

**ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Ημερομηνία: 30/12/2023

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ.....	3
ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ.....	5
1. ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	5
2. ΠΑΡΟΥΣΑ ΘΕΣΗ.....	5
3. ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΘΗΤΕΙΑ.....	5
4. ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ-ΜΕΤΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ-ΔΙΠΛΩΜΑΤΑ	5
4.1.Εγκύκλιες σπουδές.....	6
4.2.Προπτυχιακή εκπαίδευση.....	6
4.3.Μεταπτυχιακή εκπαίδευση.....	6
4.4.Μεταδιδακτορική εκπαίδευση.....	7
4.5.Συνεχής δια βίου εκπαίδευση.....	7
4.6.Τεχνικές ικανότητες.....	11
4.7.Ξένες Γλώσσες.....	13
5. ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΕΡΓΟ.....	13
5.1.Προπτυχιακά Προγράμματα Σπουδών (ΠΠΣ).....	13
5.2.Διδακτορικές διατριβές.....	17
5.3.Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.).....	18
5.3.1.Μη αμειβόμενα Π.Μ.Σ.....	18
5.3.2.Αμειβόμενα Π.Μ.Σ.....	21
5.4.Διδακτικά συγγράμματα.....	22
5.5.Συμμετοχή στην επίβλεψη πτυχιικών και διπλωματικών εργασιών.....	25
6.ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΘΕΣΕΙΣ.....	28
7. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	28
7.1.Αμειβόμενη συμμετοχή σε χρηματοδοτούμενα ερευνητικά προγράμματα.....	28
7.2.Αμειβόμενη συμμετοχή σε ερευνητικές επιτροπές.....	39
7.3.Συνεργασίες.....	39
8. ΔΙΑΠΙΣΤΩΜΕΝΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ.....	41
9. ΒΡΑΒΕΙΑ – ΔΙΑΚΡΙΣΕΙΣ.....	54
10. ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΟ ΕΡΓΟ.....	56
11. ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΟ-ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ.....	58
12. ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΑΝΤΗΣΕΙΣ.....	62
13. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΟ ΕΡΓΟ.....	65
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 : Περιγραφή Ερευνητικού Έργου.....	141
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 : Θεματικός κατάλογος εργασιών ερευνητικού-συγγραφικού έργου.....	536
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 : Κατάλογος αναφορών ερευνητικού-συγγραφικού έργου.....	547
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 : Κατάλογος διεθνών καταχωρίσεων ερευνητικού-συγγραφικού έργου	834

ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:	ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ:	25 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 1971
ΤΟΠΟΣ ΓΕΝΝΗΣΗΣ:	ΑΤΤΙΚΗ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ:	ΚΟΡΥΤΣΑΣ 36-40, ΒΥΡΩΝΑΣ, ΑΤΤΙΚΗ
ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΘΗΤΕΙΑ:	ΕΚΠΛΗΡΩΜΕΝΗ (ΕΦΕΔΡΟΣ ΑΞΙΩΜΑΤΙΚΟΣ)
ΘΕΣΗ:	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΙΔΡΥΜΑ:	ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ:	ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ ΘΕΣΗΣ:	ΦΥΣΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Ερευνητικά Πεδία

- Ακτινοβολίες, Φυσική Ακτινοβολιών, Ακτινοπροστασία, Προστασία Πυρηνικών Ακτινοβολιών, Ακτινοβολία Υποστρώματος Δοσιμετρία Ακτινοβολιών, Ιοντίζουσες - Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες, Πυρηνικές Ακτινοβολίες, Προστασία Πυρηνικών Ακτινοβολιών, Ραδόνιο και Θυγατρικά, Έκθεση, Κίνδυνοι.
- Ανιχνευτές, Φυσική Ιατρικών Ακτινοβολιών, Ιατρική Φυσική, Φυσική Υγείας, Ιατρική Απεικόνιση, Ακτίνες-Χ, Πυρηνική Ιατρική, PET/CT, γ-ακτινοβολίες στην Ιατρική, Απεικόνιση ακτίνων Χ.Monte-Carlo, Στοχαστικές μέθοδοι, γ-ακτινοβολία, α-ακτινοβολία, EGSnrcMP, GATE, MCNPx, Ιδιοκατασκευασμένοι κώδικες, gfortran, gcc, Διάδοση Φωτός σε Ανιχνευτές, Οπτικά Μοντέλα.
- Απομακρυσμένη Ανίχνευση, Η/Μ ακτινοβολίες περιβάλλοντος, Πρόδρομα Φαινόμενα, kHz-MHz-ULF, Ραδόνιο και Θυγατρικά, Προσεισμικότητα.
- Fractals, Χάος, SOC, Εντροπία, Συμβολική Δυναμική, DFA, R/S, Power-law, εκθέτης Hurst, Μονιμότητα, Αντι-μονιμότητα, Κίνηση Brown.
- Κινητή Τηλεφωνία, Κεραίες, Προστασία, DECT, WiFi, Χαρτογράφηση.
- Στατιστική Ανάλυση, R, Μέθοδοι γραμμικής και μη γραμμικής στατιστικής.
- Δυναμικά Μοντέλα, Λουτροπηγές, Διακίνηση ρύπων και περιβαλλοντικών μεγεθών, προστασία επισκεπτών-προσωπικού.
- Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι, Προστασία Περιβάλλοντος, As.

Επισκόπηση Τομέων Έρευνας:

- Ακτινοβολίες, Ακτινοπροστασία.
- Ιατρική Φυσική, Ανιχνευτές, Ιατρική Απεικόνιση.
- Στοχαστικά Συστήματα, Monte Carlo.
- Πρόδρομα φαινόμενα, Ακτινοβολίες Περιβάλλοντος, Σεισμοί.
- Δυναμικά Συστήματα, Μοντέλα, Προσομοίωση.
- Κινητή Τηλεφωνία.
- Λουτροπηγές.
- Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι.

PACS:

- 02.30.Nw—02.50.Ey—02.50.Fz--02.50.Sk--02.60.Cb--02.60.Ed--02.70.Hm 02.70.Uu
- 05.40.-a—05.45.Df—05.45.Pq—05.45.Tp—05.65.+b
- 06.20.Dk—06.60.Ei—06.60.Mr—06.60.Sx—06.90.+v--
- 07.05.Bx—07.05.Fb—07.05.Hd—07.05.Kf—07.05.Rm—07.05.Tp--07.07.Df--07.60.Dq--07.60.Pb--
- 7.60.Rd—07.60.Vg—07.77.Ka—07.85.Fv—07.85.Nc--07.88.+y--07.89.+b--07.90.+c
- 9.85-c/29.27.Fh--29.30.Ep--29.30.Kv--9.40.Cs--29.40.Gx--29.40.Mc--29.40.Wk2—29.85.Fj
- 87.10.Mn--87.10.Rt--87.50.C--87.50.cm--87.50.S- --87.50.sj--87.50.up --87.53.-j--87.55.K- --
- 87.55.N- --87.57.-s--87.59.-e--87.85.Rs--88.10.fb--88.10.G- --88.10.gc --89.20.Bb--89.60.-k --89.75.Da—89.75.Fb--
- 91.30.Dk--91.30.-f --91.45.Ga—91.45.Xz—91.55.Mb--92.60.Mt--92.60.Sz--92.60.Ta

ΔΙΑΚΡΙΣΕΙΣ:

- Permanent Editorial Board Member, Geosciences, **IF=2.7**
- Associate Editor, Frontiers in Public Health, **IF=6.461**
- 3 Φορές Guest Editor Special Issue Geosciences, **IF=2.7**
- Academic Editor, Geosciences, **IF=2.7**
- Reviewer σε 25 διεθνή περιοδικά

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ:

- 20 μεταξύ **1993-2023**
- Σύνολο μη-επικαλυπτομένης εργασίας **254 μήνες**
- Συνολικός προϋπολογισμός (μικτά) **100KEuros**

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΣΥΜΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΙΒΛΙΑ:	139
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ:	71
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ:	61
ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ:	1
ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ & ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ :	5
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ “ΕΥΔΟΞΟΣ”	2
ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΔΙΚΩΝ:	1
ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ:	3
ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ/ΗΜΕΡΙΔΕΣ:	15

ΣΥΝΟΛΟ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ: 288
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ IF: 253,479

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΒΙΒΛΙΑ & ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΩΝ	139
1 ^{0Σ} ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ:	38
2 ^{0Σ} ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ:	35

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

1. ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Όνοματεπώνυμο:	Νικολόπουλος Δημήτριος
Ημερομηνία γέννησης:	25/8/1971
Τόπος γέννησης:	Αττική
Υπηκοότητα:	Ελληνική
Διεύθυνση οικίας:	Κορυτσάς 36-40, 16321, Βύρωνας, Αττική
Τηλέφωνα οικίας:	213-0308432
Διεύθυνση εργασίας:	Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Τηλέφωνα εργασίας:	210 5381338
Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο:	dniko@uniwa.gr nikolopoulosdimitrios@gmail.com

2. ΠΑΡΟΥΣΑ ΘΕΣΗ

Καθηγητής ΠαΔΑ με γνωστικό αντικείμενο “Εφαρμοσμένη Φυσική Ακτινοβολιών στο Περιβάλλον και στον Άνθρωπο”

3. ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΘΗΤΕΙΑ

Οι στρατιωτικές υποχρεώσεις έχουν ολοκληρωθεί ως κάτωθι:

- 21 Απρ 1999 – 23 Μαρ 1999 Κέντρο Νεσυλλέκτων Τρίπολης
- 23 Μαρ 1999 – 13 Ιουν 1999 Σχολή Εφέδρων Αξιωματικών Πεζικού (ΣΕΑΠ)
- 13 Ιουν 1999 - 28 Ιαν 2001 Δόκιμος Έφεδρος Αξιωματικός
- 28 Ιαν 2001 - 23 Φεβ 2001 Ανθυπολοχαγός Πεζικού

4. ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ – ΜΕΤΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ – ΔΙΠΛΩΜΑΤΑ

Κατά χρονολογική σειρά από το παλαιότερο προς το πιο πρόσφατο:

4.1.Εγκύκλιες σπουδές:

- 1977-1983, 6^ο Δημοτικό Σχολείο Καλλιθέας
- 1983-1986, 9^ο Γυμνάσιο Καλλιθέας
- 1986-1989, 8^ο Λύκειο Καλλιθέας

4.2.Προπτυχιακή εκπαίδευση:

- Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (**1990-1994**). Βαθμός 7.78
- Προπτυχιακός Συνεργάτης Ομάδας Ιατρικής Απεικόνισης, Τομέας Πυρηνικής Φυσικής, Τμήμα Φυσικής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (**1990-1992**).
- Προπτυχιακός Συνεργάτης Ομάδας Υγαιοφυσικής Τομέας Πυρηνικής Φυσικής, Τμήμα Φυσικής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (**1992-1994**).

4.3.Μεταπτυχιακή εκπαίδευση:

- Διδακτορική Διατριβή με θέμα «Μελέτη της έκθεσης του Ελληνικού Πληθυσμού στο Ραδόνιο-222», Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (**1994-2000**). Βαθμός Άριστα.
- *Εργαστήριο* Ραδιοϊσοτόπων (Τμήμα Ολόσωμης Ακτινοβολίας), Ιπποκράτειο Νοσοκομείου (**1994-1997**).

4.4.Μεταδιδακτορική Εκπαίδευση:

- Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών **(2000-2004)**.
- Τμήμα Ιατρικών Οργάνων, ΤΕΙ Αθήνας (έκτακτο ΕΠ) **(2000-2007)**.
- Γενικό Τμήμα Φυσικής Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών, ΤΕΙ Πειραιά (έκτακτο ΕΠ) **(2000-2011)**.

4.5.Συνεχής δια βίου εκπαίδευση:

- Συμμετοχή σε συνέδρια με παρουσίαση εργασίας:
 1. 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής & 6^ο Κοινό Συνέδριο Ένωσης Ελλήνων Φυσικών και Ένωσης Κυπρίων Φυσικών, Ηράκλειο, Κρήτη 4-7 Απριλίου **1996**.
 2. Πανελλήνιο Συνέδριο «10 χρόνια μετά το ατύχημα στο Τσέρνομπιλ-Οι επιπτώσεις του ατυχήματος στην Ελλάδα», Αμφιθέατρο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, Αγία Παρασκευή, Αττική 22-23 Απριλίου **1996**.
 3. Ημερίδα «Ραδόνιο και Καίσιο, Δύο ραδιενεργά στοιχεία στην πόλη της Καρδίτσας», ΕΒΕ (Εμπορικό και Βιοτεχνικό Επιμελητήριο), Καρδίτσα 25 Μαΐου **1996**.
 4. Επιστημονική Ημερίδα «Ραδόνιο και Ελληνική Κατοικία», Αμφιθέατρο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, Αγία Παρασκευή, Αττική, 6 Ιουνίου **1996**.
 5. European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work, Praha Czech Republic, June 2-6 **1997**.
 6. The Second Regional Mediterranean Congress on Radiation Protection, Tel-Aviv, Israel, November 16-20 **1997**.

7. 1st Southeastern-European Regional Radon Workshop, Athens, Greece, 3-5 April **1997**.
8. 1^η Συνάντηση των Ερευνητών που ασχολούνται με το Ραδόνιο στην Ελλάδα, Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας Ε.Μ.Π, Αθήνα, 23 Ιανουαρίου **1998**.
9. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος, ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ», Αθήνα, 23-24 Νοεμβρίου **2001**.
10. 7th International Symposium Natural Radiation Environment, Rhodes, Greece, 20-24 May **2002**.
11. MEDICON 2004, 10th Mediterranean Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, IFMBE, Ischia Porto, Naples, Italy, 31 July-5 August **2004**.
12. European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work, Praha, Czech Republic. June 29-July 6 **2004**.
13. 4th European Symposium on Biomedical Engineering, Patra Greece., 25-27 June **2004**.
14. 1st International Conference "From scientific computing to computational engineering", IC-SCCE, Athens, Greece, 8-10 September **2004**.
15. Nuclear Science Symposium (NSS) and Medical Imaging Conference (MIC) and Semiconductor X-ray and γ -ray detectors Workshop, Rome, Italy, 16-22 October **2004**.
16. European Radiology Congress (ECR), Wien, Austria, 5-8 March, **2004**.

17. Pan-Hellenic Radiological Congress of XIV, Athens, Greece, 29 September-2 October **2004**.
18. European Radiology Congress (ECR), Wien, Austria, 4-8 March **2005**.
19. 2ο Συνέδριο ΕΠΕΑΚ ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ, π.ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ, Αιγάλεω, Αθήνα, 22-24 Νοεμβρίου **2006**.
20. 1st IC-EpsMSO (International Conference on Experiments/Process/System Modeling/Simulation/Optimization) Athens, Greece 6-9 July **2005**.
21. 3rd International Conference on Imaging Technologies in Biomedical Sciences: ITBS, European Nuclear Medicine Symposium, Milos Greece, 25 - 29 Sep **2005**.
22. 1st European Conference on Molecular Imaging Technology, Marseille, France, 9-12 May, **2006**.
23. 10th International Symposium on Radiation Physics (ISRP-10), Coimbra, Portugal, 17-22 September **2006**.
24. IC-CCSE 2006, International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering, Athens, Greece, 17-20 March **2006**.
25. European Symposium On Biomedical Engineering, Patra, Greece, 7-9 July **2006**.
26. European Geophysical Union, EGU 2009, Vienna, Austria, 19-24 April **2009**.
27. European Geophysical Union, EGU 2010, Vienna, Austria, 2-7 May **2010**.

28. European Geophysical Union, EGU 2011, Vienna, Austria, 3-8 April **2011**.
29. erA-7, The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education, TEI of Piraeus, Aigaleo, Athens, Greece, 27-30 September **2012**.
30. erA-8, The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education, TEI of Piraeus, Aigaleo, Athens, Greece, 23-25 September **2013**.
31. BIOMEPEP 2013, 2nd International Conference on Biomedical Instrumentation and Related Engineering and Physical Sciences, TEI of Athens, Aigaleo, Athens, Greece, 21-22 June **2013**.
- 32.** 2nd International conference on radiation protection in medicine (RPM), Varna, Bulgaria, 30 May-2 June **2014**
33. International Conference on Clean Energy-2014 (ICCE-2014), Istanbul, Turkey, June 8-12 **2014**.
34. erA-9, The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education, TEI of Piraeus, Aigaleo, Athens, Greece, 22-24 September **2014**.
35. erA-10, The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in

Science, Economy, Society and Education, TEI of Piraeus, Aigaleo, Athens, Greece, 23-25 September **2015**.

- Συμμετοχή σε ημερίδες εργασίας (Workshops):
 36. European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work, Workshop, Praha, Czech Republic, June 2-6 **1997**.
 37. 1st Southeastern - European Regional Radon Workshop, Laboratory Intercomparison II, Athens, Greece, 3-5 April **1997**.

4.6.Τεχνικές ικανότητες:

- Μετρήσεις συγκεντρώσεων ραδονίου και θυγατρικών του παραγώγων στον αέρα, τα υγρά, το έδαφος και τα οικοδομικά υλικά - εκτιμήσεις δόσεων και κινδύνου.
- Προσομοιώσεις Monte Carlo με εφαρμογή στους ανιχνευτές Ακτινοβολίας και στους ανιχνευτές Ιατρικής Απεικόνισης.
- Προσομοιώσεις Monte Carlo σε πλατφόρμες ευρέως αποδεκτές: EGSnrcMP-GATE 6.2/GEANT 4-MCNP.
- Προγραμματισμός προσομοιώσεων Monte Carlo με επικυρωμένο αναπτυχθέν λογισμικό σε πλατφόρμες GNU fortran, Microsoft Fortran και g++.
- Πειραματικές και θεωρητικές τεχνικές μελέτες υλικών σπινθηρισμού (scintillators), νανο-φοσφώρων (nanophosphors) και Κβαντικών Τελειών (Quantum Dots) – Εφαρμογές στους Ανιχνευτές Ιατρικής Απεικόνισης.
- Μετρήσεις διακυμάνσεων Ιοντιζουσών και Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος-εκτιμήσεις κινδύνου.

- Χάος-Fractals.
- Εντροπικές τεχνικές και Συμβολική Δυναμική.
- Μετρήσεις και μελέτες προ-σεισμικών διακυμάνσεων ΗΜ πεδίου περιβάλλοντος και ραδονίου εδαφικού αερίου.
- Ανάλυση σημάτων δυναμικών συστημάτων-Wavelets.
- Τεχνικές γ-Φασματοσκοπικής Ανάλυσης.
- Δυναμικά γραμμικά και μη γραμμικά περιβαλλοντικά συστήματα.
- Τεχνικές μέτρησης Ολόσωμης Ακτινοβολίας (Whole Body Counting).
- Μελέτες φαρμακοκινητικής στην πυρηνική καρδιολογία με γ-camera Ιατρικής Απεικόνισης.
- Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων και δυναμικών συστημάτων (R, MINITAB, Octave-Matlab)
- Προσομοίωση ολοκληρωμένων συστημάτων Ιατρικής Απεικόνισης.
- Ιατρική Πληροφορική.
- Αναλύσεις και τεχνικές μείωσης σφαλμάτων.
- Προγραμματισμός και ανάπτυξη εφαρμογών σε περιβάλλον gcc, g++, gfortran, MATLAB-Octave, R, Pascal, BASIC, joomla, java.
- Χειρισμός Η/Υ

Λειτουργικά συστήματα: LINUX, UNIX, Windows.

Εφαρμογές: Word-OOO, Excel-Math, Power Point-Impress, MS Access, Open Office κ.λπ.

Στατιστικά πακέτα: Minitab, StatPlus, PC Origin,

Εξειδικευμένα πακέτα διαχείρισης μεγάλων δεδομένων: ROOT, Grace

4.7.Ξένες Γλώσσες:

- Αγγλικά (άριστα)
- Γερμανικά (πολύ καλά)

5. ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΕΡΓΟ

Κατά χρονολογική σειρά από το παλαιότερο προς το πιο πρόσφατο:

5.1.Προπτυχιακά Προγράμματα Σπουδών (ΠΠΣ):

- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ
 - ο Εργαστηριακές ασκήσεις Ιατρικής Φυσικής **(1994-1996)**
- Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
 - ο Εργαστηριακές Ασκήσεις Μηχανικής και Ηλεκτρισμού, Γενικό Τμήμα Φυσικής Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών (έκτακτος Επίκουρος Καθηγητής) **(2001-2002)**
 - ο Εργαστηριακές Ασκήσεις Μηχανικής και Ηλεκτρισμού, Γενικό Τμήμα Φυσικής Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών (έκτακτος Καθηγητής Εφαρμογών) **(2002-2011)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ:6110

- Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ
 - ο Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες II και Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες III (Έλεγχος ποιότητας συστημάτων Πυρηνικής Ιατρικής, Έλεγχος ποιότητας συστημάτων Ακτινοθεραπείας, Ραδιοφάρμακα- Διαμερισματική Ανάλυση, Δοσιμετρία Πυρηνικής Ιατρικής,

Ακτινοθεραπεία) Τμήμα Ιατρικών Οργάνων (έκτακτος Καθηγητής Εφαρμογών) **(2001-2006)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ:760

▪ **A.E.I. ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ**

- Φυσική, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων ΤΕ **(2014-2017)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ:156

(13 εβδομάδες, 4 ώρες ανά εβδομάδα Α' εξάμηνο)

- Ψηφιακές Επικοινωνίες (Θ), Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων ΤΕ **(2014-2017)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ:156

(13 εβδομάδες, 4 ώρες ανά εβδομάδα Β' εξάμηνο)

- Τεχνολογία Περιβάλλοντος, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων ΤΕ **(2014-2017)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ: 78

(13 εβδομάδες, 2 ώρες ανά εβδομάδα Β' εξάμηνο)

- Μοντελοποίηση και Βελτιστοποίηση Συστημάτων, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων ΤΕ **(2014-2017)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ: 78

(13 εβδομάδες, 2 ώρες ανά εβδομάδα Α' εξάμηνο)

- ο Εργαστηριακές ασκήσεις Μηχανικής και Ηλεκτρισμού, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων ΤΕ **(2014-2017)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ:140

(13 εβδομάδες, 4 ώρες ανά εβδομάδα Α' εξάμηνο)

- ο Εργαστηριακές ασκήσεις Ψηφιακών Επικοινωνιών, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων ΤΕ **(2014-2017)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ:140

(13 εβδομάδες, 4 ώρες ανά εβδομάδα Β' εξάμηνο)

Οι ώρες διδασκαλίας του παρόντος εδαφίου είχαν προκύψει από το υποχρεωτικό εκπαιδευτικό ωράριο του Τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων ΤΕ, είχαν ορισθεί από τις Γ.Σ. του Τμήματος, και είχαν κοινοποιηθεί στα αρμόδια όργανα του ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ.

- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ (ΠαΔα)
 - ο Φυσική, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών **(2018-2023)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ: 260

(13 εβδομάδες, 4 ώρες ανά εβδομάδα Α' εξάμηνο)

- ο Ανάλυση Σήματος Εργαστήριο, Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών **(2018-2019)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ:52

(13 εβδομάδες, 4 ώρες ανά εβδομάδα Α' εξάμηνο)

- ο Φυσική II, Τμήμα Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής
(2019-2021)

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ:104

(13 εβδομάδες, 4 ώρες ανά εβδομάδα Α' εξάμηνο)

- ο Περιβαλλοντική Ανάλυση και Σχεδιασμός, Τμήμα Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής **(2019-2021)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ:104

(13 εβδομάδες, 4 ώρες ανά εβδομάδα Β' εξάμηνο)

- ο Μεθοδολογία Ερευνητικού Έργου, Τμήμα Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής **(2021-2023)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ:104

(13 εβδομάδες, 4 ώρες ανά εβδομάδα Α' εξάμηνο)

(σε εξέλιξη)

- ο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Τμήμα Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής **(2021-2023)**

ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ:104

(13 εβδομάδες, 4 ώρες ανά εβδομάδα Β' εξάμηνο)

(σε εξέλιξη)

ΥΠΗΡΕΣΙΑΚΩΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΜΕΝΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ

ΣΕ Π.Π.Σ.=16 ΕΤΗ

5.2.Διδακτορικές Διατριβές:

1) Έχει ΟΛΟΚΛΗΡΩΘΕΙ ΠΛΗΡΩΣ ΜΙΑ (1/2) ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ στην οποία υπήρξα ο **ΚΥΡΙΟΣ ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**.

Ο τίτλος της ολοκληρωθείσας διατριβής είναι «Εκπαιδευτική– Διοικητική προσέγγιση της συν-δημιουργίας στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση» και η Διδάκτωρ είναι η κ. Βαρδακώστα Ειρήνη

Πιστοποιητικό 1

2) Έχει ΟΛΟΚΛΗΡΩΘΕΙ ΠΛΗΡΩΣ ΜΙΑ (2/2) ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ στην οποία υπήρξα ο **ΚΥΡΙΟΣ ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**.

Ο τίτλος της Διατριβής αυτής είναι «Ανάλυση δόσεων Συστημάτων Ιατρικής Απεικόνισης CT και SPECT με χρήση τεχνικών Μόντε Κάρλο» και ο Διδάκτωρ είναι ο κ. Νικόλαος Χατζησάββας.

Πιστοποιητικό 2

3) Συμμετέχω με την ιδιότητα του μέλους Τριμελούς Επιτροπής Παρακολούθησης σε Μία (1) Διδακτορική Διατριβή με τίτλο «Biocompatible

innovative technologies to reduce adverse health effects due to radon and particulate matter indoors» και ο υπ.Διδάκτωρ είναι ο κ.Ευάγγελος Μπατρής.

(2ος χρόνος εξέλιξης)

Πιστοποιητικό 3

***ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΔΥΟ (2) ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΡΙΒΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΥΡΙΟΥ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ***

5.3.Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.)

5.3.1.Μη αμειβόμενα Π.Μ.Σ.

Πρόκειται για Π.Μ.Σ “Ιατρική Φυσική” το οποίο είναι δωρεάν και στο οποίο πραγματοποιείται επιλογή διδασκόντων με βάση την ειδικευση τους. Η ανάθεση διδασκαλίας και μεταπτυχιακών εργασιών καθώς και η πραγματοποίηση αυτών γίνεται με βάση την κείμενη νομοθεσία. Με βάση τη νομοθεσία, η συμμετοχή βεβαιώνεται ενυπόγραφα από τον Διευθυντή του Π.Μ.Σ. και τα έγγραφα φέρουν τα επίσημα λογότυπα.

- **ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Π.Μ.Σ.) "ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ"-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ**

Πιστοποιητικό 4

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ-ΧΡΟΝΙΚΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ:

- Ποιοτικός έλεγχος συστημάτων Πυρηνικής Ιατρικής, Ραδιοφάρμακα, Δοσιμετρία Πυρηνικής Ιατρικής (Α' ΕΞΑΜΗΝΟ, 2002-2005)
(Α' 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005, 1 ΕΞΑΜΗΝΟ-ΣΕ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ)
(3έτηΧ10 ώρες ανά έτος=30 ώρες)
- Αλληλεπίδραση Ακτινοβολίας Ύλης-Δοσιμετρία (Β' ΕΞΑΜΗΝΟ, 2016-2020)
(Β' 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020, 4 ΕΞΑΜΗΝΑ)
- Τεχνικές Προσομοίωσης Μόντε Carlo (Α' & Β' ΕΞΑΜΗΝΟ, 2018-2022)
(Α' 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022, 4 ΕΞΑΜΗΝΑ)
(Β' 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022, 4 ΕΞΑΜΗΝΑ)
- Συνεπίβλεψη Διπλωματικής Εργασίας (Τίτλος: Evaluation of scattered radiation in mammographic imaging using Monte Carlo techniques (2017-2018)
(2/3 ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΣΕ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ)
(Α' 2017-2018, 1/3 ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΣΕ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ,
Β' 2017-2018, 1/3 ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΣΕ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ)
- Κύριος Επιβλέπωντας Εργασίας (Τίτλος: x-ray tube simulation using Monte Carlo techniques (2021-2022)
(Α' 2017-2018, 1/3 ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΣΕ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ)
(Β' 1/3 2017-2018, 1/3 ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΣΕ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ)

(ΣΥΝ 1/3 ΣΕ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ-ΚΥΡΙΟΣ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑΣ)

Με βάση τα παραπάνω, τα ακριβή χρονικά διαστήματα **συμμετοχής** μου στο Π.Μ.Σ. “**Ιατρική Φυσικής**” είναι ως κάτωθι:

A’ 2002-2003, A’2003-2004, A’2004-2005, 6 ΜΗΝΕΣ

(B’ 2016-2017 , 6 ΜΗΝΕΣ, A’&B’ 2017-2018, 12 ΜΗΝΕΣ,

A’&B’ 2018-2019, 12 ΜΗΝΕΣ

A’&B’ 2019-2020, 12 ΜΗΝΕΣ, A’&B’2020-2021, 12 ΜΗΝΕΣ, A’&B’ 2021-

2022 12 ΜΗΝΕΣ)

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 72 ΜΗΝΕΣ

12 ΕΞΑΜΗΝΑ

Το εξαμηνιαία διαστήματα **συμμετοχής** μου στο μου στο Π.Μ.Σ. “**Ιατρική Φυσικής**” είναι ως κάτωθι:

1 ΕΞΑΜΗΝΟ-2002-2005

+ 1 ΕΞΑΜΗΝΟ-B’2016-2017

+ 2 ΕΞΑΜΗΝΑ-A’+B’2017-2018

+ 2 ΕΞΑΜΗΝΑ-A’+B’2018-2019

+ 2 ΕΞΑΜΗΝΑ-A’+B’2019-2020

+ 2 ΕΞΑΜΗΝΑ-A’+B’2020-2021

+ 2 ΕΞΑΜΗΝΑ-A’+B’2021-2022)

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΕ ΜΗ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΑ (ΔΩΡΕΑΝ) Π.Μ.Σ.:

72 ΜΗΝΕΣ=6 ΕΤΗ

(ΑΝΕΥ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ)

5.3.2.Αμειβόμενα Π.Μ.Σ

- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Π.Μ.Σ.) ΤΟΥ ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ ΣΕ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΤΟΥ ΝΟΤΤΙΝΓΧΑΜ "ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ" (80340).

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ:1/9/2017-31/10/2017, 1/1/2018-30/06/2018 & 04/12/2018 – 30/04/2019]

Πιστοποιητικό 5

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ :13 ΜΗΝΕΣ

(ΑΝΕΥ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ)

- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Π.Μ.Σ.) "ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ" (80697).

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ:05/05/2020-02/07/2020, 13/04/2021-05/07/2021, 20/04/22-05/07/2022]

Πιστοποιητικό 6

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ :9.5 ΜΗΝΕΣ

(ΑΝΕΥ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ)

- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Π.Μ.Σ.) "ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ" (80325).

[ΣΥΜΒΑΣΗ:15/10/2020-28/02/2021]

Πιστοποιητικό 7

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 4.5 ΜΗΝΕΣ

(ΑΝΕΥ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ)

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΕ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΑ Π.Μ.Σ. :

27 ΜΗΝΕΣ=2,25 ΕΤΗ

(ΑΝΕΥ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ)

5.4. Διδακτικά Συγγράμματα:

Κατά χρονολογική σειρά από το παλαιότερο προς το πιο πρόσφατο:

- ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ:

1) Έχω συγγράψει τις παρακάτω διδακτικές σημειώσεις:

- Φυσικές και Τεχνολογικές Αρχές Ακτινοθεραπείας. 2003, ΤΕΙ Αθήνας
- Ποιοτικός έλεγχος γραμμικού επιταχυντή. 2003, ΤΕΙ Αθήνας

(2003-2006)

Οι διδακτικές σημειώσεις χρησιμοποιήθηκαν κατά τα ακαδημαϊκά έτη 2003-2006 στους φοιτητές του Τμήματος Ιατρικών Οργάνων του ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ.

2) Πανεπιστημιακό Σύγγραμμα «Εργαστηριακή Φυσική» (Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική), ταξινομημένο στη βάση Εύδοξος.

Το συγκεκριμένο σύγγραμμα αποτέλεσε το κύριο σύγγραμμα για τη διδασκαλία του μαθήματος Φυσικής του Τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων Τ.Ε. του ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ.

(2014-2018)

3) Ακαδημαϊκό Σύγγραμμα της δράσης “Κάλλιπος” με τίτλο “Ακτινοβολίες και Άνθρωπος” (Δ.Νικόλοπουλος, Π. Γιαννακόπουλος, Σ.Κότπου), **Κύριος Συγγραφέας**. Το σύγγραμμα χρησιμοποιήθηκε μεταξύ 2016-2017 στα μαθήματα “Τεχνολογία Περιβάλλοντος” και “Μοντελοποίηση και Βελτιστοποίηση Συστημάτων” του Τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων Τ.Ε. του ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ. Χρησιμοποιούνται επίσης στη Διδασκαλία του Μαθήματος “Αλληλεπιδράσεις Ακτινοβολιών Ύλης” στο ΜΠΣ στην Ιατρική Φυσική του Πανεπιστημίου της Πάτρας.

- ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ:

Έχω αναπτύξει παρουσιάσεις διαλέξεων στην Αγγλική οι οποίες αποτέλεσαν διδακτικές σημειώσεις, κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής μου δραστηριότητας στο ΠΜΣ “Ιατρική Φυσική” του Πανεπιστημίου Πατρών κατά τα **ακαδημαϊκά έτη** από **2002** έως και **2005**. Οι διαλέξεις αφορούσαν στα παρακάτω αντικείμενα:

1. Έλεγχος ποιότητας συστημάτων γ-κάμερα
2. Δοσιμετρία Πυρηνικής Ιατρικής
3. Διαμερισματική Ανάλυση

Έχω αναπτύξει παρουσιάσεις διαλέξεων στην Αγγλική οι οποίες αποτέλεσαν διδακτικές σημειώσεις, κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής μου δραστηριότητας στο ΠΜΣ “Ιατρική Φυσική” του Πανεπιστημίου Πατρών κατά τα **ακαδημαϊκά έτη** από **2016** έως και **2020** στα αντικείμενα:

1. Τεχνικές Προσομοίωσης Monte Carlo στα πλαίσια του Μαθήματος “Αλληλεπίδραση Ακτινοβολίας Ύλης”

Έχω αναπτύξει παρουσιάσεις διαλέξεων στην Αγγλική οι οποίες αποτέλεσαν διδακτικές σημειώσεις, κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής μου δραστηριότητας στο ΠΜΣ “Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης στις Επιστήμες της Αγωγής και τις Μαθησιακές Τεχνολογίες” κατά τα **ακαδημαϊκά έτη** από **2016** έως και **2017**.

1. Λογισμικό Στατιστικής Ανάλυσης R.

5.5. Συμμετοχή στην επίβλεψη πτυχιακών και διπλωματικών εργασιών:

Κατά χρονολογική σειρά από το παλαιότερο προς το πιο πρόσφατο:

1. M. Chanioti *Regional survey of indoor radon concentration*, September 1994 - October 1995 (Submitted to the **University of Portsmouth** for the award of **Diploma and Industrial Studies**). Η παραπάνω εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών από την τρίτοετή φοιτήτρια Μ.Χανιώτη του Department of Physics and Physical Electronics in Applied Physics του University of Portsmouth. **(1994-95)**
2. Ε.Μαυρουδάκη *Μελέτη της επίδρασης του ύψους της κατοικίας από το έδαφος στη συγκέντρωση ραδονίου αυτής στη Αττική*, Αθήνα 1996. Η παραπάνω εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών από την Ε.Μαυρουδάκη μεταπτυχιακή φοιτήτρια της σχολής Φυσικών Νοσοκομείων, **Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών** στην Εφαρμοσμένη Φυσική Ακτινοβολιών Ακτινοφυσική. **(1994-96)**
3. Ε.Λομποτέση *Μελέτη της χωρικής διακύμανσης των συγκεντρώσεων ^{222}Rn σε κατοικίες της Αττικής*, Αθήνα 1996. Η παραπάνω εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών από την Ε.Λομποτέση μεταπτυχιακή φοιτήτρια της σχολής Φυσικών Νοσοκομείων, **Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών** στην Εφαρμοσμένη Φυσική Ακτινοβολιών Ακτινοφυσική. **(1994-96)**

4. Β.Κουκουλιού *Έκθεση του πληθυσμού της Λαυρεωτικής σε ραδόνιο*, Αθήνα 1996. Η παραπάνω εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών από την Δρ.Β.Κουκουλιού μεταπτυχιακή φοιτήτρια της σχολής Φυσικών Νοσοκομείων, **Προγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών** στην Εφαρμοσμένη Φυσική Ακτινοβολιών Ακτινοφυσική. **(1994-96)**
5. Κ.Γώγος *Μελέτη της συγκέντρωσης ραδονίου στα ισόγεια και στους πρώτους ορόφους κατοικιών*, Αθήνα 1997. Η παραπάνω εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών από τον Κ.Γώγο φοιτητή του τμήματος Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αθηνών. **(1997)**
6. Δ.Θανασάς και Α.Τζώρτζη *Μελέτη της συγκέντρωσης ραδονίου σε ύδατα Ελλάδας και Κύπρου*, Αθήνα 2002. Η παραπάνω εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών από το Δ.Θανασά φοιτητή και την Α.Τζώρτζη φοιτήτρια του τμήματος Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αθηνών. **(2002)**
7. Α.Καρατζή *Μελέτη της συγκέντρωσης ραδονίου στην Αιδηψό*, Αθήνα 2002. Η παραπάνω εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών από την Α.Καρατζή φοιτήτρια του τμήματος Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αθηνών. **(2002)**

Κατά τα ακαδημαϊκά έτη **2002-2007** συμμετείχα ενεργά στην οργάνωση και καθοδήγηση πτυχιακών εργασιών φοιτητών του Τμήματος Τεχνολογίας Ιατρικών Οργάνων. Επίσης συμμετείχα ως μέλος της τριμελούς επιτροπής εξέτασης με επίσημη καταχώρηση στις καταστάσεις κατάθεσης πτυχιακών εργασιών του Τμήματος Ιατρικών Οργάνων του ΤΕΙ Αθήνας. Οι εργασίες που εκπονήθηκαν αφορούσαν σε θέματα Ιατρικής Απεικόνισης, Ιατρικής Πληροφορικής και Βιοϊατρικής Τεχνολογίας.

Ως **Αναπληρωτής Καθηγητής** και ως **Καθηγητής** στο Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων του ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ, (**2014-2018**) έχω επιβλέψει περισσότερες από 10 πτυχιακές εργασίες και έχω διατελέσει μέλος εξέτασης σε περισσότερες από 20 πτυχιακές εργασίες.

Κατά το χρονικό διάστημα **2017-2019** επέβλεψα τη διπλωματική εργασία με τίτλο “Μελέτη της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας στη Μαστογραφία με Τεχνικές Μόντε Κάρλο” του φοιτητή κ. Κίντζιου Χ. του ΠΜΣ “Ιατρικής Φυσική” του Πανεπιστημίου Πατρών.

Κατά το χρονικό διάστημα από **01-01-2018** έως **30-06-2018** επέβλεψα πτυχιακή εργασία στο **Π.Μ.Σ “Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης στις Επιστήμες Αγωγής και τις Μαθησιακές Τεχνολογίες”**

Κατά το χρονικό διάστημα από **01-10-2018** έως **30-01-2019** επέβλεψα πτυχιακή εργασία στο **Π.Μ.Σ “Ιατρική Φυσική”**. Ομοίως κατα το χρονικό διάστημα **01-10-2020** έως **30-10-2021**

6. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΘΕΣΕΙΣ

Κατά χρονολογική σειρά από το παλαιότερο προς το πιο πρόσφατο:

Έχω εργασθεί στις παρακάτω πανεπιστημιακές θέσεις:

- Εργαστήριο Ραδιοϊσοτόπων (Τμήμα Ολόσωμης Ακτινοβολίας) του Ιπποκρατείου Νοσοκομείου Αθηνών το οποίο λειτουργούσε υπό την εποπτεία του Εργαστηρίου Ιατρικής Φυσικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών (**1994-1997**) ως Συνεργάτης Έρευνας (*άμισθη θέση*).
- Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών (**1994-2001**) ως Συνεργάτης Έρευνας και ως βοηθός διδασκαλίας (*άμισθη θέση*).
- Τμήμα Ιατρικών Οργάνων του ΤΕΙ Αθηνών (**2001- 2006**) ως Έκτακτος Καθηγητής Εφαρμογών (*έμμισθη θέση*) και ως Συνεργάτης Έρευνας (2000-2006) (*έμμισθη και άμισθη θέση*).
- Τμήμα Φυσικής Χημείας και Τεχνολογίας υλικών του π.ΤΕΙ Πειραιά ως Έκτακτος Επίκουρος Καθηγητής (**2001-2002**) (*έμμισθη θέση*), ως έκτακτος Καθηγητής Εφαρμογών (**2003-2012**) (*έμμισθη θέση*) και ως Συνεργάτης Έρευνας (**2006-2016**) (*άμισθη θέση*).
- Τμήμα Τεχνολόγων Περιβάλλοντος Τ.Ε. στην κατεύθυνση Α': Τεχνολογιών Φυσικού Περιβάλλοντος του ΤΕΙ Ιονίων νήσων, ως έκτακτος Καθηγητής Εφαρμογών (**2011-2012**) (*έμμισθη σχέση*).
- Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων (**2014-2018**) ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ (*διορισμένος Αναπληρωτής Καθηγητής, Καθηγητής*).

- Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών (2018-2019) του Πα.Δ.Α. (διορισμένος Καθηγητής).
- Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής (2019-2023) του Πα.Δ.Α. (διορισμένος Καθηγητής).

7. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

7.1. Αμειβόμενη συμμετοχή σε χρηματοδοτούμενα ερευνητικά προγράμματα:

Η συμμετοχή με αμοιβή περιλαμβάνει τα κάτωθι **20** χρηματοδοτούμενα ερευνητικά προγράμματα μεταξύ **1993-2023**, με **συνολικό μη επικαλυπτόμενο χρόνο** αμειβόμενης εργασίας **254 μήνες (21 έτη)**:

- Ερευνητικό πρόγραμμα F13P-CT9200 GI/1992-1995 επιχορηγούμενο από τον C.E.C. με τίτλο “STUDY OF THE DIFFERENT TECHNIQUES TO MITIGATE HIGH RADON CONCENTRATION LEVELS DISCLOSED IN DWELLINGS” («ΜΕΛΕΤΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΕΙΚΩΝ ΕΛΑΤΤΩΣΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΡΑΔΟΝΙΟΥ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ») διαχειριζόμενου από τον Ειδικό Λογαριασμό Κονδυλίων και Έρευνας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΛΚΕ-ΠΑ).

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ: 01/12/93-31/12/93, 20/04/94-20/04/95, 01/09/95-31/08/96]

Πιστοποιητικό Ι

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 25 μήνες

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 25 μήνες

- Ερευνητικό πρόγραμμα του Πανεπιστημίου Αθηνών με τίτλο «ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΟΛΟΣΩΜΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ ΔΙΠΛΗΣ ΔΕΣΜΗΣ» διαχειριζομένου από τον Ειδικό Λογαριασμό Κονδυλίων και Έρευνας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΛΚΕ-ΠΑ).

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ: 20/04/95-19/05/95, 04/01/1996-04/02/1996]

Πιστοποιητικό Ι

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 2 μήνες

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 1 μήνας

Το μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα αναφέρεται στην περίοδο 20/04/95 – 19/05/95.

- Ερευνητικό πρόγραμμα Ε 061/95/195 Υπουργείου Υγείας Πρόνοιας με τίτλο «ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΕΝΔΟΑΥΛΙΚΗΣ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΑΣ ΜΕ

Η/Υ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΩΙΜΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΤΟΥ ΚΑΡΚΙΝΟΥ ΤΟΥ ΠΡΟΣΤΑΤΗ» διαχειριζομένου από τις οικονομικές υπηρεσίες του Ιπποκρατείου Νοσοκομείου Αθηνών.

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ: 20/04/95-19/05/95]

Πιστοποιητικό II

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 19 μήνες

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 19 μήνες

- Ερευνητικό πρόγραμμα ΕΠΕΑΕΚ Αρχιμήδης Ι με τίτλο : «ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΣΦΟΡΩΝ / ΣΠΙΝΘΗΡΙΣΤΩΝ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΣΕ ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ» διαχειριζομένου από τον ΕΛΚΕ του ΤΕΙ Αθηνών.

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ: 1/2/04-31/8/06]

Πιστοποιητικό III

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 31 μήνες

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 31 ΜΗΝΕΣ

- Ερευνητικό πρόγραμμα ΕΠΕΑΕΚ Αρχιμήδης Ι με τίτλο : «ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΙΕΙΝΩΝ & ΑΣΦΑΛΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΜΕ ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ» διαχειριζομένου από τον ΕΛΚΕ του π.ΤΕΙ Αθηνών.

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ:15/7/06-31/8/06, 1/9/05-31/8/06]

Πιστοποιητικό III

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ:

16.5 ΜΗΝΕΣ

- Ερευνητικό πρόγραμμα ΕΠΕΑΕΚ Αρχιμήδης I με τίτλο :
«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΜΕΝΙΩΝ ΓΙΑ ΧΡΗΣΕΙΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ
ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΟ ΚΟΝΤΙΝΟ ΥΠΕΡΥΘΡΟ»
διαχειριζομένου από τον ΕΛΚΕ του ΤΕΙ Κρήτης.

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ: 15/7/06-31/8/06]

Πιστοποιητικό IV

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ :1.5 ΜΗΝΕΣ

- Ερευνητικό πρόγραμμα ΕΠΕΑΕΚ Αρχιμήδης II με τίτλο :
«ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΟΝΤΕ-ΚΑΡΛΟ ΥΛΙΚΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΑΚΤΙΝΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ»
διαχειριζομένου από τον ΕΛΚΕ του ΤΕΙ Αθηνών.

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ: 1/9/05-31/05/06]

Πιστοποιητικό III

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 21 ΜΗΝΕΣ

- Ερευνητικό πρόγραμμα ΑΘΗΝΑ 2004 με τίτλο : «ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΣΠΙΝΘΗΡΙΣΤΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΒΟΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ» διαχειριζομένου από τις οικονομικές υπηρεσίες του ΤΕΙ Αθηνών.

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ: 1/3/06-10/3/06]

Πιστοποιητικό III

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ: 10 ΗΜΕΡΕΣ

- Ερευνητικό πρόγραμμα ΕΣΠΑ Θαλής με τίτλο : «Πολυκατευθυντική μελέτη της ποιότητας αέρα με έμφαση στους εσωτερικούς χώρους» διαχειριζομένου από τον ΕΛΚΕ του ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ (80237)

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ : 3/12/12 -30/9/15]

Πιστοποιητικό V

*ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ :33 ΜΗΝΕΣ,
28 ΗΜΕΡΕΣ*

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ : 34 ΜΗΝΕΣ

- Ερευνητικό πρόγραμμα ΕΣΠΑ Αρχιμήδης III με τίτλο : «Πολυκατευθυντική μελέτη προσεισμικών διαταραχών με έμφαση στις Η/Μ ακτινοβολίες» διαχειριζομένου από τον ΕΛΚΕ του ΤΕΙ Αθηνών (60049).

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ: 3/12/12 -30/9/15]

Πιστοποιητικό IV

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ :34 ΜΗΝΕΣ

- Ερευνητικό πρόγραμμα FP7 με ακρώνυμο “SECURE R2I” με τίτλο “REINFORCING COOPERATION WITH EASTERN PARTNERSHIP COUNTRIES ON BRIDGING THE GAP BETWEEN RESEARCH AND INNOVATION FOR SECURE AND INCLUSIVE SOCIETIES” διαχειριζομένου από τον ειδικό λογαριασμό κονδυλίων και έρευνας του ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ (80263).

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ :1/10/13- 30/9/16]

Πιστοποιητικό V

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ :36 ΜΗΝΕΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ : 12 ΜΗΝΕΣ

Το μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα αναφέρεται στην περίοδο 30/09/15 – 30/09/16.

- Ερευνητικό πρόγραμμα “ΕΣΠΑ 2017-2015 & INTERREG” στα πλαίσια του ερευνητικού έργου με τίτλο “Ολοκληρωμένη Υπηρεσία Ελληνικού Συσσωρευτή Ακαδημαϊκών Ηλεκτρονικών Βιβλίων”

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ: 01/10/15- 30/9/16]

Πιστοποιητικό V

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ :8.3 ΜΗΝΕΣ

Το χρονικό διάστημα 17/01/2015 έως 30/09/2015 επικαλύπτεται από το έργο 80237.

- Ερευνητικό πρόγραμμα “ΕΣΠΑ 2017-2015 ΜΟΔΙΠ του πΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ (Β' ΦΑΣΗ) MIS327410” ως συνεργάτης Ομάδας Εσωτερικής Αξιολόγησης Ακαδημαϊκής Μονάδας Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων Τ.Ε. (80235).
[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ: 30/06/2015- 15/09/2015 (δύο)]

Πιστοποιητικό V

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ :3.5 ΜΗΝΕΣ

Το χρονικό διάστημα 30/05/2015 έως 15/09/2015 επικαλύπτεται από το έργο 80237.

- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Π.Μ.Σ.) ERASMUS+_LMPI_LICENCE, MASTER PROFESSIONNELS POUR LE DEVELOPPEMENT, L' ADMINISTRATION, LA GESTION, LA PROTECTION DES SYSTEMES ET RESEAUX INFORMATIQUES DANS LES ENTREPRISES EN MOLDAVIE, AU KAZAKHSTAN, AU VIETNAM (80352)
[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ: 30/10/2017-14/10/2019, 30/10/2017-31/12/2018, 30/10/2017-31/12/2018]

Πιστοποιητικό VI

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ :36 ΜΗΝΕΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 36 ΜΗΝΕΣ

(30/10/2017-14/10/19)

- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Π.Μ.Σ.) ΣΕ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΤΟΥ NOTTINGHAM "ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ" (80340).

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ:1/9/2017-31/10/2017, 1/1/2018-30/08/2018, 04/12/2018 – 30/04/2019]

Πιστοποιητικό 5

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ :16 ΜΗΝΕΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 2 ΜΗΝΕΣ

(1/9/2017-31/10/17)

Τα λοιπά χρονικά διαστήματα του έργου επικαλύπτονται από το έργο 80352.

- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Π.Μ.Σ.) "ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ" (80697).

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ: 05/05/2020-02/07/2020, 13/04/2021-05/07/2021, 20/04/22-05/07/2022]

Πιστοποιητικό 6

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ :9.5 ΜΗΝΕΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 9.5 ΜΗΝΕΣ

- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Π.Μ.Σ.) “ΠΜΣ “ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ” (80325).

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ:1 5/10/2020-28/02/2021]

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ :4.5 ΜΗΝΕΣ

Πιστοποιητικό 7

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 4.5 ΜΗΝΕΣ

- ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ ΝΥΦΙΚΑ ΦΟΡΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΑΠΤΙΣΤΙΚΑ ΡΟΥΧΑ ΑΠΟ ΥΦΑΣΜΑ ΡΟΔΑΚΙΝΟΥ ΜΕ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗ_IBDRTEC_T2ΕΔΚ-00084” (80816)

[ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ-ΑΜΟΙΒΕΣ:01/08/2020–31/12/2020, 01/01/2021-31/12/2021, 16/03/2022 –31/12/2022, 19/01/2023-15/06/2023]

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 31,5 ΜΗΝΕΣ

Πιστοποιητικό VII

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 31.5 ΜΗΝΕΣ

- ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ERASMUS+ΚΑ2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑΣ” (80896)

[ΣΥΜΒΑΣΗ: 22/06/2023-10/08/2023]

Πιστοποιητικό VIII

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 3,8 ΜΗΝΕΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 3,8 ΜΗΝΕΣ

Οι αμοιβές με χρονολογία μετά την 07-04-2014 (Ημερομηνία πρώτου διορισμού) έγινε μέσω του συστήματος αμοιβών από των ΕΛΚΕ του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ και ΠαΔα σε απασχόληση πέραν του τυπικού ωραρίου σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία. Για όλα έχουν υποβληθεί φύλλα χρονοχρέωσης και κατάσταση αμοιβών στο Ελεγκτικό Συνέδριο.

Στα προγράμματα Αρχιμήδης I, Αρχιμήδης II και Θαλής, έχω συμβάλει ενεργά στη διαμόρφωση της ιδέας της πρότασης, τη συγγραφή, την οργάνωση και τη διαμόρφωση των τελικών προτάσεων που χρηματοδοτήθηκαν. Στο πρόγραμμα Θαλής (80237)

είχα τη γενική εποπτεία διαχείρισης του προγράμματος σε συνδυασμό με τον επιστημονικά υπεύθυνο Καθηγητή Δρ. Ζήσο Αθανάσιο. Στο πρόγραμμα Αρχιμήδης II (60049) είχα τη γενική εποπτεία διαχείρισης του προγράμματος σε συνδυασμό με τον επιστημονικά υπεύθυνο εκλιπόντα Καθηγητή Δρ. Νομικό Κωνσταντίνο.

7.2.Αμειβόμενη συμμετοχή σε επιτροπές:

Έχω συμμετάσχει μετά από πρόσκληση της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) ως ειδικός επιστήμονας-εμπειρογνώμονας για τη γνωμοδότηση περί της αναγκαιότητας μελέτης της σκοπιμότητας διενέργειας επισκόπησης ραδονίου στην Ελλάδα (1996-97). Για τη μελέτη και γνωμοδότησή μου αυτή υπήρξε αμοιβή.

Πιστοποιητικό ΙΧ

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ

ΔΙΑΣΤΗΜΑ : 2 ΜΗΝΕΣ και 4 ημέρες

7.3.Συνεργασίες:

Έχω συνεργασθεί στο παρελθόν με τα ακόλουθα Πανεπιστήμια, Πανεπιστημιακά Εργαστήρια, Τομείς Πανεπιστημίων και Τομείς Πολυτεχνείων:

1.ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ

2.ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ

- Τμήμα Ηλεκτρονικής
- Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής Τεχνολογίας
- Τμήμα Ακτινολογίας

3.Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος

4.ΤΕΙ ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ, Τμήμα Οικολογίας και Περιβάλλοντος.

5.Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιατρική Σχολή, Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής.

6.University of Cranfield, School of Applied Sciences, H.B.

7.Georgian Technical University, Γεωργία

8.Πανεπιστήμιο Πατρών, Ιατρική Σχολή, Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής.

9.ΕΜΠ, Τμήμα Μηχανολόγων, Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας.

10.Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυσικής

- Τομέας Φυσικής Στερεάς Κατάστασης
- Τομέας Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων
- Τομέας Ηλεκτρονικής

11.ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ, πρώην Γενικό Τμήμα Φυσικής, Χημείας και Τεχνολογίας
Υλικών

12.Ινστιτούτο Βιομηχανικών Συστημάτων Πάτρας - Ερευνητικό Κέντρο
«Αθηνά»

13.Πανεπιστήμιο Κύπρου

- GAIA, Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Μηχανικής
- Τομέας Επιστήμης Υπολογιστών

14.Università degli Studi di Catania, CRAM3RA

15. Consorzio inter-Universitario (C.U.G.R.I.), University Centre for Prediction and Prevention of Large Risks

16. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, Multidisciplinary Center of Fluids Modelling

17. Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας

8. ΔΙΑΠΙΣΤΩΜΕΝΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

ΑΜΕΙΒΟΜΕΝΟ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟ ΕΡΓΟ

Συνοπτικά τα χρονικά διαστήματα διαπιστωμένης επαγγελματικής δραστηριότητας ταξινομούνται ως κάτωθι:

1.01/12/93-31/12/93 ΕΛΚΕ-ΠΑ, Ερευνητικό πρόγραμμα FI3P-CT9200 GI/1992-1995

2.20/04/94-20/04/95 ΕΛΚΕ-ΠΑ, Ερευνητικό πρόγραμμα FI3P-CT9200 GI/1992-1995

3.01/09/95-31/08/96 ΕΛΚΕ-ΠΑ, Ερευνητικό πρόγραμμα FI3P-CT9200 GI/1992-1995

Συνολική Αμοιβή :

2,315,000 δρχ.

Συνολικά αμειβόμενο μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα :

25 μήνες

(01/12/93-31/12/93: 1 μήνας)

(20/04/94-20/04/95:24 μήνες)

4.20/04/95-19/05/95 ΕΛΚΕ-ΠΑ, Ερευνητικό Πρόγραμμα με τίτλο:
«Συγκριτική εκτίμηση της σύστασης του
ανθρωπίνου σώματος με μετρήσεις ολόσωμης
ακτινοβολίας και απορρόφησης ακτίνων-Χ
διπλής δέσμης»

5.04/01/96- 04/02/96 ΕΛΚΕ-ΠΑ, Ερευνητικό Πρόγραμμα με τίτλο
«Συγκριτική εκτίμηση της σύστασης του
ανθρωπίνου σώματος με μετρήσεις ολόσωμης
ακτινοβολίας και απορρόφησης ακτίνων-Χ
διπλής δέσμης»

Συνολική Αμοιβή :

350,000 δρχ.

Συνολικά αμειβόμενο μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα :

1 μήνας

(20/04/95-19/05/95: 1 μήνας)

6.26/9/96-30/11/96: ΕΕΑΕ, Αμοιβή ως ειδικός επιστήμονας-
εμπειρογνώμονας

Συνολική Αμοιβή :

165,000 δρχ.

Συνολικά αμειβόμενο μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα :

2 μήνες & 4 ημέρες

(26/9/96-30/11/96: 2 μήνες & 4 ημέρες)

7.1/1/97-3/7/98: Οικονομικό Τμήμα Ιπποκρατείου Νοσοκομείου Αθηνών, Ερευνητικού προγράμματος Ε 061/95/195 Υπουργείου Υγείας Πρόνοιας με απόφαση Χρηματοδότησης 2540/10-6-95 και ΔΠΥ 03/07/98

Συνολική Αμοιβή :

300,000 δρχ.

Συνολικά αμειβόμενο μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα :

19 μήνες

(1/1/97-3/7/98 : 19 μήνες)

8.1/2/04-31/8/06 ΕΛΚΕ-ΤΕΙ Αθήνας, Ερευνητικό Πρόγραμμα με τίτλο: «Μελέτη φωσφόρων / σπινθηριστών για χρήση σε ανιχνευτές ακτινοβολίας συστημάτων ιατρικής απεικόνισης»

Συνολική Αμοιβή :

29,490.00 €

Συνολικά αμειβόμενο μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα :

31 μήνες

(1/2/04-31/8/06:31 μήνες)

- 9.1/7/04-31/12/04** ΕΛΚΕ-ΤΕΙ Αθήνας, Ερευνητικό Πρόγραμμα
με τίτλο: «Μελέτη παραγόντων που επηρεάζουν
την παραγωγή υγιεινών & ασφαλών τροφίμων
με προηγμένες τεχνολογικές μεθόδους»
(πλήρης επικάλυψη από εδάφιο 7.1)
- 10.1/9/05-31/8/06** ΕΛΚΕ-ΤΕΙ Αθήνας, Ερευνητικό Πρόγραμμα
με τίτλο: «Μελέτη παραγόντων που επηρεάζουν
την παραγωγή υγιεινών & ασφαλών τροφίμων
με προηγμένες τεχνολογικές μεθόδους»
(πλήρης επικάλυψη από εδάφιο 7.1)
- 11.15/7/06-31/8/06** ΕΛΚΕ-ΤΕΙ Κρήτης, Ερευνητικό Πρόγραμμα
με τίτλο : «Ανάπτυξη υμενίων για χρήσεις
οπτικής απεικόνισης υψηλής ανάλυσης στο
κοντινό υπέρυθρο»
(πλήρης επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

12.1/9/05-31/05/06 ΕΛΚΕ-ΤΕΙ Αθήνας, Ερευνητικό Πρόγραμμα
με τίτλο: «Πειραματική διερεύνηση και
προσομοίωση με τεχνικές Μόντε-Κάρλο υλικών
ανιχνευτών ακτινοβολίας που
χρησιμοποιούνται σε συστήματα
ακτινοδιαγνωστικής και Πυρηνικής Ιατρικής»
(πλήρης επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

13.1/3/06-10/3/06 ΕΛΚΕ-π.ΤΕΙ Αθήνας, Ερευνητικό Πρόγραμμα
με τίτλο: «Διερεύνηση ιδιοτήτων σπινθηριστών
απεικόνισης και βελτιστοποίηση προβολικής και
τομογραφικής Ιατρικής Εικόνας»
(πλήρης επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

14.3/12/12 -30/9/15 ΕΛΚΕ ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ στο ερευνητικό
πρόγραμμα ΕΣΠΑ Θαλής με τίτλο :
«Πολυκατευθυντική μελέτη της ποιότητας αέρα
με έμφαση στους εσωτερικούς χώρους»
(80237).

Συνολική Αμοιβή :

40,490.00 €

Συνολικά αμειβόμενο μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα :

33 μήνες και 28 ημέρες

(3/12/12 -30/9/15: 33 μήνες και 28 ημέρες)

15.3/12/12 -30/9/15 ΕΛΚΕ ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ στο ερευνητικό πρόγραμμα
ΕΣΠΑ Αρχιμήδης ΙΙΙ με τίτλο :
«Πολυκατευθυντική μελέτη προσεισμικών
διαταραχών με έμφαση στις Η/Μ ακτινοβολίες»
(60049).

(πλήρης επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

16. 1/10/13- 30/9/16 ΕΛΚΕ ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ στο ερευνητικό
πρόγραμμα FP7 με ακρώνυμο “SECURE R2I”
με τίτλο “Reinforcing cooperation with eastern
partnership countries on bridging the gap
between research and innovation for secure
and inclusive societies” (80263).

Συνολική Αμοιβή :

8656,79 €

Συνολικά αμειβόμενο μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα :

12 μήνες

(30/9/15 -30/9/16: 12 μήνες)

(υπόλοιπο διάστημα επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

17.1/10/15- 30/9/16 ΕΛΚΕ ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ Ερευνητικό πρόγραμμα “ΕΣΠΑ 2017-2015 & INTERREG” στα πλαίσια του ερευνητικού έργου με τίτλο “Ολοκληρωμένη Υπηρεσία Ελληνικού Συσσωρευτή Ακαδημαϊκών Ηλεκτρονικών Βιβλίων”

Συνολική Αμοιβή :

2875,00 €

(επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

18.30/06/15-15/09/15 ΕΛΚΕ ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ στο Ερευνητικό πρόγραμμα “ΕΣΠΑ 2017-2015 ΜΟΔΙΠ του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ (Β' ΦΑΣΗ) MIS327410” ως συνεργάτης Ομάδας Εσωτερικής Αξιολόγησης Ακαδημαϊκής Μονάδας Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων Τ.Ε.

Συνολική Αμοιβή :

466,66 €

(επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

19.30/10/17-14/10/19 ΕΛΚΕ ΠΑΔΑ ΠΜΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ERASMUS+_LMPI_LICENCE, MASTER PROFESSIONNELS POUR LE DEVELOPPEMENT, L' ADMINISTRATION, LA GESTION, LA PROTECTION DES SYSTEMES

ET RESEAUX INFORMATIQUES DANS LES
ENTREPRISES EN MOLDAVIE, AU
KAZAKHSTAN, AU VIETNAM (80352).

Συνολική Αμοιβή :

492,00 €

20.30/10/17-31/12/18 ΕΛΚΕ ΠΑΔΑ ΠΜΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ERASMUS+_LMPI_LICENCE, MASTER
PROFESSIONNELS POUR LE
DEVELOPPEMENT, L' ADMINISTRATION, LA
GESTION, LA PROTECTION DES SYSTEMES
ET RESEAUX INFORMATIQUES DANS LES
ENTREPRISES EN MOLDAVIE, AU
KAZAKHSTAN, AU VIETNAM (80352).

Συνολική Αμοιβή :

1233,00 €

(επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

21.30/10/17-31/12/18 ΕΛΚΕ ΠΑΔΑ ΠΜΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ERASMUS+_LMPI_LICENCE, MASTER
PROFESSIONNELS POUR LE
DEVELOPPEMENT, L' ADMINISTRATION, LA
GESTION, LA PROTECTION DES SYSTEMES
ET RESEAUX INFORMATIQUES DANS LES

ENTREPRISES EN MOLDAVIE, AU
KAZAKHSTAN, AU VIETNAM (80352).

Συνολική Αμοιβή :

164,00 €

(επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

22.30/10/17-14/10/19 ΕΛΚΕ ΠΑΔΑ ΠΜΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ERASMUS+_LMPI_LICENCE, MASTER
PROFESSIONNELS POUR LE
DEVELOPPEMENT, L' ADMINISTRATION, LA
GESTION, LA PROTECTION DES SYSTEMES
ET RESEAUX INFORMATIQUES DANS LES
ENTREPRISES EN MOLDAVIE, AU
KAZAKHSTAN, AU VIETNAM (80352).

Συνολική Αμοιβή :

204,00 €

(επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

25.30/10/17-14/10/19 ΕΛΚΕ ΠΑΔΑ ΠΜΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ERASMUS+_LMPI_LICENCE, MASTER
PROFESSIONNELS POUR LE
DEVELOPPEMENT, L' ADMINISTRATION, LA
GESTION, LA PROTECTION DES SYSTEMES
ET RESEAUX INFORMATIQUES DANS LES

ENTREPRISES EN MOLDAVIE, AU
KAZAKHSTAN, AU VIETNAM (80352).

Συνολική Αμοιβή :

1370,00 €

(επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

26.30/10/17-14/10/19 ΕΛΚΕ ΠΑΔΑ ΠΜΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ERASMUS+_LMPI_LICENCE, MASTER
PROFESSIONNELS POUR LE
DEVELOPPEMENT, L' ADMINISTRATION, LA
GESTION, LA PROTECTION DES SYSTEMES
ET RESEAUX INFORMATIQUES DANS LES
ENTREPRISES EN MOLDAVIE, AU
KAZAKHSTAN, AU VIETNAM (80352).

Συνολική Αμοιβή :

328,00 €

(επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

27.1/9/17-31/10/17 ΕΛΚΕ ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ Προγραμμα ΜΠΣ
“Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης στις
Επιστήμες Αγωγής και τις Μαθησιακές
Τεχνολογίες (80340).

Συνολική Αμοιβή :

400,00 €

28.1/1/18-30/08/18 ΕΛΚΕ ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ Διδασκαλία στο ΠΜΣ
“Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης στις
Επιστήμες Αγωγής και τις Μαθησιακές
Τεχνολογίες (80340).

Συνολική Αμοιβή :

200,00 €

(επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

29.04/12/18-30/04/19 ΕΛΚΕ ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ Διδασκαλία στο ΠΜΣ
“Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης στις
Επιστήμες Αγωγής και τις Μαθησιακές
Τεχνολογίες” (80340).

Συνολική Αμοιβή :

720,00 €

(επικάλυψη από εδάφιο 7.1)

30.05/05/20-02/07/20 ΕΛΚΕ ΠΑΔΑ Διδασκαλία στο ΠΜΣ
“ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ” (80697).

Συνολική Αμοιβή :

120,00 €

30.13/04/21-05/07/21 ΕΛΚΕ ΠΑΔΑ Διδασκαλία στο ΠΜΣ
“ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ” (80697).

Συνολική Αμοιβή :

120,00 €

31.20/04/22-05/07/22 ΕΛΚΕ ΠΑΔΑ Διδασκαλία στο ΠΜΣ
“ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ” (80697).

