσία από το 1970. Η αγάπη του για τη διδασκαλία είναι προφανής αν σημειώσουμε ότι από το 1981 μέχρι σήμερα διοργανώνει κάθε Δευτέρα (15:00-18:00) ένα σεμινάριο όπου αναλύεται μία σημαντική δημοσίευση ή μία σημαντική μονογραφία. Αυτό το σεμινάριο το έχουν παρακολουθήσει πάνω από 300 έρευνητές. Υπάρχουν άτομα που άρχισαν να συμμετέχουν ως προπτυχιακοί φοιτητές και που συνεχίζουν να το παρακολουθούν παρόλο που τώρα είναι πρόεδροι Τμημάτων του Πανεπιστημίου Πατρών. Με αυτόν τον τρόπο ο κ. Δάσιος παρέχει γνώση αλλά και, όπως ο ίδιος αναφέρει, «αυτό το σεμινάριο είναι ή

κύρια πηγή μάθησής μου». Δηλαδή ο κύριος Δάσιος συνεχίζει να διδάσκει διδασκόμενος.

2. Έχει επιβλέψει 23 διδακτορικές διατριβές. Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι στην Ελλάδα ανθεϊ μια σχολή που θα ονόμαζα «Σχολή Έφαρμοσμένων Μαθηματικών Γ. Δάσιου». Πράγματι, 12 από τους διδακτορικούς του φοιτητές διδάσκουν σήμερα σε ελληνικά πανεπιστήμια.

3. Έχει επιβλέψει πολυάριθμες διπλωματικές και μεταπτυχιακές εργασίες και έχει συμμετάσχει σε 110 τριμελείς επιτροπές παρακολούθησης διδακτορικών διατριβών.

Προσφορά στην επιστήμη

Το 1986, εύρισκόμενος για Sabbatical στο Πανεπιστήμιο Stanford, είχα τη μεγάλη τιμή να συνεργασθώ με τον περίφημο Joseph Keller, έναν από τους σημαντικότερους ερευνητές εφαρμοσμένων μαθηματικών του 20ού αιώνα. Ο Joe προσφωνούσε τον κ. Δάσιο ως ο Mr Ellipsoid. Πράγματι, ο κ. Δάσιος είναι ο πλέον επιφανής ερευνητής στον τομέα της Έλλειψοειδούς Γεωμετρίας. Ο εκδοτικός οίκος Cambridge University Press εξέδωσε το 2012 τη μονογραφία του με τίτλο Έλλειψοειδείς αρμονικές συναρτήσεις και εφαρμογές τους, ή οποία αποτελεί τη μοναδική στο θέμα αυτό μονογραφία στην παγκόσμια βιβλιογραφία. Στον τομέα αυτόν εξ άλλου έχει δημοσιεύσει άνω των 50 ερευνητικών εργασιών, που σχετίζονται με προβλήματα κυρίως συνωριακών τιμών.

Λόγω οικονομίας χρόνου θα αναφέρω ακόμα συντόμως τρεις μόνο περιοχές θεμελιώδους προσφοράς του κ. Γ. Δάσιου.

1. *Κυματική διάδοση και Σκέδαση*: Η προσφορά του σε αυτήν την περιοχή είναι όντως αξιοθαύμαστη και αφορά πληθώρα εφαρμογών στην ακουστική, στον ηλεκτρομαγνητισμό, στην ελαστικότητα, στη θερμοελαστικότητα και στη μαγνητοελαστικότητα. Οι εργασίες αυτές εστιάζονται στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων όπου το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι τουλάχιστον μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερο από τη χαρακτηριστική διάσταση του σκεδαστή. Στις περισσότερες από αυτές τις εργασίες το πεδίο σκέδασης έχει την ανισότροπη συμπεριφορά του έλλειψοειδούς. Σε αυτήν την περιοχή έχει συγγράψει, σε συνεργασία με τον καθηγητή Ralph Kleinman, ένα βιβλίο το οποίο εξέδωσε το Oxford University Press το 2009 και το οποίο καλύπτει πλήρως την περιοχή σκέδασης

χαμηλών συχνοτήτων από τη δεκαετία του 1970 έως σήμερα. Σημαντική συνεισφορά του κ. Δάσιου στη θεωρία της Σκέδασης αποτελούν οι ποικίλες διευρύνσεις του θεωρήματος Atkinson – Wilcox στις περιοχές της ελαστικότητας, της θερμοελαστικότητας και της έλλειψοειδοῦς γεωμετρίας.

2. *Ποές Strokes*: Στην προσπάθειά του να επιλύσει ένα πρόβλημα έρπουσας ροής γύρω από ένα σφαιροειδές σώμα, ο Γ. Δάσιος εισήγαγε για πρώτη φορά την έννοια του ήμιχωρισμοῦ τῶν μεταβλητῶν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ μία γενίκευση τῆς γνωστῆς μεθόδου χωρισμοῦ μεταβλητῶν. Προσφάτως, ὁ κ. Δάσιος καὶ οἱ συνεργάτες του ἐφήρμοσαν σὲ προβλήματα ροῶν Strokes τὴν καινούρια μέθοδο λύσεως μερικῶν διαφορικῶν ἐξισώσεων, τὴν ὁποία ἔχει εἰσαγάγει ὁ ὁμιλῶν.

3. *Ἀπεικονίσεις ἐγκεφάλου*: Οἱ πρώτες του ἐργασίες σὲ αὐτὴν τὴν περιοχὴ ἀφορῶν τὴν πρώιμη διάγνωση ἐγκεφαλικοῦ οἰδήματος, προσερχόμενου ἀπὸ κάθε εἶδους κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις. Τὸ σχετικὸ ἐρευνητικὸ πρόγραμμα «New Systems for Early Medical Diagnosis and Biotechnologic Approaches», σὲ συνεργασία μὲ τὴν ὁμάδα τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Ρούσσου, ἐπελέγη ἀπὸ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Ἐπιτροπὴ ὡς ἓνα ἀπὸ τὰ πλέον ἐπιτυχημένα ἑλληνικὰ προγράμματα ποὺ χρηματοδοτήθηκαν ἀπὸ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Ἐνωση. Τὰ τελευταῖα χρόνια, μεγάλη εἶναι ἡ συνεισφορά τοῦ κ. Δάσιου στὴν περιοχὴ τῶν λεγομένων ἀντιστρόφων προβλημάτων ἡλεκτροεγκεφαλογραφίας καὶ μαγνητοεγκεφαλογραφίας. Στὴν ἡλεκτρικὴ ἐγκεφαλογραφία τὸ συγκεκριμένο πρόβλημα εἶναι τὸ ἀκόλουθο: Εἶναι δυνατὴ ἡ εὕρεση τοῦ νευρωνικοῦ ρεύματος στὸν ἐγκέφαλο –καὶ κατὰ συνέπεια τῆς ἐγκεφαλικῆς ἐνεργοποίησης– ἀπὸ τὴ γνώση τοῦ ἡλεκτρικοῦ δυναμικοῦ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ κρανίου τὸ ὁποῖο μετρίεται μέσω τοῦ ἡλεκτρικοῦ ἐγκεφαλογραφήματος; Στὴ μαγνητικὴ ἐγκεφαλογραφία τὸ ἀνάλογο πρόβλημα εἶναι ἡ εὕρεση τοῦ ρεύματος ἀπὸ τὴ μέτρηση τῆς μαγνητικῆς ροῆς σὲ μιὰ μικρὴ ἀπόσταση ἀπὸ τὸ κρανίον, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνεται μὲ τὸ λεγόμενο MEG. Ὡς ἀποτέλεσμα τῆς ἐρευνητικῆς προσπάθειας τοῦ κ. Δάσιου καὶ τῶν συνεργατῶν του, καθὼς καὶ τῆς συνεργασίας του μὲ τὸν ὁμιλοῦντα, τὰ ἀνωτέρω προβλήματα ἐπελύθησαν πλήρως τὸ 2009. Αὐτὲς οἱ λύσεις ἔχουν ὀδηγήσει στὴν εἰσαγωγὴ πρωτοποριακῶν ἀλγορίθμων ἀναλύσεως τῆς ἐνεργοποίησης τοῦ ἐγκεφάλου διὰ μέσου ἡλεκτρομαγνητοἐγκεφαλογραφίας.

Ἀνακεφαλαιώνοντας, ἡ προσφορά τοῦ κ. Δάσιου στὴν κοινωνία εἶναι ἄκρως σημαντικὴ, ἡ προσφορά του στοὺς νέους ποικιλόμορφη καὶ κατὰ μία ἀποψη μοναδική. Ὅσον ἀφορᾷ τὴν ἐρευνητικὴ του δραστηριότητα, ὁ κ. Δά-

σιος θεωρεῖται ὡς ἕνας ἀπὸ τοὺς κορυφαίους παγκοσμίως ἐρευνητὲς στὴν περιοχὴ τῶν ἀναλυτικῶν μεθόδων στὰ ἐφαρμοσμένα μαθηματικὰ καὶ ὡς κορυφαῖος ἐρευνητὴς σὲ προβλήματα ἐλλειψοειδοῦς γεωμετρίας. Κατὰ συνέπεια ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν καλωσορίζει μὲ ἰδιαίτερη χαρὰ καὶ τιμὴ τὸ καινούριο ἀντεπιστέλλον μέλος της.

Η ΑΠΟΛΥΤΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΣΚΕΨΗ

ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ
κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΔΑΣΙΟΥ

Πέρα από τη συγκίνηση που με διακατέχει αυτές τις στιγμές, αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όρισμένα πρόσωπα αλλά και να παραθέσω τα γεγονότα που με όδηγησαν σήμερα σε αυτό το βήμα.

Θα αρχίσω από τα μέλη της Ακαδημίας Αθηνών, τα όποια ειλικρινά ευχαριστώ για την τιμή που μου έκαναν να με υποδεχθούν στο ανώτατο πνευματικό ίδρυμα της χώρας μας.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω τον κύριο Φωκᾶ για τα εξαιρετικά και επαινετικά του λόγια.

Μεγάλωσα σε ένα οικογενειακό περιβάλλον όπου η πνευματική διακρίση βρισκόταν στην κορυφή του θαυμασμού και των συζητήσεων και αυτό καθόρισε στη συνείδησή μου, από μικρή ηλικία, τις ανθρώπινες αξίες, παρόλο που δεν μπορώ να πω ότι ως παιδί αυτές οι αξίες ήταν στις πρώτες μου επιλογές.

Ο κλασικός αθλητισμός και ο προσκοπισμός αποτελούσαν πιο κεντρικούς στόχους των παιδικών και εφηβικών μου χρόνων.

Θυμάμαι πολύ έντονα την όμιλία του κ. Κουνάδη κατά την υποδοχή του στην Ακαδημία το 1999, όταν ανέφερε τις χαρακτηριστικές ιδιότητες που αποκτάει κάποιος από τον αθλητισμό, όπως είναι η πειθαρχία, η επιμονή, η συνέπεια, ο αυτοέλεγχος, η ικανότητα να ξανασηκώνεσαι μετά από κάθε πτώση, η ύψιστη έστιαση στην προσπάθεια όταν το απαιτεί η στιγμή, η πίστη στον στόχο και πολλές άλλες.

Αυτές ακριβώς τις ιδιότητες χρειάζεται να έχει και ο επιστήμονας που εισέρχεται στον στίβο της έρευνας.

Χωρίς να θέλω να συγκρίνω το αθλητικό βιογραφικό του κ. Κουνάδη με αυτό του όμιλούντος, ή αναφορά σε αυτές τις ιδιότητες είχε ταυτιστεί απόλυτα με την προσωπική μου εμπειρία. Γιατί όταν στην καθημερινότητά μου αντικατέστησα τον αγωνιστικό χώρο με το γραφείο της μελέτης, ταύτισα τη μελέτη με την προπόνηση και το διαγώνισμα με τον αγώνα. Η προσπάθεια, η πειθαρχία, η επιμονή, η συνέπεια, η συγκέντρωση, η πίστη ήταν και εκεί παρούσες.

