

ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σίμος Ε. Σιμόπουλος



ΤΙΜΗΤΙΚΗ
ΕΚΔΟΣΗ

ΓΙΑ ΤΟΝ
ΠΡΥΤΑΝΗ ΕΜΠ
2010-2014



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΜΠ

Σίμος Ε. Σιμόπουλος



ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σίμος Ε. Σιμόπουλος



ΤΙΜΗΤΙΚΗ
ΕΚΔΟΣΗ
ΓΙΑ ΤΟΝ
ΠΡΥΤΑΝΗ ΕΜΠ
2010-2014



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΜΠ

Απρίλιος 2023

Σίμος Ε. Σιμόπουλος

Τιμητική έκδοση για τον Πρύτανη ΕΜΠ, 2010-2014

Copyright © 2023 Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Γλωσσική επιμέλεια

Ελένη Γιαννακοπούλου, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Σχεδιασμός, σελιδοποίηση, εξώφυλλο

Άννα Τσαγουρίδου, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ε.Μ.Π.

Θωμαΐδειο Κτήριο Εκδόσεων

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Ζωγράφου

Τηλ.: 210 772 2578, fax: 210 772 1127

www.ntua.gr/ntuapress

ISBN 978-960-254-714-4

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑΣ ΤΙΜΗΤΙΚΟΥ ΤΟΜΟΥ ΣΙΜΟΥ Ε. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ

Τιμητική συμμετοχή

Παναγιώτης Πικραμμένος

Πρώην Πρωθυπουργός

Αντιπρόεδρος της Κυβέρνησης

Επιτροπή Επιμέλειας Τιμητικού Τόμου

Αντωνία Μοροπούλου

Υπεύθυνη της έκδοσης

Ομότιμη Καθηγήτρια ΕΜΠ

Εκλεγμένη Αντιπρύτανης με

Πρύτανη τον Σίμο Ε. Σιμόπουλο

Μέλος της Διοικούσας Επιτροπής

Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας

Μέλος Συμβουλίου Διοίκησης

Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Αντώνης Αργυρός

πρώην Υπουργός Επικρατείας

πρώην Νομικός Σύμβουλος ΕΚΠΑ,

της Συνόδου Πρυτάνεων,

του Πρωθυπουργού και του

Υπουργικού Συμβουλίου

Θεόδωρος Ματίκας

Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών

Επιστήμης Υλικών,

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Αντιπρύτανης Έρευνας,

Καινοτομίας και Ανάπτυξης

Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

OHE Nuclear Security Advisory

Group (AdSec)

Σύμβουλος Γεν. Διευθυντή

Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής

Ενέργειας

Πρώην Μέλος του Διοικητικού

Συμβουλίου της Ελληνικής

Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας

Μάριος Αναγνωστάκης

Καθηγητής, Διευθυντής Τομέα

Πυρηνικής Τεχνολογίας, Σχολής

Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

Μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου

της Ελληνικής Επιτροπής

Ατομικής Ενέργειας

Υποστήριξη Έκδοσης

Βάλια Γρίβα

Προϊσταμένη Τμήματος

Δημοσίων Σχέσεων ΕΜΠ

Αντωνία Λαμπροπούλου

Προϊσταμένη Τμήματος

Διεθνών Σχέσεων ΕΜΠ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΕΚ ΜΕΡΟΥΣ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

Ο Τιμητικός αυτός Τόμος στη μνήμη του πρώην Πρύτανη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Ομότιμου Καθηγητή Σίμου Ε. Σιμόπουλου, προσπαθήσαμε να αποδίδει όλες τις πτυχές της προσωπικότητας, του πνεύματος και της δράσης του.

Στην ενότητα «Αφηγηματικά άρθρα και αναμνήσεις» αναδεικνύονται οι πτυχές της προσωπικότητάς του, τόσο στη διοίκηση του ΕΜΠ, ως Αναπληρωτή Προέδρου και Προέδρου της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, Αντιπρύτανη (2000-2003) και Πρύτανη του ΕΜΠ (2010-2014), όσο και κατά τη συμμετοχή του στην Ελληνική Κυβέρνηση, ως Γενικού Γραμματέα του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών (2006-2009), ως Υπουργού Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων στην Υπηρεσιακή Κυβέρνηση Παναγιώτη Πικραμμένου (2012), αλλά και σε θέσεις ευθύνης στη διοίκηση επιστημονικών οργανισμών, όπως αυτές του Αντιπροέδρου και μέλους του Διοικητικού Συμβουλίου της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (1996-2017) και του Προέδρου και Διευθύνοντα Συμβούλου του Οργανισμού Αστικών Συγκοινωνιών Αθήνας ΟΑΣΑ και Προέδρου όλων των θυγατρικών του Εταιρειών ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ, ΗΣΑΠ (2004-2006).

Όπως γράφει ο Αντιπρόεδρος της Ελληνικής Κυβέρνησης, **Παναγιώτης Πικραμμένος**, *«με το ήθος, την ευγένεια και την αποφασιστικότητα που τον χαρακτήριζαν, επηρέασε την κοινωνία, ξεπερνώντας τα όρια του στενού ακαδημαϊκού χώρου. Σπουδαίος ακαδημαϊκός, στιβαρός επιστήμων και πνευματικός άνθρωπος, προσέφερε τις γνώσεις του στους φοιτητές του, στην κοινωνία και στους συναδέλφους του.»*

Όπως αναφέρει ο Πρύτανης του ΕΜΠ, Καθηγητής **Ανδρέας Μπουντουβής**, στον εγκάρδιο που εκφώνησε: *«περνά στην ιστορία του ΕΜΠ ως ταγός, επιστήμονας και δάσκαλος – δυσέυρετη επιτομή εξαίρετου ακαδημαϊκού πολίτη-λειτουργού»*, καθώς και ότι ο ίδιος ο εκλιπών για την αντιμετώπιση της λαίλαπας από την πανδημία, του έγραψε: *«επιτρέψτε μου να θέσω υπόψη σας ότι τίθεμαι στη διάθεση του συνόλου του Ιδρύματος για προσφορά υπηρεσιών, σε οποιοδήποτε επίπεδο κριθεί ότι χρειάζεται.»*

Και όπως γράφει ο πρώην Πρύτανης του ΕΜΠ, Καθηγητής **Ιωάννης Γκόλιας**, στο αφηγηματικό του άρθρο: *«δεν θα σταθώ στα πολυάριθμα επιτεύγματά του. Αυτά είναι καταγεγραμμένα στα βιογραφικά του και στην ιστορία. Θα επιχειρήσω να σκιαγραφήσω την εικόνα του Σίμου, όπως τη διατηρώ μέσα μου. Καθήκον, θεσμικότητα, εντιμότητα, αξιοπρέπεια.»*

Στον Τιμητικό αυτό Τόμο περιλαμβάνονται όχι μόνο εργασίες από τις επιστημονικές περιοχές που θεράπευε και ανέπτυξε στο πλαίσιο της πυρηνικής τεχνολογίας, αλλά και γενικότερες που αφορούν στο όραμά του για την Παιδεία και τη Δημοκρατία, που

ήταν στον πυρήνα του ενδιαφέροντος και της προσφοράς του στα κοινά, για τα οποία ήταν πάντα διαθέσιμος. Το πνεύμα της ελευθερίας τον συνήγειρε, από τα μηνύματα της ιστορικής εξέγερσης του Πολυτεχνείου το '73 μέχρι την εμπέδωση της ακαδημαϊκής και επιστημονικής ελευθερίας στο καθημερινό Πολυτεχνείο και σε όλα τα μέτωπα της κοινωνικής και πολιτικής ζωής. Δεν είναι τυχαίο ότι στα θέματα αυτά κατά κύριο λόγο συμβάλλουν μέλη της Συνόδου Πρυτάνεων των Ελληνικών Πανεπιστημίων της εποχής της Πρυτανείας του (2010-2014). Εποχής κρίσης της Παιδείας, της Οικονομίας, αλλά και των αξιών, τόσο στον ακαδημαϊκό, όσο και στον κοινωνικό χώρο.

Στο πλαίσιο της πυρηνικής τεχνολογίας, τα θέματα ασφάλειας πυρηνικών αντιδραστήρων και ραδιοοικολογίας, στην ανάπτυξη των οποίων συνέβαλε, αναπτύσσονται από συνεργάτες του στην Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας και στον Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ, στην οικοδόμηση και διοίκηση του οποίου συνέβαλε αποφασιστικά, σε όλες τις φάσεις της πανεπιστημιακής του πορείας.

Αλλά και τα θέματα ενέργειας, περιβάλλοντος, αειφορίας και νέων τεχνολογιών που αναπτύσσουν εμπνευσμένα στον Τιμητικό Τόμο συνάδελφοι από όλες τις Σχολές του Πολυτεχνείου, Αντιπρυτάνεις, Κοσμήτορες, ο Πρόεδρος του Συλλόγου Διδακτικού – Ερευνητικού Προσωπικού ΕΜΠ, και Καθηγητές, σε διεπιστημονική βάση, δείχνουν την απήχηση που είχε το έργο και η προσωπικότητά του στην επιστημονική δημιουργία στο Πολυτεχνείο.

Εκ μέρους της Επιτροπής Επιμέλειας του Τιμητικού Τόμου, ευχαριστώ εγκάρδια όλους όσοι συνέβαλαν με άρθρα.

Ο Τιμητικός Τόμος εκδίδεται από τις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις του ΕΜΠ σύμφωνα με απόφαση του Πρυτάνεως ΕΜΠ, Καθηγητή **Ανδρέα Μπουντουβή**.

Θέλω να ευχαριστήσω για την τιμητική συμμετοχή του τον **Παναγιώτη Πικραμμένο** –πρώην Πρωθυπουργό, Αντιπρόεδρο της Ελληνικής Κυβέρνησης– και όλα τα μέλη της Επιτροπής Επιμέλειας του Τιμητικού Τόμου: τον **Αντώνη Αργυρό** –πρώην Υπουργό Επικρατείας, πρώην Νομικό Σύμβουλο ΕΚΠΑ, της Συνόδου Πρυτάνεων, του Πρωθυπουργού και του Υπουργικού Συμβουλίου–, τον Καθηγητή **Θεόδωρο Ματίκα** –Αντιπρύτανη Έρευνας, Καινοτομίας και Ανάπτυξης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, μέλος του Nuclear Security Advisory Group του ΟΗΕ, Σύμβουλο Γενικού Διευθυντή Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας, πρώην μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας–, τον Καθηγητή **Μάριο Αναγνωστάκη** –Διευθυντή Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας.

Για την υποστήριξη της έκδοσης ευχαριστώ την κυρία **Βάλια Γρίβα**, Προϊσταμένη Τμήματος Δημοσίων Σχέσεων ΕΜΠ, καθώς και τις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις του ΕΜΠ, και ιδιαίτερα την κυρία **Άννα Τσαχουρίδου**, για την τεχνική επιμέλεια και την εργώδη προσπάθειά τους, καθώς και την **Αντωνία Λαμπροπούλου** με την οποία διεξήλθαμε όλη την έκδοση, ώστε ο Τιμητικός αυτός Τόμος να ανταποκρίνεται πραγματικά στην προσωπικότητα και το έργο του Σίμου Ε. Σιμόπουλου.

Η μνήμη του Σίμου παραμένει ζωντανή στην ψυχή του Πολυτεχνείου, σε όσους υπερασπίστηκαν και υπερασπίζονται το δημόσιο Πανεπιστήμιο, σε όσους οραματίζονται μια Δημοκρατία που θα λαμβάνει τις αποφάσεις της με επιστημονική ακεραιότητα, ευθύνη αλλά και ευαισθησία. Ο τόμος αυτός ας είναι μια μικρή υπόμνηση της πορείας ενός μεγάλου Ανθρώπου, ακαδημαϊκής και δημόσιας, που το παράδειγμά του αποτελεί έναυσμα σκέψεων και έμπνευσης για το μέλλον.

Τώνια Μοροπούλου

Ομότιμη Καθηγήτρια ΕΜΠ

Εκλεγμένη Αντιπρύτανης με Πρύτανη τον Σίμο Ε. Σιμόπουλο

Μέλος Διοικούσας Επιτροπής Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας

Μέλος Συμβουλίου Διοίκησης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων



ΣΙΜΟΣ Ε. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ
1947-2020

ΣΥΝΟΠΤΙΚΟ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ - ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΤΟΥ ΣΙΜΟΥ Ε. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ

Ο Σίμος Ε. Σιμόπουλος γεννήθηκε στις 17 Απριλίου του 1947 στην Αθήνα από γονείς εκπαιδευτικούς. Ολοκλήρωσε τις δευτεροβάθμιες σπουδές του στο Εκπαιδευτήριο "Βυζάντιο" το 1964. Το επόμενο έτος 1965 εισήχθη στη Σχολή Μηχανολόγων - Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ, από την οποία αποφοίτησε το 1970. Το καλοκαίρι του 1968 έγινε δεκτός για δύο μήνες ως summer student στο Κέντρο Πυρηνικών Ερευνών CERN. Το καλοκαίρι του 1969 έγινε δεκτός ως υπότροφος στο Κέντρο Πυρηνικών Ερευνών "Δημόκριτος". Κατά τη διάρκεια των 5 ετών σπουδών του στο ΕΜΠ ήταν υπότροφος του Υπουργείου Εργασίας για 4 έτη. Μετά την ολοκλήρωση των σπουδών του στο ΕΜΠ, το 1970, κατετάγη στην Πολεμική Αεροπορία, στην οποία υπηρέτησε ως έφεδρος ανθυποσμηναγός μέχρι το 1973. Κατά τη διάρκεια της θητείας του ανέλαβε τον προγραμματισμό μεγάλων εφαρμογών του Μηχανογραφικού Κέντρου του Αρχηγείου Αεροπορίας. Μετά την ολοκλήρωση της θητείας του διορίστηκε, το 1974, ως Έμμισθος Βοηθός με τριετή θητεία στην τότε Έδρα Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ. Το 1975 επιλέχθηκε ως υπότροφος του Υπουργείου Συντονισμού, για εννέα μήνες, για μεταπτυχιακές σπουδές ως φοιτητής - ερευνητής (research student) στο Ηνωμένο Βασίλειο, στο γνωστικό αντικείμενο της Πυρηνικής Τεχνολογίας. Οι σπουδές πραγματοποιήθηκαν στον Τομέα Θερμικής Ισχύος (Thermal Power Section) του Imperial College του Πανεπιστημίου του Λονδίνου. Το αντικείμενο έρευνας ήταν τα θέματα μεταφοράς θερμότητας κάτω από συνθήκες έκτακτης ανάγκης ψύξεως πυρηνικών αντιδραστήρων ισχύος. Στο τέλος του εννεαμήνου του απονεμήθηκε δίπλωμα M.Phil. Το 1977 συνέχισε τις σπουδές του για Ph.D. με παράλληλη παράταση της υποτροφίας του. Το 1978 απέκτησε τον τίτλο του διδάκτορος. Στη διδακτορική του διατριβή ερεύνησε την περιοχή της θερμοϋδραυλικής συμπεριφοράς των στοιχείων πυρηνικού καυσίμου κάτω από τις ανώμαλες καταστάσεις που ακολουθούν ένα ατύχημα απώλειας ψυκτικού. Το 1979 προήχθη σε θέση μόνιμου Επιμελητή του ΕΜΠ. Το καλοκαίρι του 1979 περιόδευσε στις Η.Π.Α. για ένα μήνα, ως υπότροφος της Αμερικανικής Κυβέρνησης και ενημερώθηκε για όλα τα τρέχοντα θέματα Πυρηνικής Τεχνολογίας και Πυρηνοληκτρικών Σταθμών. Εντάχθηκε σε θέση Λέκτορα Πυρηνικής Τεχνολογίας το 1982. Το διάστημα 1982 έως 1992 μέσω διαδοχικών κρίσεων έφθασε μέχρι τη βαθμίδα του Καθηγητή Πυρηνικής Τεχνολογίας στη Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ. Εκλέχθηκε Πρόεδρος της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών δύο φορές: μεταξύ 1999 και 2001 και μεταξύ 2003 και 2005. Διετέλεσε Αντιπρόεδρος της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας μεταξύ 1996 και 1997 και μεταξύ 2004 και 2014. Εκπροσώπησε την Ελλάδα στον Οργανισμό Πυρηνικής Ενέργειας του ΟΟΣΑ από το 1992 μέχρι το θάνατό του. Την περίοδο 1996 - 1999 συντόνισε τη λειτουργία της Συγκλητικής Επιτροπής Προπτυχιακών Σπουδών του Ιδρύματος. Την περίοδο 1997 - 1999 κλήθηκε από την Πρυτανική Αρχή να επισπεύσει την πρώτη συνολική εσωτερική και εξωτερική αξιολόγηση του ΕΜΠ ως ΑΕΙ. Εκλέχθηκε Αντιπρύτανης του ΕΜΠ το

2000 κατά τη δεύτερη τριετή θητεία του Πρύτανη Θ. Ξανθόπουλου. Από τη θέση του αυτή επιμελήθηκε τα οικονομικά του Ιδρύματος και πέτυχε τη μεγιστοποίηση εσόδων και της απορροφητικότητας στα προγράμματα Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου και Ευρωπαϊκού Ταμείου Περιφερειακής Ανάπτυξης των Κοινοτικών Πλαισίων Στήριξης της ΕΕ. Επίσης επιδίωξε και πέτυχε τη στέγαση της Διεύθυνσης Οικονομικών Υπηρεσιών και του Ειδικού Λογαριασμού Κονδυλίων Έρευνας του Ιδρύματος σε νέες κτιριακές εγκαταστάσεις. Το 2003 ανέλαβε Πρόεδρος και Διευθύνων Σύμβουλος στον Οργανισμό Αστικών Συγκοινωνιών της Αθήνας. Από τη θέση του αυτή, μεταξύ άλλων, επέβλεψε και πέτυχε την εύρυθμη λειτουργία των αστικών συγκοινωνιών της Πρωτεύουσας κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004. Από το Μάιο του 2004 μέχρι και το 2006 ανέλαβε και τα καθήκοντα του Προέδρου όλων των θυγατρικών εταιρειών του ΟΑΣΑ, δηλαδή της ΕΘΕΛ, των ΗΛΠΑΠ και των ΗΣΑΠ. Διετέλεσε Γενικός Γραμματέας του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών από τον Αύγουστο του 2006 έως και το 2009. Τον Μάιο του 2009 ανέλαβε Πρόεδρος στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας. Εκλέχθηκε Πρύτανης του ΕΜΠ για την ακαδημαϊκή περίοδο 2010 - 2014. Κατά τη διάρκεια της θητείας του προσπάθησε, και πέτυχε, να διατηρήσει το ΕΜΠ στο ύψος του παρ' όλες τις συνέπειες της οικονομικής κρίσης. Το 2012 συμμετείχε ως Υπουργός Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων στην Υπηρεσιακή Κυβέρνηση που επίσπευσε τις βουλευτικές εκλογές του Οκτωβρίου 2012. Στη διάρκεια της ακαδημαϊκής - επιστημονικής του ζωής επιμελήθηκε σειρά βιβλίων και Πανεπιστημιακών Σημειώσεων Καθηγητών του Ιδρύματος, σειρά δικών του Πανεπιστημιακών Σημειώσεων, Αναφορών και Εκθέσεων και συνέγραψε το βιβλίο "Μετρήσεις Τεχνικών Μεγεθών", το οποίο πρόλαβε να δει ολοκληρωμένο σε 2η αναθεωρημένη ώριμη έκδοση από τις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, μόλις πριν από το θάνατό του. Δίδαξε τα περισσότερα από τα μαθήματα που προσφέρει ο Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας στο πλαίσιο του επιστημονικού του πεδίου. Διετέλεσε κατ' επανάληψη, και όσο του επέτρεπαν οι άλλες του υποχρεώσεις, Διευθυντής του Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας από το 2004 και μετά. Επέβλεψε πλήθος Διπλωματικών Εργασιών και 10 Διδακτορικές Διατριβές, κατά την πρόοδο των οποίων συνέβαλλε στην ανάπτυξη πρωτότυπων ερευνητικών πειραματικών εγκαταστάσεων. Συνέγραψε τουλάχιστον 40 επιστημονικά άρθρα που δημοσιεύθηκαν σε επιστημονικά περιοδικά και λαμβάνουν ετεροαναφορές μέχρι και σήμερα. Έλαβε μέρος σε πλήθος συναντήσεων, ημερίδων, διημερίδων και επιστημονικών συνεδρίων με ή χωρίς κριτές στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Διοργάνωσε στην Ελλάδα δύο μεγάλης εμβέλειας διεθνή συνέδρια για τη ραδιενέργεια στο περιβάλλον, με κριτές, των οποίων τα πρακτικά δημοσιεύθηκαν σε επιστημονικά περιοδικά: το 1997 το Διεθνές Συνέδριο "Radon in the Living Environment" και το 2002 το Διεθνές Συνέδριο "Natural Radiation Environment VII". Συνταξιοδοτήθηκε μετά από 40 έτη συνεχούς υπηρεσίας στο ΕΜΠ, το 2014. Ανακηρύχθηκε Ομότιμος Καθηγητής το 2015. Έφυγε ξαφνικά από κοντά μας τον Σεπτέμβριο του 2020. Συνέδεσε τη ζωή του με τη μόνιμη κατοικία του στην Αθηναϊκή συνοικία του Παγκρατίου και το παραθεριστικό καταφύγιό του στο Πόρτο-Ράφτη της Αττικής, το οποίο υπεραγαπούσε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΦΗΓΗΜΑΤΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΚΑΙ ΑΝΑΜΝΗΣΕΙΣ

Παναγιώτης Πικραμμένος	3
πρώην Πρωθυπουργός της Ελλάδας, Αντιπρόεδρος Κυβέρνησης	
Γιάννης Γκόλιας	
Καθηγητής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, Πρύτανης Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2014-2019	
<i>Μια Εικόνα De Profundis</i>	5
Κωστής Χατζηδάκης	
Υπουργός Εργασίας και Κοινωνικών Υποθέσεων	
<i>Ένας πολύτιμος σύμβουλος και ένας πραγματικός φίλος</i>	7
Μιχάλης Σακκάς	
Αντιπρόεδρος Αρχής Διασφάλισης του Απορρήτου των Επικοινωνιών, πρώην Γενικός Γραμματέας στα Υπουργεία Πολιτισμού και Παιδείας, πρώην Αντιπρόεδρος Εθνικής Επιτροπής Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων, πρώην Αναπληρωτής Διευθύνων Σύμβουλος Οργανισμού Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος	
<i>Μισόν αιώνα συνεργασίες! Σπουδαστικές – πολιτικές και κυρίως φιλικές</i>	9
Αβραάμ Κ. Γούναρης	
Ανώτερος Ανεξάρτητος Σύμβουλος Διοικητικού Συμβουλίου Εθνικής Τράπεζας	
<i>Όταν το μέγεθος της παρουσίας συγκρίνεται μόνο με την ένταση της απουσίας</i>	11
Γιάννης Ανδριανόπουλος	
πρώην Διοικητής Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας	
<i>Σίμος Σιμόπουλος, ο ηγέτης</i>	15
Βασίλης Ταμπουρατζής	
Σύμβουλος Επικοινωνίας	
<i>Ένας άνθρωπος με μεγάλη καρδιά</i>	17
Prof. James Mc Laughlin	
formerly of the University College Dublin	
Dr Zora Žunić	
formerly of the Institute of Nuclear Sciences, "Vinča", Belgrade	
<i>In memorium professor S.E. Simopoulos. "Our multifaceted dear friend and colleague"</i>	19

ΘΕΜΑΤΑ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

που υποβλήθηκαν στη μνήμη του Σ.Ε. Σιμόπουλου

Αντώνης Π. Αργυρός

Δικηγόρος, πρώην Νομικός Σύμβουλος του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, του Πρωθυπουργού και του Υπουργικού Συμβουλίου,

Νομικός Σύμβουλος της Συνόδου Πρυτάνεων των Ελληνικών Πανεπιστημίων 2010-2014

Ακαδημαϊκή και επιστημονική ελευθερία. Ένα πρόβλημα δημοκρατίας 23

Τώνια Μοροπούλου

Ομότιμη Καθηγήτρια, Αντιπρύτανης Ακαδημαϊκών Υποθέσεων και Προσωπικού

Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με Πρύτανη τον Σίμο Ε. Σιμόπουλο 2010-2014,

μέλος της Γραμματείας της Συντονιστικής Επιτροπής της κατάληψης του Πολυτεχνείου '73

και πρώτη εκφωνήτρια του πομπού

Για την επέτειο της Ιστορικής Εξέγερσης του Πολυτεχνείου το Νοέμβρη του '73 41

Θεοδόσης Ν. Πελεgrίνης

Ομότιμος Καθηγητής, Πρύτανης

Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών 2010-2014

ECCE Homo 49

Ισμήνη Κριάρη

Ομότιμη Καθηγήτρια, Αντιπρύτανης και Πρύτανης

Παντείου Πανεπιστημίου Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών 2011-2020

Η συμβολή του περιοδικού «ΑΝΤΑΙΟΣ» στην εξέταση των γεωργικών

και γεωπονικών θεμάτων στη μεταπολεμική Ελλάδα 51

Γρηγόρης Ι. Τσάλτας

Ομότιμος Καθηγητής Διεθνούς Δικαίου, Πρύτανης

Παντείου Πανεπιστημίου Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών 2011-2016,

πρώην Υπουργός Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής,

Διευθυντής Ευρωπαϊκού Κέντρου Περιβαλλοντικής Έρευνας και Κατάρτισης

Ο ρόλος των Μη Κ. Ο. στην προαγωγή της έννοιας της Βιώσιμης Ανάπτυξης.

Κοινωνία των Πολιτών και Αλληλεγγύη 63

Ναπολέων Μαραβέγιας

Ομότιμος Καθηγητής, Αναπληρωτής Πρύτανης

Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών 2014-2019

Χαράλαμπος Χρυσομαλλίδης

Λέκτορας Πανεπιστημίου Νεάπολις Πάφου

Η ελληνική οικονομία μεταξύ των συμπληγμάτων οικονομικών κρίσεων 73

Γιάννης Α. Μυλόπουλος

Καθηγητής, Πρύτανης Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης 2010-2014,
πρώην Πρόεδρος της Αττικό Μετρό ΑΕ

Η Κρίση της Παιδείας και η Παιδεία της Κρίσης 89

Νίκος Μαρκάτος

Ομότιμος Καθηγητής, Fellow of the Royal Society for Arts,
Πρύτανης Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 1991-1997

Διακρίσεις λόγω φύλου στα Πανεπιστήμια: εξακολουθούν να υπάρχουν ακόμα και σήμερα 101

Εμμανουήλ Γ. Κούκιος

Ομότιμος Καθηγητής, Πρόεδρος Σχολής Χημικών Μηχανικών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2010-2012

*Ανάπτυξη και εφαρμογή αλγοριθμικών εργαλείων για τη διοίκηση
πανεπιστημιακών μονάδων. Η περίπτωση της Σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.* 109

Δημήτρης Καλιαμπάκος

Καθηγητής, Κοσμήτορας Σχολής Μεταλλειολόγων-Μεταλλουργών Μηχανικών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2016-2023

*Το νέο πρόγραμμα της Σχολής Μεταλλειολόγων-Μεταλλουργών Μηχανικών:
Αντιμετωπίζοντας τις προκλήσεις της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης* 117

Panagiota K. Rouni

Lecturer, Nuclear Engineering Laboratory, School of Mechanical Engineering,
National Technical University of Athens

Nikos P. Petropoulos

Assistant Professor, Nuclear Engineering Laboratory, School of Mechanical Engineering,
National Technical University of Athens

*The external assessment of NTUA's studies between 1997 and 1999:
A partial retrospect of a two year long process and its follow-up* 131

Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου

συντ. Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Δημιουργία στον ακαδημαϊκό χώρο και οι αφανείς «πληγές» της 145

Maria Ochsenkuehn-Petropoulou

Ομότιμη Καθηγήτρια Σχολής Χημικών Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Simos Simopoulos †**Charalambos Tsoutrelis**

τ. Καθηγητής Σχολής Μεταλλειολόγων-Μεταλλουργών Μηχανικών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Association of Professors Emeriti of the National Technical University of Athens

The need to define the role of Emeriti Professors as a European Standard 151

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

που υποβλήθηκαν στη μνήμη του Σ.Ε. Σιμόπουλου

Πυρηνική Τεχνολογία:

Θέματα Ασφάλειας Πυρηνικών Αντιδραστήρων και Ραδιοοικολογίας

Θεόδωρος Ματίκας

Καθηγητής Τμήματος Μηχανικών Επιστήμης Υλικών,

Αντιπρύτανης Έρευνας, Καινοτομίας και Ανάπτυξης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων,

ΟΗΕ Nuclear Security Advisory Group (AdSec),

Σύμβουλος Γεν. Διευθυντή Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας,

Πρώην Μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας

Πυρηνική Προστασία: Διεθνές καθεστώς και η Συμβολή της Ελλάδας 165

Δημήτριος Λεωνίδου

Ομότιμος Καθηγητής Πυρηνικής Τεχνολογίας, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών

Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Για μια γνωριμία με την Πυρηνική Ενέργεια 177

Μάριος Αναγνωστάκης

Καθηγητής, Διευθυντής Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας,

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου,

Μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας

Η Έρευνα του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ πάνω στη Φυσική Ραδιενέργεια ... 195

Νίκος Π. Πετρόπουλος

Επίκουρος Καθηγητής, Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας,

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Σ.Ε. Σιμόπουλος[†]

Δειγματοληψία εδαφών και ανάλυσή τους για Cs-137

από την εναπόθεση εξαιτίας του ατυχήματος στο Chernobyl 219

Νίκος Π. Πετρόπουλος

Επίκουρος Καθηγητής, Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας,

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Τεχνική, οργανωτική και προφορική ιστορία σχετικά με τις μετρήσεις δειγμάτων

εδάφους για Cs-137 από την εναπόθεση εξαιτίας του ατυχήματος στο Chernobyl..... 235

Μαρίλια Ι. Σάββα, Θεοδώρα Βασιλοπούλου, Κωνσταντίνα Μεργιά και Ίων Ε. Σταματελάτος

Ινστιτούτο Πυρηνικών και Ραδιολογικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ενέργειας και Ασφάλειας ΙΠΡΕΤΕΑ,

ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος»

Καινοτόμος ανιχνευτής νετρονίων για εφαρμογές στην πυρηνική σύντηξη 259

George N. Papadakos, Nikos P. Petropoulos and Marios I. Anagnostakis

Nuclear Engineering Laboratory, School of Mechanical Engineering,
National Technical University of Athens

*Indicative measurements of Cs-137 accumulation and natural radioactivity in sediments
of the Plastiras Lake in West Thessaly* 269

Σταματία Γκαβέλα

Δρ. Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ

Γεώργιος Παπαδάκος

Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, Εμπειρογνώμονας Ακτινοπροστασίας

Βασιλεία Κασελούρη-Ρηγοπούλου

Ομότιμη Καθηγήτρια, Σχολή Χημικών Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

*Δείκτης συγκέντρωσης ενεργότητας σκυροδέματος σε κατασκευές
στον ελληνικό χώρο λόγω παρουσίας ιπτάμενης τέφρας* 287

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

που υποβλήθηκαν στη μήμη του Σ.Ε. Σιμόπουλου
Θέματα Ενέργειας, Περιβάλλοντος, Αειφορίας και Νέων Τεχνολογιών

Παντελής Κάπρος

Ομότιμος Καθηγητής Ενεργειακής Οικονομίας,

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Προοπτική μακροχρόνιας μετεξέλιξης του τομέα ηλεκτρικής ενέργειας 309

Ευγενία Τζαννίνη

Επίκουρος Καθηγήτρια, Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

*Το Δεύτερο Κύμα Διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
στο Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας και η Εν Εξελίξει Ενεργειακή Κρίση 2021* 329

Φραγκίσκος Κολίσης

Ομότιμος Καθηγητής, Σχολή Χημικών Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Συστημική και Συνθετική Βιοτεχνολογία – Ο ρόλος της Μεταβολικής Μηχανικής 347

Γεώργιος Πανταζής

Καθηγητής, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής

Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Πρόεδρος Συλλόγου Διδακτικού – Ερευνητικού Προσωπικού ΕΜΠ

*Ο ρόλος της Μετρολογίας στην Επιστήμη του Μηχανικού.
Εξελίξεις & Προοπτικές στον Ελλαδικό Χώρο* 361

Ελένη Μαΐστρου

Ομότιμη Καθηγήτρια, Πρόεδρος και Κοσμήτορας Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2011-2016

Αειφορία, ανθεκτικότητα, κυκλική οικονομία και προστασία ιστορικών πόλεων 367

Σπύρος Α. Μαυράκος

Ομότιμος Καθηγητής, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Υβριδικά Συστήματα Παραγωγής Υπεράκτιας Αιολικής και Κυματικής Ενέργειας 375

Ευάγγελος Σαπουντζάκης

Καθηγητής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών,

Αντιπρύτανης Οικονομικών, Προγραμματισμού και Ανάπτυξης Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2019-2023

Κωνσταντίνος Καπασακάλης

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Εργαστήριο Στατικής και Αντισεισμικών Ερευνών, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

Καινοτόμα συστήματα απορρόφησης ταλαντώσεων σε πυλώνες ανεμογεννητριών 395

ΕΠΙΚΗΔΕΙΟΙ

407

ΑΦΙΕΡΩΜΑΤΑ

421

Αφηγηματικά
άρθρα
και αναμνήσεις



ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΠΙΚΡΑΜΜΕΝΟΣ
πρώην Πρωθυπουργός της Ελλάδας,
Αντιπρόεδρος Κυβέρνησης

Ο Σίμος Σιμόπουλος υπήρξε ένας διακεκριμένος επιστήμονας, ένας άριστος συνεργάτης και καλός φίλος, ένας ευαίσθητος άνθρωπος. Κατ' αρχάς, υπήρξε μία εμβληματική φυσιογνωμία στον τομέα του. Επιστήμων με λαμπρές σπουδές στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, στο Imperial College και στο Πανεπιστήμιο του Λονδίνου, υπηρέτησε το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο επί δεκαετίες, σταδιοδρομώντας σε όλες τις θέσεις της διδακτικής και ερευνητικής ιεραρχίας. Το πλούσιο ερευνητικό και διδακτικό έργο του έτυχε διεθνούς αναγνώρισης. Παράλληλα με την αδιάλειπτη άσκηση των ακαδημαϊκών καθηκόντων του, και πέραν της ανάληψης διοικητικών καθηκόντων στο ΕΜΠ, υπήρξε ιδιαίτερα δραστήριος σε διοικητικές θέσεις στον ευρύτερο Δημόσιο Τομέα, προσφέροντας τις πολύτιμες γνώσεις του, μεταξύ άλλων, από τις θέσεις του Προέδρου και Διευθύνοντος Συμβούλου του Οργανισμού Αστικών Συγκοινωνιών Αθήνας ΟΑΣΑ, του Γενικού Γραμματέα του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών, του Προέδρου της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας και του Υπουργού Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων. Αξιοσημείωτη είναι και η διεθνής παρουσία του, αφού, μεταξύ άλλων, εκπροσώπησε την Ελλάδα στον Οργανισμό Πυρηνικής Ενέργειας του ΟΟΣΑ.

Με το ήθος, την ευγένεια και την αποφασιστικότητα που τον χαρακτήριζαν, επηρέασε την κοινωνία, ξεπερνώντας τα όρια του στενού ακαδημαϊκού χώρου. Σπουδαίος ακαδημαϊκός, στιβαρός επιστήμων και πνευματικός άνθρωπος, προσέφερε τις γνώσεις του στους φοιτητές του, στην κοινωνία και στους συναδέλφους του.

Ακόμη και στα στενά χρονικά όρια της θητείας μου ως υπηρεσιακού Πρωθυπουργού, διακρίθηκε, ως Υπουργός Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, για την αφοσίωση, την εργατικότητα και την πρωτοποριακή προσφορά του.

Επί Υπουργίας του ελήφθησαν τα πρώτα βήματα με σκοπό τη μεταφορά του υπερκορεσμένου σταθμού ΚΤΕΛ του Κηφισού. Συνδυάζοντας την υπουργική ιδιότητα με αυτήν του εξέχοντος ακαδημαϊκού, αναγνώρισε τη σπουδαιότητα του έργου, τόσο για την εξυπηρέτηση των πολιτών, όσο και για την οικονομική αναβάθμιση της περιοχής. Δέκα χρόνια μετά, επί Πρωθυπουργίας Κυριάκου Μητσοτάκη, δρομολογούνται οι διαδικασίες μεταφοράς του Κεντρικού Σταθμού Υπεραστικών Λεωφορείων (ΚΣΥΛ) σε νέες, υπερσύγχρονες εγκαταστάσεις.

Έχοντας ως προτεραιότητα, κατά τη βραχύβια υπουργική θητεία του, να μη σταματήσουν τα μεγάλα έργα και να αντιμετωπιστούν κατά το δυνατόν τα προβλήματα της καθημερινότητας, έδειξε έμπρακτα το ενδιαφέρον της Πολιτείας με την επίσκεψή του στα γραφεία της Εταιρείας και την ενημέρωσή του για την ομαλή συνέχιση των εργασιών του

Μετρό Θεσσαλονίκης. Δεν είναι τυχαίο, εξάλλου, ότι με πρόταση του Σίμου Σιμόπουλου δρομολογήθηκαν όλες οι διοικητικές εκκρεμότητες, με σκοπό να δεσμευθούν τα αναγκαία κονδύλια και να εξασφαλιστεί η υλοποίηση σημαντικών έργων. Ενδεικτικό παράδειγμα, ότι μερίμνησε για να διατεθεί άμεσα κονδύλιο, ώστε να λειτουργούν με τον προσήκοντα κλιματισμό οι Οδικές Συγκοινωνίες. Σχετικά, θυμάμαι χαρακτηριστικά την παρουσία του σε μία σύσκεψη που είχαμε για τη συνέχιση της χρηματοδότησης των μεγάλων οδικών αξόνων. Την επιμέλειά του αλλά και την αγωνία του να μη διακοπεί η εκτέλεση αυτών των μεγάλων έργων, τόσο κρίσιμων για την ανάπτυξη της χώρας. Εξάλλου, η κλιμάκωση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής αναδεικνύει, μια δεκαετία αργότερα, την πρωτοποριακή ματιά του Σίμου Σιμόπουλου, ο οποίος διείδε ότι μία κοινωνία μπορεί να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις του μέλλοντος, όταν εστιάζει σε αυτές μέσα από ένα πρίσμα ευρύτερου χρονικού ορίζοντα. Διότι μόνον έτσι προτείνει λύσεις σε γενικότερα κοινωνικά προβλήματα και χαράζει νέους δρόμους προόδου και ευημερίας.

Ακριβώς αυτή η πρωτοπόρα προσωπικότητα του Σίμου Σιμόπουλου είναι που καθιστά ιδιαίτερο αυτόν τον Τιμητικό Τόμο. Σε αυτόν περιλαμβάνονται όχι μόνο συμβολές σε θεματικές που ανέπτυξε, όπως η ασφάλεια πυρηνικών αντιδραστήρων και η ραδιοοικολογία, αλλά και ευρύτερες που αφορούν το όραμα του Σίμου Σιμόπουλου για την Παιδεία και τη Δημοκρατία, ενόψει του γενικότερου ενδιαφέροντός του για τα εν λόγω θέματα.

Η ευρύτητα των περιλαμβανομένων στον Τιμητικό Τόμο θεματικών είναι κάθε άλλο παρά τυχαία. Αντικατοπτρίζει την πολυσχιδή προσωπικότητα του Σίμου Σιμόπουλου, ο οποίος με την πληθώρα των ενδιαφερόντων του, την πολυπραγμοσύνη και την τόλμη του άφησε το ιδιαίτερο στίγμα του στους τομείς με τους οποίους καταπιάστηκε. Χαρακτηριστική είναι η πρωτοπόρα έρευνά του σχετικά με τη ραδιενέργεια στην Ελλάδα, μετά τις εκρήξεις στο Τσερνόμπιλ.

Αξιοπρόσεκτε είναι σαφώς και η διεθνής ακαδημαϊκή παρουσία του, καθώς συμμετείχε στη διοργάνωση διεθνών συνεδρίων και στην κριτική επιτροπή διεθνών επιστημονικών περιοδικών, αναδεικνύοντας με την πορεία του τη σημασία της ακαδημαϊκής εξωστρέφειας.

Τέλος, θα ήθελα να τονίσω ότι το παράδειγμα της ακαδημαϊκής και δημόσιας πορείας του Σίμου Σιμόπουλου αποτελεί έναυσμα σκέψεων για το μέλλον της ελληνικής ακαδημαϊκής ζωής. Ήδη τα τελευταία έτη παρατηρείται μία αξιόλογη τάση αναστροφής της επώδυνης μαζικής φυγής χιλιάδων νέων επιστημόνων. Παρέχοντας τα κατάλληλα κίνητρα, το φαινόμενο σταδιακά αντιστρέφεται. Μέσα από την προώθηση ενός νέου μοντέλου ανάπτυξης που βασίζεται στην Καινοτόμα Οικονομία, όλο και περισσότεροι νέοι με υψηλά ακαδημαϊκά προσόντα λαμβάνουν την απόφαση του επαναπατρισμού. Είναι ένα στοίχημα για τις σημερινές και αυριανές γενεές, που θα κληθούν να σταθούν αντάξιες και να συνεχίσουν την κληρονομιά σπουδαίων ακαδημαϊκών Δασκάλων, όπως υπήρξε ο Σίμος Σιμόπουλος.

Δεν γνώρισα αρκετά τον Σίμο Σιμόπουλο ώστε να μπορώ να εκτιμήσω το σύνολο του έργου του. Τον γνώρισα όμως αρκετά ώστε να μπορώ να εκτιμήσω ότι ήταν λαμπρός επιστήμονας και ένας ακέραιος και σπουδαίος άνθρωπος.

Μια Εικόνα De Profundis

ΓΙΑΝΝΗΣ ΓΚΟΛΙΑΣ

Καθηγητής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών,
Πρύτανης Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2014-2019

Είχα ακούσει για τον Σίμο από τους καθηγητές της Σχολής όταν ήμουν ακόμη Επίκουρος στους Πολιτικούς Μηχανικούς. Είχα ακούσει για ένα πολύ αξιόλογο στέλεχος της Σχολής Μηχανολόγων, που είχε ήδη ξεδιπλώσει από τότε τις ακαδημαϊκές και διοικητικές του ικανότητες ως Αναπληρωτής Πρόεδρος της Σχολής του.

Τις ικανότητες αυτές είχα την ευκαιρία να διαπιστώσω ο ίδιος μετά το 2002, όταν ως καθηγητής τον συναντούσα συχνά σε συσκέψεις ως Αντιπρύτανη του ΕΜΠ, για σειρά θεμάτων που απασχολούσαν τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Οι συναντήσεις αυτές, που σύντομα εξελίχθηκαν σε συστηματικές συνεργασίες, αποτέλεσαν την αρχή μιας μακρόχρονης φιλίας.

Είχα την τύχη να πορευθώ μαζί του για είκοσι χρόνια μέσα από διάφορες θέσεις, συχνά διαδεχόμενος ο ένας τον άλλον. Μια πορεία με πολλά διδάγματα από τον τρόπο εκπλήρωσης των ακαδημαϊκών και διοικητικών του καθηκόντων καθώς και από τις ανθρώπινες ευαισθησίες του, τόσο στις περισσότερες όσο και στις λιγότερο ενεργές φάσεις της ζωής του. Διδάγματα από τις αναλύσεις μας όχι μόνο στην περίπτωση σύμπτωσης αλλά και διαφοροποίησης απόψεων.

Σε αυτή την «περιπλάνηση» γύρω από τον Σίμο δεν θα σταθώ στα πολυάριθμα επιτεύγματά του. Αυτά είναι καταγεγραμμένα στα βιογραφικά του και στην ιστορία. Θα επιχειρήσω να σκιαγραφήσω την εικόνα του Σίμου, όπως τη διατηρώ μέσα μου.

Καθήκον, θεσμικότητα, εντιμότητα, αξιοπρέπεια: τέσσερις πολύ σημαντικές έννοιες πίσω από κάθε ενέργειά του.

Το καθήκον αποτελούσε για τον Σίμο απόλυτη προτεραιότητα, αποτελούσε τον καθοριστικό παράγοντα σε κάθε απόφαση και πράξη του. Η υποχρέωση που αισθανόταν να προσφέρει στη Σχολή του, στο ΕΜΠ, στη χώρα γενικότερα έστεκε πάντα πάνω από οποιαδήποτε προσωπική του επιδίωξη, πάνω ακόμα και από την ποιότητα και τις χαρές της καθημερινής του ζωής.

Ένας άνθρωπος με σεβασμό στους θεσμούς, με σοβαρότητα στις τοποθετήσεις του, με μεγάλη ικανότητα ανάλυσης και με χαρακτηριστική τεκμηρίωση των θέσεών του.

Ένας άνθρωπος έντιμος σε υπέρτατο βαθμό, χωρίς ίχνος προσωπικής ιδιοτέλειας και με απόλυτο σεβασμό στη βέλτιστη διαχείριση του δημόσιου χρήματος.

Ένας άνθρωπος αξιοπρεπής σε όλες τις εκφάνσεις της ζωής του, μακριά από μικρότητες και αμετροέπειες, με αρχές και αξίες που δεν σταμάτησε να υπηρετεί.

Ένας άνθρωπος φαινομενικά αυστηρός αλλά απόλυτα δίκαιος, φαινομενικά τυπικός αλλά ιδιαίτερα ανθρώπινος. Με μεγάλη ευαισθησία, την οποία οι θέσεις υψηλής ευθύνης που ανέλαβε επέβαλλαν να «καλύπτει» προσεκτικά. Θυμάμαι τη λύπη του και την πικρία του, που εκφράζονταν συχνά με έναν τρόπο παιδικής αθωότητας, όταν η «αντίπερα όχθη» τον απογοήτευε. Θυμάμαι όμως και την εσωτερική του δύναμη να ανασυντάσσεται και να μην παραιτείται από την προσπάθεια να βρει λύσεις με αυξημένη συναίνεση, χωρίς παραχωρήσεις στο αξιακό του σύστημα.

Ο Σίμος ανήκει στην χορεία εκείνων που πρωταγωνίστησαν στη γενιά του. Άφησε θετικό αποτύπωμα από όποια ακαδημαϊκή και διοικητική θέση πέρασε. Το επιβεβαιώνουν όχι μόνο τα έργα του αλλά και οι μαρτυρίες όσων ανθρώπων συνεργάστηκαν μαζί του στον ακαδημαϊκό χώρο αλλά και στη δημόσια διοίκηση, που περιγράφουν με κολακευτικούς χαρακτηρισμούς τις διοικητικές του ικανότητες και τη σοβαρότητα του χαρακτήρα του.

Ήταν μεγάλη η τύχη για το ΕΜΠ που είχε τον Σίμο στους κόλπους του. Ήταν μεγάλη η τιμή για όλους εμάς που υπήρξαμε συνεργάτες και φίλοι του.

Ένας πολύτιμος σύμβουλος και ένας πραγματικός φίλος

ΚΩΣΤΗΣ ΧΑΤΖΗΔΑΚΗΣ

Υπουργός Εργασίας και Κοινωνικών Υποθέσεων

Είχα την τύχη να γνωρίσω τον Σίμο Σιμόπουλο, ως Υπουργός Μεταφορών το 2007, με εκείνον ήδη Γενικό Γραμματέα του Υπουργείου.

Από την πρώτη στιγμή διαπίστωσα ότι είχα να κάνω με έναν προικισμένο άνθρωπο. Ο Σίμος Σιμόπουλος είχε όλα τα χαρακτηριστικά εκείνα που δίνουν νόημα στην έννοια του δημόσιου λειτουργού: ήθος και ανιδιοτέλεια, λεπτομερή γνώση του αντικειμένου του, αναλυτική σκέψη, αντίληψη του μέτρου των πραγμάτων, βαθιά αίσθηση καθήκοντος, αγάπη για τον τόπο.

Παρά το γεγονός ότι υπηρέτησε την πατρίδα από πολλές θέσεις ευθύνης (επικεφαλής οργανισμών, γενικός γραμματέας Υπουργείου, υπηρεσιακός Υπουργός), η μεγάλη του αγάπη ήταν το ΕΜΠ. Αφιέρωσε στο Ίδρυμα το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του, άφησε ανεξίτηλο διδακτικό, επιστημονικό και ερευνητικό αποτύπωμα, διοίκησε το Ίδρυμα με σταθερότητα και ασφάλεια σε πολύ δύσκολους καιρούς.

Ο Σίμος Σιμόπουλος μέχρι το τέλος της ζωής του παρέμενε ένας ενεργός ακαδημαϊκός πολίτης – λειτουργός, με αγωνία για τον τόπο και τις εξελίξεις. Για μένα ήταν ένα πολύτιμο σύμβουλο και ένας πραγματικός φίλος. Η απώλειά του είναι από εκείνες που δύσκολα αναπληρώνονται όσα χρόνια και αν περάσουν.

Μισόν αιώνα συνεργασίες! Σπουδαστικές – πολιτικές και κυρίως φιλικές

ΜΙΧΑΛΗΣ ΣΑΚΚΑΣ

Αντιπρόεδρος Αρχής Διασφάλισης του Απορρήτου των Επικοινωνιών,
πρώην Γενικός Γραμματέας στα Υπουργεία Πολιτισμού και Παιδείας,
πρώην Αντιπρόεδρος Εθνικής Επιτροπής Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων,
πρώην Αναπληρωτής Διευθύνων Σύμβουλος
Οργανισμού Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος

Με τον αείμνηστο φίλο Σίμο Σιμόπουλο ήμαστε συμφοιτητές στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, στην τότε σχολή Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων επί 5 χρόνια, από την εισαγωγή μέχρι την αποφοίτησή μας (1965-1970).

Ήταν επιμελής και συνεπής, ως σπουδαστής και ως φίλος. Στις πρώτες θέσεις της βαθμολογίας σε όλα τα μαθήματα, με ιδιαίτερη έφεση στην Πυρηνική Τεχνολογία, την οποία ακολούθησε και στην ακαδημαϊκή του καριέρα.

Στην επαγγελματική μας ζωή συναντηθήκαμε σε δύο περιόδους, γιατί ο Σίμος ασχολήθηκε με τα ακαδημαϊκά του καθήκοντα μέχρι την ανάδειξή του ως Πρύτανης του Ε.Μ.Π. κι ο υποφαινόμενος με την τηλεπικοινωνιακή αγορά και τις πολιτικές δράσεις.

Την πρώτη περίοδο συνεργαστήκαμε από τις θέσεις μας στην Εθνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας ο Σίμος και στην Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων εγώ. Η συνεργασία μας επικεντρώθηκε στη συστηματική μέτρηση και στον έλεγχο της ακτινοβολίας των κεραιών Κινητής Τηλεφωνίας, που αναπτύχθηκαν από τις αντίστοιχες εταιρείες, με σκοπό την προστασία των κατοίκων από την έκθεση στην ακτινοβολία για λόγους υγείας. Με βάση τα διεθνή δεδομένα και όρια που όριζε η ΕΕΑΕ, γίνονταν διορθωτικές παρεμβάσεις στις αναπτυσσόμενες με γοργούς ρυθμούς κεραιές σε όλη την επικράτεια.

Η δεύτερη περίοδος συνεργασίας μας ήταν το 2006-2007, όταν ο Σίμος ήταν Πρόεδρος στον ΟΑΣΑ κι εγώ Δ/νων Σύμβουλος στην ΕΘΕΛ (που μετέπειτα εντάχθηκε στην ΟΣΥ) και στη συνέχεια όταν ο Σίμος πήγε Γενικός Γραμματέας Μεταφορών, κι εγώ τον αντικατέστησα στην Προεδρία του ΟΑΣΑ. Τότε, μεταξύ πολλών άλλων, έγινε προμήθεια πολλών λεωφορείων με διεθνή διαγωνισμό και καθιερώθηκε η μόνιμη δεξιά λωρίδα λεωφορείων, για αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας. Ο Σιμόπουλος, σε όλες του τις θέσεις, ισορροπούσε μεταξύ των πολιτικών οδηγιών (ή εντολών) και των τεχνοκρατικών – επι-

στημονικών λύσεων, ώστε να πραγματοποιηθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα. Στις ισορροπίες αυτές και τις αντίστοιχες παρεμβάσεις μεταξύ πολιτικής ηγεσίας, συνδικαλιστών και επιστημονικών συνεργατών, του συμπαρίστατο επιτυχώς η συνεργάτης του υπεύθυνη δημοσίων σχέσεων κυρία Βάλια Γρίβα, που προερχόταν από τις Δημόσιες σχέσεις του Πολυτεχνείου (Ε.Μ.Π.).

Ασφαλώς και υπήρχαν κι άλλες ευχάριστες τακτικές συναντήσεις μας με τους συμφοιτητές από το Ε.Μ.Π., είτε σε συνεστιάσεις είτε σε εκδρομές.

Θα θυμόμαστε πάντα τον Σίμο για την ευθύτητά του, τη συνέπειά του, την επιμέλειά του, την τιμιότητά του και πάνω απ' όλα για τη μεγάλη του καρδιά!

Όταν το μέγεθος της παρουσίας συγκρίνεται μόνο με την ένταση της απουσίας

ΑΒΡΑΑΜ Κ. ΓΟΥΝΑΡΗΣ

Ανώτερος Ανεξάρτητος Σύμβουλος
Διοικητικού Συμβουλίου Εθνικής Τράπεζας

Γνώρισα τον Σίμο Σιμόπουλο ένα μεσημέρι του 2004 στο τότε γραφείο του στον 7ο όροφο του ΗΣΑΠ επί της οδού Αθηνάς. Ήμουν τότε 35 χρόνων και είχα μόλις αναλάβει τη θέση του Διευθύνοντος Συμβούλου στον ΗΛΠΑΠ, όπου ο Σίμος ήταν Πρόεδρος του Διοικητικού Συμβουλίου. Αν οι συμπτώσεις έχουν κάποια συμβολική σημασία, το γραφείο αυτό το είχα επισκεφθεί πολλές φορές το 1981 ως το γραφείο του πατέρα μου, τότε Προέδρου και Γενικού Διευθυντή του ΗΣΑΠ. Ο Σίμος (ως μηχανικός) είχε αλλάξει τη θέση του γραφείου από αυτή που θυμόμουν, ώστε να έχει τον ήλιο σωστά. Ο όποιος πάγος έσπασε όταν του ανέφερα ότι το γραφείο ήταν αλλού παλαιότερα και του αφηγήθηκα το πώς το γνωρίζω. Από την πρώτη εκείνη στιγμή του 2004 μέχρι και την απώλειά του το 2020, ο Σίμος ήταν για μένα, εκτός από προϊστάμενος, μέντορας, φίλος και βέβαια παράδειγμα.

Στη διάρκεια της επαγγελματικής μου ζωής, προ και μετά το Υπουργείο Μεταφορών, εργάσθηκα υπό την καθοδήγηση και αρχή διαφόρων επαγγελματιών μάνατζερ. Επειδή η πρώτη σχέση μου με το Σίμο ήταν αυτή, μπορώ να πω απερίφραστα ότι ήταν ο καλύτερος μάνατζερ για δυο απλούς λόγους: εργατικότητα και αποτελεσματικότητα.

Ο Σίμος ανέλαβε τη θέση του συγκοινωνιάρχη της Αθήνας την εποχή των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004 και κατάφερε να κινητοποιήσει ένα σύστημα το οποίο βρισκόταν σε ύπνωση. Το στοίχημα της διοργάνωσης των Αγώνων κερδήθηκε εν μέρει λόγω της εξαιρετικής επίδοσης των αστικών συγκοινωνιών. Θα πίστευε κανείς ότι μετά τους Ολυμπιακούς οι συντελεστές θα έκαναν μία παύση για ξεκούραση και επιστροφή σε πιο κανονικούς ρυθμούς. Για το Σίμο, δεν υπήρχε κανονικός ρυθμός όσο υπήρχε δουλειά που έπρεπε να γίνει. Είδα έναν άνθρωπο να εργάζεται κυριολεκτικά ασταμάτητα και, βέβαια, δεν υπήρχε περίπτωση εμείς που ήμαστε γύρω του να εργαστούμε λιγότερο. Ο Σίμος έθετε το ρυθμό και δεν ήταν λίγες οι φορές που επικοινωνούσαμε σε ώρες που οι οπαδοί του κανονικού ρυθμού κοιμούνται. Δεν ήταν λίγες οι φορές που τα emails του έρχονταν αρκετά μετά τα μεσάνυχτα. Την εποχή εκείνη ο Σίμος ήταν Πρόεδρος των τριών φορέων συγκοινωνιακού έργου (ΗΣΑΠ, ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ) και του υπερκείμενου φορέα (ΟΑΣΑ).

Δεν υπήρξε ούτε μία φορά που να αισθανθήκαμε ότι κατεβάζει ταχύτητα ή χάνει κάποια προθεσμία. Ποτέ. Η εργατικότητα του ανθρώπου ήταν παροιμιώδης, αλλά από μόνη της λέει τη μισή ιστορία.

Ο Σίμος ήταν αποτελεσματικός. Είχε στο μυαλό του τη μεγάλη εικόνα, την αλλαγή του συγκοινωνιακού χάρτη της Αθήνας με την αύξηση της χρήσης των μέσων μαζικής μεταφοράς. Παράλληλα, ήξερε τα επιμέρους στοιχεία και τους παράγοντες εκείνους που έχρηζαν διαχείρισης ώστε να υπηρετηθεί ο κεντρικός στόχος. Ακόμα σπουδαιότερο, στην εξισωσή του υπήρχε πάντα ο άνθρωπος, για το όφελος του οποίου γίνονται όλα: από τον επιβάτη και πολίτη της Αθήνας μέχρι τον εργαζόμενο στο σύστημα. Έχοντας θητεύσει σε διάφορες θέσεις διαχειριστικής ευθύνης όπου έπρεπε να φέρω αποτελέσματα, πολλές φορές ανέτρεξα σε παραδείγματα από τη θητεία μου με το Σίμο για ένα πράγμα: την ικανότητα αντίληψης της στιγμής που πρέπει να αλλάξει το σημείο εστίασης – από το μεγάλο στο μικρό, από το στρατηγικό στο τακτικό, από τα νούμερα στους ανθρώπους. Πιστεύω ότι ο Σίμος είχε μία έμφυτη αντιληπτική ικανότητα στο θέμα αυτό και κατηύθυνε τις συζητήσεις κατά τρόπο ώστε τελικώς να επιτευχθεί ο εκάστοτε στόχος με τη μικρότερη δυνατή προσπάθεια και τις μικρότερες κατά το δυνατόν απώλειες, πάντα κρατώντας στο κέντρο τη σκέψης και της δράσης του τους ανθρώπους. Δεν είναι τυχαίο ότι, κατά την εποχή αυτή, η χρήση των ΜΜΜ αυξήθηκε στην Αθήνα. Αν αυτό το επίτευγμα μπορεί να έχει ένα ονοματεπώνυμο, είναι Σίμος Σιμόπουλος.

Στα χρόνια της θητείας μου υπό το Σίμο (τρία όσο ήταν Πρόεδρος του φορέα που διηύθυνα και δύο όσο ήταν Γενικός Γραμματέας του ΥΜΕ κι εγώ Διευθύνων Σύμβουλος του ΟΑΣΑ), η σχέση μας αναπόφευκτα πέρασε από διάφορα στάδια για να καταλήξει στο να αποτελεί τον κύριο μέντορά μου. Βασικό συστατικό όλων των σταδίων, και σίγουρα αυτού του τελευταίου, η εμπιστοσύνη. Ο Σίμος αγαπούσε κι εμπιστευόταν τους νέους ανθρώπους, είτε ήταν οι φοιτητές του είτε νέοι επαγγελματίες όπως εμείς –τα παιδιά του– εκείνη την εποχή. Κινούνταν με την αυτοπεποίθηση του ανθρώπου που κατέχει το αντικείμενο με το οποίο ασχολείται, χωρίς όμως να στραγγαλίζει την προσπάθεια ή την εν γένει παρουσία των συνεργατών του, κάτι που είναι ιδίον των ανθρώπων με πραγματικές ηγετικές ικανότητες. Η προώθηση του ενιαίου εισιτηρίου και η αύξηση του χρόνου χρήσης του στα 90 λεπτά με παράλληλη μείωση της τιμής του, όπως και των μαζικών προϊόντων (καρτών), σε συνδυασμό με την πιλοτική αλλαγή της φιλοσοφίας των λεωφορειακών γραμμών από διαμπερείς σε τροφοδοτικές των μέσων σταθερής τροχιάς ήταν ένα φιλόδοξο στοίχημα, το οποίο εκ του αποτελέσματος ήταν σωστό, αλλά η διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης αποτέλεσε για μένα και τους συνεργάτες μας στα Υπουργεία Μεταφορών και Οικονομικών ένα εξαιρετικό παράδειγμα αυτού που στο μάντζμεντ ονομάζεται empowerment. Αισθανόμασταν πάντα ότι είμαστε υπεύθυνοι και έχοντες την πρωτοβουλία, αλλά παράλληλα νιώθαμε ένα δίχτυ ασφαλείας έναντι τρίτων, το οποίο παρείχε ο Σίμος. Ήταν ένα mentoring το οποίο, λόγω του ότι υπήρχε μία σχέση προϊσταμένου – υφισταμένου, ακροβατούσε σε μία λεπτή γραμμή χωρίς ποτέ να

υστερήσει η μία πλευρά έναντι της άλλης. Το αποτέλεσμα για μένα ήταν ότι σήμερα, χρόνια μετά τη θητεία εκείνη, θεωρώ τεκμηριωμένα ότι σχημάτισε το επαγγελματικό μου στυλ σε πολύ μεγάλο βαθμό.

Όταν πλέον, "τα φώτα της ράμπας έσβησαν πολύ", όπως έλεγε ο ίδιος μετά τη θητεία του και ως Υπουργός στο ΥΜΕ αλλά και ως Πρύτανης στο ΕΜΠ, η δίψα του για προσφορά και για γνώση δεν σταμάτησε. Νιώθω ότι είμαι τυχερός γιατί ο Σίμος πραγματικά με τίμησε με τη φιλία και την εμπιστοσύνη του, με συζητήσεις επί παντός επιστητού και με ερωτήσεις πάνω σε θέματα που ένιωθε ότι γνωρίζω και μπορώ να τον διαφωτίσω. Ένας άνθρωπος που κατακτά την κορυφή του πεδίου του –κάτι που ο συγκεκριμένος άνθρωπος έκανε τόσο στο Πολυτεχνείο όσο και στη δημόσια διοίκηση– μπορεί να διαχειριστεί αυτή την κατάκτηση με δύο τρόπους, ένας μόνο εκ των οποίων είναι θετικός. Ο Σίμος ήταν ένας άνθρωπος ταπεινός και μετρημένος που δε φοβόταν να ρωτήσει για να μάθει, απόδειξη ότι η ακόρεστη δίψα για γνώση ήταν μεγαλύτερη από το φόβο της έκθεσης έναντι κάποιου για το ότι δε γνωρίζει κάτι. Θυμάμαι τα τηλεφωνήματά του για να συζητήσουμε θέματα τόσο άσχετα μεταξύ τους όσο η απολιγνιτοποίηση και τα κόκκινα δάνεια. Θυμάμαι τα τηλεφωνήματά του για να με συγχαρεί για κάποια νέα θέση, πάντα μ' ένα λόγο σοφό και πάντα από καρδιάς. Θυμάμαι ότι πάντα ήταν όχι μόνο διαθέσιμος αλλά και πρόθυμος να βρεθούμε –φίλοι και συνεργάτες της εποχής εκείνης– για να συζητήσουμε και είχα την αίσθηση μετά από κάθε τέτοια συζήτηση ότι φεύγω σοφότερος, ότι οι αμέσως προηγούμενες ώρες ήταν ιδιαίτερες λόγω της παρουσίας αυτής της εξέχουσας προσωπικότητας.

Σκέφθηκα ποια χαρακτηριστικά του ήταν εκείνα που, χρόνια μετά, έρχονται πρώτα στο μυαλό μου όταν θέλω να τον περιγράψω: εργατικότητα, αποτελεσματικότητα, μετριοφροσύνη, ενσυναίσθηση, χιούμορ, φιλομάθεια, ανθρωπιά. Ο Σίμος δεν ήταν απλώς μία ολοκληρωμένη προσωπικότητα μεγάλου βεληνεκούς, ήταν μία εξέχουσα παρουσία όπου βρισκόταν, με το τακτ και τη δύναμη να αφήνει χώρο ανάπτυξης στους γύρω του. Δανείζομαι κάποιες δικές του λέξεις για το πώς έβλεπε ο ίδιος τον εαυτό του μέσα από τη βασική του ιδιότητα, αυτή του Μηχανικού:

«...Κατά την ταπεινή μου άποψη ο "Μηχανικός" πρέπει να αναλύει, να σκέπτεται και να συνθέτει. Οι δεξιότητες αποτελούν καταλύτη στην πιο πάνω σύνθετη διεργασία. Για να μπορεί να συνθέτει ολοκληρωμένα, χρειάζεται "βιώματα" από τη ζώσα πραγματικότητα. Δυστυχώς –ή ευτυχώς– αυτά δεν βρίσκονται πάντοτε στα βιβλία, άλλωστε δύσκολα περιγράφονται. Αυτά τα βιώματα είναι που εννοώ ως "μάθηση". Εδώ δεν χωρούν εγωισμοί τύπου "ανιόντων" και "κατιόντων". Αν βέβαια θέλεις να νιώσεις τα βιώματα των άλλων και να συνθέσεις, έτσι ώστε να μην ξαναχρησιασθούν άσκοποι προβληματισμοί ή/και αστοχίες.»

Σίμος Σιμόπουλος, ο ηγέτης

ΓΙΑΝΝΗΣ ΑΝΔΡΙΑΝΟΠΟΥΛΟΣ

πρώην Διοικητής Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας

Από τα μαθητικά μου χρόνια είχα ενστερνιστεί την αρχή του Πλάτωνα «Ο αληθινός Άρχοντας δεν πρέπει να κοιτάζει το δικό του συμφέρον, αλλά των υπηκόων του». Στο διάβα της ζωής μου πάντα έψαχνα να βρω τον άρχοντα αυτόν, και ομολογώ τον βρήκα σε ελάχιστους, μετρημένους στα δάχτυλα ενός χεριού. Ένας εξ αυτών ήταν ο Σίμος Σιμόπουλος.

Πάντα έρχεται στη μνήμη μου η πρώτη μας γνωριμία στο Υπουργείο Μεταφορών, ο Σιμόπουλος Πρόεδρος του ΟΑΣΑ κι εγώ Διοικητής της ΥΠΑ. Όταν κάποιος μίλησε υποτιμητικά για το προσωπικό του ΟΑΣΑ, ο Σίμος όρθωσε το ανάστημά του και με στεντόρεια φωνή και επιχειρήματα υπερασπίστηκε το προσωπικό του. Σε κάποια άλλη φάση δέχτηκα κι εγώ κάτι παρόμοιο και παρά την επιχειρηματολογία μου τα λόγια έπεφταν στο κενό. Τότε και πάλι ο Σίμος συντάχθηκε με τις απόψεις μου.

Αυτό ήταν ένα γεγονός που με εντυπωσίασε, στο τέλος της σύσκεψης τον ευχαρίστησα για την στάση του, η απάντησή του ήταν «...δεν έκανα τίποτα, απλώς το καθήκον μου να υπερασπιστώ την αλήθεια και το σωστό». Μετά από λίγο καιρό ο Σίμος έγινε Γενικός Γραμματέας, οπότε η συνεργασία μας ήταν συχνότερη και στενότερη. Εκεί εδραιώθηκε η πίστη μου για τον Άρχοντα αυτόν. Ήταν ήρεμη δύναμη που σου έδινε κουράγιο να προχωράς χωρίς φόβο, σε κατεύθυνε με σοφία και στωικότητα.

Δεν ήθελε πολλά λόγια για να αντιληφθεί την ουσία του θέματος, όσο άγνωστο και αν ήταν γι' αυτόν. Ήταν ο άνθρωπος που είχε την ικανότητα να ψυχολογεί το συνομιλητή του, να αποδέχεται τα σωστά και να εκφράζει με ευγένεια τις ενστάσεις του όταν έβλεπε ότι κάτι δεν του φαινόταν σωστό. Προσπαθούσε με κάθε τρόπο να σου εκμαιεύσει την αλήθεια και την ουσία της υπόθεσης. Ήταν τόσο πράος συνομιλητής, που θεωρούσες ότι απέναντί σου είχες έναν παιδικό φίλο και όχι έναν προϊστάμενο. Ήταν πραγματικά ο Άρχοντας που σου έδινε φτερά να αγωνίζεσαι για να βελτιώσεις τα κακώς κείμενα. Ποτέ, αν έκανες κάτι καλό, δεν προσπαθούσε να σου κλέψει τη δόξα και να το παρουσιάσει σαν δικό του. Το κυριότερο ήταν ότι ποτέ δεν σε άφηνε ακάλυπτο στον Υπουργό. Είχε τον τρόπο και τη δύναμη να παίρνει από τον καθένα ό,τι καλό είχε, ήταν «Πραγματική Μέλισσα».

Δεν θέλω να μακρηγορώ όχι γιατί δεν έχω κάτι άλλο να πω, αλλά γιατί πιστεύω ότι αν πω πολλά ίσως γίνω βαρετός και μειώσω την πραγματική αξία του Άρχοντα. Ο Σίμος Σιμόπουλος ήταν ένας πραγματικός Άρχοντας, μια τεράστια ήρεμη δύναμη που γαλήνευε και ηρεμούσε τα πάντα.

Ένας άνθρωπος με μεγάλη καρδιά

ΒΑΣΙΛΗΣ ΤΑΜΠΟΥΡΑΤΖΗΣ
Σύμβουλος Επικοινωνίας

Γράφω αυτό το μικρό σημείωμα για τον αείμνηστο Πρύτανη Σίμο Σιμόπουλο με μεγάλη συγκίνηση. Είχα την τύχη να τον γνωρίσω όταν ήταν Γενικός Γραμματέας του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών την περίοδο 2007-2009 και το προνόμιο να συνεργαστώ μαζί του εκείνη την περίοδο αλλά και το διάστημα 2010-2012 όταν ήταν Πρύτανης του ΕΜΠ.

Ο Σίμος Σιμόπουλος ήταν ένα άνθρωπος "παλιάς κοπής". Στέρεος και συγκροτημένος, με υψηλή αίσθηση ευθύνης και καθήκοντος, προσέθετε αξία σε ό,τι υπηρετούσε. Βαθύς γνώστης των θεμάτων της ατζέντας του διακρινόταν για την εργατικότητα (δούλευε απίστευτες ώρες) και την αποτελεσματικότητά του. Είχε την ικανότητα με την αναλυτική του σκέψη να αντιλαμβάνεται τα ζητήματα στη λεπτομέρειά τους και να δίνει τις λύσεις τη στιγμή που έπρεπε. Ήταν ένας άνθρωπος βαθιά καλλιεργημένος, με ενσυναίσθηση και αγάπη προς τους νεότερους συνεργάτες του, τους οποίους πάντα στήριζε και βοηθούσε. Του οφείλω πολλά, καθώς με στήριξε σε μία δύσκολη επαγγελματική στιγμή, ενώ το πραγματικό του ενδιαφέρον την περίοδο της προσωπικής μου δοκιμασίας έδειχνε έναν άνθρωπο με μεγάλη καρδιά. Δεν είναι τυχαίο ότι όσοι συνεργαστήκαμε μαζί του, κυρίως οι νεότεροι, αναζητούσαμε πάντα την επαφή και τις συμβουλές του.

Η απώλεια του Σίμου Σιμόπουλου είναι μεγάλη για όλους μας. Θα τον ανακαλώ πάντα στη μνήμη μου, με σεβασμό και αγάπη.

**In memorium professor S.E. Simopoulos.
“Our multifaceted dear friend and colleague”**

Prof. JAMES Mc LAUGHLIN
formerly of the University College Dublin

Dr ZORA ŽUNIĆ
formerly of the Institute
of Nuclear Sciences, “Vinča”, Belgrade

For nearly 30 years, both of us have had the honor and privilege to have been friends and scientific collaborators with Prof. Simopoulos or Simos as we always affectionately called him. Simos had been an active participant in international scientific conferences and workshops focused on the natural radiation environment, as far back as the early 1990s. During that period also, we two had come together in order to investigate the exposure of the general population in Serbia to natural radioactivity in the environment. Of particular importance and scientific interest in this regard was the exposure and health impact on the public from the cancer causing natural radioactive gas radon in the indoor air of their homes. Early on in our common research work, we came into contact with Simos at scientific meetings and discussed our research findings with him. He became quite interested in this work, which led to a long period of fruitful collaborative research with him and his research group at the National Technical University of Athens. This collaboration mainly took the form of joint field work on the assessment of radon in homes, the sharing of expertise and the organizing of and participation by Simos in scientific meetings both in Serbia and in Athens. He also generously contributed to the cost of instrumentation for the field work in Serbia. Later, when we were investigating the impact of depleted uranium (DU) weapons on the Serbian environment Simos expressed an interest in the possible consequences of warfare using DU on the environment, of adjacent countries and in particular on how it might impact on Greece. As a result of this, one of us (Dr Z.S. Žunić) was invited by Simos to Greece on two occasions (2000 and 2001) bringing samples for analysis at NTUA and other data from areas affected by DU as well as making presentations on the work.

During our collaboration with him, Simos was very active in hosting and participating in a number of scientific meetings and workshops in the field of natural environmental radiation studies. Of particular interest and significance was when he and his NTUA group organized the Seventh International Symposium on the Natural Radiation En-

vironment (NRE-VII) which took place in Rhodes in 2002. The proceedings of this large conference were published by Elsevier Press in 2005 and is still considered a milestone publication in the field of natural radiation studies.

At a human level we developed a strong friendship with Simos and with the members of his group. In keeping with his personality, he always treated us and our students in a most courteous and generous fashion. It was therefore a great shock to us, when we received the sad news of his sudden unexpected and premature passing in 2020.

To us Simos was an extraordinary multifaceted human being with great ability and achievements in many fields, from engineering to radiation physics, to academic leadership, political life etc. In spite of his many and time consuming administration duties at NTUA, Simos published many scientific papers and wrote a highly regarded textbook entitled "Engineering Measurements" with the latest edition published as recently as 2020.

Others in this volume will comment on his achievements in his non-scientific work. From the beginning of our scientific collaboration with him we were greatly impressed by his leadership and management abilities. In this regard Simos reminds one of the Roman Centurion described in the Gospels of St Luke and St Mathew who impressed Jesus. He was a man of obvious authority and told Him: "I tell this one 'Go' and he goes, and that one 'come' and he comes. I say to my servant 'do this' and he does it". In this sense Simos was obviously "The Boss" of his Research Group at NTUA but, while he insisted on high standards, he treated all the group members with an almost parental care. We also remember his loyalty and kindness to his old friends and colleagues. This we witnessed at meetings in Athens where he gave great care and kindness to his old mentor Professor Angelopoulos, who unfortunately at that time had severe mobility problems. These aspects of the personality of Simos clearly are the marks of a true leader. In spite of his eminent academic and managerial profile, we think he was fundamentally a very shy, kind and extremely courteous person. To us Simos epitomized what was best in the Greek character: talent, ability and generosity of spirit. A true gentleman!

We will conclude this Memorium by quoting expressions of remembrance for our dear and talented friend Simos in Gaelic and in Serbian respectively:

"Ní bheidh a leithéid arís ann" ("We shall not see the likes of him again")

"Neka pociva u Miru" ("May he rest in peace")

Θέματα Παιδείας και Δημοκρατίας

που υποβλήθηκαν
στη μνήμη του Σ.Ε. Σιμόπουλου



Ακαδημαϊκή και επιστημονική ελευθερία. Ένα πρόβλημα δημοκρατίας.

ΑΝΤΩΝΗΣ Π. ΑΡΓΥΡΟΣ

Δικηγόρος,
πρώην Νομικός Σύμβουλος
του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών,
του Πρωθυπουργού και του Υπουργικού Συμβουλίου,
Νομικός Σύμβουλος της Συνόδου Πρυτάνεων
των Ελληνικών Πανεπιστημίων 2010-2014

Περίληψη

Ακαδημαϊκή ελευθερία νοείται η ελευθερία της έρευνας και της διδασκαλίας. Το σύνταγμα στο άρθρο 16Σ κατοχυρώνει την ατομική ελευθερία της τέχνης, της επιστήμης, της έρευνας και της διδασκαλίας (16§1Σ). Η αρχή της ακαδημαϊκής ελευθερίας είναι εξειδίκευση της αρχής της ελευθερίας του ανθρώπου. Η αρχή της ακαδημαϊκής ελευθερίας εγγυάται την αδέσμευτη επιστημονική σκέψη, έρευνα και διδασκαλία και νοείται:

α) ως ατομικό δικαίωμα του πανεπιστημιακού ερευνητή ή διδασκάλου, που θεμελιώνει αξίωση έναντι της κρατικής εξουσίας να μην επεμβαίνει με οποιονδήποτε τρόπο στην εκπαιδευτική διαδικασία αλλά και

β) ως θεσμική εγγύηση που προστατεύει λειτουργικά την ελευθερία της επιστημονικής έρευνας και διδασκαλίας. Ο Χάρτης Θεμελιωδών Δικαιωμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2016/C 202/02) διασφαλίζει την Ακαδημαϊκή Ελευθερία. Το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων έχει αποφανθεί για το ζήτημα της ακαδημαϊκής ελευθερίας, παρατίθεται σχετική νομολογία του ΕΔΔΑ. Παρατίθενται τα ζητήματα σχετικά με την αυτοδιοίκηση των ΑΕΙ και η Ελληνική νομολογική αντιμετώπιση ζητημάτων σχετικών με την ακαδημαϊκή ελευθερία.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ακαδημαϊκή ελευθερία νοείται η ελευθερία της έρευνας και της διδασκαλίας. Το σύνταγμα στο άρθρο 16Σ κατοχυρώνει την ατομική ελευθερία της τέχνης, της επιστήμης, της έρευνας και της διδασκαλίας (16§1Σ).

«Η αρχή της ακαδημαϊκής ελευθερίας είναι εξειδίκευση της αρχής της ελευθερίας του ανθρώπου. Κατά τούτο δεν είναι αρχή που προσδιορίζεται από νομικούς κανόνες, αλλά αρχή που προσδιορίζει τους νομικούς κανόνες, εφόσον θέλουν να είναι κανόνες δικαίου. Ακριβώς όπως το αίτιο προσδιορίζει το αιτιατό.

*Η αρχή της ακαδημαϊκής ελευθερίας όμως συνίσταται και σε κάτι άλλο: είναι η εννοιολογική και υπαρξιακή προϋπόθεση της διδασκαλίας και της έρευνας. Οι δύο αυτές, αναγκαίες για τη ζωή της πολιτείας, διαδικασίες νοούνται μόνο σε συνάρτηση με την αναγωγή της πνευματικής ύπαρξης του ανθρώπου σε κάτι το **αυτόνομο** μέσα στην πολιτεία, σε κάτι το ασυμβίβαστο προς τον ολοκληρωτισμό. Από την ώρα που η εξουσία θέλει, θετικά ή αρνητικά, να προσδιορίσει το αποτέλεσμα της ανθρώπινης σκέψης και επομένως να επηρεάσει το περιεχόμενο της έρευνας και της διδασκαλίας, έτσι ώστε οι κοινωνικοπολιτικές τους επιπτώσεις να είναι στα δικά της «μέτρα», αυτό που μένει δεν έχει πια πολλή σχέση με την έρευνα και τη διδασκαλία: αποτελεί έναν, άμεσα ή έμμεσα από την εξουσία επιζητούμενο ισχυρισμό: **καταντά υποχρεωτικό σύνθημα**». (Καθηγητής Δημήτρης Θ. Τσάτσος)¹*

II. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

1. Στο άρθρο 17 του Σχεδίου Συντάγματος του Ρήγα Βελεστινλή², που δημοσιεύθηκε το 1797, αναγνωρίζεται η ελευθερία της μαθήσεως "η φιλοπονία όλων των πολιτών ημπορεί να εκτείνεται εις όλες τας τέχνας και μαθήσεις". Ο Ρήγας καθιερώνει την υποχρεωτική εκπαίδευση αγοριών και κοριτσιών.

2. Το προσωρινό πολίτευμα της Ελλάδος, που ψηφίστηκε στη Β' Εθνοσυνέλευση του Άστρους στις 29-05-1822, στην παρ. λζ' του τετάρτου κεφαλαίου όριζε ότι "η δημόσιος εκπαίδευσις είναι υπό την προστασίαν του βουλευτικού σώματος, καθώς και η ελευθερία των τύπων".

Στο κεφάλαιο I του ίδιου συνταγματικού κειμένου και μεταξύ των καθηκόντων της Διοίκησης, αναφέρει στο άρθρο πζ' ότι δέον "συστηματικώς να οργανισθή η εκπαίδευσις της νεολαίας και να εισαχθή καθ' όλην την Επικράτειαν η αλληλοδιδασκτική μέθοδος από την Διοίκησιν".

¹ Στο πρώτο τεύχος του περιοδικού η «Συνέχεια» 1973

² Τα Ελληνικά Συντάγματα και η Ιστορία τους (1797-1875), Κέντρο Ευρωπαϊκού Συνταγματικού Δικαίου – Ίδρυμα Θεμιστοκλή και Δημήτρη Τσάτσου, Αθήνα 2012. Και Γεωργίου Λεοντίνη, «Οι ιδεολογικές συνιστώσες στο συγγραφικό έργο του Ρήγα», Υπέρεια, τόμ. 2, Πρακτικά Β' Διεθνούς Συνεδρίου «Φεραί – Βελεστίνο – Ρήγας», (Βελεστίνο 1992), Αθήνα 1994

3. Το Πολιτικό Σύνταγμα της Ελλάδος του 1827 στο άρθρο 20 όριζε ότι "οι Έλληνες έχουν το δικαίωμα να συσταίνωσι καταστήματα παντός είδους, παιδείας, φιλανθρωπίας, βιομηχανίας και τεχνών και να εκλέγουσιν διδασκάλους για την εκπαίδευσίν των". Με τις διατάξεις αυτές θεσπίζεται κρατική φροντίδα για την Παιδεία, αλλά και η ελευθερία του τύπου και το ατομικό δικαίωμα της ίδρυσης εκπαιδευτηρίων (δικαίωμα διδάσκειν) και η εκλογή δασκάλων για την εκπαίδευση (δικαίωμα διδάσκεισθαι).

4. Η Ακαδημαϊκή ελευθερία εμφανίστηκε με το προπαρασκευαστικό της ίδρυσης του «Πανεπιστημίου του Όθωνος» διάταγμα 86 του 1836 (31.12.1836) στο άρθρο 52, που όριζε ότι «εις τας παραδόσεις του πανεπιστημίου επικρατεί ευτελής ελευθερία».

5. Το Σύνταγμα του 1844 στο άρθρο 10 όριζε ότι «πας τις δύναται να δημοσιεύει προφορικώς τε, εγγράφως και διά του τύπου τους στοχασμούς του, τηρών τους νόμους του Κράτους», ενώ στο άρθρο 11 ότι «η ανωτέρα εκπαίδευσις ενεργείται δαπάνη του Κράτους... έκαστος έχει το δικαίωμα να συσταίνει εκπαιδευτικά καταστήματα...».

6. Ίδιες ρυθμίσεις συμπεριελήφθησαν και στα Συντάγματα του 1864 και του 1911. Στο Σύνταγμα του 1911 αφήνεται να διαφανεί ένα στοιχείο αυτοδιοίκησης της ανώτατης εκπαίδευσης, καθώς ορίζεται ότι «Η εκπαίδευσις διατελούσα υπό την ανώτατην εποπτεία του κράτους ενεργείται δαπάνη αυτού...» (άρθρο 16)

7. Στο Σύνταγμα του 1927 στο άρθρο 21 καθιερώνεται η ελευθερία της επιστήμης και της διδασκαλίας που όριζε ότι «*η τέχνη και η επιστήμη και η διδασκαλία αυτών είναι ελεύθεραι, διατελούν δε υπό την προστασίαν του Κράτους...*».

8. Το Σύνταγμα του 1952 ρύθμιζε τα θέματα της Παιδείας στο άρθρο 16, αλλά δεν αναγνώριζε ρητώς την ελευθερία της διδασκαλίας της τέχνης, της επιστήμης και της διδασκαλίας. Η ελευθερία του διδάσκειν έμμεσα αναγνωριζόταν από το άρθρο 14, που όριζε ότι «έκαστος δύναται να δημοσιεύη προφορικώς, εγγράφως και διά του Τύπου τους στοχασμούς του, τηρών τους νόμους του Κράτους».

Η διαφορά του άρθρου 14 του 1952 και του άρθρου 21 του 1927 έγκειται στο ότι το μεν 14 προστατεύει τον πολίτη έναντι της εκτελεστικής εξουσίας, το δε 21 προστατεύει τον επιστήμονα, τον καλλιτέχνη και τον ακαδημαϊκό δάσκαλο και έναντι της νομοθετικής επεμβάσεως. Στο Σύνταγμα του 1952 το άρθρο 16 αναφέρεται στην εποπτεία της ανωτάτης εκπαίδευσως από το κράτος, δεν περιείχε καμία αναφορά στην ελευθερία της έρευνας και της διδασκαλίας και της επιστήμης, με την επισήμανση στην παρ. 4 του άρθρου 16 ότι τα ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα αυτοδιοικούνται και οι καθηγητές των είναι **δημόσιοι υπάλληλοι**. Σύμφωνα όμως με το άρθρο 44 του ν. 1811/1951 (ΦΕΚ Α 141) αναφέρονται τα καθήκοντα του δημοσίου υπαλλήλου, ο οποίος ορίζεται «εκτελεστής της θηλήσεως του κράτους» που «οφείλει πίστιν και αφοσίωσιν εις την Πατρίδα και τα εθνικά ιδεώδη».

Με το Σύνταγμα του 1975 ο καθηγητής πανεπιστημίου καθίσταται **δημόσιος λειτουργός**, αποκτά ανεξαρτησία και δεν υπόκειται σε ιεραρχικό έλεγχο.

9. Το Σύνταγμα 1975. Το άρθρο 16 του Συντάγματος 1975 κατοχυρώνει την ατομική ελευθερία της τέχνης, της επιστήμης, της έρευνας και της διδασκαλίας (16§1Σ), ενώ παράλληλα θέ-

τει υπό τη σκέπη του και τον αθλητισμό (16§9Σ). Ταυτόχρονα, θεμελιώνει και συνταγματικά το δικαίωμα στην παιδεία (16§§2-4 και §§7-8Σ). Ειδική έκφραση του άρθρου 16Σ αποτελεί η αρχή της ακαδημαϊκής ελευθερίας που κατοχυρώνεται στην §1, ρυθμίζεται ειδικότερα στις §§5-6 και 8 εδ.β' και θα αποτελέσει το αντικείμενο ανάλυσης του παρόντος άρθρου.

10. Το ΣτΕ με την απόφαση υπ' αριθμ. 376/1934 θα ασχοληθεί για πρώτη φορά με ζήτημα ακαδημαϊκής ελευθερίας, όταν κλήθηκε να ελέγξει την πειθαρχική δίωξη κατά του Α. Δελμούζου, καθηγητή της παιδαγωγικής στο ΑΠΘ, για άρθρο του στον τύπο που κατέκρινε με ιδιαίτερα σκληρή γλώσσα κυβερνητικό νομοσχέδιο εκπαιδευτικού περιεχομένου: «"... ο προσφεύγων καθηγητής επεζήτησε (...) τον διαφωτισμόν της κοινής γνώμης, αναμφιβόλως δε και της Γερουσίας, εκ της γνώμης της οποίας εξηρτάτο η αποδοχή ή η απόρριψις των εκπαιδευτικών νομοσχεδίων. Τούτο όμως δεν αποτελεί αντίδρασιν, αλλά καθήκον του καθηγητού Πανεπιστημίου, οφείλοντος να εκθέτη δημοσία τα πορίσματα της επιστημονικής αυτού ερεύνης, εν τω κύκλω της ειδικότητος αυτού, ιδία μάλιστα όταν φρονή ότι πρόκειται να ψηφισθούν νομοσχέδια αντίθετα προς τα πορίσματα της επιστήμης και τας κρατούσας επιστημονικάς αντιλήψεις". Και τούτο "ουχι επί σκοπώ προπαγάνδας, αλλά προς επιστημονικόν διαφωτισμόν, διά καταλλήλου φρασεολογίας, με ηρεμίαν και αξιοπρέπειαν".³ Ιδιαίτερη σημαντική είναι για την ακαδημαϊκή ελευθερία η κρίση της μειοψηφίας στην απόφαση ΣτΕ 355/1943⁴ στην γνωστή σαν «**Δίκη των τόνων**»⁵.

II. ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ

1. Το Σύνταγμα 1975 – Με το άρθρο 16 του Συντάγματος ορίζεται ότι: «1. Η τέχνη και η επιστήμη, η έρευνα και η διδασκαλία είναι ελεύθερες, η ανάπτυξη και η προαγωγή τους αποτελεί υποχρέωση του Κράτους. Η ακαδημαϊκή ελευθερία και η ελευθερία της διδασκαλίας δεν απαλλάσσουν από το καθήκον της υπακοής στο Σύνταγμα. 2. Η παιδεία αποτελεί βασική αποστολή του Κράτους και έχει σκοπό την ηθική, πνευματική, επαγγελματική και φυσική αγωγή των Ελλήνων, την ανάπτυξη της εθνικής και θρησκευτικής συνείδησης και τη διάπλυσή τους σε ελεύθερους και υπεύθυνους πολίτες. 3... 4... 5. Η ανώτατη εκπαίδευση παρέχεται αποκλειστικά από ιδρύματα που αποτελούν νομικά πρόσωπα δημοσίου δικαίου με πλήρη αυτοδιοίκηση. Τα ιδρύματα αυτά τελούν υπό την εποπτεία του Κράτους, έχουν δικαίωμα να ενισχύονται οικονομικά από αυτό και λειτουργούν σύμφωνα με τους νόμους

3 Πηγή: Βλ. Ν. Αλιβιζάτος, Πέρα από το 16, Τα Πριν και τα Μετά, Μεταίχμιο, 2007, σελ. 83, υποσημ. 15

4 Βλ. «Η αντιδικία των τόνων», εκδ. Τζάκα-Δελαγραμμάτικα, Αθήναι, 1944 και Αριστόβουλο Μάνεση σε Η συνταγματική προστασία της ακαδημαϊκής ελευθερίας (έκδοση Τετραδίων Συνταγματικού Δικαίου), όπου θεωρεί ότι με την ΣτΕ 355/1943 νομολογήθηκε η «αρχή της ελευθερίας της πανεπιστημιακής διδασκαλίας»

5 Βλ. Παναγιώτης Μαντζούφας «Η δίκη των τόνων» σε <https://www.constitutionalism.gr/1826-i-diki-twn-tonwn/>

που αφορούν τους οργανισμούς τους. Συγχώνευση ή κατάτμηση ανώτατων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων μπορεί να γίνει και κατά παρέκκλιση από κάθε αντίθετη διάταξη, όπως νόμος ορίζει... 6. Οι καθηγητές των ανώτατων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων είναι δημόσιοι λειτουργοί. Το υπόλοιπο διδακτικό προσωπικό τους επιτελεί επίσης δημόσιο λειτουργήμα, με τις προϋποθέσεις που νόμος ορίζει. Τα σχετικά με την κατάσταση όλων αυτών των προσώπων καθορίζονται από τους οργανισμούς των οικείων ιδρυμάτων. Οι καθηγητές των ανώτατων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων δεν μπορούν να παυθούν προτού λήξει σύμφωνα με το νόμο ο χρόνος υπηρεσίας τους παρά μόνο με τις ουσιαστικές προϋποθέσεις που προβλέπονται στο άρθρο 88 παράγραφος 4 και ύστερα από απόφαση συμβουλίου που αποτελείται κατά πλειοψηφία από ανώτατους δικαστικούς λειτουργούς, όπως νόμος ορίζει. Νόμος ορίζει το όριο ηλικίας των καθηγητών των ανώτατων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων· εωσότου εκδοθεί ο νόμος αυτός οι καθηγητές που υπηρετούν αποχωρούν αυτοδικαίως μόλις λήξει το ακαδημαϊκό έτος μέσα στο οποίο συμπληρώνουν το εξηκοστό έβδομο έτος της ηλικίας τους».

2. Εφαρμόζοντας τις σχετικές προς την ανώτατη εκπαίδευση διατάξεις του άρθρου 16 του Συντάγματος, ο κοινός νομοθέτης προέβη στην έκδοση του «νόμου πλαισίου» 1268/1982, ο οποίος, έκτοτε, τροποποιηθείς κατ' επανάληψη, απετέλεσε τον «χάρτη της ανώτατης εκπαίδευσης» στο επίπεδο της κοινής νομοθεσίας. Το οργανωτικό σχήμα διοίκησης των Α.Ε.Ι. δεν εθίγη στην ουσία του, κατά τις διαδοχικές τροποποιήσεις του αρχικού νόμου, μέχρι την εφαρμογή του νόμου 4009/2011 με τον οποίο αναθεωρήθηκε το θεσμικό πλαίσιο της ανώτατης εκπαίδευσης και τέθηκαν νέοι κανόνες οργάνωσης και λειτουργίας των Α.Ε.Ι. Η εξέλιξη του μέχρι σήμερα θεσμικού πλαισίου είναι η ακόλουθη:

1) Νόμος 1268 ΦΕΚ 87/Α/1982, Για τη δομή και λειτουργία των Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων.

2) Νόμος 2083 ΦΕΚ 159/Α/1992, Εκσυγχρονισμός της Ανώτατης Εκπαίδευσης.

3) Νόμος 3549 ΦΕΚ 69/Α/2007, Μεταρρύθμιση του θεσμικού πλαισίου για τη δομή και λειτουργία των Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων.

4) Νόμος 4009 ΦΕΚ Α 195/6.9.2011⁶, Δομή, λειτουργία, διασφάλιση της ποιότητας των σπουδών και διεθνοποίηση των Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων.

5) Νόμος 4485/ΦΕΚ Α 114/04.08.2017, Οργάνωση και λειτουργία της ανώτατης εκπαίδευσης, ρυθμίσεις για την έρευνα και άλλες διατάξεις.

6) Νόμος 4610 /ΦΕΚ Α' 70/07.05.2019, Συνέργειες Πανεπιστημίων και Τ.Ε.Ι., πρόσβαση στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, πειραματικά σχολεία, Γενικά Αρχεία του Κράτους και λοιπές διατάξεις.

7) Νόμος 4653/ΦΕΚ Α-12/24.01.2020. Εθνική Αρχή Ανώτατης Εκπαίδευσης. Ειδικοί Λογαριασμοί Κονδυλίων Έρευνας Ανώτατων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων, Ερευνητικών και Τεχνολογικών Φορέων και άλλες διατάξεις.⁷

6 Είναι σήμερα δεδομένο ότι ο νόμος 4009/2011 αντικαταστάθηκε, αν και όχι στο σύνολό του.

7 Μετά από 35 χρόνια από την ίδρυση των ΤΕΙ μήκαν οι τίτλοι τέλους. Έγινε μαζική αναδιάρθρωση του

8) Νόμος 4777 (ΦΕΚ Α' 25/17.02.2021), Εισαγωγή στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση, προστασία της ακαδημαϊκής ελευθερίας, αναβάθμιση του ακαδημαϊκού περιβάλλοντος και άλλες διατάξεις.

3. Σημειώνεται ότι ο νομοθέτης⁸ με το άρθρο 64 Ν 4623/2019 αντικατέστησε το άρθρο 3 του ν. 4485/2017⁹ και έτσι κατέργησε το «πανεπιστημιακό άσυλο» με την ακόλουθη ρύθμιση:

«Ακαδημαϊκές ελευθερίες – Αναβάθμιση της ποιότητας του ακαδημαϊκού περιβάλλοντος 1. Στα Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα (Α.Ε.Ι.) κατοχυρώνεται και προστατεύεται η ακαδημαϊκή ελευθερία στην έρευνα και τη διδασκαλία, η οποία αποτελεί θεσμική εγγύηση της αδέσμευτης και απαραβίαστης επιστημονικής σκέψης, έρευνας και διδασκαλίας. 2. Η ακαδημαϊκή ελευθερία, καθώς και η ελεύθερη έκφραση και διακίνηση των ιδεών προστατεύονται σε όλους τους χώρους των Α.Ε.Ι., έναντι οποιουδήποτε προσπαθεί να τις καταλύσει ή περιορίσει. 3. Εντός των χώρων των Α.Ε.Ι. οι δημόσιες αρχές ασκούν όλες τις κατά νόμο αρμοδιότητές τους, συμπεριλαμβανομένης της επέμβασης λόγω τέλεσης αξιόποινων πράξεων».

4. Η ακαδημαϊκή ελευθερία¹⁰ αποτελεί τόσο ατομικό δικαίωμα, όσο και "θεσμική εγγύηση που προστατεύει λειτουργικά την ελευθερία της επιστημονικής έρευνας και διδασκαλίας"¹¹. «Τα όρια της ακαδημαϊκής ελευθερίας πηγάζουν από το Σύνταγμα και από τους νόμους που συνάδουν με αυτό.»¹² Ο νομοθέτης λοιπόν δεσμεύεται να οργανώνει τα ΑΕΙ με τρόπο που να διασφαλίζεται η ελεύθερη διδασκαλία και έρευνα.

4.1 Με τις ανωτέρω συνταγματικές διατάξεις του άρθρου 16 Σ κατοχυρώνεται η ελεύθερη ανάπτυξη της επιστήμης, ως θεμελιώδης σκοπός του κράτους, και καθορίζονται οι βασικές προϋποθέσεις και οι αρχές που πρέπει να διέπουν την παροχή της ανώτα-

χάρτη της Ανώτατης Εκπαίδευσης, που πραγματοποιήθηκε σε σύντομο χρονικό διάστημα. Το εγχείρημα αυτό έχει και σοβαρές νομικές διαστάσεις. Βλ. και τις σκέψεις της απόφασης 1958/2000 της Ολομέλειας του Συμβουλίου της Επικρατείας.

8 Οι διατάξεις που ίσχυσαν και αφορούν την ακαδημαϊκή ελευθερία είναι Ν.1268/92, άρθρο 2, Ν.3549/07, άρθρο 3, Ν.4009/11, άρθρο 3, Ν. 4485/17, άρθρο 3, άρθρο 64 Ν 4623/2019.

9 «1. Στα Α.Ε.Ι. κατοχυρώνεται η ακαδημαϊκή ελευθερία στην έρευνα και στη διδασκαλία, καθώς και η ελεύθερη έκφραση και διακίνηση των ιδεών. Το ακαδημαϊκό άσυλο αναγνωρίζεται για την κατοχύρωση των δημοκρατικών αξιών, των ακαδημαϊκών ελευθεριών στην έρευνα και στη διδασκαλία, την ελεύθερη διακίνηση των ιδεών, την προστασία του δικαιώματος στη γνώση και τη μάθηση έναντι οποιουδήποτε επιχειρεί να το καταλύσει. 2. Επέμβαση δημόσιας δύναμης σε χώρους των Α.Ε.Ι. επιτρέπεται αυτεπαγγέλτως σε περιπτώσεις κακουρηγμάτων, καθώς και εγκλημάτων κατά της ζωής, και ύστερα από απόφαση του Πρυτανικού Συμβουλίου σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση. Οι ανωτέρω περιορισμοί δεν ισχύουν για επεμβάσεις του Πυροσβεστικού Σώματος και επεμβάσεις σε περιπτώσεις τροχαίων ατυχημάτων.»

10 Βλ. Π. Μαντζούφα, Ακαδημαϊκή ελευθερία, Σάκκουλα, 1997

11 Αρ. Μάνεσης, Η Συνταγματική Προστασία της Ακαδημαϊκής Ελευθερίας σε Συνταγματική Θεωρία και Πράξη, Εκδοτικός Οίκος Σάκκουλα, 1980

12 Βλ. Στασινόπουλος Μ. «Η ακαδημαϊκή ελευθερία κατά το Σύνταγμα», 1978 Άρθρα πρακτικών Ακαδημίας Αθηνών

της εκπαίδευσης, για την οποία θεσπίζονται συγκεκριμένα οργανωτικά και λειτουργικά πλαίσια που οριοθετούν τη δράση όχι μόνο της διοίκησης αλλά και του κοινού νομοθέτη, κατά τη ρύθμιση από αυτόν των σχετικών θεμάτων. Κατά την έννοια των συνταγματικών αυτών διατάξεων, η ανώτατη εκπαίδευση, σκοπός της οποίας είναι η προαγωγή και μετάδοση της επιστημονικής γνώσης με την έρευνα και τη διδασκαλία, παρέχεται από αυτοτελή ιδρύματα, που αποτελούν νομικά πρόσωπα δημοσίου δικαίου, σύμφωνα αφενός με την αρχή της ακαδημαϊκής ελευθερίας και αφετέρου την αρχή της πλήρους αυτοδιοίκησης των ιδρυμάτων αυτών.

Η απόφαση της Ολομέλειας του Συμβουλίου της Επικρατείας **2786/1984**, ερμηνεύοντας τη σχετική συνταγματική διάταξη, δέχεται ότι: «Η αρχή της πλήρους αυτοδιοικήσεως των ΑΕΙ συνίσταται στην εξουσία των ιδρυμάτων αυτών να αποφασίζουν με δικά τους, αποκλειστικά, όργανα (ατομικά ή συλλογικά), οριζόμενα μεν από τον κοινό νομοθέτη, απαρτιζόμενα, όμως, οπωσδήποτε, από πρόσωπα τα οποία είναι επιφορτισμένα ή μετέχουν κατά τις προαναφερόμενες συνταγματικές διατάξεις, στην πραγμάτωση της εκπαιδευτικής και ερευνητικής αποστολής τους περιοριζόμενης μόνο σε έλεγχο νομιμότητας των πράξεων των οργάνων αυτών».

4.2 Η αρχή της ακαδημαϊκής ελευθερίας¹³ εγγυάται την αδέσμευτη επιστημονική σκέψη, έρευνα και διδασκαλία και νοείται:

α) ως **ατομικό δικαίωμα** του πανεπιστημιακού ερευνητή ή διδασκάλου, που θεμελιώνει αξίωση έναντι της κρατικής εξουσίας να μην επεμβαίνει με οποιονδήποτε τρόπο στην εκπαιδευτική διαδικασία αλλά και

β) ως **θεσμική εγγύηση** που προστατεύει λειτουργικά την ελευθερία της επιστημονικής έρευνας και διδασκαλίας, δηλαδή την οργανωμένη επιστημονική δραστηριότητα, που αναπτύσσεται, σύμφωνα με κανόνες που θεσπίζει και με οικονομικά μέσα που παρέχει το κράτος, μέσα στα πλαίσια της λειτουργίας των Α.Ε.Ι. Για πρώτη φορά έχουμε κατοχύρωση της ακαδημαϊκής ελευθερίας στο Σύνταγμα του 1927 στο Γ κεφαλαίο του με τον τίτλο "Δημόσιον Δίκαιον των Ελλήνων". Το άρθρο 21 Συντάγματος 1927 ορίζει τα εξής: « Η τέχνη και η επιστήμη και η διδασκαλία αυτών είναι ελεύθεροι, διατελούν δε υπό την προστασίαν του κράτους, το οποίο συμμετέχει εις την επιμέλεια και εξάπλωσιν αυτών». Στην ιστορική απόφαση του ΣτΕ με αριθμό 355/1943 (Δίκη των τόνων) το Δικαστήριο αποδέχτηκε την αρχή της ελευθερίας της ακαδημαϊκής ελευθερίας υπό το κράτος του τότε ισχύοντος Συντάγματος του 1911.

4.3.1 Το Σύνταγμα του 1975 (άρθρο 16 παρ. 6) χαρακτηρίζει τους Καθηγητές των Α.Ε.Ι. δημοσίους λειτουργούς, και ορίζει ότι και το υπόλοιπο διδακτικό προσωπικό επιτελεί επίσης δημόσιο λειτουργήμα, υπό τις προϋποθέσεις του νόμου. Τον Καθηγητή Πανεπιστημίου παγίως δέχεται η νομολογία του Συμβουλίου της Επικρατείας ως απολαμβάνοντα

13 Αρ. Μάνεσης, Η Συνταγματική Προστασία της Ακαδημαϊκής Ελευθερίας σε Συνταγματική Θεωρία και Πράξη, Εκδοτικός Οίκος Σάκκουλα, 1980, σ. 674 επ., σελ. 677

ιδιαίτερου (ή, κατ' άλλη διατύπωση της νομολογίας, ειδικού) προστατευτικού καθεστώτος λειτουργικής και προσωπικής ανεξαρτησίας (βλ. Ολ. 2786/1984, και 714/1989, 246/2006, 411/2008, 338/2011).

4.3.2 Το καθήκον της υπακοής στο Σύνταγμα. Σύμφωνα με το Σ. 16 παρ. 1 εδ. β' "η ακαδημαϊκή ελευθερία και η ελευθερία της διδασκαλίας δεν απαλλάσσουν από το καθήκον της υπακοής στο Σύνταγμα". Το καθήκον «υπακοής» έχει την έννοια της τήρησης του διατάξεων του Συντάγματος. Όλα τα κρατικά όργανα έχουν την υποχρέωση τήρησης του Συντάγματος με τη Δικαιοσύνη να διασφαλίζει πρωτίστως την τήρησή του μέσω του ελέγχου της συνταγματικότητας των νόμων, αφού σύμφωνα με το άρθρο 1 παρ. 3 του Συντάγματος όλες οι εξουσίες ασκούνται όπως ορίζει το Σύνταγμα. Το Σύνταγμα διακρίνει μεταξύ της υπακοής στο Σύνταγμα, που απαιτείται από τους δημόσιους λειτουργούς (του άρθρου 16 παρ. 1, δεύτερο εδάφιο), μεταξύ των οποίων οι καθηγητές, και της πίστης σε αυτό που οφείλουν οι δημόσιοι υπάλληλοι (άρθρο 103 παρ. 1)¹⁴.

4.3.3 Η ακαδημαϊκή ελευθερία καταλαμβάνει αποκλειστικά και μόνον το εκπαιδευτικό προσωπικό των ΑΕΙ (ΣτΕ 3894/1996 ΤοΣ 1997(161, ΣτΕ 2136/1991), είναι, ως προς το περιεχόμενο και τη μέθοδο της διδασκαλίας και της έρευνας, απόλυτη και ισχύει έναντι πάντων, μη επιδεχόμενη άλλους περιορισμούς από εκείνους που απορρέουν από την υποχρέωση σεβασμού εκ μέρους του πανεπιστημιακού διδασκάλου ή ερευνητή, των άλλων διατάξεων του Συντάγματος.

Το εν γένει διδακτικό προσωπικό βάσει του 16§5Σ εξομοιώνεται με δημόσιο λειτουργό, ήτοι απολαμβάνει ειδικές εγγυήσεις ανεξαρτησίας που ρυθμίζονται από την ειδική για τα Α.Ε.Ι. νομοθεσία.

Η άμεση σύνδεση της ακαδημαϊκής ελευθερίας με την υπηρεσιακή κατάσταση των μελών ΔΕΠ είχε επισημανθεί ήδη και στην εισήγηση προς την Ολομέλεια του Συμβουλίου της Επικρατείας (ΤοΣ 1984, 604 Ι): "Όπως η προσωπική ανεξαρτησία των δικαστικών λειτουργών αποτελεί την αναγκαία προέκταση της λειτουργικής ανεξαρτησίας, έτσι και η ακαδημαϊκή ελευθερία έχει σαν λογικό υπόβαθρο το ιδιαίτερο προσωπικό καθεστώς και την κατοχύρωση της νομικής θέσεως του διδακτικού προσωπικού και ιδιαίτερα του καθηγητικού προσωπικού των Α.Ε.Ι. Ακαδημαϊκή ελευθερία δεν μπορεί να υπάρξει χωρίς διακεκριμένο καθηγητικό προσωπικό, με καταξιωμένη υπευθυνότητα, οργανική αυτοτέλεια και κυρίαρχη θέση στο διοικητικό μηχανισμό των Α.Ε.Ι."

4.3.4 Ο κοινός νομοθέτης έχει βέβαια την ευχέρεια να ορίσει το γνωστικό αντικείμενο της διδασκαλίας και της έρευνας¹⁵, δεν επιτρέπεται όμως να θεσπίσει τέτοιους οργανωτικούς ή λειτουργικούς κανόνες, οι οποίοι, έστω και εμμέσως, συνεπάγονται περιορισμούς στην ακαδημαϊκή ελευθερία (ΣτΕ Ολ. 2786/1984, ΣτΕ 338/2011). Για την πραγματοποίηση της επιστημονικής έρευνας και διδασκαλίας μέσα στο πλαίσιο των αρχών της

14 Π. Μαντζούφας, Ακαδημαϊκή Ελευθερία, Εκδόσεις Σάκκουλα Θεσσαλονίκη, 1997, σελ. 216

15 ΣτΕ (Ολ.) 519/2015

ακαδημαϊκής ελευθερίας και της αυτοδιοίκησης των Α.Ε.Ι., ο συνταγματικός νομοθέτης προέβλεψε την ύπαρξη διδακτικού και ερευνητικού προσωπικού, τα μέλη του οποίου αναγνωρίζονται ως δημόσιοι λειτουργοί, τελούντες υπό ιδιαίτερο προστατευτικό καθεστώς εγγυώμενο την προσωπική και λειτουργική τους ανεξαρτησία (ΣτΕ 2786/1984 Ολ., 246/2006). Ως εκ τούτου έπεται ότι, κατά την οργάνωση των καθηκόντων των ανωτάτων εκπαιδευτικών λειτουργών, πρέπει να εξασφαλίζεται η άσκηση του ερευνητικού και διδακτικού τους έργου. Συνεπώς, η κατάρτιση των προγραμμάτων της πανεπιστημιακής διδασκαλίας πρέπει να παρέχει συγκεκριμένες δυνατότητες ασκήσεως του ατομικού αυτού δικαιώματος προς έρευνα και διδασκαλία (ΣτΕ 3478-3479/2001, 2460-2461/2002, 1234/2003, 56/2005, 246/2006).

4.3.5 Η ένταξη της ακαδημαϊκής ελευθερίας στην κατηγορία των θεσμικών εγγυήσεων επιβάλλει στο κράτος: να εξασφαλίζει την εκπλήρωση της αποστολής των πανεπιστημίων και να την υποστηρίζει με όλα τα αναγκαία (και ιδίως τα οικονομικά) μέσα (ΣτΕ 4009/2000), βλ. εκτενώς Αρ. Μάνεση, Η συνταγματική προστασία της ακαδημαϊκής ελευθερίας, σε: Συνταγματική Θεωρία και Πράξη 1980, σ. 674-714

4.3.6 Οι στρατιωτικές Σχολές, εν όψει της προέχουσας φύσης τους ως παραγωγικών σχολών των Ενόπλων Δυνάμεων, που έχουν ως κύρια αποστολή την παραγωγή ικανών και καταρτισμένων αξιωματικών (βλ. ήδη άρθρο 1 παρ. 2 περ. β' του ν. 3187/2003), δεν έχουν τον χαρακτήρα αυτοδιοικούμενων Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων (Α.Ε.Ι.) κατά το άρθρο 16 παρ. 5 του Συντάγματος (βλ. ΣτΕ 387/2016 Ολομ., 1223/2010, 265/2002, 3894/1996 7μ., 2040/1996, 298/1993, 2820/1992, 2136/1991 7μ., 2887/1990, 3756/1989, 1118/1980, 320/1980, βλ. και ΣτΕ 22/2011 εν συμβ., βλ. και ΠΕ 108/2014, 85/2013, 85/2008, 245/2007). Επομένως, ο νομοθετικός χαρακτηρισμός των σχολών αυτών ως «ανώτατων» και «ισότιμων» με Α.Ε.Ι. δεν συνεπάγεται άμεση ή έμμεση εξομοίωση των στρατιωτικών σχολών προς τα Α.Ε.Ι. (ΣτΕ 387/2016 Ολομ., 22/2011 εν συμβ., βλ. και ΠΕ 108/2014, 85/2013, 85/2008, 245/2007).

5. Η ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΩΝ ΑΕΙ¹⁶

Από την παράγραφο 5 (εδαφ. α' και β') του άρθρου 16 του ισχύοντος Συντάγματος (1975) προκύπτει ότι η καθιερωμένη πλήρης αυτοδιοίκηση των Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων (ΟλομΣτΕ 2786/1984, ΤοΣ 1984, 568II-569I) περιλαμβάνει: α) την εξουσία εκλογής των οργάνων διοικήσεως του πανεπιστημίου (ΣτΕ 2298/1979), β) την εξουσία εκλογής με δικά τους όργανα του διδακτικού (κυρίου και βοηθητικού) προσωπικού τους, γ) την άσκηση του εκπαιδευτικού τους έργου, όπως η κατάρτιση προγραμμάτων

16 Βλ. Π. Παυλόπουλος, Η συνταγματική κατοχύρωση της αυτοδιοίκησης των ΑΕΙ, Κυριακάτικη Ελευθεροτυπία, 24 Ιουλίου 2011

σπουδών κ.λπ. Είναι προφανές ότι η αυτοδιοίκηση είναι ουσιώδες στοιχείο της ακαδημαϊκής ελευθερίας, «αποτελεί όμως πλέον αυτοτελώς προστατευόμενο μέγεθος».

5.1 Η Ολομέλεια του ΣτΕ με την 32/1990¹⁷ απόφασή της έκρινε ότι: Με τις διατάξεις του άρθρου 16 παρ. 5 του ισχύοντος Συντάγματος:

α) κατοχυρώνεται πλήρως η αρχή της αυτοδιοικήσεως των ανωτάτων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων,

β) σύμφωνα με πάγια νομολογία του Συμβουλίου της Επικρατείας, η αρχή της αυτοδιοικήσεως έχει ως αποκλειστικό περιεχόμενο την εξουσία των ανωτάτων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων να αποφασίζουν με δικά τους όργανα στις δικές τους υποθέσεις όπως είναι η διαχείριση της περιουσίας των ή εκλογή του διδακτικού και διοικητικού προσωπικού. Η εξουσία αυτή είναι καθαρά διοικητική, περιορισμένη στην εφαρμογή των κανόνων δικαίου που διέπουν την οργάνωση και τη λειτουργία τους.

γ) Η αρχή της αυτοδιοικήσεως από τη φύση της δεν περιλαμβάνει και το δικαίωμα της θεσπίσεως των σχετικών κανόνων ή συμπράξεως στην παραγωγή τους κατά τρόπο δεσμευτικό για τα νομοθετικά όργανα, πράγμα που προϋποθέτει όχι απλώς αυτοδιοίκηση αλλά αυτονομία των ανωτάτων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων την οποία δεν τους παρέχει το Σύνταγμα.

Το ΣτΕ με την 761/2015 απόφασή του έκρινε ότι: «Με το συνταγματικό αυτό πλαίσιο, η θέσπιση των κανόνων που διέπουν την οργάνωση και τη λειτουργία των Α.Ε.Ι. ανήκει στην αρμοδιότητα της νομοθετικής λειτουργίας και ασκείται από τα όργανα και με τη διαδικασία που προβλέπει το Σύνταγμα. Κατά την άσκηση της αρμοδιότητας αυτής ο νομοθέτης διαθέτει ευρύτατα περιθώρια εξουσίας και δεν υποχρεούται να ακολουθήσει ορισμένο οργανωτικό και λειτουργικό πρότυπο, πρέπει όμως να οργανώνει τα Α.Ε.Ι. ενόψει των εκάστοτε κρατουσών επιστημονικών, οικονομικών και κοινωνικών συνθηκών, διασφαλίζοντας, παράλληλα, την πλήρη αυτοδιοίκησή τους και την ακώλυτη άσκηση της ακαδημαϊκής ελευθερίας και επιλέγοντας ρυθμίσεις πρόσφορες για την επίτευξη των σκοπών που επιδιώκει κάθε φορά» (βλ. ΣτΕ1013/2013 Ολομ.).

5.2 Φορείς της ανώτατης εκπαίδευσης, βάσει και του 16§5Σ είναι τα Ιδρύματα που αποτελούν νομικά πρόσωπα δημοσίου δικαίου (εφεξής «ΝΠΔΔ») με πλήρη αυτοδιοίκηση και όχι αυτονομία (ΟλομΣτΕ 1816/1983, ΤοΣ 1983, 464, 470).

17 Ζητήθηκε από καθηγητές του Ιατρικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών η ακύρωση του υπ' αριθμόν 410/1987 ΠΔ (ΦΕΚ 182 Τ.Α'), με το οποίο συγκροτήθηκε στο Πανεπιστήμιο Αθηνών Σχολή Επιστημών και Υγείας στην οποία εντάχθηκαν τα Τμήματα Ιατρικής, Οδοντιατρικής, Φαρμακευτικής και Νοσηλευτικής. Ο λόγος της προσφυγής ήταν ότι το αντιπροσωπευτικό όργανο του Ιατρικού Τμήματος κατέληξε στην άποψη ότι η ένταξή του μαζί με τα άλλα τρία Τμήματα σε μια Σχολή θα του προκαλέσει δυσλειτουργία και θα οδηγήσει στην υποβάθμιση της διδασκαλίας και της έρευνας.

Φορείς της ακαδημαϊκής ελευθερίας, με την έννοια που προστατεύεται συνταγματικά, είναι τόσο το ενιαίο διδακτικό-ερευνητικό προσωπικό (δηλαδή οι καθηγητές και το λοιπό διδακτικό προσωπικό) όσο και οι φοιτητές.

Η ΟλομστΕ 2788/1984 (ΤοΣ 1984, 587) τόνισε ότι: "ο συνταγματικός νομοθέτης δεν επέβαλε συγκεκριμένο πρότυπο οργανώσεως των ΑΕΙ (όπως λ.χ. του ν. 5343/32), αλλά διαφύλαξε στον κοινό νομοθέτη την ευχέρεια αφ' ενός μεν να καθορίζει το γνωστικό αντικείμενο της διδασκαλίας και έρευνας ανάλογα με το είδος και τις επιστημονικές κατευθύνσεις κάθε ΑΕΙ, καθώς και με τις εκπαιδευτικές ανάγκες, και αφ' ετέρου να οργανώνει τα ΑΕΙ κατά τις απαιτήσεις της εξελισσόμενης επιστήμης και τεχνολογίας και εν όψει των εκάστοτε κρατουσών οικονομικών και κοινωνικών συνθηκών. Δεν επιτρέπει όμως στον κοινό νομοθέτη να θεσπίσει οργανωτικούς ή λειτουργικούς κανόνες, οι οποίοι, έστω και έμμεσα, να συνεπάγονται περιορισμούς στην ακαδημαϊκή ελευθερία των τριών βασικών παραγόντων της ακαδημαϊκής ζωής που είναι το κύριο (καθηγητές), το βοηθητικό διδακτικό προσωπικό και οι φοιτητές".

5.3 Η εποπτεία του Κράτους επί των ΑΕΙ περιορίζεται, κατά την έννοια του άρθρου 16 Σ, στον έλεγχο νομιμότητας και μόνον των σχετικών με τα ανωτέρω θέματα πράξεων, των οργάνων τους, αποκλεισμένου του ουσιαστικού ελέγχου των πράξεων αυτών αφού θα ήταν ασυμβίβαστος προς την "πλήρη" αυτοδιοίκηση των Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων, η οποία σε κάθε περίπτωση θα ήτο κενή περιεχομένου (ΣτΕ 2216/1977). Εξάλλου, εφόσον δεν παραχωρήθηκε αυτονομία στα ΑΕΙ, το κράτος διατηρεί την εξουσία: α) να καθορίζει την αρμοδιότητά τους και β) να προβαίνει στην οργάνωσή τους, εντός των διαγραφόμενων υπό του Συντάγματος πλαισίων. Ασκώντας δε έλεγχο νομιμότητας επί των διοικητικών τους πράξεων υποχρεούται ταυτόχρονα στην οικονομική ενίσχυση τους, σύμφωνα άλλωστε με τη ρητή ρύθμιση του άρθρου 16 παρ 5 Σ. Διά τους ανωτέρω λόγους κατοχυρώνονται συνταγματικά οι αρχές της ακαδημαϊκής ελευθερίας και η ελευθερία της επιστήμης της έρευνας και της διδασκαλίας. Η κατοχύρωση αυτή δεν καλύπτει μόνο τη συλλογική δραστηριότητα, αλλά αφορά και σε κάθε ατομική δράση. Συνέπεια της ελευθερίας της αυτοδυνάμου διδασκαλίας ως ατομικού δικαιώματος, που αναφέρεται σε όλο το διδακτικό προσωπικό είναι το δικαίωμα μαθήσεως των φοιτητών, που στα σύγχρονα πανεπιστήμια δεν είναι απλοί χρήστες της παρεχομένης υπηρεσίας, αλλά παράγοντες συμμετέχοντες στην άσκησή της. (ΣτΕ 2805/1984 Ολ).

Σε κάθε περίπτωση υπεύθυνοι για την προστασία και την περιφρούρηση της ακαδημαϊκής ελευθερίας εντός των πανεπιστημιακών ιδρυμάτων είναι πρωτίστως οι διδάσκοντες και διδασκόμενοι. Αυτό αποτελεί θέσπιση του νέου συντάγματος το 1975, το οποίο εκτός των άλλων θεσμικών καινοτομιών περιείχε ρητή και ειδική διάταξη για την προστασία της ακαδημαϊκής ελευθερίας (άρθρο 16 παρ. 1, 5 εδ.α', 6 εδ.α' Σ 1975).

6. Το Πανεπιστημιακό Άσυλο¹⁸, Ακαδημαϊκό Άσυλο¹⁹ ή Άσυλο²⁰ χαρακτηρίζει την ακαδημαϊκή ελευθερία στην έρευνα και διδασκαλία, καθώς και την ελεύθερη έκφραση και διακίνηση των ιδεών μέσα σε πανεπιστημιακούς χώρους, για τα μέλη της πανεπιστημιακής κοινότητας (διδάσκοντες και διδασκομένους).

Το άσυλο αναγνωρίζεται για την κατοχύρωση των ακαδημαϊκών ελευθεριών και για την προστασία του δικαιώματος στη γνώση, τη μάθηση και την εργασία όλων ανεξαιρέτως των μελών της ακαδημαϊκής κοινότητας των ιδρυμάτων και των εργαζομένων σε αυτά, έναντι οποιουδήποτε επιχειρεί να καταλύσει τις ακαδημαϊκές διαδικασίες, όπου και αν αυτές αναπτύσσονται εντός των ΑΕΙ²¹. Όταν αναφερόμεθα στο πανεπιστημιακό άσυλο δεν εννοούμε, σε καμιά απολύτως περίπτωση, την με οποιοδήποτε τρόπο και από οποιονδήποτε παραβίαση²² των διατάξεων του Συντάγματος και της Συμβάσεως για τα Ανθρώπινα Δικαιώματα.

Η ύπαρξη πανεπιστημιακού Ασύλου καθιερώθηκε στο πρώτο πανεπιστήμιο του Δυτικού Κόσμου, που είναι το πανεπιστήμιο της Βologna, στην Ιταλία. Αυτό το άσυλο θεσμοθετήθηκε με ένα νομικό κείμενο το οποίο ονομάζεται Authentica Habita (ή Constitutio Habita) και το οποίο έγινε νόμος το 1158, όπως ανακαλύπτουμε, από τον Φρειδερίκο – τον πρώτο – Μπαρμπαρόσα. Σκοπός του νομικού κειμένου ήταν να ανακηρυχθεί το πανεπιστήμιο ως χώρος των θεραπόντων, δηλαδή των υπηρετών, της Επιστήμης, δίχως καμία άλλη εξωτερική εξουσία να μπορεί να παρέμβει και να άρει αυτήν την ανεξαρτησία. Εξουσία κοσμική τότε ασκούσε όχι μόνον το Κράτος, αλλά και ο Παπισμός²³.

6.1 Το πανεπιστημιακό άσυλο, η απαγόρευση δηλαδή της εισόδου των αστυνομικών αρχών στο Πανεπιστήμιο χωρίς άδεια της Συγκλήτου, αποτελούσε ήδη από το 19ο αιώνα εθιμικό δίκαιο των ελληνικών ΑΕΙ. Την καταπάτησή του από τις αστυνομικές δυνάμεις επικαλέστηκαν μεταξύ άλλων και οι ένοπλοι φοιτητές που πραγματοποίησαν την

18 Βλ. Κώστας Γεωργουσόπουλος 24γράμματα – Ηλεκτρονικό Περιοδικό «Άσυλου σύληση» Αναρτήθηκε 07/11/2011

19 Βλ. Ν. Πασχαλίδη «Το Πανεπιστημιακό Άσυλο» σε Υπεράσπιση 4/1999 1283-1288, Αλέξανδρος Απ. Μαντζούτσος «Πανεπιστημιακό Άσυλο: δημοκρατική κατάκτηση ή θεσμοθετημένη ασυδοσία; Σε Νομικό Βήμα, Τόμος 58, Τεύχος 5, Ιούνιος 2010, σελ. 1136-1146.

20 Η λέξη χρησιμοποιείται από τον 5ο αιώνα π.Χ. (Ευριπίδης, Μηδ. 727-728). Το πνεύμα του ασύλου συναντάται και το 467 π.Χ, έτος που διδάχτηκαν οι «Ικέτιδες» του Αισχύλου. Η λέξη, αρχικά, προσδιόριζε ναούς ή ιερούς τόπους (από εδώ και η λ. “ιερόσυλος”) και κανένας δεν μπορούσε να πειράξει όποιον ζητούσε προστασία.

21 Βλ. «Το πανεπιστημιακό άσυλο και ο νομοθέτης: μια σχέση μαγική που τείνει να γίνει θυελλώδης» της Ιφιγένειας Καμτσίδου, σε Ι΄ Συμπόσιο Ομίλου Αριστόβουλος Μάνεσης, Νεοχώρι, Λίμνη Πλαστήρα 20-21/03/2009

22 Για να αντιληφθεί κανείς τη δοκιμασία της Πανεπιστημιακής Κοινότητας όταν συμβαίνουν τραγικά γεγονότα στο Πανεπιστήμιο, αξίζει να αναζητήσει την επιστολή παραίτησης του πρύτανη του ΕΚΠΑ Χ. Κίττα, Εφημερίδες 10-11/12/2009

23 Βλ. «24γράμματα – Ηλεκτρονικό Περιοδικό» Το άσυλο σε άλλες εποχές. Αναρτήθηκε στις 02/04/2011 στην κατηγορία 24γράμματα, Β. Ιστορία, Ιστορικά γεγονότα.

πρώτη κατάληψη πανεπιστημιακού κτιρίου στην Αθήνα, τον Ιανουάριο του 1887. Από τον Δεκέμβριο του 1896 έως και τον Ιανουάριο του 1897 διαδραματίστηκαν στην Αθήνα πολύ σοβαρά γεγονότα, τα λεγόμενα «Γαλβανικά», με πρωταγωνιστές τους φοιτητές του Εθνικού Πανεπιστημίου. Τα γεγονότα αυτά θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως η πρώτη στην ιστορία του φοιτητικού κινήματος κατάληψη κτιρίου²⁴, και η έναρξη της συζήτησης για τη θεσμοθέτηση του Πανεπιστημιακού ασύλου.

6.2 Ο Οργανισμός του Πανεπιστημίου Αθηνών (ν. 5343/1932)²⁵ προέβλεπε την ύπαρξη του πανεπιστημιακού ασύλου και μάλιστα στα άρθρα του 124-127 με χαρακτηριστική αναφορά στο άρθρο 125, όπου ορίζεται ότι: «2. *Η εις τοιαύτην συνέλευσιν προσέλευσις επιτρέπεται μόνον τοις φοιτηταίς, ουδενός άλλου πλην του διδακτικού προσωπικού του πανεπιστημίου δυναμένου να παρευρίσκηται άνευ αδείας του πρυτάνεως. Ως προς την τήρησιν της διατάξεως ταύτης είναι υπεύθυνοι οι την συνέλευσιν προσκαλέσαντες*». Η πρυτανική άδεια για την είσοδο της αστυνομίας στους πανεπιστημιακούς χώρους τηρήθηκε **με εξαίρεση** τις ανώμαλες περιόδους, όπως της δικτατορίας, με αποκορύφωμα τα τραγικά αιματηρά και δραματικά γεγονότα του Νοεμβρίου 1973²⁶ στο ΕΜΠ, οπότε η Σύγκλητος του ΕΜΠ αρχικά αρνήθηκε να επιτρέψει εισβολή της αστυνομίας, επικαλούμενη ακριβώς το πανεπιστημιακό άσυλο στο ΕΜΠ, ενώ στις 14 Φεβρουαρίου 1973, η Σύγκλητος του ΕΜΠ υπέβαλε την παραίτησή της λόγω της παραβίασης του ασύλου. Τα γεγονότα αυτά απετέλεσαν την αφορμή μεγάλων συζητήσεων κατά την ψήφιση του Συντάγματος 1975.

6.3 Κατά τις συζητήσεις για τη θέσπιση του Συντάγματος του 1975 στην Ε Αναθεωρητική Βουλή, η ακαδημαϊκή ελευθερία συνδέθηκε με την ανάγκη συνταγματικής κατοχύρωσης του ακαδημαϊκού ασύλου. Την άποψη αυτή υποστήριξαν οι αγορητές της μειοψηφίας, μεταξύ αυτών και η ιστορική αγόρευση του Ε. Παπανούτσου, ο οποίος μεταξύ άλλων υποστήριξε: «*Η τέχνη και η επιστήμη, η έρευνα και η διδασκαλία είναι ελεύθεροι, η δε προώθησις και ανάπτυξις αυτών αποτελούν υποχρέωσιν του Κράτους. Δεν υπάρχει εδώ κάποια ασυμφωνία. Μετά την τέλειαν όμως προστασία μας είναι να γίνει μια μικρή προσθήκη, η εξής: Η ακαδημαϊκή ελευθερία και το άσυλον είναι απαραβίαστα. Όταν λέγωμεν ακαδημαϊκή ελευθερία και ακαδημαϊκόν άσυλον θα εννοούμεν συγκεκριμένα ότι είναι απαραβί-*

24 Οι φοιτητές τότε διακήρυξαν: «Αν θέλετε να έχετε τέκνα άνευ τιμής, αν νομίζετε ότι άτιμάζομεν το Ίδρυμα τούτο, τότε περιττόν να λεγόμεθα τρόφιμοι αυτού, ας κλείση δε προτιμότερον, όπως μη επεκτείνεται η ατιμία και προς τους προγενέστερους! Ημείς όμως τ' αναντία φρονούντες, απεφασίσαμεν να συνταφώμεν μετ' αυτού. Δηλούμεν δε προσέτι ότι ούτε κυβέρνησις, ούτε άλλη τις μεγαλύτερα δύναμις, αν υπάρχη εν τω κράτει, θα μας εκβιάση και εις δε αστυφύλαξ, αν τολμήση να πατήση τον περίβολον ή το πεζοδρόμιον του Πανεπιστημίου, θα φονευθή».

25 Οι διατάξεις αυτές του οργανισμού καταργήθηκαν με το άρθρο 81 παρ. 1 του ν 4009/2011

26 Η έφοδος των αστυνομικών δυνάμεων στην Νομική Σχολή του Πανεπιστημίου Αθηνών την 22α Φεβρουαρίου 1973 και η εισβολή άρματος μάχης στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο την 17η Νοεμβρίου 1973.

αστα διότι ακριβώς ο πνευματικός χώρος είναι τέμενος της Ανώτατης Εκπαιδευσεώς μας»²⁷. Την ανάγκη άλλωστε συνταγματικής κατοχύρωσης του ασύλου υποστήριξαν ο γενικός εισηγητής της μειοψηφίας καθηγητής Δ. Τσάτσος, ο καθηγητής Γ.Α. Μαγκάκης, ο Α. Παπανδρέου και πολλοί άλλοι²⁸. Τελικά το θέμα του ασύλου αφέθηκε να ρυθμιστεί με νόμο.

Πράγματι ο κοινός νομοθέτης ασχολήθηκε με το ζήτημα:

1. Με τον Ν.1268/92, άρθρο 2 παρ 4 ορίζεται: «Για την κατοχύρωση της ακαδημαϊκής ελευθερίας, της ελεύθερης επιστημονικής αναζήτησης και της ελεύθερης διακίνησης των ιδεών, αναγνωρίζεται το Πανεπιστημιακό Άσυλο».

2. Με τον Ν.3549/07, άρθρο 3 παρ 3 ορίζεται: «Το ακαδημαϊκό άσυλο αναγνωρίζεται για την κατοχύρωση των ακαδημαϊκών ελευθεριών και για την προστασία του δικαιώματος στη γνώση, τη μάθηση και την εργασία όλων ανεξαιρέτως των μελών της ακαδημαϊκής κοινότητας των Α.Ε.Ι., και των εργαζομένων σε αυτά, έναντι οποιουδήποτε επιχειρεί να το καταλύσει.»

3. Με το άρθρο 3 παρ 1 του ν 4485/2017 ορίζεται: «Στα Α.Ε.Ι. κατοχυρώνεται η ακαδημαϊκή ελευθερία στην έρευνα και στη διδασκαλία, καθώς και η ελεύθερη έκφραση και διακίνηση των ιδεών. Το ακαδημαϊκό άσυλο αναγνωρίζεται για την κατοχύρωση των δημοκρατικών αξιών, των ακαδημαϊκών ελευθεριών στην έρευνα και στη διδασκαλία, την ελεύθερη διακίνηση των ιδεών, την προστασία του δικαιώματος στη γνώση και τη μάθηση έναντι οποιουδήποτε επιχειρεί να το καταλύσει.»

4. Το άρθρο 3 ν. 4485/2017 αντικαταστάθηκε με το άρθρο 64 Ν.4623/2019, ΦΕΚ Α 134/9.8.2019 και καταργήθηκε το άσυλο, όπως και με το νόμο 4009/2017 καταργήθηκε το άρθρο 2 του ν. 1268/1982.

7. ΝΟΜΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ

7.1 Με την Απόφαση ΑΠ 13/1999 ΑΠ (ΟΛΟΜ) ΝΟΒ/2000 (447) κρίθηκε ότι τα συνταγματικά κατοχυρωμένα δικαιώματα της ελευθερίας της επιστήμης και της έρευνας, της ελευθερίας της εκφράσεως, διαδόσεως στοχασμών και της ελευθεροτυπίας κρίνονται ως υπέρτερα κοινωνικά δικαιώματα του δικαιώματος επί της προσωπικότητας. Τυχόν προσβολή του τελευταίου δικαιώματος από την ενάσκηση των ανωτέρω δεν κρίνεται παράνομη.

7.2 Με την Απόφαση 3/2010 ΑΠ (ΟΛΟΜ-ΠΟΙΝ) (ΠΟΙΝΔ/ΝΗ 2010/533, ΝΟΜΟΣ) κρίθηκε η Ελευθερία έκφρασης, έρευνας και διδασκαλίας. Ελευθερία επιστήμονα-ιστορικού να συγγράφει και να κυκλοφορήσει έργο, στο οποίο θα καταγράφει, ερμηνεύει και αξιολογεί ιστορικά γεγονότα, καθώς και θα αξιολογεί τις πράξεις προσώπων που συμμετείχαν στη διαμόρφωση των γεγονότων αυτών, υπό τους περιορισμούς των ά. 2 Παρ. 1, ά. 5 Παρ. 1 και 25 Παρ. 3 και ά. 10 Παρ. 2 ΕΣΔΑ.

27 Βλ. Ε. Παπανούτσου, Πρακτικά των Συνεδριάσεων της Βουλής, σελ 493

28 Βλ. σχετικά Πρακτικά της Ολομέλειας, σελ. 495, 509, 524, και πρακτικά Υποεπιτροπών, σελ. 442 κ.ά.

7.3 Με την Απόφαση 85/2021 του Διοικητικού Εφετείου Θεσσαλονίκης κρίθηκε ότι: η αρχή της ακαδημαϊκής ελευθερίας κατοχυρώνεται από τη διάταξη του άρθρου 16 του ισχύοντος Συντάγματος που εγγυάται την αδέσμευτη επιστημονική σκέψη, έρευνα και διδασκαλία, αποτελεί δε ατομικό δικαίωμα του πανεπιστημιακού ερευνητή ή διδασκάλου, ασκούμενο ως οργανωμένη δραστηριότητα, στο πλαίσιο λειτουργίας των ανώτατων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων. Για την πραγματοποίηση της επιστημονικής έρευνας και διδασκαλίας μέσα στο πλαίσιο των αρχών της ακαδημαϊκής ελευθερίας και της αυτοδιοίκησης των Α.Ε.Ι., ο συνταγματικός νομοθέτης προέβλεψε την ύπαρξη διδακτικού και ερευνητικού προσωπικού, τα μέλη του οποίου αναγνωρίζονται ως δημόσιοι λειτουργοί, τελούντες υπό ιδιαίτερο προστατευτικό καθεστώς εγγυώμενο την προσωπική και λειτουργική τους ανεξαρτησία (ΣτΕ 41/2013 Ολ, 2786/1984 Ολ., 246/2006). Εκ τούτου έπεται ότι, κατά την οργάνωση των καθηκόντων των ανώτατων εκπαιδευτικών λειτουργών, πρέπει να εξασφαλίζεται η άσκηση του ερευνητικού και διδακτικού τους έργου. Συνεπώς, η κατάρτιση των προγραμμάτων της πανεπιστημιακής διδασκαλίας πρέπει να παρέχει συγκεκριμένες δυνατότητες άσκησης του ατομικού αυτού δικαιώματος προς έρευνα και διδασκαλία (ΣτΕ 3478-3479/2001, 2460-2461/2002, 1234/2003, 56/2005, 246/2006, 1084/2017).

8. Η ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ. ΑΝΘΡΩΠΙΝΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ ΚΑΙ Ο ΧΑΡΤΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΔΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ – ΝΟΜΟΛΟΓΙΑ ΕΔΔΑ

8.1 Ο Χάρτης Θεμελιωδών Δικαιωμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2016/C 202/02) διασφαλίζει την Ακαδημαϊκή Ελευθερία. Το άρθρο 13ΧΘΔΕΕ προβλέπει ότι «Η τέχνη και η επιστημονική έρευνα είναι ελεύθερες. Η ακαδημαϊκή ελευθερία είναι σεβαστή».

Το δικαίωμα αυτό συνάγεται από τις ελευθερίες σκέψης και έκφρασης και ασκείται στα πλαίσια του άρθρου 1 ΧΘΔΕΕ²⁹ που αφορά την ανθρώπινη αξιοπρέπεια και μπορεί να υπαχθεί στους περιορισμούς που επιτρέπονται από το άρθρο 10³⁰ της Ευρωπαϊκής Σύμβασης για τα Ανθρώπινα Δικαιώματα που αφορά την ελευθερία έκφρασης.

29 «Η ανθρώπινη αξιοπρέπεια είναι απαραβίαστη. Πρέπει να είναι σεβαστή και να προστατεύεται.»

30 «1. Παν πρόσωπον έχει δικαίωμα εις την ελευθερίαν εκφράσεως. Το δικαίωμα τούτο περιλαμβάνει την ελευθερίαν γνώμης ως και την ελευθερίαν λήψεως ή μεταδόσεως πληροφοριών ή ιδεών, άνευ επεμβάσεως δημοσίων αρχών και ασχέτως συνόρων. Το παρόν άρθρον δεν κωλύει τα Κράτη από του να υποβάλλωσι τας επιχειρήσεις ραδιοφωνίας, κινηματογράφου ή τηλεοράσεως εις κανονισμούς εκδόσεως αδειών λειτουργίας. 2. Η άσκησις των ελευθεριών τούτων, συνεπαγομένων καθήκοντα και ευθύνας δύναται να υπαχθή εις ωρισμένας διατυπώσεις, όρους, περιορισμούς ή κυρώσεις, προβλεπομένους υπό του νόμου και αποτελούντας αναγκαία μέτρα εν δημοκρατική κοινωνία διά την εθνικήν ασφάλειαν, την εδαφικήν ακεραιότητα ή δημοσίαν ασφάλειαν, την προάσπισιν της τάξεως και πρόληψιν του εγκλήματος, την προστασίαν της υγείας ή της ηθικής, την προστασίαν της υπολήψεως ή των δικαιωμάτων των τρίτων, την παρεμπόδισιν της κοινολογήσεως εμπιστευτικών πληροφοριών ή τη διασφάλισιν του κύρους και αμεροληψίας της δικαστικής εξουσίας.»

8.2 Το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων έχει αποφανθεί για το ζήτημα της ακαδημαϊκής ελευθερίας για πανεπιστημιακούς που άσκησαν την ελευθερία της έκφρασης τους μέσω μιας επιστημονικής δράσης, στα πλαίσια των αρμοδιοτήτων τους:

8.2.1 Στην υπόθεση **Sorguc κατά Turkey**, 23/9/09, το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων υπογράμμισε τη σημασία της ακαδημαϊκής ελευθερίας σημειώνοντας ότι αυτή περιλαμβάνει την ελευθερία των ακαδημαϊκών να εκφράζουν ελεύθερα την άποψή τους για το ίδρυμα στο οποίο εργάζονται και την ελευθερία να διακινούν τη γνώση και την αλήθεια χωρίς παρεμβάσεις..

8.2.2. Στην υπόθεση **Kula κατά Τουρκίας** της 19.06.2018 (αριθ. προσφ. 20233/06) το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων έκρινε ότι το άρθρο 10 της ΕΣΔΑ προστατεύει επίσης τον τρόπο με τον οποίο οι ιδέες μεταδίδονται, το Δικαστήριο έκρινε ότι η προσφυγή αφορούσε κυρίως την άσκηση του δικαιώματος του κ. Kula στην ελευθερία της έκφρασης ως ακαδημαϊκού κατά τη διάρκεια τηλεοπτικού προγράμματος που διοργανώνεται εκτός της πόλης διαμονής του. Έκρινε ότι η υπόθεση αφορούσε αδιαμφισβήτητη την ακαδημαϊκή ελευθερία του προσφεύγοντος, η οποία θα πρέπει να εγγυάται την ελευθερία έκφρασης³¹ και δράσης, την ελευθερία επικοινωνίας, καθώς και την ελευθερία να «επιδιώκει και να διαχέει χωρίς περιορισμούς τη γνώση και την αλήθεια».

9. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Το Σύνταγμα του 1975 στο άρθρο 16 κατοχυρώνει την ακαδημαϊκή ελευθερία, τον δημόσιο χαρακτήρα του Πανεπιστημίου και την πλήρη αυτοδιοίκηση του Πανεπιστημίου.

Η ακαδημαϊκή ελευθερία είναι θεμελιώδης θεσμός του δημοκρατικού πολιτεύματος, συνάπτεται με την ικανοποίηση του δημοσίου συμφέροντος και αποσκοπεί στην ανεύρεση της «αλήθειας». Η ακαδημαϊκή ελευθερία περιλαμβάνει³² εντός του ακαδημαϊκού χώρου τα ακόλουθα: α) την ελευθερία της έρευνας, β) την ελευθερία διδασκαλίας γ) και την «ελευθερία έκφρασης και δράσης. Ειδική έκφανση του άρθρου 16Σ αποτελεί η αρχή της ακαδημαϊκής ελευθερίας που κατοχυρώνεται στην §1, ρυθμίζεται ειδικότερα στις §§5-6 και 8 εδ.β'. Το Σύνταγμα ανάγει την ακαδημαϊκή ελευθερία, σε ατομική ελευθερία, η οποία θεμελιώνει αμυντικό δικαίωμα έναντι της κρατικής εξουσίας για αποχή παρεμβάσεως σε αυτήν (status negativus).

Θα αναφερθώ στα λόγια του Ζορζ Βεντέλ, πρύτανη του Πανεπιστημίου του Παρισιού το 1960 –πριν από τον Μάη–, ο οποίος σε ένα άρθρο του για την ακαδημαϊκή ελευθερία

31 Βλ. ΕΔΔΑ υπόθεση Kaboğlu και Oran κατά Τουρκίας της 20.10.2020 (αρ. 2) (αρ. προσφ. 36944/07)

32 Η Αμερικανική Ένωση Πανεπιστημιακών Καθηγητών ήδη από το 1915 είχε διακηρύξει ότι η ακαδημαϊκή ελευθερία περιλαμβάνει τρία στοιχεία: «την ελευθερία έρευνας και αναζήτησης», «την ελευθερία διδασκαλίας σε πανεπιστημιακό ή κολεγιακό επίπεδο» και την «ελευθερία έκφρασης και δράσης εκτός των ακαδημαϊκών τειχών».

έδωσε τον ωραιότερο, νομίζω, ορισμό της αποστολής του πανεπιστημιακού δασκάλου: είναι η αποστολή «ενός ελεύθερου ανθρώπου στον οποίο εμπιστευόμαστε άλλους ελεύθερους ανθρώπους»³³.

Όπως δίδασκε ο μέγιστος καθηγητής Συνταγματικού Δικαίου Ν. Σαρίπολος (άξιοι συνεχιστές του έργου του ο Αλέξανδρος Σβώλος και ο Αριστόβουλος Μάνεσης), όταν η Ελευθερία κυνηγηθεί από την Πολιτεία θα προστρέξει προς προστασία στο Πανεπιστήμιο και αν καταδιωχθεί και από αυτά θα τη θέσω – προστατεύσω – υπό την τήβεννό μου...³⁴.

ΠΗΓΕΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αργυρός Α., Η Ακαδημαϊκή Ελευθερία και το «Πανεπιστημιακό Άσυλο», ΝοΒ 2011 σ. 1800
- Ανθόπουλος Χαράλαμπος, Πανεπιστήμιο και Σύνταγμα. Το άρθρο 16 και η πανεπιστημιακή μεταρρύθμιση, <https://www.constitutionalism.gr/>
- Αλιβιζάτος Νίκος Κ., Το σύνταγμα και οι εχθροί του στην νεοελληνική ιστορία 1800-2010, εκδόσεις Πόλις, Αθήνα, 2011
- Βλαχόπουλος Σπ. (Επιμ.), Θεμελιώδη Δικαιώματα, Νομική Βιβλιοθήκη, 2017
- Βλαχόπουλος Σπ., Η Ελευθερία της Τέχνης, Τα όρια ενός ανεπιφύλακτου δικαιώματος, ΔΤΑ 1/1999, σ. 73 επ
- Δαγτόγλου Π.Δ., Συνταγματικό Δίκαιο – Ατομικά Δικαιώματα Α', Δεύτερη αναθεωρημένη έκδοση, Εκδόσεις Σάκκουλα, 2005
- Μάνεσης Αριστόβουλος, Δίκαιο – Σύνταγμα – Πολιτική, σειρά Δίκαιο και Πολιτική 11, εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη, 1982
- Μάνεσης Αριστόβουλος, Η συνταγματική προστασία της ακαδημαϊκής ελευθερίας, Συνταγματική Θεωρία και Πράξη, 4η έκδοση, εκδόσεις Σάκκουλα, Αθήνα, 2007
- Ματζούφας Παναγιώτης Γ., Ακαδημαϊκή ελευθερία, Οργανωτική και διαδικαστική θεώρηση: Το συνταγματικό πλαίσιο της εξέλιξης των πανεπιστημιακών, Εκδόσεις Σάκκουλα Α.Ε., 1997
- Μαντζούτσος Αλέξανδρος Απ., Ισότητα και Εκπαίδευση – Το δικαίωμα της ίσης πρόσβασης στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, Πρόλογος: Νίκος Κ.Αλιβιζάτος, Εκδόσεις Σάκκουλα, 2008
- Μουρτοπάλλας Κωνσταντίνος, Η ακαδημαϊκή ελευθερία υπό αίρεση; 2018, <https://ekyklos.gr/sb/567-i-akadimaiki-elftheria-ypro-airesi.html>
- Παπαδημητρίου Γ., Συνταγματικές Μελέτες (1975-2005), Τόμος Ι, Θεμελιώδεις αρχές – Αναθεώρηση του Συντάγματος – Θεμελιώδη δικαιώματα – Δικαιοσύνη, Εκδόσεις Σάκκουλα, 2007
- Παραράς Πέτρος Ι., Σύνταγμα 1975 – Corpus Ι, Εκδόσεις Σάκκουλα, 1985

33 Βλ. Δέσποινα Σίνου: Πανεπιστημιακή αστυνομία ή ακαδημαϊκή ελευθερία; 26/01/2021

34 Το επανέλαβε και ο Αρ. Μάνεσης κατά την εναρκτήρια ομιλία του, όταν εκλέχτηκε καθηγητής Συνταγματικού Δικαίου στο ΑΠΘ.

Στασινόπουλος Μιχαήλ, Η ελευθερία γνώμης των καθηγητών των ανωτάτων σχολών, Νομική Μελέται, Αθήνα, 1972

Σωτηρέλης Γιώργος, Η μεταρρύθμιση της ανώτατης εκπαίδευσης υπό το πρίσμα των συνταγματικών εγγυήσεων της ακαδημαϊκής ελευθερίας, 2012, <https://www.constitutio-nalism.gr/>

Σκουρής Βασίλειος, Τάχος Αναστάσιος, Ειδικό Διοικητικό Δίκαιο, τεύχος 6: Βασίλειος Σκουρής – Ευαγγελία Κουτούπα-Ρεγκάκου, Δίκαιο της Παιδείας, Τέταρτη Έκδοση, Εκδόσεις Σάκκουλα, 2009

Χρυσόγονος Κώστας Χ., Ατομικά και Κοινωνικά Δικαιώματα, Τρίτη αναθεωρημένη έκδοση, Νομική Βιβλιοθήκη, 2006

Abstract

Academic freedom refers to the freedom of research and teaching. With Art. 16S the Constitution establishes the personal freedom of art, science, research, and teaching. The right to academic freedom is a specialisation of the right to freedom. The right of academic freedom guarantees free scientific thinking, research, and teaching and refers to:

A. The personal freedom of the university scholar or teacher to claim that government authority shall not interfere against teaching, and

B. The institutional guarantee of the freedom of scientific research and teaching. The European Convention on Human Rights (2016/C 202/02) provides for Academic Freedom. The European Court of Human Rights has decided on the topic of academic freedom, relevant ECHR precedent is annexed. Greek precedent on topics related to the self-autonomy of Higher Education Institutes and academic freedom are annexed.

Για την επέτειο της Ιστορικής Εξέγερσης του Πολυτεχνείου το Νοέμβρη του '73

ΤΩΝΙΑ ΜΟΡΟΠΟΥΛΟΥ

Ομότιμη Καθηγήτρια,

Αντιπρύτανης Ακαδημαϊκών Υποθέσεων

και Προσωπικού Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

με Πρύτανη τον Σίμο Ε. Σιμόπουλο 2010-2014,

μέλος της Γραμματείας της Συντονιστικής Επιτροπής της κατάληψης

του Πολυτεχνείου '73 και πρώτη εκφωνήτρια του πομπου

e-mail: amoropol@central.ntua.gr

Ο Πρύτανης του Πολυτεχνείου από την επαύριον της Μεταπολίτευσης έχει την προνομία να εκφωνεί την πανηγυρική ομιλία κατά την επέτειο της Ιστορικής εξέγερσης.

Ο αιώνηστος Σίμος Σιμόπουλος στη διάρκεια της Πρυτανείας του μου ζήτησε, ως εκλεγμένη Αντιπρύτανης στη διάρκεια της Πρυτανείας του, να γράψω και να εκφωνήσω και τις τέσσερις χρονιές 2010-2013 την ομιλία που εδικαιούτο και, μάλιστα, χωρίς καν να τη διαβάσει πριν την εκφωνήσω. Η κίνησή του αυτή εξέφραζε την ιδιαίτερη ευαισθησία του για τους νέους και τους αγώνες τους αλλά και τη βαθιά δημοκρατικότητά του. Τόνιζε τότε, ότι έπρεπε να μιλούν εκείνοι που ήταν μπροστά και έγραψαν την ιστορία της εξέγερσης.

Στον Τόμο στη μνήμη του σήμερα καταθέτω την πρώτη ομιλία, αυτήν της 17ης Νοεμβρίου του 2010, που βέβαια συνδέεται με τη συγκυρία της Μεταρρύθμισης του Πανεπιστημίου. Τότε, όπως και τώρα. Πόσο επίκαιρο... «Καμία μεταρρύθμιση δεν μπορεί ούτε να σχεδιαστεί, ούτε να εφαρμοστεί αν δεν στηριχτεί στις δυνάμεις του Πανεπιστημίου»...



**Ομιλία της Πρυτανείας του ΕΜΠ
για την 37η επέτειο της Ιστορικής Εξέγερσης του Πολυτεχνείου
το Νοέμβρη του '73**

**Η Πρυτανεία του ΕΜΠ
37 ΧΡΟΝΙΑ ΜΕΤΑ – σήμερα, 17 Νοεμβρίου του 2010**

από τον ιστορικό χώρο του Πολυτεχνείου, χώρο της κορυφαίας αντιδικτατορικής πράξης, της ιστορικής εξέγερσης του Νοέμβρη του 1973, αστείρευτης πηγής έμπνευσης των αγώνων του Ελληνικού λαού και της πρωτοπόρας νεολαίας του,

ΔΙΑΚΗΡΥΣΣΕΙ

ότι παραμένουν και σήμερα επίκαιρα τα οράματα και τα εμβληματικά αιτήματα:

**«ΨΩΜΙ – ΠΑΙΔΕΙΑ – ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ»
«ΕΘΝΙΚΗ ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑ – ΛΑΪΚΗ ΚΥΡΙΑΡΧΙΑ – ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΠΡΟΚΟΠΗ»**

Η μετάδοση και η διατήρηση της ιστορικής μνήμης του «Πολυτεχνείου» δεν μπορεί και δεν πρέπει να μουσειοποιηθεί. Δεν είναι ακίνδυνη, ούτε και χωρίς προεκτάσεις για τη σημερινή πολιτική ζωή. Δίνει ένα άλλο μήνυμα πολιτικής συμπεριφοράς: αυτό της ενεργού κοινωνικής και πολιτικής συμμετοχής του πολίτη για τη διαμόρφωση της ζωής και της τύχης του με δική του ευθύνη.

Το πρόσωπο του Πολυτεχνείου δεν είναι απόμακρο, δεν είναι ηρωικό, είναι ανθρώπινο, αντιφατικό και ενιαίο, βασανισμένο και επίμονο, προδομένο και ανυποχώρητο.

Το πρόσωπο του Πολυτεχνείου είναι επώνυμο.

Έχει πολλά ονόματα: «Κάτω η χούντα», «Δεν περνά ο φασισμός», «Δημοκρατία», «Απόψε πεθαίνει ο φασισμός», «Ψωμί-Παιδεία-Ελευθερία», «Εξω οι Αμερικάνοι», «Εξω από το ΝΑΤΟ», «Κάτω ο ιμπεριαλισμός», «Αγρότες-Εργάτες-Φοιτητές», «Λαός ενωμένος ποτέ νικημένος», «Λαοκρατία», «Ένας είναι ο αρχηγός, ο κυρίαρχος Λαός», «Εξω η χούντα των μονοπωλίων», «Κάτω το Κράτος», «Λαέ πεινάς γιατί τους προσκυνάς», «Γενική Απεργία»... Τα διαβάζουμε στους τοίχους, στα χαρτιά, τ' ακούμε.

Το Πολυτεχνείο έχει πολλά ονόματα, αλλά μία φυσιογνωμία, τη συλλογική του φυσιογνωμία: «Ψωμί – Παιδεία – Ελευθερία – Εθνική Ανεξαρτησία – Λαϊκή Κυριαρχία – Κοινωνική Προκοπή». Η φωνή του Πολυτεχνείου βγαλμένη μέσα από την πολυφωνία του, μεσ' απ' τις αντιθέσεις του. Το όραμα που πολέμησε τη δικτατορία. Το προσκλητήριο της ενότητας και του αγώνα. Κι ο λαός κατέβηκε στους δρόμους. Κι άφησε πίσω του τη δημοκρατία της 21ης Απρίλη του '67 –την ξένη εξάρτηση, που υποδουλώνει και φέρνει τυραννίες– αλλά και την ησυχία του, την παθητικότητα και τον φόβο. Για να πάρει στα χέρια του τη ζωή του, τον κόσμο.

Το πρόσωπο του Πολυτεχνείου είναι γνήσιο, οικείο· είναι το δικό μας πρόσωπο. Μας πείθει.

Γιατί κατοχύρωσε στην πράξη το δικαίωμα να σκεφτόμαστε, να εκφραζόμαστε και να δρούμε ελεύθερα και διαφορετικά. Αλλά και γιατί πέτυχε μεσ' απ' την ενότητά του και τη συνύπαρξη διαφορετικών απόψεων να εκφράσει τον κόσμο και να γίνει δύναμη ενιαία κι αποφασιστική, να χτυπήσει ανυποχώρητα τον κοινό εχθρό. Το Πολυτεχνείο σπάει την αμηχανία μας. Κάνει την πολιτική φερέγγυα, τη στήνει στο βάθρο της. Στο ύψος του χεριού μας, στο ύψος της καρδιάς μας. Το δικαίωμα στην ευθύνη το έχουμε όλοι.

Το πρόσωπο του Πολυτεχνείου είναι ασυμβίβαστο· είναι εξεγερμένο· είναι ανθρώπινο.

Όταν, την ώρα που πέφτουν οι πρώτοι νεκροί, την ώρα που κατεβαίνουν άρματα μάχης ο πομπός λέει την αλήθεια: «Ελληνικέ Λαέ, μας σκοτώνουν!» και καλεί «όλο το λαό στους δρόμους», στην εξέγερση, στη ρήξη με το καθεστώς της υποτελείας.

Η αποχώρηση θα σήμαινε συμβιβασμό και ήττα. Και μεις μείναμε. Όχι από ηρωισμό. Από αγάπη για τη ζωή μείναμε. Για να την αντικρίσουμε και τ' άλλο πρωί στα μάτια εγκάρδια και να της χαμογελάσουμε. Για κείνη τη ζωή όπου αξίζει κανείς να ζει. Για να μην πεθαίνουμε κάθε μέρα.

Την ώρα εκείνη δεν την έκρινε ο φόβος της επερχόμενης σφαγής. Η ιδεολογία του εμφυλίου, που χώριζε το λαό σε νικητές και νικημένους καταρρακώθηκε. Τώρα πια ξέραμε. Νικητής ή νικημένος θα ήταν ολόκληρος ο λαός. Όταν, την ώρα που πέφτει η πόρτα του πολυτεχνείου κάτω απ' τις ερπύστριες των τανκς και ο πομπός καλεί «το λαό κι όλες τις αντιδικτατορικές δυνάμεις και κόμματα σ' ένα κοινό πρόγραμμα πάλης για



Εικόνα 2: Το άρμα μάχης μπροστά από την κεντρική πύλη του Πολυτεχνείου.

να πέσει η δικτατορία, για δημοκρατία, εθνική ανεξαρτησία, λαϊκή κυριαρχία», δίνει το μήνυμα της συνέχειας και της ζωής. Κι όταν κλείνει ο πομπός, ο εθνικός ύμνος δίνει την υπόσχεση του ανυποχώρητου. Απ' το Πολυτεχνείο βγήκαμε με τα χέρια σφιγμένα και το κεφάλι ψηλά. Μας έβγαλε ο στρατός. Δεν παραδοθήκαμε.

Το πρόσωπο του Πολυτεχνείου είναι ζωντανό· είναι επίκαιρο.

Το Πολυτεχνείο δεν είναι Μνημείο – Κραυγή – Ιστορική στιγμή. Δεν είναι επετειακός ο εορτασμός, ούτε όμως και επετειακή βία. Δεν είναι Άσυλο μιας ιδέας ή μιας παράταξης. Είναι όλων των ιδεών και όλων των δυνάμεων που μπορεί να αντιπαρατίθενται, αλλά οφείλουν να είναι ικανές να διαλέγονται και να συντίθενται.

Είναι η αντίσταση στην αφομοίωση. Είναι η σύγκρουση με κάθε εξουσία που καταργεί την Ελευθερία, τη Δημοκρατία και τη Λαϊκή Κυριαρχία. Είναι η ρήξη με κάθε πολιτική που απειλεί την Παιδεία, την Κοινωνική Πρόνοια και Ασφάλιση, τα Δικαιώματα των Εργαζομένων, το Περιβάλλον και την Αξιοβίωτη Ανάπτυξη, το Μέλλον της Νεολαίας. Είναι η καθημερινή απόρριψη αλλά και η καθημερινή πράξη. Είναι η συμμαχία με το παρόν για την κατάκτηση της ζωής. Είναι η διεκδίκηση της ομορφιάς, της φιλίας, του έρωτα, της αλήθειας, του χαμόγελου. Είναι η αμφισβήτηση της ουδέτερης και γκριζας καθημερινότητας, που κλέβει το χρώμα απ' τα μαγουλά μας και τη λάμψη απ' τα μάτια μας. Είναι η αλλαγή του κόσμου. Δεν παραδινόμαστε.



Εικόνα 3: Ο πομπός της κατάληψης του Πολυτεχνείου.

Το πρόσωπο του Πολυτεχνείου είναι δημιουργικό

Το Πολυτεχνείο άνοιξε δρόμους. Δύσκολους κι αντιφατικούς. Αλλ' ανοιχτούς σήμερα. Ας τους πάρουμε. Οι νεκροί του δεν θέλουν δάκρυα, θέλουν αγώνα. Είναι η πρόκληση του μέλλοντος. Είναι η νέα πνοή ζωής, κοινωνικής και πολιτικής απελευθέρωσης, που μας ενώνει.

Η διατήρηση της μνήμης του '73 προϋποθέτει τη μετάδοσή της στη νέα γενιά μέσ' απ' τις διαδικασίες της Παιδείας. Μέσα από νέους θεσμούς ενεργοποίησης, κοινωνικής και πολιτικής συμμετοχής της νεολαίας. Θέτει επιτακτικά το ζήτημα της σύγκλισης σ' αυτό το πλαίσιο του Πολυτεχνείου ως συμβολικού χώρου της Δημοκρατίας και του Πολυτεχνείου ως χώρου Παιδείας.

Αν το Πολυτεχνείο της ιστορικής εξέγερσης του Νοέμβρη του 1973 «άνοιξε» τις πόρτες στη Δημοκρατία της Μεταπολίτευσης, το Πολυτεχνείο σήμερα μπορεί να αποτελεί κέντρο αιχμής ώστε η Γνώση και η Καινοτομία να συμβάλει στην Ανάπτυξη. Η Πολιτεία οφείλει να αξιοποιεί τα επιτεύγματα του Πολυτεχνείου στην Εκπαίδευση και στην Έρευνα και όχι να το υποβαθμίζει. Το Πολυτεχνείο μπορεί να συμβάλει στην έξοδο από την κρίση τροφοδοτώντας την πραγματική οικονομία με το δυναμισμό της γνώσης και της τεχνολογίας που παράγει, αλλά και με τους νέους μηχανικούς που πρέπει να αναγνωρίζονται τα διπλώματά τους και τα επαγγελματικά τους δικαιώματα, όπως και το πολιτικό τους δικαίωμα να κρίνουν και να μετέχουν στο σχεδιασμό και την υλοποίηση της κοινωνικής, οικονομικής, πολιτιστικής ανάπτυξης της Ελληνικής κοινωνίας.



Εικόνα 4: Κτίριο Αβέρωφ, έδρα της Συντονιστικής Επιτροπής. Μέρρες της κατάληψης του Πολυτεχνείου.

Η Επανάσταση της Γνώσης και η ακεραιότητα της Λογικής μπορούν με το Πολυτεχνείο ως καταλύτη σήμερα –για άλλη μια φορά– να τροφοδοτήσουν την παλινόρθωση της πολιτικής, το σχεδιασμό και την υλοποίηση της ανάπτυξης με γνώση αλλά και συνείδηση.

Αυτό το ασυμβίβαστο Πολυτεχνείο της δημιουργίας, το Πολυτεχνείο το ανοιχτό στην κοινωνία, ικανό να εμπνέει, να παροτρύνει, να «ποιεί», το Πολυτεχνείο έναυσμα προαγωγής Πολιτισμού και όχι καθήλωσης ή βαρβαρότητας, αυτό είναι το Πολυτεχνείο που θέλουμε σήμερα. Και αυτές τις νέες διαστάσεις του θα θέλαμε να θεσπίσει μια εμπνευσμένη μεταρρύθμιση στην Ανώτατη Παιδεία. Γιατί καμία μεταρρύθμιση δεν μπορεί ούτε να σχεδιαστεί, ούτε να εφαρμοστεί αν δεν στηριχτεί στις δυνάμεις του Πανεπιστημίου και στις αποφάσεις των Συλλογικών οργάνων των φοιτητών, των εργαζομένων, των διδασκόντων, αλλά και στην αποδοχή της κοινωνίας.

Διακήρυξη

Παρασκευή, 16 Νοέμβρη 1973

«Οι φοιτητές απ' όλες τις σχολές στη διάρκεια του φοιτητικού κινήματος συνειδητοποιήσαμε, πως τα προβλήματά μας, σχετικά με τον εκδημοκρατισμό της Παιδείας και τη λειτουργία του Εκπαιδευτικού συστήματος, δεν λύνονται, χωρίς την αλλαγή της συγκεκριμένης πολιτικής καταστάσεως. Αρχίζοντας έτσι πολιτικό αγώνα οι φοιτητές και οι Έλληνες εργαζόμενοι, που κλειστήκαν στο Πολυτεχνείο ξεκαθαρίζουν τις θέσεις τους και καλούν τον Ελληνικό λαό να συσπειρωθεί γύρω τους και ν' αγωνισθεί μαζί τους ως την τελική νίκη. Πρωταρχική προϋπόθεση για την επίλυση όλων των λαϊκών προβλημάτων θεωρούμε την άμεση παύση του τυραννικού καθεστώτος της Χούντας και την παράλληλη εγκαθίδρυση της λαϊκής κυριαρχίας. Η εγκαθίδρυση της λαϊκής κυριαρχίας συνδέεται αναπόσπαστα με την εθνική ανεξαρτησία από τα ξένα συμφέροντα, που χρόνια στήριζαν την τυραννία στη χώρα μας. Η πλατειά κινητοποίηση του Ελληνικού λαού κι η εκδήλωση συμπάραστασης, απ' όλες τις γωνιές της Ελλάδας, είναι η καλύτερη απάντηση σε όσους επιχειρήσαν να μας δυσφημήσουν. Ελληνικό λαέ, ο αγώνας γύρω από τη λαϊκή κυριαρχία και την εθνική ανεξαρτησία σήμερα συνίσταται στις άμεσες μαζικές διεκδικήσεις, στα οικονομικά, επαγγελματικά και κοινωνικά σου προβλήματα με απεργιακούς αγώνες, με μαζικές κινητοποιήσεις, με συλλαλητήρια, με προοπτική τη γενική απεργία για την ανατροπή της Δικτατορίας. Η παρουσία μας εδώ αποτελεί κέντρο συσπείρωσης, κινητοποίησης και μαζικοποίησης του λαϊκού αγώνα. Όλοι ενωμένοι στον αγώνα για τη δημοκρατία και την εθνική ανεξαρτησία.»

Η Σύγκλητος του ΕΜΠ στην ομόφωνη απόφασή της για τις πολιτικές εξαγγελίες της Κυβέρνησης για τη μεταρρύθμιση στην Παιδεία, επισημαίνει την επείγουσα προτεραιότητα η Ελληνική νεολαία να αντιμετωπίσει, ενωμένη και συντεταγμένη με την Ελληνική κοινωνία, την ολόπλευρη κρίση, από την οποία δοκιμάζεται με πρωτόγνωρο τρόπο, αλλά και τις θεσμικές και χρηματοδοτικές πολιτικές της Κυβέρνησης, οι οποίες οδηγούν σε συρρίκνωση και υποβάθμιση το Δημόσιο Πανεπιστήμιο και τη Δωρεάν Παιδεία.

Καλούμε όλες τις δυνάμεις της Πανεπιστημιακής Κοινότητας μέσα από τα συντεταγμένα όργανά τους:

- Να αναδείξουν με τις πρωτοβουλίες τους και τις θέσεις τους τις πραγματικές ανάγκες της Δημόσιας και Δωρεάν Ανώτατης Εκπαίδευσης.
- Να αγωνισθούν για το αδιαπραγμάτετο Δημόσιο - Αυτοδιοικούμενο Πανεπιστήμιο σύμφωνα με το άρθρο 16 του Συντάγματος που εγγυάται τη Δημόσια και Δωρεάν Παιδεία.
- Να προασπίσουν και να διεκδικήσουν την αναγνώριση του εκπαιδευτικού επιπέδου και του τίτλου σπουδών του ενιαίου πενταετούς και αδιάσπαστου προγράμματος σπουδών των Σχολών του Πολυτεχνείου, καθώς και των επαγγελματικών δικαιωμάτων των διπλωματούχων του.
- Να προασπίσουν και να διεκδικήσουν τα δικαιώματα όλης της Ελληνικής νεολαίας στη μόρφωση και την εργασία.

Από το χώρο της ιστορικής εξέγερσης, η Πρυτανεία του ΕΜΠ **καλεί** τη νεολαία, το λαό της Αθήνας:

- Να υψώσουν για άλλη μια φορά τη σημαία του Πολυτεχνείου με τα αιτήματά του αναβαπτισμένα στους σύγχρονους, ασυμβίβαστους κοινωνικούς αγώνες του λαού και της Νεολαίας, στην Επανάσταση της Γνώσης, στο ασυμβίβαστο της λογικής, στο πάθος της συμμετοχής, στο όραμα του μέλλοντος.
- Να συμμετάσχουν καθολικά και ενωτικά στις εκδηλώσεις μνήμης της εξέγερσης του Πολυτεχνείου και στην πορεία στην Αμερικάνικη Πρεσβεία.
- Να υπερασπίσουν έμπρακτα το χαρακτήρα και το περιεχόμενο του αγωνιστικού νοήματος των τριήμερων εκδηλώσεων μνήμης του Πολυτεχνείου.
- Να ζωντανέψουν την πολιτική κληρονομιά του Πολυτεχνείου και να απευθύνουν πρόσκληση σε όλους, πολιτικές και κοινωνικές δυνάμεις, πολιτικούς και κοινωνικούς θεσμούς και φορείς, να τιμήσουν φέτος έμπρακτα το Πολυτεχνείο δίνοντας δύναμη στη φωνή του.

ΤΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΖΕΙ

ECCE Homo

ΘΕΟΔΟΣΗΣ Ν. ΠΕΛΕΓΡΙΝΗΣ

Ομότιμος Καθηγητής,
Πρύτανης

Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών 2010-2014
teopelegrinis@gmail.com

Περίληψη

Αν ο άνθρωπος, το πλέον αδύναμο, ίσως, πλάσμα επί της γης, κατόρθωσε να κυριαρχήσει στον πλανήτη μας, το οφείλει στην ικανότητά του να σκέφτεται, η οποία, όμως, παρασυρμένη από την αλαζονεία που κουβαλάει μέσα της, είναι δυνατόν να τον οδηγήσει στην καταστροφή.

Λέξεις-Κλειδιά: Φύση, σκέψη, αλαζονεία, καταστροφή.

Είμαστε αναπόσπαστο κομμάτι της φύσης. Μέσα στη φύση ξεκινάμε τη ζωή μας, μέσα στη φύση αναπνέοντας, τρώγοντας, πίνοντας και παλεύοντας ενάντια στα εχθρικά στοιχεία, συντηρούμε την ύπαρξή μας, μέσα στην φύση περατώνουμε την επίγεια διαδρομή μας. Η φύση, επιπλέον, μας τροφοδοτεί με άγρια πάθη, όπως το μίσος, η εκδικητικότητα ή η διεκδικητικότητα, που μας σπρώχνουν να επιτεθούμε στο συνάνθρωπό μας, να τον βασανίσουμε, να τον σκοτώσουμε. «Είναι», λέει ο Μπωντλαίρ, «αυτή η αλάνθαστη φύση που γέννησε την πατροκτονία, την ανθρωποφαγία και μύριες άλλες φρικαλεότητες που η σεμνότητα και η λεπτότητα μας εμποδίζουν να ονομάσουμε».

Μέσα σε ένα τέτοιο περιβάλλον, όπως η φύση, το είδος μας κινδυνεύει να χαθεί, καθώς δεν διαθέτομε ούτε την ανθεκτικότητα της κατσαρίδας ούτε την ευλυγισία της γάτας ούτε την αρπακτικότητα του λιονταριού ούτε την ταχύτητα του ελαφιού ούτε τη δύναμη του ελέφαντα ούτε, γενικώς, κανένα από τα χαρακτηριστικά που εξασφαλίζουν την επιβίωση στον φορέα του. Πώς, όμως, ο άνθρωπος, η πιο εύθραυστη, ίσως, ύπαρξη στην φύση, εξακολουθεί να υπάρχει – κατορθώνοντας, μάλιστα, να κυριαρχήσει στη Γη;

Τα πλάσματα που ανήκουν στο βασίλειο των ζώων είναι φτιαγμένα από ένα υλικό τέτοιο που, για να συντηρηθεί, υπόκειται σε λειτουργίες, όπως εκείνες της αναπνοής, της θρέψης ή της αναπαραγωγής, οι οποίες συνοδεύονται συνήθως από ορισμένα άυλα αποτελέσματα. Το ζώο τρώγοντας νιώθει το αίσθημα της ικανοποίησης, το οποίο ούτε να παρατηρηθεί ούτε να περιγραφεί μπορεί, παρά μόνο να βιωθεί από τον φορέα του. Όσο, μάλιστα, ανεβαίνουμε την κλίμακα του ζωικού βασιλείου, τα άυλα γεγονότα που παράγει η ύλη των διαφόρων οργανισμών πολλαπλασιάζονται. Τα θηλαστικά, κατ' αντιδιαστολή προς τους απλούς μονοκύτταρους οργανισμούς, διαθέτουν μνήμη. Ο σκύλος, χάρη σε

ορισμένους σπασμούς που προκαλούν τα αιμοφόρα αγγεία στον εγκέφαλό του, θυμάται πού έκρυψε στον κήπο το κόκαλο, για να πάει να το βρει. Το ίδιο, κι ακόμη περισσότερο, συμβαίνει σε μας, τους ανθρώπους: με τους σπασμούς που προκαλούνται στον εγκέφαλό μας είμαστε σε θέση όχι μόνο να θυμόμαστε, αλλά να σκεφτόμαστε κιόλας.

Ιδού, λοιπόν, το μέγα των ανθρώπων προνόμιο, χάρη στο οποίο κατόρθωσε το είδος των να κυριαρχήσει επί της Γης: η ικανότητά τους να σκέφτονται. Με τη σκέψη τους πετυχαίνουν να εφευρίσκουν όπλα, για να αμύνονται απέναντι στα πιο ισχυρά πλάσματα της φύσης, να φτιάχνουν ρούχα και καταλύματα, για να προστατεύονται από το κρύο και την ζέστη, να κατασκευάζουν εργαλεία και μηχανές, για να καταστήσουν τη ζωή τους πιο εύκολη και ασφαλή, να συντάσσουν νόμους έτσι, ώστε η ζωή τους να γίνει πιο βιωτή, και ούτω καθεξής.

Μέσα σε ένα τέτοιο χάρη στη σκέψη τους περιβάλλον οι άνθρωποι βρήκαν τον χρόνο και τη διάθεση να καταγίνουν στη θρησκεία, που τους επιτρέπει να λατρεύουν τον δημιουργό τους για το δώρο της ζωής, να ασχοληθούν με την επιστήμη, που τους μαθαίνει τι πραγματικά συμβαίνει στον κόσμο, να εφεύρουν τη φιλοσοφία, που τους λέει πώς αλλιώς θα μπορούσε ή θα έπρεπε να είναι ο κόσμος, να ανακαλύψουν την ηθική, που τους επιτάσσει να φροντίζουν τους αδύναμους, την ώρα που η φύση τους παραγγέλλει να τους αποτεινώνουν αν είναι προς το συμφέρον τους, να καταπιαστούν με την τέχνη, που τους προσφέρει άδολη χαρά. Με αυτά, κι άλλα τέτοια, που είναι αποτέλεσμα της σκέψης που δι-αθέτουν, οι άνθρωποι πέτυχαν να δημιουργήσουν έναν κόσμο δικό τους, θεωρώντας από την αρχή, αφότου άρχισαν να σκέφτονται, ότι ο κόσμος της φύσης, που τους προσφέρθηκε να ζήσουν, δεν είναι έτσι όπως θα τον ήθελαν να είναι. Αν μπήκαν οι πρωτόγονοι στον πειρασμό, λέει πάλι ο Μπωντλαίρ, να βάφουν τα πρόσωπά τους με έντονα χρώματα, ήταν γιατί θεώρησαν πως η φύση δεν τα έκανε τόσο ωραία όσο θα έπρεπε να είναι. Οι άνθρωποι παρεμβαίνουν στη φύση για να την κάνουν καλύτερη. Ζωγραφίζουν για να κάνουν τα πράγματα που αναπαριστούν καλύτερα από ό,τι υπάρχουν στη φύση, αλλάζουν τις κοίτες των ποταμών για να ποτίσουν εκτάσεις οι οποίες, αν τα ποτάμια εξακολουθούσαν να τρέχουν όπως τους είχε ορίσει η φύση, θα ξεραίνονταν, και ούτω καθεξής.