Συνολική Αμοιβή :

120,00 €

32. 01/08/20–31/12/20 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ
ΝΥΦΙΚΑ ΦΟΡΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΑΠΤΙΣΤΙΚΑ ΡΟΥΧΑ
ΑΠΟ ΥΦΑΣΜΑ ΡΟΔΑΚΙΝΟΥ ΜΕ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ
ΣΥΝΕΙΔΗΣΗ_IBDPTEC_T2ΕΔΚ-00084”
(80816)

Συνολική Αμοιβή :

8.482,32 €

33. 01/01/21-31/12/21 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ
ΝΥΦΙΚΑ ΦΟΡΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΑΠΤΙΣΤΙΚΑ ΡΟΥΧΑ
ΑΠΟ ΥΦΑΣΜΑ ΡΟΔΑΚΙΝΟΥ ΜΕ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ
ΣΥΝΕΙΔΗΣΗ_IBDPTEC_T2ΕΔΚ-00084”
(80816)

Συνολική Αμοιβή :

16.192,00 €

34.16/03/22–31/12/22 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ ΝΥΦΙΚΑ ΦΟΡΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΑΠΤΙΣΤΙΚΑ ΡΟΥΧΑ ΑΠΟ ΥΦΑΣΜΑ ΡΟΔΑΚΙΝΟΥ ΜΕ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗ_IBDRTEC_T2ΕΔΚ-00084”
(80816)

Συνολική Αμοιβή :

531,60 €

35. 19/01/23-15/06/23 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ERASMUS+ΚΑ2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑΣ” (80896)

Συνολική Αμοιβή :

1370,00 €

Σύμφωνα με όσα αναλυτικά εκτέθηκαν στα εδάφια 7.1 και 8, το **συνολικά αμειβόμενο μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα** συμμετοχής σε **ερευνητικά προγράμματα** αθροίζεται σε 195 μήνες και 47 ημέρες ήτοι **ισούται προς 254 μήνες (21 έτη)**. Με βάση τις υπηρεσιακές μεταβολές η προϋπηρεσία μου ανέρχεται σε **17 έτη, 2 μήνες, 22 ημέρες**. Η διαφορά ανάμεσα στην πραγματική μη επικαλυπτόμενη εργασία μου σε προγράμματα και στην υπηρεσιακά αναγνωρισμένη προϋπηρεσία μου οφείλεται στον κοινό χρόνο εργασίας

μου σε ερευνητικά προγράμματα και ως έκτακτο ΕΠ στο ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ και ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.

Επισημαίνεται ότι κατά νόμο, προ διορισμού μου δεν υπήρχε όριο στις απολαβές μου από ερευνητικά προγράμματα και ότι ως διορισμένος Αναπληρωτής Καθηγητής και Καθηγητής, η συμμετοχή μου δεσμεύθηκε από την κείμενη νομοθεσία και οι αμοιβές ελέχθησαν επισπρόσθετα από το Ελεγκτικό Συνέδριο.

9. ΒΡΑΒΕΙΑ – ΔΙΑΚΡΙΣΕΙΣ

Κατά τη σταδιοδρομία μου έτυχα των ακόλουθων διακρίσεων:

- Μόνιμο μέλος συντακτικής επιτροπής (editorial member) του Περιοδικού Geosciences, Natural Hazards section, Impact Factor 2.7, citescore (https://www.mdpi.com/journal/geosciences/sectioneditors/natural_hazards) **IF=2.7**
- Associate Editor του Περιοδικού Frontiers in Public Health (<https://loop.frontiersin.org/people/669832/overview>) **IF=6.461**
- Guest Editor Ειδικού Τόμου (Special Issue) με τίτλο “Electromagnetic and Radon Pre-earthquake Precursors” με καταληκτική ημερομηνία 31-08-2020, Geosciences, Natural Hazards section, Impact Factor 2.7, citescore 5.2, (https://susy.mdpi.com/academic-editor/special_issues/process/77321). **IF=2.7**

- Guest Editor Ειδικού Τόμου (Special Issue) με τίτλο “Precursory Phenomena Prior to Earthquakes” με καταληκτική ημερομηνία 31-06-2022, Geosciences, Natural Hazards section, Impact Factor 2.7, citescore 5.2, (https://susy.mdpi.com/academic-editor/special_issues/process/845806). **IF=2.7**

- Guest Editor Ειδικού Τόμου (Special Issue) με τίτλο “Precursory Phenomena Prior to Earthquakes 2023” με καταληκτική ημερομηνία 31-12-2023, Geosciences, Natural Hazards section, Impact Factor 2.7, citescore 5.2, (https://susy.mdpi.com/academic-editor/special_issues/process/1238288). **IF=2.7**

- Guest Editor Ειδικού Τόμου (Special Issue) με τίτλο “Application of Fractal Approaches in Seismology and Atmospheric Sciences and ” με καταληκτική ημερομηνία 30-11-2023, Fractal and Fractional, Impact Factor 5.4, Citescore 3.6, (https://susy.mdpi.com/academic-editor/special_issues/process/1301841). **IF=5.4**

- Επιβράβευση ως περισσότερο πολύτιμος κριτής (most valuable reviewer) του περιοδικού Applied Radiation and Isotopes του Οίκου Elsevier το 2013. **IF=1.787**

- Αμειβόμενη συμμετοχή ως ειδικός επιστήμονας-μέλος σε τριμελή επιτροπή εμπειρογνομόνων, που σχηματίστηκε από την Ελληνική

Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας για τη μελέτη της σκοπιμότητας διενέργειας επισκόπησης ραδονίου στην Ελλάδα (1996-97).

– Συμμετοχή ως πρόεδρος συνεδρίας στο διεθνές επιστημονικό συνέδριο 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE "FROM SCIENTIFIC COMPUTING TO COMPUTATIONAL ENGINEERING" που έλαβε χώρα στην Αθήνα μεταξύ 5-8 Ιουλίου 2006.

10. ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΟ ΕΡΓΟ

Έχω διατελέσει ή διατελώ σύμβουλος συντακτικής επιτροπής επιστημονικών (Reviewer) των παρακάτω περιοδικών:

1. Επιστημονικό Περιοδικό *Nature Scientific Reports* του οίκου Nature Publishing Group, Impact Factor 5.525
2. Επιστημονικό Περιοδικό *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* του οίκου Nature Publishing Group, Impact Factor 2.927
3. Επιστημονικό Περιοδικό *Journal of Environmental Radioactivity* του οίκου Elsevier, Impact Factor 1.339
4. Επιστημονικό Περιοδικό *The Science of the Total Environment* του οίκου Elsevier, Impact Factor 3.536
5. Επιστημονικό Περιοδικό *Radiation Measurements* του οίκου Elsevier, Impact Factor 1.455
6. Επιστημονικό Περιοδικό *Applied Radiation and Isotopes* του οίκου Elsevier, Impact Factor 1.172

7. Επιστημονικό Περιοδικό *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* του οίκου Elsevier, Impact Factor 1.790
8. Επιστημονικό Περιοδικό *Earthquake Science* του οίκου Elsevier.
9. Επιστημονικό Περιοδικό *Radiation and Environmental Biophysics* του οίκου Springer, Impact Factor 1.696
10. Επιστημονικό Περιοδικό *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* του οίκου Springer, Impact Factor 1.520
11. Επιστημονικό Περιοδικό *Acta Geophysica* του οίκου Springer, Impact Factor 1.704
12. Επιστημονικό Περιοδικό *Environmental Monitoring and Assessment*, του οίκου Springer, Impact Factor 1.663.
13. Επιστημονικό Περιοδικό *Analytical Methods* του οίκου RCS, Impact Factor 1.547
14. Επιστημονικό Περιοδικό *Environmental Science: Processes and Impacts*, του οίκου RCS Publishing, Impact Factor 2.401
15. Περιοδικό *Geomatics, Natural Hazards and Risk* του οίκου Taylor & Francis. Impact Factor 2.332
16. Επιστημονικό Περιοδικό *Geosciences* του οίκου MDPI Publishing (OA), Impact Factor 1.82
17. Επιστημονικό Περιοδικό *Atmosphere* του οίκου MDPI Publishing (OA), Impact Factor 1.704

18. Επιστημονικό Περιοδικό *Remote Sensing* του οίκου MDPI Publishing (OA), Impact Factor 4.118
19. Επιστημονικό Περιοδικό *Mathematical and Computational Applications* του οίκου MDPI Publishing (OA),
20. Επιστημονικό Περιοδικό *Sensors* του οίκου MDPI Publishing (OA), Impact Factor 3.72
21. Επιστημονικό Περιοδικό *IJERPH* του οίκου MDPI Publishing (OA)
22. Επιστημονικό Περιοδικό *Scientific World Journal* του οίκου Hindawi (OA).
23. Επιστημονικό Περιοδικό *Journal of Earth Science Research* του οίκου Bowen Publishing (OA)
24. Επιστημονικό Περιοδικό *Journal of Earth Science and Climatic Changes*, του οίκου OMICS (OA)
25. *Environmental Engineering and Management Journal* του Technical University of IASI.

11. ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΟ-ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ

Από το παλαιότερο προς το νεότερο:

(1) ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΟ ΕΡΓΟ

-ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Έχω εκτελέσει το κάτωθι οργανωτικό έργο ως έκτακτος Καθηγητής Εφαρμογών του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

-Συντήρηση και βελτίωση των εργαστηριακών ασκήσεων του Εργαστηρίου Φυσικής Ι.

-Ενεργός συμμετοχή στη συντήρηση και βελτίωση των

εργαστηριακών ασκήσεων του Εργαστηρίου Φυσικής Ι.

-Ενεργός συμμετοχή στην επιλογή, την παραγγελία και τον έλεγχο καλής λειτουργίας σύγχρονης υλικοτεχνικής υποδομής για το Εργαστήριο Φυσικής Ι.

-Υπεύθυνος βαθμολογιών Εργαστηρίου Φυσικής Ι για το Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων. Συνυπεύθυνος για το Τμήμα Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων.

-Οργάνωση θεμάτων έρευνας για το Τμήμα Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων.

-ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ

Έχω εκτελέσει το κάτωθι οργανωτικό έργο ως ως έκτακτος Καθηγητής Εφαρμογών του ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ και ως μέλος της ερευνητικής ομάδας του Εργαστηρίου Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών του Τμήματος Ιατρικών Οργάνων του ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ:

-Οργάνωση μαθημάτων για τους τεταρτοετείς φοιτητές του π.Τμήματος Τεχνολογίας Ιατρικών Οργάνων του ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ επί των θεμάτων:

- Έλεγχος ποιότητας συστημάτων Πυρηνικής Ιατρικής
- Έλεγχος ποιότητας συστημάτων Ακτινοθεραπείας
- Ραδιοφάρμακα - Διαμερισματική Ανάλυση
- Δοσιμετρία Πυρηνικής Ιατρικής
- Ακτινοθεραπεία

- Οργάνωση και παρακολούθηση εκπόνησης διπλωματικών εργασιών τεταρτοετών φοιτητών του Τμήματος Τεχνολογίας Ιατρικών Οργάνων του ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ.

- Οργάνωση και λειτουργία της ερευνητικής ομάδας του Εργαστηρίου Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών του Τμήματος Ιατρικών Οργάνων του ΤΕΙ Αθήνας με τις κάτωθι υπευθυνότητες έρευνας:

- Προσομοιώσεις Monte Carlo
 - Ανάπτυξη Αυτοδύναμων Αλγορίθμων
 - Ανάπτυξη Αλγορίθμων GATE
 - Ανάπτυξη Αλγορίθμων EGS4
- Φώσφοροι/Σπινθηριστές για χρήση σε Ανιχνευτές Ακτινοβολίας
 - Πειραματική Ανάπτυξη
 - Μετρήσεις, βαθμονομήσεις
 - Εφαρμογή Μοντέλων
- Φώσφοροι/Σπινθηριστές υπεριώδους
 - Πειραματική Ανάπτυξη
 - Μετρήσεις, βαθμονομήσεις
- Ακτινοβόληση Τροφίμων

-ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ

Έχω εκτελέσει το κάτωθι οργανωτικό έργο ως Αναπληρωτής Καθηγητής και Καθηγητής του ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ:

-Οργάνωση και διδασκαλία των μαθημάτων Φυσική (Θ), Φυσική (Ε),

Τεχνολογία Περιβάλλοντος (Θ), Τεχνολογία Περιβάλλοντος (Ε), Μοντελοποίηση και Βελτιστοποίηση Συστημάτων και Ψηφιακές Επικοινωνίες (Ε). Επίσης συνυπεύθυνος στο μάθημα Ψηφιακές Επικοινωνίες (Θ).

- Οργάνωση πτυχιακών εργασιών στα κάτωθι θέματα:
 - Χάος σε προσεισμικές περιβαλλοντικές διαταραχές
 - Χάος σε περιβαλλοντικούς ρύπους (ραδόνιο, ΡΜ)
 - Μετρήσεις περιβαλλοντικής γ-ακτινοβολίας
 - Μετρήσεις περιβαλλοντικών ΗΜ ακτινοβολιών
 - Προσομοιώσεις περιβαλλοντικών ρύπων με το λογισμικό
CONTAM
 - Προσομοιώσεις Monte Carlo με
 - Ανάπτυξη Αυτοδύναμων Αλγορίθμων
 - Ανάπτυξη Αλγορίθμων GATE
 - Ανάπτυξη Αλγορίθμων EGSnrcMP

2.ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ

-ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΣΤΡΑΤΟΣ

Διοικητικό έργο ως Έφεδρος Αξιωματικός Πεζικού και ως Έφεδρος Ανθυπολοχαγός Πεζικού κατά τη διάρκεια της στρατιωτικής μου θητείας στο Τ.Ε. Καλλονής Λέσβου (13 μήνες). Το διοικητικό έργο αναλύεται στη διοίκηση του 4^{ου} γραφείου - γραφείο συντήρησης και κατασκευών (13 μήνες), του 3^{ου} γραφείου - γραφείο εκπαίδευσης στρατιωτών (3 μήνες) και

του 2^{ου} γραφείου – γραφείο στρατιωτικής ασφαλείας (2 μήνες). Στα παραπάνω γραφεία υπηρέτησα σε εντεταλμένη στρατιωτική υπηρεσία (1999-2001).

-ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ

Εκτέλεσα το κάτωθι διοικητικό έργο ως Αναπληρωτής Καθηγητής του ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ (2014-2018):

- Μέλος ΟΜΕΑ του Τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων ΤΕ.
- Διευθυντής Τομέα ΜΗΤ του Τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων ΤΕ.
- Διευθυντής Θεσμοθετημένου Εργαστηρίου Τομέα ΜΗΤ του Τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων ΤΕ.
- Διοικητικά Υπεύθυνος ερευνητικού προγράμματος ΕΣΠΑ “Θαλής” στο ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ λόγω συνταξιοδότησης του ΕΥ.
- Διοικητικά Υπεύθυνος ερευνητικού προγράμματος ΕΣΠΑ “Αρχιμήδης ΙΙΙ” στο ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ λόγω συνταξιοδότησης του ΕΥ.

12. ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΑΝΤΗΣΕΙΣ

Από το παλαιότερο προς το νεότερο. Έχω συμμετάσχει στις ακόλουθες επιστημονικές συναντήσεις με παρουσίαση επιστημονικής εργασίας:

-Διεθνή συνέδρια με παρουσίαση επιστημονικής εργασίας:

1. 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής & 6^ο Κοινό Συνέδριο Ένωσης Ελλήνων Φυσικών και Ένωσης Κυπρίων Φυσικών, Ηράκλειο, 4-7 Απριλίου 1996.
2. Πανελλήνιο Συνέδριο «10 χρόνια μετά το ατύχημα στο Τσέρνομπιλ-Οι επιπτώσεις του ατυχήματος στην Ελλάδα», Αμφιθέατρο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, Αγία Παρασκευή Αττικής 22-23 Απριλίου 1996.
3. Ημερίδα «Ραδόνιο και Καίσιο, Δύο ραδιενεργά στοιχεία στην πόλη της Καρδίτσας», ΕΒΕ (Εμπορικό και Βιοτεχνικό Επιμελητήριο), Καρδίτσα 25 Μαΐου 96.
4. Επιστημονική Ημερίδα «Ραδόνιο και Ελληνική Κατοικία», Αμφιθέατρο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, Αγία Παρασκευή Αττικής, 6 Ιουνίου 1996.
5. European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work, Praha Czech Republic, June 2-6 1997.
6. The Second Regional Mediterranean Congress on Radiation Protection, Tel-Aviv, Israel, November 16-20 1997.
7. 1st Southeastern-European Regional Radon Workshop, Athens, Greece, 3-5 April 1997.
8. 1^η Συνάντηση των Ερευνητών που ασχολούνται με το Ραδόνιο στην Ελλάδα, Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας Ε.Μ.Π, Αθήνα, 23 Ιανουαρίου 1998.
9. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος, Αθήνα ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ», 23-24 Νοεμβρίου 2001.
10. 7th International Symposium Natural Radiation Environment, Rhodes, Greece, 20-24 May, 2002.

11. MEDICON 2004, the 10th Mediterranean Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, IFMBE.
12. European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work, June 29 July 6 2004, Praha
13. 4th European Symposium on Biomedical Engineering, 25-26-27 June 2004, Patra Greece.
14. 1st International Conference "From scientific computing to computational engineering", IC-SCCE, 8-10 September, 2004, Athens, Greece.
15. Nuclear Science Symposium (NSS) and Medical Imaging Conference (MIC) and Semiconductor X-ray and g-ray detectors Workshop, October 16-22, 2004, Rome.
16. European Radiology Congress (ECR), February, Wien 2004.
17. Pan-Hellenic Radiological Congress of XIV 29 September-2 October 2004, Athens 18.
18. European Radiology Congress 2005, Wien.
19. Congress SPECIAL TRAINING PROGRAM Archimedes, POLYTECHNIC COLLEGES Athens 2005.
20. 1st IC-EpsMSO LFME Patra Greece, 2005.
21. 1st European Conference on Molecular Imaging Technology 9-12 May 2006, Marseille, France.
22. 3rd International Conference on Imaging Technologies in Biomedical Sciences: ITBS2005 Milos Greece. European Nuclear Medicine Symposium 2006.

23. 10th International Symposium on Radiation Physics (ISRP-10), 17-22 September, 2006, Coimbra, Portugal.
24. IC-CCSE 2006, International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering.
25. EUROPEAN SYMPOSIUM ON BIOMEDICAL ENGINEERING, 2006, Patra Greece.
26. European Geophysical Union, EGU 2009, Vienna, Austria.
27. European Geophysical Union, EGU 2010, Vienna, Austria.
28. European Geophysical Union, EGU 2011, Vienna, Austria.
29. erA-7, 2012, The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education.
30. erA-8, 2013, The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education.
31. BIOMEPEP 2013, 2nd International Conference on Biomedical Instrumentation and Related Engineering and Physical Sciences
32. RPM 2014, Varna, Bulgaria - 2nd International conference on radiation protection in medicine.
33. ICCE-2014, International Conference on Clean Energy-2014, June 8-12, 2014, Istanbul, Turkey.

34.erA-9, 2014, The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education.

35.erA-10, 2015, The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education.

-Ημερίδες εργασίας (Workshops) με παρουσίαση επιστημονικής εργασίας:

36. European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work, Praha, Workshop, June 2-6 1997.

37. 1st Southeastern -European Regional Radon Workshop, Athens, Laboratory Intercomparison II, 3-5 April 1997.

Η συμμετοχή μου στις παραπάνω επιστημονικές συναντήσεις πιστοποιείται από την παρουσίαση των σχετικών εργασιών του ερευνητικού-συγγραφικού μου έργου.

13. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ-ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΟ ΕΡΓΟ

Στον παρακάτω κατάλογο παρατίθενται οι επιστημονικές εργασίες κατά χρονολογική σειρά. Ο κατάλογος περιλαμβάνει ξενόγλωσσα άρθρα δημοσιευμένα ή υπό δημοσίευση με κρίση (peer-review) και διεθνή ταξινόμηση σε διεθνή περιοδικά και βιβλία, διεθνείς περιοδικές εκδόσεις και συμπληρώματα διεθνών περιοδικών.

**ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ
ΕΚΔΟΣΕΙΣ, ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ
ΚΑΙ ΜΕ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΕΓΚΥΡΕΣ ΒΑΣΕΙΣ**

Τα ακόλουθα διεθνή άρθρα μπορούν να αναζητηθούν στις παρακάτω διεθνείς έγκυρες βάσεις κατά προτεραιότητα : GoogleScholar, CrossRef, SCOPUS, SCI & SCI expanded, EntrezPubMed, Google.

1. ANTONOPOULOS A, **NIKOLOPOULOS D**, GEORGIΟΥ E, KYRIAKIDIS M, TOUTOУZAS P, Proukakis C. Effects of afterload increase on Thallium-201 scintigraphy and comparison with conventional exercise imaging. *J Nucl Cardiol* **1997**; 4(1):S57, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1071-3581\(97\)91338-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1071-3581(97)91338-6). **IF=3.872**
2. ANTONOPOULOS A, GEORGIΟΥ E, KYRIAKIDIS M, **NIKOLOPOULOS D**, TOUTOУZAS P, PROUKAKIS C. Early post-exercise Thallium-201 Reinjection after sublingual Nitroglycerin Augmentation: Effects on Detection of Myocardial Ischemia and/or Viability. *Clin. Cardiol*, **1998** 21(6):419-426, doi: <http://dx.doi.org/10.1159/000006833>. **IF=5.0**
3. ANTONOPOULOS A, GEORGIΟΥ E, KYRIAKIDIS M, **NIKOLOPOULOS D**, PROUKAKIS C, TOUTOУZAS P. Thallium-201 for detection of myocardial viability: comparison of early postexercise reinjection and imaging with 4 and 18-24 hours redistribution imaging. *Cardiol.* **1998** 90(2):137-144, doi: <http://dx.doi.org/10.1159/000006833>. **IF=2.9**

4. LOUIZI A, KOUKOULIOU V, **NIKOLOPOULOS D**, NTALLES K, VECIOS P, PROUKAKIS C. Exposure of the Arnea Chalkidikis inhabitants to radon-risk assessment. *Phys. Med.* **1999** XV(3):221. **IF=3.4**

5. **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, PETROPOULOS N, SIMOPOULOS S, PROUKAKIS C. Experimental study of cup-type radon dosimeters. *Rad. Prot. Dosim.* **1999** 83(3): 263-266, doi: <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a032681>. **IF=0.954**

6. ANTONOPOULOS A, **NIKOLOPOULOS D**, GEORGIU E, KYRIAKIDIS M, PROUKAKIS C. Blood pressure elevation after phenylephrine infusion may adversely affect myocardial perfusion in patients with coronary artery disease. *Int. J. Cardiol.* **2002** 84(2-3):201-209, [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-5273\(02\)00146-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-5273(02)00146-8). **IF=4.039**

7. **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, KOUKOULIOU V, SEREFOGLOU A, GEORGIU E, NTALLES K, PROUKAKIS C. Radon survey in Greece-Risk Assessment. *J. Environ. Radioactiv.* **2002** 63(2):173-176, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X\(02\)00026-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X(02)00026-7). **IF=0.954**

8. LOUIZI A, **NIKOLOPOULOS D**, KOUKOULIOU V, KEHAGIA K. Study of two areas in Greece with enhanced radon concentrations. *Rad. Prot. Dosim.* **2003** 106(3): 219-226, doi: <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a006352>. **IF=0.954**

9. **NIKOLOPOULOS D**, LIAPARINOS P, MARGETIS D, LINARDATOS D, MELLISAROPOULOS P, KOURKOUTAS K, PANAYIOTAKIS G., CAVOURAS D, KANDARAKIS I. Investigation of the radiation detection properties of

Lu₂SiO₅:Ce and Gd₂O₂S scintillators for applications in medical imaging.

Europ. Radiol. **2004** 14(S2):519. **IF=5.9**

10. MARGETIS D, LINARDATOS D, NIRGIANNAKI E, ROUSSOU M, **NIKOLOPOULOS D**, EPISKOPAKIS A, SIANOUDIS I, CAVOURAS D, KANDARAKIS I. Experimental evaluation of a YAG: Ce phosphor for application in medical radiography detectors. *Europ. Radiol.* **2004** 14(S2): 517. **IF=5.9**

11. VOGIANNIS E, **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, HALVADAKIS C. Radon variations during treatment in thermal spas of Lesvos Island (Greece). *J. Environ. Radioactiv.* **2004** 75(2):159-170, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2003.12.002>. **IF=2.655**

12. VOGIANNIS E, **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A. HALVADAKIS C. Radon exposure in the thermal spas of Lesvos island-Greece. *Rad. Prot. Dosim.* **2004** 111(1):1-7, doi: <http://dx.doi.org/10.1093/rpd/nch373>. **IF=0.954**

13. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, SIANOUDIS I, DIMITROPOULOS N, CAVOURAS D, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Luminescence efficiency of (Gd₂SiO₅:Ce) scintillator under X-ray excitation. *IEEE Nucl. Sci. Symp. Conf. Rec.* **2004** 5:2737-2741, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/NSSMIC.2004.1466256>. **IF=0.101**

14. LIAPARINOS P, KANDARAKIS I, CAVOURAS D, **NIKOLOPOULOS, D**, VALAIS I. Simulating the emission efficiency and resolution properties of fluorescent screens by Monte Carlo methods. *IEEE Nucl. Sci. Symp. Conf.*

Rec. **2004** 2:1187-1191, doi:

<http://dx.doi.org/10.1109/NSSMIC.2004.1462347>. **IF=0.101**

15. VOGIANNIS E, **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, HALVADAKIS C. Radon variations during treatment in thermal spas of Lesvos Island (Greece). *J. Environ. Radioactiv.* **2004** 76(3):283-294, doi:

Environ. Radioactiv. **2004** 76(3):283-294, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2003.11.009>. **IF=2.655**

16. GERANIOS A, **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, KARATZI A. Multiple Radon Survey in Spa of Loutra Edipsou (Greece). *Rad. Prot. Dosim.* **2004** 112(2): 251-258, doi: <http://dx.doi.org/10.1093/rpd/nch392>. **IF=0.954**

17. LIAPARINOS P, KANDARAKIS I, CAVOURAS D, **NIKOLOPOULOS D**, PANAYIOTAKIS G. Monte Carlo study on radiation absorption properties of Gd₂O₂S, CsI, LSO, CaWO₄ phosphor screens for mammographic x-ray imaging. *Europ. Radiol.* **2005** 15(S1): 538-539, doi: <https://doi.org/10.1118/1.2724065>. **IF=5.9**

18. GAITANIS A, KANDARAKIS I, CAVOURAS D, KALIVAS N, DIMITROPOULOS N, **NIKOLOPOULOS D**, PANAYIOTAKIS G. The Importance of Detector Type, Detector Material, Reconstruction Filter & Reconstruction Algorithm in Simulated Computed Tomography Breast Imaging. *Europ. Radiol.* **2005** (S1): 541, doi: <https://dx.doi.org/10.1594/ECR05/C-0955>. **IF=5.9**

19. PETALAS A, VOGIANNIS S, **NIKOLOPOULOS D**, HALVADAKIS CP. Preliminary survey of outdoor gamma dose rates in Lesvos Island (Greece).

Rad. Prot. Dosim. **2005** 113:336-341, doi:

<http://dx.doi.org/10.1093/rpd/nch455>. **IF=0.954**

20. **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, SEREFOGLOU A, MALAMITSI J. Radon exposure of the Greek population due to radon. *Radioactivity in the Environment* **2005** 7:425-430, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1569-4860\(04\)07049-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1569-4860(04)07049-4).

21. LOUIZI A, **NIKOLOPOULOS D**, SEREFOGLOU A, MALAMITSI J. Preliminary study of two high radon areas in Greece. *Radioactivity in the Environment* **2005** 7:431-437, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1569-4860\(04\)07050-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1569-4860(04)07050-0).

22. CAVOURAS D, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KALATZIS I, EPISKOPAKIS A, LINARDATOS D, ROUSSOU M, NIRGIANAKI E, MARGETIS D, VALAIS I, KALIVAS N, KOURKOUTAS K, SIANOUDIS I, DIMITROPOULOS N, LOUIZI A, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Light emission efficiency and imaging performance of $Y_2Al_5O_{12}:Ce$ (YAG:Ce) powder scintillator under diagnostic radiology conditions, *Appl. Phys. (B)* **2005** 80(7):923-933, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00340-005-1791-8>. **IF=2.171**

23. KANDARAKIS I, CAVOURAS D, **NIKOLOPOULOS D**, ANASTASIOU A, DIMITROPOULOS N, KALIVAS N, VENTOURAS E, KALATZIS I, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Evaluation of ZnS:Cu phosphor as x-ray to light converter under mammographic conditions. *Radiat. Meas.* **2005** 39(3):263-275, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2004.02.023>. **IF=1.743**

24. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, SIANOUDIS I, LOUDOS G, GIOKARIS N, NIKITA K, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Luminescence properties of LuYSiO₅:Ce, Gd₂SiO₅:Ce and CsI:TI single crystal scintillators under X-ray excitation, for use in medical imaging systems. *IEEE Nucl. Sci. Symp. Conf. Rec.* **2005** 3:1323-1327, doi: <https://doi.org/10.1109/NSSMIC.2005.1596187>. **IF=0,101**
25. VALAIS I, CONSTANTINIDIS A, SALEMIS G, **NIKOLOPOULOS D**, DIMITROPOULOS N, CAVOURAS D, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Evaluation of cerium doped Yttrium Aluminum Oxide (YAG and YAP) powder scintillating screens for use in x-ray imaging. *Biomed. Tech.* **2005** 50(1): 11-12. **IF=1.426**
26. TSANTILAS X, LOUIZI A, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, SAKELLIOS N, KARAKATSANIS N, LOUDOS G, NIKITA K, MALAMITSI J, KANDARAKIS I. Simulation of commercial PET scanners with GATE Monte Carlo simulation package. *Biomed. Tech.* **2005** 50(1):114-115. **IF=1.426**
27. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, LOUDOS G, GIOKARIS N, KARAGIANNIS C, EPISKOPAKIS A, DIMITROPOULOS N, PANAYIOTAKIS G. Experimental determination of luminescence emission properties of CsI: TI, LuYSiO₅: Ce (LYSO: Ce) and Gd₂SiO₅: Ce (GSO: Ce) single crystal scintillators for use in non projection X-ray imaging. *Biomed. Tech.* **2005**;50(1):1112-1113. **IF=1.426**
28. **NIKOLOPOULOS D**, KANDARAKIS I, VALAIS I, GAITANIS A, CAVOURAS D, PANAYIOTAKIS G, LOUIZI A. X-ray absorption and x-ray

fluorescence of medical imaging scintillating screens via application of Monte Carlo methods. *Biomed. Tech.* **2005** 50(1):1124-1125. **IF=1.426**

29. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, SIANOUDIS I, LOUDOS G, GIOKARIS ND, NIKITA K, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS K., PANAYIOTAKIS G. Luminescence properties of LuYSiO₅:Ce, Gd₂SiO₅:Ce, and CsI:Tl single crystal scintillators under X-ray excitation, for use in medical imaging systems. *IEEE Nucl. Sci. Conf. Proc.* **2005** 54(1):1323-1327, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/NSSMIC.2005.1596564>. **IF=0.101**

30. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, SIANOUDIS I, DIMITROPOULOS N, CAVOURAS D, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Luminescence efficiency of Gd₂SiO₅:Ce scintillator under x-ray excitation. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **2005** 52(5): 1830-1835, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/TNS.2005.856895>. **IF=1.703**

31. KANDARAKIS I, CAVOURAS D, SIANOUDIS I, **NIKOLOPOULOS D**, EPISKOPAKIS A, LINARDATOS D, MARGETIS D, NIRGIANNAKI E, ROUSSOU M, MELISSAROPOULOS P, KALIVAS N, KALATZIS I, KOURKOUTAS K, DIMITROPOULOS N, LOUIZI A, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. On the response of Y₃Al₅O₁₂: Ce (YAG: Ce) powder scintillating screens to medical imaging x-rays. *Nucl. Instr. Meth. A* **2005** 538: 615-630, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2004.08.101>. **IF=1.4**

32. KANDARAKIS I, CAVOURAS D, **NIKOLOPOULOS D**, LIAPARINOS P, EPISKOPAKIS A, KOURKOUTAS K, DIMITROPOULOS N, SIANOUDIS I,

NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Modelling Angular Distribution Of Light Emission In Granular Scintillators Used In X-Ray Imaging Detectors. *Recent Advances in Multidisciplinary Applied Physics Edition: Recent Advances in Multidisciplinary Applied Physics*. **2005** 909-918, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-008044648-6.50134-8>.

33. CAVOURAS D, **NIKOLOPOULOS D**, EPISKOPAKIS A, KALIVAS N, SIANOUDIS I, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. A theoretical model evaluating the angular distribution of luminescence emission in x-ray scintillating screens. *Appl. Radiat. Isotop.* **2006** 64(4): 508-519, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apradiso.2005.11.016>.
IF=1.787

34. **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, KANDARAKIS I, CAVOURAS D, LINARDATOS D, SIANNOUDIS I, LOUIZI A, DIMITROPOULOS N, VATTIS D, EPISKOPAKIS A, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Evaluation of GSO: Ce scintillator in the x-ray energy range from 40 to 140 kV for possible applications in medical X-ray imaging. *Nucl. Instr. Methods. (A)* **2006** 560(2): 577-583, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2005.12.245>. **IF=1.4**

35. **NIKOLOPOULOS D**, KANDARAKIS I, CAVOURAS D, LOUIZI A, NOMICOS C. Investigation of radiation absorption and x-ray fluorescence of medical imaging scintillators by Monte Carlo Methods. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2006** 565(2):821-832, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.05.170>.
IF=1.4

36. DAVID S, MICHAEL C, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KALIVAS N, KALATZIS I, KARATOPIA A, CAVOURAS D, LOUDOS G, PANAYIOTAKIS GS, KANDARAKIS I. Luminescence efficiency of $\text{Lu}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}$ (LSO) powder scintillator for X-ray medical radiography applications. *IEEE Nucl. Sci. Symp. Conf. Rec.* **2006** 2: 1178-1182, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/NSSMIC.2006.356054>. **IF=0.101**

37. VALAIS I, DAVID S, MICHAEL C, **NIKOLOPOULOS D**, CAVOURAS D, SIANOUDIS I, KOURKOUTAS C, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G. Investigation of luminescence emission properties of $(\text{Lu},\text{Y})_2\text{SiO}_5:\text{Ce}$ (LYSO:Ce) and $(\text{Lu},\text{Y})\text{AlO}_3:\text{Ce}$ (LuYAP:Ce) single crystal scintillators under x-ray exposure for use in medical imaging. *IEEE Nucl. Sci. Symp. Conf. Rec.* **2006** 2: 1187-1191, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/NSSMIC.2006.356056>. **IF=0.101**

38. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KONSTANTINIDIS A, SIANNOUDIS I, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Evaluation of light emission efficiency of LYSO: Ce scintillator under x-ray excitation for possible applications in medical imaging. *Nucl. Instr. Methods. (A)* **2006** 569(2):201-204, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.08.018>. **IF=1.4**

39. KALIVAS N, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, SALEMIS G, KARAGIANNIS C, KONSTANTINIDIS A, MICHAEL C, LOUDOS G, SAKELIOS N, KARAKATSANIS N, NIKITA K, GAYSHAN VL, GEKTIN AV, SIANOUDIS I, GIOKARIS N, NOMICOS C, DIMITROPOULOS N, CAVOURAS D,

PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Imaging properties of cerium doped Yttrium Aluminum Oxide (YAP:Ce) powder scintillating screens under x-ray excitation. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2006** 569(2):210-214, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.08.020>. **IF=1.4**

40. PATATOUKAS G, GAITANIS A, KALIVAS N, LIAPARINOS P, **NIKOLOPOULOS D**, KONSTANTINIDIS A, KANDARAKIS I, CAVOURAS D, PANAYIOTAKIS G. The effect of energy weighting on the SNR under the influence of non ideal detectors in mammographic applications. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2006** 569(2): 260-263, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.08.019>. **IF=1.4**

41. **NIKOLOPOULOS D**, KANDARAKIS I, TSANTILAS X, VALAIS I, CAVOURAS D, LOUIZI A. Comparative study of the radiation detection efficiency of LSO, LuAP, GSO and YAP scintillators for use in positron emission imaging (PET) via Monte-Carlo Methods. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2006** 569(2):350-354, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.08.033>. **IF=1.4**

42. KARAKATSANIS N, SAKELLIOS N, TSANTILAS X, DIKAIOS N, TSOUMPAS C, LAZARO D, LOUDOS G, SCHMIDTLEIN C.R, LOUIZI A, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, MALAMITSI J, KANDARAKIS J, NIKITA J. Comparative evaluation of two commercial PET scanners, ECAT EXACT HR+ and Biograph 2, using GATE. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2006** 569(2): 368-372, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.08.110>. **IF=1.4**

43. VALAIS I, DAVID E, MICHAEL C, **NIKOLOPOULOS D**, CAVOURAS D, SIANOUDIS I, KOURKOUTAS K, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G. Investigation of luminescence emission properties of (Lu,Y)₂SiO₅:Ce (LYSO:Ce) and (Lu,Y)AlO₃:Ce (LuYAP:Ce) single crystal scintillators under x-ray exposure for use in medical imaging. *IEEE Nucl.Sci.Symp.Conf.Proc.* **2007** 2, 1187-1191, doi: <https://doi.org/10.1109/NSSMIC.2006.356056>. **IF=0.101**
44. **NIKOLOPOULOS D**, VOGIANNIS E. Modelling radon progeny concentration variations in thermal spas. *Sci. Tot. Environ.* **2007** 373(1): 82-93, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.11.017>. **IF=10.754**
45. GONIAS P, BERTSEKAS N, KARAKATSANIS N, SAATSAKIS G, GAITANIS A, **NIKOLOPOULOS D**, LOUDOS G, PAPASPYROU L, SAKELLIOS N, TSANTILAS X, DASKALAKIS A, LIAPARINOS P, NIKITA K, LOUIZI A, CAVOURAS D, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS GS. Validation of a GATE model for the simulation of the Siemens PET Biograph™ 6 scanner. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2007** 571 (1): 263-266, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.10.078>. **IF=1.4**
46. **NIKOLOPOULOS D**, LINARDATOS D, VALAIS I, MICHAEL C, DAVID S, GONIAS P, BERTSEKAS N, CAVOURAS D, LOUIZI A, KANDARAKIS I. MONTE Carlo Validation in the Diagnostic Radiology Range. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2007** 571(1): 267-269, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.10.079>. **IF=1.4**

47. EFTHIMIOU N, KALIVAS N, PATATOUKAS G, KONSTANTINIDIS A, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, GAITANIS A, DAVID S, MICHAIL C, LOUDOS G, CAVOURAS D, KOURKOUTAS K, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Investigation of the effect of the scintillator material on the overall X-ray detection system performance by application of analytical models. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2007** 571(1): 270-273, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.10.080>. **IF=1.4**
48. VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KALIVAS N, GAITANIS AN LOUDOS G, KANDARAKIS I, SIANOUDIS I, GIOKARIS D, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. A systematic study of the performance of the CsI: Tl single-crystal scintillator under x-ray excitation. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2007** 571 (1): 343-345, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.10.096>. **IF=1.4**
49. DAVID S, MICHAIL C, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, LIAPARINOS P, KALIVAS N, KALATZIS I, EFTHIMIOU N, TOUTOUNTZIS A, LOUDOS G, SIANOUDIS I, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G. Efficiency of Lu₂SiO₅: Ce (LSO) powder phosphor as X-ray to light converter under mammographic imaging conditions. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2007**; 571 (1) 346-349, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.10.106>. **IF=1.4**
50. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, MICHAIL C, DAVID E, SIANOUDIS I, LOUDOS G, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Luminescence properties of (Lu,Y)₂SiO₅: Ce and

Gd₂SiO₅: Ce single crystal scintillators under x-ray excitation, for use in medical imaging systems. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **2007** 54 (1): 11-18, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/TNS.2006.888813>. **IF=1.703**

51. MICHAEL C, DAVID S, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, SIANOUDIS I, DIMITROPOULOS N, PANAYIOTAKIS G, CAVOURAS D, KANDARAKIS I. Investigation of the radiation absorption and light emission properties of a 25 mg/cm² Lu₂SiO₅:Ce (LSO) scintillating screen for use in x-ray digital mammography detectors. *E-JST* **2007** 1(2): 72-80, url: http://ejst.uniwa.gr/issues/issue_4_2007/mixail_4.pdf.

52. MICHAEL C, PANAYIOTAKIS G, DAVID S, LIAPARINOS P, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KALIVAS N, KANDARAKIS I. Evaluation of the imaging performance of LSO powder scintillator for use in X-ray mammography. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2007** 580(1): 558-561, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2007.05.234>. **IF=1.4**

53. VALAIS I, DAVID S, MICHAEL C, **NIKOLOPOULOS D**, KALIVAS N, TOUTOUNTZIS A, SIANOUDIS I, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G. Comparative study of luminescence properties of LuYAP: Ce and LYSO: Ce single-crystal scintillators for use in medical imaging. *Nucl. Instr. Methods, (A)* **2007** 580(1): 614-616, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2007.05.023>. **IF=1.4**

54. KALIVAS N, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KONSTANTINIDIS A, GAITANIS A, CAVOURAS D, NOMICOS C.D, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Light Emission efficiency and imaging properties of YAP: Ce

granular phosphor screens. *Appl. Phys. (A)* **2007** 89(2): 443-449, doi:
<http://dx.doi.org/10.1007/s00339-007-4173-8>. **IF=2.983**

55. **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A. Study of indoor radon and radon in drinking water in Greece and Cyprus: Implications to exposure and dose. *Radiat. Meas.* **2008** 43(7):1305-1314, doi:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2008.03.043>. **IF=1.4**

56. VOGIANNIS E, **NIKOLOPOULOS D**, Modelling of radon concentration peaks in thermal spas: Application to Polichnitos and Eftalou spas (Lesvos Island-Greece). *Sci. Tot. Environ.* **2008** 405 (1-3): 36-44, doi:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.06.029>. **IF=10.754**

57. **NIKOLOPOULOS D**, VOGIANNIS E, PETRAKI E, ZISOS A, LOUIZI A. Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): Results from measurements and modelling. *Sci. Tot. Environ.* **2010** 408: 495-504, doi:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.057>. **IF=10.754**

58. **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, MAROUSAKI A, POTIRAKIS S, KOULOOURAS G, NOMICOS C, PANAGIOTARAS D, STONHAM J, LOUIZI A. Environmental monitoring of radon in soil during a very seismically active period occurred in South West Greece. *J. Environ. Monit.* **2012** 14:564-578. <http://dx.doi.org/10.1039/c1em10387c>. **IF=3.307**

59. **NIKOLOPOULOS D**, KALYVAS N, VALAIS I, ARGYRIOU X, VLAMAKIS E, SEVVOS T, KANDARAKIS I. A semi-empirical Monte Carlo based model of

the Detector Optical Gain of Nuclear Imaging scintillators. *JINST* **2012** 7 P1102, doi:<http://dx.doi.org/10.1088/1748-0221/7/11/P11021>. **IF=1.3**

60. PETRAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, FOTOPOULOS A, PANAGIOTARAS D, KOULOURAS G, ZISOS A, NOMICOS C, LOUIZI A, STONHAM J. Self-organised critical features in soil radon and MHz electromagnetic disturbances: Results from environmental monitoring in Greece. *Appl. Radiat. Isotop.* **2013** 72: 39–53, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apradiso.2012.09.005>. **IF=1.787**

61. PETRAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, FOTOPOULOS A, PANAGIOTARAS D, NOMICOS C, YANNAKOPOULOS P, ZISOS A, LOUIZI A, STONHAM J. Long-range memory patterns in variations of environmental radon in soil. *Anal. Methods* **2013** 5:4010-4020. doi: <http://dx.doi.org/10.1039/C3AY26486F>. **IF=3.1**

62. **NIKOLOPOULOS D**, VOGIANNIS E, PETRAKI E, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS P, LEONTARIDOU M, LOUIZI A. Dosimetry modelling of transient radon and progeny concentration peaks: Results from in-situ measurements in Ikaria spas. Greece. *Environ. Sci. Processes Impacts* **2013** 15:1216-1227, doi: <http://dx.doi.org/10.1039/c3em00030c>. **IF=5.334**

63. **NIKOLOPOULOS D**, KOTTOU S, CHATZISAVVAS N, ARGYRIOU X, VLAMAKIS E, YANNAKOPOULOS P, LOUIZI A., A GATE Simulation Study of the Siemens Biograph DUO PET/CT System. *Open Journal of Radiology* **2013** 3(2):56-65, doi: <http://dx.doi.org/10.4236/ojrad.2013.32009>. **IF=0.333**

64. **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, VOGIANNIS E, CHALDEOS Y, YANNAKOPOULOS P, NOMICOS C, STONHAM J. Traces of self-organisation and long-range memory in variations of environmental radon in soil: Comparative results from monitoring in Lesvos Island and Ileia (Greece). *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **2014** 299:203-219, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10967-013-2764-8>. **IF=1.754**
65. TEMENOS N, FILTISAKOS S, CHALDEOS Y, **NIKOLOPOULOS D**, YANNAKOPOULOS P.H, PETRAKI E, KOTTOU S. Hurst exponent of radon profiles indoors in Athens, Greece. *Phys. Medica* 30e92, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.07.265>. **IF=3.119**
66. KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, LOUIZI A, ARGYRIOU X, SEVVOS T, YANNAKOPOULOS P H. Human Beings and Radiation-A Review. *E-JST* **2014** 3(9):51-60, url: http://ejst.uniwa.gr/issues/issue_36/kottou_36.pdf.
67. KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, VOGIANNIS E, KOULOGLIOTIS D, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS P H. How Safe is the Environmental Electromagnetic Radiation? *J. Phys. Chem. Biophys.* **2014** 4(3):146 1-10, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000146>.
68. **NIKOLOPOULOS D**, KOTTOU S, LOUIZI A, PETRAKI E, VOGIANNIS E, YANNAKOPOULOS P H. Factors Affecting Indoor Radon Concentrations of Greek Dwellings through Multivariate Statistics - First Approach. *J. Phys. Chem, Biophys.* **2014** 4(2): 1-8, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000144>.

69. **NIKOLOPOULOS D**, KOTTOU S, PETRAKI E, VOGIANNIS E, YANNAKOPOULOS P H. Response of CR-39 Polymer Radon-Sensors via Monte-Carlo Modelling and Measurements. *J. Phys. Chem. Biophys.* **2014** 4(3): 1-5, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000144>.
70. SKOUNTZOS AP, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS PH. The electromagnetic pollution of wireless electronic equipment in areas with high human accumulation. *J. Civil Environ. Eng.* **2014** 4(5): 1-4, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2165-784X>.
71. PANAGIOTARAS D, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, KOTTOU S, KOULOUGLIOTIS D, YANNAKOPOULOS PH, KAPLANIS S. Comprehensive experience for Indoor Air Quality Assessment. A review on the determination of Volatile Organic Compounds (VOCs). *J. Phys. Chem. Biophys.* **2014** 4(5):1-12, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000159>.
72. **NIKOLOPOULOS D**, MICHAEL C, VALAIS I, YANNAKOPOULOS P, KOTTOU S, KARPETAS G, PANAYIOTAKIS G. GATE Simulation of the Biograph 2 PET/CT Scanner. *J. Nucl. Med. Radiat. Ther.* **2014** 5(5):1-6, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9619.1000201>.
73. **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, MICHAEL C, KOTTOU S, CHATZISAVVAS N, YANNAKOPOULOS P, MALAXIANAKIS V. Modelling Biograph 2 PET/CT Scanner with GATE. *Physica Medica* **2014** 30:e94, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.07.269>. **IF=3.119**
74. **NIKOLOPOULOS D**, KOTTOU S, PETRAKI E, VOGIANNIS E, MICHAEL C, LOUIZI A, CHALDEOS Y, YANNAKOPOULOS PH. Multivariate statistical

Analysis of factors related to mean annual indoor radon concentrations of Greek dwellings. *Physica Medica* **2014** 30:e90-91, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.07.262>. **IF=3.119**

75. VOGIANNIS E, **NIKOLOPOULOS D**, KOUKOU M, KOTTOU S, VRACHOPOULOS M. Radon entrance and its daily movement into a closed detached of three level house. *Physica Medica* **2014** 30:e91, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.07.262>. **IF=3.119**

76. **NIKOLOPOULOS D**, VOGIANNIS E, KOTTOU S, CHALDEOS Y, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS PH. Modelling of radon and progeny concentration peaks in thermal spas: results from the semi-empirical approach from several spas in Greece. *Physica Medica* **2014** 30:e91, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.07.261>. **IF=3.119**

77. VOGIANNIS E, **NIKOLOPOULOS D**, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS PH. EMR background measurements in a small town. *Physica Medica* **2014** 30:e92, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.07.264>. **IF=3.119**

78. KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, KOULOUGLIOTIS D, POULIEZOS K, VOGIANNIS E, GORGOLIS N, LORILLA RS, KEFALAS G, POTOZI S, CHALDEOS Y, SEVVOS T, PETRAKI E, MICHAEL C, MOUSTANIS P, KALIMERIS A, YANNAKOPOULOS PH. Preliminary study of distribution of indoor EMR in Greek dwellings. *Physica Medica* **2014** 30:e91-92, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.07.263>. **IF=3.119**

79. **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, TEMENOS N, KOTTOU S, KOULOUGLIOTIS D, YANNAKOPOULOS PH. Hurst exponent analysis of

indoor radon profiles of Greek apartment dwellings. *J. Phys. Chem. Biophys.* **2014** 4(6):1-8, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000168>.

80. KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, BHATTACHARYYA D, KIRBY PB, BERBERASHVILI TM, CHAKHVASHVILI LA, KERVASHVILI PJ, YANNAKOPOULOS PH. Monte-Carlo Modelling and Experimental Study of Radon and Progeny. Radiation Detectors for Open Environment. In: Dincer I, Colpan CO, Kizilkan O, Ezan MA. Eds. *Progress in Clean Energy, Volume 1*. Switzerland: Springer International Publishing **2015** 787-801, doi: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16709-1_58.

81. VOGIANNIS E, **NIKOLOPOULOS D**. Radon Sources and Associated Risk in terms of Exposure and Dose. *Front. Public Health* **2015** 2(207): 1-10, doi:<http://dx.doi.org/10.3389/fpubh.2014.00207>. **IF=6.461**

82. PETRAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, NOMICOS C, STONHAM, J, CANTZOS D, YANNAKOPOULOS P, KOTTOU S. Electromagnetic Pre-earthquake Precursors: Mechanisms, Data and Models-A Review. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2015** 6(1): 1-11, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000250>.

83. **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, NOMICOS C, KOULOURAS G, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS PH. Long-memory trends in disturbances of radon in soil prior to the twin ML=5.1 earthquakes of 17 November 2014 Greece. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2015** 6(1): 1-10, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000244>.

84. CANTZOS D, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, NOMICOS C, YANNAKOPOULOS P, Identifying Long-Memory Trends in Pre-Seismic MHz Disturbances through Support Vector Machines. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2015** 6(3): 1-9, doi:http://dx.doi.org/10.4172/2157-7167-1000263.
85. PANAGIOTARAS D, **NIKOLOPOULOS D**. Arsenic Occurrence and Fate in the Environment; A Geochemical Perspective. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2015** 6(4): 1-9, doi:http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000269.
86. **NIKOLOPOULOS D**, KOULOUGLIOTIS D, VOGIANNIS E, PETRAKI E, PANAGIOTARAS D, YANNAKOPOULOS P, KOTTOU S. Pilot Electromagnetic Field Measurements in Certain Areas in Greece. *J. Phys. Chem. Biophys.* **2015** 5(2): 1-11, doi:http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000176.
87. ERIOTOU E, ANASTASIADOU K, KOULOUGLIOTIS D, **NIKOLOPOULOS D**. Antimicrobial and Free Radical Scavenging Activities of Basil (*Ocimum basilicum*) Essential Oil Isolated from Five Plant Varieties Growing in Greece. *J. Nut. Food Sci.* **2015** 5(3): 1-9, doi:http://dx.doi.org/10.4172/2155-9600.1000367. **IF=0.307**
88. DIAMANTOPOULOS N, PANAGIOTARAS D, **NIKOLOPOULOS D**, Comprehensive Review on the Biodiesel Production using Solid Acid Heterogeneous Catalysts. *J. Thermodyn. Catal.* **2015** 6(2): 1-8, doi:http://dx.doi.org/10.4172/2157-7544.1000143.
89. KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, YANNAKOPOULOS P, VOGIANNIS E, PETRAKI E, PANAGIOTARAS D, KOULOUGLIOTIS D, KOULOUGLIOTIS D.

Preliminary background indoor EMF measurements in Greece. *Physica Medica* **2015** 31(7): 808-816, doi:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2015.05.002>. **IF=3.119**

90. PANAGIOTARAS D, KOULOUGLIOTIS D, **NIKOLOPOULOS D**, KALAKARIS AN, YANNOPOULOS AC, PIKIOS. Biogeochemical Cycling of Nutrients and Thermodynamic Aspects. *J. Thermodyn. Catal.* **2015** 6(2): 1-7, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7544.1000144>.

91. PETRAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, PANAGIOTARAS D, CANTZOS D, YANNAKOPOULOS P, NOMICOS C, STONHAM J. Radon-222: A Potential Short-Term Earthquake Precursor. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2015** 6(6): 1-11, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000282>.

92. MICHAEL CM, KARPETAS GE, FOUNTOS GP, VALAIS IG, **NIKOLOPOULOS D**, KANDARAKIS IS, PANAYIOTAKIS GS. Assessment of the Contrast to Noise Ratio in PET Scanners with Monte Carlo Methods. *J. Physics Conf. Ser.* **2015** 637(012019):1-4, doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/637/1/012019>. **IF=0.21**

93. KARPETAS GE, MICHAEL CM, FOUNTOS GP, VALAIS IG, **NIKOLOPOULOS D**, KANDARAKIS IS, PANAYIOTAKIS GS. Influence of Iterative Reconstruction Algorithms on PET Image Resolution. *J. Physics Conf. Ser.* **2015** 637(012011): 1-4, doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/637/1/012011>. **IF=0.21**

94. VALAIS I, MICHAEL C, **NIKOLOPOULOS D**, FOUNTZOULA C, BAKAS A, YANNAKOPOULOS P, FOUNTOS G, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I.

Effect of the Concentration on the X-ray Luminescence Efficiency of a Cadmium Selenide/Zinc Sulfide (CdSe/ZnS) Quantum Dot Nanoparticle Solution. *J. Physics Conf. Ser.* **2015** 637(012031): 1-4, doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/637/1/012031>. **IF=0.21**

95. TEMENOS N, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS PH. Modelling of Indoor Air Quality of Greek Apartments Using CONTAM(W) Software. *J. Phys. Chem. Biophys.* **2015** 5(6): 1-10, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000190>.

96. KOULOUGLIOTIS D, KALIMERIS A, POTOZI S, LORILLA RS, KEFALAS G, **NIKOLOPOULOS D**. Indoor Air Pollution: The Case of Ozone in Three Regions in Greece *J. Phys. Chem. Biophys.* **2015** 5(6): 1-5 doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000191>.

97. MICHAEL C, VALAIS I, DAVID S, BAKAS A, KALIVAS N, FOUNTOS G, KANDARAKIS I, YANNAKOPOULOS PH, **NIKOLOPOULOS D**. Efficiency of Luminescence of (Lu,Gd)₂SiO₅:Ce (LGSO:Ce) Crystal Sensory Material in the X-Ray Imaging Range. Netherlands: Springer Science & Business Media Dordrecht:NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics; **2016** 81-90, doi:http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-7468-0_7.

98. PETRAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, CHALDEOS Y, COULOURAS G, NOMICOS C, YANNAKOPOULOS P, KOTTOU S, STONHAM J. Fractal evolution of MHz electromagnetic signals prior to earthquakes: results collected in Greece during 2009. *Geomat. Nat. Haz. Risk* **2016** 7(2): 550-564, doi:<http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2014.945496>. **IF=3.528**

99. YANNAKOPOULOS P, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, TSELES D. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: Kervalishvili PJ, Yannakopoulos PH, eds. *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Netherlands: Springer Science & Business Media Dordrecht:NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics; **2016** 9-18, doi:http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-7468-0_2.

100. CHATZOGLOU V, KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, MOLFETAS M, PAPAILIOU I, TSAPAKI V. Management and Optimisation of the Dose in Computed Tomography via a Dose Tracking Software. *OMICS J. Radiol.* **2016** 5(4): 1-6, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2167-7964.1000227>.

101. **NIKOLOPOULOS D**, CANTZOS D, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS PH, NOMICOS C. Traces of long-memory in pre-seismic MHz electromagnetic time series-Part1: Investigation through the R/S analysis and time-evolving spectral fractals. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2016** 7(7):1-17, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000359>.

102. CANTZOS D, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS PH, NOMICOS C. Fractal analysis, information-theoretic similarities and SVM classification for multichannel, multi-frequency pre-seismic electromagnetic measurements. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2016** 7(8):1-10 doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000376>.

103. **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, YANNAKOPOULOS PH, MICHAEL C, BAKAS A, FOUNTZOULA C, CANTZOS D, BHATTACHARAYYA D, FOUNTOS G, YANNAKOPOULOS PH, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I.

Radioluminescence properties of the CdSe/ZnS Quantum Dot nanocrystals with analysis of long-memory trends. *Radiat. Meas.* **2016** 92:19-31, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2016.06.004>. **IF=1.343**

104. CHATZOGLOU V, MOLFETAS M, TSAPAKI V, **NIKOLOPOULOS D**, CHARDALI E, GIAKA E, KOTTOU S. CT examination data analysis as an effective method to stimulate patient dose reduction. *OMICS J. Radiol.* **2016** 5(6):1-11, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2167-7964.1000237>.

105. **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS PH, CANTZOS D, PANAGIOTARAS D, NOMICOS C. Fractal Analysis of Pre-Seismic Electromagnetic and Radon Precursors: A Systematic Approach. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2016** 7(11): 1-13, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000376>.

106. TSAPAKI V, KOTTOU S, FOTOS N, **NIKOLOPOULOS D**, PATSILINAKOS S. Interventional Cardiology - eight years of practice: do increased experience and technological evolution lead to undertaking more difficult cases and higher patient doses? *OMICS J. Radiol.* **2017** 6(1):1-7, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.rinp.2017.05.011>.

107. TSAPAKI V, PARASKEVA DK, GIANNAKOPOULOS A, CHATZOGLOU V, **NIKOLOPOULOS D**, ANGELOGIANNOPOULOU P. Patient and staff radiation exposure during endoscopic retrograde cholangio-pancreatography: Eight years of dose monitoring. *OMICS J. Radiol.* **2017** 6(1):1-4, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2167-7964.1000253>.

108. VALAIS I, MICHAEL C, FOUNTZOULA D, TSELES D, YANNAKOPOULOS P, **NIKOLOPOULOS D**, BAKAS A, FOUNTOS G, SAATSAKIS G, SIANNOUDIS I, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G. On the response of alloyed ZnCdSeS Quantum Dot films. *Results in Physics* **2017** 7:1734-1736, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.rinp.2017.05.011>. **IF=4.565**

109. KOULOUGLIOTIS D, **NIKOLOPOULOS D**, GKORGKOLIS N, KARYDAS L, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS P. Effect of the Operation Mode and Distance on the Electromagnetic Radiation Emitted by Mobile Phone Devices in Greece: A Pilot Study. *J. Civil Environ. Eng.* **2018** 8:1, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2165-784X.1000300>.

110. **NIKOLOPOULOS D**, MATSOUKAS C, YANNAKOPOULOS P, PETRAKI E, CANTZOS D, NOMICOS C. Long-Memory and Fractal Trends in Variations of Environmental Radon in Soil: Results from Measurements in Lesvos Island in Greece. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2018** 9(460): 1-11, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000460>.

111. CANTZOS D, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS P, NOMICOS C. Long-Memory and Fractal Traces in kHz-MHz Electromagnetic Time Series Prior to the ML=6.1, 12/6/2007 Lesvos, Greece Earthquake: Investigation through DFA and time evolving fractals. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2018** 9(4) 100465, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000465>.

112. CANTZOS D, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS P, NOMICOS C. Earthquake precursory signatures in electromagnetic radiation measurements in terms of day-to-day fractal spectral exponent variation:

analysis of the eastern Aegean 13/04/2017–20/07/2017 seismic activity. *J. Seismol.* **2018** 22(6): 1499-1513, doi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10950-018-9781-6>. **IF=1.606**

113. **NIKOLOPOULOS D**, MOUSTRIS K, PETRAKI E, KOULOUGLIOTIS D, CANTZOS D. Fractal and Long-Memory Traces in PM₁₀ Time Series in Athens, Greece. *Environments*, **2019** 6(3):29, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/environments6030029>. **IF=3.7**

114. ALAM A, WANG N, ZHAO G, MEHMOOD T, **NIKOLOPOULOS D**. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical J.* **2019** 341-358, doi: <http://dx.doi.org/10.2343/geochemj.2.0571>. **IF=1.06**

115. **NIKOLOPOULOS D**, MOUSTRIS K, PETRAKI E,, CANTZOS D. Long-memory traces in PM₁₀ time series in Athens, Greece: investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorol. Atmos. Phys.* **2021**; 133, 261-279, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00703-020-00744-3>. **IF=2.292**

116. D'INCECCO S, DI CARLO P, ARUFFO E, CHATZISAVVAS N, PETRAKI, E, PRINIOTAKIS G, VOYIATZIS I, YANNAKOPOULOS PH, **NIKOLOPOULOS D**. Fractal Dimension Analysis Applied to Soil CO₂ Fluxes in Campotosto's Seismic Area, Central Italy. *Geosciences* **2020**, 10, 233, doi:<http://dx.doi.org/10.3390/geosciences10060233>. **IF=2.7**

117. **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS PH, PRINIOTAKIS G, VOYIATZIS I, CANTZOS D. Long-Lasting Patterns in 3 kHz

Electromagnetic Time Series after the ML = 6.6 Earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences* **2020**, 10(6), 235 doi: <http://dx.doi.org/10.3390/geosciences10060235>. **IF=2.7**

118. MOUSTRIS KP, PETRAKI E, NTOUROU K, PRINIOTAKIS G, **NIKOLOPOULOS D**. Spatiotemporal Evaluation of PM₁₀ Concentrations within the Greater Athens Area, Greece. Trends, Variability and Analysis of a 19 Years Data Series. *Environments* **2020** 7, 85, doi:<http://dx.doi.org/10.3390/environments7100085>. **IF=3.7**

119. D'INCECCO S, **NIKOLOPOULOS D**, CHATZISAVVAS N, YANNAKOPOULOS P, PETRAKI E, PRINIOTAKIS G. Carbon dioxide as a trace gas precursor of seismic activity. *Maket Vetric* **2020** 02, INDD 32, url:https://www.researchgate.net/publication/344672800_CARBON_DIOXIDE_AS_A_TRACE_GAS_PRECURSOR_OF_SEISMIC_ACTIVITY.

120. **NIKOLOPOULOS D**, ALAM A, PETRAKI E, PAPOUTSIDAKIS M, YANNAKOPOULOS P, MOUSTRIS K.P. Stochastic and Self-Organisation Patterns in a 17-Year PM₁₀ Time Series in Athens, Greece. *Entropy* **2021** 23, 307, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/e23030307>. **IF=2.738**

121. D'INCECCO S, PETRAKI E, PRINIOTAKIS G, PAPOUTSIDAKIS M, YANNAKOPOYLOS PH, **NIKOLOPOULOS D**. CO₂ and Radon Emissions as Precursors of Seismic Activity. *Earth Syst. Environ.* **2021** 5, 655-666, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s41748-021-00229-2>. **IF=9.11**

122. CHATZISAVVAS N, PRINIOTAKIS G, PAPOUTSIDAKIS M, **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, KARPETAS G. Monte Carlo Computational

Software and Methods in Radiation Dosimetry. *AETiC* **2021** 5, 3, doi: <http://dx.doi.org/10.33166/AETiC.2021.03.004>. **IF=1.73**

123. ALAM A, WANG N, PETRAKI E, BARKAT A, HUANG F, ALI SHAH M, CANTZOS D, PRINIOTAKIS G, YANNAKOPOULOS PH, PAPOUTSIDAKIS M, **NIKOLOPOULOS D**. Fluctuation dynamics of radon in groundwater prior to the 2013-22-07, Ms=6.6 Gansu Earthquake, China: Investigation with DFA and MF DFA methods. *Pure Appl. Geophys.* **2021** 178, 3375-3395, doi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00024-021-02818-8>. **IF=2.641**

124. RAFIQUE M, IQBAL J, ALI SHAH S A, ALAM A, JAVED LONE K, BARKAT A, ALI SHAH M, AHMAD QURESHI S, **NIKOLOPOULOS D**. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *J. Atmos. Sol. Terrest. Phys.* **2022** 227, 105775, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2021.105775>. **IF=2.206**

125. CHATZISAVVAS N, **NIKOLOPOULOS D**, PRINIOTAKIS G, KOUSTAS A, KARPETAS G. Generating CT X-rays and score dosimetric quantities on DICOM-based phantom utilizing Open Source Monte Carlo Software. *International Journal of Computer Sciences and Engineering* **2022** 4(5):1-12 doi:<https://www.ijcesr.com/Openaccess/v4i5/IJC856125595.pdf>.

126. CHATZISAVVAS N, KOUSTAS A, KARPETAS G, VALAIS I, PRINIOTAKIS G, **NIKOLOPOULOS D**. Simulating Medical Imaging X-Ray Tubes with Various Parameters Using BEAMnrc Monte Carlo Software. *Open Journal of Radiology* **2022** 12(3):125-141, doi: <http://dx.doi.org/10.4236/ojrad.2022.123014>. **IF=0.33**

127. RAFIQUE M, IQBAL J, LONE KJ, MIR AA, KEARFOTT J, IQBAL A, QURESHI SA, ABBASI SA, **NIKOLOPOULOS D**. Multifractal Detrended Cross-Correlation Analysis of Radioactivity borne Radon, Thoron and Meteorological Time Series. *Phys. A: Stat.* **2022** PHYSA 128214, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2022.128214>. **IF=3.778**

128. VARDAKOSTA E, PRINIOTAKIS G, **NIKOLOPOULOS D**, SIGALA M, PAPOUTSIDAKIS M. Multivariate Analysis of Co-creation Activities in University Education. *Eur. J. Educ. Res.* **2022** 1(4):2413-2428, doi:<http://dx.doi.org/10.12973/eu-jer.11.4.2413>. **IF=1.701**

129. CHATZISAVVAS N, KOUSTAS A, KARPETAS G, VALAIS I, PRINIOTAKIS G, **NIKOLOPOULOS D**. Investigation of x-ray tube material, anode angle and filter at 120 keV and 30 keV using Monte Carlo. *Physica Medica* 104, S50 doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S1120-1797\(22\)03158-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1120-1797(22)03158-1). **IF=3.119**

130. **NIKOLOPOULOS D**, ALAM A, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS P, MOUSTRIS K. Multifractal patterns in 17 years PM10 time series in Athens, Greece. *Environments* **2023** 10(9): 1-21, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/environments10010009>. **IF=3.7**

131. VARDAKOSTA E, PRINIOTAKIS G, PAPOUTSIDAKIS M, SIGALA M, TSIKRITSIS A, **NIKOLOPOULOS D**. Design Thinking as a Co-Creation Methodology in Higher Education. A Perspective on the Development of Teamwork and Skill Cultivation. *Eur. J. Educ. Res.* **2023** 12(2):1029-1044, doi: <http://dx.doi.org/10.12973/eu-jer.12.2.1029>. **IF=1.701**

132. CHATZISAVVAS N, **NIKOLOPOULOS D**, PRINIOTAKIS G, KOUSTAS A, VALAIS I, KARPETAS G. Monte Carlo Simulation of Cone X-ray Beam and Dose Scoring on Voxel Phantom with Open Source Software EGSnrcmp. *AETiC* **2023** 7(2): 23-44, doi:10.33166/AETiC.2023.02.003. **IF=1.73**

133. RASHEED A, OSAMA M, **NIKOLOPOULOS D**, RAFIQUE M. Singular spectral and control chart analysis of soil radon and thoron time series for forecasting seismic activities. *J. Atmos. Sol. Terrest. Phys.* **2023** 249, 106108, doi:10.1016/j.jastp.2023.106108. **IF=2.206**

134. BATRIS E, **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, MOUSTRIS K. Radon Assessment: An Overview of Concentration Variability and Synergies with Other Health Risk Factors in Indoor Air. *Environ. Sci. Proc.* **2023** 26(1):115, 1:6, doi:https://doi.org/10.3390/environsciproc2023026080.