Στόν επαγγελματικό χώρο αίσθάνομαι ότι υπήρξα ιδιαίτερα τυχερός, και μάλιστα σε δύο διαδοχικά επίπεδα. Είχα την τύχη να διδαχθῶ από εξαιρετικούς και εμπνευσμένους δασκάλους, μερικοί από τους οποίους βρίσκονται σήμερα σε αυτήν την αΐθουσα, και στη συνέχεια είχα την τύχη να ἔχω εξαιρετικούς μαθητές.

Έμαθα και από όλους τους παραπάνω ὅσα δὲν θὰ μπορούσα να μάθω ποτὲ μόνος μου.

Μερικοί από τους καλύτερους δασκάλους ποὺ είχα ποτὲ ἦταν οἱ μαθητές μου, σε σημεῖο νὰ συγγέρονται στὸ μυαλό μου οἱ ἔννοιες τοῦ «διδάσκω» καὶ τοῦ «διδάσκομαι». Παραφράζοντας τὸν Σωκράτη, ἢ κατ' ἄλλους τὸν Σόλωνα, μπορῶ νὰ πῶ ὅτι σὲ ὅλη μου τὴ ζωὴ «δίδασκα ἀεὶ διδασκόμενος».

Οἱ εὐχαριστίες μου εἶναι διαρκεῖς καὶ βαθιὰ εἰλικρινεῖς καὶ πρὸς τὶς δύο αὐτὲς κατευθύνσεις.

Θέλω ἀκόμα νὰ εὐχαριστήσω τὴ γυναίκα μου καὶ τὰ δύο παιδιά μου γιὰ τὴν ἀνεξάντλητη ὑπομονή ποὺ ἔδειξαν κατὰ τὰ καθημερινά, ἀλλὰ καὶ πολυήμερα διαστήματα ποὺ ὁ ἐναγκαλισμός μου μὲ τὴν ἔρευνα μὲ κρατοῦσε μακριὰ ἀπὸ τὸ ἄμεσο οἰκογενειακὸ περιβάλλον, γιὰτὶ ὅπως εἶναι γνωστὸ ἡ δημιουργία ἀνθεῖ σὲ περιβάλλον μοναξιάς.

Ἀλλὰ ἄς ἔλθω τώρα στὸ θέμα μου: στὴν ἀπόλυτη ἀνθρώπινη σκέψη.

Εἶναι προφανὲς ὅτι ὁ τίτλος τῆς ὁμιλίας μου εἶναι ἰσοδύναμος μὲ μία λέξη, καὶ αὐτὴ ἡ λέξη δὲν εἶναι ἄλλη ἀπὸ τὰ «μαθηματικά». Ὅμως πολὺ λίγοι ταυτολογοῦν τὴ σημασία τῶν δύο αὐτῶν ἐννοιῶν. Οἱ περισσότεροι ταυτίζουν τὰ μαθηματικά μὲ τοὺς ἀριθμητικούς ὑπολογισμούς καὶ τὴν ἀπόλυτη ἀνθρώπινη σκέψη σὲ μιὰ φιλοσοφικὴ διάσταση.

Ἡ ἀλήθεια, ὅπως ἄλλωστε συμβαίνει τὶς περισσότερες φορές, βρίσκεται κάπου στὴ μέση.

Ὅταν καλεῖται ἓνας μαθηματικὸς νὰ μιλήσει σὲ ἓνα γενικὸ ἀκροατήριον ἀντιμετωπίζει ἓνα πολὺ μεγάλο πρόβλημα, γιὰτὶ ὅσο πιὸ αὐστηρὴ μαθηματικὴ γλώσσα χρησιμοποιήσει, τόσο περισσότερο θὰ μειωθεῖ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀκροατῶν ποὺ θὰ τὸν παρακολουθήσει, καὶ πολὺ φοβᾶμαι ὅτι ἀν ἐπιχειρήσει νὰ εἶναι ἀπόλυτα αὐστηρὸς μὲ τὰ μαθηματικά θὰ καταλήξει νὰ μιλάει μόνο στὸν ἑαυτὸν του.

Γι' αὐτὸ θὰ προσπαθῶ νὰ μιλήσω γιὰ τὰ ἐπιτεύγματα τῶν μαθηματικῶν, ποὺ ἔτσι καὶ ἀλλιῶς βρίσκονται πίσω ἀπὸ κάθε ἐπιστημονικὴ ἢ τεχνολογικὴ δραστηριότητα τοῦ σημερινοῦ κόσμου.

Ὡς τριτοετῆς φοιτητῆς τοῦ Μαθηματικοῦ Τμήματος στὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν, εἶχα τὴν τύχη νὰ διδαχθῶ τὸ μάθημα τῆς φιλοσοφίας ἀπὸ τὸν αἰείμνηστο καθηγητὴ Ἰωάννη Θεοδωρακόπουλο, ὁ ὁποῖος ἄρχιζε τὸ μάθημά του διατάσσοντας τὸν ἀνθρώπινο λόγο ὡς ἑξῆς:

«Ἄν διατάξουμε τὸν ἀνθρώπινο λόγο ἐπάνω σὲ μιὰ εὐθεία γραμμὴ, εἴμαστε ὑποχρεωμένοι νὰ ὀρίσουμε ἓνα σταθερὸ σημεῖο ἐπάνω στὴν εὐθεία, τὸ ὁποῖο καθορίζεται ἀπὸ ὀρισμένες παραδοχὲς καὶ τὸ ὁποῖο θὰ πρέπει νὰ ἀναγνωριστῇ ὡς μιὰ θεμελιώδης ἀρχή. Ἀπὸ αὐτὴν τὴν ἀρχὴ ἀναδύονται δύο πνευματικὲς διεργασίες ποὺ κινοῦνται πρὸς ἀντίθετες κατευθύνσεις. Ἡ μία ἀποδέχεται τὴ θεμελιώδη αὐτὴ ἀρχὴ καὶ οἰκοδομεῖ θεωρίες μὲ βάση τὴν ἀπόλυτη λογικὴ καὶ αὐτὸ τὸ ὀνομάζουμε “μαθηματικά”, καὶ ἡ ἄλλη διερευνᾷ τὴν ὀρθότητα καὶ τὴ σημασία αὐτῶν τῶν ἀρχῶν καὶ αὐτὸ τὸ ὀνομάζουμε “φιλοσοφία”».

Καὶ συνέχιζε...

«Συνεπῶς, ἀνάλογα μὲ τὴν κατεύθυνση πρὸς τὴν ὁποία κινούμαστε ἐπάνω σὲ αὐτὴν τὴν εὐθεία, μπορούμε νὰ ποῦμε ὅτι ἐκεῖ ποὺ καταλήγει ἡ φιλοσοφία ἀρχίζουν τὰ μαθηματικά, ἢ ἐκεῖ ποὺ καταλήγουν τὰ μαθηματικά ἀρχίζει ἡ φιλοσοφία. Φιλοσοφικὰ συστήματα ὑπάρχουν πολλὰ ἀνάλογα μὲ τὴν ἐρμηνεία τῶν ἀρχῶν τους. Ἀλλὰ, στὸν βαθμὸ ποὺ ἔχουμε ὅλοι μας τὴν ἴδια λογικὴ, τὰ μαθηματικὰ ἀποτελοῦν ἀπόλυτες ἀλήθειες. Ἡ ἀξιοπιστία τῶν ἀρχῶν (ἐν προκειμένῳ τῶν ἀξιωμαμάτων) δὲν ἀφορᾷ τὰ μαθηματικά, τὰ ὁποῖα κρίνονται ἀποκλειστικὰ καὶ μόνον ἀπὸ τὴν ὀρθὴν χρῆση τῆς λογικῆς».

Κατὰ συνέπεια, δὲν εἶναι λάθος νὰ ἰσχυρισθοῦμε ὅτι τὰ μαθηματικὰ δὲν εἶναι τίποτα περισσότερο ἀπὸ μιὰ γλώσσα, μὲ τὴν ὁποία μπορούμε νὰ ἐπικοινωνοῦμε χωρὶς καμία ἀπολύτως παρερμηνεία τῶν ἐννοιῶν καὶ τῶν ἀποτελεσμάτων· μιὰ γλώσσα μὲ συγκεκριμένους κανόνες οἱ ὁποῖοι δὲν ἐπιδέχονται καμία ἀπολύτως ἐξαίρεση· μιὰ γλώσσα μὲ ἀπόλυτη νομοτέλεια· μιὰ αἰτιοκρατικὴ γλώσσα μὲ ὑποθέσεις καὶ συμπεράσματα, ὅπου καταγράφουμε ὅποιο ἀποτέλεσμα διαπιστώνουμε ὅτι ἔπεται ἐνὸς αἰτίου.

Ἐδῶ θὰ πρέπει νὰ ἐξηγήσουμε ὅτι στοχαστικὲς θεωρίες ὅπως αὐτὲς τῶν πιθανοτήτων καὶ τῆς στατιστικῆς δὲν καταστρατηγοῦν τὴν προηγούμενη περιγραφή τῶν μαθηματικῶν, γιατί οἱ θεωρίες αὐτὲς ἔχουν ἐνσωμα-

τωμένη τὴν ἀβεβαιότητα στὰ ἀξιώματα στὰ ὁποῖα θεμελιώνονται. Ἄν ἡ στοχαστικότητα συμπεριλαμβάνεται στὰ ἀξιώματα, τὰ ἀποτελέσματα θὰ εἶναι προφανῶς στοχαστικά.

Ἀναφερόμενοι στὰ μαθηματικά ὡς γλώσσα ἀξίζει ἴσως νὰ σημειώσουμε ὅτι τὸ κέντρο τοῦ ἐγκεφάλου ποὺ εἶναι ὑπεύθυνο γιὰ τὴ γραμματική, τὸ συντακτικὸ καὶ τοὺς ἀριθμητικοὺς ὑπολογισμοὺς εἶναι ἀκριβῶς τὸ ἴδιο· προφανῶς ἐπειδὴ εἶναι τὸ κέντρο τοῦ ἐγκεφάλου ποὺ ἀποφασίζει μὲ βάση τὴν ἐπεξεργασία κανόνων, εἴτε αὐτοὶ εἶναι κανόνες ὀρθογραφίας, εἴτε εἶναι κανόνες διάταξης τῶν λέξεων, εἴτε εἶναι κανόνες πρόσθεσης καὶ πολλαπλασιασμοῦ.

Ὁ ἄνθρωπος, ζώντας τὴν κατάσταση τῆς στιγμῆς ὡς ἀποτέλεσμα τοῦ παρελθόντος καὶ αἴτιο τοῦ μέλλοντος, γνωρίζει τὰ πάντα γιὰ τὸ παρελθὸν καὶ δὲν γνωρίζει τίποτα γιὰ τὸ μέλλον. Ὅταν ὅμως καλεῖται νὰ πάρει μιὰ ἀπόφαση, αὐτὸ πρέπει νὰ τὸ κάνει γιὰ τὴν περιοχὴ τοῦ χρόνου γιὰ τὴν ὁποία δὲν ἔχει καμία πληροφορία, δηλαδὴ γιὰ τὸ μέλλον.

Πῶς θὰ ἀποφασίσει λοιπόν;

Προφανῶς ἐπεξεργαζόμενος τὴν ἐμπειρία τοῦ παρελθόντος μὲ τὴ βοήθεια τῆς ἀπόλυτης ἀνθρώπινης σκέψης, δηλαδὴ μὲ τὴ βοήθεια τῆς μαθηματικῆς σκέψης. Καὶ θὰ πρέπει νὰ σημειώσουμε ἐδῶ ὅτι αὐτὴ ἡ ἀπόλυτη λογικὴ σκέψη χαρακτηρίζει τὸ ἐλληνικὸ πνεῦμα γιὰ περισσότερα ἀπὸ δύο μισὶ χιλιάδες χρόνια.

