



ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Α.Π. : 41648
Αθήνα, 15/9/2023

ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

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

ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Σας προσκαλούμε στην παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής του Υ.Δ. κ. **Μήτσιου Ιάσονα**, διπλωματούχου **Μηχανολόγου Μηχανικού ΕΜΠ**, την οποία εκπόνησε στον Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας. Η παρουσίαση θα πραγματοποιηθεί τη Δευτέρα 25/9/2023 ώρα 18:00 στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, Πολυτεχνειούπολη. Ο τίτλος της Διδακτορικής Διατριβής είναι ο εξής:

«Ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνικών προσδιορισμού φυσικών ραδιενεργών ισότοπων στο ατμοσφαιρικό αερόλυμα και τις ατμοσφαιρικές αποθέσεις»

Ο Κοσμήτορας της Σχολής

Ι. Αντωνιάδης
Καθηγητής ΕΜΠ

Σημείωση: Για όσους επιθυμούν να παρακολουθήσουν διαδικτυακά, μπορούν να επικοινωνήσουν με τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Μ. Αναγνωστάκη managno@central.ntua.gr



ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΙΣΟΤΟΠΩΝ ΣΤΟ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΑΕΡΟΛΥΜΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΜΗΤΣΙΟΥ Κ. ΙΑΣΟΝΑ

Διπλωματούχου Μηχανολόγου Μηχανικού Ε.Μ.Π.

Σύνοψη της εργασίας η οποία υποβλήθηκε τον Αύγουστο του 2023 στη Συμβουλευτική Επιτροπή που ορίσθηκε για την αναγόρευση του υποψηφίου σε Διδάκτορα

Η Διδακτορική Διατριβή (Δ.Δ.) αυτή είχε ως αντικείμενο την ανάπτυξη και την εν συνεχεία εφαρμογή τεχνικών προσδιορισμού φυσικών ραδιενεργών ισοτόπων. Συγκεκριμένα, αποσκοπούσε στη διεύρυνση των δυνατοτήτων του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ (ΕΠΤ-ΕΜΠ) για την παρακολούθηση της ραδιενέργειας περιβάλλοντος – με έμφαση στην ατμόσφαιρα – και για τη μελέτη της κύμανσης σε αυτήν μίας σειράς ραδιενεργών ισοτόπων, τα οποία βρίσκουν ευρεία εφαρμογή ως ιχνηλάτες ατμοσφαιρικών διεργασιών. Στο πλαίσιο της Δ.Δ. έλαβαν χώρα:

i. Ανάπτυξη και βελτίωση τεχνικών δειγματοληψίας, ραδιοχημικής επεξεργασίας και in-vitro γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης υγρών (βροχή, χιόνι) ξηρών και ολικών (υγρών + ξηρών) ατμοσφαιρικών αποθέσεων, καθώς και ατμοσφαιρικής υγρασίας. Τα ισότοπα ενδιαφέροντος ήταν κυρίως το κοσμικής προέλευσης ισότοπο ^7Be και ο γηγενής ^{210}Pb , ο οποίος παράγεται κατά τη διάσπαση του ραδονίου της ατμόσφαιρας. Με στόχο τη βελτίωση της ακρίβειας των μετρήσεων και την επίτευξη χαμηλών επιπέδων ανίχνευσης, έγινε διερεύνηση της κύμανσης του ραδονίου και των βραχύβιων θυγατρικών του ραδονίου στο εργαστήριο γ-φασματοσκοπίας, καθώς και της επίδρασης που αυτή έχει κατά τη διαδικασία της μέτρησης. Ως αποτέλεσμα της μελέτης αυτής, έγιναν συγκεκριμένες προτάσεις για τον χειρισμό του υποστρώματος της μέτρησης, αλλά και για τη γ-φασματοσκοπική ανάλυση δειγμάτων