Πόσες φορές, όμως, η φύση δεν εκδικήθηκε τον άνθρωπο για την προσπάθειά του να δημιουργήσει τον δικό του κόσμο, όταν είδε τις παρεμβάσεις του στη λειτουργία της να ξεπερνούν τα όρια της ανοχής της; Ποιος αποκλείει μήπως κάποια στιγμή στο μέλλον δεν αποτολμήσαμε στη φύση μια άμετρη παρέμβαση, τέτοια που θα την αναγκάσαμε να μας εκδικηθεί όχι για να μας τιμωρήσει απλώς, αλλά για να μας εξαφανίσει;

Ο δημιουργός μας –επειδή τίποτα στον κόσμο δεν δίνεται ανέξοδα–, προσφέροντάς μας τη σκέψη σαν όπλο για να επιβιώσουμε, έβαλε μέσα στον πυρήνα της και το σκουλήκι της αλαζονείας να τρέφεται από αυτήν, έτσι, ώστε, όσο διευρύνεται η σκέψη, να μεγαλώνει και το σκουλήκι και μαζί του η δύναμή του, η οποία είναι ικανή να μας οδηγήσει στην καταστροφή. Η μάχη, λοιπόν, που οφείλομε να δίνουμε, για να συνεχίσουμε την επίγεια διαδρομή μας, δεν είναι μόνο ενάντια στο περιβάλλον μας, αλλά και κατά του εαυτού μας – του αλαζόνα εαυτού μας .

Η συμβολή του περιοδικού «ΑΝΤΑΙΟΣ» στην εξέταση των γεωργικών και γεωπονικών θεμάτων στη μεταπολεμική Ελλάδα¹

Ι Σ Μ Η Ν Η Κ Ρ Ι Α Ρ Η

Ομότιμη Καθηγήτρια,
Αντιπρύτανης και Πρύτανης Παντείου Πανεπιστημίου
Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών 2011-2020
e-mail: ikri@panteion.gr

Περίληψη

Αμέσως μετά τον πόλεμο συστάθηκε με πρωτοβουλία κυρίως του τότε Πρυτάνεως του Πολυτεχνείου Ν. Κιτσίκη η εταιρία «Επιστήμη – Ανασυγκρότηση», η οποία μέσω της έκδοσης του περιοδικού «ΑΝΤΑΙΟΣ» ενεθάρρυνε νέους επιστήμονες να εξετάσουν τα προβλήματα που είχαν προκύψει για το σύνολο της ελληνικής οικονομίας και να προτείνουν, βάσει των ερευνών τους, τις κατάλληλες λύσεις.

Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στα αγροτικά θέματα, λόγω του κυρίως γεωργικού χαρακτήρα της χώρας. Τα κυριότερα προβλήματα αναφέρονταν στην γεωργική ανάπτυξη, η οποία απαιτούσε επείγοντως αλλαγή πολιτικής και νομοθετικά μέτρα, στο «Κωπαϊδικό» ζήτημα, στη δημιουργία αγροτικών βιομηχανιών και στα προβλήματα του ελληνικού χωριού.

Λέξεις-κλειδιά: αγροτική ανάπτυξη, ένταση – έκταση γεωργίας, αναδιανομή γης, καπνοκαλλιέργεια, χωριό.

¹ Αφιερώνεται στη μνήμη του Καθηγητή και Πρυτάνεως Σίμου Σιμόπουλου, ο οποίος υπεστήριζε πάντοτε τις δυνατότητες αυτοδύναμης ανάπτυξης της Ελλάδος.

A. Εισαγωγή²

Το περιοδικό «Ανταίος» κυκλοφόρησε για πρώτη φορά τον Μάιο του 1945 ως δεκαπενθήμερο περιοδικό για τη μελέτη των προβλημάτων της ανοικοδόμησης, με διευθυντή τον καθηγητή φιλοσοφίας Χ. Θεοδωρίδη και αρχισυντάκτη τον Δημήτρη Μπάτση. Η κυκλοφορία του διήρκεσε έως το 1951.

Το περιοδικό πήρε το όνομά του από τον μυθικό ήρωα Ανταίο, ο οποίος δημιουργήθηκε στα χρόνια του αποικισμού της Κυρήνης. Σύμφωνα με αυτόν ο Ανταίος είναι ένας πελώριος γίγαντας, γιος της Γης που παλεύει με τον Ηρακλή. Αργότερα προστέθηκε, πιθανότατα στους Ελληνιστικούς χρόνους, το κυριότερο γνώρισμα του Ανταίου, δηλαδή η ιδιότητά του να παίρνει δυνάμεις αγγίζοντας τη μάνα του, την Γη. Ο Ηρακλής παρατηρούσε ότι κάθε φορά που τον έριχνε κάτω, εκείνος σηκωνόταν δυνατότερος. Έτσι υψώθηκε σε σύμβολο που παίρνει δύναμη από τη γη και το λαό και υμνήθηκε από πολλούς ποιητές.

Ο ποιητής Φοίβος Δέλφης συνόψισε τους λόγους της ονομασίας του περιοδικού στο ποίημα «Ανταίος», (Α, τεύχ. 3, σελ. 92: «...Είμαι η πατρίδα που ζητά / την αντρεία να ζήσει. / Είμαι η πατρίδα που διψά / τον κόσμο να κινήσει. / Είμαι η Ελλάδα που ζητά / απ' τη στενή της πλάση / να βγη το φως που λαχταρά / νέο ρυθμό να πλάση, / με το σφυρί και τον γκασμά / νέο ναό να υψώσει / με τα άγια χέρια σου δουλεύει / το σπίτι να στεριώσει. / Παίρνω τη δύναμη π' τη γης / και τρέφομαι κι αφραίνω, / ο λυτρωτής κι ο νικητής / καρπίζω και πληθαίνω...», σε «ψυχαρακή» δημοτική γλώσσα).

Τους κυρίους λόγους της δημιουργίας του περιοδικού συνοψίζουν σε άρθρα τους στον πρώτο τόμο του περιοδικού ο Χ. Θεοδωρίδης, καθηγητής φιλοσοφίας και ο πρώην Πρύτανης του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, Νίκος Κιτσίκης, ο οποίος είχε εμπνεύσει πολλούς νέους επιστήμονες. Σχετικά ο Θεοδωρίδης επισημαίνει ότι: «...Ο τόπος αυτός καθυστέρησε αποκαρδιωτικά. Για λόγους και υπαιτιότητες που τις καταλαβαίνουμε καλύτερα σήμερα, είχε το ατύχημα να συρθεί ως βαθιά στον 20ό αιώνα και ως τις μεγάλες συγκρούσεις των ευρωπαϊκών λαών με τη σφραγίδα φτωχής αγροτικής, βαλκανικής και μισοασιατικής χώρας» (τεύχ. 1, σελ. 1).

Ο Ν. Κιτσίκης υπογράμμισε: «...Το πρόβλημα της ανοικοδόμησης που θα κληθεί να λύσει ο λαός μας απαιτεί τον συντονισμό όλων των εθνικών δυνάμεων σε μια οργανωμένη προσπάθεια για το ανέβασμα του έθνους από τη χαμηλότερη στάθμη που τόφερε η δικτατορία και ο κατακτητής, στο ανώτατο επίπεδο οικονομικής ακμής, ηθικού, πνευματικού και τεχνικού πολιτισμού, πάντα όμως λαϊκού πολιτισμού» (Η τεχνική παιδεία στο πλαίσιο της ανοικοδόμησης, Α, τεύχ. 1, σελ. 2 επ.). Ως πρωταρχικό έργο στην περίοδο αυτή θεωρεί την άνοδο του μορφωτικού επιπέδου του λαού και ιδιαίτέρως των τεχνικών επαγγελματιών: «...Η τεχνική ανοικοδόμηση, που αποτελεί σήμερα τομέα εξαιρετι-

2 Ο «ΑΝΤΑΙΟΣ» επανεκδόθηκε σε δύο τόμους από το ΕΛΙΑ το 2000. Οι αριθμοί που αναφέρονται στο κείμενο αφορούν στους αριθμούς σελίδας του Α ή του Β τόμου.

κής σημασίας, προϋποθέτει καλλιέργεια της επιστημονικής έρευνας, ύψωση της τεχνικής μόρφωσης των τεχνιτών και ειδικευμένων εργατών, ώστε να κατέχουν τις γενικές γνώσεις της σύγχρονης τεχνικής και να μπορούν να εργάζονται με τις πιο τελειοποιημένες μηχανές...». Ως συνειδητοποιημένος μαρξιστής ο Κιτσίκης παραπέμπει σε ένα απόφθεγμα του Στάλιν, εκείνης της περιόδου: «...Η τεχνική αποτελεί το χαρακτηριστικότερο και σοβαρότερο παραστάτη της ανοικοδόμησης... (Α, σελ. 7)».

Ως κυριότερους τομείς, στους οποίους θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα αναφέρει τα συγκοινωνιακά, λιμενικά και πολεοδομικά έργα, τα υδραυλικά εγχειρίσματα έργα, τα υδροδυναμικά έργα, την εκβιομηχάνιση της χώρας, την αναδιοργάνωση των Μέσων Τεχνικών Σχολών αλλά και του Πολυτεχνείου.

Στον «Ανταίο» έγραφαν κυρίως επιστήμονες που είχαν συστήσει την επιστημονική Εταιρία Επιστήμη – Ανοικοδόμηση, λίγο μετά την έκδοση του «Ανταίου», τον Νοέμβριο του 1945, που κατάγεται και αυτή από τα χρόνια της Κατοχής και της Αντίστασης. Πρόκειται για έναν κύκλο ανθρώπων γύρω από τον Πέτρο Κόκκαλη, τον Ηλία Ηλιού και τον Νίκο Κιτσίκη, με κύριους στόχους, όπως τους διατύπωναν στη Διακήρυξη της Εταιρίας: «...Θέλουμε να ενώσουμε όλους τους επιστήμονες μαζί σε μια ύψιστη προσπάθεια για το Έθνος. Να θέσουμε στη διάθεσή τους τα εφόδια, τις γνώσεις και την πείρα μας, ώστε να χρησιμεύσουν για την υλική και πνευματική ευημερία του λαού που είναι και δική μας ευημερία».

Στην ύλη του περιοδικού σημαντική θέση έχουν τα θέματα της πρωτογενούς παραγωγής, με ιδιαίτερη βαρύτητα στα θέματα της έντασης της παραγωγής και της ανάπτυξης της αγροτικής βιομηχανίας, τα θέματα αλιείας και ιχθυοτροφίας, τα θέματα της σταφίδας και του καπνού και το Κωπαϊδικό ζήτημα, δεδομένου ότι η Ελλάδα την εποχή αυτή έχει κυρίως αγροτική παραγωγή, η οποία λόγω του πολέμου και της Κατοχής βρισκόταν σε δεινή θέση.

B. Τα βασικά προβλήματα της αγροτικής οικονομίας

1. Το πρόβλημα της αξιοποίησης της γης

Δεκαπέντε μήνες αφότου εκδιώχθηκαν οι δυνάμεις κατοχής ο αγροτικός πληθυσμός εξακολουθούσε να ζει σε συνθήκες ένδειας: Ενάμισι εκατομμύριο ψυχές χωρίς στέγη, με τα μισά χωράφια άσπαρτα, με το σύνολο γυμνό και ανυπόδητο. Τα βασικά αιτήματα λοιπόν είναι:

– Για την παραχώρηση στέγης, «έστω προσωρινής με λαμαρίνες, καρφιά και πισσόχαρτο», ως ορμητηρίου της παραγωγικής του εξόρμησης.

– Για την παροχή σπόρων, για να μπορέσει να ξεκινήσει τις καλλιέργειες που θα επιτρέψουν την παραγωγική αυτόρκεια και θα αποδεσμεύσουν την οικονομία από την εισαγωγή της μανιτόμπας, με την οποία πλουτίζουν οι μεσάζοντες και οι ξένες επιχειρή-

σεις. Αποτελούσε ουσιαστικά εγκληματική ενέργεια η παράλειψη της παροχής έστω των λίγων ποσοτήτων σπόρων που είχαν αφεθεί να σαπίζουν στις αποθήκες.

– Για την αναγνώριση των δυνατοτήτων των οργανισμών αυτοδιοίκησης, δηλαδή των σωματείων και των καταναλωτικών συνεταιρισμών στις πόλεις, και των αγροτουσυνεταιριστικών ενώσεων και των κοινοτήτων στην ύπαιθρο, ούτως ώστε να κινηθεί η διαδικασία της ανοικοδόμησης.

Ο «Ανταίος» ενστερνίζεται την άποψη ότι το καλλιεργήσιμο έδαφος της χώρας μας επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες του πληθυσμού σε αγροτικά προϊόντα, υπό την προϋπόθεση ότι θα υπάρξει μια ορθολογική χρήση της γης και των παραγωγικών δυνατοτήτων της και θα ακολουθηθούν μέθοδοι εντάσεως της γεωργίας.

Ο Κ.Β. Σακαντάνης υποστηρίζει ότι στην Ελλάδα η μεγάλη πτύχωση της χώρας, στην οποία μόνο το 9,25% της συνολικής έκτασης είναι πεδιάδες (ενώ στην Βουλγαρία π.χ. είναι το 41%) έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών μικροκλιμάτων, που συνιστούν ένα προνομιούχο γνώρισμα της ελληνικής γεωργίας.

Ο Αριστείδης Ι. Κριάρης αναλύει διά μακρών τον τρόπο με τον οποίο αυξήθηκαν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στις διάφορες χρονικές περιόδους και αποδεικνύει ότι περιοχές που στο παρελθόν εθεωρούντο άγονες δεν ήταν καθόλου άγονες, αλλά μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν παραγωγικά από τη γεωργία, όπως και συνέβη.

Ο κυριότερος φυσικός παράγοντας που καθορίζει την παραγωγικότητα είναι το νερό, που χαρακτηρίζεται ως «ο τύραννος της ελληνικής αγροτικής οικονομίας» λόγω της ανισοκατανομής του νερού στην ελληνική γη (το μεγαλύτερο μέρος του όμβρου πέφτει στην δυτική πλευρά της Ελλάδας), της χειμαρρικής μορφής και του μικρού μήκους των ποταμών και της μη εκμετάλλευσης των υπογείων υδάτων.

Οι συγγραφείς εξετάζουν τη σχέση πληθυσμού και καλλιεργήσιμης έκτασης και διαπιστώνουν ότι ενώ κατά απόλυτη πυκνότητα, δηλαδή σχέση πληθυσμού προς την επιφάνεια της χώρας, η Ελλάδα βρίσκεται στις αραιά κατοικημένες χώρες της Ευρώπης, κατά σχετική πυκνότητα, δηλαδή σχέση πληθυσμού και γεωργικής επιφάνειας ή σχέση γεωργικού πληθυσμού και γεωργικής γης, η Ελλάδα φαίνεται να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη σχετική πυκνότητα πληθυσμού σε κάθε τ.χ. καλλιεργήσιμης γης.

Ο μικρός αριθμός στρεμμάτων διατροφής που αναλογούν σε κάθε γεωργό για καλλιέργεια ή σε κάθε κάτοικο γενικά σε μια χώρα τόσο αραιοκατοικημένη είναι σημάδι οικονομικής καθυστέρησης και όχι στενότητας της γης και οφείλεται στο ότι επικρατούν συστήματα αγροτικής εκμετάλλευσης που είναι χαλαρά, καθυστερημένα και πρωτόγονα.

Στην Ελλάδα εφαρμόστηκε μια ριζοσπαστική αγροτική μεταρρύθμιση, η οποία είχε ως αποτέλεσμα να αυξηθεί, χάρις στην απαλλοτρίωση μεγάλων ιδιοκτησιών, η καλλιεργούμενη έκταση με ταχύ ρυθμό, όμως και μετά τη μεταρρύθμιση τεράστιος αριθμός μεγάλων ιδιοκτησιών έχουν παραμείνει αναπαλλοτρίωτες στα χέρια των ιδιοκτητών τους. Έτσι οι μεγάλοι ιδιοκτήτες που κατείχαν το 0,15% των γεωργικών επιχειρήσεων κατείχαν το 28% των εκτάσεων, ενώ οι επιχειρηματίες με την νάνο-εκμετάλλευση των

ενάμισι στρεμμάτων, δηλαδή το 37% των καλλιεργητών, απασχολούσαν τα 13,3% των καλλιεργουμένων εκτάσεων.

Συνεπώς υφίσταται εκείνη την εποχή η ανάγκη μιας ολοκληρωτικής απαλλοτρίωσης, η οποία: θα καλύψει όλα τα εδάφη (χωράφια, φυτείες, δάση ή βοσκές), θα καταργήσει την εδαφική πρόσοδο (δηλαδή το καθεστώς των κολλήγων), θα μετασηματίσει την αντιοικονομική νάνου και πολύ μικρή ιδιοκτησία σε ατομική μικρή βιώσιμη ή σε μεγάλη συνεταιριστική εκμετάλλευση και θα επιτρέψει στους γεωργούς – καλλιεργητές να αποφασίζουν σχετικά με την οργάνωση κτηματολογίου, συμπλήρωση κλήρου, τις δουλειές του νερού κ.λπ., με αποτέλεσμα να βιώσουν ένα αίσθημα ασφάλειας και να επιδοθούν απερίσπαστοι στην παραγωγική προσπάθεια.

Πολλές από τις μεγάλες ιδιόκτητες εκτάσεις καλύπτουν οι βοσκές, υπάρχουν όμως και σημαντικές φυτείες (ελαιώνες και σταφίδες) και πολλές από αυτές είναι κρυμμένες κάτω από τη δήλωση της «βοσκής». Αυτές οι μεγάλες ιδιοκτησίες με τεράστια συνολική έκταση προκαλούν φεουδαρχικούς φραγμούς στην παραγωγική ανάπτυξη της χώρας. Από τη μελέτη των στατιστικών στοιχείων προκύπτει ότι το 68% σκεπάζεται από δάση και βοσκές και μόνον το 25% του εδάφους καλλιεργείται. Σε αυτό όμως το ποσοστό μεγάλο μέρος αντιστοιχεί στην καλλιέργεια σιτηρών, ενώ 19,5% κατανέμεται στην αγρανάπαυση.

Συνεπώς υπάρχει εκτατική μορφή εκμετάλλευσης, με εντονότατο ακόμη φεουδαρχικό χαρακτήρα (Α, σελ. 38), η δε καλλιέργεια των σιτηρών είναι οικονομικά ασύμφορη, διότι τα σιτηρά που σκεπάζουν το 83% των καλλιεργούμενων εδαφών μας είναι ως επιχειρήσεις παθητικές και ως καθαρή πρόσοδος αρνητική ή πολύ μικρή, η δε κοινωνική τους πρόσοδος κατά 50% τουλάχιστον μικρότερη από τις άλλες καλλιέργειες. «...Και μόνο η ύπαρξη ενός ποσοστού 19,5%, τεράστιου πραγματικά, αγρανάπαυσης, θάταν αρκετό να πείσει και τον πιο δύσκολο αλλά απροκατάληπτο μελετητή πως η παραγωγική κατανομή του εδάφους, όπως έχει στην Ελλάδα, μονάχα στενότητα γης δεν μαρτυράει, γιατί όπου η απόκτηση καινούργιας γης είναι δυνατή, σε βάρος των ακαλλιεργητων εκτάσεων, εκεί η εκτατική καλλιέργεια διατηρείται και επεκτείνεται...» (Α, σελ. 38).

Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι στη χώρα μας δεν θα πρέπει να επιδιώκεται η καλλιέργεια των σιτηρών παρά μόνο μέσα στο πλαίσιο μιας ορθολογισμένης και προσαρμοσμένης στις τοπικές συνθήκες αμειψισποράς. «...Κι απέραντες ακόμη εκτάσεις να διαθέταμε, βασική επιδίωξη της αγροτικής οικονομίας μας δεν θα 'πρεπε νάναι η καλλιέργεια των σιτηρών αλλά μια εναλλαγή καλλιεργειών που να προσαρμόζεται στις φυσικές και οικονομικές συνθήκες του τόπου μας...» (Α, σ. 38). Για τη σύγχρονη εξέλιξη της γεωργίας οι αγρανάπαυσεις ενδείκνυται και μπορούν να αντικατασταθούν προοδευτικά μέχρι του συνόλου των με ετήσιες και με δενδρώδεις καλλιέργειες (Α, σ. 349).

Ως λόγοι που πείθουν τους καλλιεργητές να επιμένουν στην καλλιέργεια των σιτηρών αναφέρονται η κρατική πολιτική προστατευτικών τιμών της σιτοπαραγωγής και η δυσκολία προσαρμογής σε ένα άλλο μοντέλο γεωργικής εκμετάλλευσης (Α, σ. 309). Για

τον λόγο αυτό επιβάλλεται η καθοδήγηση των αγροτών από τις αρμόδιες υπηρεσίες και η λήψη των σχετικών μέτρων (Α, σ. 351)

Το καλλιεργούμενο έδαφος μπορεί να επεκταθεί σε βάρος των χαμηλών δασών, έως και σε 3.000.000 στρέμματα, εκ των οποίων πολλά περιέχουν αγρίλια, που θα μπορούσαν να διπλασιάσουν την έκταση των ελαιώνων. Επίσης περιοχές με παραλιακό και χαλέπιο πεύκο μπορούν να διατεθούν για την ανάπτυξη καρποφόρων δένδρων ανθεκτικών στην ξηρασία, τα οποία θα συμβάλουν στη στερέωση των εδαφών με μεγάλη κλίση και στη συγκράτηση του νερού της βροχής.

Η επέκταση των γεωργικών εδαφών σε βάρος των βοσκών είναι επίσης μια επιθυμητή δυνατότητα, η οποία με ορθολογικό τρόπο μπορεί να επιτρέψει να δοθούν τεράστιες εκτάσεις στη γεωργική εκμετάλλευση, χωρίς να μειωθεί η κτηνοτροφία. Με τον τρόπο αυτό θα αυξηθούν οι ελαιώνες, αμυγδαλώνες κ.λπ. τους οποίους θα μπορούν να καλλιεργούν οι άποροι αγρότες, ει δυνατόν συνεταιριζόμενοι.

Δυνατότητα αύξησης των γεωργικών εδαφών αναμένεται να προσφέρει και η αποστράγγιση των «νεροκρατούμενων περιοχών», σε πολλούς νομούς της χώρας.

Σημαντικό ρόλο στην αύξηση της γεωργικής παραγωγής θα δώσει η βελτίωση των μεθόδων καλλιέργειας (με πολλαπλά οργώματα, ξηροκαλλιέργεια, γενίκευση της καταπολέμησης των ασθενειών των φυτών και των ζώων, και εισαγωγή βελτιωμένων ζώων και φυτών).

Η γεωργική οικονομία, η οποία εμφάνιζε μεγάλες διαφορές στην εκμετάλλευση με το σύστημα εκκρηματισμού του καπνού και της σταφίδας ενώ από την άλλη μεριά κυριάρχουσε ο ποιμενικός και αροτραίος χαρακτήρας της κλειστής οικονομίας, θα πρέπει να εκκρηματισθεί γενικά και να υπάρξει ειδίκευση κάθε αγροτικής περιφέρειας.

Η επιστημονική οργάνωση της παραγωγής θα έχει ως αποτέλεσμα να απορροφήσει τα εργατικά χέρια στη χώρα μας. Η σωστή χρήση όλων των υδάτινων πόρων (στους οποίους περιλαμβάνονται και οι δυνατότητες άρδευσης από τα πηγαδίσια νερά και τους αρτεσιανούς ορίζοντες) θα επιτρέψει τη βέλτιστη χρήση της γης, δεδομένου ότι ένα ποτιστικό στρέμμα δίνει τουλάχιστον τριπλάσια παραγωγή σε βάρος από 3 στρέμματα ξηρικά. Συγχρόνως θα πρέπει να περιορισθεί η τεράστια διαφορά στις τιμές μεταξύ αγροτικών και βιομηχανικών προϊόντων (σε καιρό ειρήνης), η οποία συμβάλλει στην οικονομική εκμετάλλευση των αγροτών. Σε καιρό πολέμου δε η εκμετάλλευση αυτή επιτείνεται λόγω της επίταξης ζώων, της επιστράτευσης, της διατίμησης των αγροτικών προϊόντων κ.λπ.

Με τα παραπάνω εργαλεία ο οργανωμένος παραγωγός κυρίως μέσω του συνεταιριστικού συστήματος θα μπορέσει να συμβάλει σε μεγάλη και επιστημονικά οργανωμένη εκμετάλλευση και σε συστήματα παραγωγής απαλλαγμένα από την εκμετάλλευση ανθρώπου από άνθρωπο.

Ο Α. Κριάρης αναφέρει εν συνόψει ότι η καθυστέρηση του γεωργικού τομέα οφείλεται σε τρεις λόγους: Τον τεχνικό, τον γεωχτητικό και την εφαρμοσθείσα γεωργική πο-

λιτική. Με την εφαρμογή νέων μεθόδων, με την απαλλοτρίωση των εδαφών και με την προσαρμογή του συστήματος «...στην αναπόφευκτη και ολοκληρωτική μεταπολεμικά επικράτηση του καθεστώτος της ανοικτής οικονομίας...» η γεωργία της πατρίδας μας « επεκτεινομένη σε όλες τις διαθέσιμες εκτάσεις και εκμεταλλευομένη αυτές με τα προσηφωτέρως καλλιεργητικά συστήματα και ιδίως το δενδροκομικό και το κηπευτικό θα μεταμορφώσει σε σύντομο χρονικό διάστημα στο βέλτιστο την ύπαιθρο χώρα μας...» (Α, σ. 354).

2. Το καπνικό ζήτημα

Στην περίοδο αυτή υφίσταται τεράστιο πρόβλημα σχετικά με την ύπαρξη μεγάλων ποσοτήτων αδιάθετων καπνών από προηγούμενες εσοδείες, με την εξευτελιστική τιμή πώλησως και συνακολούθως με την ανεργία των καπνεργατών.

Οι λόγοι που οδήγησαν σε αυτή την κατάσταση ήταν:

1. Ο περιορισμός μεταπολεμικά των παραδοσιακών αγορών της κατά την περίοδο αυτή υπό σοβιετική επιρροή Ανατολικής Ευρώπης.
2. Ο περιορισμός των εισαγωγών στην Αμερική, όπου αντιμετώπιζαν τον ανελέητο ανταγωνισμό των καπνών «Βιρτζίνια».
3. Η πριμοδότηση των αμερικανικών καπνών στην αγορά της Δυτικής Γερμανίας, βάσει ρυθμίσεων του Σχεδίου Μάρσαλ.

Η κατάσταση αυτή είχε οδηγήσει σε κινητοποιήσεις και εκτεταμένη αρθρογραφία και είχαν καταβληθεί προσπάθειες στη Γερμανία με τη συνάντηση Παπανδρέου – Έρχαρτ να αυξηθούν οι εξαγωγές με παράλληλη αύξηση των εισαγωγών γερμανικών προϊόντων. Όμως το πρόβλημα παρέμενε ιδιαίτερος οξύ και πολλοί αρθρογράφοι και οι καπνεργατικές ενώσεις επέμεναν στην ανάγκη να ανακτηθούν οι προπολεμικές αγορές της Ανατολικής Ευρώπης και να καταβληθεί προσπάθεια για την εξαγωγή των ελληνικών καπνών στις Η.Π.Α, στις οποίες τα κατώτερης ποιότητας τουρκικά καπνά είχαν πετύχει μια θεαματική εξαγωγή 45.000.000 τουρκικών λιρών, η οποία συνιστούσε τη μεγαλύτερη μέχρι τότε επιτυχία της καπνικής ιστορίας της Τουρκίας! Σημειωτέον ότι τις εκτιμήσεις αυτές συμμερίζονταν και οι αρθρογράφοι του «Ανταίου» όπως ο Γ. Αγγέλου, καθώς και οι βουλευτές που συμμετείχαν σε σχετική έρευνα του περιοδικού (Δ. Φιλάρετος, Χ. Θυμιογιάννης), η Πανελλήνια Καπνεργατική Ομοσπονδία και οι Καπνεργάτες Πειραιά.

3. Το Κωπαϊδικό ζήτημα

Το Κωπαϊδικό ζήτημα, το οποίο επίσης εκείνη την περίοδο εμφάνιζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον, συνυπήρχε με τη δημιουργία του ελληνικού κράτους και αποτελεί τυπικό δείγμα της αδυναμίας της πολιτείας να αντιμετωπίσει μεγάλα προβλήματα χωρίς την προσφυγή στο ξένο κεφάλαιο.

Συγκεκριμένα, στην περιφέρεια της Κωπαΐδας ζούσαν ακτήμονες καλλιεργητές, οι οποίοι ουσιαστικά είχαν τεθεί υπό δουλοπαροικικό καθεστώς από την αγγλική εταιρία, η οποία είχε την εκμετάλλευση της περιοχής εκτάσεως 280.000 στρεμμάτων, μετά από διαπραγματεύσεις σχετικά με την παροχή δανείου στην αιμάσσουσα Ελλάδα το 1925. Ο οίκος Χάμπρο εξάρτησε την παροχή προσφυγικού δανείου από την αποδοχή διαιτησίας που ζητούσε η αγγλική εταιρία της Κωπαΐδας. Με τη διαιτησία αυτή η εταιρία απέκτησε την κυριότητα τεραστίων εκτάσεων και άρχισε μια απάνθρωπη εκμετάλλευση των αγροτών με υπέρογκα μισθώματα και άλλες καταπιεστικές αξιώσεις, με αποτέλεσμα ο ελληνικός νόμος να μην έχει εφαρμογή στη συγκεκριμένη περιοχή, οι δε κάτοικοι να θεωρούνται «λευκοί σκλάβοι». Μεταπολεμικός νόμος ο οποίος ρύθμιζε την αναγκαστική μίσθωση των γαιών δεν είχε ισχύ για την Κωπαΐδα, μετά από ωμή επέμβαση των αγγλικών διπλωματικών αρχών στον αρμόδιο Έλληνα υπουργό.

Σε σχετική ερώτηση στη Βουλή του Προέδρου του Ε.Λ.Δ. Αλεξάνδρου Σβώλου μίλησαν κυρίως ο βουλευτής Αττικής Δ. Παπασπύρου (συγγραφέας σχετικού άρθρου μαζί με τον Κ. Λιανό), ο οποίος υπεστήριξε ότι η μόνη δυνατή λύση είναι η απαλλοτρίωση της Κωπαϊδικής γης υπέρ των ακτημόνων αγροτών, αφού εφαρμοσθεί και επί της Κωπαΐδος ο νόμος για την αναγκαστική εκμίσθωση γαιών. Αυτό θεωρείται απαραίτητο διότι η αγγλική εταιρεία πραγματοποιούσε ιλιγγιώδη κέρδη και απέφευγε να πληρώνει φόρους, με αποτέλεσμα η φοροδιαφυγή μόνο στο ετήσιο εισόδημα στο βαμβάκι να αντιστοιχεί με φορολογία 50.000 Ελλήνων πολιτών περίπου. Συνεπώς η γη έπρεπε να αποδοθεί στους φυσικούς της δικαιούχους, δεδομένου ότι η υφισταμένη στενότητα κλήρου και η ακτημοσύνη εκείνη την εποχή δεν παρείχαν περιθώρια αναμονής. Η αποδοτικότητα του εδάφους και η παραγωγικότητα μπορούσε να αυξηθεί, γιατί ο αγρότης εργάζεται περισσότερο όταν του ανήκει η γη³.

4. Η ανάπτυξη αγροτικών βιομηχανιών

Η ανάπτυξη της υπαίθρου χώρας μπορεί να εκτοξευθεί με τη δημιουργία ή την υποστήριξη των γεωργικών βιομηχανιών, οι οποίες θα δίνουν δουλειά και εισόδημα στους αγρότες, θα ανακόψουν τη φυγή προς τις πόλεις και θα συνεισφέρουν στη γενικότερη προαγωγή της γεωργίας μας. Ως γεωργικές βιομηχανίες αναφέρουμε εκείνες που κατεργάζονται πρώτες ύλες παραγόμενες από τη γεωργία και την κτηνοτροφία, είναι εγκατεστημένες στην ύπαιθρο και θα πρέπει να είναι οργανωμένες σε συνεταιριστική βάση

3 Σημειωτέον ότι το «κωπαϊδικό» ζήτημα σήμερα ακόμη δεν έχει πλήρως εξυγιανθεί: Η έκταση με τις κατοικίες για τα ανώτερα στελέχη της αγγλικής εταιρίας δεν έχει αποδοθεί στον Δήμο Αλιάρτου, λόγω γραφειοκρατικών καθυστερήσεων, με αποτέλεσμα τα κτίρια να καταρρέουν, ενώ θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από τον δήμο, μετά από επισκευή, για εκπαιδευτικές ή άλλες δραστηριότητες.

(π.χ. ελαιουργικές επιχειρήσεις, οινοποιητικές βιοτεχνίες, βιομηχανίες ζαχαρωδών προϊόντων, γαλακτοκομικές βιομηχανίες κ.λπ.).

Ειδικώς ως προς το γάλα παρατηρείται ότι στην Ελλάδα η κατανάλωση είναι μικρή και θα έπρεπε για λόγους υγείας να αυξηθεί. Τα γάλα προέρχεται από πρόβατα και ερίφια, σε αντίθεση με τις άλλες χώρες, όπου υπάρχει κυρίως γάλα αγελαδινό. Θα πρέπει λοιπόν να καταβληθεί κάθε δυνατή προσπάθεια για να αυξηθεί η παραγωγή γάλακτος, να δημιουργηθούν πρότυπα τυροκομεία, να σταματήσουν πρακτικές νοθείας, που τις μετέρχονται κυρίως οι τυρέμποροι, να εφαρμοσθούν δόκιμες μέθοδοι μεταφοράς και διατήρησης του γάλακτος και να υπάρξουν έλεγχοι ποιότητας.

Η επιστημονική μελέτη και επεξεργασία λύσεων για τα προβλήματα της παραγωγής γάλακτος και των λοιπών προϊόντων όπως το τυρί και το γιαούρτι θα πρέπει να αποτελέσει προτεραιότητα και να ζητηθεί η βοήθεια της ΟΥΝΡΑ, για τη δημιουργία Milk Receiving and Cooling Stations κατά το αμερικανικό πρότυπο (σ.σ. πρόκειται για τα σημεία πωλήσεως γάλακτος κατευθείαν από τους παραγωγούς, τα οποία πρόσφατα, το 2015 εγκαταστάθηκαν σε αθηναϊκούς δρόμους).

Αντίστοιχες ενέργειες πρέπει να γίνουν για να βελτιωθούν οι μέθοδοι ζυμώσεως στα ελληνικά οινοποιεία, να καταβληθεί προσπάθεια για τη δημιουργία διακριτών τύπων οίνου και των πιστοποιήσεων, που θα δώσουν μεγάλη ώθηση στην εξαγωγική διαδικασία.

Ο Σ. Καλογερέας, καθηγητής σε Πανεπιστήμιο της Λουιζιάνα, στις ΗΠΑ, και εκπρόσωπος της Ελλάδας στην ΟΥΝΡΑ αναπτύσσει την προβληματική σχετικά με την πρωτόγονη κατάσταση στην οποία ευρίσκεται η γεωργική και κτηνοτροφική παραγωγή και επισημαίνει την πορεία που πρέπει να ακολουθηθεί ώστε να δημιουργηθούν νέες συνεταιριστικές επιχειρήσεις στον τομέα αυτό. Παράλληλα υπογραμμίζει την ελλιπή παρουσία των εθνικών αρχών στις διαπραγματεύσεις με την ΟΥΝΡΑ όπου δεν παρουσιάζονται με κατάλληλο τρόπο τα εκκρεμή ζητήματα, με αποτέλεσμα να προτείνονται πολλές φορές λύσεις ακατάλληλες για την ελληνική πραγματικότητα.

5. Το ελληνικό χωριό

Ο Σόλων Κυδωνιάτης αναφέρει ως κύριο πρόβλημα του ελληνικού χωριού την ακατάλληλη θέση, στην οποία χτίστηκε. Όπως παρατηρεί, ελάχιστα χωριά χτίστηκαν μετά από μελέτη του τόπου, τα περισσότερα οφείλουν τη θέση τους στην προσπάθεια των κατοίκων να αμυνθούν έναντι των Τούρκων. Ως παράδειγμα σωστής επιλογής, που βασίζεται σε συγκεκριμένους οικονομικούς συλλογισμούς αναφέρει την πρόταση Σμυρναίων εποίκων να τους δοθεί ο τόπος στον Κορινθιακό κόλπο, όπου άλλοτε λειτουργούσε η αρχαία Δίορκος, για τη μεταφορά των εμπορευμάτων. Η μετακίνηση των φορτίων από τον Σαρωνικό στον Κορινθιακό θα εξασφάλιζε οικονομική βιωσιμότητα στον νέο οικισμό. Η απομάκρυνση του Μάουρερ είχε ως αποτέλεσμα την εγκατάλειψη του σχεδίου.

Εν συνεχεία ο Κυδωνιάτης εκθέτει τις αρχές πάνω στις οποίες θα πρέπει να βασίζεται η ίδρυση του χωριού: Η σημαντικότερη είναι η δυνατότητα εκμετάλλευσης του ζωτικού χώρου, με τον οποίο θα εξασφαλίζεται ζωή στους κατοίκους του. Η έκταση αυτού του ζωτικού χώρου διαφοροποιείται αναλόγως της προβλεπόμενης καλλιέργειας, διότι άλλη έκταση απαιτείται στην περίπτωση της ελαιοκαλλιέργειας και άλλη στην περίπτωση των βοσκών.

Η επεξεργασία του κυριότερου προϊόντος θα πρέπει να γίνεται στο ίδιο το χωριό, στο οποίο θα πρέπει να ιδρυθούν και μονάδες για εκμετάλλευση και μεταποίηση των δευτερευόντων αγροτικών προϊόντων.

Η ύπαρξη καλής συγκοινωνίας θα επιτρέψει την έξοδο των χωριών από την απομόνωση και τα αποστραγγιστικά έργα θα καταπολεμήσουν την μαστίγα της υπαίθρου, την ελονοσία.

Κυρίως όμως θα πρέπει να επιδιωχθεί η μετάθεση (σ.σ. εκ νέου ίδρυση) των χωριών σε καλύτερη θέση. Με ιδιαίτερως παραστατική γλώσσα ο συγγραφέας υποστηρίζει ότι πρέπει να «μετατεθούν» τα χωριά που δεν έχουν καμιά παραγωγική δυνατότητα και στήριξαν την ύπαρξή τους στα εμβάσματα των μεταναστών, τα χωριά που αποτελούν άθροισμα καλυβιών ξεκομμένων από τον κόσμο, τα χωριά που αποτελούν υγειονομικές παγίδες, προθάλαμο φθισιατρείου. Το νέο χωριό θα πρέπει να είναι βιώσιμο παραγωγικά, βιώσιμο κοινωνικά και να εξασφαλίζει την υγεία των κατοίκων του.

Γ. Παρατηρήσεις

Οι πολιτικές εξελίξεις έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην ίδρυση και στην παύση της λειτουργίας του «Ανταίου». Το περιοδικό αυτό ιδρύθηκε μετά τον πόλεμο και περιέλαβε στις σελίδες του την ευφορία που κατάκλυσε την Ελλάδα μετά την Κατοχή. Απετέλεσε ένα μοναδικό παράδειγμα πολιτικού και επιστημονικού έντυπου. Ο συγγραφέας του διέθεταν επιστημονική επάρκεια και διαπνέονταν από την ιδέα της λαϊκής κυριαρχίας και της αναπτυξιακής δυνατότητας της χώρας. Ως πλησιέστερο έντυπο προς τον Ανταίο μπορεί να θεωρηθεί η προπολεμική «Εργασία» του Λέοντος Μακκά, η οποία, όμως, δεν περιλάμβανε άρθρα επιστημονικής-αναπτυξιακής διάστασης αλλά άρθρα σχετικά με την πολιτική και την οικονομία. Μεταπολεμικά κανένα έντυπο δεν εμφάνισε το εύρος της ύλης και την ποιότητα της αρθρογραφίας του «Ανταίου».

Στις εργασίες τους οι περισσότεροι συγγραφείς χρησιμοποιούσαν ελληνική και ευρωπαϊκή βιβλιογραφία, στατιστικά στοιχεία από πολλές πηγές και συγκριτικές μελέτες από άλλες μεσογειακές χώρες. Ο κοινός παρονομαστής ήταν η πεποίθηση ότι η χώρα διαθέτει τους πόρους και το επιστημονικό δυναμικό που θα της επιτρέψουν να ανακάμψει, να κλείσει τις πληγές του πολέμου και να δημιουργήσει ένα καλύτερο μέλλον.

Στην ύλη του περιοδικού ανήκαν επιστημονικές μελέτες που κάλυπταν όλους τους τομείς (την εκπαίδευση, τη βιομηχανία, τη γεωργία, την αλιεία, τις κατασκευές εγγειο-

βελτιωτικών έργων κ.λπ.), άρθρα για την οικονομική ζωή, το σχέδιο Μάρσαλ και τις πολιτικές εξελίξεις, ανταποκρίσεις από τους διεθνείς οργανισμούς και ενημέρωση για την πνευματική ζωή. Η τελευταία συνοδευόταν από σχόλια για τα νέα βιβλία και τις διαλέξεις επιφανών διανοουμένων.

Το 1948 απελύθη ο Ν. Κιτσίκης από τη θέση του στο Πολυτεχνείο και ο Πέτρος Κόκκαλης από το Πανεπιστήμιο Αθηνών. Το 1951 συλλαμβάνεται ο Δημήτρης Μπάτσος με την κατηγορία της κατασκοπείας και καταδικάζεται σε θάνατο το 1952 μαζί με τους Μπελογιάννη και Πλουμπίδη στη «Δίκη των ασυρμάτων». Το ίδιο έτος σταματά η έκδοση του περιοδικού. Προηγουμένως, το 1950 είχε διαλυθεί η εταιρία «Επιστήμη – Ανασυγκρότηση» με απόφαση της Επιτροπής Ασφαλείας του Νομού Αττικής, παρά το γεγονός ότι συμμετείχαν στα μέλη της και στο Διοικητικό Συμβούλιο πολλοί επιστήμονες του κεντρώου χώρου όπως ο Δ. Καλλιτσουνάκης, ο Χρυσός Ευελπίδης, ο Χρ. Αγαλλόπουλος, ο Στέλιος Πιστολάκης κ.λπ.

Στους τόμους των τριών τελευταίων ετών δεν εμφανίζονται τα επιστημονικά άρθρα με την πλούσια τεκμηρίωση των προηγούμενων περιόδων αλλά σχόλια περιορισμένης έκτασης. Η επιστημονική συζήτηση περιστρέφεται κυρίως γύρω από τη βιολογία και τη γενετική και τις απόψεις του Ρώσου ακαδημαϊκού Λυσένκο (τις οποίες οι Έλληνες γνωρίζουν από τη μετάφρασή τους στην Γαλλική και από την αντίστοιχη επιστημονική τους καλλιέργεια στο εξωτερικό).

Το περιοδικό δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην υποστήριξη μιας επιστημονικής θεωρίας, η οποία υποστηρίζει ότι και οι επίκτητες ιδιότητες είναι δυνατόν να μεταβιβάζονται κληρονομικώς, λαμβάνοντας υπόψη τις έρευνες και τις επιτυχίες που είχε ο Ρώσος γεωπόνος Μιτσούριν, ο οποίος μπόρεσε με εμβολιασμούς να δημιουργήσει πολλά νέα είδη, η επιτυχία του αυτή όμως οφείλεται, σύμφωνα με τους αρθρογράφους, στο ότι η έρευνά του αναπτύχθηκε υπό το «πλούσιο φως του διαλεχτικού υλισμού» (!). Αντί της αντιμετώπισης συγκεκριμένων προβλημάτων στον ελληνικό χώρο το περιοδικό ασχολείται, εν μέσω ψυχρού πολέμου, με την υπεράσπιση της επιστημονικής υπεροχής της Ρωσίας. Μια αξιολογη προσπάθεια εκφυλίσθηκε σε απλό μέσο προπαγάνδας μιας τότε αμφιλεγόμενης θεωρίας, η οποία εν συνεχεία απεδείχθη ανυπόστατη.

Το περιοδικό παρέμεινε ένα παράδειγμα χωρίς μιμητές.

Βιβλιογραφία

Περιλαμβάνονται άρθρα των συγγραφέων του «Ανταίου» στην έκδοση του ΕΛΙΑ, Αθήνα 2000, τόμοι Α και Β

Αγγέλου Γ., Η κρίσιμότητα του καπνικού μας προβλήματος και Η κρίση του καπνικού μας προβλήματος, Β (Ευρετήριο Πέμπτου τόμου, 6 και 184).

Ανανιάδη Κ., Η αλιευτική μεταρρύθμιση, (Α 247, 270). Η αλιεία της Μακεδονίας (Α 453, 493).

Γιαννοπούλου Θ., Τα άμεσα προβλήματα της γεωργικής οικονομίας (Α 364, 424, 466)

Ζάκκα Α., Η κοινωνική ασφάλιση στους αγρότες Β (Ευρετήριο Πέμπτου τόμου, 69).

Καλογερέα Σ., Για την ανάπτυξη των αγροτικών βιομηχανιών (Α 187, 213, 257).

Κριάρη Α., Επέκταση και ένταση της καλλιέργειας (Α 204, 231, 308, 348, 416, 459, 502 // Β 78, 110, 225).

Κυδωνιάτου Σολ., Η θέση του Ελληνικού χωριού (Α 75).

Πανάγου Στ., Τα παραγωγικά έργα (Β 67).

Παπαδοπούλου Ι., Τα αρδευτικά πρόβλημα (Α 382, 500).

Παπασπύρου Δ. και Λιανού Απ., Το Κωπαϊδικό ζήτημα, Β (Ευρετήριο Πέμπτου τόμου, 179).

Πασουλιώτη Θ., Η Α.Τ.Ε. και οι γεωργικοί συνεταιρισμοί (Β 177).

Σακαντάνη Κ., Το πρόβλημα της παραγωγικής γης (Α 32, 65, 104). Στέγη, σπόρος, αυτοδιοίκηση (Α 288, 319). Το πρόβλημα των γεωργικών κεφαλαίων (Β 6, 59, 104, 128, 218, 259).

Σιδερή Κ., Συνεταιρισμοί και αγροτική πίστη (Α 393, 407).

Για τη συζήτηση σχετικά με τη θεωρία του Λυσένκο («Καινούργια βιολογία») βλ.:

Απάντηση της Ακαδημίας Επιστημών της Ε.Σ.Σ.Δ στον καθηγητή Muller (Β, 29).

Η απάντηση της Ακαδημίας στον Καθηγητή Dale (Β, 30).

Πωπ Ι., Η θεραπεία των κακοήθων όγκων στο φως της νέας βιολογίας (Β 33).

Ο περίγυρος και η κληρονομικότητα των επίχτητων ιδιοτήτων (M. Prenant) Β 36, 129

Κριτική και συζήτηση γύρω από τη νέα βιολογία (Β 205)

Οι επικριτές της νέας βιολογίας, Β (Ευρετήριο Πέμπτου τόμου, 103).

Summary

Immediately after WWII a team of socially minded scientists around the NTUA Rector N. Kitsikis decided to found a political journal, dedicated to the examination of the pressing developmental problems of Greece and to the elaboration of respective solutions, by which means they hoped to meet the economic and social retardation of the country. Agricultural problems were of utmost importance, given that Greece's economy was heavily based on agriculture, which at that time was not rationally organized and resulted to poor and insufficient crops.

The main issues examined referred to the quality and quantity of crops, the tobacco market, the exploitation of the farmers around Kopais lake, the creation of agricultural industries, the problems of the Greek village.

The authors offer valuable suggestions concerning the legal and administrative frame, which could lead to the boosting of the Greek economy and the societal development.

Key words: agricultural development, wheat culture, redistribution of the earth, tobacco-market, village

**Ο ρόλος των Μη Κ.Ο.
στην προαγωγή της έννοιας της Βιώσιμης Ανάπτυξης.
Κοινωνία των Πολιτών και Αλληλεγγύη**

ΓΡΗΓΟΡΗΣ Ι. ΤΣΑΛΤΑΣ

Ομότιμος Καθηγητής Διεθνούς Δικαίου,
Πρύτανης Παντείου Πανεπιστημίου
Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών 2011-2016,
πρώην Υπουργός Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής,
Διευθυντής Ευρωπαϊκού Κέντρου Περιβαλλοντικής Έρευνας και Κατάρτισης

Περίληψη

Η έννοια του αναπτυξιακού φαινομένου έχει επιδεχθεί σημαντικές αλλαγές, ειδικότερα μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, με έμφαση στις δεκαετίες του '80 και του '90. Η διάσταση της βιώσιμης εξέλιξης του φαινομένου προήλθε περισσότερο από τις πιέσεις που δέχθηκε λόγω της παράλληλης εξέλιξης της διεθνούς προσπάθειας δρομολόγησης κατάλληλων διαδικασιών που αφορούν στην περιβαλλοντική προστασία, η οποία με τη σειρά της εξελίχθηκε πλέον σε διεθνή στρατηγική περιβαλλοντικής διαχείρισης. Ενώ, σημαντικό επίσης ρόλο έπαιξε και η εξέλιξη του δικαίου προστασίας των ανθρώπινων δικαιωμάτων σε τρεις πλέον γενιές, με τελευταία εκείνη των δικαιωμάτων αλληλεγγύης. Έτσι, έχει γίνει πλέον αποδεκτό ότι η βιώσιμη ανάπτυξη είναι ένα απόλυτα σφαιρικό φαινόμενο το οποίο στηρίζεται σε τρεις βασικούς πυλώνες: την οικονομική αύξηση, την κοινωνική πρόοδο και την περιβαλλοντική προστασία. Στον τομέα του κοινωνικού πυλώνα σημαντικό πλέον ρόλο παίζει η δράση των Μη Κ.Ο., βασικού οργανωμένου παίκτη της Κοινωνίας των Πολιτών, η οποία και στηρίζεται απόλυτα στην κατοχύρωση και προαγωγή της αρχής της αλληλεγγύης ανάμεσα σε όλους τους διεθνείς δρώντες.

Λέξεις-κλειδιά: διεθνές δίκαιο, βιώσιμη ανάπτυξη, ανθρώπινα δικαιώματα, δικαιώματα των λαών, Μη Κ.Ο., παγκόσμιες διακηρύξεις, Ο.Η.Ε., περιβάλλον, αλληλεγγύη, ισότητα, κοινωνία των πολιτών.

Η συνάντηση μ' έναν Άνθρωπο

«Τον Σεπτέμβριο του 2011 ανέλαβα τα καθήκοντά μου στη θέση του πρύτανη του Παντείου Πανεπιστημίου Πολιτικών και Κοινωνικών Επιστημών. Πρώτη σημαντική υποχρέωσή μου απετέλεσε η εναρμόνιση της πολιτικής του Πανεπιστημίου μας με εκείνη των άλλων Ανώτατων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων της χώρας στο πλαίσιο της λεγόμενης Συνόδου των Πρυτάνεων. Εκεί συνάντησα για πρώτη φορά τον πρύτανη Σίμο Σιμόπουλο ως εκπρόσωπο του ΕΜΠ. Συνειδητοποίησα ότι πρόκειται για έναν επιστήμονα κύρους αλλά κυρίως άνθρωπο με τον οποίο θα μπορούσα να συνεννοηθώ και να συνεργαστώ άμεσα και αποτελεσματικά για όλα τα θέματα της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Από τις πρώτες μας επαφές διέκρινα τη σοβαρότητα και την ακεραιότητα του χαρακτήρα του που πάνω από όλα ενέπνεε εμπιστοσύνη, με αποτέλεσμα, όταν προτάθηκε το Πάντειο Πανεπιστήμιο να αναλάβει την προεδρία της Συνόδου, η πρώτη μου κίνηση ήταν να σηκωθώ αυθόρμητα, να πλησιάσω τον Σίμο και να τον ρωτήσω αν θα πρέπει να δεχτώ την πρόταση και αν θα βασιζόμουν στη βοήθειά του. Με προέτρεψε μαζί και με τη συνάδελφο αντιπρύτανη του ΕΜΠ Τώνια Μοροπούλου να αποδεχτώ, προσβλέποντας σε μια διαρκή και εποικοδομητική συνεργασία. Τα επόμενα τέσσερα χρόνια στέφθηκαν από μια απόλυτη συμπόρευση σε όλα τα ζητήματα της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης, σε εποχές πολύ δύσκολες, με αποτέλεσμα η πάντα καταλυτική παρέμβαση του Σίμου να οδηγεί τη Σύνοδο σε ομόφωνες αποφάσεις, γράφοντας ιστορία στη διαδρομή του σημαντικού αυτού συντονιστικού οργάνου. Η σχέση μας αυτή έμελλε όμως να σφυρηλατηθεί έτι περισσότερο όταν η συγκυρία, τον Μάιο του 2012, μας έφερε στην υπηρεσιακή κυβέρνηση υπό τον Παναγιώτη Πικραμένο, τον Σίμο στο Υπουργείο Υποδομών και εμένα στο Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Αν και μέλη υπηρεσιακής κυβέρνησης, η προσπάθειά μας να συμβάλουμε στο δημόσιο βίο μας οδήγησε σε μια διαρκή καθημερινή επαφή με στόχο την προώθηση δεκάδων εκκρεμοτήτων που ζητούσαν την επίλυσή τους. Η άριστη αυτή συνεργασία κορυφώθηκε για μένα όταν παραμονές των εκλογών του 2012 ξέσπασε η μεγάλη πυρκαγιά στην Κερατέα η οποία έφτασε μέχρι την Ανάβυσσο. Αναγκασθείς να φύγω από τη συντονιστική συνάντηση υπό τον πρωθυπουργό στο Συντονιστικό Κέντρο της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας, ώστε η κυβέρνηση να πιστοποιήσει την παρουσία της κοντά στους θιγόμενους κατοίκους της ευρύτερης περιοχής, ο αγαπητός μου Σίμος όλο το βράδυ ήταν στο τηλέφωνο μαζί μου αγωνιώντας για την υγεία μου, προτρέποντάς με πάντα να αποφεύγω τους κινδύνους από τη φωτιά, ενημερώνοντάς με σχετικώς και για τα μέτρα που έπρεπε να παίρνω. Στιγμές ανεπανάληπτες για τη μνήμη μου, που ανέδειξαν για μια φορά ακόμα στη συνειδήσή μου τον άνθρωπο και φίλο Σίμο δίπλα πάντα στον καταξιωμένο επιστήμονα. Οποία τύχη η γνωριμία μου μαζί του. Ανθρώπους σαν τον Σίμο Σιμόπουλο θα έχει πάντα ανάγκη η χώρα, τόσο στον τομέα της επιστήμης, όσο όμως και με τη συμβολή τους στον τομέα της εξέλιξης της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης μέχρι το υψηλότερο δυνατόν επίπεδο. Ανθρώπους που το προσωπικό τους συμφέρον έρχεται πάντα δεύτερο μπρος στην ιδέα του κοινού οφέλους».

1. Εισαγωγή

Το αναπτυξιακό φαινόμενο κάτω από τη διεθνή του διάσταση έχει δεχτεί μεταπολεμικά μια ραγδαία εξέλιξη όσον αφορά στην αρχική του φιλοσοφία, αλλά και τους στόχους και τις προτεραιότητες που καλείται να υπηρετήσει προς όφελος της διεθνούς κοινότητας. Η μετεξέλιξή του από βασικό στοιχείο στήριξης της οικονομίας σε παράλληλη πολιτική προαγωγής της κοινωνικής προόδου, αλλά και της περιβαλλοντικής διαχείρισης, ανέδειξε τη σφαιρικότητα που αποπνέει το φαινόμενο αυτό.

Σήμερα, κάτω από τη νέα του μορφή, εκείνη της βιώσιμης ανάπτυξης (sustainable development), αυτό που αναδεικνύει το αναπτυξιακό φαινόμενο είναι πρωτίστως η έλλειψη ιεράρχησης ανάμεσα στους τρεις βασικούς και κοινά αποδεκτούς πυλώνες του: την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον.

Απαίτηση της πολιτικής ολοκλήρωσης του φαινομένου αποτελεί επίσης η ίση και παράλληλη εξέλιξη και των τριών αυτών πυλώνων/συνιστωσών του. Από αυτούς, ο δεύτερος πυλώνας, ο κοινωνικός, είναι εκείνος ο οποίος ανέδειξε περισσότερο από όλους την υποδοχή και αποδοχή του καταλυτικού ρόλου των Μη Κυβερνητικών Οργανισμών ως διεθνούς πλέον παίκτη. Και τούτο, μέσα από την εξασφάλιση της παρουσίας και αποτελεσματικής συμμετοχής των θεσμικών εκπροσώπων της κοινωνίας των πολιτών στη διαμόρφωση κατάλληλων πολιτικών προαγωγής του αναπτυξιακού φαινομένου.

Παράλληλα, η αποφασιστική διεθνής παρουσία των Μη Κ.Ο. στη διαμόρφωση πολιτικής πίεσης με στόχο τον επηρεασμό των διακρατικών αποφάσεων προς όφελος της διεθνούς κοινωνίας φάνηκε από την αρχή ότι θα σφυρηλατούσε επίσης τη βασική αρχή του διεθνούς δικαίου που αφορά στην αλληλεγγύη. Αρχή η οποία ενδυναμώνεται μέσα από την ανάπτυξη κυρίως του κλάδου του διεθνούς δικαίου που αφορά στην προστασία των ανθρωπίνων δικαιωμάτων, τόσο με τη μορφή των ατομικών ελευθεριών όσο και των συλλογικών ανθρωπίνων δικαιωμάτων ή και δικαιωμάτων των λαών.

2. Έννοια Αειφόρου Ανάπτυξης – Ιστορική εξέλιξη

Είναι γεγονός ότι το αναπτυξιακό φαινόμενο (Τσάλτας 2010) αντιμετώπισε μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο σημαντικές πιέσεις τόσο στον τομέα της διατήρησης των παραδοσιακών δομών της μονόπλευρης φιλοσοφικής του θεώρησης, όσο και της ραγδαίας στη συνέχεια εξέλιξής του σύμφωνα με τις επιταγές προώθησης της παράλληλης ανάπτυξης των δομών της νέας διεθνούς κοινότητας. Μιας κοινότητας η οποία διαμορφώνονταν πλέον υπό την πίεση της αποαποικιοποίησης και της παρεπόμενης σταδιακής απελευθέρωσης όλων των λαών. Και τούτο, κάτω από το πρίσμα της διάστασης μιας νέας διεθνούς πλέον κοινωνίας με έντονο το ανθρώπινο στοιχείο. Τέσσερις ουσιαστικά περίοδοι σηματοδοτήθηκαν για την περίπτωση.

2.1. Δεκαετίες '60-'70:

Με καταβολές από το παρελθόν, η προσπάθεια της διεθνούς κοινότητας, ειδικότερα στις δύο αυτές δεκαετίες, αφορούν στη διατήρηση της πεποίθησης ότι η ανάπτυξη πρέπει να ταυτίζεται απόλυτα όσο και αποκλειστικά με την οικονομική της θεώρηση. Ανάπτυξη ίσον οικονομία αποκλειστικά και μόνον. Πρόκειται για τη μονόπλευρη οικονομική διάσταση εμπνευσμένη και ταυτισμένη απόλυτα με τη γνωστή θεωρία του W. W. Rostow (Rostow 1963). Έτσι, με την είσοδο στη δεκαετία του '70 ο ΟΗΕ θα προσπαθήσει να προσδιορίσει το αναπτυξιακό φαινόμενο μέσα από την αποδοχή μιας *Νέας Διεθνούς Οικονομικής Τάξης* (A/RES/3281 (XXIX)). Στην ίδια πολιτική θα κινηθούν και οι δύο πρώτες επίσημες Δεκαετίες των ΗΕ για την Ανάπτυξη.

2.2. Δεκαετία '80:

Πρώτη καθ' όλα επαναστατική ανατροπή στη μονόπλευρη αυτή προσέγγιση του αναπτυξιακού φαινομένου θα επέλθει τη δεκαετία του '80 με την αποδοχή συμπληρωματικά και της κοινωνικής διάστασης του φαινομένου. Πολιτική που ταυτίζεται με την Τρίτη επίσημη Δεκαετία του ΟΗΕ για την ανάπτυξη, η οποία σηματοδοτείται από την Απόφαση των ΗΕ για μια *Νέα Διεθνή Ανθρώπινη πλέον Τάξη* (A/RES/35/36).

2.3. Δεκαετία '90:

Η πραγματική όμως ανατροπή θα έρθει τη δεκαετία του '90 μέσα από τον πλήρη επανακαθορισμό της έννοιας του αναπτυξιακού φαινομένου και της παρεπόμενης αποδοχής της απόλυτης σφαιρικότητάς του. Ουσιαστικά, πρόκειται για την επιτυχημένη προσπάθεια «συμφιλίωσης» της οικονομικής διάστασης του αναπτυξιακού φαινομένου με εκείνην της περιβαλλοντικής προστασίας. Η ευκαιρία θα έρθει με τη σύγκλιση της Συνδιάσκεψης των ΗΕ για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (1992 – Ρίο ντε Τζανέιρο).¹ Πρόκειται για τη σημαντικότερη ιστορικά συνδιάσκεψη των ΗΕ σε επίπεδο τουλάχιστον αποκρυστάλλωσης της εξέλιξης του αναπτυξιακού φαινομένου, σε συνδυασμό με την απόφαση της διεθνούς κοινότητας να ενεργοποιηθεί πλήρως όσο και οργανωμένα στον τομέα της περιβαλλοντικής προστασίας. Έτσι, μέσα από τη σχετική «Διακήρυξη για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη» επιτυγχάνεται σε πρώτη φάση η συμφιλίωση ανάμεσα σε οικονομία και ανάπτυξη και στη συνέχεια η συμπληρωματική ταύτιση των δύο αυτών εννοιών με εκείνην της διεθνούς ειρήνης (Γρηγορίου et al. 1993).

2.4. Η περίοδος 2000 - :

Η ιστορική συνδιάσκεψη στο Ρίο (1992) θα σηματοδοτήσει στη συνέχεια ραγδαίες εξελίξεις αναφορικά με την έννοια του αναπτυξιακού φαινομένου το οποίο θα σταθεροποι-

1 Δεύτερη κατά σειράν προσπάθεια των ΗΕ, μετά τη Συνδιάσκεψη της Στοκχόλμης το 1972 που αφορούσε στο «ανθρώπινο περιβάλλον».

ήσει τη μελλοντική του ολοκλήρωση μέσα από τη βιώσιμη προοπτική του (sustainable development). Μια προοπτική η οποία θα χαρακτηρίσει στη συνέχεια όλες τις μελλοντικά να οργανωθούν συνδιασκέψεις με βασική θεματική το περιβάλλον το οποίο και θα υποχωρήσει υπέρ της σφαιρικότερης έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης, Έτσι το Ρίο + 10 (Γιοχάνεσμπουργκ, 2002), το Ρίο + 20 (και πάλι στο Ρίο, 2012) και το Ρίο + 30 το οποίο θα οργανωθεί στην ομώνυμη πόλη της Βραζιλίας τον Ιούνιο του 2022, ως τίτλο φέρουν πλέον την έννοια: *βιώσιμη ανάπτυξη*.

Παράλληλα, τα 30 αυτά τελευταία χρόνια θα αναπτυχθεί επίσης και ένα κίνημα προώθησης της έννοιας του αναπτυξιακού φαινομένου κάτω από τη ρεαλιστική και καθ' όλα προγραμματική του προσέγγιση στη βάση συγκεκριμένων στόχων υλοποίησης του οράματος ολοκλήρωσής του. Έτσι, οι 8 στόχοι της Διακήρυξης της Χιλιετίας (A/RES/55/2)² και οι 17 στόχοι μέχρι το 2030 (Ατζέντα 2030) σηματοδοτούν τη νέα πολιτική της διεθνούς κοινότητας αντιμετώπισης του αναπτυξιακού φαινομένου (Τσάλτας 2021)³. Και τούτο, στο πλαίσιο μιας στρατηγικής που θα χαρακτηρίζεται από τη σφαιρική της θεματική και τη σε απόλυτο ρυθμό συνεργασίας και συναίνεσης συμμετοχή όλων των διεθνών δρώντων, συμπεριλαμβανομένων ασφαλώς και των εκπροσώπων της κοινότητας των πολιτών.

3. Έννοια της Αλληλεγγύης

Βασική αρχή του διεθνούς δικαίου της ανάπτυξης όπως αυτό μετεξελίχθηκε στον νεότερο κλάδο του διεθνούς δικαίου, η αρχή της αλληλεγγύης, αποτελεί και κατά τον G. Feuer (Feuer 1984) μια «έννοια αρκετά σύνθετη, αφού στηρίζεται ταυτόχρονα στην ηθική απαίτηση και την υλική ανάγκη».

Δύο βασικές κατευθύνσεις της αρχής της αλληλεγγύης καταγράφονται: εκείνη ανάμεσα στα κράτη, αλλά και η αλληλεγγύη ανάμεσα στους λαούς και τους ανθρώπους. Η πρώτη προάγεται και υλοποιείται μέσα από τον Διάλογο ανάμεσα στα κράτη του Βορρά και εκείνα του Νότου (διακρατική αλληλεγγύη)⁴. Η δεύτερη αφορά στους λαούς και επιχειρεί την εξέλιξη του κλάδου του διεθνούς δικαίου που αφορά στην προστασία των ανθρωπίνων δικαιωμάτων.

Έτσι, η *ανθρώπινη αλληλεγγύη* αφορά αρχικά στην κατοχύρωση των ατομικών ελευθεριών (Πρώτη Γενιά) και στη συνέχεια των συλλογικών ελευθεριών ή δικαιωμάτων των

2 Η Διακήρυξη της Χιλιετίας του ΟΗΕ αποτελεί ένα κείμενο βάσης, ιστορικής σημασίας, για τον 21ο αιώνα. Υιοθετήθηκε στη Νέα Υόρκη, κατά τη Σύνοδο Κορυφής της Χιλιετίας.

3 Βλ. αναλυτικότερα, την Agenda 2030 των Η.Ε. για τη βιώσιμη ανάπτυξη, που υιοθετήθηκε τον Σεπτέμβριο 2015. Οι 17 στόχοι της Agenda 2030 που αναλύονται σε 169 υπό-στόχους εγκρίθηκαν από όλα τα κράτη του ΟΗΕ, υπογραμμίζοντας έτσι τον έντονο προγραμματικό της χαρακτήρα, ενώ σε κάθε περίπτωση αποτελούν μετεξέλιξη των στόχων της χιλιετίας.

4 ... συμπληρωματικά θα μπορούσε να μιλήσει και για Διάλογο ανάμεσα στα κράτη του Νότου.

λαών της Δεύτερης λεγόμενης Γενιάς με έμφαση στις οικονομικο-κοινωνικές ελευθερίες. Εδώ, κυρίαρχο ρόλο παίζουν αφενός το δικαίωμα στην αυτοδιάθεση (A/RES/1514 (XV)) και συμπληρωματικά το δικαίωμα στη διαρκή κυριαρχία επί των φυσικών πόρων (A/RES/1803 (XVII), Dupuy 1974, Ρούκουνας 2004). Βασικά συλλογικά ανθρώπινα δικαιώματα που θα πρέπει να προγραμματίζουν την απευθείας αποδοχή/υποδοχή όλων των διεθνών δράσεων/ενεργειών.

4. Κοινωνία των Πολιτών και Ανθρώπινα Δικαιώματα

Στην ίδια κατηγορία των συλλογικών ανθρώπινων δικαιωμάτων εντάσσονται και εκείνα που αφορούν στην Τρίτη λεγόμενη Γενιά. Πρόκειται ειδικότερα για τα λεγόμενα συλλογικά, ρεαλιστικά δικαιώματα ή και *δικαιώματα αλληλεγγύης* (Τσάλτας 1993). Αφορούν στην πλέον εξελιγμένη μορφή/κατηγορία των ανθρώπινων δικαιωμάτων και παραπέμπουν απευθείας στη βάση των πυλώνων του σύγχρονου αναπτυξιακού φαινομένου. Σε κάθε περίπτωση πρόκειται για τα τέσσερα δικαιώματα που κατοχυρώθηκαν ως τη βάση προαγωγής της σύγχρονης διεθνούς κοινωνίας σε μια μορφή οργανωμένης συλλογικής ανθρώπινης προσπάθειας ειρηνικής, εκ του ασφαλούς, και από κοινού ισότιμης διαβίωσης στον πλανήτη. Τα δικαιώματα αυτά είναι: αρχικά *το δικαίωμα στην ανάπτυξη*, στη συνέχεια *το δικαίωμα σ' ένα υγιές και αρμονικό περιβάλλον*, επίσης *το δικαίωμα συμμετοχής στην κοινή κληρονομιά της ανθρωπότητας* καθώς και *το δικαίωμα στην ειρήνη*. Από τα παραπάνω σημαντικό για την περίπτωση αναδεικνύεται το δικαίωμα στην ανάπτυξη. Πρόκειται για βασική προτεραιότητα στην οποία στηρίχτηκε και η παρεπόμενη έμπνευση και στη συνέχεια γένεση και αποδοχή του διεθνούς δικαίου της ανάπτυξης κατά τη δεκαετία του '60, ως του νεότερου κλάδου του διεθνούς δικαίου.

4.1. Το Δικαίωμα στην Ανάπτυξη

Το πρώτο συλλογικό ανθρώπινο δικαίωμα της Τρίτης Γενιάς, που απήλαυσε και την απαιτούμενη οικουμενικοποίησή του με την ιστορική παγκόσμια Διακήρυξη του 1986 (A/RES/41/128⁵, Ρούκουνας 2004), είναι το δικαίωμα στην ανάπτυξη (Τσάλτας 1988, Τσάλτας 2006). Έτσι, είναι χαρακτηριστικό ότι με το άρθρο 8 της εν λόγω Διακήρυξης αναγνωρίζεται πλέον ότι: *«το δικαίωμα στην ανάπτυξη είναι ένα ανθρώπινο δικαίωμα και ότι... η ισότητα των ευκαιριών για ανάπτυξη είναι πρωταρχικής σημασίας για τα έθνη αλλά και για τα άτομα που τα αποτελούν»*.

5 Υιοθετήθηκε με 146 ψήφους υπέρ, μία ψήφο κατά και 8 αποχές.

4.2. Οι μεγάλοι κοινωνικοί φορείς στην υπηρεσία της Ανάπτυξης. Ο Ρόλος των Μη Κ.Ο.

Ο ρόλος των Μη Κυβερνητικών Οργανισμών⁶ καθώς και των Μη Κερδοσκοπικών Οργανώσεων, συμπεριλαμβανομένων των φορέων εργαζομένων και των επιστημονικών ενώσεων και κοινοτήτων, αναδεικνύεται έντονα μέσα κυρίως από το ιστορικό κείμενο της Agenda 21 που υιοθετήθηκε στο Ρίο το 1992 στο περιθώριο της συνδιάσκεψης των ΗΕ για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (Τσάλτας 2017). Το σημαντικό αυτό «Πρόγραμμα Δράσης για τον Εικοστό Πρώτο Αιώνα» αναλύει διεξοδικά τη σημασία της συμμετοχής της κοινωνίας των πολιτών στη διαμόρφωση μιας ενιαίας διεθνούς συμμαχίας στη βάση προώθησης της αρχής της διεθνούς αλληλεγγύης ανάμεσα σε όλους τους διεθνείς δρώντες.

Απώτερος στόχος της συμμετοχής των Μη Κ.Ο. στη διεθνή αυτή στρατηγική είναι η ανάληψη ενός συμπληρωματικού ρόλου στον τομέα της ενίσχυσης της διεθνούς προσπάθειας για ολοκλήρωση της πολιτικής της βιώσιμης ανάπτυξης. Και τούτο στο πλαίσιο ισότιμης προαγωγής του κοινωνικού πυλώνα/συνιστώσας του αναπτυξιακού φαινομένου. Με τον τρόπο αυτόν αναγνωρίζεται η ευελιξία κινήσεων που διακρίνει την καθ' όλα ανεξάρτητη φύση των θεσμών αυτών, της Κοινωνίας των Πολιτών, στο πλαίσιο επίσης της σχετικής όσο και παράλληλης προώθησης δημοκρατικών διαδικασιών.

Μετά το 1992 είναι γεγονός ότι όλα τα διεθνή κείμενα που αφορούσαν στη βιώσιμη ανάπτυξη, με κύρια εκείνα που απορρέουν μέσω αντίστοιχων Διακηρύξεων από τις μεγάλες διεθνείς συνδιασκέψεις υπό την αιγίδα των ΗΕ, κατέγραφαν αναλυτικά τη σημασία του ρόλου των Μη Κ.Ο. παροτρύνοντας όλες τις κυβερνήσεις στην ενίσχυση της δράσης τους με την κατάλληλη χρηματική και υλικοτεχνική στήριξη. Σε επίπεδο εθνικό προβάλλεται επίσης ο ρόλος που μπορούν και επιβάλλεται να παίξουν οι διάφοροι φορείς του ιδιωτικού τομέα στο πλαίσιο της κοινωνικής εταιρικής ευθύνης και της προαγωγής της αλληλεγγύης μέσω της ουσιαστικής ενίσχυσης του ρόλου των Μη Κ.Ο.. Απώτερος στόχος η διαμόρφωση μιας διεθνούς όσο και ενίοτε περιφερειακής αλλά και εθνικής κοινής στρατηγικής για τη βιώσιμη οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική ανάπτυξη. Στον τομέα αυτόν είναι εξίσου σημαντική η προαγωγή της βασικής αρχής της ενημέρωσης και πληροφόρησης με στόχο τον συντονισμό των όποιων σχετικών δράσεων.

5. Συμπέρασμα

Είναι κοινά πλέον αποδεκτό ότι η προαγωγή της αρχής της αλληλεγγύης, ως βασικής προτεραιότητας ενδυνάμωσης του αναπτυξιακού φαινομένου, αποτελεί τη μοναδική εγγύηση για την ειρηνική συνύπαρξη της διεθνούς κοινωνίας, υπό τη σύγχρονη πλέον εξελιγμένη μορφή της.

⁶ Ο όρος Μη Κ. Ο. αναγράφεται ακόμη και στον Χάρτη των ΗΕ, στο 10ο κεφάλαιο που αναφέρεται στο Οικονομικό και Κοινωνικό Συμβούλιο και ειδικότερα στο άρθρο 71: «Το Οικονομικό και Κοινωνικό Συμβούλιο μπορεί να αποφασίζει να συμβουλευέται μη κυβερνητικούς οργανισμούς...».

Παράλληλα, η έννοια της ανάπτυξης έχει έντονα μετεξελιχθεί μετά τον 20ό αιώνα στο κατεξοχήν παγκόσμιο πολιτικό φαινόμενο που συμπεριλαμβάνει όλες τις επιμέρους διαστάσεις του φαινομένου δηλ. *την οικονομική μεγέθυνση, την κοινωνική πρόοδο και την περιβαλλοντική προστασία*.

Ο πολιτικός ρόλος των Μη Κ.Ο. έχει γίνει πλέον διεθνώς αποδεκτός και από τον επίσημο ΟΗΕ σε όλες τις τελευταίες αποφάσεις του, ειδικότερα με τη μορφή των Παγκόσμιων Διακηρύξεων, οι οποίες αναφέρονται ξεκάθαρα στη σημαντική προσφορά τους στον τομέα της ενημέρωσης-πληροφόρησης και ευαισθητοποίησης, αλλά και διάχυσης στους ανθρώπους/πολίτες όλων των κρατών, μέσα από οργανωμένες δράσεις που αποσκοπούν στην ενεργοποίησή τους, της φιλοσοφίας της διαρκούς ενίσχυσης της αλληλεγγύης. Στόχος η ισότιμη και χωρίς καμία απολύτως διάκριση, συμμετοχή όλων, τόσο στην παραγωγή όσο και στην απολαβή των αγαθών της βιώσιμης ανάπτυξης.

Τέλος, αυτό που καταδεικνύεται περίτρανα είναι η υποχρέωση που έχουμε όλοι πλέον ως άτομα και όχι μόνον ως οργανωμένα κράτη να συμμετέχουμε, να συνεργαζόμαστε και να συναποφασίζουμε για το μέλλον μας, με πνεύμα δικαίου και συναίνεσης, απαιτώντας παράλληλα το σεβασμό τόσο των ατομικών μας κατοχυρωμένων ελευθεριών, όσο όμως και των συλλογικών.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

- Γρηγορίου Π., Σαμιώτης Γ. και Τσάλτας Γ.Ι., «Η Συνδιάσκεψη των Η.Ε. για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη», σελ. 269, 1993, Αθήνα, Παπαζήση.
- Τσάλτας, Γ.Ι., *Πρόλογος*. Στο Δημαδάμα Ζ., «Βιώσιμη Οικονομική Ανάπτυξη – Η Ενσωμάτωση των 17 Στόχων του ΟΗΕ», σελ. 24, 2021, Αθήνα, Παπαζήση.
- Ρούκουνας Ε., «Διεθνές Δίκαιο», 1, σελ. 258-259, 2004, 3, Αθήνα, Αντ. Σάκκουλα.
- Τσάλτας Γ.Ι. (επιμ.), «Περιβάλλον, Διεθνής Προστασία, Πολιτική, Δίκαιο, Θεσμοί», σελ. 83-90, 2017, Αθήνα, Ι. Σιδέρης.
- Τσάλτας Γ.Ι., «Αναπτυξιακό Φαινόμενο και Τρίτος Κόσμος», σελ. 487, 2010, Παπαζήση.
- Τσάλτας Γ.Ι., «Το Δικαίωμα στην Ανάπτυξη ως Ανθρώπινο Δικαίωμα», Χρονικά 1986 ΙΜΔΑ, σελ. 233-253, 1988, Αθήνα, Αντ. Ν. Σάκκουλα.
- Τσάλτας Γ.Ι., *Τα Δικαιώματα των λαών. Τα Δικαιώματα Αλληλεγγύης. Γενική Προσέγγιση*. Στο Περράκης Σ. (επιμ.), «Τα Δικαιώματα των Λαών και των Μειονοτήτων», σελ. 55-65, 1993, Αθήνα-Κομοτηνή, Αντ. Ν. Σάκκουλα.
- Τσάλτας Γ.Ι., *Το Δικαίωμα στην Ανάπτυξη. Μια Νέα Σύγχρονη Θεώρηση*. Στο Περράκης Σ. (επιμ.), «Παγκόσμια Διακυβέρνηση: Διεθνές Δίκαιο και Διεθνείς Σχέσεις στην Αυγή του 21ου αιώνα», σελ. 107-115, 2006, Αθήνα, Αντ. Ν. Σάκκουλα.

Ξενόγλωσση

A/RES/1514 (XV).

A/RES/1803 (XVII).

A/RES/3281 (XXIX).

A/RES/35/36.

A/RES/41/128.

A/RES/55/2.

A/RES/70/1.

Dupuy R.J.: *Droit Déclaratoire et Droit Programmatoire de la Coutume Sauvage à la Soft Law*. In Colloque S.F.D.I., "L'élaboration du droit international public" Toulouse, 1974, Procès-verbal du banquet, Paris, Pedone.

Feuer G., "Techniques Juridiques et Valeurs Morales en Droit International du Développement, Droit et Libertés à la fin du 20-ème siècle". Etudes offertes à Claude Albert Colliard, 1984, Paris, Pédone.

Rostow W.W., "Les Etapes de la Croissance Economique", 1963, Paris, Seuil.

Abstract

The concept of the development phenomenon has undergone significant changes, particularly since World War II, and even more so since the 1980s and 1990s. The phenomenon's dimension of sustainable development arose primarily as a result of the pressures it received due to the parallel development of the international effort to launch appropriate environmental protection processes, which has now evolved into an international environmental management strategy. Whereas, a pivotal role had the evolution of human rights protection law in three generations, with the generation of solidarity rights being the most recent. As a result, it is now widely accepted that sustainable development is an absolute global phenomenon based on three major pillars, namely economic growth, social progress and environmental protection. Concerning the social pillar field, the action of non-governmental organizations (NGOs), a key component of Civil Society, is now playing an important role, which is entirely based on the establishment and promotion of the solidarity principle among all international actors.

Keywords: international law, sustainable development, human rights, rights of the peoples, N.G.O., international declarations, ONU, environment, solidarity, equity, civil society.

Η ελληνική οικονομία μεταξύ των συμπληγιάδων οικονομικών κρίσεων

ΝΑΠΟΛΕΩΝ ΜΑΡΑΒΕΓΙΑΣ

Ομότιμος Καθηγητής, Αναπληρωτής Πρύτανη
Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών 2014-2019
e-mail: nmarav@pspa.uoa.gr

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΧΡΥΣΟΜΑΛΛΙΔΗΣ

Λέκτορας Πανεπιστημίου Νεάπολις Πάφου

Περίληψη

Τη δεκαετία του '10 και τα πρώτα χρόνια της νέας δεκαετίας του '20 έχουν πλήξει την ελληνική οικονομία μεγάλες κρίσεις, τόσο η δημοσιονομική, ως απόρροια της παγκόσμιας χρηματοπιστωτικής κρίσης, όσο και η υγειονομική λόγω της πλανητικής πανδημίας COVID-19 και του συνακόλουθου πληθωρισμού. Το ιδιαίτερο στην ελληνική περίπτωση είναι φυσικά ότι η δεύτερη κρίση –λόγω πανδημίας– συνδυάστηκε με τις άκρως αρνητικές, διαρθρωτικού τύπου, συνέπειες της δημοσιονομικής κρίσης. Με άλλα λόγια η ελληνική οικονομία ήταν μοναδική περίπτωση, όπου η οικονομία βρέθηκε αντιμέτωπη με έντονες υφεσιακές συνθήκες ακριβώς τη στιγμή που επέστρεφε σε θετικούς, αν και με περιορισμένο εύρος, ρυθμούς οικονομικής μεγέθυνσης. Το παρόν άρθρο αναλύει τα δεδομένα της ελληνικής οικονομίας με στόχο να δείξει τις δυσκολίες που αντιμετωπίζει η χώρα μας λόγω των συνεπειών των δύο επάλληλων κρίσεων, να ξεπεράσει την περιφερειακή της θέση μέσα στην Ευρωπαϊκή Νομισματική Ένωση.

Λέξεις-Κλειδιά: Ελληνική οικονομία, κρίση, πανδημία, Ευρωπαϊκή περιφέρεια.

1. Εισαγωγή

Πριν κλείσει μια δεκαετία από το ξέσπασμα της παγκόσμιας χρηματοπιστωτικής κρίσης και την εκδήλωση της δημοσιονομικής κρίσης στην Ελλάδα, η πανδημία COVID-19 οδήγησε τις οικονομίες παγκόσμια εκ νέου σε υφεσιακές συνθήκες, με ιδιαίτερη ένταση λόγω των περιορισμών που επιβλήθηκαν στην προσπάθεια αντιμετώπισης της εξάπλωσης της πανδημίας. Σε αυτό το πλαίσιο, η ελληνική περίπτωση είναι ιδιαίζουσα, καθώς η οικονομική κρίση που ταλάνισε την οικονομία σχεδόν σε όλη τη δεκαετία του '10 επιφέροντας σοβαρές αρνητικές συνέπειες συνδυάστηκε με την εκδήλωση μιας νέας οικονομικής κρίσης λόγω της πανδημίας, ακριβώς στο σημείο που η ελληνική οικονομία προσπαθούσε να επιστρέψει σε θετικούς ρυθμούς οικονομικής μεγέθυνσης. Σε κάθε περίπτωση, οι εξελίξεις τη δεκαετία του '10 και στις αρχές της δεκαετίας του '20 σηματοδοτούν ένα νέο σημείο ισορροπίας για την ελληνική οικονομία που αντιστοιχεί στη δυναμική και τις δυνατότητές της, συνιστώντας ένα χαμηλότερο από την προ κρίσης εποχή επίπεδο ευημερίας και ανάπτυξης, με τις κρίσεις να αποτελούν τον καταλύτη για αυτή την οπισθοδρόμηση.

Το στοιχείο αυτό συνδυάζεται με το γεγονός ότι ενώ η χώρα συγκαταλεγόταν μεταξύ των περιφερειακών κρατών μελών της ΕΕ (κυρίως στη βάση τόσο της χρηματοδότησης της από τα Διαρθρωτικά Ταμεία λόγω του χαμηλού κατά κεφαλήν ΑΕΠ, και των οικονομικών της επιδόσεων σε όρους παραγωγικότητας και παραγωγικής διάρθρωσης), κατά την περίοδο της ταχείας ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας, την περίοδο 1996-2007 σημείωσε σημαντική πρόοδο με στόχο να ξεπεράσει τον περιφερειακό χαρακτήρα της. Όμως, η οπισθοδρόμηση, λόγω των οικονομικών κρίσεων, που αυτή βίωσε, την επανέφεραν στην περιφέρεια της ΕΕ.

Η κρίση του 2008-9, που εκδηλώθηκε στη χώρα ως σοβαρή δημοσιονομική κρίση και τελικά κρίση χρέους την κατέστησε, *de facto*, χώρα της ευρωπαϊκής περιφέρειας, τόσο σε οικονομικούς, όσο και σε πολιτικούς όρους, έχοντας απωλέσει σαφώς μέρος της κυριαρχίας της στους κόλπους της ΕΕ. Θεωρούμε ότι η δημοσιονομική κρίση ήταν αποτέλεσμα των πολιτικών επιλογών και των εγγενών αδυναμιών της ελληνικής οικονομίας, οι οποίες αποδείχθηκαν ασύμβατες με το δεδομένο πλαίσιο δομής και λειτουργίας του ευρωπαϊκού οικοδομήματος και κυρίως της αρχιτεκτονικής της Ευρωζώνης. Στη συνέχεια εξετάζουμε υπό ποιες προϋποθέσεις, αντί να καθηλωθεί η χώρα μας στην περιφέρεια της ΕΕ, όπου βρίσκεται σήμερα, θα μπορούσε να ξεπεράσει τις διαρθρωτικές αδυναμίες της επικουρούμενη από τις κυοφορούμενες αλλαγές στην ΕΕ και από την πρόοδο στην αρχιτεκτονική της Ευρωζώνης και να αναβαθμίσει τη θέση της εντός του ευρωπαϊκού οικοδομήματος.

2. Μεθοδολογικό πλαίσιο και θεωρητικό υπόβαθρο

Για την ανάλυσή μας θα βασιστούμε στα δεδομένα της λειτουργίας της Νομισματικής Ένωσης (ΝΕ) πριν από την εκδήλωση της κρίσης και τις επιπτώσεις της ΝΕ για τα λιγότερο αναπτυγμένα κράτη-μέλη, λαμβάνοντας υπόψη και ορισμένα κρίσιμα στοιχεία που αφορούν στην έναρξη της δημοσιονομικής κρίσης στην Ελλάδα, πριν ακόμη από τη Συμφωνία για το 1ο Πρόγραμμα Διάσωσης. Ακολούθως θα επιχειρήσουμε να τεκμηριώσουμε τη θέση μας, ότι η ελληνική οικονομία βρίσκεται σήμερα στην περιφέρεια της ΕΕ υπό δυσμενείς όρους.

Θεωρητικό υπόβαθρο του κειμένου μας αποτελεί η κλασική οικονομική προσέγγιση περί οικονομικής ολοκλήρωσης και οικονομικών ενώσεων. Σύμφωνα με τη βασική επιχειρηματολογία της θεωρίας, η απελευθέρωση του εμπορίου, όπως και ο περιορισμός των εμποδίων στην κινητικότητα των συντελεστών παραγωγής αποτελούν κομβικά στοιχεία για την αύξηση της ευημερίας σε μια οικονομία. Οφέλη από τη δημιουργία μιας νομισματικής ένωσης θα προκύψουν από τη μείωση του κόστους συναλλαγών και την εξάλειψη της αβεβαιότητας που συνδέεται με τον συναλλαγματικό κίνδυνο. Επίσης, καθώς προχωρά η διαδικασία ολοκλήρωσης, αναμένεται να σημειωθεί μια τάση εξίσωσης των τιμών ομοειδών αγαθών και παραγωγικών συντελεστών.

Έτσι μπορεί να υποστηριχθεί ότι δυναμικά επιτυγχάνεται η σύνθεση πολλών επιμέρους εθνικών οικονομιών και η συγκρότηση μιας ενιαίας και μεγαλύτερης, σε όρους μεγέθους, καθώς και ισχυρότερης, σε όρους διεθνούς ανταγωνιστικότητας, αγοράς. Η κεντρική λογική για τα παραπάνω εδράζεται στην επίτευξη αριστοποίησης της κατανομής των πόρων, στη δυνατότητα σχετικής αναδιανομής του εισοδήματος, στη σταθεροποίηση της οικονομίας σε επίπεδο πλήρους απασχόλησης και στην εν γένει προώθηση της οικονομικής ανάπτυξης (Γεωργακόπουλος και Χρήστου 1992).

Μια χώρα, όμως, είναι πιθανό να αντιμετωπίζει όχι μόνο θετικές επιπτώσεις από τη συμμετοχή της σε μια νομισματική ένωση, αλλά και αρνητικές, στη βάση κυρίως των επιδράσεων που αφορούν κατά κύριο λόγο στο ενδοενωσιακό εμπόριο. Η κατανομή του κόστους και των ωφελειών διαφέρει λογικά μεταξύ χωρών που συμμετέχουν στην ένωση, με συνέπεια ορισμένες να αποκομίζουν περισσότερα οφέλη σε σχέση με άλλες. Στην πραγματικότητα αναμένεται πως τα μεγαλύτερα οφέλη, απ' τη μεγάλη αγορά και τον εντεινόμενο ανταγωνισμό, θα αποκομίσουν οι χώρες με τις ισχυρότερες επιχειρήσεις, με τους πλέον αποτελεσματικούς παραγωγούς.

Έτσι δεν αποκλείεται μεταξύ των συμβαλλόμενων χωρών να υπάρχουν κάποιες χώρες στις οποίες οι απώλειες εξαιτίας της ενοποίησης είναι μεγαλύτερες από τα οφέλη. Σε αυτή την περίπτωση δικαιολογείται ως αντιστάθμισμα η μεταφορά πόρων προς αυτές, από τις χώρες που αποκομίζουν τα περισσότερα οφέλη, ώστε να εξασφαλίζεται η συνοχή της ένωσης. Η αξιοποίηση των πόρων αυτών για παραγωγικούς και διαρθρωτικούς σκοπούς, όπως ο εκσυγχρονισμός των υποδομών, η βελτίωση του ανθρώπινου κεφα-

λαίου, η αναβάθμιση του τεχνολογικού επιπέδου κ.λπ., ενισχύει τις αναπτυξιακές προοπτικές της συγκεκριμένης χώρας-μέλους και την «αποζημιώνει» από τη συμμετοχή της στην Ένωση (Κορρές κ.ά. 2010). Συνολικά, συνεπώς, δεν είναι όλες οι χώρες κατάλληλες για συμμετοχή σε οικονομικές και νομισματικές ενώσεις.

Στην ευρωπαϊκή περίπτωση είχαν διατυπωθεί έγκαιρα αμφιβολίες για την αποτελεσματική λειτουργία της Νομισματικής Ένωσης (ΝΕ), με τις βασικότερες αιτιάσεις να συνδέονται με την ανάλυση που βασίζεται στο λεγόμενο «επιχείρημα του Mundell». Πιο συγκεκριμένα, και σύμφωνα με τη συγκεκριμένη προσέγγιση –που αποδείχθηκε εκ του αποτελέσματος πιο ρεαλιστική για τις αδυναμίες της νομισματικής ένωσης της ΕΕ, όπως αυτές φάνηκαν με τις «ασύμμετρες διαταραχές» που προέκυψαν μετά την παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση–, δεν στοιχειοθετείται η ύπαρξη μιας άριστης νομισματικής περιοχής, στη βάση του βαθμού ετερογένειας των εθνικών παραγωγικών δομών, του περιορισμένου βαθμού «ευελιξίας» της αγοράς εργασίας σε όρους κινητικότητας εργατικού δυναμικού και ευκαμψίας μισθών (De Grauwe 2001).

Η θέση αυτή που είχε τεκμηριωθεί από την αρχή του εγχειρήματος εγκαθίδρυσης της νομισματικής ένωσης στην ΕΕ, προέβλεπε πως ορισμένες χώρες που συμμετέχουν σε αυτή θα μπορούσαν να υποστούν απώλεια ευημερίας (De Grauwe 1994), ενώ στην ΟΝΕ δεν υπάρχει ο αναγκαίος βαθμός οικονομικής ολοκλήρωσης, ώστε τα οφέλη να είναι μεγαλύτερα από τα κόστη (Krugman and Obstfeld 2003). Σε απάντηση στην ανάλυση της θεωρίας των άριστων νομισματικών περιοχών, επικράτησε η άποψη ότι η λειτουργία της ίδιας της ΝΕ θα ήταν σε θέση να μειώσει ή να κάμψει τις διαρθρωτικές διαφορές μεταξύ των χωρών που θα συμμετείχαν σε αυτή, οδηγώντας σταδιακά σε μια πραγματική σύγκλιση σε όρους παραγωγικότητας και ρυθμών μεγέθυνσης σε όλα τα κράτη μέλη της Ευρωζώνης (Frankel and Rose 1996).

3. Η ελληνική οικονομία στην Ευρωζώνη

Σύμφωνα με την οικονομική θεωρία, ως πιθανές πηγές αποσταθεροποίησης της Ευρωζώνης θεωρούνται η ασυμμετρία στις διαταραχές της ζήτησης, οι συναφείς διαταραχές στο εμπόριο, η αδυναμία ύπαρξης μιας ουσιαστικής ευρωπαϊκής αγοράς εργασίας και η έλλειψη επαρκούς προσφοράς χρήματος στις νέες συνθήκες που θα συνόδευαν τα παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα, η ασυμμετρία μεταξύ διαφορετικών περιοχών-χωρών εντός της Νομισματικής Ένωσης (ΝΕ) είναι πιθανό να προκύψει από το διαφορετικό συνδυασμό προϊόντων που παράγουν, την ίδια ώρα που όσο πιο ασύμμετρα είναι τα «σοκ», τόσο χρησιμότερη καθίσταται η άσκηση εγχώριας ανεξάρτητης νομισματικής πολιτικής.

Καθώς όμως η ολοκλήρωση προχωρά, βαθαίνει η ποικιλία των παραγωγικών δομών στο εσωτερικό της ΕΕ, άρα μεγαλώνει και το ενδεχόμενο της διαφορετικής επίδρασης μιας ασύμμετρης διαταραχής μεταξύ των κρατών μελών, με τις χώρες της περιφέρειας να βρίσκονται σε μειονεκτική θέση. Τελικά, το κόστος της προσαρμογής θα εξαρτηθεί

από την αποτελεσματικότητα των εναλλακτικών μηχανισμών «διόρθωσης». Στην περίπτωση που αυτοί δεν υπάρχουν (όπως στην ΝΕ της ΕΕ), το «χτυπημένο» από τη διαταραχή ζήτησης κράτος-μέλος θα αναγκαστεί να περιορίσει την εσωτερική κυκλοφορία του χρήματος, προκειμένου να περιοριστεί η ζήτηση, διά της μείωσης των αμοιβών, της αύξησης της ανεργίας και τελικά της ύφεσης (Πελαγίδης 2012).

Εξάλλου δεν θα πρέπει να παραγνωρίζεται το γεγονός, ότι σε αυτές τις συνθήκες η Κεντρική Αρχή που καθορίζει την κατεύθυνση της νομισματικής πολιτικής, δηλαδή η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα στην περίπτωση της ΕΕ, δεν μπορεί να ικανοποιήσει ταυτόχρονα με τα εργαλεία που διαθέτει (προσφορά χρήματος, επιτόκιο) όλες τις αντικρουόμενες μεταξύ τους ανάγκες που προκύπτουν στα κράτη-μέλη. Πρακτικά αυτό μεταφράζεται σε αδυναμία της ΝΕ να αντιμετωπίσει τη συχνότητα και το μέγεθος των διαταραχών ζήτησης, με αποτέλεσμα να υπάρχει περίπτωση να «βλάψει» τα παραγωγικά συστήματα περιφερειών που υπό διαφορετικές συνθήκες θα είχαν θέσει υπό σχετικό έλεγχο ευκολότερα τα προβλήματα (Μαραβέγιας και Κατσίκας 2017).

Όσον αφορά στην ελληνική οικονομία και πέρα από το πλαίσιο και τις συνθήκες που περιγράφηκαν ήδη, είναι χρήσιμο να αναφερθούν ορισμένα βασικά στοιχεία που φαίνεται να την κατατάσσουν μεταξύ των οικονομιών της ευρωπαϊκής περιφέρειας. Στη μεταποίηση, μετά την εξάλειψη κάθε είδους προστατευτικού μέτρου (επιδότηση, δασμολογικά και φορολογικά μέτρα) σημειώθηκε σημαντική κάμψη από τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Η προκληθείσα αυτή δυναμική στις αγορές οδήγησε το μερίδιο της Ακαθάριστης Προστιθέμενης Αξίας (ΑΠΑ) της μεταποίησης να μειωθεί από 16% το 1990 στο 10% σήμερα (έναντι μ.ο. 20% στην ΕΕ) και το αντίστοιχο μερίδιο της γεωργίας από 15% το 1990 στο 4%, σήμερα. Ο τομέας των υπηρεσιών από την άλλη, αναδεικνύεται ως ο τομέας με το υψηλότερο μερίδιο στην ελληνική οικονομία, αφού το 1990 ξεκίνησε με μερίδιο 54 % της συνολικής ΑΠΑ της χώρας για να φτάσει σήμερα στο 80%.

Η μεγάλη συμμετοχή του τομέα των υπηρεσιών στα συνολικά μεγέθη της ελληνικής οικονομίας δεν αποτελεί απλώς ένα εξισορροπητικό αντιστάθμισμα της μείωσης των μεριδίων των άλλων δύο βασικών τομέων, αλλά προκλήθηκε και από την αγοραία αξιοποίηση στοιχείων ήδη συσσωρευμένου πλούτου από πλεονάσματα που δημιουργήθηκαν στο παρελθόν, κατεχοχόν στον υποτομέα της αξιοποίησης της ακίνητης περιουσίας (Βαϊτσος 2011). Η εξέλιξη αυτή δείχνει ότι η ελληνική βιομηχανική και γεωργική παραγωγή δεν άντεξε στον διεθνή ανταγωνισμό παρά τις ευρωπαϊκές επιδοτήσεις –ενισχύσεις (Γιαννίτσης 2008, Μαραβέγιας 2008).

Εξάλλου, αυτό που παρατηρήθηκε στη χώρα ήταν κυρίως μια εσωστρεφής ανάπτυξη, η οποία στηρίχθηκε σε παραδοσιακούς κλάδους που χαρακτηρίζονται από χαμηλή ένταση γνώσης και χαμηλή εισοδηματική ελαστικότητα, ενώ καθώς οι εγχώριοι παραγωγοί δεν είναι ανταγωνιστικοί, εξειδικεύουν την παραγωγή τους κυρίως σε προϊόντα που δεν είναι διεθνώς εμπορεύσιμα (π.χ κατασκευές) αποφεύγοντας έτσι τον διεθνή ανταγωνισμό. Μάλιστα, η κατάσταση επιδεινώθηκε περαιτέρω, αφού αυξήθηκε η πίεση

από τις ανερχόμενες όμορες χώρες, στις οποίες οι μισθοί και οι φόροι είναι χαμηλότεροι. Με βάση τα παραπάνω, βάθυνε η αναντιστοιχία μεταξύ των συγκυριακών αναπτυξιακών επιδόσεων και των μακροχρόνιων αναπτυξιακών αναγκών της ελληνικής οικονομίας στο σύνολό της, επιβεβαιώνοντας το χαρακτηρισμό της ελληνικής οικονομίας ως περιφερειακής (Βαϊτσος και Μισσός 2013).

Ως αποτέλεσμα των προαναφερόμενων δυσμενών εξελίξεων από τη δεκαετία του '90 και κυρίως στη δεκαετία του '00 επιδεινώθηκε και μια ήδη χρόνια αδυναμία της ελληνικής οικονομίας, δηλαδή το έλλειμμα στο εμπορικό ισοζύγιο και συνεπώς στο ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών. Εκ των υστέρων, και λαμβάνοντας υπόψη την ανάλυση που προηγήθηκε, μπορεί κανείς να υποστηρίξει, ότι η συμμετοχή της χώρας στην ΕΟΚ/ΕΕ, πέρα από τα αναμφισβήτητα πολιτικά και γεωπολιτικά οφέλη, επιδείνωσε το παραγωγικό δυναμικό της, καθώς εντός της ενιαίας αγοράς η διεθνής ανταγωνιστικότητα της ελληνικής παραγωγής μειώθηκε σημαντικά (Μαραβέγιας 2008).

Από την άλλη πλευρά, οι μεγάλες απευθείας μεταβιβάσεις κοινοτικών πόρων, στο πλαίσιο της πολιτικής της ΕΕ για τη συνοχή, αντί να συμβάλουν στον εκσυγχρονισμό των ελληνικών παραγωγικών δομών, λόγω της αδράνειας των οικονομικών δρώντων και της αβελτηρίας των Δημόσιων Αρχών, κατέστησαν ουσιαστικά την ελληνική οικονομία «υποβοηθούμενη», καθώς συνήθισε να δέχεται «χρηματοδοτικές ενέσεις» από τα Διαρθρωτικά Ταμεία της ΕΕ, δηλαδή χωρίς προϋποθέσεις εισροή πόρων, η οποία έφτασε μέχρι και το 4-5% του ΑΕΠ, διογκώνοντας τη ζήτηση και τελικά τις εισαγωγές (Μαραβέγιας και Ανδρέου 2008).

Έχει ενδιαφέρον, επίσης, ότι στο πλαίσιο της Ευρωζώνης η σταδιακή επίτευξη σύγκλισης στο κόστος του χρήματος σε χαμηλά επίπεδα σε όλες τις χώρες της Ευρωζώνης (χαμηλά επιτόκια εσωτερικού και εξωτερικού δανεισμού), αντί να ωθήσει στον εκσυγχρονισμό των παραγωγικών δομών στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες-μέλη, όπου μειώθηκε σημαντικά το κόστος του χρήματος, οδήγησε αντίθετα σε «δημοσιονομική απειθαρχία» και στην αύξηση του ιδιωτικού χρέους στις χώρες που βρίσκονται στην περιφέρεια της ΕΕ, παραμερίζοντας ταυτόχρονα την ανάγκη για διαρθρωτικές μεταρρυθμίσεις.

Την ίδια ώρα, οι χώρες του πυρήνα της Ευρωζώνης λάμβαναν μέτρα για την ενίσχυση και τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητάς τους, παρότι είχαν προχωρήσει ούτως ή άλλως σε αυτά, ανεξάρτητα από την υιοθέτηση του ενιαίου νομίσματος. Οι μεταξύ τους αντίθετες αυτές πρακτικές που ακολούθησαν τα κράτη μέλη οδήγησαν στην ανάπτυξη φυγόκεντρων, αντί κεντρομόλων δυνάμεων εντός της Ευρωζώνης, με αφορμή τη χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 (Petraakis et al. 2013).

4. Οι οικονομικές κρίσεις στην Ελλάδα

Στο προβληματικό αυτό πρότυπο οικονομικής δραστηριότητας και ανάπτυξης ως συνέπεια τόσο των αδυναμιών του, όσο και κυρίως εγγενών αποφάσεων που σχετίζονται με το κυρίαρχο οικονομικό και παραγωγικό πρότυπο της χώρας, επέδρασε καθοριστικά

η έκρηξη της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης στην Ελλάδα, με αφορμή τη χρηματοπιστωτική κρίση στις ΗΠΑ το 2008. Στην ελληνική περίπτωση, η κρίση ήταν αποτέλεσμα: α) του «αμυντικού» παραγωγικού μετασχηματισμού της οικονομίας της χώρας και της συναφούς μείωσης της διεθνούς ανταγωνιστικότητας της παραγωγής και β) της διάγκωσης της καταναλωτικής ζήτησης, η οποία τροφοδοτήθηκε αφενός από τον ιδιωτικό φθινό εσωτερικό δανεισμό και αφετέρου από τη χαλαρή δημοσιονομική πολιτική (αύξηση δαπανών, μείωση φορών και εκτεταμένη φοροδιαφυγή), η οποία με τη σειρά της στηρίχθηκε στο δημόσιο εξωτερικό δανεισμό μετά τη μεγάλη πτώση των επιτοκίων στις διεθνείς αγορές (ως θετική συνέπεια της ένταξης στην Ευρωζώνη).

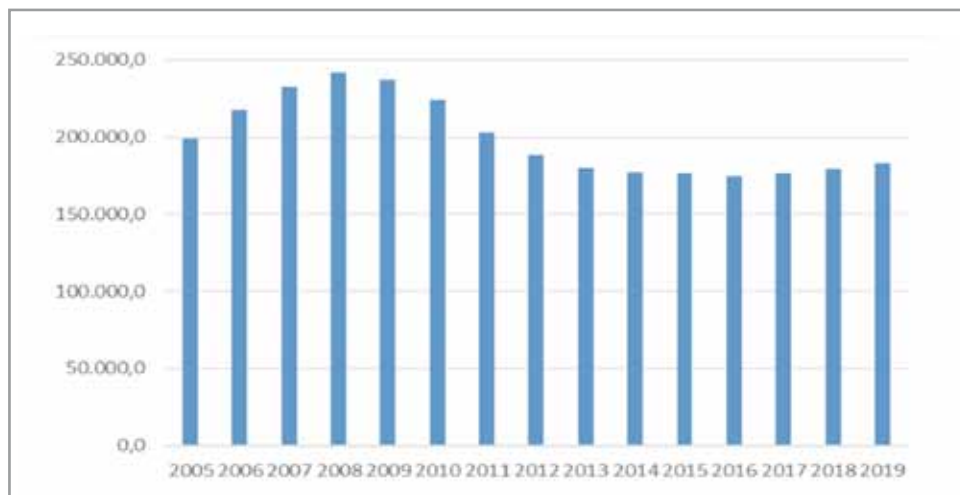
Επιχειρώντας μια διάκριση μεταξύ ενδογενών και εξωγενών αιτιών της υπερχρέωσης και της φθίνουσας ανταγωνιστικότητας που οδήγησαν στο δίδυμο έλλειμμα, τόσο στο δημοσιονομικό ισοζύγιο όσο και στο ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών, οι Βαληνάκης, Καζάκος, Μαραβέγιας (2014) κάνουν λόγο αφενός για την ύπαρξη βαθύτερων οικονομικών αιτιών, λαθών πολιτικής και προβλημάτων στο επίπεδο των θεσμών και αξιών, ενώ αφετέρου επισημαίνουν την ελαττωματική αρχιτεκτονική της Ευρωζώνης.

Όσον αφορά στα δεδομένα μετά το ξέσπασμα της δημοσιονομικής κρίσης στην Ελλάδα και με βάση ορισμένες διερευνητικές τοποθετήσεις του ΔΝΤ, ενόψει και της συμφωνίας για το 1ο Πρόγραμμα Διάσωσης, έχει ενδιαφέρον ότι σύμφωνα με τη διάγνωση της κατάστασης ήδη από τον Μάρτιο του 2010, το ΔΝΤ ουσιαστικά επιβεβαιώνει την υπόθεση της «περιφερειακότητας» της ελληνικής οικονομίας και παράλληλα την αποτυχημένη άσκηση εθνικής οικονομικής πολιτικής, αναγνωρίζοντας έμμεσα ότι η συμμετοχή στην Ευρωζώνη επιδείνωσε τη διάρθρωση της οικονομίας με βάση τα πραγματικά δεδομένα.

Παρ' όλα αυτά, η προσαρμογή στο 1ο Πρόγραμμα Διάσωσης επιλέχθηκε να είναι ριζική, πράγμα που οδήγησε στην απότομη συρρίκνωση της εγχώριας ζήτησης, γεγονός που συνοδεύτηκε από βαθιά ύφεση. Στην έκθεση του ΔΝΤ γίνεται αναφορά και στο ελληνικό τραπεζικό σύστημα και τους κινδύνους που αυτό θα αντιμετώπιζε εξαιτίας της κατάστασης αυτής, ενώ είχε αρχίσει ήδη η φυγή καταθέσεων, όπως και η αύξηση των μη εξυπηρετούμενων δανείων. Σε ένα τέτοιο ενδεχόμενο, η προσφυγή στην ΕΚΤ ήταν απαραίτητη. Αποτέλεσμα αυτής της αλληλουχίας ήταν η ανάγκη ανακεφαλαιοποίησης των τραπεζών, δεδομένο που επιβάρυνε τις χρηματοδοτικές ανάγκες της Χώρας (Ιγνατίου 2015).

Με αυτά τα δεδομένα, αναφέρεται κατά καιρούς από οικονομολόγους και αναλυτές ότι στην ελληνική περίπτωση, κατά την προσπάθεια αντιμετώπισης της δημοσιονομικής κρίσης ακολουθήθηκε με παρεμφερή ένταση –αν και για άλλους λόγους– η αρχική –και αποτυχημένη– πρακτική αντιμετώπισης της κρίσης του 1929 στις ΗΠΑ, που ουσιαστικά συνίσταται σε μείωση των δημόσιων επενδύσεων, αύξηση των φόρων και περαιτέρω επιδείνωση του οικονομικού περιβάλλοντος (Χριστοδουλάκης 2012).

Τα αποτελέσματα της προσαρμογής και του μείγματος πολιτικής που ακολουθήθηκε τελικά στην Ελλάδα οδήγησαν σε κατάρρευση της συνολικής ζήτησης, απώλεια εμπιστοσύνης από την πλευρά των νοικοκυριών, διακράτηση τμήματος του διαθέσιμου ει-

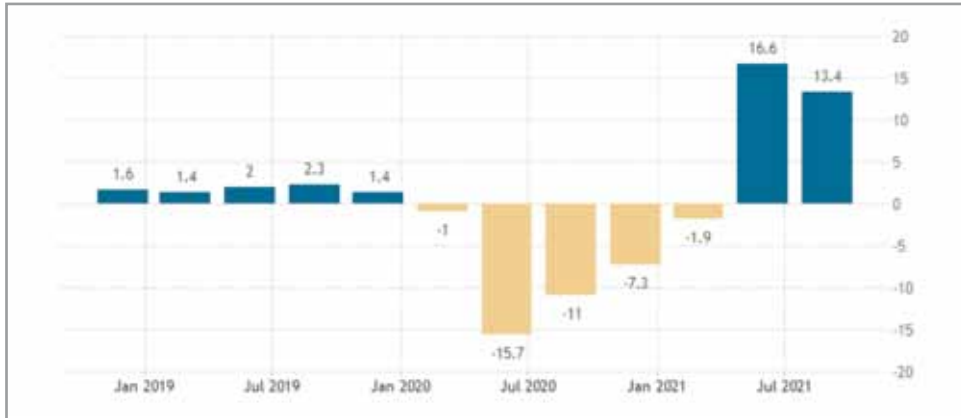


Σχήμα 1. Εξέλιξη του ΑΕΠ της Ελλάδας 2005-2019 (τρέχουσες τιμές, εκατ.)

σοδήματος σε ρευστό, μείωση της κατανάλωσης, μείωση των καταθέσεων, συρρίκνωση της τραπεζικής ρευστότητας, ασφυξία στην οικονομία, και ανατροφοδότηση αυτών, με πολλαπλασιασμό των επιπτώσεων (Μαραβέγιας 2015).

Τα παραπάνω ακολουθούνται από κάθε έναν ορθολογικά δρώντα ξεχωριστά, όμως τελικά επικρατεί αυτό που μπορεί να χαρακτηριστεί ως συνάθροιση ιδιοτελών ορθολογιστών, με συνέπεια η συνολική ζήτηση να καταρρέει και η κρίση να βαθαίνει για όλους. Αποτέλεσμα είναι η οικονομία να καταλήγει σε μια νέα ισορροπία χαμηλότερων εισοδημάτων, ελεγχόμενης κατανάλωσης, μειωμένης αποταμίευσης, μειωμένης επένδυσης και τελικά μεγάλης πτώσης στο ΑΕΠ (Σχήμα 1). Έτσι, το εγχείρημα της απότομης προσαρμογής οδήγησε σε κρίση ζήτησης εξαιρετικής έντασης, με συνέπεια να παρατηρείται ένας συνδυασμός κρίσης αιτίου (από ένα πλήγμα στην οικονομία) και κρίσης αποτελέσματος (Χριστοδουλάκης 2012).

Λαμβάνοντας υπόψη την ανάλυση που προηγήθηκε, κι αν θεωρήσουμε ως δεδομένο τον χαρακτήρα της ελληνικής οικονομίας ως μιας περιφερειακής οικονομίας που δεν έχει επιλύσει τα διαθρωτικά της προβλήματα, υπάρχει το ενδεχόμενο σε μια μελλοντική δυσμενή οικονομική συγκυρία να υποστεί εκ νέου μια ασύμμετρη κρίση με συνέπεια να δοκιμαστούν και πάλι οι αντοχές της εντός του υφιστάμενου πλαισίου της Ευρωζώνης. Από την άλλη πλευρά, κρίσιμης σημασίας για την ελληνική οικονομία είναι ότι η αρχιτεκτονική της Ευρωζώνης αδυνατεί να οδηγήσει σε σύγκλιση τις «ανθίσεις» ή τις «καταρρεύσεις» των επί μέρους οικονομιών (booms-and-busts), με αποτέλεσμα να μπορεί να τις μεταφέρει από το εθνικό επίπεδο στο ευρωπαϊκό, ενώ ακόμα χειρότερα, υπάρχουσα ΝΕ ορισμού μπορεί να προκαλέσει ή να επιτείνει την πρόκληση φαινομένων αποσταθεροποίησης στις χώρες-μέλη.

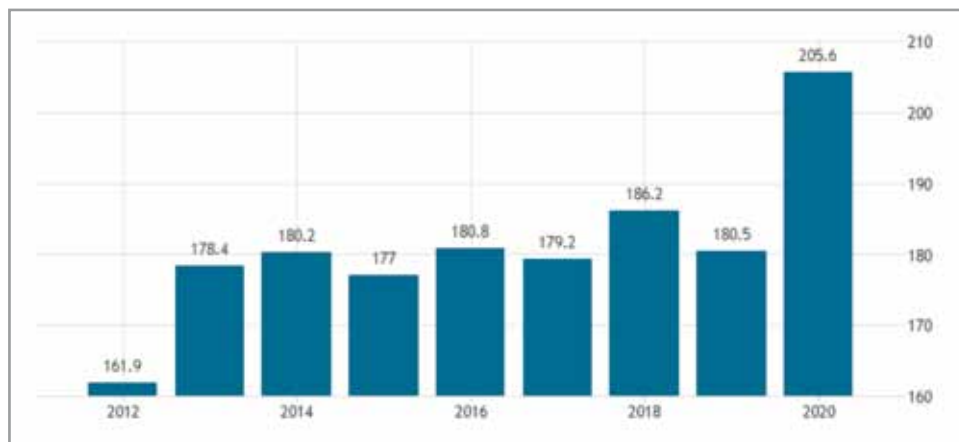


Σχήμα 2. Ρυθμός μεταβολής του ΑΕΠ της Ελλάδας, κατά την περίοδο της πανδημίας

Εξάλλου, το σταθεροποιητικό στοιχείο μιας οικονομίας σε επερχόμενη κρίση, ο δανειστής τελευταίας προσφυγής, έπαψε να υφίσταται για τα κράτη μέλη της ΝΕ, καθώς η ΕΚΤ δεν παίζει έναν τέτοιο ρόλο. Έτσι, ενισχύθηκε και η ισχύς των χρηματοπιστωτικών αγορών που είναι σε θέση να καθορίζουν την οικονομική πολιτική των κρατών-μελών και να «εκμεταλλεύονται» τις χρηματοδοτικές τους ανάγκες σε περίοδο κρίσης. Για να βελτιωθούν συνεπώς οι προοπτικές της ελληνικής οικονομίας εντός της Ευρωζώνης είναι απαραίτητη η ρεαλιστική αναθεώρηση της αρχιτεκτονικής της Ευρωζώνης, όπως αυτή που έχει προτείνει ο De Grauwe (2013), με τη μεταβολή του ρόλου της ΕΚΤ, ώστε να είναι πιο κοντά στο παλιό και γνωστό πρότυπο των εθνικών κεντρικών τραπεζών και κυρίως με την καθιέρωση άσκησης συμμετρικών δημοσιονομικών πολιτικών, πράγμα που συνεπάγεται την ένταξη δημοσιονομικών στοιχείων στη λειτουργία της Ευρωζώνης.

Με άλλα λόγια, ένας βαθμός κοινοτικοποίησης της δημοσιονομικής πολιτικής θα επιτρέπει τη συνολικότερη ανάλυση των δεδομένων σε κάθε κράτος-μέλος και άρα την άσκηση πολιτικής με τρόπο που θα συνδυάζει τα απαιτούμενα μέτρα στον ευρωπαϊκό βορρά (πυρήνας της Ευρωζώνης) με τα απαιτούμενα μέτρα στον νότο (περιφέρεια της Ευρωζώνης), τα οποία θα είναι συμπληρωματικά μεταξύ τους, σε μια προοπτική να μετεξελιχθεί η Ευρωζώνη σε μια δημοσιονομική και τραπεζική ένωση.

Σε αυτή τη δύσκολη κατάσταση που είχε περιέλθει η ελληνική οικονομία λόγω της οικονομικής κρίσης προστέθηκε μια ακόμα αρνητική συγκυρία στις αρχές της επόμενης δεκαετίας του 2020 με την εκδήλωση της υγειονομικής κρίσης λόγω την εμφάνισης της πανδημίας COVID-19 και των περιορισμών που επιβλήθηκαν στην οικονομική και κοινωνική δραστηριότητα στην προσπάθεια μη περαιτέρω εξάπλωσης της πανδημίας, η οποία συσσώρευε σημαντικά βάρη στο εθνικό σύστημα υγείας, τόσο της Ελλάδας όσο και σε διεθνή κλίμακα. Οι αρνητικές οικονομικές επιπτώσεις της πανδημίας διακρίνονται εύκολα σε όρους ρυθμού μεταβολής του ΑΕΠ της χώρας από εξάμηνο σε εξάμηνο (Σχήμα 2).



Σχήμα 3. Εξέλιξη του χρέους της Ελλάδας, κατά την περίοδο της πανδημίας (% ΑΕΠ)

Οι εκ νέου υφεσιακές συνθήκες που σημειώθηκαν στην ελληνική οικονομία που οδήγησαν στην περαιτέρω μείωση του ΑΕΠ, με την παράλληλη ανάγκη αύξησης των δημόσιων δαπανών, λόγω της απευθείας χρηματοδότησης εκείνων των τομέων της παραγωγικής δραστηριότητας που αντιμετώπιζαν τους μεγαλύτερους περιορισμούς στη λειτουργία τους λόγω των «lock-down» που επιβλήθηκαν, οδήγησαν στην ακόμη μεγαλύτερη αύξηση του χρέους της χώρας (Σχήμα 3).

Προχωρώντας σε μια περισσότερο ποιοτική ανάλυση, τώρα, είναι σαφές, ότι η κρίση αποτελεί κρίση τόσο προσφοράς όσο και ζήτησης, ιδίως στην ελληνική περίπτωση. Έτσι, η μείωση της οικονομικής δραστηριότητας το 2ο τρίμηνο του 2020 (-15,2%) οφείλεται κυρίως στην αρνητική συμβολή της Ιδιωτικής Κατανάλωσης (-11,6%), των Επενδύσεων (Ακαθάριστος σχηματισμός παγίου κεφαλαίου) (-10,3%), καθώς και των Εξαγωγών (-32,1%). Αρχικά, η μείωση των Εισαγωγών (-17,2%) δεν ήταν ικανή να αντισταθμίσει τη μείωση των εξαγωγών. Υπό αυτές τις συνθήκες η ύφεση ήταν έντονη, ιδίως το 2020.

Η σοβαρή, αρνητική επίδραση της πανδημίας για την ελληνική οικονομία προκύπτει από το γεγονός ότι αυτή στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό σε κλάδους που επηρεάζονται έντονα από την παγκόσμια οικονομική ύφεση λόγω πανδημίας, όπως οι μεταφορές, ο τουρισμός, το εμπόριο, η εστίαση, η ψυχαγωγία και οι εφοδιαστικές αλυσίδες. Με άλλα λόγια, ο παγκόσμιος χαρακτήρας της οικονομικής κρίσης έχει μειώσει τα εισοδήματα στους εμπορικούς εταίρους της Ελλάδας και κατά συνέπεια μειώνει τον εγχώριο ρυθμό μεγέθυνσης μέσω της μείωσης των εξαγωγών.

Σε αντιδιαστολή με ό,τι αναφέρθηκε παραπάνω για την προβληματική αρχιτεκτονική της Ευρωζώνης, στην περίπτωση της πανδημίας φάνηκε να λειτουργούν τα ενοποιητικά αντανakλαστικά της Ευρωζώνης. Συγκεκριμένα, η δημιουργία του Ταμείου Ανάκαμψης με 750 δις, που στηρίχθηκε στον από κοινού δανεισμό της Ε.Ε δηλαδή όλων των

χωρών-μελών (ένα είδος ευρωμόλογου) και η αποπληρωμή του με πανευρωπαϊκούς φόρους, πέρα από το ότι συμβάλλει στην οικονομική υποστήριξη των κρατών-μελών που επλήγησαν περισσότερο από την κρίση λόγω πανδημίας, άρα και της Ελλάδας, αποτελεί απόφαση ιστορικής σημασίας για τα χρονικά της ευρωπαϊκής ενοποίησης. Αυτό το βήμα αποτελεί ιστορικό προηγούμενο για την ευρωπαϊκή πορεία, καθώς σφυρηλατεί την ενότητα και αποτελεί την αρχή για κάποιας μορφής δημοσιονομική ενοποίηση, που ήταν αδιανόητη μερικούς μήνες πριν από την κρίση του κορονοϊού.

Αν σε αυτό προστεθούν η απόφαση για την ενεργοποίηση της ρήτρας γενικής εξαίρεσης που συνεπάγεται την αναστολή της ισχύος των δημοσιονομικών κανόνων του Συμφώνου Σταθερότητας και Ανάπτυξης, η διστακτική πρόοδος στην Τραπεζική Ένωση (Καζαντζής 2021) μαζί με τη μεταφορά πόρων του Ταμείου Ανάκαμψης από τις πλουσιότερες χώρες του Βορρά προς τις χώρες του Ευρωπαϊκού Νότου αποτελούν –παρά τις δυσκολίες– σημαντικά βήματα για τη μεταρρύθμιση του τρόπου λειτουργίας της Ευρωζώνης, αλλά και ευρύτερα για την ευρωπαϊκή ενοποίηση. Είναι προφανές ότι αυτές οι εξελίξεις αποβαίνουν επ’ ωφελεία της χώρας μας, η οποία υπολογίζεται ότι θα εισπράξει από το Ταμείο Ανάκαμψης περίπου 30 δις τα επόμενα χρόνια.

Σε κάθε περίπτωση, καθοριστικά στοιχεία για να επωφεληθεί η ελληνική οικονομία από το Ταμείο Ανάκαμψης στο άμεσο μέλλον είναι: (α) το κατά πόσο υπάρχουν ώριμα επενδυτικά σχέδια, (β) πόσο γρήγορα θα διαμορφωθεί το απαιτούμενο θεσμικό πλαίσιο (γ) αν θα υπάρξει επιτάχυνση των διαδικασιών για τον έλεγχο των προϋποθέσεων ένταξης των επενδυτικών προτάσεων και (δ) κατά πόσο θα υπάρξει βελτίωση των απαιτούμενων λειτουργιών του κρατικού μηχανισμού.

5. Αντί συμπερασμάτων: Οι προοπτικές της ελληνικής οικονομίας στη μετά-πανδημία εποχή

Από την ανάλυση που προηγήθηκε στοιχειοθετείται, πράγματι, το ότι η ελληνική οικονομία παραμένει στην ευρωπαϊκή περιφέρεια, και μάλιστα με δυσμενείς όρους, απόρροια των σοβαρών κρίσεων που την ταλανίζουν κατά τα τελευταία δέκα και πλέον χρόνια (βλ. Σχήματα 1 και 2). Στην κατακλείδα της παρούσας συμβολής στον συλλογικό τόμο, η ανάλυση θα επικεντρωθεί σε ορισμένα στοιχεία που συνθέτουν τις προοπτικές της ελληνικής οικονομίας, στον βαθμό, φυσικά, που αυτό είναι δυνατό.

Συγκεκριμένα, η χώρα μας φαίνεται να επωφελείται από την ευνοϊκή οικονομική συγκυρία της μετά-πανδημία εποχής. Όλες οι εκτιμήσεις δείχνουν αύξηση κατά 8%-9% του ΑΕΠ το 2021, ενώ οι προβλέψεις ανεβάζουν την ανάκαμψη για το 2022 σε 4%-5%. Παράλληλα έχει δημιουργηθεί θετικό κλίμα για επενδύσεις, ελληνικές και ξένες, σε σημαντικούς τομείς (ενέργεια, νέα τεχνολογία κ.λπ.), οι οποίες στηρίζονται και στις εισροές πόρων από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Ανάκαμψης τα επόμενα χρόνια.

Στο δημοσιονομικό πλαίσιο, αυτές οι αισιόδοξες προβλέψεις αφήνουν δημοσιονομικά περιθώρια για τη μείωση του πρωτογενούς ελλείμματος του Προϋπολογισμού από 7%-8% το 2021 σε 1,5% το 2022 και τη μετατροπή του σε πρωτογενές πλεόνασμα το 2023. Αν, μάλιστα, επιτευχθεί η αναβάθμιση του αξιόχρεου της χώρας, με τα ελληνικά ομόλογα να αποκτούν επενδυτική βαθμίδα, θα γίνει πιο εύκολη και η έξοδος της χώρας από την ενισχυμένη εποπτεία της Ε.Ε., που την υποχρεώνει να διατηρεί υψηλά πρωτογενή πλεονάσματα για να αποπληρώνει το χρέος της. Αυτό το στοιχείο είναι κρίσιμο, διότι είναι δεδομένο ότι θα υπάρξει επιστροφή στους κανόνες του μάλλον ηπιότερου Συμφώνου Σταθερότητας το 2023, συνεπώς τα προαναφερθέντα είναι απαραίτητα, ώστε αυτό να γίνει με ομαλότερο τρόπο για την ελληνική οικονομία.

Βεβαίως, αυτή η εξαιρετική αναπτυξιακή πορεία των επενδύσεων και των εξαγωγών μας μπορεί να συνοδευτεί (όπως φαίνεται ήδη) από μια μεγάλη αύξηση των εισαγωγών σε αγαθά και συνεπώς από διεύρυνση του εμπορικού ελλείμματος, που θα μπορούσε να καλυφθεί από το πλεόνασμα στις εισπράξεις από τον τουρισμό, καθώς υπάρχει θετική πρόβλεψη και στον τομέα αυτόν το 2022.

Όλα τα παραπάνω συνιστούν μια σειρά από ευκαιρίες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν και πάλι την ελληνική οικονομία σε σημαντικούς και διατηρήσιμους ρυθμούς οικονομικής μεγέθυνσης, μετά από τη δεκαετή οικονομική κρίση και την ύφεση του 2020, λόγω της πανδημίας, με τη σωρευτική απώλεια του 1/3 περίπου του ΑΕΠ, όπως ήδη αναφέρθηκε. Έτσι θα μπορούσε να μειωθεί η ανεργία, να βελτιωθεί η παραγωγικότητα και να αυξηθούν τα πραγματικά εισοδήματα των εργαζομένων.

Υπάρχουν, όμως, πολύ σοβαροί κίνδυνοι που προέρχονται από εξωγενείς παράγοντες, με σημαντικότερο όλων τον πληθωρισμό στην Ευρωπαϊκή Ένωση, στις ΗΠΑ και στις άλλες αναπτυγμένες οικονομίες, ο οποίος είχε ξεχαστεί για πολλές δεκαετίες. Με ρυθμό πληθωρισμού 7% στις ΗΠΑ και 5% στην Ευρωζώνη στο τέλος του 2021, έναντι λιγότερου από 1% την αντίστοιχη περσινή περίοδο, τίθεται μεγάλο δίλημμα στις κεντρικές τράπεζες: πρέπει να συσφίξουν τις χαλαρές νομισματικές πολιτικές τους με τα μηδενικά επιτόκια, που είχαν ως στόχο να ενισχύσουν την ανάπτυξη τα προηγούμενα χρόνια, δεδομένου ότι μια τέτοια σύσφιξη και μια άνοδος των επιτοκίων προφανώς θα ανακόψουν την ανάκαμψη των οικονομιών τους;

Η Ομοσπονδιακή Τράπεζα των ΗΠΑ και οι κεντρικές τράπεζες των περισσότερων άλλων αναπτυγμένων χωρών (π.χ. Βρετανία, Καναδάς) έχουν ήδη αποφασίσει να ακολουθήσουν περιοριστική νομισματική πολιτική και να αυξήσουν τα επιτόκια, καθώς κρίνουν ότι αυτό είναι αναγκαίο για να μειωθεί ο πληθωρισμός, που φαίνεται να τροφοδοτείται και από την αύξηση των αμοιβών, χωρίς να φοβούνται ότι θα προκληθεί σοβαρή υπονόμευση της αναπτυξιακής τους πορείας, καθώς θεωρείται ότι είναι παγιωμένη.

Αντίθετα, στην Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα υπάρχει «μεγάλος δισταγμός» να ακολουθηθεί η ίδια πορεία με αυτή των ΗΠΑ, επειδή εκτιμάται ότι έτσι θα ανακοπεί η εύθραυστη ανάκαμψη των ευρωπαϊκών οικονομιών μετά την πανδημία και ότι θα περιο-

ριστεί η δυνατότητα αναχρηματοδότησης του χρέους των υπερχρεωμένων χωρών του ευρωπαϊκού Νότου και προφανώς της χώρας μας. Όμως, ταυτόχρονα υποτιμάται ο κίνδυνος της διολίσθησης του ευρώ έναντι του δολαρίου (όπως ήδη φαίνεται στις διεθνείς αγορές, κατά 6%-7% τους τελευταίους μήνες), καθώς οι επενδυτές προτιμούν το δολάριο, λόγω της προσδοκίας μείωσης του αμερικανικού πληθωρισμού μέσω της αποφασισμένης σύσφιξης της νομισματικής πολιτικής και της αύξησης των επιτοκίων.

Η εξέλιξη αυτή είναι προφανές ότι περιορίζει την εμβέλεια του ευρωπαϊκού κοινού νομίσματος και παράλληλα αυξάνει τις τιμές σε ευρώ αρκετών πρώτων υλών (πετρέλαιο, βασικά προϊόντα κ.λπ.) που τιμολογούνται σε δολάρια, πράγμα που ενισχύει τον πληθωρισμό στην ευρωζώνη. Από την άλλη, οι γεωπολιτικοί ανταγωνισμοί μεταξύ ΗΠΑ και Ρωσίας στην Ουκρανία δημιουργούν έναν επιπλέον κίνδυνο ακόμη μεγαλύτερης αύξησης της τιμής του φυσικού αερίου, από το οποίο εξαρτάται ένα μεγάλο μέρος της ευρωπαϊκής και ιδιαίτερα της γερμανικής οικονομίας.

Μετά από όλα αυτά, η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα ξεπεράσει τους δισταγμούς της, αν ο πληθωρισμός συνεχιστεί, πράγμα πολύ πιθανό. Σημειώνεται ότι ο πληθωρισμός ξεκίνησε ως πληθωρισμός ζήτησης μετά την πανδημία, λόγω υπερβάλλουσας ζήτησης σε σχέση με τη μειωμένη προσφορά, αλλά εξελίχθηκε και σε πληθωρισμό κόστους, καθώς οι αυξημένες τιμές της ενέργειας, των πρώτων υλών, των μεταφορικών κ.λπ. ανεβάζουν το κόστος παραγωγής σχεδόν σε όλα τα προϊόντα, χωρίς μέχρι στιγμής να έχουν αυξηθεί και οι αμοιβές.

Παρότι ο πληθωρισμός μειώνει το πραγματικό ύψος του δανεισμού και απολύτως και σε σχέση με το ονομαστικό ΑΕΠ, αν η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα συσφίξει τη νομισματική της πολιτική και αυξήσει τα επιτόκια, τότε και η χώρα μας θα αρχίσει να δυσκολεύεται στην αναχρηματοδότηση του χρέους της, ενώ η ευνοϊκή αναπτυξιακή της πορεία μπορεί να ανακοπεί λόγω των υψηλότερων επιτοκίων και στο εσωτερικό και στις διεθνείς αγορές. Έτσι, όλες οι προβλέψεις και οι σχεδιασμοί για την ελληνική οικονομία μπορεί να αναθεωρηθούν και να οδηγήσουν τη χώρα σε νέες δυσκολίες.

Βιβλιογραφία

- Βαϊτσος Κ., *Ελληνική και παγκόσμια οικονομική κρίση: Αναπτυξιακές διαστάσεις σε ένα διεθνές πλαίσιο αλληλεξάρτησης*, στο Βλάχου Α., Θεοχαράκης Ν. και Μυλωνάκης Δ. (επιμ.), «Οικονομική κρίση και Ελλάδα», 2011, Gutenberg.
- Βαϊτσος Κ. και Μισός Β., «Η Νέα Οικονομική Γεωγραφία της Πελοποννήσου. Πραγματική Οικονομία και Ανάπτυξη», 2013, Gutenberg.
- Βαληνάκης Γ., Καζάκας Π. και Μαραβέγιας Ν., «Η έξοδος από την κρίση. Εφαρμοσμένες εναλλακτικές προτάσεις», 2014, Παπαζήσης.
- Γεωργακόπουλος Θ. και Χρήστου Γ., «Μαθήματα θεωρίας της οικονομικής ενοποίησης», 1992, Σταμούλης.

- Γιαννίτσης Τ., «*Τα επιτυχημένα αναπτυξιακά μοντέλα: Οι κρίσιμες διαφορές με την ελληνική αναπτυξιακή πολιτική*», στο Γιαννίτσης Τ. (επιμ.), «*Σε αναζήτηση ελληνικού μοντέλου ανάπτυξης*», 2008, Παπαζήσης.
- Ιγνατίου Μ., «*Τρόικα. Ο δρόμος προς την καταστροφή*», 2015, Α. Α. Λιβάνης.
- Καζαντζής Κ., «*Η πολιτική οικονομία της Τραπεζικής Ένωσης*» 2021 Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικής Επιστήμης και Δ.Δ. ΕΚΠΑ
- Κορρές Γ., Κότιος Α. και Λιαργκόβας Π., «*Οικονομική της ευρωπαϊκής ολοκλήρωσης*», 2010, Σταμούλης.
- Μαραβέγιας Ν., «*Οι εξελίξεις στην ύπαιθρο και η ανάγκη μιας νέας αναπτυξιακής στρατηγικής*», στο Γιαννίτσης Τ. (επιμ.), «*Σε αναζήτηση ελληνικού μοντέλου ανάπτυξης*», 2008, Παπαζήσης.
- Μαραβέγιας Ν., «*Η υπόσχεση... της ανάπτυξης. 100 κείμενα προβληματισμού*», 2015, Παπαζήσης.
- Μαραβέγιας Ν. και Ανδρέου Γ., «*Η ελληνική οικονομία στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής ολοκλήρωσης*», στο Μαραβέγιας Ν. και Σακελλαρόπουλος Θ. (επιμ.), «*Ευρωπαϊκή Ολοκλήρωση και Ελλάδα. Οικονομία, Κοινωνία, Πολιτικές*», 2006, Παπαζήσης.
- Μαραβέγιας Ν. και Κατσίκας Δ., «*Η Κρίση στον Ευρωπαϊκό Νότο και οι Ατέλειες της Ευρωζώνης: Η Περίπτωση της Ελλάδας*», στο Κόντης Α. και Βέρνυ Σ. (επιμ.), «*Ευρωπαϊκή Ολοκλήρωση, Τιμητικός Τόμος Π. Ιωακείμδη*», 2017, Παπαζήσης.
- Πελαγίδης Θ., «*Ευρωπαϊκή οικονομική και νομισματική ολοκλήρωση σε συνθήκες παγκοσμιοποίησης*», στο Μαραβέγιας Ν. και Τσινισιζέλης Μ. (επιμ.), «*Νέα Ευρωπαϊκή Ένωση. Οργάνωση και πολιτικές: 50 χρόνια*», 2012, Θεμέλιο.
- Χριστοδουλάκης Ν., «*Οικονομικές θεωρίες και κρίσεις. Ο ιστορικός κύκλος ορθολογισμού και απερισκεψίας*», 2012, Κριτική.
- De Grauwe P., «*The Economics of Monetary Integration*», 1994, Oxford University Press.
- De Grauwe P. (edit.), «*The political economy of monetary union*», 2001, Edward Elgar.
- De Grauwe P., «*Design failures in the Eurozone: Can they be fixed?*», LSE 'Europe in Question' Discussion Paper Series, LEQS Paper No. 57, 2013.
- Frankel J. and Rose A., «*The Endogeneity of the Optimum Currency Area Criteria*», NBER Working Paper, No. 5700, 1996.
- Krugman P. and Obstfeld M., «*International economics: Theory and policy*», 2003, Pearson Education, Inc.
- Petrakis P., Kostis P. and Valsamis D., «*European economics and politics in the midst of the crisis. From the outbreak of the crisis to the fragmented European Federation*», 2013, Springer.

Abstract

More than a decade has passed since the outbreak of the global financial crisis and the deficit crisis in Greece, and the question that arises is whether the country still belongs to EU periphery; a determinative parameter for the operation of the Greek economy within the Eurozone, beyond the crisis context. However, one should take into account that the Greek case is a special one, since at the time of stabilization –after the fiscal crisis– and as it seemed that Greece has overcome severe crisis conditions, returning to positive rates of economic growth, pandemic emerged, bringing together new recession conditions not only for Greece, but for economies around the globe. For the purposes of our analysis we present recent developments regarding Greek economy, highlighting the negative impact that both crises had on it, preventing its effort to overcome its peripheral place in the EU Monetary Union.

Keywords: Greek economy, crisis, pandemic, European periphery.

Η Κρίση της Παιδείας και η Παιδεία της Κρίσης

ΓΙΑΝΝΗΣ Α. ΜΥΛΟΠΟΥΛΟΣ

Καθηγητής,

Πρύτανης Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης 2010-2014,

πρώην Πρόεδρος της Αττικό Μετρό ΑΕ

e-mail: mylop@auth.gr

Περίληψη

Το άρθρο αυτό αφιερώνεται στον Καθηγητή και πρώην Πρύτανη του ΕΜΠ, τον αείμνηστο Σίμο Σιμόπουλο, για τους κοινούς αγώνες που δώσαμε ως Πρυτάνεις τη δύσκολη για τη χώρα περίοδο 2010 – 2014 για να υπερασπιστούμε το δημόσιο χαρακτήρα, τις ακαδημαϊκές ελευθερίες και την εσωτερική δημοκρατία στα Πανεπιστήμια.

Το άρθρο αναφέρεται στις αιτίες της επίθεσης που δέχθηκε και εν πολλοίς συνεχίζει να δέχεται το δημόσιο πανεπιστήμιο στη χώρα μας και περιγράφει τις νεοφιλελεύθερες εκπαιδευτικές «μεταρρυθμίσεις» που είχαν στο στόχαστρο την Παιδεία.

Λέξεις-Κλειδιά: Παιδεία, Πανεπιστήμιο, Εκπαιδευτική Μεταρρύθμιση, Δημόσια Εκπαίδευση, Ακαδημαϊκές Ελευθερίες, Δημοκρατία

1. Η εθνική μας φτώχεια

Όσο η Ελλάδα βυθίζεται σε αλληπάλληλες κρίσεις, τόσο περισσότερο γίνεται σαφές ότι η εθνική μας φτώχεια, όπως αυτή αποτιμάται με το δυσβάστακτο δημόσιο χρέος, το τεράστιο δημοσιονομικό έλλειμμα, αλλά και την κατάρρευση του κοινωνικού κράτους και την επιδείνωση των εργασιακών σχέσεων και την καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος, δεν αντανακλά τίποτε περισσότερο, παρά ένα μεγάλο και χρόνιο έλλειμμα Παιδείας.

Η υλιστική κατεύθυνση του νεοελληνικού πολιτισμού, με τα πρότυπα και τις κοινωνικές συμπεριφορές της κερδοφορίας, του εύκολου πλουτισμού και της ήσσονος προσπάθειας, ενισχυμένη από τις αξίες της νεοφιλελεύθερης εποχής της παγκοσμιοποίησης της οικονομίας, η οποία επιβλήθηκε σε όλα τα μήκη και τα πλάτη της γης τις τελευταίες δεκαετίες, ευνόησαν την αναγόρευση του κέρδους σε ύψιστο αγαθό και οδήγησαν σε

πρακτικές άκρατου καταναλωτισμού και συγχρόνως σε συνήθειες αποφυγής κάθε επίπονης παραγωγικής προσπάθειας.

Η υλιστική αυτή κατεύθυνση, από κοινού με το πνεύμα ιδιωτικότητας και ατομισμού που εμπεδώθηκαν στην εποχή της κυριαρχίας του νεοφιλελευθερισμού, αναδεικνύουν σήμερα την ανάγκη επιστροφής της Παιδείας, ως ολοκληρωμένης πνευματικής λειτουργίας που συμβάλλει στη διεύρυνση των οριζόντων του νου και στην εμβάθυνση των αποθεμάτων της ψυχής.

Ο μονότονος προσανατολισμός του εκπαιδευτικού συστήματος στην κατεύθυνση της επαγγελματικής κατάρτισης και της επιστημονικής εξειδίκευσης αποδυνάμωσε τον μορφωτικό ρόλο της Παιδείας και απομάκρυνε τους νέους από τις αρετές της συλλογικής προσπάθειας, της αλληλεγγύης και της κοινωνικής προσφοράς. Η εκπαίδευση έγινε συνώνυμη με την επαγγελματική άνοδο και την οικονομική αποκατάσταση καθενός ξεχωριστά, στερώνοντας τη σύγχρονη Ελλάδα από τον πλούτο των κοινών οραμάτων και των συλλογικών προσπαθειών.

Το χρόνιο έλλειμμα της Παιδείας στη χώρα μας δεν ανακαλύπτεται για πρώτη φορά, βεβαίως, σήμερα. Για δεκαετίες η Ελλάδα κατατασσόταν ουραγός στη χρηματοδότηση των συστημάτων εκπαίδευσης και έρευνας. Το 2006 για παράδειγμα, σε εποχή παχιών, ακόμη, αγελάδων, ενώ η μέση ετήσια δημόσια χρηματοδότηση κάθε Ευρωπαίου φοιτητή ήταν 10.000 Ευρώ, η μέση δημόσια χρηματοδότηση που αντιστοιχούσε στον Έλληνα φοιτητή ήταν μόλις 4.000 Ευρώ. Και αντίστοιχα, ενώ η μέση δημόσια χρηματοδότηση της εκπαίδευσης και της έρευνας στην Ευρώπη ήταν 5% και 3% του ΑΕΠ αντίστοιχα, για τη... μακρινή Ελλάδα ήταν μόλις 3,1% και 0,6% του ΑΕΠ αντίστοιχως. Τη στιγμή που η Φινλανδία υλοποιούσε τον άθλο της οικονομικής της ανάπτυξης, με έμφαση σε καινοτομικές εφαρμογές της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών, έχοντας επενδύσει επί χρόνια το 7% του ΑΕΠ της στην έρευνα...

Εκείνο που αποτελεί αχτίδα φωτός στο σημερινό σκοτάδι, πάντως, καθώς αναδεικνύει και το δρόμο για την έξοδο από τις πολλαπλές κρίσεις, είναι το γεγονός ότι οι Έλληνες επιστήμονες κατατάσσονται, ως προς τις διεθνείς δημοσιεύσεις του ερευνητικού τους έργου, σε πολύ υψηλές θέσεις στις σχετικές κατατάξεις. Που σημαίνει ότι όταν συγκρίνονται υποδομές και χρηματοδότηση του εκπαιδευτικού συστήματος είμαστε ουραγοί. Όταν όμως αξιολογείται το υψηλής επιστημονικής στάθμης ανθρώπινο δυναμικό της χώρας, τότε γινόμαστε πρωταγωνιστές.

Άσχετα αν αυτό το υψηλής στάθμης επιστημονικό δυναμικό υποχρεώνεται τα τελευταία χρόνια σε μετανάστευση, ως αποτέλεσμα των κακών οικονομικών και κοινωνικών συνθηκών στην Ελλάδα, όπως και της χαμηλής χρηματοδότησης της έρευνας και των ελάχιστων ευκαιριών επαγγελματικής αποκατάστασης για τους ερευνητές.

Σήμερα, περισσότερο παρά ποτέ, είναι κοινή πεποίθηση ότι η έξοδος της χώρας από την κρίση θα επιτευχθεί μόνο με την αλλαγή εκπαιδευτικού προτύπου. Με την υποστήριξη δηλαδή ενός νέου εκπαιδευτικού συστήματος που θα επενδύσει στην αποκατά-

σταση του μορφωτικού ρόλου της Παιδείας, με στόχο αφενός την καλλιέργεια πνεύματος κοινωνικής συνείδησης και ευθύνης και με έμφαση αφετέρου στην παραγωγή νέας επιστημονικής γνώσης, πρωτότυπων λύσεων και καινοτόμων εφαρμογών.

Αυτή είναι και η αναγκαία προϋπόθεση για τη δημιουργία ενός νέου μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης, που στην εποχή της οικονομίας της γνώσης περνά υποχρεωτικά από την αναβάθμιση των θεμελιωδών εκπαιδευτικών και ερευνητικών λειτουργιών, των διαδικασιών δηλαδή της παραγωγής και της μετάδοσης της επιστημονικής γνώσης.

Η εκπαίδευση δεν είναι μόνο επιστημονική εξειδίκευση και επαγγελματική κατάρτιση. Ο μορφωτικός ρόλος της Παιδείας, που αποσκοπεί στη διεύρυνση του νου και στην εμπάθυνση της ψυχής, χρειάζεται εκπαιδευτικούς με γνώσεις, αλλά και με έμπνευση και αγάπη και προσήλωση στο αντικείμενο. Κάτι το οποίο σήμερα δεν είναι καθόλου αυτόνοτο, καθώς οι εκπαιδευτικοί δυστυχώς είναι καθημαγμένοι και πλήρως απαξιωμένοι, σε βαθμό που να αδυνατούν να εμπνευστούν οι ίδιοι και συνεπώς και να εμπνεύσουν τους μαθητές και τους φοιτητές τους.

Το μεγάλο στοίχημα της Ελλάδας, λοιπόν, σήμερα, πέραν και πλέον της αποκατάστασης των πληγών που έχει υποστεί η δημόσια εκπαίδευση, είναι η επανεκκίνησή της ως πνευματικής διεργασίας με μορφωτικό προσανατολισμό και καινοτόμο κατεύθυνση.

Αυτό που χρειάζεται σήμερα η Ελλάδα δεν εξαντλείται σε μια ακόμη εκπαιδευτική μεταρρύθμιση με στόχο τη συρρίκνωση του φυσικού της αντικειμένου. Επεκτείνεται σε ένα νέο πνευματικό κίνημα, που θα αποκτήσει χαρακτηριστικά μιας ευρύτερης μορφωτικής επανάστασης.

2. Η δημόσια εκπαίδευση στο απόσπασμα

Ο χώρος της δημόσιας εκπαίδευσης υπήρξε ένα από τα μεγαλύτερα θύματα της λιτότητας που έπληξε τη χώρα. Εύλογα, πιθανόν να σκέφτεται κανείς, μια και το εκπαιδευτικό σύστημα βρίσκεται στην καρδιά του δημόσιου τομέα, ο οποίος αποτέλεσε τον κεντρικό στόχο των νεοφιλελεύθερων πολιτικών της λιτότητας που επιβλήθηκαν στην Ελλάδα από τους δανειστές.

Όμως η εκπαίδευση, αποδυναμωμένη από τη μεταχείριση που της επιφυλάχθηκε διαχρονικά, ήταν ήδη ετοιμόρροπη και στο χείλος του γκρεμού και προ κρίσης. Ακόμη δηλαδή και στο ενδεχόμενο η υποχρηματοδότηση της εκπαίδευσης να αποδοθεί αποκλειστικά στην οικονομική κρίση, παραμένει αναπάντητο το ερώτημα:

Γιατί η Ελλάδα ήταν ουραγός στους ευρωπαϊκούς δείκτες της χρηματοδότησης του εκπαιδευτικού της συστήματος, σε χειρότερη θέση ακόμη και από τις πρώην ανατολικές χώρες, το 2006; Τότε δηλαδή που η ελληνική κοινωνία απολάμβανε μια, προσωρινή και βραχυπρόθεσμη, πλην όμως υπαρκτή ευμάρεια; Διότι σε εκείνη την άφρονα και αυτοκαταστροφική πολιτική απαξίωσης του δημόσιου εκπαιδευτικού συστήματος έχει τις ρίζες της η σημερινή εκπαιδευτική μας φτώχεια.

Δυστυχώς τότε δεν καταφέραμε, ως χώρα ούτε να δρομολογήσουμε τις θεσμικές εκείνες αλλαγές που θα ισχυροποιούσαν τη δημόσια εκπαίδευση για τους δύσκολους καιρούς που θα ακολουθούσαν, ούτε όμως και να ενισχύσουμε τις υποδομές και να εκσυγχρονίσουμε τους εξοπλισμούς, ώστε αυτοί να μπορούν να αντέξουν στη μετέπειτα εποχή της βίαιης λιτότητας.

Αντ' αυτών, τους κρατούντες απασχολούσε από τότε ακόμη, όπως και σήμερα άλλωστε, η αναξιοκρατική και εκτός κλίματος Παιδείας αναγνώριση των ιδιωτικών κολεγίων ως ισότιμων με τις δημόσιες ανώτατες σχολές. Ένα εγχείρημα που ολοκληρώθηκε πρόσφατα από τη σημερινή κυβέρνηση, η οποία πέτυχε το μεγάλο νεοφιλελεύθερο στόχο της έμμεσης υποβάθμισης των δημόσιων πανεπιστημίων, μέσω της αναγνώρισης ως ισότιμων των τίτλων των αδιαβάθμητων και εκτός συστήματος αξιολόγησης ιδιωτικών κολεγίων.

Εκείνη την εποχή, η αντιπαράθεση στον τομέα της Παιδείας γινόταν ακόμη με αφορμή την επιδιωκόμενη τότε τροποποίηση του άρθρου 16 του Συντάγματος, που θα επέτρεπε σε ιδιωτικά συμφέροντα να ιδρύουν πανεπιστήμια. Τη στιγμή που τα δημόσια ιδρύματα απαξιωνόνταν, παραμένοντας ουραγοί στη χρηματοδότηση και τις υποδομές.

Την ώρα δηλαδή που οι Ευρωπαίοι εταίροι μας αναβάθμιζαν τους θεσμούς της δημόσιας εκπαίδευσης και ενίσχυαν τις εκπαιδευτικές τους δομές, αντιμετωπίζοντας την Παιδεία ως επένδυση για το μέλλον, εμείς αποδομούσαμε τη δημόσια εκπαίδευση, για να ανοίξει ο δρόμος της ιδιωτικής.

Κι όταν το εγχείρημα απέτυχε, εξαιτίας της σθεναρής αντίστασης της πανεπιστημιακής κοινότητας, πέρασαν σε επόμενο, πιο σατανικό σχέδιο: Στην απόπειρα ιδιωτικοποίησης των ίδιων των δημόσιων δομών, με την άκριτη μεταφορά στα καθ' ημάς Δούρειων Ίππων, ξένων δηλαδή, πέραν του Ατλαντικού, προτύπων και θεσμών, που αντιστοιχούν σε ιδιωτικά συστήματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης της πέραν του Ατλαντικού αλλοδαπής.

Ήταν τότε, στην αρχή ακόμη της κρίσης, που για να ανοίξει ο δρόμος για τη νεοφιλελεύθερης κατεύθυνσης εκπαιδευτική μεταρρύθμιση τα ελληνικά πανεπιστήμια, που καταλαμβάνουν περίοπτες θέσεις στις διεθνείς κατατάξεις, χαρακτηρίζονταν από υψηλόβαθμους κυβερνητικούς παράγοντες ως τρίτης κατηγορίας και ως... τριτοκοσμικά. Ήταν τότε που οι Πρυτάνεις των ελληνικών πανεπιστημίων, που έδιναν τη μάχη της υπεράσπισης του δημόσιου, του ακαδημαϊκού και του δημοκρατικού χαρακτήρα των πανεπιστημίων απέναντι στις «μεταρρυθμίσεις» που είχαν σκοπό την ιδιωτικοποίηση της διοίκησης των δημοσίων ιδρυμάτων, εισέπρατταν τη μομφή της συντεχνίας και διαπομπεύονταν δημόσια ως διεφθαρμένοι και ιδιοτελείς.

Και τότε και τώρα, αν έπρεπε να επιλέξουμε έναν και μόνο τομέα για να δώσουμε έμφαση ως χώρα, αυτός θα έπρεπε να είναι εκείνος της Παιδείας. Διότι η επένδυση στην Παιδεία είναι επένδυση στο μέλλον. Αλλά και γιατί η ελληνική παράδοση στηρίχθηκε στην Παιδεία και την ανέδειξε παγκόσμια σε δικό μας συγκριτικό πλεονέκτημα. Η αποτυχία της Ελλάδας σήμερα σε όλους τους τομείς ανιχνεύεται στη διαχρονική υποβάθμι-

ση της Παιδείας της. Και η αδυναμία μας να σχεδιάσουμε το αύριο και να δούμε φως στο τούνελ οφείλεται ακριβώς στη μακρόχρονη επιλογή της μη επένδυσης στην Παιδεία.

Χωρίς μορφωτικό όραμα, χωρίς εκπαιδευτικό σχέδιο και με δανεικούς θεσμούς, με ισχνές και απαρχαιωμένες υποδομές και με εκπαιδευτικό προσωπικό οικονομικά εξαθλιωμένο και ηθικά καταρρακωμένο, η Ελλάδα πυροβολεί τα πόδια της. Για να διαπιστώσει έκπληκτη σύντομα ότι αδυνατεί να τρέξει...

Ακόμη κι αν αυτή την ώρα κανείς δεν γνωρίζει τον δρόμο για την έξοδο από την κρίση, όλοι αντιλαμβάνονται ότι ο δρόμος αυτός πρέπει να είναι διαφορετικός από εκείνον που διανύσαμε στο παρελθόν.

Αν θέλουμε λοιπόν η Ελλάδα να ορθοποδήσει, πρέπει πρώτα απ' όλα να αλλάξει. Και για να αλλάξει, χρειάζεται απαραίτητα ένα ισχυρό εκπαιδευτικό σύστημα.

Χωρίς σχολεία και πανεπιστήμια αναβαθμισμένα, εξοπλισμένα και ελκυστικά και, κυρίως, χωρίς φωτισμένους δασκάλους για να καθοδηγούν τη νέα γενιά, η Ελλάδα, δυστυχώς, θέτει για ακόμη μια φορά την Παιδεία στο απόσπασμα. Για να βρεθεί σύντομα και πάλι στο πουθενά...

3. Η πολιτική απαξίωσης της δημόσιας εκπαίδευσης

Η σημερινή δυσχερής κατάσταση στην οποία έχει περιέλθει η δημόσια εκπαίδευση στην Ελλάδα δεν είναι ούτε τυχαία, ούτε όμως και προϊόν αποκλειστικά της οικονομικής κρίσης, όπως ματαιώς γίνεται προσπάθεια να εμφανιστεί. Αυτό που ζει η καθημαγμένη και απαξιωμένη δημόσια εκπαίδευση τα τελευταία χρόνια δεν είναι απλώς ένα σύμπτωμα που οφείλεται στην κρίση. Είναι το αποτέλεσμα της εφαρμογής μιας συνειδητά νεοφιλελεύθερης πολιτικής απαξίωσης του δημόσιου χώρου και ιδιωτικοποίησης των δημόσιων αγαθών.

Η πολιτική απαξίωσης της δημόσιας εκπαίδευσης, η οποία είχε κατ' εξοχήν πεδίο εφαρμογής στα πανεπιστήμια, στηρίχθηκε σε μια σειρά από νεοφιλελεύθερα ιδεολογήματα, που επινοήθηκαν για τις ανάγκες της περίπτωσης.

Το πρώτο από αυτά διατυπώθηκε το 2005, αρκετά χρόνια δηλαδή πριν εμφανιστεί η οικονομική κρίση και συνεπώς χωρίς να το επιβάλει κανένα μνημόνιο. Σύμφωνα με αυτό, η Παιδεία παρομοιάστηκε από τους τότε κυβερνώντες με... πίθο των Δαναΐδων, με ένα πιθάρι δηλαδή χωρίς πυθμένα, που όσα χρήματα και αν ρίξεις σε αυτό θα χαθούν. Το ιδεολόγημα αυτό εφευρέθηκε και διακινήθηκε σε ανύποπτη ακόμη εποχή μεγάλης δημοσιονομικής χαλάρωσης και υπήρξε το άλλοθι για τη μετέπειτα πολιτική της σκληρής υποχρηματοδότησης της Παιδείας στη χώρα μας.

Η αλήθεια είναι ότι ακόμη και αν υπήρχαν ψήγματα αλήθειας σε αυτό το ιδεολόγημα, αυτά δεν αφορούσαν στην ίδια τη δημόσια εκπαίδευση, ως δραστηριότητα που στηρίζει την ανάπτυξη, ενισχύει την κοινωνική συνοχή και συμβάλλει στην κοινωνική ευημερία, αλλά ενδεχομένως την όχι αποδοτική οργάνωσή της από πλευράς Πολιτείας.

Αντί λοιπόν οι ελληνικές κυβερνήσεις να βελτιώσουν και να ενισχύσουν τις οργανωτικές εκπαιδευτικές δομές, ξεκίνησαν την κατεδάφιση του συστήματος της δημόσιας εκπαίδευσης στο πρότυπο της λογικής "πονάει το δόντι - κόψε το κεφάλι".

Το δεύτερο ιδεολόγημα που έγινε στερεότυπο, αναπτύχθηκε κι αυτό την ίδια εποχή και ήταν εκείνο, σύμφωνα με το οποίο η είσοδος επιχειρηματικών συμφερόντων στην ανώτατη εκπαίδευση θα ωφελούσε, δήθεν, τη δημόσια, η οποία θα υποχρεωνόταν να βελτιωθεί λόγω... ανταγωνισμού. Θα περίμενε, βεβαίως, κανείς, μια κυβέρνηση που πίστευε πράγματι στον εκπαιδευτικό ανταγωνισμό, πρώτα να επιτρέψει στη δημόσια εκπαίδευση να γίνει ανταγωνιστική, εκσυγχρονίζοντας τις υποδομές, αναβαθμίζοντας τις λειτουργίες και απελευθερώνοντας τις δομές της από τον ασφυκτικό κρατικό εναγκαλισμό, πριν να ανοίξει την πόρτα στην ιδιωτική. Η επιλογή της συρρίκνωσης που ακολουθήθηκε έδειξε ότι οι νεοφιλελεύθερες κατεύθυνσης κυβερνήσεις δεν ενδιαφέρονταν σ' αλήθεια για την ενίσχυση της δημόσιας εκπαίδευσης, αλλά για την εξυπηρέτηση άλλων σκοπιμοτήτων...

4. Η Δημοκρατία βλάπτει την Παιδεία;

Στη συνέχεια, ήρθε από την πρώτη κυβέρνηση της οικονομικής κρίσης το καταλυτικό ιδεολόγημα πάνω στο οποίο στηρίχθηκε η ολοκλήρωση της διάλυσης των πανεπιστημίων, αυτό που ήθελε το ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα να είναι... τρίτης κατηγορίας. Το ιδεολόγημα αυτό, διά στόματος του ίδιου του τότε πρωθυπουργού στους Δελφούς, όπου είχε προσκαλέσει τους πρυτάνεις των ελληνικών πανεπιστημίων προκειμένου να τους παρουσιάσει τις νέες, τότε, ιδέες γι' αυτό που ονομάστηκε «μεταρρύθμιση», έδωσε το άλλοθι για την αλλαγή υποδείγματος στην ανώτατη εκπαίδευση. Η «μεταρρύθμιση» αυτή έγινε εφικτή με την ψήφιση, από το σύνολο των μετέπειτα μνημονιακών δυνάμεων, του γνωστού ως νόμου Διαμαντοπούλου.

Αξίζει να σημειωθεί, πάντως, ότι η «συναίνεση» των πολιτικών δυνάμεων εντός Βουλής με αφορμή το συγκεκριμένο νομοθέτημα δεν ακολουθήθηκε από αντίστοιχη συμφωνία στα επίπεδα της κοινωνίας και της άμεσα ενδιαφερόμενης εκπαιδευτικής κοινότητας. Το νομοθέτημα είχε απορριφθεί, τότε, με ομόφωνες αποφάσεις όλων των Συγκλήτων των πανεπιστημίων, αλλά και με ομόφωνες αποφάσεις της Συνόδου των πρυτάνεων.

Το νομοθέτημα αυτό, που αντέγραψε ένα ξένο προς την ευρωπαϊκή, αλλά και την ελληνική ακαδημαϊκή παράδοση μοντέλο μικρών ιδιωτικών πανεπιστημίων πέραν του Ατλαντικού, ένα μοντέλο αυταρχικό, αντιδημοκρατικό και συγκεντρωτικό, στηρίχθηκε σε ένα ακόμη νεοφιλελεύθερο ιδεολόγημα: Αυτό που έβλεπε τη Δημοκρατία ως τον μεγάλο ανταγωνιστή της Παιδείας. Όλα τα δεινά του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος αποδόθηκαν στις ακαδημαϊκές ελευθερίες και στην εσωτερική δημοκρατία στα πανεπιστήμια.

Μια άκρως συντηρητική, αυταρχική και οπισθοδρομική αντίληψη που εξακολουθεί ακόμη και σήμερα να διατρέχει τις νεοφιλελεύθερες εκπαιδευτικές πολιτικές.

Σε πλήρη αντίθεση η ευρωπαϊκή και η ελληνική παράδοση, αναγορεύουν τη δημοκρατία, τις ακαδημαϊκές ελευθερίες και την αυτοδιοίκηση των πανεπιστημίων σε αναγκαία προϋπόθεση για κάθε μορφή επιστημονικής προόδου και πνευματικής δημιουργίας.

Ο δρόμος ήταν πλέον ανοικτός για την κατάλυση της αυτοδιοίκησης και της εσωτερικής δημοκρατίας στα πανεπιστήμια. Τα οποία, σύμφωνα με αυτό το νομοθέτημα, θα διοικούσαν στο εξής σαν ιδιωτικοί οργανισμοί από Διοικητικά Συμβούλια, τα οποία θα διορίζαν και τις υπόλοιπες βαθμίδες της πανεπιστημιακής διοίκησης. Οι άμεσες και δημοκρατικές εκλογές για την ανάδειξη των πανεπιστημιακών αρχών και η εκπροσώπηση της πανεπιστημιακής κοινότητας και των ακαδημαϊκών μονάδων στα συλλογικά όργανα διοίκησης, σύμφωνα με αυτό το ιδεολόγημα, ενοχοποιήθηκαν και γι' αυτό καταργήθηκαν.

Στο σημείο αυτό και για να γίνει κατανοητό το μέγεθος του αυταρχικού, αντιδημοκρατικού και αντιακαδημαϊκού πνεύματος του συγκεκριμένου νομοθετήματος, ας δούμε τι θα σήμαινε η εφαρμογή ενός συστήματος ανάλογου με το νόμο αυτόν, στην πολιτική ζωή της χώρας.

Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι στο όνομα των προβλημάτων και των παθογενειών του κομματισμού, της διαφθοράς και της διαπλοκής που εμφανίζει το πολιτικό σύστημα, ένας «φωτισμένος μεταρρυθμιστής», με πρόσχημα την εξυγίανση και τον εκσυγχρονισμό της πολιτικής ζωής, εφαρμόζει έναν καινοτόμο εκλογικό νόμο, σύμφωνα με τον οποίο η άμεση, καθολική και δημοκρατική ψηφοφορία στις εθνικές εκλογές καταργείται και στη θέση της εισάγεται ένα σύστημα έμμεσης ανάδειξης των εκάστοτε κυβερνήσεων.

Για το σκοπό αυτό ένα Συμβούλιο Σοφών, αποτελούμενο κατά το ήμισυ από Έλληνες πολιτικούς και κατά το υπόλοιπο από διορισμένες διεθνείς προσωπικότητες, μετά από αξιολόγηση των προγραμματικών θέσεων και ύστερα από συνέντευξη με τους υποψήφιους πρωθυπουργούς, απορρίπτει εκείνους που κατά τη γνώμη του δεν πληρούν τις προδιαγραφές που το ίδιο θέτει για τη διακυβέρνηση της χώρας. Καταλήγει έτσι στην προεπιλογή τριών πολιτικών κομμάτων και τριών υποψήφιων πρωθυπουργών αντιστοίχως, τους οποίους και παραδίδει στους πολίτες προκειμένου να επιλέξουν με «ελεύθερες και δημοκρατικές εκλογές» μεταξύ αυτών, εκείνον που θα τους κυβερνήσει.

Αυτό το κατά τα άλλα... Οργουελικό σύστημα διοίκησης έφερε στα πανεπιστήμια ο συγκεκριμένος νόμος που παρουσιάστηκε ως μεταρρύθμιση για την ανώτατη εκπαίδευση. Ο οποίος είναι σαφές, ότι διαπνέεται από το δόγμα:

«Η Δημοκρατία βλάπτει σοβαρά τα πανεπιστήμια».

5. Το Άγιο Δισκοπότηρο του Νεοφιλελευθερισμού

Τα χρόνια της κρίσης, αν μη τι άλλο, βοήθησαν να πέσουν οι μάσκες και να αποκαλυφθούν τα αληθινά πρόσωπα της πολιτικής. Αναδείχθηκε έτσι μέσα από την κόλαση των μνημονίων η πραγματική πολιτική αντιπαράθεση μεταξύ δύο κατά βάση πολιτικών δυνάμεων, με σαφή ιδεολογικά και διακριτά πολιτικά χαρακτηριστικά.

Αφενός των οπαδών του νεοφιλελευθερισμού, οι οποίοι με πρόσχημα την αντιμετώπιση της δημοσιονομικής εκτροπής και με πρόφαση την αποπληρωμή του χρέους της χώρας ευθυγραμμίστηκαν με τα συμφέροντα της διεθνούς, της ευρωπαϊκής και της εγχώριας οικονομικής ολιγαρχίας και υποστήριξαν το «μονόδρομο» της λιτότητας, που βύθισε την Ελλάδα στην ύφεση, συρρίκνωσε τον δημόσιο τομέα και το κοινωνικό κράτος και σκόρπισε τη φτώχεια και την ανεργία στη συντριπτική πλειοψηφία του πληθυσμού.

Από την άλλη πλευρά, βρέθηκαν οι πολιτικές δυνάμεις που αντιστάθηκαν σθεναρά στην επέλαση του νεοφιλελευθερισμού, υποστηρίζοντας ένα ήπιο μοντέλο ανάπτυξης με χαρακτηριστικά κοινωνικής δικαιοσύνης, προς όφελος των πολλών και των μη προνομιούχων.

Όσοι συνασπίστηκαν στον κοινό νεοφιλελεύθερο αγώνα υπέρ των μνημονίων τα υποστήριξαν γιατί έβαλαν, λένε, τους κακομαθημένους και αντιπαραγωγικούς Έλληνες, επιτέλους, στη θέση που τους αξίζει. Δεν είχαν την ίδια αντίληψη βέβαια για τους ολιγάρχες του πλούτου, τους οποίους διαχρονικά προστάτευσαν και άφησαν στο απυρόβλητο της λιτότητας, με αποτέλεσμα να διευρυνθούν οι ανισότητες κατά τη διάρκεια των μνημονίων.

Εκείνο που περισσότερο πάντως φαίνεται να εμπνέει και να συσπειρώνει το νεοφιλελεύθερο στρατόπεδο είναι ο κοινός αγώνας τους απέναντι στην προσπάθεια να παραμείνουν τα πανεπιστήμια σε πορεία δημοκρατικής ομαλότητας. Και είναι πολλοί, είναι αλήθεια, εκείνοι που διερωτώνται και απορούν γιατί η Παιδεία, και συγκεκριμένα τα πανεπιστήμια, επελέγησαν ως κεντρικό πεδίο πολιτικής αντιπαράθεσης των νεοφιλελεύθερων.

Η απάντηση είναι ότι η λεγόμενη... «μεταρρύθμιση» Διαμαντοπούλου είναι η επιτομή της νεοφιλελεύθερης ιδεολογίας, κάτι σαν τα Άγια των Αγίων του νεοφιλελευθερισμού.

Η, και ειδικότερα η ανώτατη εκπαίδευση, ανέκαθεν αποτελούσε προνομιακό πεδίο ιδεολογικών συγκρούσεων. Η γνώση είναι πλούτος και ο έλεγχος της παραγωγής και της μετάδοσής της, όπως και ο έλεγχος της τεχνολογικής προόδου, αλλά και της εν γένει πνευματικής και καλλιτεχνικής δημιουργίας, έχουν συνδεθεί απόλυτα με τον έλεγχο του μέλλοντος.

Οι αλλαγές που επέφερε ο συγκεκριμένος λοιπόν νόμος στην ανώτατη εκπαίδευση βρίσκονται στον πυρήνα της νεοφιλελεύθερης σκέψης, καθώς τα πανεπιστήμια, κατ'εξοχήν χώροι πνευματικής δημιουργίας, αντιμετωπίζονται αγοραία, ως εάν ήταν επιχειρήσεις, διοικούμενα από Διοικητικά Συμβούλια και διορισμένες ηγεσίες, μακριά από τις παραδοσιακές για τον πανεπιστημιακό χώρο δημοκρατικές διαδικασίες και ακαδημαϊκές ελευθερίες.

Ο νεοφιλελεύθερος λοιπόν μετασχηματισμός των πανεπιστημίων χρησιμοποιήθηκε σαν πολιορκητικός κριός στην προοπτική της νεοφιλελεύθερης άλωσης της ελληνικής κοινωνίας.

Γι' αυτό άλλωστε και ο ονομαζόμενος και νόμος Διαμαντοπούλου κέρδισε πρωτοφανή πλειοψηφία στη Βουλή και αναγορεύτηκε σε προπομπό της μετέπειτα νεοφιλελεύθερης μνημονιακής συμμαχίας. Γι' αυτό και το σύνολο των πολιτικών δυνάμεων που

ασπάζονται το νεοφιλελευθερισμό, τιμούν και δοξάζουν αυτή τη νεοφιλελεύθερη εκπαιδευτική μεταρρύθμιση, όπως περίπου οι Μουσουλμάνοι τη Μέκκα...

Γι' αυτό και η σημερινή κυβέρνηση, στο όνομα της υποτίθεται βλαπτικής για την ανώτατη εκπαίδευση Δημοκρατίας, επιδιώκει να επαναφέρει και πάλι τον πυρήνα εκείνου του νομοθετήματος, με τα Συμβούλια που θα καταργήσουν την εσωτερική Δημοκρατία και τις ακαδημαϊκές ελευθερίες.

Γίνεται πλέον σαφές γιατί οι νεοφιλελεύθερες πολιτικές δυνάμεις έχουν συγκεντρώσει το σύνολο του επικοινωνιακού, επιχειρησιακού και πολιτικού οπλοστασίου τους εναντίον όσων τολμούν να αγγίζουν το... Άγιο Δισκοπότηρο του Νεοφιλελευθερισμού.

6. Παιδεία για λίγους;

Σε όλα τα κράτη του πολιτισμένου κόσμου τα πανεπιστήμια για να λειτουργήσουν και να αποδώσουν χρειάζονται να τους εξασφαλίστούν τρεις αναγκαίες προϋποθέσεις:

1. Ακαδημαϊκή ελευθερία και αυτοδιοίκηση,
2. Κατάλληλα εκπαιδευμένο και αξιοκρατικά επιλεγμένο προσωπικό και
3. Ικανή χρηματοδότηση.

Η ακαδημαϊκή ελευθερία και η αυτοδιοίκηση είναι αναγκαίες στα πανεπιστήμια, προκειμένου να ευνοηθεί η πνευματική δημιουργία και να παραχθεί υψηλής ποιότητας ακαδημαϊκό έργο, έξω από παρεμβάσεις συμφερόντων και μακριά από εξωτερικές πιέσεις και καταναγκασμούς. Πόση αξιοπιστία, αλήθεια, θα είχαν τα αποτελέσματα μιας επιστημονικής έρευνας, αν γνωρίζαμε ότι αυτή λειτουργεί κατά παραγγελία και καθ' υπόδειξη συγκεκριμένων οικονομικών συμφερόντων;

Όσον αφορά στο εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό, ακαδημαϊκό, επιστημονικό, διοικητικό και υποστηρικτικό, αυτό είναι απαραίτητο για να εξυπηρετηθεί η υψηλού επιπέδου αποστολή της παραγωγής και της μετάδοσης της επιστημονικής γνώσης και να διεκπεραιωθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το σύνθετο έργο των πανεπιστημίων.

Οι ισχυρές χρηματοδοτήσεις, τέλος, είναι αναγκαίες, καθώς η εκπαίδευση και η έρευνα είναι ιδιαίτερα δαπανηρές διαδικασίες, αφού καλούνται να υποστηριχθούν από εξειδικευμένες υποδομές και σύγχρονο εξοπλισμό, προκειμένου να λειτουργήσουν ως πραγματική επένδυση για το μέλλον.

Πόσο σύμπτωση λοιπόν μπορεί να θεωρηθεί το γεγονός ότι στη χώρα μας οι περισσότερες κυβερνητικές παρεμβάσεις στον χώρο της ανώτατης εκπαίδευσης είχαν ως στόχο την αποδυνάμωση ακριβώς αυτών των τριών αναγκαιών προϋποθέσεων για τη λειτουργία και την περαιτέρω ανάπτυξη των ελληνικών πανεπιστημίων;

Ξεκινώντας από τον γνωστό νόμο Διαμαντοπούλου, ο οποίος με το μανδύα του εκσυγχρονισμού και με την προβιά της μεταρρύθμισης ήρθε να περιορίσει, έως και να περαιοίσει την εσωτερική δημοκρατία και κατά συνέπεια και τις ακαδημαϊκές ελευθερίες στα ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα της χώρας.

Αντιγράφοντας άκριτα ένα μοντέλο ιδιωτικών πανεπιστημίων ξένο προς την ευρωπαϊκή ακαδημαϊκή παράδοση, σε συνθήκες παντελώς ανόμοιες με τις ελληνικές, και μεταφέροντας στην Ευρώπη των ακαδημαϊκών παραδόσεων και των δημοκρατικών αγώνων ένα συγκεντρωτικό, αυταρχικό και εν πολλοίς αντιδημοκρατικό πρότυπο διοίκησης, στέρησε από την πανεπιστημιακή κοινότητα το δικαίωμα της συμμετοχής και αφαίρεσε από τα όργανα διοίκησης των πανεπιστημίων την ισχυρή νομιμοποίηση που τους προσδίδει η άμεση και δημοκρατική εκλογή τους.

Η ενίσχυση των εξουσιών των Συμβουλίων, ώστε αυτά ουσιαστικά να διοικούν τα πανεπιστήμια, αντί των εκλεγμένων δημοκρατικά πανεπιστημιακών αρχών και η διεύρυνση των αρμοδιοτήτων τους και πέραν του εποπτικού ρόλου που συνήθως αποδίδεται σε τέτοια Συμβούλια σε Ευρώπη και Αμερική, ουσιαστικά κατήργησαν την ακαδημαϊκή αυτοδιοίκηση και περιόρισαν τη δημοκρατία και τις ακαδημαϊκές ελευθερίες. Υπενθυμίζεται ότι το Συμβούλιο Ιδρύματος είναι ένα μερικά εκλεγμένο και μερικά διορισμένο όργανο, στο οποίο συμμετέχουν και εξωπανεπιστημιακοί και το οποίο, αντίθετα με τις Πρυτανικές Αρχές που αναφέρονται στη Σύγκλητο, δεν λογοδοτεί σε κανέναν.

Για να προχωρήσουμε στη συνέχεια στη δεύτερη σημαντική παρέμβαση στα πανεπιστήμια, αυτή που αναφέρεται στην αποδυνάμωσή τους στον τομέα του ανθρώπινου δυναμικού. Το πάγωμα των προσλήψεων και η καθυστέρηση της αναπλήρωσης των συνταξιοδοτηθέντων στην τριτοβάθμια εκπαίδευση για περισσότερα από 10 χρόνια, αποψίλωσε τα πανεπιστήμια από το υψηλά εκπαιδευμένο στελεχειακό προσωπικό τους και τα καταδίκασε σε υπολειτουργία. Τα ελληνικά πανεπιστήμια, χωρίς ανανέωση του προσωπικού τους, μετεξελίσσονται σήμερα σε γερασμένα ιδρύματα.

Αλλά και η αποτυχημένη, ευτυχώς, προσπάθεια να τεθεί σε διαθεσιμότητα ένα σημαντικό τμήμα του διοικητικού και τεχνικού προσωπικού των πανεπιστημίων, τη στιγμή που συγκρινόμενα τα ελληνικά ιδρύματα με τα ευρωπαϊκά αποδεικνύονται υποστελεχωμένα σε υποστηρικτικό προσωπικό, συμπληρώνει την εικόνα της προσπάθειας αποδυνάμωσης της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Κι ακόμη, η στοχευμένη και δραστική περικοπή της δημόσιας χρηματοδότησης των πανεπιστημίων, με πρόσχημα τη μνημονιακή πολιτική της λιτότητας, με τη μείωση να ξεπερνά το πρωτοφανές για ευρωπαϊκά δεδομένα επίπεδο του 75%, σε σχέση με την προ της κρίσης χρηματοδότηση, καθήλωσε τα ελληνικά πανεπιστήμια, προκαλώντας σε αυτά τεράστια προβλήματα λειτουργίας και εγείροντας σοβαρά ερωτηματικά όσον αφορά στη βιωσιμότητά τους.