135. BATRIS E, GEORGAKAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, MOUSTRIS K. S. Ind. Ai. R.—School Network for Indoor Air Quality and Radon: An Innovative Platform for the Flexible Development of Indoor Environment Research Projects in Greek Schools. *Environ. Sci. Proc.* **2023** 26(1):80, 1-7. doi:https://doi.org/10.3390/environsciproc2023026115.

136. ALAM A, **NIKOLOPOULOS D**, WANG N. Fractal Patterns in Groundwater Radon Disturbances Prior to the Great Mw=7.9 Wenchuan Earthquake, China. *Geosciences* **2023**, 13, 268, doi:https://doi.org/10.3390/geosciences13090268. **IF=2.7**

137. RASHEED A, OSAMA M, RAFIQUE M, TAREEN ADK, LONE KJ, QURESHI SA, KEERFORT KJ, ALAM A, **NIKOLOPOULOS D**. Time-

Frequency Analysis of Radon and Thoron Data Using Continuous Wavelet Transform. *Phys. Scr.* **2023** 98(1):105008, doi:<https://doi.org/10.1088/1402-4896/acf694>. **IF=3.781**.

138. ALAM A, **NIKOLOPOULOS D**, CANTZOS D, TAHIR M, IQBAL T, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS P, RAFIQUE M. Regional Multifractal Variability of the Overall Seismic Activity in Pakistan from 1820 to 2020 via the Application of MDFA on Earthquake Catalogs. *Fractal Fract.* 2023, 7, 857. <https://doi.org/10.3390/fractalfract7120857>. **IF=5.4**.

139. **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, RAFIQUE M, ALAM A, CANTZOS D, YANNAKOPOULOS P. Fractal features in kHz electromagnetic observations preceding near-field earthquakes in Ilia, Greece, *Geosciences* 2023, 13, 387. <https://doi.org/10.3390/geosciences13120387>. **IF=2.7**.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ

140. **NIKOLOPOULOS D**, MADISSON S, LOUIZI A, PROUKAKIS C. Radon survey in Kriri-Greece. Design Implementation and results. In: *Proceedings of the European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work*. Praha: Charles University; June 2-6 **1997**: 156-159.

141. **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, PAPADIMITRIOU D, PROUKAKIS C. Study of the Calibration of the Medical Physics Department Radon Dosimeter in a radon facility. In: International Radiation Protection Agency, ed. *Extended abstracts of the Second Regional Mediterranean Congress on Radiation Protection*. Tel-Aviv, Israel; November 16-20 **1997**: 130-133.

142. LOUIZI A, **NIKOLOPOULOS D**, LOBOTESI E, MAVROUDAKI E, KOUKOULIOU V, CHANIOTI M, PAPADIMITRIOU D, YIAKOUMAKIS E, PROUKAKIS C. A study of some factors which are related to indoor radon concentrations in Greece. In: International Radiation Protection Agency, ed. *Extended abstracts of the Second Regional Mediterranean Congress on Radiation Protection*. Tel-Aviv, Israel; November 16-20 **1997**: 134-135.

143. LOUIZI A, **NIKOLOPOULOS D**, KOUKOULIOU V, LOBOTESI E, MAVROUDAKI E, YIAKOUMAKIS E, PROUKAKIS C, MADISSON S, CHANIOTI M. Exposure of Greek population from residential radon-Latest results. In: International Radiation Protection Agency, ed. *Extended abstracts of the Second Regional Mediterranean Congress on Radiation Protection*. Tel-Aviv, Israel; November 16-20 **1997**: 289-290.

144. LOUIZI A, **NIKOLOPOULOS D**, LOBOTESI H, PROUKAKIS C. Factors affecting indoor radon concentrations in Greece. In: Simopoulos SE, Scivyer C, eds. *Proceedings of Radon in the Living Environment*. Athens: National Technical University of Athens & European Commission; 19-23 April **1999**: 667-676.

http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5CRadon1999%5C077.pdf, Accessed October 29, 2016.

145. **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, KOUKOULIOU V, LOBOTESI E, PROUKAKIS C. Exposure of the Population of Southern Greece to Radon-Risk Assessment. In: Simopoulos SE, Scivyer C, eds. *Proceedings of Radon in the Living Environment*. Athens: National Technical University of Athens & European Commission; 19-23 April **1999**: 677-684.

http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive

%5CRadon1999%5C078.pdf. Accessed October 29, 2016.

146. LOUIZI A, **NIKOLOPOULOS D**, GERANIOS A, SKOURAS A, PROUKAKIS C. Attached and unattached radon Progenies in a Greek dwelling. In: Simopoulos SE, Scivyer C, eds. *Proceedings of Radon in the Living Environment*. Athens: National Technical University of Athens & European Commission; 19-23 April **1999**: 1305-1308.

147. **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, SEREFOGLOU A, MALAMITSI J. Radon exposure of the Greek population due to radon. In: Mc Laughlin JP, Simopoulos SE, Steinhausler, F. eds. *Proceedings of Seventh International Symposium Natural Radiation Environment (NRE-VII)*. Rhodes, Greece: National Technical University of Athens; May 20-24 **2002**: 118-120.

148. LOUIZI A, **NIKOLOPOULOS D**, SEREFOGLOU A, MALAMITSI J. Preliminary study of two high radon areas in Greece. In: Mc Laughlin JP, Simopoulos SE, Steinhausler, F. eds. *Proceedings of Seventh International Symposium Natural Radiation Environment (NRE-VII)*. Rhodes, Greece: National Technical University of Athens; May 20-24 **2002**: 121-123.

149. EPISKOPAKIS A, **NIKOLOPOULOS D**, ARVANITIS C, DIMITROPOULOS N, PANAYIOTAKIS G., CAVOURAS D, KANDARAKIS I. Modeling the detective quantum efficiency of scintillators used in medical imaging radiation detectors. In: Simos TE, ed. *Proceedings of the International Conference on Computational Methods in Science and Engineering*. University of Peloponnese: Tripolis, Greece:

http://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/9789812704658_0038, paper number: 171, doi: http://dx.doi.org/10.1142/9789812704658_0038. printed version number 38, 12-16 September **2003**:171-174.

150. **NIKOLOPOULOS D**, LIAPARINOS P, TSANTIS S, CAVOURAS D, KANDARAKIS I. PANAYIOTAKIS G. Radiation detection efficiency of the YAP scintillator for medical imaging applications by Monte-Carlo methods. In: Simos TE, ed. *Proceedings of the International Conference on Computational Methods in Science and Engineering*. University of Peloponnese: Tripolis, Greece:

http://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/9789812704658_0099, paper number: 457, doi: http://dx.doi.org/10.1142/9789812704658_0099. printed version number 99, 12-16 September **2003**: 457-460.

151. ROUSSOU M, NIRGIANNAKI E, VALAIS I, LINARDATOS D, MARGETIS D, **NIKOLOPOULOS D**, EPISKOPAKIS A, MELLISAROPOULOS P, SIANOUDIS I, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G.S, CAVOURAS D, KANDARAKIS I. Evaluation of $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ (YAG:Ce) powder phosphor a x-ray to light converter for application in digital mammography detectors. Paper presented at: II Mediterranean Congress on Medical Physics (EFOMP); April 28-30 **2004**; Limassol, Cyprus. Congress CD ROM paper number: 18.

152. **NIKOLOPOULOS D**, LIAPARINOS P, CAVOURAS D, LOUIZI A, VALAIS I, MELLISAROPOULOS P, KALIVAS N, PANAYIOTAKIS G.S, NOMICOS C, KANDARAKIS I. Computational Evaluation of radiation efficiency of various

scintillators by Monte-Carlo technique. Paper presented at: II Mediterranean Congress on Medical Physics (EFOMP); April 28-30 **2004**; Limassol, Cyprus. Congress CD ROM paper number: 19.

153. EPISKOPAKIS A, VALAIS I, ROUSSOU M, NIRGIANNAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, SIANOUDIS I, KOURKOUTAS K, DIMITROPOULOS N, CAVOURAS D, NOMICOS C.D, PANAYIOTAKIS GS, KANDARAKIS I. Modeling MTF and DQE of rare earth phosphors for medical imaging applications. Paper presented at: II Mediterranean Congress on Medical Physics (EFOMP); April 28-30 **2004**; Limassol, Cyprus. Congress CD ROM paper number: 20.

154. VALAIS I, KANDARAKIS I, ROUSSOU M, NIRGIANNAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, EPISKOPAKIS A, SIANOUDIS I, DIMITROPOULOS N, CAVOURAS D, NOMICOS C.D, KALIVAS N, PANAYIOTAKIS G.S. Evaluating the luminescence of $Gd_2SiO_5: Ce$ (GSO (Ce)) single crystal scintillator for medical imaging applications using the absolute integrating sphere (AIS) method. Paper presented at: II Mediterranean Congress on Medical Physics (EFOMP); April 28-30 **2004**; Limassol, Cyprus. Congress CD ROM paper number: 21.

155. VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KANDARAKIS I, MELLISAROPOULOS P, DIMITROPOULOS N, CAVOURAS D, NOMICOS C.D, PANAYIOTAKIS G.S. Evaluation of $Gd_2SiO_5: Ce$ (GSO (Ce)) single crystal scintillator under diagnostic x-ray excitation. Paper presented at: MEDICON 2004, the 10th Mediterranean Conference of the International Federation for Medical and

Biological Engineering, IFMBE; July 31-August 5 **2004**; Island of ISCHIA, Naples, Italy.

156. LOUIZI A, **NIKOLOPOULOS D**, TZORTZI A, VOGIANNIS E, KOUKOULIOU V, THANASSAS D, SEREFOGLOU A, GEORGIU E. Radon concentration measurements in waters in Greece and Cyprus. Paper presented at: European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work; June 29 - July 6 **2004**; Praha, Czech Republic.

157. **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, VOGIANNIS E, CHALVADAKIS CP, SEREFOGLOU A, GEORGIU E. Radon exposure during treatment in some thermal spa centers in Greece. Paper presented at: European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work; June 29 - July 6 **2004**; Praha, Czech Republic.

158. LIAPARINOS P, CAVOURAS D, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, PANAYIOTAKIS G. Prediction of imaging scintillator properties by Monte Carlo Methods. Paper presented at: Proceedings of the 4th European Symposium on Biomedical Engineering; 25-27 June **2004**; Patra, Greece.

159. VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KANDARAKIS I, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G.S. Experimental investigation of radiation detection characteristics of GSO ($Gd_2SiO_5: Ce$) single crystal scintillator using the absolute integrating sphere method. Paper presented at: Proceedings of the 4th European Symposium on Biomedical Engineering; 25-27 June **2004**; Patra, Greece.

160. LIAPARINOS P, CAVOURAS C, **NIKOLOPOULOS D**, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G.S. Monte Carlo Study on Imaging Parameters of Gd_2O_2S Scintillator for Mammographic Applications. Paper presented at: 1st International Conference "From scientific computing to computational engineering", 1st IC-SCCE; 8-10 September **2004**; Athens, Greece. CD-ROM Proceedings: Work 68.

161. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, SIANOUDIS I, DIMITROPOULOS N, CAVOURAS D, NOMICOS C.D, PANAYIOTAKIS G.S. On the luminescence efficiency of $(Gd_2SiO_5: Ce)$ scintillator under x-ray excitation. Paper presented at: Nuclear Science Symposium (NSS) and Medical Imaging Conference (MIC) and Semiconductor X-ray and g-ray detectors Workshop; 16-22 October **2004**; Rome, Italy.

162. LIAPARINOS P, KANDARAKIS I, CAVOURAS D, **NIKOLOPOULOS D**, PANAYIOTAKIS G.S. Simulating the emission efficiency and resolution properties of fluorescent screens by Monte Carlo methods. Paper presented at: Nuclear Science Symposium (NSS) and Medical Imaging Conference (MIC) and Semiconductor X-ray and γ -ray detectors Workshop. 16-22 October **2004**; Rome, Italy.

163. CHRISTOFAKIS E, FILLIPOU K, PITSIOS N, VALAIS I, SIANOUDIS I, **NIKOLOPOULOS D**, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Experimental determination of single-crystal scintillators properties by application of the integration sphere photometry method. Paper presented at: 1st IC-EpsMSO LFME; 4-10 July **2005**; Athens, Greece.

164. KONSTANTINIDIS A, EPISKOPAKIS A, PIROVOLAKIS I VALAIS I, PATATOUKAS G, **NIKOLOPOULOS D**, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Modelling the Signal to Noise Ratio in energy integrating radiation detectors. Paper presented at: 1st IC-EpsMSO LFME; 4-10 July **2005**; Athens, Greece.
165. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KARAGIANNIS C, EPISKOPAKIS A, DIMITROPOULOS N, PANAYIOTAKIS G. Experimental determination of luminescence emission properties of LYSO: Ce and CsI: Tl single crystal scintillators under UV and x-ray exposures for use in medical imaging. Paper presented at: 1st IC-EpsMSO LFME; 4-10 July **2005**; Athens, Greece.
166. VALAIS I, KONSTANTINIDIS A, SALEMIS G, **NIKOLOPOULOS D**, DIMITROPOULOS N, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Comparative evaluation of cerium doped Yttrium Aluminum Oxide (YAG, YAP) powder phosphor screens for medical imaging applications. Paper presented at: 1st IC-EpsMSO LFME; 4-10 July **2005**; Athens, Greece.
167. GONIAS P, BERTSEKAS N, SAATSAKIS G, **NIKOLOPOULOS D**, LOUDOS G, SAKELIOS N, KARAKATSANIS N, TSANTILAS X, GAITANIS A, PAPASPYROU L, DASKALAKIS A, LIAPARINOS P, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G. Validation of a GATE model for the simulation of the Siemens PET scanner. Paper presented at: 2nd International Conference from Scientific Computing to Computational Engineering, 2nd IC-SCCE; 5-8 July **2006**; Athens Greece.

168. TOUTOUNTZIS A, MICHAIL C, DAVID S, **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, DIMITROPOULOS N, PANAYIOTAKIS G.S, CAVOURAS D, KANDARAKIS I. Imaging properties of GdAlO₃ (GAP: Ce) powder scintillator. Paper presented at: 2nd International Conference from Scientific Computing to Computational Engineering, 2nd IC-SCCE; 5-8 July **2006**; Athens Greece.

169. KONSTANTINIDIS A., LIAPARINOS P, PATATOUKAS G, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, PANAYIOTAKIS G.S, KANDARAKIS I. The effect of the LSO/YSO concentrations ratio on the imaging characteristics under mammographic conditions. Paper presented at: 2nd International Conference from Scientific Computing to Computational Engineering, 2nd IC-SCCE; 5-8 July **2006**; Athens Greece.

170. EFTIMIOU N, PATATOUKAS G, **NIKOLOPOULOS D**, KARATOPIS A, VALAIS I, CAVOURAS D, KANDARAKIS I. A Computer simulation algorithm in x-ray radiography. Paper presented at: 2nd International Conference from Scientific Computing to Computational Engineering, 2nd IC-SCCE; 5-8 July **2006**; Athens Greece.

171. MICHAIL C, DAVID S, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, LIAPARINOS P, TOUTOUNTZIS A, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G, Determination of the radiation absorption and light emission properties of Lu₂SiO₅: Ce (LSO) powder phosphor using computational model and experimental techniques. Paper presented at: 2nd International Conference from Scientific Computing to Computational Engineering, 2nd IC-SCCE; 5-8 July **2006**; Athens Greece.

172. VALAIS I, DAVID S, MICHAEL C, **NIKOLOPOULOS D**, VATTIS D, SIANOUDIS I, CAVOURAS D, NOMICOS C, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G.S. Comparative study of the Luminescence properties of Lu_2SiO_5 and YAlO_3 single crystal scintillator for use in medical imaging. Paper presented at: 5th European Symposium on Biomedical Engineering; 7-9 July **2006**; Patra Greece.

173. FOTOPOULOS A, PETRAKI E, VLAMAKIS EM, ARGYRIOU XA, SEVVOS TJ, CHATZISAVVAS NN, ZISOS N, NOMICOS C, LOUIZI A, STONHAM J, YANNAKOPOULOS PH, **NIKOLOPOULOS D**. Environmental monitoring of soil radon in a very tectonic area in South West Greece. Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA -7--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 27- 30 September **2012**. Piraeus, Greece. E-proceedings: http://era.teipir.gr/sites/default/files/b.5._sensera.pdf, pages 16-23. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

174. CHATZISAVVAS NN, SEVVOS TJ, VLAMAKIS EM, FOTOPOULOS A, PETRAKI E, ARGYRIOU XA, **NIKOLOPOULOS D**, YANNAKOPOULOS PH, SKOTTOU S, LOUIZI A, Impact of detector's thickness on imaging characteristics of the Siemens Biograph DUO PET/CT with GATE. Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA -7--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy,

Society and Education; 27- 30 September **2012**; Piraeus, Greece. E-proceedings: http://era.teipir.gr/sites/default/files/b.5._senser.pdf, pages 24-35. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

175. ARGYRIOU XA, VLAMAKIS EM, SEVVOS TJ, CHATZISAVVAS NN, EFDAIMON A, VAGENNAS K, YANNAKOPOULOS PH, VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, Monte Carlo comparison study of the radiation absorption of candidate scintillators Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine Applications. Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA -7--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 27- 30 September **2012**; Piraeus, Greece. E-proceedings: http://era.teipir.gr/sites/default/files/b.5._senser.pdf, pages 36-40. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

176. VLAMAKIS EM, ARGYRIOU XA, SEVVOS TJ, CHATZISAVVAS NN, FOTOPOULOS A, YANNAKOPOULOS PH, KALYVAS N, VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, Semi-empirical Monte Carlo optical-gain modelling of Nuclear Imaging scintillators. Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA -7--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 27- 30 September **2012**; Piraeus, Greece. E-proceedings:

http://era.teipir.gr/sites/default/files/b.5._senser.pdf, pages 45-57. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

177. FOTOPOULOS A, PETRAKI E, VLAMAKIS EM, ARGYRIOU XA, SEVVOS TJ, CHATZISAVVAS NN, ZISOS N, NOMICOS C, LOUIZI A, STONHAM J, YANNAKOPOULOS PH, **NIKOLOPOULOS D**. Similarities in the self-organised critical characteristics between soil radon and MHz electromagnetic disturbances during a very seismic period in Greece. Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA -7--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 27- 30 September **2012**; Piraeus, Greece.

178. KALYVAS N, **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, SEVVOS T, ARGYRIOU X, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS PH, KANDARAKIS I. Optical Gain of Single-Crystal Scintillators for Nuclear Medicine Applications. Paper presented at: BIOME P 2013, 2nd International Conference on Biomedical Instrumentation and Related Engineering and Physical Sciences; June 21-22 **2013**; Aigaleo, Athens, Greece. <http://biomep.teiath.gr/2013/docs/BIOME P%202013%20-%20Programme%20v4.pdf>. Accessed 1 November, 2016.

179. KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, ARGYRIOU X, SEVVOS T, YANNAKOPOULOS P. Human Beings and Radiation – A Review. Paper presented at: BIOME P 2013, 2nd International Conference on Biomedical Instrumentation and Related Engineering and Physical Sciences; June 21-22

2013; Aigaleo, Athens, Greece. <http://biomep.teiath.gr/2013/docs/BIOMEPP%202013%20-%20Programme%20v4.pdf>. Accessed 1 November, 2016.

180. CHATZISAVVAS N, ARGYRIOU X, SEVVOS T, **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, KALYVAS N, MICHAEL C, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS P, KANDARAKIS I. GATE Simulation of the Biograph 2 PET/CT. Paper presented at: BIOMEP 2013, 2nd International Conference on Biomedical Instrumentation and Related Engineering and Physical Sciences; June 21-22

2013; Aigaleo, Athens, Greece. <http://biomep.teiath.gr/2013/docs/BIOMEPP%202013%20-%20Programme%20v4.pdf>. Accessed 1 November, 2016.

181. ARGYRIOU X, VLAMAKIS E, SEVVOS T, **NIKOLOPOULOS D**, YANNAKOPOULOS PH, KALYVAS N, VALAIS I, NIKOLOPOULOS D, VLAMAKIS E, CHATZISAVVAS N, YANNAKOPOULOS PH, ARGYRIOU X, PETRAKI E, KOTTOU S, SEVVOS T, TEMENOS N, CHALDEOS Y, FILTISAKOS S, GORGOLIS N, POTOZI S, KOULOUGLIOTIS D, ZISOS A. Study of the response of open CR-39 detector to radon and progeny by Monte Carlo simulation with SRIM 2013. Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA-8--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece. E-proceedings: <http://era.teipir.gr/sites/default/files/thalissession.pdf>, pages 1-11. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

182. **NIKOLOPOULOS D**, CHATZISAVVAS N, VLAMAKIS E, ARGYRIOY X, SEVVOS T, YANNAKOPOULOS PH, PETRAKI E, TEMENOS N, CHALDEOS Y, FILTISAKOS S, GORGOLIS N, POTOZI S, KOULOGLIOTIS D, KOTTOU S, ZISOS A. Long-term estimation of radon's equilibrium factor and radon progeny unattached fraction with SSNTDs through measurements and Monte-Carlo modeling. Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA-8--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece. E-proceedings: <http://era.teipir.gr/sites/default/files/thalissession.pdf>, pages 12-23. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

183. **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, KOULOGLIOTIS D, KOTTOU S, LOUZI A, YANNAKOPOULOS PH, VIOGIANNIS E, FILTISAKOS S, GORGOLIS N, ARGYRIOY X, SEVVOS T, TEMENOS N, CHALDEOS Y, POTOZI S, KEFALAS G, LORILLA RS, CHATZISAVVAS N, ZISOS A. Human radiation risk of due to radon and progeny: results from extended active measurements in Attica (Greece). Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA-8-The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece. E-proceedings: <http://era.teipir.gr/sites/default/files/thalissession.pdf>, pages 24-38. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

184. **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, LOUIZI A, SEVVOS T, CHALDEOS Y, ARGYRIOY X, FILTISAKOS S, GORGOLIS N, TEMENOS N, KEFALAS G, LORILLA RS, POTOZI S, CHATZISAVVAS N, KOULOGLIOTIS D, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS PH, ZISOS A. Factors affecting indoor radon and progeny concentration variations in Attica (Greece). Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA-8--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece. E-proceedings: <http://era.teipir.gr/sites/default/files/thalissession.pdf>, pages 39-43. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

185. **NIKOLOPOULOS D**, KOTTOU S, LOUIZI A, PETRAKI E, CHALDEOS Y, TEMENOS N, FOTOPOULOS A, YANNAKOPOULOS PH, ZISOS A. Multivariate statistical analysis of factors affecting mean annual indoor radon concentrations in Greece. Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA-8-The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece. E-proceedings: <http://era.teipir.gr/sites/default/files/thalissession.pdf>, pages 44-63. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

186. **NIKOLOPOULOS D**, YANNAKOPOULOS PH, PETRAKI E, KOTTOU S, LOUIZI A, GORGOLIS N, ARGYRIOY X, POTOZI S, SEVVOS T,

KOULOGLIOTIS D, VIOGIANNIS E, ZISOS I, KEFALAS G, LORILLA RS, ZISOS A. Preliminary study of distribution of background EMR in Greek apartment dwellings. Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA-8-The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece. E-proceedings: <http://era.teipir.gr/sites/default/files/thalissession.pdf>, pages 64-90. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

187.PANAGIOTARAS D, **NIKOLOPOULOS D**, KOULOGLIOTIS D, PETRAKI E, ZISOS A, VIOGIANNIS E, KAPLANIS E, YANNOPOULOS A, BAKALIS A, ZISOS A. Indoor Air Quality Assessment: Review on the topic of VOCs. Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA-8--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece. E-proceedings: <http://era.teipir.gr/sites/default/files/thalissession.pdf>, pages 91-101. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

188.KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, KOULOGLIOTIS D, YANNAKOPOULOS PH, LOUIZI A, ZISOS A. Human radiation risk – a review. Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA -8--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science,

Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece.
E-proceedings: <http://era.teipir.gr/sites/default/files/thalissession.pdf>, pages 102-121. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

189. **NIKOLOPOULOS D**, CHATZISAVVAS N, VALAIS I, MICHAEL C, ARGYRIOU X, SEVVOS T, KALYVAS N, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS P, KANDARAKIS I. GATE Simulation of the Biograph 2 PET/CT Scanner. Paper presented at: SENSERA session of the International Scientific Conference eRA-8--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece. E-proceedings: <http://era.teipir.gr/sites/default/files/thalissession.pdf>, pages 122-134. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

190. **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, VIOGIANNIS E, CHALDEOS Y, FILTISAKOS S, YANNAKOPOULOS PH, KOTTOU S, NOMICOS C, STONHAM J. Self-organization and long-memory features in variations of environmental radon in soil: results from Lesbos Island and Ilea (Greece). Paper presented at: THALIS/SENSERA session of the International Scientific Conference eRA-8--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

191. PETRAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, FILTISAKOS S, CHALDEOS Y, YANNAKOPOULOS PH, KOTTOU S, NOMICOS C, STONHAM J. Evolution

of EM-signals prior to earthquakes in terms of fractality, entropy and long-memory. Paper presented at: THALIS/SENSERA session of the International Scientific Conference eRA-8--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

192. PETRAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, FILTISAKOS S, CHALDEOS Y, YANNAKOPOULOS PH, KOTTOU S, NOMICOS C, STONHAM J. Similarities in pre-earthquake critical behaviour of soil radon variation and electromagnetic disturbances of MHz-range. Paper presented at: THALIS/SENSERA session of the International Scientific Conference eRA-8--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

193. **NIKOLOPOULOS D**, VIOTIANNIS E, PETRAKI E, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS PH. Dosimetry modelling of radon and progeny concentration peaks in thermal spas: results from measurements in Ikaria, Greece. Paper presented at: THALIS/SENSERA session of the International Scientific Conference eRA-8--The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education; 23-25 September **2013**; Piraeus, Greece. Printed proceedings: ISSN-1791-1133.

194. KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, BHATTACHARAYYA D, KIRBY P, BERBERASVILI T, CHAKHVASHVILI L, KERVALISHVILI P, YANNAKOPOULOS PH. Monte-Carlo modelling and experimental study of radon and progeny radiation detectors for open environment. Paper presented at: 13th International Conference on Clean Energy (ICCE-2014); June 8-12 **2014**; Istanbul, Turkey. <http://www.milesecure2050.eu/events/en/2013/09/25/readabout/international-conference-on-clean-energy-2014-icce-istanbul-turkey>. Accessed 2 November 2016.

195. KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, SEVVOS T, YANNAKOPOULOS PH, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS I, BHATTACHARAYYA D. Modelling the efficiency of SSNT Detectors for long-term radon radiation dosimetry, through in-situ measurements and Monte-Carlo techniques. Paper presented at: RPM 2014, 2nd International conference on radiation protection in medicine; 30 March-02 June **2016**; Varna, Bulgaria. E-poster. <http://rpm2014.org/>. Accessed 2 November 2016.

196. **NIKOLOPOULOS D**, KOTTOU S, PETRAKI E, VOGIANNIS E, MICHAEL C, LOUIZI A, CHALDEOS Y, YANNAKOPOULOS PH. Multivariate statistical analysis of factors related to mean annual indoor radon concentrations of Greek dwellings. Paper presented at: 8th European Conference on Medical Physics (ECMP2014); September 11-13 **2014**; Athens, Greece.

197. **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, MICHAEL C, KOTTOU S, CHATZISAVVAS N, YANNAKOPOULOS P.H, MALAXIANAKIS V. Modelling

Biograph 2 PET/CT Scanner with GATE. Paper presented at: 8th European Conference on Medical Physics (ECMP2014); September 11-13 **2014**; Athens, Greece.

198. **NIKOLOPOULOS D**, VOGIANNIS E, KOTTOU S, PETRAKI E, MICHAEL C, LOUIZI A. CHALDEOS Y, YANNAKOPOULOS P.H. Modeling of radon and progeny concentration peaks in thermal spas: results from the semi-empirical approach from several spas in Greece. Paper presented at: 8th European Conference on Medical Physics (ECMP2014); September 11-13 **2014**; Athens, Greece.

199. VOGIANNIS E, **NIKOLOPOULOS D**, KOUKOU M, KOTTOU S, VRACHOPOULOS M. Radon entrance and its daily movement into a closed detached of two level house. Paper presented at: 8th European Conference on Medical Physics (ECMP2014); September 11-13 **2014**; Athens, Greece.

200. KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, KOULOUGLIOTIS D, POULIEZOS K, VOGIANNIS E, GORGOLIS N, LORILIA R.S, KEFALAS G, POTOZI S, CHALDEOS Y, SEVVOS T, PETRAKI E, MICHAEL C, MOUSTANIS P, KALIMERIS A, YANNAKOPOULOS PH. Preliminary study of distribution of indoor EMR in Greek dwellings. Paper presented at: 8th European Conference on Medical Physics (ECMP2014); September 11-13 **2014**; Athens, Greece.

201. TEMENOS N, FILTISAKOS S, CHALDEOS Y, **NIKOLOPOULOS D**, YANNAKOPOULOS PH, PETRAKI E, KOTTOU S. Hurst exponent of radon profiles indoors in Athens, Greece. Paper presented at: 8th European

Conference on Medical Physics (ECMP2014); September 11-13 **2014**;
Athens, Greece.

202. KOLOVOS C, PETROPOULOS C, TALAVARI A, FOTOPOULOS A,
KANTZOS D, YANNAKOPOULOS P, **NIKOLOPOULOS D** A multi-touch
smartphone application for guitar simulation. International Scientific
Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September
2014, Piraeus, Greece.
http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session_0.pdf.

203. KARATHANOU K, FOTOPOULOS A.A, PAPATHANASIOU A,
NIKOLOPOULOS D, GIANNAKOPOULOS I.P. An analysis based on Discrete
Wavelet Transform of two dimensional gel electrophoresis images with
application in proteomics, International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of
Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece.
http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session_0.pdf.

204. KARATHANOU K, FOTOPOULOS A.A, PAPATHANASIOU A,
NIKOLOPOULOS D, YANNAKOPOULOS PH. An efficient random number
generator based on real time web-trafficking data International Scientific
Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September
2014, Piraeus, Greece.
http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session_0.pdf.

205. SAPIKAS D, KOLOVOS C, PETROPOULOS C, TALAVARI A,
FOTOPOULOS A, OIKONOMOU G, **NIKOLOPOULOS D** An electronic
repository for the theses of TEIs students International Scientific Conference

eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session_0.pdf.

206. **NIKOLOPOULOS D**, KOTTOU S, KOULOUGLIOTIS D, VOGIANNIS E, PETRAKI E, GIANNAKOPOULOS IP, GORGOLIS N, KEFALAS G, POTOZI S, LORILLIA RS, TEMENOS N, TSELES D. Background EMR measurements in Zante and Lesvos islands, Greece, International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/engineering_i_session_0.pdf.

207. TEMENOS N, **NIKOLOPOULOS D**, VOGIANNIS E, PETRAKI E, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS PH., Modelling indoor air pollutants with ContamW International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September 2014 , Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session_0.pdf.

208. **NIKOLOPOULOS D**, CHALDEOS Y, PETRAKI E, KOTTOU S, TEMENOS N, FILTISAKOS S, LOUIZI A, TSELES D, YANNALOPOULOS PH. Hurst exponent of radon profiles indoors in Athens, Greece, International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session_0.pdf.

209. KARATHANOU K, FOTOPOULOS A.A, PAPATHANASIOU A, **NIKOLOPOULOS D**, Data mining tool for Chronic Kidney Diseases information extraction, International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of

Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece.
http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session_0.pdf.

210. **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, CANTZOS D, COULOURAS G.,
NOMICOS C, Spectral fractal analysis of MHz electromagnetic signals,
Science in Technology, Hellenic Research Foundation November 5-7, **2015**,
Athens, Greece. http://www.scinte.gr/proceedings/VOLUME_1_SCINTE.pdf

**ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ
ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ**

211. **NIKOLOPOULOS D**. Design and implementation of the Medical Physics
Department radon survey-Experience gained. Paper presented at: 1st
Southeastern - European Regional Radon Workshop; 3-5 April **1997**; Athens.
(pp.18).

212. ANTONOPOULOS A, **NIKOLOPOULOS D**, GEORGIU E, KYRIAKIDIS
M, TOUTOYZAS P, PROUKAKIS C. Comparison between TI-201
scintigraphic results caused by phenylephrine infusion, with coronary
angiography in coronary artery disease patients. Paper presented at: 5th
World Congress on Heart Failure- Mechanisms and Management; May 11-14
1997; Washington DC, USA.

213. PAPANIMITRIU D, MAKRI T, LOUIZI A, **NIKOLOPOULOS D**,
LOBOTESI H, THEODOROPOULOS B, MALAMITSI J, PROUKAKIS C.
Organ doses for children from computed tomographic examinations in
Greece. Paper presented at: 35th Congress of the European Society of
Pediatric Radiology; 18-23 May **1998**; Rhodes, Hellas. (Abstract No 42).

214. PAPANIKOLAOU D, LOUZI A, MAKRI T, MOLFETAS M, **NIKOLOPOULOS D**, LOBOTESI H. Dosimetry in children's CT examinations using TLD. Paper presented at: 35th Congress of the European Society of Pediatric Radiology; 18-23 May **1998**; Rhodes, Hellas. (Abstract No 43).

215. MAKRI T, LOUZI A, PAPANIKOLAOU D, LOBOTESI H, **NIKOLOPOULOS D**, MALAMITSI J, NASSI E, PROUKAKIS C. Estimation of the effective dose from dose-area product (DAP) meter measurements, for four common examinations in pediatric radiology. Paper presented at: 35th Congress of the European Society of Pediatric Radiology; 18-23 May **1998**; Rhodes Hellas. (Abstract No 44).

216. **NIKOLOPOULOS D**, LIAPARINOS P, PANAYIOTAKIS G., CAVOURAS D KANDARAKIS I. Radiation detection efficiency of YAP, LSO, GOS scintillators: a comparative evaluation by Monte-Carlo methods. Paper presented at: International Conference on Applied Physics; October 13-18 **2003**; Badajoz, Spain.

217. KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, EPISKOPAKIS A, CAVOURAS D, KOURKOUTAS K, SIANOUDIS I, KALIVAS N, PANAYIOTAKIS GS. Modeling angular distribution of light emission in granular scintillators used in x-ray imaging detectors. Paper presented at: International Conference on Applied Physics; October 13-18 **2003**; Badajoz, Spain.

218. VOGIANNIS E, **NIKOLOPOULOS D**, LOUZI A, NIAOUNAKIS M. Radon exposure in the thermal spas of Lesbos Island - Greece. Paper presented at:

International Conference on Applied Physics; October 13-18 **2003**; Badajoz, Spain.

219. **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, LIGNOS L, LIOLIOUSIS K. Radon Risk near high power lines. Paper presented at: International Conference on Applied Physics; October 13-18 **2003**; Badajoz, Spain.

220. LOUIZI A, **NIKOLOPOULOS D**, TZORTZI A, VOGIANNIS E, KOUKOULIOU V, THANASSAS D, SEREFOGLOU A, GEORGIU E. Radon concentration measurements in waters in Greece and Cyprus. Paper presented at: European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work' June 29-July 6 **2004**; Praha, Czech Republic.

221. **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, VOGIANNIS E, CHALVADAKIS C.P, SEREFOGLOU A, GEORGIU E. Radon exposure during treatment in some thermal spa centers in Greece. Paper presented at: European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work June 29-July 6 **2004**; Praha, Czech Republic.

222. **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, LIGNOS L, VOGIANNIS E, LIOLIOUSIS K, GEORGIU E. Radon daughter and electromagnetic field measurements in dwellings near high voltage power lines. Paper presented at: European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work June 29-July 6 **2004**; Praha, Czech Republic.

223. LIAPARINOS P, CAVOURAS C, **NIKOLOPOULOS D**, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G.S. Monte Carlo Study on Imaging Parameters of Gd_2O_2S Scintillator for Mammographic Applications. Paper presented at: 1st

International Conference “From scientific computing to computational engineering”, IC-SCCE; 8-10 September **2004**; Athens, Greece.

224. CHRISTOFAKIS E, FILLIPOU K, PITSIOS N, VALAIS I, SIANOUDIS I, **NIKOLOPOULOS D**, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Experimental determination of single-crystal scintillators properties by application of the integration sphere photometry method. Paper presented at: 1st IC-EpsMSO LFME; 4-10 July **2005**; Athens, Greece.

225. KONSTANTINIDIS A, EPISKOPAKIS A, PIROVOLAKIS I VALAIS I, PATATOUKAS G, **NIKOLOPOULOS D**, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Modelling the Signal to Noise Ratio in energy integrating radiation detectors. Paper presented at: 1st IC-EpsMSO LFME; 4-10 July **2005**; Athens, Greece.

226. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KARAGIANNIS C, EPISKOPAKIS A, DIMITROPOULOS N, PANAYIOTAKIS G. Experimental determination of luminescence emission properties of LYSO: Ce and CsI: Tl single crystal scintillators under UV and x-ray exposures for use in medical imaging. Paper presented at: 1st IC-EpsMSO LFME; 4-10 July **2005**; Athens, Greece.

227. VALAIS I, KONSTANTINIDIS A, SALEMIS G, **NIKOLOPOULOS D**, DIMITROPOULOS N, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Comparative evaluation of cerium doped Yttrium Aluminum Oxide (YAG, YAP) powder phosphor screens for medical imaging applications. Paper presented at: 1st IC-EpsMSO LFME; 4-10 July **2005**; Athens, Greece.

228. VALAIS I, KONSTANTINIDIS A, **NIKOLOPOULOS D**, SIANOUDIS I, LOUDOS G, GIOKARIS G, NIKITA K, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Luminescence properties of LuYSiO₅: Ce, Gd₂SiO₅: Ce, and CsI: Tl single crystal scintillators under x-ray excitation, for use in medical imaging systems. Paper presented at : IEEE Conference 2005; October 23 - 29 **2005**; Puerto Rico.

229. **NIKOLOPOULOS D**, KANDARAKIS I, TSANTILAS X, VALAIS I, CAVOURAS D, LOUIZI A. Comparative study of the Radiation Detection efficiency of LSO, LuAP, GSO and YAP scintillators for use in Positron Emission Imaging (PET) via Monte-Carlo Methods. Paper presented at: 3rd International Conference on Imaging Technologies in Biomedical Sciences: ITBS 2005; 25-28 September **2005**; Milos Island. Greece. (Abstract 123).

230. KARAKATSANIS N, SAKELLIOS N, TSANTILAS X, DIKAIOS N, TSOUMPRAS C, NIKITA K, LAZAROS D, LOUDOS G, LOUIZI A, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, MALAMITSI J, KANDARAKIS I. A comparative evaluation of two commercial PET scanners using GATE. Paper presented at: 3rd International Conference on Imaging Technologies in Biomedical Sciences: ITBS 2005; 25-28 September **2005**; Milos Island ,Greece. (Abstract 110).

231. **NIKOLOPOULOS D**, LINARDATOS D, GONIAS P, BERTSEKAS N, MICHAIL C, DAVID S, CAVOURAS D, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Monte Carlo validation in the diagnostic radiology conditions. Paper presented at: 1st European Conference on Molecular Imaging Technology; 9-12 May **2006**; Marseille, France.

232. GONIAS P, BERTSEKAS N, SAATSAKIS G, **NIKOLOPOULOS D**, LOUDOS G, SAKELIOS N, KARAKATSANIS N, GAITANIS A, PAPASPYROU L, DASKALAKIS A, LIAPARINOS P, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G. Validation of a GATE model for the simulation of the Siemens. Poster presented at: 1st European Conference on Molecular Imaging Technology; 9-12 May **2006**; Marseille, France.

233. VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KALIVAS N, GAITANIS A, LOUDOS G, SIANOUDIS I, GIOKARIS D, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G.S. A systematic study of the performance of the CsI: Tl single crystal scintillator under x-ray excitation. Poster presented at: 1st European Conference on Molecular Imaging Technology; 9-12 May **2006**; Marseille, France.

234. DAVID S, MICHAIL C, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, LIAPARINOS P, KALIVAS N, EFTIMIOU N, TOUTOUNTZIS A, LOUDOS G, SIANOUDIS I, CAVOURAS D, NOMICOS C, KANDARAKIS I. Efficiency of $\text{Lu}_2\text{SiO}_5: \text{Ce}$ (LSO) powder phosphor as X-ray to light converter under mammographic imaging conditions. Poster presented at: 1st European Conference on Molecular Imaging Technology; 9-12 May **2006**; Marseille, France.

235. EFTIMIOU N, KALIVAS N, KONSTANTINIDIS A, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, GAITANIS A, DAVID S, MICHAIL C, LOUDOS G, CAVOURAS D, KOURKOUTAS K, PANAYIOTAKIS G.S, KANDARAKIS I. Investigation of the effect of the scintillator material on the overall X-ray detection system performance by application of analytical models Poster

presented at: 1st European Conference on Molecular Imaging Technology; 9-12 May **2006**; Marseille, France.

236. GONIAS P, BERTSEKAS N, SAATSAKIS G, **NIKOLOPOULOS D**, LOUDOS G, SAKELIOS N, KARAKATSANIS N, TSANTILAS X, GAITANIS A, PAPASPYROU L, DASKALAKIS A, LIAPARINOS P, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G. Validation of a GATE model for the simulation of the Siemens PET scanner. Paper presented at: 2nd International Conference from Scientific Computing to Computational Engineering, 2nd IC-SCCE; 5-8 July **2006**; Athens Greece.

237. TOUTOUNTZIS A, MICHAEL C, DAVID S, **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, DIMITROPOULOS N, PANAYIOTAKIS G.S, CAVOURAS D, KANDARAKIS I. Imaging properties of GdAlO₃ (GAP: Ce) powder scintillator. Paper presented at: 2nd International Conference from Scientific Computing to Computational Engineering, 2nd IC-SCCE; 5-8 July **2006**; Athens Greece.

238. KONSTANTINIDIS A., LIAPARINOS P, PATATOUKAS G, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, PANAYIOTAKIS G.S, KANDARAKIS I. The effect of the LSO/YSO concentrations ratio on the imaging characteristics under mammographic condition. Paper presented at: 2nd International Conference from Scientific Computing to Computational Engineering, 2nd IC-SCCE; 5-8 July **2006**; Athens Greece.

239. EFTHIMIIOU N, PATATOUKAS G, **NIKOLOPOULOS D**, KARATOPIS A, VALAIS I, CAVOUURAS D, KANDARAKIS I. A Computer simulation algorithm in x-ray radiograph. Paper presented at: 2nd International Conference from

Scientific Computing to Computational Engineering, 2nd IC-SCCE; 5-8 July **2006**; Athens Greece.

240. MICHAEL C, DAVID S, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, LIAPARINOS P, TOUTOUNTZIS A, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G, Determination of the radiation absorption and light emission properties of Lu_2SiO_5 : Ce (LSO) powder phosphor using computational model and experimental techniques. Paper presented at: 2nd International Conference from Scientific Computing to Computational Engineering, 2nd IC-SCCE; 5-8 July **2006**; Athens Greece.

241. MICHAEL C, DAVID S, LIAPARINOS P, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KALIVAS N, TOUTOUNTZIS A, SIANOUDIS I, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, KOURKOUTAS K, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G. Evaluation of the imaging performance of LSO powder scintillator for use in X-ray mammography. Paper presented at: 10th International Symposium on Radiation Physics (ISRP-10); 17-22 September **2006**; Coimbra, Portugal.

242. VALAIS I, DAVID S, MICHAEL C, **NIKOLOPOULOS D**, VATTIS D, SIANOUDIS I, CAVOURAS D, NOMICOS C, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G.S. Comparative study of the luminescence properties of Lu_2SiO_5 and YAlO_3 single crystal scintillator for use in medical imaging. Paper presented at: 5th European Symposium on Biomedical Engineering; 7-9 July **2006**; Patra, Greece.

243. VALAIS I, KONSTANTINIDIS A, **NIKOLOPOULOS D**, SIANOUDIS I, LOUDOS G, NIKITA K, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G.S, KANDARAKIS I. Investigation of the Luminescence Emission Properties of (Lu, Y) $_2\text{SiO}_5$: Ce (LYSO: Ce) and (Lu, Y) AlO_3 : Ce (LuYAP: Ce) Single Crystal Scintillators under X-Ray Medical Imaging Exposure Conditions. Paper presented at: IEEE Conference **2006**; 29 October-4 November **2006**; San Diego, USA.

244. DAVID S, MICHAEL C, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KALIVAS N, KALATZIS I, KARATOPIS A, CAVOURAS D, PANAYIOTAKIS GS, KANDARAKIS I. Luminescence efficiency of Lu_2SiO_5 : Ce (LSO) powder scintillator for X-ray medical radiography applications Paper presented at: IEEE Conference **2006**; 29 October-4 November **2006**; San Diego, USA.

245. **NIKOLOPOULOS D**, VOGIANNIS E, LOUIZI A. Soil radon and electromagnetic anomalies before the Ilea (Greece) M6.8 earthquake. Geophysical Research Abstracts, EGU **2009**; 3785.

246. **NIKOLOPOULOS D**, VOGIANNIS E, LOUIZI A. Radon concentration of waters in Greece and Cyprus. Geophysical Research Abstracts, EGU, **2009**; 3786.

247. POTIRAKIS S, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, MYSTAKIDES I, FOTOPOULOS A, ARGYRIOU X, VLAMAKIS EM, STONHAM J, Investigating the possible relation of electromagnetic signals in the upper VHF and lower UHF bands to earthquakes in Greece. Geophysical Research Abstracts, EGU **2011**, 4893.

248. PETRAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, POTIRAKIS SM, MYSTAKIDES I, VLAMAKIS EM, ARGYRIOU X, FOTOPOULOS A, LOUIZI A, STONHAM J, Soil radon as a possible link to earthquake occurrence in Greece, Geophysical Research Abstracts, EGU **2011**, 4929.

249. FOTOPOULOS A, PETRAKI E, VLAMAKIS EM, ARGYRIOU XA, SEVVOS TJ, CHATZISAVVAS NN, ZISOS N, NOMICOS C, LOUIZI A, STONHAM J, YANNAKOPOULOS PH, **NIKOLOPOULOS D**. Environmental monitoring of soil radon in a very tectonic area in South West Greece, International Scientific Conference eRA -7, The SynEnergy Forum, The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education, T.E.I. of Piraeus (T.E.I. PIR), Conference Center of T.E.I. PIRAEUS, Piraeus, Greece, 27- 30 September **2012**, Piraeus, Greece.

250. CHATZISAVVAS NN, SEVVOS TJ, VLAMAKIS EM, FOTOPOULOS A, PETRAKI E, ARGYRIOU XA, **NIKOLOPOULOS D**, YANNAKOPOULOS PH, SKOTTOU S, LOUIZI A. Impact of detector's thickness on imaging characteristics of the Siemens Biograph DUO PET/CT with GATE. eRA -7, The SynEnergy Forum, The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education, T.E.I. of Piraeus (T.E.I. PIR), Conference Center of T.E.I. PIRAEUS, Piraeus, Greece, 27- 30 September **2012**, Piraeus, Greece.

251. ARGYRIOU XA, VLAMAKIS EM, SEVVOS TJ, CHATZISAVVAS NN, EFDAIMON A, VAGENNAS K, YANNAKOPOULOS PH, VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, Monte Carlo comparison study of the radiation absorption of candidate scintillators Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine Applications. eRA -7, The SynEnergy Forum, The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education, T.E.I. of Piraeus (T.E.I. PIR), Conference Center of T.E.I. PIRAEUS, Piraeus, Greece, 27- 30 September **2012**, Piraeus, Greece.

252. VLAMAKIS EM, ARGYRIOU XA, SEVVOS TJ, CHATZISAVVAS NN, FOTOPOULOS A, YANNAKOPOULOS PH, KALYVAS N, VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, Semi-empirical Monte Carlo optical-gain modelling of Nuclear Imaging scintillators. eRA -7, The SynEnergy Forum, The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education, T.E.I. of Piraeus (T.E.I. PIR), Conference Center of T.E.I. PIRAEUS, Piraeus, Greece, 27- 30 September **2012**, Piraeus, Greece.

253. FOTOPOULOS A, PETRAKI E, VLAMAKIS EM, ARGYRIOU XA, SEVVOS TJ, CHATZISAVVAS NN, ZISOS N, NOMICOS C, LOUIZI A, STONHAM J, YANNAKOPOULOS PH, **NIKOLOPOULOS D**. Similarities in the self-organised critical characteristics between soil ran in a very tectonic area in South West Greece, International Scientific Conference eRA -7, The SynEnergy Forum, The Conference for International Synergy in Energy,

Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education, T.E.I. of Piraeus (T.E.I. PIR), Conference Center of T.E.I. PIRAEUS, Piraeus, Greece, 27- 30 September **2012**, Piraeus, Greece.

254. KALYVAS N, **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, SEVVOS T, ARGYRIOU X, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS P, KANDARAKIS I. Optical Gain of Single-Crystal Scintillators for Nuclear Medicine Applications, 2nd International Conference on Bio-Medical Instrumentation and related Engineering and Physical Sciences, Technological Educational Institute (TEI) of Athens, Greece, Friday 21 & Saturday 22, June **2013**, Athens, Greece. Book of Abstracts, FS1-4, <http://biomep.teiath.gr/2013/proceedings.html>.

255. KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, LOUIZI A, ARGYRIOU X, SEVVOS T, YANNAKOPOULOS P, Human Beings and Radiation – A Review, 2nd International Conference on Bio-Medical Instrumentation and related Engineering and Physical Sciences, Technological Educational Institute (TEI) of Athens, Greece, Friday 21 & Saturday 22, June **2013**, Athens, Greece. Book of Abstracts, FS3-3, <http://biomep.teiath.gr/2013/proceedings.html>

256. CHATZISAVVAS N, ARGYRIOU X, SEVVOS T, **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, KALYVAS N, MICHAEL C, KOTTOU C, YANNAKOPOULOS P, GAITANIS A, KANDARAKIS I. GATE Simulation of the Biograph 2 PET/CT Scanner, 2nd International Conference on Bio-Medical Instrumentation and related Engineering and Physical Sciences, Technological Educational

Institute (TEI) of Athens Friday 21 & Saturday 22, June **2013**, Athens, Greece.

Book of Abstracts, FS3-3, <http://biomep.teiath.gr/2013/proceedings.html>

257. **NIKOLOPOULOS D**, KOTTOU S, PETRAKI E, VOGIANNIS E, MICHAEL C, LOUIZI A CHALDEOS Y, YANNAKOPOULOS PH. Multivariate statistical analysis of factors related to mean annual indoor radon concentrations of Greek dwellings, 8th European Conference on Medical Physics (ECMP2014) September 11-13, **2014**, Athens, Greece. Book of Abstracts p16-17. <http://www.elsevierdigital.com/ECMP2014/files/assets/common/downloads/ECMP%202014%20Abstract%20Book.pdf>.

258. **NIKOLOPOULOS D**, VALAIS I, MICHAEL C, KOTTOU S, CHATZISAVVAS N, YANNAKOPOULOS PH, MALAXIANAKIS V. Modelling Biograph 2 PET/CT Scanner with GATE, 8th European Conference on Medical Physics (ECMP2014) September 11-13, **2014**, Athens, Greece. Book of Abstracts p20. <http://www.elsevierdigital.com/ECMP2014/files/assets/common/downloads/ECMP%202014%20Abstract%20Book.pdf>.

259. **NIKOLOPOULOS D**, VOGIANNIS E, KOTTOU S, PETRAKI E, MICHAEL C, LOUIZI A. CHALDEOS Y, YANNAKOPOULOS P.H. Modeling of radon and progeny concentration peaks in thermal spas: results from the semi-empirical approach from several spas in Greece, 8th European Conference on Medical Physics (ECMP2014) September 11-13, **2014**, Athens, Greece. Book of Abstracts p17.

<http://www.elsevierdigital.com/ECMP2014/files/assets/common/downloads/ECMP%202014%20Abstract%20Book.pdf>.

260. VOGIANNIS E, **NIKOLOPOULOS D**, KOUKOU M, KOTTOU S, VRACHOPOULOS M. Radon entrance and its daily movement into a closed detached of two level house, 8th European Conference on Medical Physics (ECMP2014) September 11-13, **2014**, Athens, Greece. Book of Abstracts p17.

<http://www.elsevierdigital.com/ECMP2014/files/assets/common/downloads/ECMP%202014%20Abstract%20Book.pdf>.

261. KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, KOULOGLIOTIS D, POULIEZOS K, VOGIANNIS E, GORGOLIS N, LORILIA R.S, KEFALAS G, POTOZI S, CHALDEOS Y, SEVVOS T, PETRAKI E, MICHAEL C, MOUSTANIS P, KALIMERIS A, YANNAKOPOULOS PH. Preliminary study of distribution of indoor EMR in Greek dwellings, 8th European Conference on Medical Physics (ECMP2014) September 11-13, **2014**, Athens, Greece. Book of Abstracts p17-18.

<http://www.elsevierdigital.com/ECMP2014/files/assets/common/downloads/ECMP%202014%20Abstract%20Book.pdf>.

262. TEMENOS N, FILTISAKOS S, CHALDEOS Y, **NIKOLOPOULOS D**, YANNAKOPOULOS P.H, PETRAKI E, KOTTOU S. Hurst exponent of radon profiles indoors in Athens, Greece, 8th European Conference on Medical Physics (ECMP2014) September 11-13, Athens, Greece. Book of Abstracts p18.

<http://www.elsevierdigital.com/ECMP2014/files/assets/common/downloads/ECMP%202014%20Abstract%20Book.pdf>.

263. KOLOVOS C, PETROPOULOS C, TALAVARI A, FOTOPOULOS A, KANTZOS D, YANNAKOPOULOS P, **NIKOLOPOULOS D** A multi-touch smartphone application for guitar simulation. International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session.pdf.

264. KARATHANOU K, FOTOPOULOS A.A, PAPATHANASIOU A, **NIKOLOPOULOS D**, GIANNAKOPOULOS IP. An analysis based on Discrete Wavelet Transform of two dimensional gel electrophoresis images with application in proteomics, International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/engineering_i_session.pdf.

265. KARATHANOU K, FOTOPOULOS A.A, PAPATHANASIOU A, **NIKOLOPOULOS D**, YANNAKOPOULOS PH. An efficient random number generator based on real time web-trafficking data International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session.pdf.

266. SAPIKAS D, KOLOVOS C, PETROPOULOS C, TALAVARI A, FOTOPOULOS A, OIKONOMOU G, **NIKOLOPOULOS D** An electronic repository for the theses of TEIs students International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session.pdf.

267. **NIKOLOPOULOS D**, KOTTOU S, KOULOUGLIOTIS D, VOGIANNIS E, PETRAKI E, GIANNAKOPOULOS I.P, GORGOLIS N, KEFALAS G, POTOZI S, LORILLIA RS, TEMENOS N, TSELES D. Background EMR measurements in Zante and Lesvos islands, Greece, International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/engineering_i_session.pdf.

268. TEMENOS N, **NIKOLOPOULOS D**, VOGIANNIS E, PETRAKI E, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS PH, Modelling indoor air pollutants with ContamW International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September 2014 , Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session.pdf.

269. **NIKOLOPOULOS D**, CHALDEOS Y, PETRAKI E, KOTTOU S, TEMENOS N, FILTISAKOS S, LOUIZI A, TSELES D, YANNALOPOULOS PH. Hurst exponent of radon profiles indoors in Athens, Greece, International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session.pdf.

270. KARATHANOU K, FOTOPOULOS A.A, PAPATHANASIOU A, **NIKOLOPOULOS D**, Data mining tool for Chronic Kidney Diseases information extraction, International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session.pdf.

271. KERVALISHVILI P, KHACHIDZE M, CHIRAKADZE A, YANNAKOPOULOS P, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, RANGUSSI M, TSELES D. Novel achievements in information science and technology as basis of secure society development, International Scientific Conference eRA -9, T.E.I. of Piraeus, Conference Center 22- 24 September **2014**, Piraeus, Greece. http://era.teipir.gr/sites/default/files/ict_ii_session.pdf.

ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ

272. ΛΟΥΙΖΗ Α, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**. Κίνδυνοι υγείας από το ραδόνιο. Ιατρική **1998**; 73(4):341-345.

ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ

273. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**. Χρήση τεχνικών Monte Carlo για τη μελέτη της αλληλεπίδρασης φωτονίων και ύλης στις ενέργειες έως 1 MeV. Πτυχιακή Εργασία. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Φυσικής, Τομέας Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων. Αθήνα; **1992**.

274. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ Ν, ΠΟΤΗΡΙΑΔΗΣ Κ. Μελέτη σκοπιμότητας διενέργειας εθνικής επισκόπησης ραδονίου στην Ελλάδα. 1 Αθήνα: ΕΕΑΕ (Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας); **1997**.

275. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ** Μελέτη της έκθεσης του ελληνικού πληθυσμού στο Ραδόνιο-222. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα; Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Πανεπιστημίου Αθηνών: **2000**.

276. ΛΟΥΙΖΗ Α, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΤΖΩΡΤΖΗ Α, ΣΕΡΕΦΟΓΛΟΥ Α.
Μετρήσεις ραδονίου σε ύδατα στην Ελλάδα και Κύπρο. Τιμητικός Τόμος
Καθηγητή Χ.Προυκάκη. Αθήνα; Εκδόσεις Παρισιάνου: **2002**.

277. ΣΕΡΕΦΟΓΛΟΥ Α, ΝΙΑΓΑΣΑΣ Ε, ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ Π, ΣΚΥΛΛΑΚΟΥ-ΛΟΥΙΖΗ,
ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ, ΓΕΩΡΓΙΟΥ Ε. Η συμβολή των τομογραφικών τεχνικών
της Πυρηνικής Ιατρικής στη διάγνωση όγκων των οστών, Τιμητικός Τόμος
Καθηγητή Χ.Προυκάκη. Αθήνα; Εκδόσεις Παρισιάνου: **2002**.

ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ

278. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Π, ΚΟΤΤΟΥ Σ. Ακτινοβολίες
και Άνθρωπος. Αθήνα: Κάλλιπος; **2016**.
<https://repository.kallipos.gr/handle/11419/5355>. Προσπέλαση Νοέμβριος 12,
2016.

279. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΣΚΟΥΝΤΖΟΣ Α. Εργαστηριακή Φυσική. Σύγχρονη
Εκδοτική 2004.

ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ (SUPPLEMENTS) ΠΕΡΙΟΔΙΚΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ

280. ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ Α, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΑΡΒΑΝΙΤΑΚΗΣ Σ,
ΜΑΡΚΟΥΛΗΣ Θ, ΓΕΩΡΓΙΟΥ Ε, ΚΥΡΙΑΚΙΔΗΣ Μ, ΠΡΟΥΚΑΚΗΣ Χ,
ΤΟΥΤΟΥΖΑΣ Π. Σύγκριση μεταξύ σπινθηρογραφικών ευρημάτων μετά
χορήγηση φαινυλεφρίνης και στεφανιαίας αγγειογραφίας σε ασθενείς με
στεφανιαία νόσο. Ελληνική Καρδιολογική Επιθεώρηση **1997**; 38(B):82 Β18.

ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ

281. ΚΟΥΚΟΥΛΙΟΥ Β, ΛΟΥΙΖΗ Α, ΣΕΡΕΦΟΓΛΟΥ Α, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΠΡΟΥΚΑΚΗΣ Χ. Μετρήσεις Cs-137 του ανθρωπίνου σώματος σε ομάδες Ελληνικού Πληθυσμού, Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου «10 χρόνια μετά το ατύχημα Chernobyl. Οι επιπτώσεις του ατυχήματος στην Ελλάδα ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, 22-23 Απριλίου **1996**, Αθήνα. (σσ 130-132).

282. ΛΟΥΙΖΗ Α, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΣΕΡΕΦΟΓΛΟΥ Α, ΓΕΩΡΓΙΟΥ Ε., ΝΤΑΛΛΕΣ Κ, ΠΡΟΥΚΑΚΗΣ Χ. Μετρήσεις συγκεντρώσεων ραδονίου στην Αρναία Χαλκιδικής. Εργασία που παρουσιάστηκε στο : 1^ο περιβαλλοντικό συνέδριο Μακεδονίας 1-4 Μαρτίου **2002**, Θεσσαλονίκη. (σσ 90-93).

283. ΒΑΛΑΗΣ Ι, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΣΙΑΝΝΟΥΔΗΣ Ι, ΕΥΘΥΜΙΟΥ Ν, ΚΑΡΑΤΟΠΗΣ Α, ΚΑΒΟΥΡΑΣ Δ, ΝΟΜΙΚΟΣ Κ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΗΣ Γ, ΚΑΝΔΑΡΑΚΗΣ Ι. Πειραματική αξιολόγηση των μονοκρυσταλλικών σπινθηριστών $Gd_2SiO_5:Ce$ και $(Lu,Y)_2SiO_5:Ce$ με τεχνικές οπτικής ολοκλήρωσης σε συνθήκες διέγερσης με ακτίνες Χ. Εργασία που παρουσιάστηκε στο: Συνέδριο ΕΠΕΑΕΚ Αρχιμήδης, ΤΕΙ Αθήνας, **2005**, Αθήνα. (σσ. 303-314).

**ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΣΕ ΤΟΜΟΥΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ
ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ**

284. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΚΟΥΚΟΥΛΙΟΥ Β, ΛΟΥΙΖΗ Α, ΠΡΟΥΚΑΚΗΣ Χ. Δοσίμετρο Ραδονίου Εργαστηρίου Ιατρικής Φυσικής-Ένας παθητικός ανιχνευτής για τη μέτρηση της συγκέντρωσης ραδονίου. Εργασία που παρουσιάστηκε στο: 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής, Απρίλιος 4-7 **1996**, Ηράκλειο Κρήτης. Βιβλίο Περιλήψεων σελ 154.

285. ΧΑΝΙΩΤΗ Μ, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΚΟΥΚΟΥΛΙΟΥ Β, ΛΟΥΙΖΗ Α, ΠΡΟΥΚΑΚΗΣ Χ. Μέτρηση συγκέντρωσης ραδονίου σε κατοικίες της Λαυρεωτικής. Εργασία που παρουσιάστηκε στο: 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής, Απρίλιος 4-7 **1996**, Ηράκλειο Κρήτης. Βιβλίο Περιλήψεων σελ. 153.
286. ΛΟΜΠΟΤΕΣΗ Ε, ΤΖΟΥΜΕΛΗ Μ, ΠΑΠΑΓΓΕΛΗΣ Γ, ΜΑΥΡΟΥΔΑΚΗ Ε, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΛΟΥΙΖΗ Α, ΓΙΑΚΟΥΜΑΚΗΣ Μ. Έλεγχος διαρροής ραδονίου από πηγές ραδίου στη Βραχυθεραπεία. Εργασία που παρουσιάστηκε στο : 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ακτινοθεραπευτικής Ογκολογίας. 9-12 Οκτωβρίου **1997**, Αθήνα. Βιβλίο Περιλήψεων σελ 264.
287. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΛΟΥΙΖΗ Α, ΠΡΟΥΚΑΚΗΣ Χ. Μετρήσεις συγκεντρώσεων ραδονίου υδάτων στην Ελλάδα. Εργασία που παρουσιάστηκε στο : 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος, Αθήνα ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ», 23-24 Νοεμβρίου **2001**. Αθήνα. (Α1).
288. ΛΟΥΙΖΗ Α, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΣΕΡΕΦΟΓΛΟΥ Α, ΓΕΩΡΓΙΟΥ Ε, ΝΤΑΛΛΕΣ Κ, ΠΡΟΥΚΑΚΗΣ Χ. Περιοχές της Ελλάδος με αυξημένες συγκεντρώσεις ραδονίου. Εργασία που παρουσιάστηκε στο : 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος, Αθήνα ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ», 23-24 Νοεμβρίου **2001**, Αθήνα. (Γ3).
289. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΛΟΥΙΖΗ Α, ΚΟΥΚΟΥΛΙΟΥ Β, ΣΕΡΕΦΟΓΛΟΥ Α, ΓΕΩΡΓΙΟΥ Ε, ΝΤΑΛΛΕΣ Κ, ΠΡΟΥΚΑΚΗΣ Χ. Έκθεση του ελληνικού πληθυσμού στο ραδόνιο-Εκτίμηση κινδύνου. Εργασία που παρουσιάστηκε στο : 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος, Αθήνα ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ», 23-24 Νοεμβρίου **2001**, Αθήνα. (Α2).

290. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΝΙΡΓΙΑΝΝΑΚΗ Ε, ΛΙΑΠΑΡΙΝΟΣ Π, ΛΙΝΑΡΔΑΤΟΣ Δ, ΚΑΝΔΑΡΑΚΗΣ Ι. Εφαρμογή της μεθόδου Monte Carlo στην αξιολόγηση ανιχνευτών ακτινοβολίας συστημάτων ιατρικής απεικόνισης. Εργασία που παρουσιάστηκε στο : 13^ο Διαπανεπιστημιακό Ακτινολογικό Συνέδριο, 6-9 Νοέμβριου **2003**, Θεσσαλονίκη. (σσ 158).

291. ΤΣΑΠΑΚΗ Β, ΠΟΓΚΑ Β, ΚΟΤΤΟΥ Σ, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΚΑΝΔΑΡΑΚΗΣ Ι, ΛΟΥΙΖΗ Α. Προληπτικός έλεγχος του μαστού: Χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα μαστογραφίας και δόση ακτινοβολίας. Εργασία που παρουσιάστηκε στο : Πανελλήνιο Ακτινολογικό Συνέδριο XIV 29 Σεπτεμβρίου-2 Οκτωβρίου **2004**, Αθήνα.

292. ΛΑΛΑΣ Σ, ΣΙΝΑΝΟΓΛΟΥ Β, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΠΑΝΟΥ Θ, ΣΦΛΩΜΟΣ Κ. Μέτρηση της Επίδρασης Ιονίζουσας Ακτινοβολίας στην Περιεκτικότητα σε Τοκοφερόλες και στην Αντίσταση στην Οξειδωση Διαφόρων Ειδών Λαδιού. Εργασία που παρουσιάστηκε στο : Πανελλήνιο Συνέδριο Λιπιδίων, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών. **2005** Αθήνα. (Ο-20).\

293. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΛΙΑΠΑΡΙΝΟΣ Π, ΚΑΡΑΤΟΠΗΣ Α, ΓΚΟΝΙΑΣ Π, ΜΠΕΡΤΖΕΚΑΣ Ν, ΒΑΛΑΗΣ Ι, ΚΑΒΟΥΡΑΣ Δ, ΕΥΘΥΜΙΟΥ Ν, ΝΟΜΙΚΟΣ Κ, ΚΑΝΔΑΡΑΚΗΣ Ι. Εφαρμογή Μεθόδων Μόντε Κάρλο στη μελέτη της απόδοσης σπινθηριστών στη Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (PET). Εργασία που παρουσιάστηκε στο : Συνέδριο ΕΠΕΑΕΚ Αρχιμήδης, ΤΕΙ Αθήνας **2005**. Βιβλίο Περιλήψεων, σελ. 89-90.