αερολύματος που συλλέγεται πάνω σε φίλτρο, με χρήση δειγματολήπτη αέρα υψηλής παροχής. Καθώς ο ^{210}Pb που ανιχνεύεται στα δείγματα αερολύματος οφείλεται σε κάποιο βαθμό και στη διάσπαση των βραχύβιων θυγατρικών του ραδονίου τα οποία επίσης συλλέγονται πάνω στο φίλτρο, για τη βελτίωση της ακρίβειας των μετρήσεων, κρίθηκε απαραίτητο να μελετηθεί με ενδελέχεια και η συνεισφορά αυτών των βραχύβιων θυγατρικών στην τελική συγκέντρωση ^{210}Pb στο φίλτρο.

ii. Την ανάπτυξη των τεχνικών δειγματοληψίας και ανάλυσης ακολούθησαν συστηματικές δειγματοληψίες και αναλύσεις υγρών, ξηρών και ολικών ατμοσφαιρικών αποθέσεων, καθώς και υγρασίας της ατμόσφαιρας, σε συνδυασμό με δειγματοληψίες αερολύματος στην ατμόσφαιρα και καταγραφή μετεωρολογικών και άλλων παραμέτρων. Ο όγκος των δεδομένων που προέκυψαν από τις μετρήσεις ^7Be και ^{210}Pb στην ατμόσφαιρα και τις ατμοσφαιρικές αποθέσεις επέτρεψε τη διαπίστωση σειράς στατιστικά σημαντικών συσχετίσεων και οδήγησε σε ενδιαφέροντα συμπεράσματα για την κινητική στην ατμόσφαιρα των ραδιενεργών ισοτόπων και κατά συνέπεια, του αερολύματος με το οποίο συνδέονται, και τη διαδικασία απόθεσης στο έδαφος. Τα συμπεράσματα αυτά είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε ατμοσφαιρικά μοντέλα κίνησης αερίων μαζών, καθώς και σε μοντέλα εκτίμησης της δοσιμετρικής επιβάρυνσης του πληθυσμού μετά από πυρηνικό ή ραδιολογικό ατύχημα.

Τα βασικά επιτεύγματα της παρούσας Δ.Δ. μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- i. Συσχέτιση της κύμανσης των υποστρωμάτων των ανιχνευτικών διατάξεων του ΕΠΤ-ΕΜΠ με την κύμανση του ραδονίου και των θυγατρικών του στο εσωτερικό του εργαστηρίου και μελέτη της επίδρασης των μετεωρολογικών συνθηκών. Συναφώς, σύσταση κατευθυντήριων οδηγιών για την επιλογή υποστρώματος και σεναρίων δειγματοληψίας και ανάλυσης φίλτρων αέρα, με στόχο την επίτευξη όσο το δυνατόν χαμηλότερων επιπέδων ελάχιστης ανιχνεύσιμης ραδιενέργειας, τόσο για τα ^7Be , ^{210}Pb , όσο και για μία σειρά ραδιενεργών ισοτόπων που έχουν ενδιαφέρον σε περίπτωση ραδιολογικού ή πυρηνικού ατυχήματος.
- ii. Αναλυτική επίλυση των εξισώσεων που διέπουν την παραγωγή και κατανάλωση όλων των βραχύβιων θυγατρικών του ραδονίου που συλλέγονται κατά τη δειγματοληψία πάνω στο φίλτρο, από την έναρξη της δειγματοληψίας, έως και την ολοκλήρωση της in-vitro γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης, και ανάπτυξη μεθοδολογίας για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ευαισθησίας που παρουσιάζεται κατά την επίλυση του συστήματος των παραπάνω εξισώσεων, λόγω της αβεβαιότητας των μετρήσεων. Αυτό επέτρεψε την ακριβή εκτίμηση τόσο των βραχύβιων θυγατρικών του ραδονίου όσο και του ^{210}Pb που συλλέγεται πάνω στο φίλτρο αέρα.