Και, τέλος, η θέσπιση από τη σημερινή κυβέρνηση της Ενιαίας Βάσης Εισαγωγής, η οποία συρρίκνωσε χρήσιμες σχολές και έκλεισε τμήματα χαμηλής προτίμησης, στέρωντας την ευκαιρία πρόσβασης στην τριτοβάθμια εκπαίδευση σε 20.000 περίπου αποφοίτους του λυκείου και στέλνοντάς τους υποχρεωτικά, δίκηνη πελατείας, στα ιδιωτικά κολέγια, ήταν η ταφόπλακα του κοινωνικού κράτους στην Παιδεία, ενός δικαιώματος

που κατακτήθηκε στα χρόνια της μεταπολίτευσης και οδήγησε στην ισότιμη πρόσβαση όλων στα αγαθά της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Η θεσμοθέτηση της Ενιαίας Βάσης Εισαγωγής, η οποία στέρησε την πρόσβαση στα δημόσια πανεπιστήμια σε χιλιάδες αποφοίτους της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, εκτός από τον καθαρά ταξικό της χαρακτήρα, εκείνο που πέτυχε ήταν να συρρικνώσει τα δημόσια πανεπιστήμια. Αντί δηλαδή να επανέλθει η δημόσια χρηματοδότηση της Παιδείας στα προηγούμενα, προ κρίσης και σε ακόμη υψηλότερα επίπεδα, διά της συρρίκνωσης του φοιτητικού πληθυσμού προσάρμοσε τα πανεπιστήμια στη χαμηλή χρηματοδότηση που επέβαλαν οι μνημονιακές πολιτικές. Που για τον χώρο της δημόσιας εκπαίδευσης, όπως φαίνεται, ήρθαν για να μείνουν.

Βρισκόμαστε μπροστά σε μια πρωτοφανή για πολιτισμένο κράτος κατάσταση: Οι κυβερνήσεις της χώρας, υπεύθυνες για την προάσπιση της δημόσιας Παιδείας και για τη διασφάλιση της ισότιμης πρόσβασης σε αυτήν όλων των πολιτών, την υπονομεύουν με κάθε δυνατό τρόπο και σε όλα τα επίπεδα.

Η επιστροφή στο παρελθόν βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη. Ξαναγυρνάμε στην εποχή που η Παιδεία ήταν μόνο για τους λίγους...

7. Η Παιδεία που αναπαράγει την κρίση

Η Παιδεία, λοιπόν, σήμερα στην Ελλάδα, δεν είναι απλώς ένα ακόμη θύμα της οικονομικής κρίσης, όπως εντέχνως εμφανίζεται. Η συστηματική θεσμική και μορφωτική απαξίωση και η οικονομική υποβάθμισή της είναι προϊόν συγκεκριμένης πολιτικής κατεύθυνσης, καθώς εντάσσεται σε έναν ευρύτερο σχεδιασμό νεοφιλελεύθερων μεταρρυθμίσεων, που αποσκοπούν στη συρρίκνωση του δημόσιου χώρου, στην ιδιωτικοποίηση των δημόσιων δομών και στην εμπορευματοποίηση των δημόσιων αγαθών.

Αυτή η πολιτική είναι μια από τις κύριες αιτίες της κρίσης στην Ελλάδα και συγχρόνως ένα από τα κύρια συμπτώματα που παράγουν κρίση και την πολλαπλασιάζουν σε όλα τα επίπεδα.

Αντί λοιπόν να αναφερόμαστε σε κρίση της Παιδείας, είναι ίσως ορθότερο να συζητούμε στο εξής για την Παιδεία που, έχοντας υποστεί τις συνέπειες της κρίσης των νεοφιλελεύθερων μεταρρυθμίσεων, είναι προσανατολισμένη για να αναπαράγει τελικά τις πολλαπλές κρίσεις που βιώνει η χώρα.

Βιβλιογραφία

Μυλόπουλος Γ., «Παιδεία... μαχών», Μάρτιος 2010, Πρόλογος Τσολάκης Χρήστος, Εκδόσεις ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΓΡΑΜΜΑΤΑ, σελ. 160

Μυλόπουλος Γ., «Τα... Αν της Ανάπτυξης», Φεβρουάριος 2016, Εκδόσεις ΛΙΒΑΝΗΣ, σελ. 160

Abstract

The paper is dedicated to the memory of Simos Simopoulos, Professor and ex Rector of NTUA, for the common fights we gave as Rectors, during the hard for the country period 2010 – 2014, in the name of the Public Character, the Academic Freedom and the Internal Democracy in the Greek Universities.

The paper tries to explain the reasons of the threads that the Univeristies have faced, and in a few words they continue to face in Greece and describe the neo-liberal education reforms.

Keywords: Education, University, Educational Reform, Public Education, Academic Freedom, Democracy

**Διακρίσεις λόγω φύλου
στα Πανεπιστήμια:
εξακολουθούν να υπάρχουν ακόμα και σήμερα**

ΝΙΚΟΣ ΜΑΡΚΑΤΟΣ
Ομότιμος Καθηγητής,
Fellow of the Royal Society for Arts,
Πρύτανης Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 1991-1997

Περίληψη

Στο άρθρο αυτό παρουσιάζονται συμπεράσματα από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στον ακαδημαϊκό χώρο σχετικά με τις αντιλήψεις που επικρατούν σήμερα για το γυναικείο φύλο στην πανεπιστημιακή κοινότητα, είτε πρόκειται για διδακτικό-ερευνητικό προσωπικό είτε για φοιτητές-φοιτήτριες, και τις υφιστάμενες διακρίσεις στις οποίες υπόκεινται ακόμα και σήμερα οι γυναίκες.

Συνήθως υπάρχει ανισότητα στην αντιμετώπιση των γυναικών-ανδρών όσον αφορά στην εκπαίδευση, στην καριέρα, στην οικονομική πρόοδο και στις πολιτικές επιρροές τους (και αυτό ισχύει παγκοσμίως). Τα τελευταία χρόνια το χάσμα μεταξύ γυναικών και ανδρών έχει μειωθεί στα πανεπιστήμια προς όφελος των γυναικών και σ' αυτό συντέλεσε η αυξημένη πρόσβαση και ένταξή τους στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι έχει επιτευχθεί και η ισότητα των δύο φύλων –ισότιμο καθεστώς μεταξύ ανδρών και γυναικών και ισότιμη προσωπική ενδυνάμωση– όπως θα φανεί παρακάτω.

Λέξεις-κλειδιά: φύλο, διακρίσεις, φοιτητές, διδακτικό προσωπικό, παρενόχληση

Κύρια ευρήματα

Όσον αφορά στην πρόσβαση στις πανεπιστημιακές σπουδές και σε προπτυχιακά και σε πολλά μεταπτυχιακά προγράμματα σπουδών, η ισότητα έχει επιτευχθεί. Ωστόσο, σε πολλά διδακτορικά προγράμματα και σε μεταδιδακτορικές θέσεις εργασίας (ειδικά σε ερευνητικές θέσεις με ιδιαίτερη βαρύτητα, πόρους, επιρροή και μεγαλύτερες ανταμοιβές) οι άντρες υπερσχύουν των γυναικών και απολαμβάνουν περισσότερα προνόμια. Οι γυναίκες κάτοχοι διδακτορικού παραμένουν γενικά σε κατώτερες θέσεις.

Έτσι παρά την αυξημένη εκπροσώπηση των γυναικών στα πανεπιστημιακά ιδρύματα και το αριθμητικό πλεονέκτημα των γυναικών σε προπτυχιακό επίπεδο, παραμένει η ανισότητα στις σχέσεις εξουσίας μεταξύ ανδρών και γυναικών.

Οι γυναίκες εξακολουθούν να βιώνουν την πατριαρχική και τοξική αρρενωπή συμπεριφορά που εκδηλώνεται με διάφορες μορφές διακρίσεων.

Επιπλέον όταν και όπου οι παραδοσιακοί πολιτιστικοί ρόλοι των δύο φύλων είναι ισχυροί, η ισότητα μεταξύ τους είναι ελάχιστη ή απύσχα. Έστω και αν αριθμητικά υπερσχύουν οι γυναίκες, η μεροληψία, η βία και τα στερεότυπα παραμένουν [1-3].

Εξακολουθούν να υπάρχουν σοβαρά ζητήματα ισότητας των φύλων στα πανεπιστημιακά ιδρύματα παγκοσμίως, έστω και αν πολλές φορές είναι αόρατα και σε άλλες αποσιωπώνται η εξορθολογποιούνται [4].

Τα σεξιστικά σχόλια, τα «πειράγματα» και οι σωματική και λεκτική βία που δέχονται οι γυναίκες από τους άντρες παραμένουν σε υψηλά ποσοστά. Αν και πολλοί άνδρες έχουν αναφέρει σεξουαλική παρενόχληση από γυναίκες, τα περιστατικά των γυναικών είναι κατά πολύ περισσότερα.

Η κυριαρχική συμπεριφορά και ο σεξισμός έναντι των γυναικών αναπαράγεται μέσα στην πανεπιστημιούπολη, τόσο από καθηγητές όσο και από φοιτητές και παίρνει τη μορφή της άνισης και επιζήμιας μεταχείρισης, της παρενόχλησης και της σωματικής επίθεσης. Αυτές οι συμπεριφορές οδηγούν τις γυναίκες σε χαμηλή αυτοεκτίμηση και σε χαμένες ευκαιρίες.

Στατιστικά υπάρχει προσφορά στην εκπαιδευτική και ερευνητική εργασία στο γυναικείο προσωπικό και οι παράγοντες είναι ευνοϊκοί για τη σωστή εκπροσώπηση των γυναικών-καθηγητριών. Όμως τα οργανωτικά πλαίσια κρίσεων και τελικών επιλογών διδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο. Στον ανταγωνισμό μεταξύ ανδρών και γυναικών για ακαδημαϊκή καριέρα η προστασία που απολαμβάνουν οι γυναίκες δεν επηρεάζει σημαντικά τη σύνθεση των δύο φύλων στις επιστημονικές σχολές. Έτσι οι γυναίκες εργάζονται συχνότερα από τους άρρενες συναδέλφους τους σε θέσεις χαμηλότερου επιπέδου, γιατί για αυτές τις θέσεις οι αρνητικές διακρίσεις αντιμετωπίζονται και αποφεύγονται με συνδικαλιστικές ενέργειες και από τις αναλογικά μεγάλες ομάδες γυναικών διοικητικών στελεχών και φοιτητών. Σύμφωνα όμως με έρευνες και στατιστικές, παρά τις συνδικαλιστικές ενέργειες υπέρ των γυναικών, οι γυναίκες επιστήμονες και μηχανι-

κοί δεν εκπροσωπούνται επαρκώς, ούτε σε θέσεις κατώτερων βαθμίδων, σε ιδρύματα προσανατολισμένα στην έρευνα και πιο σπάνια κατέχουν μόνιμες θέσεις σε ιδρύματα υψηλού κύρους που έχουν μηχανισμούς πολύ επιλεκτικών προσλήψεων. Στην ακαδημαϊκή κοινότητα σπάνια θα εκπροσωπηθεί το γυναικείο φύλο σύμφωνα με τα προσόντα και το επίπεδο γνώσεων και εργασιακής εμπειρίας, ενώ καθοριστικό ρόλο παίζουν και οι ευθύνες του γάμου και της ανατροφής των παιδιών.

Οι γυναίκες δεν είναι λιγότερο πιθανό να εισέλθουν σε συγκεκριμένους τομείς επειδή οι τελευταίοι απαιτούν περισσότερα μαθηματικά ή θετικές επιστήμες, αλλά μάλλον λόγω των διακρίσεων φύλου που είναι πιθανότερο να αντιμετωπίσουν οι γυναίκες σε αυτούς τους τομείς [5].

Οι γυναίκες συχνά υποεκπροσωπούνται σε πολλές επιστημονικές περιοχές, τεχνολογίας, μηχανικής και μαθηματικών (STEM-Science, Technology, Engineering and Mathematics) αλλά και σε ορισμένες ειδικότητες που δεν είναι STEM, όπως η φιλοσοφία και η ποινική δικαιοσύνη.

Στο πλαίσιο της μελέτης της Milkman και των συνεργατών της [6, 7], οι υπάρχουσες κοινωνικές θεωρίες του φύλου υποδηλώνουν ότι ακόμη και καλοπροαίρετοι καθηγητές που διαφορετικά δεν θα μπορούσαν να θεωρηθούν ρατσιστές ή μεροληπτικοί ως προς το φύλο και οι οποίοι γενικά δεν ενεργούν με υπερβολικά μεροληπτικούς τρόπους, έχουν εσωτερικευμένες πεποιθήσεις ότι οι γυναίκες ίσως δεν είναι τόσο καλά προετοιμασμένες για μεταπτυχιακά όσο οι άνδρες ομόλογοί τους ή ότι ενδέχεται να μην είναι αξιόπιστοι ή επαρκείς βοηθοί έρευνας. Πράγματι, αυτό το φαινόμενο τεκμηριώνεται στο βιβλίο *Presumed Incompetent* (Τεκμαίρεται ανίκανος), ένα βιβλίο που προέκυψε από τη σύνθεση της έρευνας και των δοκιμών που προήλθαν από τις γυναίκες και τους έγχρωμους που εργάζονται στον ακαδημαϊκό χώρο.

Οι γυναίκες με παιδιά, που έχουν δηλαδή και οικογενειακή ευθύνη, φαίνεται να κρίνονται άδικα κατά πολλούς τρόπους: από την ποιότητα και την αξία της εργασίας τους, τη δέσμευσή τους στην εργασία, τον βαθμό σεβασμού που λαμβάνουν οι ομόλογοί τους, τον έλεγχο της εργασίας, τα διαφορετικά πρότυπα απόδοσης μεταξύ ανδρών και γυναικών και τις άνισες αυξήσεις και προαγωγές των μισθών. Ακόμη και με μια συντομευμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση, το μήνυμα παραμένει το ίδιο: η προκατάληψη για το φύλο εξακολουθεί να επηρεάζει τα μέλη ΔΕΠ των γυναικών.

Δεν υπάρχει λοιπόν αμφιβολία ότι υπάρχουν ακόμα ανισότητες λόγω φύλου στον ακαδημαϊκό χώρο, και οι μισθολογικές διαφορές λόγω φύλου δεν οφείλονται σε έμμεσους παράγοντες όπως η διαβάθμιση των αμοιβών και η κατεύθυνση των Σχολών. Υπάρχει επίσης έλλειψη ποικιλομορφίας στην ανώτερη ηγεσία των ακαδημαϊκών τμημάτων και ερευνητικών κέντρων, διαφορές στο φόρτο εργασίας και το διαρκές πρόβλημα της παρενόχλησης καθώς και των διακρίσεων στην έρευνα [1-3].

Δύο σχετικά παραδείγματα [8].

Η νεαρή γιατρός φόρεσε τη μάσκα της και πήρε τη θέση της γύρω από το χειρουργικό τραπέζι με τους άλλους άνδρες γιατρούς σε ένα μεγάλο νοσοκομείο στα βορειοανατολικά των ΗΠΑ. Ο επικεφαλής χειρουργός κοίταξε και τα τέσσερα μέλη της ομάδας του και είπε, «Καλημέρα, κύριοι». Τα μάτια της νεαρής γυναίκας άνοιξαν με απορία και είπε, «Καλημέρα Δρ. Τέιλορ», ελπίζοντας να λάβει την κατάλληλη αναγνώριση. Ο επικεφαλής χειρουργός την αγνόησε και συνέχισε την εγχείρηση. Όταν το ανέφερε στον πρόεδρο του τμήματος, της είπε ότι ήταν πολύ ευαίσθητη και αντιδρούσε υπερβολικά για ένα ασήμαντο γεγονός. Οι άνδρες ομόλογοι της δεν φαινόταν να καταλαβαίνουν ή να νοιάζονται ότι αυτή θα μπορούσε να είχε αισθανθεί αποβεβλημένη, αόρατη και ασήμαντη. Για μερικούς, αυτό μπορεί να φαίνεται σαν ένα αβλαβές γεγονός, αλλά είναι σύμπτωμα μιας στάσης που συχνά υπάρχει σε πολλούς χώρους εργασίας – ακόμη και το 2021.

Μια μελέτη που δημοσιεύθηκε τον Φεβρουάριο του 2021 [9] κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι γυναίκες ακαδημαϊκοί εσωτερικοί νοσοκομειακοί ιατροί αντιμετωπίζουν τακτικά διακρίσεις λόγω φύλου και σεξουαλική παρενόχληση.

Σε ένα δεύτερο παράδειγμα, η επιτροπή κρίσεων μονιμότητας και προαγωγής κάθισε γύρω από το τραπέζι του Κοσμήτορα, αξιολογώντας τους φακέλους των υποψηφίων για μονιμότητα και προαγωγή. Καθώς εξετάζαν το βιογραφικό μιας γυναίκας μέλους ΔΕΠ, ένας από τους άνδρες καθηγητές πρώτης βαθμίδας σχολίασε: «Είναι μια ηλικιωμένη δεσποινίς. Αναρωτιέμαι, γιατί δεν έχει παντρευτεί ποτέ;» Κανείς δεν μίλησε και το μέλος ΔΕΠ, με πολλά προσόντα και σημαντικό έργο, ποτέ δεν ενημερώθηκε για το σεξισμό που της αρνήθηκε τη μονιμότητα και την προαγωγή της. Απολύθηκε από τη θέση της, παρ' όλο που το εξέχον πανεπιστήμιό της δηλώνει σαφώς ότι δεν κάνει διακρίσεις με βάση το φύλο. Σοκαριστικό, σίγουρα, αλλά αληθινό.

Σε μια άλλη μελέτη, που επικεντρώθηκε στις πρακτικές πρόσληψης σε πανεπιστημιακές σχολές θετικών επιστημών, ζητήθηκε από τα μέλη του προσωπικού να εξετάσουν αρκετές αιτήσεις εργασίας. Οι αιτήσεις που εξετάστηκαν ήταν πανομοιότυπες, εκτός από το φύλο του ονόματος του αιτούντος. Διαπιστώθηκε ότι τα μέλη του επιστημονικού διδακτικού προσωπικού (άνδρες και γυναίκες) ήταν πιο πιθανό να αξιολογήσουν τους άνδρες υποψηφίους ως καλύτερα καταρτισμένους από τις γυναίκες υποψήφιας και να θέλουν να προσλάβουν περισσότερους άνδρες από γυναίκες. Διαπιστώθηκε επίσης ότι στους άνδρες υποψηφίους δόθηκε υψηλότερος αρχικός μισθός σε σύγκριση με τις γυναίκες υποψήφιας και ότι οι εργοδότες ήταν πρόθυμοι να επενδύσουν περισσότερο στην εξέλιξη του άνδρα υποψηφίου από ό,τι στη γυναίκα υποψήφια [10].

Άλλες μελέτες δείχνουν ότι οι γυναίκες ερωτώνται πιο αυστηρά και κριτικά στις συνεντεύξεις από τους άνδρες ομολόγους τους και διακόπτονται συχνότερα [11]. Η σιωπηρή προκατάληψη επηρεάζει όχι μόνο την απόφαση πρόσληψης, αλλά και τον μισθό του ατόμου και το ποσό για εξέλιξη που επενδύεται στη συνεχιζόμενη πρόοδό του.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα μελέτη επικεντρώνεται στην εργασία με βάση το φύλο στις ανακοινώσεις για την εργασία. Η μελέτη δείχνει ότι όταν οι αγγελίες εργασίας περιλαμβάνουν κυρίως λέξεις που σχετίζονται με ανδρικά στερεότυπα (π.χ. «ηγέτης», «ανταγωνιστικός» και «κυρίαρχος») βρίσκονται λιγότερο ελκυστικές από τις γυναίκες σε σύγκριση με τις αγγελίες εργασίας που περιλαμβάνουν κυρίως λέξεις που σχετίζονται με γυναικεία στερεότυπα (π.χ. «υποστήριξη», «κατανόηση» και «διαπροσωπική»). Ως εκ τούτου, οι αγγελίες εργασίας με πιο «ανδρική» διατύπωση ενισχύουν την ανισότητα των φύλων στα παραδοσιακά ανδροκρατούμενα επαγγέλματα και, ως εκ τούτου, ισοδυναμούν με «θεσμικό μηχανισμό διατήρησης της ανισότητας» [12]. Τέλος, αυτή η ενδιαφέρουσα έκθεση εξετάζει γιατί οι γυναίκες είναι λιγότερο πιθανό από τους άνδρες να υποβάλουν αίτηση σε θέσεις εργασίας για τις οποίες δεν πληρούν όλες τις διαφημιζόμενες απαιτήσεις.

Μια άλλη ανησυχία για τις φοιτήτριες είναι η *δυσκολία να συνεργαστούν με τους άνδρες επιβλέποντες καθηγητές* και η τάση να μένουν έξω από τον κύκλο των τελευταίων όπου οι άνδρες μαθητές αισθάνονται ευπρόσδεκτοι. Δεδομένων αυτών των εμπειριών απομόνωσης, οι άνδρες μαθητές τείνουν να επωφελούνται από πιο φιλικές και πιο σεβαστές συμπεριφορές από τους επιβλέποντές τους.

Έτσι, οι άνδρες φοιτητές έχουν μεγαλύτερη πρόσβαση σε υποτροφίες και προγράμματα από τους επιβλέποντές τους, γεγονός που τους δίνει με τη σειρά του μεγαλύτερες ευκαιρίες να δημοσιεύουν εργασίες και να ενισχύουν τις δεξιότητες και το επαγγελματικό τους πλεονέκτημα κατά τη διάρκεια των σπουδών τους.

Ιδιαίτερα στους τομείς STEM, οι άνδρες διδακτορικοί φοιτητές συνδέονται με τους άνδρες καθηγητές και τους κατώτερους συναδέλφους τους, δημιουργώντας μια «αδελφική συντροφικότητα» που τους αποφέρει εμπειρίες από τις οποίες οι γυναίκες στο STEM είναι σε μεγάλο βαθμό αποκλεισμένες.

Σε επίπεδο καθηγητών, οι έρευνες που έχουν γίνει διαπιστώνουν ότι *πολύ περισσότερα αναμένονται από τις γυναίκες* ακαδημαϊκούς από ό,τι από τους άνδρες ομολόγους τους. Αντιμετωπίζονται διαφορετικά, *ειδικά από φοιτητές* που είναι πιο προκατελιημμένοι ως προς τις γυναίκες καθηγήτριες και αναμένουν από αυτές να τους αντιμετωπίσουν με μητρικό τρόπο.

Υπάρχουν επίσης μελέτες που ερευνούν θέματα σχετικά με τις οργανωτικές και επιστημονικές επιτροπές συνεδρίων και αναφέρουν ότι οι επιτροπές αυτές αποτελούνται στη πλειοψηφία τους από σχεδόν μόνο άντρες. Αναφέρουν επίσης την *παράβλεψη και τον αποκλεισμό των γυναικών* σε συνέδρια, καθώς και τη σεξουαλική παρενόχληση που αντιμετωπίζουν συχνά οι γυναίκες κατά τη διάρκεια *ακαδημαϊκών συνεδρίων*. Αυτές οι ιστορίες λαμβάνουν περισσότερη δημοσιότητα τώρα από ό,τι στο παρελθόν, όμως η αφθονία τέτοιων ιστοριών υπογραμμίζει πως τα «στρογγυλά τραπέζια συζητήσεων» μόνο ή σχεδόν μόνο με άνδρες ήταν ένας ακαδημαϊκός κανόνας, ο οποίος δεν είχε υποβληθεί σε πολύ ξεκάθαρο έλεγχο μέχρι πρόσφατα.

Στις προαγωγές και την ανάληψη ηγεσίας, η ανισότητα των φύλων έχει αναγνωριστεί εδώ και πολύ καιρό ως σοβαρό πρόβλημα. Η πρόσφατη περίπτωση της βραβευμένης με Νόμπελ Donna Strickland, αναπληρώτριας καθηγήτριας στο Πανεπιστήμιο του Waterloo, επέστησε την προσοχή στο ζήτημα της προαγωγής, καθώς ήταν αναπληρώτρια καθηγήτρια για περίπου είκοσι χρόνια, ενώ διεξήγαγε την έρευνά της που την οδήγησε στο βραβείο Νόμπελ!

Οι γυναίκες τείνουν να μην λαμβάνονται τόσο σοβαρά υπόψη όσο οι άνδρες. Εάν μια γυναίκα καθηγήτρια δεν είναι στο γραφείο της μετά τις 3 μ.μ., θεωρείται ότι παραλαμβάνει τα παιδιά της από τον παιδικό σταθμό, ενώ μπορεί να κάνει έρευνα στη βιβλιοθήκη ή να μετέχει σε συνεδρίαση κάποιας επιτροπής. Ωστόσο, όταν ο σύζυγός της δεν είναι στο γραφείο του μετά τις 3 μ.μ., θεωρείται ότι είναι απασχολημένος κάνοντας ακαδημαϊκή εργασία.

Οι γυναίκες αφιερώνουν περισσότερο χρόνο στη διδασκαλία και τη διεκπεραίωση διαφόρων ακαδημαϊκών και διοικητικών ζητημάτων και φέρουν βαριά διδακτικά φορτία, γεγονός που αποτελεί μειονέκτημα για τον χρόνο που αφιερώνουν για έρευνα, ενώ οι άνδρες έχουν γενικά μεγαλύτερη πρόσβαση σε ερευνητικές εγκαταστάσεις και πόρους [13].

Η ανάγκη για τα περισσότερα πανεπιστήμια να αναπτύξουν φιλικές προς την οικογένεια πολιτικές είναι επίσης καλά τεκμηριωμένη [14].

Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τις αξιολογήσεις, οι άνδρες καθηγητές περιγράφονται συχνά με λέξεις όπως «ιδιοφυΐα» και «λαμπρότητα», πολύ περισσότερο από τις γυναίκες καθηγήτριες.

Η γλώσσα ενθαρρύνει τις διακρίσεις μεταξύ των φύλων. Οι άνδρες καθηγητές κατατάσσονται ψηλά στη γνώση, ως έξυπνοι, γοητευτικοί και ευαίσθητοι, ενώ οι γυναίκες καθηγήτριες λαμβάνουν υψηλές βαθμολογίες για λέξεις όπως αυταρχικές, μέτριες, γρήγορες, όμορφες. Οι γυναίκες καθηγήτριες σπάνια αποκτούν υψηλή κατάταξη για λέξεις που ασχολούνται με τη νοημοσύνη. Δεν είναι περίεργο, συνεπώς, ότι οι διακρίσεις αυτές αυξάνουν τη δυσκολία πρόσληψης ή προαγωγής μιας γυναίκας.

Ένας άνδρας καθηγητής Μηχανικής κερδίζει περισσότερο από μία καθηγήτρια Μηχανικής και το ίδιο ισχύει και για τους καθηγητές π.χ. Γερμανικών Σπουδών. Οι άνδρες λαμβάνουν επίσης οφέλη απόδοσης υψηλότερα από τις γυναίκες. Έτσι, υπάρχει ένα πρόβλημα και το μισθολογικό χάσμα μεταξύ των φύλων δεν οφείλεται σε έμμεσους παράγοντες, όπως ο βαθμός και ο τομέας των σπουδών.

Υπάρχει επίσης έλλειψη ποικιλομορφίας στην ανώτερη ηγεσία των ακαδημαϊκών τμημάτων και ερευνητικών κέντρων, διαφορές στο φόρτο εργασίας και το διαρκές πρόβλημα της παρενόχλησης και των διακρίσεων στην έρευνα.

Αν και έχουν σημειωθεί τεράστια βήματα προόδου τις τελευταίες δεκαετίες, οι γυναίκες εξακολουθούν να υφίστανται διακρίσεις λόγω του φύλου τους στα πανεπιστήμια.

Το κλίμα εργασίας του Πανεπιστημίου φαίνεται να είναι λιγότερο εξυπηρετικό για τις γυναίκες και πιο επιτρεπτό για τους άνδρες, ακόμη και αν αυτή η προκατάληψη είναι συχνά ασυνείδητη.

Η συνειδητοποίηση του προβλήματος μπορεί και πρέπει να οδηγήσει σε διορθωτικά μέτρα, ιδίως από τους ακαδημαϊκούς που συνήθως θεωρούνται πιο φιλελεύθεροι και προοδευτικοί από τον γενικό πληθυσμό.

Η αναγνώριση κοινών στερεοτύπων των γυναικών στον χώρο εργασίας και η λήψη μέτρων για την εξάλειψή τους θα βελτίωναν το κλίμα για όλες τις γυναίκες, ιδιαίτερα εκείνες που έχουν παιδιά στο σπίτι και είναι ακόμα πολύ παραγωγικές και επιτυχημένες.

Οι πρακτικές προσλήψεων στα πανεπιστήμια θα μπορούσαν να αναθεωρηθούν για να βοηθήσουν στη μείωση της αρνητικής επίδρασης των στερεοτύπων και στην αύξηση της ισότητας των φύλων.

Κάθε Πανεπιστήμιο έχει την υποχρέωση να εξαλείψει τις διακρίσεις λόγω φύλου. Κάθε Πανεπιστήμιο πρέπει να έχει έναν κώδικα συμπεριφοράς και αυτός ο κώδικας συμπεριφοράς βασίζεται στην ηθική.

Αναφορές

1. Acker, S. and Feuerwerker, G., 1996. Doing good and feeling bad: The work of women university teachers. *Cambridge Journal of Education*, 26(3): 401-422.
2. Bain, O and Cummings, W., 2000. Academe's glass ceiling: Societal, professional-organizational, and institutional barriers to the career advancement of academic women. *Comparative Education Review* 44 (4): 493-514.
3. Bonawitz, M. and Andel, N., 2009. The glass ceiling is made of concrete: The barriers to promotion and tenure of women in American academia. *Forum of Public Policy Online, Summer*. <http://forumonpublicpolicy.com/summer09/womenand leadership.html>.
4. Cress, C.M. and Hart, J. 2009. Playing soccer on the football field: The persistence of gender inequities for women faculty. *Equity and Excellence in Education* 42 (4): 473-488.
5. Ganley, C. M., George, C. E., Cimpian, J. R., & Makowski, M. (2018). Gender equity in college majors: Looking beyond the STEM/non-STEM dichotomy for answers regarding female participation. *American Educational Research Journal*, 55(3), 453-487.
6. Milkman, K. L., M. Akinola, and D. Chugh (2012). Temporal distance and discrimination: An audit study in academia. *Psychological Science* 23 (7), 710-717.
7. Milkman, K. L., M. Akinola, and D. Chugh (2015). What happens before? A field experiment exploring how pay and representation differentially shape bias on the pathway into organizations. *Journal of Applied Psychology* 100 (6), 1678-1712.
8. Robinson, B. Feb. 15, 2021, www.forbes.com/sites/bryanrobinson/2021/02/15.
9. Sanjay Bhandari, Pinky Jha, Cynthia Cooper, Barbara Slawski, Gender-Based Discrimination and Sexual Harassment Among Academic Internal Medicine Hospitalists. *J. Hosp. Med.*

- 2021 February;16(2):84-89. Published Online First January 20, 2021 | 10.12788/jhm.3533.
10. Moss-Racusin, Corinne and others (2012). Science faculty's subtle gender biases favor male students. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, pp.16474-16479.
 11. Yorke, Harry (2017). Women are given a tougher time in interviews than men scientists find. *The Telegraph*, 3 July.
 12. Gaucher, D., Friesen, J. Kay, A., Evidence that gendered wording in Job advertisements exists and sustains gender inequality, March 2011, *J. of Personality and Social Psychology*, 101(1):109-28 DOI:10..1037/a0022530.
 13. Wilson, M., Gadbois, S. and Nichol, K. 2008. Is gender parity imminent in the professorate? Lessons from one Canadian university. *Canadian Journal of Education* 31 (1): 211-228.
 14. Monk-Turner, E and Fogerty, R.2010. Chilly environments, stratification, and productivity differences. Online publication: Springer Science+Business Media. LLC.

**Ανάπτυξη και εφαρμογή
αλγοριθμικών εργαλείων
για τη διοίκηση πανεπιστημιακών μονάδων.
Η περίπτωση της Σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.**

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ Γ. ΚΟΥΚΙΟΣ

Ομότιμος Καθηγητής,
Πρόεδρος Σχολής Χημικών Μηχανικών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2010-2012
e-mail: koukios@chemeng.ntua.gr

Περίληψη

Η ορθολογική κατανομή των διατιθέμενων πόρων αποτελεί κεντρικό πρόβλημα της διοίκησης τόσο των μεγαλύτερων (Ίδρυμα, Σχολή, Τμήμα), όσο και των μικρότερων (Τομέας, Εργαστήριο, Μέλη ΔΕΠ) Ακαδημαϊκών Μονάδων. Στις αντικειμενικές δυσκολίες της κάθε είδους κατανομής προστίθενται και οι δυσκολίες που προκαλούνται από την κάθε φορά επικρατούσα συγκυρία, με αποτέλεσμα συχνές διαφωνίες, κάποτε έντονες διαμάχες και σχεδόν πάντα δημιουργία κλίματος προστριβών. Στην προσπάθειά της να αντιμετωπίσει συστηματικά το συγκεκριμένο πρόβλημα, η Διοίκηση της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. ανέθεσε τη διαμόρφωση Εισήγησης σε Επιτροπή υπό τον τότε Καθηγητή, Διευθυντή του Τομέα IV και Μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου της Σχολής, Εμμανουήλ Κούκιο. Η Εισήγηση που διαμορφώθηκε και εφαρμόστηκε στη συνέχεια, ουσιαστικά μέχρι σήμερα, βασίζεται σε αλγόριθμο που τροφοδοτείται από τα 3 βασικά στοιχεία του κόστους λειτουργίας των Μονάδων: (Α) Αριθμό Μελών ΔΕΠ της Μονάδας, (Β) Σπουδαστο-Ώρες Εργαστηριακών Μαθημάτων της Μονάδας, και (Γ) Αριθμό Διπλωματικών Εργασιών που ολοκληρώνονται στις εξεταστικές περιόδους κάθε έτους. Στον Αλγόριθμο λήφθηκαν υπόψη η επίδραση των άλλων σχετικών παραγόντων, αλλά και η θεραπεία συστηματικών ανομοιογενειών μεταξύ Μονάδων. Η παρούσα εργασία αφιερώνεται στη Μνήμη του «Αλγοριθμικού» Καθηγητή, Προέδρου Σχολής, Μέλους της Συγκλήτου, Αντιπρύτανη και Πρύτανη Ε.Μ.Π., Σίμου Ε. Σιμόπουλου.

Λέξεις-Κλειδιά: Κατανομή πόρων, αλγόριθμος, παράγοντες, ανομοιογένειες.

1. Ιστορικό - Εισαγωγή

Μέχρι το 1998, το ΔΣ κατένειμε τις πιστώσεις του Τακτικού Προϋπολογισμού αλλά και τους άλλους πόρους του Τμήματος στους τέσσερις Τομείς με την εφαρμογή εμπειρικών συντελεστών. Οι συντελεστές αυτοί στην ουσία ήταν προϊόν συμβιβασμού ανάμεσα στους Τομείς αναφορικά με το βαθμό απόκλισης από την ισοκατανομή, δηλαδή το επίπεδο του 25% ανά Τομέα, χωρίς όμως να συνδέονται με συγκεκριμένες ακαδημαϊκές δραστηριότητες που θα μπορούσαν να ποσοτικοποιηθούν, άρα και να παρακολουθούνται συστηματικά. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι την περίοδο 1995-1998 επικρατούσαν τιμές μεταξύ 22,5% και 27,5%, χωρίς όμως και να αποκλείονται οι μεγαλύτερες αποκλίσεις, συνήθως αποτέλεσμα διαπραγματεύσεων μεταξύ των μελών του ΔΣ.

Την άνοιξη του 1998, το ΔΣ ανέθεσε στον Καθηγητή Ε. Κούκιο, τότε Διευθυντή του Τομέα IV, τη διατύπωση προτάσεων για τη διαμόρφωση αλγορίθμου που θα συνέδεε ποσοτικά τους συντελεστές κατανομής με εκείνες τις ακαδημαϊκές δραστηριότητες των κόστος των οποίων θα πρέπει κατά προτεραιότητα να καλύπτεται από τις πιστώσεις του Τακτικού προϋπολογισμού.

2. Πρώτη Πρόταση Αλγορίθμου

Η σχετική εισήγηση πρότεινε την κατανομή των πιστώσεων κάθε ημερολογιακού έτους με βάση τρία (3) ισοβαρή κριτήρια:

1. Τον αριθμό των μελών ΔΕΠ κάθε Τομέα στις 31/12 του προηγούμενου έτους,
2. Τις φοιτητο-ώρες Εργαστηριακών Ασκήσεων που προβλέπονται από το Πρόγραμμα Σπουδών για ολόκληρο το προηγούμενο έτος (γινόμενα εβδομαδιαίων ωρών × αριθμό νεο-εγγεγραμμένων σπουδαστών στα αντίστοιχα μαθήματα, με βάση τα στοιχεία της Γραμματείας), και
3. Το συνολικό αριθμό των Διπλωματικών Εργασιών του Τμήματος που εξετάστηκαν στις 3 εξεταστικές περιόδους του προηγούμενου έτους.

Η εφαρμογή του αλγορίθμου αυτού με βάση τα τότε αντικειμενικά δεδομένα οδήγησε στις εξής τιμές συντελεστών κατανομής (βλ. Πίνακα 1):

- Τομέας I	30%
- Τομέας II	25%
- Τομέας III	15%
- Τομέας IV	30%.

Επιπλέον, προτάθηκε ως μεταβατική διάταξη, αλλά και ως μέτρο ενίσχυσης της σύγκλισης προς την ισοκατανομή, η “πριμοδότηση” του Τομέα III με 1,5% από κάθε έναν από τους άλλους Τομείς, δηλαδή τελικά:

- Τομέας Ι 28,5%
- Τομέας ΙΙ 23,5%
- Τομέας ΙΙΙ 19,5%
- Τομέας ΙV 28,5%.

Η πρόταση αυτή εγκρίθηκε από το τότε ΔΣ και εφαρμόζεται ως σήμερα, με εξαίρεση ειδικές περιπτώσεις (κατανομές κονδυλίων υποδομής, επιστημονικών οργάνων κτλ.).

3. Νέες Προτάσεις για Εφαρμογή Αλγορίθμου

Στη συνέχεια, ζητήθηκε από το επόμενο ΔΣ η διατύπωση νέων προτάσεων για το ίδιο θέμα, σκοπό για τον οποίον συγκροτήθηκε Επιτροπή από τα εξής μέλη ΔΕΠ:

- * Σ. Τσίμας, τότε Αναπληρωτής Καθηγητής, Τομέας Ι,
- * Γ. Ανδρουτσόπουλος, τότε Αναπληρωτής Καθηγητής, Τομέας ΙΙ,
- * Ι. Χανδρινός, τότε Επίκουρος Καθηγητής, Τομέας ΙΙΙ, και
- * Ε. Κούκιος, τότε Καθηγητής, Τομέας ΙV (Συντονιστής).

Λόγω ασθένειας, ο κ. Χανδρινός αντικαταστάθηκε, με απόφαση του Τομέα ΙΙΙ, από την κα Ν. Κουλουμπή, τότε Αναπληρώτρια Καθηγήτρια.

Σε πρώτο στάδιο, η Επιτροπή συγκέντρωσε στοιχεία για τα τρία τελευταία έτη από τη Γραμματεία του Τμήματος. Με τα στοιχεία αυτά, εξετάστηκαν οι περιπτώσεις τόσο της εφαρμογής του προηγούμενου αλγορίθμου, όσο και –κυρίως– της βελτίωσής του, ώστε να αντανakλά πιστότερα την πραγματικότητα στο Τμήμα. Ειδικότερα, η Επιτροπή διαμόρφωσε τις εξής προτάσεις:

- Επιβεβαιώνει ότι τα τρία κυριότερα κριτήρια για την κατανομή των πόρων του Τμήματος στους Τομείς είναι (Α) ο αριθμός μελών ΔΕΠ, (Β) ο αριθμός Διπλωματικών που εκπονούνται, (Γ) και η εκπόνηση των Εργαστηριακών Ασκήσεων.
- Ελλείψει άλλων στοιχείων, η συμμετοχή των τριών αυτών κριτηρίων μπορεί να θεωρηθεί ισοβαρής.
- Ως αριθμός ΔΕΠ κάθε Τομέα θα λαμβάνεται εκείνος στις 31/12 του προηγούμενου έτους.
- Ως αριθμός των Διπλωματικών Εργασιών θα λαμβάνεται εκείνος των εξεταζομένων στις 3 περιόδους κάθε έτους, βάσει των επίσημων στοιχείων της Γραμματείας.
- Στις Διπλωματικές Εργασίες που εκπονούνται από Φοιτητές του Τμήματός μας θα πρέπει να συνυπολογίζονται εκείνες που εκπονούνται στο Τμήμα μας από Φοιτητές άλλων Τμημάτων του ΕΜΠ. Αυτό εφαρμόζεται σε πρώτη προσέγγιση στους Πίνακες που ακολουθούν.
- Οι Διπλωματικές Εργασίες διακρίνονται σε πειραματικές και μη.
- Το κόστος εκπόνησης μιας μη πειραματικής Διπλωματικής –ελλείψει άλλων στοιχείων– εκτιμάται στο 1/3 εκείνου μιας πειραματικής. Η εκτίμηση αυτή εφαρμόζεται σε πρώτη προσέγγιση στους Πίνακες των ετών 1997, 1998 και 1999 που ακολουθούν.

- Ελλείπει επίσημων, αναλυτικών και συγκρίσιμων στοιχείων για την πραγματική εκπόνηση Εργαστηριακών Ασκήσεων, εφαρμόζεται ο τύπος

Ασκησο-ώρες = (Φοιτητές Μαθήματος) × (Εργαστηριακές Ώρες Προγράμματος) × Συντελεστής

όπου ο συντελεστής εμπεριέχει όλα τα υπόλοιπα στοιχεία (μέγεθος των ομάδων, αριθμός ασκήσεων που εκτελούνται κτλ.).

Τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων αυτών παρουσιάζονται στους επόμενους 3 Πίνακες 1-3 για τα έτη 1997, 1998 και 1999. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται με συνοπτικό τρόπο τα αποτελέσματα και συγκρίνονται με την προηγούμενη κατάσταση.

Εξετάζοντας τώρα τη δυναμική της χρονικής εξέλιξης στα τρία αυτά χρόνια, παρατηρούμε τα εξής για τους τέσσερις Τομείς:

- Τομέας I: σταθερότητα σε επίπεδα μεταξύ 30 και 31%
- Τομέας II: σχετική σταθερότητα μεταξύ 23 και 24%
- Τομέας III: βελτίωση από το 14 προς το 17%
- Τομέας IV: σταθερότητα στο επίπεδο του 30%.

Πίνακας 1: Έτος 1997

Α/Α	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΤΟΥΣ ΤΟΜΕΙΣ (%)				ΣΥΝΟΛΟ (%)
		I	II	III	IV	
A	Αριθμός Μελών ΔΕΠ (α)	20 (23,8)	25 (29,8)	18 (21,4)	21 (25,0)	84 (100)
B	Διπλωματικές Εργασίες					
	Στο Τμήμα ΧΜ	29	50	10	75	164
	Σε άλλα Τμήματα*	5	-	5	5	15
	ΣΥΝΟΛΟ	34	50	15	80	179
	[Ανηγμένες]**	[34]	[25]	[15]	[69]	[143]
	(β)	(23,8)	(17,5)	(10,5)	(48,2)	(100)
Γ	Εργαστηρ. Μαθήματα					
	Φοιτητές × Ώρες	4232	2328	1189	1813	9562
	Συντελεστής***	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Ασκησο-ώρες	4232	2328	1189	1813	9562
	(γ)	(44,3)	(24,3)	(12,4)	(19,0)	(100)
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (α+β+γ)/3 (%)	30,6	23,9	14,8	30,7	100

* Πρώτη εκτίμηση ** Σε ισοδύναμες πειραματικές (πρώτες εκτιμήσεις) *** Ελλείπει άλλων στοιχείων και εκτιμήσεων

Πίνακας 2: Έτος 1998

Α/Α	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΤΟΥΣ ΤΟΜΕΙΣ (%)				ΣΥΝΟΛΟ (%)
		I	II	III	IV	
A	Αριθμός Μελών ΔΕΠ (α)	20 (24,1)	25 (30,1)	18 (21,7)	20 (24,1)	83 (100)
B Διπλωματικές Εργασίες						
	Στο Τμήμα ΧΜ	39	50	12	81	182
	Σε άλλα Τμήματα*	5	-	6	6	17
	ΣΥΝΟΛΟ	44	50	18	87	199
	[Ανηγγμένες]**	[44]	[25]	[18]	[73]	[160]
	(β)	(27,5)	(15,6)	(11,3)	(45,6)	(100)
Γ Εργαστηρ. Μαθήματα						
	Φοιτητές × Ώρες	4498	2576	1255	2412	10741
	Συντελεστής***	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Ασκησο-ώρες	4498	2576	1255	2412	10741
	(γ)	(41,9)	(24,0)	(11,7)	(22,4)	(100)
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (α+β+γ)/3 (%)	31,2	23,2	14,9	30,7	100

* Πρώτη εκτίμηση ** Σε ισοδύναμες πειραματικές (πρώτες εκτιμήσεις) *** Ελλείψει άλλων στοιχείων και εκτιμήσεων

Πίνακας 3: Έτος 1999

Α/Α	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΤΟΥΣ ΤΟΜΕΙΣ (%)				ΣΥΝΟΛΟ (%)
		I	II	III	IV	
A	Αριθμός Μελών ΔΕΠ (α)	20 (24,4)	25 (30,5)	17 (20,7)	20 (24,4)	82 (100)
B Διπλωματικές Εργασίες						
	Στο Τμήμα ΧΜ	34	52	21	76	183
	Σε άλλα Τμήματα*	5	-	10	6	21
	ΣΥΝΟΛΟ	39	55	31	82	204
	[Ανηγγμένες]**	[39]	[26]	[31]	[71]	[167]
	(β)	(23,3)	(15,6)	(18,6)	(42,5)	(100)
Γ Εργαστηρ. Μαθήματα						
	Φοιτητές × Ώρες	5023	2744	1308	2523	11628
	Συντελεστής***	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Ασκησο-ώρες	5023	2744	1308	2553	11628
	(γ)	(43,2)	(23,6)	(11,2)	(22,0)	(100)
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (α+β+γ)/3 (%)	30,3	23,2	16,9	29,6	100

* Πρώτη εκτίμηση ** Σε ισοδύναμες πειραματικές (πρώτες εκτιμήσεις) *** Ελλείψει άλλων στοιχείων και εκτιμήσεων

Πίνακας 4: Συνοπτικά αποτελέσματα

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΘΕΩΡΗΣΗΣ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΤΟΥΣ ΤΟΜΕΙΣ (%)			
	I	II	III	IV
Προηγούμενη Εκτίμηση (1997)	30	25	15	30
Μεταβατική Τιμή (Σύγκλισης)*	28,5	23,5	19,5	28,5
Μέσοι Όροι Τριετίας '97-'99	30,7	23,4	15,6	30,3
Τελευταίο Έτος (1999)	30,3	23,2	16,9	29,6

* *Εφαρμόστηκε ως σήμερα

4. Συμπεράσματα και Προτάσεις

Οι ανωτέρω εκτιμήσεις δεν αποτελούν, φυσικά, τη μόνη δυνατότητα αλλαγών στον αλγόριθμο. Αυτό που μπορεί να εξεταστεί είναι αν η κάθε δυνατή αλλαγή αποτελεί και ουσιαστική βελτίωση. Έτσι,

- Είναι δυνατόν να αποκλίνουμε από την ισοβαρή εφαρμογή των τριών κριτηρίων. Όμως, π.χ., η χρήση μικρότερου συντελεστή για τα Μέλη ΔΕΠ (όπως ήδη εφαρμόζεται στον Τομέα IV για κατανομή στα Εργαστήρια) δρα σε βάρος του "ασθενέστερου" ως προς το κριτήριο αυτό Τομέα III. Το ίδιο συμβαίνει αν ενισχυθεί ο συντελεστής των Εργαστηριακών Ασκήσεων (δρώντας υπέρ του Τομέα I), ή εκείνος των Διπλωματικών (που δρα υπέρ του Τομέα IV). Οπότε, η ισοβαρής χρήση αποτελεί και τη «δικαιότερη» λύση.

- Είναι επίσης δυνατόν να βελτιωθεί ο υπολογισμός του συντελεστή των Εργαστηριακών Ασκήσεων, π.χ., με τον συνυπολογισμό του αριθμού των Ομάδων που ασκούνται κάθε φορά σε κάθε Εργαστήριο (όπως εφαρμόζεται ήδη από την Πρυτανεία του ΕΜΠ για την κατανομή των ενισχύσεων των Εργαστηριακών μαθημάτων). Όμως, κάτι τέτοιο θα δρούσε σαφώς αποκλειστικά υπέρ του Τομέα I, όπου οι ασκήσεις εκτελούνται από κάθε φοιτητή, οδηγώντας έτσι σε πολύ μεγάλο αριθμό (μονομελών) ομάδων. Απαιτείται λοιπόν βαθύτερη εξέταση του θέματος και χρήση κατάλληλων επίσημων και συγκρίσιμων στοιχείων.

- Τέλος, η εισαγωγή άλλων ακαδημαϊκών δραστηριοτήτων στον αλγόριθμο, όπως έχει ήδη αποδειχθεί από το 1998 (βλ. Πίνακα 5) δεν οδηγεί σε σημαντική βελτίωση, ενώ παράλληλα «συσκοτίζει» τις προτεραιότητες του Τμήματος και δυσχεραίνει την παρακολούθηση των εξελίξεων.

Πίνακας 5: Στοιχεία και πρόταση για αλγόριθμο κατανομής πιστώσεων με βάση τις δραστηριότητες κατά το προηγούμενο έτος*

Κωδ. **	ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ	Τ Ο Μ Ε Ι Σ				ΣΥΝΟΛΟ ΤΜ. ΧΜ
		I	II	III	IV	
A	Αριθμός Μελών ΔΕΠ ¹	20 (23,8)	25 (29,8)	18 (21,4)	21 (25,0)	84 (100)
B	Εργαστηριακά Μαθήματα ²	6.858 52,1%)	2.230 (16,9%)	1.767 (13,4%)	2.318 (17,6%)	13.173 (100,0%)
Γ	Αρ. Διπλωματικών Εργασιών ³	32 (19,5%)	48 (29,3%)	9 (5,5%)	75 (45,7%)	164 (100,0%)
Δ	Αρ. Ενεργών ΥΔ ⁴	41 (22,7%)	62 (34,2%)	38 (21,0%)	40 (22,1%)	181 (100,0%)
E	Αρ. Εργαστηριακών Μονάδων ⁵	3 (21,4%)	4 (28,6%)	1 (7,1%)	6 (42,9%)	14 (100,0%)
Z	Αρ. Σπουδαστών Κατεύθυνσης ⁶	5 (3,3%)	27 (17,8%)	5 (3,3%)	115 (75,6%)	152 (100,0%)
H	Εισροές από Έρευνα ⁷	150 (12,0%)	550 (44,0%)	260 (20,8%)	290 (23,2%)	1250 (100,0%)
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ⁸ %						
Σ1	$\frac{A+B+Γ}{300}$	31,8	25,3	13,5	29,4	100,0
Σ2	$\frac{A+B+Γ+Δ}{400}$	29,5	27,6	15,3	27,6	100,0
Σ3	$\frac{A+B+Γ+Δ+E}{500}$	27,9	27,8	13,7	30,6	100,0
Σ4	$\frac{A+B+Γ+Δ+E+Z}{600}$	23,8	26,1	12,0	38,1	100,0
Σ5	$\frac{Δ+E+Z-H}{200}$	17,7	18,3	5,3	58,7	100,0
Σ6	$\frac{A+B+Γ+Δ+E+Z-H}{500}$	26,2	22,5	10,2	41,1	100,0
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ %		30	25	15	30	100

* Προς το ΔΣ του Τμήματος, που ανέθεσε τη σχετική Εισήγηση.

** Α, Β, Γ: Βασικά-Απαραίτητα Κριτήρια για Προπτυχιακή Εκπαίδευση. Δ, Ε, Ζ, Η: Συμπληρωματικά-Προαιρετικά Κριτήρια Εκτίμησης.

1. Στις 31.12 του προηγούμενου έτους.

2. $B = (h \text{ Εργαστηρίου από Πρόγραμμα}) \times (\text{Αρ. Νεο-εγγεγραμμένων Σπουδαστών Μαθήματος})$. Η εκτίμηση αυτή μπορεί να διορθωθεί, αν ληφθούν υπόψη (α) ο αριθμός των ομάδων και (β) οι «πραγματικές» ώρες του Εργαστηρίου, αν και όπως προκύπτει από σχετικές δοκιμές, η τελική πρόταση επηρεάζεται πολύ λίγο.

3. Εργασίες που εξετάστηκαν στις 3 εξεταστικές περιόδους του προηγούμενου έτους.

4. Εγκεκριμένοι ΥΔ για τους οποίους υποβλήθηκε θετική Έκθεση Προόδου (Ιανουάριος).

5. Θεσμοθετημένα Εργαστήρια. Η εκτίμηση αυτή μπορεί να διορθωθεί, αν ληφθούν υπόψη και οι μη θεσμοθετημένες «μονάδες» που λειτουργούν σε ορισμένους Τομείς του Τμήματος, αν και όπως προκύπτει από τη σχετική δοκιμή, η τελική πρόταση επηρεάζεται πολύ λίγο. Δεν συμπεριλαμβάνεται το Υπολογιστικό Κέντρο (γενικής χρήσης).

6. Σύμφωνα με την επιλογή που έγινε στις αρχές του έτους.

7. Εισροές, σε εκ. δρχ., για το προηγούμενο έτος, σύμφωνα με τα πρόσφατα στοιχεία του ΕΛΕ.

8. Με βάση όλα τα στοιχεία για τα κριτήρια και τους συνδυασμούς τους.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Γραμματεία Τμήματος, Πρόγραμμα Σπουδών, Επιτροπή Διαχείρισης Ειδικού Λογαριασμού (Κριτήριο Η), πληροφορίες από διάφορες πηγές.

Με βάση τα ανωτέρω, προτείνονται τα ακόλουθα:

(Α) Συνέχιση της εφαρμογής για τα επόμενα έτη του ίδιου αλγορίθμου, δηλαδή:

- Τομέας I 28,5%
- Τομέας II 23,5%
- Τομέας III 19,5%
- Τομέας IV 28,5%.

(Β) Παρακολούθηση των εξελίξεων σε ετήσια βάση, με βάση τις ανωτέρω προτάσεις, ώστε να προκύψουν καλύτερες εκτιμήσεις και, ενδεχομένως, βελτιώσεις του αλγορίθμου.

Abstract

The rational distribution of available resources constitutes a central problem of the administration of both larger and smaller academic units. The objective and subjective difficulties also include differences of opinions leading to an atmosphere of friction. In the effort to face the particular problem, the administration of the Chemical Engineering School at NTUA appointed a Committee under the author of this chapter to put together an algorithm for the rational distribution of the School's annual funding. The resulting formula which has been applied to the present day is based on three key parameters: (A) academic staff size, (B) laboratory student-hours, and (C) number of Diploma Theses examined each year. The algorithm also took into consideration other relevant variables, and the need to "heal" the existing heterogeneities between the academic units. The present work is dedicated to the memory of the "Algorithmic" NTUA Professor, School Chair, Senate Member, Vice-Rector, and Rector, Simos E. Simopoulos.

Key-Words: Distribution of resources, algorithm, heterogeneity factors.

**Το νέο πρόγραμμα
της Σχολής Μεταλλειολόγων-Μεταλλουργών Μηχανικών:
Αντιμετωπίζοντας τις προκλήσεις
της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης**

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΑΛΙΑΜΠΑΚΟΣ

Καθηγητής,

Κοσμήτορας Σχολής Μεταλλειολόγων-Μεταλλουργών Μηχανικών

Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2016-2023

e-mail: dkal@central.ntua.gr

Περίληψη

Οι βάσεις για τις αλλαγές στο πρόγραμμα προπτυχιακών σπουδών (Π.Π.Σ.) της Σχολής Μεταλλειολόγων-Μεταλλουργών Μηχανικών (ΣΜΜΜ) τέθηκαν μετά τη συστηματική καταγραφή και ανάλυση των επιπτώσεων της εν εξελίξει 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης (Β.Ε.), τόσο στον κλάδο όσο και στα αντίστοιχα γνωστικά αντικείμενα που θεραπεύονται από τη Σχολή. Έχει διαπιστωθεί ότι είναι τέτοια η ταχύτητα των αλλαγών, στο πλαίσιο της 4η Β.Ε., ώστε οι μόνοι που μπορούν να τις παρακολουθήσουν επαρκώς είναι όσοι τις συν-διαμορφώνουν. Ακόμη, ότι το κοινωνικό αποτύπωμά της δεν είναι a priori θετικό. Παράλληλα, καταγράφηκαν οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει, σε διεθνές επίπεδο, η εκπαίδευση των Μηχανικών, καθώς ο κόσμος μετασχηματίζεται με ταχείς ρυθμούς, διαμορφώνοντας ένα περιβάλλον με έντονα τα χαρακτηριστικά της μεταβλητότητας, της αβεβαιότητας, της πολυπλοκότητας και της ασάφειας (Kamp 2016).

Η παρούσα εργασία εστιάζει τόσο στο περιεχόμενο των ευρύτατης κλίμακας και βάθους αλλαγών (πάνω από το 60% των μαθημάτων αποτελούν πλέον νέα μαθήματα ή ριζικά αναδιαμορφωμένα μαθήματα) στο νέο Π.Π.Σ. όσο και στη διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ωρίμανση και τελικά τη γενική αποδοχή και στήριξή του. Και τα δύο στοιχεία έχουν ευρύτερη σημασία, μιας που, παρά την καθολική συμφωνία με την αρχή ότι ο εκσυγχρονισμός των προγραμμάτων σπουδών είναι όρος εκ των ων ουκ άνευ για κάθε τριτοβάθμιο ίδρυμα, και ιδιαίτερα ένα πολυτεχνείο, στη πράξη το δυναμικό ανανέωσης και στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο είναι ιδιαίτερα χαμηλό ή/και αναλώνεται σε λάθος διλήμματα ή με λάθος τρόπους.

Λέξεις-Κλειδιά: Εκσυγχρονισμός προγραμμάτων σπουδών μηχανικών, 4η Βιομηχανική Επανάσταση, Ορυκτές Πρώτες Ύλες, Τριτοβάθμια Εκπαίδευση, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

1. Εισαγωγή

Μετά από μια σχεδόν εικοσαετία ακινησίας ή μικρών ετήσιων αλλαγών/ βελτιώσεων επί του προηγούμενου προγράμματος σπουδών, η ΣΜΜΜ αποφάσισε να ακολουθήσει μια συντεταγμένη πορεία προς ένα νέο πρόγραμμα σπουδών που να ανταποκρίνεται στις προκλήσεις της σύγχρονης εποχής.

Σημειωτέον, το προηγούμενο πρόγραμμα σπουδών υπήρξε, επίσης, μια σημαντική τομή στην πορεία της Σχολής. Σε αυτό ιδρύθηκαν οι τρεις νέες κατευθύνσεις της Σχολής (Γεωτεχνολογίας, Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών και Περιβαλλοντικής Μηχανικής και Γεωπεριβάλλοντος) δίπλα στις παραδοσιακές κατευθύνσεις της Μεταλλευτικής Τεχνολογίας και των Μεταλλουργικών Διεργασιών, κεφαλαιοποιώντας αλλαγές που ήδη είχαν κατακτήσει στην πράξη οι απόφοιτοι της Σχολής σε συναφείς παραγωγικούς κλάδους. Η προσπάθεια αυτή δεν ήταν ούτε απλή, ούτε ανώδυνη, τόσο στο εσωτερικό της Σχολής όσο και σε σχέση με τους άλλους κλάδους των μηχανικών (π.χ. στο ΤΕΕ). Για παράδειγμα, η διαδικασία αποτύπωσης του νέου προφίλ της Σχολής σε ΦΕΚ (ΦΕΚ 187/τ.Α/5-11-2018) χρειάστηκε σκληρούς αγώνες και, επίσης, περίπου μια εικοσαετία. Απέδειξε, όμως, ότι η Σχολή και ο κλάδος γενικότερα έχει καλά αντανακλαστικά ανανέωσης και προσαρμογής στις εξελίξεις, συσπείρωσης και μαχητικότητας, που απορρέουν και από το γεγονός ότι αποτελεί μια μικρή σε μέγεθος ειδικότητα που πρέπει συνεχώς να δίνει μάχες για την αναγνώριση του ρόλου και των δικαιωμάτων της. Από την άλλη πλευρά, η πολύχρονη αυτή μάχη εξαντλούσε τις δυνάμεις της Σχολής, έτσι ώστε και μόνο η σκέψη του δρόμου που έπρεπε να διανυθεί για ένα νέο πρόγραμμα σπουδών, αλλά και των συγκρούσεων που αυτό αναπόδραστα επιφέρει, να οδηγεί σε μια ακούσια αναβλητικότητα. Όμως, οι εξελίξεις σε όλους τους τομείς, στην επιστήμη, στην τεχνολογία, στις κοινωνικές ανάγκες, στην παραγωγή, υπήρξαν στο διάστημα αυτό ταχύτατες και η ανάγκη για ανανέωση του προγράμματος ήταν πλέον προφανής. Η προσπάθεια έπρεπε να ξαναγίνει, από την αρχή. Για να πετάξουμε από πάνω μας τη σκουριά της σχετικής ακινησίας ή της τυποποιημένης απάντησης σε λίγο πολύ γνωστά ερωτήματα και διλήμματα έπρεπε να σχεδιαστεί μια διαδρομή η οποία θα αποκάλυπτε τα πραγματικά και δύσκολα ερωτήματα του καιρού μας και τις αθέατες πολλές φορές δυνατότητες και αδυναμίες μας. Έπρεπε να σχεδιαστεί ένας δρόμος αυτογνωσίας με το βλέμμα στραμμένο στο σήμερα και, κυρίως, στο αύριο.

2. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε δίνεται σχηματικά στο Διάγραμμα 1.

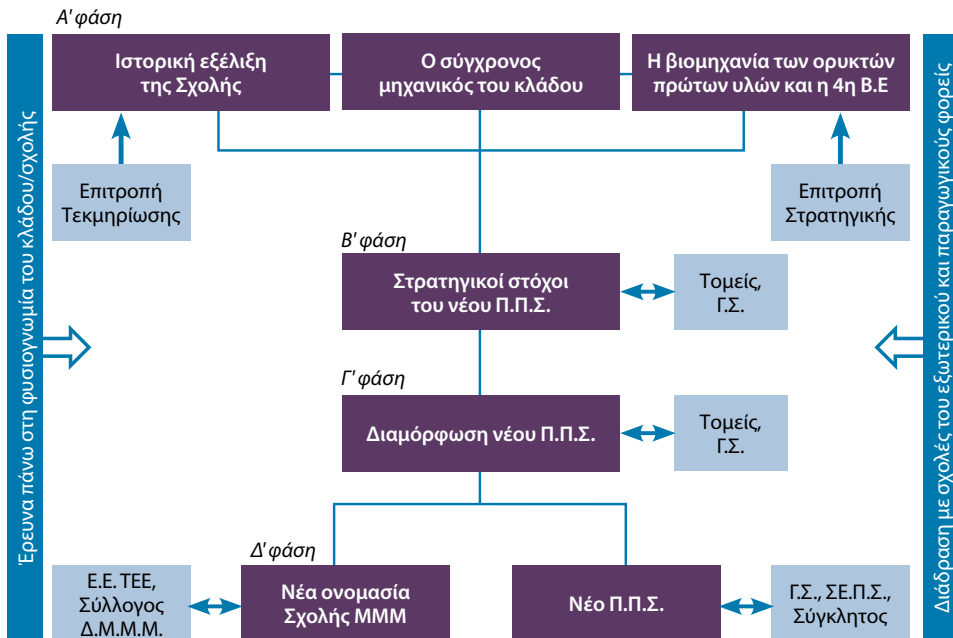
Σε αυτήν διακρίνονται οι τέσσερις κύριες φάσεις διαμόρφωσης του νέου προγράμματος σπουδών, αλλά και δύο παράλληλες διαδικασίες, οι οποίες «έτρεχαν» (και συνεχίζουν να «τρέχουν», μιας που η διαδικασία αυτή δεν σταματά) καθ' όλο το χρόνο διαμόρφωσης του νέου προγράμματος σπουδών, τροφοδοτώντας την με φρέσκιες ιδέες.

Οι 4 φάσεις διαμόρφωσης του νέου προγράμματος της Σχολής διακρίνονται ως εξής:

Η Α΄ Φάση συνιστά το απαραίτητο υπόβαθρο, επί του οποίου τοποθετούνται και επιλύονται τα βασικά ερωτήματα ενός νέου προγράμματος σπουδών. Αποτελεί την πιο ουσιαστική πλευρά της διαδικασίας αλλά και τον λόγο που συνήθως αποτυγχάνουν οι απόπειρες ανανέωσης των προγραμμάτων σπουδών, μιας που συχνά αντιμετωπίζεται με προχειρότητα ή επιφανειακά, «βιαστικά» ώστε να προχωρήσουμε «επί του πρακτέου». Έτσι, όμως, αφήνουμε την πραγματικότητα «εκτός», και σχεδιάζουμε με αυτοαναφορικό και προδήλως αναποτελεσματικό τρόπο.

Η Β΄ Φάση αφορά στον καθορισμό των στρατηγικών στόχων του προγράμματος σπουδών. Με ποια κριτήρια κρίνουμε τη βελτίωση του προγράμματος σπουδών; Τι επιδιώκουμε; Συχνά, τα ερωτήματα αυτά αντιμετωπίζονται, λαθεμένα, με στερεοτυπικό τρόπο, λες και οι «μεγάλοι στόχοι» είτε είναι προφανείς και αναλλοίωτοι είτε είναι συμβατοί με κάθε συγκεκριμένη «επίλυση».

Η Γ΄ Φάση αφορά στη συγκεκριμένη ανάπτυξη του νέου προγράμματος σπουδών. Στη Σχολή ΜΜΜ αποδείχτηκε καθοριστική η ύπαρξη ενός πρώτου βήματος, της «περιβάλλουσας» των αποδεκτών λύσεων. Η «περιβάλλουσα» αυτή (συνολικός αριθμός μαθημάτων, γενική διάρθρωση μαθημάτων κορμού-κατευθύνσεων-δεξαμενής κ.λπ.) αποδείχθηκε πολύτιμη στη συγκράτηση της διαδικασίας στις «ράγες», όταν φθάναμε σε θέματα μικρότερης, ίσως, σημασίας αλλά υψηλής τριβής, όπως, για παράδειγμα, η αιτιολογημένη αλλαγή ή και η κατάργηση ενός μαθήματος ώστε να δοθεί χώρος και το απαραίτητο οξυγόνο στα αναδυόμενα πεδία.



Διάγραμμα 1. Μεθοδολογία διαμόρφωσης του νέου Π.Π.Σ. της Σχολής Μ.Μ.Μ.

Η Δ΄ Φάση μοιάζει απλούστερη (ενώ στην πράξη συχνά δεν είναι), αφού συνιστά την αποδοχή μια νέας πρότασης προγράμματος σπουδών από το εξωτερικό περιβάλλον, είτε αυτό αφορά στις άλλες Σχολές του ΕΜΠ με τις οποίες υπάρχουν επικαλύψεις αντικειμένων είτε στο χώρο των μηχανικών και το ΤΕΕ.

Στο παρόν άρθρο δίνεται έμφαση στην ανάλυση αυτών των φάσεων και στα συμπεράσματα που προκύπτουν με γενικότερο ενδιαφέρον. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονισθεί η πολλαπλώς ευεργετική επίδραση που είχαν στη διαμόρφωση του προγράμματος σπουδών οι δύο παράλληλες δράσεις της Σχολής.

Η πρώτη αφορά στη συστηματική έρευνα πάνω στην ιστορία και τη φυσιογνωμία της Σχολής και ευρύτερα του κλάδου που υπηρετεί. Χαρακτηριστικά θέματα που οδήγησαν σε εξαιρετικές εκδηλώσεις, αλλά και σχετικές εκδόσεις της Σχολής (Σχολή ΜΜΜ 2017, Σχολή ΜΜΜ 2019α, Σχολή ΜΜΜ 2019β, Σχολή ΜΜΜ 2020α), υπήρξαν τα 70χρονα της Σχολής, η αναζήτηση της ταυτότητας των μεταλλωρύχων μέσα από την τέχνη (σε δύο εκδηλώσεις, μια για τους μεταλλωρύχους του κόσμου και μια για τους Έλληνες μεταλλωρύχους), η εκδήλωση για τη γυναίκα μηχανικό του κλάδου, η εκδήλωση για τα «εξωτικά» πεδία έρευνας στα οποία συμβάλλει η Σχολή, οι με διαφορετικό περιεχόμενο κάθε φορά εκδηλώσεις για την Αγία Βαρβάρα κ.λπ. Ο πλούτος και το περιεχόμενο αυτών των εκδηλώσεων δεν οδήγησαν μόνο σε μια ενίσχυση της ταυτότητας της Σχολής αλλά και σε επεξεργασίες για τη φυσιογνωμία της που αποδείχτηκαν πολύτιμες στο νέο πρόγραμμα σπουδών, όπως ότι ο απόφοιτος της Σχολής είναι ο «μηχανικός του πρώτου κρίκου», ο «μηχανικός της γης», ότι η Σχολή ΜΜΜ είναι η Σχολή των extremes τόσο στον τομέα της έρευνας όσο, και κυρίως, στον τομέα της παραγωγής κ.λπ.

Η δεύτερη αφορά στη συνεχή επικοινωνία και διάδραση της Σχολής με τον παραγωγικό κλάδο αλλά και τις αδελφές Σχολές, κυρίως σε επίπεδο Ευρώπης. Έτσι, η Σχολή είχε την απαραίτητη επικοινωνία και ανατροφοδότηση, σε διεθνές επίπεδο, τόσο με τον τομέα της παραγωγής όσο και με τους προβληματισμούς σε επίπεδο ανώτατης εκπαίδευσης στον κλάδο μας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εκδηλώσεων αυτής της αμφίδρομης σχέσης ήταν η εκδήλωση «Raw Materials University Days – NTUA 2020», σε συνδιοργάνωση της Σχολής και του EIT Raw Materials¹ (τρέχει με συμμετοχή της Σχολής από το 2018, με συνεχή δραστηριότητα) και το διετές πρόγραμμα EnAct-SDGs², με συμμετοχή ενός δικτύου πανεπιστημίων (και συναφών σχολών), ερευνητικών ιδρυμάτων και επαγγελματιών του κλάδου των ορυκτών πρώτων υλών (ΟΠΥ), από Ελλάδα, Γερμανία, Αυστρία, Ιταλία, Πολωνία, Σλοβακία. Μάλιστα, στο πλαίσιο του προγράμματος διενεργήθηκε μεταξύ άλλων έρευνα με ερωτηματολόγια πάνω σε θέματα προγράμματος σπουδών, στην οποία συμμετείχαν 420 διδάσκοντες και σπουδαστές πανεπιστημίων, εκπρόσωποι της βιομηχανίας και επαγγελματίες από τρεις χώρες παραγωγούς ΟΠΥ (Ελλάδα, Πολωνία, Σλοβακία).

1 Υπεύθυνη η Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Μ. Ταξιάρχου

2 Υπεύθυνη η Καθηγήτρια Α. Αδάμ

3. Το υπόβαθρο των αλλαγών

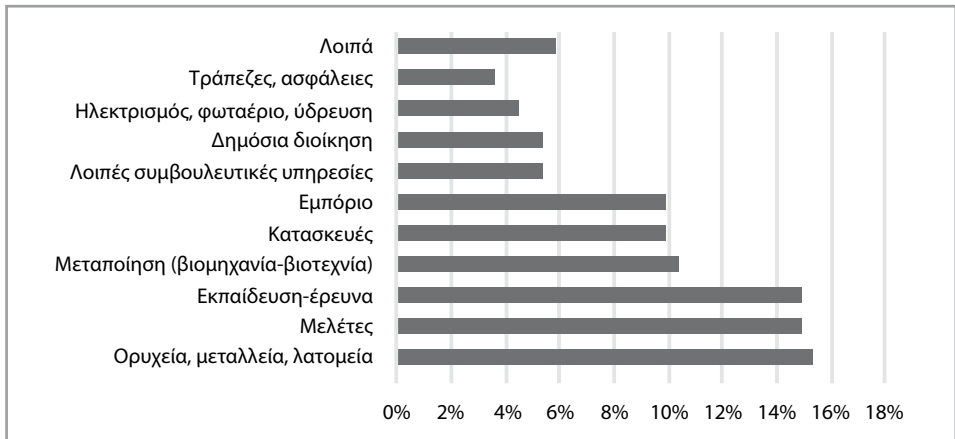
Τρία ήταν τα βασικά πεδία τα οποία τροφοδότησαν τη συζήτηση με πολύτιμα συμπεράσματα για τα νέο πρόγραμμα σπουδών.

Το πρώτο αφορά στη μελέτη της ιστορικής εξέλιξης και της φυσιογνωμίας της Σχολής. Η Επιτροπή για την Ιστορική Τεκμηρίωση της Σχολής³ έκανε εξαιρετική δουλειά. Με αντικειμενική ανάλυση, χωρίς ωραιοποιήσεις και «στρογγυλέματα» αλλά και χωρίς μεμψιμοιρίες και μηδενισμούς. Μέσα από τη συστηματική μελέτη παλαιών πρακτικών, βιογραφικών στοιχείων κομβικών προσώπων στην ιστορική διαδρομή της Σχολής και με συλλογή, κομμάτι-κομμάτι, ιστορικών τεκμηρίων, εκτός από τα πολύτιμα συμπεράσματα που προέκυψαν, η δουλειά της Επιτροπής άλλαξε ριζικά τη σχέση της Σχολής με την ιστορία της. Το βασικό συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε η έρευνα ήταν ότι η Σχολή ΜΜΜ γεννήθηκε και αναπτύσσεται με στόχο να καλύψει επιστημονικά τον πρώτο «κρίκο», από τον οποίο εκκινεί κάθε παραγωγική αλυσίδα. Όχι μόνο ως προς τις πρώτες ύλες, αλλά και ως προς την απαιτούμενη ενέργεια. Ακόμη και όταν ο «κρίκος» αυτός δεν είναι ευδιάκριτος, δεν παύει να υπάρχει. Ποτέ δεν χάνει την κεφαλαιώδη σημασία του. Είναι χαρακτηριστική, εξάλλου, η ρήση του διάσημου φυσικού Max Planck, ο οποίος είπε: «...Η εξορυκτική δραστηριότητα δεν είναι τα πάντα, αλλά χωρίς εξορυκτική δραστηριότητα όλα είναι τίποτα...» (“Mining is not everything but without mining everything is nothing”) (Dubinski 2013).

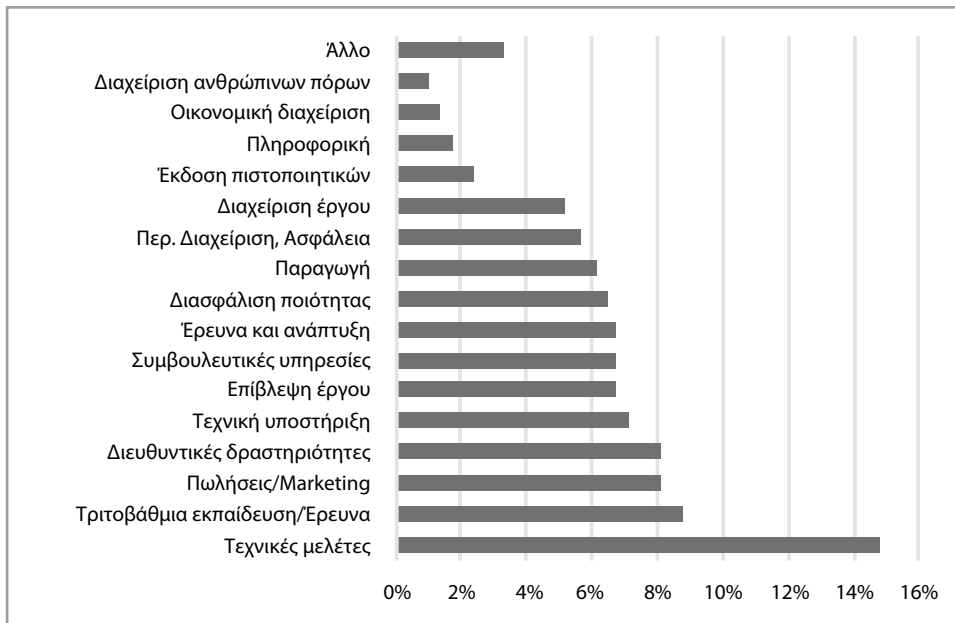
Το δεύτερο πεδίο έρευνας αποτελούσε το προφίλ του σύγχρονου Μηχανικού Μεταλλείων – Μεταλλουργού. Ποιοι είναι οι τομείς απασχόλησης του αποφοίτου της Σχολής σήμερα, ποιες είναι οι μαθησιακές απαιτήσεις στους τομείς αυτούς και πόσο ανταποκρίνεται η Σχολή σε αυτούς, ήταν τα κρίσιμα ερωτήματα της έρευνας. Η πιο πρόσφατη έρευνα επί του πεδίου αυτού έγινε στο πλαίσιο διπλωματικής εργασίας (Κωνσταντινίδης 2017), σε συνεργασία με το Γραφείο Διασύνδεσης - Εξυπηρέτησης Φοιτητών & Νέων Αποφοίτων του Ε.Μ.Π., το οποίο παραχώρησε τα δεδομένα του δείγματος για την περίοδο 2002-2010 (128 ερωτηματολόγια). Η έρευνα για την επαγγελματική φυσιογνωμία του Διπλωματούχου Μηχανικού Μεταλλείων – Μεταλλουργού πραγματοποιήθηκε σε αποφοίτους της Σχολής ΜΜΜ της περιόδου 1995-2010. Πραγματοποιήθηκε μέσω τηλεφωνικών συνεντεύξεων με χρήση ερωτηματολογίου σε δείγμα 239 ατόμων (27,1% του υπό εξέταση πληθυσμού). Η έρευνα, αν και σε κάποια απόσταση από το παρόν (πραγματοποιήθηκε το 2017), έδωσε πολύτιμα αποτελέσματα στα κρίσιμα ερωτήματα. Στο παρόν άρθρο αναφέρονται, ενδεικτικά, τα κάτωθι:

Στην έρευνα αποδείχθηκε η πολύπλευρη φύση της σημερινής πραγματικότητας του αποφοίτου της σχολής, αλλά, εμμέσως, και του μηχανικού γενικότερα.

3 Η Επιτροπή για την Ιστορική Τεκμηρίωση της Σχολής αποτελείται από τον Καθ. Κ. Τσακαλάκη (Υπεύθυνος), την Καθ. Η. Χαλικιά, την Καθ. Μ. Μενεγάκη, και τον Α. Κούρτη, μέλος ΕΔΙΠ.

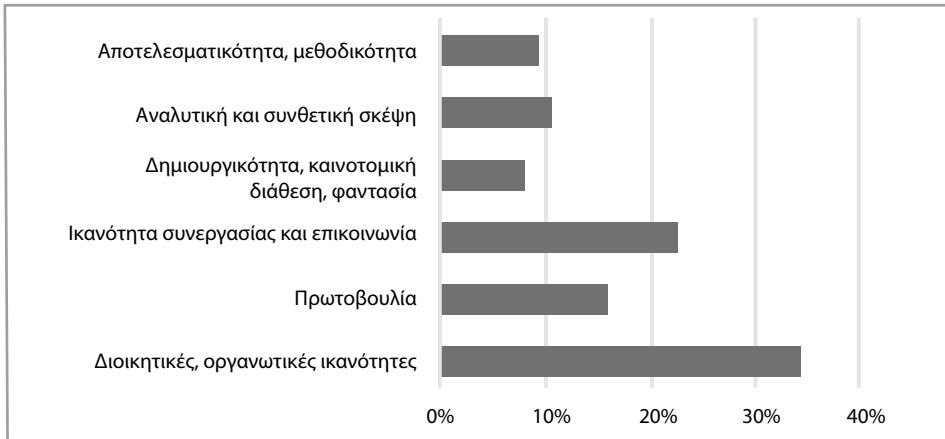


Διάγραμμα 2. Σημαντικότεροι κλάδοι απασχόλησης των αποφοίτων της Σχολής MMM



Διάγραμμα 3. Σημαντικότεροι τομείς αρμοδιοτήτων των αποφοίτων της Σχολής MMM

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 2, υπάρχει μεγάλη διασπορά στους κλάδους απασχόλησης, με το 15,3% των MMM του δείγματος να εργάζεται σε επιχειρήσεις/οργανισμούς του κλάδου των ορυχείων (μεταλλεία, λατομεία). Αντίστοιχα, σημαντικά ποσοστά απασχόλησης εμφανίζονται στον κλάδο των μελετών, αλλά και στην έρευνα και την εκπαίδευση. Ακολουθούν η μεταποίηση, ο κλάδος των κατασκευών και το εμπόριο και σε μικρότερα ποσοστά σε άλλους τομείς (Διάγραμμα 2).



Διάγραμμα 4. Σημαντικά πρόσθετα χαρακτηριστικά, απαραίτητα, κατά τους ερωτώμενους, για την επαγγελματική εξέλιξη.

Κατά το διάστημα διεξαγωγής της έρευνας, το 88,3% του δείγματος δήλωσε ότι εργαζόταν, το 2,1% ότι ήταν ανενεργοί και το 9,6% ότι ήταν άνεργοι, και μάλιστα σε σημαντικό ποσοστό βρισκόταν σε κατάσταση μακροχρόνιας ανεργίας. Ένα σημαντικό ποσοστό (12,5%) των ΜΜΜ της περιόδου αυτής απασχολείται στο εξωτερικό. Είναι σημαντικό, πάντως, να σημειωθεί ότι η απασχόληση στο εξωτερικό για τους αποφοίτους της Σχολής είναι μια από τις εναλλακτικές του επαγγέλματος πολλά χρόνια τώρα, πολύ πριν από την εκδήλωση της κρίσης. Τέλος, μόνο το 1/4 των ερωτώμενων δήλωσε ότι παραμένουν σήμερα σε αυτή που υπήρξε η πρώτη τους απασχόληση. Στους υπολοίπους, το μέσο πλήθος προηγούμενων θέσεων εργασίας είναι 3, στοιχείο που δείχνει σημαντική κινητικότητα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το Διάγραμμα 3 σε σχέση με τους τομείς αρμοδιοτήτων των αποφοίτων της Σχολής, στο οποίο διακρίνεται μια ισχυρή παρουσία αντικειμένων που αφορούν θέματα διαχείρισης και διοίκησης, πέραν του κλασικού ρόλου στην παραγωγή και την επίβλεψη έργου.

Τέλος, όσον αφορά στα χαρακτηριστικά, πλέον της επιστημονικής και τεχνικής κατάρτισης, τα οποία θεωρούν ως τα πιο σημαντικά για την επαγγελματική τους εξέλιξη, οι ερωτώμενοι θεωρούν τις διοικητικές – οργανωτικές ικανότητες, ακολουθούμενες από την ικανότητα συνεργασίας και επικοινωνίας, την ανάπτυξη πρωτοβουλίας, την αναλυτική και συνθετική σκέψη κ.λπ. (Διάγραμμα 4).

Το τρίτο πεδίο έρευνας, και ίσως το πλέον κρίσιμο, αφορά στις αλλαγές στην κοινωνία και στον κλάδο, υπό το φως της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης, και τις αναγκαίες προσαρμογές στο περιεχόμενο σπουδών της ΣΜΜΜ. Η ανάλυση πραγματοποιήθη-

κε μέσα από τη λειτουργία Επιτροπής Στρατηγικής και Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών⁴.

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της επιτροπής οι διάφοροι επιστημονικοί και τεχνολογικοί κλάδοι θα συνεχίζουν να εξελίσσονται, όμως οι μεγάλες τομές, στο μέλλον, θα πραγματοποιηθούν στις διεπιφάνειες των επιστημονικών κλάδων. Επίσης, φαίνεται ότι τέσσερις μεγάλες, σε εξέλιξη, τεχνολογικές επαναστάσεις (Nano-Bio-Info-Cogno), οι οποίες μάλιστα τείνουν να συγκλίνουν, διαμορφώνοντας τις προϋποθέσεις μιας μεγα-τεχνολογικής επανάστασης, αυτό που ονομάζεται 4η Βιομηχανική Επανάσταση, θα διαπεράσουν οριζόντια όλους τους επιστημονικούς κλάδους. Είναι, επίσης, γενικά αποδεκτό ότι είναι τέτοια η ταχύτητα των εξελίξεων στο πλαίσιο της 4ης Β.Ε, που θα μπορούν να την παρακολουθήσουν μόνο όσοι βρίσκονται στο πρώτο μέτωπο, όσοι τη συνδιαμορφώνουν.

Η Σχολή ΜΜΜ, όντας με γονιδιακό τρόπο, «εκ κατασκευής», σε επαφή με τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις, έχει ήδη κινηθεί προς την κατεύθυνση αυτή, τουλάχιστον στους τρεις από τους τέσσερις τομείς των τεχνολογιών αυτών. Υπήρξαμε από τους πρώτους που ενσωματώσαμε την Πληροφορική στο περιεχόμενο των σπουδών μας. Είναι μάλλον λιγότερο γνωστό ότι, εξαιτίας αυτής της στενής σχέσης μεταλλευτικής και πληροφορικής, κάποιες από τις ιστορικές μεταλλευτικές σχολές μετεξελίχθηκαν προς αυτή την κατεύθυνση, όπως αρκετές από τις Grand Écoles des Mines. Στο πλαίσιο αυτό, το Σύμφωνο Συνεργασίας της Σχολής με την Ένωση Σχολών Πληροφορικής και Μεταλλευτικής⁵ της Γαλλίας έχει ιδιαίτερη σημασία. Επίσης, εδώ και πολλά χρόνια η Σχολή έχει αναπτύξει εκτενή ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα Βιοτεχνολογίας, τόσο σε εφαρμογές Περιβαλλοντικής Μηχανικής όσο και Μεταλλουργίας. Τέλος, περισσότερο από δέκα χρόνια πριν, η Σχολή έκανε μια κίνηση στρατηγικής σημασίας. Πραγματοποίησε μια μεγάλη επένδυση στη Νανοτεχνολογία με τη δημιουργία του «Κέντρου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας», η οποία έχει αναδείξει τη Σχολή σε κομβικό κέντρο Νανοτεχνολογίας στο Ε.Μ.Π. και στην Ελλάδα γενικότερα. Επομένως, η Σχολή είναι σε θέση να ανέβει ψηλότερα ιππεύοντας τα κύματα των μεγάλων επαναστάσεων του καιρού μας. Αρκεί έγκαιρα να βαθύνει την ουσιαστική και οργανική σχέση της με αυτά.

Όσον αφορά στους στρατηγικούς τομείς ανάπτυξης της Σχολής η Ε.Σ.Π.Π.Σ, μετά από ενδελεχή μελέτη και κριτήρια α) να αναδεικνύονται ως κεντρικές προκλήσεις του κλάδου και β) να απαιτούν κοινή δράση μεταξύ των τομέων και των κατευθύνσεων πρότεινε να είναι η Ενέργεια, η Κυκλική Οικονομία και το Περιβάλλον με έμφαση στην Κοινωνική Αποδοχή του κλάδου.

4 Η σύνθεση της Επιτροπής Στρατηγικής και Προπτυχιακού Προγράμματος σπουδών όταν πραγματοποιήθηκε η σχετική έρευνα ήταν: Καθ. Δ. Καλιαμπάκος, Κοσμήτορας (Υπεύθυνος), Καθ. Δ. Πάνιας, Καθ. Θ. Ροντογιάννη, Καθ. Γ. Φούρλαρης, Αν. Καθ. Δ. Δαμίγος, Αν. Καθ. Π. Νομικός, Αναπ. Καθ. Ε. Ρεμουντάκη, Αναπ. Καθ. Κ. Λουπασάκης, Επίκ. Καθ. Σ. Παπαευθυμίου, Δ. Λαμπράκης, μέλος ΕΔΙΠ και Ε. Χριστοδούλου, μέλος ΕΤΕΠ.

5 Institut Mines-Télécom (<http://www.imt.fr/en/>).

4. Οι στρατηγικές επιλογές

Με την απόφαση της 08/10/2018 της Γ.Σ. της Σχολής διαμορφώθηκαν οι συγκεκριμένες κατευθύνσεις για το νέο Π.Π.Σ. πρόγραμμα σπουδών, σε τρία επίπεδα.

Πιο συγκεκριμένα, τέθηκαν ως στόχοι του:

- η βελτίωση της συμβολής της Σχολής στα κρίσιμα προβλήματα της ελληνικής κοινωνίας,
- η αναγνώριση και καταξίωση του διευρυμένου ρόλου του διπλωματούχου ΜΜΜ στο σύγχρονο κοινωνικό και οικονομικό περιβάλλον,
- η ενθάρρυνση της συμμετοχής των φοιτητών στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Ως αφετηριακές αρχές τέθηκαν:

- Οι πενταετούς διάρκειας σπουδές στη Σχολή οδηγούν σε ενιαίο και αδιάσπαστο τίτλο σπουδών μεταπτυχιακού επιπέδου (integrated master) στην ειδικότητα του Μηχανικού Μεταλλείων – Μεταλλουργού.
- Το σύνολο των επαγγελματικών δικαιωμάτων που είναι κατοχυρωμένα ή διεκδικεί η Σχολή απορρέουν από την κτήση του πτυχίου και συνδέονται μόνο με αυτό.
- Το Π.Π.Σ. στηρίζεται σε ένα ισχυρό υπόβαθρο βασικών επιστημών Μηχανικού που επιτρέπει στον απόφοιτο να παρακολουθεί τις επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις του κλάδου και «θωρακίζει» σε ένα βαθμό το πτυχίο, σε μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα, από τη σχετικά ταχεία απαξίωση των υπερεξειδικευμένων γνώσεων.
- Οι κατευθύνσεις της Σχολής είναι ισότιμες και αντιμετωπίζονται με ίδια βαρύτητα στο Π.Π.Σ. της Σχολής. Όλα τα μαθήματα της Σχολής παίζουν σημαντικό ρόλο και δεν νοείται διάκρισή τους από την τυπική θέση τους στο Π.Π.Σ. (π.χ. «κορμού» ή «κατεύθυνσης», «υποχρεωτικό» ή «επιλογής» κ.λπ.)
- Η Πρακτική Άσκηση είναι θεμελιώδης και οργανικό τμήμα του Π.Π.Σ. της ΣΜΜΜ. Η έγκαιρη και ουσιαστική επαφή με την παραγωγική διαδικασία αποτελεί όχι μόνο πολύτιμο ιστορικό κεκτημένο της Σχολής αλλά και βασικό στοιχείο του νέου Π.Π.Σ..
- Ο εκπαιδευτικός φόρτος πρέπει να είναι εύλογος και η εκπαιδευτική διαδικασία αποτελεσματική, χωρίς εξαντλητικά ωράρια σπουδών ή σημαντικές καθυστερήσεις στη διάρκεια σπουδών.

Ως ειδικές κατευθύνσεις τέθηκαν:

- Η ενίσχυση της διεπιφάνειας, της στενότερης συνεργασίας και της «ώσμωσης» μεταξύ των Κατευθύνσεων.
- Ως τομείς έμφασης για τη Σχολή αναδείχθηκαν οι τομείς της Ενέργειας, της Κυκλικής Οικονομίας και του Περιβάλλοντος.
- Η αντιμετώπιση χρονιζουσών παθογενειών όπως, για παράδειγμα, οι επικαλύψεις στην ύλη μαθημάτων.
- Η εισαγωγή νέων αντικειμένων που η εξέλιξη στην επιστήμη, στην τεχνολογία και, κυρίως, στη διαμόρφωση των κοινωνικών αναγκών επιτάσσει.

- Η ανανέωση και επικαιροποίηση των συγγραμμάτων και των διδακτικών βοηθημάτων, καθώς και ο εκσυγχρονισμός της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

5. Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών

Όπως αναφέρθηκε, σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματική ολοκλήρωση της διαμόρφωσης του νέου προγράμματος σπουδών έπαιξε ένα ενδιάμεσο βήμα: με την απόφαση της ΓΣ της 13.05.2019, στη βάση ενός αρχικού νέου Π.Π.Σ. προγράμματος σπουδών, προσδιορίστηκε ο συνολικός αριθμός των μαθημάτων (55) καθώς και η συνολική διάρθρωση: 34 μαθήματα κορμού, 8 κατ' επιλογή κορμού μέσα από μια λίστα μαθημάτων υψηλής επιλεξιμότητας, 10 μαθήματα κατευθύνσεων, με ελάχιστο αριθμό υποχρεωτικών μαθημάτων τα 5 για την επιλεγείσα κατεύθυνση. Έτσι, διαμορφώθηκε μια περιβάλλουσα λύσεων, η οποία επέτρεπε μεγάλη ευελιξία αλλά που ταυτόχρονα ωθούσε κάθε συγκεκριμένη συζήτηση επί των μαθημάτων και του περιεχομένου τους στην επιλογή «αυτού, έναντι εκείνου», τη μόνη που δεν οδηγεί σε πληθωριστικά και εν τέλει αντιεκπαιδευτικά αποτελέσματα (όπως, για παράδειγμα, αυτή που ξεκινά από το ερώτημα «τι είναι εν γένει χρήσιμο;»).

Επίσης, με την απόφαση της ΓΣ της 17/02/18, των αποφάσεων της Συγκλήτου (συνεδριάσεις 2/02-03-2021 και 9/21-12-2022) και της υπουργικής απόφασης 40753/Ζ1 (ΦΕΚ 2291/Β/06-04-2023) έγινε η μετονομασία της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών σε Σχολή Μεταλλειολόγων-Μεταλλουργών Μηχανικών, την ιστορική της ονομασία, για τους λόγους που αναφέρονται στη σχετική εισήγηση⁶ (Σχολή ΜΜΜ, 2020β).

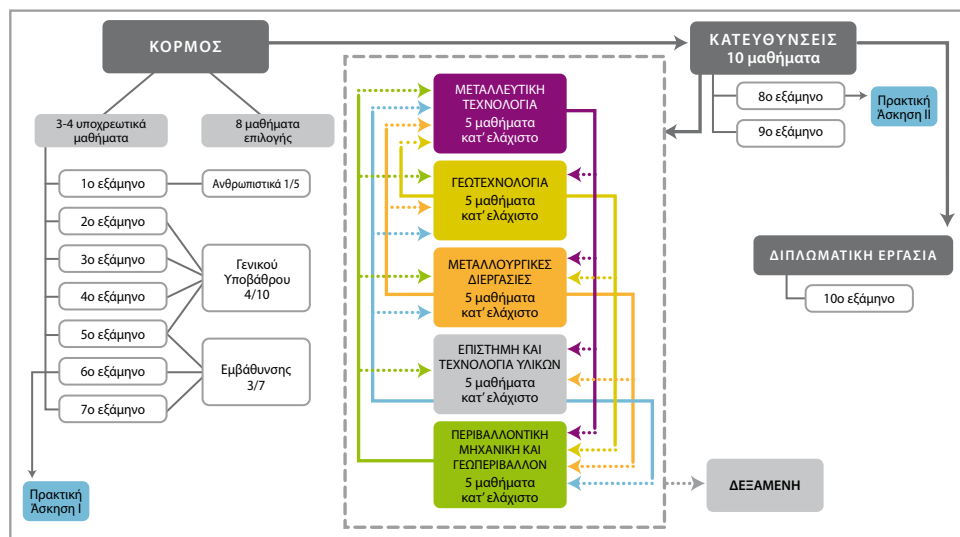
Το νέο πρόγραμμα σπουδών δίνεται σχηματικά στο Διάγραμμα 5.

Κάποιες βασικές παρατηρήσεις επί του νέου Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών είναι:

- Πρόκειται για μια βαθιά αναμόρφωση του Προγράμματος Σπουδών, με έμφαση στο περιεχόμενο των μαθημάτων και όχι στη διάρθρωση του προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα, εισάγονται 45 νέα μαθήματα (34%), σε ακόμη 37 μαθήματα (28%) έχει γίνει σημαντική αλλαγή στο περιεχόμενο ή και στην ονομασία του μαθήματος, ενώ διατηρούνται κατά βάση ως έχουν 51 μαθήματα (38%).
- Πραγματοποιήθηκε ένας εξορθολογισμός του συνολικού αριθμού των μαθημάτων (συνολικά 55 μαθήματα, μείωση κατά 6 μαθήματα), ο οποίος είχε θετική επίδραση και στον εβδομαδιαίο αριθμό διδακτικών ωρών (ο μέσος όρος εβδομαδιαίως είναι λίγο πιο κάτω από τις 25 ώρες). Ταυτόχρονα, διευρύνονται οι επιλογές των φοιτητών (αυξάνεται ο συνολικός αριθμός των μαθημάτων από 116 σε 133) με στόχο την κάλυψη των ιδιαίτερων ενδιαφερόντων των φοιτητών και των φοιτητριών της Σχολής, εντός του επιστημονικού και τεχνολογικού πεδίου της.

6 https://www.metal.ntua.gr/wp-content/uploads/2020/01/eisigisi_gia_tin_onomasia_tis_sxolis.pdf

- Ενισχύθηκε ποιοτικά ο κορμός μέσω της εισαγωγής κρίσιμων επιστημονικών πεδίων που έλειπαν (υδρογεωλογία, τρόποι παραγωγής ενέργειας, οικονομικά για μηχανικούς κ.λπ.) και του εκσυγχρονισμού άλλων (για παράδειγμα, το πεδίο των μαθημάτων πληροφορικής αναμορφώθηκε πλήρως με την εισαγωγή μαθήματος για την τεχνητή νοημοσύνη, προγραμματισμού σε Python και μαθήματος GIS).
- Αναβαθμίζονται τα μαθήματα των ανθρωπιστικών σπουδών, με εισαγωγή νέων επιλογών. Ειδική σημασία για τη Σχολή έχει η αναδιοργάνωση και αναβάθμιση της σημασίας του μαθήματος Διαχρονική Εξέλιξη της Μεταλλευτικής και της Μεταλλουργίας, στην οποία εισάγονται και στοιχεία για την ιστορία της Σχολής και τη συμβολή της στην αντιμετώπιση των κοινωνικών αναγκών και την ανάπτυξη της χώρας αλλά και για τον κοινωνικό ρόλο του μηχανικού.
- Η μεγαλύτερη συνεργασία και ώσμωση των κατευθύνσεων επιτυγχάνεται με την εισαγωγή μαθημάτων που αφορούν περισσότερες της μιας κατεύθυνσης (π.χ. τα ενεργειακά μαθήματα, τα νέα μαθήματα περιβάλλοντος), με την ενίσχυση της δεξαμενής με ενδιαφέροντα αντικείμενα ώστε να ανοίγουν νέοι ορίζοντες κ.λπ.
- Οι ειδικές κατευθύνσεις υλοποιήθηκαν τόσο μέσω του εκσυγχρονισμού του περιεχομένου των μαθημάτων όσο και με την εισαγωγή νέων (π.χ. ενίσχυση της ενεργειακής φυσιογνωμίας της Σχολής με τρία νέα ενεργειακά μαθήματα, μάθημα για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την κυκλική οικονομία, νέο μάθημα δευτερογενούς μεταλλουργίας για την ανάκτηση μετάλλων, νέο μάθημα βιοτεχνολογίας, νέο μάθημα νανοτεχνολογίας, εισαγωγή αντικειμένων ρομποτικής και τρισδιάστατης εκτύπωσης, μάθημα φυσικών καταστροφών και γεωκινδύνων κ.λπ.).



Διάγραμμα 5. Το νέο Πρόγραμμα Προπτυχιακών Σπουδών της Σχολής MMM

- Έγιναν σημαντικά βήματα στην κατεύθυνση της ελάφρυνσης του προγράμματος από τις περιττές επαναλήψεις που υπήρχαν σε αρκετά μαθήματα. Η προσπάθεια για έναν καλύτερο σχεδιασμό των μαθημάτων, με προσανατολισμό σε θεμελιώδεις γνώσεις και βασικές εφαρμογές πρέπει να συνεχιστεί. Εδώ, επίσης, εντάσσεται και το ζήτημα του εκσυγχρονισμού των διδακτικών βοηθημάτων, το οποίο πρέπει να αποτελέσει τον αμέσως επόμενο σημαντικό εκπαιδευτικό στόχο της Σχολής.
- Η απελευθέρωση χρήσιμου εκπαιδευτικού χώρου, ειδικά στα μεγαλύτερα εξάμηνα, όπου οι ώρες διδασκαλίας πέφτουν κάτω από τις 20, είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί για τη διεύρυνση των μορφωτικών αλλά και των επαγγελματικών οριζόντων των φοιτητών μας. Προτείνεται η θεσμοθέτηση ανοιχτών σεμιναριακών μαθημάτων ή και διαλέξεων, χωρίς υποχρέωση εξέτασης, με στόχο την κάλυψη επίκαιρων, αναδυόμενων ή ειδικών θεμάτων, τα οποία ενδέχεται να αποκτήσουν μεγάλη βαρύτητα και τα οποία προς το παρόν δεν έχουν ακόμη θέση στο τυπικό Π.Π.Σ. Σε μια τέτοια εκπαιδευτική δραστηριότητα μπορούν να ενταχθούν και μαθήματα που ενισχύουν ειδικές δεξιότητες (soft skills) π.χ. η συγγραφή μιας τεχνικής εργασίας, η προετοιμασία των παρουσιάσεων κ.λπ.

6. Συμπεράσματα

Η ΣΜΜΜ ολοκλήρωσε το εκπαιδευτικό έτος 2020-2021 και εφαρμόζει από το εκπαιδευτικό έτος 2021-2022 ένα νέο προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών. Πρόκειται για τη βαθύτερη τομή που έχει πραγματοποιηθεί στο πρόγραμμα σπουδών στην ιστορία της Σχολής, με σημαντικές αλλαγές σε περισσότερα από το 60% των μαθημάτων. Το βάθος της ανανέωσης αποκτά τις πραγματικές του διαστάσεις αν συνεκτιμηθεί το γεγονός ότι αυτή πραγματοποιήθηκε στον πυρήνα ενός προγράμματος, δηλαδή στο *περιεχόμενο* του και όχι στη *διάρθρωση*, όπου συχνά, και συνήθως αντιπαραγωγικά, εξαντλείται η συζήτηση για τον εκσυγχρονισμό των προγραμμάτων σπουδών.

Δεν είναι χωρίς σημασία ότι αυτή η αλλαγή πραγματοποιήθηκε σε καιρούς «χαμηλών πτήσεων», εν μέσω μιας βαθύτατης κοινωνικής κρίσης, ενώ ολοκληρώθηκε εν μέσω πανδημίας. Αυτό σημαίνει ότι η Σχολή αντέδρασε με τον καλύτερο τρόπο στο περιρρέον κλίμα ηττοπάθειας και αδράνειας: βάζοντας και υλοποιώντας φιλόδοξους στόχους.

Η διαφάνεια και η ευρύτατη συμμετοχή στη διαδικασία υπήρξαν «κλειδιά» για την επιτυχή ολοκλήρωσή της. Η σχετική ιστοσελίδα της Σχολής περιλαμβάνει τις αποφάσεις των συλλογικών οργάνων της για την αναμόρφωση του Π.Π.Σ. σε κάθε φάση, βοηθητικά αρχεία, προτάσεις για το νέο Π.Π.Σ., στατιστικά στοιχεία και forum διαλόγου. Συνολικά, η ΓΣ της Σχολής είχε ως θέμα το νέο Π.Π.Σ. 10 φορές, ενώ η Ε.Σ.Π.Π.Σ. συνεδρίασε 25 φορές. Όλες οι διαδικασίες που αφορούν στο νέο Π.Π.Σ. ήταν ανοιχτές σε όλα τα μέλη της κοινότητας της Σχολής. Ο φοιτητικός σύλλογος είχε ενεργή συμμετοχή σε κάθε φάση της διαδικασίας, τόσο σε επίπεδο γενικών κατευθύνσεων όσο και με συγκεκριμένες προτάσεις που, συχνά, έδιναν λύσεις σε δύσκολα προβλήματα.

Ένα ισχυρό πλεονέκτημα της διαδικασίας υπήρξε η σωστή αξιοποίηση του χρόνου για την ωρίμανση των ιδεών. Κυρίως, όμως, βοήθησε το γεγονός ότι δεν υπήρχε, πέραν των γενικά αποδεκτών αφηγηριακών αρχών, κάποια προαποφασισμένη λύση προς επιβεβαίωση. Αυτό ήταν ορατό από όλους. Αυτό έδωσε την απαραίτητη αξιοπιστία και αυθεντικότητα στην προσπάθεια οικοδόμησης του νέου Π.Π.Σ., δίνοντας ουσιαστικό ρόλο σε όλους και αποφεύγοντας την πόλωση, μια κακοδαιμονία που εύκολα καταστρέφει κάθε συζήτηση.

Προφανώς, δεν ήταν όλα «καλώς καμωμένα». Για παράδειγμα, ο συνολικός χρόνος που διατέθηκε στην προσπάθεια ήταν μεγάλος. Η επόμενη προσπάθεια μπορεί και πρέπει να ξεκινήσει νωρίτερα και να πραγματοποιηθεί σε συντομότερο χρονικό διάστημα, αξιοποιώντας και την υφιστάμενη εμπειρία. Ούτε η διαδικασία υπήρξε πάντα γραμμική, ανέφελη και χωρίς δυσεπίλυτους «κόμπους». Όμως, στα δύσκολα, η αίσθηση ότι αν δεν προχωρήσουμε σε αλλαγές, θα είναι μια κοινή αποτυχία για όλους στη Σχολή, ενεργοποιούσε ένα σωτήριο ένστικτο αυτοσυντήρησης που βοηθούσε στην επιλογή των κατάλληλων λύσεων.

Η ολοκλήρωση της προσπάθειας σε κλίμα γενικής αποδοχής, με ομόφωνη απόφαση της Γενικής Συνέλευσης και σύμφωνη γνώμη του φοιτητικού συλλόγου, είναι ένα σοβαρό κεκτημένο. Η Σχολή, έχοντας ένα ολοκαίνουριο πρόγραμμα σπουδών έχει κάθε λόγο να αντιμετωπίζει με αυτοπεποίθηση και αισιοδοξία τις προκλήσεις του μέλλοντος.

Βιβλιογραφία

- Κωνσταντινίδης, Ι., «Έρευνα αγοράς αποφοίτων Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών», Διπλωματική εργασία, επιβλέπων καθηγητής Δ. Δαμίγος Αν. Καθηγητής, 2017, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Σχολή ΜΜΜ, «Μεταλλωρύχοι: Ιχνηλατώντας την ταυτότητά τους μέσα από την τέχνη», 2019α, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Σχολή ΜΜΜ, «Η γυναίκα μηχανικός: Κατακτώντας τη θέση της σε έναν δύσκολο κόσμο», 2019β, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Σχολή ΜΜΜ, «2.500 χρόνια από τη Ναυμαχία της Σαλαμίνας. Τα μεταλλεία του Λαυρίου και η νίκη των Ελλήνων», 2020α, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Σχολή ΜΜΜ, «70 χρόνια Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών. Ιστορική αναδρομή και προοπτικές», 2017, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Σχολή ΜΜΜ, «Εισήγηση για την ονομασία της Σχολής», 2020β, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Dubinski, J., "Sustainable Development of Mining Mineral Resources", Journal of Sustainable Mining, Volume 12, Issue 1, p.p. 1-6, 2013
- Kamp, A., "Engineering Education in the Rapidly Changing World. Rethinking the Vision for Higher Engineering Education", Second Revised Edition, Delft University of Technology, Faculty of Aerospace Engineering, 2016, The Netherlands.

Abstract

The foundations for the changes in the undergraduate curriculum (U.C.) of the School of Mining and Metallurgical Engineering (SMMM) were laid after the systematic analysis of the impact of the ongoing 4th Industrial Revolution (I.R.) both on the sector and on the respective subjects treated by the School. It has been established that the speed of change is such that only those who co-create 4th I.R. can effectively follow it. Moreover, that the social footprint of it is not a priori positive. At the same time, the challenges, that the education of engineers is facing at an international level were recorded, as the world is rapidly transforming, creating an environment with strong characteristics of variability, uncertainty, complexity and ambiguity.

The paper focuses both on the content of the wide scale and depth of the changes (over 60% of the courses are new or radically changed) in the new U.C. and the process followed for its maturation in order to gain general acceptance and support. Both elements are of broader significance, since despite universal agreement with the principle that modernization of curricula is a prerequisite for any higher education institution, and especially a technical university, in practice the renewal potential at the National Technical University of Athens is very low and/or is consumed in the wrong dilemmas or in the wrong ways.

Keywords: Modernization of engineering curricula, 4th Industrial Revolution, Mineral Resources, Higher Education, National Technical University of Athens.

**The external assessment of NTUA's studies
between 1997 and 1999:
A partial retrospect of a two year long process and its follow-up**

PANAGIOTA K. ROUNI

Lecturer, Nuclear Engineering Laboratory,
School of Mechanical Engineering, National Technical University of Athens

NIKOS P. PETROPOULOS

Assistant Professor, Nuclear Engineering Laboratory,
School of Mechanical Engineering, National Technical University of Athens
e-mail: npetr@mail.ntua.gr

Abstract

In the framework of an approved self-assessment / external assessment project scheduled to last two years, from late 1997 to 1999, the Senate of the National Technical University of Athens (NTUA), during the rectorate of Professor Themistoklis Xanthopoulos, designated the Vice Rector for Financial Programming and Development Simos E. Simopoulos as the project head and invited as external reviewers: (1) Prof. N.N. Ambraseys, (2) Prof. C. Dafermos, (3) Prof. Th. Dracos, (4) Prof. R.A. Frank, (5) Prof. E.P. Gyftopoulos and (6) Dipl. Ing. K. Liaskas. This retrospect provides a summary of their external assessment report mainly with regard to studies. The summary is accompanied by follow-up comments covering the period between 2000 and 2022. This text would not be capable to accommodate and comment on all opinions and suggestions of the reviewers due to length boundary conditions. Therefore, the effort was put to report only in relation to the studies (mostly for the undergraduate level) and matters immediately connected to them. The reviewers discussion on fundamentally or even marginally external matters like the organization chart, the criteria and the methods of selection and election of staff, the funded research framework, the engineering chartering of graduates etc., were exempted from consideration. In the follow-up part, the retrospect examines if the studies related suggestions have been adopted in part or as a whole and if no, what could be the cause of this situation. In addition, the sustainability of assessment procedures for NTUA is briefly considered.

Important disclaimer: The opinions expressed in this note are those of the authors only. They do not purport to reflect the opinions or views of NTUA or its other members. Most drawn conclusions or statements made are based on the original documents produced in the assessment course and on public knowledge either societal or from within this institution.

Keywords: National Technical University of Athens, Assessment, Evaluation

1. Introduction

In late 1997, the then NTUA's Rector Professor Themistoklis Xanthopoulos^{†,2021} and the Senate of the National Technical University of Athens (NTUA) agreed to authorize, for the first time, a series of self-assessment and external assessment processes for the institution as a whole. To this end, the Senate designated as the leading responsible Professor Simos E. Simopoulos^{†,2020}, then acting head of NTUA's Committee of Undergraduate Studies and Vice Rector for Financial Programming and Development, and formed an eighteen member Working Group consisting of ten faculty members representing all NTUA's Schools¹ and eight members of NTUA's staff. Furthermore, the Senate set up an Executive Team of eight persons, in which the two authors of this retrospect were members. The project was planned to last about 24 months at a total budget of 125,000 EUR. Costs were covered by EU (75%) and Greek (25%) funds in the framework of the 2nd (European) Communities Support Framework (1994-1999). Following educated suggestions, the Senate have additionally invited as assessment external reviewers: (1) Professor N.N. Ambraseys^{†,2012} (Imperial College of Science and Technology, UK), (2) Professor C. Dafermos (Brown University, USA), (3) Professor Th. Dracos^{†,2021} (Swiss Federal Institute of Technology, Switzerland), (4) Professor R.A. Frank (Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, France), (5) Professor E.P. Gyftopoulos^{†,2012} (Massachusetts Institute of Technology, USA) and (6) Dipl. Ing. K. Liaskas^{†,2018} (President of the Technical Chamber of Greece). All gladly accepted NTUA's invitation and the associated work and challenge. In the course of the project, NTUA's Working Group came up with their assessment report identifying strengths and weaknesses and the external reviewers team submitted their opinions with regard to the potential of NTUA and any deficiencies in connection to the educational procedures and other services. It should be noted, however, that Dipl. Ing. Liaskas did not manage to follow the landmarks and the processes within the project, therefore, the outcome of the reviewers work was practically a result of only five collaborators. The reviewers work was not only based on texts and data. It was arranged that all of them visited NTUA as a team three times, in order to receive practical everyday information. Each visit was scheduled to last from at least two up to several days. All visits included a busy meetings sequence and were open, in principle, to everyone interested from within NTUA. Most of these meetings were attended by NTUA's Rector and Vice-Rectors and other high rank officials.

2. Reviewer team visits

During the first visit from March 31 to April 1, 1998, the reviewers had the opportunity to receive information on NTUA's Administration and its organization chart, the under-

1 During the project all NTUA's Schools were called "Departments"; the formal designation name was changed after the project.

graduate studies, the postgraduate studies, the lifelong education services, the research framework, the buildings infrastructure and stock, the student logistics services, and, recently received support funds (authors' note: since 1994) originating from the EU. A set of support texts on these subjects had been previously prepared by the authorized Working Group, under the oversight of Professor S.E. Simopoulos as the appointed leading responsible. In addition, the reviewers took guided tours to three of the NTUA's central units: the Library, the Computing Center and the Networks Operations Center. Furthermore, the reviewers asked to visit some of NTUA's Laboratories chosen at their will: (a) in the Civil Engineering School: the Earthquake Engineering Lab, (b) in the Mechanical Engineering School: the Aerodynamics and Hydrodynamics Lab, the Thermal Turbomachinery Lab and the Nuclear Engineering Lab, (c) in the Electrical and Computer Engineering School: the Control Systems Lab, (d) in the Mining and Metallurgical Engineering School: the General and Applied Geology Lab, (e) in the Naval Architecture and Marine Engineering School: the Naval and Sea Hydrodynamics Labs, (g) in the Rural, Survey and Geoinformatics Engineering School: the Geoinformatics Center. At the end of this visit the reviewers provided their so far feedback on the assessment project characteristics and progress.

During the second visit from October 12 to October 16, 1998, the reviewers asked to continue their tour through NTUA's Laboratories chosen at their will: (a) in the Civil Engineering School: the Harbor Engineering Lab, (b) in the Chemical Engineering School: the Design & Process Analysis Lab and the Chemical Process Engineering Lab, (c) in the Applied Mathematics and Physical Sciences School²: the Materials Strength Lab and the Physics Lab, (d) the PC-Lab of the Rural, Survey Engineering and Geoinformatics School and the Foreign Languages Center. Subsequently, the review team received updates on the project progress by Professor S.E. Simopoulos and members of the project's Executive Team. During scheduled meetings the team discussed mainly about: the NTUA's current scope (as in 1998); bylaws; pre-university training and admission procedures; undergraduate studies; courses contents review and renewal procedures; any interdisciplinary collaboration; any interdepartmental courses; any interdepartmental laboratories; any design courses; any educational seminars; the post graduate studies; research; the infrastructure; the service staff; the teaching staff; any strategic planning; the sustainability of assessment procedures for NTUA. At the end of this visit the reviewers provided their educated opinion on the provisional content of the self-assessment draft report prepared by NTUA's authorized Working Group.

During their third visit from March 11 to March 13, 1999 the reviewers finalized their comments on the then completed self-assessment report and submitted their final external assessment report. The overall impression of the reviewers, obtained during their

2 The Applied Mathematics and Physical Sciences School was formally established under this title somewhat later, in 1999; till then it was known as the "General Department".

visits to NTUA and the communications exchanged in between, was certainly positive. However, they stressed that the assessment process lacked feedback from the technical and industrial Greek community. Proactively, the NTUA's Senate had arranged so that the President of the Technical Chamber of Greece had been invited to be a member of the reviewers team, in order to provide such a feedback. However, his absence did not help.

3. Review team main opinions and suggestions on the studies

3.1 NTUA's scope

The review team agreed that NTUA's scope is adequately expressed by the phrase:

"to train and produce well - educated engineers able to contribute to the development of the country and to promote technology and science "

In retrospect: Not much could be added to this laconic phrase. It is the strong belief of the authors that NTUA remains loyal to this scope, even after all the difficulties encountered during the last twenty years.

3.2 Bylaws

The legal framework standing in 1998-1999, within which NTUA operated as publicly funded State university was made meticulously clear to the reviewers within the self assessment report prepared by the NTUA's Working Group. The framework provided some room for the Greek universities to self organize by formulating their own bylaws to be applied and followed internally. NTUA had not managed, till 1999, to produce its bylaws and the reviewers insisted that there was an urgent need for this. Should NTUA had arranged to have its own bylaws, this would had improved its internal operation, its autonomy and its relations with the State.

In retrospect: It should be noted that following this assessment project, bylaws were finally formulated and approved by the Senate and the State in year 2000. Nevertheless, between 2000 and 2022 the legal framework governing the operation of tertiary education in Greece has changed several times, rendering these bylaws outdated. Furthermore, the Greek State, in order to cover the needs of other Greek universities has provided, at some point, a generic bylaws model, deemed rather inapplicable for NTUA. Therefore, today (2022), NTUA is once more at square one and should follow the original suggestions of the review team.

3.3 Pre-university training and admission procedures

Despite that NTUA or any other Greek university do not actually have any practical influence or say on what is going on within the secondary education years, the reviewers stated the obvious: When preparing future students for tertiary education it is essential to provide them with up-to-date knowledge, avoiding, as much as possible, any specializa-

tion. With regard to engineering universities similar to NTUA, an appropriate background in mathematics, physics and chemistry is certainly necessary. In addition, the reviewers suggested that a background in biology seems also quite necessary. Furthermore, the means should be provided to cultivate personalities and capabilities for oral and written expression of own ideas, thoughts and work. These suggestions were given to deal with the inefficiencies found in the knowledge background of NTUA's first year students. These inefficiencies create problems in the implementation of the undergraduate studies programs. In fact, the reviewers found out that, during the early semesters, it is sometimes necessary for students to complement their basic knowledge at the cost of their time and the time of their professors. The reviewers also foresaw trends for relaxation of university admission procedures and thought them as counterproductive and not as methods to secure equal opportunity. It was suggested that the Greek universities should claim a right to select their students both in terms of numbers and quality. Furthermore, the admissions should be kept to a level compliant to the local needs and the Greek economy; the ratio of teaching staff to students should be maintained in acceptable ranges.

In retrospect: Practically none of these reviewers suggestions were implemented by the State between 2000-2022. NTUA did not communicate these suggestions, as such, but they had formally expressed similar statements through NTUA's Senate resolutions or interventions by Rectors, Vice-Rectors and School Deans. The main reasons for this situation are: (a) Insignificant changes in the education methods applied in secondary education despite the unavoidable and gradual introduction of Information and Communication Technology (ICT), (b) Insignificant changes in the admission system, and (c) Excessive relaxation of the admission system; admission numbers and transfer numbers were increased to a level of doubling the students entering NTUA. Most of the transfer students are admitted to NTUA on financial criteria and not on their grading by the admission system; therefore, their level of knowledge is seriously questionable. In addition, the ratio of teaching staff to students has severely deteriorated, not only due to more admissions and transfers, but also due to staff retirements and a lack of staff replenishment because of the austerity and recession situation lasting from 2007. Today (2022), NTUA, and mostly due to these externalities, is well afar the square one designated in year 2000. The original and rather simple suggestions of the review team, if followed by the State, could correct things within reasonable time.

3.4 Flexibility and inflexibility of the undergraduate studies

Junior semesters: The review team's impression was that, in general, the study program of the first year (as in 1999) needed to be amended. Courses during the first year included practically no engineering subjects. The first year seemed to the reviewers as a tool to cover basic knowledge deficiencies originating in the secondary education and the admission system. It was suggested to investigate the means to extenuate the load of the first year; the respective course schedule seemed immoderate. Courses closer

to technology and engineering should be added; technical reporting and analysis as well as cost analysis subjects seem quite appropriate. After adopting such adjustments, students would soon feel and understand that they are into an engineering university and that secondary education is well behind. The reviewers recognized that, given the admission system, there could exist students with excessive needs for additional basic knowledge. Provisions should be made for those as well.

In retrospect: During the last two decades certain steps were taken to follow the suggestions coming from the reviewers. Some engineering subjects were transferred from semesters 7-9 (mainly) to semesters 3-6. In addition, the load of the first year and of all semesters for that matter, has been reduced significantly in most of the Schools. However, much of what is provided in the junior semesters is dictated by what had been taught in secondary education. For example, there were admission years, when chemistry was not well introduced in high school, or well examined at the admission procedures. This, and other problems, had to be dealt adequately at the expense of engineering subjects. The increase of admissions and transfers magnified the problem of accounting and control of those who do not have the appropriate background. Mainly due to the austerity crisis and the subsequent recession, which practically started in 2007, no specific teaching assistance system was introduced to improve the admitted students situation.

Senior semesters: According to the opinion of the review team, the undergraduate studies programs have to be regularly and appropriately adjusted so that education provided is up-to-date. Based on this education, the graduates should be capable and skilled to adapt to modern professional needs and further acquire and assimilate new knowledge useful for a successful continuation of their career or even the production of innovations. Adjustments to the undergraduate programs should follow the pace imposed by globalization and information technologies. The reviewers noted that several courses in all Schools seemed quite outdated. These courses should be identified and removed leaving room for up-to-date subjects. The introduction of new and modern courses would improve the relations and the collaboration between professors and students. NTUA should supervise and encourage this process, if not force it, when really necessary. Finally, the reviewers noticed that some subjects are offered in a fragmented and repetitive manner. In terms of educational organization this fragmentation is misplaced and harmful and should only be adopted for very well justified reasons.

In retrospect: The mechanism for adjusting the undergraduate studies structure and content had been in place long before the evaluation project of 1998-1999. Today (2022), the initiative for adjustments remains with the Schools. The Senate or other NTUA authorities could interfere only as, not always welcome, consultants. Therefore, changes and especially modernization of subjects is taking unreasonably more time than one should expect. Much of the modernization results from the need of newly elected teaching staff to introduce up-to-date knowledge. However, since, due to austerity crisis, rhythms of staff renewal

have been severely disturbed, this much needed feedback has been minimized and become nearly insignificant. A top-down approach for adjustments is considered outside the culture of NTUA, and has not been implemented. Despite low paces, over the last years the Senate have authorized several changes in the undergraduate studies structure proposed by almost all Schools. The changes indeed followed the directions suggested by the reviewers, i.e.: (a) removal of obsolete subjects, (b) modernization of some subjects and (c) introduction of new subjects. Attention was paid so that all changes did not increase the load for students. On the other hand, it remains an issue that, most probably, the net changes and their rhythm may have been inappropriately low. With regard to the fragmentation of subjects, it could be noted that the problem has not been entirely resolved. However, most fragmented subjects are parts of elective courses offered in sophomore semesters and not part of the core engineering courses. Further, following efforts to reduce students load, several courses are now (2022) being offered for 2 or 3 or 4 hours a week instead of 3 or 4 or even 6 hours a week in previous years. Due to this reduction, parts of these courses materials has been transferred to elective courses, giving the false impression that there still exists fragmentation.

3.5 Interdisciplinary provisions

The reviewers stressed that science and engineering education should involve increased inter-disciplinary courses and activities. Several well communicated arguments were provided to support this general idea: (a) The technological progress should be socially acceptable; engineers should provide solutions compatible with the opinion of an aware public. (b) Any engineering application should take into account both environmental consequences, as well as resources availability. (c) Engineering solutions have become more complex, in as much they should satisfy societal, environmental and resources prerequisites. (d) New disciplines have been created at the interface of previous ones. Following these arguments the reviewers foresaw the need of close teamwork of engineers with scientists coming from non-engineering disciplines like sociology or law, in order for the production of modern and acceptable plans and solutions. Further, they argued for the close collaboration of different engineering disciplines. This arguments frame called for the development of an interdisciplinary communication culture. Such a culture was (as in 1999) already found in the studies structure of several top-rank universities worldwide. The review team proposed that NTUA should be part of this new culture and cultivate the means for interdepartmental collaborations and the tools of relaxing the boundaries between the studies programs of different Schools. To this end, NTUA could:

- (i) promote more undergraduate interdisciplinary courses

This suggestion would have the positive effect of developing a collaboration culture and better human relations between students as a whole, students of different Schools, students and staff and finally between the staff itself.

- (ii) invite staff with appropriate expertise coming from different Schools to participate in the teaching procedures of particular courses.

This suggestion, if properly implemented, would give students the opportunity of selecting their own approach on what is being taught and develop their critical reconstruction of the offered knowledge.

In retrospect: Some interdisciplinary activities within the NTUA's undergraduate studies structure were visible during the assessment of 1998-1999. However, it now seems that little has been accomplished at the undergraduate level to serve this basic and useful idea. Reasons are, in random order: (a) Administration failed to promote relevant actions, (b) Administration is not ready to implement the necessary informatics solutions, (c) Bottom-up initiatives failed approval or implementation procedures, (d) Austerity crisis forced all Schools to focus on their own subjects, since due to lack of funds and scarce renewal of teaching staff, the possibilities for collaborative actions were minimized, (e) Lack of true wish for collaboration and of collaboration culture, (f) Unwillingness to overcome certain related bureaucratic, financial, legal and other problems. It goes without saying that this issue should be revisited rigorously; interdisciplinary collaborative actions could, if implemented, reduce loads and costs throughout NTUA. In addition, one has to accept that today's (2022) NTUA is significantly smaller than that of 1999, both in terms of means and personnel. With this in mind, one could also remember that the much smaller NTUA of the '80s provided similar or even identical courses in more than one Schools, thus applying interdisciplinary activities in a significant scale and apparently with great success. The only obstacle towards reapplying some type of these activities is that currently the student admissions and transfers have almost tripled compared to those of the '80s.

4. Review team other opinions and suggestions on the studies

4.1 Design courses

The reviewers stressed that the well acknowledged three main stages within the job of an engineer are: "Design" - "Calculations" - "Implementation". The reviewers defined as design courses the ones, which aim to effectively communicate ways for collecting data and knowledge leading to synthesis. Thus design courses' scope should satisfy to some plausible extend the "Design" part of an engineer's job. The final aim of a design course may not be the result of a course project as such, but, the identification of most needed means towards it. These could include: (a) literature research, (b) team work, (c) creativity and innovation, (d) technical reporting, (e) self-motivated lab work and others. Best results could be obtained if design courses may be combined with internships. A close alternative to the design courses could be the introduction of courses of pure industrial content, even at the junior semesters. Professional engineers already involved in industry could be invited to participate in the teaching teams of such courses. The students

receiving such courses could obtain an almost hands-on experience of solving real engineering problems.

In retrospect: *During the reviewers assessment period, there were activities towards the introduction of design courses. Much due to the reasons explained for the interdisciplinary courses, little has been achieved to significantly expand this trend. However, it should be mentioned that component-wise there is distinguishable advancement. For example: (i) the means of literature research are now, and due to the networking tools progress, much more available and better exploited and (ii) self-motivated lab work has been growing within students groups like the NTUA's racing formula, the participation to the students EUROAVIA activities and significant other similar student initiatives. Courses of pure industrial content seem not to be common. Certain Schools cover such content in the course of seminars coming from industry instructors.*

4.2 Seminars

The reviewers pointed out that seminars could be given from NTUAS' staff, staff from other Greek and/or European and/or overseas universities, professionals in the engineering fields and other specialists and researchers. Certain seminars could be used for the discussion of research results obtained in the course of PhDs. However, seminars should not only be limited to narrow engineering applications; they should, also, promote generic knowledge of high quality. The seminars as an institution would certainly provide additional stimulus and assist towards the better formulation of teaching and research aspects in accordance to practical needs. Effort should be put on the promotion and publicity of all seminar initiatives.

In retrospect: *Since the beginning of the Greek austerity crisis and the subsequent recession (as from 2007 and on), seminar activities within NTUA have declined. Foreign invitees, unless self-intrigued and on a voluntary basis, ceased to visit due to low or non-existing budget eligible to fund relevant travel. Local invitees turned extremely introvert trying to maintain their teaching, scientific and research activities close to the previously achieved level on less budget, on less personnel and on minimized personal salaries. Same applied to potential invitees originating from the industry. Luckily enough and mostly due to the COVID-19 pandemic situation all became aware of web tools appropriate for providing on-line seminars capabilities within a virtual conference room. By using these tools, seminar activities in NTUA seem to be strongly recovering. It is, at the moment, rather early to review the characteristics and the potential of this recovery.*

4.3 Internships

In retrospect: *During the external assessment process organized internships were not extensively offered to students as an integral part of their undergraduate studies. Since then, and as per the strong internal motivation within NTUA and the keen suggestion of the reviewers, things have changed significantly: (a) Practically in all Schools, internship is now (2022) considered as an elective course within the undergraduate program of the sophomore se-*

mesters. (b) Students selecting an internship could devote to it at least two or up to several months; the preferred season for an internship is the summer period, so that there is no interference with the other courses; other than summer periods, although not encouraged, could also be used. (c) Each School provides a list of private companies and other institutions available to host internships; the list is being updated on a yearly basis; the list consists of regularly available, seasonally available and potentially available internship providers. (d) Students interested in an internship should apply; their application is subject for eligibility evaluation especially when the internships offered are less than those requested. (e) All internships expenses, including a mediocre monetary compensation for the participating students are covered by the Greek State; unfortunately the vast majority of the private companies providing internships are not willing to finance this activity. (f) Certain Schools promote as equivalent to internships, the so called "big laboratory exercises on the field" (e.g. mainly the School of Rural, Surveying and Geoinformatics Engineering).

4.4 Diploma Dissertations

The reviewers insisted in revisiting two components within this institution (a) publication of dissertations and (b) grading of dissertations: the 0-10 grading scale seemed not to be adequately implemented.

In retrospect: *Lack of publicity of dissertation projects had been a well identified problem back in 1999. Interested parties could obtain on loan hard copies of dissertations from NTUA's Library. However, this involved an extensive and not always successful research within the ALEPH database of the Library. The situation was amended following the example of major international universities and their "D-Space" implementation. NTUA's D-Space provides pdf copies of all dissertations and other MSc or PhD Theses, searchable by all possible combinations, including authors, supervisors, examination committees, Schools of origin and the like. With regard to the dissertations grading system and according to the standing bylaws, no dissertation could be considered adequate if it is graded less than 6/10. Further, the dissertation grade is a 20% part of the final graduating student grade. This leads to a tendency of grading within 8/10 to 10/10, not always depicting the actual and possibly lower value of the dissertation work. There is some discussion on this problem but it seems that there is no maturity for the introduction of a different grading method.*

4.5 Duration of undergraduate studies

It was a surprise for the reviewers to find out that back in 1999 the inactive, yet enlisted, students were up to 35% of the total. The reviewers wished that a solution could be found to drastically reduce this percentage. Their opinion was based not only on the bureaucratic burden induced by this abnormality, but also on the excess cost of repeatedly hosting these students to rather expensive activities, like laboratories, project work and hands-on training. Further, the reviewers established that within the active students, there is a

significant percentage, which could not manage to complete their studies within 5 years. The reviewers insisted in addressing this matter as well, for similar as above reasons.

In retrospect: The above described situation remains practically the same or has evolved to be even worse. Additional negative contributors, already identified previously, is the increase of admissions and transfers. It is not within the authority vested in NTUA to counter fight the problem of inactive students; the matter still remains to be dealt within the application of laws originating from the State. It is true that certain law initiatives either in the past or even more recent, have attempted to provide a solution but, so far, to no avail. With regard to students taking longer that expected to complete their studies, no sound and up-dated report has been completed and communicated for NTUA as a whole, since 1999.

4.6 Diploma of undergraduate studies

The reviewers stated that the 5 years long studies in NTUA could result to a "Diploma", since this is a common practice for studies of duration between 5 and 6 years and in some cases for studies lasting 4 years. However, the reviewers suggested that this Diploma, especially when used for subsequent post graduating studies, should be considered more like an MSc rather than a Bachelor degree. This consideration, of course, is subject to the post graduate studies host institution's criteria.

In retrospect: Following some progressively increasing pressure exercised from within NTUA, it was recently and successfully negotiated with the State that NTUA's Diplomas could be effectively recognized as equivalent to Integrated MSc degrees.

4.7 Thoughts on MSc postgraduate studies

Back in 1999, there was an effort to organize MSc programs providing advanced knowledge on disciplines already introduced in NTUA's undergraduate studies. The MSc programs as designed were naturally open to students coming from NTUA as well as from other institutions, both local and foreign. Teaching language was set to be Greek. The reviewers disagreed strongly on this language approach; they thought that English was the only key to attract foreign students and visiting staff from non-Greek Institutions. They emphasized that focusing only on the Greek needs and the Greek language, would be counter productive.

In retrospect: One cannot seriously provide arguments against the above stated opinions. Nevertheless, the then introduced MSc programs, were finally implemented in this originally incepted narrow-minded environment, not only in NTUA, but also in the majority of the Greek universities. However, the experience coming from local universities, which focused in attracting an international audience and teaching staff would soon, enough effectively, change this poor approach. In addition, the vast ERASMUS student and staff exchange project, initiated and funded within the EU and now covering most of Europe, has a positive influence for NTUA as well, inadvertently forcing to a more pragmatic implementation of the MSc programs offered.

5. Sustainable assessment and evaluation suggestions

According to the reviewers experience, a successful and sustainable assessment scheme should not be based on defensive practices and logic. The scheme should focus deep in the future in order to optimize studies and services. This is now the international practice. Such practice implies that an assessment may be performed at the minimum every ten years and at the maximum every 2 to 3 years. A per School assessment could be more frequent than that per institution as a whole. There is no point of an institutional assessment taking place within less than six years from the previous one. Internal assessment procedures could and should be accompanied by external assessment by non-institutional evaluators. Frequent assessments could promote an adjustable environment flexible enough to follow all contemporary science and technology; further, they could promote emulation, professionalism and educational consciousness.

In retrospect: *The assessment exercise implemented by the late Professor S.E. Simopoulos as leader of a relevant Working Group and Executive Team, was not repeated since 2000; other good and bad priorities emerged originating mostly from boundary conditions outside NTUA. However, in accordance to Greek State laws on quality for higher education, published from the middle 20's and on, NTUA was obliged to operate an internal Quality Assurance Unit, comprising of academic staff representing all Schools. This unit reports to the Senate and a relevant independent State organization now (2022) named Hellenic Authority for Higher Education (HAHE). In the framework of the higher education quality laws system, NTUA has been a subject of two relevant processes within the past 20 years: (a) Before 2010, successful external evaluation per School performed by teams of external reviewers with expertise in School relevant subjects. (b) More recently, successful external audit per School with regard to education procedures certification. Most of the evaluators and auditors were well acknowledged international academic professionals of Greek origin. The evaluators and auditors comments did not abstain much from those of the reviewers team examined within this text, particularly those, which have not been implemented yet. Both external evaluation and external audit were carefully prepared beforehand internally by relevant teams. It is the opinion of the authors, however, that the NTUA's Quality Assurance Unit, does not receive adequate data from the students feedback system (this is a per course system), which should be optimized up to the needs. Further, two important components are now missing from the feedback system: (a) the response of those reaching graduation; these have an overall impression of what has taken place within their studies period and could provide criticism on courses, methods and people without any prejudice, and (b) the yearly response of the academic staff in relation to all matters connected to the studies, the administration services and the research framework.*

6. Conclusions and outlook

Despite that what have been suggested by the external reviewers of the assessment project that took place between 1997 and 1999, was closer to a set of good practices proposed in good will rather than an obligatory framework, there is obvious hysteresis in their adoption and implementation. Nevertheless, a significant part of these suggestions was addressed and noticeable progress has been achieved. As far as other suggestions and proposed optimization implementations are concerned, it has to be stated that integrated informatics could assist significantly in formulating the necessary relational database. From the generic point of view and given the standing constitutional provision that only State universities are allowed to operate in Greece, such integrated informatics could be provided at the State level, to enhance central and now missing knowledge of what is now really happening in the Greek universities cloud.

It might be useful and worthy to close this report with some final remarks stated by the five reviewers. All of them agreed that overall, both the academic and the administrative staff of NTUA, support adequately the courses and services provided. In addition, the Working Group set for the internal assessment managed to provide all positive aspects of the institution. The reviewers themselves isolated as the most important of their suggestions the following:

(a) productive and timely revision of the content of courses offered and research pursued, in order to avoid stagnation and to meet the new scientific, technological and financial challenges.

(b) insistent and painstaking effort to promote and maintain the best and most sustainable collaborating culture within a frame of mutual respect. This the prerequisite for the best exploitation of NTUA's potential in academics, research and other services.

(c) concise longterm strategic planning pertaining to all of NTUA's activities and operations. Through this planning, NTUA should aim to be the innovative standard for all others. Studies is only a part of such a planning, others equivalently needed are: the administration modus operandi, the buildings and laboratories capital, the human resources (all academic, technical and administrative) and the financial management.

and

(d) increase awareness on the results of the first internal assessment effort of NTUA as a whole, so as to gain from the gathered data and conclusions.

However, before engaging into (a), (b) or (c) reviewers invited all NTUA's interested parties to first answer the question:

What is there to be done by us, in order to secure that the National Technical University of Athens will remain the best among the Technical Universities in Greece, and equivalent or even better than other similar institutions of other countries?

Optional reading

Ambraseys N.N., Dafermos C., Dracos Th., Frank R.A., Gyftopoulos E.P., "External Evaluation Report of NTUA", National Technical University of Athens, Athens, 1999 (in Greek)

Ministerial Decision Φ1/232/B1/204, "Approval of Internal Rules of Operation of the National Technical University of Athens", Official Journal of the Greek Government, B/1098, pp. 15685-15760, National Printing House, Athens, 2000 (in Greek)

Simopoulos S.E. (ed.), "Assessment of Educational and other Provided Services of NTUA", prepared by an authorized Working Group, National Technical University of Athens, Athens, 1999 (in Greek)

Περίληψη

Στο πλαίσιο ενός εγκεκριμένου έργου εσωτερικής και εξωτερικής αποτίμησης με προγραμματισμένη διάρκεια δύο ετών, από το τέλος του 1997 έως και το τέλος του 1999, η Σύγκλητος το Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ), επί Πρυτανείας Θεμιστοκλή Ξανθόπουλου, όρισε ως Υπεύθυνο του έργου τον Αντιπρύτανη Οικονομικού Προγραμματισμού και Ανάπτυξης Σίμο Ε. Σιμόπουλο και προσκάλεσε ως εξωτερικούς αξιολογητές τους: (1) Καθ. Ν.Ν. Αμβράζη, (2) Καθ. Κ. Δαφέρμο, (3) Καθ. Θ. Δράκο, (4) Καθ. R.A. Frank, (5) Καθ. Η.Π. Γυφτόπουλο και (6) Διπλ. ΠΜ Κ. Λιάσκα. Η παρούσα ανασκόπηση δίνει μια περίληψη της εξωτερικής αξιολόγησης κυρίως σε σχέση με τις προπτυχιακές σπουδές. Η περίληψη συνοδεύεται από σχόλια των συγγραφέων, τα οποία καλύπτουν την περίοδο από το 2000 έως και το 2022. Προφανώς το κείμενο αυτό δεν είναι δυνατόν να καλύψει και να σχολιάσει όλες τις απόψεις και τις προτάσεις των αξιολογητών λόγω περιορισμών έκτασης. Ως εκ τούτου, καταβλήθηκε προσπάθεια για να καλυφθούν ικανοποιητικά τα θέματα σπουδών (κυρίως των προπτυχιακών σπουδών) καθώς και θέματα που συνδέονται άμεσα με αυτές. Οι αναφορές των εμπειρογνομόνων σε θέματα θεμελιακά ή οριακά εκτός των σπουδών, όπως, για παράδειγμα, το οργανόγραμμα, τα κριτήρια και ο τρόπος επιλογής ή εκλογής του προσωπικού, η χρηματοδοτούμενη έρευνα, η άδεια ασκήσεως επαγγέλματος των αποφοίτων κ.ά., εξαιρέθηκαν από την ανάλυση που έγινε. Στο τμήμα των σχολίων από τους συγγραφείς, η ανασκόπηση αυτή προσπαθεί να εξετάσει αν οι προτάσεις των αξιολογητών, οι σχετικές με τις σπουδές υιοθετήθηκαν μερικώς ή εξ' ολοκλήρου και αν όχι, ποια μπορεί να είναι η αιτία για την κατάσταση αυτή. Επιπλέον, εξετάζεται σύντομα και η βιωσιμότητα διαδικασιών αποτίμησης για το ΕΜΠ.

Σημαντική αποποίηση ευθυνών: Οι απόψεις που διατυπώνονται σε αυτό το κείμενο ανήκουν αποκλειστικά στους συγγραφείς και μόνο. Οι απόψεις αυτές δεν αντανakλούν απόψεις και γνώμες του ΕΜΠ ή των άλλων μελών του. Τα περισσότερα από τα συμπεράσματα που προκύπτουν ή οι περισσότερες από τις διατυπώσεις που γίνονται βασίζονται στα πρωτότυπα κείμενα, τα οποία ετοιμάστηκαν την περίοδο της αποτίμησης, και στην υπάρχουσα κοινή γνώση που είναι διαθέσιμη στο κοινωνικό επίπεδο ή/και στην πολυτεχνειακή κοινότητα του ΕΜΠ.

Λέξεις-Κλειδιά: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αποτίμηση, Αξιολόγηση

Δημιουργία στον ακαδημαϊκό χώρο και οι αφανείς «πληγές» της*

ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ

συντ. Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
e-mail: alexia@central.ntua.gr

Περίληψη

Επιχειρείται μια φιλοσοφική αναζήτηση σχετικά με τον απώτερο στόχο της ανωτάτης παιδείας και των δυσκολιών («πληγών») που απειλούν την επίτευξή του. Το κείμενο εστιάζει στην απarıθμηση και στον σχολιασμό δυσκολιών αυτού του είδους γίνονται αναφορές σε ιστορικά παραδείγματα από το παρελθόν και από τη σύγχρονη εποχή. Το άρθρο καταλήγει προβάλλοντας τον ευεργετικό ρόλο που έχει η επικοινωνία και η αλληλοστήριξη μεταξύ των μελών της ακαδημαϊκής κοινότητας, ως μέσον αντιμετώπισης των εν λόγω «πληγών».

Λέξεις-κλειδιά: ανωτάτη παιδεία, στόχοι, δημιουργία vs δυσκολίες

Εισαγωγή

Έγραφε κάποιος ανώνυμος θεματοφύλακας της γνώσης στη δύση της ζωής του πως το έσχατο μέτρο αποτίμησης της επιτυχίας ενός επιστήμονα δεν είναι ούτε οι γνώσεις, ούτε η δόξα που έδρεψε από αυτές ούτε ο πλούτος· είναι η ευτυχία που το έργο του μπορεί να χαρίζει στον Άνθρωπο. Αυτή η λαϊκή σοφία, που εκφράζει τον αείποτε προορισμό των ανωτάτων πνευματικών ιδρυμάτων ανά τον κόσμο, μαρτυρά πως η γνώση της αλήθειας που καλλιεργεί και προσφέρει ένα πανεπιστήμιο τότε μόνο έχει ουσιαστική αξία, όταν μπορεί να οδηγήσει τον επιστήμονα σε ηθική εξύψωση, δηλαδή να διαμορφώσει γνήσιους πνευματικούς ανθρώπους.

* Το παρόν άρθρο πρωτοδημοσιεύθηκε στο περιοδικό «Πυρφόρος» (Ιουλ.-Οκτ. 1993, σελ. 130-132)

Η πνευματική ανάταση στην οποία συχνά οδηγεί η χαρά της επιστημονικής γνώσης και δημιουργίας είναι συνήθως πρόδρομος της ηθικής εξύψωσης του ατόμου. Βέβαια, το μέτρο στο οποίο αυτό εκπληρούται ποικίλλει, αφού το σπέρμα του «καλού», που κυφορείται στην ανθρώπινη ψυχή, δεν υπάρχει σε όλους στον ίδιο βαθμό. Το ζητούμενο εδώ είναι το πανεπιστήμιο να παραστέκει και να στηρίζει την ανάπτυξη αυτού του σπέρματος, στο μέτρο που υπάρχει στον καθένα, στο φυτώριο των μαθητών του. Όσοι από εκείνους ευτυχίσουν να γίνουν γνήσιοι πνευματικοί άνθρωποι θα υπηρετήσουν ευσυνείδητα τις ανάγκες της κοινωνίας ως καταρτισμένοι επιστήμονες και, ειδικότερα, θα έχουν το υπόβαθρο για να συμβάλουν στην «επ' αγαθώ» πορεία της επιστήμης, να κυβερνήσουν με υπευθυνότητα το σκάφος της πολιτικής ζωής του τόπου τους και να εμπλουτίσουν με φωτεινές αναφορές την ιστορία του Ανθρώπου.

Βασική προϋπόθεση για να διαμορφώσει ένα πανεπιστήμιο τέτοιους ανθρώπους, είναι να είναι απερίσπαστο στο δημιουργικό του έργο, δηλαδή στην ακαδημαϊκή διδασκαλία και την επιστημονική έρευνα. Αυτή η προϋπόθεση συχνά θεωρείται συνυφασμένη με θέματα υλικής υποδομής, επάρκειας σε προσωπικό κ.λπ. Όμως, εκτός από αυτά τα στοιχεία που η χρησιμότητά τους είναι ορατή και αδιαμφισβήτητη, το έργο του πανεπιστημίου επηρεάζουν και άλλοι παράγοντες ουσιωδέστεροι, που συνήθως είναι αφανείς για το γυμνό μάτι, και εδώ θα προσπαθήσουμε να εστιάσουμε τη στόχασή μας.

Οι αφανείς «πληγές» της ανωτάτης παιδείας

Ο λιγότερο αφανής παράγων που απειλεί το δημιουργικό έργο του πανεπιστημίου θεωρήθηκε ανέκαθεν η επέμβαση της πολιτείας, με μάρτυρα τα πνευματικά οχυρά, που ύψωσαν από τη γένεσή τους τα πρώτα ευρωπαϊκά πανεπιστήμια, δίκην «κρατών εν κράτεσι». Τον όλεθρο τέτοιων επεμβάσεων έχει δυστυχώς καταγράψει και η σύγχρονη ιστορία, με ανάγλυφα παραδείγματα, όπως τη ναζιστική Γερμανία, που σάρωσε στη δεκαετία του 1930 κάθε προοδευτική πνευματική κίνηση, υποτάσσοντας τον ακαδημαϊκό χώρο στους σκοπούς της. Αποστερημένος ο δάσκαλος από το δικαίωμα/χρέος του για τη διδασκαλία της επιστημονικής αλήθειας και την ελεύθερη έρευνα και συνάμα συνεργός και θύμα της καταπιεστικής δράσης της πολιτείας, κάθε άλλο παρά κλίμα ηθικής αριότητας μπορεί να καλλιεργήσει στους μαθητές του.

Στις πρόσφατες δεκαετίες, η αυτονομία των ανωτάτων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, έχει γίνει ευγενής στόχος στα κράτη του πολιτισμένου κόσμου, τα οποία την αναγνωρίζουν χωρίς να τη διεκδικούν ως αντιπαροχή για την υλική στήριξη που παρέχουν στα πανεπιστήμιά τους. Ας αναλογισθούμε εδώ πόσο βαριά κάνει την ευθύνη η ελευθερία αυτή στους ώμους των πολιτογραφημένων στην ακαδημαϊκή κοινότητα – στων «ιδεών την πόλη», κατά την ποιητική έκφραση του Καβάφη. Τα μεγάλα ποσά, με τα οποία η πολιτεία εξοπλίζει και συντηρεί τα εργαστήριά μας, δεν θα πρέπει να λυτρώνουν την κοινωνία

καθημερινά από τα δεινά της, οδηγώντας την μέσω του δημιουργικού μας έργου στην ευημερία; Ας αναρωτηθούμε, ο καθ' ένας για τον εαυτό του, αν εξασφαλίζονται τα μέγιστα δυνατά αποτελέσματα από κάθε εξοπλισμένο εργαστήριο του χώρου μας, που έχει ανοικτές τις πύλες του (αλλίμονο αν δεν τις έχει!) στους σπουδαστές και το επιστημονικό δυναμικό του. Ο ακαδημαϊκός δάσκαλος που θα ολιγωρήσει, θα στερήσει την κοινωνία από τα ευεργετικά αποτελέσματα της αξιόλογης επιστημονικής έρευνας και θα ερειπώσει την ψυχή των νέων από τη χαρά της γνώσης και της πνευματικής δημιουργίας.

Η ευθύνη μας για το αγαθό της πνευματικής μας ανεξαρτησίας από πολιτειακές επεμβάσεις δεν εξαντλείται εδώ. Το αγαθό αυτό απειλείται να μεταπέσει σε χρυσό στα χέρια του Κροίσου, αν δεν αξιοποιείται με τη διαρκή ευαισθητοποίησή μας για τον προσδιορισμό και τη διατήρηση εκείνης της αμφίδρομης δυναμικής σχέσης πανεπιστημίου – κοινωνίας που εμπλουτίζει το έργο μας με το στοιχείο της άμεσης αναφοράς στα προβλήματα του σύγχρονου κόσμου. Το ενδιαφέρον μας σ' αυτή την κατεύθυνση είναι ένδειξη ότι δεν υπολείπομαστε του ηθικού υπόβαθρου που δικαιώνει τον γνήσιο πνευματικό άνθρωπο και συνδράμει άμεσα στην εκπλήρωση του απώτερου σκοπού του πανεπιστημίου, δηλαδή του «εϋ ζην» των ανθρώπων. Αρωγός στο προκείμενο ενδιαφέρον μας ήλθε πρόσφατα η έκδοση του «Πορφυρού», που πυροδοτεί τον ενθουσιασμό μας και φωτίζει το δρόμο για «...να ψηλαφίσουμε την κοινωνική απήχηση του έργου που συντελείται στο ΕΜΠ... και να δοκιμάσουμε τις δυνάμεις μας στην επικοινωνία με ένα ευρύτερο κοινό» [1].

Το δικαίωμα/ευθύνη της ανεξαρτησίας του πανεπιστημιακού δασκάλου στο έργο του απειλείται όμως στον καιρό μας έναντι αδρών λύτρων από τις επιταγές της ελεύθερης αγοράς, που συνήθως δεν υπαγορεύονται από θεία ζέση για την ευημερία της κοινωνίας αλλά από τη δυνατότητα πραγματοποίησης κερδών. Ζωντανό παράδειγμα είναι η οικολογική κρίση στον πλανήτη μας: στο βωμό της οικονομίας, με συνεργό κυρίως την τεχνολογική ανάπτυξη, θυσιάζεται το περιβάλλον. Η υποταγή, άνευ όρων, του ακαδημαϊκού δασκάλου στις επιταγές της ακόρεστης αγοράς, τον αποστερεί από το προνόμιο της ευθύνης με το οποίο τα έλλογα όντα είναι προικισμένα. Εκτός από τους κινδύνους που εγκυμονεί αυτή του η στάση για την κοινωνία, με τι εφόδια ο ίδιος θα καλλιεργήσει πνεύμα ανθρωπιάς στο φυτώριο των μαθητών του;

Αγωνιζόμαστε, τα μέλη της ακαδημαϊκής κοινότητας, ενάντια στους παράγοντες που απειλούν την ελευθερία μας. Αγωνιζόμαστε άραγε εξίσου γενναία, όταν την ελευθερία της σκέψης μας αμφισβητεί ο ίδιος ο εαυτός μας; Ο δογματισμός στη διάνοηση, δηλαδή η προσήλωση σε μία θεωρία (άποψη) χωρίς να αντιπαρατίθενται και οι αντίθετες θέσεις, καταστρατηγεί τον ουσιωδέστερο ρόλο της ακαδημαϊκής διδασκαλίας – την ανάπτυξη της κριτικής στόχασσης στο νέο επιστήμονα· τον δε ερευνητή, ο δογματισμός τον κάνει λιγότερο ευαίσθητο δέκτη στα καινούρια προβλήματα και τον αποστερεί από την ενόραση να αναζητήσει εντελέστερες θεωρίες στην επίλυση των προβλημάτων. Το ακριβό penalty που συνήθως επιβάλλεται στην επιστήμη από τον δογματισμό είναι η στασιμότητα.

τητα. Ασφαλώς θα ήταν ουτοπία κάτω από τέτοιες συνθήκες ένα πανεπιστήμιο να ευελπιστεί ότι μπορεί να διαμορφώσει γνήσιους πνευματικούς ανθρώπους.

Αναφορές ιδεολογικού δογματισμού εναλλάσσονται ανελλιπώς στις σελίδες της νεότερης ιστορίας της επιστήμης, από την περίοδο του μυστικιστικού μεσαίωνα και της Ιεράς Εξέτασης έως τη σύγχρονη εποχή, με λυπηρό παράδειγμα την επιστημονική διαφωνία των σεισμολόγων στο πανεπιστήμιο της Αθήνας, που εξελίχθηκε σε προσωπική διαμάχη, με αφορμή το ζήτημα της πρόβλεψης των σεισμών στην περιοχή του Πύργου Ηλείας το έτος 1993. Όμως, όλοι γνωρίζουμε ότι στη χώρα της δημοκρατίας, όταν ο δογματισμός οδηγεί σε σύγκρουση αντιθέτων θέσεων, η άψη δεν καταλύεται στο Purgatorium. Το αείποτε περήφανο ελληνικό πνεύμα ξέρει να δράττεται της σπίθας που συχνά η σύγκρουση ανάβει και μπορεί να προχωρεί σε νέες θεωρίες υποτάσσοντας έτσι κάθε δόγμα. Τα ερείσματα του ιδεολογικού δογματισμού είναι ποικίλα, όπως η προσήλωση σε μεταφυσικές δυνάμεις, οι αρχέγονες ροπές της ψυχής του ανθρώπου (εγωισμός, ιδιοτέλεια κ.λπ.), η έλλειψη ενημέρωσης κ.ά.

Η έλλειψη ενημέρωσης, που στη βαρύτερη μορφή της εξελίσσεται σε ημιμάθεια, έχει αποτελέσει καθ' εαυτή, «πληγή» για τη δημιουργία στον ακαδημαϊκό χώρο, αφού, όπως ο δογματισμός, παροπλίζει την αντικειμενικότητα και απειλεί την ευρύτητα της σκέψης του ακαδημαϊκού δασκάλου. Στο παρελθόν, η αστοχία του επιστήμονα, λόγω της κατ' ανάγκην περιορισμένης διαθέσιμης γνώσης, σήμανε κάποτε τεράστιο κόστος, όπως στην περίπτωση της εξαρχής ανακατασκευής της περιβόητης αίθουσας συναυλιών του Lincoln Center στη Νέα Υόρκη, λίγο μετά τα εγκαίνιά της το 1962· ταυτόχρονα οι Λονδρέζοι επεκαλούντο το δαπανηρό σύστημα της αρωγού αντήρησης (assisted resonance system), για να συγκαλύψουν την ελλειμματική ακουστική στο μεταπολεμικό καύχημά τους –το Royal Festival Hall. Το ακριβό μάθημα του παρελθόντος, η αλματώδης εξέλιξη στη γνώση και τη διακίνησή της στις μέρες μας και η πνευματική ευγένεια και υπευθυνότητα που αρμόζουν στον ακαδημαϊκό δάσκαλο αποτελούν εχέγγυα, νομίζω, ότι ο ίδιος θέλει και μπορεί να μείνει άτρωτος από την προκείμενη «πληγή».

Από τον Πλάτωνα μέχρι τους νεοέλληνες φιλοσόφους, το ελληνικό πνεύμα το αθάνατο διακηρύσσει ότι στην εξουσία «Δεν είναι η μέθη της δύναμης... ή ο πυρετός της υπεροχής που μπορεί να στηρίξει ή να δικαιώσει έναν τόσο υπεράνθρωπο αγώνα... Ένα ξεχείλισμα ψυχής είναι κι εδώ η πρώτη αιτία και η τελευταία δικαίωση» [2]. Αυτή η καθαρή φωνή, που θέλει τη δύναμη των πανεπιστημιακών δασκάλων ως μέσο πνευματικής και ηθικής εξύψωσης του χώρου μας, όμως κάποτε ηχεί προδομένη. Αναφέρομαι στα «κακώς κείμενα», που μερικοί από εμάς ρομαντικοί της εποχής του δεσποτισμού παρατείνουν στη ζωή. Αυτή η στάση περισφίγγει κάποτε το επιστημονικό δυναμικό του πανεπιστημιακού χώρου, και ίσως αποτελεί μέρος της αλήθειας στο ερώτημα, γιατί οι Έλληνες επιστήμονες διαπρέπουν συχνότερα στο εξωτερικό παρά στη χώρα μας. Ακόμη κι αν μερικοί δεν μπορούν να κατακτήσουν οι ίδιοι τα υψηλά τέρματα, για λόγους συχνά ανώτερους της θέλησής τους, ας μην εμποδίσουν το δρόμο εκείνων που μπορούν

ας τους παραδώσουν τη σκυτάλη μεγάλόψυχα και περήφανα, αφού οι νέοι δρομείς θα είναι συνεχιστές των δικών τους υψηλών οραμάτων. Όπως το πολιτιστικό επίπεδο και οι άγραφοι νόμοι μιας κοινωνίας αποτελούν μέσο παιδείας των ανθρώπων της, σύμφωνα με το πνεύμα της φιλοσοφίας από τον Πλάτωνα μέχρι τον J.J. Rousseau και τον J. Dewey, έτσι και η δική μας συμπεριφορά και οι άγραφοι νόμοι στη μικρή μας πανεπιστημιακή κοινωνία διαμορφώνουν και προσδιορίζουν αδιάκοπα τη στάθμη του πνευματικού και ηθικού επιπέδου του εαυτού μας και των μαθητών μας.

Επίλογος

Σε πρόσφατο άρθρο αμερικάνικου επιστημονικού περιοδικού [3], παρομοιάζεται η ακαδημαϊκή κοινότητα με την κοινωνία των μοναχών που, πέραν της ατομικής άσκησης, με κοινές πνευματικές ασκήσεις όπως δείπνα, ομαδική προσευχή κ.λπ. επιδιώκουν την κατάκτηση της θείας φώτισης. Με αυτή την αλληγορία, εξάιρεται ο ευεργετικός ρόλος που έχει η επικοινωνία και αλληλοστήριξη μεταξύ των μελών της ακαδημαϊκής κοινότητας στην προσπάθειά τους να κατακτήσουν την επιστημονική γνώση και να οδηγηθούν σε ηθική αρτιότητα.

Μήπως στην παραπάνω επικοινωνία θα είχε πολλά να συνδράμει ένας κοινός τόπος συνάντησης στο Πολυτεχνείο του 21ου αιώνα, ως άλλος χώρος μυσταγωγίας του Μυστικού Δείπνου και των συμποσίων των σοφών της αρχαιότητας, ως άλλη αγορά και στοές της αρχαίας Αθήνας που στήριξαν το φιλοσοφικό στοχασμό; Η συναναστροφή και ο ζωντανός διάλογος εκεί, με όλους τους ανθρώπους που σκύβουν ευλαβικά τη σκέψη πάνω από τα ίδια ή συναφή θέματα, μπορεί να επικουρεί στην επίλυση των επιστημονικών προβλημάτων και να δημιουργεί έμπνευση για τη διατύπωση νέων επιστημονικών θέσεων. Επιπλέον αυτό το περιβάλλον είναι δυνατόν να αποτελεί διέξοδο και στη σφαιρικότερη ανάγκη του σύγχρονου ανθρώπου για ψυχική επικοινωνία, που τόσο παραστατικά επικαλείται ο Γάλλος συγγραφέας του αιώνα μας A. de Saint Exupéry, με τα λόγια της σοφής αλεπούς προς τον μικρό πρίγκιπα: «S' il te plait... apprivoise moi» [4]. Μια τέτοια ατμόσφαιρα είναι σε θέση να δροσίζει τη σκέψη και να γαληνεύει την ψυχή του ακαδημαϊκού δασκάλου, ανεφοδιάζοντάς τον έτσι για να επιδοθεί στο δημιουργικό του έργο και να βγει νικητής στους αγώνες του με τις «πληγές» που το απειλούν.

Ας γίνουμε όλοι αρχιτέκτονες αυτής της ατμόσφαιρας και ας θυμοσοφήσουμε ενώπιον του εαυτού μας, που στο βάθος γνωρίζει ότι τον γνήσιο πνευματικό άνθρωπο δεν τον διαμορφώνει η προσδοκία της προσωπικής διάκρισης και ωφέλειας, αλλά το όραμα της συμβολής του στο πνευματικό έργο και την πρόοδο του Ανθρώπου. Τότε το πανεπιστήμιο θα έχει πετύχει στην αποστολή του· ο γόνιμος κόκκος στο φυτώριο των γνήσιων πνευματικών ανθρώπων θα καρπίσει και ο αμητός θα φέρει πλούσια την «αίγλη και κύρος» [5] που επιζητά η πατρίδα μας ιδιαίτερα στις μέρες μας, για να διεκδικήσει με παρηγορία τη θέση της στο σύγχρονο κόσμο.

Βιβλιογραφία

1. Μαρκάτος Ν., Παναγόπουλος Κ. και Τσαμασφύρος Γ., «Μια νέα έκδοση του ΕΜΠ», Πυρφόρος 1, σελ. 1 (1992).
2. Παπανούτσος Ε., *Ηθική*, γ' έκδ., Ίκαρος, Αθήνα 1970, σελ. 442.
3. Quantrill M., «The Community of Scholars and the Culture of Silence», JAE 46/2, σελ. 124-125 (1992).
4. de Saint-Exupéry A., *Le Petit Prince* (Gallimard, Paris 1946) σελ. 69.
5. Μαρκάτος Ν., «Αίγλη και κύρος...», Πυρφόρος 5, σελ. 1 (1993).

The need to define the role of Emeriti Professors as a European Standard

MARIA OCHSENKUEHN-PETROPOULOU

Ομότιμη Καθηγήτρια Σχολής Χημικών Μηχανικών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
e-mail: oxenki@central.ntua.gr

SIMOS SIMOPOULOS[†]

CHARALAMBOS TSOUTRELIS

τ. Καθηγητής, Σχολής Μεταλλειολόγων-Μεταλλουργών Μηχανικών Εθνικού
Μετσόβιου Πολυτεχνείου,
e-mail: ch.tsoutrelis@gmail.com;

Association of Professors Emeriti of the National Technical University of Athens
e-mail: somok@central.ntua.gr

Abstract

The goal of the title “Emeritus/a Professor” (E.P.), besides recognition, is to give the opportunity to the retired professor to continue his/her research and teaching activity within the university and to offer to the academic community by finding funding for his/her work. However, the role of E.P. varies excessively among the universities in Europe, even in the same country. This presentation is based on a proposal to the Board of the Association of Professors Emeriti of NTUA from the late Prof. Emer. S. Simopoulos (enclosed at the end of the text). This initial proposal was enriched with the personal thoughts and views of the co-authors of this manuscript and was presented in the 1st international Congress, entitled: “The Capital of Knowledge” organized by the European Association of Professors Emeriti in Athens at 2019. In this paper a European Standard for the role of E.P. is suggested, which could be adopted and implemented by the national authorities and universities. Some indicative actions that may enhance and even substantiate the role of E.P. are lecturing on postgraduate studies, supervising of Master, PhD and Post-doc theses, conducting research work, consulting to electoral bodies for new members of the faculty, attending the meetings of the Senate, making use of the installations and facilities of the Institution, and actively participating in research projects. In conclusion, Emeriti Professors should have the opportunity to offer their experience to both the academia and to the society, on a voluntary basis.

Keywords: Emeriti Professors, European Standard, Research and Teaching Activities, funding, intellectual property

1. Introduction

In 2017 a group of retired Emeriti Professors (E.P.) of the National Technical University of Athens established the non-profit legal entity of the Society of Emeriti Professors of NTUA. Among its founding members was Emeritus Professor Simos Simopoulos. The aim of the Society was to study issues related to higher education, provide its voluntary assistance for their implementation, create closer ties among Emeriti Professors of NTUA and beyond, transfer and exchange valuable storage of knowledge, experience and wisdom to the younger generation, continue its educational role to the community towards a broader social service and keep updated financial matters pertinent to their pension scheme. Membership to the Society was open to all Emeriti Professors and to those Professors having at least ten years of service. A year and half later in May 30 — June 1, 2019 the European Association of Professors Emeriti (EAPE) organized in Athens its First International Congress dedicated to the “Capital of knowledge” [1] under the Auspices of H.E. the President of the Hellenic Republic. This joint paper by Prof. Simopoulos et al. that was presented at the Congress expresses their views and beliefs that the classical “retirement model of E.P.” should be reconsidered for the benefit of the community and the society. The title of “Emeritus/a Professor” is conferred either by the Academic Senate of the University or by the University Honors Committee to a retired member of its academic staff, who had full professorial status before retirement and substantial contribution to the University and Society. Generally speaking, someone can say that the honorable title of Emeritus/a Professor besides recognition gives the opportunity to maintain the continuity of his/her relationship to the university at departmental level in three activities:

a) To undertake lecturing in classes of post - graduate students b) To continue and extend individual or team research work and c) To assist in fund raising for research that benefits the department and young academics through scholarships. It is also important to mention that the liberation of the Emeriti Professors from their academic duties gives a chance to get on in research work they have wanted to do for years but did not have the time. Thus, in certain cases retirement research work produced results that benefited mankind. An example is the case of Sir Alan Battersby, as it is reported by Joe Plomin in the newspaper “The Guardian” on May 3rd,2001[2]. Alan Battersby, emeritus professor in organic chemistry at Cambridge University, won five years after his retirement the prestigious Robert Alonso Award in the United States for research that led to decipher the biosynthetic route of the essential health aid complex vitamin B12.

Going through the relevant literature it seems that there are no standard criteria and procedures for the award of the title of Emeritus Professor. They vary considerably among the universities in Europe and in extreme cases even between the departments of the same university. These are, however, exceptions and most of the universities follow standard rules and procedures. Certain universities have gone a step ahead and the voluntary rela-

tionship between the Emeriti Professors and the university through carefully drawn guidance lines provide clarity over some key issues of this relationship and how it is balanced to benefit both sides. The successful cases of three universities from three continents: the University of Sheffield [3] in the United Kingdom, the University of British Columbia [4] in Canada and the University of Auckland [5] in New Zealand are referred in the literature.

2. Actions to enhance the role of Emeriti Professors

As it is mentioned previously Emeriti Professors may continue to support the university endeavor by engaging in a variety of activities in a voluntary capacity under the headings of Teaching, Research and Funding. It is recommended that involvement in any of these activities without intrusion should be discussed in detail between the interested Emeritus Professor and the Head of the Department or with a Senior Professor in advance of retirement. They should review over time the advantages that both sides have with the presence of an Emeritus Professor and former colleague in the Department. There are no red lines in this collaboration but careful and amicable handling of each case will benefit both the Department and the Emeriti Professors. It is a win - win case.

In the United States the potential attribution that an Emeritus Professor can offer to the Department is recognized in two ways: By creating grants for retired faculty members, as it happens in the University of Minnesota or by an annual award to the Department that effectively involves emeritus as faculty members. Purdue University, in Lafayette, Indiana, offers a similar award for retired professors, which also comes with an additional cash award presented by TIAA - CREF. Some other universities have created an emeriti or retired faculty association. The University of British Columbia has gone a step further by announcing in 2018 the establishment of the UBC Emeritus College.

It is interesting to mention that the 23 campuses of the State University of California through their Retired Faculty Association founded in 1985 have grown now as an active organization of 2800 members that is constantly seeking ways to mutually benefit its members and their former university campuses. The retired professors provide thousands of hours of free lecturing to students and engage in other activities that aid their former departments and in exchange they have certain privileges (parking, access to library, computer facilities etc).

Using experience and available literature views from European countries and universities by the EURYDICE Network [6] created by the European Commission, it is concluded that the following is a list of actions that could officially be undertaken by Emeriti Professors to upgrade the academic processes at a university department in its three activities. The list could be used to initiate a campaign to formulate a first approach for a future "Relationship Agreement" between the Association of Emeriti Professors and their former university.

2.1. In teaching and research-projects

- i. To undertake lecturing in postgraduate studies when specialized subjects necessitate expert tutoring.
- ii. In cases that temporally understaffing justifies the call of services of an Emeritus Professor.
- iii. To undertake the supervision of Master's, Ph.D's and Post - doc theses. It follows and is self understood that participation in the relevant examination procedure and bodies is included.
- iv. The Emeriti Professors may continue to conduct research work and be team partners.
- v. To coordinate and participate in subsidized research programs from the European Committee or other organizations. Most of these programs have large budgets and call for the participation of the industry as well. In that case the participation of an Emeritus Professor by the proposal might be very important to win the proposed project.
- vi. Research projects funded by the European Commission or of any other source (state, industry, etc.) secure funds for young researchers to participate in them. Thus, young and old are the only persons liberated from administration duties and do most of the work. The young participants have the advantage that they do not know what is impossible and that may result in original work.

2.2. Intellectual property

Another important issue that has to be addressed is the copyright of the academic work originated and produced by Emeriti Professors during their career in the university. It includes pilot plans, computer programs and codes implementing original ideas etc. It is understood that the copyright of published work is more or less ensured through European legislation to safeguard it. Nevertheless, Emeriti Professors leave behind enough material, which with little further effort may lead to the production of extended outcomes, which frequently are attributed to their successors, which is not fair. It is understood that science proceeds on existing knowledge and new findings, provided that this is appropriately acknowledged to the pioneers Emeriti Professors that they initiated it.

3. Strategic Plan to establish a European policy of the role of Emeriti Professors

The analysis already reported leads to the conclusion that a necessity exists to establish a regulatory framework to define the role of Emeriti Professors across the European universities. It will refer to Professors of all academic disciplines that wish to be connected to their former university department and the department, realizing the value of the offered services in a voluntary capacity and on a pro-bono basis, is willing to proceed towards a

Relationship Agreement that will benefit both sides. Such agreement will include royalties and obligations leading to strengthening the academic performance of the department.

It is obvious that the time has come to discuss and update professor Sydney Albert's of the California State University, Los Angeles, article in 1986 "Academe" [7] dealing with an emeriti bill of rights. It recommends twenty privileges that retired faculty member should have, which even if they are low cost benefits they may pay large dividends for the institutions and the retired faculty alike. More recent and relevant to the present article is a paper by Seth Fishman published in the May - June 2012 issue of the American Association of University Professors [8] in which he examines an emeriti bill of rights. Sources for relevant data can also be found in the Human Resources and Policy and Procedures chapters of the internal regulations of certain European universities that will help to build our case.

The core vision is to convert the classical "retirement model" to "an integral component of the University", until it is right biological time for the Emeritus Professor to retire.

4. Conclusions

Careful consideration of the above is needed to avoid on one hand exaggerations and on the other to recognize the necessity of updating and adjusting the above findings to the European environment, which is far away to that existing in American Universities. It could lead progressively to the formulation and to the implementation later on of the draft text of the first European University Relationship Agreement between Emeriti Professors and the University. It is believed that the European Association of Professors Emeriti (EAPE) is the most appropriate body to commence this task that will establish the role of Emeriti Professors in the European Universities.

5. References

1. Ochsenkuehn-Petropoulou Maria, Simopoulos Simos, Tsoutrelis Charalambos: *"The Need to Define the Role of Emeriti Professors in the European Union Universities"*. Presented in International Conference "The Capital of Knowledge" Athens, May 2019. Proceedings, Society for the Propagation of Useful Books, pp.211-216 (2020)
2. Plomin Joe: *"Emeritus professors pay a price"* in newspaper "The Guardian" May 3rd, 2001, U.K. <https://www.theguardian.com/education/2001/may/03/careers.highereducation>.
3. The University of Sheffield, <https://www.sheffield.ac.uk/hr/guidance/visitingtitles/emmeriti/index>
4. Fisher Donald, *"Establishing of UBC Emeritus College. Retirement committees"*, <https://www.emeriti.ubc.ca/membership>.
5. The University of Auckland: *"Awarding the title of Emeritus Professor Policy and Procedures"*, <https://www.auckland.ac.nz/en/about/the-university>

6. EURYDICE Network, https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/content/conditions-service-academic-staff-working-higher-education-22_en
7. Albert SP: *“The Emeritus Professor: Old Rank, New Meaning”*. ACADEME, 72,p.p.24-26, 1986, U.S.A.
8. Fishman SM., *“The merits of Emeriti”*, American Association of University Professors, 98, May – June, 2012

Περίληψη

Η απονομή του τίτλου του «Ομότιμου Καθηγητή» (Ομ.Κ.) αποτελεί εκτός από αναγνώριση του έργου του, ένα κίνητρο για τον συνταξιοδοτηθέντα Καθηγητή για τη συνέχιση της ερευνητικής και εκπαιδευτικής δραστηριότητάς του στο Πανεπιστήμιο και για την προσφορά του στην πανεπιστημιακή κοινότητα με την ανεύρεση επιδοτήσεων και χρηματοδοτήσεις της εργασίας του. Παρ’ όλα αυτά ο ρόλος του Ομ.Κ. νοείται πολύ διαφορετικά σε διάφορα Ευρωπαϊκά Πανεπιστήμια, όπως επίσης σε διάφορα Πανεπιστήμια της ίδιας χώρας. Η παρούσα εργασία βασίζεται σε μια εισήγηση του αείμνηστου Ομότιμου Καθηγητή ΕΜΠ Σίμου Σιμόπουλου προς το Δ.Σ. του ΣΟΜΟΚ-ΕΜΠ (Σωματείο Ομοτίμων Καθηγητών ΕΜΠ), η οποία παρατίθεται στο τέλος του κειμένου και περιέχει επιπλέον προσωπικές απόψεις και προσθήκες των συν-συγγραφέων, όπως παρουσιάστηκαν στο 1ο Διεθνές Συνέδριο με τίτλο *“The Capital of knowledge”* όπου οργανώθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση Ομοτίμων Καθηγητών (EAPE, European Association of Professors Emeriti, Αθήνα, 2019). Αναφέρεται στην οριοθέτηση του ρόλου του Ομ.Κ., η οποία θα μπορούσε να υιοθετηθεί ως Ευρωπαϊκό Πρότυπο και να υλοποιηθεί στα Ευρωπαϊκά Πανεπιστήμια. Κάποιες ενδεικτικές δραστηριότητες που θα μπορούσαν να ενδυναμώσουν και να καθιερώσουν τον ρόλο του Ομ.Κ. στην Πανεπιστημιακή Κοινότητα είναι η συνέχιση της διδασκαλίας σε μεταπτυχιακά μαθήματα, της επίβλεψης μεταπτυχιακών και μεταδιδακτορικών διατριβών, της διεξαγωγής έρευνας, η διατύπωση γνώμης προς τα εκλεκτορικά σώματα για την επιλογή νέων μελών ΔΕΠ της Σχολής που υπηρέτησαν, η παρακολούθηση, χωρίς δικαίωμα ψήφου, των συνεδριάσεων της Συγκλήτου του Ιδρύματός τους, η χρήση των εγκαταστάσεων του Ιδρύματος και η ενεργή συμμετοχή τους σε ερευνητικά προγράμματα. Συμπερασματικά, θα πρέπει οι Ομότιμοι Καθηγητές να έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν εθελοντικά την εμπειρία και τις υπηρεσίες τους στην Ακαδημαϊκή Κοινότητα και στην Κοινωνία.

Λέξεις-Κλειδιά: Ομότιμοι Καθηγητές, Ευρωπαϊκό Πρότυπο, Ερευνητικές και Εκπαιδευτικές Δραστηριότητες, χρηματοδοτήσεις, πνευματική ιδιοκτησία

Αυθεντικό κείμενο του αείμνηστου Ομότιμου Καθηγητή

Σ. Ε. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ

Εισήγηση προς το Δ.Σ. του ΣΟΜΟΚ-ΕΜΠ
**Ο Ρόλος του Ομότιμου Καθηγητή στο Ε.Μ.Π.
και οι συνακόλουθες δραστηριότητές του**

Εισαγωγή

Ασφαλώς για έναν Καθηγητή που έχει διοικητικά τερματίσει τη θητεία του σε ένα Πανεπιστήμιο με την αδυσώπητη νομοτέλεια του ρολογιού του "67", ακούγεται ως περήφανη παρηγοριά η απονομή του τίτλου του "Ομότιμου Καθηγητή". Είναι όμως αυτή η παρηγοριά το ζητούμενο ή μήπως το ότι το ρολόι του χρόνου των "67" δεν είναι πάντοτε συγχρονισμένο με το ρολόι της πνευματικής και βιολογικής του ικανότητας, με αποτέλεσμα η υποχρεωτική θέση σε αδράνεια να επιταχύνει με εντυπωσιακή συνέργεια άλλες –μάλλον δυσάρεστες– εξελίξεις. Παραδείγματα δυστυχώς υπάρχουν πολλά.

Το ερώτημα που εν τέλει τίθεται είναι το εάν ο τίτλος του Ομότιμου Καθηγητή¹ θα περιορίζεται στα πλαίσια μιας αυστηρής τιτλοδοσίας "ευγένειας" ή θα περιβληθεί με ουσιαστικό ρόλο, αξιοπρεπούς και υπερήφανης δραστηριοποίησης μέσα στο Ίδρυμα, η οποία εν τέλει θα αποβεί αμοιβαία επωφελής για το Ίδρυμα και τον ίδιο, και εν τέλει για την εκπαίδευση και μάλιστα σε μία εποχή που δεν περισσεύει καμία προσφορά ανιδιοτελούς συμβολής για τη χώρα, η οποία βρίσκεται σε φάση ανασυγκρότησης.