Τὰ μαθηματικὰ βοηθοῦν τὴ σὲ βάθος κατανόηση τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν μέσα ἀπὸ τὴν παρακολούθηση πολὺπλοκων διαδικασιῶν. Ὁ γνωστός φυσικός Richard Feynman (βραβεῖο Νόμπελ 1962) εἶχε πεῖ:

«Ἄν ἓνας ἐκ γενετῆς τυφλὸς μᾶς ζητήσει νὰ τοῦ ἐξηγήσουμε τί εἶναι ἓνα ἀστέρι, δὲν θὰ μπορέσουμε νὰ τοῦ δώσουμε μιὰ καλὴ ἀπάντηση. Ἄν ὅμως ἐβλεπε, θὰ τοῦ τὸ δείχναμε. Ἀλλὰ ἀκόμα καὶ τότε, ἡ πληροφορία θὰ ἦταν σχεδὸν μηδενικὴ μπροστὰ στὸ νὰ κατανόησει τί ἀκριβῶς εἶναι ἓνα ἀστέρι. Αὐτὸ τὸ ἐπίπεδο κατανόησης δὲν μπορεῖ νὰ ἐπιτευχθεῖ χωρὶς τὴ χρῆση σοβαρῶν μαθηματικῶν».

Ἀπὸ τὴν ἴδια τους τὴ φύση, τὰ μαθηματικὰ δὲν ἔχουν τὴν πολυτέλεια νὰ ἀλλάζουν. Ὅ,τι ἀποδειχθεῖ κάτω ἀπὸ ἓνα συγκεκριμένο σύστημα ἀξιωμάτων ἰσχύει γιὰ πάντα. Οἱ φυσικὲς ἐπιστῆμες ἀντίθετα δέχονται ἀλλαγές

και βελτιώσεις, καθώς κατανοούμε τις διαδικασίες σε συνεχώς βαθύτερο επίπεδο.

Είναι χαρακτηριστική η ρήση του Einstein όταν ήταν καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Βερολίνου τη δεκαετία του 1920, όπου οι αλλαγές στην κατανόηση της φυσικής, στο επίπεδο των μεγάλων ταχυτήτων και των μικρών διαστάσεων, υπήρξαν καταιγιστικές. Αφού υπαγόρευσε λοιπόν τα θέματα των εξετάσεων σε ένα μάθημα σύγχρονης φυσικής, ο Einstein άκουσε έναν φοιτητή να σχολιάζει: «Κύριε καθηγητά, όλα τα ερωτήματα που μās θέσατε είναι ακριβώς τα ίδια με αυτά που ρωτήσατε και πέρσι» και η απάντηση του Einstein: «Ναί, αλλά καμία απάντηση δεν είναι ίδια έφ'ετος».

Λοιπόν, αυτή η πολυτέλεια της αλλαγής δεν πρόκειται να υπάρξει ποτέ στα μαθηματικά. Γιατί τα μαθηματικά είναι προϊόν του ανθρώπινου έγκεφαλου, τα αποδεικνύουμε και δεν αλλάζουν, ενώ η φύση είναι αποτέλεσμα της δημιουργίας, την οποία κατανοούμε διαδοχικά σε διαρκώς βαθύτερο επίπεδο.

Παραδοσιακά, και για πολλές δεκαετίες, υπήρχε ένας διαχωρισμός μεταξύ θεωρητικών και εφαρμοσμένων μαθηματικών, δηλαδή μεταξύ της παραγωγής νέων μαθηματικών αποτελεσμάτων και της χρήσης (ή και της παραγωγής) νέων μαθηματικών με στόχο την επίλυση προβλημάτων που απασχολούν τον άνθρωπο. Για παράδειγμα, η απόδειξη του θεωρήματος του Fermat κατατασσόταν στα θεωρητικά μαθηματικά, ενώ η ανάγνωση του ανθρώπινου DNA ανήκε στα εφαρμοσμένα μαθηματικά. Σήμερα αυτός ο διαχωρισμός δεν υπάρχει, για τον απλούστατο λόγο ότι δεν υπάρχει μαθηματική θεωρία που να μην έχει εφαρμογές. Ακόμα και η Αλγεβρική Τοπολογία, που θεωρείτο μέχρι πρότινος καθαρά θεωρητικός κλάδος, χρησιμοποιείται σήμερα για να αναλύσει την αλληλεπίδραση ομάδων νευρωνικών κυττάρων στον λειτουργικό εγκέφαλο.

Θα ήθελα πάντως να τονίσω ότι τα μαθηματικά έχουν πρωτίτως καθιερωθεί για τις εφαρμογές τους.

Ίστορικά, τα θεωρητικά και τα εφαρμοσμένα μαθηματικά αποτελούσαν δύο πνευματικές περιοχές που συνδέονταν με μια γέφυρα διπλής κατεύθυνσης μέσω της οποίας τροφοδοτούσε αλλά και διηγείρε ή μία περιοχή την άλλη. Αναπτυγμένες μαθηματικές θεωρίες χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση προβλημάτων, και ύπαρκτα προβλήματα προκάλεσαν την ανάπτυξη νέων μαθηματικών θεωριών για να επιλυθούν τα προβλήματα αυτά.

Κατὰ τὴ διάρκεια τῆς Ἀναγέννησης, ὅταν ἔμπαιναν τὰ θεμέλια τῆς σύγχρονης ἐπιστήμης, τέθηκε ἐπιτακτικὰ τὸ ἐρώτημα τῆς ἀξιοπιστίας τῆς παραγόμενης γνώσης στὸ ἐπίπεδο τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν, καὶ τότε παρουσιάστηκε ἡ δύναμη καὶ ἡ ἀπλότητα τῆς σκέψης τοῦ Γαλιλαίου ὁ ὁποῖος εἶχε πεῖ:

«Γιὰ τὴν ἀλήθεια ἢ ὅχι τῶν ἀποτελεσμάτων ποὺ παράγουμε μὲ τὴ λογικὴ μας σκέψη, ὁ μόνος ἀξιόπιστος τρόπος εἶναι νὰ ρωτήσουμε τὴν ἴδια τὴ φύση. Καὶ πῶς ρωτᾶμε τὴ φύση; Πολὺ ἀπλά, μὲ ἓνα πείραμα. Εἶναι ὁ μόνος τρόπος ἐπικοινωνίας μας μὲ τὴ φύση».

Δὲν πρέπει ὅμως νὰ ἀποσιωποῦμε τὸ γεγονὸς ὅτι ἡ μελέτη τῆς φύσης παρουσιάζει ἐνδογενὴ ἀβεβαιότητα, γιὰτὶ στὸ πείραμα ἔχουμε βέβαια ἀποτελέσματα μὲ ἀβέβαιες μετρήσεις, ἐνῶ στὴ θεωρία ἔχουμε ἀβέβαιες ὑποθέσεις μὲ βέβαια ἀποτελέσματα.

Προσωπικὰ αἰσθάνομαι ὅτι ἔζησα ὅλη τὴν ἐπαγγελματικὴ μου ζωὴ στὸν χῶρο τῶν ἐφαρμοσμένων μαθηματικῶν, ἔχοντας πάντα ὡς στόχο τὴν ἐπίλυση ἐνὸς συγκεκριμένου προβλήματος. Αὐτὸς ὁ στόχος κινοῦσε τὸ ἐνδιαφέρον μου. Εἶχα μπροστά μου ἓνα πρόβλημα, καὶ ἔπρεπε ἢ νὰ βρῶ μὲ ποιά μαθηματικὰ μπορεῖ νὰ λυθεῖ, ἢ ποιά μαθηματικὰ ἔπρεπε νὰ ἀναπτύξω γιὰ νὰ μπορέσω νὰ τὸ λύσω.

Θὰ μοῦ ἐπιτρέψετε ἐδῶ νὰ μιλήσω γιὰ λίγα λεπτὰ μὲ μαθηματικοὺς ὅρους γιὰ νὰ παραθέσω ἓνα παράδειγμα γιὰ καθεμία ἀπὸ τὶς δύο αὐτὲς κατηγορίες ἐπίλυσης προβλημάτων ποὺ εἶχα τὴ χαρὰ νὰ ἀντιμετωπίσω στὴν ἔρευνά μου.

Τὸ πρῶτο ἀφορᾷ στὴ σκέδαση κυματικῶν πεδίων (ἀκουστικῶν, ἠλεκτρομαγνητικῶν καὶ ἐλαστικῶν κυρίως πεδίων) ἀπὸ ἐλλειψοειδεῖς σκεδαστές, δηλαδὴ ἀπὸ ἀνομοιογένειες τοῦ χώρου διέδοσης τοῦ κυματικοῦ πεδίου ποὺ παρουσιάζουν ἀνισότροπη συμπεριφορά. Αὐτὲς εἶναι περιοχὲς ποὺ σὲ κάθε διεύθυνση τοῦ χώρου παρουσιάζουν διαφορετικὰ χαρακτηριστικά.

Αὐτὰ τὰ προβλήματα ἀπαίτησαν τὴ μελέτη τῶν συναρτήσεων *Lame* καὶ τῆς θεωρίας τῶν ἐλλειψοειδῶν ἀρμονικῶν συναρτήσεων, ποὺ εἶναι μιὰ ἐξαιρετικὰ πολὺπλοκη ἀναλυτικὴ θεωρία. Τὴ θεωρία αὕτη ἄρχισα νὰ μελετῶ τὸ 1973, ὅταν ἐκπονοῦσα τὴ διδακτορικὴ μου διατριβὴ στὸ Σικάγο, καὶ ὁλοκλήρωσα μὲ τὴν ἐκδοση τοῦ πρώτου συγγράμματος στὸν κόσμο ἀφιερωμένου ἀποκλειστικὰ στὴ θεωρία τῶν ἐλλειψοειδῶν ἀρμονικῶν συ-

ναρτήσεων και των εφαρμογών τους. Το σύγγραμμα αυτό εξέδωσε το Cambridge University Press το 2012.

Αλλά ἄς δοῦμε ποιὰ εἶναι ἡ χρησιμότητα μιᾶς τέτοιας προσπάθειας.

Ἐδῶ θέλω νὰ ἐπισημάνω ὅτι μιὰ ἀπὸ τὶς πρῶτες προτεραιότητες τῆς ἐπιστημονικῆς ἔρευνας σήμερα εἶναι ἡ ἀναγνώριση προτύπων σὲ περιοχές στὶς ὁποῖες δὲν ἔχουμε πρόσβαση μὲ τὶς αἰσθήσεις μας.

Ἐνδεικτικὰ ἀναφέρω τὸν τομέα τῶν Ἰατρικῶν Ἀπεικονίσεων ὅπως οἱ ἄξονικὲς τομογραφίες, οἱ ὑπέρηχοι, οἱ ἀπεικονίσεις μαγνητικοῦ συντονισμοῦ, ἡ ἠλεκτροεγκεφαλογραφία, ἡ μαγνητοεγκεφαλογραφία, οἱ τομογραφίες ἠλεκτρικῆς ἐμπέδισης, οἱ τομογραφίες ἐκπομπῆς ποζιτρονίων, οἱ μέθοδοι συντονισμοῦ ταλαντώσεων καὶ πολλὲς ἄλλες διαγνωστικὲς μέθοδοι ποὺ βασίζονται ἐξ ὀλοκλήρου σὲ ἀντίστροφα προβλήματα σκέδασης. Δηλαδή βασίζονται σὲ προβλήματα ποὺ ἀφοροῦν στὴν ἐκπομπὴ ἑνὸς γνωστοῦ κυματικοῦ πεδίου καὶ στὴ μέτρηση τῆς διαταραχῆς ποὺ προκάλεσε ἓνα ἐμπόδιο κατὰ τὴ διάδοσή του, μὲ σκοπὸ τὴν ἀναγνώριση τῶν χαρακτηριστικῶν αὐτοῦ τοῦ ἐμποδίου ποὺ διατάραξε τὸ κύμα.

Δὲν θὰ κάναμε λάθος ἂν ὑποστηρίζαμε ὅτι ὅλες αὐτὲς οἱ διαγνωστικὲς μέθοδοι διευρύνουν τὸ ὀπτικό μας παράθυρο, ἀφοῦ μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ «βλέπουμε» ἐκεῖ ποὺ δὲν μποροῦν νὰ δοῦν τὰ μάτια μας.

Στὴν ἴδια κατηγορία τῶν εφαρμογῶν τῆς θεωρίας σκέδασης ἐντάσσονται καὶ τὸ radar, τὸ sonar, ἡ σειсмоγραφία, ὁ μὴ καταστρεπτικὸς ἔλεγχος κ.τ.λ.