- iii. Ανάπτυξη συνολικής μεθοδολογίας για δειγματοληψία, επεξεργασία και γ-φασματοσκοπική ανάλυση δειγμάτων υγρών, ξηρών και ολικών ατμοσφαιρικών αποθέσεων και υγρασίας.
- iv. Πραγματοποίηση μεγάλου όγκου συστηματικών δειγματοληψιών και αναλύσεων ατμοσφαιρικών αποθέσεων, υγρασίας και συγκέντρωσης ραδιενεργών ισοτόπων στον αέρα, εκτίμηση του ρυθμού απόθεσης των ραδιενεργών ισοτόπων ^7Be , ^{210}Pb και ^{137}Cs και συσχέτιση των ρυθμών απόθεσης του ^7Be και του ^{210}Pb με μετεωρολογικές παραμέτρους, με τις συγκεντρώσεις τυπικών ατμοσφαιρικών ρυπαντών, με το πλήθος των ηλιακών κηλίδων (μόνο για το ^7Be) και με το ύψος της τροπόπαυσης.
- v. Προσδιορισμός του ετήσιου ρυθμού απόθεσης του ^7Be και του ^{210}Pb και της συσσωρευτικής επιφανειακής τους συγκέντρωσης ενεργότητας στο έδαφος.

Η Δ.Δ. είχε πρωτίστως πειραματικό χαρακτήρα, αλλά χρησιμοποιήθηκε σε έκταση και η τεχνική προσομοίωσης Monte-Carlo για τη βαθμονόμηση ανιχνευτικών διατάξεων για πλήθος γεωμετριών δείγματος-ανιχνευτή. Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης ενεργότητας και των κατωτέρων επιπέδων ανίχνευσης για τα ραδιενεργά ισότοπα ενδιαφέροντος, κατασκευάσθηκε υπολογιστικό εργαλείο σε περιβάλλον Excel που επιτρέπει τον υπολογισμό για όλους τους ανιχνευτές του ΕΠΤ-ΕΜΠ και για όλες τις βασικές γεωμετρίες και υλικά δειγμάτων, με δυνατότητες επέκτασης ή διαμόρφωσης.

Στα πλαίσια της Δ.Δ. μέχρι σήμερα έχουν προκύψει οι παρακάτω δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και ανακοινώσεις σε διεθνή και εθνικά συνέδρια, ενώ σε διαδικασία υποβολής σε διεθνές επιστημονικό περιοδικό βρίσκονται τρεις ακόμα εργασίες.

A. Δημοσιεύσεις σε περιοδικά

1. Braysher, E., Russell, B., Collins, S.M., van Es, E.M., Shearman, R., Dal Molin, F., Read, D., Anagnostakis, M., Arndt, R., Bednár, A., Bituh, T., Bolivar, J.P., Cobb, J., Dehbi, N., Di Pasquale, S., Gascó, C., Gilligan, C., Jovanovič, P., Lawton, A., Lees, A.M.J., Lencsés, A., Mitchell, L., **Mitsios, I.**, Petrinec, B., Rawcliffe, J., Shyti, M., Suárez-Navarro, J.A., Suursoo, S., Tóth-Bodrogi, E., Vaasma, T., Verheyen, L., Westmoreland, J., de With, G., *“Development of a reference material for analysing naturally occurring radioactive material from the steel industry”*, Analytica Chimica Acta, 2021, vol. 1141, 221-229
2. Ali Sartoro, M.C., Anagnostakis, M.J., Boshkova, T., Camacho, A., Fornaciari Iljadica, M.C., Collins, S.M., Diaz Perez, R., Delgado, J.U., Đurašavić, M., Dutch, M.A., Gomes, R.S., Gudelis, A., Hurtado Bermudez, S., Hernandorena, R., Jevremovic, A., Kandic, A., Korun, M., Karfopoulos, K., Laubenstein, M., Long, S., Margineanu, R.M., **Mitsios, I.**, Mulas, D., Nikolić, J.K., Pantelica, A., Peyres Medina, V., Pibida, L., Potiriadis, C., Silva, R.L., Siri, S., Šešlak, B., Verheyen, L., Vodenik, B., Vukanac, I., Weidner, H., Zorko, B., *“Determination of the probability for locating peaks by*

computerized peak location methods in gamma-ray spectrometry as a function of the relative peak area uncertainty”, Applied Radiation and Isotopes, 2020, vol.155