294. ΚΑΛΥΒΑΣ Ν, ΒΑΛΑΗΣ Ι, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΤΟΥΤΟΥΝΤΖΗΣ Α, ΜΙΧΑΗΛ Χ, ΣΙΑΝΝΟΥΔΗΣ Ι, ΚΑΒΟΥΡΑΣ Δ, ΝΟΜΙΚΟΣ Κ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΗΣ Γ,

ΚΑΝΔΑΡΑΚΗΣ Ι. Πειραματική διερεύνηση MTF. NPS, DQE σε οθόνες φωσφόρων κοκκώδους μορφής $YAlO_3:Ce$, $Y_2Al_5O_{12}$ για χρήση σε ανιχνευτές Διαγνωστικής Ακτινολογίας.

295. ΒΑΛΑΗΣ Ι, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**, ΣΙΑΝΝΟΥΔΗΣ Ι, ΕΥΘΥΜΙΟΥ Ν, ΚΑΡΑΤΟΠΗΣ Α, ΚΑΒΟΥΡΑΣ Δ, ΝΟΜΙΚΟΣ Κ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΗΣ Γ, ΚΑΝΔΑΡΑΚΗΣ Ι. Πειραματική αξιολόγηση των μονοκρυσταλλικών σπινθηριστών $Gd_2SiO_5:Ce$ και $(Lu,Y)_2SiO_5:Ce$ με τεχνικές οπτικής ολοκλήρωσης σε συνθήκες διέγερσης με ακτίνες Χ. Εργασία που παρουσιάστηκε στο : Συνέδριο ΕΠΕΑΕΚ Αρχιμήδης, ΤΕΙ Αθήνας **2005**. Βιβλίο Περιλήψεων, σελ. 79-80.

ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ ΣΕ ΗΜΕΡΙΔΕΣ

296. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**. Βαθμονόμηση Δοσιμέτρων τύπου Track-etch κατασκευής Εργαστηρίου Ιατρικής Φυσικής. Εργασία που παρουσιάστηκε στην : Επιστημονική Ημερίδα Ραδόνιο και Ελληνική Κατοικία Αμφιθέατρο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος Διοργανωτής ΕΕΑΕ 6 Ιουνίου **1996**, Αθήνα.

297. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**. Ραδόνιο και Καίσιο Δύο ραδιενεργά στοιχεία στην πόλη της Καρδίτσας. Εργασία που παρουσιάστηκε στο : Εμπορικό και Τεχνικό Επιμελητήριο Καρδίτσας, 26 Ιουνίου **1996**, Καρδίτσα.

298. **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ**. Εφαρμογές της μεθόδου Μόντε-Κάρλο στη μελέτη απορρόφησης ακτινοβολίας από ανιχνευτές. Εργασία που παρουσιάστηκε στην : Έκθεση MEDICEXPO 2006, Αεροδρόμιο Ελληνικού, **2006**.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Περιγραφή Ερευνητικού Έργου

Ο κύριος όγκος του ερευνητικού έργου έχει εξελιχθεί στο γνωστικό αντικείμενο της Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών στο Περιβάλλον και στον Άνθρωπο. Τα τελευταία έτη το ερευνητικό έργο περιλαμβάνει και εργασίες στο ευρύτερο αντικείμενο της Εφαρμοσμένης Φυσικής στο Περιβάλλον και στον Άνθρωπο.

Παρακάτω περιγράφεται το ερευνητικό έργο ανά εδάφιο σύμφωνα με την παραπάνω διάκριση.

Π1.1.ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΦΥΣΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Το ερευνητικό έργο του παρόντος εδαφίου ξεκίνησε το 1993 και τελεί υπό εξέλιξη.

Μπορεί να διακριθεί σε **δύο βασικούς άξονες**:

A.ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΦΥΣΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

και

B.ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Το έργο έχει εξειδικευθεί στα κάτωθι ερευνητικά πεδία:

- (1) Ραδόνιο και Θυγατρικά του Ισότοπα στο Περιβάλλον: Εκτίμηση Έκθεσης, Δόσης και Ραδιολογικής Επιβάρυνσης του Ανθρώπου.

- (2) Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες και Ραδόνιο Περιβάλλοντος από Γεω-
συστήματα προ Σεισμών: Τηλεμετρία, Χάος, Φράκταλς, Αυτο-οργάνωση
και Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων.
- (3) Αισθητήρες Ακτινοβολίας Ιατρικής Απεικόνισης
- (4) Προσομοιώσεις Monte Carlo στην Ιατρική: Ανιχνευτές Ακτινοβολίας,
Ολοκληρωμένα Ιατρικά Συστήματα, Εσωτερική Δοσιμετρία.
- (5) Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες Περιβάλλοντος από Συστήματα
Ψηφιακών Επικοινωνιών.
- (6) Γάμμα Ακτινοβολία στην Ιατρική και το Περιβάλλον-Δοσιμετρία.

Παρακάτω περιγράφεται το συγκεκριμένο έργο ταξινομημένο ως άνωθεν.
Επισημαίνεται ότι η αρίθμηση των εξισώσεων και των σχημάτων εκκινεί σε κάθε
υπό-εδάφιο από την αρχή.

Π1.1.Ραδόνιο και Θυγατρικά του Ισότοπα στο Περιβάλλον: Εκτίμηση Έκθεσης, Δόσης και Ραδιολογικής Επιβάρυνσης του Ανθρώπου.

Π1.1.1.Περίγραμμα:

Η Εφαρμοσμένη Φυσική Ακτινοβολιών που προέρχονται από το φυσικό ραδιενεργό αέριο ραδόνιο και τα θυγατρικά του ισότοπα στο Περιβάλλον έχει εξειδικευθεί στα κάτωθι αντικείμενα:

I. Εφαρμογές μεθόδων ανίχνευσης α-ακτινοβολιών που προέρχονται από το ραδόνιο και τα θυγατρικά του παράγωγα :

II. Χρήση μεθόδων του εδάφους Π1.1.1.I για την καταγραφή των συγκεντρώσεων του φυσικού ραδιενεργού αερίου ραδονίου και των θυγατρικών του:

- i. Σε κατοικίες της Ελλάδας
- ii. Στο έδαφικό αέριο και το ύδωρ διαφόρων τοποθεσιών
- iii. Σε διάφορες ιαματικές λουτροπηγές

III. Χρήση ειδικών μετρητικών και στατιστικών μεθόδων για τη μελέτη των παραγόντων που επιδρούν στη συγκέντρωση του ραδονίου σε κλειστούς χώρους.

IV. Ειδική μελέτη περιοχών με αυξημένες συγκεντρώσεις ραδονίου και θυγατρικών ισωτόπων.

V. Προσομοίωση μεταβολών συγκεντρώσεων ραδονίου με χρήση

- i. Θεωρίας Χάους
- ii. Πλατφόρμας NIST CONTAM

Στα II-IV έχουν εισαχθεί και χρησιμοποιηθεί τεχνικές Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών προκειμένου να εκτιμηθεί η δόση και ο κίνδυνος που επάγεται στον Άνθρωπο από τις ακτινοβολίες που υπάρχουν στο Περιβάλλον και που οφείλονται στο ραδόνιο και τα βραχύβια θυγατρικά του παράγωγα. Οι δοσιμετρικές εκτιμήσεις και η εκτίμηση του κινδύνου λόγω της έκθεσης του ανθρώπου στις ακτινοβολίες που οφείλονται στο ραδόνιο και τα βραχύβια θυγατρικά του παράγωγα, αποτελεί και μία σημαντική συνεισφορά του επιστημονικού έργου του συγκεκριμένου εδαφίου καθ' όσον, όπως αναφέρθηκε, το ραδόνιο και τα θυγατρικά του ισότοπα αποτελούν τον κυριότερο φυσικό καρκινογόνο παράγοντα και το κύριο παράγοντα έκθεσης του ανθρώπου σε ακτινοβολία με πολύ μεγαλύτερη επιβάρυνση από οποιονδήποτε άλλο παράγοντα. Σημαντική σύγχρονη και καινοτόμος συνεισφορά θεωρείται και η εισαγωγή της Θεωρίας Χάους και των Μεθόδων Monte Carlo στη μελέτη των μεταβολών των συγκεντρώσεων του ραδονίου κατοικιών όπως επίσης και η περιγραφή του ραδονίου και η σχετική χρήση της ευρέως αποδεκτής πλατφόρμας προσομοίωσης NIST CONTAM.

Το παρόν έργο βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη. Ήδη έχει οδηγήσει στο σχηματισμό ομάδας εντός του Τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων του ΑΕΙ Πειραιά ΤΤ με ειδική αναφορά στις μεθόδους Monte Carlo, τη Θεωρία του Χάους και τις λοιπές προσομοιώσεις. Ερευνητικά υπεύθυνος είναι ο γράφοντας.

Π1.1.2.Εισαγωγή:

Η φυσική ραδιενέργεια, από τη δημιουργία της γης, είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι του ανθρωπίνου περιβάλλοντος. Οι βασικές της πηγές είναι η κοσμική ακτινοβολία, η γ-ακτινοβολία που προέρχεται από τα φυσικά ραδιοϊσότοπα που υπάρχουν στο έδαφος και σε υλικά που προέρχονται από αυτό, καθώς και οι φυσικές ραδιενεργές ουσίες που υπάρχουν στην τροφή, το νερό και τον αέρα.

Η βασική επίπτωση από την αναπόφευκτη έκθεση στη φυσική ραδιενέργεια είναι η αυξημένη πιθανότητα καρκινογένεσης και γενετικών βλαβών. Η συνεισφορά στην ετήσια δόση που δέχεται ο μέσος κάτοικος της γης από φυσικές και τεχνητές πηγές ραδιενέργειας εκτιμάται σε 2.5 mSv όπου το 87% της δόσης αυτής οφείλεται στις φυσικές πηγές. Το μισό σχεδόν (47%) οφείλεται στο ραδόνιο (^{222}Rn).

Το ραδόνιο είναι άχρωμο, άοσμο, άγευστο, ευγενές, φυσικά ραδιενεργό αέριο, με χρόνο ημιζωής 3,82 μέρες μέλος της φυσικής σειράς του ^{238}U . Πατρικό ισότοπο του ραδονίου είναι το στερεό ^{226}Ra . Το ^{226}Ra και τα πατρικά του ισότοπα του ^{238}U , βρίσκονται στο φλοιό της γης, τα ύδατα (υπόγεια, επιφανειακά) και τα υλικά του φλοιού (π.χ. οικοδομικά υλικά). Αναλόγως των ιδιοτήτων του μέσου, το ραδόνιο εκρέει, αφού μεταφερθεί σε κοντινές ή μακρινές αποστάσεις, με τους μηχανισμούς της προσαγωγής και διάχυσης. Το ραδόνιο μέσω του μηχανισμού της εκροής από τα πετρώματα και το έδαφος, διαφεύγει από την επιφάνεια της γης, εισέρχεται στην ατμόσφαιρα, διαχέεται και αραιώνει σε μεγάλο βαθμό.

Το ραδόνιο μετά την παραγωγή του διασπάται ραδιενεργά σε στερεά ισότοπα. Τέσσερα από αυτά θεωρούνται ραδιοβιολογικώς σημαντικά. Αυτά είναι τα στοιχεία ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi και ^{214}Po . Τα παράγωγα αυτά του ραδονίου χαρακτηρίζονται ως βραχύβια θυγατρικά παράγωγα. Τα παράγωγα ^{218}Po και ^{214}Po εκπέμπουν σωματίδια-α, ενώ τα παράγωγα ^{214}Pb και ^{214}Bi , σωματίδια-β και γ-ακτινοβολία. Επισημαίνεται ότι η ραδιοβιολογική επίπτωση του ανθρώπου από την έκθεση στο ραδόνιο οφείλεται κυρίως στα βραχύβια θυγατρικά του παράγωγα.

Σε κλειστούς χώρους όπως είναι οι κατοικίες, τα σχολεία, οι χώροι εργασίας, οι λουτροπηγές, τα σπήλαια και οι σήραγγες, το ραδόνιο και τα βραχύβια θυγατρικά του παράγωγα συγκεντρώνονται, από λίγο ως αρκετά, ανάλογα με τα γεωλογικά στοιχεία της εγγύς περιοχής, τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν, τις συνθήκες εξαερισμού και πλήθος άλλων παραγόντων. Η συγκέντρωση οφείλεται στο ότι ο ρυθμός εισόδου του ραδονίου και των θυγατρικών του παραγώγων είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο ρυθμό εξόδου. Για το ραδόνιο βασικές πηγές εισόδου είναι το έδαφος, ο ατμοσφαιρικός αέρας, τα οικοδομικά υλικά και τα χρησιμοποιούμενα ύδατα. Τα βραχύβια θυγατρικά παράγωγα παράγονται κύρια από τις διασπάσεις του ραδονίου των κλειστών χώρων. Σε σημαντικά μικρότερο βαθμό εισέρχονται σε κλειστούς χώρους από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Η απαγωγή του ραδονίου και των βραχύβιων θυγατρικών του παραγώγων γίνεται μόνο μέσω του εξαερισμού (φυσικού ή τεχνητού). Η κατά μέσο όρο συνεισφορά των πηγών

του εδάφους, του ατμοσφαιρικού αέρα και των οικοδομικών υλικών στη συγκέντρωση του ραδονίου σε κλειστούς χώρους εκτιμάται σε 60%, 20% και 20% για ισόγειες μονοκατοικίες και σε 0%, 50%, 50% για κατοικίες ορόφου πολυκατοικιών.

Η συγκέντρωση του ραδονίου και των βραχύβιων θυγατρικών του παραγώγων σε κλειστούς χώρους σε συνδυασμό με τις σύγχρονες συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου, όπου επιβάλλουν τη μακρά παραμονή του σε αυτούς, καθιστά το ραδόνιο και τα βραχύβια θυγατρικά του παράγωγα, παράγοντες ιδιαίτερης επικινδυνότητας για την ανθρώπινη υγεία. Θεωρείται διεθνώς ότι το ραδόνιο είναι *ο κυριότερος φυσικός καρκινογόνος παράγοντας και το κυριότερο αίτιο καρκίνου του πνεύμονα* μετά από το κάπνισμα.

Π1.1.3.Υλικά και Μέθοδος:

1. Εφαρμογές μεθόδων ανίχνευσης α-ακτινοβολιών που προέρχονται από το ραδόνιο και τα θυγατρικά του παράγωγα :

Έχει εκπονηθεί θεωρητική μελέτη Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών για την κατασκευή και βαθμονόμηση μετρητή ραδονίου με βάση ανιχνευτές καταγραφής ιχνών. Η μελέτη βασίστηκε σε θεωρητικά μοντέλα εισόδου και διασποράς του ραδονίου. Επίσης έχει εκπονηθεί μελέτη Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών της απόκρισης του μετρητή στα βραχύβια θυγατρικά παράγωγα του ραδονίου.

Με βάση τα αποτελέσματα της θεωρητικής μελέτης, κατασκευάστηκαν μετρητές ραδονίου για χρήση σε κατοικήσιμους χώρους.

Έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών για τη βαθμονόμηση και μελέτη μετρητών ραδονίου και βραχύβιων θυγατρικών παραγώγων που υπάρχουν στο Περιβάλλον τύπου καταγραφής ιχνών. Για τις ανάγκες βαθμονόμησης χρησιμοποιήθηκε πρότυπος θάλαμος, ειδικά κατασκευασμένος για τη δημιουργία και παρακολούθηση πλήρως ελεγχόμενων ατμοσφαιρικών συνθηκών έκθεσης στο ραδόνιο και τα θυγατρικά του ισότοπα. Επισημαίνεται, ότι ο συγκεκριμένος θάλαμος αποτελεί έναν από τους ολίγους διαθέσιμους και διεθνώς αναγνωρισμένους θαλάμους τέτοιου τύπου. Η μέθοδος βαθμονόμησης που χρησιμοποιήθηκε στηρίχθηκε στη σταθεροποίηση της συγκέντρωσης του ραδονίου μέσα στο θάλαμο έκθεσης. Αυτό επετεύχθη με διαρκή αυτόματο έλεγχο καταλλήλων βαθμίδων εισόδου ραδονίου («πριονωτή» προσέγγιση). Στο θάλαμο βαθμονόμησης το εισερχόμενο ραδόνιο προήλθε από πηγή ^{226}Ra (Pylon 200A). Η συγκέντρωση του ραδονίου μέσα στο θάλαμο ελεγχόταν διαρκώς από κρύσταλλο NaI μόνιμα εγκατεστημένο σε αυτόν και ο οποίος υπολόγιζε τη συγκέντρωση των θυγατρικών του ραδονίου ^{214}Pb και ^{214}Bi . Για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν κατάλληλες μέθοδοι γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης. Επίσης έγινε χρήση ειδικών ενεργητικών μετρητών ραδονίου (Alpha Guard, Genitron L.td., EQF3020, Sarad Instruments, G.mb.) υψηλού κόστους.

Επιπρόσθετα, έχουν αναπτυχθεί ειδικές μέθοδοι Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών για την επεξεργασία ανιχνευτών καταγραφής ιχνών και για τη μέτρηση εξειδικευμένων παραμέτρων της φυσικής αυτών. Για την επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται κατάλληλο υδατόλουτρο σταθεροποίησης θερμοκρασίας, μέσω του οποίου γίνεται χημική επεξεργασία διάβρωσης των ανιχνευτών καταγραφής ιχνών σε διάλυμα NaOH 6N για ποικίλους χρόνους διάβρωσης. Η χημική διάβρωση αποκαλύπτει τις διελθούσες ακτινοβολίες του ραδονίου και των βραχυβίων θυγατρικών του παραγώγων, με τη μορφή ιχνών διαφόρων μορφών και δομών. Οι ανιχνευτές μετά την επεξεργασία τους καταμετρώνται. Σήμερα (2017) έχει αναπτυχθεί κατάλληλη βαθμονόμηση και έχει σταθεροποιηθεί η μεθοδολογία μέτρησης εξειδικευμένων παραμέτρων της φυσικής ανιχνευτών τύπου καταγραφής ιχνών. Οι σχετικές μετρήσεις πραγματοποιούνται εντός του ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ στο εγκατεστημένο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο. Μεταξύ 2012 και 2015, αναπτύχθηκε κατάλληλο λογισμικό επεξεργασίας και ανάλυσης των λαμβανομένων εικόνων καταγραφής ιχνών στην αναγνωρισμένη πλατφόρμα MATLAB/GNUOctave. Σήμερα (2017) βρίσκεται επίσης σε εξέλιξη ανάπτυξη σχετικού λογισμικού αυτοματοποιημένης καταμέτρησης ιχνών σωματιδίων α λόγω ραδονίου και θυγατρικών. Επισημαίνεται ότι από τις σχετικές ψηφιοποιημένες εικόνες, καθίσταται δυνατή η μέτρηση και διάκριση των ακτινοβολιών του ραδονίου και των θυγατρικών του παραγώγων. Το τελευταίο αυτό γεγονός αποτελεί έρευνα αιχμής στον τομέα των στερεών ανιχνευτών ακτινοβολιών.

Στο σημείο αυτό γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην εισαγωγή και χρήση Μεθόδων Monte Carlo για τη βαθμονόμηση της καταγραφικής ικανότητας των στερεών ανιχνευτών καταγραφής ιχνών τύπου CR-39. Η σχετική έρευνα είναι κανονικός και σύγχρονος (2015-) και έχει υλοποιηθεί με βάση τη διεθνώς αναγνωρισμένη πλατφόρμα MATLAB/GNU Octave. Ειδικά στοιχεία παρουσιάζονται στο **εδάφιο Π1.4.4.**

Για τις μετρήσεις ραδονίου και θυγατρικών παραγώγων στο εσωτερικό κλειστών χώρων έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης ενεργητικοί μετρητές. Έχουν χρησιμοποιηθεί οι ενεργητικοί μετρητές Alpha Guard της εταιρείας Genitron L.td. και EQF 3020 της εταιρείας Sarad Instruments. Ο ενεργητικός μετρητής Alpha Guard αποτελείται από ένα θάλαμο ιοντισμού. Το ραδόνιο εισέρχεται εντός του θαλάμου με το μηχανισμό της διάχυσης. Κατάλληλο φίλτρο εμποδίζει την είσοδο βραχύβιων θυγατρικών και άλλων ραδιενεργών σωματιδίων. Οι εκπεμπόμενες ακτινοβολίες από τις διασπάσεις του ραδονίου καταγράφονται από τον Alpha Guard με χρήση α-φασματομετρικών τεχνικών. Ο μετρητής Alpha Guard αποκρίνεται ανά μία ώρα ή ανά δέκα λεπτά. Ο μετρητής EQF 3020 μπορεί να μετρά το ραδόνιο και τα βραχύβια θυγατρικά του παράγωγα. Για τη μέτρηση του ραδονίου Περιβάλλοντος απομαστεύεται ραδόνιο για 10 λεπτά και καταμετρώνται οι εκπεμπόμενες ακτινοβολίες. Για τη μέτρηση των θυγατρικών, καταμετρώνται οι ακτινοβολίες περιβάλλοντος που οφείλονται στα εν λόγω θυγατρικά για μία ώρα. Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζονται οι συγκεντρώσεις των θυγατρικών που είναι είτε σε ελεύθερη μορφή ή έχουν επικαθήσει σε αιωρούμενα σωματίδια

Περιβάλλοντος. Στη συνέχεια εισέρχεται στο μετρητή κατάλληλο φίλτρο τύπου πλέγματος και καταμετρώνται για άλλη μία ώρα, οι ακτινοβολίες που οφείλονται μόνο στα βραχύβια θυγατρικά που είναι σε ελεύθερη μορφή. Με τον τρόπο αυτό καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός ραδονίου και θυγατρικών παραγώγων τόσο σε ελεύθερη κατάσταση όσο και σε δεσμευμένη.

Για μετρήσεις ραδονίου και θυγατρικών παραγώγων στο εδαφικό αέριο και το ύδωρ έχει χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιείται ο ενεργητικός μετρητής Alpha Guard της εταιρείας Genitron L.td. Επίσης σήμερα (2017) έχει ολοκληρωθεί σχετική μελέτη με χρήση μεθόδων Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών για τη χρήση παθητικών ανιχνευτών καταγραφής ιχνών στη μέτρηση ραδονίου στο ύδωρ. Επισημαίνεται ότι το συγκεκριμένο αντικείμενο έρευνας αποτελεί έρευνα αιχμής στον τομέα των στερεών ανιχνευτών ακτινοβολίας.

Για μετρήσεις ραδονίου στο εδαφικό αέριο με τον ενεργητικό μετρητή Alpha Guard χρησιμοποιείται κατάλληλη ράβδος διάνοιξης οπής στο έδαφος, εντός της οποίας τοποθετείται μικρής διαμέτρου καθετήρας. Η ράβδος με τον καθετήρα εισέρχεται εντός του εδάφους σε βάθος 1 m. Κατάλληλη αεροστεγής αντλία αέρα (Alpha Pump) απομαστεύει εδαφικό αέριο και το οδηγεί στο εσωτερικό του Alpha Guard με τη βοήθεια ελαστικών σωληναρίων που δεν επιτρέπουν τη διαφυγή ραδονίου με ρυθμό $1 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$. Ο μετρητής φέρει έξοδο στα πλάγια η οποία είτε παραμένει ανοικτή είτε συνδέεται με σαμπρέλα ποδηλάτου όγκου 2 L μέσω

σωληναρίου. Ειδικά φίλτρα κατακρατούν την υγρασία, τα σωματίδια και λοιπά ραδιενεργά στοιχεία ώστε να μην εισέλθουν στο μετρητή.

Έχει εισαχθεί ειδική μέθοδος Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών για τη διάκριση μεταξύ ραδονίου (^{222}Rn) και θορονίου (^{220}Rn) στο εδαφικό αέριο. Για την επίτευξη αυτού, μετά την συνεχή απομάστευση εδαφικού αερίου για χρονικό διάστημα 10 λεπτών, παύει η λειτουργία της αντλίας και αφήνεται ο μετρητής Alpha Guard χωρίς καμία εξωτερική παρέμβαση. Λόγω του μικρού χρόνου φυσικού υποδιπλασιασμού του θορονίου (55s) το θορόνιο διασπάται εντός 5 λεπτών και ο μετρητής Alpha Guard καταμετρά ακτινοβολίες μόνο του ραδονίου. Το έτος 2008 εισήχθη νέα μέθοδος Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών για το διαχωρισμό ραδονίου και θορονίου η οποία εφαρμόστηκε σε σταθμό μέτρησης εδαφικού αερίου εγκατεστημένο στην Αμαλιάδα Ηλείας, για τη μελέτη των πρόδρομων σημάτων ραδονίου πριν τη δημιουργία σεισμών. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, χρησιμοποιήθηκε σωληνάριο 25 m από κατάλληλο υλικό αντί των σωληναρίων που κανονικά χρησιμοποιούνται. Λόγω του μικρής διαδρομής διάχυσης του θορονίου, όλο το θορόνιο διασπάται πριν εισέλθει στο μετρητή Alpha Guard, με αποτέλεσμα να καταμετρώνται ακτινοβολίες μόνο του ραδονίου. Η νέα μέθοδος έχει ελεγχθεί για την απόκρισή της με την προηγούμενη.

Για τις μετρήσεις ραδονίου στο εδαφικό αέριο με παθητικούς ανιχνευτές καταγραφής ιχνών, χρησιμοποιείται κατάλληλη κυλινδρική γεωμετρία εγκλεισμού από υλικό πολυαιθυλένιο. Ο σχεδιασμός της γεωμετρίας επιτρέπει τη δίοδο

ραδονίου στο εσωτερικό και την καταμέτρηση των ακτινοβολιών που προέρχονται από το ραδόνιο, εμποδίζει όμως τη δίοδο θυγατρικών ραδονίου, θορονίου και θυγατρικών και γενικά άλλων φυσικών ραδιενεργών στοιχείων τα οποία υπάρχουν στο έδαφος. Για την εγκατάσταση, διανοίγεται οπή βάθους 60 cm σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, και οι μετρητές (εγκλεισμένο 1 εντός της γεωμετρίας) τοποθετούνται στο έδαφος. Οι μετρητές παραμένουν στο έδαφος για 2 εβδομάδες. Στη συνέχεια εξάγονται και καταμετρώνται με ήδη περιγραφείσες μεθόδους. Η απόκριση των παθητικών μετρητών τύπου καταγραφής ιχνών έχει ελεγχθεί σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες καταγραφές του ενεργητικού μετρητή Alpha Guard.

Για τις μετρήσεις ραδονίου στο ύδωρ με τον ενεργητικό μετρητή Alpha Guard χρησιμοποιείται κατάλληλη πειραματική διάταξη. Η διάταξη αποτελείται από ένα δοχείο εξαερίωσης (degassing vessel), από ένα δοχείο ασφαλείας (security vessel) και μία αεροστεγή αντλία αέρα (Alpha Pump) συνδεδεμένα μεταξύ τους και με τον Alpha Guard σε κύκλωμα κλειστής κυκλοφορίας με τη βοήθεια κατάλληλων πλαστικών σωληναρίων που δεν επιτρέπουν τη διαφυγή ραδονίου. Καθώς η αντλία τίθεται σε λειτουργία, κυκλοφορεί τον αέρα στο εσωτερικό της διάταξης εξαναγκάζοντας το διαλυμένο ραδόνιο στο νερό σε εξαερίωση.

Η ακρίβεια στον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του ραδονίου στο ύδωρ εξαρτάται ιδιαίτερω από τη διαδικασία δειγματοληψίας. Επειδή το ραδόνιο είναι χημικά αδρανές αέριο, μπορεί εύκολα να διαφύγει από το νερό κατά τη διάρκεια

της δειγματοληψίας, της μεταφοράς και της μετάγγισης του για μέτρηση. Είναι επομένως απαραίτητη η πολύ προσεκτική προετοιμασία του δείγματος.

Για τη λήψη και μεταφορά των δειγμάτων χρησιμοποιούνται ειδικές κυλινδρικές υάλινες φιάλες όγκου 200 mL και 500 mL. Ειδικά υάλινα πώματα, μονωτικοί δακτύλιοι και ειδικοί σφιγκτήρες ασφαλείας χρησιμοποιούνται για τον αεροστεγή εγκλεισμό και τη μεταφορά των δειγμάτων.

Για τη δειγματοληψία από βρύσες, η βρύση παραμένει ανοικτή για 10 λεπτά πριν τη λήψη του δείγματος. Η φιάλη γεμίζει πλήρως κάτω από τη ροή του ύδατος της βρύσης, για την αποφυγή σχηματισμού φυσαλίδων. Για τη δειγματοληψία επιφανειακού νερού η φιάλη βυθίζεται σε βάθος 0.5 m και γεμίζει πλήρως κάτω από την επιφάνεια του νερού, για την αποφυγή σχηματισμού φυσαλίδων. Λαμβάνεται μέριμνα ώστε ο χρόνος μεταξύ δειγματοληψίας και μέτρησης να είναι μικρότερος από 24 ώρες.

Για την ελαχιστοποίηση της διαφυγής του ραδονίου η μετάγγιση γίνεται με κατάλληλη σύριγγα με ειδικά προσαρμοζόμενο ρύγχος. Πριν από τη μετάγγιση και μέτρηση του δείγματος λαμβάνεται μέριμνα για την ελαχιστοποίηση της συγκέντρωσης του ραδονίου στη διάταξη. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται συσκευή με φίλτρο ενεργού άνθρακα (active coal filter cartridge) παρεμβαλλόμενη στη μετρητική διάταξη.

Πριν από τη μέτρηση προσδιορίζεται η συγκέντρωση του ραδονίου μέσα στη διάταξη. Για το σκοπό αυτό ο αέρας στο εσωτερικό της διάταξης τίθεται σε κυκλοφορία με την αντλία Alpha Pump με ρυθμό $1 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ μέχρι η καταγραφόμενη συγκέντρωση να γίνει μικρότερη των $(5\pm 2) \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Ο συνήθης χρόνος λειτουργίας για την επίτευξη αυτού είναι 15 min .

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης του ραδονίου στο νερό υλοποιείται με βάση την εξίσωση

$$C_{\text{ύδωρ}} = 10^{-3} \cdot \left[\left(C \cdot \frac{V_{\text{Συστήματος}} - V_{\text{Δείγματος}}}{V_{\text{Συστήματος}}} + k \right) - C_0 \right] \quad (1)$$

όπου $C_{\text{ύδωρ}}$ είναι η συγκέντρωση ραδονίου στο νερό σε $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$, C η καταγραφόμενη συγκέντρωση από τον Alpha Guard σε $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, C_0 η αρχική συγκέντρωση ραδονίου στο εσωτερικό της διάταξης σε $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, $V_{\text{Συστήματος}}$ ο εσωτερικός όγκος διάταξης σε mL , $V_{\text{Δείγματος}}$ ο όγκος του υδάτινου δείγματος σε mL και k ο συντελεστής διάχυσης ραδονίου στο νερό. Ο συντελεστής διάχυσης ραδονίου στο νερό σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία προσδιορίζεται από την εμπειρική συνάρτηση

$$k = 0.106 + 0.405 \cdot e^{-0.052 \cdot \theta} \quad (2)$$

όπου θ η θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$.

Οι πηγές σφαλμάτων της μεθόδου είναι η αβεβαιότητα στον προσδιορισμό του όγκου του δείγματος ($\pm 2 \text{ mL}$), του συστήματος ($\pm 1 \text{ mL}$), το σφάλμα μέσης τιμής από τη μέτρηση του Alpha Guard, το σφάλμα γραμμικής απόδοσης Alpha Guard

(< 3%), το σφάλμα συντελεστή βαθμονόμησης Alpha Guard (3%) και το σφάλμα εσωτερικής μόλυνσης Alpha Guard ($<1 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$). Οι συγκεντρώσεις διορθώνονται σύμφωνα με το χρόνο που είχε περάσει μεταξύ χρόνου δειγματοληψίας και χρόνου μέτρησης σύμφωνα με την εξίσωση $C=C_0\cdot e^{-\lambda t}$.

Για τις μετρήσεις ραδονίου στο ύδωρ με παθητικούς ανιχνευτές τύπου καταγραφής ιχνών, τοποθετούνται οι μετρητές ελεύθεροι εντός συγκεκριμένης ποσότητας ύδατος. Οι μετρητές αφήνονται για χρονικό διάστημα 2 εβδομάδων. Στη συνέχεια εξάγονται, υφίστανται χημική επεξεργασία και καταμετρώνται με ήδη περιγραφείσες μεθόδους Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών. Η απόκριση των μετρητών έχει ελεγχθεί σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες αποκρίσεις του ενεργητικού μετρητή Alpha Guard.

II. Χρήση μεθόδων του εδαφίου Π1.1.3.1 για την καταγραφή των συγκεντρώσεων του φυσικού ραδιενεργού αερίου ραδονίου και των θυγατρικών του:

(i) Στις κατοικίες της Ελλάδας

Έχει ήδη σχεδιαστεί και υλοποιηθεί επισκόπηση συγκεντρώσεων ραδονίου ευρείας κλίμακας, σε κατοικίες της Νότιου Ελλάδος με χρήση μετρητών ραδονίου τύπου καταγραφής ιχνών. Οι μετρήσεις συγκεντρώσεων ραδονίου στην Ελλάδα διενεργήθηκαν με τις πειραματικές διατάξεις που αναπτύχθηκαν στο εδάφιο Π1.1.3.1. Επίσης, σε επιλεγμένες κατοικίες έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις Ακτινοβολιών ραδονίου και βραχύβιων θυγατρικών Περιβάλλοντος με χρήση

ενεργητικών μετρητών. Έχουν χρησιμοποιηθεί οι μετρητές Alpha Guard της εταιρείας Genitron L.td. EQF 3023 της εταιρείας Sarad Instruments.

Η Νότιος Ελλάδα οριοθετήθηκε στα γεωγραφικά διαμερίσματα, Κρήτης Πελοποννήσου και Αττικής. Ο σχεδιασμός της επισκόπησης βασίστηκε στο διοικητικό χωρισμό της χώρας που ακολουθείται από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος (ΕΣΥΕ). Για την υλοποίηση αναπτύχθηκε κατάλληλο λογισμικό, το οποίο αφού υπολόγισε τα στατιστικά στοιχεία που δεν υπήρχαν, κατένειμε συγκεκριμένες θέσεις δειγματοληψίας με βάση το ποσοστό των κατοικιών κάθε επιπέδου διοικητικού χωρισμού της ΕΣΥΕ, σε σχέση με το ανώτερο επίπεδό του. Ο τρόπος αυτός εξασφάλισε: (i) τη δημιουργία αντιπροσωπευτικού δείγματος προς μέτρηση και (ii) τη γεωγραφική κάλυψη όλων των κατοικημένων περιοχών.

Επίσης έχουν σχεδιασθεί και υλοποιηθεί μετρήσεις συγκεντρώσεων ραδονίου και βραχυβίων θυγατρικών του παραγώγων σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και την Κύπρο. Συνολικά έχουν διερευνηθεί περίπου 500 κατοικίες ευρισκόμενες σε περιοχές εκτός της Νοτίου Ελλάδας και 100 κατοικίες της Κύπρου. Για τις μετρήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο μετρητές τύπου καταγραφής ιχνών, όσο και οι ενεργητικοί μετρητές Alpha Guard και EQF3020.

(ii) Στο εδαφικό αέριο και το ύδωρ διαφόρων τοποθεσιών.

Έχουν ληφθεί μετρήσεις εδαφικού αερίου και υδάτων σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και της Κύπρου. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν για τις ανάγκες δοσιμετρικών εκτιμήσεων. Υπό το ίδιο πρίσμα, έχουν επίσης μελετηθεί αρκετές περιπτώσεις υπογείων και ιαματικών υδάτων. Έχουν συνολικά ληφθεί και αναλυθεί πάνω από 300 δείγματα υδάτων.

Εκτενείς μέθοδοι μέτρησης ραδονίου εδαφικού αερίου με ενεργητικές και παθητικές τεχνικές καθώς και σχετικών αναλύσεων παρουσιάζονται παρακάτω.

(iii) Σε διάφορες ιαματικές λουτροπηγές.

Έχουν μελετηθεί όλες οι ιαματικές λουτροπηγές στη νήσο Λέσβο, της περιοχής της Αιδηψού, Λουτρακίου και Ικαρίας. Στις λουτροπηγές αυτές έχουν γίνει μετρήσεις ραδονίου και βραχύβιων θυγατρικών παραγώγων στους εσωτερικούς χώρους των λουτρών τους με τις μεθόδους που περιγράφηκαν στο εδάφιο **Π1.1.3.III**. Επίσης έχουν ληφθεί μετρήσεις ιαματικών υδάτων με μεθόδους που περιγράφηκαν στο εδάφιο **Π1.1.3.II**.

Επίσης έχουν χρησιμοποιηθεί μέθοδοι Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών που περιγράφηκαν στα εδάφια **Π1.1.3.I** και **Π1.1.3.II**. για τη μέτρηση ραδονίου και θυγατρικών παραγώγων Περιβάλλοντος στους εσωτερικούς χώρους και τα ύδατα ιαματικών λουτροπηγών σε συνδυασμό με διάφορα πρωτόκολλα σταθεροποίησης παραγόντων, όπως για παράδειγμα να διατηρούνται όλες οι πόρτες και όλα τα παράθυρα κλειστά στους χώρους ιαματικών λουτροπηγών ή

να παραμένουν όλα ανοικτά. Παράλληλα έχουν χρησιμοποιηθεί κατάλληλα όργανα μέτρησης σχετικών ατμοσφαιρικών παραμέτρων, όπως η ατμοσφαιρική πίεση, η σχετική υγρασία, η κατανομή αιωρούμενων σωματιδίων, οι διαφορές πίεσης εξωτερικού και εσωτερικού χώρου, ο ρυθμός εξαερισμού κ.α.

Επιπρόσθετα, το έτος 2007 αναπτύχθηκε και ελέγχθηκε μοντέλο περιγραφής των μεταβολών της συγκέντρωσης του ραδονίου και των θυγατρικών του παραγώγων σε ιαματικές λουτροπηγές με έμφαση στη δοσιμετρία επισκεπτών και προσωπικού. Το μοντέλο ελέγχθηκε με την ανάπτυξη καταλλήλων πειραματικών διατάξεων και τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών.

Το έτος 2008 επίσης αναπτύχθηκε θεωρητικό μοντέλο πρόβλεψης των μεταβολών συγκέντρωσης θυγατρικών ραδονίου σε ιαματικές λουτροπηγές και πραγματοποιήθηκε έλεγχος με την ανάπτυξη καταλλήλων πειραματικών διατάξεων Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών.

Τα παραπάνω μοντέλα εφαρμόστηκαν επίσης στις λουτροπηγές Λουτρακίου (2010) και Ικαρίας (2013).

III. Εισαγωγή και χρήση μεθόδων Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών για τη μελέτη των παραγόντων που επιδρούν στη συγκέντρωση του ραδονίου σε κλειστούς χώρους.

Αρχικά είχαν επιλεγεί κατάλληλα 120 κατοικίες σε όλη την επικράτεια σε τοποθεσίες που είχαν υψηλές συγκεντρώσεις ραδίου εδαφικού αερίου σύμφωνα με δημοσιευμένες μετρήσεις φυσικής ραδιενέργειας εδαφών στην Ελλάδα, οι οποίες είχαν διενεργηθεί από το τότε Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π. Στις κατοικίες αυτές τοποθετήθηκαν μετρητές ραδονίου και συγχρόνως συνελέγησαν δείγματα χώματος επιφανειακού εδάφους της περιοχής των κατοικιών, για το σχηματισμό πειραματικών ζευγών μετρήσεων συγκεντρώσεων ραδονίου κατοικιών και ραδίου επιφανειακού χώματος.

Στη συνέχεια επελέγησαν 250 κατοικίες της Αττικής και εφαρμόστηκαν συγκεκριμένα πρωτόκολλα *Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών* για τον έλεγχο της συγκέντρωσης του ραδονίου σε αυτές. Συγκεκριμένα επελέγησαν ισόγειες κατοικίες και κατοικίες 1^{ου} και 4^{ου} ορόφου κτιρίων, τοποθετήθηκαν παθητικοί μετρητές και κατεγράφησαν οι διάφοροι παράγοντες που επιδρούν στη συγκέντρωση του ραδονίου. Επίσης, σε 100 επιλεγείσες κατοικίες ακολούθησε έλεγχος με τον ενεργητικό ανιχνευτή Alpha Guard. Εφαρμόστηκε η μέθοδος unpaired t-test και η μέθοδος μέθοδος της Ανάλυσης της Μεταβλητότητας ενός παράγοντα (One Way ή Single Factor Analysis Of Variance-ANOVA) για τη στατιστική ανάλυση στα δεδομένα που ελήφθησαν. Οι παράγοντες που ελέγχθηκαν ήταν η απόσταση της κατοικίας από το έδαφος, η θέση του μετρητή στο δωμάτιο, τα οικοδομικά υλικά, ο τύπος του κτιρίου, του πατώματος, η ύπαρξη υπογείου, η περίοδος κατασκευής, η επαφή με άλλα κτίρια και ο μηχανικός εξαερισμός.

Στη συνέχεια από το πλήρες δείγμα κατοικιών της Ελλάδας αναλύθηκαν στατιστικώς οι συνεπιδράσεις των παραγόντων που προέκυψαν από τα πλήρως συμπληρωμένα ερωτηματολόγια που συγκεντρώθηκαν (963 ερωτηματολόγια επί συνόλου 1137).

Οι παράγοντες που αναλύθηκαν για κάθε μετρούμενη κατοικία, είναι αυτοί είχαν καταγραφεί στα ερωτηματολόγια. Οι παράγοντες αυτοί καθώς και οι επιμέρους κατηγορίες καθενός παράγοντα, παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα. Εδαφολογικά στοιχεία δεν ελήφθησαν υπόψιν.

Σήμερα (2017) έχει ολοκληρωθεί μελέτη των συσχετίσεων των διαφόρων παραγόντων που επιδρούν στη συγκέντρωση του ραδονίου των κατοικιών με χρήση Πολυ-μεταβλητής (multi-variate) και Πολυ-παραγοντικής (multi-factorial) Στατιστικής με βάση τα πλήρη στοιχεία της Ελλάδας. Το έργο εξελίχθηκε σε συνεργασία ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ, με το Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Έχουν χρησιμοποιηθεί οι παρακάτω στατιστικές μέθοδοι : (α) Μονοδιάστατη και πολυδιάστατη ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), (β) Ανάλυση Γραμμικής Παλινδρόμησης, (γ) Γενική Πολυμεταβλητή Ανάλυση διακύμανσης (MANOVA), (δ) Σταδιακή Ανάλυση Παλινδρόμησης (stepwise regression analysis), (ε) Ανάλυση Κυρίων Παραγόντων (Principal Component Analysis). Οι παραπάνω μέθοδοι εφαρμόστηκαν για τη μελέτη των παρακάτω παραγόντων: (Α) περιοχή, (Β) όροφος οικίας, (Γ) Είδος εδάφους έδρασης

οικοδομής, (Δ) Ύπαρξη υπογείου, (Ε) Έτος ανέγερσης, (ΣΤ) Ύπαρξη μεσοτοιχίας, (Ζ) Υλικά τοιχοποιίας και (Η) Υλικά πατώματος.

Πίνακας 1: Περιγραφή παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν τη συγκέντρωση ραδονίου και των κατηγοριών τους

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟ ΥΛΙΚΟ
Υπόγειες	Τούβλο
- πλήρως κάτω από το έδαφος	Τσιμεντόλιθος
	Πέτρα
Ισόγειες	Πλίνθος
- στο ίδιο επίπεδο με το έδαφος	Ξύλο
- σε επικλινές έδαφος	Σκυρόδεμα (Μπετόν)
- υπερυψωμένες από το επίπεδο του εδάφους	
Πρώτου ορόφου	
- πάνω από επίπεδο έδαφος	
- σε επικλινές έδαφος	
Δεύτερου ορόφου	
Τρίτου ορόφου	
Ανώτερου ορόφου	
ΤΥΠΟΣ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΠΑΤΩΜΑΤΟΣ
Μονοκατοικία	Τσιμέντο
Διπλοκατοικία	Πλακάκια
Μεζονέτα	Μωσαϊκό

Πολυκατοικία	Ξύλο
	Μάρμαρο
ΥΠΟΓΕΙΟ	ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ
Πλήρης κάλυψη – κατοικίας	Πριν 1900
Μερική κάλυψη-ορισμένων δωματίων	1901-50
Έλλειψη	1951-80
	1981-
ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΑΛΛΑ ΚΤΙΡΙΑ	ΤΕσωτερικών ΧώρωνΝΗΤΟΣ
	ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ
Τρεις	Υπαρξη
Δύο	Έλλειψη
Μία	
Καμία	

IV. Χρήση μεθόδων Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών για τη μελέτη περιοχών με αυξημένες συγκεντρώσεις ραδονίου Περιβάλλοντος.

Έχουν εφαρμοσθεί και συνεχίζουν να εφαρμόζονται οι μέθοδοι που περιγράφηκαν στα εδάφια **Π1.1.1.3.I** και **Π1.1.1.3.III**. Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν προσδιορισμό ραδονίου και βραχύβιων θυγατρικών Περιβάλλοντος σε κατοικίες, προσδιορισμό ραδονίου στο εδαφικό αέριο και το ύδωρ, μελέτη παραγόντων που επιδρούν στη συγκέντρωση του ραδονίου και εφαρμογή μεθόδων εκτίμησης έκθεσης και κινδύνου. Επιπρόσθετα, έχουν λάβει και λαμβάνουν χώρα μετρήσεις συγκεντρώσεων ραδονίου και θορονίου στο εδαφικό αέριο.

Έχουν ήδη ανιχνευθεί και μελετηθεί δύο περιοχές της Ελλάδας με ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις ραδονίου κατοικιών.

V. Προσομοίωση μεταβολών συγκεντρώσεων ραδονίου με χρήση

(i) Θεωρίας Χάους

Ο εκθέτης Hurst (H) είναι μια μαθηματική ποσότητα που μπορεί να ανιχνεύσει εξαρτήσεις μεγάλου εύρους χρονοσειρών. Μέσω του εκθέτη Hurst μπορεί να εκτιμηθεί η χρονική ομαλότητα μιας χρονοσειράς και να αναζητηθεί αν το συναφές φαινόμενο είναι μια χρονοσειρά φράκταλ. Ο εκθέτης Hurst εισήχθη αρχικώς για μελέτες υδρολογίας. Έχει χρησιμοποιηθεί όμως σε πολλούς άλλους τομείς έρευνας, όπως για παράδειγμα, στα ίχνη της κυκλοφορίας των οχημάτων, τις αναταράξεις πλάσματος, τα γεωμαγνητικά πεδία ULF, την κλιματική δυναμική, τη μελέτη πρόδρομων σημάτων επιληπτικών κρίσεων, την αστρονομία, την αστροφυσική και την οικονομία. Τιμές εκθέτη H μεταξύ $0,5 < H < 1$ είναι πρόδηλες μακροπρόθεσμης θετικής αυτοσυσχέτισης σε χρονολογικές σειρές. Αυτό σημαίνει ότι μια υψηλή παρούσα τιμή θα ακολουθείται, ενδεχομένως, από μια υψηλή μελλοντική τιμή και αυτή η τάση θα διαρκέσει για αξιοσημείωτες μελλοντικές χρονικές περιόδους (εμμονή). Τιμές εκθέτη H μεταξύ $0 < H < 0,5$ υποδεικνύουν χρονοσειρά με μακροχρόνια εναλλαγή μεταξύ υψηλών και χαμηλών τιμών. Δηλαδή, μια υψηλή παρούσα τιμή θα ακολουθείται, ενδεχομένως, από χαμηλή μελλοντική τιμή, ενώ η επόμενη μελλοντική τιμή θα

είναι υψηλή και αυτή η αλλαγή θα διαρκέσει για πολύ καιρό στο μέλλον (αντί-εμμονή). Η τιμή $H=0.5$ συνεπάγεται πλήρως ασυσχέτιστες χρονοσειρές.

Η πλέον κλασική μέθοδος για τον υπολογισμό εκθετών Hurst είναι η ανάλυση κλιμακούμενου εύρους (rescaled range) (R/S), ή όπως αναφέρεται συχνά, ανάλυση R/S . Σύμφωνα με τη μέθοδο R/S , μία φυσική εγγραφή στο χρόνο,

$X(N)=x(1), x(2), \dots, x(N)$ μετασχηματίζεται σε μία νέα μεταβλητή $y(n, N)$ εντός μίας χρονικής περιόδου $n(n=1,2,\dots, N)$ από τη μέση τιμή,

$$\langle x \rangle_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i), \text{ στη διάρκεια μιας περιόδου } N \text{ μονάδων χρόνου. Η}$$

μεταβλητή $y(n, N)$ καλείται αθροιστική αναχώρηση (accumulated departure) της φυσικής εγγραφής στο χρόνο. Ο μετασχηματισμός γίνεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$y(n, N) = \sum_{i=1}^n (x(i) - \langle x \rangle_N) \quad (3)$$

Το κλιμακούμενο εύρος υπολογίζεται από τη σχέση (2) :

$$R/S = \frac{R(n)}{S(n)} \quad (4)$$

Το εύρος $R(n)$ στη σχέση (4) ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής της $y(n, N)$ ως :

$$R(n) = \max_{1 \leq n \leq N} y(n, N) - \min_{1 \leq n \leq N} y(n, N) \quad (5)$$

Η τυπική απόκλιση $S(n)$ στη σχέση (4) υπολογίζεται ως :

$$S(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x(i) - \langle x \rangle_N)^2} \quad (6)$$

Ο λόγος R/S αναμένεται να ακολουθεί νόμο δύναμης με βάση τη διαμέριση n δηλαδή αναμένεται να ισχύει ότι

$$\frac{R(n)}{S(n)} = C \cdot n^H \quad (7)$$

όπου H είναι ο εκθέτης Hurst και C είναι μία σταθερά αναλογίας.

Ο λογαριθμικός μετασχηματισμός της σχέσης (7) είναι μία γραμμική σχέση

$$\log\left(\frac{R(n)}{S(n)}\right) = \log(c) + H \cdot \log(n) \quad (8)$$

όπου ο δείκτης H υπολογίζεται ως η καλύτερη κλίση της ευθείας της (8).

(ii) Πλατφόρμας NIST CONTAM

Είναι πλέον επιστημονικά αποδεκτό ότι η μόλυνση της ατμόσφαιρας αποτελεί μία μόνο παράμετρο του γενικότερου προβλήματος της ποιότητας του εισπνεόμενου αέρα και των επιπτώσεων αυτής στον άνθρωπο. Το αντικείμενο αυτό εντάσσεται στο γενικότερο της Ποιότητας του Αέρα (Air Quality-AQ). Η Ποιότητα Αέρα και ιδιαίτερα η Ποιότητα του Αέρα Εσωτερικών χώρων (Indoor Air Quality-IAQ) είναι ένα ενεργό πεδίο της έρευνας που, μεταξύ άλλων, ασχολείται με τις επιπτώσεις στην υγεία του Ανθρώπου που προκαλούν οι ατμοσφαιρικοί ρύποι και ιδιαίτερα αυτοί των εσωτερικών χώρων. Με το όρο ατμοσφαιρικοί ρύποι, νοούνται τόσο οι Φυσικοί Αέριοι Ρύποι (ΦΑΡ) όσο και οι Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι (Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι). Στην κατηγορία των ΦΑΡ οι κυριότεροι εκπρόσωποι είναι το φυσικό ραδιενεργό αέριο ραδόνιο και τα θυγατρικά του ισότοπα. Στους Τεχνητοί Αέριοι

Ρύποι ανήκουν διάφοροι ΑΡ όπως τα SO_x, CO_x, NO_x, O₃, PM_{2.5}, PM₁₀, C, οι πτητικές αέριες ενώσεις (Volatile Organic Compounds-VOCs) κ.α.

Διάφοροι ερευνητές και διεθνείς οργανισμοί ασχολούνται με την ΠΑ. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στους Εσωτερικών Χώρων, διότι εκεί ο άνθρωπος περνά έως και 80% του χρόνου του. Στους Εσωτερικών Χώρων ο άνθρωπος εκτίθεται σε ποικιλία ΑΡ που συχνά ανιχνεύονται σε υψηλές συγκεντρώσεις συγκριτικά με τις αντίστοιχες του ατμοσφαιρικού αέρα. Οι σχετικές μελέτες ΠΑ και ΠΑ-Εσωτερικών Χώρων επιχειρούν την αξιολόγηση με βάση τη διακίνηση και συγκέντρωση ΑΡ και ΑΡ-Εσωτερικών Χώρων συνδυαστικά με παράγοντες, όπως είναι οι περιβαλλοντικοί (πίεση, υγρασία, θερμοκρασία), τα προσθετικά, συνεργιστικά και ανταγωνιστικά αποτελέσματα μεταξύ διαφόρων ΑΡ, οι οικοτοξικές συνέπειες, οι τεχνικές οικοδόμησης, η ελάττωση της ανανέωσης του αέρα Εσωτερικών Χώρων με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας κ.α. Αξιοσημείωτα είναι επίσης τα αποτελέσματα των ερευνών αναφορικά με τα επιθετικά αποτελέσματα στην υγεία (adverse health effects) τα οποία εμφανίζονται ακόμη και για χαμηλά επίπεδα ΑΡ όπως αυτά που συνήθως συναντώνται στου τόπους και χώρους διαβίωσης του ανθρώπου.

Είναι σαφώς διαπιστωμένο ότι η έκθεση σε ΦΑΡ και Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι, ακόμη και σε επίπεδα που συνήθως ανιχνεύονται σε χώρους διαβίωσης ανθρώπων, αποτελούν αιτία πρόκλησης καρκίνου ή ακόμη και γενετικών βλαβών

και, όπως αναφέρθηκε, αποτελούν αιτία πρόωρων θανάτων καθώς και επιθετικών αποτελεσμάτων στην υγεία.

Πρώτο στάδιο στην εκτίμηση των αποτελεσμάτων στην υγεία λόγω της παρουσίας ΦΑΡ και Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι, είναι οι μετρήσεις καταλλήλων μεγεθών τόσο στον αέρα όσο και σε Εσωτερικών Χώρων. Οι μετρήσεις μπορούν να γίνονται πιλοτικά ή με μορφή επισκόπησης. Οι πιλοτικές μετρήσεις επαναλαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα για τον έλεγχο της επαναληψιμότητας και την ανίχνευση πιθανών εποχιακών διακυμάνσεων και μπορούν να περιλαμβάνουν και ενεργητικές μετρήσεις διαρκούς παρακολούθησης. Οι τελευταίες, όπως και οι μετρήσεις επισκόπησης, είναι πολύ υψηλού κόστους και απαιτούν την ύπαρξη εξειδικευμένου, και πολλές φορές, μόνιμα εγκατεστημένου εξοπλισμού. Σε δεύτερο στάδιο γίνεται η εκτίμηση του κινδύνου από την έκθεση σε ΦΑΡ και Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι. Η εκτίμηση μπορεί να γίνεται με χρήση έγκυρων πακέτων ή με ανάπτυξη μοντέλων και προσομοιώσεων στη βάση της διεθνούς βιβλιογραφίας. Η εκτίμηση της έκθεσης και των σχετικών κινδύνων αποτελεί και το βασικό στόχο των διαφόρων μετρήσεων.

Σήμερα εκτενής αναφορά γίνεται επίσης στο μοντέλο CONTAMW το οποία χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση έκθεσης από επιλεγμένους ΦΑΡ και Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι. Το CONTAMW είναι ένα πολυζωνικό μοντέλο ΠΑ Εσωτερικών Χώρων το οποίο είναι κατασκευασμένο ώστε να επιτυγχάνεται ο καθορισμός των

κάτωθι: α) Ροής αέρα: εισροής (infiltration), απορροής (exfiltration) γενικών ροών οφειλόμενων σε μηχανισμούς δημιουργίας υποπιέσεων, σε άνεμο και σε θερμοκρασιακές αναστροφές μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα.β) Συγκεντρώσεων Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι: Επίδραση των α) στις συγκεντρώσεις Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι, επιδράσεις των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών κ.λπ. γ) Έκθεση διαμενόντων στον Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι.

Η έρευνα στο παρόν εδάφιο αποσκοπεί να διερευνήσει την κατάσταση των ΦΑΡ και Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι τυπικών Εσωτερικών Χώρων για την Ελλάδα. Προς τούτο, διερευνώνται ΦΑΡ και Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), η αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη (PM_{2.5}), το ραδόνιο (²²²Rn), φορμαλδεΐδη (CH₂O) κ.α. Για το σκοπό αυτό προτυποποιούνται τυπικοί Εσωτερικών Χώρων και σχεδιάζονται εντός του μοντέλου CONTAMW. Στη συνέχεια εφαρμόζονται διάφορα σενάρια αρχικών συνθηκών και σχετιζόμενων περιβαλλοντικών παραμέτρων στη βάση μετρήσεων και δημοσιευμένων δεδομένων. Εν συνεχεία υπολογίζονται κατανομές συγκεντρώσεων εντός επιλεγμένων Εσωτερικών Χώρων και υπολογίζεται η επίπτωση στους ανθρώπους που διαμένουν εντός των υπό μελέτη Εσωτερικών Χώρων.

Π1.1.3.Αποτελέσματα και συζήτηση:

Ι. Εφαρμογές μεθόδων ανίχνευσης α-ακτινοβολιών που προέρχονται από το ραδόνιο και τα θυγατρικά του παράγωγα

Σχετικά με τη θεωρητική μελέτη Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών της απόκρισης της κατασκευής και της βαθμονόμησης μετρητή ραδονίου του Περιβάλλοντος βασισμένου σε ανιχνευτές καταγραφής ιχνών, αυτή βασίστηκε σε θεωρητικά μοντέλα εισόδου και διασποράς του ραδονίου και υπέδειξε την καταλληλότερη γεωμετρία μετρητών από όλες τις διερευνηθείσες γεωμετρίες. Χρησιμοποιήθηκε κυλινδρική γεωμετρία με χρήση κατάλληλου φίλτρου από ίνες χάρτου. Η θεωρητική μελέτη υπέδειξε ότι οι μετρητές ραδονίου τύπου καταγραφής ιχνών αποκρίνονται εκθετικά με το χρόνο και γραμμικά με την έκθεση. Τα παραπάνω συμπεράσματα ελέγχθησαν και πειραματικά. Η πειραματική μελέτη απέδειξε την ισχύ της θεωρητικής μελέτης. Ευρέθη ότι οι μετρητές ραδονίου τύπου καταγραφής ιχνών που χρησιμοποιήθηκαν, αποκρίνονται εκθετικά με το χρόνο και γραμμικά με την έκθεση. Ένα σημαντικό πειραματικό πρόβλημα που ανέκυψε και επιλύθηκε ήταν η ακρίβεια υπολογισμού των δεδομένων της έκθεσης καθώς και η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων ραδονίου στους θαλάμους έκθεσης. Υπεδείχθη στη διεθνή βιβλιογραφία, η «πριονωτή» προσέγγιση σταθερής ακτινοβόλησης η οποία εφαρμόσθηκε και ελέγχθηκε πειραματικά. Το σημαντικό εύρημα του σχετικού έργου ήταν η απόδειξη της γραμμικής απόκρισης των ανιχνευτών καταγραφής ιχνών με την έκθεση και η εύρεση του συντελεστή μετατροπής έκθεσης σε συγκέντρωση ραδονίου περιβάλλοντος. Η γραμμική απόκριση απεδείχθη μετά από επτά (7)

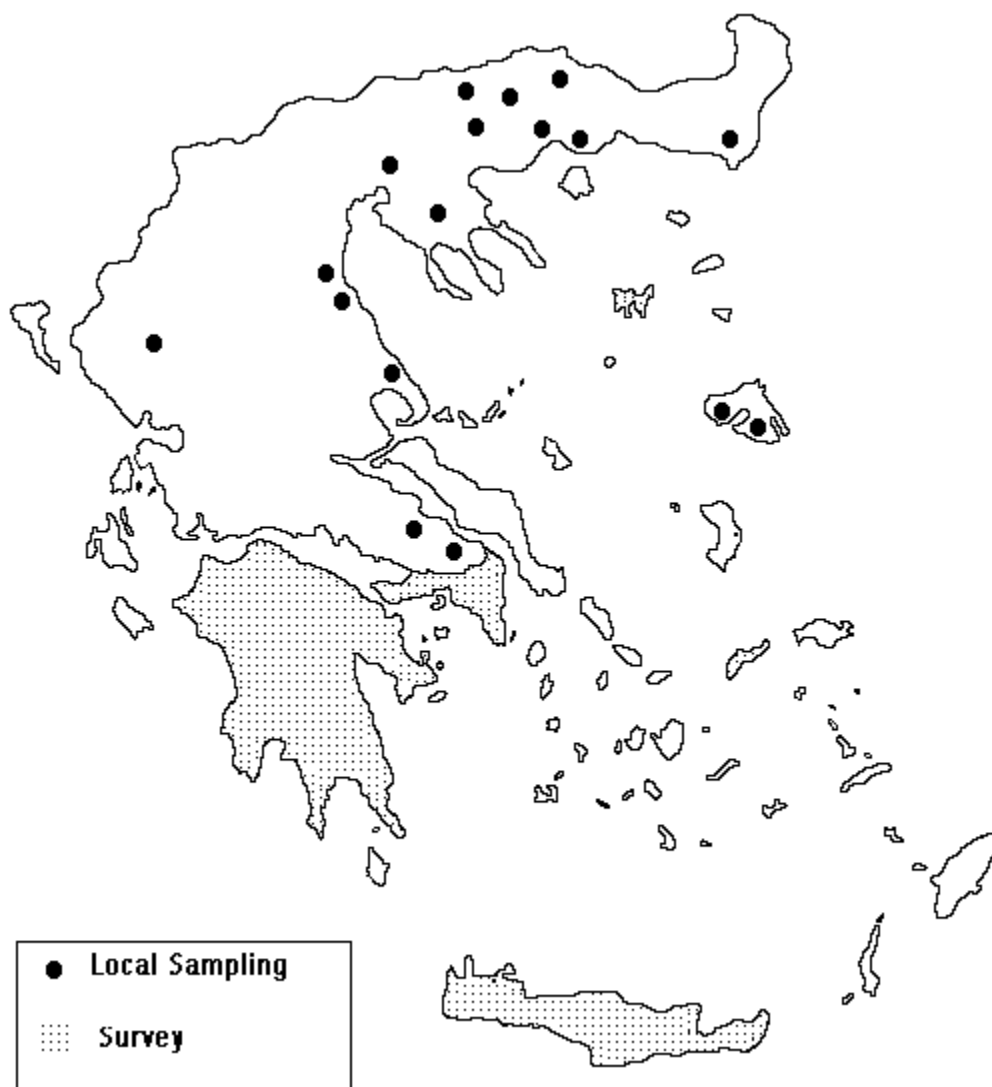
ακτινοβολήσεις. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν πολύ καλή γραμμική συσχέτιση τόσο για οπτικές μετρήσεις ($r^2=0.996$) όσο και για μετρήσεις με Η/Υ ($r^2=0.998$).

II. Χρήση μεθόδων του εδαφίου Π1.1.1.1 για την καταγραφή των συγκεντρώσεων του φυσικού ραδιενεργού αερίου ραδονίου και των θυγατρικών του:

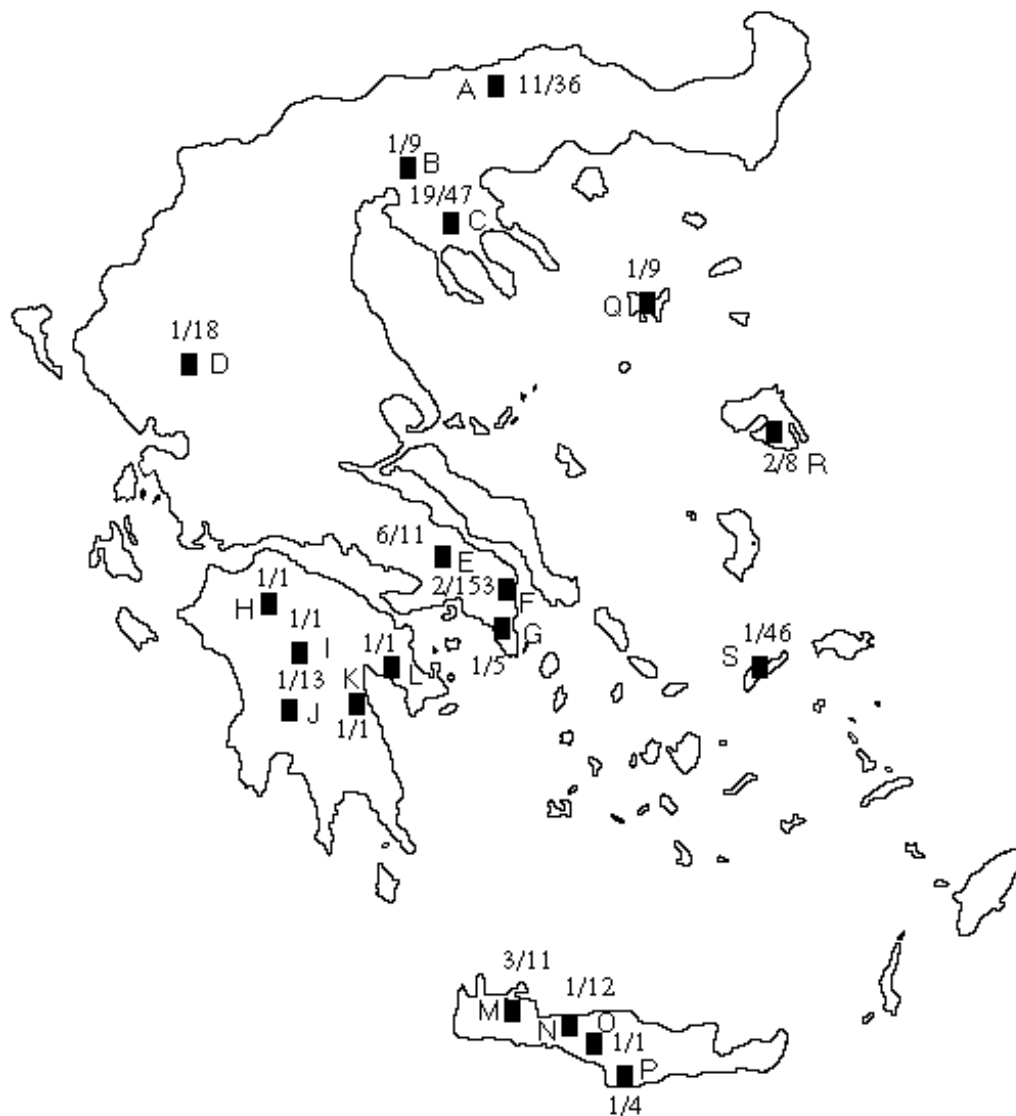
(i) Σε κατοικίες της Ελλάδας.