Ἡ συνολικὴ ἐρευνητικὴ δραστηριότητα στὴν περιοχὴ τῆς Σκέδασης Κυματικῶν Πεδίων Χαμηλῆς Συχνότητος, ἀπὸ τὴ δεκαετία τοῦ 1870, ποὺ προτάθηκε ἀπὸ τὸν Λόρδο Rayleigh, μέχρι τὸ ἔτος 2000, ἀποτέλεσε τὸ περιεχόμενο ἑνὸς βιβλίου ποὺ ἐκδώσαμε μὲ τὸν καθηγητὴ Ralph Kleinman καὶ κυκλοφόρησε τὸ 2000 ὁ ἐκδοτικὸς οἶκος Oxford University Press.

Θὰ περάσω τώρα σὲ μιὰ ἄλλη ἐρευνητικὴ περιοχὴ, ὅπου ἡ ἐπίλυση ἑνὸς συγκεκριμένου προβλήματος ἀπαίτησε τὴν ἀνάπτυξη νέας μαθηματικῆς θεωρίας.

Τὸ πρόβλημα ποὺ εἴχαμε νὰ ἀντιμετωπίσουμε σχετιζόταν μὲ τὴ δευτερογενὴ ἐξόρυξη ὑδρογονανθράκων, καὶ ἀφοροῦσε τὴν ἔρπουσα ροὴ Stokes γύρω ἀπὸ ἓνα σφαιροειδές, ἓνα σχῆμα ποὺ παρουσιάζει διδιάστατη ἀνισotropία. Ἡ γνωστότερη φασματικὴ μέθοδος ἀναλυτικῆς ἐπίλυσης προβλημάτων συνοριακῶν τιμῶν εἶναι αὕτὴ τοῦ χωρισμοῦ τῶν μεταβλητῶν. Ἡ

μέθοδος αὐτή, ἐνῶ ἐφαρμόζεται ἀποτελεσματικὰ στὴν περίπτωση ποὺ τὸ ἐμπόδιο τῆς ροῆς ἔχει σφαιρική (καὶ συνεπῶς μονοδιάστατη) συμμετρία, δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἐφαρμοστεῖ στὴν περίπτωση τῆς σφαιροειδοῦς διδιάστατης συμμετρίας. Σὲ αὐτὴν τὴν περίπτωση χρειάστηκε νὰ ἐπεκτείνουμε τὴν ἔννοια τοῦ χωρισμοῦ τῶν μεταβλητῶν, ποὺ συνδέει τὶς ἰδιοσυναρτήσεις τῶν δύο μεταβλητῶν μίᾳ πρὸς μίᾳ, στὴν ἔννοια τοῦ ἡμιχωρισμοῦ τῶν μεταβλητῶν ποὺ συνδέει μὲ συγκεκριμένο τρόπο τριδιάστατους ὑποχώρους συναρτήσεων.

Ἡ περίπτωση αὐτὴ εἶναι ἡ μοναδικὴ πραγματικοῦ προβλήματος ποὺ ἐπιλύεται μὲ αὐτὴν τὴν πεπερασμένη ἐπέκταση τῆς συνήθους φασματικῆς μεθόδου.

Μία ἀκόμα γενικότερη φασματικὴ μέθοδος εἶναι αὐτὴ τῶν γενικευμένων ὁλοκληρωτικῶν μετασχηματισμῶν ποὺ εἰσήγαγε ὁ κ. Φωκᾶς κατὰ τὴν τελευταία εἰκοσαετία, ἐργαζόμενος παράλληλα μὲ τὸ ἐξαιρετικὰ σημαντικὸ πρόβλημα τῆς ἀπόδειξης τῆς ὑπόθεσης τοῦ Lindelöf, ποὺ πρόσφατα ὁλοκλήρωσε μὲ ἐπιτυχία. Ἐδῶ θὰ ἤθελα νὰ ἀναφέρω ὅτι ἡ ὑπόθεση τοῦ Lindelöf ἀφορᾷ ἓνα πρόβλημα σχεδὸν ἰσοδύναμο μὲ τὴν ὑπόθεση τοῦ Riemann, ποὺ εἶναι τὸ τελευταῖο ἄλυτο πρόβλημα τὸ ὁποῖο ἀντιστέκεται γιὰ περισσότερο ἀπὸ ἐνάμιση αἰὼνα.

Σὲ αὐτὸ τὸ σημεῖο θέλω νὰ ἀναφερθῶ καὶ σὲ μιὰ ἄλλη σημαντικὴ συνεισφορὰ τῶν μαθηματικῶν στὴν ἀνθρώπινη γνώση: σὲ αὐτὴν τῆς κατανόησης ἐννοιῶν πέραν τῆς ἐμπειρίας τῶν αἰσθήσεων.

Τὰ δύο πρῶτα παραδείγματα ποὺ βρίσκει κανεὶς σὲ ὁποιοδήποτε σύγγραμμα εἰσάγουν τὴν ἔννοια τῆς παραγώγου, δηλαδὴ τοῦ ρυθμοῦ μεταβολῆς ἐνὸς μεγέθους ὡς πρὸς ἓνα ἄλλο μέγεθος· εἶναι αὐτὰ τῆς ἐφαπτόμενης μιᾶς καμπύλης σὲ ἓνα σημεῖο τῆς, καὶ τῆς στιγμιαίας ταχύτητας. Καὶ εἶναι ἀπορίας ἄξιον τὸ γεγονός ὅτι αὐτὰ τὰ δύο παραδείγματα, ποὺ ἔχουν τὴν ἴδια ἀκριβῶς μαθηματικὴ βάση, κατανοήθηκαν ἀπὸ τὸν ἄνθρωπο μὲ διαφορὰ 22 περίπου αἰώνων.

Γιατί ἄραγε;

Ἡ ἔννοια τῆς παραγώγου ἀπαιτεῖ τὴ γνώση τῶν τιμῶν ἐνὸς μεγέθους ὅχι μόνον στὸ σημεῖο ὑπολογισμοῦ ἀλλὰ σὲ ἓνα ὅσοδήποτε μικρὸ διάστημα τιμῶν γύρω ἀπὸ τὸ σημεῖο ὑπολογισμοῦ. Στὸ πρῶτο παράδειγμα λοιπὸν τῆς ἐφαπτόμενης, τὸ σχετικὸ μέγεθος ἀφορᾷ τὸν χῶρο γιὰ τὸν ὁποῖο ἔχουμε πρόσβαση σὲ μιὰ περιοχὴ τοῦ σημείου μέσῳ τῆς ὁρασης. Ἀντίθετα, στὸ δεῦτερο παράδειγμα, γιὰ τὴν περίπτωση τῆς ταχύτητας, τὸ ἀντίστοιχο μέ-

γεθος ἀφορᾷ τὸν χρόνον, γιὰ τὸν ὁποῖον ἔχουμε μόνον στιγμιαία ἀντίληψη τοῦ «τώρα», ἐνῶ στεροῦμαστε αἰσθητηρίου ὀργάνου γιὰ τὴν ἀντίληψη μιᾶς περιοχῆς τοῦ χρόνου. Μὲ ἄλλα λόγια, δὲν ἔχουμε «μάτια» νὰ «βλέπουμε» περιοχὲς τοῦ χρόνου γύρω ἀπὸ μιὰ στιγμή. Αὐτὸ ἀκριβῶς τὸ γεγονός καθυστέρησε γιὰ πάνω ἀπὸ δύο χιλιετίες τὴν ἐννοιολογικὴ ταύτιση τῆς ἐφαπτόμενης καὶ τῆς ταχύτητας, καὶ χρειάστηκε ἡ ἀνάπτυξη τῆς μαθηματικῆς σκέψης καὶ ὁ ἰδιοφυὲς Νεύτων γιὰ νὰ ἀρχίσουμε νὰ «φантаζόμαστε» χρονικὲς περιοχές.

Ἄν προσπαθῆσουμε νὰ ἐξηγήσουμε σὲ κάποιον τί σημαίνει μιὰ περιοχὴ τοῦ χρόνου γύρω ἀπὸ μιὰ χρονικὴ στιγμή εἶναι σὰν νὰ προσπαθοῦμε νὰ ἐξηγήσουμε σὲ ἕναν ἐκ γενετῆς τυφλὸ τί σημαίνει ἐφαπτόμενη μιᾶς καμπύλης σὲ ἕνα σημεῖο της. Αὐτὲς τὲς ἐννοιες, ποὺ δὲν βασίζονται στὶς αἰσθήσεις, τὲς ἀποδεχόμαστε μόνον μέσα ἀπὸ λογικὲς ἀποδείξεις.

Καὶ ἐπειδὴ μιλάμε γιὰ χρόνον, ἂς μὴν παραλείψουμε καὶ μιὰ ἀναφορὰ στὴ σχετικότητα, ποὺ μέσα ἀπὸ καθαρὰ μαθηματικὴ σκέψη καὶ στὴ συνέχεια μέσα ἀπὸ πειραματικὴ ἐπιβεβαίωση, ἀμφισβήτησε τὴν ἀντικειμενικότητα τοῦ χρόνου γιὰ κάθε κινούμενο παρατηρητὴ ἢ γιὰ κάθε παρατηρητὴ ποὺ βρίσκεται σὲ ἕνα βαρυτικὸ πεδίο.

Εἶναι γεγονός ὅτι πολλὲς φορές ἡ ἀπόλυτη ἀνθρώπινη σκέψη ἄφησε ἄναυδο τὸν ἄνθρωπο, ὁ ὁποῖος ἀντλεῖ τὴ γνώση του κυρίως ἀπὸ τὸ ἀριστοτελικὸ περιβάλλον τῶν αἰσθήσεων.

Θὰ μπορούσα νὰ συνεχίσω τὴν παρουσίαν μου σὲ αὐτὸ τὸ περιγραφικὸ μαθηματικὸ ἐπίπεδο, ἀλλὰ σεβόμενος ἐκείνους ποὺ δὲν εἶναι μαθηματικοὶ θὰ σταματήσω σὲ αὐτὸ τὸ σημεῖο τὴν ξενάγησή μου στὰ μαθηματικά. Ἀντὶ αὐτοῦ θὰ συνεχίσω τονίζοντας μόνον τὲς ἄμεσες ἐφαρμογὲς τῶν ἐρευνητικῶν ἀποτελεσμάτων.

Τὸ σημαντικότερο ἴσως ἐρώτημα ποὺ χρειάζεται νὰ διερευνηθεῖ κατὰ τὴν ἀνάλυση ἐνὸς ἀντίστροφου προβλήματος, δηλαδὴ ἐνὸς προβλήματος γιὰ τὸ ὁποῖο ἔχουμε τὸ ἀποτέλεσμα μιᾶς διαδικασίας καὶ ἀναζητοῦμε τὸ αἶτιο ποὺ τὴν προκάλεσε, εἶναι ἡ μοναδικότητα αὐτοῦ τοῦ αἰτίου. Μὲ ἄλλα λόγια, ὅταν συλλέγουμε εἰκόνες ἀπὸ κάποιες μετρήσεις τὲς ὁποῖες χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ ἀναγνωρίσουμε τὸ σχῆμα ἐνὸς ἀντικειμένου, πῶς εἴμαστε σίγουροι ὅτι αὐτὲς οἱ εἰκόνες προέρχονται ἀπὸ ἕνα καὶ μόνον ἕνα συγκεκριμένο σχῆμα;

Ἡ ἀπάντηση εἶναι ὅτι τὲς περισσότερες φορές αὐτὴν τὴ μοναδικότητα δὲν μπορούμε νὰ τὴν ἐξασφαλίσουμε a priori.

Ἄν γιὰ παράδειγμα προσπαθοῦμε νὰ ἀνακατασκευάσουμε τὸ σχῆμα ἑνὸς ἀντικειμένου ἀπὸ τῇ σκιά ποὺ δημιουργεῖται ὅταν φωτίζεται ἀπὸ διάφορες, ἀκόμα καὶ ἀπὸ ὅλες, τὶς διευθύνσεις, αὐτὸ εἶναι δυνατὸν μόνον ὅταν τὸ ἀντικείμενο εἶναι κυρτό, δηλαδὴ ἓνα στερεὸ ποὺ δὲν ἔχει βαθουλώματα, κάτι σὰν τὸ αὐτό.