Τόσο η ήδη τετραετία από τη συνταξιοδότηση του γράφοντος, όσο και τα βιώματα από την πρόσφατη πρυτανική θητεία του, κατά την οποία βρέθηκε αντιμέτωπος με πολυεπίπεδες αντιξοότητες κατά τη λειτουργία των Ομότιμων Καθηγητών στο Ίδρυμα στο οποίο θήτευσαν, οι οποίες συνήθως κατέληγαν σε αδικαιολόγητες απογοητεύσεις, τον οδήγησαν στη διατύπωση του παρόντος κειμένου, το οποίο θα πρέπει να θεωρηθεί ως αφετηρία για το ξεκίνημα ενός ουσιαστικού διαλόγου που θα καταλήξει σε στερεό οδικό χάρτη για την "οριοθέτηση" του ρόλου του Ομ.Κ.

Ο θεσμός και ο ρόλος του Ομότιμου Καθηγητή

Αναδρομή με επιμονή στη νομολογία και στη βιβλιογραφία για τον ορισμό του θεσμού του Ομότιμου Καθηγητή δίνει πενιχρά αποτελέσματα. Η καλύτερη προσέγγιση επιχει-

1 Συντομογραφία Ομ.Κ.

ρείται στο κείμενο που είναι αναρτημένο στη "Βικιπαίδεια", όπου ο ορισμός του θεσμού γίνεται μέσω μιας αδρής περιγραφής του ρόλου του:

Ο τίτλος του **ομότιμου καθηγητή** είναι τιμητικός τίτλος που απονέμεται σε καθηγητές πανεπιστημίου οι οποίοι αποχωρούν από την ενεργό υπηρεσία. Τον τίτλο απονέμει η σύγκλητος του πανεπιστημίου στο οποίο δίδασκε ο αποχωρών, συνήθως όταν συντρέχουν ορισμένες προϋποθέσεις. Κύρια προϋπόθεση είναι να έχει διακριθεί ο αποχωρών καθηγητής στην επιστήμη του έχοντας επιδείξει σημαντικό έργο. Σκοπός του τίτλου, πέραν της αναγνώρισης, είναι και να δοθεί η δυνατότητα στον αποχωρούντα να συνεχίσει την ερευνητική ή διδακτική του δραστηριότητα στο πανεπιστήμιο και να προσφέρει τόσο στην κοινότητα της γνώσης, αλλά και στη στενή πανεπιστημιακή του κοινότητα με ανεύρεση επιδοτήσεων και χρηματοδοτήσεις της εργασίας του. Σε πολλές χώρες χρησιμοποιείται ο λατινικός όρος **Emeritus**².

Θα επιχειρήσουμε λοιπόν, στο κείμενο αυτό, το ξεκίνημα ενός ουσιαστικού διαλόγου που θα καταλήξει σε στερεό οδικό χάρτη για την "οριοθέτηση" του ρόλου του Ομ.Κ. και μέσω αυτού στη συνεκτική διατύπωση του ορισμού του θεσμού.

Προβλέψεις της κείμενης Νομοθεσίας – Τήρησή τους

Έχει διαπιστωθεί ότι στην κείμενη νομοθεσία υπάρχει μια εξαιρετικά φειδωλή αναφορά στις δυνατότητες οποίες μπορεί να έχουν πρόσβαση οι Ομ.Κ. Αυτό το οποίο θα πρέπει να γίνει είναι:

- α) Η κωδικοποίηση της νομοθεσίας αυτής.
- β) Η διερεύνηση σχετικά με το εάν αυτή τηρείται. Σε περίπτωση αρνητικής διαπίστωσης θα πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό.
- γ) Υπάρχει η αίσθηση ότι η φειδωλή υφιστάμενη νομοθεσία έχει εν πολλοίς χαρακτηριστικά "δυσνητικό". Θα πρέπει να εντοπισθούν τα σημεία αυτά και να υπάρξει πρόνοια ώστε ο ενδεχόμενα δυσνητικός χαρακτήρας τους να μην καθίσταται "εν τοις πράγμασιν" μονίμως αρνητικός.

Εξάλλου, καλό θα ήταν να εξετασθούν οι Κανονισμοί Λειτουργίας όλων των Πανεπιστημίων, πιθανότατα να υπάρχουν ανηρημένοι στα sites των Πανεπιστημίων, και να αποδελτιωθούν οι σχετικές με τους Ομ.Κ. διατάξεις. Το υπόψη υλικό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως αφητηρία:

- για την εναρμόνιση των σχετικών κανονισμών διαπανεπιστημιακά, και
- για την ενδεχόμενη διεκδίκηση από την πολιτεία περαιτέρω νομοθετικών προνοιών.

2 el. wikipedia.org

Θέματα προς περαιτέρω συζήτηση – διερεύνηση – οριοθέτηση

Πέραν των θεμάτων που ήδη με τον ένα ή τον άλλο τρόπο έχουν οριοθετηθεί, σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί στην πιο πάνω παράγραφο, έχουν εντοπισθεί από τον γράφοντα και τα σημεία τα οποία αναλύονται στις υποπαραγράφους που ακολουθούν και τα οποία θα πρέπει το ΔΣ του ΣΟΜΟΚ:

- α) να συζητήσει διεξοδικά,
- β) να διερευνήσει,
- γ) να κωδικοποιήσει, και
- δ) να προωθήσει για "οριοθέτηση" είτε με τροποποίηση της κείμενης νομοθεσίας, είτε με θεσμοθέτηση – ένταξη στον Κανονισμό Λειτουργίας του Ιδρύματος, κατά περίπτωση.

Αυτονόητα, κατά την αλληλεπίδραση και τις συζητήσεις θα προκύψουν και άλλα θέματα, τα οποία θα πρέπει να υποστούν την ίδια επεξεργασία. Όσα τίθενται στο κείμενο αυτό είναι ενδεικτικά και όχι αποκλειστικά.

Αυτονόητα, επίσης, η διαδικασία η οποία προτείνεται θα διεξαχθεί αυστηρά:

- με σεβασμό στην ακαδημαϊκή δεοντολογία,
- με σεβασμό στα δικαιώματα και στις υποχρεώσεις των "εν ενεργεία" Συναδέλφων,
- με γνώμονα τη στήριξη και την αναβάθμιση της εκπαιδευτικής και της ερευνητικής διαδικασίας, και
- με ακάματη διάθεση προσφοράς προς το Ίδρυμα, την Εκπαίδευση, τη χώρα.

Πνευματική Ιδιοκτησία – Διαδοχή της

Θα πρέπει να αναζητηθεί νομολογία ώστε να διευθετηθεί το θέμα της πατρότητας και της συνέχισης των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας, σε επιστημονικούς τομείς και δραστηριότητες, των οποίων αποκλειστικός εισηγητής και ερευνητής ήταν ο Ομ.Κ. όταν φυσικά υπηρετούσε, μετά την ομοτιμοποίησή του.

Ας αναφερθεί ένα συγκεκριμένο παράδειγμα. Ο νόμος έχει ρητή πρόβλεψη για τη συνέχιση της συμμετοχής του Ομ.Κ. σε σώματα επίβλεψης Δ.Δ. και μετά την ομοτιμοποίησή του. Τι συμβαίνει όμως εάν ο μετά ταύτα Διδάκτωρ συνεχίσει να λειτουργεί στο ίδιο θέμα της Διδακτορικής Διατριβής του, ως Μεταδιδακτορικός Συνεργάτης, υπό την επίβλεψη τρίτου. Ο Ομ.Κ. αποξενώνεται πλήρως από την επιστημονική έρευνα την οποία, όντας εν ενεργεία, εισηγήθηκε. Όταν μάλιστα τις περισσότερες φορές το πληροφορείται τυχαία και αρκετά μεταγενέστερα.

Λειτουργία του Ομ.Κ. μέσα στους χώρους του Ιδρύματος

Θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι ο Ομ.Κ. συνεχίζει να διαβιώνει και να λειτουργεί μέσα στους χώρους του Ιδρύματος απολαμβάνοντας το σεβασμό ο οποίος επιβάλλεται από

στοιχειώδεις λόγους αξιοπρέπειας και να μην αγωνίζεται για τη διασφάλισή του. Αναγνωρίζεται ότι η αγωγή δεν επιβάλλεται, αλλά εξυπακούεται στα πανεπιστημιακά περιβάλλοντα. Όμως, υπάρχουν και όρια η υπέρβαση των οποίων θα πρέπει να αποκλείεται. Δεν είναι δυνατόν ο Ομ.Κ. να λειτουργεί επιστημονικά και ακαδημαϊκά ορθά σε περιβάλλοντα συνεχούς "επιτήρησης". Εάν η οντότητά του κρίνεται ασύμβατη ή –πολύ περισσότερο επισφαλής– για το χώρο μέσα στον οποίο δραστηριοποιείται και λειτουργεί, αυτό πρέπει να του γίνεται ρητά σαφές από τα οικεία Συλλογικά Όργανα Διοίκησης του Ιδρύματος, ώστε να αποκλείονται συμπεριφορές οι οποίες θίγουν ανεπανόρθωτα την αξιοπρέπεια ανθρώπων οι οποίοι αναγνωρισμένα προσέφεραν και ανιδιοτελώς επιθυμούν να συνεχίσουν να προσφέρουν.

Ας επαναληφθεί ότι το θέμα είναι πολλαπλώς λεπτό, αλλά επίσης λεπτός και προσεκτικός θα πρέπει να είναι και ο χειρισμός του.

Συμβολή του Ομ.Κ. στο επιτελούμενο Έργο, με έμφαση στην Έρευνα

Είναι αυτονόητο ότι αιχμή του δόρατος της δραστηριότητας ενός Ομ.Κ. αποτελεί η συμβολή του στο ερευνητικό έργο της μονάδας στην οποία λειτούργησε και συνεχίζει να συμβάλλει, μετά την ομοτιμοποίησή του. Αυτονόητα δεν διεκδικείται η συμμετοχή του στη διαχείριση της έρευνας. Δεν μπορεί όμως να αγνοηθεί η ανάγκη οριοθέτησης της λειτουργίας του στο φυσικό έργο της έρευνας και της διάχυσης των αποτελεσμάτων της.

Η οριοθέτηση αυτή θα πρέπει να ξεκινάει από τη συμμετοχή του σε όλα τα άτυπα όργανα στα οποία σχεδιάζεται και παρακολουθείται το ερευνητικό έργο, ισότιμα ως προς τη δυνατότητα εισήγησης, διατύπωσης γνώμης και παρακολούθησης του φυσικού έργου της έρευνας. Θα ήταν επίσης χρήσιμη για το Ίδρυμα η παρουσία ενός εκπροσώπου των Ομ.Κ. στην Επιτροπή Ερευνών του Ιδρύματος, χωρίς δικαίωμα ψήφου, όπως συμβαίνει και με τους εκπροσώπους λοιπών φορέων μελών της Πανεπιστημιακής Κοινότητας.

Ασφαλώς, χρήσιμη επίσης θα ήταν για το Ίδρυμα και την επιτελούμενη ακαδημαϊκή διαδικασία η παρουσία ενός Ομ.Κ. σε όλες τις μάλλον άτυπες Συγκλητικές Επιτροπές, στις οποίες συμμετέχουν, χωρίς δικαίωμα ψήφου, και εκπρόσωποι λοιπών φορέων μελών της Πανεπιστημιακής Κοινότητας.

Η ζωή στο Ίδρυμα και ο Ομ.Κ.

Οι Ομ.Κ. με τη λειτουργία τους, την παρουσία τους, το κύρος τους, την άνεση χρόνου την οποία πλέον διαθέτουν, τη βαθιά γνώση τους και την πλούσια εμπειρία τους θα πρέπει –αυτονόητα με την επιβαλλόμενη κομψότητα– να λειτουργούν και να "ζουν" μέσα στο Ίδρυμα, συμβάλλοντας –ενεργοποιώντας πάντοτε με το υποσυνείδητο– στην αναβάθμιση του παραγόμενου ακαδημαϊκού έργου και των παρεχόμενων υπηρεσιών. Αυτό θέλει, από την πλευρά πλέον των Ομ.Κ., σχεδίαση και παρακολούθηση της υλοποίησης,

μέσα σε ένα χώρο στον οποίο ο ίδιος ο Ομ.Κ., όταν υπηρετούσε, είχε βιώσει την έντονη παρουσία της φιλοδοξίας του "εγώ" να υπερβάλλει πάντοτε της συνέργειας του "εμείς". Η επιθυμητή επιτυχία μίας τέτοιας λειτουργίας του Ομ.Κ. δεν είναι πάντοτε δεδομένη, αλλά δεν παύει να αποτελεί ένα στοίχημα του οποίου θα πρέπει να επιδιώκεται η επιτυχία.

Επίλογος

Το κείμενο αυτό, ομολογουμένως ακόμη σε πολύ πρόχειρή μορφή, απλά φιλοδοξεί να σηματοδοτήσει το ξεκίνημα της σχετικής συζήτησης, η οποία όμως να καταλήγει –σε σύντομο χρονικό διάστημα– σε μια επόμενη μορφή η οποία θα μπορούσε και να διαχυθεί, ώστε να οδηγήσει –με προσεκτικά βήματα που θα αποκλείουν αστάθεια και αστοχία– σε υλοποιήσιμα αποτελέσματα.

Επιστημονικά Θέματα

που υποβλήθηκαν
στη μνήμη του Σ.Ε. Σιμόπουλου



Πυρηνική Τεχνολογία

Θέματα Ασφάλειας
Πυρηνικών Αντιδραστήρων
και Ραδιοοικολογίας

Πυρηνική Προστασία: Διεθνές Καθεστώς και η Συμβολή της Ελλάδας

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΜΑΤΙΚΑΣ

Καθηγητής Τμήματος Μηχανικών Επιστήμης Υλικών,
Αντιπρύτανης Έρευνας, Καινοτομίας και Ανάπτυξης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων,
OHE Nuclear Security Advisory Group (AdSec),
Σύμβουλος Γεν. Διευθυντή Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας,
Πρώην Μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου
της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας
e-mail: matikas@otenet.gr

Περίληψη

Η πιθανότητα να χρησιμοποιηθεί πυρηνικό ή άλλο ραδιενεργό υλικό για κακόβουλο σκοπό δεν μπορεί να αποκλειστεί λαμβάνοντας υπ' όψη την τρέχουσα παγκόσμια κατάσταση. Τα κράτη-μέλη του Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας - ΔΟΑΕ (IAEA) του Ο.Η.Ε. έχουν ανταποκριθεί σε αυτόν τον κίνδυνο αναλαμβάνοντας μια συλλογική δέσμευση για την ενίσχυση της προστασίας και τον έλεγχο τέτοιων υλικών με σκοπό την αποτελεσματική απόκριση σε συμβάντα πυρηνικής προστασίας (nuclear security events). Ως αποτέλεσμα, αφενός τα υπάρχοντα νομικά μέσα ενισχύθηκαν αλλά και νέα διεθνή νομικά μέσα συμφωνήθηκαν για την ενδυνάμωση της παγκόσμιας πυρηνικής προστασίας (nuclear security). Η πυρηνική προστασία είναι θεμελιώδης στη διαχείριση της πυρηνικής τεχνολογίας, καθώς και σε εφαρμογές όπου πυρηνικά ή άλλα ραδιενεργά υλικά χρησιμοποιούνται ή μεταφέρονται. Στο πλαίσιο αυτό η χώρα μας, με αφορμή τη διοργάνωση των Ολυμπιακών Αγώνων Αθήνα 2004, είναι διεθνώς πρωτοπόρος στην ανάπτυξη μιας πολυεπίπεδης αρχιτεκτονικής άμυνας από συμβάντα πυρηνικής προστασίας. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της πυρηνικής προστασίας, το σχετικό διεθνές νομικό και ρυθμιστικό πλαίσιο, και τα συστήματα και μέτρα πυρηνικής προστασίας της χώρας.

Λέξεις-Κλειδιά: πυρηνική προστασία (nuclear security), πυρηνικό υλικό ή άλλο ραδιενεργό υλικό, διεθνές νομικό και ρυθμιστικό πλαίσιο.

1. Εισαγωγή

Η πυρηνική προστασία είναι μια σχετικά νέα επιστήμη στο σημερινό της εύρος, η οποία αναπτύχθηκε μετά την τρομοκρατική επίθεση της 11ης Σεπτεμβρίου στις Η.Π.Α. Η πυρηνική προστασία επικεντρώνεται στην πρόληψη (prevention), την ανίχνευση (detection) και την απόκριση (response) εγκληματικών ή από πρόθεση μη εξουσιοδοτημένων πράξεων που αφορούν ή στοχεύουν σε πυρηνικό υλικό, άλλο ραδιενεργό υλικό, σχετικές εγκαταστάσεις ή συναφείς δραστηριότητες. Στόχος του καθεστώτος πυρηνικής προστασίας μιας χώρας είναι η προάσπιση των προσώπων, της περιουσίας, της κοινωνίας και του περιβάλλοντος από τις επιβλαβείς συνέπειες ενός συμβάντος πυρηνικής προστασίας.

Η πυρηνική προστασία (nuclear security), μαζί με την πυρηνική ασφάλεια (nuclear safety) και τις ισχύουσες διασφαλίσεις (nuclear safeguards) αποτελεί το απαραίτητο τρίπτυχο ώστε η ανθρωπότητα να απολαμβάνει τα πολλά οφέλη των ειρηνικών εφαρμογών της ραδιενέργειας στη βιομηχανία, γεωργία, ιατρική, ενέργεια και σε πολλούς άλλους τομείς.

Ο ΔΟΑΕ διαδραματίζει αποφασιστικό ρόλο στις παγκόσμιες εξελίξεις. Ενδεικτικά αναφέρονται οι πυρηνικοί έλεγχοι των επιθεωρητών του (Nuclear Safeguards) στο Ιράκ, τη Β. Κορέα και το Ιράν, η εμπλοκή εμπειρογνομόνων του στην αντιμετώπιση των συνεπειών των πυρηνικών ατυχημάτων στο Chernobyl και στην Fukushima (Nuclear Safety) καθώς και ο ηγετικός του ρόλος στην αντιμετώπιση της διεθνούς πυρηνικής τρομοκρατίας (Nuclear Security). Οι συγκεκριμένες δραστηριότητες του Οργανισμού συνεχούν εξόχως πολιτικό χαρακτήρα με σημαντικό ειδικό βάρος στις παγκόσμιες εξελίξεις. Το πρόγραμμα του ΔΟΑΕ για την πυρηνική προστασία και ο αντίστοιχος ηγετικός του ρόλος τυγχάνει μεγάλης υποστήριξης, πολιτικής και οικονομικής, από όλα τα κράτη μέλη του, αλλά κυρίως από μεγάλες χώρες, όπως ΗΠΑ, ΕΕ, Ρωσία, Κίνα, Ιαπωνία και Καναδάς.

Η πυρηνική προστασία αφορά σε συμβάν από ανθρώπινο δόλο, π.χ. τρομοκρατία ή άλλες κακόβουλες πράξεις από άτομα ή ομάδες ατόμων (μη κρατικοί φορείς), η πυρηνική ασφάλεια αφορά σε ατύχημα από φυσικό φαινόμενο ή ανθρώπινο λάθος, οι διασφαλίσεις αφορούν σε μέτρα για την επαλήθευση ότι τα κράτη δεν χρησιμοποιούν πυρηνικά υλικά για την ανάπτυξη όπλων και ότι σέβονται τις υποχρεώσεις τους βάσει των διεθνών συνθηκών μη διάδοσης (nonproliferation treaties). Μια πολυεπίπεδη εθνική αρχιτεκτονική πυρηνικής προστασίας περιλαμβάνει:

- Τη φυσική προστασία (physical protection) του πυρηνικού υλικού εντός ρυθμιστικού ελέγχου, κατά τη χρήση, αποθήκευση ή μεταφορά και αφορά επίσης τις σχετικές εγκαταστάσεις ή συναφείς δραστηριότητες [1].
- Τη φυσική προστασία άλλου ραδιενεργού υλικού (ραδιενεργές πηγές) εντός ρυθμιστικού ελέγχου, κατά τη χρήση, αποθήκευση ή μεταφορά, καθώς και σχετικές εγκαταστάσεις ή συναφείς δραστηριότητες [2].
- Την πρόληψη, ανίχνευση και απόκριση σε συμβάντα που αφορούν σε πυρηνικό ή άλλο ραδιενεργό υλικό που βρίσκεται εκτός ρυθμιστικού ελέγχου μέσω κλοπής, τυχαίας απώλειας ή απόρριψης χωρίς εξουσιοδότηση [3].



Πρόληψη



Ανίχνευση



Απόκριση

Σχήμα 1. Οι πυλώνες της πυρηνικής προστασίας

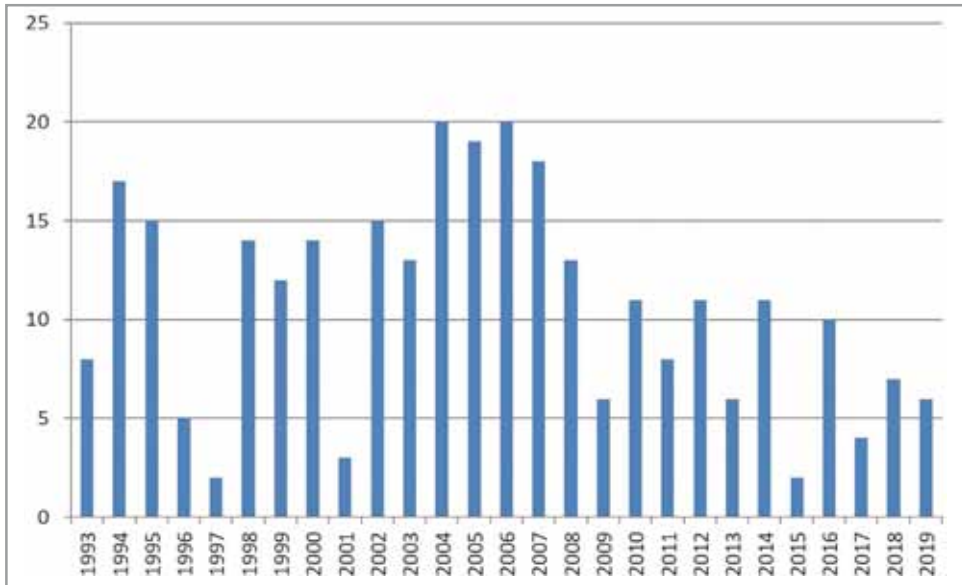
Σημαντικό στοιχείο του καθεστώτος πυρηνικής προστασίας ενός κράτους καθώς και του παγκόσμιου συστήματος αποτελεί η πρόληψη της παράνομης διακίνησης πυρηνικών και άλλων ραδιενεργών υλικών. Η αρχιτεκτονική πυρηνικής προστασίας για την πρόληψη της παράνομης διακίνησης θα πρέπει να βασίζεται στο νομικό και ρυθμιστικό πλαίσιο του κράτους, το οποίο πρέπει να είναι σε συμφωνία με το διεθνές δίκαιο και τις βέλτιστες πρακτικές.

2. Διεθνές νομικό και ρυθμιστικό πλαίσιο στο πλαίσιο της πρόληψης της παράνομης διακίνησης

Η βάση δεδομένων παράνομης διακίνησης (ITDB) [4], είναι το σύστημα πληροφοριών του Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας για περιστατικά παράνομης διακίνησης και άλλων μη εξουσιοδοτημένων δραστηριοτήτων που αφορούν σε πυρηνικά και ραδιενεργά υλικά. Από το 2020, 141 κράτη συμμετέχουν στο πρόγραμμα ITDB.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν υιοθετηθεί διάφορα διεθνή νομικά μέσα για την αντιμετώπιση ζητημάτων μη διάδοσης των πυρηνικών όπλων και πυρηνικής ασφάλειας, συμπεριλαμβανομένης της πυρηνικής προστασίας. Ορισμένα από αυτά τα μέσα έχουν διατάξεις που σχετίζονται με την πρόληψη, την ανίχνευση και την αντιμετώπιση εγκληματικών ή μη εξουσιοδοτημένων πράξεων που αφορούν πυρηνικά και άλλα ραδιενεργά υλικά. Τα διεθνή μέσα μπορεί να είναι νομικά δεσμευτικά (δηλαδή συμβάσεις, συνθήκες ή συμφωνίες) ή μπορούν να αντιπροσωπεύουν εθελοντικές δεσμεύσεις, καθοδήγηση ή βέλτιστες πρακτικές (κώδικες δεοντολογίας, δηλώσεις αρχών και διεθνή πρότυπα ή τεχνικά έγγραφα).

Εκτός από αυτά τα διεθνή μέσα, πολλά κράτη έχουν συνάψει διάφορες πολυμερείς ή περιφερειακές συμφωνίες σχετικά με την καταπολέμηση της παράνομης διακίνησης. Επιπλέον, ενδέχεται να υπάρχουν διμερείς συμφωνίες μεταξύ γειτονικών κρατών, με επίκεντρο τη συνεργασία σε θέματα συνοριακού και τελωνειακού ελέγχου, την έκδοση παραβατών κ.λπ. Είναι σημαντικό οι αρμόδιες αρχές, συμπεριλαμβανομένου του προσωπικού επιβολής του νόμου, να έχουν ευρεία κατανόηση αυτών των μέσων/συμφωνιών, καθώς και του καθεστώτος τους σύμφωνα με το εθνικό δίκαιο.



Σχήμα 2. Περιστατικά που αναφέρθηκαν στην ITDB που σχετίζονται με διακίνηση ή κακόβουλη χρήση, 1993-2019 [4]

Τα ακόλουθα διεθνή νομικά μέσα περιέχουν διατάξεις που ισχύουν για την παράνομη διακίνηση πυρηνικών και άλλων ραδιενεργών υλικών:

- **Συνθήκη Μη Διάδοσης Πυρηνικών Όπλων (NPT)**, 1970 [5]. Όλα τα κράτη μέλη των Ηνωμένων Εθνών έχουν γίνει Μέρη της Συνθήκης με εξαίρεση την Ινδία, το Ισραήλ και το Πακιστάν.
- **Σύμβαση για τη Φυσική Προστασία του Πυρηνικού Υλικού (CPPNM)**, 1980, συμπεριλαμβανομένης της τροποποίησής της, 2005 [6, 7]. Για σκοπούς παράνομης διακίνησης, η πιο σημαντική διάταξη της Σύμβασης είναι το άρθρο 7 που απαιτεί από τα μέρη να τιμωρούν μια σειρά από εσκεμμένες ενέργειες ως αδικήματα σύμφωνα με την εθνική τους νομοθεσία.
- **Ψήφισμα 1540 του Συμβουλίου Ασφαλείας των Ηνωμένων Εθνών για τα όπλα μαζικής καταστροφής**, 2004 [8]. Είναι νομικά δεσμευτικό για τα κράτη μέλη του ΟΗΕ σύμφωνα με το Κεφάλαιο VII του Χάρτη των Ηνωμένων Εθνών. Έχει διατάξεις για μέτρα που σχετίζονται με την παραγωγή υλικού, τη χρήση, την αποθήκευση, τη μεταφορά, τη φυσική προστασία, τους συνοριακούς ελέγχους, τις προσπάθειες επιβολής του νόμου για τον εντοπισμό, την αποτροπή, την πρόληψη και την καταπολέμηση της παράνομης διακίνησης, τους εθνικούς ελέγχους εξαγωγών και μεταφορτώσεων, ποινικές ή αστικές κυρώσεις για παραβιάσεις τέτοιων νόμων και κανονισμών για τον έλεγχο των εξαγωγών.

- **Ψήφισμα 1373 του Συμβουλίου Ασφαλείας των Ηνωμένων Εθνών για τη χρηματοδότηση της τρομοκρατίας**, 2001 [9]. Είναι νομικά δεσμευτικό για τα κράτη μέλη του ΟΗΕ. Μία από τις διατάξεις αναφέρει συγκεκριμένα πυρηνικά υλικά και μια άλλη διάταξη χρησιμοποιεί τον όρο «όπλα μαζικής καταστροφής» που πρέπει να θεωρηθεί ότι περιλαμβάνει πυρηνικά όπλα. Η λειτουργική παράγραφος 4 αντιμετωπίζει συγκεκριμένα την παράνομη διακίνηση.
- **Ψήφισμα 1887 του Συμβουλίου Ασφαλείας των Ηνωμένων Εθνών για τη μη διάδοση και την πρόληψη της διάδοσης όπλων μαζικής καταστροφής**, 2009 [10]. Πρόκειται για μη νομικά δεσμευτικό ψήφισμα που δεν έχει εγκριθεί βάσει του Κεφαλαίου VII του Χάρτη. Οι λειτουργικές παράγραφοι είναι 26 και 27, σχετικά με τον έλεγχο και την καταστολή της παράνομης διακίνησης πυρηνικών υλικών μέσω εθνικών μέτρων. Δεν αναφέρεται ρητά σε άλλο ραδιενεργό υλικό.
- **Διεθνής Σύμβαση για την Καταστολή των Πράξεων Πυρηνικής Τρομοκρατίας (NTC)**, 2005 [11]. Η Σύμβαση αφορά στα αδικήματα που δύνανται να προκαλέσουν θάνατο ή σοβαρό σωματικό τραυματισμό ή σημαντική ζημία στην ιδιοκτησία ή στο περιβάλλον και περιλαμβάνουν τρομοκρατικές ενέργειες που σχετίζονται με την ανάπτυξη πυρηνικών εκρηκτικών και ζημιές σε πυρηνικές εγκαταστάσεις.
- **Συμφωνίες Διασφαλίσεων του ΔΟΑΕ [12] και Πρόσθετα Πρωτόκολλα αυτών** [13]. Οι διατάξεις που σχετίζονται με την εθνική νομοθεσία εξαγωγών και εισαγωγών περιέχονται στις Συμφωνίες Διασφαλίσεων που συνάπτονται μεταξύ ενός κράτους και του ΔΟΑΕ βάσει των σχετικών εγγράφων διασφαλίσεων.
- **Περιφερειακές Συνθήκες Ζωνών Ελεύθερων από Πυρηνικά Όπλα**. Πέντε περιφερειακές συνθήκες αναπτύχθηκαν με σκοπό τον αποκλεισμό των πυρηνικών όπλων από συγκεκριμένες περιοχές του κόσμου. Αν και επικεντρώνονται στη διάδοση πυρηνικών όπλων σε επιπλέον κράτη, ορισμένες από τις διατάξεις τους ισχύουν για την πρόληψη της παράνομης διακίνησης πυρηνικών υλικών και συναφών ειδών ή τεχνολογίας.
 - Συνθήκη Tlatelolco (για τη Λατινική Αμερική) [14]
 - Συνθήκη Rarotonga (για τον Νότιο Ειρηνικό) [15]
 - Συνθήκη της Μπανγκόκ (για τη Νοτιοανατολική Ασία) [16]
 - Συνθήκη Pelindaba (για την Αφρική) [17]
 - Συνθήκη του Semipalatinsk (για την Κεντρική Ασία) [18]
- **Σύμβαση για την έγκαιρη ειδοποίηση ενός πυρηνικού ατυχήματος, 1986 (CENNA)** [19]. Έχει σχέση με την ανίχνευση και απόκριση σε κακόβουλες πράξεις που αφορούν πυρηνικό και άλλο ραδιενεργό υλικό, επειδή οι συνθήκες τέτοιων πράξεων μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά συμβάντα που περιλαμβάνουν πιθανή ή πραγματική απελευθέρωση ραδιενεργού υλικού και τα οποία θα μπορούσαν ενδεχομένως να έχουν αντίκτυπο πέρα από τα εθνικά σύνορα.

- **Σύμβαση για τη βοήθεια σε περίπτωση πυρηνικού ατυχήματος ή ραδιολογικής έκτακτης ανάγκης (CACNARE)**, 1986 [20]. Έχει περιορισμένη εφαρμογή σε κακόβουλες πράξεις που περιλαμβάνουν πυρηνικό ή άλλο ραδιενεργό υλικό. Ωστόσο, εάν ένα περιστατικό παράνομης διακίνησης πυρηνικού υλικού προκαλεί ή συμβάλλει σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης από ραδιενέργεια, η Σύμβαση παρέχει έναν έτοιμο μηχανισμό για την αναζήτηση και την παροχή της απαραίτητης βοήθειας.
- **Σύμβαση Europol**, 1999 [21]. Πρόκειται για τη συνεργασία εντός της ενιαίας επικράτειας των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης που δεν έχουν εσωτερικά σύνορα και αφορά την ανταλλαγή και διαχείριση ευαίσθητων πληροφοριών και την παραγωγή πληροφοριών για την καταπολέμηση της τρομοκρατίας και του οργανωμένου εγκλήματος.

Επιπρόσθετα, διάφορα μη δεσμευτικά μέσα ή έγγραφα καθοδήγησης του ΔΟΑΕ είναι σχετικά, όπως:

- **Κώδικας Δεοντολογίας για την ασφάλεια και την ασφάλεια των ραδιενεργών πηγών, 2004** [22]. Παρέχει καθοδήγηση για τον έλεγχο των ραδιενεργών πηγών και για την ελαχιστοποίηση τυχόν συνεπειών σε περίπτωση αποτυχίας των μέτρων ελέγχου.
- **Οδηγίες για τις εισαγωγές και εξαγωγές ραδιενεργών πηγών, 2004** [23]. Αναπτύχθηκε για να υποστηρίξει την εφαρμογή του Κώδικα Δεοντολογίας από τα κράτη.
- **Οδηγίες Ομίλου Πυρηνικών Προμηθευτών (NSG)** [24]. Συμμετέχουν κράτη που έχουν δεσμευτεί να ελέγχουν την εξαγωγή ορισμένων υλικών, ειδών και τεχνολογίες σύμφωνα με διαδικασίες που έχουν συμφωνηθεί από την ομάδα των κρατών.
- **Κατευθυντήριες γραμμές της επιτροπής Zangger** [25]. Ο «κατάλογος ενεργοποίησης» (NSG trigger list) που αναπτύχθηκε από τα εξαγωγικά κράτη-μέλη της Συνθήκης NPT ήταν ο πρώτος κατάλογος εμπορευμάτων με εφαρμογή στην πυρηνική τεχνολογία που χρειάζονταν παρακολούθηση για να διασφαλιστεί η ειρηνική χρήση τους.
- **Σειρά Πυρηνικής Προστασίας του ΔΟΑΕ** (IAEA Nuclear Security Series documents).



Σχήμα 3. Χρονολογικό διάγραμμα διεθνών νομικών μέσων για την πυρηνική προστασία.

3. Η πυρηνική προστασία στην Ελλάδα

Η Ελλάδα έχει μία πρωτοποριακή διεθνή ανάμειξη στο χώρο της πυρηνικής προστασίας. Το 2003 ζητεί συνεργασία με τον ΔΟΑΕ για την προστασία των Ολυμπιακών Αγώνων 2004 από πυρηνική τρομοκρατία. Στο ειδικό πρόγραμμα του ΔΟΑΕ που αναπτύχθηκε συμμετείχαν ενεργά οι ΗΠΑ, Γαλλία, Αυστραλία και Γερμανία. Είναι το πρώτο διεθνές πρόγραμμα πυρηνικής προστασίας μεγάλης δημόσιας διοργάνωσης (Nuclear Security of a Major Public Event), αξίας περί τα 25 εκ. ευρώ. Εφαρμόστηκε με επιτυχία και δημιούργησε για τον ΔΟΑΕ διεθνές πρότυπο.

Το πρόγραμμα περιλάμβανε για πρώτη φορά παγκοσμίως μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την πυρηνική προστασία:

- Φυσική προστασία του Ελληνικού Ερευνητικού Πυρηνικού Αντιδραστήρα (GRR-1) του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος»
- Συστήματα φυσικής προστασίας ραδιενεργών πηγών σε 22 νοσοκομειακές κλινικές και σε μία μεγάλη βιομηχανική εγκατάσταση
- Εφαρμογή τεχνολογίας αιχμής στα σύνορα της χώρας για τον εντοπισμό της παράνομης διακίνησης ραδιενεργών υλικών
- Επιχειρησιακή ετοιμότητα για την αντιμετώπιση έκτακτης ανάγκης
- Ανταλλαγή πληροφοριών και αξιολόγηση παράνομης διακίνησης
- Χρήση οργάνων ανίχνευσης για ακτινοβολία-γ και νετρόνια, διαδικασίες ανίχνευσης και σχετική εκπαίδευση για την πυρηνική προστασία:
 - Ολυμπιακών χώρων
 - Επιβατικού τερματικού σταθμού λιμένα Πειραιά
 - Εμπορευματικού σταθμού λιμένα Πειραιά
 - Προσωρινής πύλης για κρουαζιερόπλοια κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων στον λιμένα Πειραιά
 - Επιβατικού τερματικού σταθμού Extra-Schengen στον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών «Ελ. Βενιζέλος»
 - Εμπορευματικού τερματικού σταθμού στον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών «Ελ. Βενιζέλος»
 - Περιοχής διακίνησης ταχυδρομικών δεμάτων στον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών «Ελ. Βενιζέλος»
- Εγκατάσταση σταθερών συστημάτων ανίχνευσης (radiation portal monitors - RPM) στα σύνορα για τον εντοπισμό παράνομης διακίνησης ραδιενεργών υλικών, αρχικά στις τρεις κύριες χερσαίες εισόδους της χώρας από την Αλβανία (Κακαβιά), τη Βόρεια Μακεδονία (Εύζωνοι) και τη Βουλγαρία (Προμαχώνας). Το 2007, όταν η Βουλγαρία εντάχθηκε στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τα συστήματα που ήταν εγκατεστημένα στον Προμαχώνα μεταφέρθηκαν στα σύνορα με την Τουρκία (Κήποι) και στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης.

- Παραχώρηση εξοπλισμού ανίχνευσης ραδιενέργειας για σκοπούς δευτερεύουσας επιθεώρησης στα Τελωνεία, Αστυνομία και Λιμενικό, και σε είκοσι επτά πρόσθετα σημεία εισόδου/εξόδου της χώρας για διεξαγωγή πρωτοβάθμιας επιθεώρησης.

Τα συστήματα RPM διαθέτουν δύο πυλώνες, καθένας από τους οποίους έχει δύο ανιχνευτές γάμμα (πλαστικοί σπινθηριστές), δύο ανιχνευτές νετρονίων που βρίσκονται πίσω από έναν πίνακα πολυαιθυλενίου, αισθητήρα κατάληψης που ενημερώνει το σύστημα ανίχνευσης ότι η πύλη είναι κατειλημμένη, τροφοδοτικά, ενισχυτές σήματος και επικοινωνία.

Οι ανιχνευτές γάμμα αποτελούνται από πλαστικούς σπινθηριστές που συνδέονται με σωλήνες φωτοπολλαπλασιαστή. Με την παρουσία ακτινοβολίας-γ ο πλαστικός σπινθηριστής εκπέμπει φως. Το φως εντός του υπεριώδους φάσματος μετατρέπεται σε ορατό φως και εισέρχεται στον φωτοπολλαπλασιαστή που μετατρέπει το φως σε ηλεκτρόνια, τα οποία στη συνέχεια ενισχύονται. Αυτός ο ενισχυμένος παλμός παράγει μια μέτρηση στο σύστημα. Για τη μείωση όσο το δυνατόν περισσότερο της ακτινοβολίας υποβάθρου υπάρχει θωράκιση μολύβδου.



Σχήμα 4. Σταθερά συστήματα ανίχνευσης ραδιενέργειας στην πύλη για κρουαζιερόπλοια, τον εμπορευματικό σταθμό και τον επιβατικό τερματικό σταθμό του λιμένα Πειραιά, καθώς και στον επιβατικό τερματικό σταθμό Extra-Schengen στον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών «Ελ. Βενιζέλος»

Οι ανιχνευτές νετρονίων είναι μεταλλικοί σωλήνες γεμάτοι με αέριο He-3 υπό πίεση. Όταν ο πυρήνας He-3 απορροφά ένα νετρόνιο, παράγεται φορτισμένο σωματίδιο (πρωτόνιο) και πυρήνας τριτίου. Το φορτισμένο σωματίδιο ιονίζει το αέριο και ένα ηλεκτρικό σήμα παράγεται, το οποίο στη συνέχεια καταγράφεται από το κύκλωμα ως ένα «συμβάν». Οι σωλήνες περιβάλλονται από πολυαιθυλένιο. Τα άτομα υδρογόνου στο πολυαιθυλένιο επιβραδύνουν τα νετρόνια και αυξάνουν την πιθανότητα να συμβεί μια αλληλεπίδραση.

Ο ελληνικός ρόλος στον ΔΟΑΕ και στην παγκόσμια κοινότητα υπήρξε και παραμένει σημαντικότερος. Ο ΔΟΑΕ με βάση την αποκτηθείσα «ελληνική εμπειρία» και χρησιμοποιώντας ευρέως Έλληνες επιστήμονες, δημιούργησε και συνέγραψε διεθνείς κανόνες και οδηγίες αντιμετώπισης της παγκόσμιας πυρηνικής τρομοκρατίας και ανέπτυξε ταχύτατα το σχετικό πρόγραμμα για την Πυρηνική Προστασία και την αντίστοιχη υπηρεσία (Department of Nuclear Security). Στην προσπάθειά του αυτή είχε μεγάλη υποστήριξη από ΗΠΑ, ΕΕ και Ρωσία. Η σπουδαιότητα της ελληνικής συμβολής στο εν λόγω έργο του ΔΟΑΕ είναι πλήρως αναγνωρισμένη από τον Οργανισμό και τα κράτη μέλη του.



Σχήμα 5. Συναγερμός ακτινοβολίας-γ στο (ελληνο-αλβανικό) συνοριακό σημείο ελέγχου της Κακαβιάς [26]

Βιβλιογραφία

1. International Atomic Energy Agency, *Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities (INFCIRC/225/Rev. 5)*, IAEA Nuclear Security Series No. 13, IAEA, Vienna (2011).
2. International Atomic Energy Agency, *Nuclear Security Recommendations on Radioactive Material and Associated Facilities*, IAEA Nuclear Security Series No. 14, IAEA, Vienna (2011).
3. International Atomic Energy Agency, *Nuclear Security Recommendations on Nuclear and Other Radioactive Material Out of Regulatory Control*, IAEA Nuclear Security Series No. 15, IAEA, Vienna (2011).
4. IAEA Incident and Trafficking Database (ITDB), *Incidents of nuclear and other radioactive material out of regulatory control*, 2020 Fact Sheet.
5. *Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons*, IAEA, INFCIRC/140, IAEA, Vienna (1970).
6. *Convention on the Physical Protection of Nuclear Material*, INFCIRC/274/Rev. 1, IAEA, Vienna (1980).
7. *Nuclear Security Measures to Protect against Nuclear Terrorism, Amendment to the Convention on the Physical Protection of Nuclear Material*, Report by the Director General, GOV/INF/2005/10 - GC(49)/INF/6, IAEA, Vienna (2005).
8. *Non-proliferation of Weapons of Mass Destruction*, Security Council S/RES/1540, United Nations, New York (2004).
9. *Threats to International Peace and Security Caused by Terrorist Acts*, Security Council Resolution 1373, United Nations, New York (2001).
10. *Maintenance of international peace and security: Nuclear non-proliferation and nuclear disarmament*, Security Council Resolution 1887, United Nations, New York (2009).
11. *International Convention for the Suppression of Acts of Nuclear Terrorism*, A/59/766, United Nations, New York (2005).
12. *The Structure and Content of Agreements Between the IAEA and States required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons*, INFCIRC/153 (Corrected), IAEA, Vienna (1972).
13. *Model Protocol Additional to the Agreement(s) between State(s) and the International Atomic Energy Agency for the Application of Safeguards*, INFCIRC/540 (Corrected), IAEA, Vienna (1997).
14. *Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons in Latin America and the Caribbean (Tlatelolco Treaty)*, GOV/INF/179, IAEA, Vienna (1967).
15. *South Pacific Nuclear Weapon Free Zone Treaty (Rarotonga Treaty)*, INFCIRC/331/Add.1, Vienna (1987).
16. International Atomic Energy Agency, *Southeast Asia Nuclear Weapon Free Zone Treaty (Bangkok Treaty)*, INFCIRC/548, Vienna (1998).
17. International Atomic Energy Agency, *The African Nuclear Free Zone Treaty (Pelindaba Treaty)*, INFCIRC/512, Vienna (1996).

18. *Treaty on a Nuclear-Weapon-Free Zone in Central Asia (Treaty of Semipalatinsk)*, United Nations Office for Disarmament Affairs (UNDOA), 2006.
19. *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident*, INFCIRC/355, IAEA, Vienna (1986).
20. *Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency*, INFCIRC/336, IAEA, Vienna (1986).
21. *Europol Convention*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg (2004).
22. International Atomic Energy Agency, *Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources*, IAEA, Vienna (2004).
23. *Measures to Strengthen International Cooperation in Nuclear, Radiation, Transport Safety and Waste Management*, Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources: Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources, GOV/2004/62–GC (48)/13, IAEA, Vienna (2004).
24. *Nuclear Suppliers Group Guidelines*, INFCIRC/254, IAEA, Vienna (1978).
25. *Communication Received from Members Regarding the Export of Nuclear Material and of Certain Categories of Equipment and other Material*, Guidelines for Nuclear Transfers, INFCIRC/209, IAEA, Vienna (1974).
26. Maltezos A., Boziari A., Kamenopoulou V., Matikas T. E., *Nuclear Security Systems at Points of Entry in Greece*, Journal of Nuclear Materials Management, Vol. XLV, No. 2, pp. 15-25, (2017).

Για μια γνωριμία με την Πυρηνική Ενέργεια

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΛΕΩΝΙΔΟΥ

Ομότιμος Καθηγητής Πυρηνικής Τεχνολογίας,
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
e-mail: dimitris.leonidou@gmail.com

Αφιέρωση

Το κείμενο που ακολουθεί αφιερώνεται στον Σίμο, τον φίλο, τον συνεργάτη, τον συνάδελφο, τον Πρύτανή μας. Τον άνθρωπο που για πενήντα περίπου χρόνια (από τα φοιτητικά του μέχρι την αδόκητη αποχώρησή του) υπηρέτησε ακάματα το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ, συνέβαλε στην πρόοδο πολλών κλάδων της Πυρηνικής Τεχνολογίας και δημιούργησε το φυτώριο των επιστημόνων που συνεχίζουν σήμερα το έργο μεταδόσεως της γνώσης στον κρίσιμο τομέα των πολλαπλών εφαρμογών της.



Εικόνα 1: Μετά τη φόρτιση της Υποκρίσιμης Πυρηνικής Στήλης του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας με τα στοιχεία Φυσικού Ουρανίου, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Κτίριο Φυσικής, 1976. Από αριστερά επάνω: Σ. Σιμόπουλος, Ι. Καραγγελος, Ν. Ξηρομερίτης. Κάτω: Δ. Λεωνίδου.

1. Εισαγωγή

Στον αιώνα μας, στον 21ο αιώνα, η ανθρωπότητα περιμένει τη λύση στο ενεργειακό της πρόβλημα. Περιμένει, ως μάννα εξ ουρανού, το Άγιο Δισκοπότηρο, την ενέργεια που της υποσχέθηκαν οι πυρηνικοί φυσικοί του περασμένου αιώνα, την ενέργεια που θα είναι άφθονη, καθαρή και ασφαλής: Την Πυρηνική Ενέργεια από «*σύντηξη ελαφρών πυρήνων*».

Ήδη από τον Νοέμβριο του 1952 έχει επιτευχθεί η παραγωγή της ενέργειας αυτής για μη ειρηνικούς σκοπούς, υπό τη μορφή της πρώτης βόμβας υδρογόνου, που δοκιμάστηκε στη νησίδα Eniwetok του Ειρηνικού Ωκεανού, αλλά για την ειρηνική εφαρμογή της οι έρευνες δεν έχουν επιτύχει ακόμα τους στόχους τους. Έκτοτε καταβάλλονται τεράστιες προσπάθειες και διατίθενται πολύ σημαντικά χρηματικά ποσά για την υποστήριξη της σχετικής έρευνας παραγωγής και τιθασειύσεως της. Από το έτος 2008 τρέχει το διεθνές πρόγραμμα ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), που περιλαμβάνει την κατασκευή πειραματικού θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα, η λειτουργία του οποίου αναμένεται (;) να ξεκινήσει το 2025.

Πρόσφατα, στις 11 Φεβρουαρίου 2022, ανακοινώθηκε από τη Βρετανική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας η επιτυχία της ερευνητικής ομάδας της διατάξεως Tokamak του προηγούμενου παλαιότερου σχετικού ευρωπαϊκού προγράμματος Joint European Torus (JET), κατά την οποία επετεύχθη, σε συνθήκες υψηλής πίεσεως και υψηλής θερμοκρασίας (>100.000.0000 οC), παραγωγή ενέργειας 59 MJ για 5 s που διήρκεσε το πείραμα. Το επίτευγμα αυτό θεωρείται ότι υπερδιπλασίασε προηγούμενα αντίστοιχα αποτελέσματα από το 1997, παρ' όλο που ο χρόνος παραγωγής ενέργειας είναι ακόμα αμελητέα μικρός για να θεωρηθεί ότι η σύντηξη είναι εκμεταλλεύσιμη. Το διάδοχο διεθνές πρόγραμμα του ITER θα είναι το DEMO (DEMOstration Fusion Reactor), το οποίο θα ξεκινήσει το 2035, όπως ελπίζεται, και θα περιλαμβάνει την κατασκευή του πρώτου θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από σύντηξη. Η ισχύς του θα είναι 2.000 MW.

Επομένως, σε ό,τι αφορά στη σύντηξη, υπάρχει μια κατάσταση αναμονής με αβέβαιο προσδιορισμό της ημερομηνίας που θα διατίθεται αυτή η πολυπόθητη μορφή ενέργειας. Απομένει όμως το άλλο καταφύγιο που μας προσφέρει η Πυρηνική Τεχνολογία, η «*Πυρηνική Ενέργεια από σχάση βαρέων πυρήνων*», για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας συγχρόνως με το διατιθέμενο μείγμα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί ένα σύντομο ιστορικό της Πυρηνικής Ενέργειας, τα σχετικά με κάθε ένα από τα δύο είδη αυτής και θα αναφερθούν τα κατά και τα υπέρ αυτής της «*αρμαγεδώνιας*» μορφής ενέργειας.

2. Ιστορικό Πυρηνικής Ενέργειας

Οι προ της Πυρηνικής Ενέργειας ενεργειακές μορφές έγιναν άμεσα αποδεκτές στην εποχή τους από την ανθρωπότητα χωρίς ενδοιασμούς, χωρίς ερωτηματικά, χωρίς αναφο-

ρές στο πλήθος των θυμάτων τους. Και αυτό διότι οι συγκεκριμένες μορφές ενέργειας ήρθαν να καλύψουν τα άμεσα ενεργειακά προβλήματα και σε συνέχεια τις ανάγκες για την ευημερία του ανθρώπινου είδους και την εξέλιξη της παγκόσμιας οικονομίας. Έτσι, φθάσαμε σήμερα σ' ένα σημείο όπου οι ενεργειακές ανάγκες του αναπτυσσόμενου πολιτισμικού επιπέδου της υφηλίου, η ιλιγγιώδης αύξηση του πληθυσμού της, αλλά και η ηθική απαίτηση να μετέχουν όλοι οι άνθρωποι της Γης στη χρήση των παραγόμενων αγαθών, απαιτούν όλο και μεγαλύτερα ποσά ενέργειας. Μεταξύ άλλων, μπήκε στο παιχνίδι τόσο ο οικονομικός όσο και ο περιβαλλοντικός παράγοντας: *«να παράγουμε άφθονη, καθαρή και όσο το δυνατόν φθηνότερη ενέργεια»*.

Τη λύση έδωσε η εξέλιξη της νεώτερης φυσικής μέσα από μια μακροχρόνια προσπάθεια κατανόησης της δομής της ύλης, βασιζόμενη όχι στις φιλοσοφικές δοξασίες των προγόνων μας, αλλά σε αυστηρές θεωρίες και πειραματικές επιβεβαιώσεις. Αναφερόμενοι σε μερικά από τα στάδια-σταθμούς των ανακαλύψεων της νεώτερης φυσικής, σημειώνεται ότι:

- Το 1808, ο J. Dalton έθεσε τις πειραματικές βάσεις της θεωρίας της ύλης.
- Το 1811, ο Avogadro οριστικοποίησε τη διάκριση μεταξύ ατόμων και μορίων.
- Το 1815, ο Prout καθιέρωσε το άτομο του υδρογόνου ως βασικό συστατικό της ύλης.
- Το 1869, ο Mendelejev καθιέρωσε το περιοδικό σύστημα των στοιχείων της ύλης.
- Το 1896, ο Becquerel ανακάλυψε τη φυσική ραδιενέργεια.
- Το 1898, το ζεύγος Curie απομόνωσε το Ράδιο.
- Το 1903, ο Rutherford προσδιόρισε το σωματίδιο -α ως τον πυρήνα του Ηλίου.
- Το 1905, ο Einstein διετύπωσε την ισοδυναμία μάζας και ενέργειας.
- Το 1913, ο Bohr διετύπωσε το Ατομικό πρότυπο.
- Το 1919, ο Rutherford πέτυχε την τεχνητή πυρηνική διάσπαση και τη μεταστοιχείωση.
- Το 1932, ο Urey ανακάλυψε το Δευτέριο.
- Το 1932, ο Chadwick ανακάλυψε το Νετρόνιο.
- Το 1932, οι Cockroft και Walton πέτυχαν τεχνητή πυρηνική διάσπαση.
- Το 1934, ο Fermi πραγματοποίησε πυρηνική μετατροπή με ενσωμάτωση νετρονίου.
- Το 1939, οι Hahn και Strassmann ανακάλυψαν τη σχάση βαρέος πυρήνα.
- Το 1942, ο Fermi πέτυχε την πρώτη ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση σχάσεων πυρήνων.

Μια πολύ σημαντική επιτυχία των ερευνών μετά το 1936 υπήρξε ο προσδιορισμός των μαζών των πυρήνων των ατόμων της ύλης. Βάσει των μετρήσεων αυτών διαπιστώθηκε ότι *«οι μάζες των πυρήνων είναι μικρότερες από το άθροισμα των μαζών των πρωτονίων και νετρονίων από τα οποία αποτελούνται»*.

Για παράδειγμα για τον πυρήνα του Ηλίου-4, είναι γνωστό ότι η μάζα του είναι $m = 4,002603$ ατομικές μονάδες μάζας (amu). Ο πυρήνας του Ηλίου-4 αποτελείται από

2 πρωτόνια και 2 νετρόνια. Οι μάζες του πρωτονίου και του νετρονίου είναι αντιστοίχως $m_p = 1,007825 \text{ amu}$ και $m_n = 1,008665 \text{ amu}$ ¹

Θα έπρεπε λοιπόν η μάζα του πυρήνα του Ηλίου-4 να είναι ίση προς το άθροισμα των μαζών των συστατικών του, δηλαδή $m' = 2 \times 1,007825 + 2 \times 1,008665 = 4,03298 \text{ amu}$. Η διαφορά $\Delta m = m' - m = 0,030377 \text{ amu}$ είναι γνωστή ως το έλλειμμα μάζας του πυρήνα (εν προκειμένω του Ηλίου-4) και αντιστοιχεί, σύμφωνα με την αρχή ισοδυναμίας μάζας και ενέργειας του Einstein, σε ενέργεια $\Delta E = \Delta m \times c^2 = 28,296224 \text{ MeV}$. Η ΔE είναι γνωστή ως η ενέργεια συνδέσεως του πυρήνα και παριστάνει (απλοϊκά διατυπωμένα) την ενέργεια που αποβάλλεται κατά τη δημιουργία του πυρήνα από τα συστατικά του².

3. Συμπεράσματα από την ενέργεια συνδέσεως

Τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν από τη διερεύνηση των αριθμητικών αποτελεσμάτων που αφορούν τις ενέργειες συνδέσεως των πυρήνων της ύλης είναι υψηλότερου πρακτικού ενδιαφέροντος. Πρόκειται για την αποκάλυψη ενός από τα μεγαλύτερα δώρα της Φύσης στον άνθρωπο, με βάση το οποίο μπορούν να αντληθούν τρομακτικά ποσά ενέργειας από τον υλικό κόσμο που τον περιβάλλει. Τα πρακτικά συμπεράσματα από την ενέργεια συνδέσεως είναι κυρίως δύο:

(α) Συντήκοντας με κατάλληλες πυρηνικές αντιδράσεις ελαφρείς πυρήνες (με μαζικό αριθμό < 4) προς βαρύτερους, ή (β) σχάζοντας επίσης με κατάλληλες αντιδράσεις βαρείς πυρήνες (με μαζικό αριθμό > 230) προς ελαφρύτερους, προκύπτει τέτοια αναδιάταξη των συστατικών (πρωτονίων και νετρονίων) των προϊόντων των πυρηνικών αυτών αντιδράσεων, ώστε τα τελικά προϊόντα να παρουσιάζουν ενέργειες συνδέσεως, των οποίων το άθροισμα είναι μεγαλύτερο από εκείνο των αντιδρώντων. Αυτό το περίσσειμα ενέργειας εκλύεται ως προϊόν των πυρηνικών αντιδράσεων. Ως εκ τούτου, στην πρώτη περίπτωση κερδίζεται η ενέργεια συντήξεως, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η ενέργεια σχάσεως. Σκόπιμο είναι να γίνει αναφορά σε δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα πρόχειρης εκτιμήσεως των αναμενομένων ενεργειακών ποσών, ως εξής:

Παράδειγμα 1: Έστω ότι συντήκονται δύο ελαφρείς πυρήνες, π.χ. δύο πυρήνες Υδρογόνου-2 (Δευτέριο ή H-2) για το σχηματισμό Ηλίου-3 (He-3) κατά την πυρηνική αντίδραση:



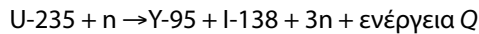
Η ενέργεια συνδέσεως του πυρήνα Ηλίου-3 είναι 7,8 MeV, ενώ η ολική ενέργεια συνδέσε-

¹ Όπου 1 amu είναι μονάδα μάζας που ορίζεται ως το 1/12 της μάζας του πυρήνα Άνθρακα-12 και είναι $1 \text{ amu} = 1,6605655 \times 10^{-24} \text{ g}$

² Η χρησιμοποιούμενη μονάδα ενέργειας eV ($1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$) ορίζεται ως η ενέργεια που αποκτάται από ένα ηλεκτρόνιο όταν επιταχύνεται μεταξύ δύο σημείων ηλεκτρικού πεδίου, που παρουσιάζουν διαφορά δυναμικού ίση προς 1 Volt (1 V). Είναι $1 \text{ eV} = 1,6021892 \times 10^{-19} \text{ J}$

ως των δύο πυρήνων Δευτερίου είναι $2 \times 2,2 \text{ MeV} = 4,4 \text{ MeV}$. Προκύπτει ότι η εκλυόμενη ενέργεια θα είναι το αλγεβρικό άθροισμα των δύο αυτών ποσών μετά και πριν τη σύντηξη, δηλαδή: $Q = 7,8 \text{ MeV} - 4,4 \text{ MeV} = 3,4 \text{ MeV}$. Ο ακριβής υπολογισμός δίνει **$Q = 3,27 \text{ MeV}$** .

Παράδειγμα 2: Έστω ότι με κατάλληλο τρόπο σχάζεται ένας βαρύς πυρήνας, προς δύο ελαφρύτερους πυρήνες περίπου ίσης μάζας, όπως π.χ. κατά την πυρηνική αντίδραση σχάσεως του U-235 από βλήμα νετρόνιο (n), η οποία οδηγεί (σε μια από τις δυνατές περιπτώσεις, όπως στην Εικόνα 2) στα προϊόντα σχάσεως Ύτριο-95 και Ιώδιο-138, κατά την πυρηνική αντίδραση:



Για τις ενέργειες συνδέσεως των εμπλεκόμενων πυρήνων είναι γνωστό ότι:

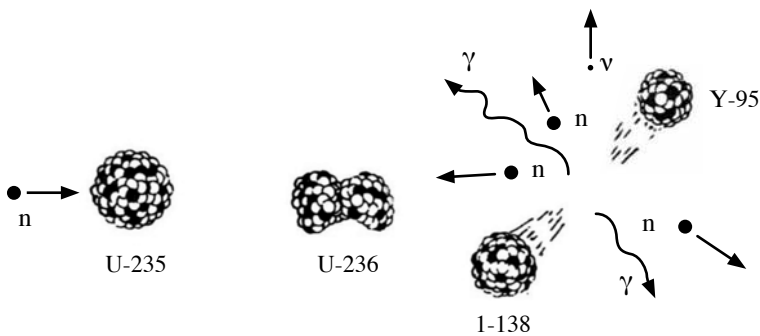
$$\Delta E (\text{U-235}) \approx 1786,0 \text{ MeV}, \Delta E (\text{Y-95}) \approx 826,5 \text{ MeV}, \Delta E (\text{I-138}) \approx 1159,2 \text{ MeV}$$

Το αλγεβρικό άθροισμα των ενεργειών συνδέσεως των εμπλεκόμενων πυρήνων μετά και πριν τη σχάση, δίνει:

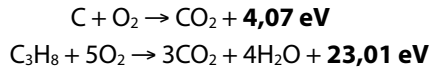
$$Q = 826,5 \text{ MeV} + 1159,2 \text{ MeV} - 1786,0 \text{ MeV} = 199,7 \text{ MeV}$$

Η αναφερόμενη στη βιβλιογραφία ενέργεια σχάσεως για τη συγκεκριμένη πυρηνική αντίδραση είναι **$Q \approx 200 \text{ MeV}$** .

Παρατήρηση: Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει μια σύγκριση των ποσών ενέργειας που εκλύονται κατά τις αναφερθείσες πυρηνικές αντιδράσεις και τις χημικές αντιδράσεις καύσεως ενώσεων του άνθρακα. Θεωρώντας π.χ. την καύση του άνθρακα (C), ή του προπανίου (C_3H_8), είναι γνωστό από τη σχετική βιβλιογραφία ότι



Εικόνα 2: Σχάση του πυρήνα U-235 με νετρόνιο. Το νετρόνιο απορροφάται στον πυρήνα U-235, παράγεται προς στιγμήν ο σύνθετος πυρήνας U-236, ο οποίος είναι ασταθής και σχάζεται σε δύο άλλους ελαφρύτερους πυρήνες (εδώ σε I-138 και Y-95). Ταυτόχρονα εκλύονται 2-3 νετρόνια (n), φωτόνια (γ) και νεutrίνο (ν).



Είναι προφανές ότι τα εκλυόμενα ποσά ενέργειας από καύση (μερικά eV) είναι πάρα πολύ μικρότερα από εκείνα των πυρηνικών αντιδράσεων της σύντηξης ή της σχάσης (μερικών έως αρκετών MeV), δεδομένου ότι $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$.

4. Πυρηνικοί αντιδραστήρες

4.1 Πυρηνικοί αντιδραστήρες σχάσεως

Οι πυρηνικοί αντιδραστήρες σχάσεως (ή απλά πυρηνικοί αντιδραστήρες) είναι οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις στις οποίες γίνεται εκμετάλλευση της σχάσεως για την παραγωγή ενέργειας. Πρόκειται για τις πολύπλοκες μηχανικές εγκαταστάσεις στις οποίες επιτυγχάνεται «ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση σχάσεων», κατά την οποία βαρείς πυρήνες με μαζικό αριθμό > 230 σχάζονται με ελεγχόμενους ρυθμούς για να αποδώσουν, ανά σχάση, δύο ελαφρότερους πυρήνες περίπου ίσου βάρους που ονομάζονται θραύσματα σχάσεως, 2 έως 3 νετρόνια, διάφορες άλλες ακτινοβολίες και την ενέργεια σχάσεως.

Για, κατά μέσο όρο, εκλυόμενη ενέργεια σχάσεως 207 MeV (η εκλυόμενη σε κάθε περίπτωση ενέργεια εξαρτάται από τον τρόπο τεμαχισμού, δηλαδή από το ποιο ζευγάρι θραυσμάτων σχάσεως θα προκύψει), η κατανομή της ενέργειας αυτής μεταξύ των προϊόντων της σχάσεως εμφανίζεται ως εξής:

- Εκμεταλλεύσιμη κινητική ενέργεια των δύο θραυσμάτων σχάσεως: $\sim 168 \text{ MeV}$
- Εκμεταλλεύσιμη κινητική ενέργεια των εκλυόμενων νετρονίων: $\sim 5 \text{ MeV}$
- Εκμεταλλεύσιμη κινητική ενέργεια των εκπεμπόμενων $-\beta$ σωματιδίων: $\sim 8 \text{ MeV}$
- Εκμεταλλεύσιμη ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτονίων: $\sim 14 \text{ MeV}$, και
- Μη εκμεταλλεύσιμη κινητική ενέργεια των νετρονίων που συνοδεύουν την εκπομπή των $-\beta$ σωματιδίων: $\sim 12 \text{ MeV}$

Προκύπτει ότι από τη συνολικά εκλυόμενη κατά τη σχάση ενέργεια, το μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 94%) είναι εκμεταλλεύσιμο, διότι αποτίθεται υπό μορφή θερμικής ενέργειας στα υλικά της «καρδιάς» του αντιδραστήρα. Να σημειωθεί ότι τα νετρόνια που παράγονται κατά τις σχάσεις, εκτός από ένα μικρό ποσοστό που διαφεύγει από τον αντιδραστήρα, περιπλανώνται μέσα στην «καρδιά» του αντιδραστήρα και κάποτε απορροφώνται από πυρήνες των υλικών της. Κατά τις απορροφήσεις των νετρονίων στους πυρήνες αυτούς εκλύονται και φωτόνια, των οποίων η ενέργεια επίσης αποτίθεται στον αντιδραστήρα, οπότε το συνολικό ποσό της εκμεταλλεύσιμης ενέργειας αυξάνεται και μπορεί να φθάσει ακόμα και τη μέγιστη αναφερόμενη τιμή, δηλαδή τη συνολικά εκλυόμενη ενέργεια. Κατ' αυτόν τον τρόπο αντισταθμίζεται η ενέργεια των νετρονίων που χάνεται, διότι αυτή δεν αποτίθεται στον αντιδραστήρα λόγω της μη αλληλεπιδράσεώς τους

με τα υλικά του. Η κατά μέσον όρο εκμεταλλεύσιμη ενέργεια είναι κατά 2% περίπου μικρότερη στην περίπτωση σχάσεως του Ουρανίου-233 (U-233), και κατά 4% μεγαλύτερη στην περίπτωση του Πλουτωνίου-239 (Pu-239). Η αποτιθέμενη κατά τις σχάσεις θερμική ενέργεια στην καρδιά του αντιδραστήρα απάγεται από το «ψυκτικό μέσο» που χρησιμοποιεί ο αντιδραστήρας. Η απαγόμενη αυτή θερμική ενέργεια μεταφέρεται σε ένα δευτερεύον κύκλωμα ψυκτικού, στον «εναλλάκτη θερμότητας», όπου το εργαζόμενο μέσο, κατά κανόνα νερό, του δευτερεύοντος κυκλώματος χρησιμοποιείται είτε για απευθείας θέρμανση είτε σε σύστημα ηλεκτροπαραγωγής (δηλαδή ατμοστρόβιλο και γεννήτρια) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι σημερινοί αντιδραστήρες, δηλαδή οι αντιδραστήρες που έχουν δοκιμασθεί εδώ και 70 περίπου χρόνια, διακρίνονται ποικιλοτρόπως σε διάφορες κατηγορίες:

Ανάλογα με την ενέργεια (E) των νετρονίων που επάγουν το μεγαλύτερο ποσοστό των σχάσεων:

- Αντιδραστήρες θερμικών νετρονίων ($E < 1$ eV)
- Αντιδραστήρες μέσης ενέργειας νετρονίων ($1 \text{ eV} < E < 1 \text{ keV}$)
- Αντιδραστήρες ταχέων νετρονίων ($100 \text{ keV} < E < 1,5 \text{ MeV}$)

Ανάλογα με το είδος του ψυκτικού και άλλων υλικών:

- Αερίψυκτοι αντιδραστήρες θερμικών νετρονίων (Magnox Magnesium-oxide, ονομασία από το υλικό του περιβλήματος των ράβδων πυρηνικού καυσίμου, AGR Advanced Gas - cooled Reactor, HTGR High Temperature Gas-cooled Reactor)
- Αντιδραστήρες ελαφρού ύδατος (PWR Pressurized Water Reactor, BWR Boiling Water Reactor)
- Αντιδραστήρες βαρέος ύδατος (SGHWR Steam Generating Heavy Water Reactor, HWGCR Heavy Water (moderated) Gas Cooled Reactor, PHWR/CANDU Pressurized Heavy Water Reactor / CANadian Deuterium Uranium)
- Αντιδραστήρες ψυχόμενοι με τήγμα υγρού μετάλλου (LMFBR Liquid Metal Fast Breeder Reactor)
- Αντιδραστήρες ψυχόμενοι με τήγμα άλατος (MSBR Molten Salt Breeder Reactor)

Σήμερα προωθούνται νέοι τύποι αντιδραστήρων, ή βελτιωμένες εκδόσεις αντιδραστήρων προηγούμενης γενιάς, με στόχο τη μεγαλύτερη απόδοση, τη μεγαλύτερη εκμετάλλευση των σχάσιμων υλικών, την ταχύτερη κατασκευή και τη μεγαλύτερη δυνατή ενδογενή ασφάλεια. Πρόκειται για τους αντιδραστήρες της αποκαλούμενης 4ης Γενιάς (IV Generation Reactors):

- Μικροί αρθρωτοί αντιδραστήρες (SMR Small Modular Reactor)
- Εξελιγμένοι αντιδραστήρες υψηλής θερμοκρασίας (AHTGR Advanced High Temperature Gas - cooled Reactor)
- Αναπαραγωγικοί αντιδραστήρες που διακρίνονται σε:

- Ταχέων νετρονίων, ψυχόμενους με τήγμα μετάλλου (LMFBR),
- Ταχέων νετρονίων, ψυχόμενους με αέριο (GCFR Gas Cooled Fast Reactor),
- Ταχέων νετρονίων, ψυχόμενους με τήγμα άλατος (MSBR), και
- Θερμικών νετρονίων, ψυχόμενους με ελαφρύ ύδωρ (LWBR Light Water Breeder Reactor)

Λεπτομερής περιγραφή των διαφόρων αυτών τύπων αντιδραστήρων δίνεται στο σχετικό βιβλίο του Lamarsh (2019, Έκδοση σε Ελληνική Μετάφραση).

4.2 Θερμοπυρηνικοί αντιδραστήρες συντήξεως

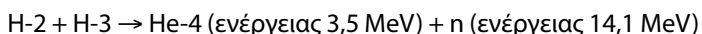
Για να επιτευχθεί η σύντηξη δύο ελαφρών πυρήνων, θα πρέπει, σε κατάλληλες μηχανολογικές εγκαταστάσεις, οι οποίες ονομάζονται θερμοπυρηνικοί αντιδραστήρες, οι πυρήνες να πλησιάσουν τόσο κοντά ώστε να αρχίσει η δράση των μικρής εμβέλειας πυρηνικών δυνάμεων, και μάλιστα σε τέτοια απόσταση ώστε αυτές να υπερκεράσουν τις απωστικές ηλεκτροστατικές δυνάμεις μεταξύ των ομοσήμως φορτισμένων πυρήνων.

Η επίτευξη μιας τέτοιας καταστάσεως πραγματοποιείται κατά τα ακόλουθα βήματα:

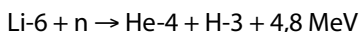
- (1) Με θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες του αερίου, ή του αερίου μείγματος των ατόμων ή των μορίων, των οποίων οι πυρήνες επιδιώκεται να συντηχθούν, πραγματοποιείται «απογύμνωση» των πυρήνων από τα περιφερειακά ηλεκτρόνια. Έτσι δημιουργείται το πλήρως ιονισμένο αέριο, το οποίο είναι γνωστό ως πλάσμα.
- (2) Με περαιτέρω θέρμανση του πλάσματος επιδιώκεται όπως οι γυμνοί πυρήνες αποκτήσουν τόση κινητική ενέργεια (λόγω της έντονης θερμικής κίνησης) ώστε, υπερνικώντας τις απωστικές δυνάμεις μεταξύ τους, να πλησιάσουν σε απόσταση μικρότερη από την εμβέλεια των πυρηνικών ελκτικών δυνάμεων (περίπου 10^{-14} m), οπότε αρχίζουν να δρουν ισχυρές ελκτικές δυνάμεις και οι πυρήνες συντήκονται.

Στον θερμοπυρηνικό αντιδραστήρα, για να συγκρατηθούν οι προς σύντηξη πυρήνες σε μικρές μεταξύ τους αποστάσεις, χρησιμοποιούνται ισχυρά μαγνητικά πεδία κατάλληλων μορφών, τα οποία αναγκάζουν το πλάσμα να παραμένει σε περιορισμένο χώρο για το αναγκαίο χρονικό διάστημα, γνωστό ως χρόνος συγκρατήσεως του πλάσματος. Πρόκειται για ένα από τα κρίσιμα μεγέθη της τεχνολογίας της συντήξεως, όπως εξάλλου είναι και οι απαιτούμενες υψηλότερες θερμοκρασίες.

Η διαδικασία για την επίτευξη θερμοπυρηνικής συντήξεως παρουσιάζει πολλές δυσκολίες και προβλήματα, που καθιστούν την ολοκλήρωση του αντίστοιχου τεχνολογικού προγράμματος προβληματική, χρονοβόρα, πολυέξοδη και απρόβλεπτη. Για την επίτευξη του στόχου των ήδη αναφερθέντων ερευνητικών προγραμμάτων JET, ITER και DEMO επιλέχθηκε, ως καταλληλότερη, η αντίδραση σύντηξης Δευτερίου - Τριτίου:



Η υλοποίηση της αντίδρασης αυτής εμφανίζει ορισμένα σοβαρά προβλήματα, όπως: (α) Ανάγκη συνεχούς αναπλήρωσης του Τριτίου που καταναλώνεται κατά τη λειτουργία του συστήματος. Η λύση που εφαρμόζεται είναι η αναπλήρωση να επιτυγχάνεται με επικάλυψη των εσωτερικών τοιχωμάτων του θαλάμου συγκρατήσεως του πλάσματος με πλακίδια κατάλληλου υλικού, όπως π.χ. πλακίδια Λιθίου. Τα νετρόνια (n) που εκλύονται από την αντίδραση σύντηξης Δευτερίου - Τριτίου αλληλεπιδρούν με τους πυρήνες του Λιθίου κατά την πυρηνική αντίδραση που παράγει επιπλέον Τρίτιο



(β) Παραγωγή νετρονίων μεγάλης κινητικής ενέργειας (περίπου 14 MeV). Τα νετρόνια αυτά προκαλούν καταστροφές των υλικών, από τα οποία δομούνται τα εσωτερικά τοιχώματα του θαλάμου συγκρατήσεως του πλάσματος, και παράλληλα καθιστούν έντονα ραδιενεργά τα υλικά της όλης κατασκευής. Ιδιαίτερα σοβαρές είναι οι καταστροφές που προκαλούνται από τα νετρόνια στους υπεραγωγούς μαγνήτες του συστήματος που προορίζονται για τη διατήρηση του πλάσματος. Για το πρόβλημα αυτό εξετάζονται λύσεις των οποίων η απόδοση δεν έχει ακόμα εξασφαλισθεί.

Από οικονομικής απόψεως επίσης αναφύονται σοβαρά προβλήματα υποεκτίμησης κόστους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για το πρόγραμμα ITER, το οποίο ξεκίνησε το 2008 και θα ολοκληρωθεί το 2035, είχε υπολογισθεί το 2006 κόστος 12,8 δις \$ ΗΠΑ. Το 2016 επανεκτιμήθηκε το κόστος σε περίπου 20 δις \$ ΗΠΑ, λόγω μεγάλων αυξήσεων στο κόστος ορισμένων κατασκευαστικών υλικών.

5. Προοπτικές χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από σχάση

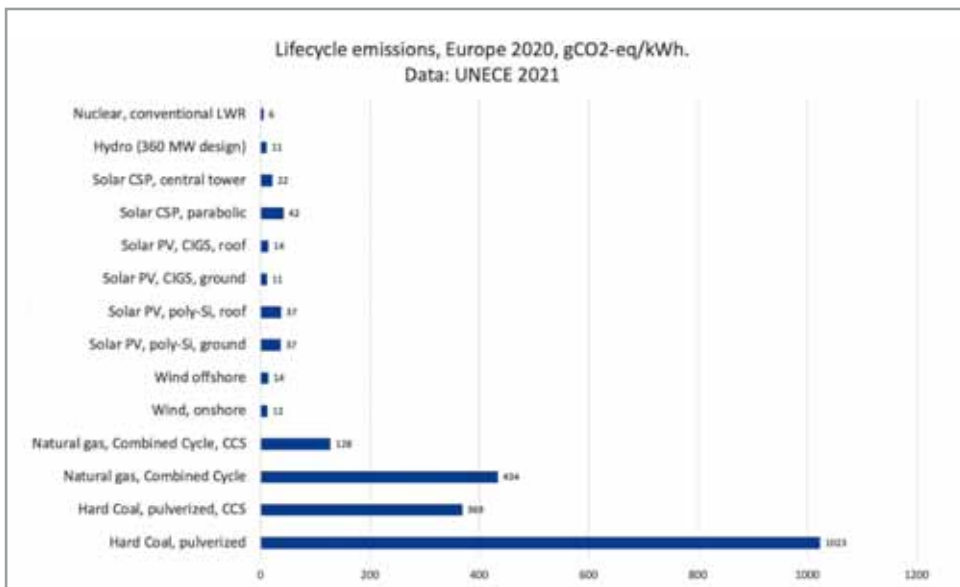
Είναι εμφανές ότι η χρήση ενέργειας παγκοσμίως, και ειδικότερα της ηλεκτρικής ενέργειας, θα συνεχίσει να αυξάνει κατά τις επόμενες δεκαετίες. Ο βασικοί λόγοι είναι οι ακόλουθοι: Ο αυξανόμενος πληθυσμός της Γης, η βιομηχανική ανάπτυξη, η τάση για βελτίωση των όρων διαβίωσης και οι απαιτήσεις για πράσινη ενέργεια.

Ο πληθυσμός της Γης το διάστημα μεταξύ 1950 έως 1966 υπερδιπλασιάστηκε από 2,5 δισεκατομμύρια σε 5,6 δισεκατομμύρια, και, σύμφωνα με εκτιμήσεις του Τομέα Πληθυσμού των Ηνωμένων Εθνών, αναμένεται ότι το έτος 2050, με τους πιο συντηρητικούς υπολογισμούς, θα φθάσει τα 10 δισεκατομμύρια. Στην Κίνα, την Ινδία και τις υπόλοιπες ασιατικές και αφρικανικές χώρες αναμένεται εντυπωσιακή αύξηση του πληθυσμού τους, αυξάνοντας έτσι περαιτέρω τα ποσοστά συμμετοχής των πληθυσμών αυτών στον παγκόσμιο πληθυσμό. Το 1950, το ποσοστό συμμετοχής των πληθυσμών των υπό ανάπτυξη χωρών σε σχέση με τις αναπτυγμένες χώρες ήταν 70% και αναμένεται να φθάσει το 90% εντός του 21ου αιώνα.

Η αύξηση στη ζήτηση των βιομηχανικών προϊόντων αναμένεται να ακολουθήσει τόσο τις πληθυσμιακές αυξήσεις, όσο και την τάση για συχνότερη αντικατάσταση των

προϊόντων αυτών κατά τον 21ο αιώνα. Η βιομηχανική ανάπτυξη, η μόρφωση, η εξάπλωση των μέσων επικοινωνίας οδηγούν αναπόφευκτα στη ζήτηση για βελτίωση των όρων διαβίωσης. Οι κάτοικοι της Γης θα ζητούν όλο και καλύτερης ποιότητας βιομηχανικά προϊόντα, περισσότερα και υγιεινότερα είδη διατροφής, ανέσεις, περισσότερη και εξειδικευμένη μόρφωση, ανετότερες και ταχύτερες μετακινήσεις κ.λπ. Είναι επομένως προφανές ότι θα απαιτηθεί γιγαντιαία αύξηση των ποσοτήτων της παραγόμενης ενέργειας.

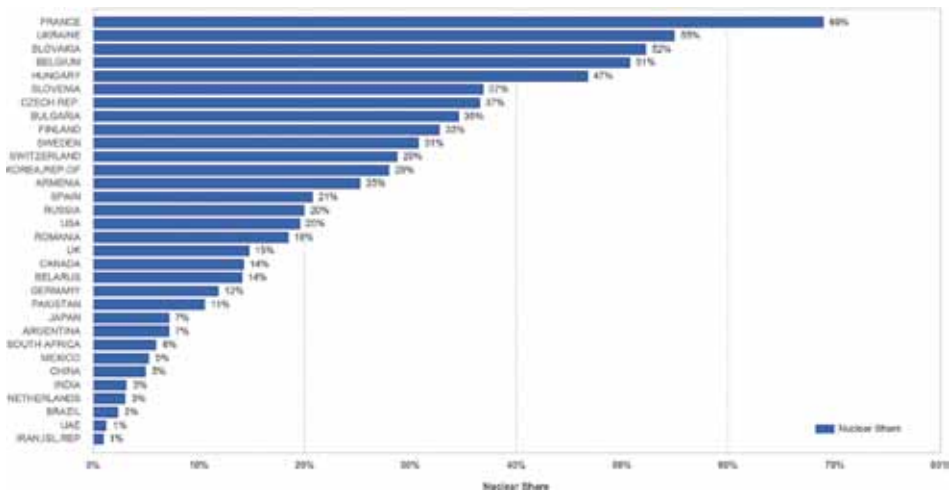
Στην εποχή μας οι τεράστιες ποσότητες των καιόμενων ορυκτών καυσίμων, πάνω στα οποία βασίζεται ο κύριος όγκος της παραγόμενης ενέργειας, οδήγησαν τον πλανήτη μας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, λόγω των τεράστιων ποσοτήτων του παραγόμενου CO₂, των οξειδίων του θείου (SO_x) και του αζώτου (NO_x), αλλά και του διαρρέοντος μεθανίου κατά την παραγωγή, μεταφορά και καύση του φυσικού αερίου. Αυτό έχει ως συνέπεια, μεταξύ άλλων, και τη δημιουργία όξινης βροχής, η οποία καταστρέφει κτίρια, φυτά και ρυπαίνει αγροτικές εκτάσεις και τα ύδατα των λιμνών και των θαλασσών, συμμετέχοντας ως εκ τούτου στην αλλοίωση της τροφικής μας αλυσίδας. Αναφέρεται (βλ. π.χ. εφημερίδα Καθημερινή, φύλλο της 22ας Φεβρουαρίου 2022) ότι σήμερα παρατηρούνται 9 εκατομμύρια πρόωροι θάνατοι κάθε χρόνο λόγω της ρύπανσης της ατμόσφαιρας. Ευτυχώς, η ανθρωπότητα έχει τεθεί σε συναγερμό και ήδη βρισκόμαστε στο στάδιο να έχουν ορισθεί στόχοι για μια σημαντική μείωση των εκπομπών CO₂, ενώ υπάρχει διεθνής δέσμευση ώστε η μέση αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μας να μην ξεπεράσει τους 2 °C ως το 2100. Πώς όμως θα επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι;



Εικόνα 3: Εκπομπές του CO₂ σε g/kWh, κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής διαφόρων πηγών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (UNECE, 2022)

Στο διάγραμμα της Εικόνας 3 αναφέρονται οι εκπομπές του CO₂ σε γραμμάρια ανά κιλοβατώρα (g/kWh) παραγόμενης, από διάφορες πηγές, ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ. Παρατηρείται ότι το αποτύπωμα της Πυρηνικής Ενέργειας (από σχάση), 5 g/kWh, είναι κατ' εκτίμηση μικρότερο ακόμα και από αυτά των ΑΠΕ. Είναι φανερό λοιπόν ότι για να επιτευχθούν οι στόχοι διατίθενται δύο πρακτικές λύσεις: οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και η Πυρηνική Ενέργεια από σχάση. Η Πυρηνική Ενέργεια από σύντηξη δεν είναι, δυστυχώς, έτοιμη να συμμετέχει για την επίτευξη των στόχων.

Το 2018, η Πυρηνική Ενέργεια συνεισέφερε περισσότερο από το 10% της παγκόσμιας ηλεκτρικής παραγωγής, με 440 Πυρηνικούς Αντιδραστήρες σε 30 χώρες, συνολικής δυναμικότητας περίπου 400 GW. Στις χώρες μέλη του ΟΟΣΑ η συμβολή της ήταν 18%, και στην Ευρωπαϊκή Ένωση 25%. Στο διάγραμμα της Εικόνας 4 δίνονται τα ποσοστά συμμετοχής της Πυρηνικής Ενέργειας στην παραγόμενη συνολικά ηλεκτρική ενέργεια σε κάθε χώρα που διαθέτει πυρηνικούς αντιδραστήρες. Από τους αναφερθέντες αντιδραστήρες, μερικοί συμπληρώνουν τον κύκλο λειτουργίας τους και θα κλείσουν, αλλά υπάρχουν και πολλές περιπτώσεις παρατάσεως της λειτουργίας τους. Με βάση τα στοιχεία του Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας (ΔΟΑΕ) από το 2021, 53 νέοι πυρηνικοί αντιδραστήρες είναι υπό κατασκευή σε 19 χώρες (βλ. και το διάγραμμα της Εικόνας 5), συνολικής δυναμικότητας περίπου 60 GW. Πρόσφατα, έχουν αναγγελθεί επιπλέον σχέδια για νέες κατασκευές, ενώ μετά την υιοθέτηση της Πυρηνικής Ενέργειας από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως «πράσινης», αναμένεται ότι θα υπάρξουν περισσότερες αναγγελίες για νέες κατασκευές. Ήδη ο Πρόεδρος της Γαλλικής Δημοκρατίας ανήγγειλε (βλ. π.χ. εφημερίδα Καθημερινή, φύλλο της 11ης Φεβρουαρίου 2022) πρόγραμμα-μαμούθ για



Εικόνα 4. Συμβολή της Πυρηνικής Ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2021, στις 30 χώρες που χρησιμοποιούν πυρηνικούς αντιδραστήρες (IAEA, 2022)

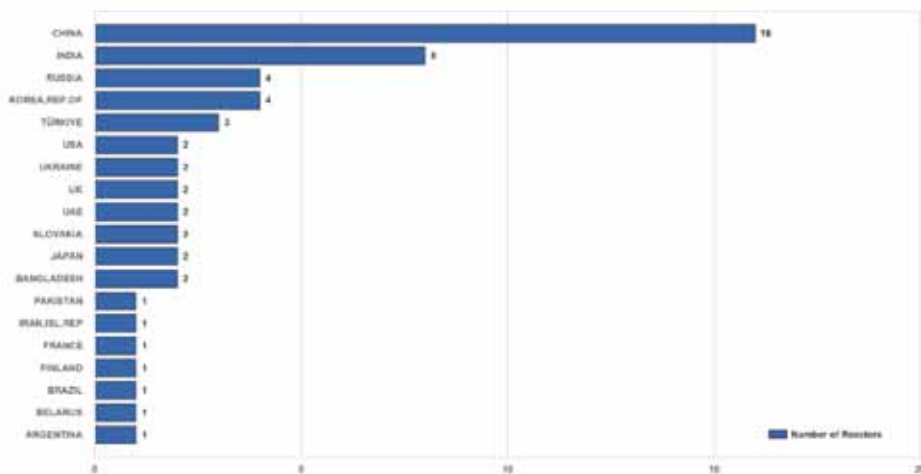
νέες πυρηνικές εγκαταστάσεις και ανακοίνωσε την απόφαση της Γαλλικής Κυβερνήσεως να κατασκευασθούν σε βάθος τριακονταετίας 14 νέοι πυρηνικοί αντιδραστήρες και να παραταθεί η διάρκεια ζωής των 56 αντιδραστήρων της Γαλλίας, εφόσον το επιτρέψουν οι αρμόδιες αρχές ασφάλειας.

Ανάλογα σχέδια ανακοίνωσε ο Πρόεδρος των ΗΠΑ, ότι δηλαδή θα διατεθούν 6 δις δολάρια για να συντηρηθούν και να επαναλειτουργήσουν 13 παροπλισμένοι αντιδραστήρες.

Η εξάπλωση στη χρήση των πυρηνοληκτρικών σταθμών ισχύος παρουσίασε πτωτική τάση μετά το ατύχημα του Chernobyl, διότι το ευρύ κοινό ευαισθητοποιήθηκε και κράτησε αρνητική στάση έναντι της ασφάλειας που παρέχουν αυτά τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κυβερνήσεις έκτοτε, προκειμένου να μη χάσουν την πολιτική υποστήριξη του κοινού, απέφευγαν και αποφεύγουν να συμπεριλάβουν στα αναπτυξιακά προγράμματά τους την Πυρηνική Ενέργεια.

Παράλληλα, οι παραδοσιακοί πολέμιοι της Πυρηνικής Ενέργειας, οχρωμένοι πίσω από ορισμένα τυποποιημένα συνθήματα βασιζόμενα στα αρνητικά σημεία της, επηρεάζουν ανενόχλητοι την κοινή γνώμη, η οποία δεν ενημερώνεται ρεαλιστικά. Δεν είναι όμως αυτή η προσέγγιση ορθολογική για την αντιμετώπιση του θέματος.

Η εκμετάλλευση της Πυρηνικής Ενέργειας εγκλείει βέβαια ορισμένους κινδύνους για τη δημόσια υγεία, όπως άλλωστε συμβαίνει με την εκμετάλλευση κάθε μορφής ενέργειας, αλλά πρέπει κανείς να σταθμίζει τα υπέρ και τα κατά, να συγκρίνει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της με τα αντίστοιχα των άλλων μορφών ενέργειας και να αποφασίζει σχετικά. Ας σημειωθεί ότι η Πυρηνική Ενέργεια κατέχει την τελευταία θέση στον κατάλογο θνησιμότητας ανά παραγόμενη Κιλοβατώρα από διάφορες πηγές ενέργειας.



Εικόνα 5: Πυρηνικοί αντιδραστήρες υπό κατασκευή (IAEA, 2022)

6. Αρνητικά σημεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από σχάση

6.1 Πιθανότητα ατυχήματος

Το γεγονός ότι κατά την περίοδο των 80 περίπου ετών ζωής της πυρηνικής βιομηχανίας συνέβησαν μερικά πολύ σοβαρά ατυχήματα (Windscale 1957, Three Mile Island 1979, Chernobyl 1986, Tokai-Mura 1999, Fukushima 2011), κατά τα οποία εκλύθηκαν στο περιβάλλον μικρές έως πολύ μεγάλες ποσότητες ραδιενεργών υλικών, έχει θέσει έκτοτε σε συναγερμό τόσο τις αρμόδιες αρχές ασφαλείας, όσο και τους κατασκευαστές. Έχουν αναλυθεί σε βάθος τα αίτια αστοχίας και έχουν πλέον προβλεφθεί τόσες δικλείδες ασφαλείας ώστε να μπορεί να θεωρηθεί, με πολύ μεγάλη βεβαιότητα, ότι ο κύκλος παραγωγής της Πυρηνικής Ενέργειας από σχάση είναι πλέον σήμερα πολύ ασφαλέστερος. Πέραν της ενδελεχούς μελέτης των ατυχημάτων αυτών, σε μια συνεχή προσπάθεια πρόβλεψης, αναλύονται περιπτώσεις εξαιρετικά απίθανων ατυχημάτων μέσα σε πλαίσια υπερσυντηρητικών υποθέσεων, τα αποτελέσματα των οποίων υπερεκτιμούν σε πολύ μεγάλο βαθμό τις συνέπειές τους. Το σύνολο των αποτελεσμάτων αυτών χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τον ασφαλέστερο σχεδιασμό των σημερινών πυρηνικών εγκαταστάσεων.

6.2 Πρόβλημα διαθέσεως ραδιενεργών αποβλήτων

Όπως συμβαίνει με κάθε παραγωγική δραστηριότητα, έτσι και η παραγωγή Πυρηνικής Ενέργειας δημιουργεί απόβλητα. Τα απόβλητα αυτά περιλαμβάνουν διάφορους ραδιενεργούς πυρήνες, μερικοί από τους οποίους είναι μακρόβιοι. Όμως οι φυσικοχημικές ιδιότητες αυτών των υλικών είναι γνωστές και οι ποσότητές τους ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας είναι αμελητέες συγκριτικά με τα απόβλητα των συνήθων ορυκτών καυσίμων, πράγμα το οποίο καθιστά εύκολη τη διαχείρισή τους.

Κατά την προτεινόμενη και συνήθως εφαρμοζόμενη πρακτική, τα ραδιενεργά απόβλητα υψηλής ραδιενέργειας «υαλοποιούνται», τοποθετούνται σε δοχεία από ανοξείδωτο χάλυβα και στη συνέχεια αποθηκεύονται βαθιά σε κατάλληλης συστάσεως γεωλογικά πετρώματα, κατά τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η απομόνωσή τους από τη βιόσφαιρα. Εκτός από αυτήν την πρακτική διαθέσεως των πυρηνικών αποβλήτων, εξελίσσονται σήμερα μέθοδοι μεταστοιχειώσεώς τους σε άλλα βραχύβια ισότοπα, ή εκμεταλλεύσεως της ενέργειας που εκπέμπουν κατά τις διασπάσεις των ραδιενεργών πυρήνων τους.

Αντίθετα, οι γιγάντιες ποσότητες των παραγόμενων αερίων, υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων εκλύονται άμεσα στη βιόσφαιρα και απειλούν σοβαρά το περιβάλλον και τις κλιματολογικές συνθήκες. Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (ΔΟΕ) εκτιμά ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνοληκτρικούς σταθμούς μεταξύ των ετών 1971 και 2018 συνέβαλε στην αποφυγή απόρριψης 63.000 Μεγατόνων CO₂ στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον οι τελικές θέσεις διαθέσεως των αποβλήτων αυτών δεν είναι οι βαθείς, βραχύδεις ή αργιλώδεις γεωλογικοί σχηματισμοί, στους οποίους θα αποθηκευθούν τα ραδιενεργά απόβλητα αλλά τα επιφανειακά ύδατα

και η επιφάνεια της Γης, πάνω στην οποία ζει ο άνθρωπος, εκεί δηλαδή απ' όπου αντλεί τα προς το ζην αναγκαία υλικά.

6.3 Σεισμικότητα περιοχής εγκαταστάσεως πυρηνοληκτρικού σταθμού

Μια από τις πολυσυζητημένες απειλές για την ασφάλεια των Πυρηνοληκτρικών Εγκαταστάσεων είναι οι σεισμοί. Αυτό όμως το θέμα είναι ένα από τα κρίσιμα σημεία που έχουν επισημανθεί και έχουν ληφθεί εξαρχής υπόψη από τους σχεδιαστές και κατασκευαστές των εγκαταστάσεων. Από τη μέχρι σήμερα εμπειρία, μόνο το ατύχημα της Fukushima διέψευσε τις προβλέψεις, δεδομένου ότι, από ανθρώπινο λάθος, δεν είχε ληφθεί σοβαρά υπόψη το μέγιστο δυνατό ύψος του κύματος από τσουνάμι που μπορεί να ακολουθήσει σεισμό σε παρακείμενο θαλάσσιο χώρο.

Όλα τα συστήματα ασφαλείας, πολλά κτίρια, όπως το περίβλημα του αντιδραστήρα, το κτίριο ελέγχου, το κτίριο των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών, ο σταθμός αντήλσεως ύδατος κ.ά., σχεδιάζονται με βάση τις προδιαγραφές του καλούμενου σεισμού διακοπής της λειτουργίας του αντιδραστήρα για λόγους ασφαλείας (SSE: Safe Shutdown Earthquake). Το ενεργειακό μέγεθος του σεισμού αυτού, η έντασή του στο επίκεντρο και η πιθανότητα εμφανίσεώς του εκτιμώνται βάσει της «σεισμικής ιστορίας» της υπό έλεγχο περιοχής, των γεωλογικών σχηματισμών και των αποστάσεων της τοποθεσίας του σταθμού από τα τεκτονικά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής. Τα πάντα σχεδιάζονται με τρόπο ώστε να αντέχουν σε έναν τέτοιο σεισμό. Μάλιστα για λόγους συντηρητικούς, τα συστήματα σχεδιάζονται ώστε να αντέχουν σε σεισμό της αμέσως επόμενης βαθμίδας έντασης.

6.4 Διάδοση πυρηνικών όπλων

Αναπόφευκτη παρενέργεια της λειτουργίας των πυρηνικών αντιδραστήρων με βαρείς πυρήνες, όπως το Ουράνιο, είναι η παραγωγή βαρέων πυρήνων κατάλληλων για την παρασκευή πυρηνικών όπλων. Πράγματι, όταν ο πυρήνας Ουράνιο-238 (U-238) απορροφήσει ένα νετρόνιο, μετατρέπεται σε U-239, το οποίο είναι -β ραδιενεργό, και με δύο διαδοχικές, σχετικά βραχύχρονες διασπάσεις εκπομπής -β σωματιδίων, μετατρέπεται στον σχάσιμο πυρήνα Πλουτώνιο-239 (Pu-239). Πέρα από το γεγονός ότι το Pu-239 είναι ένας βαρύς πυρήνας καταλληλότερος για σχάση, μπορεί να οδηγηθεί, εκτός από τις κρατικά ελεγχόμενες πολεμικές βιομηχανίες για τη γόμωση πυρηνικών κεφαλών, σε παράνομες, ανεξέλεγκτες βιομηχανίες τοξικών όπλων μαζικής καταστροφής.

Επομένως η πιθανή κακή διαχείριση του παραγόμενου Πλουτωνίου ως προϊόντος των πυρηνικών αντιδράσεων στους αντιδραστήρες σχάσεως αποτελεί απειλή για την ανθρωπότητα και ορθά συσχετίζεται με τους κινδύνους που εμπεριέχονται στη χρήση της Πυρηνικής Ενέργειας. Βεβαίως, το Πλουτώνιο που δημιουργείται στους αντιδραστήρες δεν μπορεί να εξαχθεί εύκολα, εκτός αν υπάρχει διαθέσιμη κατάλληλη εγκατάσταση χημικού διαχωρισμού. Οι εγκαταστάσεις αυτές βρίσκονται σήμερα υπό διεθνή έλεγχο

μέσω του Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας (ΔΟΑΕ) και η πράξη έχει δείξει ότι ο έλεγχος αυτός είναι αποτελεσματικός. Μία εξαίρεση υπάρχει, δυστυχώς, εκείνη της Β. Κορέας, απ' όπου έχουν αποκλεισθεί οι επιθεωρητές του ΔΟΑΕ από το 2009. Το συσσωρευμένο σήμερα Πλουτώνιο, απαντάται ως:

- Πλουτώνιο στα πυρηνικά όπλα
- Πλουτώνιο το οποίο έχει εξαχθεί από αχρηστευμένα πυρηνικά όπλα όπως παραπάνω
- Πλουτώνιο σε απόβλητα πυρηνοληκτρικών σταθμών, υποβρυχίων και πλοίων επιφανείας
- Πλουτώνιο, το οποίο έχει εξαχθεί από απόβλητα όπως παραπάνω, και
- Πλουτώνιο υπό μορφή οξειδίων (PuO_2) από ανακύκλωση αχρηστευμένων πυρηνικών όπλων ή αποβλήτων, το οποίο καταναλώνεται σε πυρηνικούς αντιδραστήρες

Ο Διεθνής Οργανισμός Ατομικής Ενέργειας, με την εμπειρία και τα μέσα που διαθέτει σήμερα, αποτελεί το μοναδικό όργανο, το οποίο μπορεί να εμπιστευθεί η ανθρωπότητα για την μη εξάπλωση των πυρηνικών όπλων. Η διεθνής αποδοχή του ΔΟΑΕ πιστεύεται ότι θα βοηθήσει, μέσω της υπογραφής από όσο το δυνατόν περισσότερα κράτη της «Συνθήκης περί μη διαδόσεως των Πυρηνικών Όπλων» (NPT: Non Proliferation Treaty), στον αποτελεσματικό έλεγχο μεταφοράς, διαθέσεως και χρήσεως των πυρηνικών υλικών. Να σημειωθεί ότι, στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ενώσεως και των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, πέραν του ΔΟΑΕ, ανάλογους ελέγχους ασκεί και η ΕΥΡΑΤΟΜ (EURATOM Ευρωπαϊκή Κοινότητα Ατομικής Ενέργειας).

7. Μελλοντικές προοπτικές

Σήμερα αναπτύσσονται εξελιγμένοι τύποι αντιδραστήρων, που στοχεύουν σε μεγαλύτερες αποδόσεις, καλύτερη εκμετάλλευση των σχάσιμων υλικών, ταχύτερη και οικονομικότερη κατασκευή και στη μεγαλύτερη δυνατή ενδογενή και φυσική ασφάλεια. Πρόκειται, όπως ήδη αναφέρθηκε, για τους αντιδραστήρες της επονομαζόμενης 4ης γενιάς. Ένα υποσύνολο από αυτούς τους πολλά υποσχόμενους νέους τύπους αντιδραστήρων είναι οι «Μικροί Αρθρωτοί Αντιδραστήρες» (Small Modular Reactors, SMR). Οι αντιδραστήρες αυτοί θα παρέχουν μεγάλη ενεργειακή ευελιξία, θα είναι ηλεκτρικής ισχύος της τάξεως από 10 έως 300 MW, θα κατασκευάζονται μαζικά σε ένα εργοστάσιο, θα μεταφέρονται και θα εγκαθίστανται εύκολα ακόμα και σε δυσπρόσιτα σημεία όπου απαιτείται ενέργεια, όπως ορυχεία, σταθμούς αφαλατώσεως, πλοία, τοποθεσίες απομονωμένες από το ηλεκτρικό δίκτυο διανομής κ.ά. Σε περιπτώσεις που απαιτείται μεγαλύτερη ισχύς, θα συνδέονται αρθρωτά περισσότεροι του ενός για να καλύψουν τις μεγαλύτερες ενεργειακές ανάγκες. Οι πολλοί αντιδραστήρες SMR, που μελετώνται σήμερα, βασίζονται σε παλαιότερες αλλά και νέες τεχνολογίες. Αναφέρονται αντιδραστήρες SMR τεχνολογίας

Αντιδραστήρων Πεπιεσμένου Ύδατος (PWR της Rolls Royce ή της NuScale), τεχνολογίας Αντιδραστήρων Ζέοντος Ύδατος (BWR της General Electric/Hitachi), τεχνολογίας Αντιδραστήρων Υψηλής Θερμοκρασίας - Γραφίτη (HTGR High Temperature Graphite Reactor της X-Energy LLC) και αντιδραστήρες SMR νεώτερων τεχνολογιών, όπως του τύπου Αντιδραστήρων Ταχέων Νετρονίων Ψυχόμενων με Τήγμα Νατρίου (SFR Sodium Fast Reactor της Advanced Reactor Concepts) και του τύπου Αντιδραστήρων Τήγματος Αλάτων (MSR Molten Salt Reactor της Terrestrial Energy).

Από οικονομικής απόψεως, είναι γνωστό ότι οι πυρηνικοί αντιδραστήρες σχάσεως απαιτούν ένα μεγάλο αρχικό κεφάλαιο κατασκευής, ενώ τα τρέχοντα έξοδα λειτουργίας και συντήρησής τους για τη χρονική διάρκεια της λειτουργίας τους (κατά μέσον όρο >40 χρόνια) είναι μικρά συγκρινόμενα με τα κλασικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής. Ειδικά όμως για τους SMR σημειώνονται επίσης τα παρακάτω θετικά:

- η εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων της εν σειρά παραγωγής σε εργοστάσιο
- η απλοποίηση των μηχανολογικών κατασκευών (μικρότερα και λιγότερα ανοίγματα στο συμπαγές δοχείο πίεσεως του αντιδραστήρα, λιγότερες απαιτήσεις σε θωρακίσεις ακτινοβολιών κ.ά.)
- η μείωση ή και η παντελής απαλλαγή από την υποχρέωση καθορισμού Ζώνης Αποκλεισμού γύρω από τον πυρηνικό αντιδραστήρα
- η δυνατότητα υπογειοποίησης της όλης εγκαταστάσεως για φυσική προστασία
- η τεράστια πείρα που έχει αποκτηθεί για την οργάνωση και διαχείριση της όλης κατασκευής, και,
- η δυνατότητα όπως με μακροχρόνιες λειτουργικές επενδύσεις (LTO: Long Term Operation investments), επεκταθεί η διάρκεια λειτουργίας των αντιδραστήρων.

Αυτά συνηγορούν στη δραστική μείωση του αρχικού κόστους κατασκευής αλλά και του χρόνου κατασκευής ενός πυρηνοληλεκτρικού σταθμού με SMR.

8. Αισιόδοξος επίλογος

Οι αντιδραστήρες 4ης γενιάς που δοκιμάζονται σήμερα, και που πολύ σύντομα θα αρχίσουν να χρησιμοποιούνται ευρέως, είναι οι αντιδραστήρες τήγματος μετάλλων, οι οποίοι βασίζονται στον κύκλο Θορίου. Οι νέοι αυτοί αντιδραστήρες παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα, μεταξύ των οποίων είναι η εξάλειψη των αναφερθέντων αδυναμιών 6.1, 6.2 και 6.4. Τα κύρια πλεονεκτήματά τους είναι: Το στοιχείο Θόριο υπάρχει άφθονο στη φύση, τα κοιτάσματά του είναι περίπου τριπλάσια από εκείνα του Ουρανίου και εξορύσσονται κυρίως επιφανειακά. Τα διαπιστωμένα κοιτάσματα Θορίου επαρκούν για την τροφοδοσία της πυρηνικής βιομηχανίας για τουλάχιστον 1.000 έτη, ενώ εκείνα του Ουρανίου, με τις σημερινές τεχνολογίες των περισσότερων λειτουργούντων αντιδραστήρων, για περίπου 100 έτη. Το σχεδόν μόνο φυσικό ισότοπο του Θορίου, το Th-232, μετατρέπεται στους

νέους αυτούς αντιδραστήρες, σε Ουράνιο-233 (U-233), το οποίο σχαζόμενο παράγει πολύ λιγότερα ραδιενεργά απόβλητα απ' ό,τι το μέχρι σήμερα χρησιμοποιούμενο Ουράνιο-235 (U-235). Οι χρόνοι υποδιπλασιασμού των ραδιενεργών αποβλήτων του U-233 είναι κατά 20 περίπου φορές μικρότεροι εκείνων του U-235, ενώ το περιεχόμενο των αποβλήτων αυτών σε πυρήνες κατάλληλους για πυρηνικά όπλα είναι αμελητέο.

Ενδεικτική βιβλιογραφία

IAEA (International Atomic Energy Agency), *"Nuclear Power Reactors in the World"*, Reference Data Series No. 2, Report IAEA-RDS-2/42, Vienna 2022

Lamarsh J.R., Baratta A.J., *"Εισαγωγή στην Πυρηνική Τεχνολογία"*, 4η Έκδοση, Μετάφραση στα Ελληνικά, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2019

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), *"Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources"*, Geneva 2022

Appreciation

The following is dedicated to Simos, Friend, Colleague, our Rector. Simos was the man who, for about fifty years (from the time he was a student till his unexpected passing away), served tirelessly the Nuclear Engineering Laboratory of NTUA, contributed to its progress and created the seed bed of scientists who keep on working to transfer knowledge on the multiple applications of the critical field of Nuclear Engineering.

**Η Έρευνα του Εργαστηρίου
Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ
πάνω στη Φυσική Ραδιενέργεια**

ΜΑΡΙΟΣ ΑΝΑΓΝΩΣΤΑΚΗΣ

Καθηγητής, Διευθυντής Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας,
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου,
Μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου
της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας
e-mail: managno@mail.ntua.gr

Περίληψη

Στο κείμενο που ακολουθεί παρατίθεται συνοπτικά η εξέλιξη και τα επιτεύγματα της έρευνας που έχει πραγματοποιηθεί στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ, αναφορικά με τη φυσική ραδιενέργεια. Η έρευνα αυτή, η οποία συνεχίζεται αδιάλειπτα από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 έως και σήμερα, έχει περάσει διάφορες φάσεις, ακολουθώντας όπως είναι φυσικό τις διεθνείς τάσεις και συχνά πρωτοπορώντας, σε μία προσπάθεια να απαντηθούν τα επιστημονικά ερωτήματα που κάθε φορά τίθενται. Ένας παράγων, ο οποίος έχει επηρεάσει σημαντικά τόσο το ρυθμό της εξέλιξης όσο και τις συγκεκριμένες κατευθύνσεις της έρευνας αυτής είναι και ο εξοπλισμός που σε κάθε περίοδο ήταν διαθέσιμος στο εργαστήριο.

Λέξεις-Κλειδιά: Φυσική ραδιενέργεια, περιβάλλον.

1. Εισαγωγή

Ως φυσική ραδιενέργεια χαρακτηρίζεται η ραδιενέργεια η οποία οφείλεται αποκλειστικά στο φυσικό περιβάλλον και στον τρόπο με τον οποίο έχει δημιουργηθεί ο κόσμος, δηλαδή δεν είναι με κανένα τρόπο αποτέλεσμα ανθρωπογενούς δραστηριότητας. Εν γένει μπορεί να διακριθεί σε δύο κατηγορίες, στη ραδιενέργεια που προέρχεται από το έδαφος στο οποίο υπάρχουν αρκετά φυσικά ραδιενεργά ισότοπα, όπως τα ισότοπα που ανήκουν στη ραδιενεργό σειρά του ουρανίου (^{238}U), τα ισότοπα που ανήκουν στη σειρά του θορίου (^{232}Th) και το ραδιενεργό ^{40}K , καθώς και στην κοσμική ακτινοβολία. Η κοσμική ακτινοβολία είναι ηλιακής ή γαλαξιακής προέλευσης και διακρίνεται στην πρωτογενή, η οποία είναι εξωγήινης προέλευσης, και στη δευτερογενή, η οποία παράγεται κατά την αλληλεπίδραση της πρωτογενούς ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα. Εξάλλου, κατά την αλληλεπίδραση της κοσμικής ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα παράγονται και μία σειρά από ραδιενεργά ισότοπα, τα οποία χαρακτηρίζονται ως ισότοπα «κοσμικής προέλευσης». Για έναν άνθρωπο που ζει στη γη, η ραδιοβιολογική επίπτωση, τόσο της κοσμικής ακτινοβολίας όσο και των ισοτόπων κοσμικής προέλευσης είναι αμελητέα, λόγω της προστασίας που παρέχει η ατμόσφαιρα και συνήθως δεν αξιολογείται. Η φυσική ραδιενέργεια του εδάφους όμως, η οποία εξαρτάται σημαντικά από γεωλογικούς παράγοντες, μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να οδηγήσει σε αξιόλογη δόση¹ του ανθρώπου, και για το λόγο αυτό έχει ενδιαφέρον η μελέτη της. Στη βιβλιογραφία καταγράφονται μία σειρά από περιοχές στην Ινδία, τη Βραζιλία, το Ιράν και αλλού, όπου τα επίπεδα της φυσικής ραδιενέργειας γήινης προέλευσης είναι υψηλά και η ραδιοβιολογική επίπτωση λόγω της ραδιενέργειας δεν μπορεί να αμεληθεί – οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται ως περιοχές υψηλού υποστρώματος. Επιπλέον, διάφορα υλικά τα οποία προέρχονται από το έδαφος, όπως πρώτες ύλες και ορυκτά καύσιμα, μπορούν μέσα στον κύκλο της εξόρυξης και αξιοποίησής τους να οδηγήσουν σε αξιόλογη έκθεση, τόσο των εργαζομένων όσο και του γενικότερου πληθυσμού. Τέλος, το ραδόνιο, ένα φυσικό ραδιενεργό αέριο το οποίο εκρέει από το έδαφος, και οτιδήποτε προέρχεται από αυτό, μπορεί σε εσωτερικούς χώρους να οδηγήσει σε αξιόλογες δόσεις στον άνθρωπο.

Πέρα από τις όποιες ραδιοβιολογικές επιπτώσεις μπορεί να έχει η φυσική ραδιενέργεια, έχει ενδιαφέρον και το γεγονός ότι η κινητική των διαφόρων ισοτόπων, είτε στο έδαφος είτε στην ατμόσφαιρα και στο νερό, μπορεί να παρέχει πολύ ενδιαφέρουσες πληροφορίες για φυσικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον και στη βιόσφαιρα, όπως για παράδειγμα η κίνηση αερίων μαζών στην ατμόσφαιρα και η διάβρωση και ιζηματογένεση στο έδαφος.

Στο κείμενο που ακολουθεί παρατίθεται συνοπτικά η ιστορία της έρευνας που διεξάγεται για περισσότερες από τέσσερις δεκαετίες στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ (ΕΠΤ-ΕΜΠ), σε αντικείμενα που σχετίζονται με τη φυσική ραδιενέργεια.

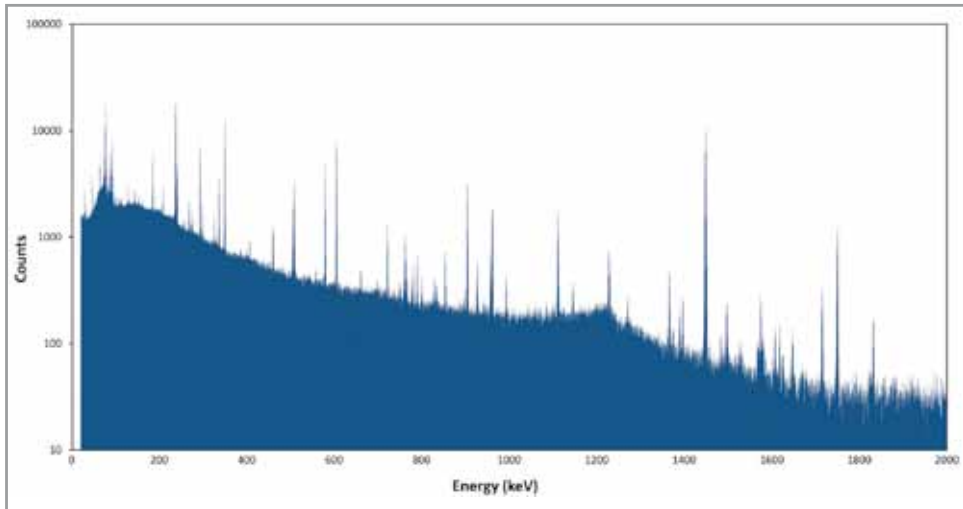
¹ Ο όρος δόση χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιηθεί ο κίνδυνος εξαιτίας της έκθεσης σε ραδιενεργό ακτινοβολία.

2. Η κληρονομιά του Chernobyl, τα πρώτα χρόνια

Η φυσική ραδιενέργεια άρχισε να μελετάται στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ από τις αρχές της δεκαετίας του 1980. Εκείνη την εποχή υπήρχε μεγάλο ενδιαφέρον διεθνώς για τη ραδιενέργεια στις τέφρες από την καύση στερεών ορυκτών καυσίμων, ίσως ως κάποιου είδους απάντηση στους προβληματισμούς και στην πολεμική που αναπτυσσόταν για την υπό ανάπτυξη –τότε– πυρηνική τεχνολογία, μετά το ατύχημα στο Three Mile Island των ΗΠΑ το 1979. Η έρευνα πάνω στη φυσική ραδιενέργεια κατέστη δυνατή στο ΕΠΤ-ΕΜΠ με την απόκτηση το 1978 και το 1985 των δύο πρώτων ημιαγωγών ανιχνευτών γερμανίου τύπου GeLi (Lithium drifted Germanium) και HPGe (High Purity Germanium), οι οποίοι είχαν υψηλή ενεργειακή διακριτική ικανότητα, καθώς και των πρώτων πυρηνικών ηλεκτρονικών, πολυκαναλικών αναλυτών και υπολογιστικών συστημάτων που οδήγησαν στη γέννηση της γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης στο ΕΠΤ-ΕΜΠ.

Η γ-φασματοσκοπική ανάλυση είναι μία αναλυτική μέθοδος για τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό ενός μεγάλου πλήθους φυσικών και τεχνητών ραδιενεργών ισοτόπων. Επισημαίνεται ότι δείγματα που έχουν ρυπανθεί λόγω πυρηνικού ατυχήματος και τα επίπεδα της ραδιενέργειάς τους είναι υψηλά, μπορούν να αναλυθούν ικανοποιητικά και με ανιχνευτές χαμηλής διακριτικής ικανότητας, όπως είναι οι ανιχνευτές Ιωδιούχου Νατρίου (NaI). Για τον προσδιορισμό όμως φυσικών ραδιενεργών ισοτόπων, λόγω της πολυπλοκότητας του γ-φάσματος που προκύπτει, ενδείκνυται η χρήση ανιχνευτών υψηλής διακριτικής ικανότητας, όπως οι ανιχνευτές γερμανίου. Την εποχή εκείνη, για τη γ-φασματοσκοπική ανάλυση στο ΕΠΤ-ΕΜΠ, χρησιμοποιείτο λογισμικό που είχε αναπτυχθεί στο εργαστήριο και ήταν βασισμένο στο εμπορικό λογισμικό CLASS/ SPECTRAN-III της εταιρείας CANBERRA (Simopoulos S.E., et al., 1986). Το ενδιαφέρον των αναλύσεων είχε αρχικά εστιασθεί στη μελέτη της φυσικής ραδιενέργειας του λιγνίτη και των τεφρών που παράγονται κατά την καύση του (ιπτάμενη τέφρα και τέφρα βάσης ή σκωρία), σε μία σειρά από ατμοηλεκτρικούς σταθμούς (ΑΗΣ) παραγωγής ενέργειας στην περιοχή της Μεγαλόπολης και την ευρύτερη περιοχή της Πτολεμαΐδας. Η έρευνα αυτή κατέστη εν μέρει δυνατή χάρη και στη βοήθεια της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), η οποία είχε αναλάβει τη συλλογή και προετοιμασία μεγάλου όγκου δειγμάτων, στα πλαίσια συνεργασίας με το ΕΠΤ-ΕΜΠ που είχε ξεκινήσει το 1981.

Τα φυσικά ραδιενεργά ισότοπα που ενδιέφεραν την εποχή εκείνη ήταν τα: ^{226}Ra , ^{232}Th και ^{40}K . Το πρώτο από αυτά (^{226}Ra) είναι το σημαντικότερο ισότοπο της σειράς του ουρανίου (^{238}U). Το δεύτερο ισότοπο (^{232}Th) είναι ο πατρικός πυρήνας της ραδιενεργού σειράς του θορίου και το τρίτο ισότοπο (^{40}K) είναι ένα φυσικό ραδιενεργό ισότοπο του καλίου, το οποίο παρουσιάζει αξιόλογη συγκέντρωση στο έδαφος και σε ό,τι προέρχεται από αυτό, όπως πρώτες ύλες, οικοδομικά υλικά κ.λπ.



Σχήμα 1. Τυπικό φάσμα γ-ακτινοβολίας δείγματος χύματος όπου διακρίνεται πλήθος φωτοκορυφών φυσικών ραδιενεργών ισοτόπων.

Οι πρώτες δημοσιεύσεις² από την έρευνα αυτή στο ΕΠΤ-ΕΜΠ (Simopoulos S.E. and Angelopoulos M.G., 1987a), (Simopoulos S.E. and Angelopoulos M.G., 1987b) και (Simopoulos S.E. and Angelopoulos M.G., 1988) κατεδείκνυαν ότι η ραδιενέργεια των ελληνικών λιγνιτών και τεφρών ήταν σχετικά υψηλή, ιδιαίτερα για την περιοχή της Μεγαλόπολης. Επιπλέον, κατά την καύση του λιγνίτη υπάρχει επαύξηση της φυσικής ραδιενέργειας, στις απομένουσες τέφρες, ως αποτέλεσμα της απομάκρυνσης του καυσίμου υλικού, και για το λόγο αυτό εκτιμήθηκαν οι σχετικοί συντελεστές εμπλουτισμού. Μερικά ακόμα σημαντικά συμπεράσματα που προέκυψαν από τις πρώτες αυτές εργασίες, ειδικά για το σχεδιασμό μελλοντικής έρευνας, ήταν ότι:

- παρατηρείται μεγάλη κύμανση στις τιμές της ραδιενέργειας των ισοτόπων που εξετάζονται από τομή σε τομή στα μέτωπα ενός ορυχείου, κάτι που δείχνει πόσο σημαντικό είναι να γίνεται συστηματική δειγματοληψία λιγνίτη,
- ανάλογη κύμανση παρατηρείται και στις παραγόμενες τέφρες, κάτι που δείχνει τη σημαντικότητα της μακροχρόνιας και συστηματικής δειγματοληψίας μέσα στον ΑΗΣ, ειδικά σε περίπτωση που επιχειρείται ο προσδιορισμός ισοζυγίου ραδιενέργειας μέσα σε αυτόν,

² Αν και οι δημοσιεύσεις αυτές εμφανίζονται μετά το ατύχημα στο Chernobyl που έγινε τον Απρίλιο του 1986, η σχετική έρευνα η οποία περιλαμβάνει μακροχρόνιες αναλύσεις δειγμάτων είχε προηγηθεί του ατυχήματος.

- η ραδιενέργεια της τέφρας που συλλέγεται στα ηλεκτροστατικά φίλτρα (Electrostatic Precipitators, ESP) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υπολογισμούς της διαφεύγουσας στο περιβάλλον ραδιενέργειας από τον ΑΗΣ.

Στις ίδιες εργασίες παρατίθενται και οι πρώτοι υπολογισμοί της δόσης του πληθυσμού, εξαιτίας των ισοτόπων που απελευθερώνονται κατά τη λειτουργία θερμικών σταθμών, καθώς και οι πρώτες μετρήσεις που αφορούσαν στη ραδιενέργεια οικοδομικών υλικών και άλλων πρώτων υλών.

Την ίδια εποχή αρχίζει στο ΕΠΤ-ΕΜΠ και η έρευνα –θεωρητική αρχικά– που αφορά στο φυσικό ραδιενεργό αέριο ραδόνιο³ και την εκροή του από τον κόκκο των υλικών (S.E.Simopoulos and D.J. Leonidou, 1986), ενώ γίνονται και οι πρώτες σκέψεις και προσπάθειες για τη μέτρηση της εκροής του ραδονίου από πετρώματα πλούσια σε ²²⁶Ra.

Η μεγάλη ώθηση στη μελέτη της φυσικής ραδιενέργειας στο ΕΠΤ-ΕΜΠ δόθηκε μετά το ατύχημα στο Chernobyl τον Απρίλιο του 1986 και εξαιτίας αυτού. Η ανάγκη για ανάπτυξη τεχνικών δειγματοληψίας εδάφους και αέρα, με στόχο την εκτίμηση της επίπτωσης του ατυχήματος στον Ελλαδικό χώρο, αλλά και τεχνικών ταχείας ανάλυσης δειγμάτων, είχε ως αποτέλεσμα οι αναλυτικές δυνατότητες του ΕΠΤ-ΕΜΠ να επεκταθούν και να αναβαθμιστούν, τόσο σε υλικό, όσο και σε λογισμικό. Για τη γ-φασματοσκοπική ανάλυση των πολύπλοκων φασμάτων χώματος που προκύπτουν από δείγματα πρόσφατα ρυπασμένα από το πυρηνικό νέφος⁴, αλλά και για τη διαχείριση του τεράστιου όγκου αποτελεσμάτων των αναλύσεων, το λογισμικό γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης που μέχρι τότε χρησιμοποιείτο χρειάστηκε να τροποποιηθεί ριζικά – ουσιαστικά αναπτύχθηκε νέο λογισμικό κάτω από το Λ/Σ UNIX που μόλις είχε εγκατασταθεί στα νέα υπολογιστικά συστήματα του εργαστηρίου. Ο κώδικας γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης SPUNAL, που προέκυψε ως αποτέλεσμα, θα συνεχίσει να χρησιμοποιείται, να αναβαθμίζεται και να επεκτείνεται στις δεκαετίες που ακολούθησαν, παρέχοντας νέες δυνατότητες ανάλυσης στο ΕΠΤ-ΕΜΠ και δίνοντας εξειδικευμένες αναλύσεις για την ανάλυση φυσικών και τεχνητών ραδιενεργών ισοτόπων μέχρι σήμερα.

Οι τεχνικές δειγματοληψίες και ανάλυσης του αέρα που επινοήθηκαν και αναπτύχθηκαν κατά την περίοδο του ατυχήματος εξελίχθηκαν, και με την αγορά και νέου εξοπλισμού εφαρμόστηκαν πλέον στα επόμενα χρόνια για τη συστηματική παρακολούθηση της φυσικής ραδιενέργειας στον αέρα. Παράλληλα, αναπτύχθηκε σύστημα συνεχούς

3 Το αδρανές αυτό ραδιενεργό αέριο, το οποίο είναι θυγατρικό του ²²⁶Ra, μετά την εκροή του από τα υλικά όπου παράγεται, διασπάται σε μία σειρά από στερεά ραδιενεργά θυγατρικά. Εάν τα θυγατρικά αυτά εισπνευσθούν, ακτινοβολούν εσωτερικά τους πνεύμονες, με αποτέλεσμα το ραδόνιο να θεωρείται η δεύτερη σημαντικότερη αιτία για τον καρκίνο του πνεύμονα μετά το κάπνισμα.

4 Ειδικότερα τα δείγματα εδάφους τα οποία, πέραν του μεγάλου πλήθους ισοτόπων προϊόντων σχάσης από το Chernobyl, περιέχουν και όλα τα φυσικά ραδιενεργά ισότοπα του εδάφους, κατά την ανάλυσή τους έδιναν ιδιαίτερα πολύπλοκα φάσματα, ακόμα και με ανιχνευτές υψηλής διακριτικής ικανότητας.

(on-line) παρακολούθησης της ραδιενέργειας περιβάλλοντος, βασισμένο σε ανιχνευτή NaI που ήταν τοποθετημένος στο εξωτερικό περιβάλλον του εργαστηρίου. Το σύστημα αυτό αργότερα εξελίχθηκε στο σύστημα παρακολούθησης της φυσικής ραδιενέργειας του περιβάλλοντος, το οποίο επί σειρά ετών χρησιμοποιήθηκε στο ΕΠΤ-ΕΜΠ, καταγράφοντας –εκτός των άλλων– και προσεισμικά σήματα αύξησης της συγκέντρωσης των θυγατρικών του ραδονίου στον αέρα [Karangelos D.J. et al., 2005].

```

I-----I
I              NATURAL RADIONUCLIDES ANALYSIS REPORT              I
I                                                                I
I              of sample XIAEA3272I                                I
I                                                                I
I-----I
I  Remarks : Reference soil IAEA 327                               I
I                                                                I
I-----I
I  Isotope   I   Energy   I   Activity   Bq/kg   pCi/gr   I
I            I   (keV)    I               I           I
I-----I
I  Pb-210   I   46.52   I   53.14 +- 12.02 %   1.436 I
I-----I
I  Pb-214A  I   295.22 I   34.98 +- 2.81 %   .945 I
I  Pb-214B  I   351.99 I   35.31 +- 1.12 %   .954 I
I-----I
I  Pb-214   ( W.Mean ) :   35.26 +- 1.04 %   .953 I
I-----I
I  Bi-214A  I   609.32 I   31.73 +- 1.19 %   .857 I
I  Bi-214B  I  1120.28 I   34.30 +- 4.00 %   .927 I
I  Bi-214C  I  1764.51 I   37.52 +- 3.22 %   1.014 I
I-----I
I  Bi-214   ( W.Mean ) :   32.37 +- 1.08 %   .875 I
I-----I
I  Ra-226   ( W.Mean ) :   33.7 +- .75 %   .912 I
I-----I
I  Ra-226   I   186.25 I
I-----I
I  Th-234   I   63.29 I   38.28 +- 10.94 %   1.035 I
I-----I
I  U-238 E   I   185.99 I   37.22 +- 3.93 %   1.006 I
I  U-238 C   I   185.99 I   29.62 +- 3.93 %   .801 I
I-----I
I  U-235     I   185.72 I
I  U-238 L   I
I-----I
I  Ac-228A   I   338.40 I   35.50 +- 3.01 %   .959 I
I  Ac-228B   I   911.07 I   36.39 +- 1.76 %   .984 I
I-----I
I  Ra-228   ( W.Mean ) :   36.16 +- 1.52 %   .977 I
I-----I
I  Pb-212B   I   238.63 I   39.18 +- 2.62 %   1.059 I
I  Tl-208A   I   583.14 I   33.59 +- 1.52 %   .908 I
I-----I
I  Th-228   ( W.Mean ) :   34.70 +- 1.31 %   .938 I
I-----I
I  Th-232   ( W.Mean ) :   35.3 +- 1.00 %   .954 I
I-----I

```

Σχήμα 2. Τυπική φόρμα αποτελεσμάτων του προγράμματος SPUNAL για την ανάλυση της φυσικής ραδιενέργειας ενός δείγματος.

Ένα συμβάν, κατά την περίοδο που το ατύχημα στο Chernobyl ήταν σε εξέλιξη, το οποίο είχε μεγάλη επίδραση, βοήθησε στην ανάπτυξη της εργαστηριακής υποδομής και εν τέλει άνοιξε νέους ερευνητικούς ορίζοντες στο ΕΠΤ-ΕΜΠ, ήταν η ανίχνευση σε φίλτρα αέρα που συλλέχθηκαν του υπερουράνιου στοιχείου ^{241}Am . Το ^{241}Am (αμερίκιο) παράγεται από τη διάσπαση του ^{241}Pu (πλουτώνιο) και αναμένεται να βρίσκεται στο πυρηνικό καύσιμο ενός αντιδραστήρα σε λειτουργία και να διαφεύγει σε περίπτωση ατυχήματος. Αυτό όμως το οποίο κανένας δεν ανέμενε εκείνη την εποχή ήταν να ανιχνεύεται στον αέρα πάνω από την Ελλάδα.

Καθώς η ανίχνευση του ^{241}Am , το οποίο εκπέμπει φωτόνια πολύ χαμηλών ενεργειών (59.54keV), είναι εξαιρετικά δύσκολη με τους συμβατικούς ανιχνευτές γερμανίου που έως τότε διέθετε το ΕΠΤ-ΕΜΠ, και μάλιστα στις εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις που βρέθηκε στον αέρα (λιγότερο από 8mBq/m^3), αυτή αρχικά αμφισβητήθηκε.

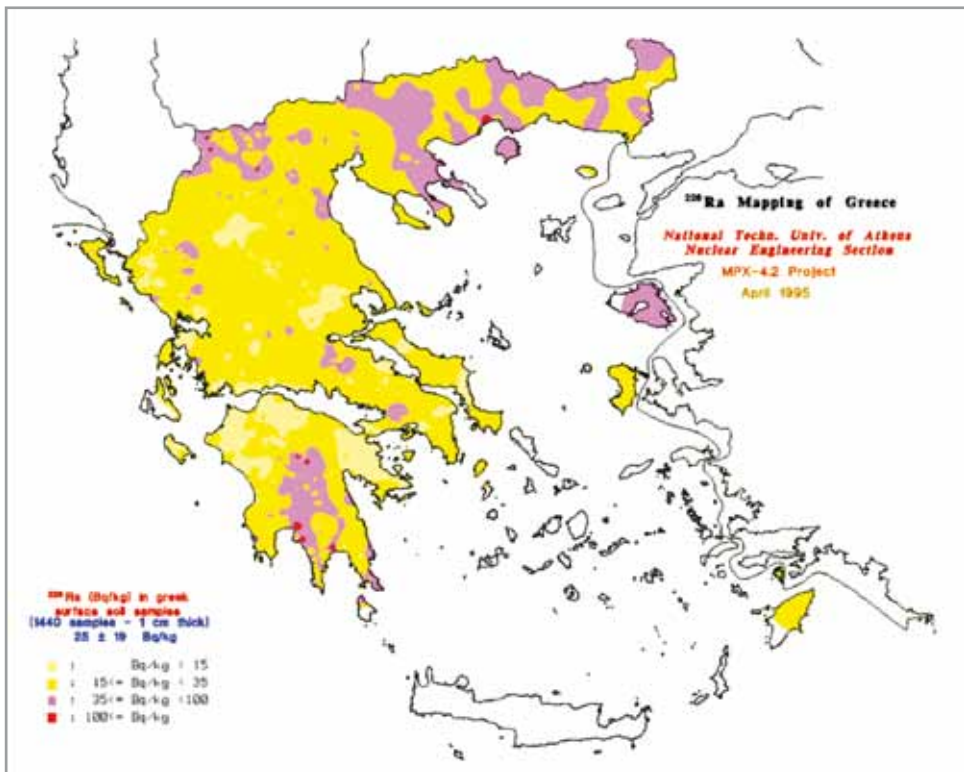
Η ανίχνευση του ^{241}Am οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στη μεγάλη παρατηρητικότητα, επιμονή και επιμέλεια του ερευνητή, κατά τη διάρκεια της γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης ενός φίλτρου αέρα που συλλέχθηκε εκείνον το Μάιο του 1986. Επακόλουθο αυτής της αναπάντεχης ανίχνευσης ήταν να αποκτηθεί το 1987, με έκτακτη χρηματοδότηση του ΕΜΠ, ο πρώτος στην Ελλάδα ανιχνευτής γερμανίου χαμηλών ενεργειών (Low Energy Germanium, LEGe) για την καλύτερη ανίχνευση του “εξωτικού” ^{241}Am . Ο ανιχνευτής αυτός, με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, εκτός από την πέραν κάθε αμφιβολίας ανίχνευσης του ^{241}Am , δημιούργησε νέες δυνατότητες και άνοιξε νέους ερευνητικούς ορίζοντες στο ΕΠΤ-ΕΜΠ τα χρόνια που ακολούθησαν.

Πέρα όμως από την απόκτηση εξοπλισμού, την ανάπτυξη τεχνογνωσίας και λογισμικού και την απόκτηση σημαντικής εμπειρίας στο ΕΠΤ ΕΜΠ, αυτό που ήταν πραγματικά μοναδική κληρονομιά από το ατύχημα στο Chernobyl είναι τα χιλιάδες δείγματα επι-



Σχήμα 3. Το σύστημα παρακολούθησης της ραδιενέργειας περιβάλλοντος στο ΕΠΤ-ΕΜΠ.

φανειακού χώματος τα οποία συλλέχθηκαν από όλη την Ελλάδα και αναλύθηκαν –έργο ενός ανθρώπου– τα οποία φυλάσσονται με προσοχή ακόμα και σήμερα στο ΕΠΤ-ΕΜΠ. Από την ανάλυση των δειγμάτων αυτών με τους ανιχνευτές υψηλής διακριτικής ικανότητας, η οποία συνεχίστηκε για πολλά χρόνια μετά το ατύχημα και συνεχίζεται ακόμα και σήμερα, προέκυψε μία εξαιρετική απεικόνιση, όχι μόνον των ραδιενεργών ισotόπων που ήταν αποτέλεσμα του ατυχήματος του Chernobyl, αλλά και της φυσικής ραδιενέργειας στον Ελλαδικό χώρο, όπως εκφράζεται από τα τρία ισotόπα ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K . Οι σχετικοί χάρτες που παρήχθησαν μετά από λίγα χρόνια στο ΕΠΤ-ΕΜΠ από την ανάλυση των δειγμάτων αυτών είναι μοναδικοί στο είδος τους και παρουσιάσθηκαν στο Διεθνές Συμπόσιο “*Sixth International Symposium on the Natural Radiation Environment (NRE-VI)*”, τον Μάιο του 1995 στο Μόντρεαλ του Καναδά (Anagnostakis M.J. et al., 1996). Είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί ότι, ακόμα και για τη διαδικασία της χαρτογράφησης χρησιμοποιήθηκε λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε επί τούτου στο ΕΠΤ-ΕΜΠ.

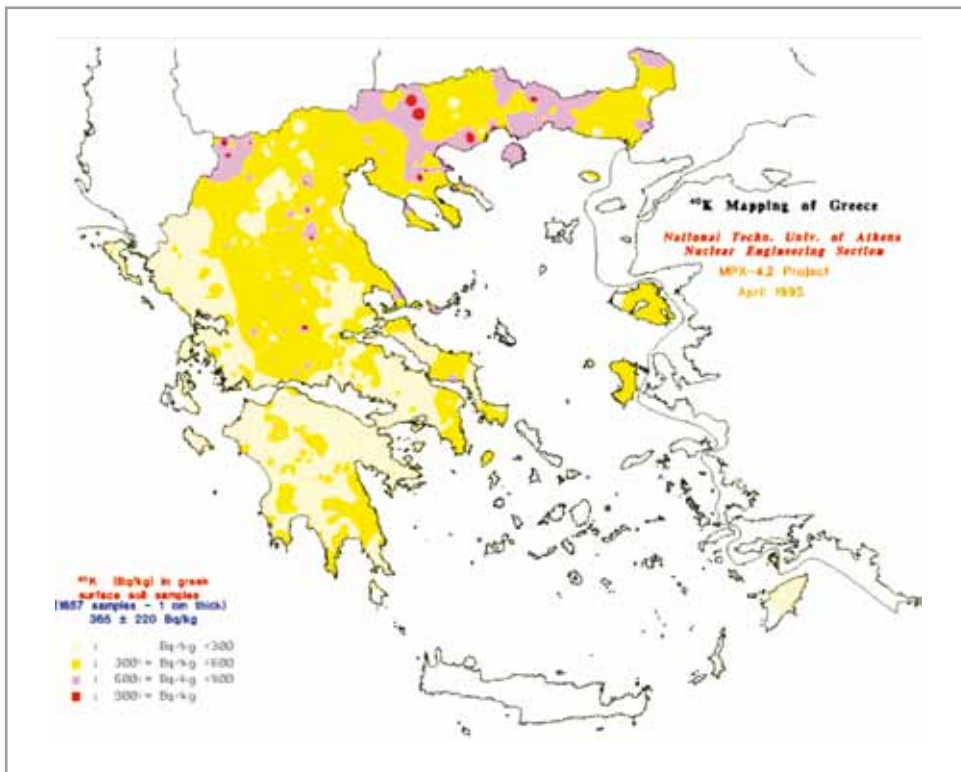


Σχήμα 4. Χάρτης της ραδιενέργειας του ισotόπου ^{226}Ra στα ελληνικά επιφανειακά εδάφη.

3. Η περίοδος της μεγάλης ανάπτυξης

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 το ΕΠΤ-ΕΜΠ βρίσκεται σε μία νέα κατάσταση, σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία. Υπάρχει ήδη αρκετή τεχνογνωσία που είχε αναπτυχθεί τα προηγούμενα χρόνια, νέος εξοπλισμός, αλλά και πολλές νέες ιδέες για μελλοντική έρευνα, ενώ παράλληλα αρχίζουν να φτάνουν στο εργαστήριο και νέοι άνθρωποι με στόχο την εκπόνηση Διδακτορικής Διατριβής.

Οι άνθρωποι αυτοί επέτρεψαν τη συγκρότηση ερευνητικής ομάδας γύρω από τον πυρήνα που ήδη υπήρχε, η οποία πλέον με νέα δυναμική άρχισε να προάγει την έρευνα σε αρκετά αντικείμενα. Έχει ενδιαφέρον το γεγονός ότι, ενώ ορισμένοι από αυτούς τους νέους ανθρώπους, εκπονούσαν Διδακτορική Διατριβή σε αντικείμενα που καμιά σχέση δεν είχαν με τη ραδιενέργεια περιβάλλοντος, εντούτοις, παράλληλα με την εκπόνηση της Διατριβής τους, είχαν ιδιαίτερα σημαντική ενασχόληση και παραγωγή έργου και στο πολύ γοητευτικό αυτό αντικείμενο, κάτι που αδιάψευστα αποτυπώνεται και στο δημοσιευμένο έργο που παράγεται αυτή την περίοδο.



Σχήμα 5. Χάρτης της ραδιενέργειας του ισότοπου ^{40}K στα ελληνικά επιφανειακά εδάφη

Τα πεδία της έρευνας περί τη φυσική ραδιενέργεια που σχεδόν μονοπωλούν το ενδιαφέρον την περίοδο αυτή, και τα οποία είχαν αρχίσει να αναδύονται διεθνώς, ήταν τα θέματα τα σχετικά με το ραδόνιο στην κατοικία, η φυσική ραδιενέργεια των οικοδομικών υλικών και τα υλικά NORM. Η σχετική ερευνητική δραστηριότητα εκείνη την περίοδο εστιάσθηκε κυρίως στα εξής αντικείμενα:

- Ανάπτυξη τεχνικών για την ανίχνευση και μέτρηση του ραδονίου. Την περίοδο αυτή η ενασχόληση με μετρήσεις ραδονίου και η ανάπτυξη των σχετικών τεχνικών και υποδομών ξεκίνησε πρακτικά από το μηδέν. Αρχικά, το 1992 σε συνεργασία με το Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών αναπτύχθηκε στα πλαίσια ευρωπαϊκού προγράμματος ένας μικρός αεροστεγής θάλαμος $\sim 1\text{m}^3$, ο οποίος εξοπλίστηκε κατάλληλα για τη μέτρηση της συγκέντρωσης του ραδονίου στο εσωτερικό του. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης του ραδονίου γινόταν τόσο με μέτρηση των θυγατρικών του με ανιχνευτή NaI, όσο και με δειγματοληψία αέρα του θαλάμου και εν συνεχεία α- και γ-φασματοσκοπική ανάλυση. Ο θάλαμος αυτός (Mini Radon House, MRH) είχε επιπλέον τη δυνατότητα ρύθμισης και μέτρησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο εσωτερικό του, αλλά και ρύθμισης της συγκέντρωσης του ραδονίου, με χρήση εξωτερικής πηγής ραδονίου. Ο θάλαμος χρησιμοποιήθηκε κυρίως για μετρήσεις εκροής ραδονίου από οικοδομικά υλικά και υλικά NORM, αλλά και κατασκευές. Τα πειράματα αυτά οδήγησαν στις πρώτες εργασίες, παρουσιάσεις σε συνέδρια και δημοσιεύσεις που αφορούσαν το ραδόνιο (Louizi et al., 1995) και με τον τρόπο αυτό το ΕΠΤ-ΕΜΠ μπήκε στο χάρτη των εργαστηρίων που πραγματοποιούσαν τέτοιες μετρήσεις διεθνώς. Στην παραπάνω εργασία, η οποία προέρχεται από τα Πρακτικά του Διεθνούς Συνεδρίου *"Indoor air – An integrated Approach"* που πραγματοποιήθηκε το Δεκέμβριο του 1994 στην



Σχήμα 6. Οι δύο θάλαμοι ραδονίου του ΕΠΤ-ΕΜΠ (αριστερά 1.8m^3 και δεξιά 8.5m^3).

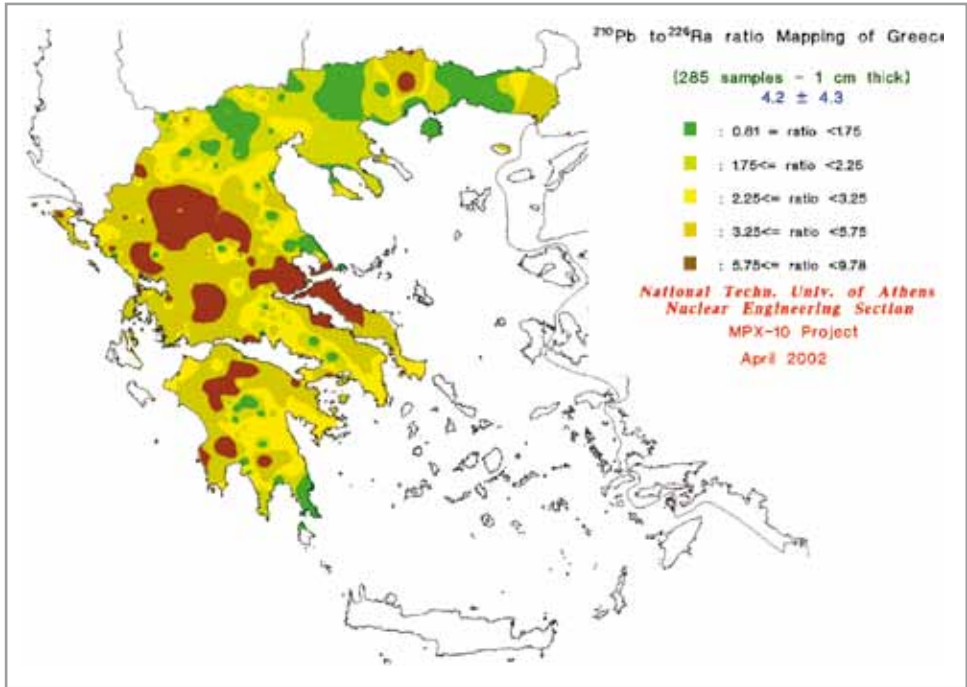
Gold Coast της Αυστραλίας, παρατίθενται και οι πρώτες συστηματικές μετρήσεις της ραδιενέργειας οικοδομικών υλικών στην Ελλάδα.

Ακολούθησε το 1997 ο σχεδιασμός και η κατασκευή δύο νέων θαλάμων ραδονίου από ανοξείδωτο ασάλι (Σχήμα 5), αποκλειστικά με πιστώσεις του ιδρύματος, με όγκους 1.8 και 8.5m³. Με την ήδη υπάρχουσα εμπειρία και τεχνογνωσία σε μετρήσεις ραδονίου, οι νέοι θάλαμοι εξοπλίστηκαν καλύτερα και πλέον οι νέες δυνατότητες μέτρησης του ραδονίου και ρύθμισης της ατμόσφαιρας, αλλά και ο μεγαλύτερος όγκος που μείωνε το φαινόμενο back diffusion του ραδονίου έδωσαν τη δυνατότητα για υψηλότερης αξιοπιστίας μετρήσεις.

Την ίδια περίοδο το εργαστήριο αποκτά και εξοπλισμό για επιτόπιες (in-situ) μετρήσεις ραδονίου, μετρήσεις ραδονίου στο νερό και στο γήινο αέριο και μετρήσεις θυγατρικών ραδονίου στον αέρα. Παράλληλα, αναπτύσσεται και η τεχνογνωσία για μετρήσεις εκροής ραδονίου από το έδαφος. Η ολοένα αυξανόμενη δραστηριότητα του ΕΠΤ-ΕΜΠ στον τομέα των μετρήσεων ραδονίου, η οποία έγινε διεθνώς γνωστή μέσα από μία σειρά Workshops και Συνεδρίων, είχε ως αποτέλεσμα να προσκληθεί για να συμμετάσχει διαδοχικά σε δύο Ευρωπαϊκές Συνδουασμένες Δράσεις, ERRICCA I (European Research into Radon in Construction Concerted Action, 1996-1999) και ERRICCA II (European Radon Research and Industry Collaboration Concerted Action, 2002-2004)⁵. Στα πλαίσια της Δράσης ERRICCA I το ΕΠΤ-ΕΜΠ πρότεινε και ανέλαβε τη διοργάνωση μοναδικής για εκείνη την εποχή Άσκησης Διαβαθμονόμησης Μέτρησης Εκροής Ραδονίου από κατασκευές. Η Άσκηση αυτή περιλάμβανε την κατασκευή στο ΕΠΤ-ΕΜΠ πρωτότυπης πλάκας από μπετόν, γνωστής φυσικής ραδιενέργειας και τη μέτρηση της εκροής ραδονίου από αυτήν. Η μέτρηση αυτή έγινε στη συνέχεια και από μία σειρά ευρωπαϊκών εργαστηρίων που είχαν τέτοια δυνατότητα. Τόσο η μεθοδολογία όσο και τα αποτελέσματα της Άσκησης αυτής, τα οποία παρουσιάζονται στη δημοσίευση (Petropoulos N.P. et al., 2001), είναι ακόμα και σήμερα επίκαιρα, όπως προκύπτει από τις συνεχείς αναφορές της βιβλιογραφίας.

- Ανάπτυξη τεχνικών γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης για την αξιοποίηση φωτονίων χαμηλών ενεργειών. Η γ-φασματοσκοπική ανάλυση με αξιοποίηση φωτονίων στην περιοχή χαμηλών ενεργειών επιτρέπει τον προσδιορισμό ισοτόπων όπως το ²³⁴Th (63.29keV) και το ²¹⁰Pb (46.54keV), τα οποία, μαζί με το ²²⁶Ra, ανήκουν στη ραδιενεργό σειρά του ²³⁸U. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των τριών αυτών ισοτόπων επιτρέπει τη διερεύνηση της ύπαρξης ή όχι ραδιενεργού ισορροπίας στη σειρά του ουρανίου σε περιβαλλοντικά δείγματα, κάτι το οποίο μέχρι την εποχή εκείνη είχε

5 Μερικά χρόνια αργότερα (2013) το ΕΠΤ-ΕΜΠ προσκλήθηκε και συμμετείχε στη Δράση COST NORM4Building που αφορούσε στην χρήση υλικών NORM ως πρώτων υλών στη βιομηχανία οικοδομικών υλικών και ανέλαβε τη διοργάνωση του 3rd Norm4Building Training School.



Σχήμα 7. Χαρτογράφηση της διαταραχής της ραδιενεργού ισορροπίας μεταξύ των ^{226}Ra και ^{210}Pb στα ελληνικά επιφανειακά εδάφη

ελάχιστα διερευνηθεί. Αυτό το τμήμα της έρευνας κατέστη δυνατό με αξιοποίηση του ανιχνευτή LEGe, ο οποίος είχε αποκτηθεί το 1987 με την ευκαιρία της ανίχνευσης του ^{241}Am . Η δυσκολία στον ακριβή ποσοτικό προσδιορισμό των ισοτόπων που εκπέμπουν φωτόνια χαμηλών ενεργειών είναι η σημαντική αυτοαπορρόφηση των φωτονίων αυτών μέσα στο δείγμα, κάτι που εξαρτάται σημαντικά από τη σύσταση και την πυκνότητα του δείγματος. Προς αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού αναπτύχθηκαν τεχνικές προσδιορισμού κατάλληλων συντελεστών διόρθωσης για τα υλικά που συνήθως αναλύονταν στο ΕΠΤ-ΕΜΠ εκείνη την εποχή (χώμα, οικοδομικά υλικά, τέφρες) (Anagnostakis M.J. and Simopoulos S.E., 1996). Η αποτελεσματικότητα των συντελεστών αυτών και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων των αναλύσεων επέτρεψε, μετά την ανάλυση εκατοντάδων δειγμάτων χώματος, τον προσδιορισμό και τη χαρτογράφηση δύο ακόμα ισοτόπων, του ^{238}U ⁶ και του ^{210}Pb στο ελληνικό έδαφος (Anagnostakis M.J. et al., 2005). Η χαρτογράφηση αυτή αποκάλυψε πόσο σημαντική μπορεί να είναι η διαταραχή της ραδιενεργού ισορροπίας

⁶ Καθώς σε περιβαλλοντικά δείγματα το ^{234}Th βρίσκεται συνήθως σε ραδιενεργό ισορροπία με το ^{238}U , η χαρτογράφηση του ενός ισοδυναμεί με τη χαρτογράφηση του άλλου.

στο επιφανειακό έδαφος. Στο Σχήμα 7 παρατίθεται η χαρτογράφηση του λόγου της ραδιενέργειας των ^{210}Pb και ^{226}Ra , από όπου προκύπτει η έντονη διαταραχή της ραδιενεργού ισορροπίας τους⁷. Η σημαντική διαταραχή σε μία περιοχή (τιμή πολύ μεγαλύτερη από 1) είναι ενδεικτική μεγάλης εκροής ραδονίου από το έδαφος. Η ακριβής ανίχνευση των ^{234}Th και ^{210}Pb επέτρεψε επιπλέον και την ενδεδειγμένη μελέτη της φυσικής ραδιενέργειας και της ραδιενεργού ισορροπίας των τεφρών που παράγονται κατά την καύση ορυκτών καυσίμων (Petrooulos N.P. et al., 2002).

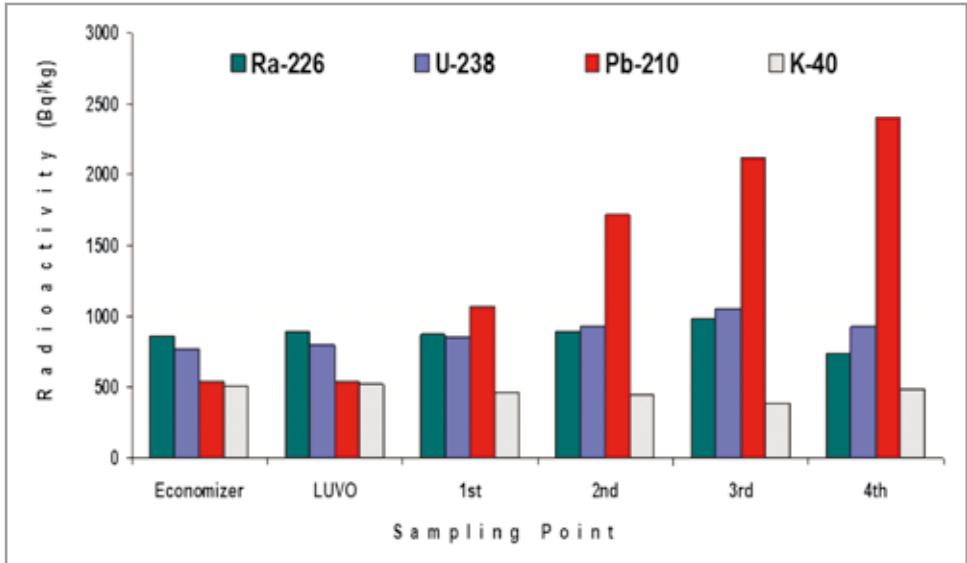
- Ενδεδειγμένη μελέτη της φυσικής ραδιενέργειας των τεφρών σε ΑΗΣ⁸ και ραδιοπεριβαλλοντικές επισκοπήσεις γύρω από ΑΗΣ και σε ορυχεία. Οι νέες δυνατότητες που αναπτύχθηκαν για την ανάλυση της φυσικής ραδιενέργειας και την ανίχνευση του ραδονίου επέτρεψαν το σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός προγράμματος μελέτης της φυσικής ραδιενέργειας των τεφρών που παράγονται μέσα σε έναν ΑΗΣ.

Ενώ, στις περισσότερες, αν όχι σε όλες, τις μελέτες της φυσικής ραδιενέργειας των τεφρών σε ΑΗΣ, ο διαχωρισμός γίνεται μεταξύ καυσίμου, ιπτάμενης και υγρής τέφρας, στην εν προκειμένω έρευνα διερευνήθηκαν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ιπτάμενης τέφρας που συλλέγεται σε διάφορες θέσεις μέσα σε έναν ΑΗΣ, συγκεκριμένα σε 10 θέσεις (στο LUVVO, στον Economizer και σε 8 θέσεις στα ηλεκτροστατικά φίλτρα). Ένα μέρος από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτή την έρευνα (Karangelos D.J., et al., 2004), η οποία έγινε στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος, παρουσιάζονται στο Σχήμα 8. Όπως διαπιστώνεται από το σχήμα αυτό υπάρχει σημαντική διαταραχή της ραδιενεργού ισορροπίας στις τέφρες, εξαιτίας της διαδικασίας της καύσης μέσα στον ΑΗΣ, ιδιαίτερα για τον ^{210}Pb , και ιδιαίτερα προς την έξοδο των καυσαερίων (4ο στάδιο ESP). Αυτό καταδεικνύει πόσο προσεκτικά πρέπει να γίνεται η δειγματοληψία μέσα σε έναν ΑΗΣ, προκειμένου να οδηγεί σε αξιόπιστα συμπεράσματα για τις παραγόμενες τέφρες και τη ραδιοβιολογική επίπτωση από την τέφρα που διαφεύγει από το σταθμό. Αξίζει να αναφερθεί ότι την ίδια συμπεριφορά με το ^{210}Pb παρουσιάζουν και μη ραδιενεργά ιχνοστοιχεία τα οποία ανιχνεύονται στην τέφρα (όπως το As), όπως προκύπτει από άλλη έρευνα που έγινε στο ΕΠΤ-ΕΜΠ λίγα χρόνια αργότερα (Perpas T.K., et al., 2010).

Η έρευνα αναφορικά με την ενδεχόμενη ραδιοπεριβαλλοντική επιβάρυνση από τη λειτουργία ενός ΑΗΣ δεν περιορίστηκε μέσα σε ΑΗΣ, αλλά επεκτάθηκε και στην ευρύτερη περιοχή (Σχήμα 9), καθώς και στα ορυχεία και στις αποθέσεις περί τον σταθμό και οδήγησε σε μία σειρά από σχετικές δημοσιεύσεις, χαρτογραφήσεις και συμπεράσματα (Rouni P.K., et al., 2001) και (Karangelos D.J et al., 2005).

7 Σε συνθήκες ισορροπίας ο λόγος των δύο ισοτόπων είναι ίσος με 1.

8 Ατμοηλεκτρικοί Σταθμοί

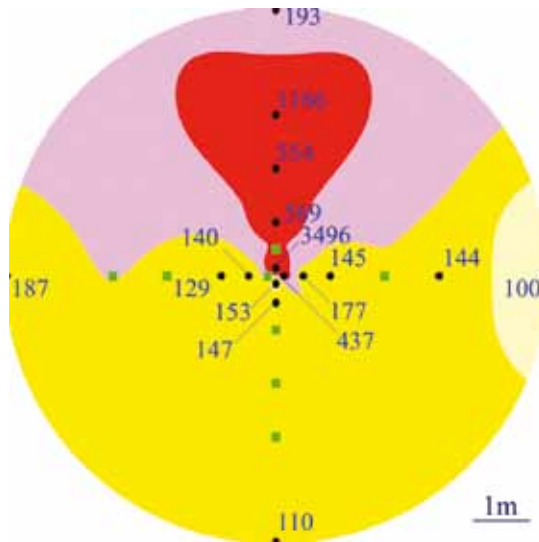


Σχήμα 8. Ραδιενέργεια της ιπτάμενης τέφρας η οποία συλλέγεται σε διάφορα σημεία εντός ΑΗΣ, (Economizer, LUVU, ESP στάδιο 1-4).

Την ίδια περίοδο και ιδιαίτερα μετά το 2000 στο ΕΠΤ-ΕΜΠ δημιουργείται εργαστήριο ραδιοχημείας και αναπτύσσεται και η τεχνική της α-φασματοσκοπικής ανάλυσης, ενώ λίγο αργότερα αποκτάται και εξοπλισμός για αναλύσεις δειγμάτων με την τεχνική του υγρού σπινθηρισμού.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 ένα δυσάρεστο γεγονός έδωσε τη δυνατότητα στο ΕΠΤ-ΕΜΠ να δείξει ότι βρίσκεται στην πρωτοπορία της έρευνας για τη ραδιενέργεια περιβάλλοντος. Πρόκειται για τις πολεμικές επιχειρήσεις στην τότε Γιουγκοσλαβία και τη χρήση πυρομαχικών απεμπλουτισμένου ουρανίου (Depleted Uranium, DU). Καθώς το απεμπλουτισμένο ουράνιο δεν είναι τίποτα άλλο παρά ουράνιο με διαφορετική ισοτοπική σύσταση από αυτή του φυσικού ουρανίου⁹, η διαπίστωση της ρύπανσης του εδάφους από DU δεν είναι καθόλου απλή υπόθεση, καθώς τα ισότοπα του ουρανίου βρίσκονται ούτως ή άλλως στο έδαφος, ως συστατικές της φυσικής ραδιενέργειας. Η μεγάλη εμπειρία του ΕΠΤ-ΕΜΠ στη μελέτη της φυσικής ραδιενέργειας, σε συνδυασμό με το διαθέσιμο εξοπλισμό και το εξαιρετικά ευαίσθητο λογισμικό γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης SPUNAL, επέτρεψε την ανίχνευση του DU αλλά και τη χαρτογράφηση της ρύπανσης σε περιοχή της Γιουγκοσλαβίας που είχε βληθεί με πυρομαχικά DU (Karangelos D.J. et al., 2004).

⁹ Στο φυσικό ουράνιο η κατά βάρος αναλογία των δύο ισωτόπων του ουρανίου ²³⁸U και ²³⁵U είναι 99.28% και 0.72%, ενώ στο απεμπλουτισμένο οι αναλογίες είναι 99.8% και 0.2% αντίστοιχα.



Σχήμα 9. Χαρτογράφηση της ρύπανσης (σε Bq·kg⁻¹) από απεμπλουτισμένο ουράνιο (DU) γύρω από σημείο που έχει προσβληθεί με πυρομαχικά DU.

Η ερευνητική δραστηριότητα και η αυξανόμενη εξωστρέφεια του ΕΠΤ-ΕΜΠ μέσω της συμμετοχής σε διεθνή ερευνητικά προγράμματα και συνέδρια, συνέβαλε στην αύξηση της διεθνούς αναγνώρισης του εργαστηρίου και στην ανάληψη της διοργάνωσης δύο μεγάλων διεθνών συνεδρίων, με αντικείμενο τη φυσική ραδιενέργεια. Το πρώτο διοργανώθηκε με την ολοκλήρωση της Δράσης ERRICCA I στην Αθήνα, στις εγκαταστάσεις του Ευγενίδειου Ιδρύματος, τον Απρίλιο του 1999 και είχε τίτλο *“Radon in the Living*



Σχήμα 10. Δειγματοληψίες και μετρήσεις στην περιοχή της Μεγαλόπολης.

Environment". Συμμετείχαν περί τους 200 επιστήμονες από 40 χώρες. Τα Πρακτικά του Συνεδρίου δημοσιεύθηκαν στο Διεθνές Επιστημονικό περιοδικό "*The Science of the Total Environment*".

Το δεύτερο και σημαντικότερο συνέδριο διοργανώθηκε το Μάιο του 2002 στη Ρόδο, με τίτλο "*Seventh International Symposium on the Natural Radiation Environment (NRE VII)*" και φιλοξένησε περισσότερους από 250 επιστήμονες από όλο τον κόσμο που ασχολούνται με τη ραδιενέργεια στο περιβάλλον. Πρόκειται για το 7ο μίας σειράς Συμποσίων, με το πρώτο να διοργανώνεται στις ΗΠΑ το 1963. Τα Πρακτικά του Συμποσίου (περί τις 1200 σελίδες) δημοσιεύθηκαν στο "*Radioactivity in the Environment Book Series*" του εκδοτικού οίκου Elsevier.

4. Νέες κατευθύνσεις και μελλοντικές προοπτικές

Η δεκαετία που ξεκινάει το 2000 βρίσκει το ΕΠΤ-ΕΜΠ σε νέο κτήριο (Κτήριο Κ συγκροτήματος εργαστηρίων της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών) με πολύ καλό εξοπλισμό, ο οποίος εμπλουτίζεται με δύο ακόμα σημαντικές συνιστώσες, που επέτρεψαν την επέκταση των ερευνητικών δραστηριοτήτων στο πεδίο της μελέτης της φυσικής ραδιενέργειας και όχι μόνον. Η πρώτη συνιστώσα ήταν ένας δειγματολήπτης αέρα πολύ υψηλής παροχής (High Volume Air sampler), ο οποίος εγκαταστάθηκε στο δώμα του Κτηρίου Κ και ο οποίος έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί αδιαλείπτως για πολλές ημέρες, κάνο-

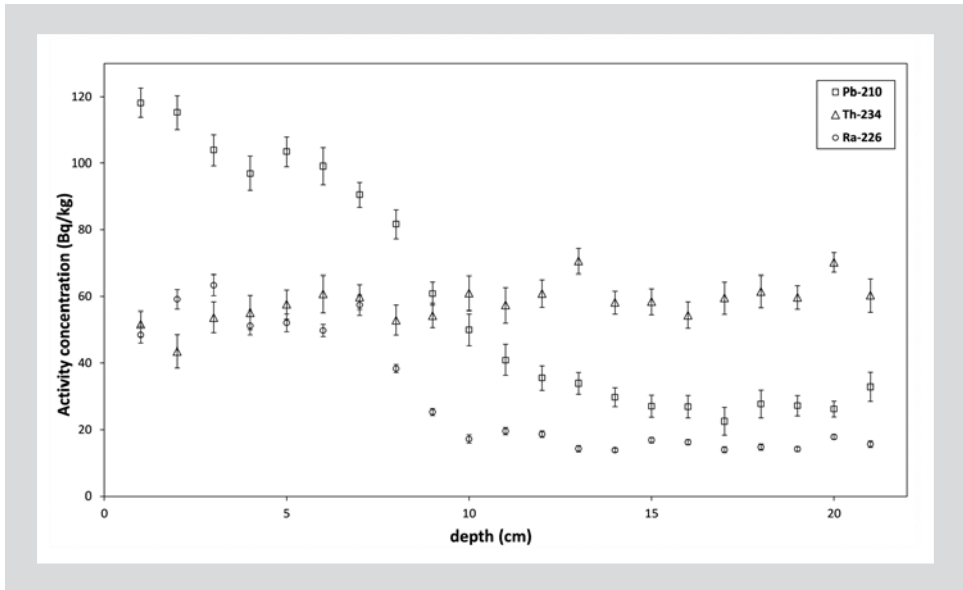


Σχήμα 11. Οι τρεις διοργανωτές των δύο συνεδρίων: James McLaughlin (University College Dublin), Friedrich Steinhäusler (University of Salzburg) και Simos E. Simopoulos (ΕΜΠ).

ντας δειγματοληψία ατμοσφαιρικού αερολύματος σε όγκους αέρα της τάξης των δεκάδων χιλιάδων m^3 . Η δεύτερη συνιστώσα ήταν έναν ανιχνευτής γερμανίου τύπου XtRa πολύ υψηλής απόδοσης, ο οποίος το 2010 αναβαθμίζεται με την εγκατάσταση και ενός συστήματος *Compton Suppression* για τη μείωση του υποστρώματος – το πρώτο που εγκαταστάθηκε στην Ελλάδα. Ο νέος αυτός ανιχνευτής παρέχει πολύ καλύτερες δυνατότητες ανίχνευσης και επιτρέπει την ανάλυση δειγμάτων χαμηλότερης ραδιενέργειας και κατά συνέπεια δειγμάτων μικρότερου όγκου, αλλά δημιουργεί και νέες προκλήσεις. Προκειμένου να επιτευχθούν τα χαμηλότερα επίπεδα ανίχνευσης και να καταστεί δυνατή η ακριβής ανάλυση δειγμάτων μικρού όγκου, έπρεπε να χρησιμοποιηθούν νέες τεχνικές βαθμονόμησης, συντελεστές διόρθωσης και ακριβέστερος προσδιορισμός του υποστρώματος, κάτι που έγινε, σηματοδοτώντας –ασυναίσθητα στην αρχή– μία μετακίνηση του ενδιαφέροντος και της ερευνητικής ενασχόλησης στην περιοχή της μετρολογίας των ακτινοβολιών, με έμφαση στην τεχνική της γ-φασματοσκοπίας. Στα πλαίσια αυτής της νέας δραστηριότητας το ΕΠΤ-ΕΜΠ άρχισε να συμμετέχει συστηματικά και πολύ ενεργά στις δραστηριότητες και τις δημοσιεύσεις του *Gamma Spectrometry Working Group του International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM-GSWG)*, με αποτέλεσμα το 2016 να προσκληθεί επισήμως το ΕΜΠ και να γίνει το μοναδικό από την Ελλάδα τακτικό μέλος του ICRM.

Η ερευνητική δραστηριότητα πάνω στη μετρολογία των ακτινοβολιών επέτρεψε τελικά την ακριβή ανάλυση πολύ μικρότερων όγκων δείγματος κατά τις γ-φασματοσκοπικές αναλύσεις για τον προσδιορισμό φυσικών ραδιενεργών ισοτόπων. Έτσι, από δείγματα όγκου $\sim 290\text{cm}^3$ και ύψους $\sim 70\text{mm}$ κατέστη δυνατή η μείωση του απαιτούμενου όγκου δειγμάτων έως 10cm^3 και ύψους 7mm , ανοίγοντας νέους ορίζοντες έρευνας σε πεδία όπου ο όγκος του δείγματος είναι πολύ μεγάλης σημασίας, όπως:

- Την ανάλυση της κατά βάθος κατανομής των διαφόρων ισοτόπων στο έδαφος, κάτι το οποίο γίνεται με λήψη κατά βάθος δείγματος (core), το οποίο εν συνεχεία διαιρείται σε επιμέρους δείγματα ανάλογα με το βάθος. Στην περίπτωση αυτή είναι προφανές ότι ο όγκος των επιμέρους δειγμάτων είναι πολύ μικρός. Μελέτες της κατά βάθος κατανομής ραδιενεργών ισοτόπων με δειγματοληψία και ανάλυση δειγμάτων μεγάλου όγκου (πολλές δεκάδες cm^3) είχαν πραγματοποιηθεί στο ΕΠΤ-ΕΜΠ και παλαιότερα (Papadakis G., Et al., 2017), κυρίως για τη μελέτη της κατακόρυφης μετανάστευσης του ^{137}Cs στο χώμα και σε ιζήματα, αλλά είναι προφανές ότι η χρήση μικρού όγκου δειγμάτων παρέχει στον ερευνητή πολύ μεγαλύτερη ευελιξία και περισσότερες δυνατότητες. Η ανάλυση κατά βάθος μπορεί να δώσει πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία για τη συμπεριφορά και την κατακόρυφη μετανάστευση διαφόρων ισοτόπων στο έδαφος, ενώ αποτελεί και ένα σημαντικό εργαλείο για την εκτίμηση του ρυθμού διάβρωσης και του ρυθμού ιζηματογένεσης στο έδαφος και στο θαλάσσιο περιβάλλον. Τα ισότοπα τα οποία χρησιμοποιούνται για τέτοιου είδους μελέτες είναι το ^{137}Cs , ο ^{210}Pb και το ^7Be . Το ΕΠΤ-ΕΜΠ

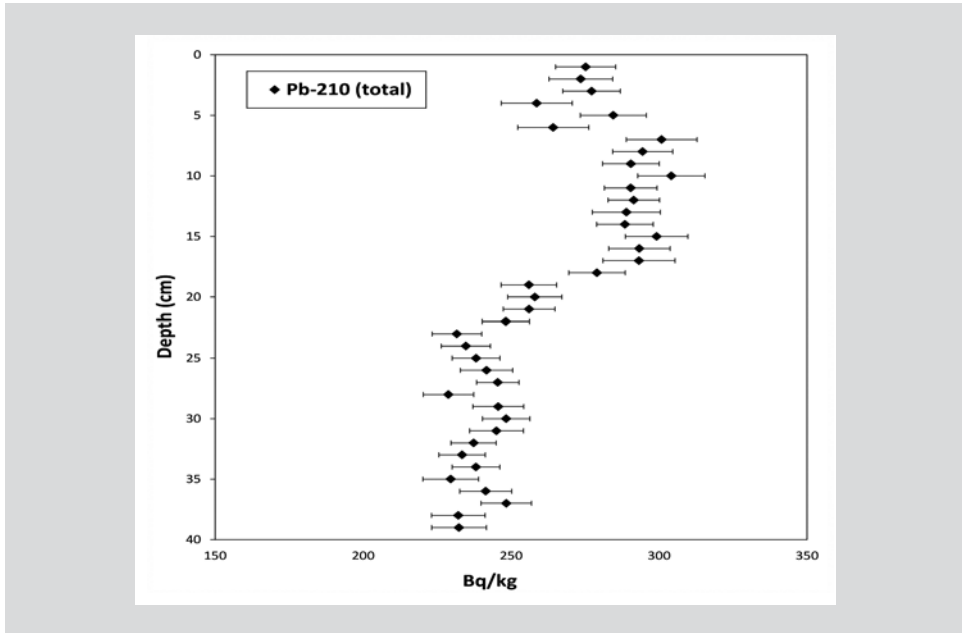


Σχήμα 12. Κατά βάθος κατανομή ραδιενεργών ισοτόπων της σειράς του ουρανίου στο χώμα στην περιοχή Καμένων Βούρλων

έχει τα τελευταία χρόνια επεκτείνει τις ερευνητικές δραστηριότητές του προς την κατεύθυνση της μελέτης της κατά βάθος κατανομής ραδιενεργών ισοτόπων (Padovani et al., 2018), (Mitsios I.K. et al., 2021), με προοπτική τη χρήση τους ως ιχνηλάτες διεργασιών στο έδαφος αλλά και σε θαλάσσια ιζήματα, σε συνεργασία και με το ΕΛΚΕΘΕ¹⁰.

- Την ανάλυση της κοκκομετρικής κατανομής των ραδιενεργών ισοτόπων στα διάφορα υλικά, όπως χώμα, NORM κ.λπ. Και στην περίπτωση αυτή, από μία μεγάλη ποσότητα υλικού η οποία είναι αρχικά διαθέσιμη προκύπτουν κλάσματα με μέγεθος κόκκου που μπορεί να κυμαίνεται από 2mm έως και κάτω από 45μm, με τα πλέον λεπτόκοκκα κλάσματα να παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον αλλά να έχουν και τη μικρότερη ποσόστωση και συνεπώς τη μικρότερη μάζα στο αρχικό δείγμα. Η κοκκομετρική ανάλυση των δειγμάτων με εξοπλισμό που είχε στο μεταξύ αποκτηθεί στο ΕΠΤ-ΕΜΠ, σε συνδυασμό με τη γ-φασματοσκοπική ανάλυση των επιμέρους δειγμάτων, επέτρεψε την εξαγωγή πολύ σημαντικών συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά των ραδιενεργών ισοτόπων στο έδαφος και όχι μόνον. Όπως διαπιστώθηκε, όλα τα ισότοπα τα οποία προέρχονται από την ατμόσφαιρα, είτε πρόκειται για ισότοπα κοσμικής προέλευσης όπως το ⁷Be, είτε

10 Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών

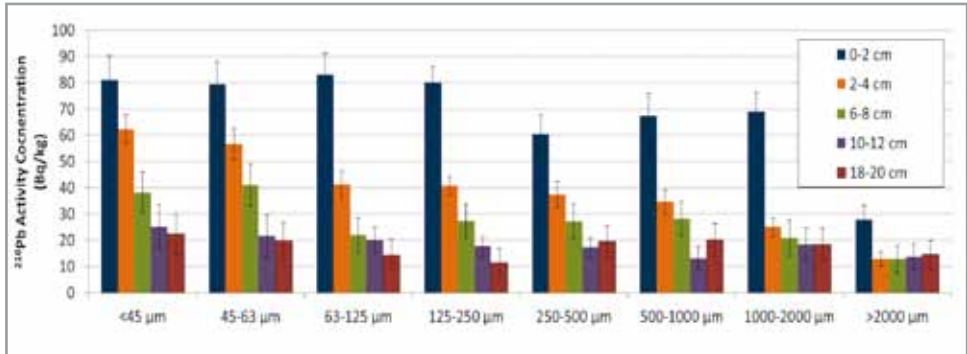


Σχήμα 13. Κατά βάθος κατανομή του ^{210}Pb σε θαλάσσιο ίζημα σε τάφρο του Β. Αιγαίου.

πρόκειται για ισότοπα ραδιενεργού επίπτωσης μετά από ατύχημα όπως το ^{137}Cs , είτε πρόκειται για θυγατρικά ισότοπα του ραδονίου όπως ο ^{210}Pb , παρουσιάζουν αυξημένη συγκέντρωση στα πλέον λεπτόκοκκα κλάσματα. Εξυπακούεται ότι ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η από κοινού διερεύνηση της κοκκομετρικής και της κατά βάθος κατανομής των ισωτόπων, όπως φαίνεται και στο σχήμα 15 (Sanna et al., 2016).

Μία άλλη ερευνητική δραστηριότητα που τα τελευταία χρόνια ακμάζει στο ΕΠΤ-ΕΜΠ είναι η μελέτη των ραδιενεργών ατμοσφαιρικών αερολυμάτων. Στο πλαίσιο αυτό, με αξιοποίηση του δειγματολήπτη υψηλής παροχής και του ανιχνευτή υψηλής απόδοσης ΧtRa γίνεται επί σειρά ετών παρακολούθηση της συγκέντρωσης του ισωτόπου κοσμικής προέλευσης ^7Be (Parandreu S.M.A et al., 2011), του γήινης προέλευσης ^{210}Pb , ενώ έχει καταστεί δυνατή –υπό προϋποθέσεις– και η ανίχνευση ενός άλλου ισωτόπου κοσμικής προέλευσης, του ^{22}Na , το οποίο όμως απαντάται στην ατμόσφαιρα σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση $\sim 1 \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^3$ (Sanna M.I et al., 2017). Και τα τρία αυτά ισότοπα, παρ’ όλο που δεν έχουν καμιά ραδιολογική επίπτωση στον άνθρωπο, εντούτοις, παρουσιάζουν ενδιαφέρον, καθώς χρησιμοποιούνται ως ιχνηλάτες σε μοντέλα ατμοσφαιρικής διασποράς.

Εκτός από την παρακολούθηση της συγκέντρωσης των παραπάνω ισωτόπων στο ατμοσφαιρικό αερόλυμα, τα τελευταία χρόνια είναι υπό ανάπτυξη και τεχνικές για την παρακο-



Σχήμα 14. Κατά βάθος κατανομή του ^{210}Pb στα διάφορα κοκκομετρικά κλάσματα χώματος από διάφορα βάθη



Σχήμα 15. Κύμανση της συγκέντρωσης του ισότοπου κοσμικής προέλευσης ^7Be κατά τη διάρκεια επεισοδίων βροχόπτωσης

λούθησή τους και στις υγρές και ξηρές ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις, με απώτερο στόχο τη συσχέτιση όλων των παραπάνω μετρήσεων και την τροφοδοσία κατάλληλων μοντέλων.

