



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Πολυτεχ/πολη Ζωγράφου 157 804 Τηλ. : 210 772 3572 Τηλ/πια : 210 772 3571

Αρ.Πρωτ.: **55002**

Αθήνα, **22/11/17**

Προς τα Μέλη ΔΕΠ της
Σχολής Μηχ/γων
Μηχ/κών

ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Σας προσκαλούμε στην παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής της **ΜΑΡΙΛΙΑ Ι. ΣΑΒΒΑ**, Διπλωματούχος **Μηχανολόγος Μηχανικός του ΕΜΠ**, που θα πραγματοποιηθεί την Παρασκευή 1 Δεκεμβρίου 2017, ώρα 14:00μ.μ. στην Αίθουσα Σεμιναρίων του Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Ο τίτλος της Διδακτορικής Διατριβής είναι ο εξής :

«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΟΛΥΧΑΜΗΛΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ»

Επισυνάπτεται περίληψη της παραπάνω Διδακτορικής Διατριβής

Ο ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ

Η. ΤΑΤΣΙΟΠΟΥΛΟΣ
Καθηγητής Ε.Μ.Π.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΩΝ
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ**

Διδακτορική Διατριβή της

Μαρίλιας Ι. Σάββα

Διπλωματούχου Μηχανολόγου Μηχανικού ΕΜΠ

Περίληψη της εργασίας η οποία υποβλήθηκε το Νοέμβριο 2017 στη Συμβουλευτική Επιτροπή που ορίστηκε από τη Γ.Σ.Ε.Σ. της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ, για την αγόρευση της υποψηφίου σε Διδάκτορα

Η παρούσα Διδακτορική Διατριβή (Δ.Δ.) είχε ως αντικείμενο τον προσδιορισμό πολύ χαμηλών συγκεντρώσεων φυσικών και τεχνητών ραδιενεργών ισοτόπων σε περιβαλλοντικά δείγματα, με τεχνικές γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης. Όπως είναι γνωστό, φυσικά και τεχνητά ραδιενεργά ισότοπα, με χαμηλή ή υψηλότερη ειδική ραδιενέργεια περιέχονται και είναι δυνατό να ανιχνεύονται σε πάσης φύσεως περιβαλλοντικά δείγματα. Ακόμα και στην περίπτωση όπου, λόγω της χαμηλής ειδικής ραδιενέργειας των δειγμάτων, η ραδιοβιολογική σημασία των ισοτόπων είναι αμελητέα, η ανίχνευσή τους μπορεί να έχει ενδιαφέρον σε διάφορες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα κατά τη χρήση τους ως ιχνηλάτες περιβαλλοντικών διεργασιών. Επιπλέον, η βελτίωση των επιπέδων ανίχνευσης ενός ισοτόπου από μία γ-φασματοσκοπική διάταξη, μπορεί να επιτρέψει την ανίχνευση του ισοτόπου σε δείγματα μικρότερου όγκου, χωρίς σημαντικό συμβιβασμό στην ακρίβεια της μέτρησης, κάτι που έχει προφανείς συνέπειες κατά το σχεδιασμό της δειγματοληψίας. Καθώς το υπόστρωμα μίας γ-φασματοσκοπικής διάταξης είναι ένας παράγοντας που καθορίζει την ικανότητα ανίχνευσης χαμηλών επιπέδων ραδιενέργειας σε ένα δείγμα, η μείωσή του είναι πάντα άκρως επιθυμητή.

Στο πλαίσιο της Δ.Δ. έγινε η εγκατάσταση, μελέτη και αξιοποίηση του νέου συστήματος Compton Suppression (CSS), το οποίο εγκαταστάθηκε στον ανιχνευτή XtRa του Ε.Π.Τ. - Ε.Μ.Π., με στόχο τη μείωση του συνεχούς υποστρώματος του ανιχνευτή και τη βελτίωση των ανιχνευτικών δυνατοτήτων του