Ἡ μοναδικότητα ἢ ὅχι τῆς λύσης ἑνὸς ἀντίστροφου προβλήματος ἀπαιτεῖ δύο ἐπίπεδα ἀνάλυσης. Πρῶτα, τῇ διερεύνηση τοῦ ἂν ὑπάρχει μοναδικότητα ἢ ὅχι, καὶ στὴ συνέχεια, ἂν δὲν ὑπάρχει μοναδικότητα, τὴν εὔρεση τῶν χαρακτηριστικῶν τοῦ ἀντικειμένου ποὺ δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀναγνωρισθοῦν ἀπὸ τὶς μετρήσεις ποὺ μᾶς παρέχει ἡ χρησιμοποιούμενη μέθοδος.

Θὰ δώσω καὶ ἐδῶ ἓνα παράδειγμα ποὺ ἀφορᾷ στὴν ἠλεκτρικὴ δραστηριότητα τοῦ ἀνθρώπινου ἐγκεφάλου. Ὁ λειτουργικὸς ἐγκέφαλος μπορεῖ νὰ προτυποποιηθεῖ μὲ ἓνα παχύρρευστο ὑγρὸ ποὺ εἶναι ἠλεκτρικὰ ἀγώγιμο. Ὅταν μιὰ τοπικὴ ὁμάδα νευρωνικῶν κυττάρων διεγείρεται μέσῳ τῆς ροῆς ἰόντων κατὰ μῆκος τῶν ἀξόνων τους, σχηματίζεται ἓνα στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸ ρεῦμα καὶ τὸ πεδίο ποὺ παράγεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ ρεῦμα δημιουργεῖ ἓνα δευτερεῦον (ἐπαγωγικὸ) ρεῦμα σὲ ὁλόκληρο τὸν ἐγκέφαλο. Ἀπόρροια τοῦ συνολικοῦ αὐτοῦ ρεύματος εἶναι ἡ δημιουργία ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ δυναμικοῦ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ κρανίου τὸ ὁποῖο μετριέται μὲ τὴν ἠλεκτροεγκεφαλογραφία, καὶ μιᾶς μαγνητικῆς ροῆς ἡ ὁποία μετριέται μὲ τὴν μαγνητοεγκεφαλογραφία σὲ ἀπόσταση 2-4 cm ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ κρανίου.

Τὸ ἱατρικὸ ἐνδιαφέρον αὐτῶν τῶν τεχνικῶν ἐστιάζεται στὸ κατὰ πόσο ἡ ἠλεκτροεγκεφαλογραφία καὶ ἡ μαγνητοεγκεφαλογραφία εἶναι ἱκανὲς μέθοδοι γιὰ τὸν ἀκριβῆ ἐντοπισμὸ τῆς ἀρχικῆς διέγερσης τῶν νευρώνων, ἡ ὁποία διέγερση προφανῶς ἀντιπροσωπεύει κάποια ἐγκεφαλικὴ λειτουργία, ἡ κάποια ἠλεκτρικὴ δυσλειτουργία ὅπως αὐτὲς ποὺ ὀδηγοῦν στὴν ἐπιληψία, τὸ Alzheimer, τὸ Parkinson ἢ τὴν ἄνοια. Ἐνδιαφέρει δηλαδὴ τὸ κατὰ πόσο οἱ μέθοδοι τῆς ἠλεκτροεγκεφαλογραφίας καὶ μαγνητοεγκεφαλογραφίας μᾶς ἐξασφαλίζουν τὸν ἐντοπισμὸ μιᾶς μοναδικῆς πηγῆς διέγερσης στὸν ἐγκέφαλο, καὶ αὐτὸ ἀκριβῶς εἶναι τὸ πρόβλημα τῆς μοναδικότητος.

Ἡ ἀπάντηση στὸ ἐρώτημα αὐτὸ εἶναι ἀρνητικὴ καὶ αὐτὸ τὸ ποιοτικὸ ἀποτέλεσμα τὸ γνωρίζουμε, τουλάχιστον σὲ ἐπίπεδο φυσικῆς, ἀπὸ τὸ 1853 ἀπὸ τὸν Helmholtz. Εἶναι ὅμως ἐνδεικτικὸ τῆς μαθηματικῆς δυσκολίας ὀρισμένων προβλημάτων τὸ γεγονὸς ὅτι ὁ ποσοτικὸς χαρακτήρας τοῦ τί ἀκριβῶς δὲν «βλέπει» τὸ ἠλεκτροεγκεφαλογράφημα καὶ τὸ μαγνητοεγκε-

φαλογράφημα τὸ ἀπαντήσαμε στὴ γενική του μορφή τὸ 2008, 155 χρόνια μετὰ τὸν Helmholtz. Ἡ προσπάθεια αὐτὴ διήρκεσε περισσότερο ἀπὸ μία δεκαετία καὶ ὁλοκληρώθηκε σὲ συνεργασία μὲ τὸν κύριο Φωκᾶ καὶ μὲ μεταπτυχιακοὺς φοιτητὲς μου, τρία χρόνια ἀπὸ τὰ ὁποῖα χρειάστηκε νὰ παραμείνω στὸ πανεπιστήμιο τοῦ Cambridge μὲ τὸν διορισμὸ μου σὲ ἔδρα ἀριστείας Marie Curie.

Χωρὶς νὰ ὑπεισέλθω σὲ μαθηματικὲς λεπτομέρειες, ἀναφέρω ἐπιγραμματικὰ ὅτι ἡ ἠλεκτροεγκεφαλογραφία μπορεῖ νὰ ἀναγνωρίσει maximum τὸ 33% τῆς ἐγκεφαλικῆς δραστηριότητας καὶ ἡ μαγνητοεγκεφαλογραφία τὸ 66% τῆς ἐγκεφαλικῆς δραστηριότητας, τὸ μισὸ τῆς ὁποίας εἶναι τὸ ἴδιο μὲ αὐτὸ ποὺ δύναται νὰ ἀναγνωριστεῖ καὶ ἀπὸ τὴν ἠλεκτροεγκεφαλογραφία.

Συμπέρασμα: Μὲ αὐτὲς τὲς δύο ἀπεικονιστικὲς μεθόδους ἕνα 33% τῆς ἐγκεφαλικῆς δραστηριότητας δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἀναγνωρισθεῖ ποτέ, ὅσο καλὰ ὄργανα καὶ νὰ ἔχουμε, ὅσο καλὲς μετρήσεις καὶ νὰ πάrouμε.

Προφανῶς, ὑπάρχουν καὶ ἄλλες μέθοδοι, ὅπως εἶναι τὸ MRI, ποὺ δίνουν ἀκριβέστερα ἀποτελέσματα, ἀλλὰ εἶναι πολὺ ἀργές γιὰ νὰ παρακολουθήσουν τὴν ἐγκεφαλικὴ λειτουργία, σὲ ἀντίθεση μὲ τὴν ἠλεκτροεγκεφαλογραφία καὶ τὴ μαγνητοεγκεφαλογραφία, ποὺ μποροῦν νὰ μᾶς δίνουν εἰκόνα τῆς ἐγκεφαλικῆς δραστηριότητας ἀνὰ χιλιοστὸ τοῦ δευτερολέπτου.

Παρόλο ποὺ τὸ ἔργο τῶν μαθηματικῶν βρίσκεται πίσω ἀπὸ κάθε ἐρευνητικὸ ἀποτέλεσμα ποὺ ἐντυπωσιάζει τὴν ἀνθρωπότητα, οἱ μαθηματικοὶ πετᾶνε πολὺ χαμηλότερα ἀπὸ τὴν περιοχὴ στὴν ὁποία ἔχουν πρόσβαση τὰ κοινωνικὰ radar καὶ βρίσκονται πάντα στὴ σκιά τῆς δημοσιότητας. Αὐτὴ ἡ διατύπωση ἀφορᾷ προφανῶς καὶ τὸν ἐλλαδικὸ πανεπιστημιακὸ χῶρο, στὸν ὁποῖο διεξάγεται ἀξιόλογη μαθηματικὴ ἐρευνα ποὺ δὲν εἶναι ἰδιαίτερα γνωστὴ. Αὐτὸ τὸ γνωρίζουν πολὺ καλύτερα τὰ μεγάλα ἐρευνητικὰ κέντρα τοῦ ἐξωτερικοῦ μέσω τῶν Ἑλλήνων ἐρευνητῶν μὲ τοὺς ὁποίους τὰ τροφοδοτοῦμε.

Εἶναι γεγονὸς ὅτι οἱ δυσκολίες στὴν ἐρευνα εἶναι μεγαλύτερες στὴν Ἑλλάδα λόγῳ κυρίως τῆς περιφερειακῆς θέσης της σὲ σχέση μὲ τὰ μεγάλα κέντρα. Αὐτὸ ἀντιμετωπίζεται μὲ συνεχῆ ταξίδια στὸ ἐξωτερικὸ καὶ μὲ συνεργασίες μὲ συναδέλφους ἀπὸ ὅλον τὸν κόσμον. Ἄλλωστε ἡ μαθηματικὴ ἐρευνα δὲν ἀπαιτεῖ τὴν καθημερινὴ ἐπαφὴ μὲ τοὺς συνεργάτες καὶ προφανῶς μὲ τὸ σημερινὸ ἐπίπεδο ἐπικοινωνίας οἱ ἀποστάσεις μεταξὺ τῶν συνεργατῶν ἔχουν ἐκμηδενιστεῖ. Ἀρκεῖ νὰ σᾶς ἀναφέρω ὅτι ἔχω δημοσιεύσει ἐρευνητικὲς ἐργασίες μὲ συναδέλφους ἀπὸ διάφορα σημεῖα τῆς Γῆς

μὲ τοὺς ὁποίους δὲν ἔχουμε συναντηθεῖ ποτέ, καὶ προφανῶς αὐτὸ εἶναι πολὺ διαδεδομένο στὴ σημερινὴ ἐποχὴ.

Ἄς ἔλθω τώρα γιὰ λίγο καὶ στὸ ἔργο τῆς διδασκαλίας.

Ἀγαποῦσα πάντα τὴ διδασκαλία, ἴσως ἐπειδὴ ἐκτιμοῦσα τὴν ἐξαιρετικὴ διδασκαλία ποὺ δέχθηκα, ἴσως γιὰ τὴ χαρὰ νὰ βλέπω στὰ μάτια τῶν μαθητῶν μου ὅτι κατανοοῦσαν αὐτὸ ποὺ τοὺς περιέγραφα κάθε φορά, ἢ ἴσως γιὰ τὸ γεγονὸς ὅτι, σὲ μιὰ γόνιμη διδασκαλία, ὁ δάσκαλος κερδίζει σὲ βαθμὸ κατανόησης περισσότερα ἀπὸ κάθε μαθητὴ ποὺ τὸν ἀκούει. Ἄλλωστε εἶναι γνωστὴ ἡ ρήση τοῦ νομπελίστα Leon Lenderman, ὁ ὁποῖος ἔχει πεῖ ὅτι:

«Ὅποιος κάνει ἓνα μάθημα καὶ δὲν μαθαίνει τίποτα ἀπὸ αὐτό, τότε σίγουρα δὲν τὸ κάνει καλά».

Οἱ 23 διδακτορικὲς διατριβὲς ποὺ ἐκπονήθηκαν ἀπὸ μαθητές μου μοῦ ἔχουν προσφέρει τόση ἱκανοποίηση ποὺ δὲν μπορῶ νὰ τὴ συγκρίνω μὲ καμία ἄλλη ἐπαγγελματικὴ μου δραστηριότητα ἢ τιμητικὴ διάκριση, γιὰτὶ ἀνῆκω σὲ αὐτὴν τὴν κατηγορίαν δασκάλων ποὺ πιστεύουν ὅτι τὸ ἔργο τους μετρίεται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν μαθητῶν τους ποὺ τὸν ξεπέρασαν, καὶ χαίρομαι κάθε φορά ποὺ ἓνας μαθητὴς μου μὲ ἀφήνει πίσω. Εἶναι καὶ αὐτὸ μιὰ συνιστώσα τῆς πολυσχιδοῦς ἔννοιας τοῦ δασκάλου.