Πέρα από τα νέα πεδία έρευνας που άνοιξαν τα τελευταία χρόνια, σήμερα, τέσσερις δεκαετίες μετά το ατύχημα στο Chernobyl, τα δείγματα χώματος που με τόση φροντίδα συλλέχθηκαν το 1986 και φυλάσσονταν στο εργαστήριο συνεχίζουν να αποκαλύπτουν

τα μυστικά τους. Νέες αναλύσεις που γίνονται πάλι τα τελευταία 2-3 χρόνια αποκαλύπτουν ότι το ^{241}Am , το οποίο ανιχνεύθηκε με πολύ μεγάλη δυσκολία στον αέρα μία μέρα του Μαΐου του 1986, μπορεί πλέον να ανιχνευθεί και στα δείγματα εδάφους που είχαν τότε συλλεχθεί.

5. Επίλογος

Για περισσότερες από τέσσερις δεκαετίες η φυσική ραδιενέργεια είναι ένας τομέας έρευνας που αδιάκοπα και συστηματικά θεραπεύεται στο ΕΠΤ-ΕΜΠ. Μετά από τόσα χρόνια πολλά άλλαξαν, ο εξοπλισμός ανανεώθηκε, νέες τεχνολογίες υιοθετήθηκαν, νέα πεδία έρευνας άνοιξαν, ανιχνεύθηκαν περισσότερα ισότοπα, τα κατώτερα επίπεδα ανίχνευσης βελτιώθηκαν, η φύση μπορεί σήμερα να μελετάται με πολύ μεγαλύτερη λεπτομέρεια και να αποκαλύπτει τα μυστικά της. Αυτό που παραμένει αναλλοίωτο είναι ο τρόπος δουλειάς, το πώς να κάνεις έρευνα, κάτι που έρχεται ως παράδοση από το παρελθόν. Η κληρονομιά είναι μεγάλη. Παρ' όλη την υπερδεκαετή οικονομική κρίση που έχει καταστήσει την ανανέωση του εξοπλισμού απαγορευτική, τις πολλές αποχωρήσεις, τη φυσική απώλεια μελών του εργαστηρίου που αδόκητα επήλθε και τις αναπόφευκτες δυσκολίες που όλα αυτά επέφεραν, το ΕΠΤ-ΕΜΠ συνεχίζει να βαδίζει στα μονοπάτια που χαράχθηκαν από τη δεκαετία του 1970, υπηρετώντας την επιστήμη, ανοίγοντας νέους δρόμους και προσδοκώντας την έλευση νέων ανθρώπων για να συνεχίσουν στις δεκαετίες που ακολουθούν.

Η ιστορική αναδρομή που προηγήθηκε αποφεύγει ηθελημένα την αναφορά ονομάτων, με εξαίρεση τις βιβλιογραφικές παραπομπές που περιέχει. Αν κάποιος, στο τέλος αυτού του κειμένου δεν έχει ακόμα καταλάβει ποιος ήταν ο εμπνευστής και ο ιθύνων νους πίσω από την έρευνα πάνω στη φυσική ραδιενέργεια που υπερβαίνει τις τέσσερις δεκαετίες, ας κοιτάξει στο εξώφυλλο του τόμου που κρατάει στα χέρια του.

Βιβλιογραφία

Anagnostakis M.J., Hinis E.P., Simopoulos S.E. and Angelopoulos M.G., *Natural radioactivity mapping of Greek surface soils*, Environment International, 22: 3-8 (1996).

Anagnostakis M.J. and Simopoulos S.E., *An experimental numerical method for the efficiency calibration of Low-Energy Germanium detectors*, Environment International, 22: 93-99 (1996).

Anagnostakis M.J., Hinis E.P., and Simopoulos S.E., ^{238}U and its Daughter Products in Greek Surface Soils, "Radioactivity in the Environment" – Journal of Environmental Radioactivity Series, (7): 1025-1029 (2005).

Karangelos D.J., Petropoulos, N.P., Anagnostakis M.J., Hinis E.P. and Simopoulos S.E., *Radio-*

- logical characteristics and investigation of the radioactive equilibrium in the ashes produced in lignite-fired power plants*, Journal of Environmental Radioactivity, 77:233-246 (2004).
- Karangelos D.J., Rouni P.K., Petropoulos N.P., Anagnostakis M.J., Hinis E.P. and Simopoulos S.E., *Radioenvironmental Survey of the Megalopolis Power Plants Fly-Ash Deposits, "Radioactivity in the Environment" – Journal of Environmental Radioactivity Series, (7): 1025-1029 (2005).*
- Karangelos D.J., Petropoulos N.P., Anagnostakis M.J., Hinis E.P. and Simopoulos S.E., *Data leading to the investigation of a relation between seismic activity and airborne radon decay products concentration outdoors, "Radioactivity in the Environment" –Journal of Environmental Radioactivity Series, (7): 187-197 (2005).*
- Karangelos D.J., Anagnostakis M.J., Hinis E.P., Simopoulos S.E. and Zunic Z., *Determination of depleted uranium in environmental samples by gamma-spectroscopic techniques*, Journal of Environmental Radioactivity, 76:295-310 (2004).
- Louizi A., Proukakis C., Petropoulos N. and Simopoulos S.E., *Natural radioactivity content and radon exhalation rates of Greek building, Materials*, Proceedings of the International Workshop, Indoor Air – an integrated approach, Gold Coast, Australia, 27/11-01/12 1994, 131-134.
- Mitsios, I.K., Pappa, F.K., Patiris D.L., Rouni, P.K., Anagnostakis, M.J. and Tsabaris, C., *In depth analysis of a sediment core from North Aegean Sea*, 29th Annual Symposium of the Hellenic Nuclear Physics Society, Demokritos, 24-25 September 2021.
- Padovani S., Mitsios I., Anagnostakis M.J. and Mostacci D., *Analysis of the vertical distribution and size fractionation of natural and artificial radionuclides in soils in the vicinity of hot springs*, Radiation Effects and Defects in solids, 173 (9-10), 794-806 (2018).
- Papadakos G., Karangelos D.J., Petropoulos N.P., Anagnostakis M.J., Hinis E.P., Simopoulos S.E., *Uncertainty assessment method for the Cs-137 fallout inventory and penetration depth*, Journal of Environmental Radioactivity, 171, 234-245 (2017).
- Papandreou S.M.A., Savva M.I., Karfopoulos K.L., Karangelos D.J., Anagnostakis M.J., Simopoulos S.E., *Monitoring of Be⁻⁷ atmospheric activity concentration using short term measurements*, Nuclear Technology & Radiation Protection, 26(2), 101-109 (2011).
- Peppas T.K., Karfopoulos K.L., Karangelos D.J., Rouni P.K., Anagnostakis M.J., Simopoulos S.E., *Radiological and Instrumental Neutron Activation Analysis characteristics of size fractionated fly-ash*, Journal of Hazardous Materials, 181 (1-3) 255-262 (2010).
- Petropoulos N.P., Anagnostakis M.J. and Simopoulos S.E., *Photon attenuation, natural radioactivity content and radon exhalation rate of building materials*, Journal of Environmental Radioactivity, 61:257-269 (2002).
- Petropoulos N.P., Anagnostakis M.J. and Simopoulos S.E., *Building materials radon exhalation rate: ERRICCA Intercomparison exercise results*, The Science of the Total Environment 272: 109-118 (2001).
- Rouni P.K., Petropoulos N.P., Anagnostakis M.J., Hinis E.P. and Simopoulos S.E., *Radioenvironmental survey of the Megalopolis lignite field basin*, The Science of the Total Environment 272: 261-272 (2001).

- Savva M.I., Karangelos D.J., Anagnostakis M.J. and Simopoulos S.E., *Analysis of size-fractionated soil samples by gamma spectrometry*, Applied Radiation and Isotopes, 109, 563-565 (2016).
- Savva M.I., Karangelos D.J., and Anagnostakis M.J., *Determination of Be⁻⁷ and Na⁻²² activity in air and rainwater samples by gamma-ray spectrometry*, Applied Radiation and Isotopes, 138, 466-469 (2018).
- Simopoulos S.E., Leonidou D.J. and Angelopoulos M.G., *Research objectives of the Nuclear Engineering Section of the National Technical University of Athens*, Proceedings of an International Symposium on the Significance and Impact of Nuclear Research in Developing Countries, International Atomic Energy Agency, pp 327-339, 8-12 September 1986, Athens.
- Simopoulos S.E. and Leonidou D.J., *On the emanation of radon into the pores of a solid material*, Atomkernenergie-Kerntechnik, 49(1/2):105-106 (1986).
- Simopoulos S.E. and Angelopoulos M.G., *Natural radioactivity releases from lignite power plants in Greece*, J. Environ Radioactivity 5 379-389 (1987a).
- Simopoulos S.E. and Angelopoulos M.G., *Natürliche Radionuklide in Braunkohle der Ptolemais-Region (Griechenland) und ihren Aschen*, Zeitschrift für angewandte Geologie, Bd. 33 Heft 4, 99-104 (1987b).
- Simopoulos S.E. and Angelopoulos M.G., *Electricity generation and its associated radiological impact to the environment. The case of Greek lignite power plants*. Proceedings of the 1st Balkan Scientific Conference on Environmental protection, September 20-23 1988, Varna, 334-344.

Δειγματοληψία εδαφών και ανάλυσή τους για Cs-137 από την εναπόθεση εξαιτίας του ατυχήματος στο Chernobyl

ΝΙΚΟΣ Π. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ

Επίκουρος Καθηγητής,
Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας,
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
e-mail: npetr@mail.ntua.gr

ΣΙΜΟΣ Ε. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ[†]

Περίληψη

Δίνεται σε ελεύθερη απόδοση στα Ελληνικά η πρώτη και εμβληματική εργασία του Καθηγητή Σ.Ε. Σιμόπουλου σχετικά με την εναπόθεση Cs-137 στα επιφανειακά εδάφη της Ελλάδας, εξαιτίας του πυρηνικού ατυχήματος στο Chernobyl, όπως δημοσιεύθηκε στο επιστημονικό περιοδικό Applied Radiation Isotopes, 40(7): 607-613, 1989, προκειμένου να γίνει διαθέσιμη και γνωστότερη και πέρα από την επιστημονική κοινότητα. Ως μέρος της παρούσας περιλήψης, δίνεται στη συνέχεια και η απόδοση της περιλήψης της ίδιας της εργασίας ως εξής: Συνολικά 1242 δείγματα εδάφους, τα οποία συλλέχθηκαν στην Ελλάδα, το διάστημα από τον Μάιο έως το Νοέμβριο του 1986, μετρήθηκαν και αναλύθηκαν για Cs-137 από την εναπόθεση εξαιτίας του ατυχήματος στο Chernobyl. Οι μετρήσεις των δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας ανιχνευτή Ιωδιούχου Νατρίου (NaI) απευθείας συνδεδεμένο με μικροϋπολογιστή. Επιπλέον 252 από τα δείγματα αναλύθηκαν και με χρήση ανιχνευτών Γερμανίου, τόσο για τη διαπίστωση της ακρίβειας των μετρήσεων με το Ιωδιούχο Νάτριο, όσο και για την εκτίμηση των συγκεντρώσεων και άλλων μακρόβιων ισωτόπων από το ατύχημα στο έδαφος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εναπόθεση Cs-137 εξαιτίας του ατυχήματος παρουσιάζει σημαντικά διαφοροποιημένη γεωγραφική κατανομή. Βρέθηκε ότι η ραδιενέργεια του Cs-137 στο επιφανειακό έδαφος κυμαίνεται από 0.01 έως 137 kBq m⁻².

Λέξεις-Κλειδιά: Chernobyl, Ελλάδα, εναπόθεση, δειγματοληψία εδαφών, Cs-137

1. Εισαγωγή

Ραδιενέργεια από προϊόντα σχάσεων εξαιτίας του ατυχήματος σε αντιδραστήρα του Chernobyl παρατηρήθηκε και αναφέρθηκε στην Ελλάδα από αρκετά Ελληνικά Εργαστήρια (DEMO 86/3 G, 1986; Alexandropoulos et al., 1986; Simopoulos et al., 1987). Αναφέρθηκε επιπλέον ότι το διερχόμενο πάνω από την Ελλάδα νέφος με τα ραδιενεργά υλικά έφθασε στη μεγαλύτερη συγκέντρωσή του στις 3 Μαΐου 1986 (DEMO 86/3 G, 1986). Είναι γενικά αποδεκτό ότι η επισκόπηση εδάφους είναι η κυριότερη μέθοδος για τη διαπίστωση των περιοχών στις οποίες υπάρχει ραδιενεργή ρύπανση. Τέτοιες επισκοπήσεις διαπίστωσης ραδιενέργειας στο έδαφος γίνονται συνήθως με επί τόπου (in situ) μετρήσεις με χρήση ανιχνευτών φωτονίων στερεάς κατάστασης, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για πρόσφατες εναποθέσεις. Αυτή η τεχνική έχει το σημαντικό πλεονέκτημα της ταχύτητας. Παρ' όλα αυτά, η μέθοδος της δειγματοληψίας εδαφών δίνει ακριβέστερες εκτιμήσεις της περιεκτικότητας των ισοτόπων και για αυτό υιοθετήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας για την ανίχνευση και την ποσοτική ανάλυση των μακρόβιων ισοτόπων, τα οποία κατέπεσαν στην Ελλάδα εξαιτίας του Chernobyl. Επί τόπου μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν προκαταρκτικά, αλλά τα αποτελέσματά τους δεν παρουσιάζονται, καθώς χρησιμοποιήθηκαν μόνο ως ενδείξεις της ραδιενέργειας στο έδαφος πριν ληφθούν τα αντίστοιχα δείγματα. Την περίοδο ανάμεσα στον Μάιο και το Νοέμβριο του 1986 συλλέχθηκαν 1242 δείγματα επιφανειακού εδάφους από όλη την Ελλάδα. Τα δείγματα μετρήθηκαν για Cs-137 με χρήση ενός ανιχνευτή Ιωδιούχου Νατρίου (NaI). Συμπληρωματικά, 252 από τα δείγματα και μάλιστα αυτά με τη μεγαλύτερη ρύπανση με Cs-137 μετρήθηκαν και με χρήση ανιχνευτών Γερμανίου. Στη συνέχεια θα περιγραφούν και οι δύο μέθοδοι. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων Cs-137 στα 1242 συλλεχθέντα δείγματα με χρήση της πρώτης από τις δύο μεθόδους. Επιπλέον, παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα μετρήσεων μακρόβιων ισοτόπων από την εναπόθεση καθώς και αποτελέσματα μετρήσεων φυσικής ραδιενέργειας για τα 252 δείγματα που αναλύθηκαν με χρήση της δεύτερης μεθόδου.

2. Δειγματοληψία εδάφους

Δείγματα επιφανειακού εδάφους, το καθένα όγκου περίπου 1000 cm^3 , συλλέχθηκαν, από φαινομενικά αδιατάρακτες θέσεις σε ανοικτές επιφάνειες, χρησιμοποιώντας ένα ειδικά κατασκευασμένο φυτάρι για την απόξεση του πρώτου επιφανειακού εκατοστού. Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην γίνει δειγματοληψία σε θέσεις όπου η διαμόρφωση της επιφάνειας θα εμπόδιζε τη σωστή απόξεση του πρώτου εκατοστού. Οι θέσεις δειγματοληψίας δεν ήταν γενικά καλυμμένες από χορτάρι ή άλλη βλάστηση, εξάλλου, γενικά δεν υπάρχει χορτάρι στα ελληνικά εδάφη σε περιόδους όπως αυτή της δειγματοληψίας (θέρος και φθινόπωρο). Η δειγματοληψία κάλυψε όλες τις γεωγραφικές υποδιαιρέσεις της ηπειρωτικής χώρας, δηλαδή τους Νομούς, και πραγματοποιήθηκε κατά διακριτά χρονικά στάδια, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Η δειγματοληψία του πρώτου

χρονικού σταδίου οργανώθηκε ώστε να καλύψει την κεντρική και τη βόρεια Ελλάδα, όπου αναμενόταν, σύμφωνα και με προκαταρκτικές αναλύσεις τροφίμων μέχρι εκείνη τη στιγμή, εντονότερη ρύπανση. Αξίζει να τονισθεί ότι πριν ξεκινήσει ένα επόμενο χρονικό στάδιο δειγματοληψίας μεσολαβούσε μέτρηση των δειγμάτων του προηγούμενου σταδίου για Cs-137. Έτσι λήφθηκαν αξιόπιστες ενδείξεις για τις πλέον ρυπασμένες περιοχές και κρίθηκε για ποιες από αυτές χρειάζεται πιο λεπτομερής δειγματοληψία. Με τον τρόπο αυτό οργανώθηκαν καλύτερα όλα τα επόμενα στάδια της δειγματοληψίας. Ο χάρτης στην Εικόνα 1 δείχνει τις γεωγραφικές υποδιαίρεσεις της ηπειρωτικής χώρας με αντίστοιχους κωδικούς αριθμούς και τη θέση των πρωτεύουσών πόλεων. Στον Πίνακα 1 δίνονται και λεπτομέρειες για τη δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε ανά χρονικό στάδιο, δηλαδή οι Νομοί που διερευνήθηκαν και η σειρά που έγινε αυτό. Τα ονόματα των Νομών και οι αντίστοιχες πρωτεύουσες πόλεις δίνονται στον Πίνακα 2. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο καιρός κατά τη διάρκεια της περιόδου δειγματοληψίας ήταν κυρίως ξηρός. Είναι προφανές ότι τυχόν βροχές θα διατάρασσαν την επιφάνεια του εδάφους και συνακόλουθα θα προκαλούσαν οριζόντια και κατακόρυφη μετανάστευση των ραδιοϊσοτόπων που κατέπεσαν. Μια τελική παρατήρηση αφορά στην υιοθέτηση του βάθους δειγματοληψίας ως 1 cm. Αυτό το βάθος συστήνεται από παρόμοιες μελέτες αρκετών άλλων ερευνητών (Sumerling, 1983; Stoutjesdijk, 1983, κ.ά.), καθώς κατά το πρώτο έτος μετά την εναπόθεση στο έδαφος η μετανάστευση των ραδιοϊσοτόπων προς μεγαλύτερο βάθος θεωρείται αμελητέα. Η υπόθεση αυτή δοκιμάστηκε με τη συλλογή ενός δεύτερου δείγματος πάχους 1 cm από βάθος 10 cm σε 20 από τις θέσεις δειγματοληψίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ραδιενέργεια Cs-137 σε αυτό το βάθος ήταν μικρότερη από 10% από αυτήν στο επιφανειακό έδαφος. Δυστυχώς η έλλειψη χρόνου, λόγω της ανάγκης να εκτιμηθεί το συντομότερο δυνατόν η ρύπανση του επιφανειακού εδάφους, δεν επέτρεψε να γίνει η πρόσθετη αυτή δειγματοληψία σε μεγαλύτερη έκταση. Παρ' όλα αυτά, κατά τη δειγματοληψία του επόμενου έτους μετά την εναπόθεση (Ιούνιος 1987) και μολονότι η ανάλυση των δειγμάτων που συλλέχθηκαν μεταξύ Μαΐου και Νοεμβρίου 1986 δεν είχε ακόμα ολοκληρωθεί, συστηματοποιήθηκε και η λήψη δειγμάτων κατά βάθος. Τα αποτελέσματα έδειξαν εκθετική απομείωση της συγκέντρωσης Cs-137 με το βάθος με αρνητικές τιμές εκθέτη $-0.09 \pm 0.02 \text{ cm}^{-1}$. Το αποτέλεσμα αυτό ενισχύει την άποψη ότι η κατακόρυφη μετανάστευση του Cs-137 σε βαθύτερα στρώματα, τους πρώτους λίγους θερινούς μήνες μετά την εναπόθεση, πρέπει να είναι αμελητέα.

3. Προετοιμασία δειγμάτων

Τα δείγματα εδάφους που συλλέχθηκαν μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ. Τα δείγματα με σχετικά μεγαλύτερη υγρασία αεροξηράθηκαν σε συνθήκες περιβάλλοντος Εργαστηρίου. Από τα δείγματα αφαιρέθηκαν τυχόν ίχνη βλάστησης, τυχόν βότσαλα ή πετραδάκια καθώς και τυχόν σκουπίδια ή/και άλλα άσχετα

Πίνακας 1 Οργάνωση δειγματοληψίας

Περίοδος δειγματοληψίας	Αριθμός δειγμάτων	Κωδικοί Νομών
1-12 Αυγούστου 1986	297	2, 4, 8, 3, 6, 7, 25, 24, 27, 22, 33, 39, 36, 34, 38, 29, 42, 43, 41, 32, 31, 40, 30, 37, 35, 26
27-30 Σεπτεμβρίου 1986	296	2, 4, 7, 24, 27, 28, 35, 39, 36, 31, 30, 36, 37, 25
7-8 Οκτωβρίου 1986	153	2, 4, 7, 25, 24, 26
25-29 Οκτωβρίου 1986	250	1, 13, 11, 10, 12, 15, 14, 9
15-17 Νοεμβρίου 1986	151	4, 8, 3, 23, 21, 17, 22, 20
Μάιος - Αύγουστος 1986	95*	Διάφοροι

* 80 από τα δείγματα αυτά δεν συλλέχθηκαν από τον συγγραφέα

σώματα, δίνοντας προσοχή ώστε να μην απομακρυνθεί από τα δείγματα το χώμα του εδάφους. Από τη διαδικασία προέκυψαν δείγματα από καθαρό έδαφος, με τα οποία πληρώθηκαν πλαστικά δοχεία όγκου 0.282 L, διαμέτρου περίπου 72 mm και ύψους περίπου 70 mm. Τα δοχεία σφραγίστηκαν ερμητικά, ζυγίστηκαν και στη συνέχεια στεγανοποιήθηκαν με εποξική ρητίνη, ώστε να διασφαλισθεί ότι δεν θα συμβεί διαρροή τυχόν αερίων από αυτά.

4. Μέθοδοι μετρήσεως Cs-137

Όπως ήδη αναφέρθηκε, εφαρμόστηκαν δύο μέθοδοι για την εκτίμηση της περιεκτικότητας των δειγμάτων σε Cs-137: (α) μετρήσεις με ανιχνευτή NaI, και (β) μετρήσεις με ανιχνευτές Γερμανίου, υψηλής διακριτικής ικανότητας, οι οποίες επέτρεψαν την εκτίμηση της περιεκτικότητας και άλλων μακρόβιων ισωτόπων από την εναπόθεση στο έδαφος εξαιτίας του ατυχήματος, καθώς και την εκτίμηση της περιεχόμενης φυσικής ραδιενέργειας. Για την ενεργειακή βαθμονόμηση και τη βαθμονόμηση απόδοσης και των δύο ανιχνευτικών διατάξεων χρησιμοποιήθηκε ένα πρότυπο πιστοποιημένο διάλυμα ραδιοϊσοτόπων (Amersham, 1985). Το διάλυμα εκπέμπει έντεκα κύριες ενέργειες φωτονίων, συμπεριλαμβανόμενων αυτής του Cs-137, και καλύπτει την ενεργειακή περιοχή μεταξύ 90 και 1800 keV σε διαστήματα κατάλληλου εύρους. Το πιστοποιητικό βαθμονόμησης του πρότυπου διαλύματος συμμορφώνεται με τις συστάσεις της Επιτροπής International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU Report 12). Για τη βαθμονόμηση το πρότυπο διάλυμα τοποθετήθηκε σε ένα κυλινδρικό δοχείο, ίδιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε για τα δείγματα. Τέλος, δεν κρίθηκε αναγκαίο να γίνουν διορθώσεις αυτοαπορρόφησης, καθώς αρκετές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν έδειξαν ότι τόσο το πιστοποιημένο διάλυμα βαθμονόμησης (4M HCl), όσο και τα δείγματα εδάφους που μετρήθηκαν, παρουσιάζουν παρόμοια εξασθένιση για τα φωτόνια από το

Πίνακας 2 Ραδιενέργεια εδάφους από την εναπόθεση Cs-137 στα ελληνικά εδάφη

Κωδικός Νομού	Νομός	Πρωτεύουσα	Αριθμός δειγμάτων	Ραδιενέργεια εδάφους (kBq m ⁻²)			
				Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση	Min*	Max*
1-2	Αττικής	Αθήνα	37	1.2	1.1	0.0	4.4
3	Αιτωλίας/Ακαρνανίας	Μεσολόγγι	47	1.6	1.4	0.2	6.0
4	Βοιωτίας	Θήβα	44	3.1	1.7	0.5	6.8
5	Εύβοιας	Χαλκίδα	2	0.3	0.2	0.1	0.4
6	Ευρυτανίας	Καρπενήσι	8	2.7	1.8	0.8	5.4
7	Φθιώτιδας	Λαμία	74	8.2	11.8	0.4	96.1
8	Φωκίδας	Άμφισσα	27	3.6	3.8	0.3	15.1
9	Αργολίδας	Άργος	24	3.3	3.5	0.2	16.2
10	Αρκαδίας	Τρίπολη	73	3.4	3.7	0.3	23.2
11	Αχαΐας	Πάτρα	44	1.7	2.0	0.1	9.5
12	Ηλίας	Πύργος	28	1.3	1.4	0.0	5.1
13	Κορινθίας	Κόρινθος	19	1.0	1.0	0.2	4.2
14	Λακωνίας	Σπάρτη	29	2.1	3.0	0.1	11.4
15	Μεσσηνίας	Καλαμάτα	52	1.8	3.7	0.2	21.6
17	Κέρκυρας	Κέρκυρα	28	1.9	1.7	0.2	7.2
20	Άρτας	Άρτα	14	0.7	0.3	0.3	1.2
21	Θεσπρωτίας	Ηγουμενίτσα	30	2.8	4.4	0.1	22.7
22	Ιωαννίνων	Ιωάννινα	33	1.6	1.7	0.2	8.7
23	Πρέβεζας	Πρέβεζα	10	1.1	0.8	0.3	2.9
24	Καρδίτσας	Καρδίτσα	148	29.7	33.0	0.5	137.2
25	Λάρισας	Λάρισα	91	14.4	13.6	0.3	67.5
26	Μαγνησίας	Βόλος	22	4.9	9.4	0.5	46.4
27	Τρικάλων	Τρίκαλα	64	36.0	28.3	3.6	110.4
28	Γρεβενών	Γρεβενά	19	10.9	7.5	2.4	34.9
29	Δράμας	Δράμα	9	3.8	2.3	1.2	9.2
30	Ημαθίας	Βέροια	31	36.2	34.1	5.4	135.7
31	Θεσσαλονίκης	Θεσσαλονίκη	28	14.7	13.3	0.5	61.7
32	Καβάλας	Καβάλα	7	2.0	1.5	0.6	4.3
33	Καστοριάς	Καστοριά	6	10.9	4.3	6.9	18.9
34	Κιλκίς	Κιλκίς	4	6.2	5.4	2.0	14.0
35	Κοζάνης	Κοζάνη	46	17.8	17.5	2.6	83.2
36	Πέλλας	Έδεσσα	25	15.5	11.1	3.5	39.2
37	Πιερίας	Κατερίνη	25	22.8	23.7	0.6	79.3
38	Σερρών	Σέρρες	15	3.3	2.2	0.2	7.7
39	Φλώρινας	Φλώρινα	28	18.6	16.2	2.8	80.8
40	Χαλκιδικής	Πολύγυρος	16	5.7	4.8	0.4	20.9
41	Έβρου	Αλεξανδρούπολη	17	4.5	4.3	0.5	14.6
42	Ξάνθης	Ξάνθη	5	2.8	0.7	2.2	3.9
43	Ροδόπης	Κομοτηνή	7	2.8	2.5	0.4	7.3
44	Δωδεκανήσου	Ρόδος	2	0.2	0.1	0.1	0.2
45	Λέσβου	Μυτιλήνη	2	0.8	0.4	0.5	1.0
46	Χίου	Χίος	2	0.3	0.2	0.1	0.5

*Εύρος τυπικού σφάλματος από 1 έως 10%

Cs-137. Οι λεπτομέρειες των μετρήσεων με κάθε μία από τις πιο πάνω μεθόδους παρουσιάζονται στις παραγράφους που ακολουθούν. Και με τις δύο μεθόδους προέκυψε πρώτα η συνολική ραδιενέργεια και η ραδιενέργεια ανά μονάδα μάζας κάθε δείγματος. Κατόπιν, υπολογίστηκε η αντίστοιχη ραδιενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους (ραδιενέργεια εδάφους σε $Bq\ m^{-2}$), ως αποτέλεσμα της διαίρεσης της συνολικής ραδιενέργειας με την επιφάνεια εδάφους στην οποία αντιστοιχεί κάθε δείγμα. Αυτή προκύπτει ως $282\ cm^2$ διαιρώντας τον όγκο του δοχείου μέτρησης ($282\ cm^3$) με το πάχος του στρώματος δειγματοληψίας επιφανειακού εδάφους ίσο με 1 cm. Η εκτίμηση της ραδιενέργειας εδάφους προκύπτει ασφαλώς με αυτόν τον τρόπο, με την υπόθεση ότι τα δείγματα εδάφους δεν συμπίεστηκαν ούτε αραίωσαν κατά την τοποθέτησή τους στα δοχεία μέτρησης. Τυχόν μετρήσεις σχετικά με την πραγματική επιφάνεια δειγματοληψίας κάθε δείγματος θα ήταν τόσο χρονοβόρες που δεν θα επέτρεπαν την δειγματοληψία τόσο μεγάλου αριθμού δειγμάτων στον αναγκαία σύντομο χρόνο. Βέβαια, σε κάποιες λίγες περιπτώσεις μετρήθηκε και η πραγματική επιφάνεια δειγματοληψίας και βρέθηκε ότι οι αποκλίσεις από τους αντίστοιχους υπολογισμούς δεν ήταν σημαντικές. Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της πυκνότητας των 1242 δειγμάτων στα δοχεία μέτρησης βρέθηκαν ως $1.23 \pm 0.26\ g\ cm^{-3}$.

4.1 Μετρήσεις με ανιχνευτή NaI

Για τις μετρήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκε ένας ανιχνευτής NaI διαστάσεων 3"×3" τοποθετημένος εντός μολύβδινης θωράκισης πάχους 50 mm. Το σήμα από τον ανιχνευτή, κατάλληλα ενισχυμένο, οδηγήθηκε σε ένα μονοκαναλικό αναλυτή συντονισμένο στην ενέργεια φωτονίων του Ba-137m (θυγατρικού του Cs-137, 661.62 keV). Ο έλεγχος αυτού του φασματοσκοπικού συστήματος επιτεύχθηκε με τη χρήση ενός σταθεροποιητή φάσματος, κατάλληλα σχεδιασμένου για να προσφέρει την αναγκαία αρνητική ανάδραση ώστε να αντισταθμίζονται τυχόν ανεπιθύμητες αυξήσεις ή μειώσεις στο κέρδος ενίσχυσης, οφειλόμενες στην συμπεριφορά του ανιχνευτή. Με την τεχνική αυτή το κέρδος ενίσχυσης κρατήθηκε σταθερό στη επιθυμητή τιμή $\pm 0.1\%$, και έτσι εξασφαλίστηκε ότι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο για τα φωτόνια με ενέργειες γύρω από την τιμή 661.62 keV. Επιπλέον, το σύστημα ήταν συνδεδεμένο με έναν υπολογιστή τύπου LSI-11, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε τόσο ως σύστημα συλλογής δεδομένων όσο και ως σύστημα επιτήρησης και ελέγχου της ποιότητας των μετρήσεων, σύμφωνα και με τα ακόλουθα βήματα: (1) Κάθε δείγμα αφού τοποθετήθηκε στον ανιχνευτή μετρήθηκε επαναληπτικά το λιγότερο 3 και το περισσότερο 10 φορές, κάθε μέτρηση διαρκούσε 20 s. (2) Οι επαναλήψεις σταματούσαν αν έφθαναν στο όριο των 10 ή νωρίτερα αν το τυπικό σφάλμα των διαδοχικών μετρήσεων υπολογίζονταν σε λιγότερο από 5%. Το υπολογιστικό σύστημα κατέγραφε τα αποτελέσματα των μετρήσεων, αφαιρούσε το υπόστρωμα στην ενέργεια φωτονίων των 661.62 keV και υπολόγιζε τη ραδιενέργεια Cs-137 του δείγματος.



Εικόνα 1. Υποδιαιρέσεις της Ελλάδας σε Νομούς (τα ονόματα των Νομών και οι πρωτεύουσές τους –οι θέσεις τους σημειώνονται με κουκκίδα– δίνονται στον Πίνακα 2)

Η ραδιενέργεια του δείγματος καταχωρούνταν με όλα τα σχετικά με αυτό στοιχεία, όπως θέση δειγματοληψίας, μάζα, χρονική στιγμή μέτρησης κ.ά., σε κατάλληλη βάση δεδομένων. Οι συντεταγμένες μιας θέσης δειγματοληψίας καταχωρήθηκαν στη βάση με ακρίβεια περίπου 100 m. Εφαρμόζοντας τα βήματα αυτά επιτεύχθηκαν χρόνοι μετρητικής επεξεργασίας των δειγμάτων στην περιοχή από 60 έως 200 s. Αυτό επέτρεψε τη γρήγορη μέτρηση και των 1242 δειγμάτων με ακρίβεια που αποδείχθηκε πολύ ικανοποιητική. Προκειμένου να διερευνηθούν οι αβεβαιότητες που εισήγαγε στα αποτελέσματα η συλλογή των δειγμάτων, η προετοιμασία τους και η μέτρησή τους, υπήρξαν αρκετές περιπτώσεις, στις οποίες από την ίδια θέση μετρήθηκαν δύο διαφορετικά δείγματα. Στον

Πίνακας 3 Ραδιενέργεια εδάφους Cs-137 και στατιστικά σημαντικές διαφορές που συλλέχθηκαν σε γειτονικές θέσεις δειγματοληψίας Ραδιενέργεια εδάφους

Θέση δειγματοληψίας Κωδικός Νομού	Κωδικός δείγματος	Μέση τιμή (kBq m^{-2})	Τυπικό σφάλμα (kBq m^{-2})	Παρατηρούμενη διαφορά (kBq m^{-2})	Σημαντική διαφορά ($\alpha=1\%$) (kBq m^{-2})
Κατάρα	131	12.7	0.57		
27	132	12.2	0.53	0.5	2.2
Μασχολούριο	431	4.8	0.23		
24	432	4.6	0.23	0.2	0.9
Νεράιδα	446	4.2	0.19		
24	447	4.3	0.20	0.1	0.8
Αγραπιδιά	700	4.9	0.26		
7	701	5.9	0.26	1.0	1.1
Νεράιδα	825	29.4	1.23		
25	826	31.6	0.35	2.2	2.7
Δάφνη	922	6.2	0.27		
10	923	6.9	0.34	0.7	1.3

Πίνακα 3 διακρίνονται λίγες αλλά αντιπροσωπευτικές μετρήσεις αυτού του είδους, μαζί με τα αποτελέσματα δίπλευρου στατιστικού τεστ για τη διερεύνηση της μηδενικής υπόθεσης προκειμένου να αναδειχθεί αν οι παρατηρούμενες διαφορές των αποτελεσμάτων στην ίδια θέση είναι στατιστικά σημαντικές. Προέκυψε ότι σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 1\%$ καμία από τις διαφορές στον Πίνακα 3 δεν είναι στατιστικά σημαντική. Αυτό ισχύει για όλα τα διπλά δείγματα που συλλέχθηκαν.

4.2. Μετρήσεις με ανιχνευτές Γερμανίου

Για τις μετρήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν δύο - γ φασματοσκοπικές διατάξεις ανιχνευτών Γερμανίου υψηλής διακριτικής ικανότητας / υψηλής απόδοσης. Κάθε διάταξη αποτελούνταν από έναν ανιχνευτή σε κατάλληλη θωράκιση, συνδεδεμένο με έναν πολυκαναλικό αναλυτή 4096 διαύλων απευθείας συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή τύπου PDP-11/04, στον οποίο συλλέγονταν και αναλύονταν τα φάσματα από τα δείγματα. Οι δύο ανιχνευτές ήταν:

(α) ομοαξονικός (κυλινδρικός) τύπου Ge(Li) με χαρακτηριστικά: απόδοση 23.8%, διακριτική ικανότητα 1.97 keV FWHM @ 1.33 MeV και λόγο peak/Compton 47:1 @ 1.33 MeV.

(β) ομοαξονικός (κυλινδρικός) τύπου υπερ-καθαρού Γερμανίου με χαρακτηριστικά: απόδοση 33.8%, διακριτική ικανότητα 1.78 keV FWHM @ 1.33 MeV και λόγο peak/

Πίνακας 4 Ισότοπα από την εναπόθεση, τα οποία διαπιστώθηκαν στους ανιχνευτές Γερμανίου

Ισότοπο	Τρόπος δημιουργίας	Χρόνος ημιζωής	Ενέργειες φωτονίων για την εκτίμηση της ραδιενέργειας (keV)
Mn-54	Αντίδραση ταχέων νετρονίων με Fe-54	312.2 d	834.81
Zr-95	Προϊόν σχάσης	64.4 d	724.18 756.72
Ru-103	Προϊόν σχάσης	39.35 d	497.08
Ru-106	Προϊόν σχάσης	368.2 d	Δεν εκπέμπονται φωτόνια, ανιχνεύεται από το θυγατρικό Rh-106
(Rh-106)		29.9 s	621.80 1050.10 1128.00
Ag-110m	Διάφορες απόψεις από τους: Jones et al. (1986) Flowers R.H. (1986) Dam H. (1986)	249.9 d	884.67 937.48 1384.27 1505.00
Sb-125	Προϊόν σχάσης	2.77 y	427.95 463.51 636.15 475.35 563.26 569.29
Cs-134	Προϊόν σχάσης	2.062 y	604.66 795.76 801.84 1038.50
Cs-137	Προϊόν σχάσης	30.1 y	661.62
Ce-141	Προϊόν σχάσης	32.38 d	145.45
Ce-144	Προϊόν σχάσης	284.2 d	133.53

Compton 66.5:1 @ 1.33 MeV). Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τη συγκρότηση των διατάξεων αυτών, το υλικό και το λογισμικό τους, μπορούν να βρεθούν σε προηγούμενες δημοσιεύσεις του Εργαστηρίου (Simopoulos και Angelopoulos, 1987a; 1987b). Ο χρόνος μέτρησης δείγματος ήταν στην περιοχή μεταξύ 2×10^5 s και 3×10^5 s, όχι τόσο για τη διαπίστωση της περιεκτικότητάς του σε Cs-137 αλλά κυρίως για την εκτίμηση της συγκέντρωσης άλλων ισότοπων από την εναπόθεση και τη διαπίστωση της περιεκτικότητάς του σε φυσική ραδιενέργεια. Για αυτόν το λόγο, εξάλλου, μόνο 252 από τα συλλεχθέντα δείγματα, αυτά με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε Cs-137, έχουν μέχρι σήμερα αναλυθεί σε ανιχνευτές Γερμανίου. Τα μακρόβια ισότοπα από την εναπόθεση που ανιχνεύθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 4, μαζί με τις ενέργειες των φωτονίων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της ραδιενέργειάς τους. Οι συγκεντρώσεις των ισότοπων, των οποίων η ανίχνευση έγινε με τη χρήση περισσότερων από μία ενέργεια φωτονίων, προσδιορίστηκαν από το σταθμισμένο μέσο των συγκεντρώσεων που υπολογίστηκαν από κάθε μοναδική ενέργεια.

Σε όλες τις περιπτώσεις, οι αναγκαίες διορθώσεις λόγω ραδιενεργής διάσπασης έγιναν για την ημερομηνία αναφοράς της 1ης Μαΐου 1986. Τα απαραίτητα δεδομένα για

τους υπολογισμούς λήφθηκαν από τους Erdtman και Soyka (1979). Εκτός από τα ισότοπα από την εναπόθεση, τα οποία αναφέρονται στον Πίνακα 4 και που ανιχνεύθηκαν κατ' επανάληψη σε όσα δείγματα αναλύθηκαν (στο βαθμό που αυτό ήταν δυνατό με βάση το χρόνο ημιζωής τους), σε αρκετές περιπτώσεις ανιχνεύθηκαν και συγκεντρώσεις Eu-154 και υπερουρανίων όπως Am-241 και Fm-257 (από 10 έως 100 Bqkg⁻¹). Αξίζει να σημειωθεί ότι το Am-241 ανιχνεύθηκε επίσης και σε φίλτρα αέρα από δειγματοληψίες στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας το Μάιο του 1986. Λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο ανίχνευσης και ανάλυσης των φυσικών ραδιοϊσοτόπων στα δείγματα μπορεί να βρεθεί αλλού (Simopoulos και Angelopoulos, 1987b). Επαναληπτικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για αρκετά από τα δείγματα σε διαφορετικό ανιχνευτή. Ορισμένα χαρακτηριστικά σχετικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 5. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων με ανιχνευτές Γερμανίου καταχωρήθηκαν στην ίδια βάση δεδομένων, όπως τα αποτελέσματα των μετρήσεων με ανιχνευτή NaI. Αυτό επέτρεψε να προσδιορισθεί, για τα 252 δείγματα, η απόκλιση RMS μεταξύ των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν με Γερμάνια και εκείνων που πραγματοποιήθηκαν με NaI. Η τιμή της απόκλισης βρέθηκε 7.2%

5. Ανάλυση αποτελεσμάτων

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται, για κάθε έναν από τους Νομούς που διερευνήθηκαν, οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές της ραδιενέργειας εδάφους Cs-137 που μετρήθηκαν καθώς και η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση. Πρέπει να τονισθεί ότι η διαίρεση της επιφάνειας της χώρας κατά Νομούς για τις ανάγκες της διοικήσεως δεν είναι ο ιδανικότερος τρόπος για τη στατιστική ανάλυση και τη μελέτη φαινομένων όπως η εναπόθεση ραδιοϊσοτόπων.

Παρά όλα αυτά, μπορεί να γίνει δεκτό, λίγο ως πολύ, ότι κάθε Νομός παρουσιάζει γεωγραφική ομοιότητα και ομοιογένεια. Επίσης, επειδή ήταν δύσκολο να βρεθεί μια καταλληλότερη μέθοδος ανάλυσης, επιλέχθηκε η κατά Νομούς ανάλυση και μελέτη ως βάση για τη συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Το γεγονός ότι η κατάταξη των μέσων τιμών κατά Νομό δεν φαίνεται να διαφέρει σημαντικά από την κατάταξη των μέγιστων τιμών κατά Νομό είναι μια ένδειξη ότι η κατά Νομούς ανάλυση και μελέτη είναι ικανοποιητικά επαρκής. Η παρατήρηση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι η εναπόθεση Cs-137 εξαιτίας του ατυχήματος στο Chernobyl παρουσιάζει σημαντικά διαφοροποιημένη γεωγραφική κατανομή ακόμα και για μικρές αποστάσεις. Αυτό πιθανότατα οφείλεται σε εντοπισμένες βροχοπτώσεις που συνέβησαν το χρονικό διάστημα που το νέφος με τους ρύπους διερχόταν πάνω από την Ελλάδα. Για παράδειγμα η ραδιενέργεια εδάφους Cs-137 στον Νομό 24 κυμαίνεται μεταξύ 0.5 και 137 kBq^m⁻². Προκειμένου να ενισχυθεί περισσότερο αυτός ο συλλογισμός, στον Πίνακα 6 δίνονται δύο τέτοιες περιπτώσεις μικρών γεωγραφικών επιφανειών που παρουσιάζουν έντονα διαφοροποιη-

Πίνακας 5 Χαρακτηριστικά αποτελέσματα επαναληπτικών μετρήσεων στους ανιχνευτές Γερμανίου

Κωδικός δείγματος		Ραδιενέργεια εδάφους ± τυπικό σφάλμα (kBq _m -2)				
Κωδικός Νομού	Θέση	Ru-106	Sb-125	Cs-134	Cs-137	Ce-144
596-30	10-11-86	51.8±0.4	2.8±0.2	74.0±0.1	144.5±0.2	13.9±0.4
Νάουσα	12-11-86	52.1±0.6	2.8±0.2	74.2±0.1	147.8±0.2	14.0±0.6
	15-07-87	53.8±0.5	2.7±0.2	75.7±0.1	148.2±0.2	13.9±0.5
						24.8 ±0.5
744-24	11-12-86	48.0±0.4	4.0±0.2	55.2±0.1	109.4±0.1	24.8
Καρποχώριο	14-12-86	47.3±0.6	4.2±0.2	55.2±0.1	110.7±0.2	±0.5
746-24	19-11-86	55.3±0.4	4.5±0.2	71.8±0.1	139.5±0.1	33.3±0.4
Καρποχώριο	21-11-86	56.4±0.6	4.5±0.2	72.3±0.1	144.5±0.2	32.5±0.5
	15-07-87	56.3±0.7	4.5±0.3	72.1±0.1	143.4±0.1	32.4±0.7
825-25	14-12-87	20.8±0.3	1.5±0.1	15.6±0.1	31.1±0.1	5.7 ±0.3
Νεράιδα	24-12-87	20.5±0.3	1.5±0.1	15.6±0.1	31.1±0.1	5.8±0.3
1048-15	12-08-88	7.9±0.6	0.5±0.1	9.2±0.1	18.0±0.1	2.3±0.7
Χριστοφιλέικα	02-09-88	7.3±0.3	0.4±0.1	8.9±0.1	17.5±0.1	1.8±0.4
	06-09-88	7.9±0.5	0.4±0.1	9.2±0.1	18.0±0.1	2.1±0.8

μένη κατανομή. Φυσικά δεν μπορεί να αγνοηθεί ότι αυτή η διαφοροποίηση μπορεί να οφείλεται μερικώς και στις διαδικασίες δειγματοληψίας, προετοιμασίας και μέτρησης δειγμάτων, δεδομένου ότι, παρ' όλη τη φροντίδα που δόθηκε, (α) οι ανωμαλίες στο επιφανειακό έδαφος μπορεί να εμπόδισαν τη σωστή λήψη των επιφανειακών στρωμάτων πάχους ενός εκατοστού, (β) μπορεί να υπήρξε συμπίεση ή αραίωση των δειγμάτων κατά την πλήρωση των δοχείων, με αποτέλεσμα να εισάγονται λάθη στον υπολογισμό των επιφανειών δειγματοληψίας, (γ) μπορεί να υπήρξαν διαφορές στην εξασθένιση φωτονίων ενέργειας 662 keV μεταξύ του προτύπου διαλύματος και των δειγμάτων εδάφους, (δ) μπορεί να υπήρξε οριζόντια ή/και κατακόρυφη μετανάστευση των ισοτόπων από την εναπόθεση την περίοδο μεταξύ της εναπόθεσης και της δειγματοληψίας, (ε) μπορεί να υπήρξαν ανύποπτες διαταραχές εδάφους στις θέσεις δειγματοληψίας κατά την ίδια περίοδο κτλ. Λόγω αυτών των προβληματισμών αποφασίσθηκε τόσο η συλλογή πολλών δειγμάτων όσο και η επανάληψη της δειγματοληψίας στις ίδιες περιοχές σε διαφορετικό χρονικό στάδιο, ώστε να περιορισθεί όσο το δυνατόν η επίδραση τυχόν συστηματικών σφαλμάτων που οφείλονται στις μεθοδολογίες που εφαρμόστηκαν.

Η έλλειψη αντίστοιχων παρόμοιων δημοσιευμένων αποτελεσμάτων που να παρουσιάζουν την εναπόθεση Cs-137 στην Ελλάδα εξαιτίας του ατυχήματος στο Chernobyl δεν επέτρεψε διασύγκριση. Τα αποτελέσματα που περιέχονται στο DEMO 86/10G (1986)

δεν είναι κατάλληλα για διασύγκριση διότι: (i) είναι πάρα πολύ λίγα (101 δείγματα από 23 Νομούς), (ii) τα δείγματα συλλέχθηκαν σε βάθη από 0 έως 20 cm, (iii) δίνεται μόνο η ειδική ραδιενέργεια του εδάφους σε $Bqkg^{-1}$. Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων των 252 δειγμάτων που μετρήθηκαν με τους ανιχνευτές Γερμανίου. Δίνονται η ελάχιστη και η μέγιστη ραδιενέργεια εδάφους για κάθε ένα από τα ισότοπα από την εναπόθεση που έχουν μετρηθεί μέχρι τη στιγμή αυτή, καθώς και η ανάλυση του δείγματος με την υψηλότερη συγκέντρωση Cs-137 (δείγμα 745, από το Καρποχώριο ~39.34°N, 22.01°E). Στον Πίνακα 8 δίνονται οι λόγοι ραδιενεργειών για ζεύγη ισωτόπων του ίδιου στοιχείου, οι οποίοι δείχνουν τον βαθμό ανάλωσης του πυρηνικού καυσίμου στον αντιδραστήρα του ατυχήματος. Επιπλέον, αυτοί οι λόγοι, οι τιμές των οποίων βρίσκονται σε πολύ καλή συμφωνία με τιμές που έχουν αναφερθεί από άλλους ερευνητές, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη διαπίστωση ιχνών της εναπόθεσης σε περιβαλλοντικές μελέτες του μέλλοντος. Τέλος, στον Πίνακα 9 δίνονται τα αποτελέσματα που αφορούν στην περιεκτικότητα των δειγμάτων σε φυσική ραδιενέργεια, κυρίως για λόγους σύγκρισης με τη ραδιενέργεια των ισωτόπων από την εναπόθεση.

Πίνακας 6 Ραδιενέργεια Cs-137 για δείγματα που συλλέχθηκαν σε θέσεις με μικρή απόσταση μεταξύ τους

Θέση δειγματοληψίας	Κωδικός δείγματος	Ειδική ραδιενέργεια ($Bqkg^{-1}$)	Ραδιενέργεια εδάφους ($kBqm^{-2}$)
Άγ. Θεόδωρος (Νομός 24) κοντά στην πρωτεύουσα του Νομού και σε ακτίνα 1 km	114	18743	113.2
	734	221	3.6
	735	4430	49.4
	736	19889	100.4
	737	15402	91.5
	738	13290	95.8
	739	18370	112.8
	740	15782	100.5
	741	11078	74.9
	742	14431	102.6
743	22224	133.3	
Αλεξάνδρεια (Νομός 30) περίπου 23 km Βόρεια από την πρωτεύουσα του Νομού και σε ακτίνα 2 km	266	2207	17.1
	267	8291	77.2
	583	1057	11.2
	584	3008	35.8
	589	958	10.6

Πίνακας 7 Ραδιενέργεια των ισοτόπων από την εναπόθεση, τα οποία διαπιστώθηκαν στους ανιχνευτές Γερμανίου (ημερομηνία αναφοράς 1η Μαΐου 1986)

Ισότοπο	Ελάχιστη τιμή		Μέγιστη τιμή		Δείγμα 745
	Ραδιενέργεια εδάφους $\pm 1\sigma$ (kBq m^{-2})	Κωδικός δείγματος Νομός	Ραδιενέργεια εδάφους $\pm 1\sigma$ (kBq m^{-2})	Κωδικός δείγματος	Ραδιενέργεια εδάφους $\pm 1\sigma$ (kBq m^{-2})
Mn-54	0.02 \pm 0.01	279-35	0.23 \pm 0.02	596-30	0.19 \pm 0.02
Zr-95	0.7 \pm 0.3	473-27	17.4 \pm 0.2	739-24	13.2 \pm 0.2
Ru-103	52 \pm 21	597-30	337 \pm 2	747-27	230 \pm 1
Ru-106	7.2 \pm 0.2	621-37	79.1 \pm 0.4	747-27	53.6 \pm 0.3
Ag-110m	0.10 \pm 0.05	607-37	1.36 \pm 0.02	747-27	0.87 \pm 0.2
Sb-125	0.33 \pm 0.07	1190-21	4.6 \pm 0.1	747-27	4.4 \pm 0.1
Cs-134	8.1 \pm 0.02	499-27	76.1 \pm 0.1	745-24	76.1 \pm 0.1
Cs-137	15.9 \pm 0.02	499-27	149.1 \pm 0.1	745-24	149.0 \pm 0.1
Ce-141	9 \pm 6	749-27	46 \pm 2	746-24	38 \pm 3
Ce-144	1.28 \pm 0.02	511-28	32.9 \pm 0.2	746-24	28.4 \pm 0.3

Πίνακας 8 Λόγοι ραδιενέργειας ορισμένων ζευγών ισοτόπων (διάστημα εμπιστοσύνης 95%, ημερομηνία αναφοράς 1η Μαΐου 1986)

Cs-137/Cs-134 : 2.04 \pm 0.02, Ru-103/Ru-106 : 4.4 \pm 0.2, Ce-144/Ce-141 : 0.72 \pm 0.08

Πίνακας 9 Ειδική ραδιενέργεια (Bq kg^{-1}) ισοτόπων φυσικής ραδιενέργειας στα 252 δείγματα που μετρήθηκαν στους ανιχνευτές Γερμανίου

Ραδιοϊσότοπο	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Ra-226 (U-238)	5 \pm 0.5	153 \pm 1.2	23	18
Ra-228 (Th-232)	3 \pm 1.0	126 \pm 2.6	19	13
K-40	55 \pm 1.5	1570 \pm 15	370	197

6. Συμπεράσματα

Η κεντρική ιδέα της υπόψη πειραματικής μελέτης ήταν η σύντομη αλλά αξιόπιστη διαπίστωση της εναπόθεσης Cs-137 στα ελληνικά εδάφη εξαιτίας του ατυχήματος στο Chernobyl. Αυτό έγινε δυνατό τόσο διότι η δειγματοληψία εδαφών κάλυψε όλη τη χώρα, όσο και διότι το σύστημα μέτρησης NaI/LSI-11 επέτρεψε τη γρήγορη λήψη αποτελεσμάτων. Στο πλαίσιο της ίδιας μελέτης έγιναν και λεπτομερείς -γ φασματοσκοπικές αναλύσεις δειγμάτων με σκοπό τη διαπίστωση μακρόβιων ισοτόπων από την εναπόθεση στο έδαφος. Τα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν κρίνονται σημαντικά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για: (1) την εκτίμηση της συνεπαγόμενης δόσης στον πληθυσμό της χώρας, (β) για τον εντοπισμό των αγροτικών εκτάσεων στις οποίες θα μπορούσε να μελετηθεί η πρόσληψη ισοτόπων από φυτά, (γ) για το εντοπισμό των επιφανειών εδάφους στις οποίες θα μπορούσε να μελετηθεί η κατακόρυφη μετανάστευση του Cs-137, και (δ) για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων κωδίκων που προβλέπουν τη διασπορά νεφών με ραδιενεργούς ρύπους και εναποθέσεις ραδιενεργών ρύπων.

Ευχαριστίες: Ο συγγραφέας (ΣΣ: ο Σ.Ε. Σιμόπουλος) ευχαριστεί τον Καθηγητή Μ.Γ. Αγγελόπουλο, Διευθυντή του Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για τις συμβουλές του κατά τη διάρκεια αυτής της έρευνας και για τη διατύπωση του εδώ κειμένου. Οι ευχαριστίες επεκτείνονται και στον Δ. Πετρόπουλο, Μηχανολόγο-Ηλεκτρολόγο Μηχανικό, για τη σημαντική συμβολή του στη συγκρότηση των μετρητικών συστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν.

Βιβλιογραφία

- Alexandropoulos N.G., Alexandropoulou T., Anagnostopoulos D., Evangelou E., Kotsis K.T. and Theodoridou I. "*Chernobyl fallout on Ioannina*", Greece. Nature 322, 779, 1986.
- Amersham, "*Mixed Radionuclide Gamma-ray Reference Standard Code QCY.44*", Data sheet 11534. Amersham International plc, Buckinghamshire, England, 1985
- Dam H., "*Silver from Chernobyl*". Nature 324, 216, 1986.
- DEMO 86/3 G, "*The Chernobyl Nuclear Accident and its Consequences for Greece*", Report No 1. Greek Atomic Energy Commission, Nuclear Research Centre Democritos, Athens, Greece, 1986.
- DEMO 86/10 G, "*The Chernobyl Nuclear Accident and its Consequences for Greece*", Report No 2. Greek Atomic Energy Commission, Nuclear Research Centre Democritos, Athens, Greece, 1986
- Erdtman G. and Soyka W. (1979) "*The Gamma Rays of the Radionuclides*", Verlag Chemic, Weinheim, 1979.
- Flowers R. H., "*Dragon's exhalation give clue to Chernobyl*", Nature 323, 208, 1986

Jones G.D., Forsyth P.D., Appleby P.G., "Observation of Ag-110m in Chernobyl fallout", Nature 322, 313, 1986.

Simopoulos S.E. and Angelopoulos M.G., "Naturliche Radionuklide in Braunkohle der Ptolemais-Region (Griechenland) und ihren Aschen", Z. Angew. Geol. 33, 99-104, 1987a.

Simopoulos S.E. and Angelopoulos M.G., "Natural radioactivity releases from lignite power plants in Greece", J. Environ. Radioactivity 5, 379-389, 1987b.

Simopoulos S.E., Leonidou D.J., Angelopoulos M.G., "Research objectives of the Nuclear Engineering Section of the National Technical University of Athens", in Proc. Symposium on the Significance and Impact of Nuclear Research in Developing Countries, Athens, 8-12 September 1986, IAEA, Vienna

Stoutjesdijk J.F., Desmet G.M., Pennders R.M. J., Sibbel R.M., Sinnaeve J., Ginkel Van J.H., "The determination of soil plant transfer factors of Mn-54, Zn-65, Sr-90 and Cs-137 under natural circumstances", Seminar on the Transfer of Radioactive Materials in the Terrestrial Environment Subsequent to an Accidental Release to Atmosphere, Dublin, 11-15 April 1983. Vol. I, p. 329, 1983.

Sumerling T.J. and Crick M.J., "A preliminary evaluation of a dynamic model for the transfer of radionuclides in the pasture-cow-milk pathway with data from a field investigation", Seminar on the Transfer of Radioactive Materials in the Terrestrial Environment Subsequent to an Accidental Release to Atmosphere, Dublin, 11-15 April 1983. Vol. II, p. 571, 1983.

**Τεχνική, οργανωτική και προφορική ιστορία
σχετικά με τις μετρήσεις δειγμάτων εδάφους
για Cs-137 από την εναπόθεση
εξαιτίας του ατυχήματος στο Chernobyl**

ΝΙΚΟΣ Π. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ

Επίκουρος Καθηγητής, Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας,
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
e-mail: npetr@mail.ntua.gr

Περίληψη

Δίνονται στοιχεία, γίνονται σχόλια και παρέχονται επεξηγήσεις που συνδέονται με την τεχνική, την οργανωτική και ασφαλώς και την ανθρώπινη ιστορία που αφορά στην εποχή της έρευνας για την εργασία του Σ.Ε. Σιμόπουλου με θέμα *"Δειγματοληψία εδαφών και ανάλυσή τους για Cs-137 από την εναπόθεση εξαιτίας του ατυχήματος στο Chernobyl"*, η απόδοση στα ελληνικά του οποίου δίνεται στο πλαίσιο του παρόντος τιμητικού τόμου. Η διήγηση ξεκινάει εύλογα από την αναφορά στο πολιτικό, το οικονομικό και το κοινωνικό περίγραμμα περί το 1986. Ακολούθως αναλύονται τα μέσα που διατέθηκαν, τα πρόσωπα που ενεπλάκησαν, οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν, τα μαθήματα που προέκυψαν και ό,τι άλλο συνδέεται με τη σχετική προφορική ιστορία του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, και άλλων σχετικών Εργαστηρίων στην Ελλάδα, για την οποία οι γραπτές πηγές είναι πολύ λίγες και τα πρόσωπα που τη μεταδίδουν γίνονται όλο και λιγότερα. Την επιμέλεια του περιεχομένου ανέλαβε το μέλος του Εργαστηρίου και μαθητής του Καθηγητή Σ.Ε. Σιμόπουλου, Ν.Π. Πετρόπουλος.

Λέξεις-Κλειδιά: Chernobyl, Ελλάδα

1. Εισαγωγή

Η επιτυχημένη αποτύπωση της ρύπανσης από ένα βιομηχανικό ατύχημα σε οποιαδήποτε χώρα είναι από μόνη της μία σημαντική πρόκληση. Πόσο μάλλον, αν το ατύχημα από το οποίο προέρχεται η ρύπανση συνέβη σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα άλλης χώρας, ευρισκόμενης αρκετές χιλιάδες χιλιόμετρα μακρύτερα. Η πρώτη και πολύ δικαιολογημένα αναμενόμενη αντίδραση είναι η αδιαφορία λόγω της απόστασης. Όταν, και αν εγκαίρως, ξεπερασθεί αυτό το στάδιο, η αντίδραση συνήθως μεταμορφώνεται σε ελλιπή βιαστική έρευνα που υστερεί σε επαγγελματισμό και ικανοποιητική λεπτομέρεια. Για την επίτευξη επαγγελματισμού και έγκυρων αποτελεσμάτων που μπορούν να σταθούν χωρίς αμφισβήτηση, όπως π.χ. αυτά της εργασίας Σιμοπούλου (1989), πρέπει να συνδράμουν πολλοί παράγοντες που συνδέονται με, για να αναφερθούν μερικοί, τα διαθέσιμα τεχνικά μέσα, το υπάρχον εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό, την ερευνητική (και ακαδημαϊκή) ανεξαρτησία, την επάρκεια των πόρων, τη βούληση της διοίκησης και της Πολιτείας, τις πολιτικές και οικονομικές οριακές συνθήκες. Στην εδώ συνοπτική ιστορική ανασκόπηση καταβλήθηκε προσπάθεια να εξετασθούν ολιστικά και σε αλληλοσύνδεση τα χαρακτηριστικά με βάση τα οποία ολοκληρώθηκαν οι σχετικές έρευνες και ειδικότερα αυτή του Σιμοπούλου (1989). Πολλά από τα αναγκαία για το σκοπό αυτό στοιχεία αντλήθηκαν από το αρχειακό υλικό του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ (ΕΠΤ-ΕΜΠ), καθώς και από την προφορική ιστορία που γνωρίζουν και διηγούνται τα σημερινά (2022) μέλη του.

2. Η Ελλάδα μεταξύ 1986 και 1989

2.1 Η πολιτική κατάσταση

Το διάστημα μεταξύ Απριλίου 1986, μήνα που συνέβη το ατύχημα στο Chernobyl, και Ιουλίου του 1989, μήνα που δημοσιεύθηκε η ερευνητική εργασία του Σ.Ε. Σιμόπουλου με θέμα "*Δειγματοληψία εδαφών και ανάλυσή τους για Cs-137 από την εναπόθεση εξαιτίας του ατυχήματος στο Chernobyl*", δεν ήταν μία ήρεμη περίοδος για τη χώρα. Μετά τις βουλευτικές εκλογές της 2 Ιουνίου του 1985, την ευθύνη διακυβέρνησης της χώρας είχε το ΠΑΣΟΚ. Η πολιτική κατάσταση ήταν σχετικά φορτισμένη κυρίως λόγω και του θορύβου που είχε προκαλέσει τον Μάρτιο του 1985 η εκλογή του Προέδρου της Δημοκρατίας. Υπενθυμίζονται επιπλέον και τα ακόλουθα κύρια γεγονότα: 2 Απριλίου 1986 *Έκρηξη βόμβας σε πτήση της TWA προς Αθήνα (4 νεκροί, το αεροπλάνο προσγειώθηκε με ασφάλεια)*, 26 Απριλίου 1986: *Ατύχημα στο Chernobyl*, 13 Σεπτεμβρίου 1986: *Καταστροφικός σεισμός στην Καλαμάτα*, Μάρτιος 1987: *Ένταση στις σχέσεις με την Τουρκία με αφορμή το ερευνητικό σκάφος "Σισμίκ"*, Ιούλιος 1988: *Έναρξη της διερεύνησης του σκανδάλου Κοσκωτά*, Σεπτέμβριος 1988: *Σοβαρή εγχείριση ανοιχτής καρδιάς του τότε πρωθυπουργού Α.Γ. Παπανδρέου*, 18 Ιουνίου 1989: *Βουλευτικές εκλογές*. Η ακολουθία των παραπάνω έντονων πολιτικών γεγονότων δεν επέτρεψε στο γεγονός του ατυχήματος στο Chernobyl και

των πιθανών συνεπειών του στην Ελλάδα να κυριαρχήσει για πολύ στην επικαιρότητα. Οπωσδήποτε, σε αυτό συνέβαλε και η δομή της πληροφόρησης και των μέσων μαζικής ενημέρωσης (ΜΜΕ) εκείνης της εποχής. Υπενθυμίζεται ότι υπήρχαν μόνο δύο δίαυλοι δημόσιας τηλεόρασης, ένα δίκτυο δημόσιων ραδιοφωνικών σταθμών κρατικής εμβέλειας, περιφερειακοί ραδιοφωνικοί σταθμοί ιδιοκτησίας των αυτοδιοικητικών αρχών και φυσικά ένα πλήθος από εφημερίδες και άλλα έντυπα με σχετικά υψηλή κυκλοφορία. Εννοείται ότι το διαδίκτυο ήταν κάτι άγνωστο.

2.2 Η οικονομική κατάσταση

Τα κύρια χαρακτηριστικά της οικονομίας την υπόψη περίοδο μπορούν να συνοψισθούν ως εξής: (α) Αύξηση του δημόσιου χρέους: Χονδρικά το χρέος αυξήθηκε από περίπου 50% του ΑΕΠ το 1985 σε περίπου 80% του ΑΕΠ το 1986. Το δημόσιο χρέος χρηματοδοτήθηκε κυρίως από εσωτερικό και δευτερευόντως από εξωτερικό δανεισμό. (β) Συνεχίσθηκε, αλλά σε πολύ μικρότερη έκταση και με φθίνοντα τρόπο, ένα πρόγραμμα κρατικοποιήσεων μεγάλων επιχειρήσεων που είχε ξεκινήσει το διάστημα 1981 - 1985. (γ) Συνεχίσθηκε η σταδιακή αποκλιμάκωση του πληθωρισμού από περίπου 23% σε περίπου 13%. Πρέπει να σημειωθεί ότι χονδρικά και χωρίς να ληφθεί υπόψη ο πληθωρισμός, την περίοδο αυτή το ΑΕΠ της χώρας ήταν τρεις φορές χαμηλότερο από το σημερινό. Επομένως μπορεί να γίνει κατανοητό ότι τα σχετικά μέσα και εργαλεία της χώρας στους περισσότερους τομείς ήταν τουλάχιστον τρεις φορές λιγότερα από ό,τι σήμερα (2022).

2.3 Η άσκηση της διοίκησης

Ο χειρισμός των συνεπειών ενός πυρηνικού ατυχήματος όπως αυτό στο Chernobyl, όπως και κάθε πυρηνικού ατυχήματος, είναι ένα πολύπλοκο θέμα για την οποιαδήποτε διοίκηση. Για την Ελληνική Διοίκηση, η οποία σε κυβερνητικό επίπεδο είναι γενικά περισσότερο κατακερματισμένη από ό,τι σε άλλες χώρες, το θέμα του χειρισμού ενός τέτοιου ατυχήματος δυσκολεύει, διότι αναπτύσσονται συναρμοδιότητες που πολλές φορές εμποδίζουν τη λειτουργία τόσο της κοινής λογικής, όσο και των σχετικών εργαλείων διαχείρισης της ανησυχίας του κοινού. Αναλύοντας την κυβερνητική δομή εκείνης της περιόδου 1986 - 1989 διαπιστώνονται συναρμοδιότητες στα Υπουργεία με αντικείμενα: Εσωτερικών, Γεωργίας, Περιβάλλοντος, Έρευνας, Υγείας και Δημόσιας Τάξεως. Επιπλέον την υπόψη περίοδο τα πρόσωπα που άσκησαν τη διοίκηση σε επίπεδο υπουργού στα παραπάνω αντικείμενα άλλαξαν στα περισσότερα από αυτά δύο φορές. Οπωσδήποτε η πίεση για τη διερεύνηση των συνεπειών του ατυχήματος τους πρώτους δυο μήνες, τον Μάιο και τον Ιούνιο 1986, υπήρξε τόσο έντονη που έφερε σε αμηχανία τη διοίκηση και ταλαιπώρησε τους όποιους μηχανισμούς υπήρχαν διαθέσιμοι για να παρέχουν τις αναγκαίες απαντήσεις.



Εικόνα 1. Ένα από τα σχετικά πρωτοσέλιδα του *Ριζοσπάστη* με σαφή φιλοσοβιετική στάση

2.4 Το πολιτικό και το τεχνολογικό διακύβευμα του ατυχήματος

Από πολιτική άποψη πολλές χώρες, και ιδιαίτερα αυτές που ήταν γεωγραφικά ή ιδεολογικά ή οικονομικά κοντά στην τότε ΕΣΣΔ, ίσως θα προτιμούσαν να περιορίσουν την έκταση της πληροφόρησης για το ατύχημα στο Chernobyl και να υποβαθμίσουν τις συνέπειές του. Αντίθετα εκείνες που δεν είχαν τέτοιες γειτνιάσεις, ίσως θα προτιμούσαν να υπερτονίσουν το ατύχημα για να αναδείξουν, ίσως και με κάποια υστεροβουλία, εσφαλμένες πολιτικές, τεχνικές και οικονομικές επιλογές. Το κλίμα αυτό αποτυπώθηκε και στην Ελλάδα κυρίως διαμέσου του τύπου, όπως φαίνεται και στις Εικόνες 1 έως και 3.



Εικόνα 2. Μάλλον ουδέτερη στάση από τις συμπολιτευόμενες εφημερίδες *Βήμα* και *Ελευθεροτυπία* με σχετικά κεντρώο προσανατολισμό

Υπάρχουν ασφαλώς και τα δύο παραδείγματα. Είναι γνωστό ότι αρκετές (αλλά όχι όλες) από τις χώρες που ανήκαν στο Σύμφωνο της Βαρσοβίας δεν ασχολήθηκαν σε κανένα επίπεδο για τη διερεύνηση της εναπόθεσης ισοτόπων από το ατύχημα στο έδαφός τους ή την είσοδό τους στις τροφές παραγωγής τους για να μην διαταράξουν τις σχέσεις τους με την τότε υπερδύναμη. Η Ελλάδα, κυρίως χάρη στην επιστημονική εργασία των ερευνητικών της κέντρων και των Πανεπιστημιακών της Εργαστηρίων (μεταξύ αυτών ασφαλώς και του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ) και την επιμονή τους στα διαπιστωμένα δεδομένα από προσεκτικές μετρήσεις, κατόρθωσε να έχει ως Πολιτεία σύντομη και ορθή πληροφόρηση σχετικά με τη ρύπανση που προκλήθηκε, την οποία κοινοποίησε στους αρμόδιους Διεθνείς Οργανισμούς χωρίς να χρειασθεί να πάρει πολιτική θέση. Σε αυτό βοήθησε και το γεγονός ότι οι συνέπειες του ατυχήματος στη χώρα υπήρξαν, όπως αποδείχθηκε κάπως αργότερα (Γεροντίδου, 1994), χωρίς σημασία σε επίπεδο υγείας του πληθυσμού ακόμα και για τις περιοχές που τον Μάιο του 1986 βρέθηκαν να παρουσιάζουν την υψηλότερη ραδιενέργεια εδάφους.

Τα ΜΜΕ σε εκείνες τις χώρες που βασιζόνταν στην πυρηνική τεχνολογία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή είχαν έντονα θετική πολιτική και τεχνολογική στάση απέναντι στην πυρηνική τεχνολογία, απέφυγαν να σχολιάσουν σε μεγάλη έκταση και με αρνητικό τρόπο το ατύχημα στο Chernobyl ακόμα και αν στο χώρο τους διαπιστώθηκαν συνέπειες από το ατύχημα. Αυτό έγινε για να αποφευχθεί η ανησυχία του πληθυσμού και η κατάρρευση της εμπιστοσύνης στην υπόψη τεχνολογία. Χαρακτηριστική περίπτωση τέτοιας χώρας είναι η Γαλλία. Από την άλλη, σε χώρες που δεν βασιζόνταν στην ηλεκτροπαραγωγή από πυρηνική ενέργεια, ακόμα και αν είχαν θετική πολιτική και τεχνολογική στάση, τα ΜΜΕ δεν δίστασαν να προάγουν την αρνητική δημοσιότητα τη σχετική με το ατύχημα ακόμα και αν στο χώρο τους δεν διαπιστώθηκαν συνέπειες από



Εικόνα 3. Θορυβώδης στάση από τις αντιπολιτευόμενες εφημερίδες Απογευματινή και Μεσημβρινή

το ατύχημα. Χαρακτηριστική περίπτωση τέτοιας χώρας είναι η Ιταλία, η οποία μάλιστα, μετά το ατύχημα στο Chernobyl εγκατέλειψε, με δημοψήφισμα, τον προγραμματισμό της να εγκαινιάσει τον πρώτο της πυρηνικό αντιδραστήρα πριν το τέλος της δεκαετίας του 1980, καθώς και οποιονδήποτε άλλο σχετικό μελλοντικό προγραμματισμό. Τέλος, στις χώρες, οι οποίες ήταν κεντρικά πολιτικά τοποθετημένες αντίθετα από την ΕΣΣΔ, κυρίως δηλαδή στις ΗΠΑ και το Ηνωμένο Βασίλειο, παρόλο που αυτές χρησιμοποιούσαν έντονα την πυρηνική τεχνολογία για την παραγωγή πυρηνικής ενέργειας, τα ΜΜΕ δεν δίστασαν να προβάλουν το ατύχημα με έντονα αρνητικό τρόπο, σημειώνοντας πάντως δίκαια ότι αυτό έγινε κυρίως επειδή η τεχνολογία και ο τρόπος λειτουργίας του αντιδραστήρα που εξεργάγη ήταν λιγότερο από μέτρια. Στην Ελλάδα, ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του '80 είχε εξαντληθεί μια συζήτηση σχετικά με την υιοθέτηση της πυρηνικής τεχνολογίας, η οποία είχε ξεκινήσει στα μέσα της δεκαετίας του '60, φθάνοντας σε αρνητικό πρόσημο. Οι κυριότερες αιτίες συνδέονταν με το κόστος του εγχειρήματος για μια χώρα με περιορισμένα οικονομικά μέσα όπως η Ελλάδα, αλλά και με τους προβληματισμούς που προκάλεσε το ατύχημα στο Three Mile Island των ΗΠΑ το 1979. Ως εκ τούτου, από τεχνολογική άποψη η χώρα δεν ζημιώθηκε από την αρνητική δημοσιότητα που έφερε το ατύχημα για την πυρηνική τεχνολογία. Συγκυριακά μάλιστα η χώρα μας στάθηκε τυχερή, διότι αν είχε ξεκινήσει να προετοιμάζεται για έναν πυρηνικό αντιδραστήρα, πιθανότατα, μετά το ατύχημα στο Chernobyl και σε συνδυασμό με τις νέες αντιρρήσεις από την κοινή γνώμη, θα εγκατέλειπε το εγχείρημα, χάνοντας και τα χρήματα της αντίστοιχης επένδυσης.

3. Το σχετικό ανθρώπινο και τεχνικό δυναμικό της χώρας το 1986

3.1 Τα Ελληνικά Εργαστήρια με δυνατότητες μετρήσεων

Η διασπορά ισοτόπων εξαιτίας του ατυχήματος στο Chernobyl ξεπέρασε κάθε τι αναμενόμενο από οποιονδήποτε στην Ευρώπη. Η αιτία για αυτό ήταν ασφαλώς η πυρκαγιά στον γραφίτη του πυρήνα του πυρηνικού αντιδραστήρα που καταστράφηκε, η οποία προκάλεσε τη δημιουργία νέφους με ρύπους που προωθήθηκε σε μεγάλο ύψος στην ανώτερη ατμόσφαιρα και στη συνέχεια παρασύρθηκε από τους ανέμους για να καταπέσει σταδιακά πολύ μακριά από τη γειτονιά του Chernobyl. Για την Ελλάδα, ως πλησιέστερος πυρηνικός κίνδυνος θεωρούνταν πάντοτε οι τέσσερις παλαιές τεχνολογίας πυρηνικοί αντιδραστήρες της Βουλγαρίας τύπου VVER-440/V-230 στη θέση Kozloduy, οι οποίοι και σταμάτησαν να λειτουργούν λίγο πριν την είσοδο της χώρας αυτής στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2007. Παρ' όλα αυτά, ακόμα και για αυτούς τους αντιδραστήρες, όταν λειτουργούσαν, κανείς Έλληνας ή άλλης εθνικότητας ειδικός δεν υποστήριζε ότι τυχόν ατύχημα θα είχε συνέπειες πέραν από την ευρύτερη γειτονιά της θέσης Kozloduy εντός της ΒΔ Βουλγαρίας και ίσως σε κοντινές περιοχές της Ουγγαρίας και της Ρουμανίας. Κατά συνέπεια οι μηχανισμοί της Ελλάδας για τη διαπίστωση συνεπειών από

πυρηνικό ατύχημα, χωρίς να είναι πολύ χειρότεροι από εκείνους χωρών ανάλογων οικονομικών δυνατοτήτων, δεν ήταν ασφαλώς οι κατάλληλοι για την έκταση που πήρε το ατύχημα στο Chernobyl και στη χώρα μας. Πιο αναλυτικά μπορεί να σημειωθεί ότι τα κυριότερα διαθέσιμα Εργαστήρια με τον κατάλληλο εξοπλισμό ήταν τα παρακάτω: (α) Εργαστήριο Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος (ΕΡΠ) στο Εθνικό Ερευνητικό Κέντρο "Δημόκριτος" (κυριότερος υπεύθυνος Δρ. Π. Κρητίδης), (β) Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (υπεύθυνοι Δρ. Μ.Γ. Αγγελόπουλος, Δρ. Δ.Ι. Λεωνίδου και Δρ. Σ.Ε. Σιμόπουλος), (γ) Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ - κυριότερος υπεύθυνος Δρ. Κ. Παπαστεφάνου), (δ) Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων (κυριότερος υπεύθυνος Δρ. Π. Ασημακόπουλος) και (ε) Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (υπεύθυνος μετρήσεων Δρ. Α. Κλούβας). Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτά τα Εργαστήρια είχαν περίπου ισοδύναμο εξοπλισμό σε διαφορετικό βαθμό ετοιμότητας και λειτουργικότητας και όχι πάντα συνδυασμένο με το κατάλληλο προσωπικό. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι, ασφαλώς χάρη και στις προσπάθειες του Σ.Ε. Σιμόπουλου, αλλά και άλλων που θα αναφερθούν, ο εξοπλισμός του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ, την περίοδο μετά το 1980 ήταν πάντοτε σε ετοιμότητα και σε λειτουργική κατάσταση, ως σύνολο. Δεν συμπεριλαμβάνονται στον κατάλογο αυτό μικρότερα Εργαστήρια με λιγότερο εξοπλισμό, όπως π.χ. αυτά του Πανεπιστημίου Αθηνών ή του Πανεπιστημίου Πατρών ή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου. Το βάρος των αρχικών μετρήσεων των σχετικών με το ατύχημα σήκωσε πρακτικά μόνο του το Εργαστήριο (α) και δευτερευόντως, πιο ανεπίσημα, το ΕΠΤ-ΕΜΠ. Αυτό συνέβη διότι το Εργαστήριο (α) ήταν το παλαιότερο ιστορικά (το τότε Κέντρο Πυρηνικών Ερευνών "Δημόκριτος" ιδρύθηκε το 1959 και το υπόψη Εργαστήριο το 1961), το καλύτερα στελεχωμένο, το περισσότερο γνωστό στο κοινό και το στενότερα συνδεδεμένο με τη διοίκηση της χώρας. Το τελευταίο αυτό χαρακτηριστικό ήταν αποτέλεσμα του ότι δεν είχε ακόμα πλήρως διαμορφωθεί ο ανεξάρτητος ερευνητικός χαρακτήρας του συγκεκριμένου Εθνικού Ερευνητικού Κέντρου, ούτε είχε αναπτυχθεί πλήρως η Ανεξάρτητη Εθνική Αρχή Ακτινοπροστασίας, αυτή που είναι σήμερα γνωστή ως Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας. Το αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης ήταν ότι το ΕΡΠ πιέσθηκε να εξυπηρετήσει σε πολύ μικρό χρόνο, τεσσάρων με οκτώ εβδομάδων μετά το ατύχημα, τη μέτρηση εκατοντάδων, αν όχι και χιλιάδων δειγμάτων, κυρίως τροφίμων και ιδιαίτερα γάλακτος και τυριών. Για να γίνει κατανοητό το αδύνατο του πράγματος, αναφέρεται εδώ ότι μια πλήρης ανάλυση ενός μόνο δείγματος σε ανιχνευτή Γερμανίου, ακόμα και αν όλα γίνουν όπως πρέπει, απαιτεί από 24 έως 48 ώρες. Από την άλλη, μια προκαταρκτική ανάλυση μικρής διάρκειας ενός δείγματος σε μία ανιχνευτική διάταξη χωρίς τρόπο διαπίστωσης του ποια ισότοπα βρίσκονται στο δείγμα, διαρκεί επίσης αρκετά, δηλαδή από τρία έως πέντε λεπτά. Υπό τις συνθήκες αυτές είναι άξιο θαυμασμού το πώς τελικά το ΕΡΠ κατόρθωσε, μέσα στις αντιξοότητες αυτές, να σχηματίσει, πριν

ολοκληρωθεί το καλοκαίρι του 1986, μια αρκετά καλή εικόνα για τη ρύπανση της χώρας εξαιτίας του ατυχήματος τον Απρίλιο (DEMO 86/3 G, 1986). Αναπόφευκτα, η εικόνα αυτή δεν είχε πολύ καλά ποσοτικά χαρακτηριστικά, αλλά οι περιεχόμενες ενδεικτικές πληροφορίες ήταν και πολλές και ικανοποιητικές. Το κοινό χαρακτηριστικό των Εργαστηρίων (β) έως και (ε) ήταν ότι ανήκαν σε ΑΕΙ. Κατά συνέπεια, διατηρώντας την ερευνητική και ακαδημαϊκή τους ανεξαρτησία, δεν δέχθηκαν πίεση από τη διοίκηση ή από το κοινό για μετρήσεις και αναφορές. Σε αυτό έπαιξε ρόλο και το ότι η Πολιτεία δεν είχε επιδώσει την ένταξή τους σε κάποιο δίκτυο συνεργασίας για την αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων. Δεδομένης αυτής της ανεξαρτησίας, πρακτικά όλα τα Εργαστήρια αυτού του τύπου επέλεξαν να ασχοληθούν με την αποτύπωση των συνεπειών του ατυχήματος σε πιο εύθετο χρόνο και μετά τη λήξη του μεγάλου θορύβου, ευελιξία που δεν διέθετε ασφαλώς το Εργαστήριο (α).

3.2 Ιστορικά στοιχεία για το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας ΕΜΠ

Το ΕΠΤ-ΕΜΠ ιδρύθηκε το 1965 και την εποχή του ατυχήματος είχε ήδη συμπληρώσει 20 χρόνια ζωής. Τα πρώτα χρόνια της ζωής του αναπτύχθηκε στο Συγκρότημα Πατησίων στα ονομαζόμενα "Νέα Κτήρια". Περίπου λίγο πριν την εποχή ίδρυσης του Εργαστηρίου, παραχωρήθηκε στο ΕΜΠ έκταση ~1000 στρεμμάτων μεταξύ των συνοικιών Παπάγου και Νέου Ζωγράφου για την πλήρη ανάπτυξη του κτιριακού προγράμματος μιας σύγχρονης Πολυτεχνειούπολης. Η εκκίνηση αυτού του κτιριακού προγράμματος είχε ήδη γίνει από τη δεκαετία του '50 στο από παλαιότερα παραχωρηθέν ΝΔ όμορο τμήμα αυτής της έκτασης, όπου αναγέρθηκαν το Κτίριο "Υδραυλικής" (σήμερα, 2022, Τομέας Υδατικών Πόρων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών) και το Εργαστήριο Αντοχής Υλικών (σήμερα, 2022, Κτίριο "Θεοχάρη", Τομέας Μηχανικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών). Μετά την παραχώρηση και της υπόλοιπης έκτασης, το πρόγραμμα αυτό συνεχίστηκε με δύο κτίρια: το "Λαμπαδάριο" (σήμερα, 2022, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής) προς την πλευρά του Νέου Ζωγράφου και το Κτίριο "Φυσικής" (σήμερα, 2022, Τομέας Φυσικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών) στο κέντρο της έκτασης. Το Κτίριο "Φυσικής" ολοκληρώθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '70 και το πρώτο Εργαστήριο που εγκαταστάθηκε σε αυτό καταλαμβάνοντας μέρος του Ισογείου και του Υπογείου και εμβαδό περίπου 450 m² ήταν το ΕΠΤ-ΕΜΠ. Κατά το πρώτο διάστημα της εγκατάστασης το Εργαστήριο αντιμετώπισε πολλά προβλήματα. Ενδεικτικά αναφέρονται: (α) παιδικές ασθένειες του κτιρίου, (β) συχνές διακοπές ρεύματος, (γ) ελλειψές ή κακές τηλεφωνικές συνδέσεις, (δ) προβλήματα ύδρευσης και αποχέτευσης κ.ά. Την εποχή του ατυχήματος, περίπου 15 έτη μετά την εγκατάσταση, δυστυχώς, δεν είχαν λυθεί όλα τα παραπάνω, με κυριότερο πρόβλημα τις διακοπές ρεύματος, παρ' όλο που η αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ισχύος είναι εντελώς απαραίτητη απαίτηση για τη λειτουργία ενός εργαστηρίου αυτού του είδους. Από την άλλη, και μέχρι το 1986, πρέπει

να ειπωθεί ότι το ΕΠΤ-ΕΜΠ είχε αποκτήσει, κυρίως με ενέργειες των Καθηγητών Μ.Γ. Αγγελόπουλου και Δ.Ι. Λεωνίδου, αρκετό και ικανό εξοπλισμό που αποδείχθηκε πολύτιμος για τη διερεύνηση των συνεπειών εξαιτίας του ατυχήματος στο Chernobyl. Το ΕΠΤ-ΕΜΠ παρέμεινε στο Κτίριο "Φυσικής" μέχρι το 1999.

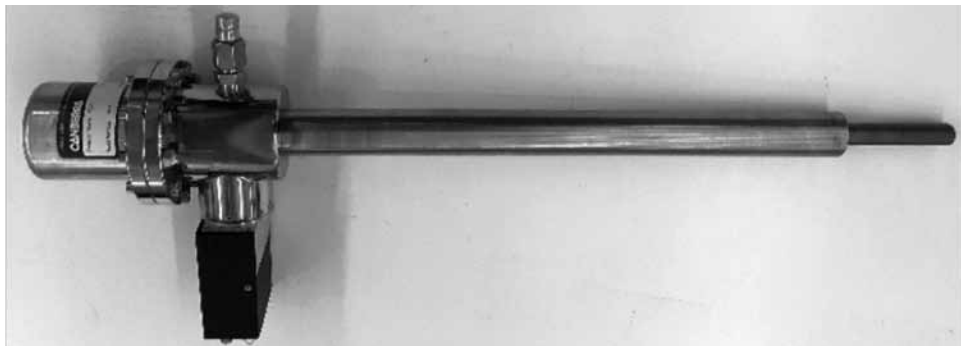
3.3 Μετρήσεις του Σ.Ε. Σιμόπουλου στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας ΕΜΠ

Το ΕΠΤ-ΕΜΠ λόγω του ακαδημαϊκού του χαρακτήρα δεν δέχθηκε την πίεση μετρήσεων που υπέστη το ΕΡΠ του Κέντρου Πυρηνικών Ερευνών. Παρ' όλα αυτά αρκετό πλήθος δειγμάτων κυρίως από τρόφιμα παραδόθηκαν ανεπίσημα και στο ΕΠΤ-ΕΜΠ, για αξιολόγηση. Για τους σκοπούς της αξιολόγησης αυτής χρησιμοποιήθηκαν τόσο ανιχνευτές Ιωδιούχου Νατρίου όσο και ανιχνευτές Γερμανίου μαζί με τον παρελκόμενο εξοπλισμό τους. Σημειώνεται ότι οι προμήθειες αυτού του εξοπλισμού έγιναν ιστορικά ως εξής: (α) Οι ανιχνευτές Ιωδιούχου Νατρίου αποκτήθηκαν με αγορά το έτος 1976. Μία διάταξη με έναν από αυτούς τους ανιχνευτές διακρίνεται στην Εικόνα 4. (β) Το υπολογιστικό σύστημα RT-11, χρήσιμο για τη συλλογή και την ανάλυση φασμάτων γ φασματοσκοπίας από ανιχνευτές στερεάς κατάστασης αποκτήθηκε με αγορά το έτος 1976 και ένα μέρος του διακρίνεται στην Εικόνα 5. Είναι σε λειτουργική κατάσταση, αλλά δεν έχει χρησιμοποιηθεί μετά το έτος 2000 λόγω αντικατάστασής του με νεότερα συστήματα. (γ) Ο ανιχνευτής τύπου Ge(Li) αποκτήθηκε με αγορά από τον οίκο CANBERRA των ΗΠΑ, το έτος 1978. Ο ανιχνευτής αυτός λειτούργησε αδιάλειπτα για περίπου 30 έτη, διάστημα που αποτελεί μάλλον αξεπέραστη επίδοση για ανιχνευτή αυτής της τεχνολογίας. Σήμερα φυλάσσεται στο ΕΠΤ-ΕΜΠ για να θυμίζει το παρελθόν και διακρίνεται στην Εικόνα 6.



Εικόνα 4. Διάταξη με ανιχνευτή Ιωδιούχου Νατρίου από αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στην ερευνητική δουλειά του Σ.Ε. Σιμόπουλου το 1986, όπως είναι και λειτουργεί σήμερα (2022)

Εικόνα 5. Το υπολογιστικό σύστημα RT-11 της εταιρείας Digital, όπως υπάρχει σήμερα (2022)



Εικόνα 6. Ο ανιχνευτής τύπου Ge(Li) του οίκου CANBERRA - ΗΠΑ, όπως φυλάσσεται σήμερα

Στην Εικόνα 7α φαίνεται η θωράκιση (ιδιοκατασκευή του ΕΠΤ-ΕΜΠ), στην οποία είχε τοποθετηθεί. (δ) Ο ανιχνευτής τύπου υπερκαθαρού Γερμανίου αποκτήθηκε με αγορά επίσης από τον οίκο CANBERRA των ΗΠΑ το έτος 1982. Ο ανιχνευτής αυτός λειτουργεί ακόμα φθάνοντας σήμερα (2022) τα 40 έτη ζωής και φαίνεται στην Εικόνα 7β.

Τέλος, (ε), το υπολογιστικό σύστημα LSI-11, εξίσου χρήσιμο για τη συλλογή και την ανάλυση φασμάτων γ φασματοσκοπίας από ανιχνευτές στερεάς κατάστασης αποκτή-



Εικόνα 7. (α) Αριστερά: Η θωράκιση του ανιχνευτή της Εικόνας 5. (β) Δεξιά: Ο ανιχνευτής τύπου Υπερκαθαρού Γερμανίου του οίκου CANBERRA - ΗΠΑ, όπως λειτουργεί σήμερα (2022)

θηκε με δωρεά από την τότε εταιρεία Digital ΗΠΑ το έτος 1982 και ένα μέρος του διακρίνεται στην Εικόνα 8. Είναι σε λειτουργική κατάσταση, αλλά δεν έχει χρησιμοποιηθεί μετά το έτος 2000 λόγω αντικατάστασής του με νεότερα συστήματα. Ανύποπτο χρόνο πριν το ατύχημα στο Chernobyl, τον εξοπλισμό αυτό συνέθεσε σε ενιαία συνεκτική και λειτουργική ενότητα διαθέσιμη και σε ετοιμότητα για μετρήσεις ο Σ.Ε. Σιμόπουλος από κοινού με το μέλος ΕΕΠ του ΕΠΤ-ΕΜΠ Μηχανολόγο - Ηλεκτρολόγο Μηχανικό Δ. Πετρόπουλο.

Κατά τις πρώτες ημέρες μετά το ατύχημα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ατμοσφαιρικού αέρα με τη βοήθεια αντλίας αναρρόφησης και φίλτρων που παραχώρησε στο ΕΠΤ-ΕΜΠ ο Καθηγητής της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ Δ. Κουρεμένος. Η αντλία αυτή υπάρχει ακόμα, λειτουργεί και διακρίνεται στην Εικόνα 9.

Στον αέρα του περιβάλλοντος που πέρασε με τη βοήθεια της αντλίας αυτής από το φίλτρο της Εικόνας 10α ανιχνεύθηκε Am-241 (δηλαδή απειροστό, φυσικά, τμήμα από την καρδιά του πυρηνικού αντιδραστήρα στο Chernobyl), διαπίστωση που έδειξε και τη σοβαρότητα του ατυχήματος.

Μετά την ένταση των πρώτων ημερών μετά το ατύχημα, ο Σ.Ε. Σιμόπουλος συνειδητοποίησε ότι επείγει η αντιπροσωπευτική δειγματοληψία των επιφανειακών εδαφών στην Ελλάδα για την αποτύπωση της εναπόθεσης ισότοπων εξαιτίας του ατυχήματος πριν έρθουν οι βροχές του φθινοπώρου και του χειμώνα που θα αλλοίωσαν τις αποδείξεις. Ταυτόχρονα συνειδητοποίησε ότι εκτός από τη συλλογή επείγει και η μέτρηση των δειγμάτων ώστε, αν κάποια βρεθούν με υψηλές συγκεντρώσεις σε ισότοπα, να ενημερωθεί έγκαιρα και με ακρίβεια η Πολιτεία, προκειμένου να ληφθούν, αν χρειαζόνταν, τα



Εικόνα 8. Το υπολογιστικό σύστημα LSI-11 της εταιρείας Digital, όπως υπάρχει σήμερα (2022)

Εικόνα 9. Αντλία που χρησιμοποιήθηκε για τις πρώτες δειγματοληψίες ατμοσφαιρικού αέρα επί φίλτρων από το ΕΠΤ-ΕΜΠ στην περιοχή της Αθήνας, τον Μάιο του 1986

αναγκαία μέτρα. Με βάση αυτές τις απαιτήσεις, ο Σ.Ε. Σιμόπουλος εργάστηκε πρώτα και για ένα περίπου δίμηνο, για να εξασφαλίσει μια μέθοδο σύντομης και αξιόπιστης μέτρησης της συγκέντρωσης Cs-137. Αυτή βρέθηκε και υλοποιήθηκε όπως περιγράφεται στο Σιμοπουλος (1989). Έπειτα και μετά τη λήξη των εκπαιδευτικών του υποχρεώσεων στο ΕΜΠ ξεκίνησε, το θέρος του 1986, τη δειγματοληψία επιφανειακών εδαφών ως εξής: (α) χωρίς καμία οικονομική ενίσχυση, (β) διαθέτοντας μέχρι καταστροφής το προσωπικό του αυτοκίνητο (ένα Audi 80) και (γ) διαθέτοντας απροσδιόριστες ώρες από τον προσωπικό του χρόνο. Μια πρόχειρη ανάλυση του Πίνακα 1 και του Πίνακα 2 στο Σιμοπουλος (1989) δείχνει ότι μεταφέρθηκαν στο ΕΠΤ-ΕΜΠ, σε πέντε δόσεις, περίπου δύο τόνοι, μαζί με τη φύρα, δειγμάτων επιφανειακού εδάφους σχεδόν από όλη την ηπειρωτική χώρα. Προκύπτει επίσης ότι πραγματοποιήθηκαν τουλάχιστον 10000 km διαδρομών με αυτοκίνητο και ένας σημαντικός αριθμός διανυκτερεύσεων εκτός έδρας. Για την επί τόπου προκαταρκτική διαπίστωση τυχόν αυξημένων συγκεντρώσεων Cs-137 στα εδάφη πριν τη δειγματοληψία χρησιμοποιήθηκε ένας παλιός φορητός ανιχνευτής Ιωδιούχου Νατρίου, ο οποίος και σήμερα λειτουργεί και διακρίνεται στην Εικόνα 10β. Τα συλλεχθέντα το 1986 1500 δείγματα διατηρούνται σήμερα στο πλαστικό κυλινδρικό τους δοχείο, στο οποίο μετρήθηκαν, στην αποθήκη δειγμάτων του ΕΠΤ-ΕΜΠ ως αποδεικτικά στοιχεία. Το μέρος της αποθήκης με τα δείγματα αυτά διακρίνεται στην Εικόνα 11.

Φυσικά τα σχετικά δείγματα είναι σήμερα πολύ περισσότερα, γύρω στα 2500, διότι οι δειγματοληψίες συνεχίστηκαν από τον Σ.Ε. Σιμόπουλο και τους συνεργάτες του για τα επόμενα περίπου 20 έτη. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του 1986 αποτυπώθηκαν



Εικόνα 10. (α) Αριστερά: Φίλτρο στο οποίο βρέθηκε Am-241 τον Μάιο του 1986 (β) Δεξιά: Παλιός φορητός ανιχνευτής Ιωδιούχου Νατρίου, οίκου ΕΣΚΟ που χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό περιοχών με αυξημένη εναπόθεση Cs-137

σε πρόχειρους, ιδιόχειρους χάρτες που έφτιαξε ο ίδιος ο Σ.Ε. Σιμόπουλος. Ένα χαρακτηριστικό αντίγραφο με μετρήσεις κατά Νομό και με χειρόγραφες σημειώσεις του ίδιου δίνεται στην Εικόνα 12.

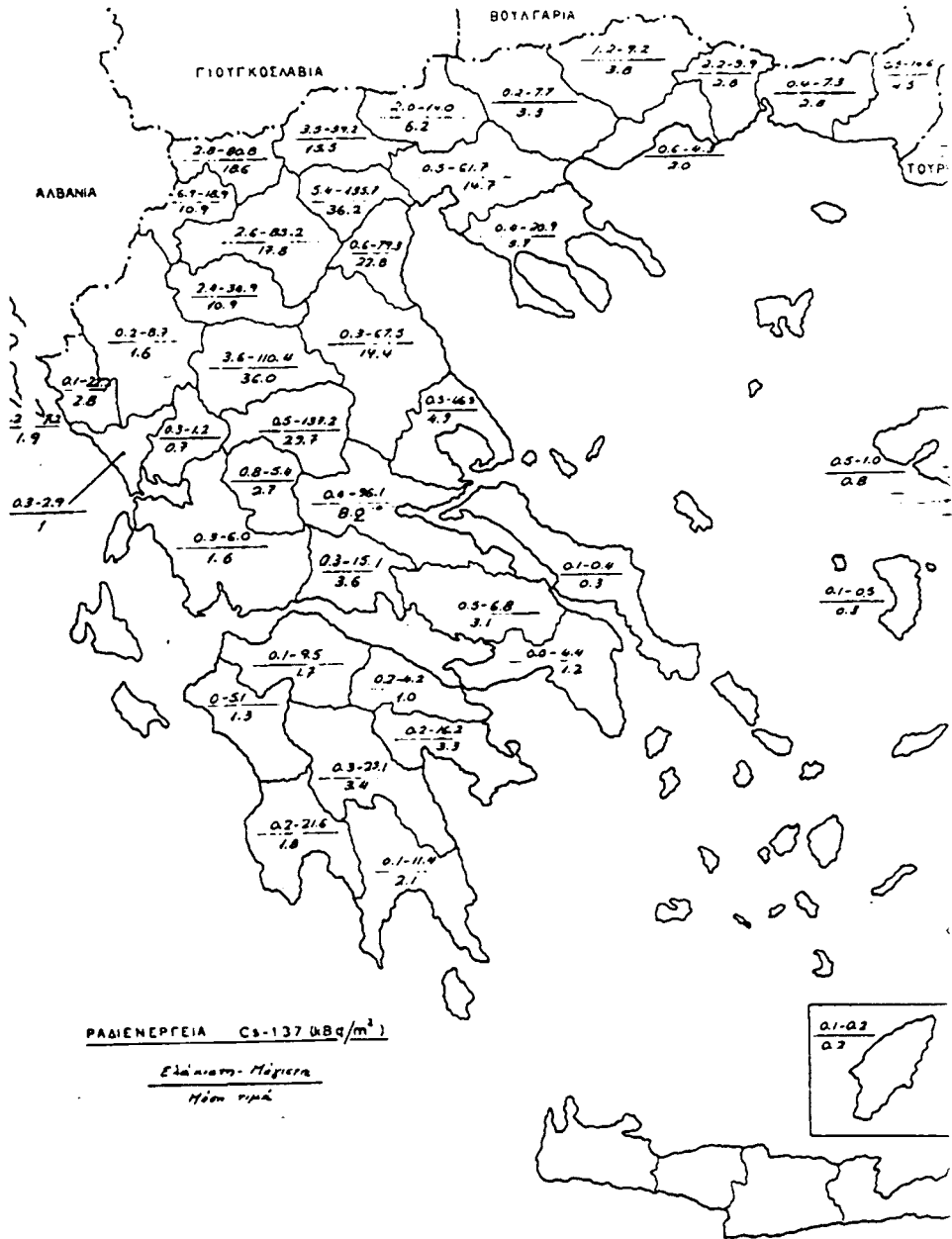
Ένα δεύτερος χάρτης με μέγιστες τιμές συγκεντρώσεων Cs-137 στα επιφανειακά εδάφη, επίσης ιδιόχειρος, δίνεται στην Εικόνα 13.

Επισημαίνεται ότι οι εκθέσεις-αναφορές με τα αποτελέσματα των μετρήσεων που οδήγησαν στους πρόχειρους χάρτες της Εικόνας 12 και της Εικόνας 13, διακινήθηκαν τόσο εσωτερικά στο ΕΜΠ, όσο και ευρύτερα προς άλλους Δημόσιους Οργανισμούς και τα λοιπά όργανα της Πολιτείας μέσω εμπιστευτικής διαδικασίας (Σιμόπουλος 1986, Σιμόπουλος 1987). Ο λόγος ήταν για να αποφευχθεί τυχόν ανησυχία στις περισσότερο ρυπασμένες περιοχές της Καρδίτσας και της Νάουσας, καθόσον δεν είχαν ακόμη ολοκληρωθεί οι μελέτες που έδειξαν ότι ακόμα και αυτή η υψηλότερη ρύπανση είχε αμελητέες επιπτώσεις σε βιολογικό επίπεδο (π.χ. Γεροντίδου, 1994). Οι χάρτες αυτοί υστερούν σε ποιότητα και ανάλυση από άλλους που μπορούν να παράγονται με προηγμένες μεθόδους με βάση τα ίδια αποτελέσματα μετρήσεων. Για αυτό και το ΕΠΤ-ΕΜΠ επανήλθε σε αυτούς παράγοντας αυτόν της Εικόνας 14.

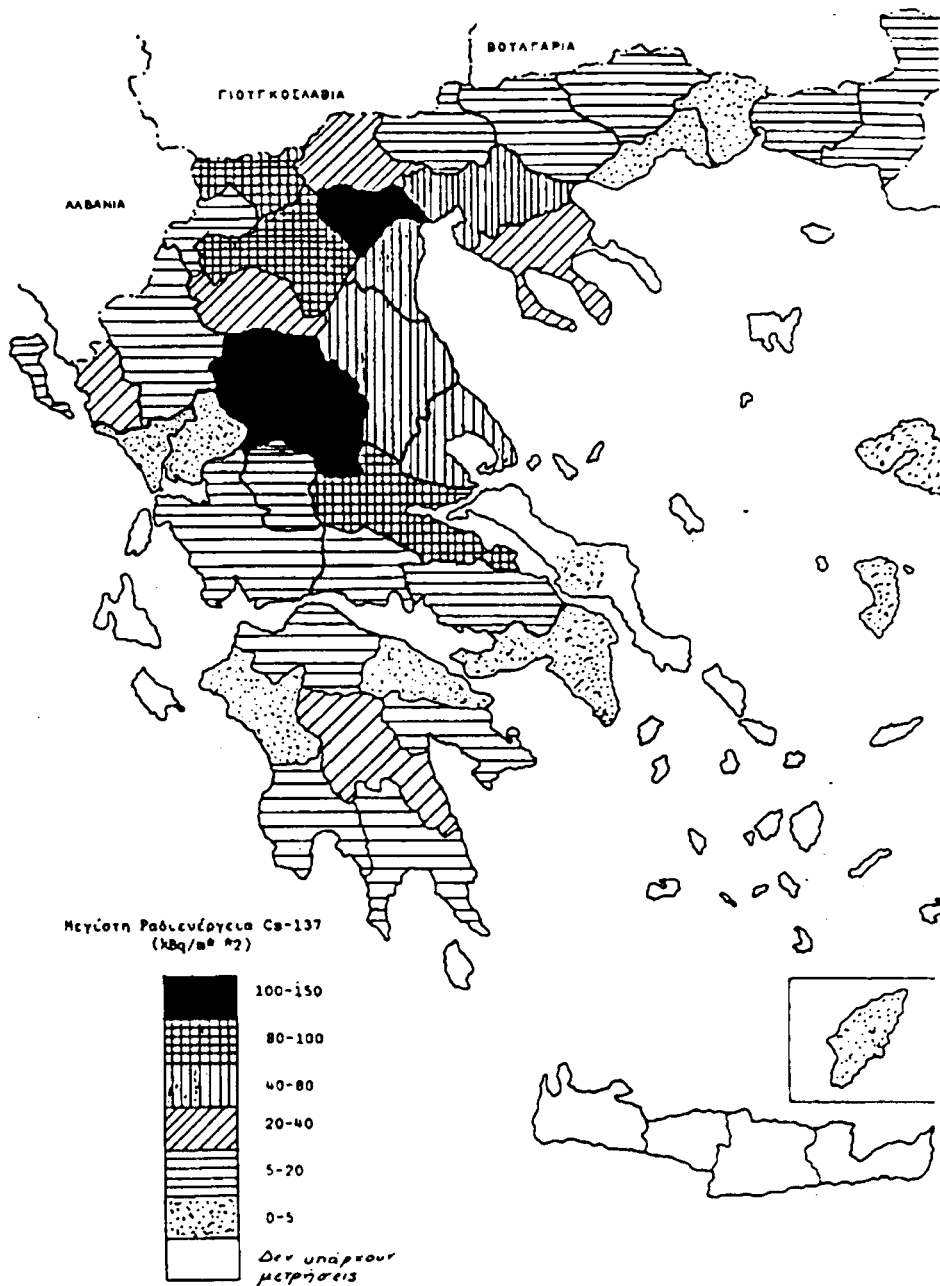
Ο χάρτης της Εικόνας 14 είναι πρακτικά όμοιος με αυτόν της Εικόνας 15, ο οποίος ετοιμάστηκε με βάση τα ίδια αποτελέσματα από διεθνή ερευνητική ομάδα που εργάστηκε για τη λεπτομερή χαρτογράφηση της απόθεσης του Cs-137 σε όλη την Ευρώπη και την Ευρωπαϊκή Ρωσία (De Cort, 1998). Η ομάδα αυτή παρουσίασε στη Σύνοδο του Ρίο για το κλίμα (1992) τον χάρτη της Εικόνας 15 ως εξαιρετικό παράδειγμα πιστής χαρτογράφησης με βάση δεδομένα ρύπανσης εδάφους.



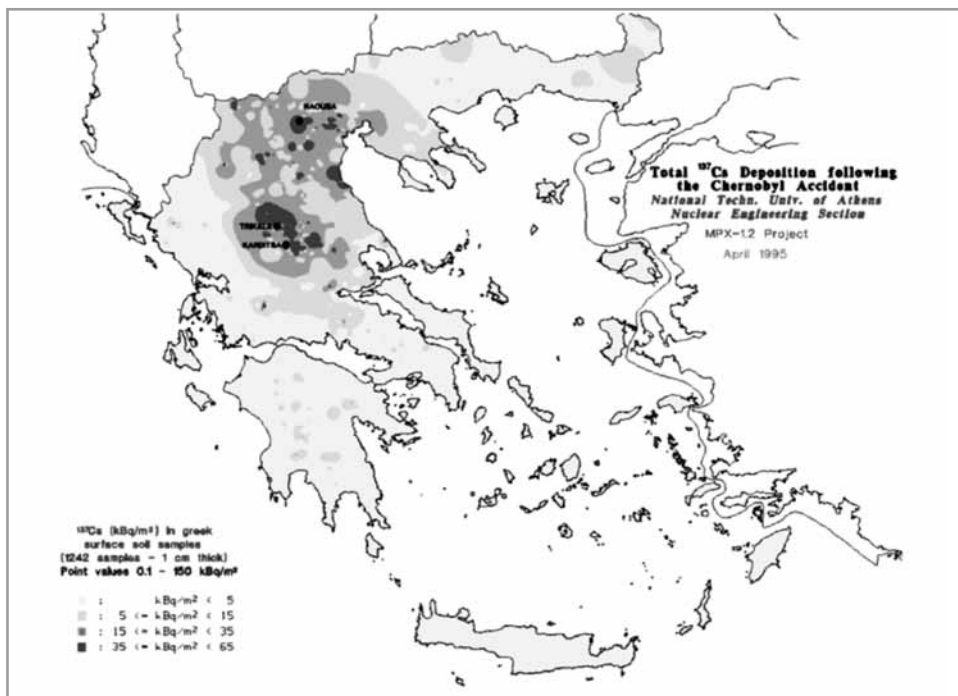
Εικόνα 11. Η αποθήκη με τα δείγματα επιφανειακών εδαφών της χώρας που συλλέχθηκαν το 1986 (περίπου 1500) και μεταξύ 1987 - 2007 (περίπου 1000 επιπλέον)



Εικόνα 12. Ραδιενέργεια Cs-137 (σε kBq/m²) ανά Νομό της Ελλάδας. Ιδιόχειρος χάρτης από τις εκθέσεις - αναφορές του Σ.Ε. Σιμόπουλου προς τη διοίκηση του ΕΜΠ (Σιμόπουλος 1986, Σιμόπουλος 1987)



Εικόνα 13. Μέγιστη ραδιενέργεια Cs-137 (σε kBq m⁻²) ανά Νομό της Ελλάδας. Ιδιόχειρος χάρτης από τις εκθέσεις - αναφορές του Σ.Ε. Σιμόπουλου προς τη διοίκηση του ΕΜΠ (Σιμόπουλος 1986, Σιμόπουλος 1987)



Εικόνα 14. Χάρτης απόθεσης Cs-137 (σε kBq/m²) στα επιφανειακά εδάφη της Ελλάδας λόγω του ατυχήματος στο Chernobyl (Petroopoulos, 2001)

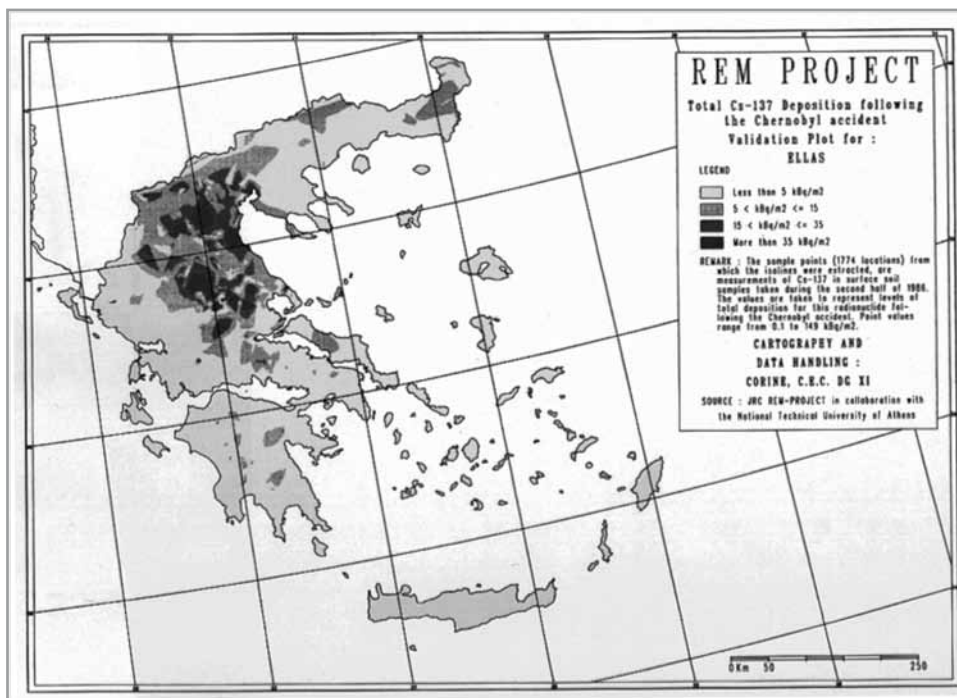
4. Θετικά αποτελέσματα του ατυχήματος

Η Ελληνική Πολιτεία, μετά τα όσα συνέβησαν το 1986 και τη ρύπανση που προκλήθηκε στην Ελλάδα από το ατύχημα στο Chernobyl, όπως αποτυπώθηκε στο Σιμοπούλος (1989) αλλά και αλλού, έλαβε, με αργό βήμα είναι η αλήθεια, πολύ ουσιαστικά μέτρα για τη βελτίωση της απόκρισης της χώρας σε τέτοιες ή παρόμοιες καταστάσεις. Τα μέτρα αυτά δίνονται ακολούθως χωρίς απαραίτητα να τηρείται η χρονολογική σειρά:

(α) Επανιδρύθηκε η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) ως ανεξάρτητη υπηρεσία υπαγόμενη στη Γενική Γραμματεία Έρευνας.

(β) Ανανεώθηκε η νομοθεσία που αφορά στα Εθνικά Ερευνητικά Κέντρα της χώρας και ενθαρρύνθηκε θεσμικά η ανεξαρτησία τους από τη διοίκηση.

(γ) Αναπτύχθηκε, με ευθύνη της ΕΕΑΕ, δίκτυο κατάλληλων ανιχνευτών γεωγραφικά καταμεμημένων σε όλη τη χώρα, ικανών να μεταδίδουν σήματα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τα επίπεδα ραδιενέργειας περιβάλλοντος. Στόχος του δικτύου είναι να εντοπίζει αδικαιολόγητες αυξήσεις που δυνατόν να συνδέονται με πιθανή διαρροή ραδιενεργών ρύπων από γειτονική χώρα που διαθέτει πυρηνικούς αντιδραστήρες.



Εικόνα 15. Χάρτης απόθεσης Cs-137 (σε kBq/m²) στα επιφανειακά εδάφη της Ελλάδας λόγω του ατυχήματος στο Chernobyl με βάση τα ίδια πειραματικά αποτελέσματα από τα οποία προέκυψε ο χάρτης της Εικόνας 14. Παρουσιάστηκε ως εξαιρετικό παράδειγμα πιστής χαρτογράφησης με βάση δεδομένα ρύπανσης εδάφους στη Σύνοδο του Ρίο για το κλίμα (1992). Ο τελικός χάρτης δημοσιεύθηκε από την ερευνητική ομάδα De Cort (1998)

(δ) Αναπτύχθηκε, με ευθύνη της ΕΕΑΕ, δίκτυο συνεργαζομένων Ελληνικών Εργαστηρίων από αυτά που υπάρχουν κυρίως στα ΑΕΙ, το οποίο να μπορεί να συνδράμει την ΕΕΑΕ σε μετρήσεις και εκτιμήσεις ρύπανσης. Ανάμεσα στα εργαστήρια αυτά βρίσκεται φυσικά και το ΕΠΤ-ΕΜΠ.

(ε) Δόθηκαν εφάπαξ χρηματοδοτήσεις μετρίου ύψους σε ορισμένα από τα συνεργαζόμενα εργαστήρια προκειμένου αυτά να αντιμετωπίσουν τις άμεσες ανάγκες τους σε βάθος πενταετίας από το 1986 έως και το 1990. Το ΕΠΤ-ΕΜΠ έλαβε το αναγκαίο ποσό για την αναβάθμιση των υπολογιστικών του συστημάτων. Στο πλαίσιο αυτό το ΕΠΤ-ΕΜΠ εγκατέστησε ένα από τα πρώτα, αν όχι μάλιστα το πρώτο UNIX σύστημα του ΕΜΠ, το 1987. Το σύστημα αυτό, ένας supermini computer οίκου Hewlett Packard τύπου HP-9000/320 με λειτουργικό σύστημα HP-UX έκδοσης 7.03 (UNIX System V), το οποίο διακρίνεται στην Εικόνα 16, βρίσκεται σε λειτουργική κατάσταση, αλλά δεν έχει χρησιμοποιηθεί μετά το έτος 2008 λόγω αντικατάστασής του με νεότερα συστήματα.

και τέλος



Εικόνα 16. Ο supermini υπολογιστής τύπου HP-9000/320 με λειτουργικό σύστημα HP-UX 7.03, όπως βρίσκεται στο ΕΠΤ-ΕΜΠ σήμερα (2022). Έτος αγοράς 1987.

(στ) Ενισχύθηκε η ΕΕΑΕ, τόσο με εξοπλισμό, όσο και με την πρόσληψη εξειδικευμένων επιστημόνων, οι οποίοι στελέχωσαν με κατάλληλο και επαρκή τρόπο το νέο Τμήμα Ελέγχου Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος της Διεύθυνσης Αδειών και Ελέγχων.

5. Πρόσωπα που συνέβαλαν στις μετρήσεις στο ΕΠΤ-ΕΜΠ

Σε αυτήν την ενότητα της ιστορίας πρέπει πρώτα να γίνει αναφορά στον εμβληματικό Καθηγητή του ΕΜΠ Μιχαήλ Γ. Αγγελόπουλο[†]. Ο Μ.Γ. Αγγελόπουλος γεννήθηκε στην Αθήνα το 1926. Αποφοίτησε από τη Σχολή Μηχανολόγων - Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΕΜΠ. Έκανε μεταπτυχιακές σπουδές στη Δυτική Γερμανία (στην περιοχή των Υψηλών Τάσεων) και στο Ηνωμένο Βασίλειο (στην Πυρηνική Τεχνολογία). Κατά τη θητεία του ως έκτακτος Καθηγητής Πυρηνικής Τεχνολογίας ιδρύθηκε το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ. Εκλέχθηκε Τακτικός Καθηγητής του Ιδρύματος στη νέα Έδρα Πυρηνικής Τεχνολογίας το 1968. Σύμφωνα με το λαϊκό μύθο που μας μεταφέρει ο πρώην διοικητής της ΔΕΗ Ραφαήλ Μωυσής, οι συμφοιτητές του τον θεωρούσαν ένα από τα τρία ιερά τέρατα ιδιοφυίας των Μηχανολόγων - Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ, οι άλλοι δύο ήταν ο Ηλίας Γυφτόπουλος και ο Δημήτρης Συμεών. Ανέλαβε διοικητής της ΔΕΗ, μετά τη μεταπολίτευση και μέχρι το 1979. Ως επιστήμονας ήταν πάντοτε υπέρ των πυρηνικών αντιδραστήρων μικρής ισχύος, διότι πίστευε ότι, σε περίπτωση ατυχήματος, αυτό θα



Εικόνα 17. Ο Καθηγητής Μ.Γ. Αγγελόπουλος με τον πρωθυπουργό της χώρας Κ. Καραμανλή (και οι δύο με τα χέρια στο τραπέζι) στο συγκρότημα των ΑΗΣ Καρδιάς το 1975 (Ζαραφίδης και Παυλουδάκης, 2008)

ήταν καλύτερα διαχειρίσιμο. Επιπλέον, έκρινε ότι οι αντιδραστήρες μικρής ισχύος μπορούν να προστατεύονται καλύτερα από εξωτερικούς βλαπτικούς παράγοντες. Το ατύχημα στο Chernobyl τον βρήκε στις επάλξεις της διδασκαλίας Πυρηνικής Τεχνολογίας, με έμφαση στους αντιδραστήρες, στη Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών. Στήριξε με όλες του τις δυνάμεις την προσπάθεια του Σ.Ε. Σιμόπουλου σχετικά με την αποτύπωση της ρύπανσης της Ελλάδας, όσο το δυνατόν πιο σύντομα και όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά. Αφυπηρέτησε το 1994. Στην Εικόνα 17 διακρίνεται ο πρωθυπουργός Κ. Καραμανλής μαζί με τον Μ.Γ. Αγγελόπουλο.

Δεύτερο σημαντικό πρόσωπο της ίδιας ιστορίας είναι ο Καθηγητής Πυρηνικής Τεχνολογίας Δρ. Δημήτριος Ι. Λεωνίδου. Ο Δ.Ι. Λεωνίδου γεννήθηκε το 1937 στη Χίο. Αποφοίτησε ως φυσικός από το ΕΚΠΑ. Έκανε το διδακτορικό του στην Πυρηνική Τεχνολογία στο Ηνωμένο Βασίλειο. Εκλέχθηκε Μόνιμος Καθηγητής της Β' Έδρας Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ το 1981. Το ατύχημα στο Chernobyl τον βρήκε στις επάλξεις της διδασκαλίας εξειδικευμένων μαθημάτων σχετικών με την Πυρηνική Τεχνολογία και τις εφαρμογές της με έμφαση στην Πειραματική Πυρηνική Τεχνολογία και τη Δοσιμετρία και την Ακτινοπροστασία. Σε αυτόν οφείλονται οι αγορές τόσο του ανιχνευτή Ge(Li), όσο και του υπολογιστικού συστήματος RT-11, καθώς και άλλου περιφερειακού

εξοπλισμού που αποδείχθηκαν πολύτιμα για τη διερεύνηση των συνεπειών του ατυχήματος. Αφυπηρέτησε το 2004. Στην Εικόνα 18, αριστερά διακρίνεται ο Καθηγητής Δ.Ι. Λεωνίδου το 2002.

Από τα υπόλοιπα στελέχη του ΕΠΤ-ΕΜΠ την περίοδο του ατυχήματος στο Chernobyl, αξίζει ασφαλώς να μνημονευτούν το μέλος ΕΕΠ, Δημήτρης Πετρόπουλος, Μηχανολόγος - Ηλεκτρολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, το μέλος ΕΕΠ, Νίκος Δημητρακόπουλος[†], Φυσικός ΕΚΠΑ, και το μέλος ΕΔΤΠ-ΥΕ, Βασίλης Ηλίας[†], πιστοποιημένος τεχνικός ηλεκτρολόγος μεγάλης ισχύος. Δυστυχώς, για τον Δ. Πετρόπουλο, παρ' όλο που η συμβολή του στη μέθοδο των μετρήσεων είναι καλά αναγνωρισμένη και μέρος της προφορικής ιστορίας του ΕΠΤ-ΕΜΠ, δεν στάθηκε δυνατό να βρεθούν επιπλέον στοιχεία στο αρχείο του ΕΠΤ-ΕΜΠ. Στην Εικόνα 19 αριστερά, διακρίνεται ο Ν. Δημητρακόπουλος. Στην Εικόνα 19 δεξιά διακρίνεται ο Β. Ηλίας. Πρέπει να σημειωθεί ότι μεγάλο μέρος της προετοιμασίας των συλλεχθέντων δειγμάτων εδάφους για μέτρηση πέρασε από τα χέρια του Β. Ηλία, ο οποίος εργαζόμενος με συστηματικό τρόπο πέτυχε τη διαρκή τροφοδοσία των μετρητικών διατάξεων με δείγματα έτσι ώστε να μην χάνεται σχεδόν καθόλου χρόνος. Ο Ν. Δημητρακόπουλος υπήρξε ένας άοκνος και σιωπηλός εργάτης της εργαστηριακής εκπαίδευσης και των φροντιστηρίων για τους φοιτητές που επέλεγαν μαθήματα Πυρηνικής Τεχνολογίας στη Σχολή Μηχανολόγων ΕΜΠ.



Εικόνα 18. Ο Καθηγητής Δ.Ι. Λεωνίδου (αριστερά) παρακολουθεί τις εργασίες του Διεθνούς Συνεδρίου Natural Radiation Environment VII, στη Ρόδο, τον Μάιο του 2002. Δεξιά ο τότε Πρόεδρος της ΕΕΑΕ Καθηγητής (ΠΑΠΕΙ) Λεωνίδας Καμαρινόπουλος

Υπάρχουν πολλά ακόμη πρόσωπα που ανήκουν στην ίδια ιστορία. Η επιλογή σχετικά με το ποια "πρέπει" να προστεθούν σε αυτήν την αφήγηση είναι ασφαλώς πολύ δύσκολη. Παρ' όλα αυτά δύο ακόμα είναι προβεβλημένα τμήματά της. Στην Εικόνα 20 διακρίνεται ο Δρ. Παναγιώτης Κρητίδης, επικεφαλής του Εργαστηρίου Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος του Κέντρου Ερευνών "Δημόκριτος", στον οποίο έχει γίνει ήδη αναφορά. Στα αριστερά ο Σ.Ε. Σιμόπουλος. Θρυλικές παραμένουν οι, επιστημονικές ασφαλώς, διαφωνίες τους σχετικά με το πλήθος των δειγμάτων εδάφους που αρκούν για την αποτύπωση μιας καταστάσεως ραδιενεργού ρύπανσης καθώς και σχετικά με το ορθό βάθος δειγματοληψίας. Στην Εικόνα 21 διακρίνεται ο Δρ. Κωνσταντίνος Παπαστεφάνου, Καθηγητής Πυρηνικής Φυσικής στο ΑΠΘ, στον οποίο έχει γίνει ήδη αναφορά. Ο Δρ. Κ. Παπαστεφάνου είναι ένας ευγενώς αμιλλώμενος επιστήμονας και από τους πόλους της σχετικής έρευνας στη Βόρεια Ελλάδα.



Εικόνα 19. Αριστερά διακρίνεται το μέλος ΕΕΠ του ΕΠΤ-ΕΜΠ Ν. Δημητρακόπουλος και δεξιά το μέλος ΕΔΤΠ-ΥΕ του ΕΠΤ-ΕΜΠ Β. Ηλίας. Και οι δύο υπηρετούσαν στο ΕΠΤ-ΕΜΠ την περίοδο του ατυχήματος στο Chernobyl. Στην αριστερή φωτογραφία διακρίνεται καθιστός ο εκλιπών Αναπληρωτής Καθηγητής του ΕΠΤ-ΕΜΠ Ε.Π. Χίνης, ως φοιτητής που εκπονούσε Διπλωματική Εργασία το 1986.



Εικόνα 20. Δεξιά ο, και μανιώδης καπνιστής, Δρ. Π. Κρητίδης παρέα με τον Σ.Ε. Σιμόπουλο σε ανέμελη χαλαρή στιγμή περί το 2002.



Εικόνα 21. Ο τ. Καθηγητής Πυρηνικής Φυσικής του ΑΠΘ Κ. Παπαστεφάνου

6. Επίλογος

Για να μην εννοούνται ακουσίως δυσάρεστες επιπτώσεις στην Ελλάδα, από το ατύχημα στο Chernobyl, πρέπει στο σημείο αυτό να τονισθεί ότι σύμφωνα με τη μελέτη που έγινε στο ΕΠΤ-ΕΜΠ εύλογο διάστημα μετά τις δειγματοληψίες (Γεροντίδου, 1994) διαπιστώθηκε ότι: Κάτοικος που διαμένει στην περισσότερο ρυπασμένη περιοχή της χώρας για 50 συνεχόμενα έτη, εργάζεται για όλα αυτά τα έτη στο ρυπασμένο έδαφος ως αγρότης, κτηνοτρόφος ή τεχνικός, τρέφεται από τροφές που παράγονται αποκλειστικά στο ρυπασμένο έδαφος ή με ζώα που τράφηκαν από το ρυπασμένο έδαφος, αυτός λαμβάνει συνολική δόση εξαιτίας της ρύπανσης ίση με 10 mSv. Η αντίστοιχη δόση που λαμβάνει για το ίδιο διάστημα, ο ίδιος κάτοικος από το φυσικά ραδιενεργό περιβάλλον, το οποίο σε καμία περιοχή του πλανήτη, δεν μπορεί κανείς να αποφύγει, είναι περισσότερη από 200 mSv, δηλαδή 20 φορές μεγαλύτερη.

Είναι ευτύχημα ότι μετά το 1986 η χώρα δεν αντιμετώπισε ραδιενεργή ρύπανση από ατύχημα σε πυρηνικό αντιδραστήρα. Η αντίδρασή της, συνολικά, το 1986 έδειξε ότι υπήρξαν οι τεχνικές δυνατότητες και οι ικανοί επιστήμονες και τεχνικοί, οι οποίοι μπόρεσαν να αποτυπώσουν με καλή επάρκεια τη ρύπανση από το ατύχημα στο Chernobyl. Ασφαλώς πολλά έγιναν με προσωπική πρωτοβουλία και για άλλα υπήρξε πρόχειρη αντίδραση ή κακή οργάνωση. Αν συμβεί στο μέλλον κάτι παρόμοιο με το ατύχημα στο Chernobyl, πιστεύεται ότι η Ελλάδα είναι περισσότερο οργανωμένη, καλύτερα έτοιμη και επαρκώς στελεχωμένη για να την αντιμετωπίσει. Σε αυτό έχουν βοηθήσει και οι παρεμβάσεις της Ελληνικής Πολιτείας, οι οποίες έχουν ήδη απογραφεί. Χρειάζεται όμως να τονισθεί ότι σήμερα (2022) τα συνεργαζόμενα με την ΕΕΑΕ Ελληνικά Εργαστήρια έχουν περιορισθεί σημαντικά. Ενεργά παραμένουν το ΕΠΤ-ΕΜΠ, το Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής στο ΑΠΘ και το Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Έλλειψη προσωπικού και αβέβαιο μέλλον έχουν το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΑΠΘ και το αντίστοιχο του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης. Όλα συνολικά τα αναφερόμενα συνεργαζόμενα με την ΕΕΑΕ εργαστήρια αντιμετωπίζουν συντριπτική για την ύπαρξή τους έλλειψη πιστώσεων. Ελπίζεται αυτές οι εμφανείς πλέον δυσκολίες να μην εμποδίσουν αυτές τις μονάδες να συμβάλουν με τον τρόπο που θα μπορούσαν αν παραστεί ανάγκη. Οδηγός είναι εξάλλου και τα όσα κατόρθωσε σχετικά το 1986 ο Σ.Ε. Σιμόπουλος με ελάχιστα μέσα και αμέτρητο αλτρουισμό. Σε ό,τι αφορά ειδικά στο ΕΠΤ-ΕΜΠ, το διάστημα από το 1986 έως το 2010, καταβλήθηκε από όλα τα μέλη του μια δύσκολο να απογραφεί προσπάθεια ώστε να αποκτηθεί κατάλληλος εξοπλισμός σχετικός με τέτοια ή παρόμοια έρευνα. Οι σχετικές διατάξεις θεωρούνται σήμερα ικανοποιητικά πλήρεις, παρόλο που η τακτική χρηματοδότησή τους έχει πρακτικά σταματήσει λόγω των μέτρων λιτότητας. Είθε τέτοια έρευνα να μην απαιτηθεί ξανά.

Βιβλιογραφία

- Γεροντίδου Μ., "Δοσιμετρική μελέτη του Ελληνικού πληθυσμού εξαιτίας του Cs-137 από το ατύχημα στο Chernobyl", Διπλωματική Εργασία, Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1994
- Ζαραφίδης Δ. και Παυλουδάκης Φ., "Ο λιγνίτης της Πτολεμαΐδας, ιστορία, παρούσα κατάσταση και προοπτικές", ΔΕΗ: Λιγνιτικό κέντρο Δυτικής Μακεδονίας, 2008 (παρουσίαση που υπάρχει στο δικτυακό τόπο ptolemaida.gr)
- Σιμόπουλος Σ.Ε., "Αποτελέσματα προσδιορισμού ραδιενέργειας Cs-137, 1244 δειγμάτων χώματος εδάφους της Ηπειρωτικής Ελλάδας (Μάιος - Νοέμβριος 1986)", Έκθεση - Αναφορά ΜΡΧ-1, Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1986 (τεκμήριο που διακινήθηκε εμπιστευτικά και βρίσκεται στο αρχείο του ΕΠΤ-ΕΜΠ)
- Σιμόπουλος Σ.Ε., "Μετρήσεις ραδιενέργειας των ελληνικών εδαφών μετά το ατύχημα στο Chernobyl", Έκθεση - Αναφορά ΜΡΧ-2, Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1987 (τεκμήριο που διακινήθηκε εμπιστευτικά και βρίσκεται στο αρχείο του ΕΠΤ-ΕΜΠ)
- De Cort M. et al., "Atlas of Caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident", Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-828-3140-X, 1998
- DEMO 86/3 G, "The Chernobyl Nuclear Accident and its Consequences for Greece", Report No 1. Greek Atomic Energy Commission, Nuclear Research Centre Democritos, Athens, Greece, 1986.
- Petropoulos N.P., Anagnostakis M.J., Hinis E.P., Simopoulos S.E., "Geographical mapping and associated fractal analysis of the long-lived Chernobyl fallout radionuclides in Greece", Journal of Environmental Radioactivity, 53(1): 59-66, 2001
- Simopoulos S.E., "Soil sampling and Cs-137 analysis of the Chernobyl fallout in Greece", International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part A. Applied Radiation and Isotopes, 40(7): 607-613, 1989

Καινοτόμος ανιχνευτής νετρονίων για εφαρμογές στην πυρηνική σύντηξη

**ΜΑΡΙΛΙΑ Ι. ΣΑΒΒΑ, ΘΕΟΔΩΡΑ ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΥ,
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΜΕΡΓΙΑ και ΙΩΝ Ε. ΣΤΑΜΑΤΕΛΑΤΟΣ**
Ινστιτούτο Πυρηνικών και Ραδιολογικών Επιστημών και Τεχνολογίας,
Ενέργειας και Ασφάλειας ΙΠΡΕΤΕΑ, ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος»
e-mail: m.savva@ipta.demokritos.gr

Περίληψη

Η πυρηνική σύντηξη αποτελεί μια άφθονη, βιώσιμη και χωρίς εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πηγή ενέργειας. Για τα μελλοντικά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω σύντηξης υπάρχει μεγάλη ανάγκη για ανάπτυξη ανιχνευτών νετρονίων που να επιτρέπουν τη μέτρηση της ροής νετρονίων υπό τις ακραίες συνθήκες που συναντώνται σε έναν αντιδραστήρα σύντηξης με μαγνητική συγκράτηση πλάσματος (tokamak), δηλαδή υψηλή και μεταβαλλόμενη ροή νετρονίων, έντονο υπόβαθρο γ-ακτινοβολίας, υψηλή θερμοκρασία και ισχυρά και μεταβαλλόμενα μαγνητικά πεδία. Ο ακριβής προσδιορισμός της ροής των νετρονίων έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς τα νετρόνια μεταφέρουν το μεγαλύτερο ποσοστό εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που παράγεται κατά την πυρηνική σύντηξη.

Για την κάλυψη της ανάγκης αυτής αναπτύσσεται ο καινοτόμος ανιχνευτής νετρονίων VERDI (Novel Neutron Detector for Fusion), ο οποίος αποτελείται από μια κάψουλα κατασκευασμένη από κεραμικό υλικό χαμηλής νετρονικής ενεργοποίησης στην οποία εσωκλείεται καθορισμένη μάζα μετάλλων. Η μέθοδος ανίχνευσης των νετρονίων βασίζεται στην ανάλυση των φασμάτων των ακτίνων γάμμα που παράγονται από πυρηνικές αντιδράσεις νετρονικής ενεργοποίησης των μετάλλων του ανιχνευτή. Η βασική καινοτομία του ανιχνευτή έγκειται στην ανθεκτικότητα της κάψουλας που επιτρέπει τη διενέργεια μετρήσεων υπό τις ακραίες συνθήκες που αναμένονται σε έναν αντιδραστήρα σύντηξης.

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζονται δύο χαρακτηριστικές εφαρμογές του ανιχνευτή VERDI για τον προσδιορισμό του φάσματος των νετρονίων σε ένα πεδίο αναφοράς με πηγή νετρονίων 14 MeV από την αντίδραση Δευτερίου-Τριτίου (D-T) στις εγκαταστάσεις της ENEA στο Frascati της Ιταλίας, καθώς και του φάσματος νετρονίων από πηγή πλάσματος Δευτερίου – Δευτερίου (D-D) στο Joint European Tokamak (JET) στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Λέξεις-Κλειδιά: πυρηνική σύντηξη, νετρονική ενεργοποίηση, γάμμα φασματοσκοπία, ανιχνευτές νετρονίων.

1. Εισαγωγή

Για τους μελλοντικούς πυρηνικούς αντιδραστήρες σύντηξης, όπως το DEMO (*European Research Roadmap to the Realisation of Fusion Energy*, n.d.), υπάρχει μεγάλη ανάγκη για ανάπτυξη ανιχνευτών νετρονίων οι οποίοι να μπορούν να λειτουργούν με ακρίβεια κάτω από τις ακραίες συνθήκες που συναντώνται στο περιβάλλον της σύντηξης, δηλαδή υψηλή και μεταβαλλόμενη ροή νετρονίων, έντονο υπόβαθρο γ-ακτινοβολίας, υψηλή θερμοκρασία και ισχυρά και μεταβαλλόμενα μαγνητικά πεδία.

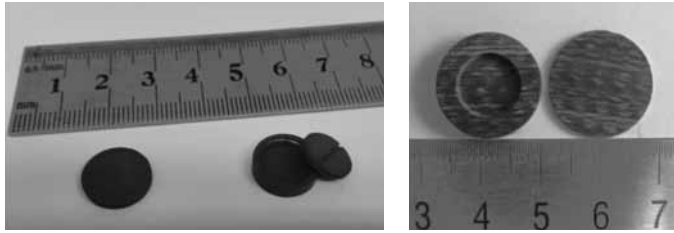
Ένας καινοτόμος ανιχνευτής νετρονίων αναπτύχθηκε στο ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» με σκοπό να καλύψει την ανάγκη αυτή. Ο ανιχνευτής αποτελείται από μία κεραμική κάψουλα χαμηλής ενεργοποίησης, στην οποία εσωκλείονται μέταλλα γνωστής μάζας και σύστασης. Η τεχνική ανίχνευσης των νετρονίων βασίζεται στη γνωστή τεχνική της νετρονικής ενεργοποίησης με πολλαπλά μεταλλικά φύλλα (Loughlin, Forrest, and Edwards 2001; Prokhorowicz et al. 2011). Η ροή και το φάσμα των νετρονίων μπορεί να προσδιοριστεί υπολογιστικά με βάση τη γ-φασματοσκοπική ανάλυση των προϊόντων ενεργοποίησης των μετάλλων από τα νετρόνια. Η βασική καινοτομία του ανιχνευτή έγκειται στην ανθεκτικότητα του υλικού της κάψουλας στις αντίξοες συνθήκες που επικρατούν σε περιβάλλον σύντηξης.

Ο ανιχνευτής επιτρέπει τη μέτρηση της συνολικής ροής των νετρονίων και, επιπλέον, την εκτίμηση του ενεργειακού φάσματος των νετρονίων στη θέση μέτρησης. Κατά συνέπεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της ροής νετρονίων σε διάφορα εξαρτήματα και υλικά μελλοντικών αντιδραστήρων σύντηξης με σκοπό την εκτίμηση του ρυθμού παραγωγής τριτίου, της θέρμανσης λόγω των πυρηνικών αντιδράσεων, της νετρονικής ενεργοποίησης υλικών σε πυρηνικούς αντιδραστήρες σύντηξης όπως το ITER και το DEMO, καθώς και στα μελλοντικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας μέσω σύντηξης (Prokhorowicz et al. 2011; Angelone et al. 2015; Klíx et al. 2012).

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται δύο εφαρμογές του καινοτόμου ανιχνευτή για τον προσδιορισμό του φάσματος των νετρονίων κατ' αρχήν σε ένα πεδίο αναφοράς με πηγή νετρονίων 14 MeV από την αντίδραση Δευτερίου-Τριτίου (D-T) στις εγκαταστάσεις της ENEA στο Frascati της Ιταλίας, καθώς και του φάσματος νετρονίων από πηγή πλάσματος Δευτερίου – Δευτερίου (D-D) στο Joint European Tokamak (JET) στο Ηνωμένο Βασίλειο, το μεγαλύτερο σε λειτουργία tokamak παγκοσμίως.

2. Περιγραφή του ανιχνευτή VERDI

Τα κριτήρια επιλογής για το υλικό της κάψουλας ήταν η αντίσταση στις υψηλές θερμοκρασίες και απότομες μεταβολές αυτής, η ικανότητα τοποθέτησης μεταλλικών στοιχείων, η πολύ χαμηλή συγκέντρωση ενεργοποιούμενων ιχνοστοιχείων και η μη αλληλεπίδραση με τα μαγνητικά πεδία. Τα υλικά που πληρούν τις παραπάνω προδιαγραφές και χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή κάψουλών ανιχνευτών VERDI ήταν ο γραφίτης



Σχήμα 1. Κάψουλες ανιχνευτών VERDI από υλικό γραφίτη (αριστερά) και C/C-SiC (δεξιά).

και ένα σύνθετο κεραμικό υλικό (Ceramic Matrix Composite, CMC). Ο γραφίτης έχει καθαρότητα 99.997%, ενώ το υλικό CMC είναι καρβίδιο του πυριτίου ενισχυμένο με ίνες άνθρακα, C/C-SiC. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται τυπικές κάψουλες γραφίτη και C/C-SiC που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή ανιχνευτών VERDI.

Αναφορικά με τα μεταλλικά στοιχεία που εσωκλείονται στις παραπάνω κάψουλες, τα κριτήρια επιλογής ήταν το σημείο τήξης, ο χρόνος ημιζωής των προϊόντων ενεργοποίησης, οι ενεργές διατομές (θερμικές και με κατώφλι), το ποσοστό εκπομπής των ακτί-

Πίνακας 1 Ιδιότητες υποψήφιων μεταλλικών στοιχείων

Στοιχείο	Σημείο τήξης (°C)	Ισότοπο	Ισοτ. Αναλογία (%)	Αντίδραση	Κατώφλι (MeV)	Χρόνος ημιζωής	Μάζα (mg)
Ag	962	¹⁰⁹ Ag	48.16	¹⁰⁹ Ag (n, γ) ^{110m} Ag	--	249.8 d	3
Au	1064	¹⁹⁷ Au	100.00	¹⁹⁷ Au (n, γ) ¹⁹⁸ Au ¹⁹⁷ Au (n, 2n) ¹⁹⁶ Au	-- 8.13	2.69 d 6.18 d	5
Mn	1246	⁵⁵ Mn	100.00	⁵⁵ Mn (n, γ) ⁵⁶ Mn ⁵⁵ Mn (n, 2n) ⁵⁴ Mn	-- 10.50	2.57 h 310 d	2
Nb	2469	⁹³ Nb	100.00	⁹³ Nb (n, 2n) ^{92m} Nb	9.00	10.15 d	0.3
Ni	1455	⁵⁸ Ni ⁶⁰ Ni ⁶⁴ Ni	68.08 26.22 0.93	⁵⁸ Ni (n, p) ⁵⁸ Co ⁶⁰ Ni (n, p) ⁶⁰ Co ⁶⁴ Ni (n, γ) ⁶⁵ Ni	0.40 2.20 --	72 d 5.27 y 2.52 h	2
Rh	1963	¹⁰³ Rh	100.00	¹⁰³ Rh (n, 2n) ¹⁰² Rh ¹⁰³ Rh (n, p) ¹⁰³ Ru	9.50 0.20	2.9 y 39.3 d	13
Ti	1668	⁴⁶ Ti ⁴⁷ Ti ⁴⁸ Ti	8.00 7.30 73.80	⁴⁶ Ti (n, p) ⁴⁶ Sc ⁴⁷ Ti (n, p) ⁴⁷ Sc ⁴⁸ Ti (n, p) ⁴⁸ Sc	1.62 0.66 3.29	85 d 3.43 d 44 h	200
Y	1526	⁸⁹ Y	100.00	⁸⁹ Y (n, α) ⁸⁶ Rb ⁸⁹ Y (n, 2n) ⁸⁸ Y	3.03 12.00	18.63 d 106.6 d	40
Zn	419	⁶⁴ Zn ⁶⁸ Zn	48.60 18.80	⁶⁴ Zn (n, p) ⁶⁴ Cu ⁶⁴ Zn (n, 2n) ⁶³ Zn ⁶⁸ Zn (n, γ) ^{69m} Zn	0.10 12.50 --	12.7 h 38.5 min 13.76 h	80

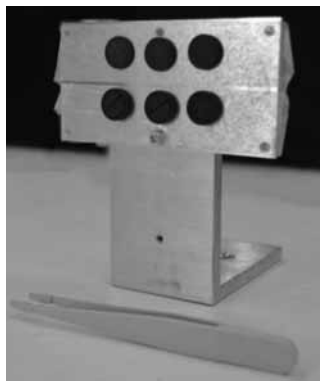
νων-γ, η μη ενεργειακή αλληλεπικάλυψη των ανιχνευόμενων ακτίνων-γ, η ευφλεκτότητα και το κόστος. Τα μεταλλικά στοιχεία που ικανοποιούν τα παραπάνω κριτήρια συνοψίζονται στον Πίνακα 1, μαζί με τις αντίστοιχες φυσικές και πυρηνικές ιδιότητες. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε στοιχείο δίνονται το σημείο τήξης καθώς και τα φυσικά ισότοπα και η φυσική αναλογία τους. Επιπλέον, για κάθε ισότοπο δίνονται οι αντιδράσεις ενδιαφέροντος στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, καθώς και τα χαρακτηριστικά των προϊόντων ενεργοποίησης (χρόνος ημιζωής, κύρια ενέργεια φωτονίων και ποσοστό εκπομπής της).

Ο ακριβής προσδιορισμός της μάζας του κάθε στοιχείου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση υπολογιστικών μοντέλων για την εκτίμηση της ενεργοποίησης (Sanva et al. 2019). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ο κώδικας FISPACT-II (Sublet, Eastwood, and Morgan 2014), ο οποίος αναπτύχθηκε από την Υπηρεσία Ατομικής Ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου (UKAEA), προσομοιώνει την ακτινοβολήση ενός υλικού και προσδιορίζει τη ραδιοϊσοτοπική του σύσταση καθώς και άλλων ραδιολογικών παραμέτρων σε συνάρτηση με τον χρόνο. Οι απαιτούμενες μάζες για τον ανιχνευτή VERDI που προέκυψαν από τους υπολογισμούς παρουσιάζονται στην τελευταία στήλη του Πίνακα 1.

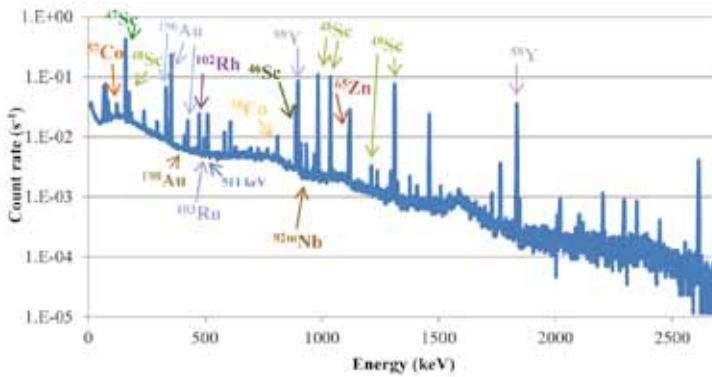
3. Πείραμα στη γεννήτρια νετρονίων 14 MeV

Για την πειραματική μελέτη των ανιχνευτών VERDI στη γεννήτρια νετρονίων ενέργειας 14 MeV (Frascati Neutron Generator, FNG) κατασκευάστηκαν έξι (6) ανιχνευτές από κάψουλα γραφίτη, δύο από τους οποίους δεν περιείχαν μεταλλικά στοιχεία. Οι ανιχνευτές τοποθετήθηκαν σε δειγματοφορέα από Αλουμίνιο καθαρότητας 99.0%, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Η διάταξη ακτινοβολήθηκε με νετρόνια ενέργειας 14 MeV για διάρκεια 2.956 h σε απόσταση 5.3 cm από την πηγή νετρονίων.

Η ένταση της πηγής νετρονίων στο FNG προσδιορίζεται απόλυτα μέσω της μέτρησης των σωματιδίων α που εκπέμπονται από την αντίδραση σύντηξης $T(D, n)\alpha$, με αβεβαι-



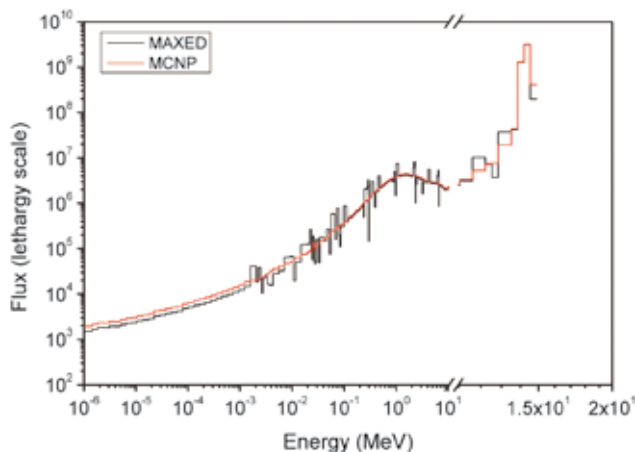
Σχήμα 2. Οι VERDI ανιχνευτές στον δειγματοφορέα ακτινοβολήσης στη γεννήτρια νετρονίων.



Σχήμα 3. Τυπικό φάσμα που συλλέχθηκε στο ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» 7 d μετά την ακτινοβόληση.

ότητα 0.04%. Το συνολικό πλήθος νετρονίων που εκπέμφθηκαν από την πηγή κατά τη διάρκεια του πειράματος προσδιορίστηκε σε 4.96×10^{14} νετρόνια. Λαμβάνοντας υπόψη υπολογιστικό μοντέλο που αναπτύχθηκε με τον κώδικα MCNP (Team 2003), εκτιμήθηκε η ροή νετρονίων στη θέση ακτινοβόλησης των ανιχνευτών VERDI, η οποία κυμαίνεται στο εύρος $(1.55 - 1.72) \times 10^8$ n/cm²/s, ανάλογα με τη θέση του εκάστοτε ανιχνευτή.

Μετά το πέρας της ενεργοποίησης, οι ανιχνευτές VERDI αναλύθηκαν με μεθόδους γ-φασματοσκοπίας τόσο στην ΕΝΕΑ, αμέσως μετά την ακτινοβόληση, όσο και στο ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», 7 ημέρες μετά. Τυπικό φάσμα των αναλύσεων παρουσιάζεται στο



Σχήμα 4. Σύγκριση του ενεργειακού φάσματος νετρονίων της γεννήτριας νετρονίων που προσδιορίστηκε με τους ανιχνευτές VERDI και με τον κώδικα MCNP (σημειώνεται η αλλαγή του x άξονα από λογαριθμικό σε γραμμικό)

Σχήμα 3. Σημειώνεται ότι τα φάσματα που λήφθηκαν στην ENEA δίνουν πληροφορίες για βραχύβια ισότοπα, ενώ από τις αναλύσεις στο ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» παρέχονται δεδομένα για πιο μακρόβια ισότοπα, όπως τα ^{57}Co , ^{58}Co , ^{102}Rh , ^{103}Ru , $^{92\text{m}}\text{Nb}$.

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων λήφθηκαν οι απαραίτητες πληροφορίες για την ανακατασκευή του φάσματος νετρονίων με χρήση του κώδικα MAXED, ο οποίος εφαρμόζει τη μέθοδο μέγιστης εντροπίας (Reginatto and Goldhagen 1999). Η λεπτομερής περιγραφή της διαδικασίας ανακατασκευής του φάσματος περιγράφεται στις εργασίες (Sanna et al. 2019), (Nobs et al. 2019) και (Sanna et al. 2021). Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται το φάσμα που προσδιορίστηκε με τους ανιχνευτές VERDI για τη γεννήτρια νετρονίων 14 MeV και συγκρίνεται με το αντίστοιχο φάσμα που υπολογίστηκε μέσω του κώδικα Monte Carlo MCNP. Στην κορυφή των 14 MeV παρατηρείται διαφορά 3% ανάμεσα στα φάσματα, ενώ στην ενεργειακή περιοχή $0.1 < E < 11$ MeV η διαφορά αυτή γίνεται 5%.

Το πείραμα στη γεννήτρια νετρονίων κατέδειξε τη δυνατότητα των ανιχνευτών VERDI να ανιχνεύσουν νετρόνια με ακρίβεια καλύτερη από 5% σε ένα πεδίο ταχέων νετρονίων και επομένως τέθηκαν τα θεμέλια για εφαρμογή τους σε πραγματικές συνθήκες σύντηξης με πηγή πλάσματος.

4. Πείραμα στην πηγή πλάσματος στο JET tokamak

Ανιχνευτές VERDI κατασκευάστηκαν και ακτινοβολήθηκαν στο JET tokamak κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του με πηγή πλάσματος Δευτερίου-Δευτερίου (DD) το 2019. Οι ανιχνευτές τοποθετήθηκαν για ακτινοβολήση σε δύο δειγματοφορείς (κωδικές ονομασίες ACT και RADA) στη θέση Long Term Irradiation Station (LTIS), θέση παρακείμενη στην πηγή πλάσματος. Στο Σχήμα 5 δίνεται μία σχηματική αναπαράσταση της θέσης του tokamak όπου τοποθετήθηκε η διάταξη με τους δειγματοφορείς.

Στον δειγματοφορέα ACT τοποθετήθηκαν δύο κάψουλες από γραφίτη, ενώ στον δειγματοφορέα RADA τοποθετήθηκαν συνολικά έξι ανιχνευτές VERDI – τρεις από κάθε υλικό (γραφίτης και CMC). Δύο ανιχνευτές ήταν χωρίς μέταλλα, ώστε να μελετηθεί το ενδεχόμενο ενεργοποίησης ιχνοστοιχείων που μπορεί να περιέχονται στο υλικό της κάψουλας (Σχήμα 6).



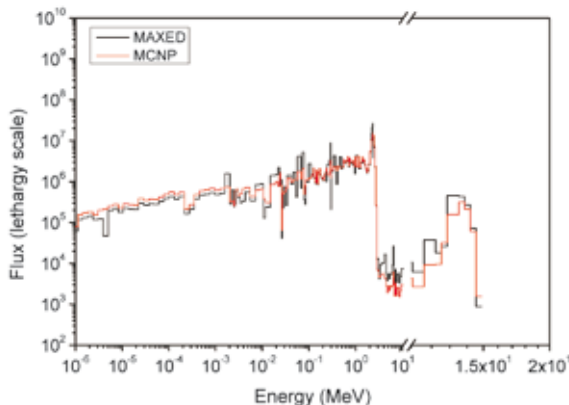
Σχήμα 5. Σχηματική απεικόνιση των δειγματοφορέων όπου τοποθετήθηκαν οι ανιχνευτές VERDI (από αριστερά: σωλήνας δειγματοφορέων στο tokamak, δειγματοφορείς εντός του σωλήνα, διάταξη δειγματοφορέων).



Σχήμα 6. Οι δειγματοφορείς ACT (αριστερά) και RADA (δεξιά) με τους ανιχνευτές VERDI.

Κατά τη διάρκεια της ακτινοβόλησης εκπέμφθηκαν από την πηγή πλάσματος 3.15×10^{19} νετρόνια $\pm 10\%$ (Batistoni et al. 2017). Η ολοκληρωμένη ροή των νετρονίων στη θέση ακτινοβόλησης των ανιχνευτών VERDI κυμαίνεται από 1.83×10^{14} έως 1.92×10^{14} n/cm², ανάλογα με τη θέση του ανιχνευτή.

Μετά το τέλος του πειράματος, οι ανιχνευτές αναλύθηκαν με μεθόδους γ-φασματοσκοπίας, από τα αποτελέσματα των οποίων λήφθηκαν οι απαραίτητες πληροφορίες για την ανακατασκευή του φάσματος νετρονίων με χρήση του κώδικα MAXED. Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της ανακατασκευής, το οποίο συγκρίνεται με το υπολογιστικό φάσμα μέσω του κώδικα MCNP. Η συνολική ροή νετρονίων σε ολόκληρο το ενεργειακό φάσμα υπολογίζεται από το ανακατασκευασμένο φάσμα σε 1.40×10^7 n/cm²/s $\pm 20\%$, τιμή η οποία διαφέρει κατά 8.3% από την αντίστοιχη τιμή που υπολογίζεται με βάση δεδομένα άλλου τύπου ανιχνευτών νετρονίων στο JET.



Σχήμα 7. Σύγκριση του ενεργειακού φάσματος νετρονίων του JET tokamak που προσδιορίστηκε με τους ανιχνευτές VERDI και με τον κώδικα MCNP (σημειώνεται η αλλαγή του x άξονα από λογαριθμικό σε γραμμικό).

5. Συμπεράσματα

Ο ακριβής χαρακτηρισμός των πεδίων νετρονίων (ροή και ενεργειακό φάσμα) είναι εξαιρετικής σημασίας για τους αντιδραστήρες πυρηνικής σύντηξης, όπως το ITER και το DEMO, καθώς τα νετρόνια μεταφέρουν το μεγαλύτερο ποσοστό εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που παράγεται κατά την πυρηνική σύντηξη. Ωστόσο, ο χαρακτηρισμός αυτός είναι ιδιαίτερα δύσκολος υπό τις απαιτητικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν τα μελλοντικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας μέσω πυρηνικής σύντηξης.

Στο πλαίσιο του προγράμματος ανάπτυξης των ανιχνευτών VERDI, η δοσιμετρία νετρονίων μέσω νετρονικής ενεργοποίησης προσαρμόστηκε στις αντίξοες συνθήκες της σύντηξης. Πιο συγκεκριμένα, τα μεταλλικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τη δοσιμετρία εισάγονται σε μια κεραμική μήτρα που διαθέτει κατάλληλες φυσικές, χημικές και μηχανικές ιδιότητες, ώστε να αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες, υψηλά μαγνητικά πεδία και έντονα πεδία ακτινοβολίας. Αυτή η προσέγγιση παρέχει μια ανθεκτική τεχνική για τον προσδιορισμό της ροής νετρονίων στο απαιτητικό περιβάλλον της σύντηξης και θα μπορούσε να συμπληρώσει και να επεκτείνει τις υπάρχουσες μεθόδους μέτρησης νετρονίων. Αποτελεί μια απόλυτα βαθμονομημένη μέθοδο μέτρησης της ροής νετρονίων κι επιτρέπει τη μέτρηση της ροής νετρονίων σε διάφορες περιοχές και υλικά του αντιδραστήρα, τον προσδιορισμό του ρυθμού αναπαραγωγής τριτίου, τη θέρμανση λόγω πυρηνικών αντιδράσεων καθώς και άλλων πυρηνικών παραμέτρων.

Βιβλιογραφία

- Angelone M., Fischer U., Flammini D., Jodlowski P., Klix A., Kodeli I., Kuc T. et al. 2015. "Neutronics Experiments, Radiation Detectors and Nuclear Techniques Development in the EU in Support of the TBM Design for ITER." *Fusion Engineering and Design* 96–97 (October): 2–7. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2015.06.114>.
- Batistoni P., Popovichev S., Conroy S., Lengar I., Čufar A., Abhangi M., Snoj L. and Horton L. 2017. "Calibration of Neutron Detectors on the Joint European Torus." *Review of Scientific Instruments* 88 (10): 103505. <https://doi.org/10.1063/1.4991780>.
- European Research Roadmap to the Realisation of Fusion Energy*. n.d. EUROfusion Programme Management Unit. <https://www.euro-fusion.org/eurofusion/roadmap/>.
- Klix A., Domula A., Fischer U., Gehre D., Pereslavl'tsev P. and Rovni I. 2012. "Neutronics Diagnostics for European ITER TBMs: Activation Foil Spectrometer for Short Measurement Cycles." *Fusion Engineering and Design* 87 (7–8): 1301–6. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2012.02.129>.
- Loughlin M.J., Forrest R.A. and Edwards J.E.G. 2001. "Neutron Activation Studies on JET." *Fusion Engineering and Design* 58–59 (November): 967–71. [https://doi.org/10.1016/S0920-3796\(01\)00523-3](https://doi.org/10.1016/S0920-3796(01)00523-3).

- Nobs C.R., Packer L.W., Batistoni P., Colling B., Ghani Z., Gilbert M.R., Loreti S. et al. 2019. "Neutron Spectrum Unfolding for the Development of a Novel Neutron Detector for Fusion." *Fusion Engineering and Design* 146 (September): 2658–62. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2019.04.074>.
- Prokopowicz R., Bienkowska B., Drozdowicz K., Jednorog S., Kowalska-Strzeciwiłk E., Murari A., Popovichev S. et al. 2011. "Measurements of Neutrons at JET by Means of the Activation Methods." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 637 (1): 119–27. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2011.01.128>.
- Reginatto M. and Goldhagen P. 1999. "MAXED, A Computer Code For Maximum Entropy Deconvolution of Multisphere Neutron Spectrometer Data." *Health Physics* 77 (5): 579–83. <https://doi.org/10.1097/00004032-199911000-00012>.
- Savva M.I., Vasilopoulou T., Nobs C.R., Batistoni P., Colling B., Ghani Z., Gilbert M.R. et al. 2019. "VERDI Detector Benchmark Experiment at the ENEA 14 MeV Frascati Neutron Generator." *Fusion Engineering and Design* 146 (September): 1877–81. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2019.03.055>.
- Savva M.I., Vasilopoulou T., Stamatelatos I.E., Mergia K., Messoloras S., Michelakaki I., Ghani Z., Nobs C.R. and Packer L.W. 2021. "Application of VERDI Detectors for Neutron Fluence Measurements during the JET 2019 Deuterium-Deuterium Campaign." *Fusion Engineering and Design* 166 (May): 112286. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2021.112286>.
- Sublet J.C., Eastwood J.W. and Morgan J.G. 2014. "The FISPACT-II User Manual"
- Team X-5 Monte Carlo. 2003. *MCNP - Version 5, Vol. I: Overview and Theory, LA-UR-03-1987*. Los Alamos National Laboratory.

Abstract

Nuclear fusion is an abundant, sustainable and carbon-free source of energy. For future fusion power plants there is a great need for neutron detectors that are capable to monitor neutron flux under harsh conditions encountered in a magnetic plasma fusion reactor (tokamak), i.e. high and variable neutron fluxes, high gamma background, high temperature and high and variable magnetic fields. The accurate determination of neutron flux is of particular importance, since neutrons carry the largest percentage of exploitable energy produced during nuclear fusion.

To meet this need, an innovative neutron detector is developed, called VERDI (Novel Neutron Detector for Fusion), consisting of a capsule made of low activation ceramic material which encloses a defined mass of metallic elements. The neutron fluence and energy spectrum can be inferred by the analysis of the gamma spectra produced by the neutron activation reactions in the metallic elements employing a computational

unfolding procedure. The key novelty of the detector lies in the robustness of the capsule that allows measurements to be performed under the harsh conditions encountered in a fusion reactor.

In this work, two characteristic applications of the VERDI detectors are presented aiming at the determination of the neutron spectrum in a reference neutron field of 14 MeV neutrons produced from the Deuterium-Tritium (DT) reaction at the ENEA facility in Frascati, Italy, as well as the determination of the neutron spectrum produced by a Deuterium-Deuterium (DD) plasma source at the Joint European Torus (JET) in the United Kingdom.

Keywords: nuclear fusion, neutron activation, gamma spectrometry, neutron detection.

Indicative measurements of Cs-137 accumulation and natural radioactivity in sediments of the Plastiras Lake in West Thessaly

**GEORGE N. PAPADAKOS, NIKOS P. PETROPOULOS
and MARIOS I. ANAGNOSTAKIS**

Nuclear Engineering Laboratory, School of Mechanical Engineering,
National Technical University of Athens
e-mail: gpap@nuclear.ntua.gr

Abstract

The sediments of, either natural or artificial, lakes might witness processes occurring during the sedimentation period, thus providing the opportunity for the investigation of the radioactivity mobility. This study presents indicative depth samplings performed by the Nuclear Engineering Laboratory of the National Technical University of Athens (NEL-NTUA) in year 2006 in the sediment of the Plastiras artificial lake located in West Thessaly, Greece, as well as in nearby cultivated soil. It has been well documented that within the wider area around this lake there has been recorded significant quantities of Cs-137 fallout due to the Chernobyl nuclear accident back in 1986. This event took place well after the lake's filling up during year 1959. Four sediment depth samplings were performed: two of them close to inlets with relatively low flow, one without any apparent connection to any inlet and one close to a strong water inlet. Two more depth samplings were performed in cultivated soil, at selected positions close to the lake and known for relatively high contamination with Cs-137 because of the accident. All samplings allowed for the determination of the Cs-137 activity depth profiles as well as of the naturally occurring Ra-226, Th-232, K-40 and excess Pb-210 activities depth profiles. The results indicate that at these particular sediment sampling points the total amount of Cs-137 found, does not exceed what has been estimated as existing in the initial fallout at the neighboring surface soil. The activities depth profiles in cultivated soil indicate that no Cs-137 added to the soil between the year of the Chernobyl accident and the sampling year, as a potential result of irrigation from the examined lake waters. In all cases of activities depth profiles, the results for the naturally occurring isotopes are compatible with the sedimentation processes for samplings in sediments and with mechanical soil stirring methods for samplings in cultivated soils. The broader aim of this study is to assess and report the presence of artificial radioactivity in the sedimentary bottom of the Plastiras lake near to its shores and relative to nearby

inletting streams and to state any plausible conclusions from the found radioisotope concentration vertical distribution as well as to discuss any possibility that the Cs-137 concentration in the lake's water could have affected nearby lake irrigated cultivated soils. *This work is a prepublication of a similar more extended one, soon to be submitted for review in a scientific journal.*

Keywords: lake sediment, radioactivity depth profiles, Cs-137

1. Introduction

As already studied (Papadakos, 2012; Papadakos et al, 2016; Papadakos et al, 2017), Cs-137 is, practically, the only Chernobyl fallout isotope, which could be still detected in Greece. Following up the Cs-137 behavior in the environment and particularly in irrigating water reservoirs is rather important, since Cs-137 ingestion, either through the consumption of drinking water or by the consumption of agricultural products from a possibly contaminated soil or under possibly contaminated irrigation, could be a pathway that leads to biota exposures. The inventory of Cs-137 deposited around or onto the water bodies of lakes providing these drinking or irrigating water masses is the parameter, which could remotely characterize the consequent risk. As per earlier studies by numerous researchers, deposited Cs-137 due to the Chernobyl nuclear accident is concurrently found in two states: (a) fixed onto the soil particles and (b) in a non-fixed state (see for example Lee et al, 2017). A combination of the fact that Cs-137 presents elevated water solubility (Jeon, 2016) with the estimation that a fraction of its inventory remains in a non-fixed state leads to the conclusion that amounts of Cs-137 should be easily transferred into lakes and other water bodies especially during wash-out at inlets. Concentration of Cs-137 dissolved in lake water is a result of various characteristics of the specific lake water, mostly chemical (Saxén and Illus, 2008; Wakiyama et al, 2017). However, Cs-137 concentrations in lake waters, two decades after the Chernobyl accident, is found to be very low (Wilflinger et al, 2005). These concentrations are comparable with the limit of detection of simple sample analysis methods like gamma spectroscopy (e.g. see Durrant et al, 2018). Further, it has been shown that the initially higher concentrations of Cs-137 dissolved in lake and reservoir waters in 1986, was rapidly decreased to a minimum that remains and steadily decays until present (Saxén et al, 2010, Rask et al, 2012). This period of rapid concentration decrease was estimated in vitro to about one year, while the same experiment revealed upper sediment layers' buoyancy due to the overlying water as a significant factor for the vertical profile formation of Cs-137 in the sediment (Tarasiuk et al, 2017). Water run-off mechanisms from the surrounding streams, which cause inlet to water bodies are not considered as

significant contributors to the Cs-137 concentration in the water (Wilflinger et al, 2005). The reason is that the streams promote the Cs-137 movement towards the sediment of the water system. If there exist no strong re-dissolution (wet resuspension) mechanisms, the Cs-137 concentration in the lake water is unlikely to be affected (Blakar et al, 1992). In essence, Cs-137 concentrations and inventories in water bodies cannot be a reliable indicator of the Cs-137 content in water environs and more attention should be better paid on the bottom sediments.

When the re-dissolution processes are strong, i.e. near the presence of a water inflow close to a near shore sampled sediment, it has been argued that such a situation could be related with an increased Cs-137 inventory value in this sediment itself and according to the authors' opinion, with a very difficult to prove local increase of the Cs-137 content in the neighboring water. This assumption is based on the Cs-137 settlement on the sediment from water run-offs into the water bodies, originating in soils that lie at a higher elevation. The phenomenon is expected to be enhanced, if this run-off incorporates soil erosion and soil transfer by stream water (Blakar et al, 1992). Further enhancement is reasonably expected, in the case where the surrounding grounds are subject to erosion due to winter snowfall. Generally speaking, however, any causal effect regarding the sediments Cs-137 inventory is difficult to establish since the inventory level is considered to vary upon water chemical characteristics, such as salinity (Woszczyk et al, 2017).

The Plastiras artificial lake environment has been used within this work as a test case, in connection to the above analysis, since the western-bound and southern-bound part of the lake's basin has significant inclination and elevation and is generally covered by snow during most of the winter and spring months. Focus was put on sediment sampling and lake irrigated soil sampling. The sediment sampling points were carefully selected as near shore and close to low flow or high flow inlets, which could multiply the rain sedimentation effect. It is not expected that contaminated inlets could significantly affect sediments rather distant from such points (Blakar et al, 1992). Samplings were performed in such a manner to establish the vertical concentration profile of Cs-137 and of the main naturally occurring radioisotopes. The profile information is important in order to show that the Cs-137 inventory found in the sediments agrees or not with what has been measured in soil within the surrounding area. Excess Pb-210, i.e. the difference between Pb-210 and Ra-226 concentration, or even a combination of excess Pb-210 with Cs-137 or other long-lived fallout isotopes depth profiles could be used for sedimentation dating (Strakhovenko et al, 2010; Díaz-Asencio et al, 2017; Li et al, 2017; Simon et al, 2017).

2. Sampling area details

The Plastiras artificial lake belongs in the Karditsa prefecture in the West side of the administrative region of Thessaly at a mean surface elevation of approximately 750 m, see Fig. 1(a). The elevation usually and within a year could range from 780 to 790 m depending on the yearly water inlets and outlets. The elevation of 790 m cannot be exceeded and is controlled by overflow mechanisms (Christofides et al, 2005), see Fig. 1(b). The lake contains $\sim 400 \times 10^6 \text{ m}^3$ of water. Its maximum length is 12 km on the North-to-South direction, while its maximum width (East-to-West direction) is 4 km. Its surface is $\sim 24 \text{ km}^2$. Its maximum depth is 60 m. The lake boundaries are defined as it follows: at the lake's North-West, North and North-East the mountainous area of South Pindos with maximum elevation between 1500 and 2500 m; at the lake's South-West, South and South-East, the mountainous area of Thessalic Agrafa with maximum elevation around 2150 m; at the East the cultivated Thessaly plains. This lake was created after the construction of a dam on the catchment area of Tavropos river. The filling up process ended in 1959, after the dam was finished. The accumulated water is used for electricity production, irrigation of the Thessaly plains and for partial supply of drinking water to the nearby city of Karditsa.

The lake sedimentation process since its creation in 1959 may be described as it follows:

- (i) During the lake's formation, a mild soil deposition may have taken place due to the mechanical effects of the filling water flow and accumulation. Therefore, there should be a depth level below the lake's bottom, where the newer sediments end and older soil layers follow.
- (ii) After the lake's formation in 1959, the sedimentation process took its usual course as expected for any other lake with similar characteristics.

It should be stressed that, the relatively short sedimentation history of the lake adds value to this study inasmuch the Cs-137 content in the sediments is concerned. The sedimentation containing Cs-137 from the Chernobyl accident started in 1986, 27 years after the lake's formation. Sampling within this work took place in 2006, 30 years after 1986. Therefore, under the hypothesis of constant sedimentation rate, it is expected that more than 50% of the lake's sediment height in 2006 does not include much information pertaining to older than 1986 sedimentation processes. Further, and as with any artificial lake, the water of which is used for electricity production, the elevation of the Plastiras lake drops yearly during the summer and early autumn months, by 5 to 6 meters or more, much lower than the maximum found at the end of spring (Andreadakis et al, 2003). As a result, parts of the lake's bottom near to the shore, especially where the slope is small, are uncovered, during the months of August to October, see Fig. 1(c). A sampling procedure for these easily accessible sediment layers at the shallow shores of

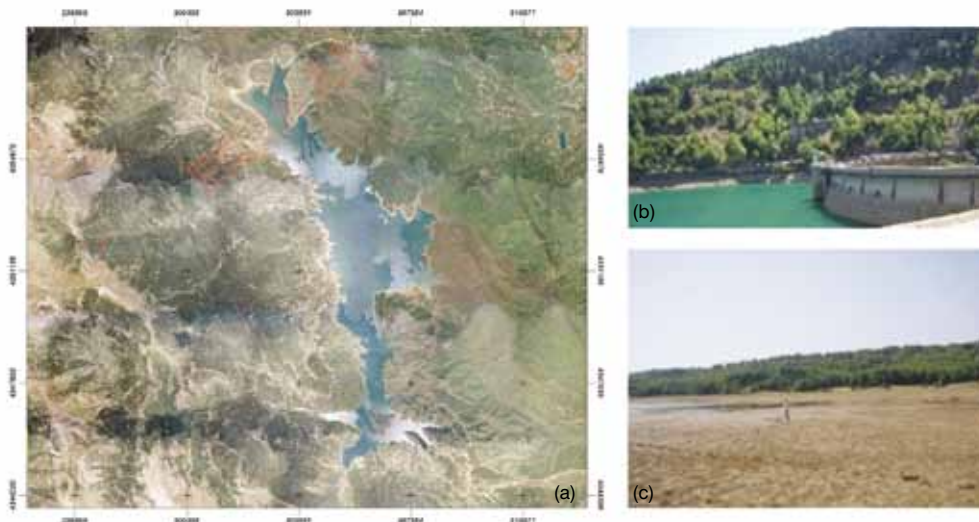


Figure 1. (a) Lake N. Plastiras position (source: www.ktimatologio.gr), (b) Lake water might overflow the dam when water level is high, (c) Lake water level drop phenomenon at the end of the summer

the lake is rather preferable during the period when the water is at a low level. The sampling of this work took place at the lake shore points demonstrated in the map of Fig. 2 and at cultivated points to the east of the lake well within the Thessaly plains irrigated by the lake.

3. Sampling and analysis

The sampling and the subsequent analysis was based on what is already known regarding the Cs-137 in sediments. According to the literature, the following are expected for sediments influenced by the Cs-137 fallout after the Chernobyl nuclear accident: In the early years after 1986, Cs-137 inventory would not significantly exceed the upper centimeter of sediment layers (Blakar et al, 1992). Years after the accident, vertical profiles of Cs-137 concentration have been found in sediments and may be used as an index of sedimentation (Putyrskaya and Klemt, 2007). However, sedimentation rates estimated by Cs-137 activity concentrations investigations vary significantly. In all cases the formation of Cs-137 vertical profile in lake sediments depends much on the buoyancy due to the overlying water, which mostly affects the upper layers of the sediment (Tarsiuk et al, 2017). Bottom depth is also considered an influential parameter to explain these variations (Broberg, 1994; Erlinger et al, 2009). Sediments formed deeper are, in general, more due to inflows, while shallower sediments seem to be connected with



Figure 2. Location of selected sampling points at the lake Plastiras shore

Table 1: Location of at depth samplings

Description	Sampling date	Coordinates [ED50]		Cs-137 Inventory in 1986 in [kBqm ⁻²] (samples number)
		φ (°)	λ (°)	
Points 1,2 : Shallow bottom of lake, close to a small water inlet	17-Aug-06	21.72E	39.35N	2.2–10.5 (5)
Point 3 : Shallow bottom of lake, in a bay away from any water inlets	21-Aug-06	21.70E	39.34N	1.97–10.0 (2)
Point 4 : Shallow bottom of lake, close to a strong water inlet	21-Aug-06	21.71E	39.33N	4.7–5.0 (3)
Point A : Cultivated soil close to the Agios Theodoros location (Karditsa prefecture)	25-Feb-07	22.02E	39.35N	113.4–137.5 (4)
Point B : Cultivated soil close to the Agioi Apostoloi location (Trikala prefecture)	25-Feb-07	21.72E	39.58N	62.5 (1)

re-dissolution processes (Nordlinder et al, 1997). Therefore, the sampling point bottom depth seems critical for the result about Cs-137 inventory. Yet, the sampling procedure in shallow depths near shores is much easier and much less intrusive. Within the above context, the sediment and cultivated soil sampling was performed at 6 sampling points described in more detail in Table 1. The table includes the results of Cs-137 inventory, in kBq m^{-2} , as measured within a sampling performed by NEL-NTUA in 1986 (Simopoulos, 1989) at sampling points located not more than 2 km away from the sampling points of this study. Table 1 includes also a qualitative characterization of the intensity of inletting streams close to the sampling points.

This characterization agrees with what has been verified in a relevant study by Hoularas et al (2007). The sediment and soil samples were collected using a handheld sampling tube. In the case of sediment sampling, a 1 cm depth step was followed, while in cultivated soil samplings, a 2cm depth step was followed. All samples were analyzed by gamma spectroscopy. The exact analysis procedure has been described in detail elsewhere (Papadakos et al, 2017). For each at-depth sampling of this work, the corresponding Cs-137 inventory was estimated on the basis of the work of Simopoulos (1989), as the sum of the products of Cs-137 mass specific activity (in Bq kg^{-1}) with the estimated dry mass area density of the corresponding sample (in kg m^{-2}). These values provide a basis for comparison with the 1986 inventory.