ανιχνευτικού συστήματος XtRa-CSS. Η συγκρότηση της διάταξης επιτρέπει την ταυτόχρονη συλλογή δύο φασμάτων με μειωμένο (suppressed) ή όχι (unsuppressed) το συνεχές υπόστρωμα. Στο πλαίσιο της μελέτης που έγινε, χρησιμοποιήθηκαν μία σειρά από δείκτες, οι οποίοι αναφέρονται στη βιβλιογραφία, μέσω των οποίων διαπιστώθηκε η επίδραση των διαφόρων φαινομένων τα οποία παρατηρούνται κατά την ανίχνευση των γ-φωτονίων από το σύστημα, και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τόσο κατά τη διάρκεια της βαθμονόμησης της διάταξης, όσο και κατά τη διάρκεια αναλύσεων ρουτίνας. Ως αποτέλεσμα της μελέτης αυτής γίνεται πρόταση για τις βέλτιστες συνθήκες ανίχνευσης καθενός ισότοπου ξεχωριστά. Στη συνέχεια, η διάταξη βαθμονομήθηκε πειραματικά αλλά και με χρήση τεχνικών προσομοίωσης Monte-Carlo για μία σειρά από γεωμετρίες πηγής-ανιχνευτή. Για το σκοπό αυτό χρειάστηκε να τροποποιηθεί ο κώδικας προσομοίωσης PENELOPE που χρησιμοποιείται στο Ε.Π.Τ.-Ε.Μ.Π., ώστε να λαμβάνει υπόψη τόσο το φαινόμενο της πραγματικής σύμπτωσης φωτονίων (true coincidence) κατά τη διάρκεια συλλογής του φάσματος, όσο και για να προσομοιώνει ένα σύστημα Compton Suppression, που αποτελείται από δύο ανεξάρτητους ανιχνευτές (πρωτεύων ανιχνευτής και δευτερεύων ανιχνευτής ή ενεργητική θωράκιση) οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους.

Από τους βασικούς στόχους της Δ.Δ. ήταν η ανίχνευση ραδιενεργών ισωτόπων τα οποία βρίσκονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις σε περιβαλλοντικά δείγματα. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν οι κατάλληλες τεχνικές δειγματοληψίας ατμοσφαιρικού αεροζόλ και υγρών ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων και προετοιμασίας δείγματος και αναλύθηκε μεγάλο πλήθος δειγμάτων, κυρίως (α) δείγματα τα οποία έχουν ρυπανθεί από τα πυρηνικά ατυχήματα στο Chernobyl και στη Fukushima, (β) δείγματα ατμοσφαιρικού αεροζόλ και υγρών κατακρημνίσεων. Από τις αναλύσεις αυτές κατέστη δυνατή η ανίχνευση στο έδαφος ^{241}Am από την εποχή του Chernobyl και η συσχέτισή του με τη συγκέντρωση του ^{137}Cs . Επίσης, κατέστη δυνατή η ανίχνευση στο ατμοσφαιρικό αεροζόλ και στις υγρές κατακρημνίσεις ισωτόπων εξαιτίας του ατυχήματος στη Fukushima σε επίπεδα λίγων δεκάδων $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, αλλά και φυσικών ραδιενεργών ισωτόπων γήινης και κοσμικής προέλευσης, όπως το ^{210}Pb , το ^7Be αλλά και το ^{22}Na , το οποίο ανιχνεύεται με εξαιρετική δυσκολία, λόγω της χαμηλής ραδιενέργειάς του, της τάξης του $1\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Τα ισότοπα αυτά στο ατμοσφαιρικό αεροζόλ χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία ως ιχνηλάτες ατμοσφαιρικών διεργασιών. Για τα φυσικά ραδιενεργά ισότοπα στο ατμοσφαιρικό αεροζόλ ακολούθησαν συστηματικές μετρήσεις και αναζητήθηκαν οι μεταξύ τους συσχετίσεις, ενώ επιχειρήθηκε και η συσχέτιση με μετεωρολογικές και άλλες παραμέτρους.

Στο ΕΠΤ-ΕΜΠ εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια και η τεχνική της νετρονικής ενεργοποίησης για την ανίχνευση και τον ποσοτικό προσδιορισμό μίας σειράς μη ραδιενεργών ιχνοστοιχείων. Το ανιχνευτικό σύστημα XtRa-CSS αξιοποιήθηκε, με στόχο την ανίχνευση περισσότερων στοιχείων και τη βελτίωση των

επιπέδων ανίχνευσής τους. Στο πλαίσιο της Δ.Δ., η εφαρμογή μίας σειράς σεναρίων ακτινοβολήσης – γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης, σε συνδυασμό με τη χρήση του συστήματος XtRa-CSS, οδήγησε στην ανίχνευση 15 στοιχείων και ιχνοστοιχείων (Al, As, Au, Cu, Eu, Fe, Ga, K, La, Mg, Mn, Na, Sb, Sc, Zn) και βελτίωσε τα κατώτερα επίπεδα ανίχνευσης έως και 7 φορές σε σχέση με το παρελθόν. Επιπλέον, προσδιορίστηκαν οι κατάλληλοι συντελεστές βαθμονόμησης που επιτρέπουν τον ποσοτικό προσδιορισμό των παραπάνω στοιχείων σε περιβαλλοντικά δείγματα όπως: χώμα, ιπτάμενη τέφρα, θαλάσσιο ίζημα και βιομηχανική σκωρία.