Κυρίες καὶ κύριοι, ὅταν τὸ 1975 ὀλοκλήρωσα τὶς διδακτορικὲς μου σπουδὲς στὸ Πανεπιστήμιο τοῦ Illinois, μοῦ προσφέρθηκε μία θέση στὸ Ἰνστιτοῦτο Courant στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Νέας Ὑόρκης, τὸ σημαντικότερο τότε κέντρο ἐφαρμοσμένων μαθηματικῶν τῆς Ἀμερικῆς ἂν ὄχι τοῦ κόσμου, καὶ ἡ πρόκληση ἦταν πολὺ μεγάλη. Τελικὰ ἀποφάσισα νὰ συμβιβαστῶ ἐπαγγελματικὰ καὶ νὰ ἐπιστρέψω στὴν Ἑλλάδα γιὰτὶ ἤθελα νὰ διδάξω μαθηματικὰ σὲ Ἑλληνόπουλα. Δὲν τὸ μετάνιωσα ποτέ. Καί, ἂν σήμερα ἀντιμετώπιζα τὸ ἴδιο δίλημμα, τὸ ἴδιο θὰ ἐπέλεγα. Δὲν ξέρω ἂν αὐτὸ λέγεται συναισθηματισμός, ρομαντισμός, ἀνωριμότητα ἢ ἐπαγγελματικὴ ἀφέλεια, ἀλλὰ ἐγὼ εἶναι κάτι ποὺ δὲν μπόρεσα ποτέ νὰ ξεπεράσω μὲ τὴ λογικὴ, καὶ ἄς εἶμαι καὶ μαθηματικός.

Σᾶς εὐχαριστῶ πολὺ γιὰ τὴν παρουσία σας ἐδῶ σήμερα καὶ γιὰ τὴν ὑπομονή σας νὰ ἀκοῦτε ἓναν μαθηματικὸ νὰ σᾶς μιλάει.

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 13ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2017

ΦΩΤΗΣ ΚΑΦΑΤΟΣ (1940-2017):
ΤΟ ΙΧΝΟΣ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΠΑΙΔΕΙΑ
ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ
κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΟΛΛΙΑ

Ὁ ἀκαδημαϊκὸς κ. Γεώργιος Κόλλιας λαμβάνει τὸν λόγο καὶ λέγει γιὰ τὸν Φώτη Καφάτο τὰ ἑξῆς:

Τὴν 18η Νοεμβρίου ἔφυγε ἀπὸ τὴ ζωὴ, σὲ ἡλικία 77 ἐτῶν, ὁ Φώτης Καφάτος, ὁ πλέον ἀναγνωρίσιμος διεθνῶς Ἑλληνας βιολόγος. Ὁ Φώτης Καφάτος ὑπηρετήσε καὶ ἀνέπτυξε τὴν εὐρωπαϊκὴ καὶ παγκόσμια ἐπιστημονικὴ ἔρευνα καὶ παιδεία μὲ ἰδιαίτερη ἀφοσίωση καὶ ἐξαιρετικὰ ἀποτελέσματα. Ἀφήνει πίσω του ἓνα βαθὺ καὶ γόνιμο ἴχνος μὲ τὴ σπουδαία ἐπιστημονικὴ του προσφορά, καθὼς συνετέλεσε στὴν ἀνάπτυξη καὶ λειτουργία τῶν πιὸ σημαντικῶν εὐρωπαϊκῶν ὀργανισμῶν ὑποστήριξης τῆς ἐπιστημονικῆς ἔρευνας.

Ὁ Φώτης Καφάτος γεννήθηκε στὸ Ἡράκλειο τῆς Κρήτης στὶς 16 Ἀπριλίου τοῦ 1940. Τὸ 1961 σπούδασε ζωολογία στὸ Πανεπιστήμιο Κορνέλ καὶ τὸ 1962 βιολογία στὸ Πανεπιστήμιο Χάρβαρντ, ἀπὸ τὸ ὁποῖο καὶ ἔλαβε τὸ διδακτορικό του στὴ βιολογία τὸ 1965.

Τὸ 1969, σὲ ἡλικία 29 ἐτῶν, γίνεται ὁ νεότερος τακτικὸς καθηγητὴς θετικῶν ἐπιστημῶν στὸ Χάρβαρντ, ὅπου ἀναπτύσσει πρωτοποριακὲς μεθόδους στὴ μοριακὴ βιολογία γιὰ τὴ μελέτη τῆς ἀλληλουχίας τοῦ DNA καὶ τοῦ RNA τῶν εὐκαρυωτικῶν ὀργανισμῶν. Ἐκεῖνη τὴν ἐποχὴ ἀναπτύσσει

μαζί με τόν Άργύρη Εύστρατιάδη και τόν Tom Maniatis τήν κλωνοποίηση συμπληρωματικοῦ DNA και ἀποκαλύπτεται ἔτσι γιὰ πρώτη φορά ἡ πρωτοταγῆς δομὴ τοῦ RNA τῆς β-σφαιρίνης. Τὸ ἐργαστήριό του ἐφευρίσκει ἐπίσης ἐκεῖνη τὴν ἐποχὴ τὴν περίφημη καὶ πολυαναφερθεῖσα τεχνικὴ τοῦ «dot blot», ποὺ ἔμελλε νὰ χρησιμοποιηθεῖ εὐρύτατα καὶ γιὰ πολλὰ ἀκόμη χρόνια ἀπὸ τοὺς μοριακοὺς βιολόγους γιὰ τὴν ποσοτικὴ ταυτοποίηση DNA καὶ RNA. Παράλληλα ἀπὸ τὸ 1972 ἕως τὸ 1982 κατέχει καὶ τὴ θέση τοῦ καθηγητῆ Βιολογίας στὸ Ἐθνικὸ καὶ Καποδιστριακὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν.

Οἱ φοιτητὲς ἐκείνης τῆς ἐποχῆς, μεταξὺ τῶν ὁποίων καὶ ὁ ὁμιλῶν, ἐντυπωσιάζονται μὲ τὴν ἀπλότητα καὶ τὴν ἀμεσότητα τοῦ καθηγητῆ Καφάτου, ποὺ εἰσάγει στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Ἀθήνας τὶς ἐπαναστατικὲς νέες γνώσεις τῆς μοριακῆς βιολογίας. Μὲ τὴν εἰκόνα του, πιστεύω ὅμως καὶ μὲ τὴν ψυχὴ του, νὰ μοιάζει μὲ αὐτὴ τῶν φοιτητῶν, τῶν παιδιῶν μὲ τὰ μαλλιά καὶ μὲ τὰ μαῦρα γένια, συνομιλεῖ μαζί τους, εἰσάγει πρωτόγνωρα ἤθη στὶς μεταξὺ τους σχέσεις καὶ ἐμπνέει τὸν ἀλληλοσεβασμό, ποὺ στηρίζεται σὲ πραγματικὲς ἀξίες καὶ πηγαινοέρχεται διαλόγους, καταφέροντας ἔτσι νὰ γεννήσει ἓναν προβληματισμὸ καὶ «ἓναν κάποιον» μετασχηματισμὸ τῶν ἐν πολλοῖς ὑποκριτικῶν συμπεριφορῶν τοῦ κατεστημένου τῶν «καθηγητικῶν ἐδρῶν» ἐκείνης τῆς ἐποχῆς, ἀπομεινάρια τοῦ ὁποῖου δυστυχῶς παρατηροῦμε συχνὰ καὶ στὶς μέρες μας.

Τὸ 1982 ὁ Φώτης Καφάτος ἐκλέγεται καθηγητὴς Βιολογίας στὸ Πανεπιστήμιο Κρήτης. Ἀπὸ τὴν Κρήτη, ἐγκαινιάζει καὶ συμβάλλει καθοριστικὰ στὴν ἀνάπτυξη τοῦ Ἰνστιτούτου Τεχνολογίας καὶ Ἐρευνας (ΙΤΕ), σὲ στενὴ συνεργασία μὲ τὸν αἰμίμηστο ἐξαίρετο ἐπιστήμονα τῆς Πληροφορικῆς Στέλιο Ὁρφανουδάκη καὶ τὸν ἐπίσης σπουδαῖο Ἑλληνα φυσικὸ Λεωτέρη Οἰκονόμου. Τμῆμα τοῦ ΙΤΕ ἀποτελεῖ καὶ τὸ Ἰνστιτούτο Μοριακῆς Βιολογίας καὶ Βιοτεχνολογίας (IMBB), τὸ ὁποῖο ἀναλαμβάνει νὰ διευθύνει ὁ Φώτης Καφάτος μέχρι τὸ 1993. Ὑπὸ τὴν ἡγεσίαν τῶν τριῶν αὐτῶν προσωπικοτήτων τῆς ἐλληνικῆς ἐπιστήμης δημιουργεῖται ἓνα μοναδικὰ θετικὸ ἀναπτυξιακὸ κλίμα καὶ στὸ Ἰνστιτούτο Βιολογίας, ἀλλὰ καὶ γενικότερα στὸ ΙΤΕ καὶ τὸ Πανεπιστήμιο Κρήτης, στὰ ὁποῖα ἀρχίζουν νὰ προσελκύονται ἀξιολογότατοι Ἑλληνες ἐρευνητές, πολλοὶ ἐκ τῶν ὁποίων ἐπαναπατρίζονται ἀπὸ γνωστὰ πανεπιστήμια ἢ ἐρευνητικὰ κέντρα τῆς Εὐρώπης καὶ τῆς Ἀμερικῆς. Δημιουργεῖται ἔτσι στὴν Κρήτη ἓνα νέο δυναμικὸ ἐπιστημονικὸ περιβάλλον, πρωτόγνωρο γιὰ τὰ ἐλληνικὰ δεδομένα τῆς ἐποχῆς, τὸ

όποιο λειτουργεί βάσει διεθνών προτύπων και συμβάλλει τὰ μέγιστα στην ανάπτυξη πρωτοποριακών έρευνητικών ομάδων και ρευμάτων στην έλληνική έπιστήμη και έρευνα. Σήμερα, 35 περίπου χρόνια μετά, τὸ ITE και τὸ Πανεπιστήμιο Κρήτης διατηροῦνται στην κορυφή τῶν ελληνικῶν και εὐρωπαϊκῶν ακαδημαϊκῶν ιδρυμάτων, συνεχίζοντας νὰ παράγουν και νὰ παρέχουν ὑψηλῆς ποιότητας έργο στην έπιστημονική έρευνα, καινοτομία, εκπαίδευση και παιδεία.