4. Results

All analysis results for each at-depth sampling include at-depth distribution of activity per unit mass (in Bq kg^{-1}) for the following isotopes: (i) Cs-137 from the Chernobyl fallout and also (ii) for excess Pb-210, Ra-226, Th-232 and K-40 which are natural occurring. The results are presented in graphs (Fig. 3 to Fig. 6)

Point "1" is located at the North shore of the lake, in shallow waters close to a small inletting stream, which originates at the east part of the lake's shoreline. The corresponding sediment at the shoreline becomes exposed and gets dry during summer. Figure 2 shows the respective results for this point. The vertical distribution of the Cs-137 activity presents, as expected, a nearly exponential form. Under plausible assumptions regarding the dry sediment area density, the corresponding inventory was estimated equivalent to an initial surface contamination of $4.0 \pm 0.1 \text{ kBq m}^{-2}$. This result agrees with what has been reported in the right column of Table 1. It should be noted that in this case Cs-137 activity is also, and unexpectedly, found in depths greater than 8 cm. For this finding there exists two plausible explanations: (a) The Cs-137 activity at this depth and below could be attributed to older atmospheric nuclear weapon tests, or (b) it could be attributed to the non-fixed fraction of Cs-137 that migrates at depth, faster than the fixed fraction. Since such a deep Cs-137 activity was not found in the other sediment

sampling points, explanation (a) sounds somewhat more convincing under the assumption that at the particular sampling point sediment is shallow and underneath it there is to be found old surface soil before the creation of the lake. At the same point "1", the vertical distribution of the excess Pb-210 is an indication of a mild sedimentation rate.

Point "2" is located just a few meters away from point "1" once more in shallow waters. The corresponding sediment at the shoreline becomes exposed and gets dry during summer. Figure 4 shows the respective results for this point. In this case the form of the vertical distribution of the Cs-137 activity cannot be characterized as exponential, indicating, once more, the variability that could exist even in nearby sediments of a lake environment. The corresponding inventory was estimated equivalent to an initial surface contamination of $1.16 \pm 0.06 \text{ kBq m}^{-2}$, which is much poorer than that found in point "1". This is another indication of variability in sediments properties; questions could be

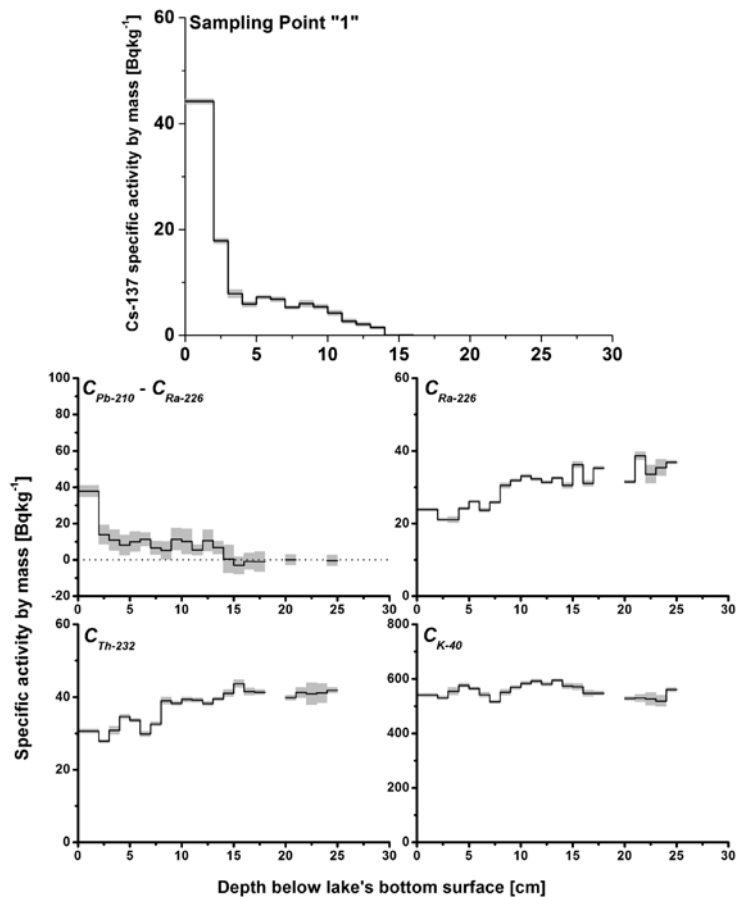


Figure 3. Sampling Point "1" results (gray span: 95% confidence interval based on measurements)

raised on sampling and analysis only if the inventory was found significantly greater than what has been reported in the right column of Table 1. These findings regarding the Cs-137 vertical distribution form and its inventory estimation confirm that even for neighboring, similar sampling points, Cs-137 shows a significant spatial (intrinsic) standard uncertainty, which, for neighboring samplings at undisturbed soils, has been estimated up to about 20%, (see Papadakos, 2012; Papadakos, et al, 2017). As noted previously, in the case of this point, there is no Cs-137 detected deeper than 6 cm into the sediment. The depth profiles of Ra-226 and Th-232 activity are, as expected, similar to those of point "1". In addition, the vertical distribution of the excess Pb-210 is also similar to that of point "1" and indicates, again, a mild sedimentation rate.

Point "3" is located in the head of a small "bay", at the lake's North-East, which has been formed as the water flooded a concave surface with low inclination. At this sam-

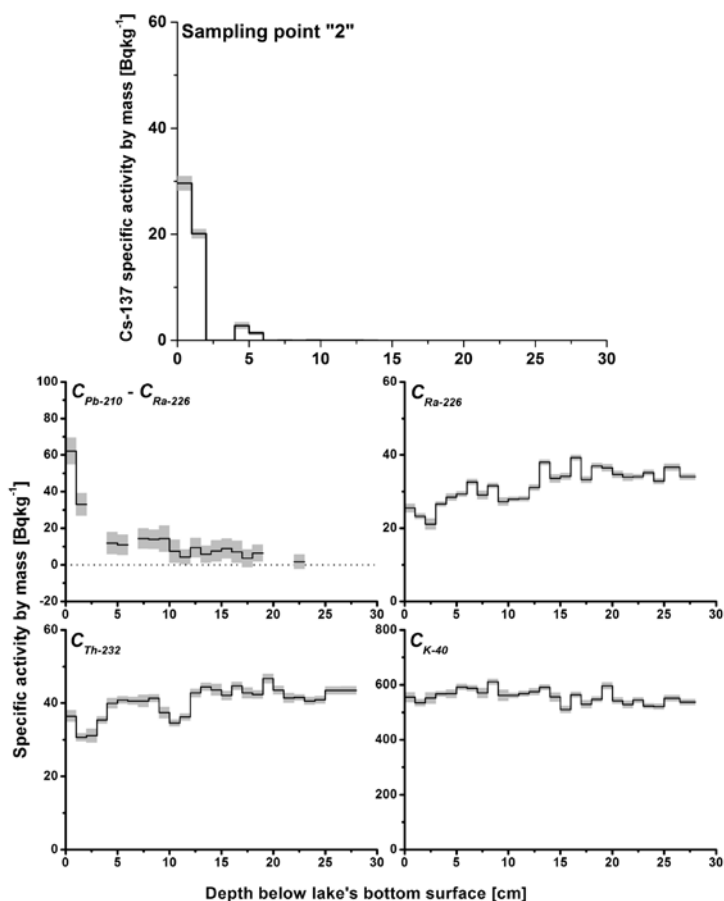


Figure 4. Sampling Point "2" results (gray span: as in Fig. 3)

pling point the lake's bottom was even shallower than in points "1" and "2". The corresponding sediment at the shoreline becomes exposed and gets dry during summer.

Point "3" is not connected to any inflow coming from a stream; therefore, it could be an indicator of what may occur in parts of the lake's bottom, where only re-dissolution may contribute to the Cs-137 inventory. Figure 5 shows the respective results for this point. In this case, nearly as at point "2", the form of the vertical distribution of the Cs-137 activity, despite rapidly dropping by depth, cannot be easily characterized as exponential, indicating, once more, the variability that could exist in the sediments of a lake environment. The corresponding Cs-137 inventory was estimated equivalent to an initial surface contamination of 1.8 ± 0.1 kBq m^{-2} . This result agrees with what has been reported in the right column of Table 1.

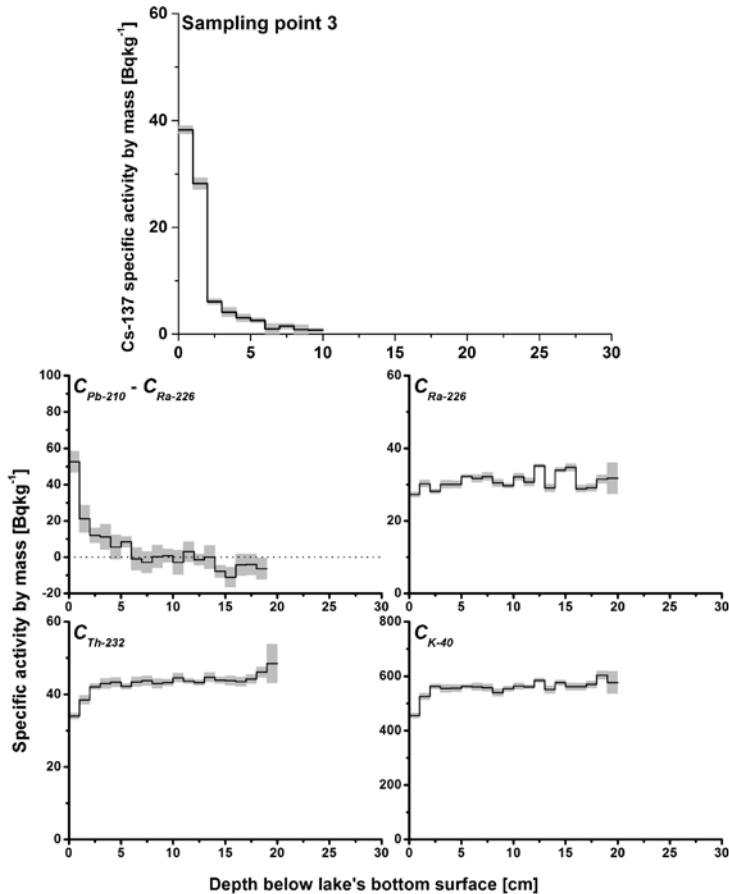


Figure 5. Sampling Point "3" results (gray span: as in Fig. 3)

The shallow depth profile of the excess Pb-210 concentration, which meets zero value at a depth of about 5cm defends an assumption of very low sedimentation rate at point "3".

Point "4" is located at the North-West shore of the lake. At this point, due to the existence of a strong stream originating from the western highly inclined slopes of the lake's basin, intense re-dissolution may be anticipated. The incoming stream originates in much higher elevation, therefore, significant run-off, significant wash-out and snowfall soil erosion mechanisms act in combination. Due to the different condition situation at this point, sampling deeper than points "1", "2" and "3" was pursued. It is not a surprise that behavior at this sampling point was found quite different than that of points "1" to "3".

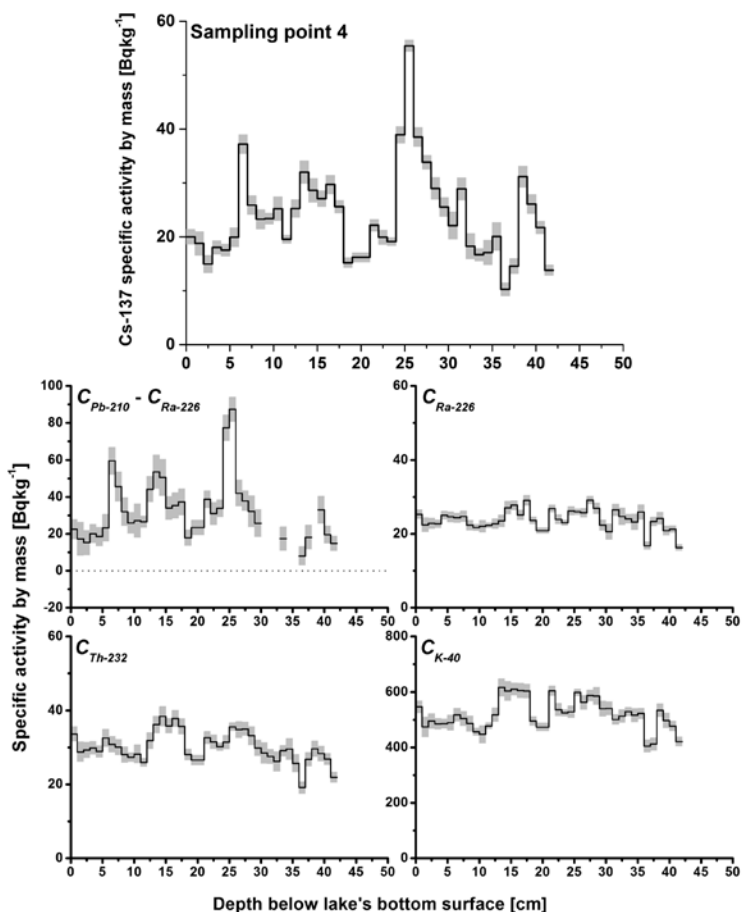


Figure 6. Sampling Point "4" results (gray span: as in Fig. 3)

Figure 6 shows the respective results. In this case there seems to be no vertical distribution of the Cs-137 activity but rather a fluctuation around the mean, regardless of sampling depth, a strong indicator of re-dissolution. The corresponding Cs-137 inventory was estimated equivalent to an initial surface contamination of 20.3 ± 0.4 kBqm⁻². This inventory clearly exceeds what has been reported in the right column of Table 1 for nearby soil samples, a strong indicator of excess input from the surrounding catchment. Further, the excess Pb-210 concentration, does not present a decay-like distribution by depth but, again, rather a fluctuation around the mean, regardless of sampling depth, another strong indicator of re-dissolution. In addition, excess Pb-210 concentration by depth does not become zero at any point within the sampling depth, thus making it impossible to deduce the sedimentation rate.

Points "A" and "B" are located at the nearby cultivated plains at the east of the lake. Due to the different condition situation at these points, sampling at least down to light ploughing depth was pursued. Once more, it is not a surprise that behavior at this sampling points was found quite different than that of points "1" to "3" and somewhat similar to that of point "4". Figures 7 and 8 show the respective results. In this case, there is no vertical distribution of the Cs-137 activity; the Cs-137 concentration is quite stable with depth, a sound proof of redistribution due to the mechanical disturbance that comes along with cultivation. The corresponding Cs-137 inventories were estimated equivalent to an initial surface contamination of 8.8 ± 0.1 kBqm⁻² for point "A" and 18.8 ± 0.2 kBqm⁻² for point "B". The inventories were found significantly lower than what has been reported in the right column of Table 1. This may be attributed both to cultivation redistribution and also to horizontal migration due to irrigation. Further, the excess Pb-210 concentration, does not present a decay-like distribution by depth but, again, rather a stable low value with depth, another strong indicator of mechanical redistribution. In addition, excess Pb-210 concentration by depth does not become zero at any point within the sampling depth, thus making it impossible to deduce the sedimentation rate.

5. Discussion and conclusions

The Plastiras lake in the Karditsa prefecture of Greece being an artificial water reservoir, which was created three decades before the Chernobyl accident was selected to witness the mechanisms of Cs-137 neighboring-soil-to-lake-sediment transfer due to water streaming and subsequent sediment re-dissolution. This work indicates that even mild sedimentation rates at the lake shoreline create sediment layers that are several centimeters thick after just a couple of decades of sedimentation history. This provides adequate radioactivity in-depth profiles resolution to investigate Cs-137 inventory and redistribution and to estimate sedimentation history in combination with the respective excess Pb-210, Ra-226, Th-232 and K-40 in-depth profiles. In particular, the first two

shoreline sampling points investigated (i.e. points "1" and "2") are located near a mild flow stream estuary, so they could be supposed to relate to a mild run-off or wash-out mechanism, which does not promote re-dissolution. As shown in Fig. 1 and Fig. 2, this stream originates from the low inclined eastern part of the lake basin, where the run-off mechanism should not be expected to be as intense as for streams inflowing to the lake that originate from the western part of the basin as in point "4". This could partially explain why the Cs-137 inventory at this estuary is lower than the inventory of the surrounding areas of the basin. Another characteristic of sampling points "1" and "2" is that the bottom of the lake at that place is very shallow, so it is rather non-probable that a previously richer inventory was washed-out to deeper parts of the lake.

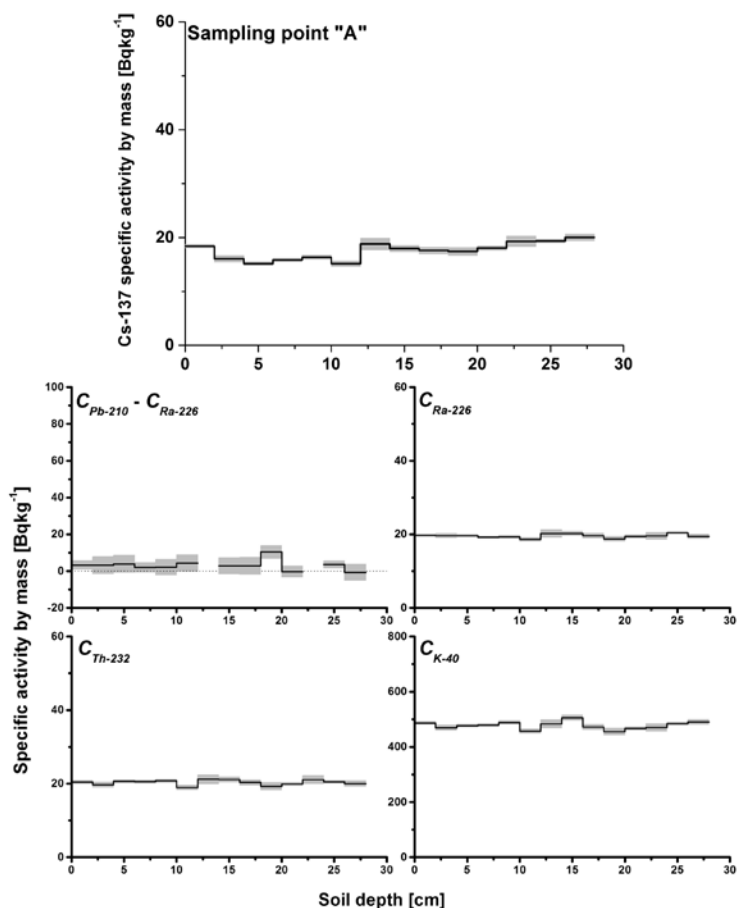


Figure 7. Sampling Point "A" results (gray span: as in Fig. 3)

The findings for sampling points "1" to "3" give rise to thoughts that a combinatorial interpretation of Cs-137, excess Pb-210, Ra-226, Th-232 and K-40 concentrations distribution with depth could roughly reveal sedimentation history. The exact method is to be proposed in a subsequent study. Yet, this should not be accepted as an accurate method for analysis of the sedimentation process. This suggestion assumes, plausibly enough, that transferred soil due to run-off by the lake inflowing streams, is of the same general characteristics compared to that already located in the soil that existed before the lake filling up.

On the contrary to what has been shown for points "1" to "3", Cs-137 concentration depth profile at point "4" does not present one major maximum close to the lake's bottom surface. Instead, several maxima are revealed. An attempt to explain these maxima

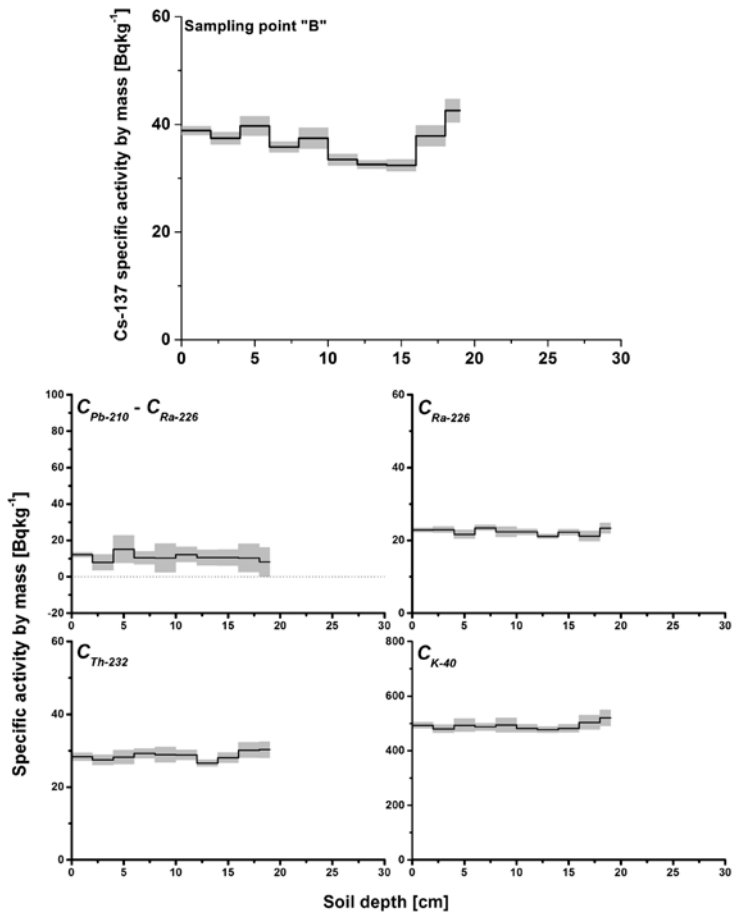


Figure 8. Sampling Point "B" results (gray span: as in Fig. 3)

is going to be included in the subsequent study. However, it is quite interesting to note at this point that the Cs-137 maxima are close to the excess Pb-210 maxima. It could also be said that, seemingly, the peak trends for Cs-137 and excess Pb-210 are followed by the Ra-226, Th-232 and K-40 concentrations by depth.

As already mentioned, the findings regarding cultivated soil sampling points "A" and "B" support the rule that a flat depth profile of Cs-137 and excess Pb-210, which is not compromised by any contradictory finding in the depth profiles of the other isotopes, is a clue for a recent, or even a past redistribution of soil and its isotopes, which has promoted soil homogenization. Obviously, such redistribution is the result of mechanized agriculture. Transferring this thought to what has been observed for point "4", it might be concluded that the respective findings are a result of strong lake's bottom soil re-dissolution or anyhow stronger than the re-dissolution in points "1" to "3".

In summary:

- (a) In-depth soil samplings could witness different Cs-137 profiles or depth migration mechanics, related to the characteristics of the sampled soil
- (b) Samplings of lake's bottom soil at the shoreline may reveal contrasting rates of sedimentation. At sampling points where inflows are minimal or insignificant the ability of incoming water for transferring Cs-137 seems rather limited or even nonexistent. At sampling points where inflows are significant the effect of increased Cs-137 found seems to be due to incoming soil. Therefore, in 2006, two decades after the initial Cs-137 Chernobyl accident deposition the remaining activity can be transferred only by means that mechanically affect the lake's bottom surface.
- (c) Irrigation of cultivated fields using the Plastiras lake water does not seem to affect the Cs-137 concentration of irrigated soils. Therefore, water reservoirs located within territories being affected by the Chernobyl deposition, do not seem to act as radioactivity banks and do not promote radioactivity migration mechanisms.
- (d) The findings of this study support that the results from previous spatial surveys (see Simopoulos, 1989) on Cs-137 inventory have a timeless historical and scientific value. Without these results, one could not deduce conclusions on the current Cs-137 inventory as compared to what this inventory had been in the past.

References

- Andreadakis A., Noutsopoulos C., Gavalaki E, "Assessment of the water quality of lake Plastira through mathematical modelling for alternative management scenarios", *Global Nest Journal*, 5(2), pp. 99-105, 2003
- Blakar L.A., Hongve D., Njastad O., "Chernobyl Cesium in the Sediments of Lake Høysjøen, Central Norway", *Journal of Environmental Radioactivity*, 17, pp. 49-58, 1992
- Broberg A., "The Distribution and Characterization of Cs-137 in Lake Sediments", *Studies in Environmental Science*, 62, pp. 45-62, 1994
- Christofides A., Efstratiadis A., Koutsoyiannis D., Sargentis G.-F., Hadjibiros K., "Resolving conflicting objectives in the management of the Plastiras Lake: can we quantify beauty?", *Hydrology and Earth System Sciences*, 9, pp. 507–515, 2005
- Díaz-Asencio M., Corcho-Alvarado J.A., Cartas-Aguila H., Pulido-Caraballé A., Betancourt C., Smoak J.M., Alvarez-Padilla E., Labaut-Betancourt Y., Alonso-Hernández C., Seisdedo-Losa M., "Pb-210 and Cs-137 as tracers of recent sedimentary processes in two water reservoirs in Cuba", *Journal of Environmental Radioactivity*, 177, pp. 290-304, 2017
- Durrant C.B., Begg J.D., Kersting A.B., Zavarin M., "Cesium sorption reversibility and kinetics on illite, montmorillonite and kaolinite", *Science of the Total Environment*, 610–611, pp. 511–520, 2018
- Erlinger Ch., Lettner H., Hubmer A., Hofmann, W., Steinhäusler F., "Determination of Cs-137 in the water system of a pre-Alpine lake", *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, pp. 354–360, 2009
- Houliaras J., Sapountzis M., Stefanidis P., Myronidis D., Stathis D., "The Torrential Environment in the Watershed of the Lake Plastira (Central Greece)", *Proceedings of the 3rd PanHellenic Forestry Conference*, Vol. II, 2007, Kastoria (in Greek with an abstract in English)
- Jeon C., "Removal of cesium ions from aqueous solutions using immobilized nickel hexacyanoferrate-sericite beads in the batch and continuous processes", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 40, p.p. 93–98, 2016
- Lee J., Park S.-M., Jeon E.-K., Baek K., "Selective and irreversible adsorption mechanism of cesium on illite", *Applied Geochemistry*, 85B, pp. 188-193, 2017
- Li C., Le Roux, G., Sonke J., Van Beek P., Souhaut M., Van der Putten N., De Vleeschouwer F., "Recent Pb-210, Cs-137 and Am-241 accumulation in an ombrotrophic peatland from Amsterdam Island (Southern Indian Ocean)", *Journal of Environmental Radioactivity*, 175-176, pp. 164-169, 2017
- Nordlinder S., Bergström U., Brittain J. E., "Generic Dynamic Model of Cs-137 Turnover in Nordic Lakes", *Journal of Environmental Radioactivity*, 37(2), pp. 175-191, 1997.
- Papadakos G.N., "Stochastic procedures and subsequent quantitative and qualitative estimations of radioenvironmental consequences to population teams in the Greek territory", PhD Thesis, Nuclear Engineering Laboratory, School of Mechanical Engineering, National Technical University of Athens, 2012, Athens (in Greek)

- Papadakos G.N., Karangelos D.J., Petropoulos N.P., Hinis E.P., Anagnostakis M.J., Simopoulos S.E., "Uncertainty introduced to soil radioactivity measurements due to the sampling method definition errors", presented in the 6th Biannual PanHellenic Conference on Metrology "Metrologia 2016", 2016, Athens (in Greek)
- Papadakos G.N., Karangelos D.J., Petropoulos N.P., Anagnostakis M.J., Hinis E.P., Simopoulos S.E., "Uncertainty assessment method for the Cs-137 fallout inventory and penetration depth", *Journal of Environmental Radioactivity* 171, pp. 234-245, 2017
- Putyrskaya V., Klemt E., "Modeling Cs-137 migration processes in lake sediments", *Journal of Environmental Radioactivity*, 96, pp. 54-62, 2007
- Rask M., Saxén, R., Ruuhijärvi J., Arvola L., Järvinen M., Koskelainen U., Outola I., Vuorinen P.J., "Short- and long-term patterns of Cs-137 in fish and other aquatic organisms of small forest lakes in southern Finland since the Chernobyl accident", *Journal of Environmental Radioactivity* 103, pp. 41-47, 2012
- Saxén R., Heinävaara S., Rask M., Ruuhijärvi J., Rand H., "Transfer of Cs-137 into fish in small forest lakes", *Journal of Environmental Radioactivity*, 101, 647-653, 2010.
- Saxén R., Illus E., "Transfer and behaviour of Cs-137 in two Finnish lakes and their catchments", *Science of the Total Environment* 394, pp. 349 – 360, 2008
- Simon H., Kelemen S., Begy R.-C., "Anthropic influences on the sedimentation rates of lakes situated in different geographic areas", *Journal of Environmental Radioactivity*, 173, pp. 11-17, 2017
- Simopoulos S.E., "Soil sampling and Cs-137 Analysis of the Chernobyl Fallout in Greece" *Applied Radiation and Isotopes*, 40(7), 607-613, 1989
- Strakhovenko V.D., Shcherbov B.L., Malikova I.N., Vosel Yu.S., "The regularities of distribution of radionuclides and rare-earth elements in bottom sediments of Siberian lakes", *Russian Geology and Geophysics*, 51, pp. 1167–1178, 2010
- Tarasiuk N., Lukšien B., Maceika E., Filistovičius V., Žukauskait Z., Nedzveckien L., Buivydas Š., "Study of the formation of the primary Cs-137 vertical profile in the organic matter-rich sediments", *Journal of Environmental Radioactivity*, 177, pp. 206-217, 2017
- Wakiyama Y., Konoplev A., Wada T., Takase T., Byrnes I., Carradine M., Nanba K., "Behavior of Cs-137 in ponds in the vicinity of the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant", *Journal of Environmental Radioactivity*, 178-179, pp. 367-376, 2017
- Wilflinger T., Lettner H., Hubner A.K., Hofman W., "Radiocaesium in flowing waters of highly contaminated Austrian alpine areas", *Journal of Environmental Radioactivity* 83, pp. 75-89, 2005
- Woszczyk M., Pore G., Malinowski Ł., "Pb-210, Cs-137 and Be-7 in the sediments of coastal lakes on the Polish coast: Implications for sedimentary processes", *Journal of Environmental Radioactivity*, 169-170, pp. 174-185, 2017

Περίληψη

Τα ιζήματα των λιμνών, φυσικών ή τεχνητών, μαρτυρούν διαδικασίες που εξελίσσονται κατά τη διάρκεια της περιόδου ιζηματογένεσης, προσφέροντας ευκαιρίες για τη διερεύνηση της κινητικότητας της ραδιενέργειας. Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει ενδεικτικές δειγματοληψίες κατά βάθος που πραγματοποιήθηκαν από το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΠΤ-ΕΜΠ) το έτος 2006 σε ιζήματα της τεχνητής λίμνης Πλαστήρα που βρίσκεται στην Δυτική Θεσσαλία αλλά και σε κοντινά καλλιεργούμενα εδάφη. Είναι γνωστό ότι η ευρύτερη περιοχή περί τη λίμνη αυτή έχει διαπιστωθεί με σημαντικές εναποθέσεις Cs-137 εξαιτίας του πυρηνικού ατυχήματος στο Chernobyl το έτος 1986. Το ατύχημα συνέβη πολύ μετά την πλήρωση της λεκάνης απορροής της λίμνης κατά το έτος 1959. Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις δειγματοληψίες ιζήματος κατά βάθος: δύο από αυτές κοντά σε εισροή με σχετικά χαμηλή ροή, μία που δεν σχετίζεται με εισροή και μία που βρίσκεται κοντά σε ισχυρή εισροή. Πραγματοποιήθηκαν επιπλέον δύο δειγματοληψίες βάθους σε καλλιεργημένους αγρούς, σε επιλεγμένες θέσεις που βρίσκονται κοντά στη λίμνη και έχουν καταγραφεί ως επιβαρυνμένες με ραδιενέργεια Cs-137 λόγω του ατυχήματος. Για όλες τις θέσεις δειγματοληψίας προσδιορίστηκε η κατά βάθος κατανομή της ραδιενέργειας του Cs-137 καθώς και η κατά βάθος ραδιενέργεια των ισοτόπων φυσικής προέλευσης Ra-226, Th-232, K-40 και της περίσσειας Pb-210. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι για σημεία δειγματοληψίας ιζήματος κοντά σε εισροές με μικρή ροή ή και καθόλου ροή, η συνολική ποσότητα του Cs-137 που υπολογίζεται δεν υπερβαίνει τις ποσότητες που έχουν εκτιμηθεί ότι βρίσκονταν στις αρχικές εναποθέσεις Cs-137 στα γειτονικά επιφανειακά εδάφη. Οι κατά βάθος κατανομές στους καλλιεργούμενους αγρούς δείχνουν ότι δεν παρατηρείται επιπλέον Cs-137 μεταξύ του έτους του ατυχήματος στο Chernobyl και του έτους της δειγματοληψίας, που να μπορεί ενδεχομένως να συνδεθεί με την άρδευση από την εξεταζόμενη λίμνη. Σε όλες τις περιπτώσεις των κατά βάθος κατανομών, τα αποτελέσματα για τη ραδιενέργεια φυσικής προέλευσης είναι συμβατά τόσο με την ιζηματογένεση για δείγματα από ιζήματα όσο και με τους μηχανισμούς μηχανικής ανάδευσης του εδάφους. Ο ευρύτερος στόχος της υπόψη εργασίας είναι: (α) να υποδείξει την παρουσία τεχνητής ραδιενέργειας στον ιζηματογενή πυθμένα της λίμνης Πλαστήρα κοντά σε ακτές και σε σχέση με κοντινές εισόδους νερού (β) να διατυπώσει απόψεις σχετικά με τα χαρακτηριστικά της κατά βάθους κατανομής των εξετασθέντων ραδιοϊσοτόπων και (γ) να εξετάσει αν υπάρχει πιθανότητα τυχόν Cs-137 από το νερό της λίμνης να έχει αυξήσει τη συγκέντρωση Cs-137 στα κοντινά εδάφη που αρδεύονται από αυτή. *Η εργασία αυτή είναι προδημοσίευση παρόμοιας εκτενέστερης που θα υποβληθεί προς κρίση σε επιστημονικό περιοδικό.*

Λέξεις-Κλειδιά: ιζήμα λίμνης, κατακόρυφες κατανομές ραδιενέργειας, Cs-137

Δείκτης συγκέντρωσης ενεργότητας σκυροδέματος σε κατασκευές στον ελληνικό χώρο λόγω παρουσίας ιπτάμενης τέφρας

ΣΤΑΜΑΤΙΑ ΓΚΑΒΕΛΑ
Δρ. Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΔΑΚΟΣ
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ,
Εμπειρογνώμονας Ακτινοπροστασίας

ΒΑΣΙΛΕΙΑ ΚΑΣΕΛΟΥΡΗ-ΡΗΓΟΠΟΥΛΟΥ
Ομότιμη Καθηγήτρια, Σχολή Χημικών Μηχανικών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
e-mail: matina@gavela.gr

Περίληψη

Η ιπτάμενη τέφρα ως γνωστόν είναι παραπροϊόν των σταθμών παραγωγής ενέργειας με καύση άνθρακα που χρησιμοποιείται στην παραγωγή τσιμέντου. Στην ιπτάμενη τέφρα του ελληνικού λιγνίτη η ραδιενέργεια δεν μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα, ξεπερνώντας στην περίπτωση της τέφρας της Μεγαλόπολης το 1kBq/kg για το ^{226}Ra . Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ακτινοπροστασίας (Άρθρο 75), ο οποίος είναι η προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας στην Ευρωπαϊκή Οδηγία 2013/59/Euratom, θα πρέπει για κάθε οικοδομικό υλικό να υπολογίζεται ο δείκτης συγκέντρωσης ενεργότητας. Ο δείκτης αυτός εφαρμόζεται στα οικοδομικά υλικά και όχι τα συστατικά του μέρη. Στην παρούσα εργασία γίνεται απολογισμός της χρήσης της λιγνιτικής ιπτάμενης τέφρας στο σκυρόδεμα στην Ελλάδα και αξιολόγηση των πιθανών τιμών του δείκτη συγκέντρωσης ενεργότητας του σκυροδέματος. Ο τύπος υπολογισμού ορίζεται στο Παράρτημα VIII του Κανονισμού Ακτινοπροστασίας και εφαρμόστηκε για τα εύρη αναλογιών συστατικών διαφορών μελετών σύνθεσης σκυροδέματος που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια των ετών αξιοποίησης ιπτάμενης τέφρας. Ήδη από την εφαρμογή του Κανονισμού απαιτείται ο έλεγχος της συγκεκριμένης επίδοσης όλων των οικοδομικών υλικών, άρα και του σκυροδέματος στο πλαίσιο της συμμορφούμενης διακίνησής τους με το Ευρωπαϊκό Κανονιστικό Πλαίσιο. Το παραπάνω πλαίσιο αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον όταν τα οικοδομικά υλικά οδηγούνται σε διαδικασίες πιστοποίησης.

Λέξεις-Κλειδιά: Ιπτάμενη τέφρα, σκυρόδεμα, δείκτης συγκέντρωσης ενεργότητας

1. Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία οι συγγραφείς θέλησαν να συνδυάσουν το αποτέλεσμα της ερευνητικής δραστηριότητας του Ομότιμου Καθηγητή Σ. Ε. Σιμόπουλου σχετικά με τη ραδιενέργεια στην ιπτάμενη τέφρα και της ερευνητικής δραστηριότητας των ιδίων σχετικά με την τεχνολογία τσιμέντου και σκυροδέματος.

Η ιπτάμενη τέφρα, ως γνωστόν, είναι παραπροϊόν των Ατμο-Ηλεκτρικών Σταθμών (ΑΗΣ) παραγωγής ενέργειας, οι οποίοι χρησιμοποιούν ως καύσιμο άνθρακα. Στον ελληνικό χώρο, τέτοιου είδους ΑΗΣ χρησιμοποιούν ως καύσιμο λιγνίτη, ο οποίος εξορύσσεται από ελληνικά εδάφη, (α) στις περιοχές της Πτολεμαΐδας, αλλά και ευρύτερα σε περιοχές του νομού Κοζάνης, (β) σε περιοχές κοντά στην πόλη της Μεγαλόπολης στην Πελοπόννησο και (γ) σε περιοχές κοντά στην πόλη της Φλώρινας. Η ιπτάμενη τέφρα χρησιμοποιείται στην παραγωγή τσιμέντου, σε ποσοστό που, τουλάχιστον τις δεκαετίες από το 1980 και εφεξής, τυχάνει νομικής ρύθμισης από την ελληνική νομοθεσία (Πίνακας 1).

Οι συγκεντρώσεις ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης για τους λιγνίτες και για την ιπτάμενη τέφρα (fly ash) και την τέφρα που επικάθεται στον πυθμένα της διεργασίας καύσης (bottom ash) έχουν προσδιοριστεί, ήδη, από τη δεκαετία του 1980 (Parastefanou & Charalambous, 1979, 1980, Simopoulos & Angelopoulos, 1987). Στην ιπτάμενη τέφρα του ελληνικού λιγνίτη η ενεργότητα των ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης είναι σχετικά υψηλή, ξεπερνώντας, στην περίπτωση της τέφρας της Μεγαλόπολης, το 1kBq/kg για τα ραδιοϊσότοπα που ανήκουν στην αλυσίδα διάσπασης του ^{226}Ra (Parastefanou & Charalambous, 1979, 1980, Simopoulos & Angelopoulos, 1987, Karangelos et.al, 2005, Paraefthymiou et.al, 2007, Skodras et.al, 2007, Trevisi et. al, 2018). Αξιοσημείωτο είναι ότι, όπως σχολιάστηκε ήδη σε μια από αυτές τις αναφορές (Simopoulos & Angelopoulos, 1987), παρατηρούνται μεγάλες διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων των διάφορων ερευνών που έγιναν σχετικά με τις συγκεντρώσεις ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης στη λιγνιτική ιπτάμενη τέφρα. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί και σε διαφορές στην προσέγγιση των διάφορων εργαστηρίων που διενήργησαν τις σχετικές δειγματοληψίες, αλλά δεν θα έπρεπε να αποκλείεται και το ενδεχόμενο, εγγενώς, η στάθμη των συγκεντρώσεων αυτών να κυμαίνεται με τον χρόνο, ανάλογα με το ακριβές κοίτασμα από το οποίο προέρχεται ο λιγνίτης που κατά περιόδους οδηγείται σε καύση στους ΑΗΣ, αλλά και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της ίδιας της διεργασίας της καύσης.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ακτινοπροστασίας (ΠΔ 101/2018, άρθρο 75), ο οποίος είναι η προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας στην Ευρωπαϊκή Οδηγία 2013/59/Euratom, πρέπει για κάθε «οικοδομικό υλικό» να υπολογίζεται ο Δείκτης Συγκέντρωσης Ενεργότητας. Ο τύπος υπολογισμού του Δείκτη Συγκέντρωσης Ενεργότητας (ΔΣΕ) δίνεται στο Παράρτημα VIII του Κανονισμού (Εξίσωση 1).

$$I = \frac{C_{Ra-226}}{300 \text{ Bq/kg}} + \frac{C_{Th-232}}{200 \text{ Bq/kg}} + \frac{C_{K-40}}{2000 \text{ Bq/kg}} \quad (1)$$

Πίνακας 1: Χρονική εξέλιξη στη νομοθετική ρύθμιση σχετικά με την προσθήκη ιπτάμενης τέφρας στο τσιμέντο

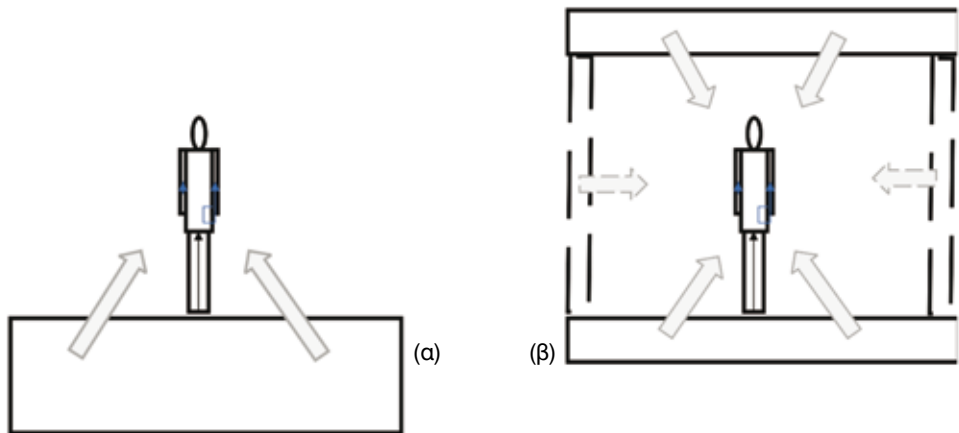
Έτος	Προδιαγραφές από νομοθεσία
1954	<p>Β.Δ. «Περί Κανονισμών διά την μελέτην και την εκτέλεσιν οικοδομικών έργων εξ ωπλισμένου σκυροδέματος» (ΦΕΚ 160^Α/26.07.1954)</p> <p><i>«Επιτρέπεται κατά κανόνα η χρήσις μόνον τσιμέντου Πόρτλανδ ή Πόρτλανδ Ελληνικού τύπου. Ως τσιμέντα Πόρτλαντ Ελληνικού τύπου χαρακτηρίζονται τα περιέχοντα μέχρι ποσοστού 10% κατά βάρος συναλεθόμενην θηραϊκήν γην.»</i></p> <p>Σχόλιο: Δεν υπάρχει προδιαγραφή για ιπτάμενη τέφρα ή ποζολάνη (γενικά)</p>
1980	<p>ΠΔ 244/1980, Περί Κανονισμού Τσιμέντων για Έργα από Σκυρόδεμα (Προεντεταμένο, Οπλισμένο και Άοπλο) (ΦΕΚ 69^Α/28.03.1980)</p> <p><i>«Το ποσοστό της ποζολάνης ορίζεται από το αδιάλυτον υπόλειμμα του τσιμέντου, το οποίο πρέπει να είναι 20% κατά μέγιστο.»</i></p>
2002	<p>ΚΥΑ αριθ. Δ14/50504 Προσαρμογή του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΣ-97) προς τις απαιτήσεις του εναρμονισμένου προτύπου ΕΛΟΤ EN 197-1 «Τσιμέντο - Μέρος 1: Σύνθεση, προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης για το κοινό τσιμέντο» (ΦΕΚ 537^Β/01.05.2002)</p> <p>4.2 Τσιμέντο</p> <p><i>Το τσιμέντο πρέπει να συμφωνεί με τις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 197-1 «Τσιμέντο - Μέρος 1: Σύνθεση, προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης για το κοινό τσιμέντο», εκτός από το τσιμέντο "τύπου IV – Πόρτλαντ ανθεκτικό στα θειικά (SR)" που εξακολουθεί να καλύπτεται από το ΠΔ.244/29.2.80 "Περί Κανονισμού Τσιμέντου για έργα από Σκυρόδεμα" (ΦΕΚ 69Α/28.3.1980)»</i></p>
2007	<p>ΥΑ αριθμ. ΔΙΠΑΔ/οικ. 281/Φ200, Έγκριση Εθνικής Τεχνικής Προδιαγραφής «ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΙΠΤΑΜΕΝΕΣ ΤΕΦΡΕΣ» (ΦΕΚ 551^Β/18.4.2007)</p> <p>Η εν λόγω προδιαγραφή δεν αφορά το ωπλισμένο σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται στον φέροντα οργανισμό κτηρίων, αλλά παρέχει τον ορισμό της αβεστούχου ιπτάμενης τέφρας που έχει ενδιαφέρον για την παρούσα εργασία:</p> <p><i>«3.2.1 Αβεστούχος ιπτάμενη τέφρα</i></p> <p><i>Η αβεστούχος ιπτάμενη τέφρα είναι λεπτή κόνις με υδραυλικές ή/και ποζολανικές ιδιότητες. Αποτελείται κυρίως από δραστικό CaO, δραστικό SiO₂ και Al₂O₃, και κατά δεύτερο λόγο από Fe₂O₃ και άλλες ενώσεις. Η περιεκτικότητα δραστικού SiO₂, σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 197-1, πρέπει να είναι τουλάχιστον 25% κ.β.»</i></p>

Ο δείκτης αυτός εφαρμόζεται στα «οικοδομικά υλικά» και όχι τα συστατικά του μέρη.

Στην πράξη, ο βαθμός έκθεσης ενός ατόμου που στέκεται εντός μιας κατασκευής σε πεδία ιοντίζουσας ακτινοβολίας καθορίζεται από πολλούς παράγοντες. Παρόμοιος δείκτης είχε ήδη προταθεί στο Παράρτημα Α της αναφοράς UNSCEAR έτους 1993 του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (UNSCEAR, 1993). Ο εν λόγω δείκτης είχε προταθεί για την αποτίμηση της στάθμης έκθεσης του ατόμου στο πεδίο -γ ακτινοβολίας που πα-

ράγεται από το έδαφος στο οποίο στέκεται, λόγω της παρουσίας σε αυτό των ραδιο-νουκλιδίων φυσικής προέλευσης [Σχήμα 1(α)], για την αποτίμηση του οποίου είχαν ληφθεί υπόψη και αποτελέσματα μέτρησης της στάθμης της ραδιενέργειας του εδάφους στην Ελλάδα (Simoroulos, 1990). Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1(α), η γεωμετρία της έκθεσης του ατόμου κατά την παραδοχή της έκθεσής του σε θέση στάσης πάνω στο έδαφος είναι σχετικά απλή. Όσο περισσότερο ομοιογενές είναι το υλικό του εδάφους, τόσο πιο απλή είναι η εν λόγω γεωμετρία. Στην ίδια αναφορά UNSCEAR, ο ίδιος δείκτης είχε προταθεί και με σκοπό την αποτίμηση της έκθεσης του ατόμου σε εσωτερικούς χώρους, όπου πηγή του πεδίου γ ακτινοβολίας είναι τα δομικά υλικά της κατασκευής. Σε αυτή την περίπτωση, η γεωμετρία της έκθεσης είναι πιο περίπλοκη [Σχήμα 1(β)] και σε κάθε περίπτωση η πηγή του πεδίου δεν προέρχεται από ένα ομοιογενές υλικό (όπως στην περίπτωση του εδάφους σε ανοιχτό χώρο). Το πεδίο γ ακτινοβολίας δημιουργείται από το σκυρόδεμα, φέρον ή πλήρωση, την οπτοπλινθοδομή, τα υλικά επικάλυψης όπως πλακίδια κ.λπ., στο βαθμό που έχουν συμπεριληφθεί στην κατασκευή. Η αναφορά UNSCEAR, για την αντιμετώπιση της παρουσίας πολλών δομικών υλικών, προτείνει τη στάθμιση της συμβολής κάθε υλικού στη βάση της αναλογίας μάζας του κάθε υλικού εντός της κατασκευής.

Σε προηγούμενες εργασίες έχει επιχειρηθεί η αξιολόγηση των εκθέσεων των ατόμων λόγω της ραδιενέργειας που περιέχουν τα δομικά υλικά που παράγονται στην Ελλάδα (Papastefanou et.al, 2005, Papefthymiou & Gouseti, 2008), λαμβάνοντας υπόψη, σε ορισμένες περιπτώσεις, ακόμη και τη συνακόλουθη έκθεση σε συγκεντρώσεις ραδονίου (Pakou et.al, 1994, Petropoulos et.al, 2002, Stoulos et.al, 2003).



Σχήμα 1: (α) Έκθεση σε πεδίο γ ακτινοβολίας του ατόμου που στέκεται στο έδαφος και (β) έκθεση του ατόμου σε πεδίο γ ακτινοβολίας όταν στέκεται σε όροφο πολυώροφης κατασκευής με βασικό δομικό στοιχείο το σκυρόδεμα, λόγω της ραδιενέργειας που περιέχεται στο δάπεδο του ορόφου, στην υπερκείμενη πλάκα και σε πιθανώς παρακείμενα κατακόρυφα δομικά στοιχεία.

Επίσης, αξιοσημείωτο είναι ότι στον ελληνικό χώρο χρησιμοποιούνται και δομικά υλικά που προέρχονται από γειτονικές χώρες, όπως το τσιμέντο που εισάγεται από την Τουρκία. Και σε αυτές τις περιπτώσεις έχει επισημανθεί το ζήτημα της παρουσίας ραδιενέργειας φυσικής προέλευσης (Turhan, 2007), σε μεγαλύτερες ή μικρότερες συγκεντρώσεις από αυτές που παρατηρούνται σε ελληνικής προέλευσης δομικά υλικά.

Ο τρόπος έκθεσης του ατόμου που στέκεται ή γενικώς διαβιώνει εντός μιας κατασκευής, είτε κατοικίας είτε άλλου χώρου, όπως ένας χώρος επαγγελματικής δραστηριότητας, είναι διαφορετικός από αυτόν που συμβαίνει σε ανοικτούς χώρους σε θέση στάσης πάνω στο έδαφος. Στον ελληνικό χώρο, η διαβίωση του ατόμου σε πολυώροφη κατασκευή με κυρίαρχο δομικό υλικό το σκυρόδεμα είναι πολύ συχνή. Ίσως η συνηθέστερη για τις κατοικίες που έχουν κατασκευαστεί από τη δεκαετία του 1960. Σε αυτή την περίπτωση, το πεδίο -γ ακτινοβολίας στο οποίο εκτίθεται άτομο που στέκεται σε όροφο της πολυώροφης κατασκευής δεν προέρχεται μόνο από το υλικό του δαπέδου στο οποίο στέκεται. Επιπλέον, το άτομο εκτίθεται και από το υλικό της υπερκείμενης πλάκας, είτε είναι το δάπεδο του υπεράνω ορόφου είτε η οροφή της κατασκευής. Επίσης, το άτομο εκτίθεται και στο πεδίο -γ ακτινοβολίας που παράγουν τα πιθανώς υφιστάμενα, σε σχετικά μικρή απόσταση, κατακόρυφα δομικά στοιχεία [Σχήμα 1(β)]. Υπενθυμίζεται ότι στην περίπτωση έκθεσης ατόμου εντός περίκλειστου χώρου, όπως εντός μιας κατοικίας σε πολυώροφη κατασκευή, σημαντική πηγή εσωτερικής έκθεσης του ατόμου σε ακτινοβολία προέρχεται από τη συγκέντρωση του αερίου ραδονίου. Επομένως, η απεικόνιση της στάθμης έκθεσης του ατόμου εντός του κτηρίου είναι ιδιαίτερα σύνθετη και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όχι μόνο την (μόνιμη) παρουσία ραδιενέργειας στα δομικά υλικά που απαρτίζουν την κατασκευή, αλλά ακόμη και από χρηστικές συνήθειες της κατασκευής, όπως οι συνήθειες αερισμού του χώρου από τους χρήστες του.

Η ακριβής αποτίμηση του ΔΣΕ για την περίπτωση ατόμου εντός πολυώροφης κατασκευής προϋποθέτει τη γνώση σε σχέση με το σύνολο των δομικών υλικών που συνθέτουν την κατασκευή, όπως η παρουσία οπτοπλινθοδομής η οποία, επίσης, αναφέρεται ως μια σημαντική πηγή -γ ακτινοβολίας από δομικά υλικά (Nuccetelli, 2012). Η αποτίμηση αυτή γίνεται ακόμη πιο περίπλοκη εάν στην κατασκευή έχουν χρησιμοποιηθεί μη συνηθισμένα δομικά υλικά που πιθανώς να περιέχουν υψηλή συγκέντρωση ραδιενεργών φυσικής προέλευσης, όπως για παράδειγμα, στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται ορισμένοι τύποι γρανίτη για την επικάλυψη επιφανειών ή ως πάγκοι εργασίας εντός του περίκλειστου χώρου της κατασκευής. Σημειώνεται πως ενώ οι συγκεντρώσεις ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K στους γρανίτες μπορεί να μην είναι ιδιαίτερα υψηλές, πλην όμως καταγράφεται η παρουσία, σε αυτό το υλικό, και άλλων ραδιοϊσοτόπων τα οποία είναι δυνατό να αυξάνουν τη στάθμη του παραγόμενου πεδίου -γ ακτινοβολίας όπου τοποθετούνται ως υλικό (Pavlidou et.al, 2004). Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και το γεγονός ότι ο τύπος του ΔΣΕ [βλέπε εξίσωση (1) της εργασίας] δεν είναι δυνατό να συνυπολογίζει την επίδραση της παρουσίας άλλων ραδιοϊσοτόπων, πλην των ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K .

Στην περίπτωση που ο σκοπός της αποτίμησης του ΔΣΕ είναι η αποτίμηση του επιδημιολογικού κινδύνου που διατρέχει το άτομο λόγω της έκθεσής τους σε πεδία γ ακτινοβολίας με προέλευση τα δομικά υλικά, οι παράγοντες που πρέπει να συνυπολογίζονται είναι πολλοί. Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ακτινοπροστασίας, και συγκεκριμένα την παρ. 1 του άρθρου 75 του ΠΔ 101/2018: «*Το επίπεδο αναφοράς για την εξωτερική έκθεση σε ακτινοβολία γάμμα που εκπέμπεται από οικοδομικά υλικά στο εσωτερικό των κτιρίων, επιπροσθέτως της εξωτερικής έκθεσης σε υπαίθριο χώρο, είναι 1 mSv ανά έτος*». Σύμφωνα με το Παράρτημα VIII του ίδιου Κανονισμού: «*Ο δείκτης συγκέντρωσης ενεργότητας με τιμή 1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συντηρητικό εργαλείο ελέγχου για τον προσδιορισμό υλικών που ενδέχεται να προκαλέσουν υπέρβαση του επιπέδου αναφοράς της παρ. 1 του άρθρου 75*». Σε αυτή την περίπτωση όμως, η αβεβαιότητα ορισμού, η οποία στην παράγραφο 2.27 του ISO VIM (JCGM 200) ορίζεται ως: «*συστατικό της αβεβαιότητας της μέτρησης που προκύπτει από την πεπερασμένη ποσότητα λεπτομέρειας στον ορισμό ενός μετρούμενου*» (JCGM 200:2008) αναμένεται να είναι πολύ σημαντική. Σε περιπτώσεις μετρήσεων που αφορούν πραγματικές συνθήκες και όχι την ανάλυση δειγμάτων εντός αυστηρών συνθηκών εργαστηρίου, αυτή η πηγή αβεβαιότητας μπορεί να είναι σημαντική (Παπαδάκος κ.ά., 2016). Για λόγους που αναλύθηκαν πιο πάνω, τίθεται ισχυρά το ερώτημα αν ο ΔΣΕ μπορεί να επιτελεί τον σκοπό της αξιολόγησης της έκθεσης του ατόμου, έστω μόνο της προερχόμενης από τα εξωτερικά πεδία γ ακτινοβολίας, εντός κτηρίου.

Στην παρούσα εργασία γίνεται απολογισμός της χρήσης της λιγνιτικής ιπτάμενης τέφρας στο σκυρόδεμα στην Ελλάδα και αξιολόγηση των πιθανών τιμών του δείκτη συγκέντρωσης ενεργότητας του σκυροδέματος, ενός ευρέως χρησιμοποιούμενου δομικού υλικού. Ο τύπος υπολογισμού του ΔΣΕ, όπως ορίζεται στο Παράρτημα VIII του Κανονισμού Ακτινοπροστασίας, εφαρμόστηκε για τα εύρη αναλογιών συστατικών μελετών σύνθεσης σκυροδέματος που είναι δυνατό να χρησιμοποιούνται κατά το χρονικό διάστημα συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Ο βαθμός παρουσίας της ιπτάμενης τέφρας σε κατασκευή με κυρίαρχο υλικό το σκυρόδεμα καθορίζεται, έμμεσα, από τους κανόνες στους οποίους πρέπει να υπακούει η σύνθεση του σκυροδέματος που έχει χρησιμοποιηθεί. Στο πλαίσιο των υπολογισμών που διενεργήθηκαν στην παρούσα εργασία έγινε θεώρηση των κανόνων που τίθενται από τον εν ισχύ Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος του 2016. Ελήφθησαν υπόψη μόνο κοινοί τύποι σκυροδέματος, οπότε εξαιρούνται οι περιπτώσεις σκυροδέματος (α) που παρασκευάζεται με μη συνήθη αδρανή (ελαφροβαρή ή μεγαλύτερης πυκνότητας από των συνήθων - κανονικού βάρους αδρανών) και (β) υψηλής αντοχής και επιτελεσικότητας (HPC, High Performance Concrete).

Αξιοσημείωτο είναι ότι και τα υπόλοιπα συστατικά του σκυροδέματος, κυρίως τα αδρανή, αλλά σε πολύ χαμηλότερη στάθμη ακόμη και το νερό, περιέχουν ποσότητες ραδιενέργειας φυσικής προέλευσης. Στους κοινούς τύπους σκυροδέματος που ανα-

φέρονται στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση κυρίως ασβεστολιθικών αδρανών, στα οποία η συγκέντρωση ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης είναι, κατά κανόνα, χαμηλή (Πίνακας 3).

Ήδη από την εφαρμογή του Κανονισμού ακτινοπροστασίας απαιτείται ο έλεγχος της συγκεκριμένης επίδοσης όλων των οικοδομικών υλικών, άρα και του σκυροδέματος, στο πλαίσιο της συμμορφούμενης διακίνησής τους με το Ευρωπαϊκό Κανονιστικό Πλαίσιο. Το παραπάνω πλαίσιο αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον όταν τα οικοδομικά υλικά οδηγούνται σε διαδικασίες πιστοποίησης.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των πιθανών τιμών του δείκτη συγκέντρωσης ενεργότητας για το σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται σε πολυώροφες κατασκευές κτηρίων. Οι εκτιμήσεις παρέχονται θεωρώντας ότι το νομοθετικό πλαίσιο για τους περιορισμούς στη χρήση ιπτάμενης τέφρας έχει τηρηθεί. Ομοίως θεωρείται και η τήρηση του νομοθετικού πλαισίου σχετικά με τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος. Παρουσιάζεται παράδειγμα εκτίμησης διαστήματος αξιοπιστίας σε επίπεδο εμπιστοσύνης περίπου 95% για τις τιμές του ΔΣΕ για σκυρόδεμα που είναι πιθανό να χρησιμοποιείται σε κατασκευή πολυώροφου κτηρίου κατά τον χρόνο συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Στην εργασία αναδεικνύονται ζητήματα τα οποία αφορούν τους παραγωγούς τσιμέντου και, κυρίως, τους παραγωγούς σκυροδέματος, σχετικά με το πώς μπορεί να προσεγγίζεται το ζήτημα της επιτήρησης της μη υπέρβασης των τιμών αναφοράς για τον Δείκτη Συγκέντρωσης Ενεργότητας.

2. Δεδομένα

Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει αποτελέσματα που έχουν προκύψει από παλαιότερες εργασίες σχετικά με τις συγκεντρώσεις ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης (^{226}Ra , ^{232}Th και ^{40}K) σε δείγματα ιπτάμενης τέφρας που παράγεται από ελληνικούς ΑΗΣ.

Τα διαστήματα που παρέχονται περιγράφουν το μέγιστο πιθανό σφάλμα των αντίστοιχων εκτιμήσεων, δηλαδή στάθμη εμπιστοσύνης περίπου 99,7%. Σημειώνεται πως όπου η πηγή αναφοράς αναφερόταν σε διάστημα εμπιστοσύνης με βάση είτε την τυπική απόκλιση των αποτελεσμάτων είτε τη συνδυασμένη τυπική αβεβαιότητα, ο Πίνακας 2 παρουσιάζει διαστήματα με βάση το τριπλάσιο αυτών των στατιστικών.

Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει δεδομένα που έχουν ληφθεί από τις επίσημες ιστοσελίδες των τριών κύριων παραγωγών τσιμέντου στην Ελλάδα. Στον πίνακα αυτό γίνεται αναφορά στο ποσοστό παρουσίας συστατικών του τσιμέντου, μεταξύ των οποίων είναι και η ιπτάμενη τέφρα. Από τα στοιχεία αυτού του πίνακα προκύπτει ότι είναι αναμενόμενο το ποσοστό παρουσίας ιπτάμενης τέφρας σε τσιμέντο που παράγεται στην Ελλάδα να κυμαίνεται από 0% έως και 20% που είναι το ανώτερο επιτρεπτό, σύμφωνα με την προδιαγραφή του ΕΛΟΤ EN 197-1.

Πίνακας 2: Δεδομένα που ανακτήθηκαν από παλαιότερες εργασίες σχετικά με τις πιθανές συγκεντρώσεις ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης (^{226}Ra , ^{232}Th και ^{40}K) στην ιπτάμενη τέφρα που παράγεται κατά την καύση λιγνίτη σε ελληνικούς ΑΗΣ.

Πηγή δεδομένων	ΑΗΣ ή σημείο δειγματοληψίας	Συγκέντρωση ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης [Bq/kg]		
		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Papastefanou & Charalambous, 1980	Μεγαλόπολη	293-491	4-10	-
Simopoulos & Angelopoulos, 1987	Μεγαλόπολη, Μον. Ι	393-1221	49-61	308-590
Simopoulos & Angelopoulos, 1987	Μεγαλόπολη, Μον. ΙΙΙ	632-1058	53-59	439-565
Maraziotis, 1985	Μεγαλόπολη	459-1035	45-89	-
Karangelos et al, 2005	Μεγαλόπολη (ενεργή απόθεση)	593	34	326
Παπαδάκος, 2012	Μεγαλόπολη (ενεργή απόθεση)	315-388	35-40	315-388
Μεγαλόπολη (συνολικά)	293-1058	4-89	308-590	
Papastefanou & Charalambous, 1980	Καρδιά	286-484	6-9	-
Simopoulos & Angelopoulos, 1985	Πτολεμαΐδα, Μον. ΙV	206-320	κ.ο.α.*-90	207-297
Simopoulos & Angelopoulos, 1985	Καρδιά, Μονάδα Ι	378-822	33-65	162-273
Simopoulos & Angelopoulos, 1987	Καρδιά, Μον. Ι	375-825	34-64	166-268
Simopoulos & Angelopoulos, 1987	Πτολεμαΐδα, Μον. ΙV	204-318	39-51	203-299
Πτολεμαΐδα και Καρδιά (συνολικά)	204-825	κ.ο.α. - 90	162-299	
Papastefanou & Charalambous, 1980	Αλιβέρι	307±33	1.3±0.44	-
Siotis & Wrixon, 1983	Παρ/γός τσιμέντου	200-1400	34-84	κ.ο.α.-650
Siotis & Wrixon, 1983	Παρ/γός τσιμέντου	270-390	41-65	100-280
Paraeuthymiou & Gouseti, 2008	Παρ/γός τσιμέντου	1023-1059	34-76	390-534
Από παραγωγούς τσιμέντου (συνολικά)	200-1400	34-84	κ.ο.α. - 650	
Trevisi et al, 2018 (βιβλιογραφική ανασκόπηση)		330-1046	50-67	190-502
Σύνολο Ελλάδας από όλες τις αναφορές	200-1400	έως 90	κ.ο.α.-650	

* κ.ο.α. = κάτω του ορίου ανίχνευσης

Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει μια σύνοψη των αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει από παλαιότερες εργασίες σχετικά με τις συγκεντρώσεις ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης και ειδικότερα των σειρών ^{226}Ra και ^{232}Th και του ^{40}K σε δείγματα από υλικά που σύμφωνα με τον ισχύοντα Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος αποτελούν τα ελάχιστα απαραίτητα υλικά ώστε το μίγμα να χαρακτηρίζεται σκυρόδεμα.

Πίνακας 3: Τύποι τσιμέντου στην αγορά που περιέχουν ιπτάμενη τέφρα.

Παρ/γός τσιμέντου	Ενδεικτικοί τύποι τσιμέντου που διατίθενται στην αγορά το έτος 2022	Σχόλια για την παρουσία συστατικών του τσιμέντου
Α	CEM II/B-M (P-W-L) 32,5N	Φυσική ποζολάνη – αβεστούχος ιπτάμενη τέφρα – αβεστολόλιθος: 21-35%
	CEM II/A—M(W-L) 42,5N	Αβεστούχος ιπτάμενη τέφρα – αβεστολόλιθος: 12-20%
B	CEM II/B-M(W-P-LL) 32,5N	Φυσική ποζολάνη – αβεστούχος ιπτάμενη τέφρα – αβεστολόλιθος: 21-35%
Γ	CEM IV/B(P-W) 32,5 (ανθεκτικό σε θειικά)	Ποζολάνη – αβεστούχος ιπτάμενη τέφρα: 36-55%

Πίνακας 4: Δεδομένα που ανακτήθηκαν από παλαιότερες εργασίες σχετικά με τις πιθανές συγκεντρώσεις ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης (^{226}Ra , ^{232}Th και ^{40}K) σε υλικά που αποτελούν συστατικά του σκυροδέματος.

Πηγή	Τι μετρήθηκε	Συγκέντρωση ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης [Bq/kg]		
		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Ραραεuthymiou & Gouseti, 2008	Αβεστολόλιθος	5-7	4-10	86-128
Ραραεuthymiou & Gouseti, 2008	Ποζολανικά υλικά	34-40	19-53	298-424
Ραραεuthymiou & Gouseti, 2008	Γύψος	5-9	κ.ο.α.*	κ.ο.α.
Ραραεuthymiou & Gouseti, 2008	Κλίνκερ	12-18	5-23	102-180
Pakou et al, 1993	Τσιμέντο χωρίς ιπτ. τέφρα	96	22	200
Συστατικά τσιμέντου χωρίς παρουσία ιπτ. τέφρας		5-96	κ.ο.α. - 53	κ.ο.α. - 424
Pakou et al, 1993	Τσιμέντο με ιπτ. τέφρα	215-218	11-26	222-330
Trevisi et al, 2018	Τσιμέντο (γενικά)	15-218	10-41	32-457
Ραραεuthymiou & Gouseti, 2008	Άμμος	7-15	κ.ο.α. – 9,9	κ.ο.α. – 60
Trevisi et al, 2018	Αδρανή (γενικά)	3-46	3-56	19-1048
Αδρανή (σύνολο)		3-46	κ.ο.α.–56	κ.ο.α.–1048
Παπαδάκος, 2012	Νερό	κ.ο.α. – 2	κ.ο.α. – 2	κ.ο.α. – 100

* κ.ο.α. = κάτω του ορίου ανίχνευσης

3. Μέθοδος υπολογισμού

Στην παρούσα εργασία υπολογίζονται τα όρια αξιοπιστίας σε στάθμη περίπου 95% για τις τιμές του ΔΣΕ για κοινούς τύπους σκυροδέματος που είναι δυνατό να παράγονται στην ελληνική αγορά το έτος 2022. Ο υπολογισμός που προτείνεται είναι δυνατό να επαναλαμβάνεται για τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος που ίσχυαν σε οποιαδήποτε χρονική περίοδο του παρελθόντος, κάνοντας χρήση των αντίστοιχων τιμών των συνθέσεων σκυροδέματος που ενίοτε επικρατούσαν στην αγορά.

Θεωρώντας ότι οι κοινοί τύποι σκυροδέματος περιέχουν τσιμέντο με ιπτάμενη τέφρα (f_a, cem), αδρανή (agg) και νερό (w) σε αναλογίες που προκύπτουν από την αντίστοιχη μελέτη σύνθεσης και ότι οποιοδήποτε άλλο ενδεχόμενο υλικό (π.χ. υπερευστοποιητής) συμμετέχει με μη σημαντική αναλογία μάζας, η ειδική ενεργότητα (συγκέντρωση) σε οποιαδήποτε περίπτωση των ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης ^{226}Ra , ^{232}Th και ^{40}K , υπολογίστηκε σύμφωνα με την εξίσωση 2:

$$C_{con} = \frac{a_{facem} \cdot c_{facem} + a_{agg} \cdot c_{agg} + a_w c_w}{\sum a_i} \quad (2)$$

Όπου a_i είναι οι αναλογίες των τριών συστατικών του σκυροδέματος, εκφρασμένες σε kg/m^2 νωπού σκυροδέματος, δηλαδή όπως ακριβώς καθορίζονται σύμφωνα με την μελέτη σύνθεσης σκυροδέματος.

Για τον υπολογισμό της εξίσωσης (2) θεωρήθηκε ότι η ενδεχόμενη συμμετοχή υπερευστοποιητή στο μίγμα αντιστοιχεί σε ποσοστό που είναι συγκρίσιμο με τα περιθώρια σφάλματος που συνοδεύουν τις εκτιμήσεις για τις αναλογίες των τριών βασικών συστατικών.

Επίσης, στην ίδια εξίσωση δεν έχει συμπεριληφθεί διόρθωση σύμφωνα με την ενδεχόμενη διαφορά στην περιεχόμενη υγρασία που έχει η ιπτάμενη τέφρα (α) στην κατάσταση που βρίσκεται όταν υποβάλλεται σε μέτρηση για τον προσδιορισμό της ενεργότητας των ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης και (β) στην κατάσταση που βρίσκεται όταν υποβάλλεται στη διεργασία συνάλεσης με τα υπόλοιπα συστατικά του τσιμέντου. Πρακτικά, έγινε η παραδοχή ότι στις δύο αυτές καταστάσεις, όπου προβλέπεται η ιπτάμενη τέφρα να είναι σε ξηρή κατάσταση, η περιεχόμενη υγρασία είναι περίπου στην ίδια στάθμη.

Οι τιμές αναλογίας κάθε συστατικού του νωπού σκυροδέματος λήφθηκαν ως οι πιθανές να χρησιμοποιούνται στον ελληνικό κατασκευαστικό κλάδο το έτος 2022, κυρίως σύμφωνα με τις ελάχιστες επιτρεπτές τιμές που προκύπτουν από τον ΚΤΣ – 2016 και από τις μέγιστες πιθανές τιμές αναλογίας τσιμέντου, σύμφωνα με την οικονομικότητα της κατασκευής.

Για τα διαστήματα τιμών ειδικής ενεργότητας για τα ραδιοϊσότοπα φυσικής προέλευσης στα αδρανή και το νερό λήφθηκαν υπόψη τα αποτελέσματα προηγούμενων

εργασιών ή μετρήσεων (Πίνακας 3). Στην περίπτωση της ειδικής ενεργότητας του τσιμέντου έγινε υπολογισμός για κάθε ένα από τα τρία ραδιοϊσότοπα φυσικής προέλευσης ($i=^{226}\text{Ra}$, ^{232}Th και ^{40}K) σύμφωνα με την εξίσωση (3):

$$C_{fa, cem, i} = a_{fa, i} \cdot C_{fa, i} + a_{cem, i} \cdot C_{cem, i} \quad (3)$$

όπου a_{fa} , C_{fa} η αναλογία μάζας και η ειδική ενεργότητα της ιπτάμενης τέφρας και a_{cem} , C_{cem} η αναλογία μάζας και η ειδική ενεργότητα για τα υπόλοιπα συστατικά του τσιμέντου.

Και σε αυτή την περίπτωση, οι τιμές της ειδικής συγκέντρωσης των ραδιοϊσοτόπων φυσικής προέλευσης για το τσιμέντο και την ιπτάμενη τέφρα λήφθηκαν από προηγούμενες εργασίες ή μετρήσεις (Πίνακας 2). Οι αναλογίες a_i του τσιμέντου και της ιπτάμενης τέφρας λήφθηκαν σύμφωνα με τα επιτρεπτά όρια που επιβάλλει η νομοθεσία (Πίνακας 1).

Το τελικό αποτέλεσμα της παρούσας εργασίας, υπό τη μορφή διαστήματος εμπιστοσύνης στάθμης περίπου 95% για την τιμή του ΔΣΕ, προέκυψε μέσω της εφαρμογής της μεθοδολογίας του ISO GUM (JCGM 100, 2008). Δεδομένου ότι η πληροφορία που αξιοποιήθηκε κατά τους υπολογισμούς προέρχεται από τρίτες πηγές, όπως όρια νομοθεσίας ή αποτελέσματα προηγούμενων εργασιών και μετρήσεων, έγινε εκτεταμένη χρήση εκτιμήσεων τύπου B για τη συνδυασμένη τυπική αβεβαιότητα του αποτελέσματος.

4. Αποτελέσματα και ανάλυση

Ο Πίνακας 5 παρέχει το ισοζύγιο αβεβαιότητας για τον υπολογισμό της ειδικής ενεργότητας του τσιμέντου στο οποίο έχει γίνει προσθήκη λιγνιτικής ιπτάμενης τέφρας. Το ισοζύγιο αβεβαιότητας που παρουσιάζεται σε αυτόν τον πίνακα αφορά το αποτέλεσμα της εφαρμογής της εξίσωσης (3). Η συμμεταβλητότητα μεταξύ των μεγεθών των αναλογιών τσιμέντου και ιπτάμενης τέφρας, $cov(a_{fa, cem}, a_{cem})$ θεωρήθηκε, εξ ορισμού, ότι προκύπτει από συντελεστή γραμμικής συσχέτισης μεταξύ των δύο μεταβλητών ίσο με -1.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το διάστημα που θεωρήθηκε για τις τιμές του ποσοστού προσθήκης ιπτάμενης τέφρας στο τσιμέντο αποτελεί εκτίμηση δυσμενέστερη αυτού που είναι γνωστό ότι επικρατούσε στην αγορά τα τελευταία 20 έτη. Λόγω μείωσης της παραγωγής ιπτάμενης τέφρας από τους ελληνικούς ΑΗΣ τα τελευταία έτη, αντίστοιχα μειώθηκε και το ποσοστό προσθήκης αυτού του υλικού στο τσιμέντο. Στα πρώτα έτη αυτής της εικοσαετίας, το ποσοστό προσθήκης ιπτάμενης τέφρας στο τσιμέντο ανερχόταν περίπου έως 15% κατά μάζα. Στα τρέχοντα έτη, η μέγιστη τιμή αυτού του ποσοστού έχει μειωθεί σε περίπου 3%. Επιλέγοντας, στον Πίνακα 5, διάστημα τιμών για το $a_{fa, Ra226}$ 0-0,2 (δηλαδή 0% έως 20% ποσοστό ιπτάμενης τέφρας, κατά μάζα, στο παραγόμενο τσιμέντο), οι τελικές εκτιμήσεις είναι σαφώς δυσμενέστερες όσων αναφέρονται πιο πάνω. Το εν λόγω διάστημα εμπιστοσύνης είναι τόσο ευρύ που εμπεριέχει την οποιαδήποτε επίδραση ενδεχόμενης διαφοράς στην περιεχόμενη υγρασία της ιπτάμενης τέφρας,

μεταξύ της κατάστασης που ισχύει για τα δείγματα που αναλύονται σε διάταξη -γ φασματοσκοπίας για προσδιορισμό της ενεργότητας για τα ^{226}Ra , ^{232}Th και ^{40}K και της κατάστασης που ισχύει κατά τη φάση της συνάλεσης της ιπτάμενης τέφρας με τα υπόλοιπα συστατικά του τσιμέντου.

Στον Πίνακα 5, το ποσοστό των συστατικών του τσιμέντου αναφέρεται ως καθαρός αριθμός, χωρίς μονάδες μέτρησης (π.χ. 0,1 αντί για 10% κατά μάζα). Σε όλους τους πίνακες που ακολουθούν, η τιμή του Μέγιστου Πιθανού Σφάλματος (Μ.Π.Σ.) που αναφέρεται αντιστοιχεί σε όρια εκατέρωθεν της επίσης αναφερόμενης Μέσης Τιμής (Μ.Τ.) του εκαστοτε μεγέθους, κατά τέτοιον τρόπο που αν προσθαφαιρεθεί το Μ.Π.Σ. από την Μ.Τ. να παράγεται διάστημα εμπιστοσύνης στάθμης περίπου 99,7%.

Σύμφωνα με το ισοζύγιο που παρουσιάζεται στον Πίνακα 5, τα διαστήματα εμπιστοσύνης σε στάθμη περίπου 95% εκτιμώνται σε $C_{fa, \text{cem}, \text{Ra}226} = (1,2 \pm 1,0) \times 10^2 \text{ Bq/kg}$, $C_{fa, \text{cem}, \text{Th}232} = 29 \pm 20 \text{ Bq/kg}$ και $C_{fa, \text{cem}, \text{K}40} = (2,2 \pm 1,6) \times 10^2 \text{ Bq/kg}$. Αξιοσημείωτο είναι πως στο εν λόγω ισοζύγιο αβεβαιότητας φαίνεται πως σημαντικό ρόλο, κατά προτεραιότητα, διαδραματίζουν μόνο (α) η στάθμη συγκέντρωσης ^{40}K στο τσιμέντο στο οποίο δεν έχει γίνει προσθήκη ιπτάμενης τέφρας και (β) δευτερευόντως, το ποσοστό στο οποίο γίνεται προσθήκη ιπτάμενης τέφρας κατά την παραγωγή του τσιμέντου.

Ο Πίνακας 6 παρέχει το ισοζύγιο αβεβαιότητας για τον υπολογισμό της ειδικής κατά μάζα ενεργότητας για τα τρία συστατικά του νωπού σκυροδέματος: τσιμέντο, αδρανή και νερό. Το ισοζύγιο αβεβαιότητας που παρουσιάζεται σε αυτόν τον πίνακα αφορά το αποτέλεσμα της εφαρμογής της εξίσωσης (2). Σημειώνεται πως οι αναλογίες αυτών των τριών συστατικών του σκυροδέματος παρουσιάζουν μια αναμενόμενη συσχέτιση μεταξύ τους, καθώς οποιαδήποτε απόφαση για αύξηση της αναλογίας του ενός, π.χ. του τσιμέντου έτσι ώστε να επιδιωχθεί μια μεγαλύτερη αντοχή στο σκληρυμένο σκυρόδεμα, οδηγεί σε αντίστοιχη αναπροσαρμογή της αναλογίας του ενός ή ακόμη και των δύο υπόλοιπων συστατικών. Για το ισοζύγιο αβεβαιότητας του Πίνακα 4 θεωρήθηκε μια χαλαρή αρνητική συσχέτιση (συντελεστής γραμμικής συσχέτισης -0,2) μεταξύ της αναλογίας του τσιμέντου και της αναλογίας των αδρανών και μεταξύ της αναλογίας του νερού και των αδρανών. Μεταξύ της αναλογίας του τσιμέντου και του νερού, καθώς, ως γνωστό επιχειρείται να διατηρείται περίπου σταθερή, με αναλογία νερού προς τσιμέντο περίπου 0,5, θεωρήθηκε συντελεστής γραμμικής συσχέτισης μεταξύ αυτών των δύο αναλογιών ίσος με 0,5.

Σύμφωνα με το ισοζύγιο που παρουσιάζεται στον Πίνακα 6, τα διαστήματα εμπιστοσύνης σε στάθμη περίπου 95% εκτιμώνται σε $C_{\text{con}, \text{Ra}226} = 35 \pm 18$, $C_{\text{con}, \text{Th}232} = 26 \pm 18$ και $C_{\text{con}, \text{K}40} = (4,5 \pm 3,4) \times 10^2$. Σύμφωνα με το εν λόγω ισοζύγιο αβεβαιότητας, παρά την θεωρούμενη προσθήκη ιπτάμενης τέφρας στο τσιμέντο, κανένα από τα ^{226}Ra , ^{232}Th και ^{40}K δεν υπερέχει σημαντικά έναντι των άλλων. Το μόνο που μπορεί να καταγραφεί είναι ότι η περιεκτικότητα του νωπού κοινού σκυροδέματος σε ^{40}K είναι σχεδόν ασήμαντης βαρύτητας για τη διαμόρφωση της τιμής του ΔΣΕ. Επίσης, προκύπτει ότι η συμμετα-

Πίνακας 5: Ισοζύγιο αβεβαιότητας για τον υπολογισμό του διαστήματος εμπιστοσύνης για τις τιμές της ειδικής ενεργότητας των ^{226}Ra , ^{232}Th και ^{40}K σε τσιμέντο στο οποίο έχει γίνει προσθήκη λιγνιτικής τέφρας.

Παράγοντας	Μέση Τιμή	Μέγιστο πιθανό σφάλμα	Κατανομή	Τυπική αβεβαιότητα	Συντελεστής ευαισθησίας	Συνεισφορά στην αβεβαιότητα αποτελέσματος
^{226}Ra						
$\alpha_{fa,Ra226}$	0,1	0,1	Ομοιόμ.	0,06	800 Bq/kg	2133 (Bq/kg) ²
$\alpha_{cem,Ra226}$	0,9	0,1	Ομοιόμ.	0,06	50 Bq/kg	9 (Bq/kg) ²
$C_{fa,Ra226}$	800 Bq/kg	600 Bq/kg	Τριγ.	245 Bq/kg	0,1	600 (Bq/kg) ²
$C_{cem,Ra226}$	50 Bq/kg	46 Bq/kg	Τριγ.	19 Bq/kg	0,9	292 (Bq/kg) ²
$\text{Cov}(\alpha_{fa,Ra226}, \alpha_{cem,Ra226})$						-288 (Bq/kg) ²
$C_{fa,cem,Ra226}$	125 Bq/kg		2746 (Bq/kg) ²			
^{232}Th						
$\alpha_{fa,Th232}$	0,1	0,1	Ομοιόμ.	0,06	45 Bq/kg	7 (Bq/kg) ²
$\alpha_{cem,Th232}$	0,9	0,1	Ομοιόμ.	0,06	27 Bq/kg	3 (Bq/kg) ²
$C_{fa,Th232}$	45 Bq/kg	45 Bq/kg	Τριγ.	18 Bq/kg	0,1	3 (Bq/kg) ²
$C_{cem,Th232}$	27 Bq/kg	27 Bq/kg	Τριγ.	11 Bq/kg	0,9	98 (Bq/kg) ²
$\text{Cov}(\alpha_{fa,Th232}, \alpha_{cem,Th232})$						-9 (Bq/kg) ²
$C_{fa,cem,Th232}$	29 Bq/kg		102 (Bq/kg) ²			
^{40}K						
$\alpha_{fa,K40}$	0,1	0,1	Ομοιόμ.	0,06	325 Bq/kg	380 (Bq/kg) ²
$\alpha_{cem,K40}$	0,9	0,1	Ομοιόμ.	0,06	212 Bq/kg	162 (Bq/kg) ²
$C_{fa,K40}$	325 Bq/kg	325 Bq/kg	Τριγ.	133 Bq/kg	0,1	177 (Bq/kg) ²
$C_{cem,K40}$	212 Bq/kg	212 Bq/kg	Τριγ.	87 Bq/kg	0,9	6130 (Bq/kg) ²
$\text{Cov}(\alpha_{fa,K40}, \alpha_{cem,K40})$						-496 (Bq/kg) ²
$C_{fa,cem,K40}$	223 Bq/kg		6353 (Bq/kg) ²			

βλητότητα μεταξύ των αναλογιών των συστατικών του σκυροδέματος, πρακτικά, δεν διαδραματίζει κανένα ρόλο για τη διαμόρφωση του ΔΣΕ. Πλην όμως, είναι φανερό πως ο συντελεστής ευαισθησίας του αποτελέσματος έναντι μεταβολών στην περιεκτικότητα των αδρανών σε ραδιοϊσότοπα είναι υψηλός. Πιθανή προσθήκη αδρανών που δεν εντάσσονται στην κατηγορία των ασβεστολιθικών που χρησιμοποιούνται, συνήθως, στην Ελλάδα, πρέπει να εξετάζεται ιδιαίτερα.

Τονίζεται εκ νέου ότι η παρούσα εργασία αφορά τους κοινούς τύπους σκυροδέματος που χρησιμοποιούνται στον φέροντα οργανισμό μιας πολυώροφης κατασκευής

Πίνακας 6: Ισοζύγιο αβεβαιότητας για την ειδική ενεργότητα των ^{226}Ra , ^{232}Th και ^{40}K στο νωπό σκυρόδεμα.

Παράγοντας	Μέση Τιμή	Μέγιστο πιθανό σφάλμα	Κατανομή	Τυπική αβεβαιότητα	Συντελεστής ευαισθησίας	Συνεισφορά στην αβεβαιότητα αποτελέσματος
^{226}Ra						
$a_{fa, \text{cem}}$	320 kg/m ²	40	Τριγ.	16	0,03	0,33 (Bq/kg) ²
a_{agg}	1500 kg/m ²	200	Τριγ.	82	-0,005	0,16 (Bq/kg) ²
a_w	164 kg/m ²	52	Τριγ.	21	-0,01	0,1 (Bq/kg) ²
$C_{fa, \text{cem}, \text{Ra}226}$	125 Bq/kg			42	0,14	35 (Bq/kg) ²
$C_{agg, \text{Ra}226}$	24 Bq/kg	22	Τριγ.	9	0,79	50 (Bq/kg) ²
$C_{w, \text{Ra}226}$	2 Bq/kg	2	Τριγ.	1	0,07	0,003 (Bq/kg) ²
$\text{Cov}(a_{fa, \text{cem}}, a_{agg})$ (θεωρείται $r=-0,2$)						0,09 (Bq/kg) ²
$\text{Cov}(a_{fa, \text{cem}}, a_w)$ (θεωρείται $r=0,5$)						-0,18 (Bq/kg) ²
$\text{Cov}(a_{agg}, a_w)$ (θεωρείται $r=-0,2$)						-0,05 (Bq/kg) ²
$C_{\text{con}, \text{Ra}226}$	35 Bq/kg	-				85 (Bq/kg) ²
^{232}Th						
$a_{fa, \text{cem}}$	320 kg/m ²	40	Τριγ.	16	0,001	0,0004 (Bq/kg) ²
a_{agg}	1500 kg/m ²	200	Τριγ.	82	0,0007	0,004 (Bq/kg) ²
a_w	164 kg/m ²	52	Τριγ.	21	-0,01	0,05 (Bq/kg) ²
$C_{fa, \text{cem}, \text{Th}232}$	29 Bq/kg			10	0,14	2 (Bq/kg) ²
$C_{agg, \text{Th}232}$	28 Bq/kg	28	Τριγ.	11	0,79	81 (Bq/kg) ²
$C_{w, \text{Th}232}$	2 Bq/kg	2	Τριγ.	0,8	0,07	0,003 (Bq/kg) ²
$\text{Cov}(a_{fa, \text{cem}}, a_{agg})$ (θεωρείται $r=-0,2$)						-0,0005 (Bq/kg) ²
$\text{Cov}(a_{fa, \text{cem}}, a_w)$ (θεωρείται $r=0,5$)						-0,004 (Bq/kg) ²
$\text{Cov}(a_{agg}, a_w)$ (θεωρείται $r=-0,2$)						0,006 (Bq/kg) ²
$C_{\text{con}, \text{Th}232}$	26 Bq/kg	-				83 (Bq/kg) ²
^{40}K						
$a_{fa, \text{cem}}$	320 kg/m ²	40	Τριγ.	16	-0,10	3 (Bq/kg) ²
a_{agg}	1500 kg/m ²	200	Τριγ.	82	0,03	7 (Bq/kg) ²
a_w	164 kg/m ²	52	Τριγ.	21	-0,17	14 (Bq/kg) ²
$C_{fa, \text{cem}, \text{K}40}$	223 Bq/kg			78	0,14	119 (Bq/kg) ²
$C_{agg, \text{K}40}$	524 Bq/kg	524	Τριγ.	214	0,79	28422 (Bq/kg) ²
$C_{w, \text{K}40}$	50 Bq/kg	50	Τριγ.	20	0,07	2 (Bq/kg) ²
$\text{Cov}(a_{fa, \text{cem}}, a_{agg})$ (θεωρείται $r=-0,2$)						2 (Bq/kg) ²
$\text{Cov}(a_{fa, \text{cem}}, a_w)$ (θεωρείται $r=0,5$)						6 (Bq/kg) ²
$\text{Cov}(a_{agg}, a_w)$ (θεωρείται $r=-0,2$)						4 (Bq/kg) ²
$C_{\text{con}, \text{K}40}$	448 Bq/kg	-				28580 (Bq/kg) ²

(πλάκες, υποστηλώματα και δοκοί), οπότε και η παρουσία του τσιμέντου καθορίζεται: (α) από τα ελάχιστα όρια για την περιεκτικότητα του σκυροδέματος σε τσιμέντο λόγω της απαιτούμενης ελάχιστης αντοχής και (β) από την οικονομικότητα της κατασκευής, η οποία, σύμφωνα με τη λογική της κατασκευαστικής αγοράς θέτει τα αντίστοιχα άνω πιθανά όρια της περιεκτικότητας του σκυροδέματος σε τσιμέντο.

Οι αναλογίες που εμφανίζονται στους υπολογισμούς του Πίνακα 6 αφορούν το νωπό σκυρόδεμα. Εάν επιχειρηθεί αναγωγή στο σκληρυμένο σκυρόδεμα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η απώλεια μάζας νερού λόγω εξάτμισης κατά τη διάρκεια της περιόδου σκλήρυνσης. Όπως έχει ήδη αναλυθεί στην εισαγωγή της παρούσας εργασίας, δεν είναι πρακτικό να επιχειρηθεί η ακριβής αναπαραγωγή της γεωμετρίας έκθεσης του ατόμου εντός της κατασκευής, καθώς αυτό επηρεάζεται από μεγάλο πλήθος σημαντικών παραγόντων αβεβαιότητας. Το όφελος από τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι η προαγωγή ενός δείκτη, ο οποίος έχει νόημα για τους παραγωγούς σκυροδέματος και μπορεί να τους διευκολύνει στην εκτίμηση των επιδόσεων του προϊόντος τους, στο πλαίσιο κανονιστικού ελέγχου της διακίνησής του εντός της ευρωπαϊκής αγοράς.

Σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς προκύπτει ότι η τιμή του ΔΣΕ για τους κοινούς τύπους σκυροδέματος που χρησιμοποιούνται σε πολυώροφες κατασκευές στον ελληνικό χώρο είναι $I = 0,47 \pm 0,20$.

Πρέπει να σημειωθεί πως η ως άνω εκτίμηση δεν είναι αποτέλεσμα το οποίο αντιστοιχεί στη στάθμη της τιμής του ΔΣΕ για έναν συγκεκριμένο τύπο σκυροδέματος ή ακόμη περισσότερο μια μεμονωμένη μελέτη σύνθεσης συγκεκριμένου τύπου σκυροδέματος. Αποτελεί εκτίμηση του διαστήματος εμπιστοσύνης σε στάθμη περίπου 95% για το σύνολο των τύπων σκυροδέματος που είναι αναμενόμενο να παράχθηκαν στον ελληνικό χώρο εντός της τελευταίας εικοσαετίας. Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό αυτού του διαστήματος είναι η άνω τιμή του ΔΣΕ, ίση με 0,67 (0,47+0,20), η οποία δείχνει ότι οι κοινοί τύποι σκυροδέματος για τους οποίους έχει χρησιμοποιηθεί τσιμέντο που ενδέχεται να περιέχει ιπτάμενη τέφρα, είναι αδύνατο να προσεγγίζουν την οριακή τιμή $I = 1$.

Ο ΔΣΕ μπορεί να θεωρηθεί από την οπτική γωνία της παρακολούθησης των επιδόσεων των δομικών υλικών, όπως απαιτείται για πλήθος άλλων επιδόσεων στο πλαίσιο του Κανονισμού της ΕΕ για προϊόντα δομικών κατασκευών (Κανονισμός (ΕΕ) 305/2011). Στην παρούσα εργασία κρίνεται πως στην ως άνω περίπτωση δεν είναι αναγκαίο η αποτίμηση να αντιστοιχεί σε κλίμακα της ακριβούς βιολογικής επίπτωσης στο εκτιθέμενο άτομο. Μπορεί να αποτελεί, απλώς, έναν δείκτη επίδοσης που βασίζεται στη σύγκριση με τιμές αναφοράς, όπως συμβαίνει, για παράδειγμα, στην περίπτωση κατάταξης των κτηρίων σύμφωνα με τον Δείκτη Ενεργειακής Επίδοσης (ΔΕΕ), που προκύπτει ως το πηλίκο των εκτιμώμενων καταναλώσεων ενέργειας σε ένα κτήριο προς μια αντίστοιχη τιμή αναφοράς (TOTEE 20701-1, 2017). Χαρακτηριστικό είναι ότι ο ΔΕΕ δεν αποτιμάται σύμφωνα με πραγματικές καταναλώσεις ενέργειας που παρατηρούνται σύμφωνα με τις λειτουργικές συνθήκες του κτηρίου, αλλά σύμφωνα με τις προδιαγραφές σχεδιασμού και

κατασκευής του κτηρίου, υποθέτοντας έναν τυπικό τρόπο χρήσης. Οι ομοιότητες με τον ΔΣΕ είναι πολλές, καθώς οι παρονομαστές στην εξίσωση (1) αποτελούν τιμές αναφοράς.

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια μεθοδολογία που μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη για τα εργαστήρια που ενδέχεται να κληθούν να επαληθεύουν την παρουσία ραδιοϊσοτόπων στα δομικά υλικά. Σύμφωνα με το Διεθνές Πρότυπο ISO/IEC 17025:2017, η αξιολόγηση της συμμόρφωσης ενός προϊόντος που υποβάλλεται σε εργαστηριακή δοκιμή θα πρέπει να διενεργείται στη βάση προδιαγεγραμμένου κανόνα λήψης απόφασης (decision rule). Ο κανόνας αυτός είναι υποχρεωτικό να λαμβάνει υπόψη τη στάθμη αβεβαιότητας του αποτελέσματος της(ων) δοκιμής(ών). Στην περίπτωση που ένα εργαστήριο κληθεί να γνωματεύσει σε σχέση με τη συμμόρφωση ενός δομικού προϊόντος, όπως το σκυρόδεμα, με το κριτήριο $\Delta\Sigma < 1$, τότε το εργαστήριο θα πρέπει να διαθέτει ισοζύγιο αβεβαιότητας, παρόμοιο αυτού που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία.

5. Συμπεράσματα

1. Η τιμή του ΔΣΕ δεν είναι πιθανό να ξεπερνά το 1 με στατιστικά σημαντικό τρόπο, όταν αυτό αξιολογείται στην περίπτωση που η μόνη πηγή υψηλής ενεργότητας ραδιοϊσοτόπων στο σκυρόδεμα είναι η παρουσία λιγνιτικής ιπτάμενης τέφρας στο τσιμέντο.
2. Ο ΔΣΕ, υπολογιζόμενος για κάθε δομικό υλικό αλλά και για το σύνολο της κατασκευής, στη βάση της αναλογίας των μαζών των επιμέρους υλικών τους, μπορεί να λειτουργήσει ως ένας δείκτης επίδοσης, αξιοποιήσιμος σε διαδικασίες πιστοποίησης προϊόντων, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους παραγωγούς σκυροδέματος.
3. Η προτεινόμενη χρήση του ΔΣΕ και η συνακόλουθη εκτίμηση της αβεβαιότητας που συνοδεύει την τιμή του μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων από πολλά ενδιαφερόμενα μέρη, όπως οι παραγωγοί δομικών υλικών, οι μελετητές κτηρίων και τα εργαστήρια δοκιμών (διαπιστευμένα ή άλλως αναγνωρισμένα) που αναλαμβάνουν μετρήσεις στο πλαίσιο της αποτίμησης του ΔΣΕ.

Αναφορές

Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 305/2011 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 9ης Μαρτίου 2011 για τη θέσπιση εναρμονισμένων όρων εμπορίας προϊόντων του τομέα των δομικών κατασκευών και για την κατάργηση της οδηγίας 89/106/ΕΟΚ του Συμβουλίου (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ).

ΚΤΣ-2016, ΥΑ αριθμ. Γ.Δ.Τ.Υ./οικ.3328, Έγκριση του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος 2016 (ΚΤΣ-2016), ΦΕΚ 1561Β/02.06.2016.

Παπαδάκος Γ.Ν., 2012, Στοχαστικές διαδικασίες και συνακόλουθες ποσοτικές και ποιοτικές εκτιμήσεις ραδιοπεριβαλλοντικών επιπτώσεων σε πληθυσμιακές ομάδες στον ελληνικό χώρο. Διδακτορική Διατριβή, Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας, ΕΜΠ Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα, Ελλάδα.

- Παπαδάκος Γ.Ν., Καραγγέλος Δ.Ι., Πετρόπουλος Ν.Π., Χίνης Ε.Π., Αναγνωστάκης Μ.Ι., Σιμόπουλος Σ.Ε., 2016. Αβεβαιότητα που εισάγεται στη μέτρηση ραδιενέργειας εδάφους από τα σφάλματα ορισμού δειγματοληψίας, 6ο διετές Πανελλήνιο Συνέδριο Μετρολογίας "Metrologia 2016", Αθήνα, Ελλάδα.
- ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017, Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης, Υπ.Εν. – ΓΓ Ενέργειας και Ορυκτών Πρώτων Υλών, Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ 20701-1 (σύμφωνα με την αναθεώρηση του Κ.Εν.Α.Κ. 2017))
- JCGM 100:2008 (ISO GUM with minor corrections), Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement, Joint Committee for Guides in Metrology / Working Group 1 (JCGM/WG 1), 1st edition.
- JCGM 200:2012, International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM), Joint Committee for Guides in Metrology / Working Group 2 (JCGM/WG 2), 3rd edition (2008 version with minor corrections).
- Karangelos D.J., Petropoulos N.P., Anagnostakis M.J., Hinis E.P., Simopoulos S.E., 2004. Radiological characteristics and investigation of the radioactive equilibrium in the ashes produced in lignite-fired power plants, *Journal of Environmental Radioactivity* 77 (2004) 233–246.
- Karangelos D.J., Rouni P.K., Petropoulos N.P., Anagnostakis M.J., Hinis E.P. and Simopoulos S.E., 2005. Radioenvironmental survey of the Megalopolis power plants fly-ash deposits, *Radioactivity in the Environment* 7:1025-1029.
- Maraziotis I., 1985. Gamma activity of the fly ash from a Greek power plant and properties of fly-ash cement, *Health Physics* 49 (1985) 302–303.
- Nuccetelli C., Risica S., D’Alessandro M., Trevisi R., 2012. Natural radioactivity in building material in the European Union: robustness of the activity concentration index I and comparison with a room model, *J. Radiol. Prot.* 32, 349–358.
- Pakou A.A., Assimakopoulos P.A., Prapidis M., 1994. Natural radioactivity and radon emanation factors in building material used in Epirus (north western Greece). *Sci. Total Environ.* 144, 255–260.
- Papaefthymiou H., Gouseti O., 2008. Natural radioactivity and associated radiation hazards in building materials used in Peloponnese, Greece, *Radiation Measurements* 43 (2008) 1453 – 1457.
- Papaefthymiou H., Symeopoulos B.D., Soupioni M., 2007. Neutron activation analysis and natural radioactivity measurements of lignite and ashes from Megalopolis basin, Greece. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 274 (1), 123–130.
- Papastefanou C., Charalambous St., 1979. On the radioactivity of fly ashes from coal power plants, *Zeit. f. Naturforschung*, No. 3402, 533.
- Papastefanou C., Charalambous St., 1980. Hazards from Reactivity of Fly Ash of Greek Coal Power Plants, 5th Int. Congress of the IRPA, Jerusalem, Israel, 9-14 March 1980, Vol III, p. 161.
- Papastefanou C., Stoulos S., Manolopoulou M., 2005. The radioactivity of building materials. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 266 (3), 367–372.

- Pavlidou S., Koroneos A., Papastefanou C., Christofides G., Stoulos S., Vavelides M. 2004. Natural Radioactivity of Granites Used as Building Materials in Greece, *Bulletin of the Geological Society of Greece* vol. XXXVI, Proceedings of the 10th International Congress, Thessaloniki, April 2004.
- Petropoulos N.P., Anagnostakis M.J., Simopoulos S.E. 2002. Photon attenuation, natural radioactivity content and radon exhalation rate of building materials. *J. Environ. Radioact.* 61, 257–269.
- Rouni P., Petropoulos N., Anagnostakis M., Hinis E., Simopoulos S. 2001. Radioenvironmental survey of the Megalopolis lignite field basin, *The Science of the Total Environment*, 272(2001); 261–272.
- Simopoulos S.E., Angelopoulos M.G. 1985. Measurements of natural radioactivity in the lignite of the Ptolemais region in Greece feeding two power plants and in the ashes produced. *Freiberger Forschungshefte C421 Geowissenschaften*, 1985, 65–78.
- Simopoulos S.E., Angelopoulos M.G. 1987. Natural radioactivity releases from lignite power plants in Greece, *Journal of Environmental Radioactivity* 5:379–389.
- Simopoulos S.E. 1990. Natural Radioactivity Analysis Results of Greek Surface Soil Samples. National Technical University, MPX-3. Athens.
- Siotis I., Wrixon A.D., 1984. Radiological consequences of the use of fly ash in building materials in Greece, *Radiation Protection Dosimetry* 7 (1984) 101–105.
- Skodras G., Grammelis P., Kakaras E., Karangelos D., Anagnostakis M., Hinis E. 2007. Quality characteristics of Greek fly ashes and potential uses, *Fuel Processing Technology* 88, 77–85.
- Trevisi R., Leonardia F., Risicab S., Nuccetelli C. 2018. Updated database on natural radioactivity in building materials in Europe, *Journal of Environmental Radioactivity* 187:90–105.
- Stoulos S., Manolopoulou M., Papastefanou C. 2003. Assessment of natural radiation exposure and radon exhalation from building materials in Greece. *J. Environ. Radioact.* 69, 225–240.
- Turhan S. 2007. Assessment of the natural radioactivity and radiological hazards in Turkish cement and its raw materials, *Journal of Environmental Radioactivity* 99, 404 – 414.
- UNSCEAR 1993 Report, SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes.

Abstract

Fly ash is known to be a by-product of coal-fired power plants that is also used in cement production. The radioactivity in fly ash that is produced by Greek lignite power plants can not be considered insignificant, exceeding, in the case of the Megalopolis power plant produced fly ash, 1kBq / kg for ^{226}Ra . The activity concentration index shall be estimated for each building material, according to the Radiation Protection Regulation (Article 75), which adapts the 2013/59/Euratom Directive into the Greek legislation. This index applies to building materials and not to its components. The present study evaluates the use of lignite fly ash in concrete in Greece and the possible values of the activity concentration index of concrete are estimated. The calculation formula is defined in Annex VIII of the Radiation Protection Regulation and has been applied to the range of component ratios of various concrete composition studies used during the years of fly ash recovery. The implementation of the Regulation already requires the control of the specific performance of all building materials, and therefore of the concrete in the context of their compliance with the European Regulatory Framework. The above framework acquires special interest when the building materials are led to certification processes.

Keywords: Fly ash, concrete, activity concentration index.

Επιστημονικά Θέματα

που υποβλήθηκαν
στη μνήμη του Σ.Ε. Σιμόπουλου



Θέματα Ενέργειας, Περιβάλλοντος,
Αειφορίας και Νέων Τεχνολογιών

Προοπτική μακροχρόνιας μετεξέλιξης του τομέα ηλεκτρικής ενέργειας

ΠΑΝΤΕΛΗΣ ΚΑΠΡΟΣ

Ομότιμος Καθηγητής Ενεργειακής Οικονομίας,
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Περίληψη

Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας προορίζεται να διαδραματίσει πρωταγωνιστικό ρόλο στη μετάβαση προς την κλιματική ουδετερότητα. Για το σκοπό αυτό η ηλεκτρική ενέργεια σύντομα θα παράγεται χωρίς ορυκτά καύσιμα. Παράλληλα, προωθείται ο εξηλεκτρισμός της θερμότητας και της κινητικότητας, ενώ όπου αυτό δεν θα μπορεί να γίνει απευθείας, θα χρησιμοποιούνται καύσιμα, όπως το πράσινο υδρογόνο και συνθετικά καύσιμα, τα οποία θα παράγονται από ηλεκτρική ενέργεια. Στην προοπτική αυτή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα αποτελούν την κύρια πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ζητήματα ασφάλειας εφοδιασμού, αξιοπιστίας των συστημάτων και ανάκτησης κόστους, κυρίως κόστους κεφαλαίου, απαιτούν καινοτόμες προσεγγίσεις.

Λέξεις-Κλειδιά: Ηλεκτρική ενέργεια, ενεργειακή οικονομία, κλιματική ουδετερότητα, ΑΠΕ

1. Βασικές αρχές

Ο ηλεκτρικός τομέας (ζήτηση, παραγωγή, σύστημα και αγορά) βρίσκεται σήμερα σε τροχιά μεγάλων αλλαγών τόσο στην τεχνολογία όσο και στη δομή της αγοράς. Αναμφισβήτητα, ο ηλεκτρικός τομέας αναπτύσσεται μαζί με την οικονομική ανάπτυξη την οποία ακολουθεί, αφού η ζήτηση ηλεκτρισμού αυξάνει με την οικονομική ανάπτυξη, αλλά και ωθεί την ίδια την ανάπτυξη επειδή συμβάλλει στην ανταγωνιστικότητα και την παραγωγικότητα όλης της οικονομίας.

Ο εξηλεκτρισμός είναι μία σύνθετη διεργασία μεγάλης εντάσεως κεφαλαίου και ενέχει ρίσκο για επενδυτές δεδομένου ότι οι επενδύσεις έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, απασχολούν σημαντικό όγκο κεφαλαίων και εν πολλοίς η επένδυση είναι μία μη αναστρέψιμη δαπάνη. Η παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές έχει εν μέρει

χαρακτήρα παροχής δημόσιας υπηρεσίας, λόγω της εξάρτησης ζωτικών αναγκών από την ηλεκτρική ενέργεια, αλλά ταυτόχρονα η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα εμπορεύσιμο αγαθό με τιμές που αντανακλούν τη σπανιότητά του. Ο συνδυασμός αυτών των παραγόντων ώθησε τα περισσότερα κράτη να αναπτύξουν τον εξηλεκτρισμό και τις σχετικές υποδομές υπό κρατική προστασία ή και απευθείας ως κρατική επιχειρηματική δραστηριότητα. Όμως αφού ο εξηλεκτρισμός εξάντλησε τις αποδόσεις κλίμακα, η συνέχιση της κρατικής προστασίας επέφερε οικονομικές αναποτελεσματικότητες και έτσι ο τομέας ιδιωτικοποιήθηκε και εισήλθε σε καθεστώς ανταγωνισμού για την παραγωγή και πώληση ηλεκτρικής ενέργειας, με εξαίρεση τη διαχείριση των δικτύων η οποία συντελείται υπό καθεστώς ρυθμιζόμενου μονοπωλίου.

Έως πρόσφατα, ο ηλεκτρικός τομέας διατηρούσε τον συγκεντρωτικό του χαρακτήρα σχετικά με το μέγεθος των επιχειρήσεων, την κλίμακα των παραγωγικών μονάδων και την ιεραρχική οργάνωση των δικτύων (χαμηλή, μέση, υψηλή τάση με αντίστροφη φορά παροχής του ρεύματος). Οι τυποποιημένες και αποδοτικές μονάδες συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου αποτέλεσαν το μοχλό στο άνοιγμα της αγοράς γιατί η ανταγωνιστικότητά τους δεν απαιτεί επιχειρήσεις με μεγάλη κλίμακα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) θέτουν υπό αμφισβήτηση το συγκεντρωτικό μοντέλο, δεδομένου ότι η ενέργεια από τις ΑΠΕ μπορεί να παράγεται σε μικρή κλίμακα. Σήμερα οι περισσότερες τεχνολογίες ΑΠΕ έχουν γίνει οικονομικά ανταγωνιστικές, όμως λόγω μεγάλης μεταβλητότητας της ανανεώσιμης πηγής χρειάζονται συμπλήρωση (εξισορρόπηση) από συμβατικές πηγές, κυρίως μονάδες φυσικού αερίου, ή αποθήκες ηλεκτρικής ενέργειας.

Η οικονομική βελτιστοποίηση της λειτουργίας της ηλεκτροπαραγωγής βασίσθηκε επί μακρόν στο οριακό κόστος κάθε μονάδας, το οποίο όταν είναι υψηλό για μία τεχνολογία αντισταθμίζεται από χαμηλό κόστος κεφαλαίου. Με τον τρόπο αυτό, οι μονάδες υψηλού κόστους κεφαλαίου και μικρού οριακού κόστους λειτουργίας εντάσσονται κατά προτεραιότητα στον ημερήσιο προγραμματισμό ηλεκτροπαραγωγής. Μέσω της ένταξης των μονάδων κατά αύξουσα σειρά οριακού κόστους, προκύπτει το οριακό κόστος του συστήματος, με βάση την ακριβότερη μονάδα σε λειτουργία. Το ωριαίο οριακό κόστος συστήματος αποτελεί τη βάση για την τιμολόγηση της ηλεκτρικής παροχής σε καταναλωτές με διαφορετικά χαρακτηριστικά κατανάλωσης. Η επιπλέον αμοιβή για την ανάκτηση του σταθερού κόστους των οριακών μονάδων κατά τις ώρες αιχμής του φορτίου εξασφαλίζει ανάκτηση του πλήρους κόστους για τις μονάδες σε λειτουργία, εφόσον το σύστημα αναπτύσσεται με οικονομικά βέλτιστο τρόπο. Οι ΑΠΕ έχουν μηδενικό οριακό κόστος και επομένως η μεγάλη ανάπτυξή τους συμπιέζει προς τα κάτω και ίσως μέχρι και μηδενίζει τις οριακές τιμές συστήματος. Έτσι, ενόσω αυξάνονται οι ΑΠΕ, μειώνεται η δυνατότητα τιμολόγησης με βάση το οριακό κόστος του συστήματος, που δυσκολεύει τη λειτουργία χρηματιστηριακών αγορών ηλεκτρισμού.

Η ενοποίηση των αγορών πολλών χωρών μέσω ισχυρών διασυνδέσεων εντείνει τον ανταγωνισμό, εξασφαλίζει αύξηση των πόρων για εξισορρόπηση του συστήματος με

οικονομικά αποτελεσματικό τρόπο, αλλά μειώνει την εθνική κυριαρχία στην ενεργειακή πολιτική, καθιστώντας την ηλεκτρική ενέργεια διεθνές εμπόρευμα.

Η απειλή της κλιματικής αλλαγής ως πρόβλημα του πλανήτη επιβάλλει ραγδαία απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Τα στερεά ορυκτά καύσιμα, τα οποία εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα περισσότερο από κάθε άλλη μορφή ενέργειας, αποτέλεσαν σε αρκετές χώρες θεμέλιο της πολιτικής για χρήση εγχώριων πηγών στην ηλεκτροπαραγωγή. Η πολιτική αυτή δεν μπορεί να συνεχισθεί πλέον.

2. Τάσεις εξέλιξης του ηλεκτρικού τομέα

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν τη μελλοντική εξέλιξη των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο:

- εξηλεκτρισμός της κατανάλωσης ενέργειας
- ταχεία αύξηση του πληθυσμού σε περιοχές με μειωμένη πρόσβαση στα δίκτυα
- απεξάρτηση από τη χρήση ορυκτών καυσίμων
- ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) σε μεγάλη κλίμακα
- αποκέντρωση της παραγωγής χάρη στα φωτοβολταϊκά το κόστος των οποίων έχει μειωθεί σημαντικά
- ψηφιοποίηση των συσκευών κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας
- ενεργός συμμετοχή των καταναλωτών στις αγορές και
- άνοιγμα στον ανταγωνισμό μαζί με σύζευξη των αγορών πολλών χωρών.

Αυτοί οι παράγοντες έχουν ήδη εισαγάγει σημαντικές αλλαγές στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ αναμένεται ότι οι θεμελιώδεις αλλαγές θα συνεχίσουν να συμβαίνουν και να εντείνονται τις επόμενες δεκαετίες. Η παγκόσμια επιταγή να μετριασθεί ο κίνδυνος της κλιματικής αλλαγής μέσω της απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα είναι ο σπουδαιότερος παράγοντας που κινεί τις εξελίξεις. Όμως εξίσου σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η ραγδαία τεχνολογική πρόοδος και ο ανταγωνισμός στις αγορές.

Οι εξελίξεις κινούνται με γοργό ρυθμό σε παγκόσμιο επίπεδο κυρίως λόγω της παγκοσμιοποίησης και ειδικότερα του έντονου ανταγωνισμού σε παγκόσμια κλίμακα στον τομέα της ανάπτυξης νέων καινοτόμων προϊόντων και τεχνολογιών. Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο, οι αντλίες θερμότητας, τα ψηφιακά συστήματα ελέγχου, οι εγκαταστάσεις παραγωγής με ΑΠΕ, οι τεχνολογίες υδρογόνου, αλλά και οι τεχνολογίες λογισμικού που εκμεταλλεύονται τεράστιου μεγέθους δεδομένα, είναι μερικά παραδείγματα. Η επιτυχής διάδοση μίας τέτοιας καινοτομίας στην αγορά συνδέεται άμεσα με τη μετεξέλιξη του ηλεκτρικού τομέα. Η μετεξέλιξη προσδίδει έδαφος για την εμπορική και βιομηχανική ωρίμανση των καινοτομιών και ταυτόχρονα αναπτυξιακά πλεονεκτήματα στη χώρα που θα κινηθεί πρώτη προς αυτήν την κατεύθυνση.

Οι γεωπολιτικές εντάσεις επίσης επηρεάζονται. Η ανάπτυξη των ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα και ο εξηλεκτρισμός της κατανάλωσης ενέργειας μεταθέτει τις γεωπολιτικές εντάσεις από το να έχουν ως επίκεντρο χώρες με μεγάλα αποθέματα ορυκτών καυσίμων σε χώρες με αποθέματα σε σπάνιες γαίες, σε χώρες που επηρεάζουν τη διέλευση δικτύων και σε αυτές που αναπτύσσουν τις νέες τεχνολογικές πατέντες.

Η μετάβαση του ενεργειακού συστήματος προς τη νέα τεχνολογία, την ψηφιοποίηση και τη νέα οργάνωση των αγορών επιφέρει αύξηση του κόστους για τους καταναλωτές, αλλά επίσης απαιτεί μεγαλύτερου ύψους επενδύσεις (αγορές εξοπλισμού, αυτοκινήτου, δίκτυα κ.λπ.) με αντάλλαγμα τη μείωση του κόστους λειτουργίας του εξοπλισμού. Όμως ένα σημαντικό τμήμα του πληθυσμού, τόσο στις αναπτυγμένες χώρες και περισσότερο στις χώρες που αναπτύσσονται, δεν έχει πρόσβαση στα απαιτούμενα κεφάλαια. Ως αποτέλεσμα, το τμήμα αυτό του πληθυσμού κινδυνεύει να υστερήσει στην τεχνολογική εξέλιξη. Δημιουργείται έτσι όχι μόνο ενεργειακή αλλά και τεχνολογική φτώχεια. Η αντιμετώπιση του κινδύνου αυτού είναι μεταξύ των κυριότερων προκλήσεων για τη διαχείριση της μετάβασης.

Όπως και σε κάθε μεγάλη τεχνολογική μεταβολή, η νέα δημιουργία βασίζεται σε καταστροφή δομών που βασιζόνταν στην παλαιά τεχνολογία¹. Έτσι κατά τη μετάβαση θα υπάρξουν αναγκαστικά νικητές και ηττημένοι. Στους τελευταίους θα ανήκουν εκείνες οι επιχειρήσεις του ηλεκτρικού τομέα που για διάφορους λόγους θα αδρανήσουν ή θα καθυστερήσουν στη μετεξέλιξή τους σε νέα τεχνολογία και επιχειρηματικό αντικείμενο. Μεγάλες επιχειρήσεις που, αναλαμβάνοντας κίνδυνο, στρέφονται τολμηρά σε νέες τεχνολογίες έχουν περισσότερες πιθανότητες να βρεθούν μεταξύ των νικητών. Επειδή η μετάβαση εξαρτάται και από την πολιτική του Κράτους, είναι μεγάλη πρόκληση για την πολιτική να διαχειριστεί καταστάσεις όπου μεγάλες επιχειρήσεις του ηλεκτρικού τομέα φαίνονται να ευρίσκονται σε τροχιά ηττημένου.

Η πολύπλοκη μετάβαση του ηλεκτρικού τομέα στη νέα εποχή δεν μπορεί να επιτευχθεί μόνο από τις δυνάμεις της αγοράς χωρίς τη ρυθμιστική παρέμβαση του Κράτους. Στην ουσία η μετάβαση εξαρτάται από την επιτυχή εξέλιξη σε ζητήματα κλειδιά τα οποία έχουν το χαρακτήρα θετικών εξωτερικοτήτων. Ο μετριασμός των αβεβαιοτήτων που αποθαρρύνουν καινοτόμες επενδύσεις, οι υποδομές, η έρευνα και ανάπτυξη και η εξασφάλιση υγιούς ανταγωνισμού είναι παραδείγματα θετικών εξωτερικοτήτων που χρειάζονται παρέμβαση του κράτους για να επιτευχθούν. Καίριας σημασίας είναι ο ρόλος του Κράτους για τον συντονισμό των παραγόντων της αγοράς κατά τη μετάβαση: για παράδειγμα ο εξηλεκτρισμός των οδικών μεταφορών δεν μπορεί να γίνει

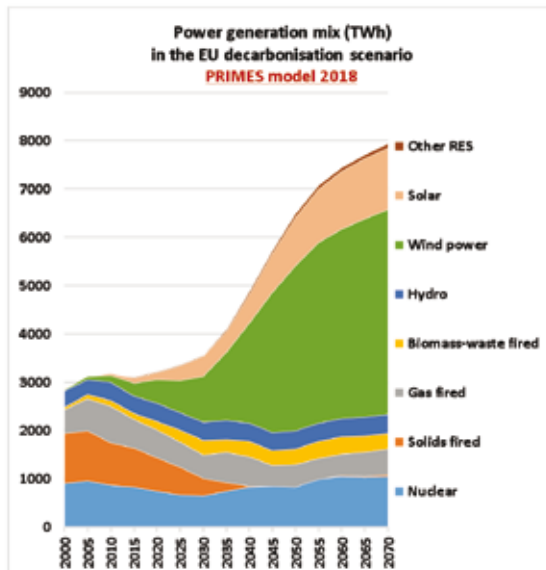
1 Σύμφωνα με τον Schumpeter (Schumpeter, Joseph A. (1994) [1942]. *Capitalism, Socialism and Democracy*. London: Routledge. ISBN 978-0-415-10762-4), ο «καταϊγισμός της δημιουργικής καταστροφής» περιγράφει τη «διαδικασία της βιομηχανικής μετάλλαξης που με επαναστατικό τρόπο ανανεώνει συνεχώς την οικονομική δομή από μέσα, καταστρέφοντας αδιάκοπα το παλιό, δημιουργώντας αδιάκοπα ένα νέο».

επιτυχώς χωρίς συντονισμό μεταξύ της ανάπτυξης του ηλεκτρικού δικτύου φόρτισης, της ωρίμανσης καινοτομιών για τις μπαταρίες, την παραγωγή ποικίλων και οικονομικά ανταγωνιστικών ηλεκτρικών αυτοκινήτων και την αντίστοιχη αποδοχή τους από τους καταναλωτές. Ο συντονισμός διαφορετικών παραγόντων στην αγορά, οι οποίοι έχουν διαφορετικά οικονομικά αντικείμενα, αποτελεί θετική εξωτερικότητα στο πλαίσιο της διαδικασίας επίτευξης δομικών αλλαγών.

3. Ο ρόλος του ηλεκτρισμού στο μετριασμό της κλιματικής αλλαγής

Ο μετριασμός της κλιματικής μεταβολής απαιτεί την πλήρη απεξάρτηση του ενεργειακού συστήματος από την καύση ορυκτών καυσίμων και την εξ αυτής εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η κατανομή της προσπάθειας αυτής μεταξύ των χωρών, οι οποίες ευρίσκονται σε διαφορετική τροχιά οικονομικής ανάπτυξης, επιβάλλει οι αναπτυσσόμενες χώρες να επωμισθούν μεγαλύτερο βάρος της προσπάθειας. Πρακτικά, οι αναπτυσσόμενες χώρες πρέπει σχεδόν να μηδενίσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από καύση ορυκτών καυσίμων εντός των επόμενων τριάντα ετών.

Προεξάρχουσα θέση στην πορεία αυτή έχει ο ηλεκτρικός τομέας. Επειδή ο τομέας αυτός έχει την τεχνολογική δυνατότητα εξάλειψης των εκπομπών, η απανθρακοποίηση της ηλεκτροπαραγωγής πρέπει να προηγηθεί άλλων τομέων του ενεργειακού συστήματος, ώστε έτσι ο περαιτέρω εξηλεκτρισμός των τελικών καταναλώσεων ενέργειας να επιτρέψει τη δραστική μείωση των εκπομπών μέσω της ηλεκτρικής ενέργειας, εφόσον



Εικόνα 1: Ενδεικτική δομή της ηλεκτροπαραγωγής

αυτή θα έχει σχεδόν μηδενικό ανθρακικό αποτύπωμα. Με τον τρόπο αυτό, ο ηλεκτρικός τομέας συμβάλλει στην απανθρακοποίηση τομέων που παρουσιάζουν μεγάλη ανελαστικότητα στη μείωση των εκπομπών, όπως ο τομέας των μεταφορών και οι τομείς που χρησιμοποιούν θερμότητα.

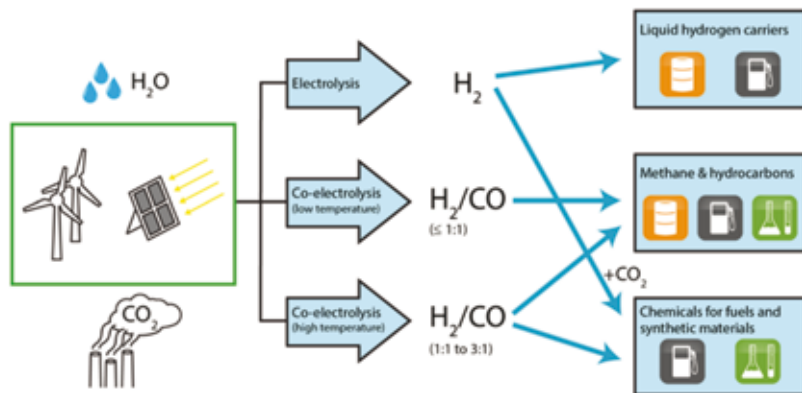
Ο εξηλεκτρισμός τομέων τελικής ενεργειακής κατανάλωσης οδηγεί σε μεγέθυνση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα αναμένεται τάση αύξησης των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας ως αποτέλεσμα του μετασχηματισμού του συστήματος και του επιπλέον κόστους που αυτή επιφέρει. Ως κύριο κίνητρο προς τους επενδυτές για την επιλογή τεχνολογιών χωρίς εκπομπές εφαρμόζεται στις περισσότερες χώρες η τιμολόγηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, είτε άμεσα ως φόρος εκπομπών, ή και ως κόστος αγοράς εμπορεύσιμων δικαιωμάτων εκπομπής, είτε έμμεσα ως ποινολόγηση εκπομπών οι οποίες ξεπερνούν κάποιο όριο ανά εγκατάσταση παραγωγής. Έτσι η οικονομική βελτιστοποίηση του κόστους παραγωγής, και εξ αυτής ο μετριασμός της τάσης αύξησης των τιμών καταναλωτή, οδηγεί τους επενδυτές στην επιλογή τεχνολογιών χωρίς εκπομπές.

Οι τεχνολογίες που είναι απαλλαγμένες από εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα εν προκειμένω) είναι οι ΑΠΕ (κυρίως φωτοβολταϊκά και αιολικά επίγεια και θαλάσσης, και σε πολύ μικρότερη έκταση θερμικά ηλιακά, ενέργεια από κύματα και γεωθερμία), η καύση βιομάζας και απορριμμάτων (περιοριζόμενες από τη διαθεσιμότητά τους), η πυρηνική ενέργεια και οι τεχνολογίες δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα μετά την καύση ορυκτών καυσίμων σε θερμικές μονάδες και η αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα σε γεωλογικούς σχηματισμούς (δηλαδή οι τεχνολογίες carbon capture and storage – CCS).

Η γεωλογική αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα συναντά μεγάλες αντιδράσεις σχεδόν σε όλες τις χώρες. Στην ΕΕ κανένα από τα σχετικά έργα επίδειξης δεν μπόρεσε να υλοποιηθεί. Η επέκταση της πυρηνικής ενέργειας επίσης συναντά αντιδράσεις σε αρκετές χώρες, ενώ χώρες με παράδοση στην πυρηνική ενέργεια έχουν ανακοινώσει εγκατάλειψή της. Στο πλαίσιο αυτό είναι και ιδιαίτερα υψηλού κόστους η χρηματοδότηση νέων έργων σε πυρηνικούς σταθμούς.

Κατά συνέπεια, οι μόνες τεχνολογίες που μπορούν να αναπτυχθούν σε μεγάλη κλίμακα ώστε να απανθρακοποιηθεί η ηλεκτροπαραγωγή είναι οι ΑΠΕ. Όμως η παραγωγή από ΑΠΕ έχει στοχαστικό χαρακτήρα και εξαρτάται από τις μετεωρολογικές συνθήκες και όχι από τις εντολές του διαχειριστή του ηλεκτρικού συστήματος. Ο ετεροχρονισμός μεταξύ της παραγωγής από ΑΠΕ και της ζήτησης ηλεκτρικής συνιστά πρόβλημα για το σύστημα και απαιτεί πόρους που έχουν ευελιξία σχετικά με το χρονικό προφίλ λειτουργίας, καθώς και τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας.

Ο εξηλεκτρισμός των τελικών καταναλώσεων ενέργειας αυξάνει την αποδοτικότητα στην τελική χρήση της ενέργειας και μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αν η ηλεκτροπαραγωγή έχει μικρό ή μηδενικό ανθρακικό αποτύπωμα. Όμως η ηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να καλύψει όλες τις χρήσεις της ενέργειας. Είναι δύσκολο να εξηλε-



Εικόνα 2: Σχηματική δομή παραγωγής υδρογόνου και συνθετικών καυσίμων

κτρισθεί ένα σημαντικό μέρος των τομέων των μεταφορών, και δεν μπορεί να υποκατασταθεί η καύση σε ορισμένες διεργασίες μεγάλης ενθαλπίας στη βιομηχανία αλλά και το φυσικό αέριο σε ορισμένες εφαρμογές σε κτίρια και βιομηχανίες.

Η επίτευξη μηδενικού ανθρακικού αποτυπώματος σε όλες τις χρήσεις της ενέργειας απαιτεί επομένως την παραγωγή καυσίμων (μεθάνιο και υγροί υδρογονάνθρακες) από ΑΠΕ μέσω υδρογόνου και δέσμευσης του διοξειδίου του άνθρακα από τον αέρα και από βιομάζα. Οι σχετικές τεχνολογίες είναι ιδιαίτερα ηλεκτροβόρες. Στο πλαίσιο αυτό η ηλεκτρική ενέργεια επιτελεί ρόλο τροφοδότη χημικών διεργασιών που παράγουν αέρια και υγρά καύσιμα. Επομένως είτε απευθείας στην τελική χρήση ενέργειας είτε εμμέσως στην παραγωγή συνθετικών καυσίμων, ο ηλεκτρικός τομέας θα διαδραματίσει τον κεντρικό ρόλο στο πλαίσιο του μετασχηματισμού του ενεργειακού συστήματος με σκοπό τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

Το συνολικό μέγεθος ηλεκτροπαραγωγής που θα χρειασθεί για την παραγωγή υδρογόνου, μεθανίου και υγρών υδρογονανθράκων στο μέλλον μπορεί να είναι διπλάσιο ή και μεγαλύτερο από το σημερινό μέγεθος. Προκειμένου η ηλεκτρική ενέργεια να έχει μηδενικό αποτύπωμα ενώ ο όγκος είναι διπλάσιος ή και μεγαλύτερος, θα απαιτηθούν πρωτοφανούς έκτασης επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση του διοξειδίου του άνθρακα που δεσμεύεται σε θερμικούς σταθμούς ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή συνθετικών υδρογονανθράκων. Όμως μόνο αν η χρήση γίνει για την παραγωγή υλικών, όπως τα πλαστικά, θα προκύψει ουδέτερο ανθρακικό αποτύπωμα. Η προοπτική αυτή είναι ελκυστική εφόσον οικονομίες κλίμακας επιτρέψουν μείωση του κόστους παραγωγής συνθετικής μεθανόλης και ολεφινών από υδρογόνο από ηλεκτρόλυση και διοξείδιο του άνθρακα δεσμευμένο σε θερμικές μονάδες. Ανάλογο ενδιαφέρον έχει η δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα σε βιομηχανικές διεργασίες παραγωγής σιδήρου και τσιμέντου, επειδή είναι λίγες

οι εναλλακτικές δυνατότητες σε αυτούς τους τομείς. Το δεσμευμένο διοξείδιο θα ήταν χρήσιμο για παραγωγή πλαστικής ύλης όπως αναφέρθηκε. Επίσης, η παραγωγή υδρογόνου από αναμόρφωση του φυσικού αερίου με παράλληλη δέσμευση του εκλυόμενου διοξειδίου του άνθρακα είναι μία εμπορικά ώριμη τεχνολογία, όμως έχει μικρό μέλλον στο πλαίσιο του συνολικού συστήματος αφού οι δυνατότητες γεωλογικής αποθήκευσης είναι περιορισμένες και η χρήση σε πλαστική ύλη επίσης περιορισμένη.

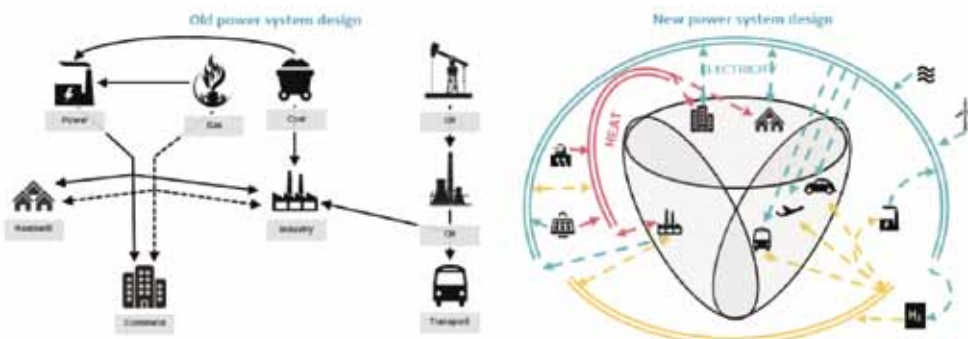
Άρα οι μεγάλες ποσότητες υδρογόνου που θα απαιτηθούν, είτε με άμεση χρήση υδρογόνου είτε με παραγωγή και χρήση συνθετικών υδρογονανθράκων, για την υποκατάσταση των ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές, στις θερμικές χρήσεις και στην πρώτη ύλη των πλαστικών, θα παραχθούν από ηλεκτρόλυση στο μεγαλύτερο μέρος.

4. Η ενσωμάτωση ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα

Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται στην αρχή μια ιστορικής μεταστροφής που συνεπάγεται την απομάκρυνση από ένα συγκεντρωτικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής βασιζόμενο κυρίως σε μεγάλες κεντρικές μονάδες παραγωγής ενέργειας και συμβατική υποδομή μεταφοράς και διανομής προς ένα εξαιρετικά δικτυωμένο οικοσύστημα αμφίδρομων ροών ισχύος και ψηφιακά ενεργοποιημένο έξυπνο δίκτυο. Το νέο σύστημα ισχύος θα είναι:

1. έξυπνο και διασυνδεδεμένο,
2. πολύπλοκο και διαδραστικό και
3. καθαρό (σχετικά με τις εκπομπές) και κυκλικό.

Μέρος αυτής της μετατόπισης είναι ένα δυναμικό ενεργειακό οικοσύστημα που αξιοποιεί τη γενικευμένη συνδεσιμότητα, ευφρείς αισθητήρες και συσκευές, τεχνολογία πληροφοριών και λειτουργιών και λογισμικό machine learning αξιοποιώντας τεράστιου μεγέθους δεδομένα (big data technologies). Αυτό το οικοσύστημα θα είναι πολύ διαφο-



Εικόνα 3: Ανασχεδιασμός της δομής του ηλεκτρικού συστήματος

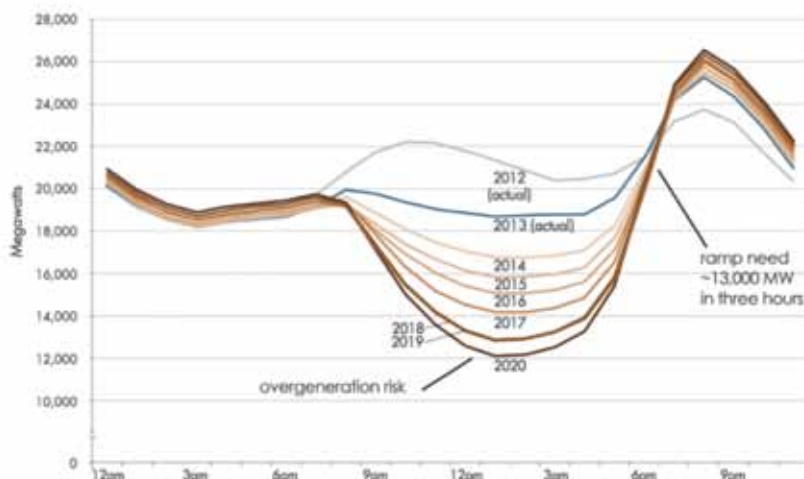
ρετικό και πιο εξελιγμένο από το μοντέλο ιεραρχικής δομής που χρησιμοποιείται σήμερα στη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η εξισορρόπηση των μεταβλητών ΑΠΕ από ευέλικτες πηγές θα διαδραματίσει βασικό ρόλο στη νέα πραγματικότητα της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Στο πλαίσιο δραστηκής μείωσης του ανθρακικού αποτυπώματος του ηλεκτρικού τομέα στην προοπτική του 2050, οι ανανεώσιμες πηγές θα πλησιάσουν το 80% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής στην Ευρώπη. Ως συνέπεια, θα πρέπει να αναπτυχθούν πολυποίκιλες υπηρεσίες ευελιξίας. Η ευελιξία είναι η κρίσιμη νέα υπηρεσία για το σύστημα προκειμένου να αποφευχθούν οι περικοπές φορτίου ή οι ΑΠΕ.

Οι πάροχοι ευελιξίας είναι οι μονάδες φυσικού αερίου, τα υδροηλεκτρικά, τα συστήματα αποθήκευσης και η διαχείριση της ζήτησης, καθώς και η εκμετάλλευση των διασυνδέσεων. Τα διάσπαρτα συστήματα αποθήκευσης, η έξυπνη διαχείριση της ζήτησης, καθώς και της φόρτισης και αποφόρτισης των μπαταριών των ηλεκτροκίνητων οχημάτων θα έχουν σημαντική συνεισφορά στην εξισορρόπηση των ΑΠΕ.

Οι παραδοσιακές τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας, από άνθρακα, λιγνίτη και πυρηνικά, δεν μπορούν να παράσχουν την απαιτούμενη υπηρεσία ευελιξίας. Οι πυρηνικοί σταθμοί μπορούν να λειτουργούν ευέλικτα σε κάποιο βαθμό, όπως ήδη γίνεται στη Γαλλία, αλλά δεν μπορούν να έχουν κυκλική λειτουργία με συχνά ανοιγο-κλεισίματα όπως οι μονάδες αερίου.

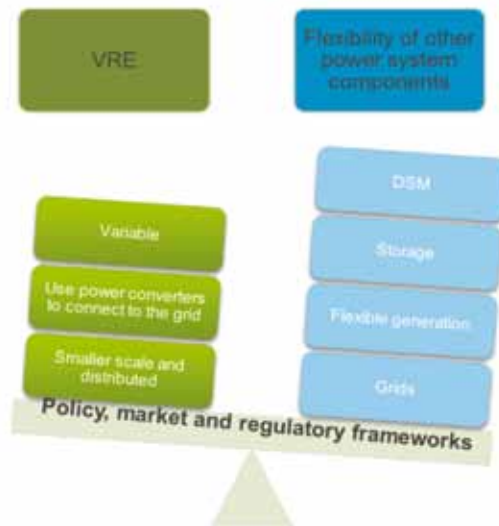
Οι συμβατικές πηγές που είναι σε θέση να παράσχουν ευελιξία είναι οι μονάδες φυσικού αερίου και τα υδροηλεκτρικά. Σε αυτό το πλαίσιο οι μονάδες φυσικού αερίου θα πρέπει να ανοιγοκλείνουν συχνά κάθε ημέρα και να ανεβάζουν ή κατεβάζουν τη φόρτίσή τους με μεγάλη ταχύτητα. Ιδίως όταν οι ΑΠΕ είναι κυρίως φωτοβολταϊκά, οι μονά-



Εικόνα 4: Η πορεία αύξησης των αναγκών ευελιξίας για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας

δες αερίου πρέπει να φορτισθούν στο τεχνικό τους ελάχιστο επί μερικές ώρες ώστε να μπορούν να ανεβάσουν φορτίο με γρήγορο ρυθμό για να καλύψουν τις αιχμές ζήτησης αμέσως μετά τη δύση του ηλίου. Στη συνέχεια οι μονάδες αερίου πρέπει να κλείνουν κατά τη διάρκεια της νύχτας γιατί η ζήτηση μειώνεται και άλλες ΑΠΕ όπως τα αιολικά θα περισσεύουν αν διατηρηθούν θερμικές μονάδες σε λειτουργία. Οι μονάδες αερίου θα χρειασθούν και πάλι το πρωί για να ανεβάσουν φορτίο με ταχύ ρυθμό παρακολουθώντας την άνοδο της ζήτησης. Ουδμία άλλη θερμική τεχνολογία μπορεί να επιτελέσει τέτοια κυκλική λειτουργία και μάλιστα αποδοτικά. Θα χρειάζονταν συστήματα αποθήκευσης μεγάλου μεγέθους και σαφώς υψηλότερου κόστους για να παράσχουν αυτήν την υπηρεσία ευελιξίας αντί των μονάδων αερίου. Τα υδροηλεκτρικά συνεισφέρουν σημαντικά στην ευελιξία του συστήματος επειδή περικλύπτουν τις αιχμές της ζήτησης, χωρίς να μπορούν όμως να λειτουργούν συστηματικά με ταχεία άνοδο φορτίου, λόγω περιορισμένων αποθεμάτων νερού στους ταμιευτήρες. Η ενσωμάτωση των ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα είναι ασύμβατη με τη λειτουργία ανελαστικών τεχνολογιών παραγωγής.

Η διαχείριση της ζήτησης ενέργειας αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη μείωση του κόστους σε ένα σύστημα με ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα. Η διαχείριση της ζήτησης χρειάζεται ψηφιακούς μετρητές, έξυπνη διασύνδεση, ψηφιακή σύνδεση των καταναλωτών με το σύστημα και τις αγορές καθώς και πολύπλοκο λογισμικό με στοιχεία τεχνητής νοημοσύνης. Η συνέργεια μεταξύ της ηλεκτροκίνησης, του δικτύου και της διαχείρισης της κατανάλωσης αποτελεί πρόκληση για την ανάπτυξη πολύπλοκων συστημάτων ψηφιακού ελέγχου σε μεγάλη κλίμακα.



Εικόνα 5: Σχηματική αναπαράσταση των καινοτόμων προσεγγίσεων στη δομή του ηλεκτρικού συστήματος

Τα μέσα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν σε μεγάλα μεγέθη για την ενσωμάτωση των ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα. Τα συστήματα μπαταριών διακρίνονται σε μικρά συστήματα σε αποκεντρωμένες εφαρμογές, συχνά πριν από τον μετρητή του καταναλωτή, και σε μεσαία και μεγάλα συστήματα τα οποία τοποθετούνται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μπαταρίες παρέχουν ημερήσιο κύκλο αποθήκευσης. Τα συστήματα μπαταριών των αυτοκινήτων μπορούν επίσης να έχουν ρόλο στο μελλοντικό ψηφιακά ελεγχόμενο σύστημα. Η υδροηλεκτρική αποθήκευση είναι οικονομικά αποδοτική, αλλά το τεχνικό δυναμικό είναι περιορισμένο.

Η ενσωμάτωση ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα θα χρειασθεί μεγάλα συστήματα αποθήκευσης με δυνατότητα πολυήμερης και εποχικής κυκλικής λειτουργίας. Οι τεχνολογίες αυτές είναι κυρίως τα συστήματα χημικής αποθήκευσης με βάση το υδρογόνο και τα συνθετικά καύσιμα. Αυτά θα παράγουν υδρογόνο σε στιγμές με άφθονη ενέργεια από ΑΠΕ και θα καταναλώνουν αποθηκευμένο υδρογόνο και συνθετικά καύσιμα για ηλεκτροπαραγωγή σε στιγμές έλλειψης ΑΠΕ. Ταυτόχρονα, οι ίδιες τεχνολογίες θα παράγουν υδρογόνο και συνθετικούς υδρογονάνθρακες για τελική κατανάλωση, η αποθήκευση των οποίων σε συμβατικές εγκαταστάσεις θα επιτρέπει να παράγονται αυτοί σε στιγμές με περίσσειμα ΑΠΕ. Τόσο το ηλεκτρικό σύστημα όσο και η παραγωγή συνθετικών καυσίμων ωφελούνται οικονομικά από αυτήν τη συντονισμένη λειτουργία, η οποία επιπλέον επιτρέπει τη μεγιστοποίηση της εκμετάλλευσης των ΑΠΕ σε όλες τις μορφές, ακόμα και των πολύ απομακρυσμένων ΑΠΕ.

Ταυτόχρονα με τη διάσπαρτη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ είναι εύλογο ότι θα συνυπάρχει ηλεκτροπαραγωγή και αποθήκευση μεγάλης κλίμακας με σύνδεση στην υψηλή τάση με σκοπό τη φθηνή και αποτελεσματική εξισορρόπηση της στοχαστικής παραγωγής των ΑΠΕ. Θα απαιτηθεί πυκνό δίκτυο υψηλής τάσης με ενιαία λειτουργία για το σύνολο της Ευρώπης ώστε να διασφαλίζεται εξισορρόπηση και συμπλήρωση της ενέργειας από ΑΠΕ η οποία θα αποτελεί την κυρίαρχη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, η συγκεντρωτική οργάνωση του ηλεκτρικού συστήματος είναι απαραίτητη και για την επίτευξη μεγάλων οικονομιών κλίμακας ώστε η παραγωγή υδρογόνου από ηλεκτρόλυση και οι συνθετικοί υδρογονάνθρακες να αναπτυχθούν σε βιομηχανική κλίμακα και να επιτύχουν ανταγωνιστικό κόστος. Τα χημικά εργοστάσια υδρογόνου και συνθετικών καυσίμων χρειάζονται κατά το δυνατόν αδιάλειπτη τροφοδοσία με φθηνή ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ (ή και πυρηνικά), πράγμα που απαιτεί σύστημα με πυκνές διασυνδέσεις μεταξύ χωρών και αποθηκευτικά μέσα μεγάλου μεγέθους συνδεδεμένα απευθείας στο δίκτυο. Οι πηγές ΑΠΕ είναι στοχαστικής παραγωγής αλλά είναι αρκετά συμπληρωματικές μεταξύ τους, όπως η ηλιακή με την αιολική ενέργεια. Η συμπληρωματικότητα είναι μεγαλύτερη όταν οι ΑΠΕ διασυνδέονται μέσω του δικτύου υψηλής τάσης σε μεγάλη γεωγραφική περιοχή, ιδίως όταν αυτή εκτείνεται από τη Βόρεια Θάλασσα με τα εκτεταμένα θαλάσσια αιολικά μέχρι το Νότο που διαθέτει μεγάλο δυναμικό ηλιακής ενέργειας.

5. Τα οικονομικά χαρακτηριστικά του νέου ηλεκτρικού τομέα

Το μετεξελιγμένο ηλεκτρικό σύστημα τόσο στην τελική του μορφή όσο και κατά τη διάρκεια της μετάβασης θα είναι μεγάλης εντάσεως κεφαλαίου με μικρού μεγέθους μεταβλητά κόστη. Μεγάλη πρόκληση αποτελεί ο κατάλληλος σχεδιασμός των ηλεκτρικών αγορών ώστε οι επενδυτές να έχουν θετική προσδοκία σχετικά με την ανάκτηση των κεφαλαίων. Τα μέσα ηλεκτροπαραγωγής, τα αποθηκευτικά μέσα, τα δίκτυα και τα έξυπνα συστήματα που θα κυριαρχήσουν στο μέλλον θα έχουν ελάχιστο ή μηδενικό μεταβλητό κόστος, αφού δεν θα χρησιμοποιούν καύσιμο και δεν είναι εντάσεως εργασίας. Εξαιρέση θα αποτελούν οι μονάδες αερίου, οι οποίες όμως θα έχουν όλες περίπου το ίδιο κόστος καυσίμου ανά μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και η διαχείρισή τους θα διενεργείται από τους διαχειριστές του συστήματος παρά από προμηθευτές ενέργειας.

Μέχρι σήμερα, το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στηριζόταν σε ποικιλία μονάδων παραγωγής. Μερικά είχαν μεγάλο κόστος κεφαλαίου και μικρό κόστος λειτουργίας, και μερικά είχαν μεγάλο κόστος λειτουργίας αλλά μικρό κόστος κεφαλαίου. Η διάρθρωση αυτή ήταν επιβεβλημένη για την επιδίωξη ελάχιστου κόστους ηλεκτροπαραγωγής λόγω της διακύμανσης του φορτίου της ζήτησης. Οι μονάδες με υψηλό κόστος λειτουργίας καθορίζουν το οριακό κόστος συστήματος (μεταβλητό κόστος της ακριβότερης μονάδας που χρειάζεται για την κάλυψη της ζήτησης) στο οποίο αμείβονται όλες οι μονάδες που εντάσσονται πιο κάτω στη σειρά φόρτισης. Αν η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής έχει αναπτυχθεί με βέλτιστο τρόπο, αρκεί να προσυμφωνηθεί η οριακή τιμή συστήματος κατά το αναλογούν κόστος κεφαλαίου των μονάδων αιχμής όταν αυτές λειτουργούν ώστε όλες οι εντασσόμενες μονάδες να εξυπηρετούν πλήρως τις πάγιες δαπάνες και το ετήσιο κόστος εξυπηρέτησης των απασχολουμένων κεφαλαίων.

Χωρίς καθόλου μεταβλητά κόστη ή χωρίς καθόλου διαφοροποίησή τους σε μονάδες αερίου, δεν μπορεί να εφαρμοσθούν οι παραδοσιακοί μηχανισμοί αγοράς για τον προσδιορισμό της σειράς φόρτισης των μονάδων ανάλογα με τη ζήτηση. Θα πρέπει να εφαρμόζονται διαφορετικοί αλγόριθμοι βελτιστοποίησης, οι οποίοι στην ουσία θα προσδιορίζουν τον βέλτιστο τρόπο διαχείρισης της ευελιξίας για την εξισορρόπηση της μεταβαλλόμενης παραγωγής από ΑΠΕ. Δεν υφίσταται προφανής τρόπος αμοιβής των διαφόρων μέσων ευελιξίας σε μία τέτοια αγορά. Με τα σημερινά δεδομένα, η αμοιβή θα γίνεται με βάση συμβάσεις με κάθε πόρο ανάλογα με τη χρησιμότητά του στη διαχείριση του συστήματος. Οι συμβάσεις θα συνάπτονται για μεγάλα χρονικά διαστήματα μέσω δημοπρασιών. Δεν θα έχουν πια εφαρμογή οι χονδρεμπορικές αγορές spot αλλά και οι προθεσμιακές αγορές.

Χρειάζεται καινοτομία επίσης για την εύρεση της κατάλληλης μεθόδου τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας διαφορετικά για κάθε κατηγορία καταναλωτών. Σήμερα, η κάθε κατηγορία καταναλωτή τιμολογείται ανάλογα με το οριακό κόστος που επιφέρει για το σύστημα η χρονολογική καμπύλη ζήτησης του καταναλωτή. Επίσης εφαρμόζο-

νται προσαυξήσεις στην τιμολόγηση με βάση το οριακό κόστος με διαφορετικό τρόπο για κάθε κατηγορία καταναλωτή λαμβάνοντας υπόψη την πιθανή στενότητα ισχύος που σχετίζεται με τη μορφή της χρονολογικής καμπύλης ζήτησης του καταναλωτή. Έτσι μία βιομηχανία που λειτουργεί μόνο κατά τα διαστήματα μειωμένης ζήτησης του συνολικού συστήματος, απολαμβάνει τις μικρότερες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας συγκριτικά με άλλους καταναλωτές, γιατί κατά τις ώρες που καταναλώνει το σύστημα έχει τις χαμηλότερες οριακές τιμές και έχει περίσσεια παρά στενότητα ισχύος. Ομοίως, στο άλλο άκρο, καταναλωτές που ζητούν ενέργεια μόνο στα διαστήματα αιχμών φορτίου του συστήματος επιβαρύνονται με τις υψηλότερες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας.

Όμως σε ένα σύστημα χωρίς μεταβλητά κόστη (ή χωρίς διαφοροποίηση του μεταβλητού κόστους ανά μονάδα) χάνουν το νόημά τους οι διαφορετικές οριακές τιμές ανάλογα με τη διακύμανση της ζήτησης. Επιπλέον, το ζητούμενο από τα τιμολόγια θα είναι η ανάκτηση των πάγιων δαπανών και του κόστους κεφαλαίου που θα αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού κόστους του συστήματος. Κατά συνέπεια, είναι πιο πιθανόν να εφαρμοσθεί μέθοδος τιμολόγησης που θα μοιάζει με τον τρόπο τιμολόγησης της χρήσης των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας και τηλεπικοινωνιών. Για την τιμολόγηση στα δίκτυα προσδιορίζεται πρώτα η μέση κατανομή του συνόλου των πάγιων στοιχείων του κόστους στο σύνολο της κατανάλωσης με αναλογικό τρόπο. Στη συνέχεια διαμορφώνονται πακέτα παροχής υπηρεσίας δικτύου με διαφορετικά επίπεδα παροχών (σχετικά με αξιοπιστία παροχής της υπηρεσίας, εύρους, ποιότητας κ.λπ.), τα οποία τιμολογούνται διαφορετικά ανάλογα με το πάγιο κόστος που επιφέρουν οι διαφορετικές παροχές. Στη συνέχεια τα πακέτα αυτά παρέχονται για επιλογή στους καταναλωτές, οι οποίοι ανάλογα με τις ανάγκες τους και τις οικονομικές τους δυνατότητες διαλέγουν το κατάλληλο πακέτο παροχής υπηρεσίας που έχει και την ανάλογη τιμολόγηση. Με τον τρόπο αυτό οι καταναλωτές γίνονται συνδρομητές στην παρεχόμενη υπηρεσία.

Με παρόμοιο τρόπο στο ηλεκτρικό σύστημα του μέλλοντος κάθε καταναλωτής θα κάνει συνδρομή στο κατάλληλο πακέτο υπηρεσιών ενέργειας, το οποίο θα διαφοροποιείται από άλλα πακέτα σχετικά με τον όγκο της ενέργειας, την ισχύ, τη διακοπτόμενη ή όχι παροχή, την ποιότητα σύνδεσης και αξιοπιστίας και άλλα στοιχεία, περιλαμβανομένης της προέλευσης της ενέργειας (μέσω πιστοποιητικών προέλευσης π.χ. από ΑΠΕ).

Είναι φανερό ότι η μετάβαση ενέχει μεγάλες αβεβαιότητες για τους επενδυτές, οι οποίοι θα κληθούν να αναλάβουν ρίσκο επενδύσεων μεγάλου ύψους στο πλαίσιο ενός έντονα μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος. Η διασφάλιση θετικών προσδοκιών για τους επενδυτές κατά τη διαδικασία της μετάβασης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες της αγοράς, ο καθένας από τους οποίους έχει τις δικές του επιδιώξεις και δυνατότητες. Η συντονισμένη μετεξέλιξη των παραγόντων αυτών θα επιτρέψει θετικά εξωτερικά (δηλαδή εκτός αγοράς) οφέλη για όλους τους παράγοντες οι οποίοι δεν δύνανται να τα εξασφαλίσουν αποκλειστικά μέσω των αγορών. Η επίτευξη θετικών εξωτερικοτήτων δεν γίνεται παρά μόνο με την παρέμβαση του Κράτους. Σε αυτή τη λογική, η μετάβαση του ηλε-

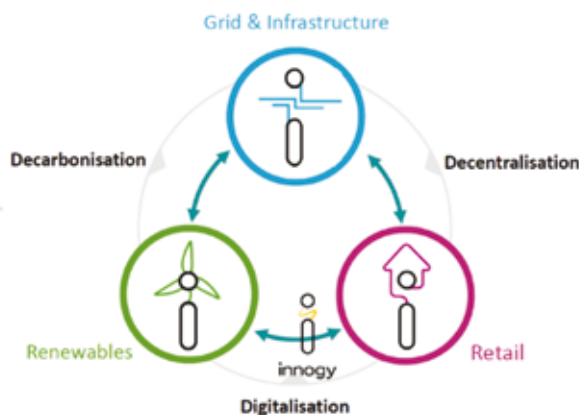
κτρικού συστήματος θα απαιτήσει ενεργή κρατική υποστήριξη και παρέμβαση, αλλιώς δεν θα διασφαλισθούν οι απαιτούμενες επενδύσεις. Όμως η κρατική παρέμβαση είναι πάντοτε ευάλωτη σε αναποτελεσματικότητες. Πρέπει επομένως να σχεδιασθεί κατάλληλα ώστε να μην παρέχεται υποστήριξη των επενδύσεων από το κράτος, αλλά οι επενδύσεις να είναι ιδιωτικές και να προσδιορίζονται από διαγωνιστικές διαδικασίες.

Εκτός από τη διάσωση του πλανήτη από την κλιματική μεταβολή, η μετάβαση θα δώσει τεράστιες νέες ευκαιρίες στη βιομηχανία της Ευρώπης να αναπτυχθεί μέσω καινοτόμων προϊόντων και υπηρεσιών. Οι μεγάλες επιχειρήσεις ηλεκτρισμού της Ευρώπης ήδη από σήμερα ανακοινώνουν αναδιοργάνωση με μεγάλη στροφή προς τις ΑΠΕ, τα δίκτυα, την αποθήκευση και τις υπηρεσίες, εγκαταλείποντας συγχρόνως τη συμβατική ηλεκτροπαραγωγή. Παραδείγματα είναι οι ENEL, EON, EDF και πολλές ακόμη. Η εξέλιξη αυτή είναι μονόδρομος και για την Ελλάδα καθώς και για τις ελληνικές επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας.

6. Η αλλαγή του επιχειρηματικού μοντέλου

Οι ηλεκτρικές εταιρείες του μέλλοντος θα διαχειρίζονται μεγάλο ύψους κεφάλαια και μικρής έκτασης λειτουργικό κόστος. Θα έχουν έσοδα από την παροχή υπηρεσιών προς τους καταναλωτές. Το νέο επιχειρηματικό μοντέλο πρέπει να είναι κατάλληλο για ένα περιβάλλον αγοράς που χαρακτηρίζεται από απανθράκωση, αποκέντρωση και ψηφιοποίηση (3D στα αγγλικά).

Η ψηφιοποίηση είναι η συνδετική ουσία που συνδέει τα πάγια της επιχείρησης με την παροχή υπηρεσιών. Η μετάβαση από τη διαχείριση των αγαθών σε υπηρεσίες αναμένεται να αποτελεί το κυρίαρχο επιχειρηματικό μοντέλο. Η ενοποίηση βασίζεται στη διασύνδεση διαφορετικών ψηφιακών πλατφορμών (συνδεδεμένων οικιών, έξυπνης

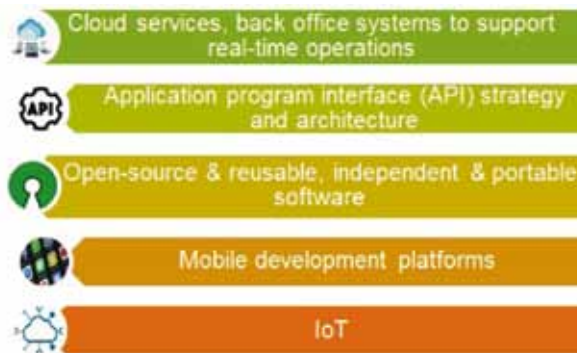


Εικόνα 6: Πυλώνες του καινοτόμου σχεδιασμού του μελλοντικού ηλεκτρικού συστήματος

ενεργειακής διαχείρισης, διαδίκτυο αντικειμένων) οι οποίες κτίζονται πάνω σε τυποποιημένες ψηφιακές τεχνολογίες, επιτρέποντας την προσθήκη υπηρεσιών προσαρμοσμένων στη μεγάλη ποικιλία διαφορετικών καταναλωτών και ιδιοπαραγωγών.

Η διασύνδεση των ψηφιοποιημένων πλατφορμών που διαχειρίζονται σπίτι, κινητικότητα, σπίτι και πόλη, συσκευές και ενεργειακές χρήσεις επιτρέπουν την ταυτόχρονη παροχή πολλαπλών υπηρεσιών πέρα από τις ενεργειακές υπηρεσίες. Ως αποτέλεσμα, επεκτείνονται από έναν τομέα σε παρακείμενες λειτουργίες ανεξάρτητα από τα όρια του τομέα (π.χ. μεταξύ αυτοματοποίησης ενέργειας και κινητικότητας). Μέσω του διαδικτύου συσκευών που παρέχουν υπηρεσίες και ταυτόχρονα είναι καταναλωτές ενέργειας, οι υπηρεσίες επεκτείνονται σε ευρύ φάσμα. Η επέκταση επιτρέπει οικονομίες κλίμακας στη διαχείριση του ρίσκου και στη χρηματοδότηση, και ως αποτέλεσμα θα επικρατήσει συγκέντρωση της αγοράς των παρόχων υπηρεσιών.

Η διαλειτουργικότητα είναι το κλειδί για να μειωθεί το κόστος της τεχνολογίας, καθώς και για να επιτευχθεί ισορροπία μεταξύ των τυποποιημένων πλατφορμών και της εξειδικευμένης προσαρμογής τους. Στον τομέα Connected & Smart Home, παρατηρούμε ήδη τις τάσεις προς το άνοιγμα των διαφορετικών επιπέδων εφαρμογής. Οι περισσότεροι από τους μεγάλους ψηφιακούς παίκτες είναι μέρος του Eclipse Foundation, ενός οργανισμού που δημιουργήθηκε για να καθορίσει και να προωθήσει τα πρότυπα ανοιχτού λογισμικού. Προϊόντα όπως οι έξυπνοι βοηθοί στο σπίτι γίνονται διαλειτουργικοί με την αυξανόμενη ψηφιοποίηση των συσκευών. Οι κοινοπραξίες όπως αυτές που δημιουργήθηκαν από την ABB, τη Bosch και τη Cisco, αναπτύσσουν πλατφόρμα ανοιχτού λογισμικού για έξυπνες κατοικίες, ένα είδος ολοκλήρωσης της ενεργειακής διαχείρισης με το διαδίκτυο αντικειμένων. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν αυτοματοποίηση, έλεγχο, ενέργεια, ψύξη, θέρμανση, φωτισμό, λειτουργία συσκευών και αυτόματη συμμετοχή σε αγορές όπου αμείβεται η ενεργειακή διακοψιμότητα. Η διαλειτουργικότητα των συστη-



Εικόνα 7: Η δομή του ρόλου των ψηφιακών συστημάτων

μάτων αυτών διευκολύνεται και από ειδικές κοινοπραξίες, όπως η Κοινοπραξία Βιομηχανικού Διαδικτύου (Bosch, GE, Huawei, IBM, SAP κ.λπ.) και Hubject σχετικά με την κινητικότητα (BMW Group, Daimler, EnBW, RWE και Siemens) .

Η διάδοση της ψηφιοποίησης και η βάση ανάπτυξης ανοιχτού κώδικα αυξάνουν περαιτέρω την απαίτηση για υψηλά επίπεδα ασφάλειας στον κυβερνοχώρο και ψηφιακή εμπιστοσύνη, η οποία βασίζεται τόσο στην ασφάλεια όσο και στην «ψηφιακή ηθική», η οποία περιλαμβάνει το σεβασμό της ιδιωτικής ζωής και της εμπιστευτικότητας των δεδομένων. Η σημερινή ευπάθεια σε κυβερνοεπιθέσεις σε όλους τους τομείς είναι άνευ προηγουμένου, γιατί είναι φθηνότερη και πιο εύκολη στην οργάνωση από ποτέ στο παρελθόν, καθώς αναπτύσσονται τα πρότυπα του ανοιχτού κώδικα και διασυνδεσιμότητας εφαρμογών. Στον τομέα της ενέργειας, το ζήτημα της ασφάλειας είναι ακόμα μεγαλύτερης σημασίας λόγω των επιπτώσεων που θα υπάρχουν σε περίπτωση κακόβουλου ελέγχου των συστημάτων ελέγχου και διαχείρισης της ενέργειας. Η ασφάλεια είναι επί του παρόντος το κυριότερο εμπόδιο στην ευρεία διάδοση της ψηφιοποίησης στον τομέα της ενέργειας και κινητικότητας.

7. Βιβλιογραφία

- ACER/CEER ACER/CEER - Annual Reports on the Results of Monitoring the Internal Electricity and Natural Gas Markets - Electricity Wholesale Markets Volume Available online
- ADEME. 2018. "A 100% renewable gas mix in 2050?" Report by ADEME, France
- Alper Erdogan and Ozge Yuksel Orhan. 2017. "CO2 Utilization: Developments in Conversion Processes" *Petroleum* 3 (1): 109–26. <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2016.11.003>
- Blanco Herib, and Faaij André. 2018. "A Review at the Role of Storage in Energy Systems with a Focus on Power to Gas and Long-Term Storage" *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 81 (2018): 1049–86. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.062>
- Blanco Herib, Nijs Wouter, Ruf Johannes and Faaij André. 2018a. "Potential for Hydrogen and Power-to-Liquid in a Low-Carbon EU Energy System Using Cost Optimization" *Applied Energy* 232 (2018): 617–39
- Blanco Herib, Nijs Wouter, Ruf Johannes and Faaij André. 2018b. "Potential of Power-to-Methane in the EU Energy Transition to a Low Carbon System Using Cost Optimization" *Applied Energy* 232 (2018): 323–40
- Capros Pantelis, Kannavou Maria, Evangelopoulou Stavroula, Petropoulos Apostolos, Siskos Pelopidas, Tasios Nikolaos, Zazias Georgios, DeVita Alessia. 2018. "Outlook of the EU energy system up to 2050: The case of scenarios prepared for European Commission's Clean energy for all Europeans package using the PRIMES model", *Energy Strategy Reviews*, Vol. 22, pp. 255-263
- Capros P., Kannavou M., Evangelopoulou S., Petropoulos A., Siskos P., Tasios N., Zazias G., DeVita A., "Outlook of the EU energy system up to 2050: The case of scenarios prepared for

- European Commission's 'clean energy for all Europeans' package using the PRIMES model". Energy Strategy Reviews, 2018
- Choudhry Harsh, Lauritzen Mads, Somers Ken and Van Niel Joris. 2015. "New Technologies That Could Transform How Industry Uses Energy". Report by McKinsey Company
- COWI; AF Mercados EMI; ECOFYS; THEMA; VITO Impact assessment study on downstream flexibility, price flexibility, demand response & smart metering; 2016
- Dincer Ibrahim and Acar Canan. 2017. "Innovation in Hydrogen Production". International Journal of Hydrogen Energy 42 (22): 14843–64. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.04.107>
- Eager D., Hobbs B.F., Bialek J.W. "Dynamic Modeling of Thermal Generation Capacity Investment: Application to Markets With High Wind Penetration". IEEE Transactions on Power Systems 2012, 27, 2127–2137.
- Ellen MacArthur Foundation. 2015. "Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition", Report
- Ericsson Karin. 2017. "Biogenic Carbon Dioxide as Feedstock for Production of Chemicals and Fuels: A Techno-Economic Assessment with a European Perspective". Environmental and Energy Systems Studies, Lund University: Miljö och energy system, LTH, Lund University. ISBN: 978-91-86961-29-9.
- European Commission, Clean energy for all Europeans; European Commission, 2017; ISBN 978-92-79-99843-0.
- European Commission, Commission staff working document: Impact Assessment of the Market Design Initiative SWD(2016) 410 final
- European Commission, Communication for the Commission to the European Parliament: A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, COM(2018) 773 final
- European Commission, Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on common rules for the internal market in electricity (recast) COM/2016/0864 final/2 - 2016/0380 (COD)
- European Commission, Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on the internal market for electricity (recast) COM/2016/0861 final - 2016/0379 (COD)
- European Parliament, Legislative resolution of 26 March 2019 on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on the internal market for electricity (recast)
- Grond Lukas, Schulze Paula, Holstein Johan, de Boer-Meulman Petra and Bos-de Haan Ria. 2013. "Systems Analyses Power-to-Gas: A technology review". Report by DNV KEMA Energy & Sustainability, GCS 13.R.23579
- Haarlemmer Geert, Boissonnet Guillaume, Peduzzi Emanuela and Setier Pierre-Alexandre. 2014. "Investment and production costs of synthetic fuels – A literature survey", Energy, Volume 66, Pages 667-676, ISSN 0360-5442. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.01.093>
- Haszeldine R., Flude Stuart Stephanie, Johnson Gareth and Scott Vivian. 2018. "Negative emissions technologies and carbon capture and storage to achieve the Paris Agreement commitments". Philosophical Transactions. The Royal Society. A 376: 20160447

- IRENA. 2019. "Global energy transformation: A roadmap to 2050." Report by International Renewable Energy Agency (IRENA). ISBN 978-92-9260-121-8
- Ishimoto Yuki, Sugiyama Masahiro, Kato Etsushi, Moriyama Ryo, Tsuzuki Kazuhiro and Kurosawa Atsushi. 2017. "Putting Costs of Direct Air Capture in Context". SSRN Electronic Journal
- Kannelopoulos K. and Blanco Reano H. 2019. "The potential role of H₂ production in a sustainable future power system", JRC Technical Reports
- Koytsoumpa Efthymia-Ioanna, Bergins Christian, Buddenberg Torsten, Wu Song, Sigurbjörnsson Ómar, Tran K.C. and Kakaras Emmanouil. 2016. "The Challenge of Energy Storage in Europe: Focus on Power to Fuel". Journal of Energy Resources Technology 138 (4): 042002
- Kriegler E., Luderer G., Bauer N., Baumstark L., Fujimori S., Popp A., Rogelj J., Strefler J., van Vuuren D.P. 2018. "Pathways limiting warming to 1.5°C: a tale of turning around in no time?"; Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 376.
- Lannoye E., Flynn D., O'Malley M. Evaluation of Power System Flexibility. IEEE Transactions on Power Systems 2012, 27, 922–931.
- Malins Chris. 2017. "What role is there for electrofuel technologies in European transport's low carbon future?". Report by Cerulogy, November
- Naims Henriette. 2016. "Economics of Carbon Dioxide Capture and Utilization – a Supply and Demand Perspective." Environmental Science and Pollution Research 23 (22): 22226–41.
- Navigant. 2018. "Energy transition within 1.5°C. A disruptive approach to 100% decarbonisation of the global energy system by 2050", White Paper
- Navigant. 2019. "Gas. for Climate. The optimal Role for Gas in a Net Zero Emissions Energy System". Navigant: Utrecht, The Netherlands, 2019. No.: 203997
- Neuhoff K., Barquin J., Bialek J.W., Boyd R., Dent C.J., Echavarren F., Grau T., von Hirschhausen C., Hobbs B.F., Kunz F. et al. Renewable electric energy integration: Quantifying the value of design of markets for international transmission capacity. Energy Economics 2013, 40, 760–772.
- Newbery D., Strbac G., Viehoff I. The benefits of integrating European electricity markets. Energy Policy 2016, 94, 253–263.
- Oggioni G., Murphy F.H., Smeers Y. Evaluating the impacts of priority dispatch in the European electricity market. Energy Economics 2014, 42, 183–200.
- Paltsev Sergey, Capros Pantelis. 2013. "Cost concepts for climate change mitigation", Climate Change Economics, Vol. 4, No supp01, 1340003 (26 pages). <https://doi.org/10.1142/S2010007813400034>
- Papavasiliou A., Smeers Y. Remuneration of Flexibility using Operating Reserve Demand Curves: A Case Study of Belgium. The Energy Journal 2017, Volume 38.
- Perner Jens, Unteutsch Michaela and Lövenich Andrea. 2018. "The Future Cost of Electricity-

- Based Synthetic Fuels”, A Report by Frontier Economics for Agora Verkehrswende and Agora Energiewende. 133/06-S-2018/EN
- Pöyry. 2018. “Fully decarbonising Europe’s energy system by 2050”. Pöyry point of view – May 2018
- Schmidt Oliver, Gambhir A., Staffell I., Hawkes A., Nelson J. and Few S. 2017a. “Future Cost and Performance of Water Electrolysis: An Expert Elicitation Study” *International Journal of Hydrogen Energy* 42 (52): 30470–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.10.045>
- Schmidt Oliver, Hawkes A., Gambhir A. and Staffell I. 2017b. “The Future Cost of Electrical Energy Storage Based on Experience Rates”. *Nature Energy* 2 (8). <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.110>
- Schmidt Patrick, Weindorf Werner, Roth Arne, Batteiger Valentin, Riegel Florian. 2016a. “Power-to-Liquids Potentials and Perspectives for the Future Supply of Renewable Aviation Fuel”, German Environment Agency, Report ISSN: 2363-829X
- Van Stiphout Anre, Brijs Tom, Belmans Ronnie and Deconinck Geert. 2017. “Quantifying the importance of power system operation constraints in power system planning models: A case study for electricity storage”. *Journal of Energy Storage*, 13:344-358
- Vandewalle J., Bruninx K. and D’haeseleer W. 2015. “Effects of Large-Scale Power to Gas Conversion on the Power, Gas and Carbon Sectors and their Interactions”. *Energy Conversion and Management* 94 (2015): 28–39
- Ventosa M., Baíllo Á., Ramos A., Rivier M. Electricity market modeling trends. *Energy Policy* 2005, 33, 897–913.
- Vijay Avinash, Fouquet Nicolas, Staffell Iain and Hawkes Adam. 2017. “The Value of Electricity and Reserve Services in Low Carbon Electricity Systems”. *Applied Energy* 201 (2017): 111–23
- Villar José, Bessa Ricardo and Matos Manuel. 2018. “Flexibility Products and Markets: Literature Review”. *Electric Power Systems Research* 154 (2018): 329–40

**Το Δεύτερο Κύμα Διείσδυσης
των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
στο Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας
και η Εν Εξελίξει Ενεργειακή Κρίση 2021**

ΕΥΓΕΝΙΑ ΤΖΑΝΝΙΝΗ

Επίκουρος Καθηγήτρια,
Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

In memoriam

Συνεργάστηκα με τον Σίμο Σιμόπουλο σε δύο επίπεδα: στο πρώτο, το διοικητικό, προσπάθησα να συνδράμω το έργο του ως Πρυτάνεως του ΕΜΠ όταν και όπως μου ζητήθηκε με την ιδιότητά μου ως νομικού. Στο πλαίσιο αυτό παρακολούθησα –ενίοτε με δέος– την εξαιρετική διαχείριση που επεφύλαξε σε ακανθώδη θέματα του Ιδρύματος και τις εμπνευσμένες και μακρόπνοες λύσεις που έδινε. Το δεύτερο επίπεδο ήταν το επιστημονικό. Ως μέλος της επταμελούς Επιτροπής για την παρακολούθηση της Διδακτορικής Διατριβής μου, μου έδωσε την ευκαιρία να παρακολουθήσω την προσέγγισή του στα ενεργειακά θέματα, ενώ ταυτόχρονα με ενεθάρρυνε να ανοίξω νέες διαδρομές στην έρευνά μου.

Η συνεργασία μου μαζί του ήταν για εμένα μεγάλη χαρά και τιμή. Τώρα που δεν είναι πλέον κοντά μας, τη χαρά διεδέχθη η εμπεδωμένη πεποίθηση ότι ο Σίμος Σιμόπουλος είναι μια βαρεία απώλεια και το έργο του μία τεράστια παρακαταθήκη. Η τιμή, αυτονοήτως, παραμένει αναλλοίωτη.

Εισαγωγή

Η Σύμβαση του Κιότο αλλά και η βαρεία νομοθετική παραγωγή του ευρωπαϊκών θεσμών οδήγησαν και συνεχίζουν να οδηγούν τα ευρωπαϊκά κράτη στην ανάγκη υλοποίησης της ευρωπαϊκής επιταγής σχετικά με τους στόχους αρχικά για το έτος 2020 και τώρα πλέον για το 2050 περί συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο μείγμα ηλεκτροπαραγωγής. Έτσι ο Έλληνας νομοθέτης καλείται να υιοθετήσει εκείνα τα νομοθετικά και κανονιστικά μέτρα, με τα οποία θα διαμορφώνει τους κανόνες διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα προσαρμοσμένους πάντα στις εξελίξεις τόσο στον ενεργειακό – περιβαλλοντικό τομέα όσο και στον ευρύτερο γεωπολιτικό.

Οι επεμβάσεις αυτές αφορούν, κατ' αρχήν, στο θεσμικό πλαίσιο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), δεδομένου ότι η διεθνής κοινότητα αντιμετωπίζει τις Ανανεώσιμες Πηγές ενέργειας (ΑΠΕ εφεξής) ως τη λύση στο ακόλουθο διπλό πρόβλημα: α) την ενεργειακή ποικιλότητα (energy diversity και ενεργειακή ασφάλεια υπό την έννοια της μείωσης της ενεργειακής εξαρτήσεως από χώρες – παραγωγούς του πετρελαίου και του φυσικού αερίου) και β) τη μείωση των αέριων ρύπων. Το μεγάλο τίμημα βεβαίως για την αντιμετώπιση του ανωτέρω διττού προβλήματος είναι (ειδικότερα για την Ελλάδα) η απλοποίηση της αδειοδοτικής διαδικασίας και ο καθορισμός των οικονομικών κινήτρων για την ενίσχυση της επενδυτικής τάσης αναπτύξεως των ΑΠΕ (όπως για παράδειγμα υπήρξε το σύστημα των επιδοτούμενων τιμών αγοράς της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (εγγυημένες τιμές, feed-in-tariffs) από τον Λειτουργό της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΛΑΓΗΕ).

Ειδικότερα, εισήγαγε τις Εγγυημένες ή Σταθερές Τιμές Αποζημίωσης (Feed-in-Tariffs) για τα έργα αυτού του είδους, οι οποίες διαμορφώνονται ανάλογα με την τεχνολογία ΑΠΕ που χρησιμοποιείται, την εγκατεστημένη ισχύ του έργου, την ημερομηνία έναρξης της εγκατάστασης παραγωγής και συχνά τον τύπο του δικτύου στα πλαίσια του οποίου υλοποιείται το έργο (Διασυνδεδεμένο ή Μη). Σκοπό της υιοθέτησης της Σταθερής Τιμής αποτέλεσε η παροχή ασφάλειας στους επενδυτές έργων ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ με τη διαμόρφωση ενός καθεστώτος που θα τους αποζημιώνει σταθερά σε σχέση με το κόστος που αντιμετωπίζουν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις ανωτέρω τεχνολογίες, μειώνοντας παράλληλα το ρίσκο της επένδυσής τους, συνολικά.

Απώτερος σκοπός των προαναφερθεισών νομοθετικών πρωτοβουλιών ήταν η δημιουργία εκείνης της ωθούσας δύναμης, η οποία θα εξασφάλιζε την επίτευξη του εκάστοτε στόχου διείσδυσης των ΑΠΕ στο εθνικό ενεργειακό μείγμα. Ειδικότερα, διά του θεσμικού πλαισίου των ΑΠΕ, θεσμοθετήθηκαν οικονομικά κίνητρα και διαδικασίες που στόχο έχουν να διευκολύνουν (οικονομικά) και να επιταχύνουν (αδειοδοτικά) έργα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά και φωτοβολταϊκά έργα.

A. Η πρώτη φάση: 2006-2016

Οι προαναφερθείσες νομοθετικές πρωτοβουλίες προκάλεσαν ταχεία όσο και απότομη διείσδυση των φωτοβολταϊκών. Ωστόσο, δεν συνέβη το ίδιο με τα αιολικά και τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα, τα οποία παρέμειναν ανεπηρέαστα, ενώ έτι περαιτέρω η βιομάζα και η συμπαραγωγή παραμένουν, ακόμη και σήμερα, σε αμελητέα επίπεδα.

Τα φωτοβολταϊκά, παρότι πανάκριβη τεχνολογία, και ως εκ τούτου απολύτως εκτός ανταγωνισμού, με τις κατάλληλες επιδοτήσεις (εγγυημένες τιμές) διείσδυσε εν τέλει, με εκρηκτικό και ανεξέλεγκτο τρόπο, χωρίς να έχουν εκτιμηθεί και ποσοτικοποιηθεί οι συνέπειες αυτής της βίαιης διείσδυσης (α' φάση), με αποτέλεσμα η Πολιτεία να επιχειρεί, με νέα σειρά ανασχετικών νομοθετημάτων, να περιορίσει έως και να απαγορεύσει την συνέχιση της διείσδυσης αλλά και να περιορίσει τις αρνητικές συνέπειες της ήδη επιτευχθείσας (β' φάση).