Από τη Δ.Δ. έχουν προκύψει οι παρακάτω δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και ανακοινώσεις σε διεθνή συνέδρια.

A. Δημοσιεύσεις σε περιοδικά

1. **Monitoring of ^7Be atmospheric activity concentration using short term measurements**, S.M.A. Papandreou, M.I. Savva, K.L. Karfopoulos, D.J. Karangelos, M.J. Anagnostakis, S.E. Simopoulos, Nuclear Technology and Radiation Protection 26 (2), pp. 101-109, 2011.
2. **Environmental measurements and inspections on imported foods and feedstuffs in Greece after the Fukushima accident**, C. Potiriadis, C. Housiadas, K. Kehagia, M. Kolovou, D. Xarchoulakos, M.J. Anagnostakis, D.I. Karangelos, K.L. Karfopoulos, M.I. Savva, S.E. Simopoulos, A. Clouvas, S. Xanthos, K. Eleftheriadis, E. Florou, P. Kritidis, K. Ioannides, A. Ioannidou, M. Manolopoulou, K. Papastefanou, S. Stoulos, K. Stamoulis, Radiation Protection Dosimetry 156 (4), pp. 465-474, 2013.
3. **Installation and performance testing of an XtRa-Nal(Tl) Compton Suppression System at the NED-NTUA**, M.I. Savva, K.L. Karfopoulos, D.J. Karangelos, M.J. Anagnostakis, S.E. Simopoulos, Applied Radiation and Isotopes 87, pp. 361-364, 2014.
4. **Determination of True Coincidence Correction factors using Monte-Carlo simulation techniques**, D.A. Chionis, M.I. Savva, K.L. Karfopoulos, M.J. Anagnostakis, Nuclear Technology & Radiation Protection 29, Suppl., 2014.
5. **Experimentally validated Monte Carlo simulation of an XtRa-Nal(Tl) Compton Suppression System response**, M.I. Savva, M.J. Anagnostakis, Applied Radiation and Isotopes 109, pp. 555-557, 2016.
6. **Analysis of size-fractionated soil samples by gamma spectrometry**, M.I. Savva, D.J. Karangelos, M.J. Anagnostakis, S.E. Simopoulos, Applied Radiation and Isotopes 109, pp. 563-565, 2016.
7. **Determination of ^{22}Na Activity in Air and Rainwater samples by Gamma-ray Spectrometry**, M.I. Savva, M.J. Karangelos, M.J. Anagnostakis, Applied Radiation and Isotopes, In press, 2017.

B. Ανακοινώσεις σε συνέδρια

1. **The response of the Nuclear Engineering Department of NTUA to the Fukushima Accident**, M.I. Savva, K.L. Karfopoulos, D.J. Karangelos, M.I. Anagnostakis, S.E. Simopoulos, Ημερίδα της Ε.Ε.Α.Ε. για το πυρηνικό ατύχημα στην Ιαπωνία, Αθήνα, 7 Ιουλίου 2011.
2. **Calculation of the true coincidence correction factors using Monte Carlo simulation techniques**, D.A. Chionis, M.I. Savva, K.L. Karfopoulos, M.J. Anagnostakis, 8th Workshop on European Collaboration for

Higher Education and Research in Nuclear Engineering and Radiological Protection, Αθήνα, 28-30 Μαΐου 2012.

3. **Επίδραση της γεωμετρίας του δείγματος κατά τη γ-φασματοσκοπική ανάλυση χώματος για τον προσδιορισμό του ^{210}Pb** , Δ.Ε. Χαβιάρας, M.I. Σάββα, Δ.Ι. Καράγγελος, Μ.Ι. Αναγνωστάκης, 5^ο Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, Αθήνα, 9-10 Μαΐου 2014.
4. **Determination of ^7Be , ^{210}Pb and ^{22}Na Activity in Air and Rainwater samples by Gamma-ray Spectrometry**, M.I. Savva, M.J. Anagnostakis, 25th Symposium of the Hellenic Nuclear Physics Society, Αθήνα, 3-4 Ιουνίου 2016.