Τὸ 1993 ὁ Φώτης Καφάτος ἀναλαμβάνει τὴν ἡγεσία τοῦ Εὐρωπαϊκοῦ Ἐργαστηρίου Μοριακῆς Βιολογίας (European Molecular Biology Laboratory, EMBL) στὴ Χαϊδελβέργη, θέση πὺλ διατήρησε ἕως τὴ συνταξιοδότησή του τὸ 2005. Στὸ EMBL ἐκπονεῖ ἓνα ἀπὸ τὰ εὐρέως γνωστὰ έπιστημονικά του ἐπιτεύγματα, τὴν πλήρη ἀλληλούχιση τοῦ γονιδιώματος τοῦ κουνουπιοῦ *Anopheles gambiae*, και τὸν χαρακτηρισμὸ γονιδίων πὺλ μετέχουν στὴν ἔμφυτη ἀνοσία αὐτοῦ τοῦ ἐντόμου, τὴν ὁποία ἐκμεταλλεύεται γιὰ τὴν ἀνάπτυξή του τὸ πλασμῶδιο, τὸ παράσιτο πὺλ εὐθύνεται γιὰ τὴ διάδοση τῆς ἐλονοσίας στὸν ἄνθρωπο. Πέρα ἀπὸ τὰ έπιστημονικά του ἐπιτεύγματα στὸ EMBL, ὁ Φώτης Καφάτος δίνει στὸν ὀργανισμὸ αὐτὸν μιὰ καινούργια ἀναπτυξιακή πνοή, πὺλ τὸ φέρνει στὴν παγκόσμια κορυφή τῶν έρευνητικῶν ιδρυμάτων. Ἐπεξεργάζεται και ἐγκαθιστᾷ ἓνα νέο πρόγραμμα γιὰ διδακτορικές σπουδές ὑψηλοῦ ἐπιπέδου, ἀνεξάρτητο ἀπὸ πανεπιστήμια και βασισμένο στὴν προώθηση τῆς ἀριστείας, πὺλ παράγει ἑκατοντάδες ικανότατους νέους έρευνητές, διεσπαρμένους σήμερα σὲ ὅλο τὸν κόσμο. Ὑποστηρίζει τὴ δημιουργία ἐπιχειρήσεων ἔντασης γνώσης (τὶς λεγόμενες spin-off ἐταιρεῖες), τὶς ὁποῖες ὀργανώνει γύρω ἀπὸ μιὰ νέα, ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸ EMBL, ἐταιρεία διαχείρισης τῆς πνευματικῆς ιδιοκτησίας, γνωστῆς ὡς EMBLEM, δημιουργώντας ἔτσι ἓνα νέο πλήρως ἐπιτυχημένο πρότυπο ἐκμετάλλευσης τῆς πνευματικῆς ιδιοκτησίας και τῆς καινοτομίας σὲ έρευνητικούς ὀργανισμούς. Ἐγκαινιάζει ἓνα νέο πυκνὸ πρόγραμμα δραστηριοτήτων, τὸ Πρόγραμμα Ἐπιστήμης και Κοινωνίας τοῦ EMBL, πὺλ λειτουργεῖ μέχρι σήμερα μὲ μεγάλη ἐπιτυχία και εὐαισθητοποιεῖ και τοὺς έρευνητὲς και τὸ κοινὸ σὲ θέματα κοινωνικῆς εὐθύνης τῆς έπιστημονικῆς έρευνας. Ὁραματιζόμενος τὸ μέλλον τῆς βιολογίας στὴ νέα ἐποχή τῆς γονιδιωματικῆς, ιδρύει στὸ EMBL τέσσερις νέους τομεῖς, ἓνα ἐργαστήριό γιὰ τὴν ἀναπτυξιακή βιολογία στὴ Χαϊδελβέργη, ἓνα νέο ἰνστιτοῦτο βιοπληροφορικῆς στὸ Hinxton τῆς Μεγάλης Βρετανίας, τὸ γνωστὸ σὲ ὅλους σήμερα και πολὺ σημαντικὸ European Bioinformatics Institute (EBI), ἐνῶ, γιὰ νὰ κατευνάσει τὶς πιε-

στικές απαιτήσεις των Ίταλων ως προς τη συμμετοχή τους στο EMBL, ιδρύει ένα νέο ινστιτούτο για τη μελέτη της γονιδιακής λειτουργίας σε πρότυπα ποντικών, στο Monterotondo της Ρώμης.

Με την ολοκλήρωση της θητείας του στο EMBL μεταφέρει το έργο-στήριό του στο Imperial College του Λονδίνου, όπου εκλέγεται καθηγητής Άνοσογενομικής. Ταυτόχρονα ήγείται και θέτει τις βάσεις για την ίδρυση του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Έρευνας (European Research Council – ERC), ως πρώτος Πρόεδρος του Έπιστημονικού του Συμβουλίου. Συσπειρώνει μια ομάδα 22 κορυφαίων ερευνητών –μεταξύ των οποίων είναι και τρεις νομπελίστες– γύρω από το όραμα ενός ανεξάρτητου ευρωπαϊκού φορέα χρηματοδότησης της βασικής έρευνας, το οποίο υποστηρίζει την έρευνα με γνώμονα μόνο την επιστημονική αριστεία και λειτουργεί πέρα από τις γραφειοκρατικές αγκυλώσεις των προγραμμάτων-πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το ERC κλείνει φέτος τα 10 χρόνια λειτουργίας του και αποτελεί σήμερα τον φάρο της ευρωπαϊκής χρηματοδότησης για την έρευνα. Ο προϋπολογισμός του ERC για την περίοδο 2014-2020 είναι 13 δισ. ευρώ (αύξηση 60% σε σχέση με το προηγούμενο πρόγραμμα-πλαίσιο FP7). Οι βάσεις που έθεσε ο Φώτης Καφάτος αποδίδουν σήμερα καρπούς και θέτουν τις προϋποθέσεις ανάπτυξης της έρευνας και της καινοτομίας στην Ευρώπη. Από την ίδρυσή του το ERC έχει χρηματοδοτήσει 7.000 κορυφαίες ερευνητικές ομάδες, οι οποίες έχουν επιλεγεί ανάμεσα σε 65.000 αιτήσεις, μέσα από αδιάβλητες και αξιοκρατικές διαδικασίες αξιολόγησης που αναγνωρίζονται διεθνώς ως πρότυπο. Περισσότερες από 40.000 δημοσιεύσεις έχουν υποστηριχθεί άμεσα από πόρους του ERC και 42.000 ταλαντούχοι νέοι ερευνητές έχουν ενισχυθεί στο πλαίσιο ομάδων ERC, συνεισφέροντας στη δημιουργία μιας νέας γενιάς εξαιρετών επιστημόνων. Η ιδέα του ότι το Συμβούλιο πρέπει να διοικείται από επιστήμονες ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της ερευνητικής κοινότητας αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της επιτυχίας του ERC και δίνει το παράδειγμα και για άλλα παρόμοια έγχειρήματα. Το ERC σήμερα χτίζει πάνω στην κληρονομιά που άφησε πίσω του ο Φώτης Καφάτος με πυξίδα το όραμα και την εμπνευσή του.

Αξίζει να αναφερθώ, έστω αποσπασματικά σε αυτή τη σύντομη αναδρομή, σε μερικές δικές του σκέψεις που εξέφρασε δημόσια:

Για τη σχέση του με την εξουσία είχε πει:

«Δεν έπιζω την εξουσία, δεν αίσθάνομαι την ανάγκη να αποδείξω πώς έχω δύναμη. Αντίθετα, υπακούω στην έσωτερική μου ανάγκη να χρη-

σιμοποιῶ τὴν ὅποια δυνατότητα καὶ ἐπιρροή ἔχω γιὰ νὰ κάνω κάτι δημιουργικό, κάτι τὸ ὁποῖο δὲν προωθεῖ κυρίως τὴ δική μου καριέρα ἀλλὰ ὑπηρετεῖ ἕναν εὐρύτερο κοινωνικό στόχο. Τὸ ὅτι ἡ ἐξουσία γιὰ τὴν ἐξουσία μὲ ἀφήνει ἀδιάφορο ἀποτελεῖ μέρος τῆς κοσμοθεωρίας μου καὶ συνδέεται μὲ εὐρύτερες σκέψεις σχετικά μὲ τὸ τί εἴμαστε καὶ ποιὸς εἶναι ὁ προορισμός μας στὸ σύντομο χρονικὸ διάστημα τῆς ζωῆς. Πιστεύω ὅτι ὁ προορισμός μας ἔχει νὰ κάνει μὲ τὴ δημιουργία, τὴν αὐτογνωσία, τὸν σεβασμὸ τοῦ ἄλλου, τὴν ἠθικὴ καὶ κοινωνικὴ συνείδηση ποὺ μᾶς κάνει πραγματικὰ ἀνθρώπους».

Γιὰ τὴν ἐπιστήμη στὴν Ἑλλάδα εἶπε:

«Ἄν ὅλοι συμφωνοῦν ὅτι ἡ ἐπιστήμη καὶ ἡ ἔρευνα ἀποτελοῦν μοχλὸ μακροχρόνιας ἀνάπτυξης, ὀφείλει καὶ ὁ σχεδιασμὸς νὰ εἶναι ἐξίσου μακροχρόνιος. Πρέπει κανεῖς νὰ τραβήξει τὸ ἐνδιαφέρον τῶν μαθητῶν τοῦ γυμνασίου πρὸς τὴν ἐπιστήμη, νὰ τοὺς ἐκπαιδεύσει σωστὰ καὶ νὰ τοὺς δελεάσει μὲ τὴ βάσιμη δυνατότητα δημιουργικῆς ἐργασίας. Πρακτικὰ αὐτὸ σημαίνει ὅτι πρέπει νὰ ὑπάρξει συνέπεια καὶ συνέχεια τῶν πρωτοβουλιῶν τῆς πολιτείας. Πιστεύω πῶς καὶ γενικότερα ἡ ἄλλοπρόσκληση ἀσυνέχεια ἀπογοητεύει τοὺς πολίτες καὶ τοὺς ὀδηγεῖ στὴν παραίτηση. Αὐτὸ τὸ τρομερὸ ποὺ λέμε συχνά, ὅτι στὴν Ἑλλάδα δὲν γίνεται τίποτε, εἶναι καταστρεπτικό. Σαφῶς γίνονται σημαντικὰ πράγματα στὴν Ἑλλάδα, ἀς τὰ διαφυλάξουμε. Ἄς χαραχθεῖ μιὰ μακροχρόνια πολιτικὴ. Ἄς πᾶψουμε νὰ εἴμαστε ἡ χώρα τοῦ Σίσυφου».

Γιὰ τὴ Νέα Βιολογία εἶπε:

«Ἡ συμμετοχή μας στὴ Νέα Βιολογία ἀπαιτεῖ σοβαρὴ ἐπένδυση καὶ ὑποδομή, μὲ τοπικὲς καὶ ἐθνικοῦ ἐπιπέδου μονάδες ποὺ δίνουν πρόσβαση στὲς νέες τεχνολογίες καὶ ὄργανα. Σοβαρὴ ἐπένδυση στὴ διεξαγωγὴ τῆς ἔρευνας καθυπὴν, λειτουργικὰ ἔξοδα καὶ ἐκπαιδευμένοι ἄνθρωποι, μὲ αὐστηρὰ ἀξιοκρατικὰ κριτήρια. Τὸ χάσμα ποὺ μᾶς χωρίζει ἀπὸ τίς ἄλλες εὐρωπαϊκὲς χῶρες μεγαλώνει».

Ἐπιτρέψτε μου ἐδῶ νὰ παρεμβάλω μιὰ προσωπικὴ μαρτυρία ποὺ μοῦ ζήτησε νὰ ἀναφέρω ὁ ἐκλεκτὸς συνάδελφος Θανάσης Φωκᾶς:

Πρὶν ἀπὸ 10 χρόνια πραγματοποιήθηκε στὸ σπίτι του στὸ Cambridge μιὰ συνέντευξη-διάλογος μὲ τὸν Φώτη Καφάτο, ἡ ὁποία δημοσιεύτηκε στὸ περιοδικὸ *Κ* τῆς Καθημερινῆς μὲ τίτλο: «Ἡ ἀλήθεια τῶν μαθηματικῶν καὶ τὸ πεπρωμένο τοῦ γονιδιώματος».

Τότε αποφασίσαμε, λέγει ὁ Θανάσης Φωκᾶς, νὰ συγγράψουμε ἓνα βιβλίο, μιὰ ἀπόφαση ποὺ δυστυχῶς δὲν θὰ υλοποιηθεῖ ποτέ. Αὐτὴν τὴν ἀνακοίνωση ἀφιερώνω στὴ μνήμη τοῦ Φώτη, τοῦ μεγάλου αὐτοῦ ἐπιστήμονα.