Σχετικά με τα αποτελέσματα των παθητικών μετρήσεων ραδονίου και θυγατρικών παραγώγων σε κατοικίες στην Ελλάδα, απεδείχθη ότι εμφανίζονται έντονες διακυμάνσεις στις καταγραφόμενες συγκεντρώσεις ραδονίου. Ευρέθη ότι οι συγκεντρώσεις κατανέμονται λογαριθμοκανονικά με αριθμητική μέση τιμή $55 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, τυπική απόκλιση αριθμητικής μέσης τιμής $110 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, γεωμετρική μέση τιμή $40 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ και τυπική απόκλιση γεωμετρικής μέσης τιμής $2.4 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Με κατάλληλα στατιστικά κριτήρια αναδείχθηκαν στη συνέχεια από τα δεδομένα οι περιοχές στις οποίες υπήρχαν κατοικίες με αυξημένες συγκεντρώσεις ραδονίου. Από αυτές, η Αρναία Χαλκιδικής και οι Βρύσες Αποκορώνου Χανίων, χαρακτηρίστηκαν ως περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις ραδονίου κατοικιών (radon-prone areas).

Στα **Σχήματα 1** και **2** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των παθητικών μετρήσεων ραδονίου κατοικιών στην Ελλάδα. Το **Σχήμα 1** παρουσιάζει την πυκνότητα των μετρήσεων. Στην περιοχή της Νοτίου Ελλάδας, επετεύχθη πολύ υψηλή πυκνότητα μετρήσεων, μικρότερη της μίας μέτρησης ανά 1,000 κατοικίες. Εκεί οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με συγκεκριμένα κριτήρια. Από την άλλη πλευρά, οι κύκλοι υποδεικνύουν περιοχές στις οποίες πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ραδονίου κατοικιών άνευ συγκεκριμένου πρωτοκόλλου δειγματοληψίας. Στο **Σχήμα 2** παρουσιάζονται οι περιπτώσεις με υψηλές συγκεντρώσεις ραδονίου κατοικιών (worst cases-χείριστες περιπτώσεις). Οι κλασματικές ενδείξεις παρουσιάζουν το πλήθος κατοικιών με συγκεντρώσεις άνω των $400 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ συγκριτικά προς το πλήθος των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν.

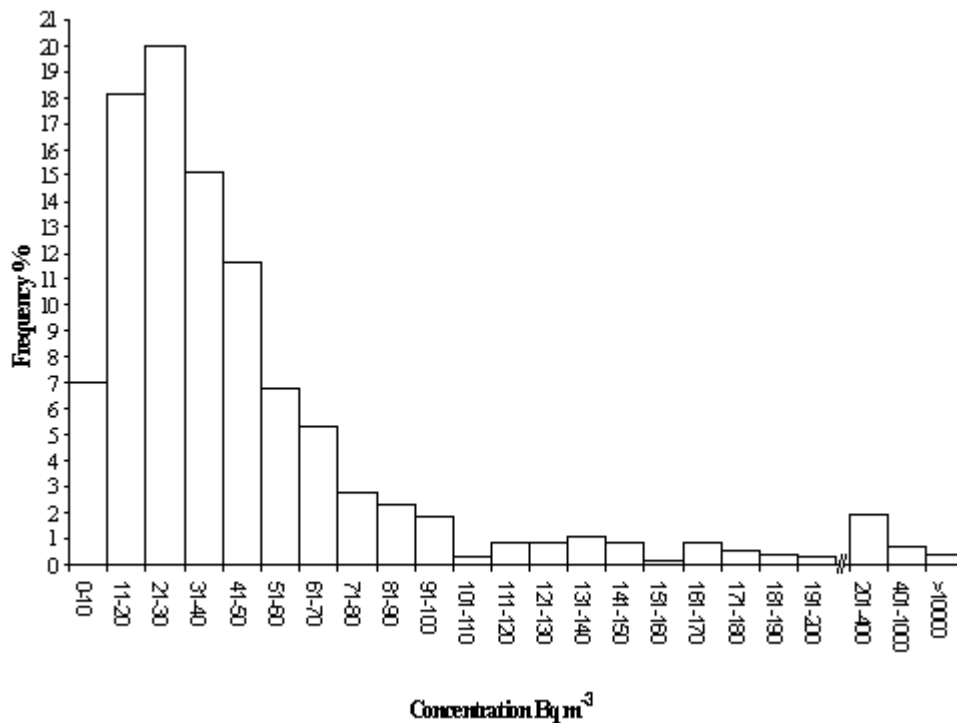


Σχήμα 1: Σημεία παθητικών μετρήσεων ραδονίου κατοικιών στην Ελλάδα. Οι σκιαγραφημένες περιοχές έχουν πυκνότητα δειγματοληψίας υψηλότερη του 10^{-3} .



Σχήμα 2: Χείριστες περιπτώσεις (worst-cases) συγκεντρώσεων ραδονίου κατοικιών στην Ελλάδα και αντίστοιχη πυκνότητα μετρήσεων (παθητικές τεχνικές).

Το **Σχήμα 3** παρουσιάζει την λογαριθμικοκανονική κατανομή συγκεντρώσεων ραδονίου στην Ελλάδα με παθητικές τεχνικές. Παρόμοια ευρήματα αναφέρονται διεθνώς. Η πλειονότητα των οικιών στην Ελλάδα παρουσιάζει χαμηλές συγκεντρώσεις. Μικρό ποσοστό κατοικιών παρουσίασε συγκεντρώσεις ραδονίου άνω των $200 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.



Σχήμα 3: Κατανομή συγκεντρώσεων ραδονίου στην Ελλάδα με παθητικές τεχνικές.

Από τα δεδομένα έγιναν δοσιμετρικές εκτιμήσεις καθώς και εκτιμήσεις κινδύνου που συνεπάγεται η έκθεση στον Άνθρωπο στο ραδόνιο. Οι δοσιμετρικές εκτιμήσεις βασίστηκαν στα δοσιμετρικά μοντέλα της Διεθνούς Επιτροπής Ακτινοπροστασίας (ICRP) και σε προταθείσες πρακτικές. Ευρέθη ότι οι τιμές του

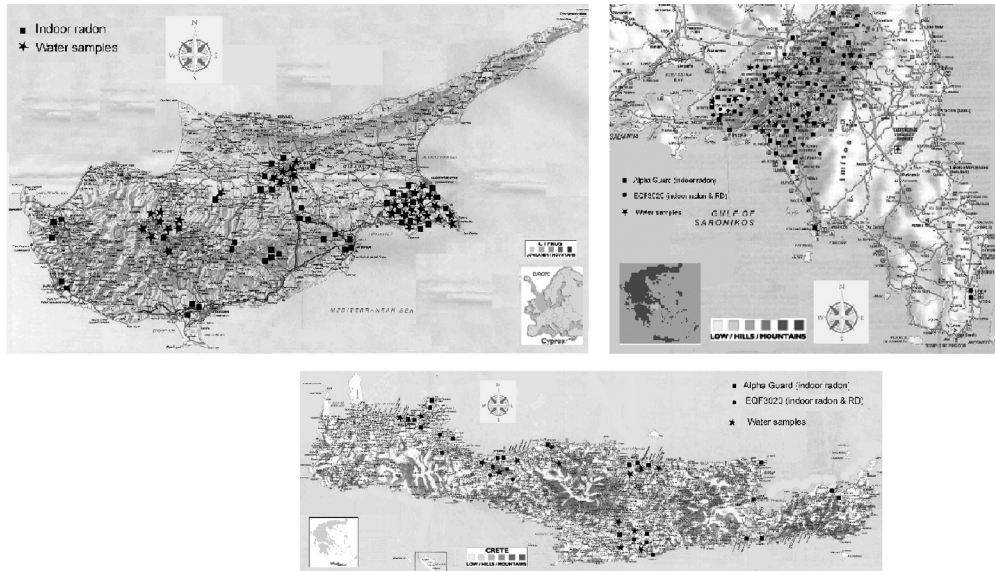
μεγέθους PAEC κυμαίνονται μεταξύ $0.0024 \text{ mW} : M \cdot y^{-1}$ και $2.18 \text{ mW} : M \cdot y^{-1}$ ενώ οι αντίστοιχες μέσες τιμές της ενεργού ισοδύναμης δόσης, μεταξύ 0.090 και $10.6 \text{ mSv} \cdot y^{-1}$. Οι διακυμάνσεις των ενεργών ισοδυνάμων δόσεων ήταν αντίστοιχες με αυτές των συγκεντρώσεων. Οι αντίστοιχες τιμές για τις πιθανά «θερμές» περιοχές εμφάνισαν μέγιστες ενεργές δόσεις έως και $28.5 \text{ mW} : M \cdot y^{-1}$. Όλες οι παραπάνω τιμές δόσεων μπορεί να μεταβληθούν κατά ένα παράγοντα μεταξύ 1.5 και 3.5 ανάλογα με τους χρησιμοποιούμενους συντελεστές μετατροπής έκθεσης σε δόση.

Η εκτίμηση του κινδύνου από την έκθεση *του Ανθρώπου* στο ραδόνιο, βασίστηκε στις επιδημιολογικές μελέτες εργατών ορυχείων ουρανίου και έγινε με βάση την πιθανότητα 2.8×10^{-4} της Διεθνούς Επιτροπής Ακτινοπροστασίας (ICRP). Εκτιμήθηκε ότι 44 στους 10,000 Έλληνες αναπτύσσουν θανατηφόρο καρκίνο του πνεύμονα λόγω ραδονίου. Ο παραπάνω αριθμός αντιστοιχεί σε 566 θανάτους από καρκίνο του πνεύμονα ετησίως.

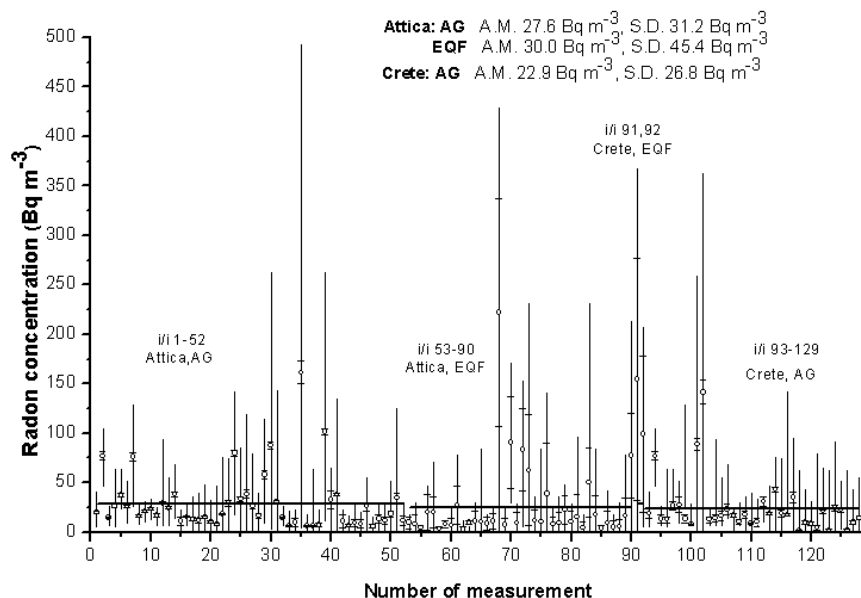
Ευρέθη ότι, το ραδόνιο είναι ο κυριότερος φυσικός παράγοντας έκθεσης των Ελλήνων σε φυσική ραδιενέργεια. Ευρέθη ότι γενικά οι συγκεντρώσεις ραδονίου στην Ελλάδα είναι αντίστοιχες με τις αναμενόμενες τιμές διεθνώς, παρουσιάζονται όμως και αυξημένες τιμές συγκεντρώσεων σε κάποιες περιοχές.

Το **Σχήμα 4** παρουσιάζει την κατανομή ενεργητικών μετρήσεων πανελλαδικά. Παρουσιάζονται και οι μετρήσεις στην Κύπρο. Έχουν μετρηθεί με ενεργητικές

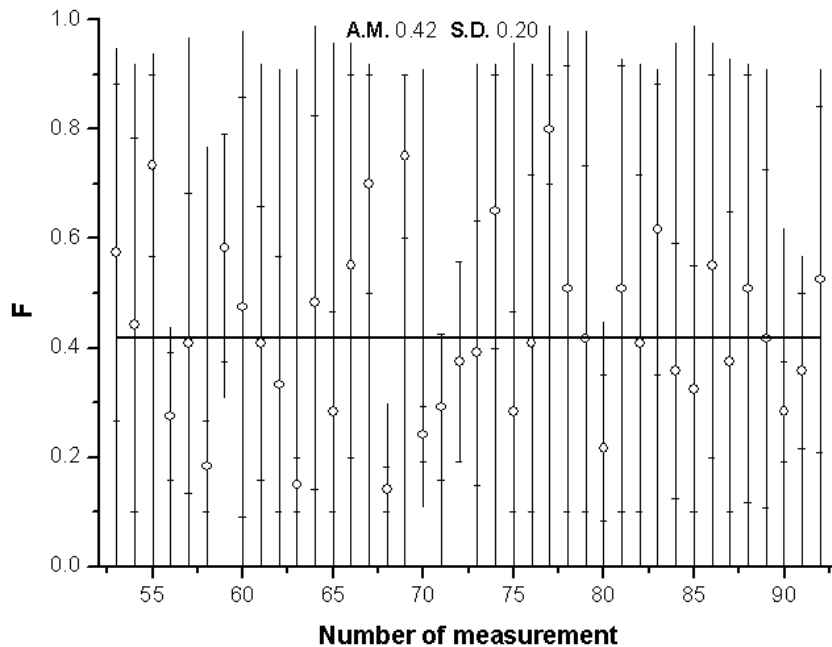
τεχνικές 129 κατοικίες σε 47 περιοχές στην Αττική, 39 κατοικίες σε 30 περιοχές στην Κρήτη και 50 κατοικίες σε 21 περιοχές στην Κύπρο. Σε αυτές τις κατοικίες μετρήθηκαν ενεργητικά οι κατανομές συγκεντρώσεων ραδονίου και θυγατρικών. Χαρακτηριστικά αποτελέσματα των ενεργητικών μετρήσεων ραδονίου σε κατοικίες στην Ελλάδα παρουσιάζονται στα **Σχήματα 5 - 8**.



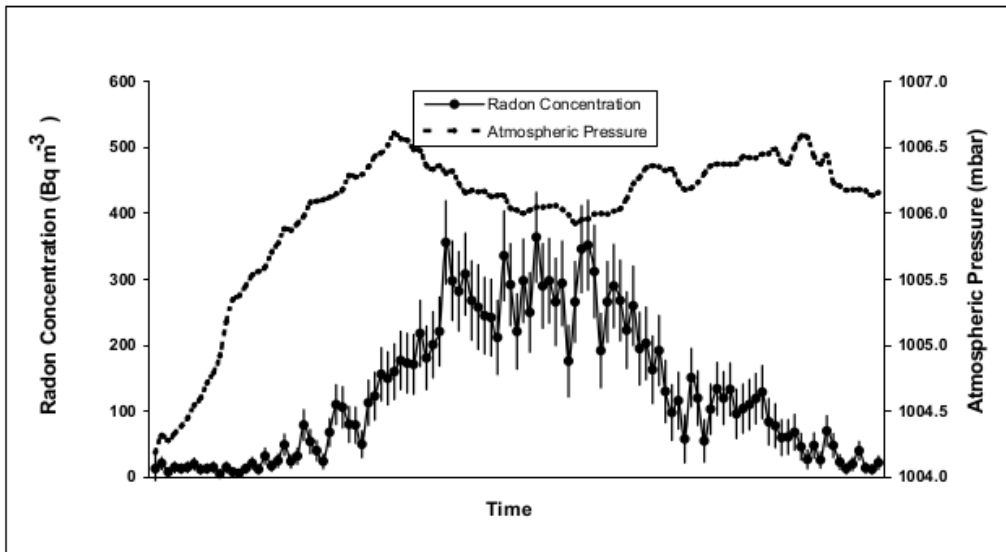
Σχήμα 4: Σημεία δειγματοληψίας ενεργητικών μετρήσεων ραδονίου και θυγατρικών στον αέρα και ραδονίου στο ύδωρ.



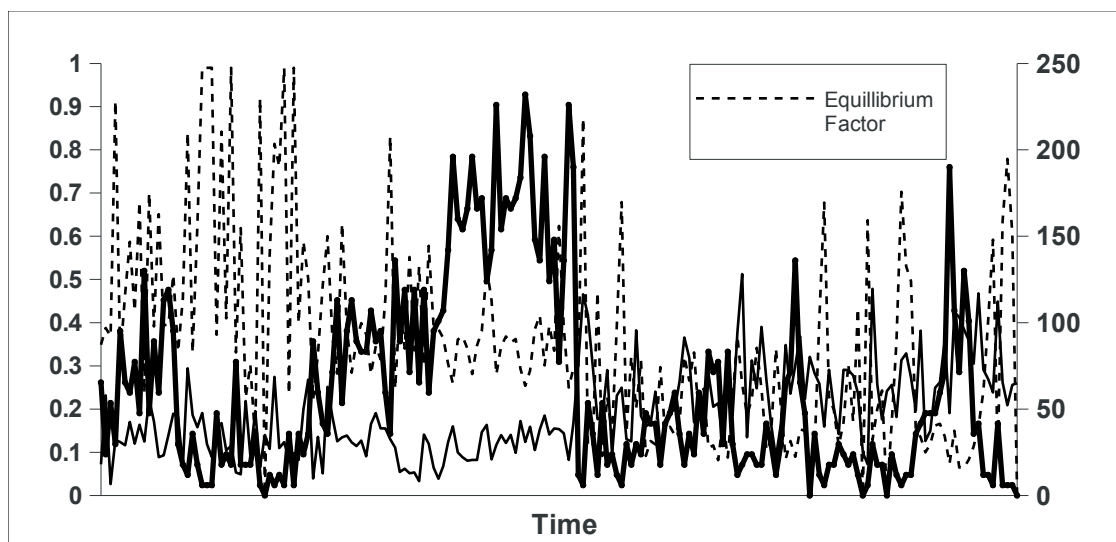
Σχήμα 5: Αποτελέσματα ενεργητικών μετρήσεων ραδονίου στην Ελλάδα (βλ. Σχήμα 4) με χρήση του μετρητή Alpha Guard (AG) και του μετρητή EQF3023.



Σχήμα 6: Αποτελέσματα ενεργητικών μετρήσεων θυγατρικών ραδονίου στην Ελλάδα (βλ. Σχήμα 4) με χρήση του μετρητή EQF3023 (παράγοντας ισορροπίας F).



Σχήμα 7: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα ενεργητικών μετρήσεων ραδονίου στην Ελλάδα με χρήση του μετρητή Alpha Guard.

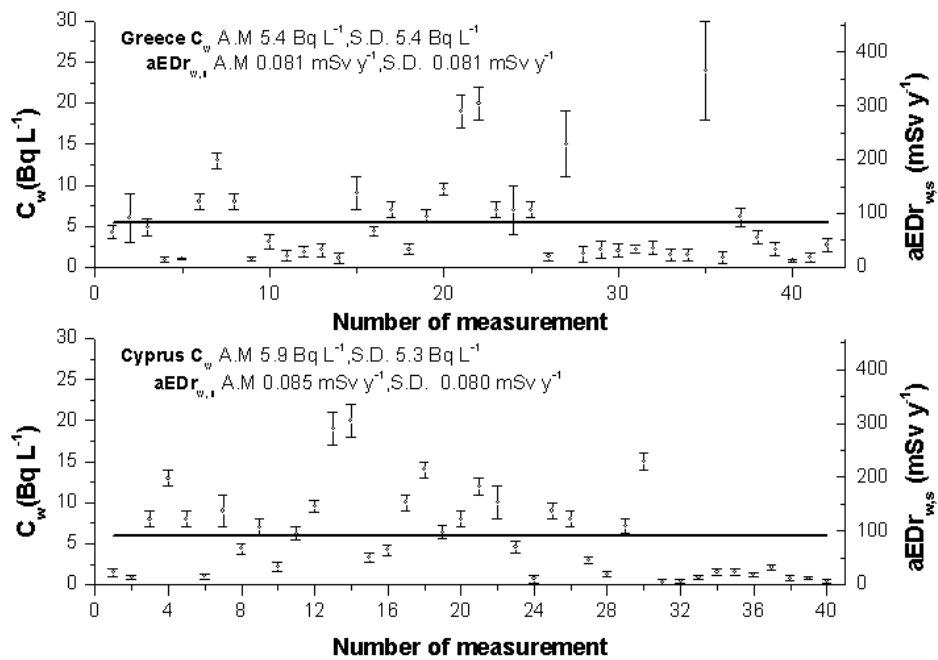


Σχήμα 8: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα ενεργητικών μετρήσεων ραδονίου και παράγοντα ισορροπίας στην Ελλάδα με χρήση του μετρητή EQF3023.

(ii) Στο εδαφικό αέριο και το ύδωρ διαφόρων τοποθεσιών.

Σχετικά με τα αποτελέσματα των μετρήσεων ραδονίου σε ύδατα στην Ελλάδα και την Κύπρο ευρέθη ότι οι συγκεντρώσεις του ραδονίου στα πόσιμα ύδατα κυμαίνονται μεταξύ $(1.1 \pm 0.5) \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ και $(15 \pm 4) \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$. Τρία μόνο δείγματα πόσιμου νερού από την πόλη της Αρναίας Χαλκιδικής έχουν παρουσιάσει υψηλές συγκεντρώσεις με τιμές $(120 \pm 20) \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, $(320 \pm 40) \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ και $(410 \pm 50) \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$. Στα υπόγεια ύδατα οι τιμές των συγκεντρώσεων κυμαίνονται μεταξύ $(1.2 \pm 0.7) \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ και $(15 \pm 4) \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ ενώ στα επιφανειακά ύδατα μεταξύ (2.7 ± 0.8) και $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ $(24 \pm 6) \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$. Οι τιμές των συγκεντρώσεων των δειγμάτων από τις θερμές μετρημένες ιαματικές πηγές του Λουτρακίου είναι μεταξύ $220\text{-}230 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ ενώ στα δείγματα πόσιμου ιαματικού νερού από $320 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ έως $340 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ευρεθείσες υψηλές τιμές

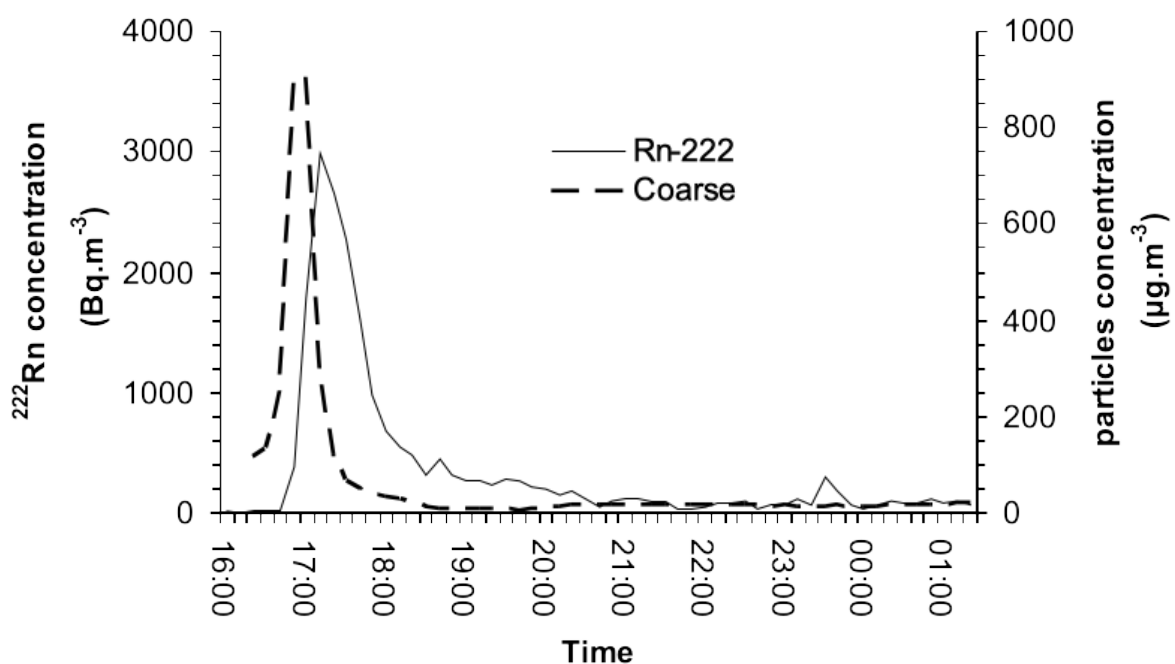
των συγκεντρώσεων του ραδονίου στα νερά στην πόλη Αρναίας Χαλκιδικής ήταν αναμενόμενες λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων του ραδονίου στον αέρα των κατοικιών με μέση τιμή $(270 \pm 130) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$. Χαρακτηριστικά αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 7. Αρκετά δείγματα ύδατος παρουσίασαν συγκεντρώσεις ραδονίου άνω των 5 BqL^{-1} τιμή που αποτελεί και το προτεινόμενο ανώτατο όριο συγκεντρώσεων ραδονίου στα ύδατα.



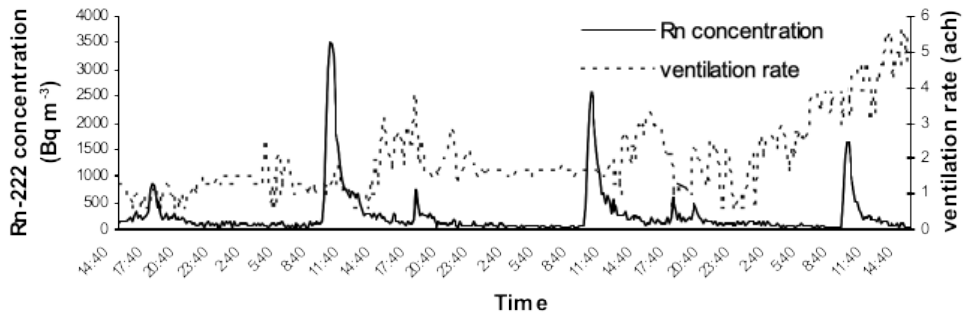
Σχήμα 9: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα μετρήσεων ραδονίου στο ύδωρ στην Ελλάδα και την Κύπρο με χρήση του μετρητή Alpha Guard.

(iii) Σε διάφορες ιαματικές λουτροπηγές.

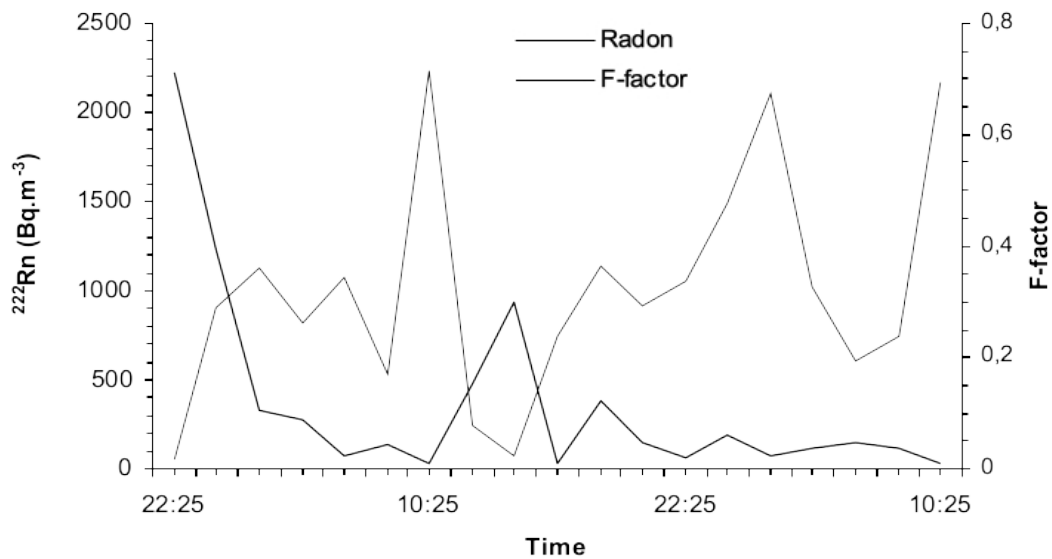
Σχετικά με τις μελέτες σε ιαματικές λουτροπηγές των νήσων Λέσβου και Ικαρίας, των πόλεων Αιδηψού και Λουτρακίου, έχει διαπιστωθεί ότι κατά τη διάρκεια της λήψης θεραπείας παρουσιάζονται κορυφώσεις στις συγκεντρώσεις του ραδονίου και των θυγατρικών οι οποίες μπορούν να συσχετιστούν με αυξημένη ραδιενεργό επίπτωση στους επισκέπτες των λουτροπηγών. Η επίπτωση αυτή μπορεί να επηρεάσει και τους εργαζομένους. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις παρουσιάζονται στα Σχήματα 8 -13.



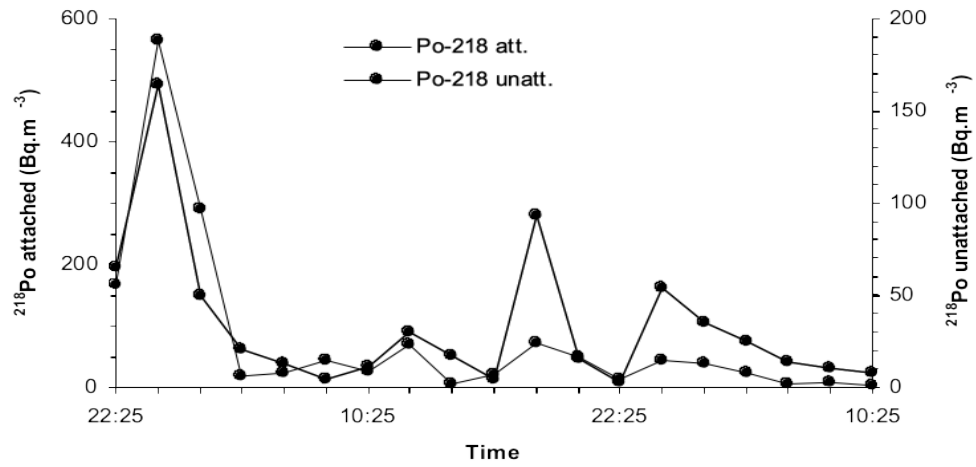
Σχήμα 10: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα κορυφώσεων συγκέντρωσης ραδονίου με μετρήσεις του Alpha Guard και σωματιδίων PM10 σε λουτροπηγές. Λουτροπηγή: Εφταλού, Λέσβος



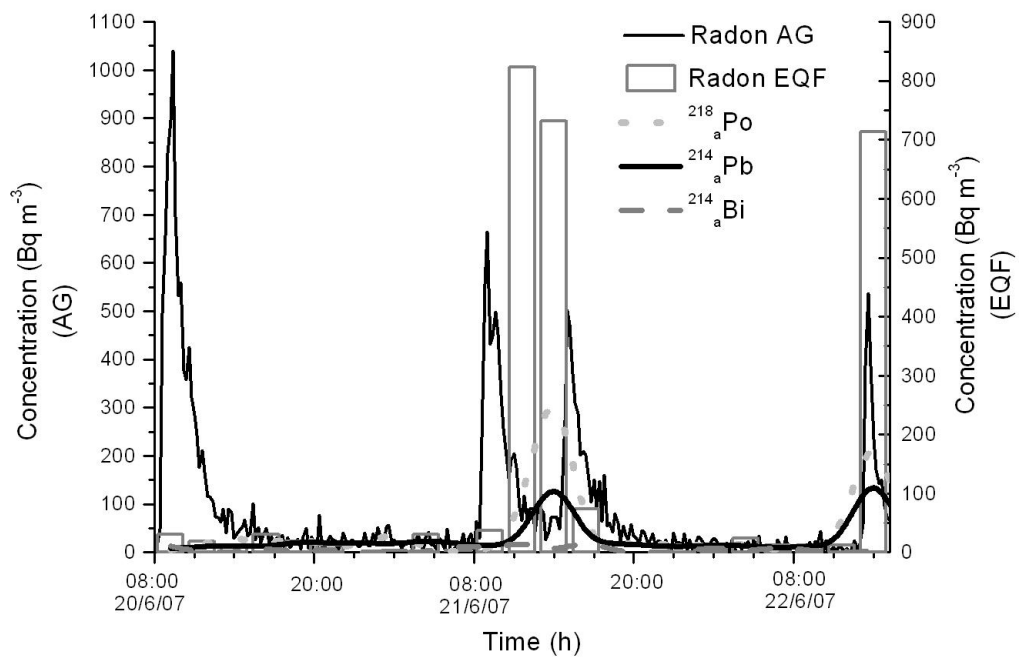
Σχήμα 11: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα κορυφώσεων συγκέντρωσης ραδονίου με μετρήσεις του Alpha Guard σε λουτροπηγές. Λουτροπηγή: Πολυχνίτος, Λέσβος



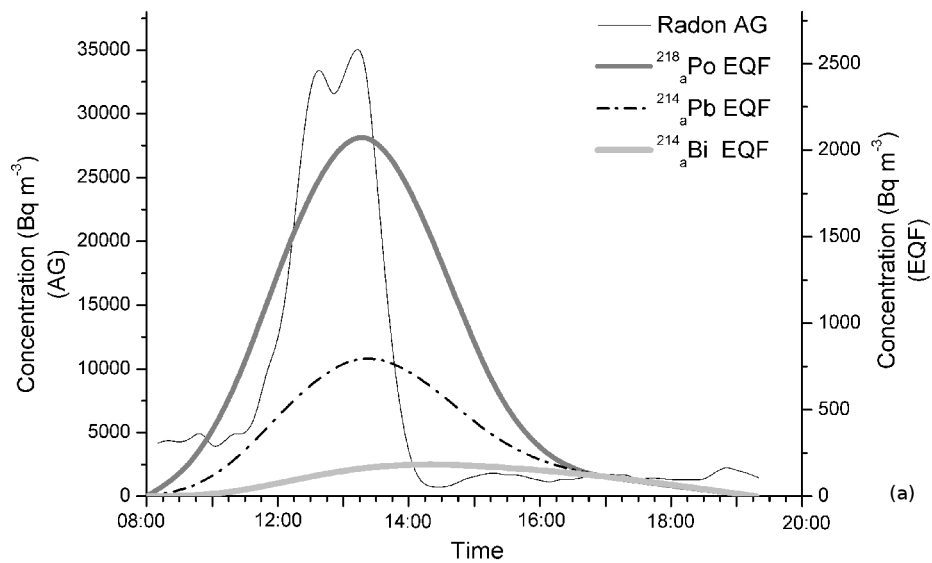
Σχήμα 12: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα κορυφώσεων συγκέντρωσης ραδονίου και παράγοντα ισορροπίας με το όργανο EQF3023. Λουτροπηγή: Εφταλού, Λέσβος.



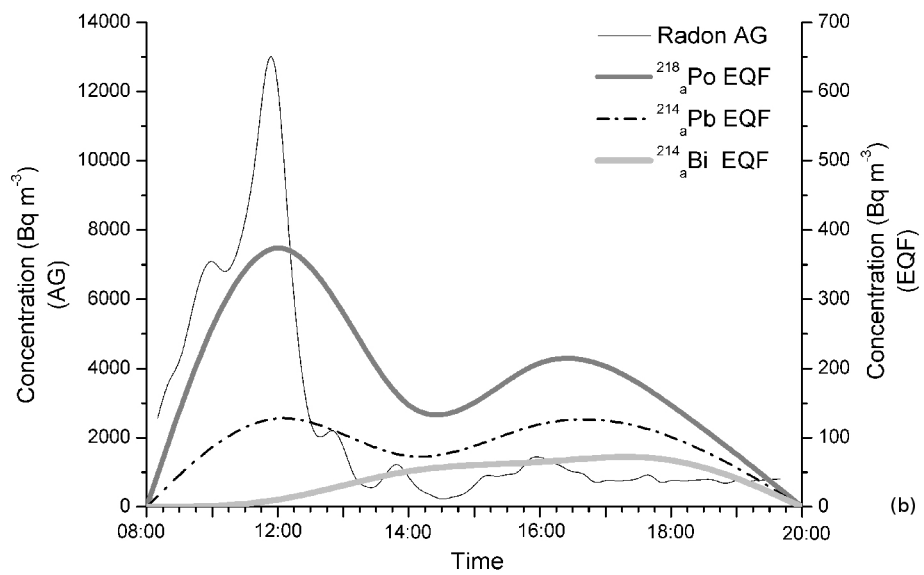
Σχήμα 13: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα κορυφώσεων συγκέντρωσης θυγατρικών ραδονίου με το όργανο EQF3023. Λουτροπηγή: Εφταλού, Λέσβος.



Σχήμα 14: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα κορυφώσεων συγκέντρωσης ραδονίου με το όργανο Alpha Guard και θυγατρικών όπως και παράγοντα ισορροπίας με το όργανο EQF3023. Λουτροπηγή: Λουτρακίου.



(a)



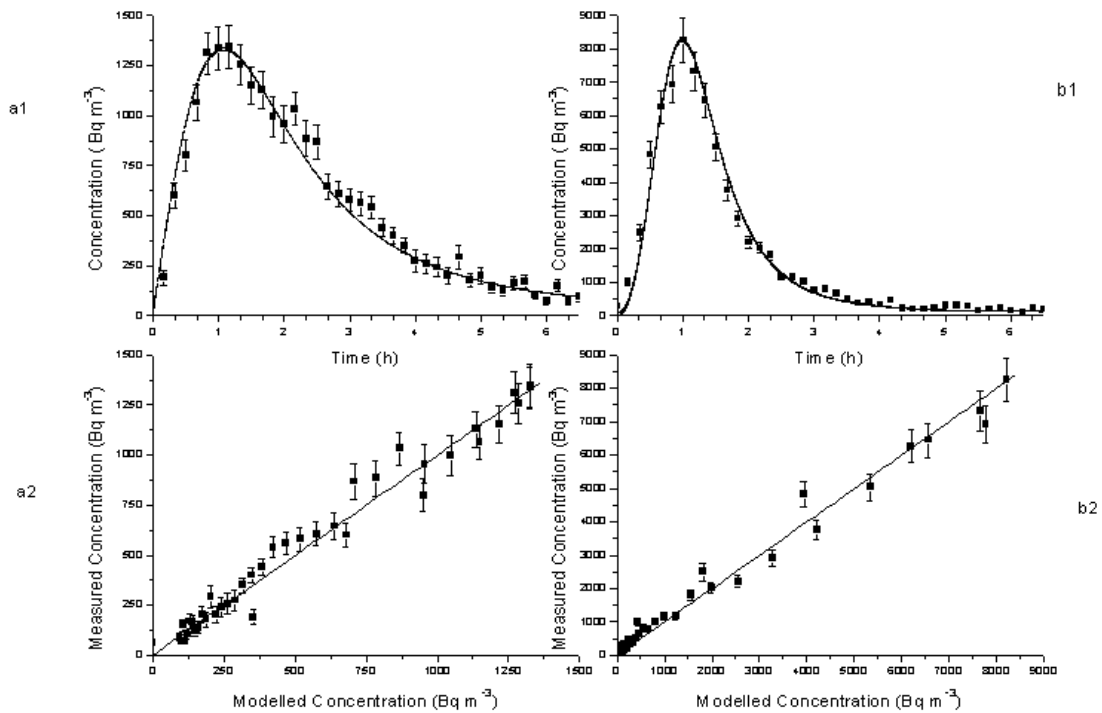
(b)

Σχήμα

15:

Χαρακτηριστικά αποτελέσματα κορυφώσεων συγκέντρωσης ραδονίου με το όργανο Alpha Guard και θυγατρικών ραδονίου με το όργανο EQF3023. Λουτροπηγή: Ικαρία.

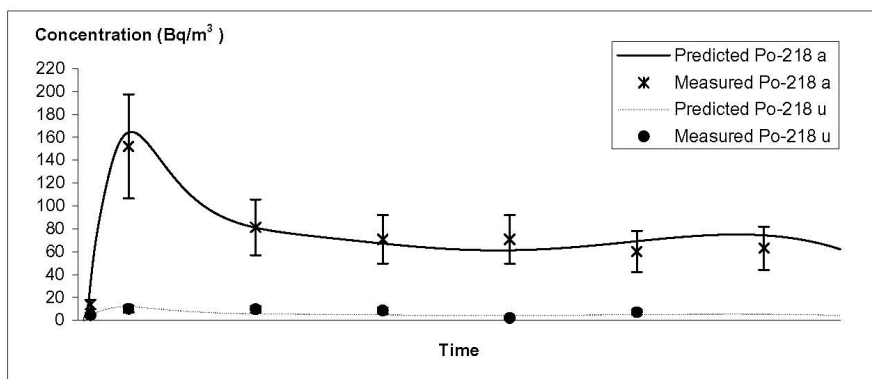
Το θεωρητικό μοντέλο πρόβλεψης συγκεντρώσεων θυγατρικών ραδονίου βασίστηκε σε μία ομάδα 13 διαφορεικών εξισώσεων με εισαγωγή μεθόδων Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών και παραμέτρων μελέτης. Τα αποτελέσματα του μοντέλου έδειξαν συμφωνία θεωρητικών προβλέψεων και πειραματικών τιμών (**Σχήμα 16**). Από τη σύγκριση ευρέθησαν οι τιμές άγνωστων βιβλιογραφικά παραμέτρων όπως ο ρυθμός επικάθησης θυγατρικών σε υδροσταγονίδια και σωματίδια PM καθώς και οι αντίστοιχοι ρυθμοί επικάθησης σε επιφάνειες. Τα αποτελέσματα αυτά είναι εξαιρετικά σημαντικά τόσο για θέματα ακτινοπροστασίας όσο και για μελέτες διακίνησης αερίων ρύπων εσωτερικών χώρων.



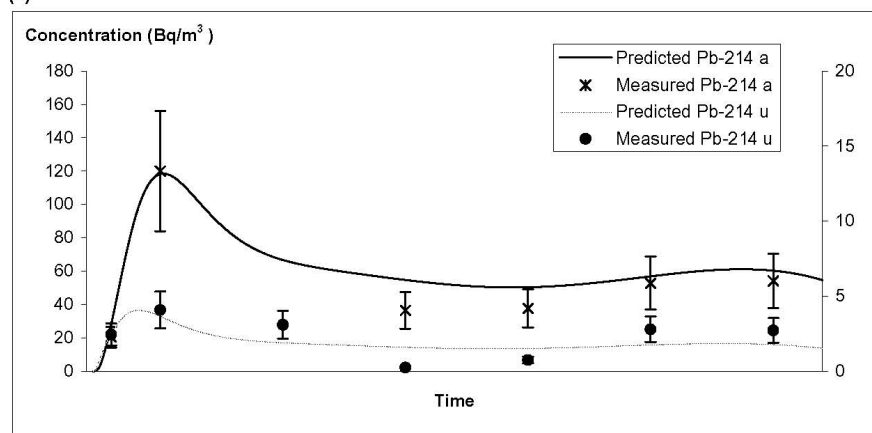
Σχήμα 16: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα κορυφώσεων ραδονίου σε λουτροπηγές και πρόβλεψης του μοντέλου θεωρητικής πρόβλεψης συγκεντρώσεων ραδονίου λουτροπηγών. Λουτροπηγές: (a1) Πολυχίτος, Λέσβος και (a2) Εφταλού, Λέσβος.

Το θεωρητικό μοντέλο πρόβλεψης μεταβολών συγκεντρώσεων ραδονίου στους εσωτερικούς χώρους ιαματικών λουτροπηγών, βασίστηκε σε μία ομάδα 9 διαφορετικών εξισώσεων με εισαγωγή μεθόδων Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών και παραμέτρων μελέτης. Όπως και με το μοντέλο πρόβλεψης της

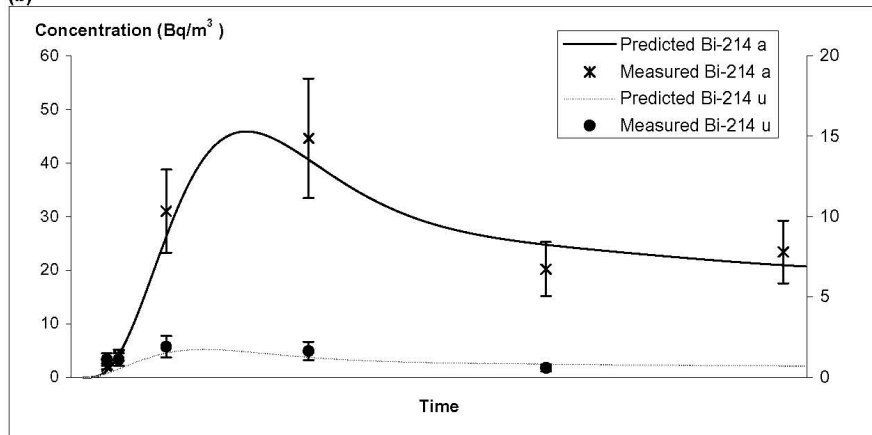
συγκέντρωσης των θυγατρικών παραγώγων του ραδονίου, τα αποτελέσματα έδειξαν συμφωνία θεωρητικών προβλέψεων και πειραματικών τιμών. Ο έλεγχος έγινε με τρεις διαφορετικούς στατιστικούς δείκτες σε 40 ομάδες μετρήσεων με τη βοήθεια μη γραμμικών μεθόδων ανάλυσης δεδομένων. Χαρακτηριστικές κορυφώσεις θυγατρικών ραδονίου μαζί με τις αντίστοιχες προβλέψεις του θεωρητικού μοντέλου φαίνονται στο **Σχήμα 17**. Τα **Σχήματα 18-22**, παρουσιάζουν συγκεντρωτικά στοιχεία προβλέψεων του θεωρητικού μοντέλου για μεγάλο εύρος τιμών συγκεντρώσεων. Από το μοντέλο διακίνησης των θυγατρικών ραδονίου σε λουτροπηγές, εκτιμήθηκαν οι χρονικές μετατοπίσεις των κορυφώσεων των διαφόρων θυγατρικών σε σύγκριση με τις αντίστοιχες του ραδονίου (**Σχήμα 21**). Έχει διαπιστωθεί ότι κατά τη διάρκεια των κορυφώσεων διαφοροποιείται το ποσοστό βραχύβιων θυγατρικών που είναι προσκολλημένα σε αιωρούμενα σωματίδια. Σε αυτές τις στιγμές το μεγαλύτερο ποσοστό των θυγατρικών είναι προσκολλημένο σε σταγόνες ύδατος. Ιδιαίτερα σημαντικό εύρημα των σχετικών μελετών ήταν η προσομοίωση της συμπεριφοράς των υδροσταγονιδίων (**Σχήμα 22**). Έχει αποδειχθεί ότι τα υδροσταγονίδια περιγράφονται από τον παράγοντα a_{eq} ο οποίος μάλιστα παρουσιάζει συμπεριφορά που περιγράφεται με όρους Χάους.



(a)

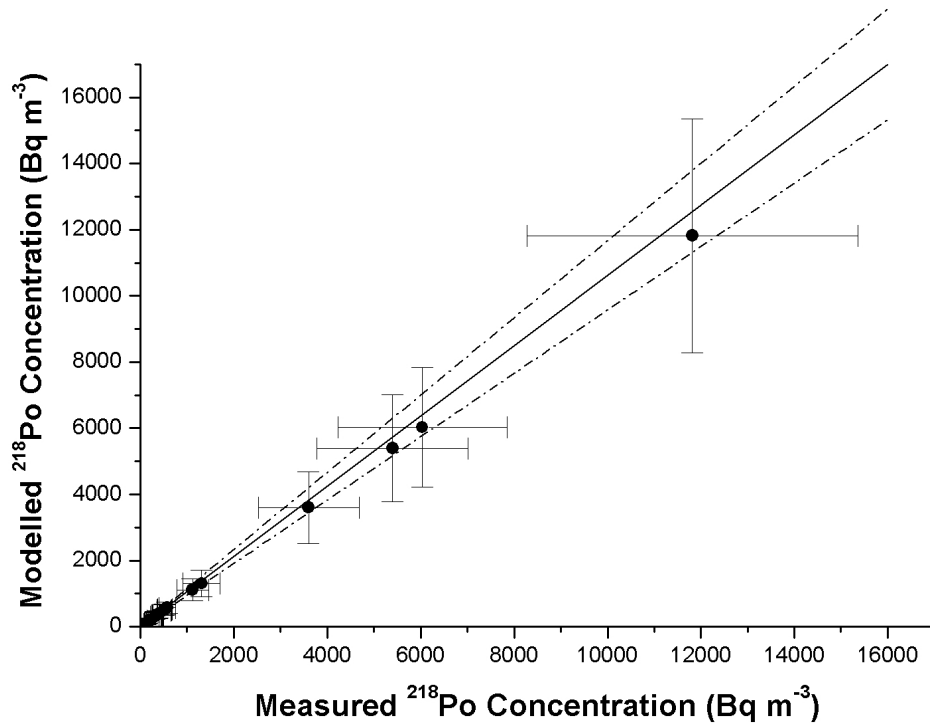


(b)

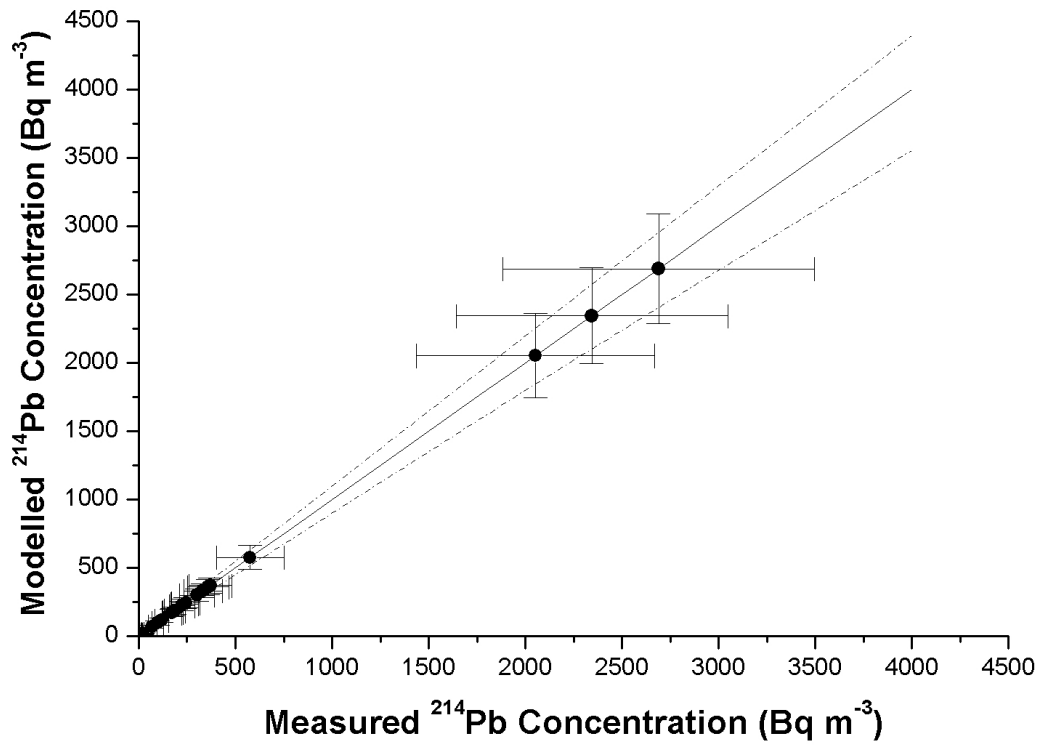


(c)

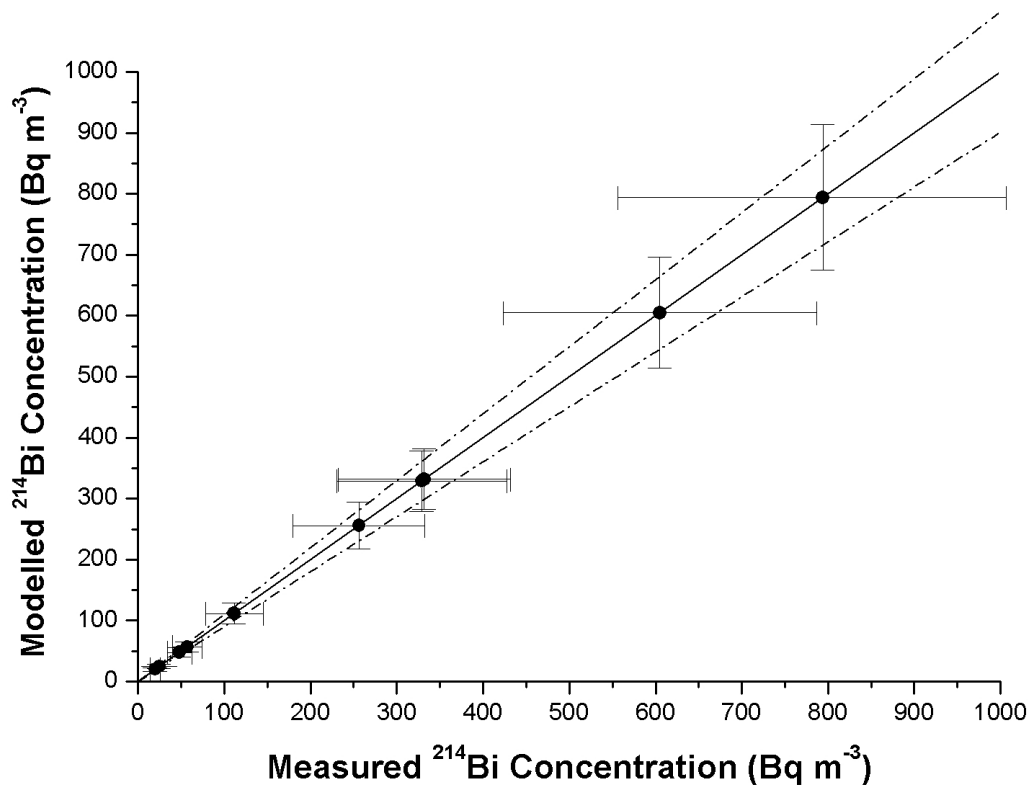
Σχήμα 17: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα κορυφώσεων ραδονίου σε λουτροπηγές και πρόβλεψης θεωρητικού μοντέλου. Λουτροπηγές: (a-b) Πολυχνίτος, Λέσβος και (c) Εφταλού, Λέσβος.



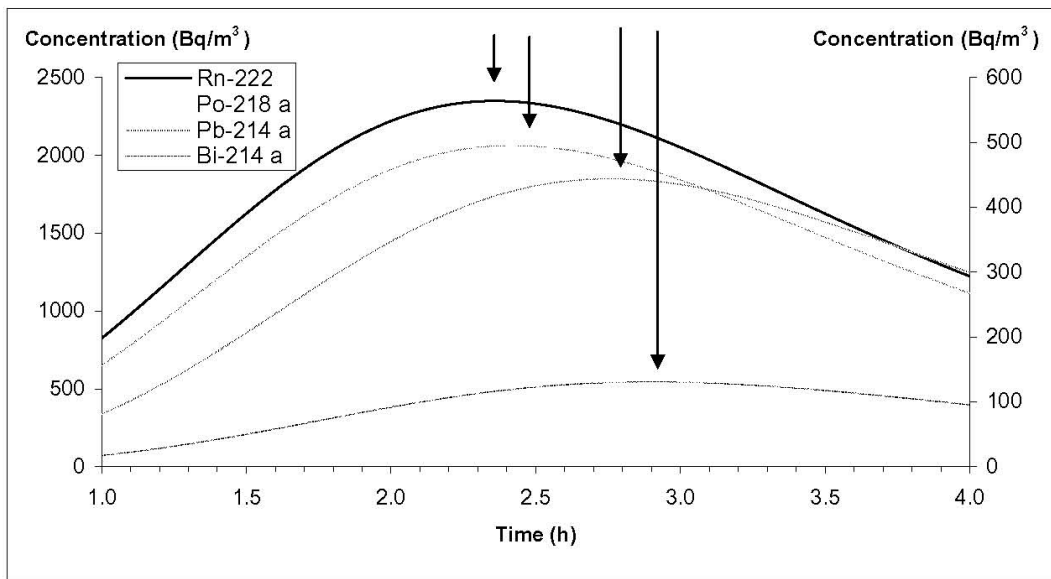
Σχήμα 18: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα πρόβλεψης θεωρητικού μοντέλου και συγκέντρωσης ^{218}Po . Λουτροπηγές: Ικαρίας.



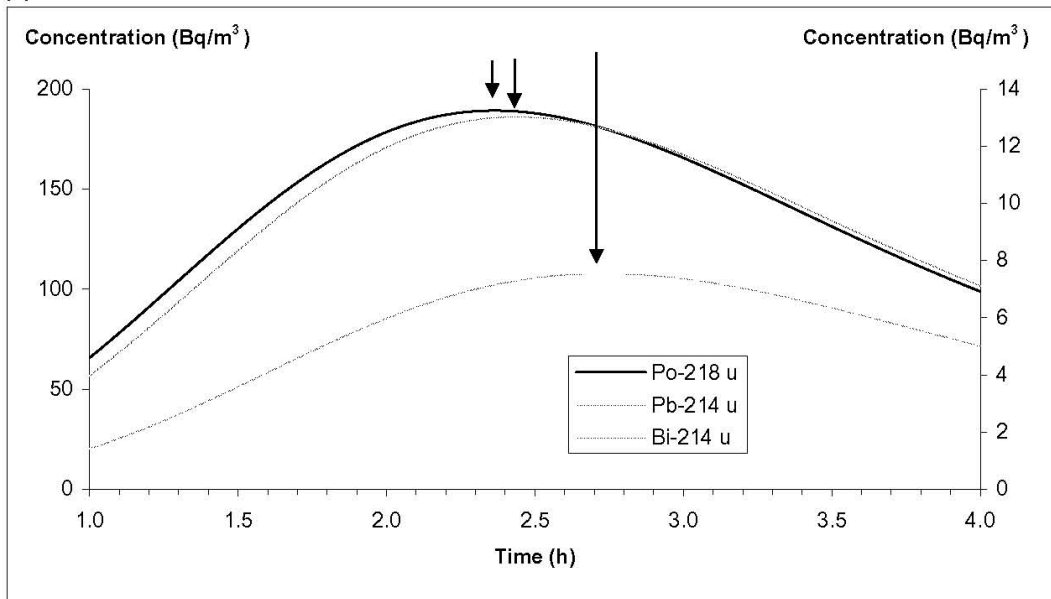
Σχήμα 19: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα πρόβλεψης θεωρητικού μοντέλου και συγκέντρωσης ^{214}Pb . Λουτροπηγές: Ικαρίας.



Σχήμα 20: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα πρόβλεψης θεωρητικού μοντέλου και συγκέντρωσης ²¹⁴Bi. Λουτροπηγές: Ικαρίας.

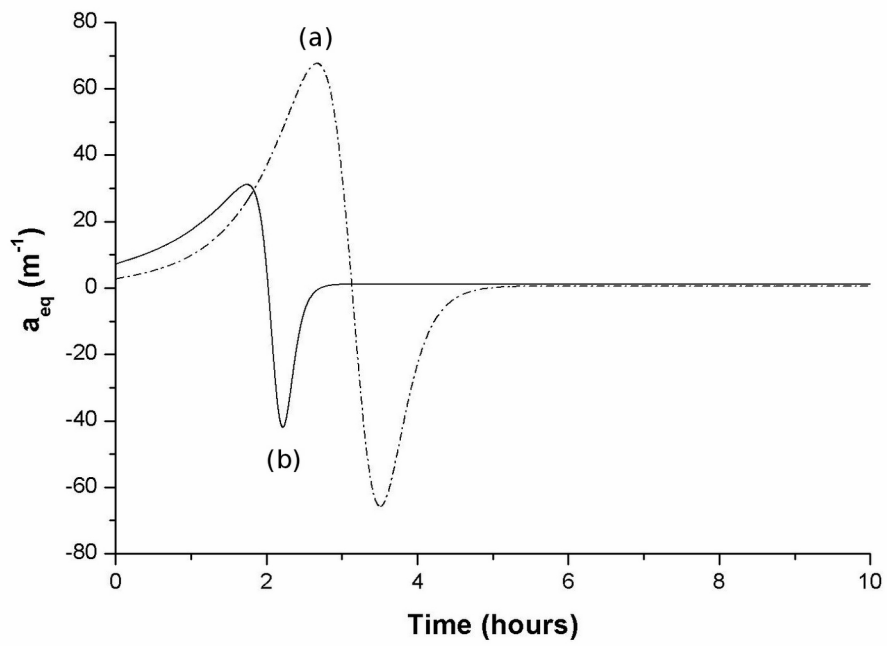


(a)



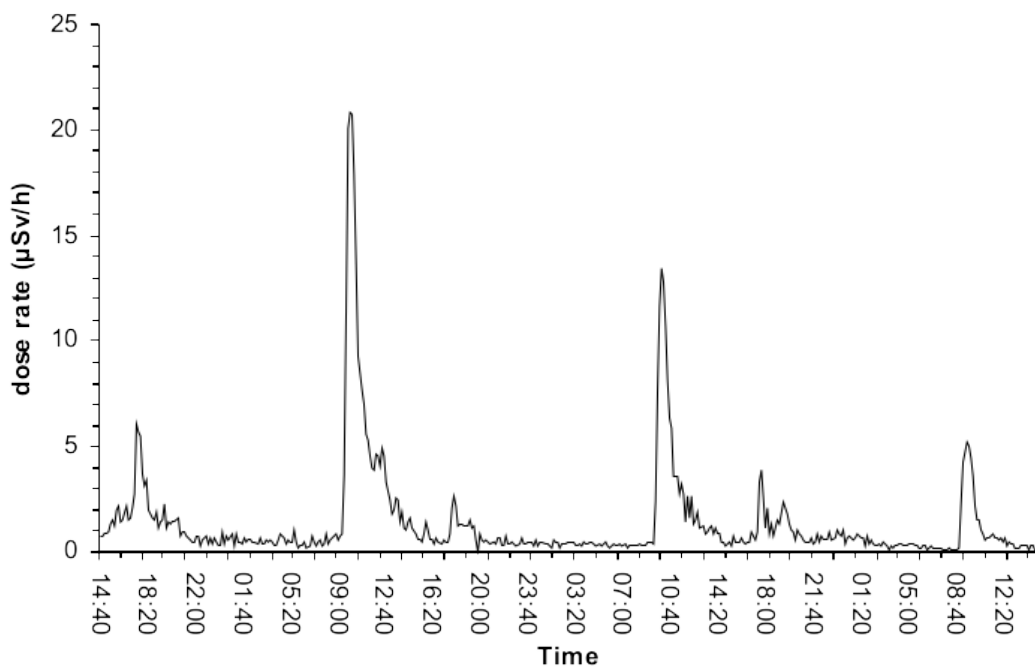
(b)

Σχήμα 21: Χρονικές μετατοπίσεις συγκεντρώσεων θυγατρικών ραδονίου σε λουτροπηγές. Λουτροπηγές: Εφταλού, Λέσβος.



Σχήμα 22: Μεταβολή της ισοδύναμης επιφάνειας ύδατος σε λουτροπηγές.
Λουτροπηγές: Ικαρίας.

Οι δόσεις των επισκεπτών των λουτροπηγών έχουν εκτιμηθεί ότι κυμαίνονται μεταξύ $0.00670-0.1279 \text{ mSv}\cdot\text{y}^{-1}$. Οι δόσεις που λαμβάνουν οι εργαζόμενοι έχουν ευρεθεί έως και 20 φορές μεγαλύτερες συνιστώντας σημαντική επαγγελματική έκθεση που σε μερικές περιπτώσεις ήταν άνω του αποδεκτού ορίου των $20 \text{ mSv}\cdot\text{y}^{-1}$. Χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολών ρυθμού δόσεων λουομένων σε λουτροπηγές παρουσιάζεται στο **Σχήμα 23**.



Σχήμα 23: Μεταβολή ρυθμού δόσης λουομένων σε λουτροπηγές. Λουτροπηγή: Εφταλού, Λέσβος.

III. Χρήση ειδικών μετρητικών και στατιστικών μεθόδων για τη μελέτη των παραγόντων που επιδρούν στη συγκέντρωση του ραδονίου σε κ λειστούς χώρους.

Σχετικά με τα αποτελέσματα των παραγόντων που επιδρούν στη συγκέντρωση του ραδονίου σε κλειστούς χώρους και από τα αποτελέσματα των μετρήσεων των 120 κατάλληλα επιλεγθεισών ελληνικών κατοικιών, δεν ευρέθη θετική συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας του ραδίου εδάφους και του ραδονίου κατοικιών. Αιτία θεωρήθηκε ο περιορισμένος αριθμός δειγμάτων και η πολυπαραμετρικότητα των συνεπιδράσεων. Από τους άλλους παράγοντες, ευρέθη ότι κύρια επιδρά ο τύπος του κτιρίου και τα οικοδομικά υλικά. Από τα αποτελέσματα της σύγκρισης των μέσων συγκεντρώσεων ραδονίου σε ισόγειες κατοικίες και κατοικίες 1^{ου} και 4^{ου} ορόφου το συμπέρασμα που έχει εξαχθεί είναι ότι οι ισόγειες κατοικίες παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις ραδονίου ($p=0.05$), αλλά οι συγκεντρώσεις ραδονίου κατοικιών υψηλότερων ορόφων δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά ($p=0.05$). Δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντική διαφορά οι μέσες συγκεντρώσεις ραδονίου σε διάφορες θέσεις μέσα στο ίδιο δωμάτιο. Επίσης οι συνεχείς μετρήσεις της συγκέντρωσης του ραδονίου κατά τη διάρκεια ολίγων ημερών, έδειξαν μεγιστοποίηση των συγκεντρώσεων κατά τις πρώτες πρωινές ώρες. Ευρέθη ότι μόνο η απόσταση του κτιρίου από το έδαφος επιδρά σημαντικά στη συγκέντρωση του ραδονίου.

Από τη μελέτη του πλήρους δείγματος των 963 κατοικιών σε μία πρώτη προσέγγιση οι παράγοντες αυτοί μελετήθηκαν ξεχωριστά. Θεωρήθηκε ότι κάθε παράγοντας επιδρά στο ραδόνιο μιας κατοικίας ανεξάρτητα από οποιονδήποτε άλλο. Για το στατιστικό έλεγχο, εφαρμόστηκε η μέθοδος της Ανάλυσης της Μεταβλητότητας ενός παράγοντα (One Way ή Single Factor Analysis Of

Variance-ANOVA). Επειδή, ως γνωστόν, η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί μόνο για δειγματικές κατανομές που συμπεριφέρονται παρόμοια με την κατανομή του Gauss, η μέθοδος ANOVA εφαρμόστηκε όχι στις συγκεντρώσεις ραδονίου, αλλά στους λογαρίθμους αυτών, οι οποίοι ακολουθούν την κατανομή αυτή.

Η πρώτη ανάλυση έγινε στον παράγοντα επίπεδο. Η εξαγόμενη τιμή F ευρέθη ίση προς 2.551, ενώ η κρίσιμη τιμή F για την αποδοχή ή απόρριψη στο 95% επίπεδο σημαντικότητας είναι 2.03. Η αντίστοιχη πιθανότητα είναι $p=0.014$. Το αποτέλεσμα υπέδειξε ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά. Από την ανάλυση ευρέθη ότι οι ισόγειες κατοικίες παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις από αυτές σε όροφο, μεταξύ κατοικιών ορόφων όμως δε μπορούν να ανιχνευθούν διαφορές κύρια λόγω των μεγάλων διακυμάνσεων. Για τις υπόγειες κατοικίες δεν εξήχθησαν συμπεράσματα, λόγω του μικρού αριθμού δειγμάτων.