3. Lépy, M.C., Thiam, C., Anagnostakis, M., Galea, R., Gurau, D., Hurtado, S., Karfopoulos, K., Liang, J., Liu, H., Luca, A., **Mitsios, I.**, Potiriadis, C., Savva, M.I., Thanh, T.T., Thomas, V., Townson, R., Vasilopoulou, D., Zang, M., “*A benchmark for Monte Carlo simulation in gamma-ray spectrometry*”, Applied Radiation and Isotopes, 2019, vol.154
4. Padovani, S., **Mitsios, I.**, Anagnostakis, M., Mostacci, D., “*Analysis of the Vertical Distribution and the Size Fractionation of Natural and Artificial Radionuclides in the Soil in the Vicinity of Hot Springs*”, Radiation Effects & Defects in Solids, 2018, vol. 173, nos. 9–10, 794–806

B. Ανακοινώσεις σε συνέδρια

1. **Mitsios, I.K.**, Pappa, F.K., Patiris, D.L., Rouni, P.K., Anagnostakis, M.J., Tsabaris, C., “*In depth analysis of a sediment core from north Aegean sea*”, HNPS Advances in Nuclear Physics, 2022, vol. 28, 215-218, doi: 10.12681/hnps.3608
2. Alafogiannis I., Tugnoli F., **Mitsios, I.K.**, Anagnostakis, M.J., “*Development of a computer code for the calculation of self-absorption correction factors in γ -spectrometry applications*”, HNPS Advances in Nuclear Physics, 2022, vol. 28, 98-103, doi: 10.12681/hnps.3607
3. **Mitsios, I. K.**, Anagnostakis, M. J., “*A fast method for the determination of ^7Be in rainwater and atmospheric humidity samples*”, Proceedings of the 22nd International Conference on Radionuclide Metrology and its Applications (ICRM2019), 27-31 May 2019, Salamanca, Spain, ISSN 2522-4328, https://physics.nist.gov/ICRM/ICRM_technicalseries_2.pdf
4. M.-C. Lépy, C. Thiam, M. Anagnostakis, C. Cosar, A. De Blas del Oyo 4, H. Dikmen, M.A. Duch, R. Galea, M.L. Ganea, M. Hult, S. Hurtado, K. Karfopoulos, A. Luca, G. Lutter, **I. Mitsios**, H. Persson, C. Potiriadis, S. Röttger, N. Salpadimos, M.I. Savva, O. Sima, T.T. Thanh, R. Townson, A. Vargas, T. Vasilopoulou, L. Verheyen, T. Vidmar, “*A benchmark for Monte Carlo simulations in Gamma-ray spectrometry – Part II: True coincidence summing correction factors*”, 23rd International Conference on Radionuclide Metrology and its Applications (ICRM2023), Oral Presentation, Bucharest, Romania, March 2023
5. M.-C. Lépy, L. Chambon, V. Lourenco, B. Sabot, A. De Vismes, R. Galea, R. Idoeta, P. Jodlowski, K. Kanoutos, K. Karfopoulos, A. Meyer, **I. Mitsios**, V. Peyres, P. Saganowski, N. Salpadimos, M.I. Savva, O. Sima, T.T. Thanh, R. Townson, Z. Tymiąski, T. Vasilopoulou, L. Verheyen, T. Vidmar, “*Self-attenuation in the low-energy range: an experimental study on Pb-210*”, 23rd International Conference on Radionuclide Metrology and its Applications (ICRM2023), Poster Presentation, Bucharest, Romania, March 2023
6. D.L. Patiris, C. Tsabaris, S. Alexakis, G. Eleftheriou, F. Androurakaki, F.K. Pappa, K. Sarantakos, S.K., Roumelioti, **I.K. Mitsios**, E. Ioannidou, “*Rapid radiometric mapping of coastal areas by means of mobile in situ gamma-ray spectrometry*”, Poster Presentation, The 6th International Conference on Environmental Radioactivity ENVIRA 2021
7. **Mitsios, I. K.**, Anagnostakis, M. J., “*The effect of time in the background of typical low-level gamma spectrometry measurements*”, 22nd International Conference on Radionuclide Metrology and its Applications (ICRM2019), Poster Presentation, Salamanca, Spain, May 2019