Η διείσδυση μίας τεχνολογίας εξαρτάται από το γραφειοκρατικό και αδειοδοτικό πλαίσιο, τον επιχειρηματικό κίνδυνο και την οικονομική απόδοση της επένδυσης. Με καθορισμό των εγγυημένων τιμών, το νομοθετικό πλαίσιο επιχείρησε να καθορίσει τη διείσδυση στα επιδιωκόμενα επίπεδα.

Ο Έλληνας νομοθέτης ενσωματώνει στην ελληνική έννομη τάξη το έτος 2006, με τον ν. 3468/2006 περί «Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 129/27.6.2006), την οδηγία 2001/77.

Με τον ανωτέρω νόμο επιδιώκεται η ενίσχυση της ανεμπόδιστης πρόσβασης στο Σύστημα Μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και στο Δίκτυο Διανομής ηλεκτρικής ενέργειας από τους επενδυτές ΑΠΕ κυρίως σε περιοχές που κατά τον χρόνο δημοσιεύσεως του Νόμου (2006) εμφάνιζαν υψηλό αιολικό δυναμικό (Λακωνία, Εύβοια κ.α.).¹

Μεταξύ των βασικών ρυθμίσεων του ν. 3468/2006 είναι αφενός ο ορισμός του εθνικού στόχου η συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο να έχει φτάσει σε ποσοστό 20,1% το έτος 2010 και σε ποσοστό 29% για το έτος 2020. Επιπλέον, δίνεται προτεραιότητα, με την παροχή κινήτρων, τόσο στην έγχυση ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στο

1 Αιτιολογική Έκθεση Ν. 3468/2006 αρ. 9: «Με τις διατάξεις του άρθρου αυτού καθορίζονται οι προϋποθέσεις για την ένταξη των σταθμών Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. στο Δίκτυο ή το Σύστημα και ορίζεται η προτεραιότητα με την οποία ο αρμόδιος Διαχειριστής υποχρεούται να εντάσσει τις μονάδες αυτές στο Σύστημα ή το Δίκτυο. Περαιτέρω, ορίζονται τα ανώτατα όρια της εγκατεστημένης ισχύος των σταθμών Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. ανεξάρτητων παραγωγών και αυτοπαραγωγών και, βάσει των ορίων αυτών, καθιερώνεται η αρχή της προτεραιότητας, κατά την κατανομή του φορτίου. Τέλος, ρυθμίζεται το ζήτημα της προτεραιότητας που παρέχεται, κατά την κατανομή του φορτίου, στους Υβριδικούς Σταθμούς και καθορίζονται οι ειδικότερες προϋποθέσεις για την ένταξη των σταθμών αυτών στο Σύστημα ή στο Δίκτυο». Η ρύθμιση του αρ. 9 ενσωματώνει τον αντίστοιχο προβληματισμό του Ευρωπαϊκού Νομοθέτη όπως αυτός διατυπώνεται στο αρ. 7.2 της ενσωματούμενης Οδηγίας Ε.Κ. 2001/77 και της οποίας είχαν προηγηθεί ρυθμίσεις αφενός της Οδηγίας 96/92 και αφετέρου της 2003/54 για την κατά προτεραιότητα έγχυση στο σύστημα της παραγόμενης από ΑΠΕ ηλεκτρικής ενέργειας.

Εθνικό Σύστημα μεταφοράς, όσο και στην περαιτέρω ανάπτυξη του κλάδου ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ. Επίσης, επανασχεδιάζεται το σύστημα τιμολόγησης της παραγόμενης ενέργειας με κύριο μέλημα την παροχή επενδυτικών κινήτρων σε ιδιώτες ως ακολούθως: αφενός ορίζονται συγκεκριμένες τιμές², αφετέρου εντάσσεται η κατηγορία έργων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στον αναπτυξιακό ν.3299/2004, δίδοντας έτσι τη δυνατότητα στους επενδυτές υλοποίησης του σχετικού έργου με επιδότηση ύψους 35-55%, αναλόγως της γεωγραφικής περιφέρειας του υπό υλοποίηση έργου.

Συνοψίζοντας, ο ν. 3468/2006 μετέφερε την οδηγία 2001/77/EK και τα ενεργειακά δεδομένα στην Ελλάδα.^{3,4} Καθόρισε τους κανόνες και τις αρχές για την εγκατάσταση συστημάτων εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και έθεσε, για πρώτη φορά, εγγυημένες τιμές για την αγορά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, τις γνωστές ως “feed-in-tariffs”. Οι υψηλές εγγυημένες τιμές μεγαλύτερες των 400€/MWh δημιούργησαν τεράστιο ενδιαφέρον σε διεθνείς επενδυτικούς οίκους και προμηθευτές εξοπλισμού, έτσι ώστε όλη η Ελλάδα μετετράπη σε ένα τεράστιο αδειοδοτικό γραφείο. Σε λιγότερο από ένα χρόνο η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) κατακλείστηκε από πάνω από 3.000 αιτήσεις για φωτοβολταϊκά έργα συνολικής ισχύος πάνω από 5GW, τα οποία βραχυκύκλωσαν την αδειοδοτική διαδικασία για περισσότερο από τρία χρόνια.

B. Η φάση του σκεπτικισμού

Το έτος 2009 εκδίδεται η οδηγία 2009/28, η οποία καταργεί την οδηγία 2001/77. Η νέα οδηγία θεσπίζει ένα κοινό πλαίσιο για την προώθηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, θέτει υποχρεωτικούς εθνικούς στόχους για το συνολικό μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας και το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στις μεταφορές, καθορίζει κανόνες για τη στατιστική μεταβίβαση μεταξύ κρατών μελών, για κοινά έργα μεταξύ κρατών μελών και με τρίτες χώρες, τις εγγυήσεις προέλευσης, τις διοικητικές διαδικασίες, την πληροφόρηση και την κατάρτιση και την πρόσβαση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας για ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές και καθιερώνει κριτήρια αειφορίας του περιβάλλοντος για τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά.⁵

Επίσης, η νέα οδηγία προβλέπει ότι κάθε Κράτος – Μέλος μεριμνά, ώστε το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, το οποίο υπολογίζεται σύμφωνα με τα άρθρα της 5 έως 11, στην ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας το 2020 να αντιστοιχεί τουλάχιστον

2 Σχετικά και η ΥΑ Δ6/Φ1/οικ.14610, ΦΕΚ Β' 1223/17.7.2007

3 Γουρζή Α., Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Σύμμαχος ή εχθρός του περιβάλλοντος; Σχόλιο με αφορμή το ν. 3468/2006, in Το Σύνταγμα τ.4/2006 σ. 1241επ.

4 M. Hosenuzzaman et al, Global prospects, progress, policies and environmental impact of solar photovoltaic power generation in Renewable and Sustainable Energy Review-Elsevier 41(2015)284-297.

5 The LTI – Research Group Editor, Long term Integration of Renewable Energy Sources into the European Energy System, Publication Series of the Centre for the European Economic Research (ZEW).

στον εθνικό συνολικό στόχο του, όσον αφορά το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές κατά το εν λόγω έτος, όπως αυτό προβλέπεται στην τρίτη στήλη του πίνακα του μέρους Α του παραρτήματος Ι της οδηγίας. Αυτοί οι δεσμευτικοί εθνικοί στόχοι είναι σύμμορφοι προς τον στόχο σύμφωνα με τον οποίο το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας της Κοινότητας πρέπει να ανέρχεται το 2020 σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.

Η οδηγία 2009/28 ενσωματώθηκε στην εσωτερική έννομη τάξη με τον ν. 4062/2012, έπειτα από μια τριετή περίοδο αναμονής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το έτος δημοσιεύσεως της οδηγίας 2009/28 δημοσιεύεται ο ν. 3734/2009 «Πρώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις» με τον οποίο επιχειρείται η βαθμιαία μείωση της εγγυημένης τιμής. Με το άρθρο του 27Α, ως εμφανίζεται στον πίνακα, τροποποιείται ο ν. 3468/2006, ο οποίος στο άρθρο του 13 προέβλεπε οριζόντια για όλες τις σχετικές επενδύσεις σταθερή εγγυημένη τιμή καθ' όλη την διάρκεια της σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας των ανεξαρτήτων παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά.

Καθίσταται προφανές ότι το επενδυτικό ενδιαφέρον σχετικά με την ανάπτυξη έργων ηλεκτροπαραγωγής από φωτοβολταϊκά, και με δεδομένη την πολυπλοκότητα της αδειοδοτικής διαδικασίας που ίσχυε τότε, εισήχθη σε στάδιο έντονου σκεπτικισμού, με συνέπεια την ανάσχεση της αρχικής δυναμικής στις επενδύσεις των ΑΠΕ.

Ωστόσο, στη συνέχεια, με τον ν. 3851/2010 περί «Επιτάχυνσης της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής» τίθεται νέος εθνικός στόχος για το έτος 2020, όσον αφορά στη συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή και απλοποιούνται οι διαδικασίες, κυρίως στο στάδιο της εκδόσεως της αδείας παραγωγής από τη ΡΑΕ.

Η προσπάθεια απλοποίησης της αδειοδοτικής διαδικασίας είναι προφανής. Ενισχύεται σημαντικά ο ρόλος της Ρ.Α.Ε., καθώς αυτή αποκτά την αρμοδιότητα εκδόσεως των αδειών παραγωγής.

Παρά το γεγονός ότι επιχειρήθηκε η σύντμηση των χρόνων ολοκλήρωσης, τόσο των ενδιάμεσων σταδίων όσο και του συνολικού χρόνου ολοκλήρωσεως της σύνθετης διοικητικής ενέργειας της αδειοδότησεως, το αποτέλεσμα ήταν η πενιχρή μείωση του αδειοδοτικού χρόνου, για τους ακόλουθους κυρίως λόγους:

α) Ουδέποτε η νομοθετική βελτίωση συσχετίστηκε με πρόβλεψη του αναμενόμενου όγκου αιτήσεων αδειών παραγωγής, οπότε ο χρόνος επεξεργασίας τους ποτέ δεν μειώθηκε κάτω από 6 μήνες,

β) Στην συνέχεια, μετά το στάδιο της εκδόσεως αδείας παραγωγής, έπεται η ανάγκη διοικητικής απορροφήσεως σε σχέση με την έκδοση των γνωμοδοτήσεων από τις αρμόδιες υπηρεσίες, που απαιτούνται για την έκδοση της ΑΕΠΟ. Οι υπηρεσίες αυτές

ανάλογα με την ισχύ και με το γεωγραφικό σημείο της εγκατάστασης φωτοβολταϊκού πάρκου, στις περισσότερες περιπτώσεις σημειώνουν μεγάλες καθυστερήσεις στην έκδοση των σχετικών πιστοποιητικών ιδιαίτερα όταν η έκδοση απαιτούσε διυπηρεσιακή «συνομιλία». Το αποτέλεσμα ακόμα και υπό το φως του ν. 3851/2010 ήταν και πάλι να προκληθεί μεγάλη αναμονή σε όλα τα στάδια της αδειοδοτήσεως.

Συνοψίζοντας, παρά τις αγαθές και φιλόδοξες προθέσεις του νομοθέτη, η προσδοκόμενη μείωση δεν επετεύχθη, εξ απόψεως πραγματικής διοικητικής – διαχειριστικής δυνατότητας των εμπλεκόμενων υπηρεσιών να απορροφήσουν και να διεκπεραιώσουν μεγάλο αριθμό αιτημάτων στους επιλεγέντες ανωτέρω χρόνους. Προστιθεμένης μάλιστα της αδειοδοτικής διαδικασίας ως αρμοδιότητας σε έναν προϋφιστάμενο κατάλογο αρμοδιοτήτων των εμπλεκόμενων υπηρεσιών χωρίς να επιχειρηθεί παράλληλα η διά νόμου αποφόρτιση ή μετακύλιση.

Σκοπό του ν. 3851/2010 αποτελεί και ο αναπροσδιορισμός του εθνικού στόχου σχετικά με το μερίδιο των ΑΠΕ στο Εθνικό Ενεργειακό Μείγμα: «*Ορίζεται εθνικός δεσμευτικός στόχος 20% για τη συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην κάλυψη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας το 2020 αντί του 18% που προβλέπει η Οδηγία 28/2009. Καθορίζονται αντίστοιχοι εθνικοί στόχοι α) 40%, κατ' ελάχιστον, για τη συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2020, β) 20%, κατ' ελάχιστον, για τη συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη μέχρι το 2020, γ) 10%, κατ' ελάχιστον, για τη συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές μέχρι το 2020.*⁶»

Τέλος, διατρανώνεται η ιδιαίτερη σημασία της ανάπτυξης των ΑΠΕ στην προστασία του κλίματος, αφού αναγνωρίζεται ότι: «*Η προστασία του κλίματος μέσω της προώθησης της παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. αποτελεί περιβαλλοντική και ενεργειακή προτεραιότητα ύψιστης σημασίας για τη χώρα και αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στις σχετικές σταθμίσεις*» και ενισχύεται η συμμετοχή των πολιτών καθώς και των τοπικών κοινωνιών σε έργα ΑΠΕ.

Γ. Η φάση του επαναπροσδιορισμού των στόχων της στρατηγικής για τη διεύθυνση των φωτοβολταϊκών στο ελληνικό ενεργειακό μείγμα

Ο υψηλός ρυθμός εγκαθιστάμενης ισχύος από φωτοβολταϊκά, όπως προηγουμένως αναλύθηκε, προκάλεσε σταδιακά πιέσεις στην απαιτούμενη ρευστότητα για τις πληρωμές των παραγωγών. Οι πιέσεις αυτές προκάλεσαν με τη σειρά τους καθυστερήσεις, με περαιτέρω συνέπεια τη δημιουργία αξιοσημείωτου ελλείμματος του Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ. Ειδικότερα, κατά το έτος 2012, ενώ η Οριακή Τιμή Συστήματος ήταν 63€/MWh, των αιολικών σταθμών 93,2€/MWh, της ΣΥΘΗΑ 179,5 €/MWh, η σχετική αποζημί-

⁶ Άρθρο 1 Ν. 3851/2010 (ΦΕΚ 129Α').

ωση για τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς έφτανε 397,8€/MWh, ενώ για τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς στις οροφές των ακινήτων έφτανε στα 514,8€/MWh.

Για την αντιμετώπιση και τον εκμηδενισμό του ελλείμματος αυτού, υπήρξε νομοθετική παρέμβαση με σκοπό τη ρύθμιση της αγοράς των ΑΠΕ και την αναπροσαρμογή των τιμών αποζημίωσης των παραγωγών ΑΠΕ. Η νομοθετική παρέμβαση συνίστατο στην υιοθέτηση τριών δεσμών μέτρων:

- i) Η πρώτη αφορούσε στην έκδοση της υπ' αρ. ΥΑΠΕ /Φ1/2300/οικ.16932/09-08-2012 απόφασης περί αναστολής της διαδικασίας αδειοδότησεως και χορηγήσεως προσφορών σύνδεσης για φωτοβολταϊκούς σταθμούς.
- ii) Η δεύτερη αφορούσε στη μείωση των τιμών πωλήσεως ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς και εκδηλώθηκε με δύο υπουργικές αποφάσεις, τις υπ' αρ. ΥΑΠΕ/Φ1/οικ.2262/31.1.2012 και ΥΑΠΕ/Φ1/οικ.2301/16933/09-08-2012. Με αυτές επιχειρήθηκε η αποφασιστική επέμβαση στο ζήτημα που προέκυπτε από περιπτώσεις παραγωγών, οι οποίοι, παρά το μειωμένο κόστος εξοπλισμού, απολάμβαναν ιδιαίτερα υψηλές αποζημιώσεις για την πωλούμενη ενέργεια. Υπενθυμίζεται ότι τα μέχρι το έτος 2012 αδειοδοτημένα έργα υπερκάλυπταν τον ενεργειακό στόχο ακόμα και του έτους 2020.
- iii) Η τρίτη δέσμη μέτρων, πάλι προς την κατεύθυνση της μειώσεως του ελλείμματος του Ειδικού Λογαριασμού, ελήφθη από τη Ρ.Α.Ε. Τέσσερις αποφάσεις της Αρχής αυτής είχαν ως αντικείμενο την αύξηση του Ειδικού Τέλους Μειώσεως Εκπομπής Αερίων Ρύπων (ΕΤΜΕΑΡ): με την απόφαση ΡΑΕ 698/2012 το ΕΤΜΕΑΡ προσαρμόστηκε μεσοσταθμικά στο ποσό των 7,50 €/MWh για το διάστημα από τον Αύγουστο του 2012 έως και τον Ιούνιο 2013, με την απόφαση ΡΑΕ 1/2013 προσαρμόστηκε μεσοσταθμικά σε 9,3€/MWh για το διάστημα από Ιανουάριο 2013 μέχρι και Ιούνιο 2013, με την απόφαση ΡΑΕ 323/2013 αναπροσαρμόστηκε εκ νέου μεσοσταθμικά το ΕΤΜΕΑΡ σε 14,96€/MWh και, τέλος, με την απόφαση ΡΑΕ 86/2014 το ΕΤΜΕΑΡ αυτό αυξήθηκε μεσοσταθμικά 33,68€/MWh.

Οι ανωτέρω δέσμες μέτρων, ωστόσο, δεν στάθηκαν ικανές για την αντιμετώπιση του ελλείμματος του Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ. Με το ν. 4254/2014 επιχειρήθηκαν και επιπλέον μειώσεις στις τιμές πωλήσεως ενέργειας από ΑΠΕ. Με το νόμο αυτό τα μικρά υδροηλεκτρικά υπέστησαν μεσοσταθμική μείωση του 5,4%, τα αιολικά μεσοσταθμική μείωση 5,6%, τα δε φωτοβολταϊκά υπέστησαν τεράστια μείωση 29,9%, ώστε να επιτευχθεί ο προσδοκώμενος ισοσκελισμός του Ειδικού Λογαριασμού στο τέλος του 2014. Ωστόσο μέχρι και το τέλος Ιανουαρίου 2015 το ισοζύγιο του Ειδικού Λογαριασμού παρέμεινε αρνητικό, ενώ αναμένεται να ισοσκελιστεί παροδικά περί το τέλος Μαρτίου 2015, σύμφωνα με το κατωτέρω γράφημα (Σχήμα 1) της Εκθέσεως Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ 2014 που εξέδωσε ο ΛΑΓΗΕ. Σε αντιστάθμισμα των ανωτέρω μειώσεων, οι οποίες είχαν αναδρομική ισχύ και κατέλαβαν και τις τιμολογήσεις του έτους 2013, ο ν. 4254/2014 επεξέτεινε την ισχύ των συμβολαίων πωλήσεως ενέργειας για επιπλέον 7 έτη.

Δικαιολογημένα, επομένως, θεωρείται η φάση αυτή ως η φάση του επαναπροσδιορισμού, αφού πλέον η ανάγκη καλύψεως του σχηματισθέντος ελλείμματος οδήγησε στην αναθεώρηση του συστήματος των εγγυημένων τιμών και στη δραστική μείωσή τους, αποστερώντας τους μελλοντικούς επενδυτές από ένα σημαντικό επενδυτικό κίνητρο.

Δ. Η περίοδος 2016-2022: Περίοδος αναζωπύρωσης του επενδυτικού ενδιαφέροντος για τα φωτοβολταϊκά

Η περίοδος από το 2016 και εντεύθεν χαρακτηρίζεται ως η περίοδος κατά την οποία οι ακόλουθες παραδοχές αποτελούν τους βασικούς πυλώνες της ευρωπαϊκής αλλά και της εθνικής ενεργειακής πολιτικής:

1. Οι ΑΠΕ θα πρέπει να εντείνουν τη συμμετοχή τους στο ενεργειακό μείγμα αμοφτέρων των ανωτέρω οντοτήτων για λόγους περιβαλλοντικούς αλλά και γεωπολιτικούς. Ο προηγηθείς πόλεμος της Κριμαίας το 2014 κατέδειξε την ανάγκη μείωσης της ενεργειακής εξαρτήσεως από τρίτες προμηθεύτριες χώρες φυσικού αερίου και πετρελαίου. Βεβαίως η παραδοχή αυτή, προκειμένου να λάβει το ανάλογο ειδικό βάρος που της αναλογεί, χρειάστηκε να γίνει η παγκόσμια και ως εκ τούτου η ευρωπαϊκή κοινότητα θεατής και ενός δεύτερου πολέμου, αυτού της Ουκρανίας, ο οποίος δυστυχώς είναι εν εξελίξει όσο γράφονται οι γραμμές αυτές.
2. Η τιμολόγηση των ΑΠΕ δεν δύναται να μην παρακολουθεί το διακυμαινόμενο ανάγλυφο της οριακής τιμής συστήματος της ηλεκτρικής ενέργειας, αφού η πρώιμη περίοδος της αναπτύξεως των φωτοβολταϊκών ανέδειξε τις εγγενείς αδυναμίες της βίαιης κινητροδότησης ορισμένων τεχνολογιών όπως τα φωτοβολταϊκά.
3. Η περαιτέρω ανάπτυξη των ΑΠΕ σημαίνει ταυτόχρονα και την αύξηση της «παθογένειας» που είναι σύμφυτη με τις ΑΠΕ: της στοχαστικότητας αυτών. Η εξισορρόπηση αυτού του φαινομένου προς όφελος της ενεργειακής ασφάλειας αλλά και της ασφάλειας του συστήματος οδηγούν αναπόδραστα στην ανάγκη αναπτύξεως συστημάτων αποθήκευσης: συστήματα τα οποία θα υποστηρίξουν τη μέγιστη αξιοποίηση των τεχνολογιών ΑΠΕ και την υποστήριξη του συστήματος κατά τρόπο που προοπτικά θα μπορούσε να υποκαταστήσει σε υψηλό βαθμό την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

Στο πλαίσιο αυτό, ο Νόμος 4414/2016 υιοθέτησε έναν καινοτόμο τρόπο τιμολόγησης των ΑΠΕ τείνοντας έτσι στην πλήρη εξυγίανση του Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ.

Ο μηχανισμός στήριξης και τιμολόγησης των ΑΠΕ ορίζεται ως η Λειτουργική Ενίσχυση σε ευρώ ανά μεγαβατώρα (€/MWh), στη βάση μιας διαφορικής τιμής αποζημίωσης, ανά τεχνολογία ή ανά κατηγορία σταθμών ή ανά έργο σε περίπτωση διενέργειας ανταγωνιστικών διαδικασιών που παρέχεται στους κατόχους σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. υπό τη μορφή προσαύξησης επιπλέον των εσό-

δων τους από τη συμμετοχή των σταθμών στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με το **Αρ. 2 παρ. 4 του Ν. 4414/2016**⁷.

Περαιτέρω, σύμφωνα με το άρθρο 5 του Ν. 4414/2016, οι Σταθμοί ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ με υποχρέωση συμμετοχής στην Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας (Υ-Σ ΗΕΠ) είναι:

1. Αυτοί που έχουν συνάψει Σύμβαση Λειτουργικής Ενίσχυσης Διαφορικής Προσαύξησης (Σ.Ε.Δ.Π.).
2. Αυτοί που έχουν συνάψει Σύμβαση Πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με το άρθρο 12 του Ν. 3468/2006 ή αντίστοιχη σύμβαση αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας προ του Ν. 3468/2006, και οι σταθμοί τους συνεχίζουν να λειτουργούν μετά την ημερομηνία λήξης των αντίστοιχων συμβάσεων, εφόσον ισχύουν όλες οι απαιτούμενες κατά την κείμενη νομοθεσία άδειες και εγκρίσεις (παρ. 19 του άρθρου 3 του Ν. 4414/2016).

Οι παραπάνω κατηγορίες Σταθμών μπορούν να εκπροσωπηθούν στην Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας με τους εξής τρόπους:

1. Μόνοι τους, με απευθείας συμμετοχή στην Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας. Πληροφορίες για την εγγραφή Σταθμών ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ στο Μητρώο Συμμετεχόντων⁸
2. Μέσω Φορέων Σωρευτικής Εκπροσώπησης (Φο.Σ.Ε.).
3. Μέσω του Φορέα Σωρευτικής Εκπροσώπησης Τελευταίου Καταφυγίου (Φο.Σ.Ε.Τε.Κ.).

Σύμφωνα με το άρθρο 2 της Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/25512/883, ως Φο.Σ.Ε.Τε.Κ. ορίζεται μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2022 η εταιρεία Διαχειριστής ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης Α.Ε. (Δ.Α.Π.Ε.Ε.Π. Α.Ε.).

⁷ Είναι χρήσιμη η παράθεση επιπλέον σημαντικών όρων, σύμφωνα με το Αρ. 2 του ίδιου νόμου, για την εφαρμογή του καθεστώτος αυτού και της εξέλιξης από το προϋπάρχον καθεστώς, όπως είναι οι εξής: Σύμβαση λειτουργικής Ενίσχυσης Διαφορικής Προσαύξησης (Σ.Ε.Δ.Π.) (ΜΔΝ): η σύμβαση που υπογράφει κάτοχος σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. με τη Λ.Α.Γ.Η.Ε. Α.Ε. για την ένταξη του σταθμού του στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο ή τη ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ για σύνδεση στα ΜΔΝ, καθώς και στο καθεστώς Λειτουργικής Ενίσχυσης Διαφορικής Προσαύξησης. Σύμβαση λειτουργικής Ενίσχυσης Σταθερής Τιμής (Σ.Ε.Σ.Τ.): η σύμβαση που υπογράφει κάτοχος σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. με τη Λ.Α.Γ.Η.Ε. Α.Ε. ή τη Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. Α.Ε., ως Διαχειριστή των Μ.Δ.Ν., για την ένταξη του στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα, το Δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας ή το δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, καθώς και στο καθεστώς Λειτουργικής Ενίσχυσης Σταθερής Τιμής. Τιμή Αναφοράς (Τ.Α.): η τιμή σε ευρώ ανά μεγαβατώρα (€/MWh) στη βάση της οποίας υπολογίζεται μηνιαίως η Λειτουργική Ενίσχυση, με τη μορφή της Διαφορικής Προσαύξησης ή της Σταθερής Τιμής, για την αποζημίωση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμούς Α.Π.Ε και Σ.Η.Θ.Υ.Α.. Η τιμή αυτή καθορίζεται ανά τεχνολογία ή ανά κατηγορία σταθμών, ή ανά έργο αν αυτή προκύπτει από διενέργεια ανταγωνιστικών διαδικασιών.

Ανταγωνιστική Διαδικασία Υποβολής Προσφορών: η διαδικασία υποβολής προσφορών στο πλαίσιο προκήρυξης για την ένταξη σε καθεστώς στήριξης με τη μορφή Λειτουργικής Ενίσχυσης.

⁸ <https://www.enexgroup.gr/el/web/guest/membership-energy-markets>

Εν συνεχεία, το καθεστώς τιμολόγησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ, διαμορφώθηκε διαφορετικά με το Ν. 4414/2016. Ειδικότερα, από το 2016, οι μονάδες αυτές που πρόκειται να συνδεθούν με το σύστημα μεταφοράς συμμετέχουν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και λαμβάνουν προिमодότηση τροφοδοσίας, που ονομάζεται «Λειτουργική υποστήριξη βάσει διαφορικής τιμής προσαύξησης», ενώ από το 2017, η προिमодότηση χορηγείται μέσω ανταγωνιστικών διαδικασιών (tenders) ⁹.

Εστιάζοντας περισσότερο στις διατάξεις του Νόμου, ορίζεται αρχικά ότι οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ που τίθενται σε λειτουργία (κανονική ή δοκιμαστική) στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο, από 1/1/2016, συμμετέχουν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και εκκαθαρίζονται σύμφωνα με τα όσα ορίζονται στο άρθρο 5 του Ν. 4414/2016, το οποίο διέπει τη συμμετοχή των σταθμών παραγωγής που έχουν συνάψει ΣΕΔΠ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

Ειδικότερα, ορίζεται πως οι σταθμοί που προαναφέρθηκαν εντάσσονται σε καθεστώς στήριξης με τη μορφή Λειτουργικής Ενίσχυσης στη βάση μιας Διαφορικής Τιμής Αποζημίωσης (Διαφορικής Προσαύξησης), η οποία εκφράζεται σε χρηματική αξία ανά μονάδα μέτρησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που εγχέεται στο Σύστημα ή το Δίκτυο. Οι μονάδες αυτές συμμετέχοντας στις θεσμοθετημένες ανταγωνιστικές διαδικασίες υπογράφουν Σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με τον αρμόδιο φορέα. Για την αποζημίωσή τους σύμφωνα με την τιμή της Συμβάσεως ενεργοποιούνται οι εξής φορείς: Εφόσον η τιμή είναι μεγαλύτερη από την Τιμή Εκκαθάρισης Αγοράς (η τιμή με την οποία πωλείται στη χονδρεμπορική αγορά (έως την 31η Οκτωβρίου 2020 από τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό και από την 1η Νοεμβρίου 2020 και εντεύθεν από το Χρηματιστήριο της Ενέργειας), αυτή καλύπτεται από την αγορά της Ενέργειας και για το υπόλοιπο της τιμής από τον ΛΑΓΗΕ και μετέπειτα ΔΑΠΕΕΠ.

Ειδικότερα, η εκκαθάριση, η τιμολόγηση και οι συναλλαγές που τη διέπουν εκκαθαρίζονται μηνιαίως. Συγκεκριμένα, η ΔΠ υπολογίζεται σε €/MWh ως η διαφορά της Ειδικής Τιμής Αγοράς της συγκεκριμένης τεχνολογίας Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α από την Τιμή Αναφοράς που διέπει τη Σ.Ε.Δ.Π. και η οποία ορίζεται ανά τεχνολογία ή και ανά κατηγορία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή ανά σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. αν αυτή προκύπτει από διενέργεια ανταγωνιστικών διαδικασιών σύμφωνα με το άρθρο 7 του ίδιου Νόμου.

Το ανωτέρω σύστημα τιμολόγησης, σε σύγκριση με το σύστημα των εγγυημένων τιμών, είναι προφανές ότι δεν εγγυάτο την υψηλή κερδοφορία που το προηγούμενο σύστημα σηματοδότησε στην έναρξη της αύξησης του χαρτοφυλακίου των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Παρ' όλ' αυτά, η διείδυση των ΑΠΕ αποκατέστησε έναν ήπιο μεν ρυθμό αλλά

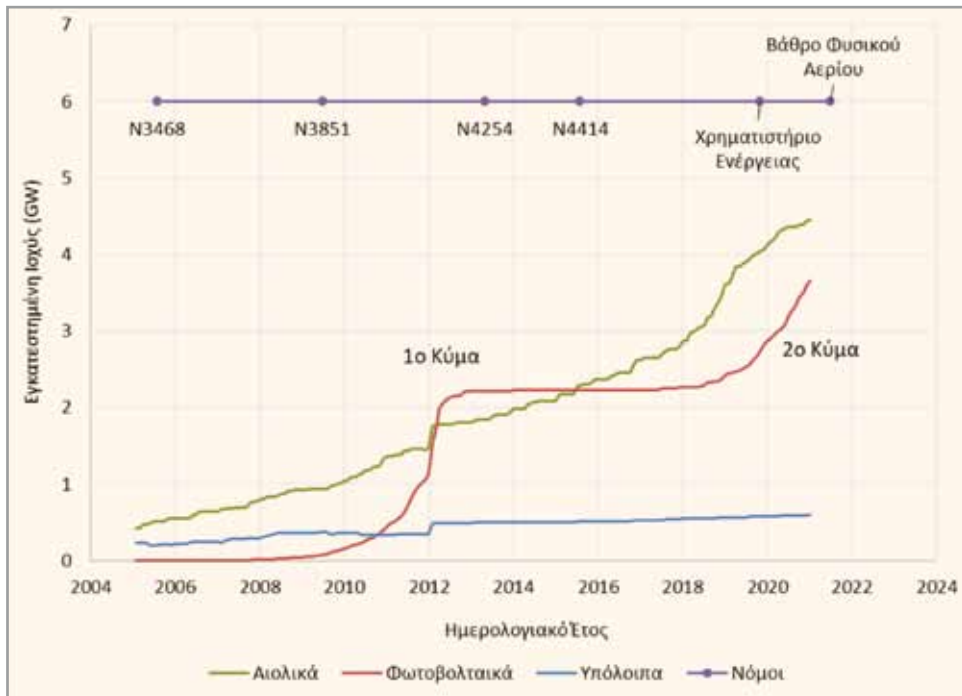
⁹ Ωστόσο, εξαιρέσεις προβλέφθηκαν για μικρότερες εγκαταστάσεις, π.χ. σταθμούς αιολικής ενέργειας $\leq 3\text{MW}$ και άλλες ΑΠΕ $\leq 500\text{kW}$, οι οποίες είναι επιλέξιμες για τιμολόγιο τροφοδοσίας σταθερής τιμής, σύμφωνα με το Άρ. 3 παρ. 5 του Ν. 4414/2016.

σαφώς πιο ελπιδοφόρο από εκείνο που παρενεβλήθη μετά τη «χρυσή» εποχή, δηλαδή μετά την εξαετία 2006-2012 και πριν από την ανατολή του Νόμου 4414/2016.

Ε. Η ποσοτική αποτύπωση των αποτελεσμάτων των υιοθετηθέντων νομοθετικών μέτρων καθώς και της επιλεγείσας διοικητικής διαδικασίας αδειοδοτήσεως

Στο κεφάλαιο αυτό θα επιχειρηθεί η ανάδειξη των αποτελεσμάτων των προαναλυθεισών νομοθετικών πρωτοβουλιών για την αύξηση του ρυθμού διείσδυσης των ΑΠΕ στο εθνικό ενεργειακό μείγμα.

1. Στο Σχήμα 1 βλέπουμε την παράλληλη χρονικο-ποσοτική εξέλιξη όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ στην Ελλάδα. Ειδικότερα παρατηρούμε ότι η καμπύλη ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών, σε αντίθεση με αυτή των λοιπών τεχνολογιών, εμφανίζει μια σιγμοειδή συμπεριφορά καθώς ο νομοθέτης είχε επιλέξει την ισχυρή κινητροδότηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας, ήτοι μέχρι το 2012. Με τη θέση σε ισχύ του Ν. 4254/2012 και με τη λόγω αυτού επακολουθείσα δραστική μείωση των εγγυημένων τιμών όχι μόνο στα υπό συμβασιοποίηση έργα αλλά και σε αυτά που είχαν ήδη συμβασιοποιηθεί, η σιγμοειδής καμπύλη σταματά την ανοδική της τάση και εκδηλώνεται με σχεδόν μηδενισμό

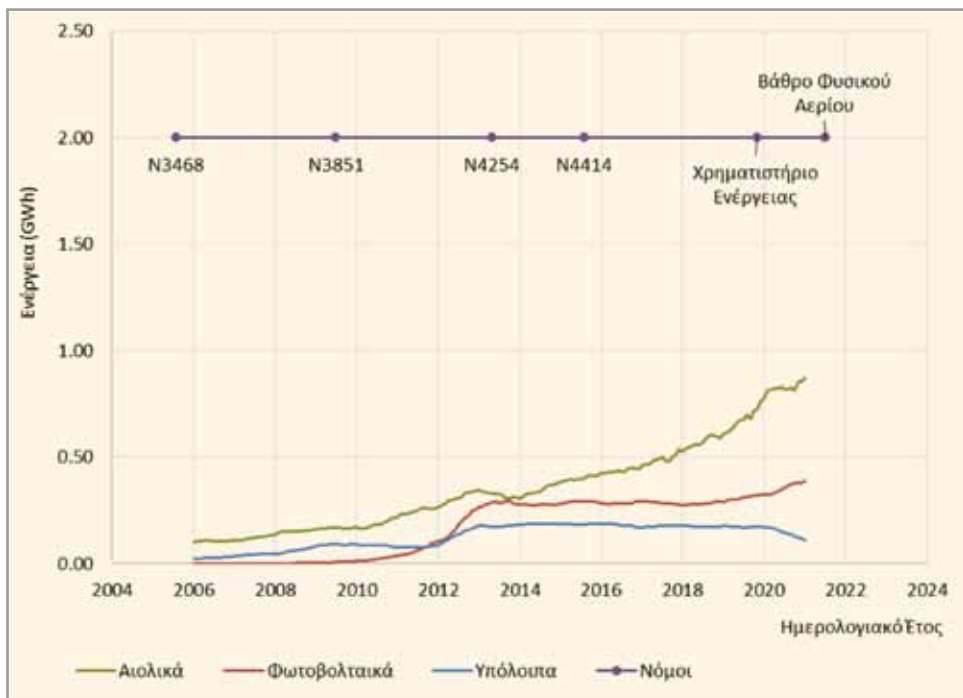


Σχήμα 1. Εγκατεστημένη Ισχύς Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

του ρυθμού ανάπτυξης της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών. Κατά την ίδια χρονική περίοδο 2006-2012 οι λοιπές τεχνολογίες ΑΠΕ εκδηλώνουν γραμμική ανάπτυξη με αξιοσημείωτη αυτή της τεχνολογίας των αιολικών.

Ωστόσο εμείλλετο ο 4414/2016 να δώσει νέα προή στην ανάπτυξη της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών. Έτσι από το έτος 2018 και εντεύθεν (όπου νέα έργα υπό το φως του Ν. 4414/2016 άρχισαν να τροφοδοτούν το Σύστημα με ηλεκτρική ενέργεια) διαπιστώνουμε (σχ. 1) ότι ο ρυθμός ανάπτυξης επανέρχεται σε αξιόλογα επίπεδα. Βέβαια ο σταθερός ρυθμός ανάπτυξης της τεχνολογίας των αιολικών δεν δύναται πλέον να υποσκελιστεί από αυτόν των φωτοβολταϊκών, αφού η πρώτη εξ αυτών διατήρησε τον ρυθμό διεξόδου αμείωτο καθόλη την διάρκεια και των περιόδων 2006-2016 και 2016-2022. Ο ρυθμός ανάπτυξης των υπολοίπων τεχνολογιών είναι αμελητέος.

2. Στο Σχήμα 2 παρακολουθούμε την παραγόμενη ανά μήνα ηλεκτρική ενέργεια (σε μέσο όρο έτους) από κάθε μία των τεχνολογιών ΑΠΕ και πώς αυτή επηρεάστηκε από τα νομοθετικά μέτρα που ελήφθησαν διαχρονικά στον βωμό της ανάγκης διεξόδου των ΑΠΕ στο εθνικό ενεργειακό μείγμα. Και στο γράφημα αυτό εκφράζεται εύγλωττα η σημασιολογική συμπεριφορά των φωτοβολταϊκών σε σχέση με τη γραμμική συμπεριφορά των υπολοίπων τεχνολογιών.



Σχήμα 2. Παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

3. Στο Σχήμα 3 αποτυπώνεται το μηναίο (σε ετήσιο μέσο όρο) ποσοστό ζήτησης ηλεκτρικής ενέργεια από ΑΠΕ. Ειδικότερα, παρατηρούμε ότι η σύγκλιση των καμπυλών κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και παραγόμενης από ΑΠΕ ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται διαχρονικά, γεγονός το οποίο απαντά με συνέπεια στην ανάγκη αύξησης της παρουσίας των ΑΠΕ στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδας. Η σύγκλιση αυτή αποδίδεται ταυτόχρονα και στην αύξηση της παραγόμενης από ΑΠΕ ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και στη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Τέλος παρατηρώντας τη σωρευτική καμπύλη της διείσδυσης των ΑΠΕ διαπιστώνεται ότι συνολικά η ηλεκτρική ενέργεια η προερχόμενη από ΑΠΕ εγγίζει σήμερα το 35% της καταναλισκόμενης ενέργειας. Την εξέλιξη αυτή θα πρέπει να την αποδώσουμε ισομερώς τόσο στον Νόμο 3468/2006 όσο και στον Νόμο 4414/2016.

4. Στο Σχήμα 4 αποτυπώνεται η εξέλιξη των τιμών με τις οποίες αποζημιώνονται οι ΑΠΕ. Η κάθε τιμή είναι η μηνιαία μεσοσταθμική τιμή όλων των τεχνολογιών, αιολικών και φωτοβολταϊκών. Οι εξέλιξη των τιμών αυτών των τεχνολογιών συγκρίνεται με την Τιμή Εκκαθάρισης Αγοράς.

Από το γράφημα διαπιστώνουμε τα ακόλουθα: παρατηρούμε τη δραματική πτώση των τιμών με τις οποίες αποζημιώνεται η ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά μετά

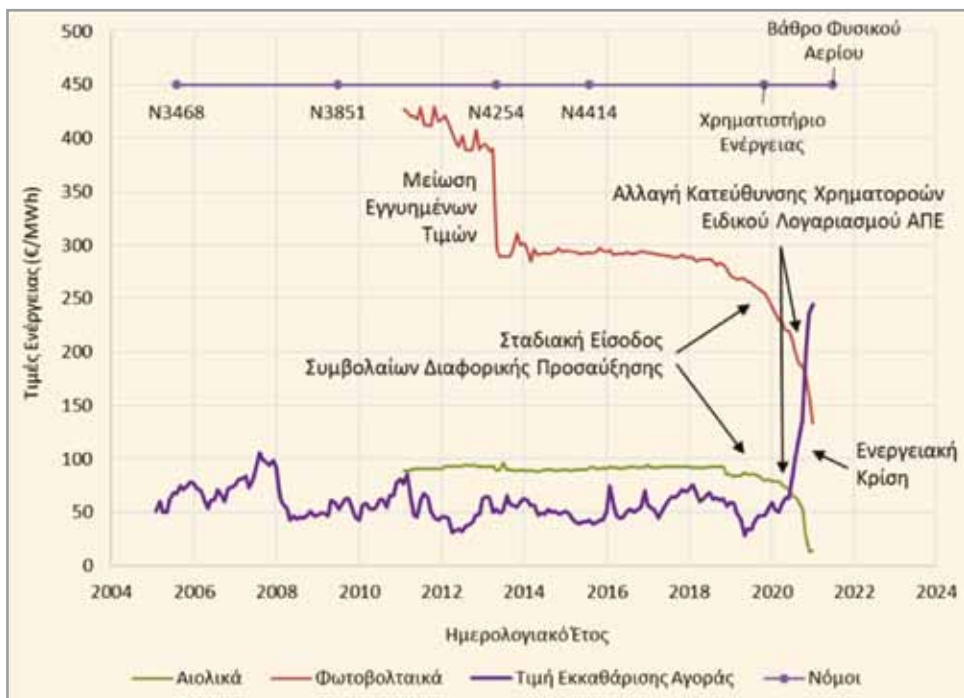


Σχήμα 3. Ποσοστό Κάλυψης της Ζήτησης από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

την έναρξη ισχύος του Ν. 4254/2012. Το φαινόμενο αυτό συνέχισε στην ίδια τάση επειδή μετά το 2016 και με την ένταξη στο σύστημα των έργων που εισήχθησαν στο σύστημα υπό τους όρους τιμολόγησης του Ν. 4414/2016 η σταθμισμένη μέση τιμή για τα φωτοβολταϊκά συνεχίζει μειούμενη.

Η επίδραση του Ν. 4414/2016 στην τιμή αποζημίωσης της ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά υπήρξε πιο ήπια, αφού οι τιμές αυτές δεν δοκίμασαν υπό το φως κανενός Νόμου σημαντική αύξηση. Οι παρατηρήσεις αυτές αφορούν όλη τη χρονική περίοδο ισχύος του Ν.4414/2016 μέχρι και σήμερα. Πλέον αυτών, στο γράφημα αποτυπώνεται και η Τιμή Εκκαθάρισης Αγοράς με την οποία αποζημιώνεται η ηλεκτρική ενέργεια από τις συμβατικές τεχνολογίες. Παρατηρούμε ότι από το τέλος του 2020 η Τιμή αυτή ξεπερνά για πρώτη φορά τόσο την τιμή αποζημίωσης των αιολικών όσο και των φωτοβολταϊκών. Η αυξητική της πορεία οφείλεται κατά τους τελευταίους δυο μήνες κατά κύριο λόγο στον ουκρανικό πόλεμο και στη συμπίεση των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου προς τα άνω, δεδομένης της ενεργειακής μας εξαρτήσεως από τη Ρωσία.

Αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι σε αντίθεση με το παρελθόν, ο ΔΑΠΕΕΠ τιμολογεί την ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ μεσοσταθμικά, χαμηλότερα από την τιμή που το Ελληνικό Χρη-



Σχήμα 4. Η εξέλιξη της τιμής αποζημίωσης της ηλεκτρικής ενέργειας από Φωτοβολταϊκά και Αιολικά σε σχέση με την Τιμή Εκκαθάρισης της Αγοράς

ματιστήριο Ενέργειας εξάγει για τις λοιπές συμβατικές τεχνολογίες. Η διαπίστωση αυτή καθίσταται κεφαλαιώδης, αφού διασαφηνιστεί ότι η μεσοσταθμική τιμή του φυσικού αερίου και του πετρελαίου –πηγές ιδιαιτέρως ρυπογόνες– συγκυριακά είναι πολύ πιο ακριβές από τις τιμές αποζημίωσης των ΑΠΕ οι οποίες είναι ελάχιστα ρυπογόνες. Αυτή η αντιστροφή στις τιμές των ΑΠΕ σε σχέση με αυτές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου είχε ως αποτέλεσμα την αντιστροφή των χρηματορροών σε σχέση με τους παραγωγούς ΑΠΕ: ενώ πριν από την άνοδο των Τιμών Εκκαθάρισης της Αγοράς οι παραγωγοί εξοφλούντο εν μέρει από την αγορά και εν μέρει από τον ΔΑΠΕΕΠ ως προς τη διαφορική προσαύξηση, σήμερα εξοφλούνται πλήρως από την αγορά και στη συνέχεια –επειδή οι λογαριασμοί εξόφλησης είναι πιστωτικοί αφού η Τιμή Εκκαθάρισης της Αγοράς είναι ενίοτε και πενταπλάσια της τιμής με την οποία έχει συμβασιοποιήσει ο παραγωγός την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας– οφείλουν να επιστρέφουν την πιστωθείσα πλεονάζουσα τιμή ανά MWh.

Αντί επιλόγου

Η παρουσία των ΑΠΕ στο εθνικό ενεργειακό μείγμα καθίσταται αδήριτη αναγκαιότητα. Για λόγους νομοθετικούς, περιβαλλοντικούς αλλά και εθνικούς: η ενεργειακή ασφάλεια συνδέεται πλέον σε ευθεία γραμμή με την ανάγκη της ενεργειακής ανεξαρτησίας και ως εκ τούτου οι ΑΠΕ είναι οι τεχνολογίες εκείνες που δεν εμπίπτουν στην ευρύτερη γεωπολιτική σκακιέρα στην οποία η Ελλάδα οφείλει να δώσει τις κατάλληλες διπλωματικές μάχες προκειμένου να διασφαλίσει την ορθή εφαρμογή του Διεθνούς Δίκαιου για την ανάδειξη των κυριαρχικών δικαιωμάτων της επί των Ανεξάρτητων Οικονομικών Ζωνών της κυριαρχίας της. Αντιθέτως οι ΑΠΕ αποτελούν καθαρά εσωτερικό ζήτημα της κάθε χώρας και γι' αυτό τον λόγο τεχνολογίες που όχι μόνο δεν προϋποθέτουν αποκατάσταση γεωπολιτικών ισορροπιών αλλά αντίθετα αμβλύνουν την ανάγκη για άμεση επίλυση των γεωπολιτικών εκκρεμοτήτων.

Εξ ετέρου, αυτό που απασχολεί τη διεθνή βιβλιογραφία είναι η επίτευξη της μέγιστης αξιοποίησης των ΑΠΕ. Προς την κατεύθυνση αυτή, η αποθήκευση είναι η τάση εκείνη η οποία απαντά με αποτελεσματικότητα στην «παθογένεια» των ΑΠΕ: τη στοχαστικότητα. Παρ' όλα αυτά ένας έντονος σκεπτικισμός σκιάζει την προοπτική της αποθήκευσης και δεν είναι άλλος από την αμφίβολη περιβαλλοντικά συμπεριφορά της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Θέμα μεγάλο και χωρίς προφανείς απαντήσεις. Η Ελλάδα βρίσκεται στο κατώφλι της υιοθέτησης σχετικού θεσμικού πλαισίου και αναμένουμε το ανάγλυφο της νέας νομοθεσίας.

Εξάλλου προ ολίγων ημερών και ενώ το παρόν ευρίσκετο «επί του πειστηρίου» το Βάθρο Εμπορίας του Φυσικού Αερίου ανέτελλε στον ελληνικό ενεργειακό χώρο. Η έναρξη λειτουργίας του Βάθρου σηματοδοτεί μία νέα εποχή στην συγκεκριμένη αγορά, αφού και το εισαγόμενο φυσικό αέριο θα τυγχάνει διαπραγμάτευσης ως εν μέρει χρηματιστηριακό προϊόν. Και η εξέλιξη αυτή φέρει το «άρωμα» της αντιμετώπισης της ενέργειας ως ένα προϊόν που αποτελεί προεχόντως πυλώνα της εθνικής οικονομίας. Και οι ΑΠΕ καλούνται στο πλαίσιο αυτό να αναλάβουν το μερίδιο που τους αντιστοιχεί.

Βιβλιογραφία

1. Τσοκανά Ν., Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και δίκαιο της ενέργειας στον Ευρωπαϊκό χώρο – Πώς αντιμετωπίζεται η νέα πρόκληση και ποια η ανταπόκριση μέχρι τώρα στην Ελλάδα, in *Ενέργεια και Δίκαιο*, τ. 5, σ. 7 επ.
2. Μουρατιάν Α., Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Η προστατευτική προνομιακή μεταχείρισή τους ενόψει της ικανοποίησης του γενικού συμφέροντος προστασίας του περιβάλλοντος, in *Ενέργεια και Δίκαιο*, τ. 12, σ. 30επ.
3. Γεωργιάδη Α.Σ., Η νομιμότητα εκ μέρους της ΔΕΗ καταγγελίας ή μη ανανεώσιμης σύμβασης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας in *Ενέργεια και Δίκαιο* τ. 6, σ. 18επ.
4. Χατζόπουλου Β., Η νομολογία του ΔΕΚ σχετικά με την ενέργεια in *Ενέργεια και Δίκαιο* τ. 2, σ. 7επ.
5. Βελεγράκη Μ., Συνταγματικές διαστάσεις του Δικαίου της ενέργειας, in *Ενέργεια και Δίκαιο* τ. 2, σ. 46.
6. Πληθάρα Α.-Νάντσου Θ., Το ενεργειακό πακέτο της ΕΕ: Η μεγάλη πρόκληση για την ενεργειακή νομοθεσία και πολιτική της χώρας, in *Ενέργεια και Δίκαιο* τ. 7, σ. 71επ.
7. Βελεγράκη Μ., Δίκαιο, ενέργεια και κρατικές ενισχύσεις in *Ενέργεια και Δίκαιο* σ. 57επ.
8. Μουρατιάν Α. – Συνοδινού Χ., Απλοποίηση αδειοδοτικής διαδικασίας ενεργειακών έργων: κοινοτική υποχρέωση και απαραίτητη προϋπόθεση για την πραγματοποίηση σχετικών επενδύσεων, in *Ενέργεια και Δίκαιο* τ. 4, σ. 19επ.
9. Βασιλάκου Ν.Π., Προτάσεις για ένα αποτελεσματικό θεσμικό και αδειοδοτικό πλαίσιο των έργων ΑΠΕ, in *Ενέργεια και Δίκαιο* τ. 3, σ. 18 επ.
10. Βελεγράκη Μ., Η εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ σε αναδασωτές εκτάσεις, in *Ενέργεια και Δίκαιο* τ.13 & 14, σ. 85επ.
12. Συνοδινού Χ., Πολυκλαδικότητα του Δικαίου της Ενέργειας in *Ενέργεια και Δίκαιο* τ. 1, σ. 5επ.
13. Βατάλη Κ., Εισαγωγή στο Δίκαιο της Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Εκδ. Σάκκουλας, Αθήνα – Θεσσαλονίκη, 2007.
14. Γουρζή Α., Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Σύμμαχος ή εχθρός του περιβάλλοντος; Σχόλιο με αφορμή το ν. 3468/2006, in *Το Σύνταγμα* τ. 4/2006 σ. 1241επ.
15. Πανάγος, Θ. (2012). *Το θεσμικό πλαίσιο της αγοράς ενέργειας*. Αθήνα: Εκδόσεις Σάκκουλα.
16. Φορτσάκη Θ.Π., Δίκαιο της Ενέργειας, Εκδ. Α.Ν. Σάκκουλα, Αθήνα-Κομοτηνή, 2009.
17. Ηλιάδου Α. Ν., Δίκαιο της Ενέργειας, Εκδ. Νομική Βιβλιοθήκη, Αθήνα 2020
18. Γαβουνέλη Μ., Ενεργειακές εγκαταστάσεις στη Θάλασσα, Νομική Βιβλιοθήκη, Αθήνα 2016
19. Ταρνανίδου Χ.Ι., Σύγχρονες Ενεργειακές Αγορές, Νομική Βιβλιοθήκη, Αθήνα 2016
20. Hosenuzzaman M. et.al Global prospects, progress, policies and environmental impact of solar photovoltaic power generation in Renewable and Sustainable Energy Review-Elsevier 41(2015)284-297.
21. Gentvilaite Ruta, The Role of Energy Quality in Shaping Long Term Energy Intensity in Europe, in *Energies* 2015,8,133-153.

22. Frederiks Elisha R. et.al., The Socio-Demographic and Psychological Predictors of Residential Energy Consumption: A comprehensive review, in *Energies* 2015, 8, 573-609.
23. Merjic Ajla et al., Comparative Advantages Using Solar and Wind Energy in Hybrid Systems at the same time, in *WSEAS Transactions on Power Systems*.
24. Katsigiannis Yiannis A. et al. Large scale energy storage and dynamic performance of the autonomous power system in Crete Island: A review of the Literature, in *International Journal of Energy* v.8, 2014.
25. The LTI – Research Group Editor, Long term Integration of Renewable Energy Sources into the European Energy System, Publication Series of the Centre for the European Economic Research (ZEW).

**Συστημική και Συνθετική
Βιοτεχνολογία.
Ο ρόλος της Μεταβολικής Μηχανικής**

ΦΡΑΓΚΙΣΚΟΣ ΚΟΛΙΣΗΣ
Ομότιμος Καθηγητής,
Σχολή Χημικών Μηχανικών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
e-mail: Kolisis@chemeng.ntua.gr

Περίληψη

Η ραγδαία εξέλιξη των Βιολογικών επιστημών και η σύνδεση με την Πληροφορική και τις επιστήμες Μηχανικών στηρίζουν δυναμικά την ανάπτυξη της Συστημικής και Συνθετικής Βιοτεχνολογίας σε τομείς, όπως η υγεία, το περιβάλλον, η ενέργεια, τα τρόφιμα, η σύνθεση ειδικών χημικών, η γεωργία, τα νέα έξυπνα υλικά, και σε πολλές άλλες εφαρμογές. Η Συστημική Βιοτεχνολογία αξιοποιεί τους οργανισμούς στη βάση της υποκείμενης δικτυακής δομής τους χρησιμοποιώντας υπολογιστικές προσεγγίσεις και εργαλεία προσομοίωσης και μοντελοποίησης. Η Συνθετική Βιοτεχνολογία επιδιώκει την κατασκευή τεχνητών βιολογικών εξαρτημάτων, συσκευών και συστημάτων για την αξιοποίησή τους σε καινοτόμες βιοτεχνολογικές εφαρμογές. Και στις δύο περιπτώσεις δεν πρέπει να αγνοείται ο ρόλος της Μεταβολικής Μηχανικής. Η μελέτη της λειτουργίας του κυττάρου και της ρύθμισής της με τη λογική και τα εργαλεία της Μεταβολικής Μηχανικής έδειξε τον δρόμο για την ανάγκη της ολιστικής προσέγγισης των βιολογικών συστημάτων αρκετά χρόνια πριν.

Λέξεις-Κλειδιά: Βιοτεχνολογία, Συστημική Βιολογία, Συνθετική Βιολογία, Μεταβολική Μηχανική.

1. Εισαγωγή

Στην ανατολή της μετα-γονιδιωματικής εποχής, όπως χαρακτηρίσθηκε, του 21ου αιώνα το επίκεντρο της βιολογικής έρευνας μετατοπίζεται από την ποιοτική ανάλυση των βιολογικών μηχανισμών, η οποία στηρίζεται στην παρουσία ή όχι συγκεκριμένων γονιδίων στο σύστημα που μελετάται, στον ποσοτικό προσδιορισμό σε σχέση με: (α) τα επίπεδα έκφρασης του γονιδιώματος, (β) τον τρόπο με τον οποίο η γονιδιωματική έκφραση ρυθμίζεται, (γ) τις συνέπειες των παραπάνω ενεργειών στο επίπεδο της πρωτεϊνικής έκφρασης και (δ) τους τρόπους με τους οποίους οι πρωτεΐνες δρουν ταυτόχρονα ή συνεργιστικά σε διαφορετικά βιοχημικά μονοπάτια, τα οποία ορίζονται ως τα λειτουργικά δίκτυα που συντηρούν και αναπτύσσουν τις βιολογικές πληροφορίες.

Η έρευνα στο χώρο της Βιολογίας και της Βιοτεχνολογίας έχει ήδη περάσει στην εποχή των *omics* (την λεγόμενη -ομική), όπου πλέον χρησιμοποιούνται οι όροι γενωμική αντί της γενετικής, πρωτεωμική αντί της πρωτεϊνικής, μεταβολομική αντί της μεταβολικής, οι οποίοι συνεπάγονται ότι το αντικείμενο μιας ερευνητικής προσέγγισης πρέπει να είναι η ταυτόχρονη μελέτη όλων των γονιδίων, όλων των πρωτεϊνών, όλων των μεταβολιτών, όλων των λιπιδίων κ.λπ., του κάθε συστήματος. Μέχρι πριν από μερικά χρόνια στις διάφορες μελέτες εφαρμόζονταν τεχνικές, όπως, η κλωνοποίηση, η μετάλλαξη, η αλληλούχηση, η χαρτογράφηση κ.ά, σε ένα ή μερικά γονίδια. Τώρα απαιτείται η ταυτόχρονη μελέτη όλων ή τουλάχιστον πολλών γονιδίων σε ένα μόνο πείραμα, το οποίο θα σχετίζεται με την έρευνα των επιπτώσεων κάποιου ή κάποιων εξωτερικών παραγόντων στη λειτουργία του κυττάρου. Τα κύτταρα και οι οργανισμοί πρέπει να μελετώνται «ολιστικά». Η Βιολογική έρευνα περνά από την αναγωγική στη στοχαστική περίοδο, και στη Βιολογία των Συστημάτων, όπου επιστημονικά πεδία που φαινομενικά δεν συνδέονται μεταξύ τους, όπως χημεία, βιοχημεία, μοριακή βιολογία, κυτταρική φυσιολογία και η λειτουργία των πολυκυτταρικών οργανισμών, ενοποιούνται μέσω υπολογιστικών προτύπων και μοντέλων, ακολουθώντας τις αρχές της εφηρμοσμένης μηχανικής.

2. Συστημική Βιολογία (*Palsson B.*)

Ο όρος Συστημική Βιολογία πρωτοδιατυπώθηκε από τον *H. Kitano* (*a. Science* και *β. Nature*): σύμφωνα με τον οποίο Συστημική Βιολογία θεωρείται η μελέτη των οργανισμών στη βάση της υποκείμενης δικτυακής δομής τους και όχι απλώς των μεμονωμένων μοριακών συστατικών τους. Σύστημα μπορεί να είναι ένα γονιδιακό ρυθμιστικό δίκτυο ενός κυττάρου, ένας ιστός ή ένας ολόκληρος οργανισμός. Στις μελέτες αυτές οι υπολογιστικές προσεγγίσεις είναι απαραίτητες για τη διαχείριση και ερμηνεία του πλήθους των δεδομένων και την κατανόηση των πολύπλοκων βιολογικών συστημάτων. Δεν μπορούμε πλέον να μιλούμε για τον ρόλο ενός ή μερικών γονιδίων στη φαινοτυπική εμφάνιση των χαρακτηριστικών ενός οργανισμού αλλά για τη δυναμική συνεργασία δεκάδων ή εκατο-

ντάδων από αυτά. Παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι τα γονίδια που υπέρ-εκφράζονται σε σχέση με αυτά που υπό-εκφράζονται αλλά και η ένταση και η διάρκεια αυτής της έκφρασης. Συμπερασματικά η λειτουργία ενός οργανισμού δεν εξαρτάται από το άθροισμα των γονιδίων του, αλλά από τον τρόπο που αυτά συνεργάζονται.

Στο πλαίσιο αυτό αναδεικνύονται νέοι φιλόδοξοι στόχοι, όπως της εξατομικευμένης θεραπείας, της θεραπείας δηλαδή που θα στηρίζεται στη γνώση του γονιδιώματος του ασθενούς και όχι σε γενικές προσεγγίσεις, και της Φαρμακογενωμικής, του σχεδιασμού δηλαδή φαρμάκων ή κατάλληλων δοσολογιών ειδικά για το συγκεκριμένο ασθενή στηριζόμενοι στη γνώση του γονιδιώματός του. Ακόμη τα Σύγχρονα Διαγνωστικά Εργαλεία οδηγούν στη δυνατότητα προ-συμπτωματικών ελέγχων με προφανή τα ευεργετήματα λόγω της πρώιμης διάγνωσης, καθώς και στην ανάπτυξη εμβολίων για την αντιμετώπιση των ασθενειών. Όλα αυτά εμπίπτουν στην έννοια της Ιατρικής Ακριβείας. Η ανάπτυξη της Συστημικής Βιολογίας έδωσε ώθηση και στην ανάπτυξη της Συνθετικής Βιολογίας. Και οι δύο στηρίζουν δυναμικά την ανάπτυξη της Βιοτεχνολογίας εκτός της υγείας και στους υπόλοιπους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας που συνδέονται με την προστασία του περιβάλλοντος, την ενέργεια, τη διατροφή, τη σύνθεση ειδικών χημικών, τη γεωργία, την ανάπτυξη νέων έξυπνων υλικών και πολλών άλλων εφαρμογών. Στόχο της Συστημικής Βιολογίας αποτελεί η ακριβής πρόβλεψη και ο προσδιορισμός της συμπεριφοράς των βιολογικών συστημάτων, που προαπαιτεί την ικανότητα της περιγραφής όλων των αποκρίσεων των στοιχείων που ορίζουν το σύστημα χρησιμοποιώντας:

(1) Συστημικές, γενετικές και περιβαλλοντικές διαταραχές ενός πρότυπου συστήματος.

(2) Την ακριβή παρακολούθηση όλων των αποκρίσεων που συνεπάγονται οι παραπάνω διαταραχές σε επίπεδο γονιδιακό, πρωτεϊνικό, πληροφοριακό σε σχέση με τα διάφορα προκύπτοντα βιοχημικά μονοπάτια, καθώς και φαινοτυπικό.

(3) Την ενσωμάτωση αυτών των μετρήσεων σε μία δυναμική δομή πληροφοριών.

(4) Τη διατύπωση και τον επαναληπτικό έλεγχο των μαθηματικών μοντέλων που περιγράφουν το σύστημα, με τον αντίστοιχο τρόπο που ένας μηχανικός σχεδιάζει και ελέγχει ένα πολύπλοκο κύκλωμα, επιτρέποντας τελικά τη χρήση αυτών των πρότυπων μοντέλων στην πρόβλεψη των αποτελεσμάτων διαφορετικών διαταραχών που μελετώνται. Η παραπάνω στρατηγική αλληλεπίδραση ανάμεσα στην υπόθεση και τη διαπίστωση αποτελεί ένα καίριο χαρακτηριστικό της Βιολογίας των Συστημάτων.

2.1 Η ουσία της Συστημικής Βιολογίας

Η κατανόηση της λειτουργικότητας ενός ζώντος οργανισμού δεν μπορεί να αντιμετωπισθεί ικανοποιητικά μόνο με τη γνώση του κάθε μεμονωμένου μοριακού μηχανισμού ακόμη και όταν έχει μελετηθεί το σύνολο των μορίων. Αυτής της μορφής οι προσεγγίσεις δεν μπορούν να απαντήσουν σε ζητήματα υπερμοριακών λειτουργικών ιδιοτήτων, όπως είναι ο κύκλος της ζωής των κυττάρων, η μεταβολική σταθερά κατάσταση, η δυσλειτουργικότητα των κυττάρων κ.ά. Και ακόμη, δεν μπορούν να εξηγήσουν τις πολυπα-

ραγοντικές ασθένειες ώστε να συνεισφέρουν στην πλήρη κατανόηση του φαινομένου. Επιπλέον δεν μπορούν να βοηθήσουν και στην ουσιαστική συνεισφορά και ανάπτυξη της Βιοτεχνολογίας και σε άλλους τομείς εκτός της υγείας. Μέχρι πρόσφατα η συστημική ανάλυση δεν ανήκε στις επιλεγμένες από τις Βιοεπιστήμες προσεγγίσεις (εκτός της οικολογίας), από την άλλη όμως και οι διαθέσιμες τεχνικές για τη συστημική μελέτη των οργανισμών δεν ήταν αρκετά προχωρημένες. Επιπλέον οι μαθηματικές εξισώσεις και γενικά ο μαθηματικός formalισμός δεν ήταν συνηθισμένος στις μελέτες της μοριακής βιολογίας. Στο παρελθόν και άλλες επιστήμες στηρίχθηκαν στην ανάπτυξη συστημικών προοπτικών, όπως:

- (α) η ανάπτυξη της θεωρίας μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων στα μαθηματικά,
- (β) η κατανόηση τυχαίων φαινομένων και αυτο-οργάνωσης μέσω της θερμοδυναμικής εκτός-ισορροπίας και στατιστικής φυσικής,
- (γ) η αξιοποίηση της βιοφυσικής και της βιοχημείας στην κατανόηση της συνεργατικότητας των ενζυμικών κινητικών με τα ιοντικά κανάλια και τις κινητικές πρωτεΐνες, και
- (δ) η χρησιμοποίηση της μηχανικής στην ανάπτυξη της θεωρίας ελέγχου, ο χαρακτηρισμός συστημάτων και η μεταβολική μηχανική.

Στο ξεκίνημά της η Συστημική Βιολογία δεν μπορούσε να προχωρήσει τόσο γρήγορα όσο η πειραματική μοριακή βιολογία λόγω της έλλειψης ποσοτικών μοριακών δεδομένων. Οι ρίζες της Συστημικής Βιολογίας άρχισαν να αναπτύσσονται με την εξέλιξη της ανάλυσης του μεταβολικού ελέγχου, τη μοντελοποίηση των κινητικών μεταβολισμού και των γενετικών δικτύων, τη γονιδιωματική και τη μεταβολική μηχανική. Στη συνέχεια η μοριακή βιολογία άρχισε να διαθέτει ένα συνεχώς αυξανόμενο αριθμό αποτελεσμάτων, τα οποία είχαν την ανάγκη της συστημικής ανάλυσης για να γίνει κατανοητή η εμπλοκή τους σε διάφορες κυτταρικές λειτουργίες.

2.2 Οι προκλήσεις της Συστημικής Βιολογίας

Η ολοκληρωμένη γονιδιωματική αλληλούχηση ενός οργανισμού, όπως και η ανάλυση της κρυσταλλικής δομής όλων των πρωτεϊνών αποτελούν τις βάσεις της βιολογίας ενός συστήματος, που στη συνέχεια απαιτεί την κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων που προκύπτουν και εδώ χρειάζεται η αξιοποίηση μαθηματικών formalισμών. Μια πλήρης συστημική προσέγγιση απαιτεί: (1) τον πλήρη χαρακτηρισμό ενός οργανισμού όσον αφορά τα μοριακά συστατικά του, (2) τον χαρακτηρισμό της θέσης στον χώρο των μορίων του κυττάρου, και, (3) την προσεκτική ανάλυση της απόκρισης των μορίων του κυττάρου σε εξωτερικές και εσωτερικές διαταράξεις. Οι πληροφορίες που θα προκύψουν θα πρέπει να ενσωματωθούν σε μαθηματικά μοντέλα έτσι ώστε να γίνει δυνατή η διατύπωση υποθέσεων, η πρόβλεψη και ανακάλυψη νέων βιολογικών μηχανισμών, ο υπολογισμός της συμπεριφοράς του συστήματος, και τελικά η ανάπτυξη εκλογικευμένων στρατηγικών ελέγχου και διαχείρισης του κυττάρου.

2.3 Στρατηγικά εργαλεία της Συστημικής Βιολογίας

Όπως είναι αναμενόμενο, ο μεγάλος αριθμός των άγνωστων συστατικών των οργανισμών κάνει πρακτικά ανέφικτη την *in vivo* ταξινόμηση και επαλήθευση των υποθέσεων. Για τους λόγους αυτούς στην ανάπτυξη των συστημικών μελετών χρησιμοποιούνται κυρίως γνωστοί μικροοργανισμοί και οι προσεγγίσεις που αναπτύσσονται είναι η «κατιούσα» (top-down) και η «ανιούσα» (bottom-up) διαδικασία.

2.3.1 «Κατιούσα» διαδικασία (top-down)

Η μεθοδολογία αυτή καθιερώθηκε στις μελέτες Συστημικής Βιολογίας από τη στιγμή που αναδείχθηκαν οι -ομικές τεχνικές. Ξεκινά με την ολιστική θεώρηση της συμπεριφοράς ενός συστήματος, δηλαδή από την κορυφή, και τις πειραματικές μετρήσεις ολόκληρου του γονιδιώματος και αποβλέπει στον προσδιορισμό και τον χαρακτηρισμό βιολογικών μηχανισμών που βρίσκονται στη βάση δηλαδή στα επί μέρους τμήματα και τις αλληλεπιδράσεις τους. Αυτή η «κατιούσα» Συστημική Βιολογία έχει ως κύριο αντικείμενο την ανακάλυψη νέων μοριακών μηχανισμών και χρησιμοποιεί επαναληπτικά κύκλους πειραματικών δεδομένων, οι οποίοι ακολουθούνται από την ανάλυσή τους, τη συσχέτισή τους, και τον ποσοτικό υπολογισμό των συγκεντρώσεων των μορίων και των αλληλεπιδράσεών τους. Η μέθοδος οδηγεί στη διατύπωση υποθέσεων που τελικά αφορούν την ενδορύθμιση των επιμέρους ομάδων αυτών των μορίων. Στη συνέχεια αυτές οι υποθέσεις στηρίζουν την πρόβλεψη νέων συσχετισμών που ελέγχονται μέσα από νέους πειραματικούς κύκλους και επί πλέον βιοχημικές αναλύσεις. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα και η δύναμη της «κατιούσας» Συστημικής Βιολογίας βρίσκεται στο ότι είναι δυναμικά σφαιρική, αφού περιλαμβάνει ολόκληρο το γονιδίωμα και μπορεί να αντιμετωπίσει το σύνολο των μεταβολιτών, των ρών, των μεταγραφωμάτων ακόμη και των πρωτεϊνών.

Όπως αναμένεται, μια μελέτη που πραγματοποιείται με την «κατιούσα» μεθοδολογία διαχειρίζεται έναν πολύ μεγάλο αριθμό δεδομένων ενός απλού οργανισμού, ο οποίος υποβάλλεται σε κάποιες διαταραχές, που μπορεί να είναι: γενετικές (π.χ. η επίδραση μιας μετάλλαξης ή η επίδραση της υπερέκφρασης της βιοσύνθεσης μιας πρωτεΐνης), περιβαλλοντικές (π.χ. μεταβολές στα υλικά καλλιέργειας, η παρουσία αυξητικών παραγόντων, η επίδραση στρεσογόνων παραγόντων), διαταραχές επαγόμενες από επιδράσεις στο mRNA, η δράση φαρμάκων κ.ά. Οι μελέτες αυτές στοχεύουν στην απόκτηση της οπτικής της συνολικής συμπεριφοράς του συστήματος. Η θεώρηση αυτή μπορεί να δώσει τη δυνατότητα της ανακάλυψης συμπεριφορικών προτύπων, τα οποία αν και θα είναι αρκετά γενικά, θα μπορούν να προβλέψουν τους βιολογικούς μηχανισμούς που ενυπάρχουν στο σύστημα και να ανακαλύψουν λειτουργικά συγγενείς διεργασίες, οι οποίες θα μπορούσαν να ελέγχονται από κοινούς μεταγραφικούς παράγοντες. Επειδή το πλήθος των δεδομένων που θα προκύψουν είναι μεγάλο, αναδεικνύεται η ανάγκη χρησιμοποίησης μαθηματικών εργαλείων και φορμαλισμού για τη συσχέτιση των πολυάριθμων εξωτερικών διαταραχών με τους εξαιρετικά πολύπλοκους μηχανισμούς του κυττάρου.

Στις «κατιούσες» προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται διαφορετικά μοντέλα για τις διαφορετικές φάσεις του χαρακτηρισμού του συστήματος. Στην αρχή τα πειράματα αποβλέπουν στην ανακάλυψη και τον χαρακτηρισμό των συστατικών του συστήματος και στη σύνδεσή του με τις αλληλουχίες του DNA. Στη συνέχεια επιχειρείται η συσχέτιση της συγκέντρωσης των προσδιορισμένων συστατικών μέσα από μαθηματικά μοντέλα που στηρίζονται σε σειρές γραμμικών εξαρτημένων και μη εξαρτημένων μεταβλητών που μπορούν να στηρίξουν «Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών», ή Bayesian στατιστικά μοντέλα που μπορούν να δώσουν ένα «ρυθμιστικό δένδρο». Τα αποτελέσματα αυτών των προσεγγίσεων θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια στο σχεδιασμό νέων πειραμάτων που θα προτείνουν νέες μορφές διασυνδέσεων των κυτταρικών μηχανισμών οδηγώντας σε νέο κύκλο προσεγγίσεων. Η μαθηματική αυτή αντιμετώπιση υποστηρίζεται με τη χρήση υπολογιστών. Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στην «κατιούσα» Βιολογία Συστημάτων είναι φαινομενολογικά. Δεν στηρίζονται στη γνώση των μηχανισμών και δεν χρησιμοποιούν γνώσεις των σχέσεων ανάμεσα στις μοριακές ενώσεις. Οι συσχετισμοί καταγράφονται σε εικονικούς μηχανισμούς που εξηγούν μεν τους συσχετισμούς, αλλά απέχουν από την πραγματικότητα. Οι προσεγγίσεις αυτές εφαρμόζονται σε κυτταρικά και υποκυτταρικά συστήματα των οποίων οι μηχανισμοί δεν έχουν ακόμη χαρακτηριστεί πλήρως και υπάρχουν πολλά σημεία, τα οποία απαιτούν επιπλέον διευκρινίσεις και ανάλυση, π.χ. ο χαρακτηρισμός γενετικών δικτύων η πρωτεϊνικών αλληλεπιδράσεων. Χρήσιμα εργαλεία επίσης παρέχονται από τη «θεωρία ελέγχου» σε συνδυασμό με λεπτομερή κινητικά μοντέλα των διαφόρων συνδεδεμένων δικτύων.

2.3.2 «Ανιούσα» διαδικασία (*bottom up*)

Ενώ η «κατιούσα» μεθοδολογία εξηγεί τη λειτουργία του οργανισμού, ή του κυττάρου μέσω της αναγωγικής προσέγγισης, η «ανιούσα» Συστημική Βιολογία εξηγεί τις λειτουργικές ιδιότητές του στηριζόμενη σε ένα καλά χαρακτηρισμένο υποσύστημα και προχωρώντας προς την κατεύθυνση ενός όλο και περισσότερο πολύπλοκου μηχανιστικού επιπέδου με την αξιοποίηση μοριακών μεθόδων. Ξεκινά δηλαδή από τη βάση των συστατικών μερών του κυττάρου τυποποιώντας την επιδραστική συμπεριφορά τους στην τελική διεργασία, π.χ. την ενζυμική διεργασία μέσω της κινητικής εξίσωσης των μερών της αντίδρασης, ή ακόμη και άλλων επιμέρους στοιχείων των οποίων η συμπεριφορά μπορεί τυποποιηθεί και να εκφραστεί μέσω μιας μαθηματικής σχέσης, επί παραδείγματι τον ρυθμό ενεργοποίησης ενός υποδοχέα. Αυτή η τυποποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς του συστήματος. Ο τελικός στόχος αυτής της προσέγγισης είναι ο συσχετισμός του μοντέλου ενός βιοχημικού δικτύου με το μοντέλο λειτουργίας ολόκληρου του συστήματος. Τα μοντέλα αυτά συνεχώς εμπλουτίζονται με την ενσωμάτωση περισσότερων τυποποιημένων και λεπτομερών μηχανιστικών διεργασιών. Ένα τέτοιο παράδειγμα συνιστά η κατασκευή του μοντέλου HepatoNet1 (*Gille Ch.*), που χρησιμοποιείται στην ανασύνθεση του μεταβολικού δικτύου του ανθρώπινου ήπα-

τος και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της δράσης διαφόρων ενώσεων και φαρμάκων επί του ήπατος σε επιλεγμένες συνθήκες. Το μεταβολικό δίκτυο αποτελείται από 777 μεταβολίτες που βρίσκονται σε έξι ενδοκυτταρικά και δύο εξωκυτταρικά διαμερίσματα, 2539 ενζυμικές αντιδράσεις και 1466 αντιδράσεις μεταφοράς. Το μοντέλο στηρίχθηκε στην αξιολόγηση περισσότερων από 1500 σχετικών επιστημονικών δημοσιεύσεων και στην επαναληπτική διαδικασία ελέγχου των συλλεγμένων δεδομένων, όπως και αυστηρού υπολογιστικού ελέγχου της λειτουργικότητας του δικτύου που έγινε με βασισμένες σε περιορισμούς τεχνικές μοντελοποίησης.

Οι μελέτες που ακολουθούν τη λογική της «ανιούσας» συστημικής βιολογίας στηρίζονται:

1. Στις πειραματικές προσεγγίσεις που αποβλέπουν στον ποσοτικό υπολογισμό των κινητικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων των επιμέρους συστατικών στοιχείων του συστήματος (π.χ. ενζυμικές κινητικές, σταθερές διάχυσης υποστρωμάτων και προϊόντων). Αυτές πραγματοποιούνται είτε με τη μελέτη μεμονωμένων ενζύμων είτε με άλλες πειραματικές στρατηγικές υπολογισμού των παραμέτρων.
2. Τα δεδομένα μετρήσεων που αφορούν την απόκριση των υποκυτταρικών υποσυστημάτων σε ελεγχόμενες εξωτερικές διαταράξεις
3. Στην κατασκευή λεπτομερών μοντέλων που μπορούν να υπολογίσουν τα δεδομένα που προκύπτουν από τους υπολογισμούς των κινητικών κ.λπ. ιδιοτήτων. Τα μοντέλα αυτά επικυρώνονται και βελτιώνονται συνεχώς και χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν τον σχεδιασμό των πειραμάτων, καθώς και για την ανάπτυξη βιοπληροφορικών εργαλείων ανάλυσης.

Τα μοντέλα αυτά εν αντιθέσει με τα μοντέλα της «κατιούσας» προσέγγισης δεν είναι φαινομενολογικά, αλλά ο σχεδιασμός τους στηρίζεται στη βάση «μηχανιστικής» λογικής. Γενικά στη Συστημική Βιολογία χρησιμοποιούνται πολλά μοντέλα. Στην «ανιούσα» προσέγγιση κατασκευάζονται κυρίως κινητικά μοντέλα ενώ στην «κατιούσα» προσέγγιση αναφέρονται δομικά και ρυθμιστικά μοντέλα. Σε μερικές μελέτες τα μοντέλα ενσωματώνουν κινητικές παραμέτρους ενζύμων και μηχανισμούς δράσης των οποίων οι μετρήσεις είναι εξαιρετικά ακριβείς, ενώ σε άλλες μελέτες χρησιμοποιούνται βιβλιογραφικά δεδομένα ή απλουστευμένοι καταλυτικοί μηχανισμοί με αποτέλεσμα κάποιες μελέτες να είναι περισσότερο ή λιγότερο ακριβείς από τις άλλες.

3. Συνθετική Βιολογία (*Baldwin et al*)

Ο αναδυόμενος ερευνητικός τομέας της Συνθετικής Βιολογίας είναι πολυεπιστημονικός και συναπαρτίζεται από τη σύγκλιση τεχνολογικών και επιστημονικών εργαλείων που προέρχονται από τη βιολογία, τη χημεία, την πληροφορική, τη μηχανική, τα μαθηματικά και την υπολογιστική μοντελοποίηση. Οι βασικοί στόχοι της Συνθετικής Βιολογίας είναι: 1) να αποτελέσει ένα εργαλείο για την καλύτερη κατανόηση των βιολογικών συστημάτων και της πολυπλοκότητάς τους, αλλά και των αναδυόμενων ιδιοτήτων που

προέρχονται από τις αλληλεπιδράσεις τους, και 2) η χρησιμοποίηση των οργανισμών, των κυττάρων και των συστημάτων τους ως εργοστασίων παραγωγής προϊόντων με μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον τα οποία μπορούν να έχουν άμεση χρήση, όπως είναι τα φαρμακευτικά προϊόντα, τα βιοκαύσιμα, νέα υλικά με έξυπνες ιδιότητες, βιοαισθητήρες, βιοϊατρικά προϊόντα (π.χ. εμβόλια, ή νέοι παράγοντες βιο-άμυνας) κ.ά. Θεωρείται ότι το πεδίο δεν πρέπει να καθορίζεται μόνο από τις βιοτεχνολογικές εφαρμογές του, αλλά θα πρέπει να συμβάλλει σημαντικά και στην πρόοδο της βιολογικής έρευνας. Για παράδειγμα η γνώση του ελάχιστου αριθμού γονιδίων που απαιτείται για την επιβίωση ενός μικροοργανισμού συνεισφέρει και στην κατανόηση των βασικών λειτουργιών των ζωντανών όντων. Ακόμη, γνωρίζοντας σε τι διαφέρουν τα βασικά συστατικά στοιχεία των βιολογικών μηχανισμών των οργανισμών που έζησαν στο παρελθόν –π.χ. ο γενετικός κώδικας– με αυτά που υπάρχουν στους σημερινούς οργανισμούς μπορούμε να εξηγήσουμε την εξέλιξη και την προέλευση της ζωής.

3.1 Ορισμός Συνθετικής Βιολογίας

Όπως στα περισσότερα ερευνητικά πεδία που βρίσκονται σε αναπτυσσόμενο στάδιο, η Συνθετική Βιολογία έχει επί του παρόντος πολλούς ορισμούς που προσπαθούν να περιγράψουν το αντικείμενο και τα όρια της. Ένας ορισμός αρκετά περιεκτικός αναφέρει ότι «η Συνθετική Βιολογία αποσκοπεί στον σχεδιασμό και Εκμηχάνιση βιολογικών (ή βιολογικής προέλευσης) εξαρτημάτων, νέων συσκευών και συστημάτων όπως και στον επανασχεδιασμό ήδη υπαρχόντων βιολογικών συστημάτων».

Ένα πεδίο έρευνας δίνει έμφαση στη δυναμική του Συνθετικού Γονιδιώματος, που αξιοποιεί τον πλούτο των πληροφοριών που υπάρχουν γύρω από τη γονιδιωματική και τα εργαλεία της, όπως είναι η σύνθεση ολιγονουκλεοτιδίων και η γενετική τροποποίηση του γονιδιώματος. Η προσέγγιση αυτή αποβλέπει στη δημιουργία νέων γονιδιωμάτων που θα μπορούν να δώσουν νέα προϊόντα βιοτεχνολογικού ενδιαφέροντος. Ένα άλλο πεδίο έρευνας είναι η δημιουργία του ελάχιστου γονιδιώματος ή ελάχιστου κυττάρου (σασσί), το οποίο θα αποτελεί την πλατφόρμα στην οποία θα εισάγονται μερικά νέα γονίδια και θα της προσδίδουν νέες βιολογικές ιδιότητες και δυνατότητες για καινοτόμες διεργασίες. Επίσης, θα μπορούν να προστεθούν συνθετικά γονίδια ακόμη και συνθετικά γονιδιώματα, τα οποία θα χρησιμοποιούν γενετικούς κώδικες με βάσεις συνθετικές διαφορετικές από τις 4 γνωστές που υπάρχουν στις μορφές της ζωής (τις A,T,G,C).

3.2 «Κατιούσες» και «ανιούσες» στρατηγικές

Στην ίδια λογική που δομείται η στρατηγική προσέγγιση η οποία χρησιμοποιείται στην Συστημική Βιολογία, και στη Συνθετική εφαρμόζονται οι ίδιες συμπληρωματικές στρατηγικές που στηρίζονται σε δύο αντιθετικά σημεία εκκίνησης. Στην «κατιούσα» στρατηγική το σημείο εκκίνησης είναι ένας υπάρχων οργανισμός (π.χ. ένα βακτήριο ή ένας ιός) από τον οποίο αφαιρούνται όσα γενετικά στοιχεία θεωρούνται περιττά σε σχέση με τον ρόλο

που σχεδιάζεται να παίξει μέχρις ότου φτάσει στην «ελάχιστη» κυτταρική διαμόρφωσή του (ελάχιστο κύτταρο ή σασσί). Στα εργαλεία που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνονται η υπολογιστική και πειραματική συγκριτική γονιδιωματική, το ελάχιστο γονιδίωμα, το συνθετικό γονιδίωμα σε απαλλαγμένο από γονιδίωμα κύτταρο, νέα γενετικά και μεταβολικά κυκλώματα, ανταλλάξιμα βιο-μέρη, κ.λπ. Στη δεύτερη στρατηγική προσέγγιση, την «ανιούσα», το σημείο εκκίνησης είναι η δημιουργία μιας καταγεγραμμένης δομής από πρότυπα βιο-μέρη που θα αποτελέσουν τους δομικούς λίθους στην κατασκευή του βιολογικού συστήματος. Η προσέγγιση αυτή στηρίζεται στην ιδέα της αρθρωτής δομής, θεωρώντας ότι όλα τα βιολογικά συστήματα απαρτίζονται από ανεξάρτητες λειτουργικά αρθρώσεις ενός πολύπλοκου δικτύου το οποίο μπορεί να ανασχεδιασθεί και να ανασυσταθεί με τη συναρμολόγηση των επιμέρους αρθρώσεων σύμφωνα με τις ιδιότητές τους και τον τελικό στρατηγικό στόχο του σχεδιαζόμενου συστήματος. Τελικός προορισμός της ιδιαίτερα φιλόδοξης αυτής προσέγγισης είναι η ενσωμάτωση των τεχνητών κυκλωμάτων σε κατασκευές που μιμούνται το κυτταρικό πλαίσιο με τη δημιουργία τεχνητών κυττάρων ή των λεγόμενων συστημάτων ελεύθερων-κυττάρων. Η προσέγγιση αυτή, που βρίσκεται ακόμη σε πολύ αρχικά στάδια, στοχεύει μακροπρόθεσμα στην ανασύσταση του τεχνητού κυττάρου, δηλαδή στη κατασκευή «τεχνητής ζωής».

Γενικά οι Συνθετικοί Βιολόγοι αποβλέπουν στην προσομοίωση της λειτουργίας του κυττάρου με σκοπό την ελεγχόμενη χρησιμοποίησή του ως εργοστασίου (cell factory) παραγωγής προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας (*de Lorenzo et al*). Η κατασκευή του “κυτταρικού εργοστασίου” στηρίζεται στη δυνατότητα ανάλυσης γονιδιωματικών και εν γένει -ομικών (μεταβολομικών, πρωτεωμικών, λιπιδικών, ροομικών κ.ά) δεδομένων μεγάλου όγκου. Η αναλυτική αυτή διάσταση δίνει τη δυνατότητα του σχεδιασμού και της σύνθεσης μικροβιακών και άλλων κυττάρων με «νέες» δυνατότητες που θα είναι σε θέση να παράγουν καινοτόμα προϊόντα ή να επιτελούν νέου τύπου βιοκαταλυτικές διεργασίες σε μια σειρά από τομείς δραστηριοτήτων (ενέργεια, φάρμακα, εμβόλια, τρόφιμα, νέα έξυπνα υλικά, διαγνωστικά, καθαρισμός ρύπων, βιοδιασπάσεις κ.λπ.). Όπως είναι αναμενόμενο, τα νεοφανή κύτταρα και οι καινοτόμες διεργασίες απαιτούν επίσης τον σχεδιασμό νέων διαδικασιών κλιμάκωσης μεγέθους (π.χ. βιοαντιδραστήρες μεγάλης κλίμακας ανάπτυξης μικροβιακών σασσί).

4. Μεταβολική Μηχανική (*Stephanopoulos G. et al*)

Η μεταβολική μηχανική είναι ένας σύγχρονος διεπιστημονικός κλάδος, ο οποίος ασχολείται με την ανάλυση και τροποποίηση μεταβολικών μονοπατιών και κατ' επέκταση δικτύων. Αποτελεί κομβικό σημείο ερευνητικής δραστηριότητας στη Βιοτεχνολογία αποβλέποντας κυρίως στη διαχείριση μικροοργανισμών και άλλων κυττάρων, όπως ζωικών και φυτικών με στόχο την αξιοποίησή τους στην παραγωγή προϊόντων βιομηχανικού ενδιαφέροντος, φαρμάκων/καλλυντικών, τροφίμων/ποτών, ενέργειας και γενικά βιοτε-

χνολογικών προϊόντων και διεργασιών. Ο ρόλος της μεταβολικής μηχανικής είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικός στην ανάπτυξη της Συνθετικής Βιοτεχνολογίας.

Σημαντική ώθηση στη μηχανική διαχείριση των βιοχημικών μονοπατιών των μικροοργανισμών έδωσε η ανάπτυξη των τεχνικών της γενετικής μηχανικής, η οποία επέτρεψε την τροποποίηση επιλεγμένων ενζυμικών αντιδράσεων σε μεταβολικά μονοπάτια, με στόχο την κατασκευή ολοκληρωμένων γενετικών υποδομών με καλά καθορισμένα χαρακτηριστικά. Η μεταβολική μηχανική έχει οριστεί ως: *η στοχευμένη βελτίωση της παραγωγής προϊόντων ή κυτταρικών ιδιοτήτων μέσω της τροποποίησης συγκεκριμένων βιοχημικών αντιδράσεων ή μέσω της εισαγωγής νέων αντιδράσεων χρησιμοποιώντας την τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA*. Μία καινοτομία πλευρά της μεταβολικής μηχανικής είναι η σημασία που δίνει στα πλήρη μεταβολικά μονοπάτια αντί των μεμονωμένων αντιδράσεων. Με τον τρόπο αυτό μελετούνται ολόκληρα δίκτυα βιοχημικών αντιδράσεων και αντιμετωπίζονται ζητήματα σύνθεσης μονοπατιών, του ρόλου της θερμοδυναμικής καθώς και του ελέγχου της ροής των μονοπατιών. Μία από τις σημαντικότερες έννοιες στη μεταβολική μηχανική είναι η μεταβολική ροή και η ρύθμισή της. Ο συνδυασμός των αναλυτικών τεχνικών που κάνουν δυνατή την ποσοτικοποίηση και τη μέτρηση των ροών, με τις τεχνικές της μοριακής βιολογίας που παρέχουν τα εργαλεία για την ρύθμισή τους δίνει τη δυνατότητα στη κατασκευή υπολογιστικών μοντέλων ικανών να προτείνουν προς εφαρμογή επιλεγμένες γενετικές τροποποιήσεις.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της μεταβολικής μηχανικής είναι η τροποποίηση των μεταβολικών δικτύων μέσω προσθήκης, διαγραφής ή/και μετατροπής των μεταβολικών μονοπατιών εισάγοντας στο κύτταρο συγκεκριμένα γονίδια ή κασέτες γονιδίων με στόχο τη βελτιωμένη παραγωγή μεταβολιτών που έχουν εμπορικό ενδιαφέρον. Η μεταβολική μηχανική αξιοποιεί την ενσωμάτωση των συστημικών προσεγγίσεων, οι οποίες βασίζονται κυρίως σε μεγάλης κλίμακας πειράματα και την υπολογιστική ανάλυση μεταβολικών και ρυθμιστικών δικτύων. Τα μοντέλα γονιδιακής κλίμακας των μεταβολικών δικτύων περιλαμβάνουν εκατοντάδες μεταβολίτες και πολλές φορές πάνω από χίλιες αντιδράσεις. Όταν αυτές οι προσεγγίσεις εφαρμοστούν ακολουθώντας μια επαναληπτική διαδικασία ελέγχου και βελτίωσης, προκύπτει μία ισχυρή μέθοδος για τη στρατηγική συστηματική αναβάθμιση των κυτταρικών ιδιοτήτων σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

5. Συστημική και Συνθετική Βιοτεχνολογία – Ο ρόλος της Μεταβολικής Μηχανικής

Συνοψίζοντας και συσχετίζοντας αυτές τις δύο ραγδαία αναπτυσσόμενες ερευνητικές τάσεις στο χώρο της βιολογίας και κατ' επέκταση των τεχνολογιών που στηρίζονται στις βιο-επιστήμες, θα πρέπει να επισημάνουμε τα εξής: Η Συστημική Βιολογία στοχεύει στην ολιστική μελέτη των φυσικών βιολογικών συστημάτων, συχνά εστιάζοντας στις βιοϊατρικές εφαρμογές, και χρησιμοποιεί εργαλεία προσομοίωσης και μοντελοποίησης συσχετίζοντάς τα με δεδομένα και πληροφορίες που προέρχονται από πειραματι-

κές διαδικασίες. Η Συνθετική Βιολογία επιδιώκει την κατασκευή τεχνητών βιολογικών εξαρτημάτων, συσκευών και συστημάτων για την αξιοποίησή τους σε σύγχρονες βιοτεχνολογικές εφαρμογές. Ένας ιδανικός στόχος της είναι η τελική κατασκευή του συνθετικού κυττάρου –της συνθετικής ζωής– που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κυτταρικό εργοστάσιο παραγωγής προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας αλλά και ως συσκευή υψηλής τεχνολογικής εξειδίκευσης για συγκεκριμένες εφαρμογές (π.χ. βιοαισθητήρες). Και οι δύο χρησιμοποιούν πολλές κοινές μεθοδολογίες και ενώ η Συνθετική στηρίζεται σε μεθόδους που αποβλέπουν σε μηχανικές εφαρμογές, η Συστημική, και μάλιστα αυτή που χρησιμοποιεί ποσοτικοποιημένες προσεγγίσεις στηρίζεται στη μηχανική θεώρηση των συστημάτων και τις θεωρίες σημάτων αποσκοπώντας στην ανάλυση των βιολογικών συστημάτων. Από τη στιγμή που ένα σύστημα μπορεί να περιγραφεί με μαθηματικούς όρους, στη συνέχεια η Συνθετική Βιολογία το ανάγει στην κατασκευή βιοεξαρτημάτων των οποίων η λειτουργικότητα μπορεί να προσδιοριστεί με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας την κλασική αναγωγική μέθοδο, όπου πολύπλοκα συστήματα και διεργασίες χτίζονται από καλά χαρακτηρισμένα, καταγεγραμμένα και προτυποποιημένα επί μέρους εξαρτήματα και συσκευές. Και στις δύο περιπτώσεις δεν πρέπει να αγνοείται ο ρόλος της Μεταβολικής Μηχανικής. Η μελέτη της λειτουργίας του κυττάρου και της ρύθμισής της με τη λογική και τα εργαλεία της Μεταβολικής Μηχανικής έδειξε τον δρόμο για την ολιστική προσέγγιση των βιολογικών συστημάτων αρκετά χρόνια πριν από την ολοκλήρωση του προγράμματος ανάλυσης του ανθρώπινου γονιδιώματος και την άνθηση της Συστημικής Βιολογίας.

Η Μεταβολική Μηχανική αντιμετώπισε εξ αρχής το κύτταρο ως ένα μικροσκοπικό χημικό εργοστάσιο που αποτελείται από ένα δίκτυο χημικών ενώσεων (τους μεταβολίτες) που μεταφέρονται ο ένας από τον άλλο μέσα από μονοπάτια αλληπάλληλων χημικών αντιδράσεων ελεγχόμενων από τα ένζυμα. Όπως σε ένα εργοστάσιο, έτσι υπάρχει και στο κύτταρο η γραμμή παραγωγής, όπου μια αρχική τροφοδοσία πρώτων υλών, που είναι το υπόστρωμα ανάπτυξης του κυττάρου, οδηγείται στην παραγωγή προϊόντων –θεωρώντας ότι κάποιος (ή κάποιοι) από τους μεταβολίτες συνιστούν ενώσεις με εμπορικό ενδιαφέρον. Η γραμμή παραγωγής του κυττάρου και η μεγιστοποίηση της απόδοσης ρυθμίζεται από τα ένζυμα. Σε ένα χημικό εργοστάσιο η παραγωγική ροή υποστηρίζεται με τη μοντελοποίηση και τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των επιμέρους επιχειρησιακών μονάδων. Η ίδια προσέγγιση χρησιμοποιείται στη Μεταβολική Μηχανική για τη βελτιστοποίηση και τον έλεγχο των επιχειρησιακών μονάδων του κυττάρου, που είναι τα ένζυμα (*Stephanopoulos G.*). Η αντιμετώπιση του μεταβολικού δικτύου με όρους χημικής μηχανικής ταιριάζει καλύτερα από τη λογική του ψηφιακού κυκλώματος που χρησιμοποιείται σε ορισμένες ανάλογες μελέτες στη Συνθετική Βιολογία. Ενώ στα κυκλώματα υπεισέρχεται η έννοια on-off στα διάφορα βήματα μεταφοράς, όταν χρησιμοποιείται η λογική της διαχείρισης των μονάδων του «κυτταρικού εργοστασίου» η προσέγγιση γίνεται πληρέστερη όταν ληφθούν υπόψη οι χημικές κινητικές των αντιδράσεων και όχι

μόνο η «είσοδος» και η «έξοδος» του μηνύματος. Θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι το ψηφιακό δίκτυο είναι χρησιμότερο εργαλείο στις περιπτώσεις που μελετάται μια κυτταρική λειτουργία σε σχέση με τη γονιδιωματική έκφραση, όπου οι πύλες, οι διακόπτες και τα κυκλώματα έχουν ενεργό ρόλο. Τα γονίδια εθεωρείτο ότι λειτουργούν στη λογική on-off (είναι ενεργά ή όχι, είναι παρόντα ή όχι) και οι προσεγγίσεις απέβλεπαν στη μελέτη του συσχετισμού των λειτουργιών τους μέσα από την ανάλυση μεταγραφικών δεδομένων ή την ανάλυση του ρόλου των υποκινητών και των αναστολέων. Όμως οι τελευταίες μελέτες δείχνουν να υπεισέρχονται έννοιες υπέρ- ή υπό έκφρασης των γονιδίων συσχετιζόμενες με τη συγκέντρωση ελεύθερων ριβοσωμάτων, τη συγκέντρωση του mRNA και με την κινητική της επιμήκυνσης της πρωτεϊνικής αλυσίδας στον μηχανισμό της μεταγραφής. Οι αλγόριθμοι των υπολογιστικών μοντέλων που αναπτύσσονται για τον καλύτερο σχεδιασμό του συνθετικού κυττάρου παίρνουν υπόψη τους αυτές τις παραμέτρους. Οι τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν τη συστηματική και λεπτομερή παρακολούθηση των μηχανισμών μετάφρασης και μεταγραφής.

Η Μεταβολική Μηχανική ασχολείται με τον σχεδιασμό, τη μηχανική και τη βελτιστοποίηση των βιοχημικών δρόμων για την παραγωγή προϊόντων, στα οποία περιλαμβάνονται η ενέργεια, τα νέα υλικά, τα χημικά, τα φάρμακα κ.λπ. Η Συνθετική Βιολογία έχει την προοπτική να κατασκευάσει συνθετικό DNA, συνθετικό κύτταρο και συνθετικά βιο-εξαρτήματα που μπορούν να δώσουν «εμβιο-μηχανές» με νέες χρήσιμες ιδιότητες. Και οι δύο προχωρούν μαζί και αλληλοσυμπληρώνονται. Συνοπτικά θα λέγαμε ότι και η Συστημική και η Συνθετική Βιολογία μαζί με τη Μεταβολική Μηχανική οδηγούν τη Βιοτεχνολογία σε νέους δρόμους που θα συνεισφέρουν σημαντικά σε μια οικονομική ανάπτυξη στην κατεύθυνση που έχει τις μεγαλύτερες ανάγκες η κοινωνία, δηλαδή μια ανάπτυξη εναρμονισμένη με το περιβάλλον, ικανή να αντιμετωπίσει τις μεγάλες προκλήσεις του αιώνα μας, όπως την κλιματική αλλαγή, τη δραματική αύξηση του πληθυσμού της γης, τη δυνατότητα επαρκούς παραγωγής και ασφαλούς διακίνησης των τροφίμων, τη δημόσια υγεία –ειδικά στις νέες συνθήκες που διαμορφώνονται με την πανδημία και τις επαπειλούμενες πανδημίες–, την ανάγκη απεξάρτησης από τις ορυκτές πρώτες ύλες και την αξιοποίηση της ανανεούμενης βιομάζας, την αντικατάσταση ενεργοβόρων και περιβαλλοντικά προβληματικών βιομηχανικών διεργασιών από φιλικές προς το περιβάλλον, ήπιες και οικονομικές βιοδιεργασίες. Αυτή η νέα βιοτεχνολογία εκφράζεται πιο άμεσα μέσα από τους όρους Συστημική και Συνθετική Βιοτεχνολογία.

Βιβλιογραφία

- Baldwin Geoff, Bayer Travis, Dickinson Robert, Ellis Tom, Freemont Paul, Kitney Richard, Polizzi Karen, Guy Bart Stan *Συνθετική Βιολογία: Βασικές αρχές*. Τίτλος πρωτοτύπου: *Synthetic Biology – A primer*, 2017, Utopia publishing.
- de Lorenzo V., Prather K. L.J., Chen G.Q., O'Day E., von Kameke C., Oyarzún D.A., Hosta-Rigau L., Alsafar H., Cao C., Ji W., Okano H., Roberts R.J., Ronaghi M., Yeung K., Zhang F., Lee S.Y. *The power of synthetic biology for bioproduction, remediation and pollution control: The UN's Sustainable Development Goals will inevitably require the application of molecular biology and biotechnology on a global scale EMBO Rep*, 2018, 19(4):e45658. DOI: 10.15252/embr.201745658. Epub 2018
- Gille Ch., Bolling Ch., Hoppe Andreas, Bulik Sascha et al, *HepatoNet1: a comprehensive metabolic reconstruction of the human hepatocyte for the analysis of liver physiology*, *Molecular Systems Biology* 6:411, 2010 EMBO
- Kitano H., *Systems Biology: A Brief Overview*. *Science*, 295,1662-1664, 2002
- Kitano H., *Computational systems biology*. *Nature*, 420,206–210, 2002
- Palsson Bernhard, *Systems Biology: PROPERTIES OF RECONSTRUCTED NETWORKS* University of California, San Diego 2006, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo, Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge, UK
- Stephanopoulos Gregory, Aristidou Aristos, Nielsen Jens. *Metabolic Engineering: Principles and Methodologies*. 1998 Academic Press, 24-28 Oval Road, London NW1 7DX, UK and 525 BStreet, Suite 1900, San Diego, California 92101- 4495 USA
- Stephanopoulos Gregory *Synthetic Biology and Metabolic Engineering*, *ACS Synth. Biol.* 1, 11, 514–525, 2012, <https://doi.org/10.1021/sb300094q>

Abstract

The impressive development of Biological Sciences and their integration with the Computer and Engineering sciences support dynamically the progress of Systemic and Synthetic Biotechnology in areas such as, health, environmental protection, energy, food, agriculture, fine chemicals, smart materials, and in various other applications. System Biotechnology utilizes micro/organisms and their intracellular network using computational approaches and modeling methods. Synthetic Biotechnology aims at the construction of synthetic biological parts, devices and systems for their use in innovative biotechnological applications. In both cases the role of Metabolic Engineering should not be underestimated. It is Metabolic Engineering and its tools which were developed for the understanding and the regulation of the cell, that paved the way for the holistic approach of the biological systems.

Ο ρόλος της Μετρολογίας στην Επιστήμη του Μηχανικού. Εξελίξεις και προοπτικές στον ελλαδικό χώρο

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΝΤΑΖΗΣ

Καθηγητής,

Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου,

Πρόεδρος Συλλόγου Διδακτικού – Ερευνητικού Προσωπικού ΕΜΠ
e-mail:gpanta@central.ntua.gr

Περίληψη

Η επιστήμη του Μηχανικού από τη γέννησή της μέχρι και σήμερα, στο παγκόσμιο στερέωμα, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη χρήση και τη λειτουργία συστημάτων μέτρησης, με τα οποία γίνεται συλλογή δεδομένων, με απώτερο σκοπό τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών μεγεθών.

Η ορθή λειτουργία των συστημάτων μέτρησης οδηγεί και στη δημιουργία αξιόπιστων παραγώγων.

Έννοιες όπως έλεγχος ή διακρίβωση ενός οργάνου, καθιέρωσαν από πολύ νωρίς τον κλάδο της Μετρολογίας στην επιστήμη του Μηχανικού, η οποία ασχολείται με τη μέτρηση, τη μελέτη της αξιοπιστίας των μετρήσεων και την εφαρμογή των αρχών της στους τομείς της καθημερινής ζωής στις συναλλαγές, στη βιομηχανική παραγωγή, στο εργαστήριο, στον έλεγχο ποιότητας, στην ασφάλεια και στην υγεία, σύμφωνα με διεθνή πρότυπα (ISO).

Στην εργασία αυτή επιχειρείται μια συστηματική καταγραφή της εξέλιξης της Μετρολογίας στην Επιστήμη του Μηχανικού στον ελλαδικό χώρο. Αναδεικνύονται οι κυριότεροι σταθμοί της εξέλιξης, με την ανάπτυξη και εφαρμογή μεθοδολογιών για τη λήψη μετρήσεων καθώς και με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, που προκύπτουν από τις μετρήσεις αυτές, την ίδρυση φορέων και διαπιστευμένων εργαστηρίων.

Παράλληλα, καταγράφονται και οι προοπτικές ανάδειξης της σύνδεσης της Επιστήμης του Μηχανικού αξιοποιώντας τα "εργαλεία" της Μετρολογίας. Οι προοπτικές συνδέονται τόσο με τα νέα συστήματα συλλογής δεδομένων – μέτρησης, όσο και με τις νέες μεθοδολογίες επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων.

Λέξεις-Κλειδιά: Μετρολογία, Μηχανικός, έλεγχος, πιστοποίηση, συστήματα μέτρησης.

1. Εισαγωγή

Η συλλογή δεδομένων, χρησιμοποιώντας συστήματα μέτρησης, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την επιστήμη του Μηχανικού, αφού συλλέγοντας δεδομένα και εφαρμόζοντας κατάλληλες μεθόδους επεξεργασίας είναι δυνατός ο προσδιορισμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών μεγεθών.

Ο Πολιτικός Μηχανικός για να μελετήσει τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά των υλικών χρησιμοποιεί κατάλληλα συστήματα προτυποποίησης, ενώ για την ενόργανη Παρακολούθηση της Υγείας Κατασκευών, χρησιμοποιεί μεθόδους πειραματικής μηχανικής οι οποίες βασίζονται στη λήψη μετρήσεων από αισθητήρες όπως επιταχυνσιόμετρα, οπτικές ίνες, επιμηκυνσιόμετρα, κλισίμετρα.

Ο Μηχανολόγος Μηχανικός για να μελετήσει ιοντίζουσες ακτινοβολίες και να προσδιορίσει ραδιενεργά ιχνοστοιχεία στο περιβάλλον χρησιμοποιεί κατάλληλα συστήματα & διατάξεις, ενώ στο πλαίσιο της διαστατικής μετρολογίας, για τη διακρίβωση πρότυπων πλακιδίων & τυποποίησης μήκους για τη βιομηχανία χρησιμοποιεί ειδικές μηχανές μέτρησης.

Ο Ναυπηγός Μηχανολόγος Μηχανικός, ασχολούμενος με το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη μετασκευή, τη συντήρηση και την επισκευή πλοίων και πάσης φύσεως πλωτών κατασκευών –ως προς το φέροντα οργανισμό, το αρχιτεκτονικό, το μηχανολογικό και το ηλεκτρολογικό μέρος, πραγματοποιεί μετρήσεις χρησιμοποιώντας κατάλληλα συστήματα μέτρησης.

Ο Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός – Μηχανικός Γεωπληροφορικής, εκτός των άλλων, συλλέγει δεδομένα μικρής ή μεγάλης κλίμακας με σκοπό τον προσδιορισμό της θέσης και του μεγέθους τμημάτων του στερεού φλοιού της Γης ή και κατασκευών που τοποθετούνται πάνω σε αυτή. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιείται με συστήματα μέτρησης όπως ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί, χωροβάτες, συστήματα δορυφωρικού εντοπισμού κ.ά. Η εύρυθμη λειτουργία, ο έλεγχος και η απόδοση της απαιτούμενης ακρίβειας από αυτά τα συστήματα πρέπει να ελέγχονται περιοδικά, ακολουθώντας συγκεκριμένα πρότυπα.

Ο Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, χρησιμοποιώντας αναλογικά ή ψηφιακά ηλεκτρικά όργανα, παλμογράφους, μετρά ηλεκτρικά μεγέθη που σχετίζονται με το συνεχές ή με το εναλλασσόμενο ρεύμα (ένταση, τάση, αντίσταση, χωρητικότητα, αυτεπαγωγή, ισχύ).

Είναι λοιπόν φανερό ότι ο έλεγχος και η βαθμονόμηση συστημάτων μέτρησης που σχετίζονται με την επιστήμη του Μηχανικού είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την απόδοση και την ορθότητα των μετρήσεων.

2. Περί μετρολογίας

Η Μετρολογία περιλαμβάνει όλες τις θεωρητικές και πρακτικές πτυχές της μέτρησης, ανεξάρτητα από την αβεβαιότητα μέτρησης και το πεδίο εφαρμογής. [BIMP, JCGM 200:2012]

Στο ελληνικό λεξικό "Τεγόπουλος – Φυτράκης" ως Μετρολογία ορίζεται η μελέτη των μέτρων και σταθμών, ενώ σύμφωνα με το ΦΕΚ 139 Α/31-08-94, Μετρολογία είναι η επιστήμη της ακρίβειας των μετρήσεων. Κατά τον διεθνή οργανισμό μέτρων και σταθμών, Μετρολογία είναι η επιστήμη της μέτρησης και των εφαρμογών της. [BIMP, JCGM 200:2012]

Αντικείμενο της Μετρολογίας είναι η εξαγωγή ποσοτικής και ποιοτικής πληροφορίας για τις ιδιότητες των αντικειμένων και διαδικασιών με προσδιορισμένη ακρίβεια και αξιοπιστία. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιεί μετρητικά μέσα και μετρολογικά πρότυπα τα οποία διασφαλίζουν την ορθολογική χρήση της.

Στους σκοπούς της Μετρολογίας περιλαμβάνονται: [Αθανασιάδης Κ., 2005]

- η δημιουργία γενικής θεωρίας μετρήσεων,
- η θέσπιση μονάδων φυσικών μεγεθών που να είναι διεθνώς αποδεκτές,
- η επεξεργασία επιστημονικών μεθόδων, βάσεων διασφάλισης της ενότητας και ομοιογένειας των μετρήσεων μέσω μιας αδιάσπαστης αλυσίδας μετρήσεων, όπου σε κάθε στάδιο – κρίκο καταγράφεται η μετρητική αβεβαιότητα,
- η δημιουργία προτύπων και μετρητικών μέσων,
- ο έλεγχος των σταθμών και των μετρητικών μέσων.

Έννοιες όπως Μέτρηση (Measurement), Βαθμονόμηση (Graduation), Διακρίβωση (Calibration), Πρότυπο (Standard), Πιστοποίηση (Certification), Διαπίστευση (Accreditation), τυποποίηση (Standardization), ακρίβεια μέτρησης (Precision), Ορθότητα - Ποιότητα μέτρησης (Accuracy), Αξιοπιστία (Reliability), Αβεβαιότητα (Uncertainty), Ιχνηλασιμότητα (Traceability), Ποιότητα (Quality), είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με το γνωστικό αντικείμενο της Μετρολογίας.

3. Οι βασικοί σταθμοί της εξέλιξης της Μετρολογίας στην Ελλάδα

Το πρώτο ΦΕΚ του σύγχρονου ελληνικού Κράτους περί μέτρων και σταθμών δημοσιεύτηκε το 1836. Σε αυτό περιλαμβάνεται η σχέση του Βασιλικού στρέμματος, ή απλά στρέμμα (1 στρέμμα=1000 m²), με το παλαιό Πελοποννησιακό στρέμμα, κατ' άλλους παλαιό τουρκικό στρέμμα (Πελοποννησιακό στρέμμα=1.27 Βασιλικά στέμματα), ενώ στο ίδιο ΦΕΚ ορίζεται επισήμως και η οκά σε 1280 γραμμάρια ως εξής: 1 Βασιλική Μνα=1500 Βασιλικές δραχ. (gramme-γραμμάρια) ήτοι 468 3/4 παλαιά δράμια, συνεπώς τα 400 παλαιά δράμια=1 οκά=1280 Βασιλικές δραχ. (γραμμάρια).

Στις 31 Μαρτίου του 1959 με το ΦΕΚ 131Α/1959 καταργήθηκαν τα παλαιά μέτρα και σταθμά. Παρ' όλα αυτά, η χρήση της οκάς επέζησε έως τη δεκαετία του 1990 στις συσκευασίες εμφιάλωσης του ούζου, του τσίπουρου και των συναφών ποτών.

Το 1974 ιδρύεται ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛΟΤ), αφού ωρύτερα (1960) είχαν προηγηθεί προσπάθειες από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος για την ίδρυση Οργανισμού Τυποποίησης με τη μορφή Νομικού Προσώπου Δημοσίου Δικαίου [<http://www.elot.gr/>].

Το 1994 ιδρύεται το Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας (ΕΙΜ), το οποίο αποτελεί τον Εθνικό Φορέα Μετρολογίας της Ελλάδος και Σύμβουλο της Ελληνικής Πολιτείας σε θέματα μετρολογίας και μετρήσεων [<http://www.eim.gr/language/el/>].

Ακολούθησε το 2013 η ίδρυση του ΕΣΥΠ, το οποίο αποτελείται από τις δύο ανεξάρτητες υποδομές ποιότητας – μονάδες, το Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας (ΕΙΜ) και τον Ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης (ΕΛΟΤ).

Με το Ν.4468/2017 ιδρύεται το Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης (Ε.Σ.Υ.Δ.), νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου, μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα με σκοπό την υλοποίηση, εφαρμογή και διαχείριση του Εθνικού Συστήματος Διαπίστευσης. Χορηγεί πιστοποιητικά διαπίστευσης, με επιτόπου αξιολόγηση του υποψήφιου φορέα από ομάδα αξιολογητών και εμπειρογνομόνων, τα μέλη της οποίας διαθέτουν σε βάθος γνώση του αντίστοιχου τεχνικού αντικειμένου, καθώς και εμπειρία στην αξιολόγηση συστημάτων διασφάλισης της ποιότητας [<https://esyd.gr/main/to-ethniko-systima-diapistefsis/>]

Το 1997 ιδρύεται η Ελληνική Ένωση Εργαστηρίων (HellasLab), ένα μη κερδοσκοπικό επιστημονικό σωματείο, εθνικό μέλος της EUROLAB, που έχει ως σκοπό σύμφωνα με το καταστατικό της, την προαγωγή και η διάδοση της επιστημονικής γνώσης στον τομέα των Μετρήσεων, Διακριβώσεων, Δοκιμών και Αναλύσεων για τον έλεγχο της ποιότητας των παραγόμενων αγαθών, των εκτελουμένων έργων και των παρεχομένων υπηρεσιών, με τη χρήση κάθε πρόσφορου μέσου δημοσιοποίησης των απόψεων, προτάσεων και υποδείξεων της προς τα εργαστήρια ελέγχου ποιότητας, την επιστημονική κοινότητα και το ευρύ κοινό [<https://www.hellaslab.gr/>].

4. Ο ρόλος της μετρολογίας στην επιστήμη του Μηχανικού στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα και στην επιστήμη του Μηχανικού, η Μετρολογία έχει εισαχθεί μέσα από δύο διαφορετικές θεσμικές διαδρομές. Αρχικά με τη σύσταση και λειτουργία ειδικών μετρολογικών εργαστηρίων στα Πανεπιστήμια της Χώρας (π.χ. ΕΜΠ) και στη συνέχεια με τη σύσταση και λειτουργία Ειδικής Επιστημονικής Επιτροπής για θέματα "Υποδομών Ποιότητας" του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΕΕ).

Ένα από τα πρώτα μετρολογικά εργαστήρια είναι το Μετροτεχνικό Εργαστήριο του ΕΜΠ, το οποίο ιδρύθηκε το 1962 (ΦΕΚ αριθμός φύλλου 32, Τεύχος 1, 22/02/1962, Διάταγμα 132) στη Σχολή Μηχανολόγων – Ηλεκτρολόγων του ΕΜΠ. Αρχικά εγκαταστάθηκε στα Κτίρια του ΕΜΠ στο συγκρότημα της Πατησίων, ενώ το 1997 μετεγκαταστάθηκε στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Το Μετροτεχνικό Εργαστήριο αποτελεί επί σειρά ετών το σύνδεσμο μεταξύ της ακαδημαϊκής διδασκαλίας και της πρακτικής εφαρμογής των όσων διδάσκονται στα Μαθήματα του Κύκλου Σπουδών του Μηχανικού Παραγωγής της Σχολής των Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ. Παράλληλα, το Μετροτεχνικό Εργαστήριο δραστηριοποιήθηκε από την ίδρυσή του στη διεξαγωγή ερευνητικού έργου και στην παροχή υπηρεσιών σε επιχειρήσεις και οργανισμούς του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα.

Τα τελευταία χρόνια βρίσκεται σε εξέλιξη το έργο κατασκευής ενός χώρου ελεγχόμενων συνθηκών. Με την ολοκλήρωση και τον εξοπλισμό του χώρου αυτού το εργαστήριο θα διαπιστευθεί κατά το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025: 2005 ώστε να παρέχει υπηρεσίες δοκιμών στη βιομηχανία.

Ακολούθησε αργότερα η ίδρυση και άλλων μετρολογικών εργαστηρίων τόσο στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο όσο και σε άλλα τεχνολογικά ιδρύματα της χώρας. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί το Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων & Ηλεκτρικών Μετρήσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ, το οποίο ως Εργαστηριακή Μονάδα Παροχής Υπηρεσιών (ΕΜΠΥ) Υψηλών Τάσεων παρέχει υπηρεσίες διαπίστευσης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΕΛΟΤ EN ISO 9001:2015, διαπιστευμένο από το Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης (ΕΣΥΔ), κατά ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025:2017. Το πεδίο διαπίστευσης της ΕΜΠΥ Υψηλών Τάσεων περιλαμβάνει πλήθος ηλεκτρικών δοκιμών και μετρήσεων (μέτρηση ειδικής αντίστασης εδάφους, μέτρηση βηματικών τάσεων και τάσεων επαφής, μέτρηση αντίστασης γείωσης, διηλεκτρική αντοχή καλωδίων και μετασχηματιστών σε κρουστική τάση, μέτρηση μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων κ.ά.) και το σύνολο των δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC). Είναι μάλιστα το μοναδικό, έως σήμερα, εργαστήριο στην Ελλάδα, το πεδίο διαπίστευσης του οποίου περιλαμβάνει το σύνολο των εναρμονισμένων προτύπων που εφαρμόζονται για την τεκμηρίωση της συμμόρφωσης, που απαιτούνται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2014/30/ΕΕ, που διέπει την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα εξοπλισμού.

Σε ό,τι αφορά στην Ειδική Επιστημονική Επιτροπή για θέματα "Υποδομών Ποιότητας (Τυποποίηση - Αξιολόγηση Συμμόρφωσης - Μετρολογία)" του ΤΕΕ, σύμφωνα με τη σύστασή της, στους σκοπούς της εντάσσονται:

- η διάδοση των αρχών και της αξίας της Τυποποίησης, της Αξιολόγησης της Συμμόρφωσης και της Μετρολογίας, μέσω:
 - της επέκτασης της εφαρμογής τους στον ελληνικό χώρο,
 - της ανάπτυξης, του σχεδιασμού, του ελέγχου και της παρακολούθησης εγγράφων τυποποίησης (Προτύπων, Τεχνικών Προδιαγραφών κ.λπ.) και
 - της προώθησης της Διαχείρισης της Ποιότητας εν γένει με την ευρύτερη σημασία της έννοιας, προσβλέποντας στη διαρκή βελτίωση υπηρεσιών και προϊόντων προστιθέμενης αξίας,
- η παρακολούθηση των αντικειμένων της ΕΕΕ-ΥΠ, σε συνδυασμό με το γνωμοδοτικό, συμβουλευτικό και εισηγητικό χαρακτήρα της και με συνέργειες που προκύπτουν λόγω της εμπλοκής της με τα αντικείμενα διαφόρων Υπουργείων (π.χ. Υπουργείο «Οικονομίας & Ανάπτυξης», Υπουργείο «Υποδομών και Μεταφορών», Υπουργείο «Περιβάλλοντος & Ενέργειας», Υπουργείο «Εργασίας, Κοινωνικής Ασφάλισης & Κοινωνικής Αλληλεγγύης»), ως "οριζόντιες" δράσεις,
- η εκπροσώπηση του ΤΕΕ σε εθνικά και διεθνή fora, μέσω αξιοποίησης έμπειρων και καταξιωμένων μελών του στα αντικείμενα της ΕΕΕ-ΥΠ.

5. Οι προοπτικές ανάδειξης της σύνδεσης της Επιστήμης του Μηχανικού με το αντικείμενο της Μετρολογίας

Από την αναλυτική παρουσίαση που προηγήθηκε και αφορά στο ρόλο και στην εξέλιξη της Μετρολογίας στην Επιστήμη του Μηχανικού στην Ελλάδα, διαπιστώνεται ότι κυρίως την τελευταία 20ετία παρατηρείται σημαντική ανάπτυξη στον τομέα αυτό.

Τα συστήματα μέτρησης στην Επιστήμη του Μηχανικού και οι παρεχόμενες από αυτά υπηρεσίες συνεχώς βελτιώνονται τα τελευταία χρόνια. Είναι λοιπόν επιβεβλημένος ο συστηματικός έλεγχος, η βαθμονόμηση αλλά και η διαπίστευση συστημάτων μέτρησης και παρεχόμενων υπηρεσιών. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να ενδυναμωθεί ο θεσμός της Μετρολογίας. Η ενδυνάμωση αυτή πρέπει να ξεκινήσει από την προπτυχιακή εκπαίδευση όπου θα πρέπει να ενταχθούν περισσότερα και πιο εξειδικευμένα μαθήματα, που να παρέχουν γνώσεις σχετικές με το αντικείμενο της Μετρολογίας ανάλογα με την ειδικότητα του Μηχανικού. Σε επόμενο στάδιο θα πρέπει να ενισχυθεί ακόμη περισσότερο ο θεσμός των διαπιστευμένων εργαστηρίων, αλλά και η σύνδεσή τους με την επιστήμη του Μηχανικού.

Μόνο έτσι θα μπορεί να διασφαλιστεί η ποιότητα των παρεχόμενων από τους Μηχανικούς υπηρεσιών και αποτελεσμάτων.

Βιβλιογραφία

- Αθανασιάδης Κ., *Η μέτρηση ως κεντρική έννοια της μετρολογίας και προσπάθεια προσέγγισης των αξιωμάτων της*, Δημοσίευση στο 1ο τακτικό εθνικό συνέδριο Μετρολογίας, «Η μετρολογία στην Ελλάδα, έρευνα, εφαρμογές, προτεραιότητες και προοπτικές, Αθήνα – Νοέμβριος 2005.
- BIMP., JCGM 200:2012., *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*, 3η έκδοση, 2008
- Δούκας Ιωάννης, *Ιστορική εξέλιξη της επιστήμης της Μετρολογίας*, Δημοσίευση στο 1ο τακτικό εθνικό συνέδριο Μετρολογίας, «Η μετρολογία στην Ελλάδα, έρευνα, εφαρμογές, προτεραιότητες και προοπτικές, Αθήνα – Νοέμβριος 2005.

**Αειφορία, ανθεκτικότητα,
κυκλική οικονομία
και προστασία ιστορικών πόλεων**

ΕΛΕΝΗ ΜΑΪΣΤΡΟΥ

Ομότιμη Καθηγήτρια,

Πρόεδρος και Κοσμήτορας Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2011-2016

e-mail: elmais@central.ntua.gr

Περίληψη

Είναι γνωστό πως ο «Πολιτισμός» αποτελεί τον 4ο πυλώνα της αειφόρου ανάπτυξης, καθώς οι τρεις βασικοί πυλώνες «Οικονομία, Κοινωνία, Περιβάλλον» δεν μπορούν μόνοι τους να καλύψουν τις προκλήσεις της σημερινής κοινωνίας. Παράλληλα, η «αειφορία» αποτελεί έναν από τους πέντε πυλώνες του ευρωπαϊκού πλαισίου δράσης για την Πολιτιστική Κληρονομιά, και οι αρχές της διατήρησης, της επαναχρησιμοποίησης και της ελάχιστης παρέμβασης στο δομημένο και φυσικό περιβάλλον είναι κοινές στα θεωρητικά κείμενα της προστασίας ιστορικών πόλεων αφενός και της αειφόρου ανάπτυξης αφετέρου. Οι αρχές αυτές ταυτίζονται και με τους στόχους της κυκλικής οικονομίας, καθώς μεταξύ των αρχών της τελευταίας βασική θέση κατέχει η επανάχρηση και η ανακύκλωση και η μεγαλύτερη δυνατή εκμετάλλευση του υπάρχοντος. Και ακόμη, οι έννοιες της αειφόρου ανάπτυξης και της ανθεκτικότητας και οι αντίστοιχες πολιτικές είναι συμπληρωματικές, καθώς η ανθεκτικότητα αναφέρεται στη δυνατότητα αντιμετώπισης των κινδύνων και των αλλαγών, χωρίς να διακυβεύεται η εξέλιξη και ανάπτυξή τους. Ως συνέπεια θα είναι πολλαπλά χρήσιμη η ενσωμάτωση των στόχων διατήρησης του ιστορικού δομημένου περιβάλλοντος και της πολιτιστικής κληρονομιάς ευρύτερα, στις αναπτυξιακές πολιτικές, καθώς η πολιτική της προστασίας του ιστορικού δομημένου περιβάλλοντος, συμβάλλει άμεσα στην επίτευξη των στόχων τόσο της αειφόρου ανάπτυξης, όσο και της ανθεκτικότητας και της κυκλικής οικονομίας.

Λέξεις-Κλειδιά: Αειφορία, Ανθεκτικότητα, Κυκλική οικονομία, Ιστορικές πόλεις

1. Εισαγωγή

Το άρθρο που ακολουθεί αφιερώνεται στον Σίμο Σιμπούλο, καθηγητή και πρύτανη του ΕΜΠ (2010-2014), που μέσα από το πολύπλευρο επιστημονικό και εκπαιδευτικό του έργο έχει ασχοληθεί και με τη σπουδή και την προστασία του περιβάλλοντος.

Το άρθρο επιχειρεί την ανάδειξη της σχέσης της «αιφόρου ανάπτυξης» με την «ανθεκτικότητα» των πόλεων και τη συμβολή της «κυκλικής οικονομίας» στην επίτευξη των κοινών στόχων. Πρόκειται για έννοιες και πολιτικές που διαμορφώθηκαν σταδιακά λόγω των πιέσεων και απειλών που προκύπτουν από τις ταχύτατες μεταλλαγές του δομημένου και του φυσικού περιβάλλοντος. Διερευνάται η σύνδεση των αρχών και των στόχων τους με τις αρχές της «ολοκληρωμένης προστασίας» των ιστορικών πόλεων αλλά και της διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς –υλικής και άυλης– γενικότερα. Απώτερος στόχος του άρθρου είναι η προβολή της ανάγκης συνδυασμού των ανωτέρω πολιτικών και ενσωμάτωσής τους στις διαμορφούμενες αναπτυξιακές πολιτικές.

2. Η εξέλιξη των εννοιών και στόχων.

Ο όρος «**αιφόρος ανάπτυξη**» παρουσιάζεται ως η στρατηγική που συνδυάζει την ανάπτυξη με τη φροντίδα για το περιβάλλον και ενσωματώνει τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές παραμέτρους σε όλες τις διαδικασίες ανάπτυξης. Στη διακήρυξη του Rio de Janeiro για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη¹, το 1992, αναφέρεται μεταξύ άλλων ότι «Προκειμένου να επιτευχθεί η αιφόρος ανάπτυξη, η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της αναπτυξιακής διαδικασίας και δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί ανεξάρτητα από αυτήν». Στον ορισμό της αιφόρου ανάπτυξης που ορίζεται "ως η εξέλιξη που καλύπτει τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες" προστέθηκε ο «πολιτισμός» ως 4ος πυλώνας της² καθώς οι τρεις βασικοί πυλώνες, «περιβάλλον, κοινωνία οικονομία», που προσδιορίστηκαν στην έκθεση της επιτροπής Brundtland³ και ενισχύθηκαν από τη σύνοδο κορυφής στο Rio de Janeiro, δεν μπορούν μόνοι τους να καλύψουν την πολυπλοκότητα της σημερινής κοινωνίας.

Η σχέση μεταξύ του πολιτισμού και της αιφόρου ανάπτυξης προκύπτει, μεταξύ άλλων, με τη συσχέτιση της πολιτιστικής κληρονομιάς με τη δημιουργικότητα, με την

1 https://www.iau-hesd.net/sites/default/files/documents/rio_e.pdf Είναι η πρώτη διεθνής διάσκεψη που πραγματοποιήθηκε για το περιβάλλον. Τα 27 άρθρα που ψήφισαν συγκρότησαν την agenda 21.

2 <http://www.agenda21culture.net/documents/culture-the-fourth-pillar-of-sustainability>

3 Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

ανάπτυξη πολιτιστικής βιομηχανίας και βιοτεχνίας⁴ και πολιτιστικού τουρισμού. Παράλληλα, η «αειφορία» αποτελεί έναν από τους πέντε πυλώνες του ευρωπαϊκού πλαισίου δράσης για την Πολιτιστική Κληρονομιά⁵, καθώς υπάρχει η δυνατότητα να ενισχυθεί το κοινωνικό κεφάλαιο και η οικονομική ανάπτυξη, με την αναζωογόνηση πόλεων και περιοχών μέσω της πολιτιστικής κληρονομιάς τους, με την επανάχρηση ιστορικών κτιρίων στα πλαίσια και της κυκλικής οικονομίας και με την προώθηση πολιτιστικού τουρισμού.

Ο όρος «**ανθεκτικότητα**» που εμφανίστηκε την τελευταία δεκαετία προερχόμενος κυρίως από τις φυσικές επιστήμες και τις επιστήμες υλικών (McAslan 2010) σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως σε επιστημονικά κείμενα αλλά και σε κείμενα διαμόρφωσης εθνικών πολιτικών. Ως «ανθεκτικότητα» των πόλεων νοείται η ικανότητά τους να αντιστέκονται στις δύσκολες καταστάσεις, να ξεπερνούν τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν και να αποκαθίστανται σύντομα. Οι έννοιες της αειφόρου ανάπτυξης και της ανθεκτικότητας και οι αντίστοιχες πολιτικές είναι συμπληρωματικές, καθώς η ανθεκτικότητα αναφέρεται και αυτή στο περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία και επιπλέον αναφέρεται στη δυνατότητα αντιμετώπισης των κινδύνων (φυσικές καταστροφές, πανδημία, τρομοκρατία, κλιματική αλλαγή) και των αλλαγών, χωρίς να διακυβεύεται η εξέλιξη και ανάπτυξή τους. Και οι δυο πολιτικές συνδέονται άμεσα με τη «Διατήρηση» τόσο των φυσικών, όσο και τον ανθρωπογενών πόρων. Ειδικότερα η ανθεκτικότητα συμπλέκεται με την έννοια της διατήρησης της υγείας του πληθυσμού, του οικοσυστήματος, αλλά και του δομημένου περιβάλλοντος, σε μια εποχή κατά την οποία συζητιέται έντονα το θέμα της αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Όταν εξασφαλισθεί η ανθεκτικότητα ενός ανθρωπογενούς ή φυσικού συστήματος, η διατήρησή του στο μέλλον είναι εξασφαλισμένη. Ως εκ τούτου, η ανθεκτικότητα αποτελεί βασική παράμετρο για την αειφορία.

Αποτελεί και αυτή έναν από τους πέντε πυλώνες του ευρωπαϊκού πλαισίου δράσης για την Πολιτιστική Κληρονομιά⁶ και παράλληλα συνδέεται άμεσα με την πολιτιστική κληρονομιά, τις τέχνες και τις δημιουργικές βιομηχανίες, όπως αναφέρεται σε κείμενο της Ευρωπαϊκής Ένωσης που προωθεί την πολιτιστική κληρονομιά και τις πολιτιστικές και δημιουργικές βιομηχανίες.⁷

Η «**κυκλική οικονομία**», που αναφέρεται και ως «κυκλικότητα», είναι ένα οικονομικό σύστημα που αντιπροσωπεύει μια αλλαγή του τρόπου που η ανθρώπινη κοινωνία συνδέεται με τη φύση και αποσκοπεί στην πρόληψη της εξάντλησης των πόρων, της

4 https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/social-sciences-and-humanities/cultural-heritage-and-cultural-and-creative-industries-ccis_en

5 <https://www.interregeurope.eu/policylearning/news/4800/european-framework-for-action-on-cultural-heritage/>

6 Βλέπε υποσημείωση 5.

7 https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/social-sciences-and-humanities/cultural-heritage-and-cultural-and-creative-industries-ccis_en

ενέργειας και των υλικών και στη διευκόλυνση της αιεφόρου ανάπτυξης⁸. Η κυκλική οικονομία βασίζεται στη συντήρηση, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακαίνιση, την ανακατασκευή και την ανακύκλωση με στόχο την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης πόρων και της δημιουργίας αποβλήτων, της ρύπανσης και των εκπομπών άνθρακα. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που οδήγησαν στην αλλαγή του τρόπου σκέψης των κοινωνιών και στην ενσωμάτωση στην πολιτική των ευρωπαϊκών κρατών των αρχών της κυκλικής οικονομίας, με κυριότερους την κλιματική αλλαγή, τη μείωση των διαθέσιμων φυσικών πόρων και την παγκόσμια αστάθεια.

Οι κυριότεροι κίνδυνοι που απειλούν τον κόσμο είναι⁹: τα ακραία καιρικά φαινόμενα, η αποτυχία μετριασμού των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, η υποβάθμιση ή καταστροφή του περιβάλλοντος από ανθρώπινες δράσεις, η μεγάλη απώλεια της βιοποικιλότητας και καταστροφή του οικοσυστήματος, και οι μεγάλες φυσικές καταστροφές. Η κυκλική οικονομία αποτελεί ένα σύστημα αποκατάστασης και αναγέννησης με στροφή στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μείωση της χρήσης τοξικών χημικών ουσιών και μείωση των απορριμμάτων, μέσω του βέλτιστου σχεδιασμού υλικών, προϊόντων και συστημάτων και με τη δημιουργία κατάλληλων επιχειρηματικών μοντέλων. Στον Κανονισμό (ΕΕ) 2020/852 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 18ης Ιουνίου 2020¹⁰ σχετικά με τη θέσπιση πλαισίου για τη διευκόλυνση των βιώσιμων επενδύσεων και συγκεκριμένα στο Άρθρο 2 (9), ως Κυκλική Οικονομία ορίζεται «το οικονομικό σύστημα στο οποίο διατηρείται η αξία των προϊόντων, των υλικών και άλλων πόρων στην οικονομία για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα με την ενίσχυση της αποτελεσματικής χρήσης τους στην παραγωγή και κατανάλωση, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο της χρήσης τους, και με την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και της αποδέσμευσης επικίνδυνων ουσιών σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους, μεταξύ άλλων μέσω της εφαρμογής της ιεράρχησης των αποβλήτων».

Η ιδέα και πρακτική της κυκλικής οικονομίας αποτελεί βασική παράμετρο για την αιεφόρο ανάπτυξη, καθώς στις βασικές της αρχές συμπεριλαμβάνεται η επανάχρηση, η επισκευή, ο επανασχεδιασμός και η ανακύκλωση υλικών και προϊόντων και ως εκ τούτου η οικονομία στην κατανάλωση φυσικών πόρων. Αναφέρεται ακόμη και η συμβολή της στη διαφύλαξη των κοινωνιών και των πολιτισμών τους. «Σε μια κυκλική οικονομία, οι διαδικασίες και δραστηριότητες που υπονομεύουν δομικά την ευημερία ή την ύπαρξη των ανθρώπινων πολιτισμών αποφεύγονται ακόμη και με υψηλό κόστος».¹¹

8 https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%85%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CE%B1

9 identified in the Global Risk Report, are all environmental (World Economic Forum, 2020):

10 <https://circulargreece.gr/wp-content/uploads/2020/11/%CE%9A%CE%91%CE%9D%CE%9F%CE%9D%CE%99%CE%A3%CE%9C%CE%9F%CE%A3-%CE%92%CE%99%CE%A9%CE%A3%CE%99%CE%9C%CE%95%CE%A3-%CE%95%CE%A0%CE%95%CE%9D%CE%94%CE%A5%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3.pdf>

11 <https://www.metabolic.nl/news/the-seven-pillars-of-the-circular-economy/?gclid=CjwKCAiApeQB>

3. Ιστορικές πόλεις και πολιτιστική κληρονομιά.

Οι αρχές της διατήρησης, της επαναχρησιμοποίησης και της ελάχιστης παρέμβασης στο δομημένο περιβάλλον είναι κοινές στα θεωρητικά κείμενα της προστασίας ιστορικών πόλεων αφενός και της αειφόρου ανάπτυξης και της κυκλικής οικονομίας αφετέρου, καθώς και στις δύο περιπτώσεις αναφέρονται στη διατήρηση του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, στη διατήρηση των τοπικών πόρων και στην ενδυνάμωση της τοπικής οικονομίας, στην επανάχρηση και στην κοινωνική συμμετοχή.

Η αειφόρος ανάπτυξη αναγνωρίζει την ενσωματωμένη ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στις υπάρχουσες κατασκευές και ως αποτέλεσμα υποστηρίζει την προσαρμογή και επανάχρηση των υφιστάμενων κατασκευών έναντι της ανανέωσής τους. Η διατήρηση κτιρίων έναντι της ανέγερσης νέων σημαίνει σημαντικά μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, λιγότερες κατασκευές και μπάτζα, μικρότερη ανάγκη νέων υλικών και αξιοποίηση της ενέργειας που είναι ενσωματωμένη στα υπάρχοντα υλικά. Αποτελεί κατά συνέπεια οικονομικά την ορθότερη επιλογή, καθώς εξασφαλίζει οικονομία υλικών, εξοικονόμηση ενέργειας, οικονομία χρόνου, ταχύτερη κατοίκηση και δεν απαιτεί νέες υποδομές δικτύων.

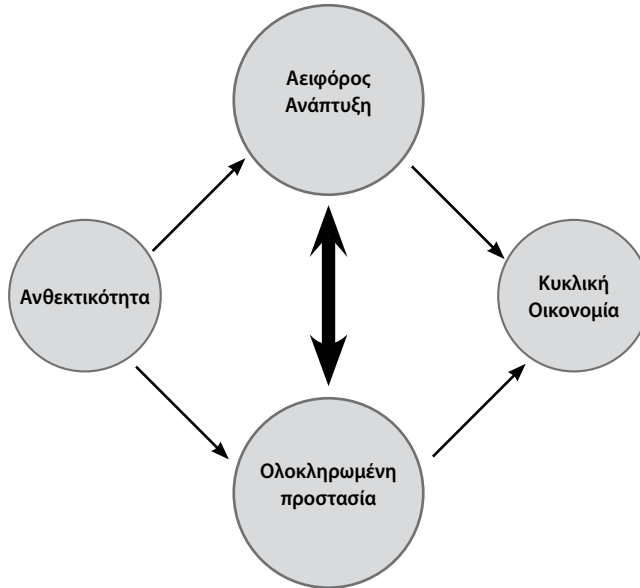
Παράλληλα, η διατήρηση και επανάχρηση των ιστορικών κτιρίων αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη διατήρηση της φυσιογνωμίας των ιστορικών πόλεων και οικισμών και της πολιτιστικής κληρονομιάς. Στη διακήρυξη του Άμστερνταμ¹² (1975) αναφέρεται ότι «η διατήρηση και επαναχρησιμοποίηση των παλαιών κτιρίων βοηθά στην εξοικονόμηση πόρων και στη μείωση των αποβλήτων». Η επαναχρησιμοποίηση των κτιρίων μπορεί επίσης να οδηγήσει και σε μείωση των πιέσεων επέκτασης των οικιστικών συνόλων που αποτελούν παράγοντα σημαντικής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ παράλληλα αποτελεί περιβαλλοντικά υπεύθυνη επιλογή, καθώς τα ιστορικά κτίρια στην πλειοψηφία τους έχουν καλύτερη περιβαλλοντική συμπεριφορά. Η Σύσταση για το Ιστορικό Αστικό Τοπίο της UNESCO¹³ (2011) αποτελεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση προστασίας και ανάπτυξης με όρους αειφορίας, καθώς καθοδηγεί προς μια ανάπτυξη που σέβεται και διατηρεί το υφιστάμενο. Και στο πλέον πρόσφατο κείμενο του Icomos «για την προστασία και διαχείριση των ιστορικών πόλεων, οικισμών και αστικών περιοχών» οι αρχές της Βαλέτας¹⁴ (2011) επιτάσσουν το σεβασμό των φυσικών ισορροπιών και την αποφυγή της σπατάλης των φυσικών πόρων, της κατανάλωσης της ενέργειας και της διακοπής της ισορροπίας του φυσικού κύκλου. Οι αρχές αυτές ταυτίζονται και με τους στόχους της κυκλικής οικονομίας για μείωση των συνολικών πόρων που εξάγονται από το περιβάλλον και τα απόβλητα που δημιουργούν οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Η αποκατάστα-

hAUEiwA7K_UH9lhLxlXw2WWQU0C3Y1DOg70QQutq3U-HrGcEbl5ehiJNUcLCEBw2xoCTooQAvD_BwE

12 <https://www.icomos.org/en/and/169-the-declaration-of-amsterdam>

13 <https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-638-98.pdf>

14 https://www.icomos.org/Paris2011/GA2011_CIVVIH_text_EN_FR_final_20120110.pdf



Σχήμα 1

ση και επανάχρηση των ιστορικών κτιρίων επιτυγχάνει περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, ενώ παράλληλα διατηρεί την ιστορική φυσιογνωμία των πόλεων και τον υλικό και άυλο πολιτιστικό τους πλούτο.

Θα πρέπει εντούτοις να σημειωθεί ότι παρότι το Νέο Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία του ΥΠΕΝ¹⁵ το οποίο ακολουθεί σχετικές ευρωπαϊκές κατευθύνσεις, αναφερόμενο στην εφαρμογή του σχεδίου στις πόλεις, σημειώνει ότι η «κυκλική οικονομία» μπορεί να επιφέρει σημαντικά οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη, δεν κάνει καμία μνεία στη σημασία της επανάχρησης του κτιριακού πλούτου. Και στο πλαίσιο των οριζόντιων δράσεων η αναφορά του Σχεδίου στις «Κατασκευές και τα Κτίρια» ορθώς μεν αναφέρεται στην ανάγκη σχεδιασμού των νέων κτιρίων με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας, δεν κάνει όμως και πάλι καμία αναφορά στα οφέλη της επανάχρησης των κτιρίων. Εντούτοις η διατήρηση και επανάχρηση του κτιριακού πλούτου των ιστορικών πόλεων, που αποτελεί άμεση εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας, θα έπρεπε συνειδητά να προωθείται και να ενισχύεται από τις διαμορφούμενες πολιτικές.

15 https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2021/12/SXEDIO-DRASHS-KO-FINAL_.pdf

4. Επίμετρο.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, οι αρχές της αειφορίας, της ανθεκτικότητας και της κυκλικής οικονομίας συνδυάζονται άμεσα με τις αρχές της ολοκληρωμένης προστασίας ιστορικών πόλεων, όπως αυτές έχουν διατυπωθεί μέσα από τα κείμενα των ειδικών. Οι ιστορικές πόλεις με τη διατήρηση των υλικών και άυλων χαρακτηριστικών τους ενσωματώνουν τις αρχές των τριών ανωτέρω πολιτικών, με την επανάχρηση ιστορικών κτιρίων, με την ανάπτυξη δημιουργικών επαγγελμάτων συνδεδεμένων με την άυλη πολιτιστική κληρονομιά και με την προώθηση ελεγχόμενου μεγέθους πολιτιστικού τουρισμού. Κατά συνέπεια η πολιτική της προστασίας του ιστορικού δομημένου περιβάλλοντος συμβάλλει άμεσα στην επίτευξη των στόχων τόσο της αειφορίας και της ανθεκτικότητας όσο και της κυκλικής οικονομίας. Και η πολιτική της διατήρησης των ορίων των ιστορικών πόλεων και οικισμών εξασφαλίζει την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος που τις περιβάλλει και συμβάλλει στην εξοικονόμηση φυσικών και ενεργειακών πόρων που προκαλεί η διάχυση της δόμησης εκτός των ορίων του δομημένου χώρου. Με μια ευρύτερη θεώρηση, η ανάπτυξη που ενσωματώνει την πολιτιστική κληρονομιά συμβάλλει στη δημιουργία πράσινων οικονομιών που παρέχουν ευκαιρίες για απασχόληση και βοήθούν στην οικονομική ενίσχυση των τοπικών κοινωνιών. Συμπερασματικά, είναι σκόπιμο –αν όχι επιβεβλημένο– οι αναπτυξιακές πολιτικές να προωθούν δράσεις διαφύλαξης και ανάδειξης των ιστορικών πόλεων και οικισμών και της πολιτιστικής κληρονομιάς ευρύτερα, που συνδυάζει φυσικό και δομημένο περιβάλλον, υλικά και άυλα πολιτιστικά στοιχεία που διατηρούνται μέσα στο χρόνο. Αναπτυξιακές πολιτικές που θα ενισχύουν έρευνες για την αναγνώριση και τεκμηρίωση πόλεων και οικισμών με πολιτιστική και ιστορική αξία. Αναπτυξιακές πολιτικές που θα εξασφαλίζουν προγράμματα και κίνητρα –ρυθμιστικά και οικονομικά– για τη διατήρηση και αναζωογόνηση των ιστορικών οικιστικών συνόλων, με παράλληλη φροντίδα για τον έλεγχο δόμησης στο εκτός των ορίων τους φυσικό περιβάλλον.

Επιλογή Βιβλιογραφίας

για την ανθεκτικότητα και την κυκλική οικονομία

McAslan Alastair, "The concept of resilience. Understanding its Origins, Meaning and Utility" (2010)

Foster Gillian, "Resources, Conservation and Recycling, Volume 152" (2020)

Nocca F., De Toro P. and Voysekhovska V. "Circular economy and cultural heritage conservation: a proposal for integrating Level(s) evaluation tools (2021).

Abstract

"Culture" is the 4th pillar of sustainable development as the three main pillars "Economy, Society, Environment", cannot meet the challenges of today's society. At the same time, "sustainability" is one of the five pillars of the European Framework of Action for Cultural Heritage, and the principles of conservation, reuse and minimal intervention in the built and natural environment are common to the theoretical texts of the protection of historic cities on the one hand and sustainable development on the other. These principles are also common with the principles of the circular economy, which are the reuse, the recycling, and the greatest possible exploitation of the existing. Moreover, the concepts of sustainable development and resilience and the corresponding policies are complementary, as resilience refers to the ability to deal with risks and change without compromising their evolution and development. Consequently, the integration of the objectives of preservation of the historic environment and cultural heritage into development policies, as well as the policy of protection of the historic built environment, directly contributes to the achievement of the objectives of sustainability, resilience and circular economic.

Key words: Sustainability, Resilience, Circular economy, Historical cities

Υβριδικά Συστήματα Παραγωγής Υπεράκτιας Αιολικής και Κυματικής Ενέργειας

Σ Π Υ Ρ Ο Σ Α . Μ Α Υ Ρ Α Κ Ο Σ

Ομότιμος Καθηγητής,
Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

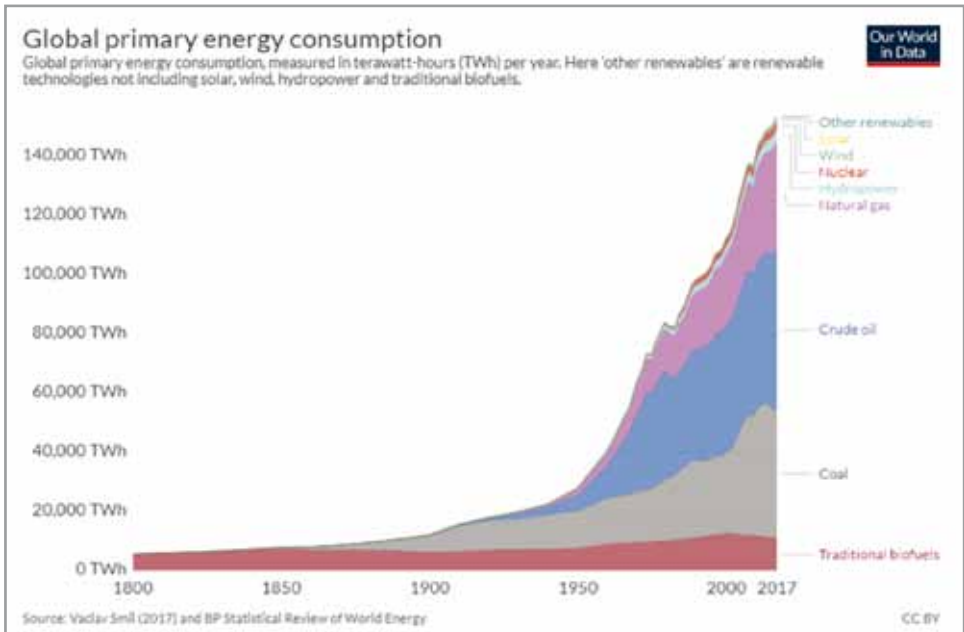
Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει αποτελέσματα σύγχρονων ερευνητικών προσπαθειών για την σχεδίαση πλωτών εξεδρών με στόχο τη συνδυασμένη εκμετάλλευση υπεράκτιας αιολικής και κυματικής ενέργειας. Μετά από μια σύντομη ιστορική αναδρομή στην υπάρχουσα τεχνογνωσία σταθερών και πλωτών ανεμογεννητριών και την καταγραφή των αναμενόμενων ενεργειακών αναγκών, καθώς και της διείσδυσης των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψή τους, γίνεται παρουσίαση τεχνολογιών απόληψης κυματικής ενέργειας και της συνδυασμένης εκμετάλλευσής της με υπεράκτιους αιολικούς πόρους με χρήση εξειδικευμένων πλωτών κατασκευών για τη στήριξη των κυματικών μηχανών, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στην αρχή της ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης, ενώ η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται με ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα. Από τα παρουσιαζόμενα αποτελέσματα φαίνεται ελπιδοφόρα η συμπαραγωγή κυματικής και αιολικής ενέργειας με στόχο την μείωση του κόστους της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

1. Εισαγωγή

Η ιδέα της ανάπτυξης υβριδικών συστημάτων συμπαραγωγής υπεράκτιας αιολικής και κυματικής ενέργειας είναι νέα και ήλθε να συμπληρώσει προταθείσες λύσεις χρήσης σταθερών και πλωτών ανεμογεννητριών για την εκμετάλλευση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, λύσεις οι οποίες εμφανίζουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις χερσαίες διατάξεις που έχουν αναπτυχθεί κατά κύριο λόγο μέχρι σήμερα. Η συμπαραγωγή υπεράκτιας αιολικής και κυματικής ενέργειας προσφέρει λύσεις που αντιμετωπίζουν προβλήματα οικονομίας κλίμακας μέσω της χρήσης κοινής εξέδρας στήριξης (υποδομής) των κυματικών μηχανών και της ανεμογεννήτριας, καθώς επίσης κοινών δικτύων διασύνδεσης και μεταφοράς της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η επιτυγχάνομε-

νη οικονομία κλίμακας λόγω της χρήσης κοινών υποδομών σε συνδυασμό με την επέκταση του συνολικού χρόνου απόληψης ενέργειας από το θαλάσσιο περιβάλλον λόγω της συνδυασμένης εκμετάλλευσης του αιολικού και κυματικού δυναμικού, μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της τιμής μονάδας της παραγόμενης ενέργειας. Στην παρούσα δημοσίευση, γίνεται αρχικά μια γενική εισαγωγή στους θαλάσσιους ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους, παρουσιάζονται οι ενεργειακές ανάγκες σε παγκόσμιο επίπεδο και ο τρόπος κάλυψής τους μέχρι τώρα, καθώς και οι μελλοντικές προοπτικές για τη χρήση ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων. Τέλος, παρουσιάζεται μια τεχνολογία πλωτής υβρι-



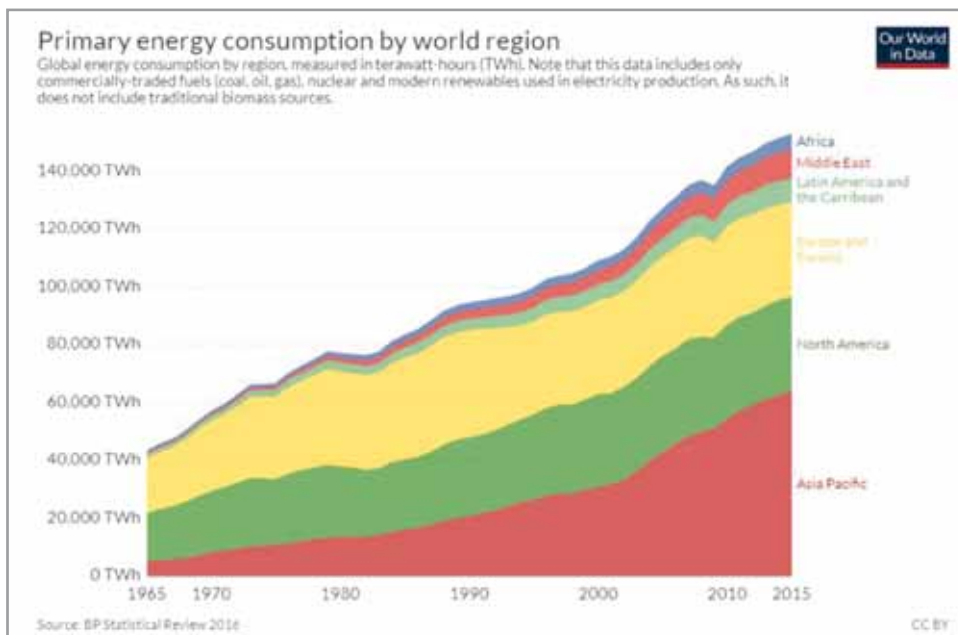
Εικόνα 1α: Καταναλισκόμενη ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο σε TWh

1880		1960		2017	
Other renewables	0,00 TWh	Other renewables	0,00 TWh	Other renewables	586,17 TWh
Solar	0,00 TWh	Solar	0,00 TWh	Solar	442,62 TWh
Wind	0,00 TWh	Wind	0,00 TWh	Wind	1,122,75 TWh
Nuclear	0,00 TWh	Nuclear	0,00 TWh	Nuclear	2,635,56 TWh
Hydropower	0,00 TWh	Hydropower	688,89 TWh	Hydropower	4,059,87 TWh
Natural gas	0,00 TWh	Natural gas	4,472,23 TWh	Natural gas	36,703,97 TWh
Crude oil	33,33 TWh	Crude oil	11,097,23 TWh	Crude oil	53,752,28 TWh
Coal	2,541,67 TWh	Coal	15,441,68 TWh	Coal	43,397,14 TWh
Traditional biofuels	6,944,44 TWh	Traditional biofuels	8,888,89 TWh	Traditional biofuels	10,895,32 TWh
Total	9,519,45 TWh	Total	40,588,91 TWh	Total	153,595,66 TWh

Εικόνα 1β: Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά ενεργειακό πόρο κατά τα έτη 1880, 1960 και 2017

δικής εγκατάστασης για την εκμετάλλευση θαλάσσιας αιολικής και κυματικής ενέργειας, που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος REFOS που περατώθηκε το 2019 και εκτελέστηκε και συντονίσθηκε στο ΕΜΠ.

Στην Εικόνα 1α φαίνονται οι ενεργειακές ανάγκες σε παγκόσμιο επίπεδο μετρημένες σε TWh και πώς αυτές καλύπτονται στη διάρκεια των χρόνων από τους διατιθέμενους ενεργειακούς πόρους, καταμεμημένες μεταξύ παραδοσιακών βιοκαυσίμων, άνθρακα, πετρελαίου, φυσικού αερίου, ηλιακής, αιολικής, πυρηνικής ενέργειας και μικρών υδροηλεκτρικών. Με τον όρο other renewables (άλλες ανανεώσιμες) που παρουσιάζεται στην



Εικόνα 2α: Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά περιοχή της γης στη διάρκεια των χρόνων

2015	
Africa	5.059.03 TWh
Middle East	10.288.57 TWh
Latin America and the Caribbean	8.132.41 TWh
Europe and Eurasia	32.963.57 TWh
North America	32.512.09 TWh
Asia Pacific	63.947.90 TWh
Total	152.903.58 TWh

Εικόνα 2β: Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά περιοχή της γης το 2015

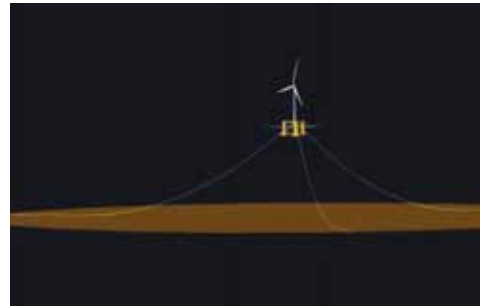
Εικόνα 1α καλύπτονται πόροι που δεν κατατάσσονται μεταξύ των αιολικών, ηλιακών, μικρών υδροηλεκτρικών και παραδοσιακών βιοκαυσίμων.

Στην Εικόνα 1β παρουσιάζονται οι ενεργειακοί πόροι που χρησιμοποιήθηκαν για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών στα έτη 1880, 1960 και 2017, καθώς και η ενέργεια σε απόλυτα μεγέθη που παρήχθη από κάθε έναν από αυτούς. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγόμενης συνολικά ενέργειας προέρχεται από την ανάλωση μη ανανεώσιμων ορυκτών πόρων.

Στην Εικόνα 2α παρουσιάζεται η κατά τη διάρκεια των ετών καταναλισκόμενη ενέργεια στις διάφορες περιοχές της γης, ενώ αυτή εξειδικεύεται για το έτος 2015 στην Εικόνα 2β.

2. Θαλάσσιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Στόχοι ανάπτυξης

Στις Εικόνες 3, 4 και 5 παρουσιάζονται οι κυριότερες κατηγορίες ενεργειακών πόρων, η εκμετάλλευση των οποίων μπορεί να γίνει στη θάλασσα. Πρόκειται για την αιολική ενέργεια, η εκμετάλλευση της οποίας γίνεται με ανεμογεννήτριες (Εικόνα 3), την κυματική ενέργεια (Εικόνα 4), καθώς και την ενέργεια από τα θαλάσσια ρεύματα (Εικόνα 5). Οι δυο τελευταίες κατηγορίες ενεργειακών πόρων αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία ως



Εικόνα 3: (α) Σταθερές ανεμογεννήτριες (αριστερά), (β) πλωτή ανεμογεννήτρια (δεξιά)

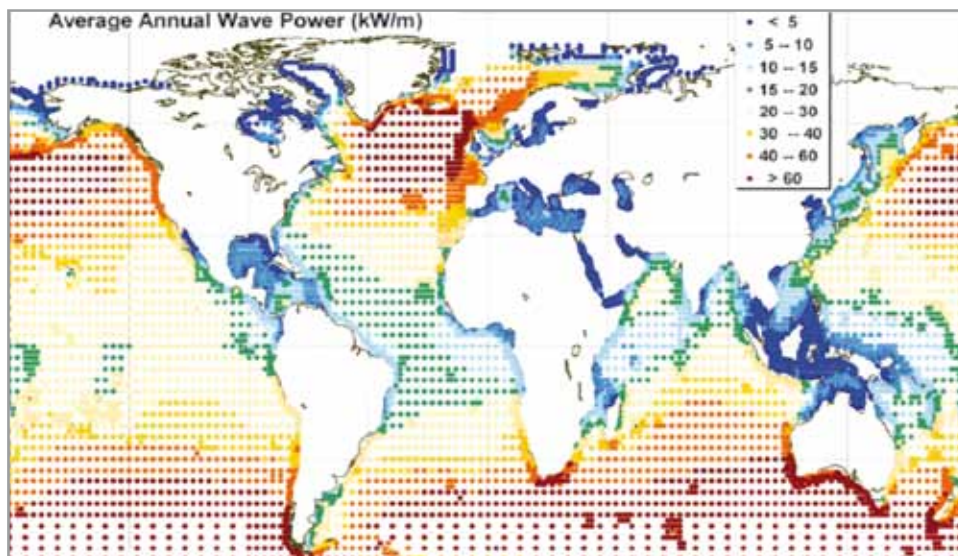


Εικόνα 4: (α, β) Συσκευές ανάκτησης κυματικής ενέργειας
Εικόνα 5: Εκμετάλλευση της ενέργειας από τα ρεύματα

«μπλε ενέργεια» ή ωκεάνια ενέργεια. Η ανάκτηση της κυματικής ενέργειας στην Εικόνα 4 γίνεται με την αρχή της ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης (Εικόνα 4, αριστερά) ή με τη χρήση καθ' ύψος κινούμενων πλωτήρων (Εικόνα 4, δεξιά).

Σε ό,τι αφορά στο μέσο ετήσιο κυματικό δυναμικό σε KW ανά μέτρο μετώπου κύματος, αυτό απεικονίζεται στην Εικόνα 6. Παρατηρούμε ότι σε ευρωπαϊκό επίπεδο, το υψηλότερο κυματικό δυναμικό απαντάται στη Βόρειο Θάλασσα στα ανοικτά της Μ. Βρετανίας και της Ιρλανδίας, με δυναμικό που μπορεί να φθάσει στα 70KW/m, ενώ το αντίστοιχο δυναμικό στην περιοχή του Αιγαίου Πελάγους είναι της τάξης των 7 – 10KW/m.

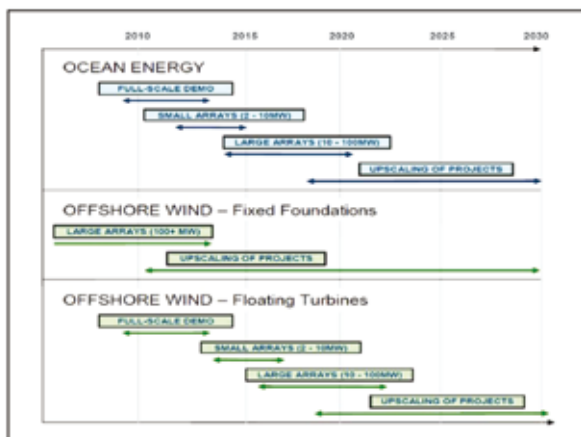
Στην Εικόνα 7 παρουσιάζεται η ωρίμανση των διαφόρων τεχνολογιών εκμετάλλευσης θαλάσσιων ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων στη διάρκεια των ετών. Φαίνεται ότι η εκμετάλλευση μέσω της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας εμφανίζει σαφή στοιχεία μεγαλύτερης ωρίμανσης σε σχέση με έργα ωκεάνιας ενέργειας. Μάλιστα σε ό,τι αφορά σε έργα σταθερής έδρασης στον πυθμένα της θάλασσας (σταθερές ανεμογεννήτριες), η ανάπτυξη πάρκων συνολικής ονομαστικής ισχύος μεγαλύτερης από 100MW έχει ήδη επιτευχθεί αρκετά πριν από το 2015, ενώ για τα πλωτά αιολικά πάρκα, οι αντίστοιχες ισχύες αναμένεται να επιτευχθούν πριν από το 2025. Σημειώνουμε ότι τα σταθερά αιολικά πάρκα έχουν κατά προτεραιότητα αναπτυχθεί στη Βόρεια Ευρώπη, δεδομένου ότι στις παράκτιες περιοχές της Δανίας, της Μ. Βρετανίας ή της Ολλανδίας τα βάθη του νερού είναι τέτοια (μέχρι 50 μέτρα βάθος νερού σε μεγάλη απόσταση από την ακτή) που διευκολύνουν την ανάπτυξη σταθερών διατάξεων, πακτωμένων στον πυθμένα της θάλασσας, σε αντίθεση με την Μεσόγειο, όπου τα βάθη του νερού είναι μεγάλα ήδη σε



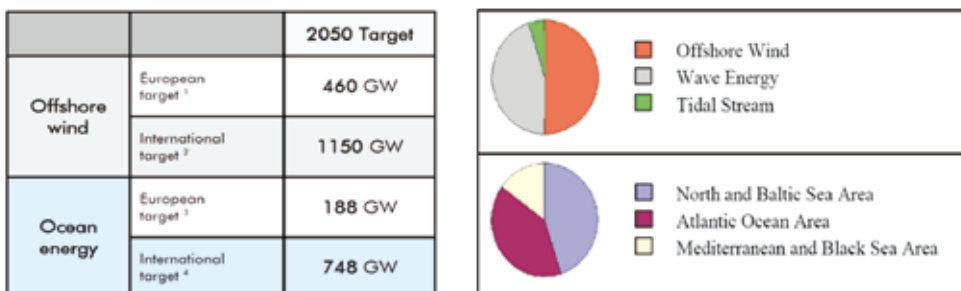
Εικόνα 6: Κατανομή του μέσου ετήσιου κυματικού δυναμικού σε παγκόσμιο επίπεδο

μικρή απόσταση από την ακτή όπου δεν μπορούν να εφαρμοστούν σταθερές διατάξεις. Στην περίπτωση της Μεσογείου, οι πλωτές διατάξεις είναι αυτές που θα χρησιμοποιηθούν κατά κύριο λόγο για την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού.

Σε ό,τι αφορά στους στόχους της μελλοντικής ανάπτυξης των θαλάσσιων ενεργειακών πόρων και της κατανομής τους μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών ωκεάνιας και υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, από την Εικόνα 8 φαίνονται οι στόχοι της επιδιωκόμενης ανάπτυξης σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο. Ήδη φαίνεται ότι σε ό,τι αφορά στην υπεράκτια αιολική ενέργεια, ο ευρωπαϊκός στόχος είναι 460GW για το 2050, ενώ ο αντίστοιχος διεθνής στόχος ανέρχεται σε 1150GW. Σε ό,τι αφορά στην ωκεάνια ενέργεια, ο ευρωπαϊκός και ο διεθνής στόχος για το 2050 είναι αντίστοιχα 188GW και 748GW. Στην ίδια Εικόνα, στα δεξιά, παρουσιάζεται και η κατανομή της παραγόμενης θαλάσσιας ενέργειας σήμερα ανά ενεργειακό πόρο και θαλάσσια περιοχή.



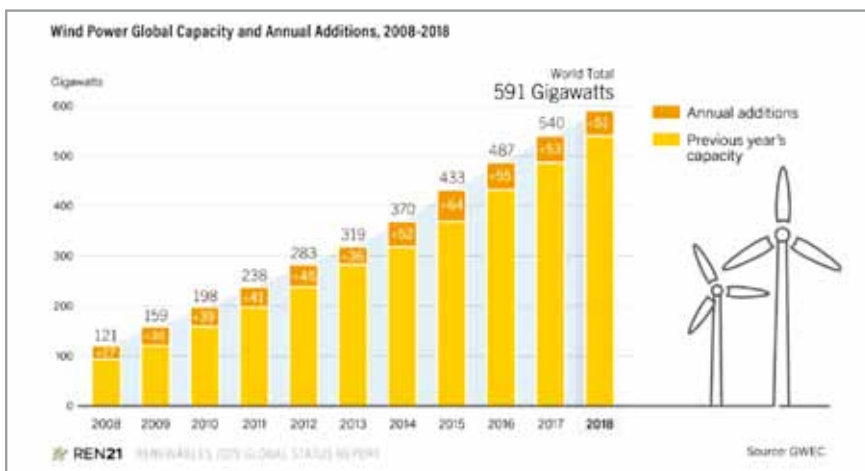
Εικόνα 7: Ωρίμανση τεχνολογιών εκμετάλλευσης θαλάσσιας ενέργειας (ωκεάνιας και υπεράκτιας αιολικής – σταθερά και πλωτά αιολικά πάρκα)



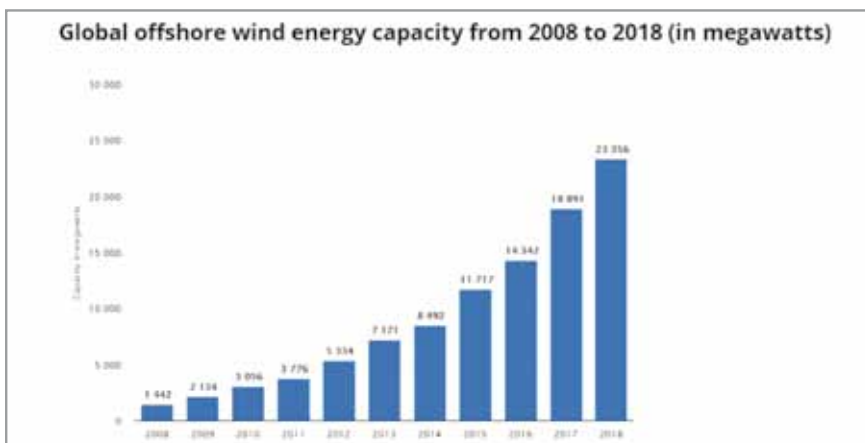
Εικόνα 8: Ευρωπαϊκοί και Διεθνείς Στόχοι ανάπτυξης των θαλάσσιων ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων (ωκεάνια και υπεράκτια αιολική ενέργεια), αριστερά, και κατανομή της παραγόμενης θαλάσσιας ενέργειας ανά ενεργειακό πόρο και θαλάσσια περιοχή, δεξιά

3. Στοιχεία από την παγκόσμια αγορά αιολικής ενέργειας, υπεράκτιας αιολικής και ωκεάνιας ενέργειας

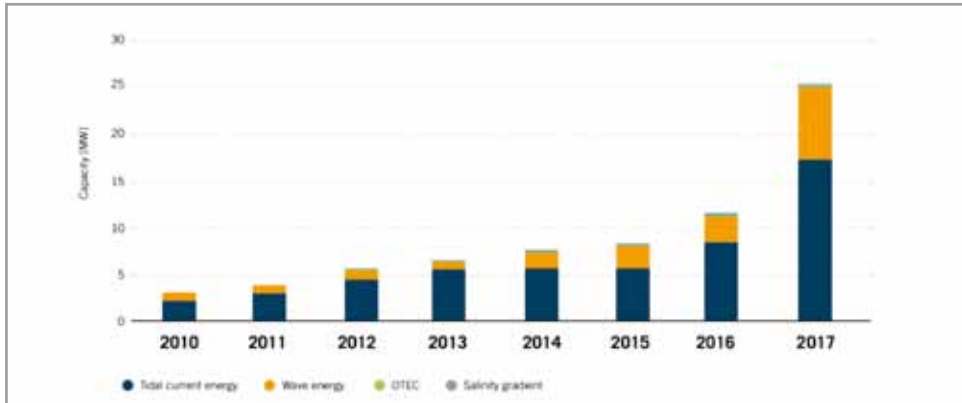
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται στοιχεία για την εξέλιξη της ανάπτυξης της παγκόσμιας αγοράς της αιολικής ενέργειας μεταξύ των ετών 2008 – 2018 (Εικόνα 9). Αντίστοιχα στοιχεία για την αγορά της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας και της ανάπτυξής της μεταξύ των ετών 2008 και 2018 παρουσιάζονται στην Εικόνα 10, ενώ αντίστοιχα δεδομένα για την παγκόσμια αγορά ωκεάνιας ενέργειας για τα έτη 2010 μέχρι 2017 παρουσιάζονται στην Εικόνα 11.



Εικόνα 9: Εξέλιξη της παγκόσμιας αγοράς αιολικής ενέργειας μεταξύ των ετών 2008 και 2018



Εικόνα 10: Εξέλιξη της παγκόσμιας αγοράς της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας μεταξύ των ετών 2008 και 2018



Εικόνα 11: Αθροιστική εξέλιξη της αγοράς της ωκεάνιας ενέργειας ανά κατηγορία ενεργειακού πόρου το 2010 – 2017

4. Εκμετάλλευση Υπεράκτιων Θαλάσσιων Ενεργειακών Πόρων

4.1 Εκμετάλλευση υπεράκτιας αιολικής ενέργειας

Το 2020 συνδέθηκαν στο ευρωπαϊκό δίκτυο 356 νέες υπεράκτιες ανεμογεννήτριες που προσέθεσαν 2.9GW ονομαστικής ισχύος, με συνέπεια η Ευρώπη να εμφανίζει στο τέλος του 2020 συνολικά εγκατεστημένη υπεράκτια αιολική ενέργεια ονομαστικής ισχύος 25 GW, που αντιστοιχεί σε 5402 διασυνδεδεμένες στο δίκτυο ανεμογεννήτριες σε 12 ευρωπαϊκές χώρες [1]. Το μέσο μέγεθος των υπεράκτιων ανεμογεννητριών από άποψη ονομαστικής ισχύος ανέρχεται σε 8.2 MW, ενώ το μέσο μέγεθος των αιολικών πάρκων ανέρχεται σε 788MW, 26% μεγαλύτερο συγκρινόμενο με το 2019. Επί πλέον, το μέσο βάθος νερού εγκατάστασης των υπεράκτιων ανεμογεννητριών που είναι υπό εγκατάσταση το 2020 ανέρχεται σε 44m, ενώ η μέση απόσταση από την ακτή ανέρχεται σε 52 km. Σύμφωνα με το WIND EUROPE [2], 323 GW ονομαστικής ισχύος αιολικής ενέργειας θα εγκατασταθούν αθροιστικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση μέχρι το 2030 (ειδικότερα 253 GW χερσαίων και 70 GW υπεράκτιων εγκαταστάσεων), ξεπερνώντας το όριο των 200 GW το 2020.

Οι τάσεις αυτές δείχνουν ότι ο αριθμός των υπεράκτιων αιολικών πάρκων θα αυξηθεί γρήγορα, εγκαθιστάμενα σε μεγαλύτερα βάθη νερού και σε μεγαλύτερες αποστάσεις από την ακτή. Μεταξύ της πληθώρας των διατάξεων που έχουν αναπτυχθεί μέχρι τώρα για την εκμετάλλευση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, οι εγκαταστάσεις που εδράζονται πακτωμένες στον πυθμένα αποτελούν μια ώριμη τεχνολογία, ειδικά σε περιοχές ρηχού νερού. Τα χωροδικτυώματα τύπου jacket και οι μεμονωμένοι πυλώνες (mono piles) αποτελούν τις πλέον συνήθεις εγκαταστάσεις το 2020 σε ρηχό νερό (ειδικότερα το 9.9% και 81.2%, αντίστοιχα) και αντιστοιχούν στο 91% όλων των εγκατεστημένων τύπων εδράσεων [2].

Πλωτές υπεράκτιες διατάξεις προσφέρουν εναλλακτικές λύσεις με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης. Πέραν του πρώτου εμπορικά εκμεταλλεύσιμου πάρκου πέντε πλωτών ανεμογεννητριών, κάθε μια από τις οποίες φέρει ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος 6 MW, που εγκαταστάθηκαν στα βόρεια – ανατολικά της Σκωτίας [3], ο ευρωπαϊκός στόλος των πλωτών Α/Γ στο τέλος του 2020 παρείχε συνολικά 62MW ισχύος. Κατά τη διάρκεια του 2020 αυξήθηκε με την εγκατάσταση σε λειτουργία του Windfloat Atlantic, 25MW ισχύος, στην Πορτογαλία [4], ενώ παράλληλα υπάρχουν και αρκετά ακόμα προγράμματα εγκατάστασης πλωτών ανεμογεννητριών στη Μ. Βρετανία, τη Γαλλία και τη Νορβηγία (Eoliennes Flottantes de Groix; EFGl και EolMed στη Γαλλία; Hywind Tampen στην Νορβηγία; Kincardine στην Μ. Βρετανία, είναι μερικά ενδεικτικά [2]).