Στη συνέχεια εξετάστηκε ο παράγοντας επαφής με άλλα κτίρια. Η εξαγόμενη τιμή F ευρέθη ίση με 0.893, ενώ η κρίσιμη τιμή F για την αποδοχή ή απόρριψη στο 95% επίπεδο σημαντικότητας είναι 2.624. Η αντίστοιχη πιθανότητα είναι $p=0.444$. Αυτό σημαίνει ότι τα αποτελέσματα δε διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά. Επομένως η ύπαρξη επαφής κτιρίων ευρέθη ότι δεν επηρεάζει τη συγκέντρωση ραδονίου στο εσωτερικό της κατοικίας.

Εξετάστηκε ο παράγοντας είδος πατώματος με παρόμοια μέθοδο. Η εξαγόμενη τιμή F ευρέθη ίση με 1.298, ενώ η κρίσιμη τιμή F για την αποδοχή ή απόρριψη στο 95% επίπεδο σημαντικότητας είναι 2.119. Η αντίστοιχη πιθανότητα είναι $p=0.0256$. Ευρέθη ότι τα αποτελέσματα δε διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά.

Επίσης εξετάστηκε ο παράγοντας οικοδομικό υλικό, με παρόμοια μέθοδο. Ειδικά για τον παράγοντα αυτόν εξετάστηκαν και συγκεκριμένες συνεπιδράσεις των κατηγοριών του (πχ. τούβλο με μπετόν) ενώ δεν εξετάστηκαν κατηγορίες που δεν βρίσκονται συχνά στην ελληνική επικράτεια (πχ. οικοδομές αμιγώς κτισμένες με τούβλο). Η εξαγόμενη τιμή F ευρέθη ίση με 4.314, ενώ η κρίσιμη τιμή F για την αποδοχή ή απόρριψη στο 95% επίπεδο σημαντικότητας είναι 2.624. Η αντίστοιχη πιθανότητα είναι $p=0.0051$. Ευρέθη ότι τα αποτελέσματα διαφέρουν μεταξύ τους λείαν σημαντικά. Ελαφρώς αυξημένες παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των αμιγώς πετρόχτιστων κατοικιών.

Τέλος ελέγχθηκε ο παράγοντας χρονολογία ανέγερσης. Η εξαγόμενη τιμή F ευρέθη ίση με 3.334, ενώ η κρίσιμη τιμή F για την αποδοχή ή απόρριψη στο 95% επίπεδο σημαντικότητας είναι 2.624. Η αντίστοιχη πιθανότητα είναι $p=0.0195$. Ευρέθη ότι τα αποτελέσματα δε διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά. Ελαφρώς αυξημένες παρουσιάστηκαν οι συγκεντρώσεις των κατοικιών κτισμένων μεταξύ 1901-50 ($p<0.01$).

Προκειμένου να εξεταστεί η επίδραση του υπογείου στη συγκέντρωση, εφαρμόστηκε η μέθοδος της Ανάλυσης Μεταβλητότητας σε δύο διευθύνσεις με επανάληψη (Two Way ή Two Factor ANOVA with Replication). Προς τούτο κατασκευάστηκε δισδιάστατος πίνακας διασποράς μεταξύ παράγοντα επιπέδου και υπογείου. Για την περίπτωση του παράγοντα επίπεδο χρησιμοποιήθηκαν μόνο δύο κατηγορίες, αυτές των ισογείων στο ίδιο επίπεδο με το έδαφος και του πρώτου ορόφου, αφού στις άλλες κατηγορίες δεν είχε ευρεθεί σημαντική διαφορά. Εξετάζοντας με κριτήριο F την πιθανή συνεπίδραση μεταξύ γραμμών και στηλών του πίνακα ανάλυσης διασποράς, ευρέθη ότι στατιστικώς σημαντική συσχέτιση υπάρχει μόνο μεταξύ πλήρους κάλυψης με υπόγειο και ισογείου επιπέδου ($p < 0.001$) και λίαν σημαντική επίδραση μεταξύ μερικής κάλυψης και πρώτου ορόφου ($p < 0.05$). Συγκεκριμένα ευρέθη ότι η ύπαρξη υπογείου με πλήρη κάλυψη σε μία ισόγεια κατοικία, οδηγεί σε μείωση της συγκέντρωσης στα επίπεδα των κατοικιών του πρώτου ορόφου, ενώ αντίθετα η ύπαρξη υπογείου μερικής κάλυψης σε κατοικίες πρώτου ορόφου οδηγεί σε αύξηση της συγκέντρωσης σε επίπεδα αντίστοιχα με αυτά του ισογείου. Οποσδήποτε τα αποτελέσματα αυτά είναι αντικρουόμενα. Επισημαίνεται ότι επίδραση της ύπαρξης υπογείου με μερική κάλυψη σε ισόγειες κατοικίες δεν ευρέθη.

Ευρέθη ότι η εκτίμηση των παραγόντων που επιδρούν στη συγκέντρωση, επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις. Αυτές εξαρτώνται από τυχαίους παράγοντες και από το πλήθος των δειγμάτων ανά κατηγορία παράγοντα, είναι δε δυνατό η συνεπίδραση παραγόντων να επηρεάζει επιπλέον.

IV. Ειδική μελέτη περιοχών με αυξημένες συγκεντρώσεις ραδονίου και θυγατρικών ισοτόπων.

Σχετικά με τις περιοχές που παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις ραδονίου, ενδελεχώς έχουν μελετηθεί μέχρι στιγμής μόνο η περιοχή Αρναίας Χαλκιδικής και η περιοχή Βρυσών Αποκορώνου Χανίων. Από τις δύο αυτές περιοχές, μόνο αυτή της Αρναίας αξιολογήθηκε ως σημαντική για περαιτέρω μελέτη.

Διαπιστώθηκε ότι η περιοχή Αρναίας Χαλκιδικής είναι μια περιοχή στην οποία παρουσιάζονται αυξημένες συγκεντρώσεις ραδονίου. Ο ισχυρισμός επιβεβαιώθηκε από τις μετρήσεις ραδονίου σε οικίες, πόσιμο ύδωρ και εδαφικό αέριο. Στην παραπάνω περιοχή το ποσοστό των κατοικιών με αυξημένες συγκεντρώσεις ραδονίου υπερβαίνει το 1% επί του συνόλου των κατοικιών. Η μέση ετήσια ενεργός ισοδύναμη δόση λόγω ραδονίου εκτιμήθηκε σε 4.5 mSv και περίπου 11% αυτής ευρέθη ότι οφείλεται στη χρήση και πόση ύδατος. Για σύγκριση αναφέρεται ότι η μέση ισοδύναμη δόση την οποία λαμβάνει ένας άνθρωπος λόγω όλων των πηγών ακτινοβολίας (φυσικών και τεχνητών) ισούται με 2.5 mSv . Οι μέσες συγκεντρώσεις ραδονίου στο έδαφος ήταν (90 ± 3) kBq·m⁻³ και (100 ± 3) kBq·m⁻³ για γρανιτικά και μη γρανιτικά πετρώματα αντίστοιχα. Η μέση συγκέντρωση ραδονίου στο ύδωρ ευρέθη ίση προς (98 ± 13) kBq·m⁻³ . Οι παραπάνω τιμές είναι αντίστοιχες ραδονόπληκτων περιοχών της Ε.Ε. και των ΗΠΑ.

V. Προσομοίωση μεταβολών συγκεντρώσεων ραδονίου με χρήση

(i) Θεωρίας Χάους

Πρόσφατα (2014) εκτιμήθηκαν εκθέτες Hurst (H) χρονικά εξελισσόμενων σημάτων ραδονίου ελληνικών κατοικιών. Τα σήματα συλλέχθηκαν με τον ενεργητικό μετρητή Alpha Guard Pro και περιέλαβαν τουλάχιστον 24 ώρες μετρήσεων σε κάθε κατοικία. Οι εκθέτες Hurst υπολογίστηκαν με τη μέθοδο R/S κυλιόμενων παραθύρων καθώς και για διαδοχικά μη επικαλυπτόμενα παράθυρα. Ο σκοπός ήταν να προσδιορίσει εάν οι χρονική εξέλιξη του ραδονίου κατοικιών διέπεται από χαοτική συμπεριφορά εμμονής, αντι-εμμονής ή αν οι τιμές είναι ασυσχέτιστες. Ευρέθη ότι τα περισσότερα σήματα παρουσίασαν αρκετά τμήματα με τιμές δείκτη Hurst αρκετά μεγαλύτερες από 0.8, γεγονός που υποδεικνύει συμπεριφορά μακράς μνήμης και ειδικότερα εμμονή. Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος όπως και τα αποτελέσματα συμπεριφοράς χάους είναι ιδιαίτερα καινοτόμος έρευνα ειδικά αναφορικά με την κρυμμένη τάση μακρού-εύρους (long-range) που έχει το ραδόνιο κατοικιών.

(ii) Πλατφόρμας NIST CONTAM

Πρόσφατα (2015) υλοποιήθηκε ολοκληρωμένη μελέτη προσομοίωσης Ελληνικών κατοικιών με τη χρήση του μοντέλου NIST CONTAM. Υλοποιήθηκαν δύο ομάδες προσεγγίσεων: (α) μοντέλο κατοικιών διαφορετικών κατασκευαστικών παραμέτρων και (β) μοντέλο κινητικότητας κατοίκων με σκοπό την εκτίμηση της δόσης την οποία λαμβάνουν. Η προσομοίωση εκτελέστηκε με επιπρόσθετη

είσοδο μετρημένες κατανομές θερμοκρασιών και πιέσεων. Οι αρχικές συνθήκες ορίσθηκαν με βάση μετρήσεις ή τη βιβλιογραφία. Οι μη μετρηθείσες παράμετροι της προσομοίωσης εκτιμήθηκαν με βάση τη διεθνή βάση ASHRAE. Για τις ανάγκες της προσομοίωσης της διαδικασίας μαγειρικής περιγράφηκε συσκευή κουζίνας φυσικού αερίου και τυπική ηλεκτρική συσκευή. Η διαδικασία της θέρμανσης προσομοιάστηκε με σόμπα κηροζίνης, πετρελαίου και φυσικού αερίου. Οι σχετικές προδιαγραφές ελήφθησαν από τον οργανισμό NIST. Στη διαδικασία προσομοίωσης εφαρμόσθηκαν διάφορα μοντέλα παραγωγής και απομάκρυνσης ρύπων. Οι ρύποι που περιγράφηκαν ήταν οι εξής: (1) CH₂O (2) CO (3) NO₂ (4) PM_{2.5} (5) ²²²Rn.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η επιβάρυνση της υγείας εξαρτάται κυρίως (α) τη χρονική περίοδο και το ρυθμό παραγωγής (β) τη διάρκεια στην οποία ένα κάτοικος εισπνέει ένα συγκεκριμένο ρύπο (γ) την κατανομή συγκέντρωσης του ρύπου. Η επιβάρυνση ευρέθη ότι εξαρτάται από έξι επιμέρους παραμέτρους: (α) το χρονικό διάστημα στο οποίο το εκτεθειμένο άτομο κατοικεί στη ζώνη με την πηγή της ρύπανσης, (β) τη διάρκεια λειτουργίας της κουζίνας και της θέρμανσης, (γ) τις παραμέτρους του καιρού, (δ) την εσωτερική σχεδίαση των ζωνών των κατοικιών, (ε) τη θέση της πηγής της ρύπανσης και (στ) το μέγεθος των ανοιγμάτων της κατοικίας. Η μεταβολή των παραπάνω παραγόντων επηρεάζει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα της κατοικίας και, με αυτόν τον τρόπο, τα προφίλ συγκέντρωσης των εσωτερικών ατμοσφαιρικών ρύπων.

Η μελλοντική εργασία θα επεκτείνει την έρευνα σε άλλους ατμοσφαιρικούς ρύπους και σε περισσότερους τύπους κατοικιών.

Π1.1.4. Συμπεράσματα:

Μπορούν να υποστηριχθούν τα παρακάτω:

1. Διατίθενται παθητικές και ενεργητικές τεχνικές για την ανίχνευση και μέτρηση του ραδονίου και των θυγατρικών του τόσο στον αέρα όσο και στο ύδωρ και το έδαφος.
2. Το ραδόνιο είναι ο κυριότερος φυσικός παράγοντας έκθεσης των Ελλήνων στη φυσική ραδιενέργεια. Εκτιμήθηκε ότι 44 στους 10,000 Έλληνες αναπτύσσουν θανατηφόρο καρκίνο του πνεύμονα λόγω ραδονίου. Ο παραπάνω αριθμός αντιστοιχεί σε 566 θανάτους από καρκίνο του πνεύμονα ετησίως.
3. Οι συγκεντρώσεις του ραδονίου κλειστών χώρων στην Ελλάδα κατανέμονται λογαριθμοκανονικά με αριθμητική μέση τιμή $55 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, τυπική απόκλιση αριθμητικής μέσης τιμής $110 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, γεωμετρική μέση τιμή $40 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ και τυπική απόκλιση γεωμετρικής μέσης τιμής $2.4 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.
4. Οι τιμές του μεγέθους PAEC κλειστών χώρων στην Ελλάδα κυμαίνονται μεταξύ $0.0024 \text{ mW}\cdot\text{M}\cdot\text{y}^{-1}$ και $2.18 \text{ mW}\cdot\text{M}\cdot\text{y}^{-1}$ ενώ οι αντίστοιχες μέσες τιμές της ενεργού ισοδύναμης δόσης, μεταξύ 0.090 και $10.6 \text{ mSv}\cdot\text{y}^{-1}$. Οι διακυμάνσεις των ενεργών ισοδυνάμων δόσεων ήταν αντίστοιχες με αυτές των συγκεντρώσεων. Οι αντίστοιχες τιμές για τις πιθανά «θερμές» περιοχές εμφάνισαν μέγιστες ενεργές δόσεις έως και $28.5 \text{ mW}\cdot\text{M}\cdot\text{y}^{-1}$. Όλες οι

παραπάνω τιμές δόσεων μπορεί να μεταβληθούν κατά ένα παράγοντα μεταξύ 1.5 και 3.5 ανάλογα με τους χρησιμοποιούμενους συντελεστές μετατροπής έκθεσης σε δόση.

5. Η συγκέντρωση του ραδονίου στους κλειστούς χώρους στην Ελλάδα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Η στατιστική μελέτη των παραγόντων έδειξε ότι:

i. Ελαφρώς αυξημένες παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των αμιγώς πετρόχτιστων κατοικιών.

ii. Η ύπαρξη υπογείου με πλήρη κάλυψη σε μία ισόγεια κατοικία, οδηγεί σε μείωση της συγκέντρωσης στα επίπεδα των κατοικιών του πρώτου ορόφου, ενώ αντίθετα η ύπαρξη υπογείου μερικής κάλυψης σε κατοικίες πρώτου ορόφου οδηγεί σε αύξηση της συγκέντρωσης σε επίπεδα αντίστοιχα με αυτά του ισογείου.

iii. Ελαφρώς αυξημένες παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των κατοικιών κτισμένων μεταξύ 1901-50.

iv. Στατιστικώς σημαντική συσχέτιση υπάρχει μόνο μεταξύ πλήρους κάλυψης με υπόγειο και ισογείου επιπέδου και λίαν σημαντική επίδραση μεταξύ μερικής κάλυψης και πρώτου ορόφου.

6. Σχετικά με τις περιοχές που παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις ραδονίου, σημαντικότερη είναι η περιοχή Αρναίας Χαλκιδικής και μετά η περιοχή Βρυσών Αποκορώνου Χανίων. Στην περιοχή Αρναίας παρουσιάζονται αυξημένες συγκεντρώσεις ραδονίου σε οικίες, πόσιμο ύδωρ και εδαφικό αέριο. Στην παραπάνω περιοχή το ποσοστό των κατοικιών με αυξημένες συγκεντρώσεις ραδονίου υπερβαίνει το 1% επί του συνόλου των κατοικιών. Η μέση ετήσια ενεργός ισοδύναμη δόση λόγω ραδονίου εκτιμήθηκε σε 4.5 mSv και περίπου

11% αυτής ευρέθη ότι οφείλεται στη χρήση και πόση ύδατος. Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως ραδονόπληκτη.

7. Ευρέθη κρυμμένη τάση μακρού-εύρους (long-range) στο ραδόνιο κατοικιών. Συγκεκριμένα τα περισσότερα σήματα συγκεντρώσεων ραδονίου Ελληνικών οικιών παρουσίασαν αρκετά τμήματα με τιμές δείκτη Hurst αρκετά μεγαλύτερες από 0.8 με τη μέθοδο του κυλιόμενου παραθύρου. Το παραπάνω γεγονός υποδεικνύει συμπεριφορά μακράς μνήμης και ειδικότερα εμμονή. Τα παραπάνω αποτελέσματα υποδεικνύουν συμπεριφορά χάους.

8. Η προσομοίωση Ελληνικών κατοικιών με το μοντέλο CONTAM υπέδειξε ότι η επιβάρυνση της υγείας εξαρτάται κυρίως (α) τη χρονική περίοδο και το ρυθμό παραγωγής (Β) τη διάρκεια στην οποία ένα κάτοικος εισπνέει ένα συγκεκριμένο ρύπο (Γ) την κατανομή συγκέντρωσης του ρύπου. Η επιβάρυνση ευρέθη ότι εξαρτάται από έξι επιμέρους παραμέτρους: (α) το χρονικό διάστημα στο οποίο το εκτεθειμένο άτομο κατοικεί στη ζώνη με την πηγή της ρύπανσης, (β) τη διάρκεια λειτουργίας της κουζίνας και της θέρμανσης, (γ) τις παραμέτρους του καιρού, (δ) την εσωτερική σχεδίαση των ζωνών των κατοικιών, (ε) τη θέση της πηγής της ρύπανσης και (στ) το μέγεθος των ανοιγμάτων της κατοικίας.

Όπως συνάγεται από τα άνωθεν εκτεθέντα στοιχεία, η πραγματοποίηση της ολότητας του ερευνητικού έργου στο εκτεθέν εδάφιο βασίστηκε στην *Εφαρμοσμένη Φυσική Ακτινοβολιών (Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών Ραδονίου και Θυγατρικών)* με χρήση ιδιαίτερα σημαντικών τεχνικών και με βασική συνιστώσα

του έργου τα αποτελέσματα αυτών των ακτινοβολιών στη δόση και επομένως στον Άνθρωπο.

Π1.2.Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες και Ραδόνιο Περιβάλλοντος από Γεω-συστήματα προ Σεισμών: Τηλεμετρία, Χάος, Φράκταλς, Αυτο-οργάνωση και Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων.

Π1.2.1.Περίγραμμα

Το ερευνητικό έργο στο συγκεκριμένο εδάφιο αναφέρεται στη διαρκή τηλεανιχνευόμενη καταγραφή Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών και Ραδονίου του Περιβάλλοντος που εκπέμπονται από Γεω-συστήματα μακράς μνήμης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συστημάτων είναι τα φρακταλικά-χαοτικά Γεω-συστήματα κατά τη διάρκεια προετοιμασίας και εξέλιξης σεισμικών γεγονότων και τα Βιο-συστήματα κατά τη διάρκεια επιληπτικών κρίσεων και καρδιακών προσβολών. Επί του παρόντος η έρευνα του συγκεκριμένου εδαφίου έχει περιορισθεί μόνο στα προσεισμικά Γεω-συστήματα. Τα συστήματα αυτά ανήκουν στο ευρύτερο επιστημονικό πεδίο των φυσικών καταστροφών (natural disasters) μαζί με αυτά των πυρκαγιών, τσουνάμι, πυρηνικών ατυχημάτων και των συναφών. Υπό την έννοια αυτή, τα τηλεανιχνευόμενα Περιβαλλοντικά Γεω-συστήματα που εκπέμπουν Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες και Ραδόνιο έχουν άμεση αναφορά και στόχο τον Άνθρωπο. Δεδομένου ότι οι Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες και το Ραδόνιο Περιβάλλοντος ανήκουν στην Εφαρμοσμένη Φυσική Ακτινοβολιών, συμπεραίνεται ότι το συγκεκριμένο εδάφιο αναφέρεται στην Εφαρμοσμένη Φυσική Ακτινοβολιών στο Περιβάλλον και στον Άνθρωπο.

Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι η τηλεανιχνευόμενη καταγραφή Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών και Ραδονίου από Γεω-συστήματα, έχει σαφώς

συσχετισθεί με τις διαδικασίες τάσης, συμπίεσης και παραμόρφωσης των συστημάτων αυτών, δηλαδή αυτές της δημιουργίας και εξέλιξης σεισμών. Οι σχετιζόμενες εκπεμπόμενες Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες του Περιβάλλοντος καλύπτουν ευρύ φάσμα συχνοτήτων, από εξαιρετικά χαμηλές τιμές (VLF-Very Low Frequencies), έως πολύ υψηλές τιμές (VHF-Very High Frequencies), παρουσιάζουν δε ιδιάζουσα συμπεριφορά, κατά τη φάση που τα λιθοσφαιρικά Γεω-συστήματα βρίσκονται σε κρίσιμη κατάσταση. Σύμφωνα με τα δεδομένα της τελευταίας πενταετίας, έχει αποδειχθεί ότι και οι διαταραχές του Ραδονίου Περιβάλλοντος παρουσιάζουν ιδιάζουσα συμπεριφορά, μάλιστα με πολλά κοινά σημεία με αυτήν των Ηλεκτρομαγνητικών Διαταραχών.

Τα αντικείμενα του επιστημονικού έργου του παρόντος εδαφίου είναι τα κάτωθι:

- (1) Η διαρκής τηλεανίχνευση διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος (διαφόρων συχνοτήτων).
- (2) Η διαρκής τηλεανίχνευση διαταραχών Ραδονίου Περιβάλλοντος στο έδαφος.
- (3) Η συντήρηση, αναβάθμιση, επέκταση του ήδη υπάρχοντος δικτύου τηλεανιχνευόμενων διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών και Ραδονίου Περιβάλλοντος.
- (4) Η ανάλυση των δεδομένων με χρήση των παρακάτω μεθόδων ανίχνευσης φρακταλικής-χαοτικής συμπεριφοράς και μακράς μνήμης των Γεω-συστημάτων εκπομπής:

(1) Ανάλυση χρονικής εξέλιξης παραμέτρων νόμου δύναμης (power-law) τύπου

I. Κυλιόμενου Παραθύρου (sliding-gliding window)

II. Συνεχών μη επικαλυπτόμενων παραθύρων (lumping)

(2) Ανάλυση χρονικής εξέλιξης δείκτη Hurst μέσω

I. Ανάλυσης κλιμακούμενου εύρους (rescaled range) (R/S)

II. Ανάλυσης μήκους τραχύτητας (roughness-length) ($R-L$)

III. Ανάλυσης βαριογράμματος (Variogram)

και αυτά με τύπο

I. Κυλιόμενου Παραθύρου (sliding-gliding window)

II. Συνεχών μη επικαλυπτόμενων παραθύρων (lumping)

(3) Ανάλυση χρονικής εξέλιξης χαστικής αυτοσυσχέτισης μέσω της τεχνικής DFA (Detrended Fluctuation Analysis) με τύπο

I. Κυλιόμενου Παραθύρου (sliding-gliding window)

II. Συνεχών μη επικαλυπτόμενων παραθύρων (lumping)

(4) Ανάλυση χρονικής εξέλιξης συμβολικής δυναμικής μέσω των παρακάτω δεικτών αυτο-οργάνωσης χρονοσειρών:

I. Εντροπία Shannon

II. Εντροπία Shannon ανά γράμμα

III. Εντροπία υπό συνθήκη (conditional entropy)

IV. Εντροπία υπό συνθήκη ανά γράμμα

V. Κανονικοποιημένη εντροπία

VI. Κανονικοποιημένη εντροπία ανά γράμμα

VII. Εντροπία Tsallis

VIII. Εντροπία Tsallis ανά γράμμα

IX. Προσεγγιστική εντροπία (approximate entropy)

X. Προσεγγιστική εντροπία ανά γράμμα

και τα παραπάνω με τύπο

I. Κυλιόμενου Παραθύρου (sliding-gliding window)

II. Συνεχών μη επικαλυπτόμενων παραθύρων (lumping)

(5) Η ανάλυση του παραπάνω υπο-εδαφίου με χρήση εντροπίας κβαντισμένων σημάτων (σημάτων στάθμης).

(6) Η συσχέτιση των αναλύσεων των υπο-εδαφίων 3 & 4 με τις διαδικασίες μακράς μνήμης Γεω-συστημάτων και η ανάπτυξη σχετικών φυσικών και μαθηματικών προτύπων.

Οι άμεσοι στόχοι του παρόντος έργου είναι οι κάτωθι:

1. Η επέκταση της υπάρχουσας γνώσης δημιουργίας διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών και Ραδονίου από Γεω-συστήματα
2. Η διερεύνηση και ερμηνεία συσχετίσεων διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών και Ραδονίου από Γεω-συστήματα με τις διαδικασίες γένεσης σεισμών και τη, συνακόλουθη, προστασία του Ανθρώπου.

Η ερευνητική μεθοδολογία περιλαμβάνει:

1. Τη συντήρηση και επέκταση υπάρχοντος δικτύου τηλεανίχνευσης διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών και Ραδονίου Περιβάλλοντος από Γεω-συστήματα
2. Τη εγκατάσταση νέων σταθμών
3. Τη βελτίωση του δικτύου μέσω εγκατάστασης πιλοτικών σταθμών τηλεανίχνευσης διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών και Ραδονίου από Γεω-συστήματα
 - I. μέσω αύξησης του ρυθμού δειγματοληψίας (άνω των 100 δειγμάτων ανά sec)
 - II. βελτίωσης των καταγραφέντων δεδομένων (data loggers) (άνω των 28 ημερών με 12X86400 δεδομένα ανά ημέρα)
4. Τη εισαγωγή νέων μεθοδολογιών για την ανάλυση των καταγραφών διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών και Ραδονίου από Γεω-συστήματα
5. Τη αυτοματοποίηση μερικών ή όλων των τεχνικών ανάλυσης (analysis on-the go)

Είναι σημαντικό εδώ να τονιστεί ότι το παρόν έργο πρόκειται να επεκταθεί στα εδάφια

1. των βιο-συστημάτων επιληπτικών κρίσεων
2. της προετοιμασίας εγκεφαλικών επεισοδίων και
3. της προετοιμασίας καρδιακών προσβολών.

Τα τελευταία ανήκουν στο αντικείμενο της βιοπληροφορικής

Το παρόν έργο βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη. Ήδη έχει οδηγήσει στο σχηματισμό ομάδας εντός του Τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων του ΑΕΙ Πειραιά ΤΤ. Ερευνητικά υπεύθυνος είναι ο γράφοντας. Το δίκτυο τηλεανίχνευσης διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών και Ραδονίου από Γεω-συστήματα αποτελεί τμήμα υλικοτεχνικής υποδομής του Θεσμοθετημένου Εργαστηρίου του Τομέα ΜΗΤ του Τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων του ΑΕΙ Πειραιά ΤΤ. Οι τεχνικές επίσης αποτελούν αντικείμενο αποστολής του άνωθι εργαστηρίου.

Παρακάτω αναλύονται τα μέχρι τώρα αποτελέσματα στο πεδίο εφαρμογής των Γεω-συστημάτων μακράς μνήμης κατά τη διάρκεια προετοιμασίας σεισμών.

Π1.2.2.Εισαγωγή:

Π1.2.2.1. Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες και Ραδόνιο Περιβάλλοντος από Γεω-συστήματα Μακράς Μνήμης: Τηλεανίχνευση

Π1.2.2.1.1.Γενικά

Η τηλεανίχνευση, άλλως αποκαλούμενη και τηλεμετρία, είναι η επιστήμη της πληροφορικής που ασχολείται με την ανίχνευση από μακρυά (remote sensing) και τη μεταφορά δεδομένων από ένα σταθμό ανίχνευσης, καταγραφής και μέτρησης προς έναν κεντρικό σταθμό. Οι σταθμοί ανίχνευσης, καταγραφής και μέτρησης μπορεί να είναι σταθμοί μετεωρολογικοί, σεισμολογικοί, θερμοκήπια ή γενικά κάθε σταθμός που ανιχνεύει και μετρά αναλογικές πληροφορίες και αυτές

αποστέλλονται σε ένα κεντρικό σταθμό για περαιτέρω επεξεργασία και αξιοποίηση.

Η τηλεανίχνευση μπορεί να χωρισθεί σε δυο μεγάλες κατηγορίες. Πρώτη κατηγορία είναι η τηλεανίχνευση πραγματικού χρόνου (real time) όπου τα δεδομένα που λαμβάνονται στο σταθμό μέτρησης καταγράφονται ταυτόχρονα και στον κεντρικό σταθμό με αποτέλεσμα ο κεντρικός σταθμός να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο τις μεταβολές των φυσικών παραμέτρων που διαβάζονται από το σταθμό μέτρησης. Δεύτερη κατηγορία είναι η συλλογή και μετέπειτα αποστολή στον κεντρικό σταθμό. Τα δεδομένα που λαμβάνονται στο σταθμό μέτρησης αποθηκεύονται στην μνήμη ενός ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger). Ο κεντρικός σταθμός σε τακτά χρονικά διαστήματα επικοινωνεί μέσω δικτύου ψηφιακών επικοινωνιών με το σταθμό μέτρησης και καθοδηγεί το καταγραφικό του σταθμού να του στείλει τα δεδομένα μετά από την τελευταία επικοινωνία.

Στην πρώτη περίπτωση τηλεμετρήσεων επιβάλλεται η χρησιμοποίηση μισθωμένου κυκλώματος τηλεφωνίας το οποίο κοστίζει ακριβά για απόσταση άνω των 250 *km* . Υπάρχει βεβαίως και η λύση της ασύρματης επικοινωνίας αλλά υπάρχουν αρκετά μειονεκτήματα τα οποία θα αναφερθούν παρακάτω. Στην δεύτερη περίπτωση τηλεμετρήσεων το κόστος περιορίζεται στην κανονική χρέωση χρήσης απλού επιλεγόμενου αστικού ή υπεραστικού δικτύου. Η κατηγορία αυτή της τηλεανίχνευσης χρησιμοποιείται όταν ο όγκος των

πληροφοριών ημερησίως δεν είναι μεγάλος. Έτσι το κόστος λειτουργίας είναι μικρότερο και από το κόστος συντήρησης ενός ασυρματικού δικτύου. Επισημαίνεται ότι στη δεύτερη κατηγορία μετρήσεων υπάγονται οι περισσότερες εφαρμογές της τηλεανίχνευσης όπως για παράδειγμα οι μετεωρολογικές και σεισμολογικές μετρήσεις, οι μετρήσεις ατμοσφαιρικών ρύπων και ραδιενέργειας κ.τ.ο.

Είναι σημαντικό να τονισθεί εδώ ότι οι επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας δεν είναι πάντα άριστες. Για παράδειγμα υπάρχει πιθανότητα στα επιθυμητά σημεία εγκατάστασης σταθμών πεδίου, να μην υπάρχει το ενσύρματο δίκτυο ψηφιακών επικοινωνιών ή ακόμη και ηλεκτρισμός. Σε τέτοιες περιπτώσεις απαιτείται η λειτουργία του σταθμού τηλεανίχνευσης να γίνεται με όσο το δυνατό μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και ασυρματικά. Πρέπει δηλαδή να προσαρμόζεται η εγκατάσταση και λειτουργία το σταθμού τηλεανίχνευσης στις συνθήκες της κάθε περιοχής. Πρέπει επίσης να τονισθεί ότι συνήθως απαιτούνται σταθμοί μετρήσεων σε περισσότερα σε διάσπαρτα σημεία. Τα δεδομένα από όλους τους σταθμούς πρέπει να συγκεντρωθούν σε ένα και μόνο σταθμό ο οποίος αποκαλείται κεντρικός σταθμός.

Παρακάτω γίνεται ειδική αναφορά στη δεύτερη κατηγορία τηλεανίχνευσης, δηλαδή αυτής με τη χρήση ψηφιακών συστημάτων καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers).

Π1.2.2.1.2.Τεχνική τηλεμετρίας με χρήση ψηφιακών συστημάτων καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers)

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στις εφαρμογές της τηλεανίχνευσης με χρήση ψηφιακών συστημάτων καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers), λαμβάνονται αρχικά οι μετρήσεις των αναλογικών σημάτων, στη συνέχεια αυτές αποθηκεύονται στα ψηφιακά αποθηκευτικά μέσα και τελικά γίνεται η μεταφορά τους στον κεντρικό σταθμό. Βασική συνθήκη είναι η ορθή λήψη των μετρήσεων, επομένως θα πρέπει οι αισθητήρες (sensors) που μετατρέπουν τις αναλογικές πληροφορίες των φυσικών παραμέτρων σε ηλεκτρικό σήμα να μη δίνουν εσφαλμένες μετρήσεις. Η ψηφιοποίηση των αναλογικών μετρήσεων, από την άλλη πλευρά, καθορίζεται από το πρόγραμμα που είναι φορτωμένο στο ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (data logger). Τα συστήματα που έχουν την ονομασία dataloggers περιέχουν μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU), μνήμη RAM για την αποθήκευση προγραμμάτων, δεδομένων κ.τ.λ. και μνήμη ROM όπου είναι αποθηκευμένο το λειτουργικό πρόγραμμα. Δομικό στοιχείο των ψηφιακών συστημάτων καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers) είναι ο μετατροπέας του αναλογικού σε ψηφιακό σήμα (A/D converter). Ο αναλογικοψηφιακός μετατροπέας (A/D converter) αποτελεί τη διασύνδεση (interface) μεταξύ του αισθητήρα και του υπολογιστή. Η ορθή λειτουργία του αναλογικοψηφιακού μετατροπέα (A/D converter) εξασφαλίζει το μικρότερο πιθανό λάθος στις μετρήσεις.

Τα ψηφιακά συστήματα ψηφιακών καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers) που χρησιμοποιούνται στους σταθμούς μέτρησης, πρέπει να εκτελούν διάφορες εργασίες ταυτόχρονα έτσι ώστε κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας με τον κεντρικό σταθμό για τη μεταφορά των δεδομένων να καθίσταται δυνατή η ταυτόχρονη αποθήκευση πληροφοριών από τους αισθητήρες. Επισημαίνεται ότι η επικοινωνία των ψηφιακών συστημάτων καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers) γίνεται με modem ή με περιφερειακές μονάδες αποθήκευσης, μέσω σειριακής πόρτας. Ο κεντρικός σταθμός είναι ο αποδέκτης των πληροφοριών από όλους τους σταθμούς μέτρησης και συνήθως αποτελείται από ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή (με δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλου όγκου πληροφοριών), ένα modem και μία τηλεφωνική γραμμή για την επικοινωνία με τους σταθμούς μέτρησης. Ο κεντρικός σταθμός πρέπει να είναι εφοδιασμένος με κατάλληλο λογισμικό ώστε να κάνει αυτόματα την περισυλλογή των δεδομένων από τους σταθμούς μέτρησης καθώς και να εξασφαλίζει την ορθή μεταφορά τους από αυτούς. Το λογισμικό του κεντρικού σταθμού πρέπει να έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να εξασφαλίζει την επικοινωνία με τον σταθμό μέτρησης και τη μεταφορά των δεδομένων με επιτυχία. Απαραίτητη είναι η συνένωση των αρχείων των δεδομένων που έχουν αποθηκευτεί. Η διαδικασία αυτή είναι και η πιο σημαντική διότι δημιουργεί ένα τελικό αρχείο όπου βρίσκονται όλες οι μετρήσεις όλων των σταθμών μέτρησης μαζί με την ημερομηνία και το χρόνο μέτρησης. Το πρόγραμμα λοιπόν πρέπει να είναι ικανό να ξεχωρίζει τις πληροφορίες της αυτής χρονικής στιγμής που ελήφθησαν από τους σταθμούς μέτρησης, διότι μερικοί μπορεί να μην

λειτουργούσαν σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα ή από λάθος κατά την επικοινωνία να έχουν αποστείλει το ίδιο πακέτο δεδομένων. Σημαντικό για τον χρήστη της όλης διάταξης είναι να μπορεί να συγκρίνει μετρήσεις που έγιναν από διάφορους σταθμούς την ίδια χρονική στιγμή. Ο καλύτερος τρόπος είναι μέσω της γραφικής τους απεικόνισης στην οθόνη του υπολογιστή ή σε καταγραφικό. Απαιτείται επομένως και εξειδικευμένο λογισμικό το οποίο θα είναι εξειδικευμένο στην πυκνότητα του δικτύου τηλεανίχνευσης και στο σύνολο των ημερησίων καταγραφών από κάθε σταθμό πεδίου. Είναι απαραίτητο επίσης το λογισμικό να παρέχει δυνατότητα επιλεκτικής αναπαράστασης δεδομένων από επιλεγμένους σταθμούς και όλα αυτά με δυναμική προσέγγιση.

Συμπερασματικά, από τα παραπάνω μπορεί να υποστηριχθεί ότι ξεκινώντας τη δημιουργία ενός δικτύου τηλεανίχνευσης θα πρέπει να εξασφαλισθεί το μικρότερο δυνατό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας και με την προϋπόθεση ότι αυτό θα λειτουργήσει και κάτω από αντίξοες συνθήκες. Βασικός παράγοντας για τη διαμόρφωση του δικτύου είναι ο όγκος της μεταφερόμενης πληροφορίας και η απόσταση μεταξύ των σταθμών. Αν η μεταφορά των δεδομένων γίνει μέσω μισθωμένης τηλεφωνικής γραμμής, η συντήρηση του διαύλου επιβαρύνει τον τηλεφωνικό πάροχο, αλλά υπάρχει χρέωση ανάλογα με το χρόνο χρήσης των κυκλωμάτων. Αν η μεταφορά γίνει μέσω ασυρματικού δικτύου, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας επιβαρύνει το χρήστη του δικτύου. Για αυτό το λόγο συνήθως χρησιμοποιούνται ενδιάμεσοι σταθμοί. Στους ενδιάμεσους σταθμούς, η σύνδεση τους με τους σταθμούς μέτρησης είναι με το επιλεγόμενο δίκτυο, ο

ρόλος των οποίων είναι κυρίως η ελάττωση του τηλεφωνικού κόστους. Δεδομένου ότι η σύνδεση ενδιάμεσου σταθμού με μερικούς τοπικούς σταθμούς γίνεται με την χρησιμοποίηση αστικού επιλεγόμενου δικτύου σε χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων, ο ενδιάμεσος σταθμός μετά από τη διαχείριση των πληροφοριών μπορεί να τις αποστείλει στον κεντρικό σταθμό με μεγάλη ταχύτητα και συμπίεση δεδομένων, ελαττώνοντας κατά αυτό τον τρόπο την υπεραστική χρέωση.

Π1.2.2.2. Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες και Ραδόνιο Περιβάλλοντος από Γεω-συστήματα Μακράς Μνήμης: Χάος, Αυτο-οργάνωση και Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων

Είναι αποδεκτό ότι πρόδρομα ηλεκτρομαγνητικά σήματα ανιχνεύονται πριν από σεισμούς σε ευρύ φάσμα συχνοτήτων. Υπάρχουν δύο κύριες μέθοδοι για την παρατήρηση προδρόμων φαινομένων σεισμού. Η πρώτη μέθοδος είναι η άμεση παρατήρηση των ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών από τη λιθόσφαιρα. Αυτό είναι βασισμένο στο γεγονός ότι φυσικές εκπομπές ακτινοβολίας λαμβάνουν χώρα στα υποκέντρα των σεισμών, λόγω τεκτονικών αποτελεσμάτων κατά τη διάρκεια της φάσης προετοιμασιών τους. Η δεύτερη μέθοδος είναι η έμμεση ανίχνευση των σεισμικών αποτελεσμάτων που πραγματοποιούνται με μορφή ανωμαλίας διάδοσης προϋπαρχόντων δομών αποστολής σημάτων. Αυτό είναι βασισμένο στο γεγονός ότι υπάρχουν ανωμαλίες στην ατμόσφαιρα και την ιονόσφαιρα λόγω σεισμικότητας, πράγμα που οδηγεί στην παραγωγή μιας ανωμαλίας διάδοσης με χαρακτηριστικά ανιχνευόμενου σήματος. Δεδομένου ότι ένας σεισμός είναι μια

ξαφνική μηχανική αποτυχία του ετερογενούς φλοιού της γης, είναι λογικό να αναμένεται ότι η προπαρασκευαστική διαδικασία του συνοδεύεται από εκφάνσεις σε διάφορες κλίμακες, ενδεχομένως ανιχνεύσιμες πριν από την τελική καταστροφή. Δεδομένου ότι η διάδοση ρωγμών είναι ο βασικός μηχανισμός της αποτυχίας του υλικού, η εξέλιξη ρωγμών πριν από τους σεισμούς μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη σεισμικά προκληθείσα αποτυχία του υλικού. Κατά τη διάρκεια της διάδοσης ρωγμών, οι επιφάνειες πρόσφατα δημιουργημένων μικρο-ρωγμών καθίστανται ηλεκτρικά δίπολα λόγω έντονου διαχωρισμού που προκαλείται από τη ρήξη των διατομικών (ιοντικών) δεσμών. Η κίνηση μιας ρωγμής κυβερνάται από δυναμική αστάθεια. Αυτή η αστάθεια προκαλεί ταλαντώσεις στην ταχύτητα και τη δομή της στην επιφάνεια της ρωγμής. Ο μηχανισμός αστάθειας είναι αυτός της τοπικής διακλάδωσης όπου μια κατάσταση πολυ-ρωγμών διαμορφώνεται από επαναλαμβανόμενες μικρές ρωγμές. Λόγω της ισχυρής δόνησης των τοίχων των ρωγμών στο στάδιο της αστάθειας, το υλικό συμπεριφέρεται ως αποδοτικός ηλεκτρομαγνητικός εκπομπός. Αυτές οι ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές θεωρούνται ως πρόδρομα φαινόμενα γενικευμένης καταστροφής και είναι ανιχνεύσιμα και εργαστηριακά αλλά και σε γεωλογική κλίμακα. Σαφείς ανωμαλίες Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος συχνοτήτων $kHz - MHz$ έχουν ανιχνευθεί κατά τη διάρκεια περιόδων που κυμαίνονται από μερικές ημέρες έως μερικές ώρες πριν από καταστρεπτικούς σεισμούς.

Πιο συγκεκριμένα, όταν ένα ετερογενές υλικό παραμορφώνεται, η προσέγγιση της μακροθραύσης χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση μικρορωγμών (micro-cracks). Οι μικρορωγμές παράγουν ακουστικές και ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές, από χαμηλές (VLF) έως υψηλές (VHF) συχνότητες, που αποτελούν πρόδρομα φαινόμενα της θραύσης. Τα πρόδρομα αυτά φαινόμενα είναι ανιχνεύσιμα στο εργαστήριο και τη γεωφυσική κλίμακα. Βασικό εργαλείο για τον εντοπισμό των μικρορωγμών που εμφανίζονται πριν από τη θραύση των πετρωμάτων είναι η καταγραφή από επίγειους σταθμούς πεδίου της επαγωγικής ηλεκτρομαγνητικής εκπομπής εύρους συχνοτήτων VLF-VHF. Οι Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες του παραπάνω εύρους συχνοτήτων εκπέμπονται με πρόδρομο χρόνο που κυμαίνεται από μερικές εβδομάδες έως ώρες. Η ανίχνευση ιχνών μακράς μνήμης και αυτο-οργανωσης στις καταγραφόμενες διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών τους αποτελεί σημαντικό στοιχείο στην αποκρυπτογράφηση των διαδικασιών που οδηγούν στη μη αντιστρεπτή κατάρρευση των υλικών και, τελικά, τη θραύση. Σήμερα (2017) επικρατεί η άποψη ότι η προετοιμασία της θραύσης και η κατάρρευση των Γεω-συστημάτων προ σεισμών, ακολουθεί *δυναμική κρίσιμου σημείου*, εκδηλώνεται δηλαδή εφόσον συγκεκριμένες παράμετροι φθάσουν σε κρισιμότητα. Η στατιστική ανάλυση των χρονοσειρών διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος με χρήση μεθόδων fractals, τεχνικών ελέγχου μακράς μνήμης και εντροπικών μεθόδων (βλ. Εδάφιο Π1.2.2.1), έχει οδηγήσει στη διατύπωση σειράς κριτηρίων που υποδεικνύουν τη λανθάνουσα κρίσιμη συμπεριφορά.

Εκτός από τις διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος οι έντονες χρονικές μεταβολές των συγκεντρώσεων ενεργότητας του Ραδονίου Περιβάλλοντος (^{222}Rn) έχουν επίσης προταθεί ως πρόδρομα φαινόμενα ισχυρών σεισμών καθώς επίσης για την ανίχνευση της κυκλοφορίας ρευστών της γης, για τη μελέτη του φυσικού εξαερισμού σπηλαίων καθώς και για την ανίχνευση ηφαιστειακής δραστηριότητας. Η ανίχνευση του Ραδονίου Περιβάλλοντος γίνεται κυρίως από τις διασπάσεις α (^{222}Rn προς ^{218}Po και ^{214}Po σε ^{210}Pb), λόγω των οποίων καθίσταται δυνατή η ανίχνευσή του ακόμη και σε πολύ μικρά επίπεδα (της τάξης των 10^{-10} ppb). Οι μετρήσεις έχουν διεξαχθεί κατά βάση με παθητικές-ολοκληρωτικές τεχνικές (δεν απαιτείται χρήση ρεύματος, το αποτέλεσμα παρέχεται εντός ευρέων χρονικών διαστημάτων) ή (κατά την τελευταία πενταετία) με ενεργητικές τεχνικές (απαιτείται χρήση ρεύματος, το αποτέλεσμα παρέχεται άμεσα). Σχετικές μελέτες έχουν αναφερθεί στο εδαφικό αέριο σε υπόγεια ύδατα ή στην ατμόσφαιρα υπόγειων σπηλαίων. Επίσης, μελέτες έχουν διεξαχθεί για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της υψηλής εκροής (exhalation) ραδονίου από το έδαφος και της εφαρμογής μηχανικών τάσεων (stress) σε δείγματα πετρωμάτων ή σχετικά πιο πρόσφατα, στην περιοχή μιας τεχνητής λίμνης. Πρέπει όμως να τονισθεί, ότι η σχέση ανάμεσα στην άσκηση μηχανικών τάσεων και την αυξημένη εκροή ραδονίου είναι λίγο κατανοητή. Ως εκ τούτου, απαιτούνται εξειδικευμένες μετρήσεις, ειδικά κοντά σε ηφαιστειογενείς ή σεισμογενείς περιοχές.

Είναι σαφές ότι η μελέτη Γεω-συστημάτων προ σεισμών απαιτεί πολυδιαστατική προσέγγιση. Στα πλαίσια των δεδομένων οικονομικών δυνατοτήτων που έχουν

υπάρξει μέχρι σήμερα, το ερευνητικό έργο του παρόντος εδαφίου έχει τέτοια προσέγγιση. Μέχρι στιγμής έχει πραγματοποιηθεί ανεξάρτητη αλλά και συσχετισμένη μελέτη προσεισμικών διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος και Ραδονίου Περιβάλλοντος. Έχουν συλλέγει και συλλέγονται διαρκώς διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών και Ραδονίου Περιβάλλοντος με στόχο την επέκταση και τη θεμελίωση της γνώσης στο εδάφιο αυτό.

Στη διαδικασία της ανάλυσης προσεισμικών διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών και Ραδονίου Περιβάλλοντος αναδύονται ορισμένα ιδιαίτερα κρίσιμα ερωτήματα τα οποία, επί του παρόντος, παραμένουν ανοικτά:

- 1. Πως διακρίνεται μια ανωμαλία από το θόρυβο εντός του οποίου είναι εμβαπτισμένη;*
- 2. Η καταγραφή μιας ανωμαλίας, με όρους fractals, μακράς μνήμης και αυτο-οργάνωσης, σημαίνει de-facto ότι το Γεω-σύστημα που την εξέπεμψε είναι προσεισμικό;*
- 3. Είναι αναπόφευκτη η έλευση ενός σεισμού μετά την καταγραφή μιας ανωμαλίας προσεισμικού Γεω-συστήματος;*
- 4. Σε ποιο στάδιο της προετοιμασίας κατάρρευσης ενός προσεισμικού Γεω-συστήματος εκπέμπονται ακολουθιακά τα προσεισμικά σήματα ραδονίου και τα Ηλεκτρομαγνητικά σήματα ULF, MHz και kHz;*

Παρακάτω αναλύονται τα άνωθι ερωτήματα σε μερική έκταση:

1. Πως διακρίνεται μια ανωμαλία από το θόρυβο εντός του οποίου είναι εμβαπτισμένη;

Εξ' ορισμού, μία ανωμαλία σε μια χρονοσειρά σημαίνει διαφοροποίηση των δομικών χαρακτηριστικών της χρονοσειράς σε σύγκριση με εκείνα του υποβάθρου. Ποσότητες που βασίζονται στην έννοια της εντροπίας μπορούν να διαπιστώσουν διαφοροποίηση στην οργάνωση των δεδομένων της χρονοσειράς. Από τη φύση του το σεισμικό γεγονός είναι αποτέλεσμα οργάνωσης των μικρομονάδων θραύσης του προσεισμικού Γεω-συστήματος, δηλαδή των μικρορωγμών. Αναμένεται συνεπώς ότι ένα σήμα που εκπέμπεται από ένα προσεισμικό Γεω-σύστημα θα διέπεται από χαμηλή εντροπία, δηλαδή υψηλή οργάνωση, υψηλή προβλεπτικότητα, μικρή πολυπλοκότητα και μεγάλη συμπίεστικότητα. Αντίθετα, τα χαρακτηριστικά του υπόβαθρου προσεγγίζουν εκείνα του θορύβου, έτσι το υπόβαθρο της καταγραφής χαρακτηρίζεται από χαμηλή οργάνωση, χαμηλή προβλεπτικότητα, μεγάλη πολυπλοκότητα και χαμηλή δυνατότητα συμπίεσης. Συνεπώς, με τη χρησιμοποίηση εντροπικών ποσοτήτων ή μέτρων από τη θεωρία της πληροφορίας είναι δυνατό να διακριθεί μια αναδυθείσα ανωμαλία από το υπόβαθρο. Η βιβλιογραφία έχει αναδείξει το γεγονός ότι δεν υπάρχει άριστη ποσότητα για τη διάκριση μιας ανωμαλίας από το θόρυβο. Συνεπώς, μια ενδελεχής μελέτη επιβάλλει τη χρησιμοποίηση διαφόρων ποσοτήτων και την περαιτέρω διαπίστωση της σύγκλισης ή μη των αποτελεσμάτων. Μέχρι στιγμής έχει αποκτηθεί αρκετή εμπειρία στο πεδίο αυτό και τα μέχρι τώρα δημοσιευμένα αποτελέσματα το αποδεικνύουν. Με περαιτέρω

προσπάθεια αναμένεται ότι η διάκριση μιας ανωμαλίας από το υπόβαθρο θα γίνεται με τρόπο επιστημονικά απόλυτα επαρκή.

2. Η καταγραφή μιας ανωμαλίας, με όρους fractals, μακράς μνήμης και αυτο-οργάνωσης, σημαίνει de-facto ότι το Γεω-σύστημα που την εξέπεμψε είναι προσεισμικό;

Η διάκριση μιας ανωμαλίας Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας ή Ραδονίου από το υπόβαθρο, μέσω ανίχνευσης χαρακτηριστικών fractals, μακράς μνήμης και αυτο-οργάνωσης, αποτελούν αξιοσημείωτες ενδείξεις, αλλά δεν εξασφαλίζουν a-priori την προσεισμικότητα του συσχετιζόμενου Γεω-συστήματος. Για παράδειγμα, άλλα φυσικά φαινόμενα, όπως οι μαγνητικές καταιγίδες και η ηλιακή δραστηριότητα επάγουν επίσης ανωμαλίες στις Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες Περιβάλλοντος με υψηλή οργάνωση και χαμηλή πολυπλοκότητα και αυτό, διότι και αυτά τα φαινόμενα είναι κρίσιμα. Συνεπώς, *η παρουσία υψηλής οργάνωσης και χαμηλής πολυπλοκότητας σε μια ανωμαλία Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών ή Ραδονίου Περιβάλλοντος είναι αναγκαία αλλά όχι ικανή συνθήκη* ώστε να καθοριστεί με σαφή επιστημονικά κριτήρια ότι το Γεω-σύστημα που την εξέπεμψε είναι προσεισμικό. Σύγχρονες μελέτες έχουν αποδείξει ότι οι κρίσιμες διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας συχνότητας MHz, συσχετίζονται με κρίσιμες διαταραχές Ραδονίου εδαφικού αερίου και μάλιστα και οι δύο τύπου διαταραχές εμπεριέχουν παρόμοια ίχνη και αντιστοιχούν σε κοντινές φάσεις εξέλιξης του κρίσιμου Γεω-συστήματος.

Πάντως, σε κάθε περίπτωση ανίχνευσης ανωμαλίας πρέπει να αποκλειστεί η σύνδεσή της με άλλες φυσικές πηγές. Στα πλαίσια του παρόντος έργου επιδιώκεται η διατύπωση νέων κριτηρίων για την ασφαλέστερη υπό συζήτηση διάκριση.

3. Είναι αναπόφευκτη η έλευση ενός σεισμού μετά την καταγραφή μιας ανωμαλίας προσεισμικού Γεω-συστήματος;

Δεν υπάρχει σαφής απάντηση σε αυτό το ερώτημα με αυστηρά επιστημονικά κριτήρια. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων η έλευση ενός μεγάλου σεισμού συνοδεύεται από μια δραστική ελάττωση του δείκτη b του νόμου Gutenberg-Richter. Υπενθυμίζεται, ότι ο εν λόγω νόμος, περιγράφει τη συχνότητα εμφάνισης σεισμών συναρτήσει του μεγέθους των. Η δραστική ελάττωση του δείκτη αυτού απεικονίζει τη σχετική αύξηση των μεγαλύτερων σεισμικών γεγονότων, ως προς τα μικρά, καθώς ένα σημαντικό σεισμικό γεγονός προσεγγίζεται. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου μειώνεται δραστικά η παράμετρος b χωρίς να εμφανισθεί σεισμός. Το ίδιο συμβαίνει και με τις διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας και Ραδονίου προσεισμικών Γεω-συστημάτων. Όταν όμως μια διαταραχή δεν ακολουθείται από γεγονός αποχαρακτηρίζεται ως προσεισμική. Εν τέλει, το σχετικό ερώτημα παραμένει ανοικτό.

4. Σε ποιο στάδιο της προετοιμασίας κατάρρευσης ενός προσεισμικού Γεω-συστήματος εκπέμπονται ακολουθιακά τα προσεισμικά σήματα ραδονίου και τα Ηλεκτρομαγνητικά σήματα ULF, MHz και kHz;

Αυτό είναι ένα κομβικό ερώτημα χωρίς όμως σαφή απάντηση σε όρους επιστήμης μέχρι σήμερα. Παρ'όλα αυτά, υπάρχουν πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα από Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες Περιβάλλοντος συχνοτήτων MHz και kHz και από το Ραδόνιο του εδαφικού αερίου. Είναι πολύ σημαντικό να τονισθεί ότι ο μέσος προς μικρός πρόδρομος χρόνος εμφάνισής τους, αιτιολογημένα τα συνδέει με τα καταληκτικά κρίσιμα στάδια της τελικής κατάρρευσης ενός προσεισμικού Γεω-συστήματος. Η μέχρι σήμερα προσέγγιση του θέματος, έχει οδηγήσει στην επιστημονική παραδοχή που αναλύεται παρακάτω.

Είναι αποδεκτό ότι κατά μήκος ενός ρήγματος αναπτύσσεται μια ακολουθία μεγάλων και σκληρών δομών που υπέχουν θέση κλείθρων. Οι δομές αυτές (τραχύτητες-asperities) εμποδίζουν τη σχετική ολίσθηση των δύο πλευρών του ρήγματος και συνεπώς παρεμποδίζουν την κατάρρευση του Γεω-συστήματος, δηλαδή την εκδήλωση του σεισμού. Η σπονδυλική στήλη των asperities είναι εμβαπτισμένη σε ένα έντονα ετερογενές υλικό όχι μόνο ως προς τη φύση του αλλά κυρίως ως προς την κατανομή των ορίων θραύσεως των υλικών που το συνιστούν. Υπό αυτό το πρίσμα, οι Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες Περιβάλλοντος συχνοτήτων MHz και kHz και το Ραδόνιο του εδαφικού αερίου, εκπέμπονται αρχικά κατά τη θραύση του ετερογενούς υλικού του Γεω-

συστήματος που περιβάλλει την οικογένεια των asperities. Σε αυτή τη φάση τα εκπεμπόμενα σήματα εκδηλώνουν κύρια συμπεριφορά αντι-εμμονής (anti-persistency). Σε αυτή τη φάση, η θραύση ξεκινά από μια υπο-περιοχή του Γεω-συστήματος που έχει το μικρότερο όριο θραύσης και συνεχίζεται έως να συναντήσει περιοχή μεγαλύτερου ορίου θραύσεως οπότε και σταματά. Αυτό συνεχίζεται για την υπό-περιοχή με το αμέσως επόμενο όριο θραύσης μέχρι την επόμενη παύση κ.ο.κ Η φυσική της συμπεριφοράς αντι-εμμονής, σε αυτή τη φάση, υποδηλώνει ότι οι θραύσεις, συνεπώς και οι τάσεις, έχουν συγκεντρωθεί κατά μήκος της σπονδυλικής των asperities. Έχει, δηλαδή, αρχίσει η *πολιορκία των asperities από το πεδίο των τάσεων*. Αυτό όμως δε σημαίνει ότι οι asperities θα σπάσουν. Η θραύση θα εμφανισθεί όταν το ετερογενές μέσο δε μπορεί να απορροφήσει την ενέργεια της ταλάντωσης των asperities και, συνακόλουθα, ξεκινήσει η ολίσθηση της μίας κλείθρας σε σχέση με την άλλη. Τότε πλέον δεν είναι δυνατή η αντιστροφή του φαινομένου το οποίο πλέον, εκδηλώνει μεγάλη μνήμη και οδηγείται κλιμακωτά προς την κατάρρευση, δηλαδή το σεισμό. Σε αυτή την τελική φάση οι Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες συχνοτήτων MHz και kHz και το Ραδόνιο του εδαφικού αερίου, εκδηλώνουν κύρια συμπεριφορά εμμονής (persistency) με κυριότερο αποτύπωμα (footprint) την εναλλαγή εμμονής και αντι-εμμονής. Από εκεί και πέρα, η έλευση του σεισμού είναι αναπόφευκτη. Οι παραπάνω φάσεις συνοδεύονται από έντονα φαινόμενα αυτο-ομοιότητας (self-affinity, self-similarity), μακράς μνήμης (long-memory) και αυτό-οργάνωσης (self-organisation). Η τεκμηρίωση των παραπάνω προτάσεων, επιβάλλει την

περαιτέρω επαλήθευση από προσεχή σεισμικά γεγονότα. Τα τελευταία είναι ένας από τους βασικούς στόχοι του έργου του συγκεκριμένου εδαφίου.

Από τα παραπάνω καθίσταται εμφανές, ότι, αφενός μεν, η εγκατάσταση σταθμών ταυτόχρονης συλλογής καταγραφών των μεταβολών των διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος συχνοτήτων MHz και kHz και του Περιβαλλοντικού Ραδονίου του εδαφικού αερίου από συγκεκριμένες περιοχές - στόχους (με έμφαση στις σεισμογενείς περιοχές), αφετέρου δε, η πολυποίκιλη στατιστική ανάλυση των σχετικών χρονοσειρών, μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμη στον τομέα της μελέτης και ερμηνείας εκπομπών πρόδρομων φαινομένων κατάρρευσης Γεω-συστημάτων.

Π1.2.3.Υλικά και Μέθοδος:

Π1.2.3.1.Εξοπλισμός

Σχετικά με την καταγραφή Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών συχνοτήτων *MHz* και *kHz* υπάρχει σημαντική υλικοτεχνική υποδομή η οποία αποτελεί το προϊόν συσσωρευμένης έρευνας στο σχετικό χώρο. Συγκεκριμένα, από το 1991 έως το 1996 στην περιοχή της Κρήτης, εγκαταστάθηκε και λειτουργούσε αδιαλείπτως δίκτυο τηλεανίχνευσης και τηλεανίχνευσης προσεισμικών ηλεκτροτελλουρικών και διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος. Έχοντας την εμπειρία λειτουργίας πέντε ετών του δικτύου τηλεανίχνευσης της Κρήτης, από το 1997 ξεκίνησε η επέκταση του δικτύου τηλεανίχνευσης στην Ηπειρωτική Ελλάδα κάνοντας χρήση του τηλεμετρικού

δικτύου του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Το τηλεμετρικό δίκτυο αυτό αποτελείτο από 17 αναλογικούς (VCO) σταθμούς πεδίου που κατέγραφαν τους σεισμούς και μετέφεραν τις σεισμολογικές πληροφορίες με τηλεμετρία πραγματικού χρόνου (real time telemetry), χρησιμοποιώντας μισθωμένα κυκλώματα ΟΤΕ. Για τις ανάγκες της επέκτασης σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε νέα δομή για το τηλεμετρικό δίκτυο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου μετατρέποντας το σε ψηφιακό. Το υλοποιηθέν ψηφιακό τηλεμετρικό δίκτυο, χαρακτηρίζεται ως Πολυδύναμο Τηλεμετρικό Ψηφιακό Δίκτυο «πραγματικού χρόνου», βρίσκεται σήμερα σε λειτουργία και βασίζεται στη δυνατότητα της διαρκούς ασύρματης μεταφοράς (μέσω modem) οκτώ εισόδων, παρέχοντας τη δυνατότητα της αποστολής ποικιλίας πληροφοριών από κάθε σταθμό πεδίου όπως π.χ. σεισμολογικών, ηλεκτρομαγνητικών, μετεωρολογικών κ.α. και με κόστος ίδιο με αυτό του ήδη λειτουργούντος μισθωμένου κυκλώματος του ΟΤΕ. Σήμερα, η μία από αυτές εισόδους, χρησιμοποιείται για τη διαρκή μεταφορά σεισμολογικών καταγραφών που προέρχονται από 22 νέους ψηφιακούς σεισμολογικούς σταθμούς της Αμερικανικής Εταιρίας Teledyne (οι περισσότεροι από τους οποίους χρησιμοποιήθηκαν σε αντικατάσταση των παλαιών 17 αναλογικών σταθμών). Η δεύτερη είσοδος χρησιμοποιείται για τη διαρκή μεταφορά των καταγραφών των διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών συχνοτήτων MHz και kHz που προέρχονται από τους μετρητικούς σταθμούς υπαίθρου τους οποίους ελέγχει και λειτουργεί ο γράφοντας με τα μέλη της ερευνητικής του ομάδας. Οι διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος ανιχνεύονται από διπολικές κεραίες συγχρονισμένες στα 41

MHz και τα 46 *MHz* καθώς και βρόγχοκεραίες συγχρονισμένες στα 3 *kHz* και τα 10 *kHz* προσανατολισμένες στις διευθύνσεις ανατολή-δύση (EW) και βορράς-νότος (NS) (**Σχήμα 1**). Οι δέκτες των χαμηλών συχνοτήτων (3 *kHz* και 10 *kHz*) περιλαμβάνουν ενισχυτές ευρείας ζώνης και χαμηλού θορύβου καθώς και ενεργά φίλτρα διέλευσης ζώνης συχνοτήτων και η τελική βαθμίδα κάθε δέκτη είναι ένας μετατροπέας τάσης rms σε dc. Οι δέκτες των υψηλών συχνοτήτων (41 *MHz* και 46 *MHz*) στηρίζονται στην τεχνική της διπλής ετεροδύνωσης. Το μετρητικό στο σταθμό πεδίου συμπληρώνουν νέα ψηφιακά συστήματα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers) με προγραμματιζόμενη λειτουργία, εξαιρετική αυτονομία, υψηλή ανάλυση μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (14bits) και κυκλική μνήμη για την προσωρινή αποθήκευση δεδομένων ή αντίστοιχα συστήματα της Campbell Scientific (USA) (βλ. εδάφιο 4.1). Οι υπόλοιπες εισοδοί είναι σήμερα ελεύθερες για τη μεταφορά άλλων πληροφοριών.



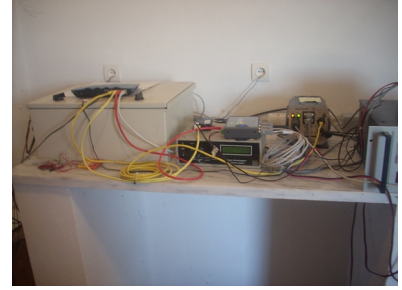
(α)



(β)



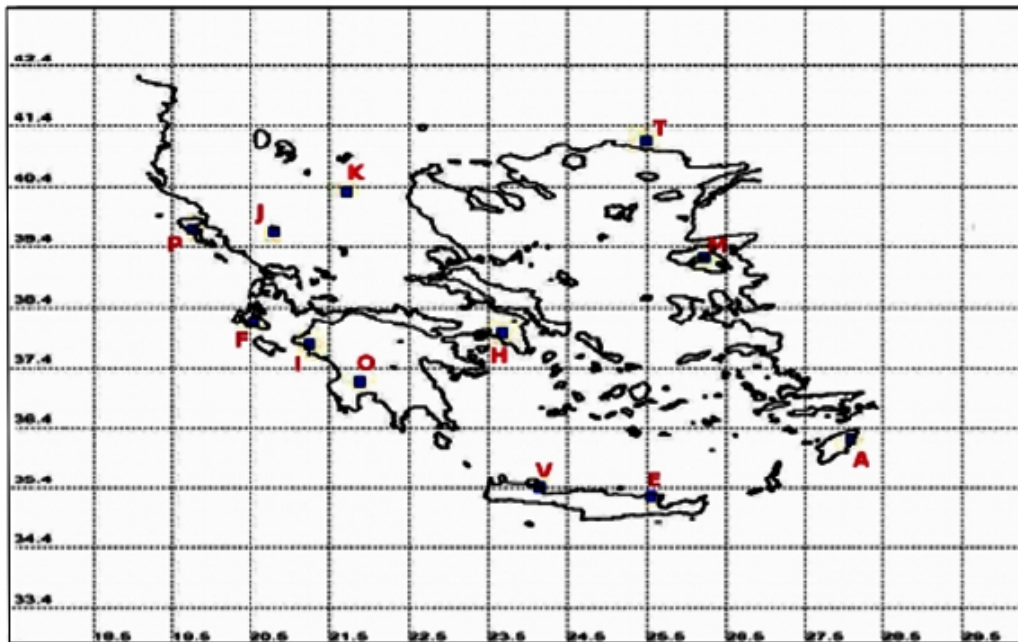
(γ)



(δ)

Σχήμα 1: Στοιχεία δικτύου τηλεανίχνευσης. **(α)** Διπολικές κεραίες συγχρονισμένες στα 41 MHz και τα 46 MHz . Βρογχοκεραίες συγχρονισμένες στα 3 kHz (κόκκινες) και τα 10 kHz (μαύρες). **(β)** Δέκτες σήματος. **(γ)** Τροφοδοτικά και φορτιστές μπαταρίας. **(δ)** Data loggers.