Μὲ τὸ πολυσχιδὲς ἔργο του ὁ Φώτης Καφάτος κέρδισε τὴ δική του ἀθανασία. Ἐκεῖνοι ποὺ ἀφήνει πίσω του ἀλλὰ καὶ οἱ μελλοντικὲς γενιὲς στὸ ἐξῆς θὰ τὸν μνημονεύουν καὶ θὰ τὸν μιμοῦνται, ὡς παράδειγμα προσωπικότητος ποὺ στηρίξε τὴν παραγωγικὴ του θητεία σὲ ἀξίες ὅπως ἡ ἀξιοκρατία καὶ ἡ ἀριστεία, ἡ ἐπίμονη καὶ ποιοτικὴ ἐργασία, τὸ ἀνθρωπιστικὸ ἦθος καὶ ὄραμα, ἡ συμβολὴ στὴν ἀνάπτυξη ἐπιστημονικοῦ πολιτισμοῦ μέσα ἀπὸ τὴν ὑποστήριξη καὶ διάδοση τῶν ἀξιῶν τῆς ἐπιστήμης, καὶ ἐν τέλει οἱ πολλὰ πλὴς εὐκαιρίες ποὺ γενναιόδωρα ἔδωσε ὁ ἴδιος στοὺς ἄλλους, σὲ ἐπιστροφή τοῦ «δῶρου τοῦ χρόνου», ὅπως ἐκεῖνος ἔλεγε ὅτι ἀντιλαμβάνοταν τὴ ζωὴ καὶ σὲ ἀντίθεση μὲ τὴν ἀχάριστη «φειδωλότητα τοῦ χρόνου» ποὺ τοῦ ἐπιφύλασσε ἡ ἴδια.

Κύριε Πρόεδρε, παρακαλῶ, ἂν συμφωνεῖτε, νὰ προσκαλέσετε τὴν Ὁλομέλεια σὲ σιγὴ, ἀφιερωμένη στὴ μνήμη τοῦ μεγάλου αὐτοῦ κοσμοπολίτη Ἑλληνα ἐπιστήμονα καὶ δασκάλου, ποὺ προσέφερε τόσο πολλὰ στὸν τόπο του, τὴν Κρήτη, τὴν Ἑλλάδα καὶ τὸν κόσμον».

Ἡ Ὁλομέλεια τηρεῖ ἐνὸς λεπτοῦ σιγὴ εἰς μνήμην τοῦ ἐκλιπόντος.

ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ
ΤΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΕΡΕΥΝΗΣ

ΕΚΘΕΣΕΙΣ

ΚΕΝΤΡΟΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Κατὰ τὸ 2017 συνεχίστηκαν οἱ πολλαπλές δραστηριότητες τοῦ Κέντρου. Ἡ ἔρευνα ἐστίασε στὰ ἀκόλουθα ἐπιστημονικά πεδία: Θεωρητική καὶ Παρατηρησιακὴ Γαλαξιακὴ Δυναμική, Μὴ Γραμμικὴ Δυναμικὴ καὶ Χάος, Ἡλιακὴ Φυσικὴ, Μαγνητοϋδροδυναμικὴ, Κοσμολογία. Δημοσιεύθηκαν ἢ ἔγιναν δεκτὲς πρὸς δημοσίευση 61 ἐργασίες σὲ περιοδικὰ μὲ κριτές, καθὼς καὶ σὲ πρακτικὰ συνεδρίων μὲ κριτές ἢ χωρὶς κριτές. Ὁ Ἐπόπτης τοῦ Κέντρου δημοσίευσε τὶς ἐξῆς δύο ἐργασίες του: "Ὑπαρξὴ ζωῆς στὸ Σύμπαν καὶ Ζωὴ στὸ Σύμπαν. Ἐπίσης, ἐκδόθηκε τὸ τεῦχος *Νεότερες Ἐξελίξεις στὴν Ἀστρονομία 2017* (ἐπιμ. Γ. Κοντόπουλος – Π. Πάτσης). Τέλος, ὁ Διευθύνων ἐπιμελήθηκε τὴν ἔκδοση τοῦ περιοδικοῦ *Ἰππαρχος* τῆς Ἑλληνικῆς Ἀστρονομικῆς Ἑταιρείας. Οἱ ἐρευνητὲς τοῦ Κέντρου ἔλαβαν μέρος μὲ ἀνακοινώσεις σὲ συνέδρια, ἡμερίδες καὶ ἄλλες συναφεῖς ἐπιστημονικὲς ἐκδηλώσεις. Ἐγίναν 39 σεμινάρια γιὰ θέματα Ἀστρονομίας, Ἀstroφυσικῆς καὶ Μηχανικῆς. Οἱ ἐρευνητὲς ἔδωσαν σειρὰ μαθημάτων σὲ μεταπτυχιακὰ πανεπιστημιακὰ τμήματα, ἐπέβλεψαν 9 διδακτορικὲς διατριβὲς καὶ 3 μεταπτυχιακοὺς φοιτητές.

ΚΕΝΤΡΟΝ ΕΡΕΥΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

Τὸ Κέντρο συνῆψε συνεργασίες μὲ ἐρευνητικὰ κέντρα τοῦ ἐξωτερικοῦ καὶ μὲ ἑλληνικὰ ἰδρύματα. Ἐπίσης, παρουσίασε ἐργασίες καὶ συμμετέσχε σὲ διεθνή ἐπιστημονικὰ συνέδρια, συναντήσεις, καθὼς καὶ σὲ ἐθνικὰ ἐπιστημονικὰ συνέδρια, ἐνῶ δημοσιεύσεις του παρουσιάστηκαν σὲ ἐπιστημονικὰ περιοδικὰ μὲ κριτές. Στὸν Ἐπόπτη τοῦ Κέντρου ἀπονεμήθηκαν σημαντικὲς διακρίσεις.

Ἐκδόθηκε ἡ μελέτη τοῦ Ἡ. Εὐθυμιόπουλου *Τὸ δῖλημμα τῆς πεταλούδας* καὶ παρουσιάστηκε τὸ βιβλίο τοῦ καθηγητῆ Γρηγόρη Τσάλτα *Περιβάλλ-*

λον. Διεθνής Προστασία-Πολιτική-Δίκαιο-Θεσμοί. Τò Κέντρο συμμετέσχε σέ πολλά έρευνητικά προγράμματα: α) NEO (Navarino Environmental Observatory), β) «Copernicus Atmosphere Monitoring Service CAMS-84: Global and regional a posteriori validation, including focus on the Arctic and Mediterranean areas-CAMS-84», γ) «The European Network for Observing our Changing Planet-ERA-PLANET».

ΚΕΝΤΡΟΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Ἡ έρευνα τοῦ Κέντρου ἐστιάζεται στή δημιουργία ἀλγόριθμων ἀνακατασκευῆς ἱατρικῆς εἰκόνας. Τò 2017 ἔγιναν οἱ ἑξῆς δραστηριότητες: 1) Ὁ ἐπόπτης τοῦ Κέντρου, Ἀθανάσιος Φωκᾶς, ἀπέδειξε τήν ὑπόθεση Lindelöf, ἓνα ἀπό τά σημαντικότερα ἀνοικτά προβλήματα στήν ἱστορία τῶν μαθηματικῶν. 2) Ἀναπτύχθηκε ὁ aSRT, ἓνας ἀναλυτικός ἀλγόριθμος γιά τήν ἀνακατασκευή τῆς εἰκόνας τοῦ τομογραφικοῦ SPECT. 3) Δημοσιεύθηκε ἡ μελέτη μέ τίτλο «Automatic contour determination of multi-object nuclear medicine images». 4) Δημοσιεύθηκε ἡ μελέτη μέ τίτλο «Radiolabelled Methotrexate as a diagnostic agent of inflammatory target sites in patients with rheumatoid arthritis» καί πραγματοποιήθηκαν τέσσερις ὁμιλίες σέ διεθνή συνέδρια. Τò Κέντρο μετέχει στά έρευνητικά προγράμματα «Ἀντίστροφα Προβλήματα καί Ἱατρική Ἀπεικόνιση» καί «Real-Data Implementation and Evaluation of an Analytic Reconstruction Algorithm: Comparison with FBP and OSEM».

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ ΚΑΤΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ

	Σελ.
ΒΑΓΕΝΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ. – Νεκρολογία για τὸ ἀντεπιστέλλον μέλος τῆς Ἀκαδημίας Louis Hegedus	115
ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ. – Ἡ ἀπεξάρτηση τοῦ Τομέα τῶν Μεταφορῶν ἀπὸ τὰ καύσιμα ἄνθρακα καὶ οἱ ἐπιπτώσεις της στὰ μελλοντικά συστήματα μεταφορῶν καὶ συγκοινωνιῶν	47
ΔΑΣΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ. – Ἡ ἀπόλυτη ἀνθρώπινη σκέψη. Εἰσιτήριοις λόγος τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία	193
ΖΕΡΕΦΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ. – Παρουσίαση τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Κωνσταντίνου Συνολάκη κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία	181
ΚΟΛΛΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ. – Φώτης Καφάτος (1940-2017): Τὸ ἔχνος του στὴν εὐρωπαϊκὴ παιδεία καὶ στὴν ἐπιστημονικὴ ἔρευνα	205
ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ. – Ὑπαρξὴ ζωῆς στὸ σύμπαν	95
ΚΟΥΝΑΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ. – Ἡ πληθυσμικὴ γενετικὴ καὶ ἡ θεωρία περὶ δῆθεν ἀφανισμοῦ τῶν Ἑλλήνων τῆς Πελοποννήσου κατὰ τὸν Μεσαίωνα	109
ΚΟΥΝΑΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ. – Ἀναγγελία θανάτου τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους τῆς Ἀκαδημίας Louis Hegedus	115
ΚΟΥΝΑΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ. – Ἀστρονομικὲς χρονολογήσεις τοῦ τέλους τοῦ Τρωικοῦ Πολέμου καὶ τῆς ἐπιστροφῆς τοῦ Ὀδυσσεά	119
ΜΙΚΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ. – Ἱστομηχανικὴ: Σύγκλιση ἐπιστημῶν γιὰ τὴν υἰεία τοῦ ἀνθρώπου. Εἰσιτήριοις λόγος τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία	18
ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ. – Αὐτοάνοσα νοσήματα: Ἐπιστημονικὸ ταξίδι 45 ἐτῶν. Εἰσιτήριοις λόγος τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία	152
ΠΑΠΑΔΗΜΟΣ ΛΟΥΚΑΣ. – Ἀναγγελία θανάτου τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους τῆς Ἀκαδημίας Ἰωακεῖμ (Μάκη) Τσαπόγχα	9

ΠΑΠΑΔΗΜΟΣ ΛΟΥΚΑΣ. – Προσφώνηση τοῦ Προέδρου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κ. Ἀντωνίου Μίκου στὴν Ἀκαδημία	11
ΠΑΠΑΔΗΜΟΣ ΛΟΥΚΑΣ. – Προσφώνηση τοῦ Προέδρου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Χαράλαμπου Μ. Μουτσόπουλου στὴν Ἀκαδημία	143
ΠΑΠΑΔΗΜΟΣ ΛΟΥΚΑΣ. – Προσφώνηση τοῦ Προέδρου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Κωνσταντίνου Συνολάκη στὴν Ἀκαδημία...	179
ΠΑΠΑΔΗΜΟΣ ΛΟΥΚΑΣ. – Προσφώνηση τοῦ Προέδρου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κ. Γεωργίου Δάσιου στὴν Ἀκαδημία	187
ΡΟΥΣΣΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ. – Παρουσίαση τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Χαράλαμπου Μ. Μουτσόπουλου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία	145
ΣΥΝΟΛΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ. – Μεγάλοι σεισμοὶ καὶ παλιρροιακὰ κύματα στὴν Ἑλλάδα. Εἰσιτήριοις λόγος τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία	185
ΦΩΚΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ. – Παρουσίαση τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κ. Ἀντωνίου Μίκου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία	13
ΦΩΚΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ. – Ἡ περίφημη εἰκασία Riemann	171
ΦΩΚΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ. – Παρουσίαση τοῦ ἀντεπιστέλλοντος μέλους κ. Γεωργίου Δάσιου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στὴν Ἀκαδημία	188
ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΕΡΕΥΝΗΣ	
Κέντρον Ἑρευνῶν Ἀστρονομίας καὶ Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν	213
Κέντρον Ἑρέυνης Φυσικῆς τῆς Ἀτμοσφαίρας καὶ Κλιματολογίας.....	213
Κέντρον Ἑρευνῶν Θεωρητικῶν καὶ Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν.....	214

Έκδοτική Παραγωγή



ΕΠΤΑΛΟΦΟΣ Α.Β.Ε.Ε.

Άρδηττου 12-16, 116 36 Άθήνα

Τηλ.: 210.921.7513, 210.921.4820 • Fax: 210.923.7033

www.eptalofos.gr • e-mail: info@eptalofos.gr