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας από υπεράκτιες σταθερές εγκαταστάσεις, παρά το αρχικά υψηλό κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής τους, σήμερα είναι πια συγκρίσιμη με την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από άλλες ανανεώσιμες πηγές. Νέα προγράμματα εκμετάλλευσης υπεράκτιας αιολικής ενέργειας που ετίθεντο σε λειτουργία το 2013 είχαν κόστος παραγόμενης ενέργειας περί τα 160€/MWh [5], ενώ το κόστος αυτό περιορίστηκε το 2017 στα 54.5€/MWh, αν εξαιρέσουμε το κόστος της διασύνδεσης (Borssele III and IV, 700 MW) [6]. Από την άλλη πλευρά, το κόστος της παραγόμενης ενέργειας από πλωτές υπεράκτιες εγκαταστάσεις είναι πολύ υψηλότερο και η ανάπτυξη της τεχνολογίας στοχεύει να οδηγήσει το σημερινό κόστος των 180-200€/MWh στα 40-60€/MWh το 2030 [7]. Παρά την ανάπτυξη πλωτών και σταθερών διατάξεων, υπάρχουν αρκετά ανοικτά θέματα στη σχεδιάσή τους και ειδικότερα σε ό,τι αφορά στην έδραση των σταθερών εγκαταστάσεων και την αντιμετώπιση της διαβρωτικής συμπεριφοράς του χάλυβα στο θαλάσσιο περιβάλλον [8].

4.2 Εκμετάλλευση της ωκεάνιας ενέργειας

Σε ό,τι αφορά στην εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας, σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάζει η IRENA [9], η Ευρώπη είναι στην παγκόσμια πρωτοπορία στην ανάπτυξη τεχνολογιών εκμετάλλευσης της ωκεάνιας ενέργειας (52% της παλιρροϊκής ενέργειας και 60% της κυματικής) με πάνω από 25MW εγκατεστημένης ονομαστικής ισχύος ωκεάνιας ενέργειας στο τέλος του 2017 από τα 12 MW που είχαν δηλωθεί το 2016. Το κόστος εντούτοις της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το κυματικό δυναμικό, σύμφωνα με την έκθεση του World Energy Council [10], ανέρχεται σε 440€/MWh, ενώ το κόστος της ενέργειας που παράγεται από τις παλίρροιες ανέρχεται κατά προσέγγιση σε 380€/MWh, που είναι σε κάθε περίπτωση πολύ υψηλότερο από το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του αιολικού δυναμικού.

Η υπεράκτια αιολική και κυματική ενέργεια αναμένεται να καλύψει το 15% των αναγκών της ηλεκτρικής ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο μέχρι το 2050 [11]. Μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική προοπτική για τη μείωση του κόστους και την αύξηση της απόδοσης των τεχνολογιών εκμετάλλευσης ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων είναι να

ερευνηθεί από τεχνολογική και οικονομική άποψη η εφικτότητα δημιουργίας υβριδικών συστημάτων που να παρέχουν τη δυνατότητα συνεκμετάλλευσης αιολικής και κυματικής ενέργειας. Η λύση των υβριδικών συστημάτων εμφανίζει μια σειρά από πλεονεκτήματα:

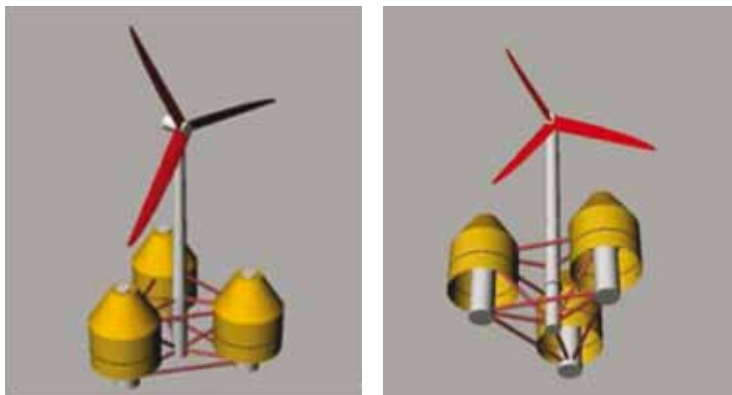
- [1] Μεγαλύτερη διαθεσιμότητα παραγόμενης ισχύος δεδομένου ότι οι αποθάλασσες (swells) εξακολουθούν να υφίστανται και μετά τη διακοπή της πνοής του ανέμου.
- [2] Επίτευξη οικονομίας κλίμακας με τη μείωση του κόστους κατασκευής, εγκατάστασης, αγκύρωσης, έδρασης και καλωδίου μεταφοράς της ισχύος ανά MW, όταν η ανεμογεννήτρια και οι κυματικές μηχανές χρησιμοποιούν κοινή υποδομή στήριξης και το ίδιο καλώδιο μεταφοράς της ενέργειας.
- [3] Χαμηλότερο κόστος λειτουργίας και συντήρησης (operation and maintenance costs).

Υβριδικά συστήματα εκμετάλλευσης αιολικής και κυματικής ενέργειας βρίσκονται στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής τους. Στα επόμενα κεφάλαια θα παρουσιαστεί μια υβριδική λύση που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο ενός Ευρωπαϊκού Προγράμματος REFOS [12]-[13] που ολοκληρώθηκε το 2019 με τον συντονισμό του ΕΜΠ.

5. Υβριδική πλατφόρμα REFOS

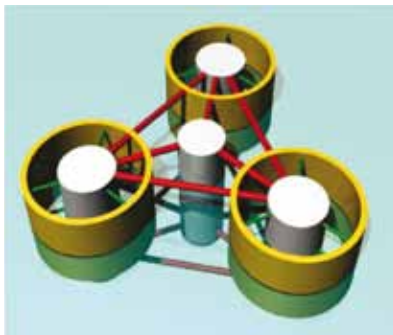
5.1 Γενική Περιγραφή

Η πλωτή πλατφόρμα είναι τριγωνικής μορφής, όπως φαίνεται στην Εικόνα 12. Στηρίζει μια ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος 10 MW, ενώ η κυματική ενέργεια απομαστεύεται μέσω συσκευών ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης που είναι εγκατεστημένες στις κορυφές της τριγωνικής πλατφόρμας. Στις κορυφές αυτές πέραν των κατακόρυφων κυλινδρικών σωμάτων που είναι εγκατεστημένα εκεί και χρησιμοποιούνται για την πα-



Εικόνα 12: Υβριδική πλατφόρμα REFOS

Floating Platform Geometry	
Diameter of inner concentric cylindrical body	14m
Draft of inner concentric cylindrical body	20m
Inner / outer diameter, respectively, of the oscillating chamber in each device	28 / 31m
Oscillating chamber's draft	8m
Spacing between offset columns	50m
Diameter of cross braces	1.6m
Diameter of the main column	12m
Draft of the main column	20m
Elevation of main column (tower base above SWL)	10m



Εικόνα 13: Διαστάσεις πλατφόρμας

ροχή της απαραίτητης άνωσης στην κατασκευή και για την αγκύρωση πάνω τους του συστήματος συγκράτησης της υβριδικής πλατφόρμας που αγκυρώνεται με κατακόρυφους υπό πρόενταση τένοντες (TLP type mooring), δημιουργούνται και οι θάλαμοι ταλάντωσης της υδάτινης στήλης. Για να επιτευχθεί αυτό, οι κατακόρυφοι κύλινδροι στις κορυφές της τριγωνικής πλατφόρμας περιβάλλονται από ομοαξονικούς εξωτερικούς κυλινδρικούς μανδύες, η ύπαρξη των οποίων δημιουργεί εσωτερική τοροειδή ελεύθερη επιφάνεια, η οποία ταλαντεύεται με την πρόσπτωση των κυματισμών στο εξωτερικό τοίχωμα του κυλινδρικού μανδύα που περιβάλλει τον εσωτερικό κύλινδρο και συμπαρασύρει στην ταλάντωση την υπερκείμενη της επιφάνειας του νερού αέρια μάζα, που με την κίνησή της δίνει κίνηση σε αεροστρόβιλο τύπου Wells. Αυτός με τη σειρά του κινεί ηλεκτρογεννήτρια.

Οι διαστάσεις της πλατφόρμας δίνονται στην Εικόνα 13. Οι διάμετροι των εσωτερικών κυλίνδρων στις κορυφές της τριγωνικής πλατφόρμας είναι 14 μέτρα, η διάμετρος του κυλινδρικού σώματος στο κέντρο της πλατφόρμας που χρησιμοποιείται για τη στήριξη της ανεμογεννήτριας είναι 12 μέτρα. Το βύθισμα των κυλινδρικών σωμάτων είναι 20 μέτρα. Η εσωτερική και η εξωτερική διάμετρος του κυλινδρικού μανδύα είναι 28 και 31 μέτρα αντίστοιχα, ενώ το βύθισμά του είναι 8 μέτρα. Οι διαστάσεις και το βύθισμα

Mooring system properties	
Number of Tendons	3
Mooring Line Length	180m
Depth to Fairleads Below SWL	20m
Mooring Line Diameter	1.219m
Mooring Line Thickness	0.0422m
Mooring Line stiffness k_{xx} of each tendon	104.0kN/m
Mooring Line stiffness k_{zz} of each tendon	173533kN/m
Pretension of each tendon	18838kN

Εικόνα 14: Χαρακτηριστικά του συστήματος αγκύρωσης

του εξωτερικού μανδύα επελέγησαν με τέτοιο τρόπο, ώστε σε ελεύθερη πλεύση το βάρος του να εξισορροπεί την άνωσή του όταν αυτός πλέει με βύθισμα 8 μέτρων, γεγονός που επιτρέπει τη μείωση των καμπτικών ροπών στις δοκούς σύνδεσης των κυλίνδρων μεταξύ τους.

Τα χαρακτηριστικά του συστήματος συγκράτησης με τους τένοντες παρουσιάζονται στην Εικόνα 14.

5.2 Περιβαλλοντικές Συνθήκες

Η υβριδική πλατφόρμα μελετήθηκε σε τρεις περιοχές εγκατάστασης, δύο στην περιοχή της Μεσογείου και μια στην Βόρειο Θάλασσα, με βάθος νερού 200 μέτρων. Στη Μεσόγειο εξετάσθηκε μια περιοχή στο Αιγαίο, κοντά στην Κάσο και μια δεύτερη περιοχή κοντά στην Σικελία, ενώ στη Βόρειο Θάλασσα εξετάσθηκε μια περιοχή στα ανοικτά των ακτών της Νορβηγίας. Οι τρεις περιοχές L1 (Κάσος), L2 (Σικελία) και L3 (Βόρεια Θάλασσα) με συντεταγμένες 35.34οN, 26.80οE (L1), 37.30οN, 12.69οE (L2) και 59.42οN, 3.40οE (L3), απεικονίζονται στην Εικόνα 15 [14].



Εικόνα 15: Εξετασθείσες θέσεις εγκατάστασης της πλατφόρμας REFOS. L1 και L2 στη Μεσόγειο (αριστερά), L3 στη Βόρεια θάλασσα (δεξιά)

Condition	Parameter	L1	L2	L3
Conditions with maximum U_w	U_w (m/s)	18.82	21.80	25.44
	H_s (m)	5.44	7.46	10.34
	T_p (s)	10.20	11.88	13.56
Conditions with maximum H_s	U_w (m/s)	18.76	21.52	25.36
	H_s (m)	5.48	7.50	10.36
	T_p (s)	10.28	11.90	13.56

Εικόνα 16: Ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος για τις τρεις θέσεις εγκατάστασης στην περιβάλλουσα των ακροτάτων τιμών με περίοδο επανάληψης 50 χρόνων.

Από την επεξεργασία χρονοσειρών δεδομένων προβλέψεων του κυματικού και αιολικού κλίματος διάρκειας 110 χρόνων στις τρεις περιοχές εγκατάστασης, προέκυψαν οι περιβαλλοντικές συνθήκες σχεδίασης για την κατάσταση λειτουργίας, καθώς και για τις ακραίες συνθήκες επιβίωσης της πλατφόρμας με περίοδο επαναφοράς 50 χρόνων. Στην Εικόνα 16 περιλαμβάνεται πίνακας με τις ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες σχεδίασης στις τρεις θέσεις εγκατάστασης για περίοδο επανεμφάνισης 50 χρόνων που αντιστοιχούν στην κατάσταση μέγιστης ταχύτητας ανέμου και μέγιστου σημαντικού ύψους κύματος.

5.3 Αριθμητικοί Υπολογισμοί

Οι αριθμητικοί υπολογισμοί για την εκτίμηση της συζευγμένης υδρο-αερο-ελαστικής συμπεριφοράς της πλωτής υβριδικής ανεμογεννήτριας και κυματικής μηχανής έγιναν στο πεδίο των συχνοτήτων και του χρόνου.

Για την επίλυση των εξισώσεων της κίνησης της αγκυρωμένης κατασκευής στο πεδίο των συχνοτήτων χρησιμοποιήθηκε μοντέλο χαμηλής τάξης για την αναγωγή της ελαστικής συμπεριφοράς της ανεμογεννήτριας στους έξι βαθμούς ελευθερίας της πλωτής πλατφόρμας στήριξης, με την αεροδυναμική της A/Γ να λαμβάνεται υπόψη μόνον μέσω της σταθερής ώσης που ασκείται σε αυτήν.

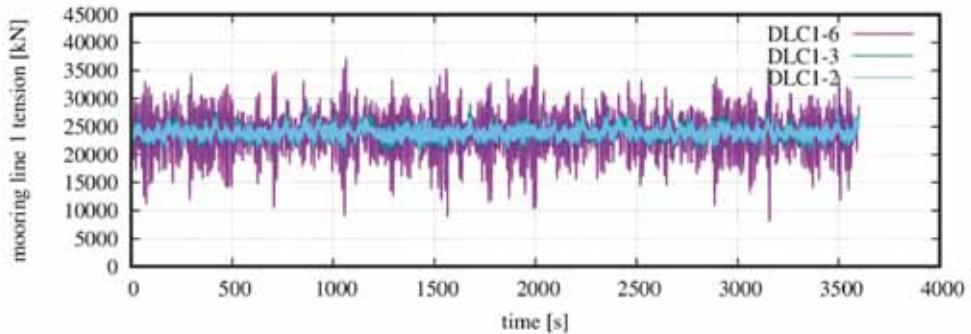
Η επίλυση στο πεδίο των συχνοτήτων προσφέρει ένα γρήγορο υπολογιστικό εργαλείο κατά τα πρώτα στάδια της σχεδίασης για την ταχεία επιλογή / απόρριψη εναλλακτικών σχεδιάσεων, οι οποίες στη συνέχεια θα αναλυθούν με τη λεπτομερή και μη γραμμική συζευγμένη υδρο – αερο – σερβο –ελαστική ανάλυση στο πεδίο των συχνοτήτων που λαμβάνει υπόψη της την υδροδυναμική του πλωτήρα, την αερο-ελαστικότητα της ανεμογεννήτριας, την τυρβώδη ροή του πεδίου ανέμου, καθώς και τα χαρακτηριστικά του συστήματος αγκύρωσης.

Οι υπολογισμοί στο πεδίο του χρόνου έγιναν σε επιλεγμένες περιπτώσεις φορτίσεων σχεδίασης (Design Load Cases), που περιλαμβάνουν καταστάσεις λειτουργίας για την εκτίμηση της κοπωτικής συμπεριφοράς της κατασκευής, αλλά και ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες σχεδίασης.

Οι περιπτώσεις φορτίσεων που εξετάστηκαν κατά τους υπολογισμούς στο πεδίο των χρόνων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 που ακολουθεί. Η επεξήγηση των συμβολισμών έχει ως εξής: NTM: Normal Turbulence Model, ETM: Extreme Turbulence Model, NSS: Normal Sea State, SSS: Severe Sea State, ESS: Extreme Sea State.

Πίνακας 1: Καθορισμός περιπτώσεων φορτίσεων σχεδίασης (Design Load Cases, DLC's)

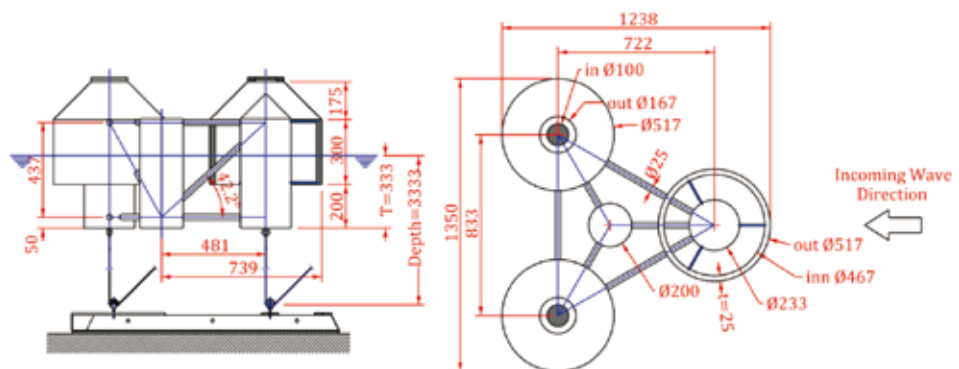
DLC	Wind	Wave	Wind speed	Wind/Wave Dir.	Analysis	SF	#cases
1.2	NTM	NSS	05-25, 4m/s	0deg	FLS	-	6
1.3	ETM	NSS	13-25, 4m/s	0deg	ULS	1.35	4
1.6	NTM	SSS	13-25, 4m/s	0deg	ULS	1.35	4
6.2	EWM	ESS	50-year	0, 30, 60deg	ULS	1.10	3



Εικόνα 17: Χρονικές ιστορίες των δυνάμεων στον τένοντα που είναι άμεσα εκτεθειμένος στη δράση των κυμάτων

Οι υπολογισμοί στο πεδίο των χρόνων έγιναν με τη χρήση του λογισμικού hGAST [14] – [16] για την εκτίμηση των καταστάσεων κόπωσης (FLS) και των ακραίων συνθηκών επιβίωσης (ULS) σε διάφορα σημεία σύνδεσης (σύστημα συγκράτησης – πυθμένα, σύστημα συγκράτησης – πλωτού, πύργου ανεμογεννήτριας – πλωτής κατασκευής και περυγίων – πλήμνης).

Ενδεικτική χρονοσειρά αποτελεσμάτων παρουσιάζεται στην Εικόνα 17 που απεικονίζει τη χρονική ιστορία της αναπτυσσόμενης δύναμης στο σημείο σύνδεσης του τένοντα που είναι συνδεδεμένος με την πλωτή κατασκευή στον άμεσα εκτεθειμένο στη δράση των κυματισμών θάλαμο ταλάντωσης για τρεις περιπτώσεις φορτίσεων σχεδίασης DLCs 1.2, 1.3 και 1.6 με 13m/s ταχύτητα ανέμου για τη θέση στη Βόρεια Θάλασσα. Τα αποτελέσματα έχουν ληφθεί από το [17].



Εικόνα 18: 2-D γενική διάταξη του υπό κλίμακα 1:60 μοντέλου της πλατφόρμας of the REFOS, (α) πλάγια όψη, (β) κάτωψη. Όλες οι διαστάσεις είναι σε mm [13].

5.4 Πειράματα υπό κλίμακα

Για την εκτίμηση της δυναμικής συμπεριφοράς σε κυματισμούς της πλωτής ανεμογεννήτριας, έγιναν πειράματα σε πρότυπο υπό κλίμακα 1:60 (βλέπε Εικόνα 18) στην πειραματική δεξαμενή προτύπων του Εργαστηρίου Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ. Πολυτεχνείου, ακολουθώντας τον νόμο του Froude.

Το μοντέλο αποτελείται από: (α) τρεις κατακόρυφους κυλίνδρους στις κορυφές της τριγωνικής πλατφόρμας, που αποτελούν τους τρεις κύριους ανωστικούς όγκους της κατασκευής, (β) έναν κύλινδρο στο κέντρο της τριγωνικής πλατφόρμας για τη στήριξη της ανεμογεννήτριας, (γ) οριζόντια και διαγώνια συνδετήρια στοιχεία, (δ) κυλινδρικούς θαλάμους συμπίεσης των συσκευών ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης, που περιβάλλουν στις τρεις κορυφές της πλατφόρμας τους κυλίνδρους άνωσης, (ε) τα κωνικά σκέπαστρα των θαλάμων συμπίεσης των συσκευών ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης, (στ) τον πύργο της ανεμογεννήτριας και τη βάση της, (ζ) την πλήμνη της ανεμογεννήτριας, (η) τον δρομέα της, (θ) τους υπό προέκταση κατακόρυφους τένοντες συγκράτησης και (ι) τη βάση για τη σύνδεση των τενόντων συγκράτησης με τον πυθμένα της δεξαμενής (βλέπε Εικόνα 19 [13] και Εικόνα 20).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ενδεικτικά πειραματικά αποτελέσματα και συγκρίσεις τους με τις αντίστοιχες θεωρητικές προβλέψεις. Στην Εικόνα 21(α) και 21(β) παρουσιάζονται οι πειραματικές μετρήσεις για τις οριζόντιες μετατοπίσεις της κατασκευής στις τρεις θέ-



Εικόνα 19: Το υπό κλίμακα 1:60 πρότυπο της πλατφόρμας 1/60: (α) αριστερά η βάση συγκράτησης του TLP συστήματος αγκύρωσης, (β) κέντρο άνω: ανωστικοί κύλινδροι της πλατφόρμας και τοιχώματα των συσκευών ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης, (γ) δεξιά: το πρότυπο στην πειραματική δεξαμενή, (δ) κέντρο κάτω: θάλαμοι συσκευών ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης με τα κωνικά τους σκέπαστρα εκτός της πειραματικής δεξαμενής.



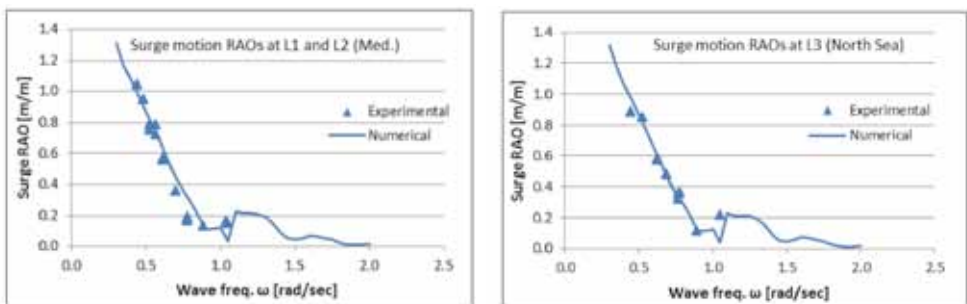
Εικόνα 20: Υπό κλίμακα πειράματα της πλατφόρμας REFOS στην πειραματική δεξαμενή του Εργαστηρίου Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π.

σεις εγκατάστασης ως συνάρτηση της κυκλικής συχνότητας πρόσπτωσης του κυματισμού και οι συγκρίσεις τους με τους θεωρητικούς υπολογισμούς στο πεδίο των συχνοτήτων.

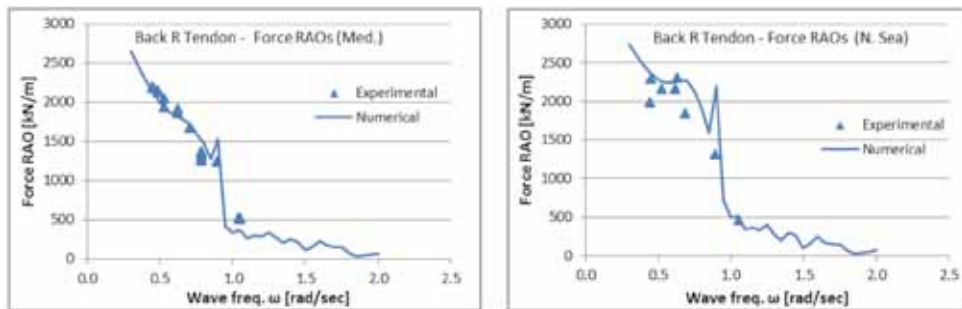
Στην Εικόνα 22 παρουσιάζονται οι μετρηθείσες και υπολογισθείσες τιμές των δυνάμεων που ασκούνται στους πίσω δεξιά τένοντες συγκράτησης, στο σημείο σύνδεσής τους με την πλατφόρμα, για τη Μεσόγειο (αριστερά) και τη Βόρειο Θάλασσα (δεξιά). Οι δυσμενέστερες περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στη Βόρειο Θάλασσα μεταφράζονται και σε αυξημένες τιμές των δυνάμεων στους κλάδους συγκράτησης της πλατφόρμας για αυτή την τοποθεσία της εγκατάστασης.

Στην Εικόνα 23 παρουσιάζονται αριθμητικά και πειραματικά αποτελέσματα που αφορούν στις συναρτήσεις μεταφοράς των πιέσεων που αναπτύσσονται στους θαλάμους συμπίεσης της άμεσα εκτεθειμένης στη δράση των κυματισμών συσκευής ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης για τη Μεσόγειο και τη Βόρειο Θάλασσα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως συνάρτηση της συχνότητας πρόσπτωσης του θαλάσσιου κυματισμού. Τα πειραματικά και αριθμητικά αποτελέσματα συγκρίνονται πολύ καλά μεταξύ τους.

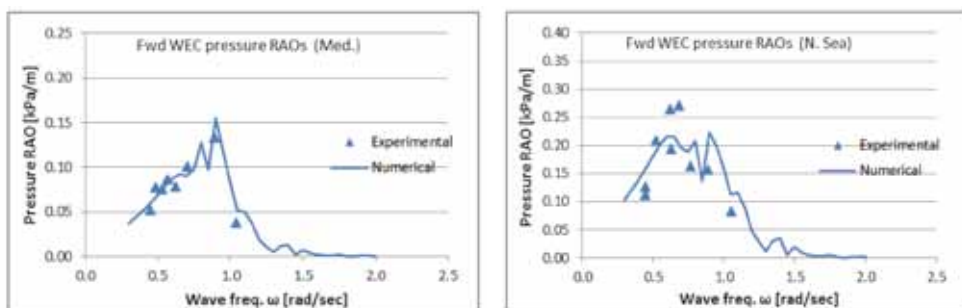
Στην Εικόνα 24 παρουσιάζεται η συνάρτηση μεταφοράς της επιτάχυνσης της πλατ-



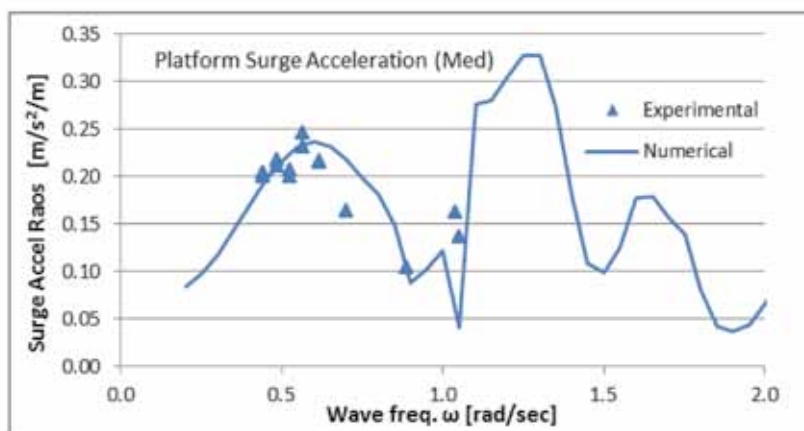
Εικόνα 21: Οριζόντια μετατόπιση της πλατφόρμας REFOS και συγκρίσεις αριθμητικών και πειραματικών αποτελεσμάτων για τις θέσεις εγκατάστασης: (α) στη Μεσόγειο και (β) στη Βόρειο Θάλασσα.



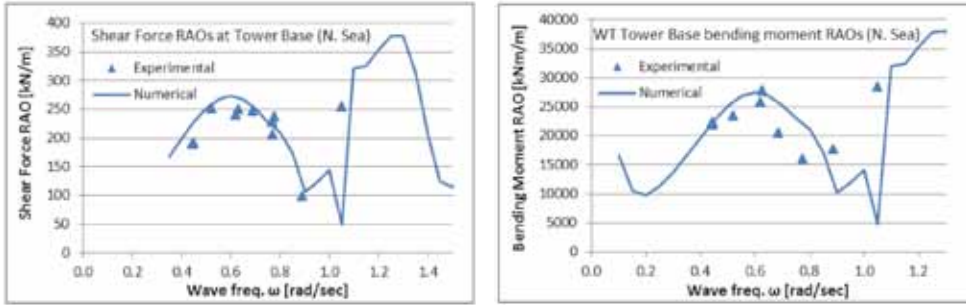
Εικόνα 22: REFOS συγκρίσεις των δυνάμεων στους τένοντες συγκράτησης: (α) αριστερά: πίσω δεξιά τένοντας στη Μεσόγειο, (β) δεξιά: πίσω δεξιά τένοντας στη Βόρειο Θάλασσα.



Εικόνα 23: REFOS συναρτήσεις μεταφοράς και συγκρίσεις των αναπτυσσόμενων πιέσεων στους θαλάμους της ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης: (α) αριστερά: πίεση στον εμπρόσθιο θάλαμο, Μεσόγειος, (β) πίεση στον εμπρόσθιο θάλαμο, Βόρειος Θάλασσα.



Εικόνα 24: Συνάρτηση μεταφοράς της επιτάχυνσης στην οριζόντια κίνηση στη Μεσόγειο



Εικόνα 25: Συνάρτηση μεταφοράς της διατμητικής δύναμης (αριστερά) και της ροπής πάκτωσης (δεξιά) στη βάση του πυλώνα της ανεμογεννήτριας, στο σημείο σύνδεσής της με την κατασκευή για την περιοχή της Βόρειας Θάλασσας.

φόρμας στην οριζόντια κίνηση (surge) για τη Μεσόγειο για διάφορες συχνότητες πρόσπτωσης των κυματισμών. Γίνονται συγκρίσεις μεταξύ αριθμητικών και πειραματικών αποτελεσμάτων με καλή μεταξύ τους συσχέτιση.

Τέλος στην Εικόνα 25 παρουσιάζονται τα αριθμητικά και πειραματικά αποτελέσματα που αφορούν στις συναρτήσεις μεταφοράς των διατμητικών δυνάμεων και ροπών στη βάση του πυλώνα της ανεμογεννήτριας, στο σημείο που πακτώνεται στην πλατφόρμα, για την περίπτωση της Βόρειας Θάλασσας. Τα αποτελέσματα έχουν προκύψει από τη χρήση της ανάλυσης στο πεδίο των χρόνων και παρουσιάζονται για διάφορες συχνότητες των προσπιπτόντων κυματισμών. Η σύγκριση μεταξύ των πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων κρίνεται ικανοποιητική.

6. Βιβλιογραφία

1. Wind Europe Organization, 2021, "Offshore Wind in Europe - key trends and statistics 2020", report.
2. Wind Europe Organization, 2017, "Wind Energy in Europe, Scenarios for 2030", report
3. "Hywind" project. Available at: <https://www.equinor.com/en/news/worlds-first-floating-wind-farm-started-production.html>
4. "WindFloat Atlantic" project. Available at: <https://edp.com/en/innovation/windfloat>
5. IEEE Spectrum. Available at: <https://spectrum.ieee.org/green-tech/wind/for-the-first-time-wind-power-will-be-profitable-without-subsidies>
6. Wind Power Engineering, Available at: www.windpowerengineering.com
7. Offshore Wind Journal, Available at: https://www.owjonline.com/news/view,floating-wind-costs-could-fall-to-40mwh-by-2030_54449.html
8. Van Kuik G.A.M., et al., 2016, 'Long-term research challenges in wind energy – a research agenda by the European Academy of Wind Energy, Wind Energy Science, 1, 1-39
9. IRENA, 2018, Renewable capacity highlights. 31 March 2018
10. World Energy Council, Marine Energy 2016, report
11. Pérez-Collazo C., Morten M., Jakobsen M., Buckland H., Fernández-Chozas J., 2012, "Synergies for a Wave-Wind Energy Concept", INORE (International Network in Offshore Renewable Energies) Symposium, Denmark, May.
12. REFOS: Life-Cycle Assessment of a Renewable Energy Multi-Purpose Floating Offshore System, RFCS (2016-2019), www.refos-project.eu: Life cycle approach of a hybrid floating platform design for wind and wave energy resources exploitation
13. Konispoliatis D.N., Katsaounis G.M., Manolas D.I., Soukissian T.H., Polyzos S., Mazarakos T.P., Voutsinas S.G., Mavrakos S.A. "REFOS: A Renewable Energy Multi-Purpose Floating Offshore Systems", Energies 2021, 14, <https://doi.org/10.3390/en14113126>
14. Riziotis V.A., Voutsinas S.G. (1997) "GAST: A General Aerodynamic and Structural Prediction Tool for Wind Turbines", EWEC'97, Dublin.
15. Manolas D.I., Riziotis V.A., Voutsinas S.G. (2014). Assessing the importance of geometric non-linear effects in the prediction of wind turbine blade loads. Computational and Non-linear Dynamics Journal, Vol. 10, 041008.
16. Manolas D., "Hydro-aero-elastic analysis of offshore wind turbines," PhD Thesis, NTUA, Athens, 2015.
17. Manolas D., Konispoliatis D., Voutsinas S., Mavrakos S.A.: "Fully Coupled analysis in time domain of the REFOS Multi-Purpose Floating Offshore System", ASME International Offshore Wind Turbine Conference 2019 (IOWTC2019), 3 – 6 November, Malta.

Καινοτόμα συστήματα απορρόφησης ταλαντώσεων σε πυλώνες ανεμογεννητριών

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΣΑΠΟΥΝΤΖΑΚΗΣ

Καθηγητής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών,
Αντιπρύτανης Οικονομικών, Προγραμματισμού και Ανάπτυξης
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2019-2023
e-mail: cvsapoun@central.ntua.gr

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΠΑΣΑΚΑΛΗΣ

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
kostiskapasakalis@hotmail.com

Εργαστήριο Στατικής και Αντισεισμικών Ερευνών,
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

Περίληψη

Η εφαρμογή δυναμικών συστημάτων απορρόφησης ταλαντώσεων (ΔΣΑ) σε ανεμογεννήτριες (ΑΓ) έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την ισοδύναμη απόσβεση των πυλώνων τους, αυξάνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής τους. Οι αποσβεστήρες συντονιζόμενης μάζας (ΑΣΜ) θεωρούνται σημείο αναφοράς για τη βελτίωση της δυναμικής συμπεριφοράς πυλώνων ΑΓ. Ωστόσο, η αποδοτικότητά τους περιορίζεται από την ανάγκη για χρήση βαρών μαζών σε συνδυασμό με το σημείο τοποθέτησής τους. Για το λόγο αυτό προτείνονται δύο εναλλακτικά συστήματα απορρόφησης ταλαντώσεων. Το πρώτο είναι εμπνευσμένο από τη σεισμική μόνωση και συνίσταται στην αποσύζευξη του πυλώνα από τη γεννήτρια μέσω ασθενούς συνδέσμου, ενώ το δεύτερο βασίζεται στον ταλαντωτή KD amper, ο οποίος είναι ουσιαστικά μία επέκταση του ΑΣΜ με την προσθήκη ενός στοιχείου αρνητικής στιβαρότητας (ΣΑΣ). Έτσι, αντί για την αύξηση της πρόσθετης μάζας, η απορρόφηση ταλαντώσεων επιτυγχάνεται με την αύξηση του ΣΑΣ. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η αποτελεσματικότητα των προαναφερθέντων συστημάτων, τα οποία στοχεύουν στην αύξηση της ισοδύναμης απόσβεσης πυλώνων ανεμογεννητριών.

Λέξεις-Κλειδιά: Απορρόφηση Ταλαντώσεων, Απόσβεση, Ανεμογεννήτριες, Αρνητική Στιβαρότητα, Αποσβεστήρες Συντονιζόμενης Μάζας.

1. Εισαγωγή

Καθώς η αιολική ενέργεια αναπτύσσεται διαρκώς σε παγκόσμιο επίπεδο, τα αιολικά πάρκα είναι πιθανό να αποτελέσουν σημαντικό μέρος της συνολικής παραγωγής αιολικής ενέργειας, και να συνεισφέρουν σημαντικά στη συνολική παραγωγή ενέργειας σε ορισμένες χώρες. Ωστόσο, ο ετήσιος ρυθμός εγκατάστασης ανεμογεννητριών μειώνεται τα τελευταία χρόνια, σε σύγκριση με την αρχή της βιομηχανικής τους ανάπτυξης, ενώ ταυτόχρονα έχουν καταγραφεί πολλές αστοχίες σε υπάρχουσες ανεμογεννήτριες λόγω δομικών βλαβών. Ένα είδος δυναμικής διέγερσης που μπορεί να προκαλέσει αστοχία λόγω φαινομένων κόπωσης ή υπέρβασης της φέρουσας ικανότητας στους πυλώνες ή και στις θεμελιώσεις υπεράκτιων αλλά και χερσαίων ανεμογεννητριών είναι τα φορτία ανέμου. Έτσι, κύρια προτεραιότητα είναι η προστασία των δομικών στοιχείων ανεμογεννητριών (πυλώνας, θεμελίωση) μέσω συστημάτων ελέγχου.

Τα παραπάνω δεδομένα έχουν ωθήσει την ερευνητική κοινότητα προς την ανάπτυξη παθητικών, ημι-ενεργητικών και ενεργητικών συστημάτων ελέγχου, στα οποία, μεταξύ άλλων, συγκαταλέγονται: (i) αποσβεστήρες συντονιζόμενης μάζας (TMD) (Den Hartog, 1956; Frahm, 1911), (ii) inerters (στοιχεία αδράνειας) (Smith, 2002), (iii) μονωτές αρνητικής στιβαρότητας και ταλαντωτές «οιονεί μηδενικής στιβαρότητας» (QZS) (Molyneaux, 1957; Platus & L.Platus, 1992) και (iv) συστήματα απορρόφησης ταλαντώσεων με στοιχεία αρνητικής στιβαρότητας (KDampers). Έχοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη καινοτόμων συστημάτων απορρόφησης ταλαντώσεων, τα οποία να συνδυάζουν τα ευεργετικά χαρακτηριστικά των προαναφερθέντων συστημάτων (TMDs, inerters, στοιχεία αρνητικής στιβαρότητας), χωρίς όμως να εμφανίζουν τα αντίστοιχα μειονεκτήματά τους.

Κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη καινοτόμων δυναμικών συστημάτων ελέγχου ταλαντώσεων, βασισμένων στον ταλαντωτή KDamper, για την προστασία ανεμογεννητριών από αεροδυναμικά φορτία. Ο ταλαντωτής KDamper (Antoniadis et al., 2018; Karasakalis et al., 2020, 2021) αποτελεί μια επέκταση της αρχής του κλασσικού ταλαντωτή ελέγχου δονήσεων TMD. Η διαφορά έγκειται στην εισαγωγή ενός στοιχείου αρνητικής στιβαρότητας. Εξ ορισμού, ο όρος «στοιχείο αρνητικής στιβαρότητας» συνεπάγεται ότι ο ρυθμός μεταβολής της δύναμης που ασκεί το στοιχείο συναρτήσει της παραμόρφωσής του εκατέρωθεν μιας θέσης ισορροπίας είναι αρνητικός. Η γενική ιδέα του KDamper βασίζεται στην τοποθέτηση ενός ασταθούς στοιχείου αρνητικής στιβαρότητας μέσα σε ένα ευσταθές περιβάλλον. Με την προσθήκη αυτή, ενισχύεται η αδρανειακή επίδραση της πρόσθετης μάζας του TMD, με την ελαστική δύναμη του εν λόγω στοιχείου, καθώς είναι σε φάση με την αδρανειακή δύναμη από την πρόσθετη μάζα του TMD. Αυτό οδηγεί στη βελτίωση των χαρακτηριστικών απόσβεσης του ταλαντωτή, χωρίς να είναι απαραίτητη η αύξηση της πρόσθετης μάζας.

Για τον βέλτιστο σχεδιασμό των προτεινόμενων συστημάτων απορρόφησης ταλα-

ντώσεων με βάση τον KDamper, διατυπώθηκε πρόβλημα βελτιστοποίησης βασισμένο σε τεχνικά κριτήρια, ώστε να ληφθούν υπόψη γεωμετρικοί αλλά και κατασκευαστικοί περιορισμοί. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε ρεαλιστικό μοντέλο για τη δυναμική προσομοίωση του πυλώνα της ανεμογεννήτριας, το οποίο διευκολύνει την εισαγωγή των προτεινόμενων δυναμικών συστημάτων απορρόφησης ταλαντώσεων σε πυλώνες ανεμογεννητριών για τη δυναμική προστασία αυτών αλλά και της θεμελίωσής τους από αεροδυναμικά φορτία, μέσω της αύξησης της ισοδύναμης απόσβεσης των πυλώνων τους. Για τη διαπίστωση της αποδοτικότητας των προτεινόμενων συστημάτων εξετάζονται και ευρέως χρησιμοποιούμενα συστήματα ελέγχου από τη διεθνή βιβλιογραφία.

2. Μεθοδολογία και Αριθμητική Προσομοίωση

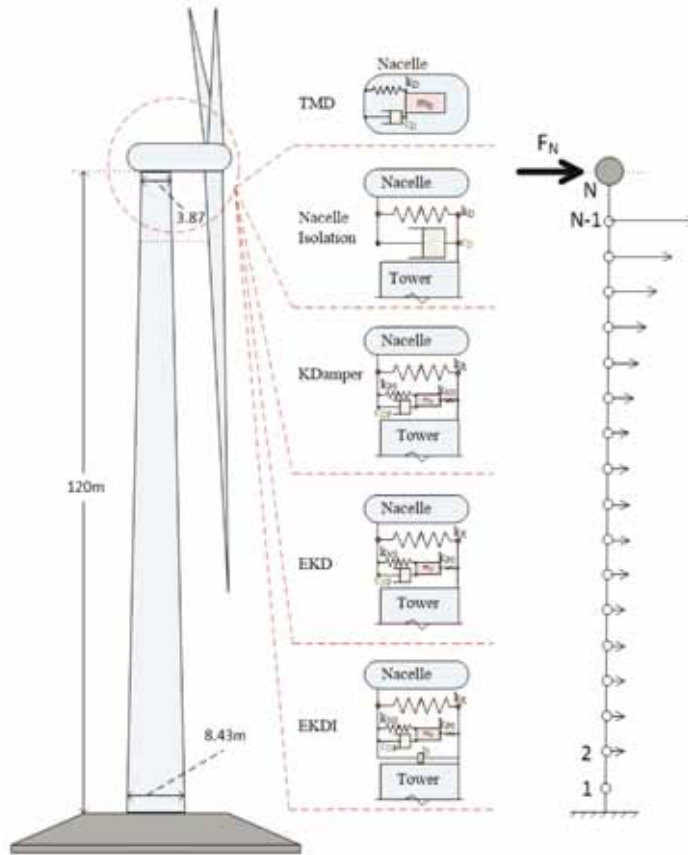
Για να μπορέσουμε να εισαγάγουμε αλλά και να βελτιστοποιήσουμε τα εξεταζόμενα δυναμικά συστήματα απορρόφησης ταλαντώσεων, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη ενός δυναμικού μοντέλου του πυλώνα της ανεμογεννήτριας που να διευκολύνει την εισαγωγή των συστημάτων αυτών. Ο πυλώνας της ανεμογεννήτριας είναι κυκλικής κοίλης διατομής και υποστηρίζει την 5-MW γεννήτρια (Quilligan et al., 2012). Για να ληφθούν υπόψη οι αδρανειακές δυνάμεις από τα μηχανικά μέρη (κέλυφος, ρότορας, πτερύγια) τοποθετείται μια συγκεντρωμένη μάζα στην κορυφή του πυλώνα $m_{top} = 403.22 \text{ tn}$. Ο πυλώνας μοντελοποιείται από πρισματικά στοιχεία δοκού, με τους μετατοπισιακούς βαθμούς ελευθερίας να θεωρούνται οι δυναμικοί βαθμοί ελευθερίας. Οι επιπλέον θεωρήσεις που λαμβάνονται υπόψη για τη μοντελοποίηση του πυλώνα είναι: (i) ο πυλώνας της ανεμογεννήτριας παραμένει στα ελαστικά όρια κατά τη διάρκεια της διέγερσης, (ii) η επιρροή της αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής δεν λαμβάνεται υπόψη, και (iii) οι αξονικοί βαθμοί ελευθερίας δεν λαμβάνονται υπόψη στην ανάπτυξη του μοντέλου. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται το δυναμικό μοντέλο του πυλώνα με πρισματικά στοιχεία δοκού.

Οι εξισώσεις κίνησης της ανεμογεννήτριας θεωρώντας ισορροπία δυνάμεων στη θέση κάθε ενός βαθμού ελευθερίας είναι:

$$[M_S]\{\ddot{X}_S\} + [C_S]\{\dot{X}_S\} + [K_S]\{X_S\} = [P_S] \pm [M_S][I]\ddot{X}_G \quad (1)$$

όπου $[M_S]$, $[C_S]$ και $[K_S]$ είναι τα μητρώα μάζας, απόσβεσης και στιβαρότητας της αρχικής ανεμογεννήτριας, αντίστοιχα, τάξης μεγέθους $(N \times N)$, N υποδεικνύοντας τον αριθμό των πρισματικών στοιχείων δοκού που επιλέχθηκαν για τη μοντελοποίηση του πυλώνα. Το μητρώο απόσβεσης μορφώνεται με την Rayleigh προσέγγιση χρησιμοποιώντας λόγο απόσβεσης για όλες τις ιδιομορφές 1% (Quilligan et al., 2012). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν $N = 24$ πρισματικά στοιχεία δοκού.

Για να επιβεβαιώσουμε την αποτελεσματικότητα και την εγκυρότητα του προτεινόμενου μοντέλου, πραγματοποιήθηκαν απλοποιημένες αναλύσεις και συγκρίσεις με λογισμικό πεπερασμένων στοιχείων (FEM). Πιο συγκεκριμένα, στον Πίνακα 1 παρουσι-



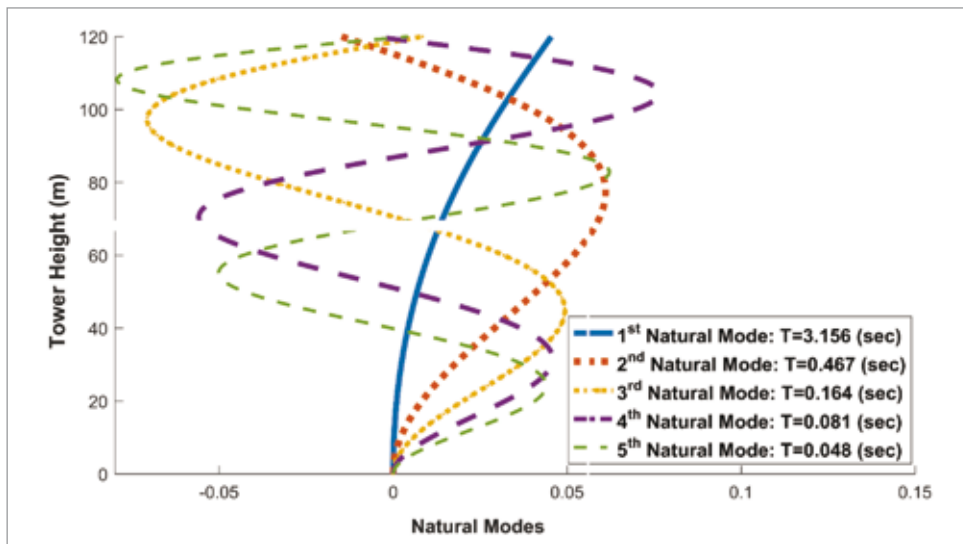
Σχήμα 1: Παρουσίαση των εξεταζόμενων συστημάτων και δυναμικό μοντέλο της ανεμογεννήτριας με πρισματικά στοιχεία δοκού

άζονται οι πρώτες 5 ιδιοπερίοδοι του πυλώνα με FEM και με το προτεινόμενο μοντέλο για $N=24$ πρισματικά στοιχεία, ενώ στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται οι πρώτες 5 κανονικές μορφές ταλάντωσης. Επιπροσθέτως, η μετατόπιση της κορυφής του πυλώνα παρουσιάζεται στον Πίνακα 1, για μια συγκεντρωμένη στατική δύναμη στην κορυφή του πυλώνα $F_N = 1353.258 \text{ kN}$ (αρχική τιμή του αεροδυναμικού φορτίου που θα χρησιμοποιηθεί παρακάτω). Παρατηρούμε πως το προτεινόμενο δυναμικό μοντέλο είναι αρκετά ακριβές, όπως επιβεβαιώθηκε από τις προαναφερθείσες συγκρίσεις.

Οι εξισώσεις κίνησης της ανεμογεννήτριας με το οποιοδήποτε σύστημα ελέγχου θεωρώντας ισορροπία δυνάμεων στη θέση κάθε ενός βαθμού ελευθερίας είναι:

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = [P] \pm [M]\ddot{X}_G \quad (2)$$

όπου τα μητρώα μάζας $[M]$, απόσβεσης $[C]$, και στιβαρότητας $[K]$ είναι τάξης μεγέθους



Σχήμα 2. Πρώτες 5 κανονικές μορφές ταλάντωσης και τιμές των ιδιοπεριόδων της αρχικής ανεμογεννήτριας σύμφωνα με το προτεινόμενο δυναμικό μοντέλο

Πίνακας 1 Ιδιομορφές της αρχικής ανεμογεννήτριας και οι στατικές παραμορφώσεις της κορυφής του πυλώνα της ανεμογεννήτριας

	Eigenperiods (sec)					Στατική παραμόρφωση κορυφής πυλώνα X_{top} (m)
	T1	T2	T3	T4	T5	
Προτεινόμενο μοντέλο	3.156	0.467	0.164	0.081	0.048	0.7063
SOFiSTiK	3.164	0.474	0.172	0.089	0.056	0.711

$(N+n) \times (N+n)$. Όπως ειπώθηκε προηγουμένως, N εκφράζει τον αριθμό των πρισματικών στοιχείων δοκού που χρησιμοποιήθηκαν για τη μοντελοποίηση του πυλώνα της ανεμογεννήτριας, και n είναι οι επιπλέον βαθμοί ελευθερίας από το αντίστοιχο σύστημα ελέγχου. Επιπλέον, $\{X\} = \{\{X_N\}, \{X_n\}\}^T$ είναι το μητρώο των άγνωστων μετατοπίσεων όλων των βαθμών ελευθερίας σε σχέση με τη βάση του πυλώνα. Τα μητρώα μάζας $[M]$, απόβεσης $[C]$ και στιβαρότητας $[K]$ εκφράζονται ως:

$$[M] = \left[\begin{array}{cc} [M_S]_{N \times N} & [0]_{N \times n} \\ [0]_{n \times N} & [0]_{n \times n} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{cc} [M_{n,a}]_{N \times N} & [0]_{N \times n} \\ [0]_{n \times N} & [M_{n,d}]_{n \times n} \end{array} \right]_{(N+n) \times (N+n)} \quad (3.1)$$

$$[K] = \left[\begin{array}{cc} [K_S]_{N \times N} & [0]_{N \times n} \\ [0]_{n \times N} & [0]_{n \times n} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{cc} [K_{n,a}]_{N \times N} & -[K_{n,b}]_{N \times n} \\ -[K_{n,c}]_{n \times N} & [K_{n,d}]_{n \times n} \end{array} \right]_{(N+n) \times (N+n)} \quad (3.2)$$

$$[C] = \begin{bmatrix} [C_{s,N \times N}] & [0]_{N \times n} \\ [0]_{n \times N} & [0]_{n \times n} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} [C_{n,a}]_{N \times N} & -[C_{n,b}]_{N \times n} \\ -[C_{n,c}]_{n \times N} & [C_{n,d}]_{n \times n} \end{bmatrix}_{(N+n) \times (N+n)} \quad (3.3)$$

όπου τα υπομητρώα $[M_{n,i}]$, $[C_{n,i}]$, και $[K_{n,i}]$ μορφώνονται ανάλογα με το εξεταζόμενο σύστημα. Στην παρούσα εργασία η βασική ταχύτητα ανέμου στα 10 m λαμβάνεται υπόψη με βάση τις διατάξεις του EC1, Part1,4 (EN 1991 - Wind actions, 2010), και έχει τιμή $V_b = 27.0 \text{ m/s}$ με τυπική απόκλιση $\sigma = 3.30 \text{ m/s}$ ($V_m(120\text{m}) = 39.93 \text{ m/s}$).

3. Βέλτιστος Σχεδιασμός Προτεινόμενων Συστημάτων

Ο σκοπός των προτεινόμενων δυναμικών συστημάτων, με βάση τον KDamper, είναι η βελτίωση της δυναμικής συμπεριφοράς των πυλώνων ανεμογεννητριών, μέσω της αύξησης της ισοδύναμης απόσβεσης των πυλώνων. Για να είναι ο σχεδιασμός των συστημάτων ελέγχου ρεαλιστικός και ταυτόχρονα αποτελεσματικός, πρέπει να επιβάλλονται περιορισμοί με βάση τεχνικά κριτήρια στα όρια των ελεύθερων παραμέτρων σχεδιασμού και στις δυναμικές αποκρίσεις του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα:

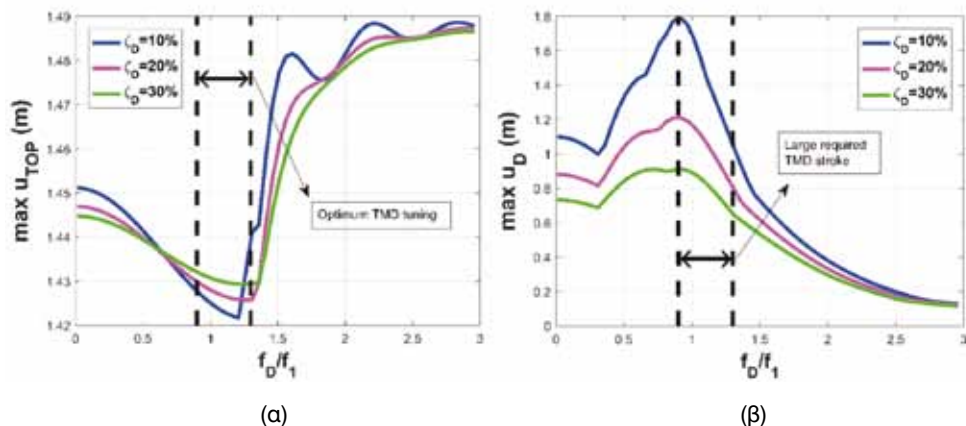
- i. Η μετατόπιση της κορυφής του πυλώνα της ανεμογεννήτριας τίθεται ως αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος βελτιστοποίησης.
- ii. Επιβάλλεται ένας γεωμετρικός περιορισμός που αφορά τη σχετική μετατόπιση της πρόσθετης μάζας (m_D) με την κορυφή του πυλώνα της ανεμογεννήτριας, $U_{D,REL} = U_D - U_{TOP}$. Το άνω όριο της σχετικής μετατόπισης $U_{D,REL}$ είναι 1.5 m, μικρότερο από την μισή διάμετρο της κορυφής του πυλώνα ($3.84/2 = 1.92 \text{ m}$).
- iii. Ένας ακόμα γεωμετρικός περιορισμός που επιβάλλεται είναι η σχετική μετατόπιση μεταξύ του κελύφους (nacelle) και της κορυφής του πύργου της ανεμογεννήτριας, $U_{NAC,REL} = U_{NAC} - U_{TOP}$, να είναι μικρότερη από 0.5 m.
- iv. Η πρόσθετη μάζα των KDamper-βασισμένων συστημάτων ελέγχου πρέπει να είναι σε ρεαλιστικά όρια [0.1 0.5] %, καθώς είναι εξαιρετικά ανεπιθύμητες μεγάλες τιμές πρόσθετης μάζας στην κορυφή του πυλώνα.
- v. Η ονομαστική συχνότητα f_D επιλέγεται στο εύρος [0.1 2.0] (Hz).
- vi. Το άνω όριο του λόγου μάζας του inerter μ_b τίθεται ίσο με 0.5.
- vii. Το άνω όριο των τεχνητών αποσβεστήρων είναι 1000 kNs/m.
- viii. Το άνω όριο της τιμής του στοιχείου αρνητικής στιβαρότητας τίθεται ίσο με -50 kN/m ανά tn μάζας, 50% μικρότερο συγκριτικά με (Antoniadis et al., 2018);

Για τον βέλτιστο σχεδιασμό του TMD, αρχικά παρουσιάζονται οι παράμετροί του:

$$\mu_D = m_D / m_{top} \quad (4.1)$$

$$\omega_D = 2\pi f_D = \sqrt{k_D / m_D} \quad (4.2)$$

$$\zeta_D = c_D / (2\omega_D m_D) = c_D / (2\sqrt{k_D m_D}) \quad (4.3)$$

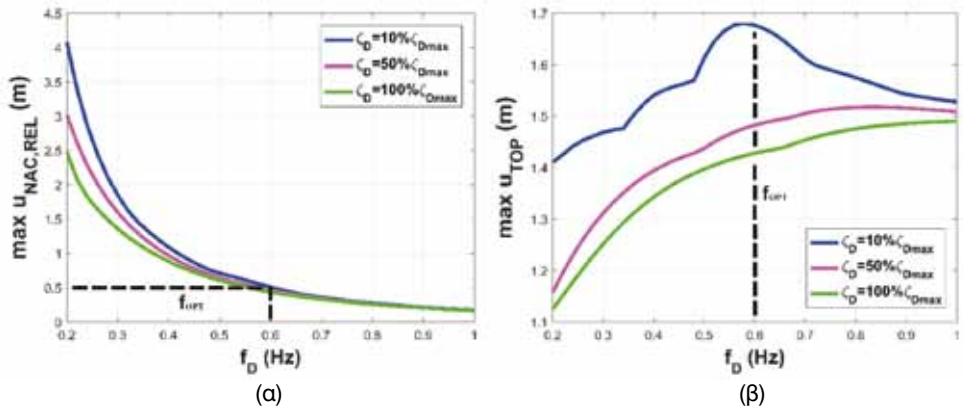


Σχήμα 3: Βέλτιστος σχεδιασμός του TMD. (α) Μέγιστη μετατόπιση του πυλώνα της ανεμογεννήτριας, και (β) μέγιστη μετατόπιση της πρόσθετης μάζας του TMD, σε σχέση με τη συχνότητα του TMD f_D/f_1 , για διάφορες τιμές του λόγου απόσβεσης ζ_D

όπου μ_D είναι ο λόγος μάζας της πρόσθετης μάζας του TMD. Μια συνήθης τακτική για τον βέλτιστο σχεδιασμό του TMD είναι ο συντονισμός των παραμέτρων του, Εξίσωση (4,2), με την ιδιοσυχνότητα του αρχικού συστήματος. Ο πυλώνας ανεμογεννήτριας είναι πολυβάθμιο σύστημα και κατ' επέκταση πρέπει να επιβεβαιώσουμε αν η προσέγγιση αυτή είναι όντως βέλτιστη στην περίπτωση που το TMD εφαρμόζεται σε πυλώνες ανεμογεννητριών. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η μέγιστη τιμή της απόκρισης της κορυφής του πυλώνα σε σχέση με τη συχνότητα συντονισμού του TMD, για διάφορες τιμές του λόγου απόσβεσης. Η πρόσθετη μάζα του TMD επιλέγεται ίση με 5%.

Η βέλτιστη τιμή της συχνότητας του TMD παρατηρείται στο εύρος $[0.9 \ 1.3]f_1$ της πρώτης ιδιοσυχνότητας του πυλώνα της ανεμογεννήτριας και επιλέγεται ως $1.25f_1=0.396 \text{ Hz}$. Ο λόγος απόσβεσης, όπως παρατηρείται από το Σχήμα 3, επηρεάζει σημαντικά τις μέγιστες δυναμικές αποκρίσεις και επομένως επιλέγεται ως 30%, τιμή που στη βιβλιογραφία θεωρείται ως ακραία, αλλά επιλέγεται για τον σκοπό της σύγκρισης.

Αναφορικά με το nacelle-isolation παθητικό σύστημα ελέγχου ταλαντώσεων, οι 2 ελεύθερες παράμετροι σχεδιασμού είναι το στοιχείο θετικής στιβαρότητας k_D , και ο τεχνητός αποσβεστήρας c_D . Επιβάλλονται οι αντίστοιχοι περιορισμοί με τα KDamper-βασισμένα συστήματα ελέγχου, δηλαδή η μέγιστη σχετική μετατόπιση μεταξύ nacelle-πυλώνα να είναι μικρότερη από 0.50 m και η μέγιστη τιμή του τεχνητού αποσβεστήρα 1000 kNs/m . Πραγματοποιήθηκαν παραμετρικές αναλύσεις και παρουσιάστηκαν στο Σχήμα 4, για να επιλέξουμε τις βέλτιστες παραμέτρους του συστήματος, που αναφέρονται παρακάτω. Οι παράμετροι σχεδιασμού για να πληρούνται οι περιορισμοί που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι $f_D=0.556 \text{ Hz}$ (οριακή περίπτωση όπου $u_{NAC,REL}=0.5 \text{ m}$), και $\zeta_D=35.5 \%$.



Σχήμα 4: Βέλτιστος σχεδιασμός του nacelle-isolation συστήματος ελέγχου.

(α) Επιλογή της συχνότητας συντονισμού, και (β) επιλογή του λόγου απόσβεσης του συστήματος

$$\omega_D = 2\pi f_D = \sqrt{k_D/m_{tot}} \quad (5.1)$$

$$\zeta_D = c_D/(2\omega_D m_D) = c_D/(2\sqrt{k_D m_{tot}}) \quad (5.2)$$

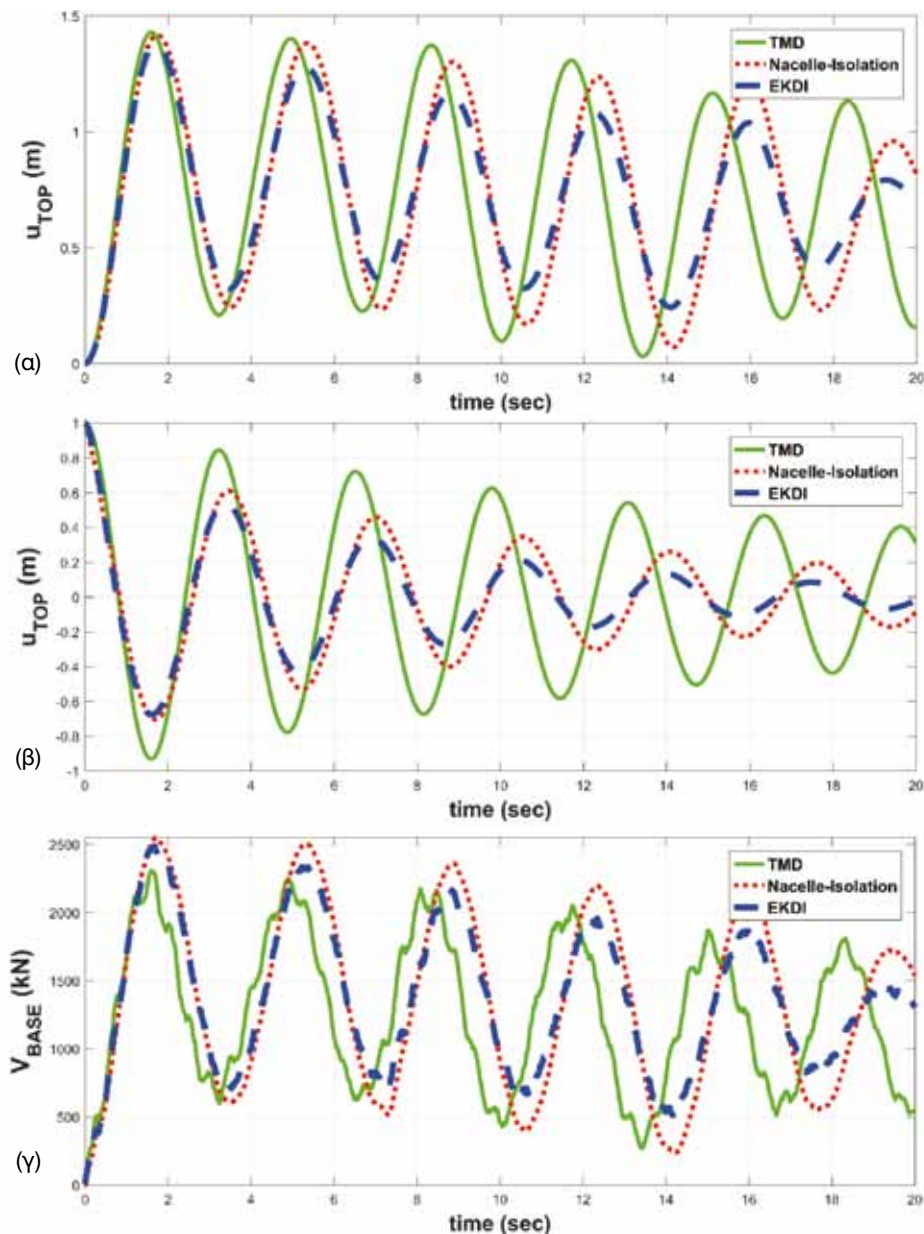
4. Αριθμητικά Αποτελέσματα

Για να αξιολογήσουμε την αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων συστημάτων ελέγχου, η απόδοσή τους συγκρίνεται με εκείνη των TMD και nacelle-isolation συστημάτων. Οι μέγιστες τιμές των δυναμικών αποκρίσεων του πυλώνα, της nacelle, αλλά και οι καινούριες τιμές του ισοδύναμου λόγου απόσβεσης του πυλώνα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Αναφορικά με τα συστήματα βασισμένα στον KDamper, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν πρόσθετη μάζα ίση με 0.1%.

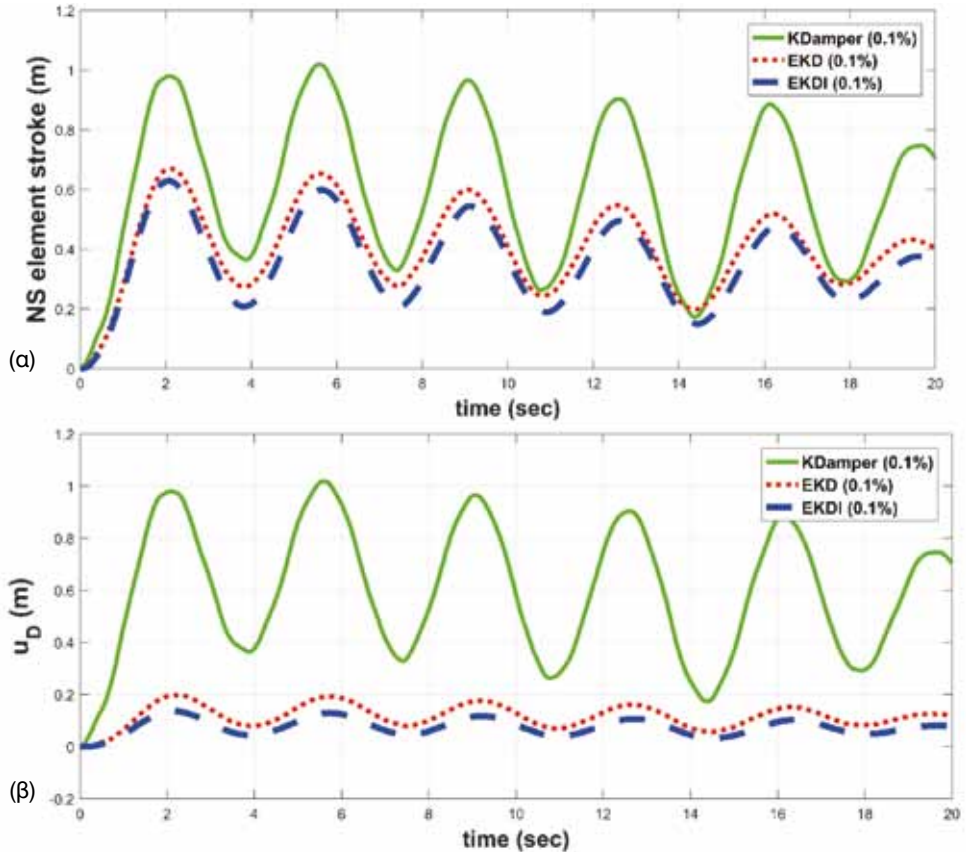
Πίνακας 2 Μέγιστες τιμές των δυναμικών αποκρίσεων του πυλώνα της ανεμογεννήτριας, της nacelle, αλλά και οι καινούριες τιμές του ισοδύναμου λόγου απόσβεσης του πυλώνα

	Αρχική ανεμογεννήτρια	TMD (5%)	Nacelle- isolation	KDamper (0.1%)	EKD (0.1%)	EKDI (0.1%)
u_{TOP} (m)	1.471	1.429	1.4167	1.436	1.394	1.377
ζ_{eff} (%)	1	2.68	7.82	6.14	8.55	9.81
V_{BASE} (kN)	2677.6	2308.6	2547.1	2620.7	2512.3	2487.5
θ (°)	1.424	1.391	1.368	1.391	1.347	1.331
$d\theta/dt$ (°/sec)	1.484	1.451	1.238	1.375	1.272	1.314
du_{NAC}/dt (m/sec)	1.448	1.406	1.703	1.740	1.652	1.647
u_D (m)	-	0.701	0.500	1.020	0.198	0.136
u_{NS} (m)	-	-	-	1.020	0.670	0.629

Στο Σχήμα 5.α και 5.β παρουσιάζονται οι δυναμικές αποκρίσεις της κορυφής του πυλώνα της ανεμογεννήτριας, όταν αυτή υποβάλλεται σε αεροδυναμικό φορτίο και σε ελεύθερη ταλάντωση, αντίστοιχα, για τα συστήματα ελέγχου TMD, nacelle-isolation, και EKDI.



Σχήμα 5: Δυναμικές αποκρίσεις της κορυφής του πυλώνα για: (α) το αεροδυναμικό φορτίο, (β) ελεύθερη ταλάντωση. (γ) Τέμνουσα βάσης λόγω του αεροδυναμικού φορτίου



Σχήμα 6: Δυναμικές αποκρίσεις της πρόσθετης μάζας των συστημάτων ελέγχου με βάση τον KDamper: (α) σχετική μετατόπιση μεταξύ των τερματικών του στοιχείου αρνητικής στιβαρότητας και (β) σχετική μετατόπιση της πρόσθετης μάζας, λόγω του αεροδυναμικού φορτίου

Στο Σχήμα 5.γ παρουσιάζεται η τέμνουσα βάσης της ανεμογεννήτριας, όταν αυτή υποβάλλεται στο αεροδυναμικό φορτίο, για τα συστήματα ελέγχου TMD, nacelle-isolation, και EKDI. Τέλος, στο Σχήμα 6 παρουσιάζονται οι δυναμικές αποκρίσεις που αφορούν την πρόσθετη μάζα των συστημάτων ελέγχου βασισμένων στον ταλαντωτή KDamper.

5. Συμπεράσματα

Με βάση τα αριθμητικά αποτελέσματα από την εφαρμογή των συστημάτων ελέγχου, βασισμένων στον ταλαντωτή KDamper, στον πυλώνα που υποστηρίζει την 5MW NREL ανεμογεννήτρια, παρουσιάζονται τα παρακάτω συγκεντρωτικά αποτελέσματα:

- i. Το δυναμικό μοντέλο του πυλώνα της ανεμογεννήτριας που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία είναι εύχρηστο για την εισαγωγή και βελτιστοποίηση των προτει-

νόμων συστημάτων ελέγχου, η εγκυρότητα του οποίου επιβεβαιώθηκε μέσα από σύγκριση με λογισμικό πακέτο βασισμένο σε FEM.

- ii. Η ισοδύναμη απόσβεση του πυλώνα της ανεμογεννήτριας αυξήθηκε σημαντικά με τα προτεινόμενα συστήματα ελέγχου (6.14%, 8.55%, 9.81%), όπως συγκρίθηκε με εκείνη του TMD (2.68%) με πρόσθετη μάζα 5%, και με του nacelle-isolation συστήματος (7.82%).
- iii. Τα προτεινόμενα δυναμικά συστήματα απορρόφησης ταλαντώσεων με βάση τον KDamper είναι πολύ πιο αποτελεσματικά σε σύγκριση με τον TMD, χρησιμοποιώντας 50 φορές μικρότερη πρόσθετη μάζα σε σύγκριση με του TMD.
- iv. Η δυναμική συμπεριφορά του πύργου της ανεμογεννήτριας παρουσίασε τη μεγαλύτερη βελτίωση με τα προτεινόμενα συστήματα ελέγχου, ενώ η δυναμική συμπεριφορά της nacelle δεν επηρεάστηκε σημαντικά.
- v. Οι προτεινόμενες διευρυμένες εκδόσεις του KDamper μειώνουν σημαντικά τη σχετική μετατόπιση των τερματικών του στοιχείου αρνητικής στιβαρότητας και άρα διευκολύνουν τον ρεαλιστικό σχεδιασμό του.
- vi. Η προσθήκη του στοιχείου αδράνειας inerter στη διευρυμένη έκδοση του KDamper έχει ευεργετικό ρόλο στη συνολική δυναμική συμπεριφορά της ανεμογεννήτριας.

Βιβλιογραφία

- Antoniadis I.A., Kanarachos S.A., Gryllias K. and Sapountzakis I.E., "*KDamping: A stiffness based vibration absorption concept*", JVC/Journal of Vibration and Control, 24(3), 588–606. <https://doi.org/10.1177/1077546316646514>, 2018.
- Den Hartog J.P., "*Mechanical Vibrations*", In McGraw-Hill, New York (4th ed). <https://doi.org/10.1038/161503c0>, 1956.
- EN 1991-1-4: Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions. (2010).
- Frahm H., "*Device for damping of bodies*", (Patent No. US patent #989958). In U.S. Patent (US patent #989958), 1911.
- Kapasakalis K.A., Antoniadis I.A. and Sapountzakis E.J., "*Performance assessment of the KDamper as a seismic Absorption Base*", Structural Control and Health Monitoring, 27(4). <https://doi.org/10.1002/stc.2482>, 2020.
- Kapasakalis K.A., Antoniadis I.A. and Sapountzakis E.J., "*Constrained optimal design of seismic base absorbers based on an extended KDamper concept*", Engineering Structures, 226. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111312>, 2021.
- Molyneaux W., "*Supports for Vibration Isolation*", ARC/CP-322, Aer Res Council, G. Britain, 1957.
- Platus D.L., "*Negative-stiffness-mechanism vibration isolation systems*", In: Proc. of SPIE, 1992, pp. 44–54, 1992.
- Quilligan A., O'Connor A. and Pakrashi V., "*Fragility analysis of steel and concrete wind turbine towers*", Engineering Structures, 36, 270–282. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.12.013>, 2012.
- Smith M.C., "*Synthesis of Mechanical Networks: The Inerter*", IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL, 47(10). <https://doi.org/10.1109/TAC.2002.803532>, 2002.

Abstract

The application of dynamic vibration absorbers (DVA) to Wind Turbine (WT) towers has the potential to significantly improve the damping of the tower, increasing thus the reliability of WTs. The Tuned Mass Damper (TMD) is considered a benchmark for vibration absorption of WT. However, its effectiveness is limited by the requirement of large masses, in association to its installation location. Thus, two alternative concepts are considered. First, the nacelle is released from the WT tower, using a low stiffness connection. This option is based on the seismic isolation concept. Alternatively, novel passive vibration absorption configurations are implemented, based on the KDamper concept. The KDamper is essentially an extension of the TMD, introducing negative stiffness (NS) elements. Instead of increasing the additional mass, the vibration absorption capability of the KDamper can be increased by increasing the value of the NS element. In this paper, the performance of these concepts is examined for increasing the damping of WT towers. Although all methods present a good behavior, the KDamper-based designs significantly increase the effective damping of the WT tower.

Keywords: Vibration Absorption, Damping, Wind Turbines, Negative Stiffness, Tuned Mass Dampers.

Επικήδριοι



**Ψήφισμα της Σύγκλητου
ΤΟΥ
ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ**

Η Σύγκλητος του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου εκφράζει τη βαθιά της θλίψη για τον θάνατο του πρώην Πρύτανη του ΕΜΠ και Ομότιμου Καθηγητή της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών

ΣΙΜΟΥ ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ

ο οποίος υπηρέτησε το ΕΜΠ από θέσεις ευθύνης με υποδειγματική αφοσίωση και υψηλή αίσθηση καθήκοντος και συνέβαλε σημαντικά, με το πολύπλευρο έργο του, στην ανάπτυξη των εκπαιδευτικών και ερευνητικών δραστηριοτήτων της Σχολής του και του ΕΜΠ.

ΨΗΦΙΖΕΙ

- Να εκπροσωπηθεί η Σύγκλητος στην κηδεία του
- Να αναρτηθεί μεσίστια η σημαία επί τριήμερο

Η εξόδιος ακολουθία θα τελεστεί τη Δευτέρα, 28/9/2020, ώρα 13:00, από τον Ιερό Ναό Αγίων Θεοδώρων, Α' Νεκροταφείο, σε πολύ στενό κύκλο λόγω των περιορισμών της πανδημίας.

Ο ΠΡΥΤΑΝΗΣ: Α.Γ. ΜΠΟΥΝΤΟΥΒΗΣ

ΟΙ ΑΝΤΙΠΡΥΤΑΝΕΙΣ: Ε. ΣΑΠΟΥΝΤΖΑΚΗΣ, Δ. ΓΚΙΝΤΙΔΗΣ, Ι. ΧΑΤΖΗΓΕΩΡΓΙΟΥ

ΟΙ ΚΟΣΜΗΤΟΡΕΣ ΤΩΝ ΣΧΟΛΩΝ: Ν. ΛΑΓΑΡΟΣ, Ν. ΜΑΡΜΑΡΑΣ, Ν. ΚΟΖΥΡΗΣ, Π. ΤΟΥΡΝΙΚΙΩΤΗΣ,
Γ. ΚΑΚΑΛΗ, Χ. ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ, Δ. ΚΑΛΙΑΜΠΑΚΟΣ, Γ. ΖΑΡΑΦΩΝΙΤΗΣ, Σ. ΚΟΥΡΚΟΥΛΗΣ.

Ο ΕΚΠΡΟΣΩΠΟΣ ΕΔΙΠ: Δ. ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ

Ο ΕΚΠΡΟΣΩΠΟΣ ΕΤΕΠ: Ε. ΤΣΟΥΚΑΤΟΥ

Επικήδειος

ΑΝΔΡΕΑ Γ. ΜΠΟΥΝΤΟΥΒΗ

Πρύτανη ΕΜΠ, για τον Σίμο Σιμόπουλο

28.09.2020

Αγαπητέ μου Σίμο,

Άξιε τιμής και φτωεινής μνήμης Πρύτανη του ΕΜΠ, ο κόσμος του Ιδρύματος σε προπέμπει σήμερα, έναν δικό του άνθρωπο, υπόδειγμα αφοσίωσης, προσφοράς, ακεραιότητας, ανθρωπιάς και αρχοντιάς.

Από φοιτητής έως και Πρύτανης, η ζωή σου γεμάτη από ΕΜΠ. Ιδρυματικός αλλά και ακαδημαϊκά κοσμοπολίτης, θεωρώντας και κατανοώντας σε βάθος και έκταση τα εντός, ταυτόχρονα διατηρώντας το μέτρο της διεθνούς διάστασης των πραγμάτων και των εξελίξεων.

Στιβαρός Πρόεδρος της Σχολής σου των Μηχανολόγων Μηχανικών, ακάματος και δημιουργικός Αντιπρύτανης και Πρύτανης σε μια από τις δύσκολες περιόδους του Ιδρύματος.

Ο Σίμος Σιμόπουλος περνά στην ιστορία του ΕΜΠ ως ταγός, επιστήμονας και δάσκαλος – δυσεύρετη επιτομή εξαιρετού ακαδημαϊκού πολίτη-λειτουργού. Θα αρχίσω από το τέλος, την πολύ πρόσφατη επανέκδοση του βιβλίου του «Μετρήσεις Τεχνικών Μεγεθών», από τις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, όπου αποτυπώνεται, και όχι μόνο εκεί, το μεράκι, η συγκρότηση, η βαθιά γνώση και μόρφωση ενός χαρισματικού και υπεύθυνου δασκάλου.

Και πηγαίνω στην αρχή. Στην αρχή-αρχή. Γεννήθηκε στην Αθήνα στις 17/4/1947 και η καταγωγή του ήταν από το Καστανοχώρι Αρκαδίας. Ο παππούς του ήταν από μία φτωχή αγροτική οικογένεια από την ορεινή Αρκαδία. Έκανε 7 παιδιά, ένα εκ των οποίων ήταν ο Ευθύμιος Σιμόπουλος, πατέρας του Σίμου. Όλα τα παιδιά ήρθαν και σπούδασαν στην Αθήνα. Πήγε Σχολείο στα "Εκπαιδευτήρια ΒΥΖΑΝΤΙΟ" στο Παγκράτι, ιδιοκτησίας της οικογένειας. Ο πατέρας του, Ευθύμιος Σιμόπουλος, ήταν Φιλολόγος. Η μητέρα του η Μαίρη Σιμοπούλου, Δασκάλα. Οι γονείς του ήταν και οι ιδιοκτήτες του σχολείου που αποφοίτησε. Απέκτησαν 3 παιδιά, τον Σίμο, την Όλγα και την Χρυσάνθη. Οι δύο κόρες έγιναν εκπαιδευτικοί Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στο ίδιο σχολείο, ενώ ο Σίμος έγινε Καθηγητής Ανώτατης Εκπαίδευσης. Ο Σίμος ποτέ δεν ξέχασε την καταγωγή του και πάντα στήριζε το χωριό του με ό,τι δυνάμεις είχε. Του άρεσε πολύ η μουσική, γι' αυτό όταν ήταν φοιτητής είχε ενεργή συμμετοχή στην χορωδία του ΕΜΠ.

Διπλωματούχος Μηχανολόγος-Ηλεκτρολόγος Μηχανικός ΕΜΠ (1970), Διδάκτωρ του Πανεπιστημίου του Λονδίνου – Imperial College (1978). Μέλος ΔΕΠ ΕΜΠ από τη βαθ-

μίδα του Λέκτορα (1983) μέχρι τη βαθμίδα του Καθηγητή (1992). Διετέλεσε κατ' επανάληψη Αναπληρωτής Πρόεδρος και Πρόεδρος της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών, Αντιπρύτανης ΕΜΠ (2000-2003) και Πρύτανης ΕΜΠ (2010-2014). Δίδαξε, για περίπου 3 δεκαετίες, στο ΕΜΠ τα μαθήματα Πυρηνική Τεχνολογία και Μετρήσεις Τεχνικών Μεγεθών. Το πειραματικό έργο του εκτείνεται από τη θερμοϋδραυλική ανάλυση μεγάλων ενεργειακών συστημάτων έως τη ραδιοπεριβαλλοντική ανάλυση και τις συνακόλουθες γεωστατιστικές απεικονίσεις. Το πλέον πρόσφατο πειραματικό του έργο αφορά στις επεξεργασίες και αναλύσεις γ-φασμάτων περιβαλλοντικών δειγμάτων.

Η συμμετοχή του στη διερεύνηση αιτίων και αποτελεσμάτων του πυρηνικού ατυχήματος του Τσερνόμπιλ ήταν έως και επικίνδυνη για την υγεία του. Ενεργότατη η συμμετοχή του στη διερεύνηση της μετεξέλιξης του ατυχήματος της Φουκουσίμα.

Ως θεσμικός παράγων στο ΕΜΠ, από τις πολλές θέσεις ευθύνης από τις οποίες το υπηρέτησε και κυρίως αυτή του Πρύτανη, υποστήριξε με θέσεις και πράξεις το Δημόσιο Πανεπιστήμιο, με βάση ακαδημαϊκές αρχές και αξίες κρατώντας επιβεβλημένες αποστάσεις, παρά τη φόρτιση των καταστάσεων, από υπερβολές και σειρήνες δημοφιλίας. Έδωσε αγώνα για τη διατήρηση των θέσεων του προσωπικού του ΕΜΠ, με προσωπικό κόστος, εκτεθειμένος σε αμφισβήτηση με προεκτάσεις που του προκάλεσαν πικρία και καθυστερημένη αν όχι ανεκπλήρωτη δικαίωση. Δούλεψε αγόγγυστα, ακόμη και όταν η κλονισμένη υγεία του έθετε σε δοκιμασία τη σωματική και ψυχική αντοχή του.

Καταπιάστηκε με δύσκολα θέματα, μερικά από τα οποία παραμένουν ανοιχτά στο ΕΜΠ. Οργανόγραμμα/Οργανισμός, αναβάθμιση διοικητικών υπηρεσιών, προγράμματα σπουδών των Σχολών, προώθηση των pc-labs, στήριξη του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου. Έκανε δουλειά μυρμηγκιού, με προσωπική συμμετοχή και στενή καθοδήγηση, χωρίς όμως να στενεύει το χώρο δράσης των συνεργατών του, από τους οποίους ήταν ιδιαίτερα απαιτητικός, αλλά ενέπνεε και συνέπαιρνε με το παράδειγμά του.

Ο Σίμος Σιμόπουλος δεν προσέφερε τις υπηρεσίες του μόνο στο ΕΜΠ. Δημόσιος λειτουργός, επικεφαλής πολλών οργανισμών από θέσεις γενικού γραμματέα, προέδρου και υπηρεσιακού υπουργού.

Η πρώτη ουσιαστική επαφή μου με τον Σίμο ήταν επί Αντιπρυτανείας του στην Πρυτανεία Θ. Ξανθόπουλου, στην επιτροπή για τη Σύνταξη της Αυτοαξιολόγησης του ΕΜΠ που ολοκληρώθηκε το 1999. Ήμουν τότε Επίκουρος Καθηγητής στη Σχολή Χημικών Μηχανικών και ομολογώ ότι τις επιτροπές, εν γένει, δεν τις θεωρούσα από τα δυνατά εργαλεία παραγωγής αποτελεσμάτων. Εκεί βρέθηκα προ της εκπλήξεως "Σίμος Σιμόπουλος". Συγκροτημένο σχέδιο, διεισδυτική ανάλυση, την υπόθεση στα χέρια του, εξαιρετική γραφή, υπέροχα Ελληνικά, γραπτά και προφορικά, πληθωρικό ταμπεραμέντο με φλέγμα, ευγένεια, αυστηρότητα, νεύρο, χιούμορ και έκφραση προσώπου και σώματος που οριοθετούσε την εγγύτητα με τον συνομιλητή μου χωρίς ποτέ να κόβει γέφυρες. Αργότερα συνεργαστήκαμε από εγγύτερες θεσμικές θέσεις, αυτός Πρύτανης, εγώ Κοσμήτορας. Αθεράπευτα θεσμικός, με "κρατήματα" με τα οποία θα μπορούσε να διαφωνήσει κανείς

και μάλιστα έντονα, με αυτοσυγκράτηση αλλά και ξεσπάσματα παρορμητικότητας που πρόδιδαν ανθρώπινη ζεστασιά και καλή καρδιά. Και πάνω απ' όλα ανιδιοτελής και άρχοντας. Και δεν βρέθηκε στις θέσεις που διεκδίκησε και κατέλαβε για την εξουσία, αλλά για προσφορά, έχοντας επίγνωση των δυνατοτήτων του. Είχα βρεί κάποια “κουμπιά” του και γινόμουν πειραχτήρι, όταν χρειαζόταν, για να σπάσει ο πάγος, ενδεικτικά αυτός που συνόδευε την προσφιλή του προσφώνηση “Αξιότιμε”. Έμαθα πολλά από αυτόν, χωρίς ποτέ να είμαι στο στενό του κύκλο, και του χρωστώ ευγνωμοσύνη που και μετά τη θητεία του ως Πρύτανης και τη συνταξιοδότησή του και μέχρι τελευταία με τίμησε με την εγγύτητά του, τις συμβουλές και τη διαθεσιμότητά του.

Το τέλος, Σίμο, ήρθε ξαφνικά. Δεν πρόλαβες να κάνεις την επίσκεψη στην Πρυτανεία που μου είχες υποσχεθεί. Επικοινωνούσα έμμεσα μαζί σου μέσω της αδελφής σου, της Χρυσάνθης, που μου έδωσε τη δυνατότητα να νιώσω την αγωνία και τις μεταπτώσεις της τελευταίας δύσκολης περιόδου για την υγεία σου. Είμαι βέβαιος ότι και από μέρους της μπορώ να εκφράσω βαθύτατες ευχαριστίες στη διοίκηση και το ιατρικό προσωπικό του νοσοκομείου “Σωτηρία” για το ενδιαφέρον και την προσπάθεια που κατέβαλαν για να σε υποστηρίξουν μέχρι τέλους.

Η τελευταία κουβέντα του στο τελευταίο email που ανταλλάξαμε στις 24 Μαΐου 2020 είναι δείγμα γραφής του ευπατρίδη του ΕΜΠ Σίμου Σιμόπουλου που κρύβει, για όσους γνωρίζουν, κι ένα μεγάλο παράπονο που το πήρε μαζί του. Μου έγραψε:

“Ήδη αντιλαμβάνομαι από τις Ανακοινώσεις του Ιδρύματος στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, προκύπτει ανασυγκρότηση δυνάμεων, λειτουργιών και διαδικασιών για την αντιμετώπιση της λαίλαπας από την πανδημία. Επιτρέψτε μου να θέσω υπόψη σας ότι τίθεμαι στη διάθεση του συνόλου του Ιδρύματος για προσφορά υπηρεσιών, σε οποιοδήποτε επίπεδο κριθεί ότι χρειάζεται, συμπεριλαμβανομένου του διοικητικού ή/και των τηλε-φροντιστηριακών ενισχυτικών μαθημάτων”.

Το ΕΜΠ τιμά τον Καθηγητή και Πρύτανή του. Ευχόμαστε στους δικούς του ανθρώπους υγεία και παρηγοριά για την απώλεια του αγαπημένου τους.

Αιωνία η μνήμη σου, Σίμο Σιμόπουλε. Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, ευγνωμονούν, κλίνει το γόνυ και σε ασπάζεται.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΝΤΙΠΡΟΕΔΡΟΥ
ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ

ΓΡΑΦΕΙΟ ΤΥΠΟΥ

Αθήνα, 28/9/2020

ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ

Ο Αντιπρόεδρος της Κυβέρνησης κ. **Παναγιώτης Πικραμμένος**, με αφορμή την εκδημία του τέως Πρυτάνεως του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) και τέως υπηρεσιακού υπουργού Υποδομών και Μεταφορών, Σίμου Σιμόπουλου, έκανε την ακόλουθη δήλωση:

«Ο Σίμος Σιμόπουλος δεν υπήρξε μόνον ένας διακεκριμένος επιστήμονας και ακαδημαϊκός πολίτης, αλλά και ένας πολύτιμος φίλος και άριστος συνεργάτης. Ως υπουργός στην Κυβέρνηση του 2012, διακρίθηκε για την αφοσίωση και το πάθος για προσφορά, έστω και στα στενά όρια μιας Υπηρεσιακής Κυβερνήσεως. Η απώλειά του με λυπεί βαθύτατα. Η θύμησή του θα συνεχίσει να είναι μαζί μας».

Στην κηδεία παρέστη, ως εκπρόσωπος της Κυβέρνησης, ο Υπουργός Υποδομών και Μεταφορών κ. Κ. Καραμανλής.

Επικήδειος

ΤΩΝΙΑΣ ΜΟΡΟΠΟΥΛΟΥ

εκλεγμένης Αντιπρυτάνεως με Πρύτανη τον Σίμο Σιμόπουλο
28.09.2020

Σίμο μου,

Σε αποχαιρετά σήμερα σύσσωμη η Πολυτεχνειακή Κοινότητα.

Όσοι ζήσαμε μαζί σου την εμπειρία της Πρυτανείας σου σε κρίσιμες στιγμές για την υπεράσπιση του δημόσιου Πανεπιστημίου στο πλαίσιο των σοβαρών προβλημάτων που αντιμετώπισε από τη θεσμική μεταρρύθμιση, γνωρίζουμε ότι η στάση σου απηχεί την ψυχή και το πνεύμα του Πολυτεχνείου.

Η Πρυτανεία σου, συνεχίζοντας την παράδοση προκατόχων και δημιουργώντας παρακαταθήκη για τους επερχόμενους, ανέλαβε στο ακέραιο τις ευθύνες της:

- για την υπεράσπιση των ενιαίων πενταετών σπουδών των μηχανικών απέναντι στην ισοπέδωση προς άλλες βαθμίδες της Εκπαίδευσης στο Εθνικό Πλαίσιο Προσόντων και συνέβαλε στην αναγνώριση, που ήλθε πολύ αργότερα, των διπλωμάτων μας στο ανώτατο επίπεδο ακαδημαϊκής ισοτιμίας και επαγγελματικής ευθύνης·

- στη διασφάλιση της ποιότητας των σπουδών, επιτυγχάνοντας να αξιολογηθούν για πρώτη φορά σε όλες τις Σχολές και στο Πολυτεχνείο γενικά, καθώς και με την προβολή της αριστείας του Ιδρύματος και τη βελτίωση της θέσης του στις διεθνείς κατατάξεις·

- στη διεθνοποίηση των σπουδών με την προώθηση διαπανεπιστημιακών συμφωνιών σε όλο τον κόσμο και την προαγωγή των αγγλικών μεταπτυχιακών προγραμμάτων·

- στη διασφάλιση της αδιάλειπτης φύλαξης επί 24ώρου βάσεως όλων των πανεπιστημιακών εγκαταστάσεων, που αποτέλεσε προσωπικό σου στοίχημα και μάχη ημέρας-νύχτας, καθώς και στην υποδειγματική περιφρούρηση του ιστορικού συγκροτήματος του Πολυτεχνείου στην Πατησίων κατά τον εορτασμό της επετείου της 17ης Νοέμβρη, τιμώντας τους αγώνες για την Ελευθερία·

- στην παράλληλη, όμως, διασαφήνιση και πρόταση του πλαισίου αξιοποίησης του ιστορικού συγκροτήματος του Πολυτεχνείου στην Πατησίων ως κέντρου εκπαίδευσης και επιμόρφωσης, διατηρώντας την Αρχιτεκτονική Σχολή στο κέντρο της πόλης, σε συνεργασία με το Δήμο Αθηναίων και άλλους φορείς που εκπροσωπούν την Κοινωνία της Αθήνας, ώστε να μη γίνεται παρανάλωμα στα χέρια όσων ισχυρίζονται ότι την εκπροσωπούν·

- στην ανάπτυξη της καινοτομίας στην έρευνα, καθώς και στην ενίσχυση της διεπιστημονικότητας με τη θέσπιση του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. ως διεπιστημονικού εργαστηρίου, και του Τ.Π.Π.Α. εμπλουτίζοντας τις υπηρεσίες του Πολυτεχνείου προς την Κοινωνία και επιστρέφοντας το χρέος στους μεγάλους ευεργέτες του.

Σίμο μου,

Λειτουργούσες πάντα με απόλυτο σεβασμό και με αγάπη σε όλα τα μέλη της Πολυτεχνειακής Κοινότητας, διδάσκοντες, διδασκόμενους, εργαζόμενους και δεν ξεχώρισες ποτέ κανέναν. Στις δραματικές συνθήκες της εργασιακής εφεδρείας για τους διοικητικούς των Πανεπιστημίων της χώρας, ανέλαβες χωρίς να διστάσεις, από το κόστος που είχε για την υγεία σου, τη μάχη μέχρι τέλους για τη διασφάλιση των θέσεων τους, με επικαιροποίηση του Οργανισμού Διοικητικών Υπηρεσιών του Ε.Μ.Π., που παράλληλα με την αναδιάρθρωση του προσωπικού, η οποία ολοκληρώθηκε πρώτα στο Ε.Μ.Π. κατά μεγάλη κλίμακα, και κατά συνέπεια σε όλα τα Πανεπιστήμια, επέτρεψε στο Ε.Μ.Π να διατηρήσει τις θέσεις των διοικητικών υπαλλήλων και να πληρώσει ευάριθμες θέσεις Ε.Δι.Π. και Ε.Τ.Ε.Π.

Σίμο μου,

Σήμερα μαζί μας σε αποχαιρετούν πολλοί φίλοι σου Πρυτάνεις. Δεν ξεχνούν τον αποφασιστικό ρόλο σου και τη συμβολή σου στη θέσπιση της Συνόδου Πρυτάνεων και Προέδρων Δ.Ε. των ελληνικών Α.Ε.Ι. και στην ανάδειξη του συντονιστικού της ρόλου, αναγνωρίζοντας την πρωτοβουλία και την καθοριστική θέση του Ε.Μ.Π. στα κρίσιμα θέματα που αντιμετώπισε το δημόσιο Πανεπιστήμιο.

Σήμερα, με εκπρόσωπό της τον ομότιμό σου Υπουργό Υποδομών και Μεταφορών, σε αποχαιρετά επίσημα η Ελληνική Κυβέρνηση, που υπηρέτησες σε χαλεπούς καιρούς επί χρόνια, ως Γενικός Γραμματέας του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών και ως Υπουργός Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων Υπηρεσιακής Κυβέρνησης, χωρίς όμως να εγκαταλείψεις ποτέ το Πολυτεχνείο.

Το Πολυτεχνείο και η Πολιτεία σε ανέδειξαν και σε τίμησαν στα ανώτατα αξιώματα. Παρ' όλα αυτά, τα τελευταία χρόνια εξέφραζες στους συναδέλφους σου το παράπονο ότι δεν αξιοποιήθηκε όσο μπορούσες. Γεγονός που καταδεικνύει με τον πιο αδιαφιλονίκητο τρόπο την ασίγαστη θέληση και την ανιδιοτέλειά σου να προσφέρεις πάντα στα κοινά.

Ακέραιος, απαρégκλιτος, απaráκαμπτος, αμετακίνητος. Δεν έκανες ποτέ πίσω στις προκλήσεις και τις συγκρούσεις που αντιμετώπισες. Δεν λογάριασες ποτέ το προσωπικό κόστος. Ήσουν πάντα στην πρώτη γραμμή, χωρίς να υποτιμάς ποτέ την πραγματικότητα, λογαριάζοντας πάντα τους ανθρώπους, τις αξίες και τη θεσμική τάξη.

Σίμο,

Τις τελευταίες εβδομάδες έδωσες τη μάχη για τη ζωή σου και έφυγες όταν εσύ το ήθελες, όπως έκανες πάντα.

Θερμά συλλυπητήρια στην αδερφή σου Χρυσάνθη, που έστεκε πάντα δίπλα σου.

Σίμο,

Παίρνεις μαζί σου ένα κομμάτι από την ψυχή μας.

Καλό ταξίδι.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΓΡΑΦΕΙΟ ΥΦΥΠΟΥΡΓΟΥ Β. ΔΙΓΑΛΑΚΗ

Μαρούσι, 28 Σεπτεμβρίου 2020

Προς:
Καθηγητή Μπουντουβή Ανδρέα,
Πρύτανη Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Αξιότιμε κύριε Πρύτανη,

Δεχθείτε παρακαλώ τα ειλικρινή και βαθιά μου συλλυπητήρια για την απώλεια του ομότιμου καθηγητή και πρώην πρύτανη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Σίμου Σιμόπουλου.

Ο Σίμος Σιμόπουλος υπήρξε μια εξέχουσα προσωπικότητα στον χώρο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης με μακρά και γόνιμη ακαδημαϊκή πορεία, αλλά και σημαντική συμβολή στη δημόσια ζωή. Το επιστημονικό του κύρος, το υψηλό ακαδημαϊκό ήθος και η προσήλωση με την οποία υπηρέτησε το ελληνικό πανεπιστήμιο αποτελούν παρακαταθήκη για το χώρο της Παιδείας και πηγή έμπνευσης για τους λειτουργούς της.

Με τιμή,

Ο ΥΦΥΠΟΥΡΓΟΣ

Β. ΔΙΓΑΛΑΚΗΣ

Αποχαιρετισμός από τα μέλη του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας

**Ν. ΓΡΙΒΑ, Π.Κ. ΡΟΥΝΗ, Δ. ΜΗΤΡΑΚΟΣ,
Ν.Π. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ, Μ.Ι. ΑΝΑΓΝΩΣΤΑΚΗΣ**

Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας,
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

Έφθασε λοιπόν απρόσμενα η ώρα του πικρού και οριστικού αποχαιρετισμού μας. Δεν είναι σαν τους άλλους τους χωρισμούς μας, τους προηγούμενους και τους προσωρινούς. Όταν, και αφού πλέον είχαμε μαζί ξεκινήσει και ολοκληρώναμε το όραμά σου για ένα νέο κτίριο για το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας, όταν λοιπόν έφυγες για να υπηρετήσεις από υψηλή θέση το Μετσόβιο που τόσο αγαπούσες. Όταν ανταποκρίθηκες στην πρόκληση της οργάνωσης των συγκοινωνιών της Αθήνας για τους Ολυμπιακούς του 2004. Όταν σε συνέχεια έγινες Γενικός Γραμματέας Μεταφορών ή πρόεδρος στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας ή τέλος όταν έφθασες να γίνεις Πρύτανης του ΕΜΠ στις δυσκολότερες στιγμές του. Και τότε χαιρετηθήκαμε. Αλλά τότε, πάντα ξέραμε ότι θα επιστρέψεις, είχαμε στο νου μας ότι μας νοιαζόσουνα, έδινες απλόχερα τη συμβουλή σου και προσεκτικά την εποικοδομητική και αυστηρή κριτική σου. Αυτή την ώρα που σε αποχαιρετούμε χωρίς να έχουμε τη σιγουριά του προσωρινού, είναι η ώρα που πρέπει να σκαλίσουμε τις μνήμες μας για να θυμηθούμε τον Δάσκαλο, τον συνεπή και ακριβοδίκαιο εργάτη της ανώτατης εκπαίδευσης, τον εκπαιδευτή του Αμφιθεάτρου και του Εργαστηρίου. Να θυμηθούμε τον ερευνητή που πίστευε στην πειραματική απόδειξη ως πατέρα κάθε γνώσης, εκείνον που ήξερε να συλλέγει και να επεξεργάζεται με ορθό τρόπο τα πειραματικά δεδομένα και που χρησιμοποίησε για το σκοπό αυτό τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, σαν να ήταν ένα καθημερινό και αυτονόητο εύκολης χρήσης εργαλείο. Να θυμηθούμε τον ειδικό της πληροφορικής, τις εποχές που η πληροφορική μόλις είχε ξεκινήσει ως επιστήμη. Δεν θα ξεχάσουμε ακόμα ότι ήσουν ο πνευματικός πατέρας πολλών που πήραν μεταπτυχιακή εκπαίδευση με την καθοδήγησή σου. Λίγους από αυτούς, καλούς ή όχι, το μέλλον θα δείξει, ώθησες να γίνουν και αυτοί δάσκαλοι στο ΕΜΠ γιατί πίστευες ότι θα συνεχίσουν την εκπαιδευτική και ακαδημαϊκή παράδοση του Ιδρύματος. Δεν θα ξεχάσουμε ούτε τον ακαδημαϊκό σου χαρακτήρα, τον ρεαλισμό σου και τις πρακτικές λύσεις που πάντα έβαζες να δουλέψουν για όφελος της Σχολής, των Σχολών και της Διοίκησης. Σε αποχαιρετούμε λοιπόν με αυτές τις λίγες αλλά κύριες και ουσιαστικές αναμνήσεις διαλεγμένες μέσα από άλλες αμέτρητα πολλές που μοιραστήκαμε, χαρούμενες ή λιγότερο χαρούμενες, ακαδημαϊκές ή κοινωνικές. Έφυγες παίρνοντας μαζί σου ένα κομμάτι από τον εαυτό μας. Σε αντάλλαγμα μας μοίρασες ήδη εν ζωή απλόχερα και χωρίς ιδιότητα κομμάτια από τη δική σου πνευματική κληρονομιά. Το να σε θυμόμαστε είναι η ελάχιστη τιμή που μπορούμε να σου κάνουμε. Και θα σε θυμόμαστε πάντα.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΕΑΕ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
GREEK ATOMIC ENERGY COMMISSION

Αγ. Παρασκευή, 25.09.2020

ΓΡΑΦΕΙΟ ΠΡΟΕΔΡΟΥ

ΨΗΦΙΣΜΑ

Το διοικητικό συμβούλιο και το προσωπικό της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) πληροφορήθηκαν με βαθιά λύπη τον θάνατο του Ομότιμου Καθηγητή και πρώην Πρύτανη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

ΣΙΜΟΥ ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ

Ο εκλιπών είχε υπηρετήσει αδιάλειπτα και με συνέπεια από το 1996 έως το 2017 την αποστολή της ΕΕΑΕ, ως αντιπρόεδρος και μέλος του διοικητικού συμβουλίου αυτής. Η προσωπικότητα και το ακαδημαϊκό έργο του εκλιπόντος θα κατέχουν πάντοτε ξεχωριστή θέση στη μνήμη μας και την ιστορία της ΕΕΑΕ.

Το διοικητικό συμβούλιο της ΕΕΑΕ αποφάσισε ομόφωνα:

- α) Να εκφράσει τα θερμά του συλλυπητήρια στην οικογένεια του εκλιπόντος.
- β) Να εκπροσωπηθεί στην εξόδιο ακολουθία.
- γ) Να δημοσιευθεί το παρόν ψήφισμα στον Τύπο.



Τ.Θ. 60092 - 153 10, Αγ. Παρασκευή Αττικής, Τ: 210 6506803, F: 210 6506762, E: chairman@ecae.gr
www.ecae.gr

Η ΕΕΑΕ είναι πιστοποιημένη κατά ISO 9001:2015

Αποχαιρετούμε τον Σίμο μας

ΟΙ ΣΥΜΦΟΙΤΗΤΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ - ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΕΜΠ

Αγαπητέ μας Σίμο,

Εμείς οι φίλοι συμφοιτητές σου

Εμείς που μαζί διαβήκαμε την πόρτα της Σχολής Ηλ/γων-Μηχ/γων, εκείνο το μακρινό Δεκέμβριο του 1965

Εμείς που μαζί σου μοιραστήκαμε τα νεανικά μας όνειρα, τις ελπίδες μας, τις μεγάλες προσπάθειές μας, για να αποκτήσουμε τη μόρφωση που μας έκανε ικανούς να προσφέρουμε στις οικογένειές μας, στην Κοινωνία, στην Πατρίδα μας

Εμείς που μας συνέδραμες όταν χρειαζόμαστε τη βοήθειά σου, χρησιμοποιώντας τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή του ΕΜΠ, διαδικασία που ήταν άγνωστη στους περισσότερους από εμάς

Εμείς που επαγγελματίες πλέον ή Ακαδημαϊκοί λειτουργοί αισθανθήκαμε ιδιαίτερη χαρά και ικανοποίηση που ένας συμφοιτητής μας έφθασε στον ανώτατη Ακαδημαϊκή βαθμίδα, ως Πρύτανης του ΕΜΠ, αλλά και επικεφαλής υψηλών θέσεων που η Πολιτεία σου εμπιστεύτηκε και τις οποίες λάμπρυνες με την προσφορά σου

Εμείς που μας συνέδραμες με τόση προθυμία και καθοριστική βοήθεια, παρά τα πιεστικά σου καθήκοντα, στις ετήσιες συναντήσεις της τάξης μας, με τελευταία αυτή του Φεβρουαρίου. Δυστυχώς οι ουρανοί επιφύλασσαν αυτή να είναι και η τελευταία σου.

Εμείς που γνωρίσαμε τον ακέραιο, πράο, αλλά τόσο δημιουργικό χαρακτήρα σου και την ειλικρινή σου φιλία προς όλους μας

Σε αποχαιρετάμε με οδύνη, αγαπητέ μας Σίμο, στο ταξίδι σου για το χώρο των Αγγέλων, σίγουροι ότι και εκεί θα έχεις τη θέση που τόσο επάξια κέρδισες, με τη γεμάτη προσφορά ζωής σου.

Στους οικείους σου εκφράζουμε τα θερμά μας Συλλυπητήρια

Θα ζεις για πάντα στη μνήμη μας και την καρδιά μας.

Αφιέρωμα



Προς τα Μέλη της Πολυτεχνειακής Κοινότητας,

Αγαπητές και Αγαπητοί Φίλοι – Συνάδελφοι, Συνεργάτες, Φοιτητές, Εργαζόμενοι στο Ε.Μ.Π.,

Η Ελληνική Κοινωνία και το Δημόσιο Πανεπιστήμιο αντιμετωπίζουν σήμερα μαζί με την πρωτόγνωρη οικονομική κρίση και μία βαθιά κρίση αξιών και θεσμών. Το Πολυτεχνείο καλείται να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις αυτές ενισχύοντας την πρωταγωνιστική του θέση στην Κοινωνία και στην Οικονομία της Γνώσης και το ρόλο του στην Καινοτομία και την Λειφορία, συμβάλλοντας στην μόνη ελπιδοφόρο προοπτική εξέδου από την κρίση, την Ανάπτυξη.

Οι σύγχρονοι αναγκαίοι προσανατολισμοί του Ε.Μ. Πολυτεχνείου προς την Κοινωνία απαιτούν ανάδειξη της δυναμικής του με εξωστρέφεια. Στην προσπάθεια της αυτή, η Πολυτεχνειακή Κοινότητα, σε σύνδεση με την Κοινωνία και σε αλληλεγγύη με την νεολαία και τους εργαζομένους οφείλει να διαμορφώσει ένα ευρύ μέτωπο διαλόγου και δράσης, με σύνθεση διαφορετικών απόψεων ώστε να διασφαλίσει τη δημιουργική της παρέμβαση.

Προς τούτο απαιτείται **όλοι μαζί να χαράξουμε και να υλοποιήσουμε μια νέα ενωτική στρατηγική και πρακτική**, ανεξάρτητα από πολιτικά στερεότυπα και διαχωριστικές γραμμές αξιοποιώντας τις δημοκρατικές παραδόσεις του Πολυτεχνείου και τις μεγάλες δυνατότητες του επιστημονικού ανθρώπινου δυναμικού του αξιοποιώντας, ότι κατέκτησε μέχρι σήμερα από τη συλλογική του Διοίκηση στην ιστορική του διαδρομή, στα μέτωπα της Παιδείας, της Έρευνας και του Πολιτισμού κρατώντας ζωντανά την παράδοση και το ιστορικό Κτίριο του Πολυτεχνείου, δυναμικά διασυνδεδεμένα με όλες τις λειτουργίες του Ε.Μ.Π. σήμερα.

Συνεχείς και ραγδαίες εξελίξεις τείνουν να απορυθμίσουν το πεδίο εργασίας των Μηχανικών και να υποβαθμίσουν την εκπαίδευσή τους. Η προάσπιση του Ενιαίου Διπλώματος 5-ετών Σπουδών των Μηχανικών, σαν προϋπόθεση για την άσκηση του επαγγέλματος, καθώς και η διεκδίκηση για την αναγνώρισή του ως επιπέδου Master, αποτελούν κοινό και θεμελιακό στόχο συνεργασίας και κοινής δράσης με τα Πολυτεχνεία και το Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδας ώστε η πρόσβαση των Μηχανικών σε επαγγελματικές δραστηριότητες να διασφαλίζεται σε αντιστοιχία με τα προσόντα τους, με γνώμονα το Δημόσιο Συμφέρον.

Μέσα στο περιβάλλον αυτό των μεγάλων προκλήσεων, όπου μόνο **όλοι μαζί μπορούμε να μετατρέψουμε τον κίνδυνο σε ευκαιρία** και με πλήρη συνείδηση ότι, οι δυναμικές δεν δημιουργούνται από πρόσωπα αλλά από συλλογικές διαδικασίες, υποβάλουμε την Υποψηφιότητα μας στις Εκλογές για την ανάδειξη των νέων Πρυτανικών Αρχών του Ε.Μ.Π., ζητώντας την συμβολή σας στην διαμόρφωση της στρατηγικής μας πρότασης με πρωτεύοντες στόχους.

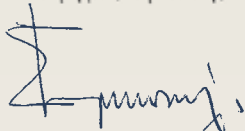
- Το Ε.Μ.Π., ως πρώτο Τεχνολογικό Ίδρυμα της χώρας, να αντισταθεί στις πιέσεις υποβάθμισης και να διασφαλίσει την θέση του ως διακεκριμένο διεθνώς Δημόσιο Πανεπιστήμιο, παρέχοντας υψηλής ποιότητας γνώσεις στους φοιτητές του – *προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς* – και προσφέροντας υψηλής στάθμης ερευνητικά επιτεύγματα για την πρόοδο του κοινωνικού συνόλου.
- Να συνενώσουμε τις δυνάμεις της Πολυτεχνειακής Κοινότητας και να συμβάλλουμε στην ανάπτυξη των πρωτοβουλιών της στην δύσκολη πορεία της για την περαιτέρω αναβάθμιση της Εκπαίδευσης, της Έρευνας και της Διοίκησης του Ίδρυματος.
- Την αναγνώριση του εκπαιδευτικού επιπέδου και του τίτλου των σπουδών του Ενιαίου 5-ετούς Διπλώματος των Μηχανικών στο Ε.Μ.Π., καθώς και των δικαιωμάτων των Διπλωματούχων του να έχουν πρόσβαση σε επαγγελματικές δραστηριότητες με βάση τα προσόντα τους.

Η επιτυχία των παραπάνω στόχων απαιτεί συνεργασία, και την ζητάμε από όλους σας, Διδακτικό και Διοικητικό Προσωπικό, Προπτυχιακούς και Μεταπτυχιακούς Φοιτητές.

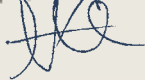
Τέλος, στη πρώτη αυτή επικοινωνία μας δεσμευόμαστε για σκληρή δουλειά με μετρήσιμα αποτελέσματα για το Πολυτεχνείο, την Εκπαίδευση, την Κοινωνία.

Αθήνα, 19 Απριλίου 2010

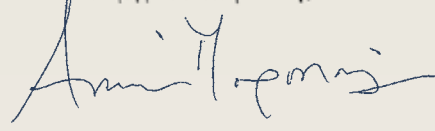
Σίμος Σιμόπουλος
Καθηγητής Σχολής ΜΜ
Υποψήφιος Πρύτανης



Γιάννης Αβαρισιώτης
Καθηγητής Σχολής ΗΜ&ΜΥ
Υποψήφιος Αντιπρύτανης



Τόνια Μοροπούλου
Καθηγήτρια Σχολής ΧΜ
Υποψήφια Αντιπρύτανης



ΠΡΑΚΤΙΚΟ
ΕΦΟΡΕΥΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ
ΠΡΥΤΑΝΙΚΩΝ ΕΚΛΟΓΩΝ ΕΜΠ 2010

Σήμερα 1 Ιουνίου 2010, ημέρα Τρίτη, διεξήχθη ο δεύτερος γύρος των Πρυτανικών εκλογών του ΕΜΠ σύμφωνα με την σχετική προκήρυξη του Πρυτανικού Συμβουλίου και το από 31.05.2010 Πρακτικό της Κεντρικής Εφορευτικής Επιτροπής των Πρυτανικών Εκλογών 2010. Η διαδικασία έλαβε χώρα στην Αίθουσα Τελετών του ΕΜΠ στο κτήριο Διοίκησης της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

Για την διεξαγωγή της διαδικασίας είχαν τοποθετηθεί 12 κάλπες ως εξής:

2 κάλπες για τα μέλη ΔΕΠ.

2 κάλπες για τους βοηθούς, Επιστ. Συνεργάτες, Επιμελητές, μέλη ΕΕΔΙΠ, μέλη ΕΤΕΠ και Διοικητικό Προσωπικό.

1 κάλπη για τους έχοντες διπλή ιδιότητα και

7 κάλπες για τους φοιτητές.

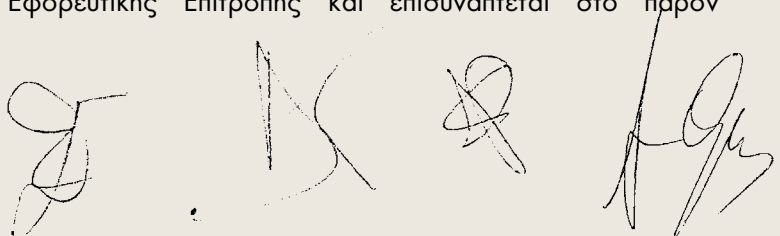
Η διαδικασία άρχισε κανονικά στις 09:00, όπως είχε προγραμματιστεί. Η εκλογική διαδικασία διεξήχθη ομαλά χωρίς την προσέλευση των φοιτητών. Κατά τη διάρκεια της εκλογικής διαδικασίας κατατέθηκαν 4 ενστάσεις από 3 μέλη του εκλεκτορικού σώματος.

Στις 18:00, όπως ήταν προγραμματισμένο και αφού η Εφορευτική Επιτροπή διαπίστωσε ότι δεν υπήρχαν άλλα μέλη του εκλεκτορικού σώματος που περίμεναν να ψηφίσουν, κηρύχτηκε η λήξη της ψηφοφορίας και άρχισε η διαδικασία εξέτασης των ενστάσεων και η καταμέτρηση.

Η πρώτη ένσταση κατατέθηκε από τον κ. Θ.Ν. Πάτσιο, ΥΔ της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ, παρελήφθη στις 11:15 από τον Πρόεδρο της Κεντρικής Εφορευτικής Επιτροπής και επισυνάπτεται στο παρόν Πρακτικό.

Η εν λόγω ένσταση απορρίπτεται από την Κεντρική Εφορευτική Επιτροπή δεδομένου ότι αφορά την διαδικασία ψηφοφορίας της 31.05.2010 και κατά συνέπεια είναι εκπρόθεσμη.

Η δεύτερη ένσταση κατατέθηκε από τον κ. Θ.Ν. Πάτσιο, ΥΔ της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ, παρελήφθη στις 11:15 από τον Πρόεδρο της Κεντρικής Εφορευτικής Επιτροπής και επισυνάπτεται στο παρόν Πρακτικό.



Η εν λόγω ένσταση απορρίπτεται από την Κεντρική Εφορευτική Επιτροπή δεδομένου ότι δεν έγινε αντιληπτός από τα μέλη της κανένας προπηλακισμός ή απαγόρευση ψηφοφορίας για τον συγκεκριμένο ενιστάμενο μέσα στην αίθουσα διεξαγωγής της ψηφοφορίας.

Η τρίτη ένσταση κατατέθηκε από τον κ. Κ. Σαγώνα, Αναπλ. Καθηγητή της Σχολής ΗΜΜΥ του ΕΜΠ, παρελήφθη στις 16:30 από τον Πρόεδρο της Κεντρικής Εφορευτικής Επιτροπής και επισυνάπτεται στο παρόν Πρακτικό.

Η εν λόγω ένσταση απορρίπτεται από την Κεντρική Εφορευτική Επιτροπή δεδομένου ότι δεν έγινε αντιληπτή από τα μέλη της καμία παρεμπόδιση συγκεκριμένων μελών του εκλεκτορικού σώματος μέσα στην αίθουσα διεξαγωγής της ψηφοφορίας όπως ισχυρίζεται ο ενιστάμενος.

Η τέταρτη ένσταση κατατέθηκε από τον κ. Εμμ. Λιόσση, προπτυχιακό φοιτητή της Σχολής ΗΜΜΥ του ΕΜΠ, παρελήφθη στις 17:25 από τον Πρόεδρο της Κεντρικής Εφορευτικής Επιτροπής και επισυνάπτεται στο παρόν Πρακτικό.

Η εν λόγω ένσταση απορρίπτεται από την Κεντρική Εφορευτική Επιτροπή δεδομένου ότι δεν έγινε αντιληπτή από τα μέλη της παρεμπόδιση του συγκεκριμένου ενιστάμενου μέσα στην αίθουσα διεξαγωγής της ψηφοφορίας.

Μετά την εξέταση των ενστάσεων και τις αποφάσεις για απόρριψή τους, η Εφορευτική Επιτροπή προχώρησε στην καταμέτρηση των ψήφων.

Τα αποτελέσματα της καταμέτρησης είναι τα εξής:

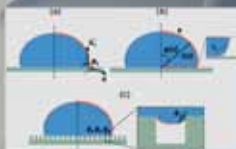
	ΔΕΠ			Προσωπικό			Προπ. & Μετ. Φοιτ.			Σ	ΑΣ
	#	%	A%	#	%	A%	#	%	A%		
Μιμίκου	245	50.936	25.468	138	17.207	1.721				27.189	45.315
Σιμόπουλος	236	49.064	24.532	664	82.793	8.279				32.811	54.685
Λευκά/Άκυρα	3+25 509			35+8 845						60%	100%

Με βάση τα ανωτέρω αποτελέσματα η ψηφοφορία ανέδειξε τον συνδυασμό Σιμόπουλου – Αβαριτισιώτη – Μοροπούλου ως τον νικητήριο συνδυασμό των Πρωτανικών Εκλογών ΕΜΠ 2010

ΠΡΟΜΗΘΕΑΣ

ΔΙΜΗΝΙΑΙΑ ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΤΕΥΧΟΣ 16 | ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2020

Βιομηχανισμός: μαθαίνοντας από τη φύση



6-8 | **ΒΙΟΜΙΜΗΤΙΣΜΟΣ**
Εξυπνες επιφορέσιες



14-15 | **ΙΣΤΟΡΙΚΑ**
100 χρόνια Κέρρα-Γκίνη



2-3 | **IN MEMORIAM**
Σίμος Σιμόπουλος ΣΜΜ



9-11 | **ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ**
Νεοφυείς επιχειρήσεις αποφασίων ΕΜΠ

In Memoriam
Σίμος Ε. Σιμόπουλος (1947-2020).
Καθηγητής και Πρύτανης ΕΜΠ.
Ένας Πρύτανης «ανυποχώρητος στο αδικαιολόγητο»
που περιφρούρησε το χαρακτήρα και το δυναμισμό του Πολυτεχνείου

Π Ρ Ο Μ Η Θ Ε Α Σ

Διμηνιαία Εφημερίδα του ΕΜΠ,
Τεύχος 16, Σεπτέμβριος-Οκτώβριος 2020
Συλλογική επιμέλεια από τα μέλη του Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας ΕΜΠ

Ο Σίμος Ε. Σιμόπουλος γεννήθηκε το 1947. Αποφοίτησε από τη Σχολή Μηχανολόγων – Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ το 1970 και συνέχισε την εκπαίδευσή του στην Πυρηνική Τεχνολογία στις ΗΠΑ, πραγματοποιώντας, με υποτροφία, πολύμηνη περιήγηση σε πυρηνικούς αντιδραστήρες και άλλες σχετικές εγκαταστάσεις.

Την εμπειρία που αποκόμισε μετέφερε ως βοηθός στην τότε Έδρα Πυρηνικής Τεχνολογίας. Υπηρέτησε στην Ελληνική Αεροπορία ως έφεδρος αξιωματικός και συνέβαλε στη μηχανοργάνωσή της. Το 1978 ολοκλήρωσε το διδακτορικό του στη Θερμοϋδραυλική Ανάλυση Πυρηνικών Αντιδραστήρων στο Imperial College του Πανεπιστημίου του Λονδίνου. Εκλέχθηκε Λέκτορας Πυρηνικής Τεχνολογίας στο τότε Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ το 1983 και Καθηγητής το 1992.

Ασχολήθηκε με την ενίσχυση των μαθημάτων Πυρηνικής Τεχνολογίας του Τμήματος αλλά και με την εισαγωγή νέων μαθημάτων ειδικού αλλά και γενικότερου ενδιαφέροντος με χαρακτηριστικότερο το μάθημα «Μετρήσεις Τεχνικών Μεγεθών», για το οποίο, το 1986, έγραψε σχετικό βιβλίο – εργαλείο αναφοράς, το οποίο πρόσφατα κυκλοφόρησε σε δεύτερη έκδοση από τις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.

Το 1986 ξεκίνησε με προσωπικό κόστος και με δικά του χρήματα το ερευνητικό του έργο ζωής για την αποτύπωση των συνεπειών του ατυχήματος του Chernobyl στην Ελλάδα. Τα αποτελέσματα της υπερδεκαετούς έρευνάς του, μετά από συλλογή και μέτρηση περίπου 1500 δειγμάτων επιφανειακού εδάφους από όλη τη χώρα, παρουσιάστηκαν στην 1η Διεθνή Διάσκεψη για το περιβάλλον και συνέβαλαν στις χαρτογραφήσεις των επιπτώσεων για τη χώρα και την Ευρώπη. Η έρευνα αυτή συνεχίζεται μέχρι σήμερα.

Παράλληλα, στο πλαίσιο Διπλωματικών Εργασιών και Διδακτορικών Διατριβών, συνέχισε την έρευνα για τη Θερμοϋδραυλική Ανάλυση μεταφέροντας στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας (ΕΠΤ) τη σχετική τεχνογνωσία και κοσμώντας το, με κόπους, με σύγχρονης τεχνολογίας πειραματικές θερμοϋδραυλικές εγκαταστάσεις. Από το 1992 και σε συνεργασία με το Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής του ΕΚΠΑ, επεσήμανε την πιθανότητα

τα ραδιολογικού κινδύνου από το Ραδόνιο στη χώρα μας και ενέπνευσε το σχεδιασμό και την κατασκευή των μοναδικών θαλάμων Ραδονίου, επίσης στο ΕΠΤ.

Παράλληλα ασχολήθηκε ερευνητικά και με τη διερεύνηση της συγκέντρωσης των φυσικώς ραδιενεργών ισοτόπων στα εδάφη και τα ορυκτά της χώρας και σε όσα προϊόντα ή παραπροϊόντα προκύπτουν από την εκμετάλλευσή τους. Το έργο του αυτό έτυχε επίσης ευρείας διεθνούς αναγνώρισης, αποκορύφωμα της οποίας υπήρξε, το 2002, η ανάθεση της οργάνωσης του Διεθνούς Συνεδρίου «Natural Radiation Environment - VII» στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ.

Ως επιβλέπων Διπλωματικών Εργασιών υπήρξε καθοδηγητής ευάριθμων Μηχανολόγων Μηχανικών, ενώ ως επιβλέπων Διδακτορικών Διατριβών έγινε ο πνευματικός πατέρας καταξιωμένων επιστημόνων που τιμούν το ΕΜΠ και τη χώρα.

Εκλέχθηκε Πρόεδρος της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών, για δύο θητείες (1999-2001 και 2003 – 2005). Τα κυριότερα σημεία του έργου του ως Προέδρου είναι η ολοκλήρωση της μεταφοράς των Εργαστηρίων της Σχολής από το Συγκρότημα Πατησίων και από άλλα κτήρια στο γήπεδο του Ζωγράφου, στο ειδικά σχεδιασμένο κτηριακό συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης, καθώς και η πρώτη εκτεταμένη αναμόρφωση του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών σε σύγχρονη βάση.

Το 2000 εκλέχθηκε Αντιπρύτανης του ΕΜΠ. Από το έργο του σε αυτή τη θέση ξεχωρίζει η ολοκλήρωση του κτηριακού και του εξοπλιστικού προγράμματος του ΕΜΠ στο πλαίσιο της χρηματοδότησης από τα Κοινωνικά Πλαίσια Στήριξης της ΕΕ και η κυρίως με δικές του ενέργειες κατασκευή του κτηρίου Οικονομικών Υπηρεσιών του ΕΜΠ.

Το διάστημα μεταξύ 2004 και 2010 υπηρέτησε την Ελληνική Πολιτεία από διάφορες θέσεις ευθύνης, η απαιτητικότερη από τις οποίες αφορούσε στην οργάνωση των συγκοινωνιών της Αθήνας για τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2004.

Το 2010 εκλέχθηκε Πρύτανης του ΕΜΠ και, ανυποχώρητος στο αδικαιολόγητο, αγωνίσθηκε ατομικά και συλλογικά για να αντιμετωπίσει κυρίως την κρίση στελέχωσης που δημιουργήθηκε στο Ίδρυμα εξαιτίας της πολιτικής διαθεσιμότητας διοικητικού προσωπικού, αλλά και την περικοπή απολύτως απαραίτητων δημοσίων πιστώσεων.

Το ότι σήμερα το ΕΜΠ έχει διατηρήσει το χαρακτήρα του και το δυναμισμό του οφείλεται και σε αυτόν τον αγώνα. Μετά το 2014 και από τη θέση του Ομότιμου Καθηγητή, υπήρξε πρόθυμος και διαθέσιμος να συμβάλει στην πρόοδο του ΕΜΠ με οποιονδήποτε εφικτό και ακαδημαϊκό τρόπο. Έφυγε από κοντά μας απροσδόκητα τον Σεπτέμβριο του 2020.

Σίμος Ε. Σιμόπουλος

Διπλωματούχος Μηχανολόγος-Ηλεκτρολόγος

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ

<https://web.tee.gr/ekini-pou-efigan/simos-simopoulos-diplomatoychos-michanologos-ilektrologos/>
6 Οκτωβρίου 2020

Απεβίωσε στις 25 Σεπτεμβρίου 2020 ο ομότιμος καθηγητής της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών, πρώην πρύτανης του ΕΜΠ (θητεία 2010-2014) και υπηρεσιακός υπουργός, Σίμος Σιμόπουλος.

Η Σύγκλητος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου εξέφρασε με ψήφισμά της τη βαθιά της θλίψη της και ο νυν πρύτανης του ΕΜΠ, Ανδρέας Μπουντουβής, δήλωσε ότι «το ΕΜΠ πενθεί την απώλεια και τιμά την προσφορά και τη μνήμη ενός σημαντικού ανθρώπου και ακαδημαϊκού πολίτη».

Ο Σ. Σιμόπουλος σπούδασε μηχανολόγος-ηλεκτρολόγος στο ΕΜΠ (1970) και έκανε μεταπτυχιακές σπουδές στο Imperial College του Λονδίνου. Μεταξύ άλλων, διετέλεσε διευθυντής στον Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ, αντιπρόεδρος της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενεργείας, πρόεδρος και διευθύνων σύμβουλος του Οργανισμού Αστικών Συγκοινωνιών Αθήνας (ΟΑΣΑ) και πρόεδρος όλων των θυγατρικών του εταιρειών (ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ, ΗΣΑΠ), γενικός γραμματέας του υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών, πρόεδρος της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας και υπουργός Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων στην υπηρεσιακή κυβέρνηση Π. Πικραμμένου.

Το βιογραφικό του

Ο Σίμος Σιμόπουλος σπούδασε Διπλωματούχος Μηχανολόγος – Ηλεκτρολόγος στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (1970). Έκανε Μεταπτυχιακές Σπουδές στο Imperial College του Πανεπιστημίου του Λονδίνου από το οποίο του απονεμήθηκαν οι τίτλοι Diploma of Imperial College και Ph.D in Mechanical Engineering (1978), για την επιστημονική του έρευνα στη θερμοϋδραυλική ανάλυση μεγάλων ενεργειακών συστημάτων. Υπηρέτησε στο ΕΜΠ επί σαράντα χρόνια συνεχώς, έχοντας σταδιοδρομήσει σε όλες τις θέσεις της διδακτικής ερευνητικής ιεραρχίας, από τη θέση του Έμμισθου Βοηθού (1974) ως τη θέση του Καθηγητή στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (1992) όπου υπηρέτησε στον Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας στον οποίο ήταν Διευθυντής.

Τον Ιούνιο 2000 εξελέγη Αντιπρόεδρος του ΕΜΠ (θητεία 2000-2003). Είχε διατελέσει επανειλημμένα Αναπληρωτής Πρόεδρος και Πρόεδρος της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ και Αντιπρόεδρος της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενεργείας (1996-97 & 2004-2020).

Ήταν μέλος του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας, της Διεθνούς Εταιρείας Ακτινοφυσικής και της Ακαδημίας Επιστημών της Νέας Υόρκης. Εκπροσώπησε, από το 1992, την Ελλάδα στον Οργανισμό Πυρηνικής Ενέργειας του ΟΟΣΑ. Είχε διοργανώσει στην Ελλάδα (2002) το 7ο Διεθνές Συνέδριο “Natural Radiation Environment” (διοργανώνεται διεθνώς ανά πενταετία και θεωρείται το πλέον έγκυρο στο αντικείμενο της ραδιοπεριβαλλοντικής), με αντικείμενο τη σπουδή και την προστασία του περιβάλλοντος σε σχέση με τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Ήταν κριτής σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά σχετικά με ενεργειακά και ραδιοπεριβαλλοντικά θέματα. Η ερευνητική του δραστηριότητα επικεντρώθηκε στη θερμοϋδραυλική ανάλυση μεγάλων ενεργειακών συστημάτων, στη ραδιοπεριβαλλοντική ανάλυση και προστασία και στα θέματα μελέτης της διασποράς και χαρτογράφησης ραδιενεργών προϊόντων σχάσεως στο περιβάλλον. Το έργο του σχετικά με τη ρύπανση από το ατύχημα στο Chernobyl είχε τύχει αναγνώρισης από Διεθνείς Οργανισμούς. Τα αποτελέσματα των ερευνητικών του προσπαθειών είχαν δημοσιευθεί σε περίπου 120 επιστημονικές εργασίες σε διεθνή περιοδικά και πρακτικά διεθνών συνεδρίων. Είχε επιβλέψει στο ΕΜΠ περί τις 120 Διπλωματικές Εργασίες και 10 Διδακτορικές Διατριβές.

Είχε διοικήσει, τα τελευταία 15 χρόνια, μεγάλες μονάδες τόσο στον Ακαδημαϊκό Χώρο όσο και ευρύτερα στο Δημόσιο Τομέα, παράλληλα πάντοτε και συνεχώς με την αδιάλειπτη άσκηση των εκπαιδευτικών, ερευνητικών και διοικητικών καθηκόντων του στο Ίδρυμα, όπως κάθε φορά η κείμενη νομοθεσία το επέτρεπε. Συγκεκριμένα, είχε διατελέσει Αναπληρωτής Πρόεδρος της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. (1993-1997), Πρόεδρος της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. (1999-2001 & 2003-2005), Αντιπρόεδρος Οικονομικού Προγραμματισμού & Ανάπτυξης Ε.Μ.Π. (2000-2003), Μέλος του Ειδικού Υπηρεσιακού Συμβουλίου του ΥΠΕΣ (2004-2006), Πρόεδρος και Διευθύνων Σύμβουλος του Οργανισμού Αστικών Συγκοινωνιών Αθήνας ΟΑΣΑ και Πρόεδρος όλων των θυγατρικών του Εταιρειών ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ, ΗΣΑΠ (Μάιος 2004 – Αύγουστος 2006), Γενικός Γραμματέας του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών (Αύγουστος 2006 – Ιανουάριος 2009), Πρόεδρος της Ανεξάρτητης Αρχής “Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας” (είχε επιλεγεί για συγκεκριμένης διάρκειας θητεία, Μάιος 2009 – Ιανουάριος 2010).

Το Ίδρυμα του είχε αναθέσει τη θέση του Επιστημονικού Υπευθύνου του Έργου “Αποτίμηση Εκπαιδευτικού Έργου και Παρεχόμενων Υπηρεσιών του ΕΜΠ”, κατά τη διετία 1997-99, το οποίο υλοποιήθηκε από την ίδια την Πολυτεχνειακή Κοινότητα και διαπρεπείς Έλληνες και ξένους συμβούλους-καθηγητές. Κατά τη διάρκεια της θητείας του ως Αντιπρόεδρος ΕΜΠ ασχολήθηκε ιδιαίτερα με την παρακολούθηση των Οικονομικών Θεμάτων των Ελληνικών Πανεπιστημίων και συμμετείχε στη σχεδίαση και παρακολού-

θηση της πορείας των δύο ΕΠΕΑΕΚ στο πλαίσιο της Συνόδου των Πρυτάνεων των Ελληνικών ΑΕΙ, μετά από σχετική ανάθεσή της. Ήταν γνωστοί οι αγώνες του για την αναγνώριση της ισοτίμησης με Master του Διπλώματος του ΕΜΠ.

Τον Ιούνιο 2010 εξελέγη Πρύτανης του ΕΜΠ (θητεία 2010-2014).

ΤΟ ΨΗΦΙΣΜΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΛΗΤΟΥ ΤΟΥ ΕΜΠ

«Η Σύγκλητος του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου εκφράζει τη βαθιά της θλίψη για τον θάνατο του πρώην Πρύτανη του ΕΜΠ και Ομότιμου Καθηγητή της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Σίμου Σιμόπουλου, ο οποίος υπηρέτησε το ΕΜΠ από θέσεις ευθύνης με υποδειγματική αφοσίωση και υψηλή αίσθηση καθήκοντος και συνέβαλε σημαντικά, με το πολύπλευρο έργο του, στην ανάπτυξη των εκπαιδευτικών και ερευνητικών δραστηριοτήτων της Σχολής του και του ΕΜΠ.

ΨΗΦΙΖΕΙ

- Να εκπροσωπηθεί η Σύγκλητος στην κηδεία του
- Να αναρτηθεί μεσίστια η σημαία επί τριήμερο».

ΕΙΣ ΜΝΗΜΗΝ

ΣΙΜΟΣ ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ 1947-2020



ΤΟΥ ΑΝΔΡΕΑ Γ. ΜΠΟΥΝΤΟΥΒΗ

Στις 24 Μαΐου του δυκόλου χρόνου που διανύουμε, έλαβα ένα μίνιμα στο ηλεκτρονικό μου ταχυδρομείο, δείγμα χαρακτηριστικού γραφής του ευπατρίδη του ΕΜΠ, Σίμου Σιμόπουλου, για την απόλεια του οποίου ολόκληρη η ακαδημαϊκή μας κοινότητα πένθει. Μου έγραψε:

«*Ήδη αντιληθάνομαι από τις ανακοινώσεις του Ιδρύματος στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, προκίπτε ανασυγκρότηση δυνάμεων, λειτουργιών και διαδικασιών για την αντιμετώπιση της λήλαπας από την πανδημία. Επιπρόσθετο να θέσω υπόψη σας ότι πέρα από τη διάθεση του συνόλου του Ιδρύματος για προσφορά υπηρεσιών, σε οποιοδήποτε επίπεδο κριθεί ότι χρειάζεται, συμπεριλαμβανομένου του διοικητικού ή και των τηλε-φροντιστηριακών ενισχυτικών μαθημάτων».*

Η πρώτη ουσιαστική επαφή μου με τον Σίμο, ήταν επί αντιπροτενάεάς του στην πρωτεύουσα του Θεμιστοκλή Ξανθόπουλου, στην επιτροπή για τη Σύνταξη της Αυτοαξιολόγησης του ΕΜΠ που ολοκληρώθηκε το 1999. Επίκουρος καθηγητής στη Σχολή Χημικών Μηχανικών τότε εγώ και ομολόγός ότι τις επιτροπές, εν γένει, δεν τις θεωρούσα από τα δυνατά εργαλεία παραγωγής αποτελεσμάτων. Εκεί βρέθηκα προ της εκδήλωσης «Σίμος Σιμόπουλος». Τι εννοώ; Συγκροτημένο σχέδιο, διεσδυτική ανάλυση, την υπόθεση στα χέρια του, εξαιρετική γραφή, υπεροχα Ελληνικά, γραπτά και προφορικά, πληθωρικό ταμπραμέντο με φέγγμα, ευγένεια, αυστηρότητα, νεύρο, χιοΐωρο και έκφραση προσώπου και

Ο Σίμος Σιμόπουλος πέρα στην ιστορία του ΕΜΠ, ως ταγός, επιστήμονας, και δάσκαλος – δυσχερείται επιτομή εξαιρετού ακαδημαϊκού πολιτη-λεπουργού. Θα αρχίσω από το τέλος, την πολύ πρόσφατη επανέκδοσή του βιβλίου του «Μετρίσεις Τεχνικών Μεγεθών», όπου αποτυπώνεται το μεράκι, η συγκρότηση, η βαθιά μόρφωση ενός χαρισματικού και υπεύθυνου δασκάλου.

Και πγαίνω στην αρχή. Γεννήθηκε στην Αθήνα στις 17/4/1947 και η καταγωγή του ήταν από το Καστανοκώρι Αρκαδίας. Ο παππούς του ήταν από μία φτωχή αγροτική οικογένεια από την ορεινή Αρκαδία. Έκανε 7 παιδιά ένα εκ των οποίων ήταν ο Ευθύμιος Σιμόπουλος, πατέρας του Σίμου. Όλα τα παιδιά ήρθαν και σπούδασαν στην Αθήνα. Πήγε Σχολείο στα Εκπαιδευτήρια ΒΥΖΑΝΤΙΟ στο Πανγκράτι διοικησίας της οικογένειας. Ο πατέρας του, Ευθύμιος Σιμόπουλος, ήταν φιλόλογος. Η μητέρα του η Μαίρη Σιμοπούλου, δασκάλα. Οι γονείς του ήταν και οι διοικητές του σχολείου που αποφοίτησε. Απέκτησαν 3 παιδιά, τον Σίμο, την Όλγα και τη Χρυσάνθη.

Οι δύο κόρες έγιναν εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο ίδιο σχολείο ενός ο Σίμου έγινε καθηγητής ανώτατης εκπαίδευσης.

Ο Σίμος ποτέ δεν έχασε την καταγωγή του και πάντα στήριζε το χωριό του με ό,τι δυνατό είχε. Του άρεσε πολύ η μουσική γι' αυτό όταν ήταν φοιτητής είχε ενεργή συμμετοχή στη χορωδία του ΕΜΠ. Διπλωματούχος Μηχανολόγος – Ηλεκτρολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, διδάκτωρ του Πανεπιστημίου του Λονδίνου – Imperial College (1978), διόξε, για περίπου 3 δεκαετίες, στο Ιδρυμά για τη μαθηματα Πυρηνική Τεχνολογία και Μετρίσεις Τεχνικών Μεγεθών.

Η συμμετοχή του στη διερεύνηση απών και αποτελεσμάτων του πυρηνικού ατυχήματος του Τσερνομπίλ ήταν ζώος και επικίνδυνη για την υγεία του. Ευεργύτητα η συμμετοχή του στη διερεύνηση της μετεξέλιξης του ατυχήματος της Φουκουσίμα.

Ως θεσμικός παράγων στο ΕΜΠ, από τις πολλές θέσεις ευθύνης από τις οποίες του υπηρέτησε και κυρίως αυτή του Πρύτανη, υποστήριξε με θέσεις και πράξεις το δημόσιο ναυπηγείο, με βάση ακαδημαϊκές αρχές και αξίες κρατώντας επιθεδμημένες αποστάσεις, παρά τη φόρση των καταστάσεων, από

υπερβολές και σερίφνες δημοφιλίας. Έδωσε αγών για τη διατήρηση των θέσεων του προσωπικού του ΕΜΠ, με προσωπικό κόστος, εκτεθειμένος σε αμφισβήτηση με προεκτάσεις που του προκάλεσαν πικρία και καθυστερημένη αν όχι ανεκλήρωτη δικαίωση. Δούλεψε αγώνιστα ακόμη και όταν η κλονισμένη υγεία του έθετε σε δοκιμασία τη σωματική και ψυχική αντοχή του. Έκανε δουλειά μυρμηγκίου, με προσωπική συμμετοχή και στενή καθοδήγηση, χωρίς όριος να στενεύει τον χώρο δράσης των συνεργατών του από τους οποίους ήταν ιδιαίτερα απαιτητικός αλλά ενέπνευσε και συνέπιασε με το παράδειγμά του.

Ο Σίμος Σιμόπουλος δεν προσέφερε τις υπηρεσίες του μόνο στο ΕΜΠ. Δημόσιος λειτουργός, επικεφαλής πολλών οργανισμών από θέσεις γενικού γραμματέα, προέδρου και υπηρεσιακού υπουργού.

Το τελευταίο χρονικό διάστημα επικοινωνούσας έμμεσα μαζί του μέσω της αδελφής του της Χρυσάνθης, που μου έδωσε τη δυνατότητα να νιώσω την αγωνία και τις μετapaώσεις της τελευταίας δύσκολης περιόδου για την υγεία του. Είμαι βέβαιος ότι και από μέρους της μερφό να εκφράσω βαθύτατες ευχαριστίες στην διοίκηση και το ιατρικό προσωπικό του νοσοκομείου Σωτηρία για το ενδιαφέρον και την προσηλοπεία να σε υποστηρίξουν μέχρι τέλους.

Αιωνία η μνήμη σου Σίμο Σιμόπουλε. Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, ευγνωμονούν, κλάνει το γόνυ και σε ασπάζεται.

Ο Ανδρέας Γ. Μπουντούβης είναι πρύτανης του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

«Ένας χαρισματικός και υπεύθυνος δάσκαλος»

σώματος που οριοθετούσε την εγγύτητα με τον συνομηλίτη μου χωρίς ποτέ να κόβει γέφυρες.

Αργότερα συνεργαστικαμε ξανά. Από εγγύτερες θεσμικές θέσεις, αυτός Πρύτανης, εγώ Κοσμήτορας. Ο Σίμος ήταν αθεράπνετα θεσμικός, με «κρατήματα» με τα οποία θα μπορούσε να διαφωνήσει κανείς και μάλιστα έντονα, με αυτοσυγκρότηση αλλά και ξεσπασίματα παρορμητικότητας που προδίδαν ανθρώπινη γεσασιά και καλή καρδιά. Και πάνω απ' όλα ανιδιοτελής και άρκοινας. Και δεν βρέθηκε στις θέσεις που διεκδικησε και κατάλαβε για την εξίσωση, αλλά για προσηφορά, έχοντας επίγνωση των δυνατοτήτων του.

Ήταν σαν άνθρωπος κλειστός. Έκα βρει όριος κάποια «κουμπιά» του και γνώριμου πειραχτήρι, όταν χρειαζόταν, για να σπάσει ο πάγος, ενδεικτικά αυτός που συνδύεσε την προσφιλή του προσώπων «Αξίσημα». Έμαθα πολλά από αυτόν, χωρίς ποτέ να είμαι στον στενό του κύκλο, και του χρυσό ευγνωμοσύνη που και μετά τη θνηεία του ως πρύτανης και τη συνταξιοδότησή του και μέχρι τελευταία με τίμησε με την εγγύτητά του, τις συμβουλές και τη διαθεσιμότητά του.

Αν μπορούσα να γράφω μια φράση που τον χαρακτηρίζει θα έγραφα: η ζωή του ήταν γεμάτη από ΕΜΠ. Ιδρυματικός αλλά και ακαδημαϊκά κομποπολής, θεωρώντας και καταντώντας σε βάθος και έκταση τα ενός, ταυτόχρονα διατηρώντας το μέτρο της διεθνούς των πραγματών και των εξελίξεων.

Σηβαρός πρέσβος της Σχολής των Μηχανολόγων Μηχανικών, ακάματος και δημοφιλής αντηπράτης και πρύτανης σε μια από τις δύσκολες περιόδους του Ιδρύματος.

“

Αν μπορούσα να γράφω μια φράση που τον χαρακτηρίζει θα έγραφα: η ζωή του ήταν γεμάτη από ΕΜΠ. Ιδρυματικός αλλά και ακαδημαϊκά κομποπολής, θεωρώντας και καταντώντας σε βάθος και έκταση τα ενός, ταυτόχρονα διατηρώντας το μέτρο της διεθνούς διάστασης των πραγμάτων και των εξελίξεων.

Σίμος Σιμόπουλος- Εις Μνήμην

ΝΙΚΟΣ ΜΑΡΚΑΤΟΣ

Ομότιμος Καθηγητής, πρώην Πρύτανης ΕΜΠ

Άφησα να περάσουν αρκετές ημέρες από τον αδόκητο θάνατο του συναδέλφου και φίλου Ομότιμου Καθηγητή του ΕΜΠ και πρώην Πρύτανη Σίμου Σιμόπουλου, για να εκφράσω την οδύνη και τη συντριβή μου για το χαμό του. Το σοκ ήταν μεγάλο και η άμεση αναφορά μου σε αυτό θα ήταν σε σύγχυση. Γιατί με το Σίμο γνωριζόμασταν από το 1954, και 66 ολόκληρα χρόνια! Γνωριστήκαμε μικρά παιδιά στο σχολείο που πηγαίναμε Δημοτικό, στο «Βυζάντιο», στο σχολείο της μητέρας του Σίμου, της Κυρά Μαίρης. Ο πατέρας του φίλος με τον πατέρα μου στην Πλατεία Πλαστήρα στο Παγκράτι. Μετά μαζί στο Imperial College του Λονδίνου και τέλος μαζί στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αντιλαμβάνεται λοιπόν κανείς το σοκ και τη βαθιά θλίψη για το θάνατό του, ο οποίος έκαμε να τερματισθεί μια ζωή αφιερωμένη στη διακονία της επιστήμης, της εκπαίδευσης, της συγγραφής, της υπεύθυνης κοινωνικής αποστολής και του εθνικού καθήκοντος.

Ο Ομότιμος Καθηγητής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Σίμος Σιμόπουλος, διακεκριμένο πνευματικό τέκνο του Ιδρύματός μας, είχε πολυσχιδή επιστημονική δράση, πολυμερείς πνευματικές ανησυχίες και πολλαπλά ενδιαφέροντα.

Η συγκρότηση και ο πνευματικός εξοπλισμός και το στερεά θεμελιωμένο υπόβαθρο της επιστημονικής του φυσιογνωμίας τον κατέστησαν ικανό να αποδώσει εξαιρετο έργο κατά την πολυετή θητεία του στην Ανώτατη Εκπαίδευση. Η εκλογή του ως Πρύτανη ΕΜΠ αποτελεί την επίστεψη, το επιστέγασμα και την κορωνίδα της ζωής του, της αφιερωμένης στη γνώση, στην προσφορά και στον οραματισμό.

Ο Σιμόπουλος έδειξε πως είναι εφικτή η εξειδίκευση και η αποθέωση της ανθρωπίνης αξίας σε όλες τις διαστάσεις και πτυχές της.

Το παράδειγμά του δείχνει με ανάγλυφο και απολύτως ορατό τρόπο ότι ο επιστήμονας δεν είναι κατ' ανάγκην μονοδιάστατος άνθρωπος, τεχνοκράτης όπως είθισται να ονομάζεται, ότι το πάθος για την τεχνολογία δεν είναι συνώνυμο του εγκλεισμού ενός επιστήμονα στα στεγανά της στείρας αναπτυξιολαγνείας αλλά μοχλός για την ανθρώπινη ελευθερία, ότι η επιδίωξη της ανάπτυξης δεν είναι μια τυφλή πορεία αυτοματισμών αλλά συνειδητή, ελεγχόμενη έλλογη και ορθολογική επιλογή, που κάθε φορά σταθμίζει συγκεκριμένα τα επίδικα αντικείμενα, το ανθρώπινο κόστος, τα κίνητρα και τα αποτελέσματα.

Κλείνοντας αυτή τη σύντομη αναφορά που ενέχει θέση μνημοσύνου, θέλω να υπογραμμίσω ότι αναφέρθηκα σε όσα εγώ προσωπικά ως άτομο έχω καταγράψει και σημειώσει ως σημαντικά στοιχεία της προσφοράς του θανόντος καθηγητή. Η προσωπική αυτή νότα φέρει χαραγμένη επάνω της τη σφραγίδα της μερικότητας και της ατέλειας, δεν χωράει αμφιβολία, έχει όμως και ένα πλεονέκτημα: ακολουθεί εκείνη τη βιωματική σχέση με τα τεκταινόμενα που κατά βάθος πιστεύω ότι επιχειρεί να μας μεταδώσει ο κάθε καθηγητής. Οπότε, ελπίζω, να μένει πιστή στο βασικό μήνυμα της σύνολης πνευματικής στάσης του θανόντος, για την οποία θα ήθελα και εγώ, μαζί με όλους τους άλλους είμαι σίγουρος, να τον ευχαριστήσω έστω μετά θάνατον.

Πολυαγαπημένε Συνάδελφε Σίμο,

Ο θάνατός σου στέρησε όχι μόνο το Ίδρυμα από τις ανεκτίμητες υπηρεσίες σου αλλά και τους συναδέλφους σου από τη ζωογόνο συμπαράσταση ενός φίλου ακέραιου, αγαπητού, εγκάρδιου και λαμπρού επιστήμονα.

Απηχώντας τα αισθήματα του πλήθους των μαθητών του και της ακαδημαϊκής μας κοινότητας, απευθύνουμε τα θερμά μας συλλυπητήρια προς την οικογένειά του.

Πολυαγαπημένε Σίμο, θα θυμόμαστε για πάντα την ευθύτητα, το ήθος και την προσφορά σου στο Ίδρυμά μας, Ίδρυμα γεννήτορας τόσων άξιων πνευματικών φυσιογνωμιών. Η μνήμη σου όμως θα καλύπτει μικρό μέρος από το μεγάλο κενό που αφήνει ο θάνατός σου.

Ας είναι ελαφρύ το χώμα που σε σκεπάζει.

Σίμος Ε. Σιμόπουλος

Μετρήσεις Τεχνικών Μεγεθών



Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Σίμος Ε. Σιμόπουλος
Μετρήσεις Τεχνικών Μεγεθών
Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ

Πρόλογος του Συγγραφέα στην πρόσφατη έκδοση, 2020

Η Τρίτη Έκδοση του Βιβλίου «Μετρήσεις Τεχνικών Μεγεθών» αποτελεί μια αναθεωρημένη και συμπληρωμένη, ώριμη πια έκδοση, προφανώς λόγω των τριών δεκαετιών που παρήλθαν από τη δεύτερη έκδοση του τεύχους – βοηθήματος για τη στήριξη των φοιτητών στο ομώνυμο μάθημα, που διδάσκεται επί περίπου τέσσερις δεκαετίες στο πέμπτο εξάμηνο της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π.

Το Βιβλίο, πλέον, διαρθρώνεται σε τρία νοητά μέρη:

- Μέρος Α΄ (Κεφάλαια 1-8): Αρχές και Νόμοι της Στατιστικής, απαραίτητες προϋποθέσεις τόσο για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, όσο και για τη σχεδίαση ολοκληρωμένων πειραμάτων.
- Μέρος Β΄ (Κεφάλαια 9 & 10): Διαστατική Ανάλυση και Θεωρία των Μοντέλων, παρέχει τις θεμελιώδεις γνώσεις για την οργάνωση και επεξεργασία μεθόδων προσομοίωσης. Οι βασικές αυτές γνώσεις αποτέλεσαν ισχυρό εργαλείο για τον ερευνητή μηχανικό, ιδιαίτερα την εποχή που δεν υπήρχαν οι σημερινές ισχυρές υπολογιστικές δυνατότητες.
- Μέρος Γ΄ (Κεφάλαια 11 & 12): Μεταλλάκτες, δηλαδή αισθητήρια όργανα, των κυριότερων μηχανολογικών μετρήσεων και συγκρότηση Μετρητικών Διατάξεων, οι οποίες είναι χρήσιμες για όλες τις μετρήσεις τις οποίες ενδέχεται να κληθούν να οργανώσουν όλες οι ειδικότητες των μηχανικών.

Στο Βιβλίο, το οποίο συνοδεύουν 4 Παραρτήματα με τους κυριότερους Πίνακες της Στατιστικής και άλλο χρήσιμο υποστηρικτικό υλικό, δίνονται αρκετά παραδείγματα εφαρμογής, δηλαδή περιπτώσεων που ο Μηχανικός, Φοιτητής ή Διπλωματούχος στον οποίο το Βιβλίο απευθύνεται, αντιμετωπίζει στην πράξη. Με αυτά, επιδιώκεται η συμβολή στην αφομοίωση της ύλης, μολονότι θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι το περιεχόμενο βιβλίων, όπως αυτό, δεν διαβάζεται! *Εφαρμόζεται*. Και για την κατανόηση, την αφομοίωση και την εμπέδωση της παρεχόμενης γνώσης και των εισαγόμενων εννοιών, είναι απαραίτητη η παράλληλη με τη μελέτη εκπόνηση Εργαστηριακών Ασκήσεων. Όπως ήδη αναφέρθηκε, στο Βιβλίο υπάρχουν τα απαραίτητα για την εμπέδωση της ύλης παραδείγματα· όμως, από την παρούσα Έκδοση έχουν παραλειφθεί οι εκφωνήσεις Ασκήσεων στο τέλος κάθε Κεφαλαίου, ώστε οι διδάσκοντες να έχουν την ευελιξία να προσαρμόζουν τις γραπτές ασκήσεις στο επίπεδο που κάθε φορά, ανάλογα με το ακροατήριό τους, επιβάλλεται.

Με την αλματώδη εξέλιξη των υπολογιστικών εργαλείων την τελευταία 50-ετία, θα μπορούσε κανείς να ισχυρισθεί ότι το έργο της στατιστικής επεξεργασίας των αποτελεσμάτων των τεχνικών μετρήσεων θα μπορούσε να αναλάβει ένα από τα σύγχρονα πακέτα στατιστικών επεξεργασιών, χωρίς κατ' ανάγκην ο χειριστής να έχει γνώσεις στατιστικής. Αυτονόητα βέβαια, ο ισχυρισμός αυτός δεν μπορεί να σταθεί. Οι λόγοι πολλοί, οι περισσότεροι προφανείς. Ο κατά τη γνώμη μας σοβαρότερος: το μυαλό των πολλών δεν μπορεί και δεν πρέπει να υποδουλωθεί στο πράγματι χαρισματικό μυαλό του ενός που έχει το προνόμιο να γράφει λογισμικό. Το «πακέτο» έρχεται να εξυπηρετήσει από πλευράς χρόνου και ακριβείας της επεξεργασίας, αφού πρώτα το μυαλό του ερευνητή έχει αναλύσει το τι και το πώς –κατά περίπτωση– θα πρέπει να αναλυθεί. Και αυτό το τελευταίο χρειάζεται καλή γνώση και χειρισμό των νόμων της στατιστικής.

Η ύλη του μαθήματος διαμορφώθηκε, στην παρούσα της μορφή, μετά από ζωντανή αλληλεπίδραση με τους φοιτητές μας, στους μαυροπίνακες των Αμφιθεάτρων του Ιδρύματος. Από τη δεκαετία του 1980 είχαν ετοιμασθεί και εξυπηρετούσαν τις παραδόσεις χειρόγραφες «διαφάνειες», ιδιαίτερα για την αντιμετώπιση των «δύσκολων» σημείων της ανάπτυξης, οι οποίες από τις αρχές της δεκαετίας του 2000 μετεξελίχθηκαν σε αρχεία PowerPoint τα οποία διετίθεντο εκτυπωμένα και στους φοιτητές. Εστιάζοντας στον άξονα του χρόνου του παρελθόντος, αναπόφευκτα ανακαλώ στη μνήμη μου όλες τις εκφράσεις των προσώπων των ακροατών – φοιτητών μας, με ζωγραφισμένη πρόδηλα την έκφραση της απορίας ή/και της απογοήτευσης, ιδιαίτερα στις «δύσκολες» στροφές της ύλης, που οφείλονταν είτε στην απειρία μου να μπω στη λογική και να παρακολουθήσω την απορία τους είτε στην πάντοτε αναπόφευκτη δυσκολία της προσαρμογής τους, από τον ντετερμινιστικό χώρο των μαθηματικών των μαθητικών θρανίων, στον στοχαστικό χώρο των πανεπιστημιακών εργαστηρίων αλλά και της ζωής. Οφείλω να σταθώ ιδιαίτερα και με ευγνωμοσύνη σε δύο από τους πρώτους χρονολογικά φοιτητές – ακροατές του μαθήματος, οι απορίες αλλά και η διεξοδική συζήτηση με τους οποίους συνέβαλε καθοριστικά στη διαμόρφωση και την ανάπτυξη της ύλης: τους ήδη εξαιρετικά επιτυχημένους Συναδέλφους Διδάκτορες Μηχανικούς που διαπρέπουν στο εξωτερικό Γιάννη Γιαννακούρο και Κώστα Αϊβαλή.

Από το πρώτο κιόλας έτος ανάληψης της διδασκαλίας του μαθήματος, καθιερώθηκε η παράλληλη εργαστηριακή εξάσκηση, την οποία σαφώς διευκόλυνε η υφιστάμενη εργαστηριακή υποδομή του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας, όχι μόνον σε διατάξεις όπου ραδιενεργές πηγές αποτελούσαν «γεννήτριες πειραματικών μετρήσεων» προς επεξεργασία, αλλά και σε διατάξεις μηχανολογικών μεταλλακτών, όπως θερμοστοιχεία, ροόμετρα κ.λπ., σε τμήματα του ικριώματος του Θερμοϋδραυλικού Κυκλώματος του Εργαστηρίου, η σχεδιοκατασκευή του οποίου άρχισε περί το 1983. Ο σχεδιασμός επέβαλε την ολοκληρωμένη αυτοματοποίηση των μετρήσεων σε απευθείας συνδεδεμένους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Η σχεδίαση του συστήματος συλλογής δεδομένων έγινε επιτυχώς, με τη συνεργασία τόσο του Ηλεκτρονικού Μηχανικού του Εργαστηρίου αείμνηστου Δ. Πετρόπουλου, όσο και συχνά με εκείνη προπτυχιακών και μεταπτυχιακών

φοιτητών στα πλαίσια της διατριβής τους, χρονολογικά σε τρεις πλατφόρμες: PDP-11 & LSI-11 (RT11), Personal Computers (DOS & Windows), HP-σειρές 68000 (Unix HP-UX). Θα ήθελα, έστω και καθυστερημένα, να ευχαριστήσω του Συνεργάτες – Φοιτητές και σκαπανείς της εποχής αυτής: Τους αείμνηστους Δ. Πετρόπουλο Διπλ. Ηλεκτρονικό Μηχανικό και Δρα Ε.Π. Χίνη, μετέπειτα Αναπληρωτή Καθηγητή του Τομέα (LSI-11, DOS & Windows), τους Συναδέλφους Μηχανικούς Δημήτρη Χαρβάτη (HP-UX) και Σταύρο Βοσυνιώτη (DOS & Windows), αλλά και τη Συνάδελφο Μηχανικό Αλεξάνδρα Κωνστανταροπούλου για τη σημαντική και δημοσιευμένη συμβολή της στην απευθείας σε Η/Υ επεξεργασία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, φθάνοντας μέχρι την κατασκευή των ελλείψεων εμπιστοσύνης. Η συνεργασία μαζί τους, εκτός από επωφελής, θα μου μείνει και αξέχαστη. Ας μου επιτραπεί να προσθέσω ότι αισθάνομαι ότι με το Βιβλίο αυτό επιστρέφεται σήμερα, έστω και καθυστερημένα, ένα μέρος του χρέους ενός πανεπιστημιακού δάσκαλου στους φοιτητές του.

Η συγκρότηση των διατάξεων των πειραματικών ασκήσεων του μαθήματος έγινε με τη συμβολή του μέλους ΕΤΕΠ του Τομέα, αείμνηστου Β. Ηλία, στον οποίο άλλωστε οφείλονται ευχαριστίες και για την, με μεγάλη επιμέλεια, συνολική συμβολή του στη συγκρότηση και τη λειτουργία των Εργαστηρίων του Τομέα. Ευχαριστίες επίσης οφείλονται σε όλους τους Υποψήφιους Διδάκτορες του Τομέα, οι οποίοι στήριξαν ανιδιοτελώς και με επιτυχία το έργο της επίβλεψης των Εργαστηριακών Ασκήσεων του μαθήματος, οι οποίες αποδείχτηκε αδιαμφισβήτητα ότι ήταν εντελώς αναγκαίες για την εμπέδωση και αφομοίωση της ύλης.

Πάντοτε ανατρέχοντας πίσω στον άξονα του χρόνου, διακρίνω και την εποχή της μύησής μου στον θαυμαστό στοχαστικό κόσμο των μετρήσεων, την οποία οφείλω σε δύο ακάματους σκαπανείς του εργαστηριακού έργου στο Ε.Μ.Π. από τα φοιτητικά μου χρόνια, τους τότε Επιμελητές μου Απόστολο Παπαζή στο Εργαστήριο Φυσικής (1966) και Δημήτρη Λεωνίδου στην τότε Έδρα Πυρηνικής Τεχνολογίας (1968). Οι εμπειρίες από τις επιστημονικές αλλά εξαιρετικά ανθρώπινες και ζεστές αυτές συνεργασίες μαθητείας χάραξαν ανεξίτηλα στον βραχώδη χαρακτήρα μου ακαδημαϊκά και όχι μόνον. Ευτυχής συγκυρία μου έδωσε την ευκαιρία να συνεχίσω να θητεύω από τα πρώτα μεταπτυχιακά μου χρόνια δίπλα στον «Δάσκαλο του Εργαστηριακού Πάγκου», τον Ομότιμο Καθηγητή σήμερα Δ.Ι. Λεωνίδου. Σήμερα πια, συνειδητοποιώ ότι χωρίς τις πιο πάνω δύο μαθητείες θα μου ήταν αδύνατο να ολοκληρώσω, σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα, το μεταπτυχιακό πειραματικό μου έργο στο Θερμοϋδραυλικό Κύκλωμα του Imperial College (Dry-out Rig), όπου –από διαφορετική απόσταση και φιλοσοφία και πρόδηλα ψυχρότερο κλίμα από εκείνο στο ζεστό πολυτεχνειακό περιβάλλον– ήθηυσα και διδάχτηκα από τον Βρετανό Δάσκαλο της Πυρηνικής Θερμοπαραγωγής Καθηγητή Walter Murgatroyd. Σε εκείνη την εποχή οφείλεται και η εφαρμογή της θεωρίας των «ελλείψεων εμπιστοσύνης», τις οποίες πραγματεύεται το 8ο Κεφάλαιο του Βιβλίου, και οι οποίες τροφοδότησαν αρκετές πειραματικές εργασίες, διατριβές, αλλά και δημοσιεύματα σε διεθνή περιοδικά,

που εκπονήθηκαν στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας στο Ε.Μ.Π., και μάλιστα με τα πενιχρά υπολογιστικά μέσα στις αρχές της δεκαετίας του '80, ένα PDP-11/03 με 32 kb κεντρική μνήμη, δύο floppy των 128 kb το κάθε ένα και ένα πληκτρολόγιο-τηλέτυπο τύπου AS33. Είμαι βέβαιος, δουλεύει ακόμη...

Δεν θα πρέπει να παραλείψω να υπογραμμίσω αυτό που διδασκόμουν συνεχώς από τη φοιτητική μέχρι την ώριμη ακαδημαϊκή μου θητεία, από τον πρόωρα αείμνηστο Δάσκαλό μου Μιχάλη Αγγελόπουλο: τη μεγάλη σημασία στην επιστημονική λεπτομέρεια και τη συμβολή της στην αξιοποίηση των όποιων πειραματικών συμπερασμάτων. Από τον Καθηγητή Μιχάλη Αγγελόπουλο έμαθα και βίωσα –μεταξύ πολλών άλλων– και κάτι διαφορετικό, αλλά πολύ σημαντικό: *το πείραμα δεν αποτυγχάνει ποτέ, πάντοτε παρέχει αποτελέσματα, είτε μας αρέσουν και τα προβάλλουμε είτε όχι. Από αυτά τα τελευταία είναι που κυρίως μαθαίνουμε και προχωράμε...*

Η δεκαετία του 1980 σημαδεύτηκε από το μεγαλύτερο στην ιστορία της Πυρηνικής Ηλεκτροπαραγωγής ατύχημα στο Chernobyl το 1986. Εκτός από τους πρώτους –και ίσως πρώιμους– φιλοσοφικούς στοχασμούς εξαιτίας των άδικων ανθρώπινων απωλειών στην περιοχή του Εργοστασίου, θα πρέπει να ομολογηθεί και η επιστημονική περιέργεια για το αποτύπωμα του συμβάντος στην ελληνική επικράτεια. Η προσωπική πρωτοβουλία, ίσως χαρακτηριστικό κάθε ρομαντικού «πολυτεχνίτη», μπροστά σε μια ανεξήγητη αδράνεια των αρμοδίων, με οδήγησε σε ένα ευρύτατο προσωπικό-ατομικό πρόγραμμα δειγματοληψίας εδάφους στην ηπειρωτική Ελλάδα, το καλοκαίρι του 1986. Η ανάγκη επεξεργασίας ενός μεγάλου πλήθους δειγμάτων, και μάλιστα σε σύντομο χρόνο, οδήγησε τόσο στην εφαρμογή μεθοδολογιών οι οποίες υποδεικνύονται στις σελίδες του βιβλίου αυτού, όσο και στην ανάπτυξη νέων, οι οποίες επίσης παρουσιάζονται στο βιβλίο. Δηλαδή, η επιστημονική αυτή έρευνα τροφοδοτήθηκε από το βιβλίο και παράλληλα το τροφοδότησε σε τρεις κυρίως τομείς:

- Στατιστικές επεξεργασίες μεγάλου πλήθους δειγμάτων, σε μετρητικές διατάξεις απευθείας συνδεδεμένες σε προσωπικό Η/Υ.
- Ανάλυση πολύπλοκων φασμάτων από δείγματα εδάφους, που περιέχουν ραδιοϊσότοπα φυσικής ραδιενέργειας, όπως πάντοτε φυσιολογικά συμβαίνει, αλλά επιβεβαιωμένα ταυτόχρονα από τα ραδιοϊσότοπα σχάσεως του ραδιενεργού νέφους, για την οποία αναπτύχθηκε ο κώδικας στατιστικών επεξεργασιών Η/Υ με την ονομασία SPUNAL, καρδιά του οποίου αποτελούν τεχνικές που αναπτύσσονται κυρίως στο Κεφάλαιο 8 του παρόντος.
- Γεωγραφικές απεικονίσεις αποτελεσμάτων μετρήσεως με τις κατάλληλες στατιστικές απεικονίσεις, δηλαδή γεωστατιστικές απεικονίσεις, με υποστήριξη από τη μαθηματική θεωρία των fractals, οι οποίες έχουν παρουσιασθεί σε δημοσιεύσεις του Τομέα, με τη συμβολή του αείμνηστου Ε.Π. Χίνη.

Το έτος 1999, το Εργαστήριο του Μαθήματος, και συνακόλουθα η ύλη του παρόντος, αναβαθμίστηκαν με τη μετεγκατάσταση του Τομέα από το «φιλόξενο» υγρό αλλά «ζε-

στό» Υπόγειο του Κτηρίου Φυσικής, στο «ιδιόκτητο» πλέον εμβληματικό Κτήριο «Κ» των Εργαστηρίων της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών. Τα μαθήματα πρακτικής, αλλά νομοτελειακά επιστημονικής διαχείρισης σκέψης και ενεργειών από τον τότε Πρόεδρο της Σχολής μας και σήμερα Ομότιμο Καθηγητή Δημήτρη Κουρεμένο ήταν καθοριστικά τόσο για την ανέγερση του Κτηρίου όσο και για τον πρόσθετο εξειδικευμένο εξοπλισμό του. Το Κτήριο «Κ», όπου με άνεση εγκαταστάθηκαν άνθρωποι και όργανα για να συνεχίσουν απρόσκοπτα να διακονούν στον χώρο της εκπαίδευσης, της διδασκαλίας και της έρευνας οφείλει στον κ. Κουρεμένο πολλά.

Στο εγχείρημα της συγγραφής της παρούσας Τρίτης Έκδοσης με ενθάρρυναν οι Διδάσκοντες σήμερα το μάθημα, διακεκριμένοι προπτυχιακοί και μεταπτυχιακοί φοιτητές της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών, ήδη μέλη ΔΕΠ του Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας, Αναπληρωτής Καθηγητής κ. Μ. Αναγνωστάκης, Επίκουρος Καθηγητής κ. Ν. Πετρόπουλος και Λέκτορας κα Π. Ρούνη. Οφείλω να τους ευχαριστήσω τόσο για την ενθάρρυνση, όσο και για τη διάθεση των μέσων αναπαραγωγής του Τομέα για τις ανάγκες του χειρογράφου του παρόντος, και μάλιστα αρκετά χρόνια μετά την αφυπηρέτησή μου από τον Τομέα. Στον κ. Αναγνωστάκη οφείλονται πρόσθετες ευχαριστίες για τις εύστοχες παρατηρήσεις του στο Κεφάλαιο 3 του παρόντος. Εύχομαι και ελπίζω η νέα αυτή Έκδοση να βοηθήσει τους Διδάσκοντες ώστε οι φοιτητές τους να αφομοιώνουν με ευκολία τα αναγκαστικά δύσκολα τμήματα της ύλης.

Η επιστημονική διόρθωση του μεγαλύτερου μέρους των χειρογράφων του παρόντος έγινε εθελοντικά από τους παλαιούς διακεκριμένους προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές, ήδη Διδάκτορες Μηχανικούς και Συνεργάτες του Τομέα, Α. Νικόγλου και Γ. Παπαδάκο. Σε αυτούς οφείλεται η βελτίωση και η αναβάθμιση πολλών δύσκολων σημείων της ανάπτυξης. Η Έκδοση αυτή τους οφείλει πολλά.

Η υλοποίηση της Έκδοσης αυτής ανελήφθη εξολοκλήρου από τις «Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.». Αποτελεί υποχρέωσή μου και οφείλω να ευχαριστήσω ευχαρίστως τόσο το Ίδρυμα που ανέλαβε την παρούσα Έκδοση και τη Διοίκησή του, όσο και όλους τους συντελεστές του σύνθετου αυτού έργου:

- Τη Συνάδελφο Καθηγήτρια της Σχολής Χημικών Μηχανικών κα Π. Βασιλείου, η οποία αφενός μεν με παρότρυνε εντατικά στη σύνθεση της Έκδοσης αυτής, αφετέρου δε παρακολούθησε δημιουργικά όλα τα στάδια της εξέλιξης της σχετικής διαδικασίας τόσο στη Συγκλητική Επιτροπή Πανεπιστημιακών Συγγραμμάτων και Εκδόσεων, όσο και στο Τμήμα Εκδόσεων.
- Τον Συνάδελφο Καθηγητή της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών κ. Δ. Παπαντώνη, Αναπληρωτή Πρύτανη Ακαδημαϊκών Υποθέσεων και Προσωπικού – Πρόεδρο της Συγκλητικής Επιτροπής Πανεπιστημιακών Συγγραμμάτων και Εκδόσεων, τόσο για τη θετική εισήγησή του, μετά τη μελέτη του υποβληθέντος χειρόγραφου δοκιμίου, όσο και για το σύνολο της διαδικασίας έγκρισης και παρακολούθησης της έκδοσης.
- Την Προϊσταμένη του Τμήματος Εκδόσεων κα Α. Μπούτου για το ενδιαφέρον και την

–όπως πάντοτε συνέβαινε– ευσυνείδητη παρακολούθηση όλων των φάσεων της Έκδοσης, με αρκετές αντιξοότητες τις οποίες με επιτυχία ξεπέρασε.

- Τις δύο άξιες Συνεργάτιδες του Τμήματος Εκδόσεων, στις οποίες οφείλονται ξεχωριστές ευχαριστίες, μιας και στον επαγγελματισμό τους οφείλεται και η παραγωγή του ανά χείρας πονήματος: την κα Α. Τσαχουρίδου, η οποία ανέλαβε το επίπονο έργο της σελιδοποίησης και του σχεδιασμού σχημάτων και εξωφύλλου, και την κα Ε. Γιαννακοπούλου στην οποία οφείλεται η αναφερόμενη ως «γλωσσική επιμέλεια» εργασία, η οποία όμως στην πράξη διείσδυσε πολύ περισσότερο σε θέματα ουσίας του κειμένου, ώστε αυτό να μην δυσκολεύει –κατά το δυνατόν– την αφομοίωσή του από τον φοιτητή. Η συνεργασία μαζί τους, και μάλιστα σε μια πολυεπίπεδα δύσκολη εποχή, δεν αποτέλεσε για εμένα ευχάριστη έκπληξη, καθώς γνώριζα τη δουλειά τους από προηγούμενες συνεργασίες μας, αλλά πολλαπλή επιβεβαίωση των εξαιρετικών ικανοτήτων τους στις οποίες στηρίζεται εδώ και δύο περίπου δεκαετίες ο μηχανισμός των Πανεπιστημιακών Εκδόσεων Ε.Μ.Π. Αυτονόητα, σε ένα τεχνικό κείμενο όπως το παρόν, παρά την εξαιρετικά λεπτομερή επιμέλεια με την οποία ετοιμάστηκε, θα έχουν παρεισφρήσει και παροράματα. Αυτά οφείλονται πλέον αποκλειστικά στον γράφοντα.
- Την κυρία Β. Νικολαΐδου, Προϊσταμένη του Γραφείου Πρύτανη του Ε.Μ.Π., για τη συμβολή της στην επίλυση πολυεπίπεδων διοικητικών θεμάτων, τα οποία συνάντησε η διαδικασία της έκδοσης.

Ευχαριστίες οφείλονται τόσο στην κυρία Ν. Γρίβα, Γραμματέα του Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας, για τη γραμματειακή υποστήριξη κατά τη διάρκεια του ελέγχου των δοκιμών της Έκδοσης αυτής, όσο και στην κυρία Β. Γρίβα, Προϊσταμένη του Τμήματος Δημοσίων Σχέσεων του Ε.Μ.Π., για τη στήριξή της στη δύσκολη εποχή όπου παράλληλα με τα διοικητικά μου καθήκοντα φρόντιζα να αναπνέω εκπαιδευτικά, συνθέτοντας τα δύσκολα σημεία των παραδόσεων που αναπτύσσονται στο βιβλίο αυτό.

Τέλος, αλλά επίσης ξεχωριστά, οφείλω να ευχαριστήσω την αδελφή μου Χρυσάνθη, για όλη της τη στήριξη σε όλο αυτό το ανηφορικό και δύσβατο μονοπάτι μετά τη συνταξιοδότησή μου και τη συνακόλουθη υποχρεωτική απομάκρυνση από την αγαπημένη μου γωνιά, στο «εργαστήριό μου» στο αγαπημένο μου Ίδρυμα. Όταν πλέον έσβησαν όλα τα φώτα, μέσα σ' ένα σκοτάδι που βοηθά τα αναλογικά μάτια της ψυχής να διακρίνουν καλύτερα από όποια ψηφιακή προσέγγιση της λογικής. Αυτή η ανηφόρα μου, αλλά και ο απόμακρος στόχος της, θυμίζει το μονοπάτι που παιδιά ανεβίναμε τα καλοκαίρια για να σκαρφαλώσουμε στο γέρο Κραμποβό μας, να μετρήσουμε μέσα στο σκοτάδι της νύχτας τα αμέτρητα άστρα στον φωτεινό ουρανό του Λυκαίου Όρους, πάνω από την ιερή κορυφή των Αρκάδων.

Αισθάνομαι ότι με τις γραμμές αυτές ολοκληρώνω και τον δικό μου «*Εσπερινό Απόλογο*»...

Πόρτο-Ράφτη
Δεκέμβριος, 2018