Οι μετρητικοί αυτοί σταθμοί είναι σήμερα εγκατεστημένοι πλησίον των σεισμολογικών σταθμών του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου στις ακόλουθες σεισμικές περιοχές (Σχήμα 2): (1) **Ιθώμη (O)**, Πελοπόννησος, (2) **Βαλσαμάτα (F)**, Κεφαλλονιά, (3) **Ιωάννινα (J)**, (4) **Κοζάνη (K)**, (5) **Κομοτηνή (T)**, (6) **Καλλονή (M)**, Λέσβος, (7) **Πόλη της Ρόδου (P)**, Ρόδος, (8) **Νεάπολη (E)**, Κρήτη, (9) **Βάμος (V)**, Κρήτη, (10) **Πόλη της Κέρκυρας (P)**, Κέρκυρας, (11) **Καρδαμάς (I)**, Ηλεία, και (12) **Αταλάντη (H)**, κεντρική Ελλάδα. Σχεδόν όλοι οι σταθμοί βρίσκονται κατά μήκος της ελληνικής τάφρου.



Σχήμα 2: Δίκτυο τηλεανιχνευόμενων διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος στην Ελλάδα.

Μεταξύ 2006 και 2008 υλοποιήθηκε επιπροσθέτως η εγκατάσταση δύο τηλεανιχνευόμενων σταθμών Ραδονίου στην περιοχή του Καρδαμά Ηλείας και

της Μυτιλήνης, Λέσβου βασιζόμενων στον ενεργητικό μετρητή Alpha Guard της εταιρείας Saphymo. Το 2014 εγκαταστάθηκε επίσης ένας νέος σταθμός τηλεανιχνευόμενων διαταραχών Περιβαλλοντικού Ραδονίου εδαφικού αερίου που βασίζεται στον ενεργητικό μετρητή VDG της ALGADE. Επισημαίνεται ότι οι ενεργητικοί μετρητές Alpha Guard και VDG, αποτελούν τις κορυφαίες ενεργητικές διατάξεις του είδους.



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 3: (α-β) μετρητής Alpha Guard (Saphymo). (γ) σύστημα VDG Algade Baracol.

Συγκεντρωτικά, για τις πειραματικές τεχνικές που αφορούν μετρήσεις Περιβαλλοντικού Ραδονίου εδαφικού αερίου χρησιμοποιείται ο παρακάτω εργαστηριακός εξοπλισμός που περιλαμβάνει:

1. Ενεργητικό μετρητή ραδονίου AlphaGuard PQ2000Pro της εταιρίας Genitron Instruments: Η λειτουργία του μετρητή στηρίζεται στην τηλεανίχνευση σήματος λόγω της α-ακτινοβολίας, που προέρχεται από το ραδόνιο από θάλαμο ιονισμού και εν συνεχεία τη μετατροπή αυτού σε ψηφιακό. Το σήμα ακολουθεί μια

διαδικασία ανάλυσης μέσα από το ηλεκτρονικό δίκτυο του οργάνου μέχρι την τελική καταγραφή του.

Η καταγραφή του αποτελέσματος σε Bq/m^3 γίνεται με κύκλους 10 *min* ή 60 *min* κατ' επιλογή. Ταυτόχρονα καταγράφονται η θερμοκρασία, η πίεση και η υγρασία του χώρου των μετρήσεων με αισθητήρες που υπάρχουν ενσωματωμένοι στο όργανο.

Η είσοδος δείγματος στον θάλαμο ιοντισμού του μετρητή (active volume 0,56 L) γίνεται παθητικά (diffusion).

2. Αντλία AlphaPUMP της εταιρίας Genitron Instruments: για μετρήσεις σε κλειστά κυκλώματα αερίου (δείγματα οικοδομικών υλικών κ.λπ.).

3. Σετ AquaKIT της εταιρίας Genitron Instruments: για μετρήσεις Rn σε δείγματα νερού (100 *mL*)

4. Ράβδος μετρήσεων ραδονίου σε εδαφικό αέριο της εταιρίας Genitron Instruments:

5. Στερεούς Ανιχνευτές Καταγραφής Ιχνών: Χρησιμοποιούνται κύρια οι ανιχνευτές CR 39. Έχει αναπτυχθεί συγκεκριμένη γεωμετρία εγκλεισμού των ανιχνευτών, η οποία έχει βαθμονομηθεί (εδάφιο Π1.1.1.1.I). Επίσης έχει συστηματοποιηθεί η διάβρωση και η μέτρηση των ανιχνευτών σε κατάλληλο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο. Επίσης έχει οργανωθεί πρόγραμμα ανάγνωσης των ιχνών με αυτόματη καταγραφή των εικόνων και λογισμικό άμεσης ανάγνωσης της πυκνότητάς αυτών.

6.Πλήρες σύστημα καταγραφής ραδονίου εδαφικού αερίου τύπου VDG ALGADE BARACOL.

Π1.2.3.2. Μεθοδολογία ανάλυσης

Π1.2.3.2.1.Ανάλυση Φράκταλ

Κατά τη διάρκεια της σύνθετης διαδικασίας της προετοιμασίας σεισμού, οι διασυνεσεις μεταξύ διαστήματος και χρόνου παράγουν χαρακτηριστικές φρακταλικές δομές. Οι φρακταλικές αυτές δομές αφήνουν ίχνη στα σήματα που ανιχνεύονται στη διαδικασία παραγωγής σεισμού. Η πυκνότητα φάσματος δύναμης (PSD), $S(f)$, είναι η συνηθέστερα χρησιμοποιημένη τεχνική για να ανιχνευθούν οι χρήσιμες πληροφορίες για την μακρο μνήμη του συστήματος. Αν και το φάσμα δύναμης είναι μόνο το χαμηλότερο στατιστικό μέτρο εκτίμησης των αποκλίσεων τυχειότητας από την ομοιογένεια, εντούτοις απεικονίζει άμεσα τις φυσικές κλίμακες των διαδικασιών που έχουν επιπτώσεις στο σχηματισμό δομών. Εάν μια χρονοσειρά, $A(t_i)$ είναι χρονικό φράκταλ, τότε αναμένεται νόμος δύναμης, δηλ., $S(f) = \alpha \cdot f^{-b}$ όπου f είναι η συχνότητα κάποιου μετασχηματισμού. Σε μια παρουσίαση $\log(S(f)) - \log(f)$, το φάσμα δύναμης είναι μια ευθεία γραμμή, με γραμμική κλίση b . Η φασματική ενίσχυση α ποσοτικοποιεί τη δύναμη των φασματικών συστατικών μετά από το φασματικό νόμο πυκνότητας δύναμης. Ο φασματικός εκθέτης είναι ένα μέτρο της δύναμης των χρονικών συσχετισμών. Η καταλληλότητα του νόμου δύναμης ελέγχεται από το τετράγωνο του γραμμικού συντελεστή συσχέτισης, r^2 . Ιδιαίτερη σημασία δίνεται εάν ανιχνεύονται σημαντικές αλλαγές στον εκθέτη b πριν από ή κατά τη

διάρκεια οποιασδήποτε ανιχνευόμενης ανωμαλίας. Στις σχετικές μελέτες χρησιμοποιείται τόσο ο διακριτός μετασχηματισμός Fourier όσο και ο διακριτός μετασχηματισμό wavelet (DWT) πακέτο βάσης το κυματοπακέτο Morlet.

Για τη διερεύνηση, ακολουθήθηκαν τα ακόλουθα βήματα :

- (i) Τα σήματα MHz EM διαιρέθηκαν σε τμήματα (παράθυρα) με 1024-2048 δείγματα ανά τμήμα. Αυτή η κατάτμηση αναμενόταν να αποκαλύψει τα χαρακτηριστικά φράκταλ των σημάτων (π.χ., Eftaxias et al., 2010).
- (ii) Σε κάθε τμήμα υπολογίστηκε η PSD του σήματος. Για τον υπολογισμό της PSD, χρησιμοποιήθηκαν το wavelet Morlet και η φασματική ανάλυση Φουριέ.
- (iii) Σε κάθε τμήμα, ερευνήθηκε η ύπαρξη νόμου-δύναμης. Στον υπολογισμό του DWT μέσω της PSD, η υιοθετημένη συχνότητα ήταν η κεντρική συχνότητα του μετασχηματισμού Φουριέ της αντίστοιχης κλίμακας Morlet.
- (iv) Η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων εφαρμόστηκε για τη γραμμική διακύμανση. Επιτυχείς παρατηρήσεις θεωρήθηκαν εκείνες που επέδειξαν τετράγωνα του συντελεστή συσχέτισης πάνω από 0.95, δηλ., διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Π1.2.3.2.2. Ανάλυση εκθετών Hurst

Π1.2.3.2.2.1. Γενικά

Ο εκθέτης Hurst (H) είναι μια μαθηματική ποσότητα που μπορεί να ανιχνεύσει εξαρτήσεις μεγάλου εύρους χρονοσειρών. Μέσω του εκθέτη Hurst μπορεί να εκτιμηθεί η χρονική ομαλότητα μιας χρονοσειράς και να αναζητηθεί αν το συναφές φαινόμενο είναι μια χρονοσειρά φράκταλ. Ο εκθέτης Hurst εισήχθη αρχικώς για μελέτες υδρολογίας. Έχει χρησιμοποιηθεί όμως σε πολλούς άλλους τομείς έρευνας, όπως για παράδειγμα, στα ίχνη της κυκλοφορίας των οχημάτων, τις αναταράξεις πλάσματος, τα γεωμαγνητικά πεδία ULF, την κλιματική δυναμική,

τη μελέτη πρόδρομων σημάτων επιληπτικών κρίσεων, την αστρονομία, την αστροφυσική και την οικονομία. Τιμές εκθέτη H μεταξύ $0,5 < H < 1$ είναι πρόδηλες μακροπρόθεσμης θετικής αυτοσυσχέτισης σε χρονολογικές σειρές. Αυτό σημαίνει ότι μια υψηλή παρούσα τιμή θα ακολουθείται, ενδεχομένως, από μια υψηλή μελλοντική τιμή και αυτή η τάση θα διαρκέσει για αξιοσημείωτες μελλοντικές χρονικές περιόδους (εμμονή). Τιμές εκθέτη H μεταξύ $0 < H < 0,5$ υποδεικνύουν χρονοσειρά με μακροχρόνια εναλλαγή μεταξύ υψηλών και χαμηλών τιμών. Δηλαδή, μια υψηλή παρούσα τιμή θα ακολουθείται, ενδεχομένως, από χαμηλή μελλοντική τιμή, ενώ η επόμενη μελλοντική τιμή θα είναι υψηλή και αυτή η αλλαγή θα διαρκέσει για πολύ καιρό στο μέλλον (αντί-εμμονή). Η τιμή $H=0.5$ συνεπάγεται πλήρως ασυσχέτιστες χρονοσειρές.

Π1.2.3.2.2. Ανάλυση R/S

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η ανάλυση κλιμακούμενου εύρους (rescaled range) (R/S), ή άλλως, ανάλυση R/S , είναι η πλέον κλασική μέθοδος για τον υπολογισμό εκθετών Hurst. Σύμφωνα με τη μέθοδο R/S , μία φυσική εγγραφή στο χρόνο, $X(N) = x(1), x(2), \dots, x(N)$ μετασχηματίζεται σε μία νέα μεταβλητή $y(n, N)$ εντός μίας χρονικής περιόδου $n (n=1, 2, \dots, N)$ από τη μέση τιμή, $\langle x \rangle_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(n)$, στη διάρκεια μιας περιόδου N μονάδων χρόνου. Η μεταβλητή $y(n, N)$ καλείται αθροιστική αναχώρηση (accumulated departure)

της φυσικής εγγραφής στο χρόνο. Ο μετασχηματισμός γίνεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$y(n, N) = \sum_{i=1}^n (x(i) - \langle x \rangle_N) \quad (1)$$

Το κλιμακούμενο εύρος υπολογίζεται από τη σχέση (2) :

$$R/S = \frac{R(n)}{S(n)} \quad (2)$$

Το εύρος $R(n)$ στη σχέση (2) ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής της $y(n, N)$ ως :

$$R(n) = \max_{l \leq n \leq N} y(n, N) - \min_{l \leq n \leq N} y(n, N) \quad (3)$$

Η τυπική απόκλιση $S(n)$ στη σχέση (2) υπολογίζεται ως :

$$S(n) = \sqrt{\frac{1}{N} (x(n) - \langle x \rangle_N)^2} \quad (4)$$

Ο λόγος R/S αναμένεται να ακολουθεί νόμο δύναμης με βάση τη διαμέριση n δηλαδή αναμένεται να ισχύει ότι

$$\frac{R(n)}{S(n)} = C \cdot n^H \quad (5)$$

όπου H είναι ο εκθέτης Hurst και C είναι μία σταθερά αναλογίας.

Ο λογαριθμικός μετασχηματισμός της σχέσης (V5) είναι μία γραμμική σχέση

$$\log\left(\frac{R(n)}{S(n)}\right) = \log(c) + H \cdot \log(n) \quad (6)$$

όπου ο δείκτης H υπολογίζεται ως η καλύτερη κλίση της ευθείας της (6).

Π1.2.3.2.2.3.Ανάλυση Τραχύτητας – Μήκους (Roughness Length,R-L)

Η μέθοδος της Τραχύτητας – Μήκους (R-L) βασίζεται στη γεωμετρία Fractal η οποία χρησιμοποιείται για τον ακριβή υπολογισμό του εκθέτη Hurst. Η μέθοδος έχει ιδιαίτερη χρησιμότητα, όχι μόνο για τον αξιόπιστο υπολογισμό της τιμής της κλασματικής διάστασης, αλλά και τον υπολογισμό του κρίσιμου μήκους (cross-over profile length) του προφίλ μια χρονοσειράς, κάτω από το οποίο η υπολογιζόμενη κλασματική διάσταση παύει να έχει καθολικό χαρακτήρα για όλο το μήκος του προφίλ, αλλά αναφέρεται μόνο στο ορισμένο μήκος, έχοντας τοπικό χαρακτήρα. Ο υπολογισμός της κλασματικής διάστασης με τη συγκεκριμένη μέθοδο στηρίζεται στο ότι η τυπική απόκλιση $S(w)$ των υψομέτρων των σημείων ενός τμήματος μήκους (w) κάποιου αυτό-ομοπαράλληλου προφίλ συνδέεται με το μήκος του προφίλ με τη σχέση:

$$S(n)=A \cdot n^H \quad (7)$$

όπου A είναι ένας συντελεστής αναλογίας, που περιγράφει το πλάτος των διακυμάνσεων των υψομετρικών διαφορών του προφίλ και H ο συντελεστής Hurst. Η τιμή της τυπικής απόκλισης υπολογίζεται για το εκάστοτε παράθυρο εύρους w από τη σχέση όπου

$$S(w)=\frac{1}{\xi_n} \sum_{i=1}^{\xi_n} \sqrt{\frac{1}{m_i-2} \sum_{j \in n_i} (x_j - \bar{x}_{n_i})^2} \quad (8)$$

όπου ξ_n είναι ο ολικός αριθμός τμημάτων μήκους n στα οποία διαμερίζεται το προφίλ, m_i είναι το πλήθος των σημείων που περιέχονται στο τμήμα- i , n_i , x_j είναι η απόκλιση των κόμβων του προφίλ (profile nodes aperture) από την ευθεία καλύτερης προσαρμογής και \bar{x}_{n_i} είναι η μέση τιμή των x_j εντός του

μήματος n_i . Αναπαριστώντας τα ζεύγη $n, S(n)$ σε λογαριθμικό διάγραμμα, ο εκθέτης Hurst υπολογίζεται από την ευθεία καλύτερης προσαρμογής. Η μέθοδος του Μήκους – Τραχύτητας, όπως αποδεικνύεται από την εφαρμογή της, είναι μια ιδιαίτερα αξιόλογη μέθοδος, που αποδίδει με ακρίβεια και πιστότητα τη κλασματική διάσταση ενός συνόλου.

Π1.2.3.2.2.4. Ανάλυση Βαριογράμματος

Το Βαριόγραμμα ή μέθοδος της Κανονικοποιημένης Ημιμεταβλητότητας ή μέθοδος της διακύμανσης των αυξήσεων, είναι μια στατιστική μέθοδος που μπορεί να διαχειριστεί αυτο-όμοιες και αυτο-ομοπαράλληλες καμπύλες. Η κύρια διαδικασία για τον υπολογισμό της κλασματικής διάστασης είναι να εφαρμοστεί η παρακάτω σχέση σε ένα σύνολο κόμβων που περιγράφουν την καμπύλη της χρονοσειράς.

Το βαριόγραμμα είναι η αναμενόμενη τιμή του τετραγώνου της διαφοράς μεταξύ δύο τιμών x ενός ίχνους, που διαχωρίζονται με απόσταση h , δηλαδή, το βαριόγραμμα, $2\gamma(n, h)$, ενός δείγματος μιας σειράς $x(n)$ μετράται από την ακόλουθη εξίσωση

$$2\gamma(n, h) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M [x(n_i) - x(n_i + h)]^2 \quad (9)$$

όπου M είναι ο ολικός αριθμός ζευγών υψών τραχέους προφίλ, τα οποία διαχωρίζονται στο χώρο από απόσταση ύψους h .

Το βαριόγραμμα $2\gamma(n, h)$ και ο εκθέτης Hurst H σχετίζονται με την εξίσωση

$$2\gamma(n, h) = K \cdot h^{2H} \quad (10)$$

όπου K είναι μία σταθερά αναλογίας. Η κλίση της ευθείας καλύτερης προσαρμογής μεταξύ των $\log(2\gamma(n, h))$ και $\log(h)$ ισούται με τον εκθέτη $2H$.

Π1.2.3.2.2.5. Υπολογισμός εκθέτη Hurst

Συνοψίζοντας, οι υπολογισμοί με τη μέθοδο R/S έγιναν από την εξίσωση

$$\frac{R(n)}{S(n)} = C \cdot n^H \quad (11)$$

με τη μέθοδο R-L από την εξίσωση

$$S(n) = A \cdot n^H \quad (12)$$

και με τη μέθοδο βαριογράμματος από την εξίσωση:

$$2\gamma(n, h) = K \cdot h^{2H} \quad (13)$$

Επιπρόσθετα, εκθέτες Hurst υπολογίσθηκαν από επιτυχείς χρονοσειρές b νόμου δύναμης φασματικής ανάλυσης φράκταλ (εδάφιο 3.2.1), συνυπολογίζοντας ότι οι τιμές H και b συνδέονται με τη σχέση

$$b = 2 \cdot H + 1, \quad 1 < b < 3 \quad (14)$$

για χρονοσειρές οι οποίες ακολουθούν μοντέλο fBm (fractional Brownian motion-κλασματική κίνηση Brown) και

$$b = 2 \cdot H - 1, \quad -1 < b < 1 \quad (15)$$

για χρονοσειρές που ακολουθούν το μοντέλο fGn (fractional Gaussian-κλασματική Gauss).

Π1.2.3.2.3.Ανάλυση DFA

Η ανάλυση DFA (Detrended Fluctuation Analysis) είναι μία μέθοδος για την κλιμάκωση αυτοσυσχετίσεων μακράς εμβέλειας σημάτων μη στατικών (non-stationary), με θόρυβο και τυχαιότητα και μερικές φορές μικρού μήκους. Βασίζεται στον ποσοτικό προσδιορισμό της πολυπλοκότητας των σημάτων. Είναι μια τροποποιημένη ανάλυση μέσης τετραγωνικής ρίζας ενός τυχαίου περιπάτου (random walk) που βασίζεται στην παρατήρηση ότι μη-στατικές χρονοσειρές με συσχετίσεις μακράς εμβέλειας μπορούν να σχηματίσουν, με ολοκλήρωση, μια αυτο-όμοια διαδικασία. Η μέση τετραγωνική απόσταση του σήματος από την τοπική γραμμή τάσης, αναλύεται ως συνάρτηση μιας παραμέτρου κλίμακας. Αναζητείται συνήθως εξάρτηση νόμου δύναμης παράμετρος ενδιαφέροντος τον εκθέτη του νόμου αυτού. Σε αδρές γραμμές, η αρχική χρονοσειρά ολοκληρώνεται μία φορά. Στη συνέχεια οι διακυμάνσεις, $F(n)$, του ολοκληρωμένου σήματος υπολογίζονται γύρω από τη βέλτιστη γραμμική προσαρμογή ελαχίστων τετραγώνων, σε ένα χρονικό παράθυρο μεγέθους, n . Η κλίση της γραμμής ελαχίστων τετραγώνων $\log(F(n)) - \log(n)$ καθορίζει τον εκθέτη ομοιοθεσίας b (παράμετρος αυτο-ομοιότητας). Η γραμμή αυτή μπορεί να εμφανίζει μια εκτροπή (crossover) σε μια ορισμένη χρονική κλίμακα, όπου η κλίση αλλάζει απότομα. Οι ερμηνείες της κλιμάκωσης και των σχετιζόμενων εκθετών εξαρτώνται από το υπό μελέτη σύστημα.

Ο αλγόριθμος DFA ενός μονοδιάστατου σήματος y_i ($i=1, \dots, N$), εξελίσσεται με βάση τα επόμενα έξι βήματα:

(i) Στο πρώτο βήμα, υπολογίζεται το ολοκληρωμένο προφίλ.:

$$y(k) = \sum_{i=1}^k (y(i) - \langle y \rangle) \quad (16)$$

όπου οι αγκύλες $\langle \dots \rangle$ συμβολίζουν το μέσο όρο και k είναι το σύμβολο κάθε διαφορετικής κλίμακας χρόνου.

(ii) Το ολοκληρωμένο σήμα, $y(k)$, χωρίζεται σε μη-επικαλυπτόμενες διαμερίσεις ίδιου μήκους, n .

(iii) Σε κάθε διαμέριση n , το σήμα $y(k)$ προσαρμόζεται χρησιμοποιώντας μία συνάρτηση πολυωνύμου τάξης 1, η οποία αντιπροσωπεύει την τοπική τάση μέσα στη διαμέριση. Η μεταβλητή y αυτής της γραμμικής προσαρμογής συμβολίζεται ως $y_n(k)$.

(iv) Το ολοκληρωμένο σήμα $y(k)$ απο-προσαρμόζεται (detrended) αφαιρώντας την τοπική τάση, $y_n(k)$, σε κάθε διαμέριση διάρκειας n . Ως εκ τούτου, υπολογίζεται το αποπροσαρμοσμένο (detrended) σήμα $y_n^d(k)$ σε κάθε διαμέριση ως :

$$y_n^d(k) = y(k) - y_n(k) \quad (17)$$

(v) Για κάποιο μήκος διαμέρισης n , οι μέσες τετραγωνικές (rms) διακυμάνσεις του ολοκληρωμένου και του αποπροσαρμοσμένου (detrended) σήματος υπολογίζονται ως:

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^{k=N} \left\{ y(k) - y_n^d(k) \right\}^2} \quad (18)$$

Ως εκ τούτου η παράμετρος $F(n)$ rms διακυμάνσεις του αποπροσαρμοσμένου

(detrended) σήματος $y_n^d(k)$.

(vi) Τα παραπάνω βήματα επαναλαμβάνονται για ένα μεγάλο εύρος διαμερίσεων (μεγεθών κλίμακας) (n) ώστε να καθορισθεί η σχέση μεταξύ $F(n)$ και n .

Γενικά, η παράμετρος $F(n)$ μεγαλώνει με το μέγεθος της διαμέρισης (κλίμακας) n . Με βάση τη σχέση $F(n)$ και n , δημιουργείται μία λογαριθμική αναπαράσταση ($\log F(n)$ vs $\log(n)$). Η γραμμική σχέση μεταξύ του λογαρίθμου των rms διακυμάνσεων, $\log F(n)$, και του λογαρίθμου του μήκους της διαμέρισης (κλίμακας), $\log(n)$, υποδεικνύει αλληλεπιδράσεις μακρού εύρους του τύπου

$$F(n) \sim n^\alpha \quad (19)$$

όπου η παράμετρος α είναι η κλίση της γραμμικής παρεμβολής $\log F(n)$ vs $\log(n)$. Η παράμετρος α καθορίζει την ισχύ του συσχετίσεων μακράς εμβέλειας της χρονοσειράς.

Για τους υπολογισμούς με τον αλγόριθμο DFA εφαρμόζονται δύο διαφορετικές προσεγγίσεις: (I) η τεχνική του κυλιόμενου παραθύρου (sliding window) και (II) η τεχνική τελείως ανεξαρτήτων τμημάτων. Οι υπολογισμοί έχουν ως εξής:

(I) Για την εφαρμογή της τεχνικής του κυλιόμενου παραθύρου, εφαρμόζονται τα παρακάτω τέσσερα διακριτά βήματα: (α) Το σήμα χωρίζεται σε τμήματα-παράθυρα (windows) συγκεκριμένου αριθμού δειγμάτων. Για την περίπτωση των διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος χρησιμοποιούνται παράθυρα 1024 δειγμάτων, αλλά και 2048 ή 4096 για λόγους σύγκρισης. Για την

περίπτωση των διαταραχών Ραδονίου Περιβάλλοντος, χρησιμοποιούνται παράθυρα 128 δειγμάτων αλλά και 256, 512 και 1024 δειγμάτων για σύγκριση. (β) Σε κάθε παράθυρο εφαρμοστήκε ο αλγόριθμος DFA. (γ) Σε κάθε παράθυρο χρησιμοποιήθηκε η προσαρμογή ελαχίστων τετραγώνων στη σχέση $\log F(n) - \log(n)$ της εξίσωσης (19). Επιτυχείς αναπαραστάσεις θεωρήθηκαν εκείνες με τετράγωνα συντελεστή συσχέτισης Spearman άνω του 0.95 ($r^2 \geq 0.95$) (δ) Το παράθυρο μετακινούνταν ένα δείγμα προς τα εμπρός και επαναλαμβάνονταν τα βήματα (α)-(γ) μέχρι το τέλος του σήματος. Επισημαίνεται ότι μέσω αυτών των παραμέτρων, η ανάλυση ανιχνεύει πολύ λεπτομερείς μεταβολές του σήματος σε βάρος χρόνου υπολογισμών καθόσον κάθε ένα παράθυρο σχεδόν υπερκαλύπτει το προηγούμενό του. Σε αυτή την εφαρμογή, η μέθοδος DFA υπολογίζει έναν μόνο συντελεστή για παράθυρα μικρότερα των 3072 δειγμάτων και δύο ή τρεις κλίσεις (cross-overs) για μεγαλύτερα παράθυρα. Στις περιπτώσεις των παραθύρων κάτω των 3072 δειγμάτων, θεωρείται ότι ο παράγοντας κλιμάκωσης (scaling exponent) είναι ανεξάρτητος του εύρους κλιμάκων.

(II) Για την υλοποίηση της τεχνικής DFA σε ανεξαρτητα παράθυρα, επιλέγονται μερικά μεγάλα παράθυρα άνω των 3072 δειγμάτων. Μετά τη διαμέριση του σήματος, εφαρμόζεται ο αλγόριθμος DFA σε κάθε ανεξάρτητο παράθυρο. Μετά αναπαρίσταται η σχέση $\log F(n) - \log(n)$ της εξίσωσης (9) μέσω ειδικού λογισμικού αλληλεπίδρασης μηχανής-χρήστη που έχει αναπτυχθεί για αυτό το σκοπό (ημιαυτόματη λειτουργία). Η αλλαγή κλίμακας (crossover) τίθεται οπτικά απο το χρήστη στο λογισμικό και έτσι υπολογίζονται οι δύο κλίσεις DFA και δημιουργείται το γράφημα $\log F(n) - \log(n)$. Επισημαίνεται ότι αυτός είναι και

ο συνήθης τρόπος εφαρμογής της μεθόδου DFA όπως επίσης και ο προτεινόμενος τρόπος από τους δημιουργούς της. Σημαντικό είναι να αναφερθεί εδώ ότι αφότου ευρέθησαν περιπτώσεις διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος με τρεις κλίσεις, τροποποιήθηκε το συγκεκριμένο λογισμικό ώστε να καλύπτει και τέτοιες περιπτώσεις.

Είναι πολύ σημαντικό επίσης να τονισθεί ότι η μέθοδος DFA μπορεί να διακρίνει τις περιοχές μακράς μνήμης των Επισημαίνεται ότι το στατικό υπόστρωμα όπως και τα δεδομένα χαμηλής μνήμης έχουν συσχετισθεί με την κατηγορία κλασματικής Gauss (fractional Gaussian-fGn) και σχετίζονται με κλίσεις DFA μεταξύ $0 < \alpha < 1$. Αντιθέτως, περιοχές μακράς μνήμης έχουν συσχετισθεί με την κλάση fractional Brownian motion (fBm) και σχετίζονται με κλίσεις DFA μεταξύ $1 < \alpha < 2$ [73,74]. Γενικά η τεχνική DFA θεωρείται η καλύτερη τεχνική στην ανίχνευση μακράς μνήμης και χαρακτηρίζεται ως μέθοδος robust.

Π1.2.3.2.4. Διάσταση Φράκταλ

Η διάσταση φράκταλ (D) είναι μια ποσότητα που συσχετίζει με το συνολικό μήκος της καμπύλης (L) με τη μέγιστη συνολική έκταση (A) που μια τέτοια καμπύλη θα μπορούσε να καλύψει, με τον ακόλουθο τρόπο

$$L^{\frac{1}{D}} = k \cdot A^{\frac{1}{2}} \quad (20)$$

όπου k είναι σταθερά. Όταν η διαδρομή είναι μια ευθεία γραμμή, τότε $D=1$. Αυτή η διάσταση αντιστοιχεί σε μια ευθεία πορεία. Όταν η καμπύλη τείνει να γεμίσει το χώρο, τότε η διάσταση D τείνει προς την τιμή 2. Αυτό έχει αποδειχθεί για διάφορες περιπτώσεις και ισχύει επίσης για τις τροποποιημένες κινήσεις Μπράουν. Όσο πιο περίπλοκα είναι τα πρότυπα, τόσο υψηλότερη είναι η διάσταση φράκταλ. Μία ενδιαφέρουσα ιδιότητα της εξίσωσης (20) είναι ότι μπορεί να χαρακτηρίζει επίσης περιορισμένα μονοπάτια, δηλαδή, μονοπάτια αναζήτησης που περιορίζονται σε μια καθορισμένη περιοχή. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η διαδρομή έχει την τάση να διασχίζει τον εαυτό της πολλές φορές και μπορεί να έχει διάσταση D αξία μεγαλύτερη από 2. Η διάσταση D στην ανάλυση χρονοσειρών, ποσοτικοποιεί τις συνθετότητα (complexity) ή, με άλλα λόγια, μετρά την τραχύτητα του προφίλ.

Εάν είναι γνωστός ο εκθέτης Hurst για ένα πολύπλοκο σύστημα, η διάσταση φράκταλ του συστήματος μπορεί να εκτιμηθεί από τον τύπο:

$$D = 2 - H \quad (21)$$

Όπως έχει προαναφερθεί είναι η εξάρτηση προαναφερθέντα, μεγάλη μνήμη, ή εμμονής ενός Γεω-συστήματος, συνδέεται με τιμές $H \in (\frac{1}{2}, 1)$ και ως εκ τούτου συνδέεται με προφίλ με χαμηλές διαστάσεις φράκταλ δηλαδή $D \in (1, \frac{3}{2})$. Συνθετότερα προφίλ σχετίζονται με υψηλότερες τιμές διάστασης φράκταλ, $D \in (\frac{3}{2}, 2)$, δηλαδή, με διαδικασίες μη μονιμότητας ($H \in (0, \frac{1}{2})$). Ως εκ τούτου, μπορεί να θεωρηθεί ότι η διάσταση φράκταλ μιας χρονοσειράς δηλώνει τη μονιμότητα της. Χρονοσειρές με χαμηλή διάσταση φράκταλ είναι τακτικές και προβλέψιμες. Ομοίως, οι χρονολογικές σειρές με υψηλή διάσταση φράκταλ, έχουν ακανόνιστα διαστήματα, έντονες αλλαγές στην κατεύθυνση, συνήθως τυχαίες. Χρονολογικές σειρές με τυχαίες αλλαγές κατεύθυνσης αναγνωρίζονται στα μαθηματικά κάτω από τον όρο «τυχαίος περίπατος» (random walk).

Π1.2.3.2.5.Ανάλυση εντροπίας

Π1.2.3.2.5.1. Ανάλυσης εντροπίας σε Block

Πολύπλοκα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα μπορούν να μελετηθούν με τη βοήθεια της συμβολικής δυναμικής. Από την άποψη της μεθοδολογίας, η αρχική χρονοσειρά αρχικοποιείται εκ νέου μέσω της διαδικασίας των γραμμάτων σε νέες ακολουθίες συμβόλων (υπό-ακολουθίες), όπου κάθε σύμβολο αντιπροσωπεύει μια νέα τμηματοποίηση της αρχικής χρονοσειράς ανά n - γράμματα. Οι νέες υπό-ακολουθίες ονομάζονται λέξεις. Οι λέξεις μπορούν να αναγνωστούν σε διακριτές ομάδες (blocks) μέσω της τεχνικής κυλιόμενων παραθύρων (sliding-

gliding) της τεχνικής διαδοχικών μη επικαλυπτόμενων παραθύρων (lumping). Οι διαφορές μεταξύ των τεχνικών ανάγνωσης έχουν αρχικά αναφερθεί στη γενετική μηχανική, τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα και τις χρονοσειρές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος όπου η τεχνική lumping θεωρείται βέλτιστη σε ότι αφορά στη χρήση της συμβολικής δυναμικής. Με βάση τη συμβολική δυναμική, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι εντροπίας block για τη μέτρηση της πολυπλοκότητας ενός Γεω-συστήματος. Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή ενός εντροπίας, τόσο υψηλότερη οργάνωση παρουσιάζει το Γεω-σύστημα και τόσο λιγότερο πολύπλοκο είναι. Ο κάθε δείκτης εντροπίας παίρνει μεγάλες τιμές εάν υπάρχουν πολλά είδη των προτύπων που, ως εκ τούτου, μειώνουν την οργάνωση του Γεω-συστήματος.

Στις αναλύσεις του παρόντος εδαφίου, έχουν χρησιμοποιηθεί πέντε διαφορετικοί τύποι εντροπίας block. Αυτές ήταν η εντροπία Shannon, η Shannon ανά γράμμα, η υπό όρους εντροπία, η εντροπία Tsallis και η κανονικοποιημένη εντροπία Tsallis. Η εντροπία block του Shannon μπλοκ εντροπία υπολογίστηκε από τη σχέση

$$H(n) = - \sum_i p^{(n)}(A_1, A_2, \dots, A_n) \ln p^{(n)}(A_1, A_2, \dots, A_n) \quad (22)$$

όπου $p^{(n)}(A_1, A_2, \dots, A_n)$ είναι η πιθανότητα εμφάνισης μιας συγκεκριμένης υπό-ακολουθίας γραμμάτων διάστασης n . Η εντροπία $H(n)$ αποτελεί μέτρο της αβεβαιότητας και δίνει τη μέση ποσότητα των πληροφοριών που είναι

απαραίτητες για να προβλεφθεί μια συγκεκριμένη υπό-ακολουθία διάστασης n .
 Η εντροπία block Shannon ανά γράμμα υπολογίστηκε από τη σχέση

$$h^{(n)} = \frac{H(n)}{n} = \frac{-\sum_i p^n(A_1, A_2, \dots, A_n) \ln p^n(A_1, A_2, \dots, A_n)}{n} \quad (23)$$

Αυτή η εντροπία είναι ο μέσος όρος της αβεβαιότητας ανά γράμμα μιας υπό-ακολουθίας διάστασης n . Η block εντροπία υπό όρους εντροπία υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$h_{(n)} = H(n+1) - H(n) \quad (24)$$

Η block εντροπία υπό όρους μετρά την αβεβαιότητα της πρόβλεψης σε μια κατάσταση ένα βήμα προς το μέλλον όταν παρέχεται η ιστορία των προηγούμενων καταστάσεων. Η εντροπία block Tsallis υπολογίστηκε από τη σχέση

$$S_q(n) = k \frac{1}{q-1} (1 - \sum_i [p(n)(A_1, A_2 \dots A_n)]^q) \quad (25)$$

όπου $p(n)(A_1, A_2 \dots A_n)$ είναι η πιθανότητα εμφάνισης του μπλοκ $[A_1, A_2 \dots A_n]$,
 k είναι η σταθερά του Boltzmann και q είναι ένας πραγματικός αριθμός που μετρά τη μη εκτατικότητα ενός Γεω-συστήματος. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το υψηλό επίπεδο οργάνωσης σχετίζεται με χαμηλές τιμές εντροπίας block Tsallis.
 Η κανονικοποιημένη εντροπία Tsallis υπολογίστηκε από τη σχέση

$$\hat{S}_q(p_1, \dots, p_n) = \frac{k \frac{1}{q-1} (1 - \sum_{i=1}^n p_i^q)}{\sum_{j=1}^n p_j^q} \quad (26)$$

όπου $p_i = p(n)(A_1, A_2 \dots A_n)$ είναι η πιθανότητα εμφάνισης του i -ου μπλοκ

$[A_1, A_2 \dots A_n]$, W είναι ο συνολικός αριθμός των διαφορετικών μπλοκ, k είναι η σταθερά του Boltzmann και q είναι ο πραγματικός αριθμός της σχέσης (25).

Π1.2.3.2.5.2. Ανάλυση εντροπίας κβαντισμένων περιοχών

Για την ανάλυση εντροπίας αυτού του εδαφίου, χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες εντροπίας των εξισώσεων (22)-(26). Προκειμένου να ορισθεί ο όρος της πιθανότητας εμφάνισης, οι υπό εξέταση χρονοσειρές οργανώθηκαν σε σειρά κυλιόμενων παραθύρων. Σε κάθε παράθυρο, κβαντίστηκαν οι τιμές της χρονοσειράς σε 32 στάθμες. Σε κάθε μία στάθμη, υπολογίσθηκε η συχνότητα εμφάνισης της κάθε τιμές και από εκεί η αντίστοιχη πιθανότητα εις έκαστο παράθυρο.

Π1.2.3.3. Περιοχές μελέτης

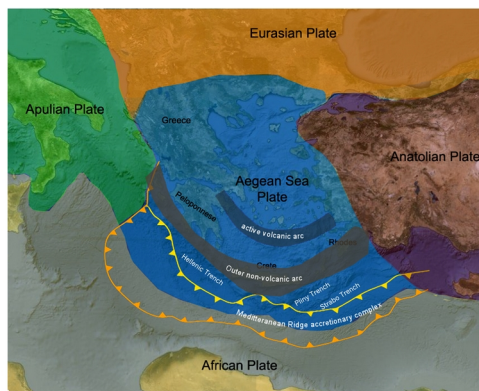
Π1.2.3.3.1. Σεισμικότητα των περιοχών μελέτης έτους 2008

Οι περιοχές μελέτης του παρόντος εδαφίου περιγραφής του ερευνητικού έργου περιλαμβάνουν τις περιοχές Ηλεία και Μεσσηνία (**Σχήμα 4**) οι οποίες και ευρίσκονται άνωθεν δομών που σχετίζονται με ιδιαίτερη σεισμικότητα. Αυτές οι δομές προκάλεσαν περισσότερους από 600 σεισμούς με $M_L > 4.0$ τον τελευταίο αιώνα (<http://labtect.geol.uoa.gr/pages/fountoulis/esismol.htm>). Μέχρι το 2008 τέσσερις πολύ καταστρεπτικοί σεισμοί εμφανίστηκαν στην ευρύτερη περιοχή: (α) Βαρθολομιό, Ηλεία 16/10/1988 $M_L=6.0$ (β) Πύργος, Ηλεία 26/03/1993 $M_L=5.5$ και $M_L=5.8$ (γ) Πάτρα 14/07/1993 $M_L=5.6$ (δ) Βαρθολομιό, Ηλεία 2/12/2002 $M_L=5.8$. Κατά τη διάρκεια του 2008, η ιδιαίτερη έντονη σεισμική δραστηριότητα που εμφανίστηκε στις περιοχές μελέτης έδωσε επτά πολύ καταστρεπτικούς σεισμούς (EQ1-EQ7): (i) Μεθώνη: (EQ1) 14/2/2008, $M_L=6.2$, (EQ2) 14/2/2008, $M_L=6.1$, (EQ3) 19/2/2008, $M_L=5.1$, (EQ4) 20/2/2008, $M_L=6.0$, (EQ5) 26/2/2008, $M_L=5.2$. (ii) Κάτω Αχαΐα, (EQ6): 8/6/2008, $M_L=6.5$. (iii) Μεθώνη: (EQ7) 21/6/2008, $M_L=5.5$. Η περίοδος συνοδεύθηκε από τρεις σημαντικούς σεισμούς της ελληνικής τάφρου (EQ8-10) (**Σχήμα 4**): (α) Κορινθία, Πελοπόννησος: (EQ8) 18/6/2008, $M_L=5.1$ (β) νησί της Κρήτης: (EQ9) 19/3/2008, νησί $M_L=5.0$ (γ) Ρόδος: (EQ10) 15/7/2008, $M_L=6.2$. Όλοι αυτοί οι σεισμοί καταγράφηκαν από το γεωλογικό ίδρυμα εθνικού παρατηρητηρίου της Αθήνας (ΓΠ-NOA) κατά τη διάρκεια της περιόδου μετρήσεων (<http://www.gein.noa.gr/services/cat.html>). Οι σεισμοί (EQ1-EQ8) εμφανίστηκαν

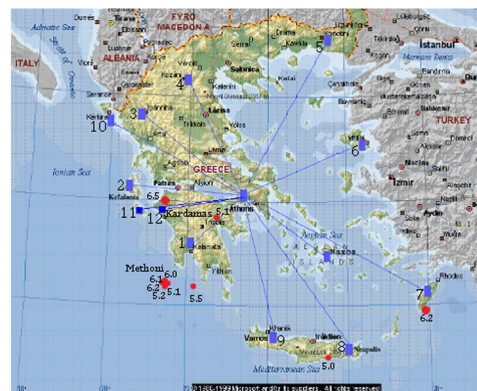
στην Πελοπόννησο κοντά στις περιοχές μελέτης. Οι σεισμοί EQ9 και EQ10 εμφανίστηκαν μακριά στα νησιά της Κρήτης και της Ρόδου. Όπως παρατηρήθηκε από ολόκληρη τη βάση δεδομένων σεισμού (<http://www.gein.noa.gr/services/cat.html>), η σεισμικά ενεργός περίοδος ($M_L > 5.0$) της ευρύτερης περιοχής διάρκεσε περίπου 4 μήνες, δηλαδή, από 14/2/2008 έως 18/6/2008.

Σχήμα

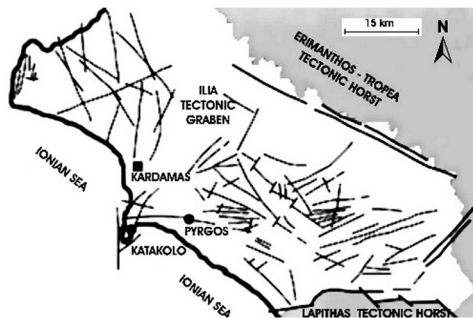
4: (α)



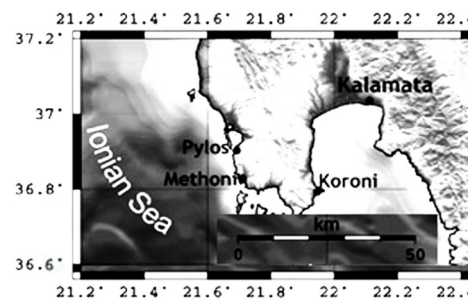
(α)



(β)



(γ)

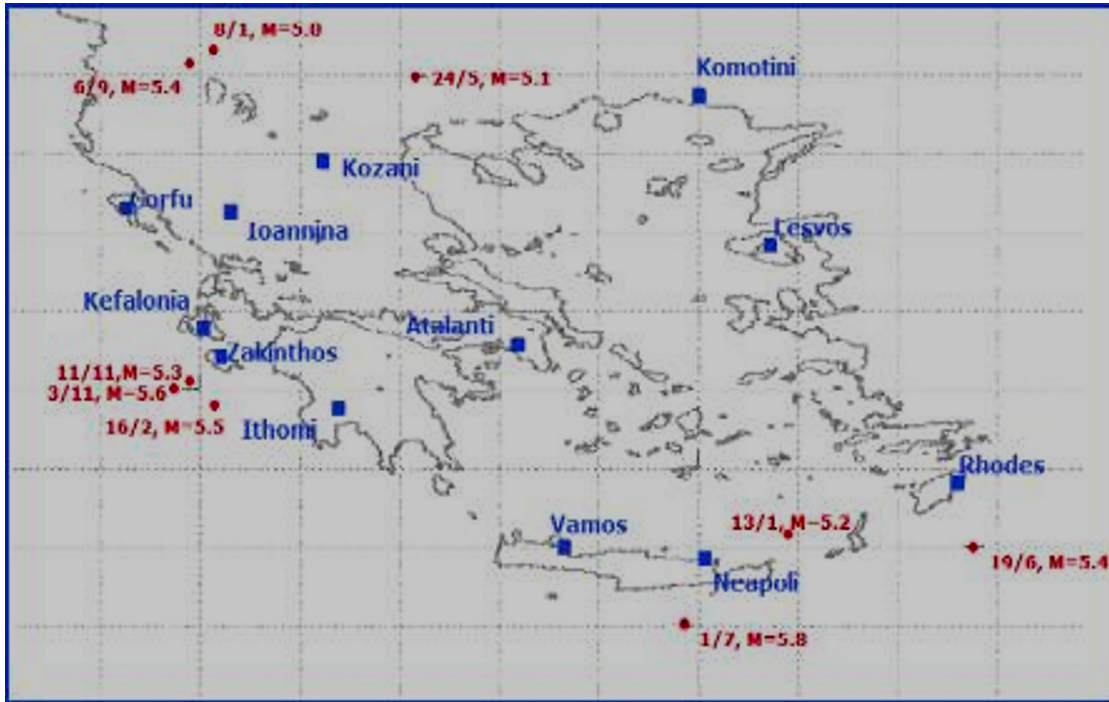


(δ)

Σεισμικές πλάκες και ελληνικό τόξο. (β) Το δίκτυο τηλεανίχνευσης της Ελλάδας με τα επίκεντρα των πιο σημαντικών σεισμών ($M_L > 6.0$). (γ) Γεωτεκτονικός χάρτης Ηλείας. (δ) Χάρτης Μεθώνης.

3.3.2. Σεισμικότητα των περιοχών μελέτης έτους 2009

Οι περιοχές μελέτης του παρόντος εδαφίου περιγραφής του ερευνητικού έργου φαίνονται στο **Σχήμα 5** και αφορούν στο έτος 2009. Η σεισμική δραστηριότητα του έτους 2009 δεν ήταν τόσο έντονη όπως αυτή του 2008 (εδάφιο **3.3.1**). Τα μεγέθη των σεισμών που εμφανίστηκαν δεν ήταν μεγαλύτερα από $M_L > 5.8$. Εντούτοις, οι σεισμοί που παρουσιάζονται στο εδάφιο αυτό είναι μεγάλου ενδιαφέροντος επειδή: (1) Ήταν διεσπαρμένοι σε όλη την ελληνική τάφρο, (2) Μερικοί απ' αυτούς εμφανίστηκαν σε πολύ ρηχά βάθη, (3) Μερικοί εμφανίστηκαν κάτω από τη θάλασσα. Λεπτομερέστερα, κατά τη διάρκεια του 2009, εννέα σεισμοί με μεγέθη $M_L > 5.0$ καταγράφηκαν από το γεωλογικό ίδρυμα εθνικού παρατηρητηρίου της Αθήνας (ΓΠ-ΝΟΑ) (<http://www.gein.noa.gr/services/cat.html>). Χρονολογικά τα χαρακτηριστικά αυτών των σεισμικών γεγονότων είναι τα ακόλουθα: 1. Eq1, 8/1/2009, $M_L = 5.0$, Βάθος 2 km, 2. Eq2, 13/1/2009, $M_L = 5.2$, Βάθος 42 km κάτω από τη θάλασσα, 3. Eq3, $M_L = 5.5$, 16/2/2009, Βάθος 15 km κάτω από τη θάλασσα, 4. Eq4, $M_L = 5.1$, 24/5/2009, Βάθος 23 km, 5. Eq5, $M_L = 5.4$, 19/6/2009, Βάθος 42 km κάτω από τη θάλασσα, 6. Eq6, $M_L = 5.8$, 1/7/2009, Βάθος 30 km κάτω από τη θάλασσα, 7. Eq7, $M_L = 5.4$, 6/9/2009, Βάθος 10 km, 8. Eq8, $M_L = 5.6$, 3/11/2009, Βάθος 39 km κάτω από τη θάλασσα, 9. Eq9, $M_L = 5.3$, 11/11/2009, Βάθος 21 km κάτω από τη θάλασσα (**Σχήμα 5**).



Σχήμα 5: Σημαντικοί σεισμοί ($M_L > 5.0$) που εμφανίσθηκαν το 2009. Το σχήμα παρουσιάζει και τμήματα του δικτύου τηλεανίχνευσης στην Ελλάδα.

Π1.2.4.Αποτελέσματα:

Π1.2.4.1.Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες και Ραδόνιο Περιβάλλοντος από Γεω-συστήματα Μακράς Μνήμης: Τηλεανίχνευση - Αναβάθμιση, εκσυγχρονισμός, επέκταση και συντήρηση εγκαταστάσεων

Στο εδάφιο αυτό παρουσιάζονται όλα τα στάδια που ακολουθήθηκαν για την αναβάθμιση του δικτύου τηλεανίχνευσης διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών και Ραδονίου Περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται βασικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για την τηλεμετρική λήψη των δεδομένων. Αναλύονται διεξοδικά τα στοιχεία μεταφοράς μετρήσεων με τηλεανίχνευση καθώς και οι σχετικές μονάδες διασύνδεσης (interfaces). Τα παραπάνω είναι ιδιαίτερα

σημαντικά επίσης και για την αναβάθμιση του δικτύου. Αναφέρεται εδώ ότι για τους σταθμούς που υπάρχουν και λειτουργούν στο βασικό δίκτυο υποδομής, οι αλλαγές αφορούν κυρίως στη συντήρηση, με τουλάχιστον μία επίσκεψη εξειδικευμένων τεχνικών σε κάθε σταθμό. Για τους νέους σταθμούς, η υποδομή που θα χρησιμοποιηθεί (δέκτες χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων, dataloggers), θα κατασκευασθεί με αναλώσιμο ηλεκτρονικό υλικό που υπάρχει στην Ελληνική αγορά, η δε ερευνητική ομάδα έχει την τεχνογνωσία στη σχεδίαση και κατασκευή αυτή.

Π1.2.4.1.1.Καταγραφή και λήψη τηλεανιχνευόμενων μετρήσεων

Π1.2.4.1.1.1.Καταγραφή τηλεανιχνευόμενων μετρήσεων

Η καταγραφή των μετρήσεων από το δίκτυο τηλεανίχνευσης διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος είναι διαρκής και βασίζεται στην χρήση ψηφιακών συστημάτων καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers). Στο δίκτυο αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί δύο τύποι ψηφιακών συστημάτων καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers) : (α) Συστήματα dataloggers της εταιρείας Campbell (USA) και (β) Ιδιοκατασκευασμένα συστήματα dataloggers. Από τα συστήματα αυτά, ικανός αριθμός συστημάτων (α) υπάρχει προς χρήση, ως αποτέλεσμα της πολυετούς λειτουργίας του δικτύου τηλεανίχνευσης στην Ελλάδα. Υπό αυτή την έννοια, αποτελούν βασικές δομικές μονάδες του δικτύου. Από την άλλη μεριά, τα συστήματα (β) επιδεικνύουν εξαιρετική αυτονομία, αποτελούν προϊόν

διδακτορικής διατριβής μέλους της ομάδος, όμως υπάρχουν σε περιορισμένα τεμάχια. Παρακάτω, θα αναλυθούν μόνο τα συστήματα dataloggers τύπου (α).

Τα ψηφιακά συστήματα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers) της εταιρείας Campbell (USA) είναι των τύπων 21X, CR7 και CR10 και αποτελούν επιλογές από τα καλύτερα που υπάρχουν στην διεθνή αγορά. Καλύπτουν κυρίως την επιστήμη της Μετεωρολογίας και γενικά επιστήμες που το πλήθος των πληροφοριών που αποθηκεύονται στην μνήμη των dataloggers δεν είναι σημαντικά μεγάλο. Η εταιρία αυτή σχεδίασε και κατασκεύασε ψηφιακά συστήματα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers) με εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση (5 mA στα 12 V , τα οποία και έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στην παρούσα έρευνα), που μπορούν να εργασθούν απρόσκοπτα και με μικρά ηλιακά στοιχεία σε σταθμούς υπαίθρου. Στην προσπάθεια για μικρή κατανάλωση η σειριακή πόρτα εισόδου εξόδου δεν υποστηρίζει το πρωτόκολλο RS232 ως προς το επίπεδο στάθμης των τάσεων (που τα αντίστοιχα κυκλώματα τους καταναλίσκουν κάποια υπολογίσιμη ισχύ), αλλά σήματα στάθμης TTL. Τα σήματα εισόδου/εξόδου της σειριακής πόρτας που χρησιμοποιούν τα ψηφιακά συστήματα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers) της Campbell περιγράφονται στον **Πίνακα 1**.

Πίνακας 1: Σήματα εισόδου/εξόδου της σειριακής πόρτας που χρησιμοποιούν τα ψηφιακά συστήματα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers) της Campbell

Αριθμός ακροδέκτη της πόρτας D-9 του datalogger.	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ
1	Vcc	Τάση αναφοράς (+5V)
2	GROUND	Τάση αναφοράς (0V)
3	RI(Ring indicator)	Ειδοποίηση κλήσης(High)
4	Rx(Received data)	Λήψη δεδομένων
5	ME(Modem enable)	Ενεργοποίηση modem(High)
6	Δε χρησιμοποιείται	(Χρησιμοποιείται αν υπάρχει δεύτερο περιφερειακό)
7	Δε χρησιμοποιείται	
8	Δε χρησιμοποιείται	
9	Tx(Transmitted data)	

Το σήμα εισόδου Ring indicator χρησιμοποιείται από το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) για να γίνεται αντιληπτό τότε κάποια εξωτερική συσκευή π.χ. modem έχει δεχθεί κλήση επικοινωνίας. Το σήμα εξόδου Modem enable χρησιμοποιείται από το το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) για να ενεργοποιήσει κάποια εξωτερική συσκευή π.χ. modem. Τα modem που προσφέρει η εταιρία Campbell ενεργοποιούνται (τροφοδότηση των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων) μόνο από τα ψηφιακά συστήματα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers) της ίδιας εταιρίας με την ενεργοποίηση του modem enable, το οποίο ενεργοποιείται όταν έρθει σήμα ring. Επομένως τα modem της εταιρίας αυτής έχουν σχεδιαστεί ώστε όλα τα κυκλώματα τους να μην τροφοδοτούνται εκτός της μονάδας λήψης ring και μόνο αν έρθει σήμα ring τότε το το ψηφιακό

σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) να ενεργοποιεί τα υπόλοιπα κυκλώματα του modem με τη βοήθεια του σήματος modem enable. Κατά αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται σημαντική ελάττωση ισχύος καταναλώσεως του modem. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το modem DC1200 της Campbell έχει κατανάλωση 30 μA όταν το modem enable του datalogger είναι μη ενεργοποιημένο, ενώ η κατανάλωση αυξάνεται σε 30 mA όταν είναι ενεργοποιημένο.

Π1.2.4.1.1.2.Λήψη τηλεανιχνευόμενων μετρήσεων

Θεμελιώδες στοιχείο για τη συνεχή λήψη τηλεανιχνευόμενων μετρήσεων είναι η επιτυχής διασύνδεση (interface) των ψηφιακών συστημάτων καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) των τοπικών σταθμών με τους Η/Υ των ενδιάμεσων σταθμών καταγραφής και τον Η/Υ του κεντρικού σταθμού καταγραφής. Η επιτυχής διασύνδεση σχετίζεται σημαντικά με τα κατασκευαστικά στοιχεία των σειριακών των θυρών Η/Υ και των modem. Αξιοσημείωτο σχετικό στοιχείο διασύνδεσης η τυποποίηση V.24 (**Πίνακας 2**). Η τυποποίηση V.24 καθορίζει 21 σήματα, μία γείωση και έναν αγωγό αναφοράς, για την σύνδεση μιας τερματικής μονάδας (Data Terminal Equipment - DTE) με μια συσκευή επικοινωνίας (Data Communication Equipment - DCE). Στις περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιούνται 4 έως 10 σήματα. Συσκευές DTE είναι υπολογιστές, τερματικά, εκτυπωτές, ενώ συσκευές DCE είναι τα modem, πολυπλέκτες (multiplexers) και άλλες συσκευές επικοινωνίας. Παρακάτω δίνεται η ανάλυση των σημάτων της τυποποίησης V.24.

Πίνακας 2: Ανάλυση σημάτων της τυποποίησης V.24. (connector D-25 ISO 2110).

PIN	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	Chassis Ground	Γείωση προστασίας
2	Transmitted Data	Δεδομένα εκπομπής
3	Received Data	Δεδομένα λήψης
4	Request To Send	Αίτηση εκπομπής απο το DTE
5	Clear To Send	DCE έτοιμο για εκπομπή
6	Data Set Ready	Ετοιμότητα του DCE
7	Signal Ground	Κοινή επιστροφή
8	Carrier Detect	Αναγνώριση λήψης σήματος απο το DCE
9	-	Εφεδρικό
10	-	Εφεδρικό
11	-	Μη καθορισμένο
12	Second Carrier Detect	Το CD δευτερεύοντος καναλιού
13	Second Clear To Send	Το CTS δευτερεύοντος καναλιού
14	Second Transmitted Data	Το TD δευτερεύοντος καναλιού
15	TxC (Transmitter Signal Element Timing)	Κύκλωμα για τον χρονισμό των data εκπομπής (Internal clock)
16	Second Received Data	Το RD δευτερεύοντος καναλιού
17	RxC (Receiver Data Element Timing)	Κύκλωμα για χρονισμό των data λήψης Δημιουργείται από το DCE
18	-	Μη καθορισμένο
19	Second Request To Send	Το RTS δευτερεύοντος καναλιού
20	Data Terminal Ready	Ετοιμότητα του DTE
21	SQ (Data Signal quality Detector)	Ποιότητα σήματος λήψης
22	Ring Indicator	Αναγνώριση σήματος τηλεφωνικής

		κλήσης
23	RS (Data Signaling Rate Selector)	Σήμα του DTE που επιλέγει (on/off) μία από τις δυο δυνατές ταχύτητες του DCE
24	TxC (Transmitter Signal Element Timing)	Σήμα του DTE προς το DCE(External clock) για συγχρονισμό data εκπομπής
25	-	Μη καθορισμένο

Ο σχετικός **Πίνακας 3** παρουσιάζει κατασκευαστικά στοιχεία αντιστοιχίας σειριακών θυρών από 25-pin σε 9-pin.

Πίνακας 3: Ανάλυση των σημάτων D25 και D9 σειριακών θυρών.

D-25 pin H/Y	D-9 pin H/Y	Σήματα
2	3	TxD
3	2	RxD
4	7	RQS
5	8	CTS
6	6	DSR
7	5	GRND
8	1	CD
20	4	DTR
22	9	RI

Ένα σημείο στο οποίο πρέπει να δοθεί προσοχή είναι η διασύνδεση μεταξύ μιας τερματικής μονάδας DTE και μιας συσκευής DCE. Οι ακροδέκτες των σημάτων εξόδου τη μονάδα DTE είναι ακροδέκτες των σημάτων εισόδου στη συσκευή DCE και αντίστροφα. Δύο μονάδες DCE ή δύο συσκευές DTE δε μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους μέσω ενός απλού V.24 καλωδίου. Οι σπουδαιότεροι ακροδέκτες είναι αυτοί της θέσης 2 και 3 που μεταφέρουν τα δεδομένα εκπομπής

(TxD) και λήψης (RxD). Όλοι οι υπόλοιποι είναι βοηθητικοί αλλά απαραίτητοι για την επικοινωνία μιας μονάδας DTE με μία συσκευή DCE. Ο **Πίνακας 4** παρουσιάζει την ερμηνεία των σημάτων που χρησιμοποιούνται στην παρούσα έρευνα για τη διασύνδεση μεταξύ των ψηφιακών συστημάτων καταγραφής και αποθήκευσης (dataloggers) (μονάδες DTE) και του modem (συσκευή DCE).

Πίνακας 4: Αντιστοιχία συστημάτων DTE και DCE.

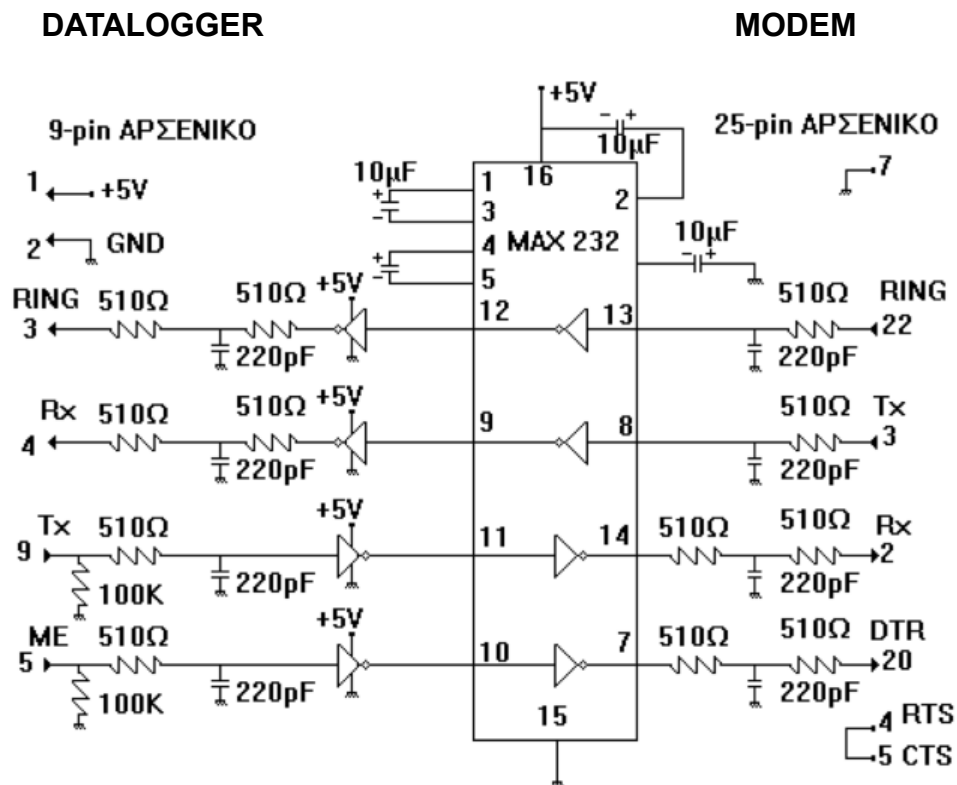
ΑΡΧΙΚΑ	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ
CD	Carrier Detect	Αναγνώριση λήψης σήματος
RxD	Receive Data	Δεδομένα λήψης
TxD	Transmit Data	Δεδομένα εκπομπής
DTR	Data Terminal Ready	Γενική ετοιμότητα DTE
GRND	Ground	Τάση αναφοράς(0V)
DSR	Data Set Ready	Γενική ετοιμότητα DCE
RQS(RTS)	ReQuest to Send	*
CTS	Clear To Send	**
RI	Ring Indicator	Ειδοποίηση κλήσης

*Το σήμα RQS/RTS ενεργοποιείται από τη μονάδα DTE και αποστέλλεται στη συσκευή DCE προκειμένου να την ειδοποιήσει ότι έχει δεδομένα για εκπομπή. Η μονάδα DTE περιμένει από τη συσκευή DCE το σήμα CTS για να ξεκινήσει τη μετάδοση δεδομένων.

**Είναι το σήμα εξόδου της συσκευής DCE και αποστέλλεται στη μονάδα DTE προκειμένου να ειδοποιήσει να ξεκινήσει η μετάδοση δεδομένων. Το CTS είναι η απάντηση της συσκευής DCE στο RTS της μονάδας DTE.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η εταιρεία Campbell Scientific που κατασκευάζει τα ψηφιακά συστήματα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers), παράγει επίσης και ειδικά modem (DC1200) για την επικοινωνία αυτών με το επιλεγόμενο δίκτυο ενσύρματης τηλεφωνίας. Τα modem αυτά είναι ειδικής κατασκευής, μικρής κατανάλωσης, αλλά πολύ υψηλού κόστους. Το κόστος τους είναι περίπου 5 φορές μεγαλύτερο από το κόστος των κοινών συμβατικών modem. Για το λόγο αυτό σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ειδική μονάδα διασύνδεσης ώστε να προσαρμοστούν τα συστήματα dataloggers της Campbell με τα κοινά συμβατικά modem επιλεγόμενου δικτύου, όπως επίσης και με τη σειριακή πόρτα Η/Υ. Ο τρόπος σύνδεσης αναλύεται στο παρακάτω **Σχήμα 6**. Η αντιστοιχία των σημάτων φαίνεται στον **Πινάκα 5**.

Σχήμα 6: Διασύνδεση ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων της Campbell με συμβατικό modem.



Πίνακας 4: Αντιστοιχία σημάτων ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων της Campbell με συμβατικό modem

DATALOGGER	MODEM
3	22
4	3
9	2
5	20
1	1
2	7

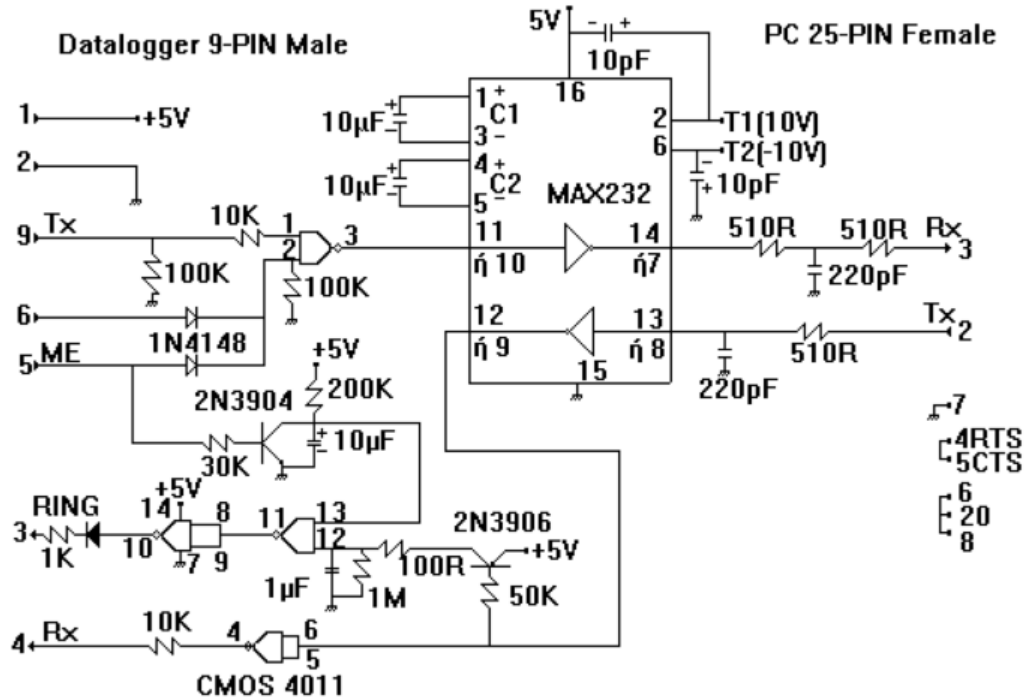
Όταν υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των modem, τότε πρέπει να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ του modem και του ψηφιακού συστήματος καταγραφής και

αποθήκευσης δεδομένων (datalogger). Το modem στέλνει σήμα (ring) προς το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) για να ξεκινήσει η επικοινωνία τους. Η απάντηση του ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) στην κλήση (ring) του modem είναι το σήμα ME (modem enable) το οποίο ενεργοποιεί την είσοδο DTR (Data Terminal Ready). Με αυτόν τον τρόπο το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) δηλώνει ότι είναι έτοιμο να στείλει δεδομένα στο modem. Στην έξοδο του ολοκληρωμένου MAX232 προς την μεριά του ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) υπάρχουν πύλες NOT οι οποίες αναστρέφουν το σήμα. Όταν έρχεται το σήμα κλήσης (ring), το οποίο κωδικοποιείται στα +12 V , αντιστρέφεται από το ολοκληρωμένο MAX232 και η έξοδός του είναι 0 V . Το σήμα αναστρέφεται από την πύλη NOT στα +5 V και οδηγείται στο ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger). Οι πυκνωτές χρησιμοποιούνται για να γειώνουν τις υψηλές συχνότητες οι οποίες μπορούν εσφαλμένα να αναγνωριστούν ως σήμα κλήσης (ring) από το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger). Το σήμα του ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) (ME) κωδικοποιείται στα +5 V και αντιστρέφεται από την πύλη NOT στα 0 V . Στην έξοδο του ολοκληρωμένου MAX232 το σήμα είναι +12 V . Κατά τον ίδιο τρόπο με την κλήση (ring) το σήμα Tx (transmitted data) του modem οδηγείται στην είσοδο Rx (Received data) του ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger). Το σήμα Tx του ψηφιακού συστήματος καταγραφής και

αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) οδηγείται στην είσοδο Rx του modem κατά τον ίδιο τρόπο που οδηγείται το σήμα ME.

Τα modem που χρησιμοποιούνται στο ερευνητικό έργο του παρόντος εδαφίου, είναι σχεδιασμένα σε συνδυασμό με τη διασύνδεση (interface) της εταιρίας US Robotics, για τα πρωτόκολλα V.32/V32bis με μέγιστη ταχύτητα 9600 *bit/s* . Έχει καθορισθεί μέχρι σήμερα (2017) ο τρόπος λειτουργίας των modem μέσω των εντολών AT, έτσι ώστε να καλυφθούν οι απαιτήσεις του ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger). Οι εντολές δίνονται στο modem μέσα από ένα τηλεπικοινωνιακό πρόγραμμα όπως το TELIX, TERM κ.α. Έχει επίσης αναπτυχθεί ειδική διασύνδεση (interface) του modem και η οποία μπορεί να προσαρμοσθεί με οποιοδήποτε έξυπνο modem του εμπορίου. Ενώ όμως η σύνδεση κοινού modem με τα ψηφιακά συστήματα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (dataloggers) της Campbell γίνεται με σχετικά απλή διασύνδεση, η διασύνδεση της σειριακής πόρτας ενός Η/Υ με το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) είναι σχετικά πολύπλοκη και αυτό γιατί στην απευθείας σύνδεση ΗΥ δεν υπάρχει σήμα κλήσης RING από τον Η/Υ, για να τον ενεργοποιήσει. Στην περίπτωση αυτή το σήμα κλήσης RING προς το το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) πρέπει να σχηματιστεί ηλεκτρονικά από τα πρώτα bytes δεδομένων που αποστέλλονται από τον Η/Υ στο το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger). Για αυτό το λόγο στα προγράμματα επικοινωνίας TELCOM και TERM της Campbell στην απευθείας

σύνδεση τους με το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) μέσω διασύνδεσης (interface) αρχικά αποστέλλονται από τον Η/Υ μερικά σύμβολα "*" για να ενεργοποιηθεί η κλήση RING στο ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger). Στο **Σχήμα 7** φαίνεται το ηλεκτρονικό κύκλωμα διασύνδεσης του ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) με Η/Υ.



Σχήμα 7: Ηλεκτρονικό κύκλωμα διασύνδεσης ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) της Campbell με Η/Υ

Η λειτουργία της διασύνδεσης του **Σχήματος 7** είναι η εξής : Αρχικά το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) δε βρίσκεται σε κατάσταση επικοινωνίας και το ME (pin 5) είναι σε κατάσταση Low, άρα το τρανζίστορ 2N3904 είναι σε αποκοπή και ο πυκνωτής $10 \mu F$ μεταξύ συλλέκτη

και εκπομπού φορτίζεται μέσω της αντίστασης $200\text{ k}\Omega$. Επομένως η πύλη NAND (11,12,13 pin) έχει λογική κατάσταση High στο pin 13. Τα αρχικά δεδομένα Tx data της θύρας RS232 του Η/Υ μετασχηματίζονται σε στάθμη TTL από τον ολοκληρωμένο μετατροπέα MAX232 που τροφοδοτούν την βάση του 2N3906 και επομένως το σύστημα πυκνωτή-αντίστασης ($1\ \mu\text{F}$ - $1\ \text{M}\Omega$) φορτίζεται σε χρόνο $1\ \text{s}$ σε λογικό High. Αποτέλεσμα αυτού είναι για χρονικό διάστημα $1\ \text{s}$ η είσοδος κλήσης RING του ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) να είναι σε λογικό High. Το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) αντιλαμβάνεται τον κουδουνισμό και απαντά με λογικό High στο ME, που έχει σαν αποτέλεσμα να κόβει αφενός τους προσθετούς παλμούς στο RING και αφετέρου να ενεργοποιεί την πύλη NAND (1,2,3 pin) ώστε η σειριακή έξοδος από το ψηφιακό σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) να επικοινωνεί με τον Η/Υ μέσω του μετατροπέα από TTL σε RS232 στάθμη τάσεως. Στην ίδια λογική του κυκλώματος μπορεί κανείς να αντικαταστήσει το ολοκληρωμένο MAX232, από RS232 σε TTL και αντίστροφα, με οπτικούς ζεύκτες (optocouplers) εάν υπάρχουν προβλήματα απομόνωσης της γείωσης του ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) με τη γείωση του Η/Υ. Η αντιστοιχία των σημάτων φαίνεται στον **Πίνακα 5**.

Πίνακας 5: Αντιστοιχία των σημάτων ψηφιακού συστήματος καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger) με σειριακή θύρα Η/Υ

DATALOGGER	PC 25-PIN	PC 9-PIN
------------	-----------	----------

3(RI)	22(RI)	9(RI)
4(Rx)	2(Tx)	3(Tx)
9(Tx)	3(Rx)	2(Rx)
5(ME)	20(DTR)	4(DTR)
1(Vcc)	1(Vcc)	1(Vcc)
2(Gnd)	7(Gnd)	5(Gnd)
	4(RTS)/5(CTS)	7(RTS)/8(CTS)

Π1.2.4.2. Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες και Ραδόνιο Περιβάλλοντος από Γεω-συστήματα Μακράς Μνήμης: Χάος, Αυτο-οργάνωση και Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων.

Π1.2.4.2.1. Γενικά

Το παρόν εδάφιο παρουσιάζει χαρακτηριστικά αποτελέσματα ιχνών Μακράς Μνήμης, Χάους, Αυτο-οργάνωσης και Κρισιμότητας σε τηλεανιχνευόμενες διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος συχνοτήτων *MHz* και Ραδονίου εδαφικού αερίου από Γεω-συστήματα προ και κατά τη διάρκεια έντονης σεισμικής δραστηριότητας στην Ελλάδα. Τα χαρακτηριστικά αποτελέσματα επικεντρώνονται σε σημαντικά σήματα των ετών 2008 και 2009. Η προγνωστική αξία των σημάτων συζητείται.

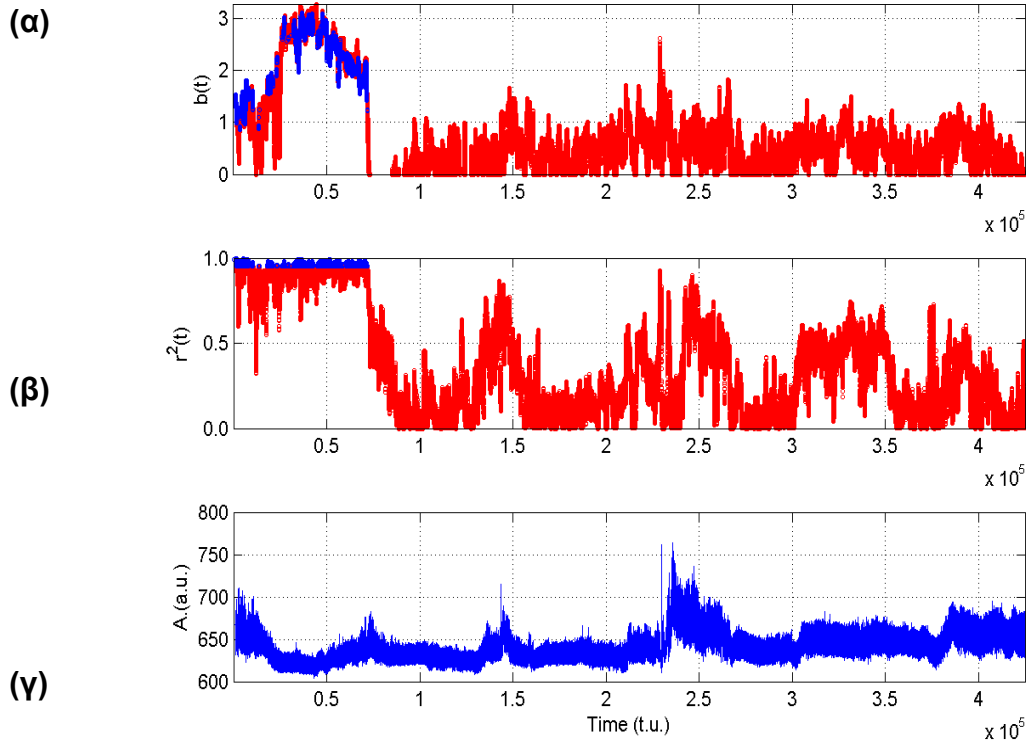
Η κύρια ιδέα είναι να ερευνηθεί εάν υπάρχουν ίχνη φράκταλ, μακράς μνήμης, και αυτο-οργάνωσης. Τα χαρακτηριστικά παραδείγματα των ετών 2008 και 2009 του εδαφίου οφείλονται στο γεγονός ότι σε αυτά τα έτη υπήρξε εξαιρετική σεισμική δραστηριότητα. Πιο συγκεκριμένα, το 2008 παρατηρήθηκε ιδιαίτερη σεισμική δραστηριότητα στη νοτιοδυτική (SW) Ελλάδα. Επτά πολύ ισχυροί σεισμοί (

$M_L > 5.0$) καταγράφηκαν μεταξύ Φεβρουαρίου και Μαΐου του 2008. Το 2009 η σεισμική δραστηριότητα δεν ήταν τόσο έντονη όπως το 2008. Εντούτοις, στο 2009 μερικοί πολύ σημαντικοί υποθαλάσσιοι σεισμοί εμφανίστηκαν και επιπρόσθετα, σεισμικά γεγονότα σε ρηχά βάθη. Τα αποτελέσματα του παρόντος εδαφίου παρέχουν την ανάλυση μερικών πολύ σημαντικών διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος συχνοτήτων MHz που συλλέχθηκαν από δίκτυο τηλεανιχνευόμενων διαταραχών στην Ελλάδα (**Εδάφιο 3, Σχήμα 2**). Οι εφαρμοσμένες τεχνικές αποκαλύπτουν χαρακτηριστικά αυτομοιότητας μακράς μνήμης και ύπαρξη δομών αυτο-οργάνωσης. Η προγνωστική αξία όλων των σημάτων συζητείται.

Π1.2.4.2.1.1.Ανάλυση Φράκταλ

Π1.2.4.2.1.2. Χαρακτηριστικά αποτελέσματα έτους 2008

Το **Σχήμα 8** παρουσιάζει μερικά χαρακτηριστικά αποτελέσματα σημάτων Ηλεκτρομαγνητικών Διαταραχών Περιβάλλοντος από το σταθμό της Νεάπολης. Η συχνότητα συγχρονισμού των κεραιών ήταν 46 MHz και οι ημέρες καταγραφής των σημάτων ήταν από 16 μέχρι 18 Μαρτίου του 2008. Το **Σχήμα 8γ** παρουσιάζει το σήμα κατά τη διάρκεια των προαναφερθεισών ημερών. Τα **Σχήματα 8α,β** παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της εφαρμογής της ανάλυσης φράκταλ στις ίδιες ημέρες.



Σχήμα 8: Χρονική εξέλιξη παραμέτρων από το σταθμό Νεαπόλεος, Σήμα στα 46 MHz , ημέρες 75–78, έτος 2008. Χρονική εξέλιξη (α) εκθέτη δύναμης b (β) τετραγώνου συντελεστή Spearman r^2 και (γ) διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος. Με μπλε συμβολίζονται οι επιτυχείς ($r^2 \geq 0.95$) περιοχές φράκταλ. Ανάλυση σε κυλιόμενα παράθυρα 1024 δειγμάτων.

Στο **Σχήμα 8β** μπορεί να παρατηρηθεί ότι κατά το πρώτο μέρος του σήματος το τετράγωνο του συντελεστή συσχέτισης Spearman παίρνει τιμές πολύ κοντά στο 1, δηλαδή, η προσαρμογή στο νόμο δύναμης ήταν εξαιρετική. Αυτό είναι μια ισχυρή ένδειξη του χαρακτήρα φράκταλ των σχετικών διαδικασιών και δομών.

Στο **Σχήμα 8α** το ίδιο μέρος του σήματος παρουσιάζει τιμές εκθέτη b μεταξύ 1.5 και 3.0. Υπενθυμίζεται ότι τιμές εκθέτη b μεταξύ $1.5 < b < 2.0$ δείχνουν μη-μονιμότητα (antipersistence) και οι τιμές πάνω από 2 ($b > 2.0$), μονιμότητα (persistence). Το τελευταίο σημαίνει ότι οι αντίστοιχες διακυμάνσεις συσχετίζονται θετικά. Αυτό υποδηλώνει ότι η υποκείμενη δυναμική του Γεω-συστήματος που εξέπεμψε τις συγκεκριμένες διαταραχές, διέπεται από θετικό μηχανισμό ανάδρασης. Σε αυτή την κρίσιμη κατάσταση, ακόμη και μικρές εξωτερικές επιδράσεις τείνουν να οδηγήσουν το σύστημα εκτός ισορροπίας. Με αυτό τον τρόπο, το Γεω-σύστημα αποκτά αυτορυθμιζόμενο χαρακτήρα και, σε μεγάλο βαθμό, την ιδιότητα της μη αναστρεψιμότητας, σημαντικό συστατικό της αξιοπιστίας πρόβλεψης.

Οι υψηλές τιμές εκθετών b νόμου δύναμης στο Σχήμα 8 συνεπάγονται χρονικές συσχετίσεις μεγάλης εμβέλειας, δηλαδή, ισχυρή μνήμη του συσχετιζόμενου Γεω-συστήματος. Έτσι, κάθε τιμή συσχετίζεται όχι μόνο με την πιο πρόσφατη τιμή της, αλλά και, για τη μακροπρόθεσμη ιστορία της και αυτό με μία διαδικασία φράκταλ ανεξάρτητη της κλίμακας. Σε αυτή την κατάσταση, το Γεωσύστημα αναφέρεται στην ιστορία του για να καθορίσει το μέλλον του, δηλαδή η ιστορία του Γεω-συστήματος καθορίζει το μέλλον του (μη Markovian συμπεριφορά). Από μια άλλη άποψη, η συμπεριφορά $1/f$ είναι μια αντανάκλαση του γεγονότος ότι το τελικό αποτέλεσμα της θραύσης επηρεάζεται από πολλές διαδικασίες που δρουν σε διαφορετικές χρονικές και χωρικές κλίμακες. Με άλλα λόγια αυτό σημαίνει, ότι οι μικρο-ρωγμές που οριοθετούν, χωρικά, την απαρχή της θραύσης, εκδηλώνουν

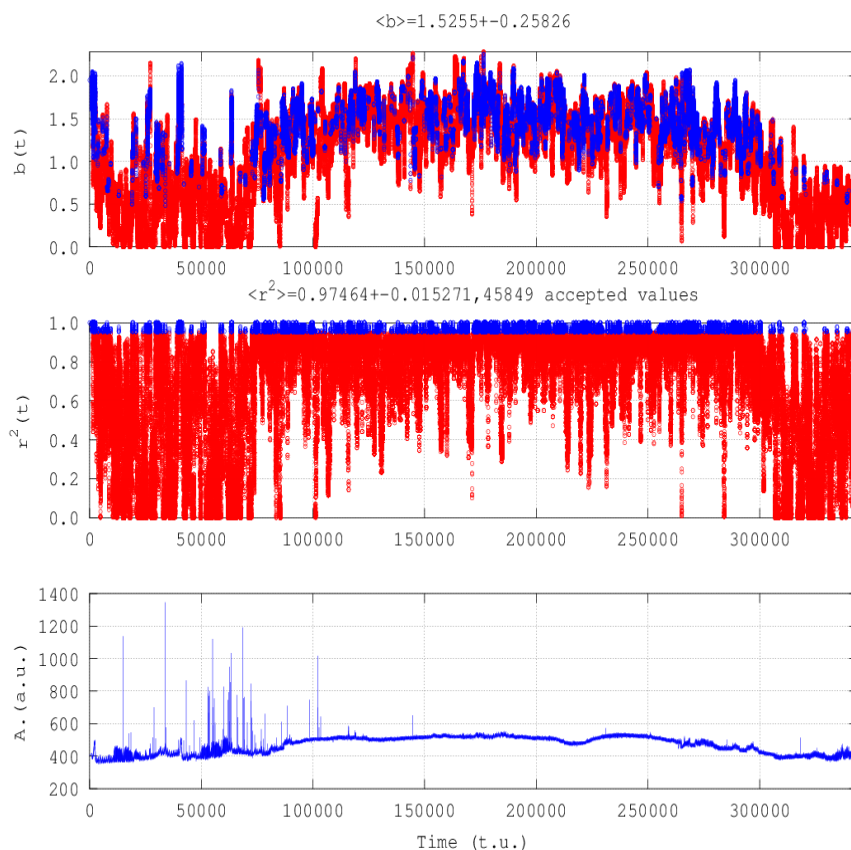
φρακταλική συμπεριφορά στο χώρο ή οποία εκδηλώνεται φρακταλικά και στη χρονική εξέλιξη της θραύσης. Η χωρική φρακταλική συμπεριφορά υποδεικνύει ότι η μελέτη ενός οποιοδήποτε τμήματος της θραύσης, είναι κατοπτρισμός ενός οποιουδήποτε άλλου τμήματος- ή του όλου- σε μία απλή διαφορά χωρικής κλίμακας. Στο χρόνο, η φρακταλική συμπεριφορά υποδεικνύει ότι οποιοδήποτε τμήμα της φρακταλικής χρονοσειράς, είναι αυτο-όμοιο (self-affine) με οποιοδήποτε άλλο τμήμα ή το όλο. Δηλαδή, κατά την κρίσιμη φρακταλική συμπεριφορά, μπορεί να προβλεφθεί ένα οποιοδήποτε μεγάλο τμήμα αυτής, από κάποιο αρχικό μικρό. Πρόσφατα (2015, 2016) αυτό αποδείχθηκε, με αναπαραγωγή όλης της φρακταλικής χρονοσειράς από μικρό φρακταλικό τμήμα αυτής μέσω τεχνητής νοημοσύνης με εφαρμογή συστημάτων SVM (Support Vector Machines) και μάλιστα για διάφορα σήματα Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος συχνοτήτων MHz

Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα είναι σε καλή συμφωνία με τη σχετική πρόβλεψη που βασίζεται στην υπόθεση ότι η εξέλιξη των προσεισμικών Γεω-συστημάτων προς την τελική θράυση λαμβάνει χώρα ως αυτο-οργανωμένη κρίσιμη (SOC) κατάσταση. Όλα αυτά είναι συμβατά με το τελευταίο στάδιο της παραγωγής σεισμού. Επιπλέον, οι υψηλές τιμές των εκθετών b είναι ενδεικτικές περί της διαγνωστικής αξίας των υποψήφιων πρόδρομων δραστηριοτήτων. Πράγματι, ο θόρυβος, που είναι ποιοτικά ανάλογος με το μοντέλο fGn (fractional Gaussian), παρουσιάζει τιμές εκθέτη b μεταξύ μεταξύ 0 και 1. Αντίθετα, τα πρόδρομα σήματα Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντο είναι

συμβατά με το μοντέλο fBm (fractional Brownial model) και οι τιμές b κυμαίνονται μεταξύ 1.5 και 3. Το τελευταίο γεγονός δείχνει ότι οι υψηλές τιμές b του Σχήματος 4 είναι συμβατές με μοντέλο fBm, το οποίο είναι σύμφωνο με την αυτο-όμοια κλασματική κίνηση Μπράουν των τριβόμενων επιφανειών κατά την παραγωγή σεισμών. Παρόμοια ευρήματα έχουν αναφερθεί πρόσφατα και κατά την κρίσιμη διαδικασία έμφρακτων καρδιακών επεισοδίων όπως και εγκεφαλικών.

Στο **Σχήμα 9** αναλύεται ένα άλλο χαρακτηριστικό σήμα. Το **Σχήμα 9** παρουσιάζει μερικά χαρακτηριστικά αποτελέσματα του σταθμού στο Βάμο Κρήτης. Η συχνότητα συγχρονισμού των κεραιών ήταν 46 MHz και οι ημέρες καταγραφής των σημάτων ήταν από 17 μέχρι 19 Φεβρουαρίου 2008. Το **Σχήμα 9γ** παρουσιάζει το HM σήμα κατά τη διάρκεια των προαναφερθεισών ημερών. Τα **Σχήματα 9β** και **9γ** παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της εφαρμογής της φασματικής ανάλυσης φράκταλ στις ίδιες ημέρες. Στο **Σχήμα 9β** μπορεί να

παρατηρη
τιμές πολύ
Σχήμα 9α
υποδεικνύ



ΕΙ
Ο
Σ

(α)

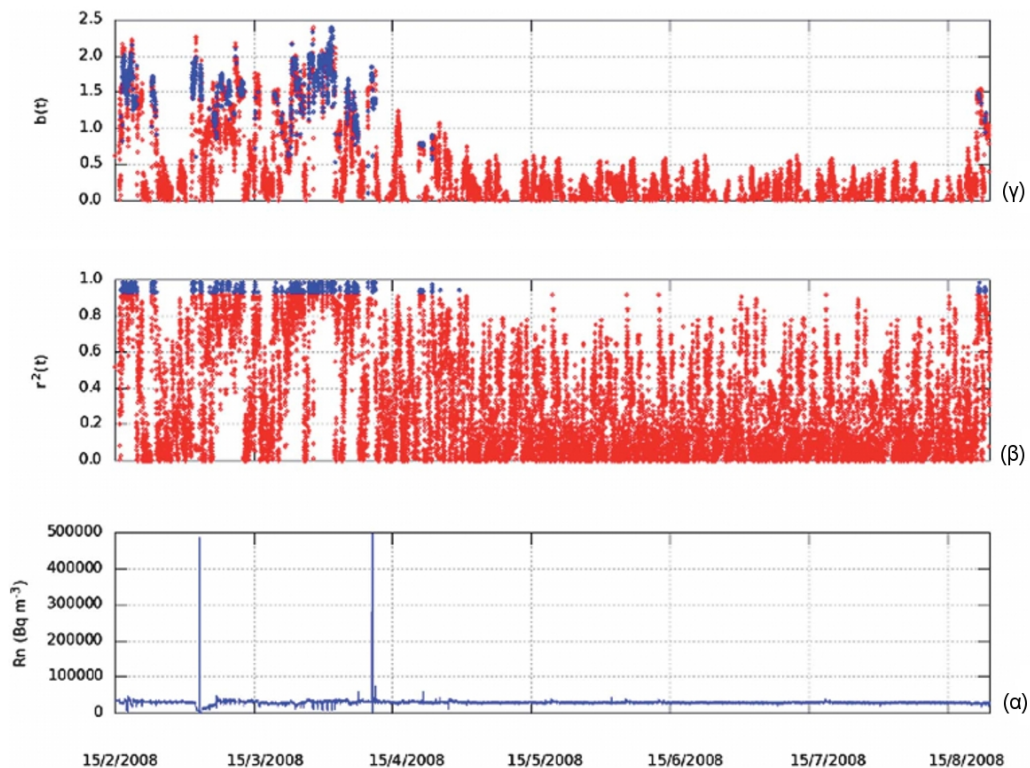
(β)

(γ)

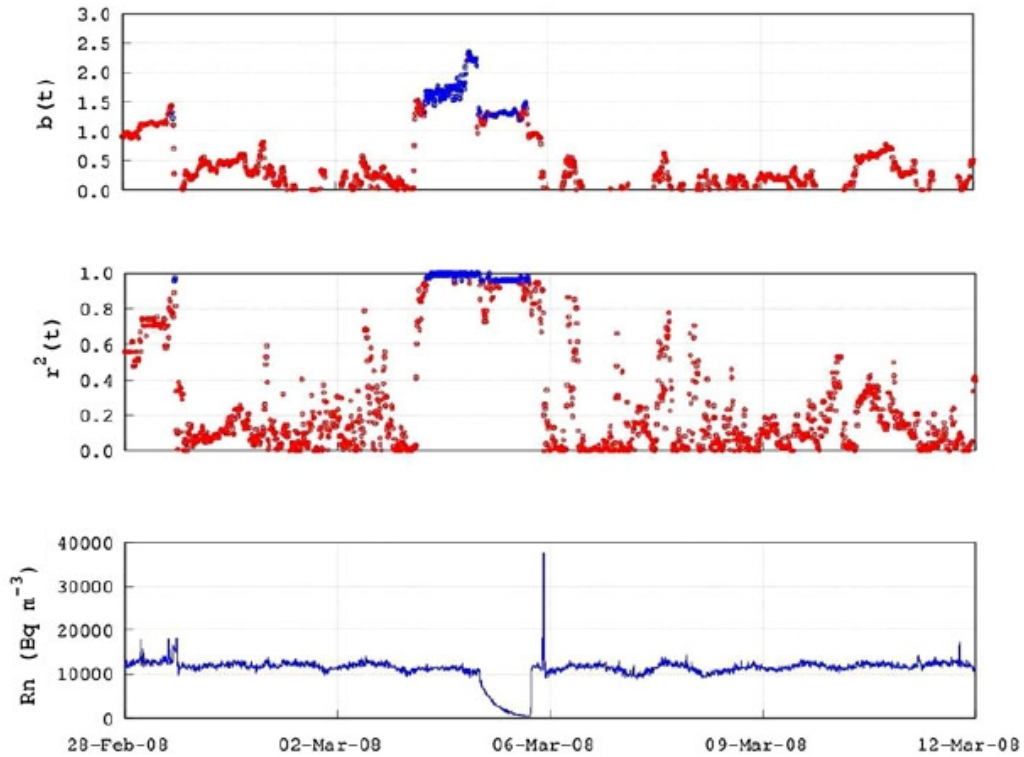
Σχήμα 9: Ανάλυση φράκταλ σήματος από το σταθμό του Βάμου, 46MHz, days 48-51, 2008. Χρονική εξέλιξη (α) εκθέτη δύναμης b (β) τετραγώνου συντελεστή Spearman r^2 και (γ) διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος. Με μπλε συμβολίζονται οι επιτυχείς ($r^2 \geq 0.95$) περιοχές φράκταλ. Ανάλυση σε κυλιόμενα παράθυρα 1024 δειγμάτων.

Στο **Σχήμα 10** παρουσιάζεται παρόμοια φρακταλική συμπεριφορά από το διαταραχές Ραδόνιου εδαφικού αερίου. Οι διαταραχές αυτές ανιχνεύθηκαν μεταξύ τριών και δύο μηνών προ του μεγάλου σεισμού της $M_L=6.8$ της Ηλείας (2008) ο οποίος είχε επίκεντρο μόλις 29 km μακριά από το σταθμό παρακολούθησης του Καραδαμά Ηλείας. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να τονισθεί ότι το συγκεκριμένο σήμα όπως και η ανάλυσή του αποτελούν παγκόσμια πρωτοτυπία. Το **Σχήμα 10** αποκαλύπτει τα παρακάτω πολύ σημαντικά θέματα: (α) Η πλειονότητα των παραθύρων μεταξύ των έντονων διαταραχών, αλλά και σημαντικού αριθμού παραθύρων πριν από αυτές, παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες τιμές εκθέτη b δύναμης από τις υπόλοιπες περιοχές. (β) Οι περιοχές (α) παρουσίασαν επιτυχή ($r^2 \geq 0.95$) φρακταλική συμπεριφορά και μάλιστα με τιμές εκθέτη b δύναμης μεταξύ 1.5 και 2.5. (γ) Οι δύο έντονες διαταραχές παρουσίασαν επιτυχή ($r^2 \geq 0.95$) φρακταλική συμπεριφορά και μάλιστα με τιμές εκθέτη b δύναμης (1.8 ± 0.2 και 1.8 ± 0.3) αντίστοιχα (δ) Τα περισσότερα παράθυρα στο υπόστρωμα παρουσίασαν τιμές εκθέτη b δύναμης μεταξύ 0.9 και 1.0 για όσες επιτυχείς περιοχές ευρέθησαν. Τα παραπάνω δεδομένα υπονοούν φρακταλική συμπεριφορά με συμπεράσματα παρόμοια με τα αντίστοιχα του **Σχήματος 8**, με μία ειδική μνεία: οι επιτυχείς ($r^2 \geq 0.95$) φρακταλικές περιοχές με τιμές εκθέτη b δύναμης στην περιοχή μονιμότητας ή ανταλλαγών μεταξύ μονιμότητας και μη μονιμότητας, συνοδεύονται από έντονες μεταβολές συγκεντρώσεων ραδονίου. Αυτό φαίνεται επίσης και στο **Σχήμα 11** που αντιστοιχεί σε διαταραχές Ραδόνιου εδαφικού αερίου που ελήφθησαν από το σταθμό της Λέσβου προ ακολουθίας σεισμικών διαταραχών του τόξου της Ανατολίας. Σε αντιδιαστολή αναφέρεται ότι

οι επιτυχείς ($r^2 \geq 0.95$) φρακταλικές περιοχές με υψηλές τιμές εκθέτη b δύναμης στην περιοχή μονιμότητας ή ανταλλαγών μονιμότητας και μη μονιμότητας στις Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες Περιβάλλοντος δε συνοδεύονται πάντα με έντονες διαταραχές σήματος.



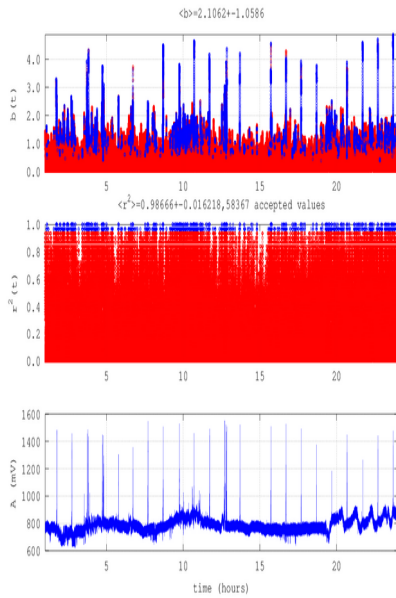
Σχήμα 10: Ανάλυση φράκταλ σήματος Ραδονίου εδαφικού αερίου από το σταθμό του Καρδαμά Ηλείας, έτος 2008. Χρονική εξέλιξη (α) εκθέτη δύναμης b (β) τετραγώνου συντελεστή Spearman r^2 και (γ) διαταραχών Ραδονίου Περιβάλλοντος. Με μπλε συμβολίζονται οι επιτυχείς ($r^2 \geq 0.95$) περιοχές φράκταλ. Ανάλυση σε κυλιόμενα παράθυρα 512 δειγμάτων.



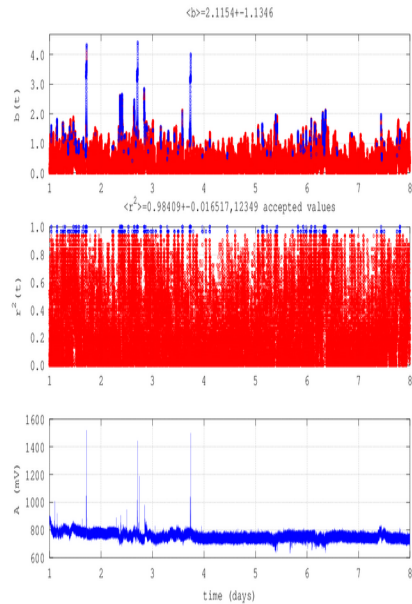
Σχήμα 11: Ανάλυση φράκταλ σήματος Ραδονίου εδαφικού αερίου από το σταθμό της Λέσβου, έτος 2008. Χρονική εξέλιξη (α) εκθέτη δύναμης b (β) τετραγώνου συντελεστή Spearman r^2 και (γ) διαταραχών Ραδονίου Περιβάλλοντος. Με μπλε συμβολίζονται οι επιτυχείς ($r^2 \geq 0.95$) περιοχές φράκταλ. Ανάλυση σε κυλιόμενα παράθυρα 512 δειγμάτων.

Π1.2.4.2.1.3. Χαρακτηριστικά αποτελέσματα έτους 2009

Το **Σχήμα 12** παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης φράκταλ σε σήμα διάρκειας ενός μηνός που καταγράφηκε στο σταθμό των Ιωαννίνων πριν από το σεισμό της 8^{ης}/1/2009 με $M_L=5.0$ και βάθος 2 km . Στο Σχήμα 10α μπορεί να παρατηρηθεί ότι οι εκθέτες φράκταλ λαμβάνουν τις τιμές μεταξύ $1.5 < b < 5$. Επισημαίνεται ότι οι τιμές $b > 3$ οδηγούν σε κορεσμό της διάστασης φράκταλ στην τιμή 2. Επίσης είναι σημαντικό να τονισθεί ότι η χρονική μεταβολή των εκθετών b υποδεικνύει διαρκή μετατροπή μεταξύ μη μονιμότητας και μονιμότητας, σε κάθε περίπτωση μακράς μνήμης. Οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης λαμβάνουν τιμές πολύ κοντά στο 1, δηλ. η προσαρμογή στο νόμο δύναμης είναι άριστη. Στο **Σχήμα 10β** οι εκθέτες b παρουσιάζουν τιμές κυρίως μη -μονιμότητας και μακράς μνήμης με άριστη προσαρμογή στο νόμο δύναμης.



(α)

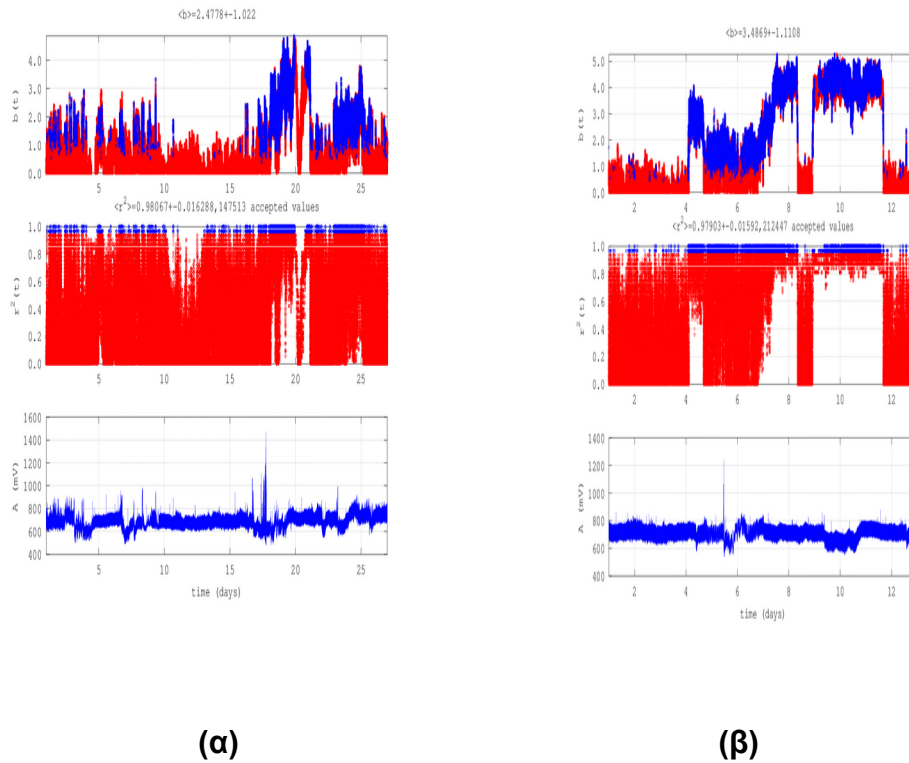


(β)

Σχήμα 12 :Ανάλυση φράκταλ σήματος από το σταθμό Ιωαννίνων, 41 MHz : (α) ημέρες 343-366, έτος 2008, (β) ημέρες 1-8, έτος 2009. Σε κάθε υποπερίπτωση, από πάνω προς τα κάτω παρουσιάζονται η χρονική εξέλιξη του εκθέτη δύναμης b , του τετραγώνου του συντελεστή Spearman r^2 και των διαταραχών των Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος. Με μπλε συμβολίζονται οι επιτυχείς περιοχές φράκταλ ($r^2 \geq 0.95$). Ανάλυση σε κυλιόμενα παράθυρα 1024 δειγμάτων.

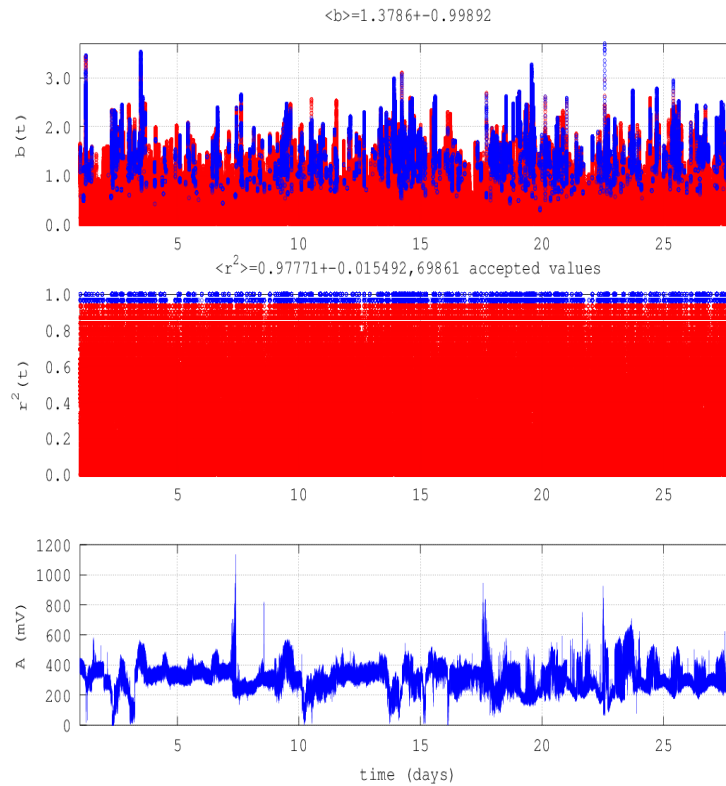
Το **Σχήμα 13** παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης φράκταλ ενός σήματος που καταγράφηκε από το σταθμό της Νεαπόλεως πριν από το υποθαλάσσιο σεισμό της 13^{ης}/1/2009 με $M_L=5.2$ και βάθος 42 km . Στην ανάλυση φράκταλ του **Σχήματος 13α** οι παρουσιαζόμενες τιμές εκθέτη βήτα είναι αρκετά

μεγαλύτερες του 2.0, πράγμα που σημαίνει ότι η ελλοχεύουσα δυναμική κυβερνάται από ένα θετικό μηχανισμό ανατροφοδότησης. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν την παρουσία μεγάλης ακτίνας αλληλεπιδράσεων και την μακρά μνήμη του Γεω-συστήματος που παρήγαγε τις ανωμαλίες αυτές. Οι σχετικές τιμές δείχνουν μονιμότητα (persistence).



Σχήμα 13: Φασματική ανάλυση φράκταλ σημάτων από το σταθμό Ιωαννίνων, 41 MHz , ημέρες (α) 340-366, έτος 2008 και (β) 1-13 έτος 2009. Σε κάθε υποπερίπτωση, από πάνω προς τα κάτω παρουσιάζονται η χρονική εξέλιξη του εκθέτη δύναμης b , του τετραγώνου του συντελεστή Spearman r^2 και των διαταραχών των Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος. Με μπλε συμβολίζονται οι επιτυχείς περιοχές φράκταλ ($r^2 \geq 0.95$). Ανάλυση σε κυλιόμενα παράθυρα 1024 δειγμάτων.

Το **Σχήμα 14** παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυση φράκταλ ενός μηνιαίου σήματος που καταγράφηκε από το σταθμό της Κομοτηνής πριν το σεισμό με $M_L=5.1$ της 24^{ης}/5/2009 σε βάθος 23 km .



Σχήμα 14: Από πάνω προς τα κάτω παρουσιάζονται η χρονική εξέλιξη του εκθέτη δύναμης b , του τετραγώνου του συντελεστή Spearman r^2 και των διαταραχών των Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος. Με μπλε συμβολίζονται οι επιτυχείς περιοχές φράκταλ($r^2 \geq 0.95$). Ανάλυση σε κυλιόμενα παράθυρα 1024 δειγμάτων.

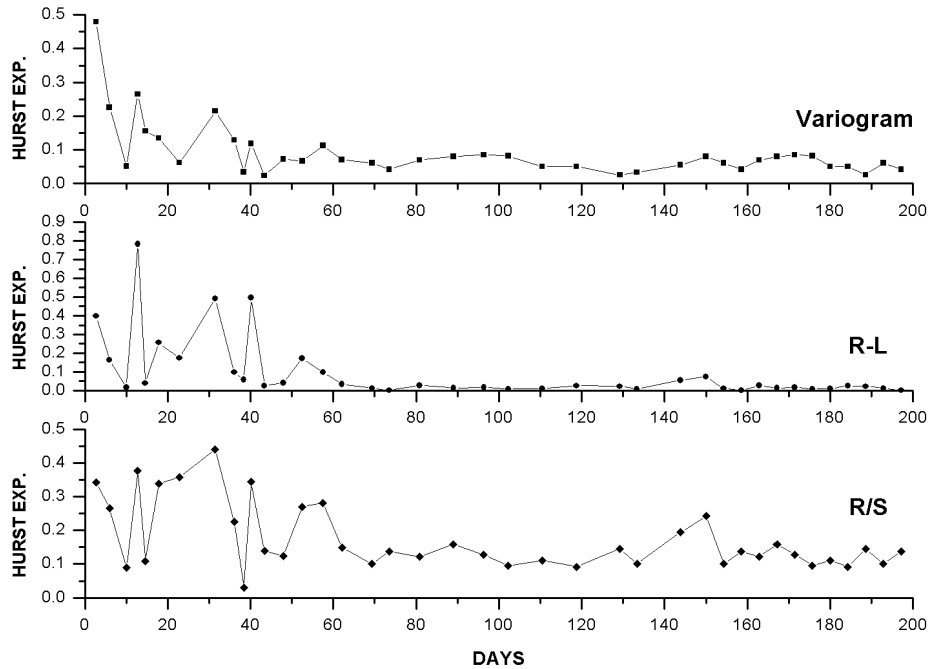
Συμπερασματικά μπορεί να υποστηριχθεί ότι η εμφάνιση υψηλών τιμών εκθετών b νόμου δύναμης υποδεικνύει ότι οι σχετικές ανωμαλίες Ηλεκτρομαγνητικών Διαταραχών Περιβάλλοντος στα 41 MHz και τα 46 MHz και Ραδονίου Περιβάλλοντος μπορούν να θεωρηθούν πρόδρομες έλευσης σεισμών. Όλα τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με μια προσεισμική φάση SOC.

Π1.2.4.2.3.Ανάλυση Hurst, DFA και διάστασης φράκταλ

Το **Σχήμα 15** παρουσιάζει τη χρονική εξέλιξη του εκθέτη Hurst για τη χρονοσειρά ραδονίου εδαφικού αερίου του 2008 συμφώνως προς τις μεθόδους R/S , $R-L$ και Βαριογράμματος.. Για τους υπολογισμούς, το σήμα διακριτοποιήθηκε σε ξεχωριστά χρονικά παράθυρα. Το μήκος κάθε χρονικού παραθύρου ήταν 512 δειγμάτων ίδιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε για τη χρονική εξέλιξη των τιμών b του νόμου δύναμης του ίδιου σήματος (**εδάφιο 4.2.2**). Σε αντίθεση με το κυλιόμενο παράθυρο που είχε εφαρμοσθεί εκεί, το **Σχήμα 15** δημιουργήθηκε με την τεχνική συνεχόμενων διακριτών παραθύρων (lumping). Όλες οι τεχνικές παρήγαγαν παρόμοια αποτελέσματα, δηλαδή οι τιμές- H των πρώτων 50 ημερών lumping του σήματος του 2008 είχαν σημαντικά υψηλότερες μέσες τιμές ($P < 0.001$, ANOVA) συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές της υπόλοιπης περιόδου. Επισημαίνεται ότι η περίοδος των πρώτων 50-ημερών, αντιστοιχεί στην περίοδο των έντονων προσεισμικών διακυμάνσεων. Αυτή η διαφοροποίηση της πρώτης περιόδου, είχε επίσης ανιχνευθεί και από τη χρονική εξέλιξη του νόμου δύναμης του ίδιου σήματος (**εδάφιο 4.2.2**). Στην πρώτη περίοδο lumping

50-ημερών, οι εκθέτες Hurst ήταν μεταξύ $0 < H < 0.5$ σύμφωνα με τη μέθοδο R/S . Αυτές οι τιμές υποδεικνύουν χαρακτηριστικά εναλλαγών μεταξύ χαμηλών και υψηλών τιμών. Από την άλλη πλευρά, η μέθοδος $R-L$ υπέδειξε τιμές εκθετών Hurst μεταξύ και $0 < H < 0.5$ αλλά και $0.5 < H < 1$. Επισημαίνεται ότι το τελευταίο εύρος τιμών αναφέρεται σε θετική αυτοσυσχέτιση μακρού-εύρους (long-term positive autocorrelation), δηλαδή διαδικασία μακρά μνήμη. Επομένως σύμφωνα με τη μέθοδο $R-L$ υπάρχει μία διαρκής εναλλαγή μεταξύ κατάστασης μονιμότητας και μη μονιμότητας στις πρώτες 50 ημέρες του σήματος ραδονίου του 2008 του Καρδαμά Ηλείας. Παρόμοια συμπεριφορά εναλλαγής είχε αναφερθεί για το ίδιο σήμα με τη μέθοδο της φασματικής ανάλυσης με φράκταλς. Εναλλαγές καταστάσεων μονιμότητας και μη μονιμότητας έχουν αναφερθεί επίσης και για τις διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος και θεωρούνται ως αποτύπωμα της έλευσης σεισμού. Από την άλλη πλευρά, η μέθοδος Βαριογράμματος δεν ανίχνευσε τέτοια εναλλαγή καθόσον όλες οι τιμές του σχήματος $5c$ αναφέρονται σε κατάσταση μη-μονιμότητας. Εστιασμένη ανάλυση στην περιοχή των ανωμαλιών ραδονίου δείχνει ότι το εύρος τιμών εκθετών Hurst ήταν $0.09 \leq H \leq 0.441$ σύμφωνα με τη μέθοδο R/S , $0.04 \leq H \leq 0.782$ σύμφωνα με τη μέθοδο $R-L$ και $0.034 \leq H \leq 0.48$ σύμφωνα με τη μέθοδο Βαριογράμματος. Από την άλλη μεριά, στο σταθερό κομμάτι του σήματος, το εύρος των εκθετών Hurst ήταν χαμηλότερης διακύμανσης και συγκεκριμένα $0.092 \leq H \leq 0.281$ από τη μέθοδο R/S , $0.001 < H < 0.172$ από τη μέθοδο $R-L$ και $0.026 \leq H \leq 0.113$ από τη μέθοδο Βαριογράμματος. Οι τιμές εκθετών H του σταθερού κομματιού του σήματος είναι επίσης συμβατά με

κατάσταση antipersistence. Οι τιμές- H για τα σήματα ραδονίου του 2010 και του 2011, δε διέφεραν σημαντικά από αυτά του σταθερού τμήματος του σήματος του 2008. Επισημαίνεται ότι, τα παραπάνω ευρήματα είναι πλήρως νέα σχετικά με προσεισμικά σήματα ραδονίου στη σχετική βιβλιογραφία.



Σχήμα 14: Εξέλιξη του δείκτη Hurst για το σήμα Ραδονίου

Σύμφωνα με διάφορες δημοσιεύσεις, ο εκθέτης Hurst, H και ο εκθέτης νόμου δύναμης, b , συνδέονται με τη σχέση

$$b = 2 \cdot H + 1 \quad (1 < b < 3) \quad \text{για το μοντέλο fBm} \quad (25)$$

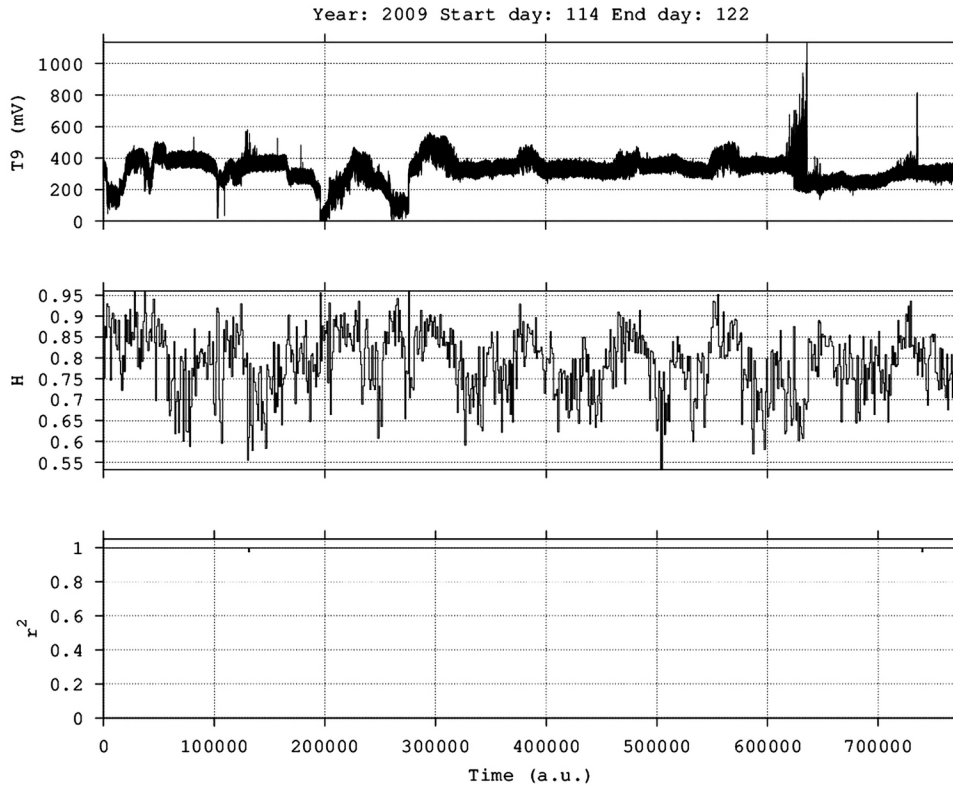
και

$$b = 2 \cdot H - 1 \quad (-1 < b < 1) \quad \text{για το μοντέλο fGn} \quad (26)$$

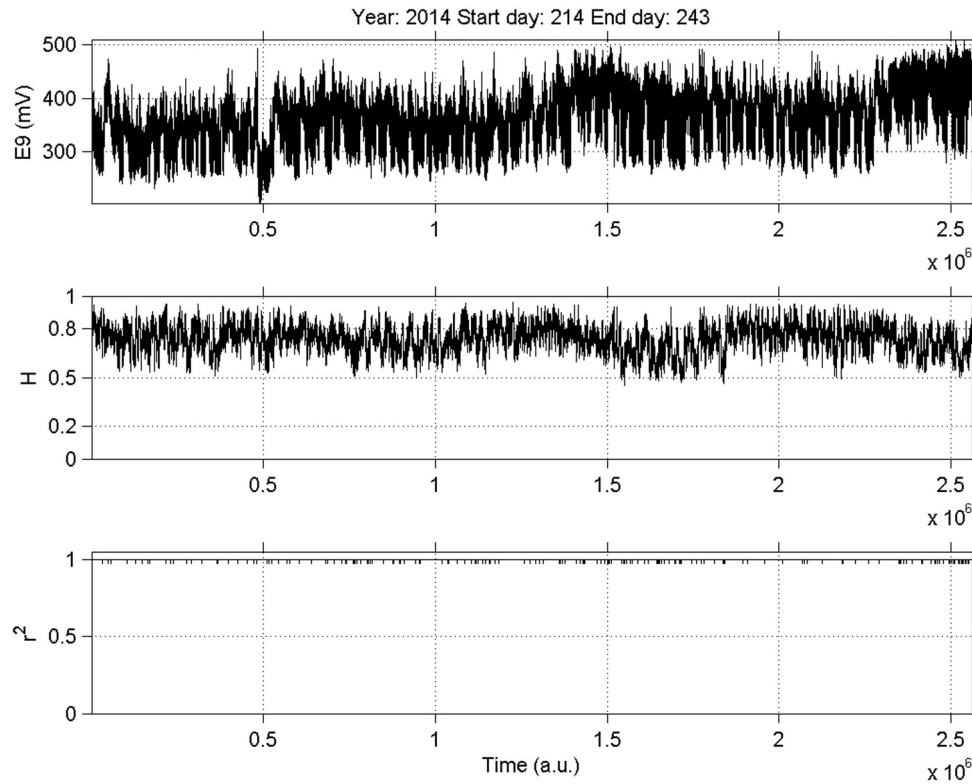
Σύμφωνα με αυτή την οπτική γωνία, οι τιμές εκθετών Hurst της πρώτης περιόδου 50 ημερών του σχήματος 5, υποδηλώνουν μοντέλο fBm και τιμές b στο εύρος $1.5 < b < 2$, δηλαδή κατάσταση μη-μονιμότητας. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τη μέθοδο R-L, μερικές τιμές εκθετών H είναι συνυφασμένες με τιμές b πάνω από 2 ($b > 2$), δηλαδή αντιστοιχούν σε κατάσταση μονιμότητας. Παρόμοια ευρήματα έχουν αναφερθεί και στο **εδάφιο 4.2.2**. Είναι σημαντικό επίσης ότι ερευνητές έχουν αναφέρει επίσης διαφοροποιήσεις στις εκτιμήσεις εκθετών Hurst δια μέσω των μεθόδων R/S , $R-L$ και Βαριογράμματος, υποδεικνύοντας τη μέθοδο $R-L$ ως εκείνη που δίνει τις υψηλότερες και ταυτόχρονα ακριβέστερες εκτιμήσεις. Είναι επίσης σημαντικό ότι η τεχνική lumping δεν επιδρά σημαντικά στις εκτιμήσεις εκθετών Hurst που ακολουθούν το μοντέλο fBm. Όπως φαίνεται στο σχήμα 6 οι τιμές H με βάση την τεχνική κυλιόμενου παραθύρου είναι παρόμοιες με αυτές των μεθόδων R/S και Βαριογράμματος. Οι μη υποδεικνυόμενες τιμές αντιστοιχούν σε μοντέλο fGn. Από την άλλη πλευρά οι τιμές εκθετών Hurst του σήματος ραδονίου εδαφικού αερίου του έτους 2010 ακολουθούν μοντέλο fGn. Επισημαίνεται ότι το υπόστρωμα του ραδονίου ευρέθη ότι δεν ακολουθεί μοντέλο fBm κατάστασης μη μονιμότητας. Το **Σχήμα 14** επιπλέον δείχνει ότι το υπόστρωμα ακολουθεί μοντέλο fGn. Σύμφωνα με τα ως τώρα εκ τεθέντα, αυτό υποδηλώνει πλήρως ασυσχέτιστες χρονοσειρές.

Τα **Σχήματα 15-17** και το **Σχήμα 19** παρουσιάζουν χαρακτηριστικά αποτελέσματα της ανάλυσης R/S . Όλα τα σήματα είναι Ηλεκτομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος (συντομογραφία ΗΜΑΠ στα σχήματα) συχνοτήτων MHz (41

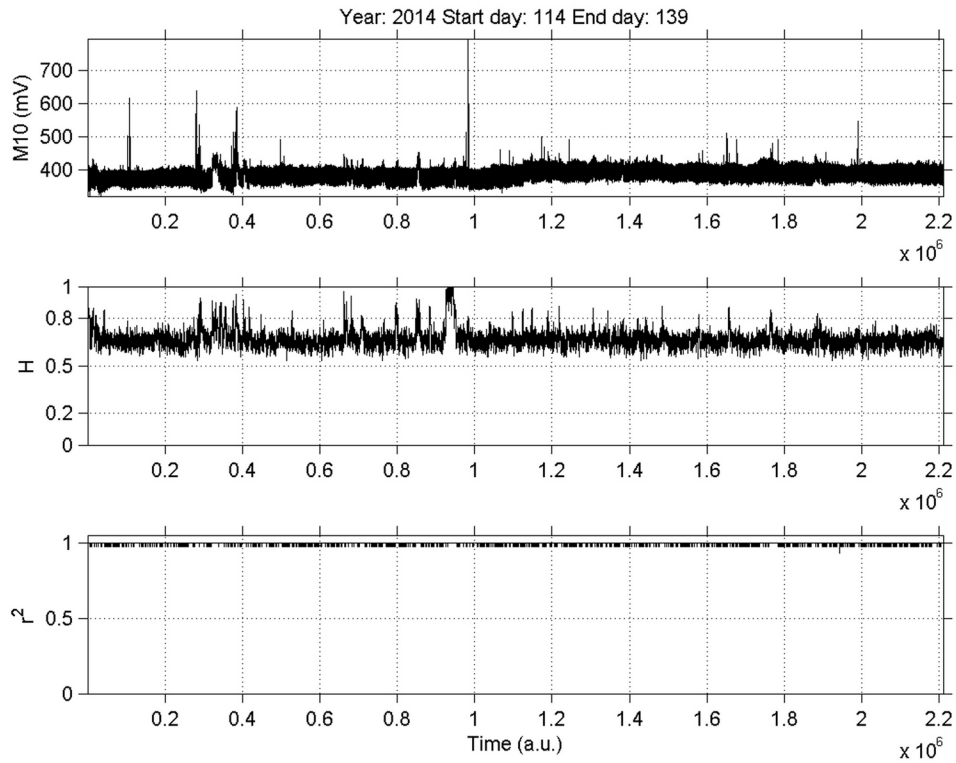
MHz ή 46 MHz). Όλα τα διαγράμματα παρουσιάζουν τη χρονική εξέλιξη του εκθέτη Hurst σε κυλιόμενα παράθυρα συνολικής διάρκειας ενός μηνός από το σεισμικό γεγονός μαζί με τη χρονική σειρά της συνδέεται τετράγωνο του τετραγώνου του συντελεστή συσχέτισης του Spearman.



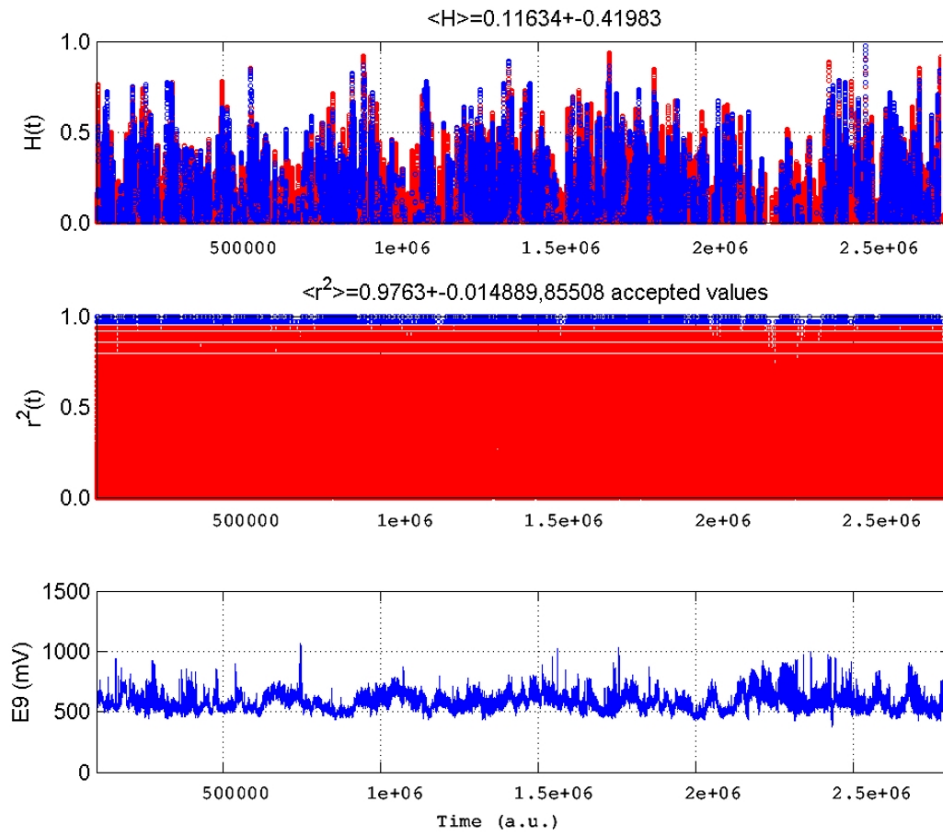
Σχήμα 15: Χρονική εξέλιξη των εκθετών Hurst εκθέτη. (Υπολογισμός με κυλιόμενο παράθυρο ανάλυσης R/S , Σεισμός 24/5/2009, Κιλκίς, $M_L = 5.1$, σταθμός Κομοτηνής (T), Ημέρες 114-122 έτους 2009, 41 MHz. Χρόνος σε δευτερόλεπτα (A.u.). Από πάνω προς τα κάτω: διαταραχές ΗΜΑΠ, η χρονική εξέλιξη του εκθέτη Hurst και του τετραγώνου του συντελεστή συσχέτισης του Spearman).



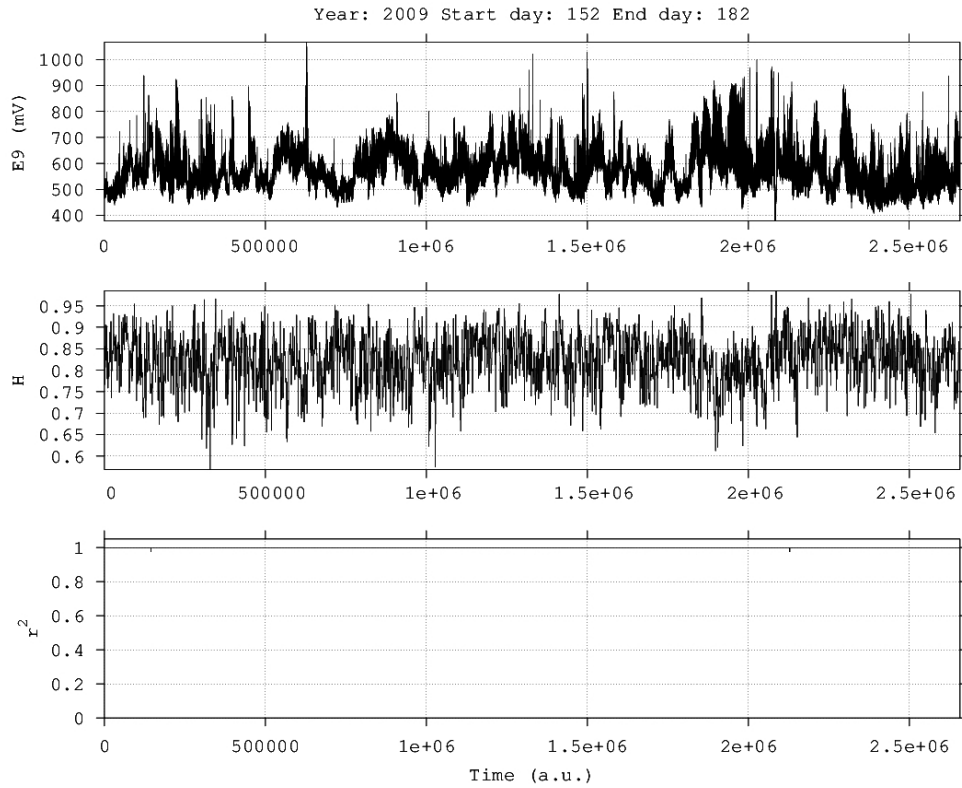
Σχήμα 16: Χρονική εξέλιξη των εκθετών Hurst εκθέτη. (Υπολογισμός με κυλιόμενο παράθυρο ανάλυσης R/S , Σεισμός 24/5/2009, Κιλκίς, $M_L = 5.1$, σταθμός Κομοτηνής (T), Ημέρες 114-122 έτους 2009, 41 MHz. Χρόνος σε δευτερόλεπτα (A.u.). Από πάνω προς τα κάτω: διαταραχές ΗΜΑΠ, η χρονική εξέλιξη του εκθέτη Hurst και του τετραγώνου του συντελεστή συσχέτισης του Spearman).



Σχήμα 17: Χρονική εξέλιξη των εκθετών Hurst εκθέτη. (Υπολογισμός με κυλιόμενο παράθυρο ανάλυσης R/S , Σεισμός 24/5/2014, Κιλκίς, $M_L = 6.3$, σταθμός Μυτιλήνης (M), Ημέρες 114-139 έτους 2009, 46 MHz. Χρόνος σε δευτερόλεπτα (A.u.). Από πάνω προς τα κάτω: διαταραχές ΗΜΑΠ, η χρονική εξέλιξη του εκθέτη Hurst και του τετραγώνου του συντελεστή συσχέτισης του Spearman).



Σχήμα 18: Χρονική εξέλιξη H για τμήματα fBm όπως αναγνωρίζονται μέσω της ανάλυσης φράκταλ σύμφωνα με τις εξισώσεις (25) και (26). (Σεισμός 1/7/2009, $M_L = 5.8$, σταθμός Νεάπολης, ημέρες 152-182, 2009, 41 MHz . Χρόνος σε δευτερόλεπτα. Από πάνω προς τα κάτω: διαταραχές ΗΜΑΠ, η χρονική εξέλιξη του εκθέτη Hurst και του τετραγώνου του συντελεστή συσχέτισης του Spearman).



Σχήμα 19: Χρονική εξέλιξη H . (Υπολογισμός με κυλιόμενο παράθυρο ανάλυσης R/S , Σεισμός 1/7/2009, $M_L = 5.8$, σταθμός Νεάπολης, ημέρες 152-182, 2009, 41 MHz . Χρόνος σε δευτερόλεπτα. Από πάνω προς τα κάτω: διαταραχές ΗΜΑΠ, η χρονική εξέλιξη του εκθέτη Hurst και του τετραγώνου του συντελεστή συσχέτισης του Spearman). Σχήμα αντίστοιχο του 18.

Σε αναφορά στα **Σχήματα 15-19** τα ακόλουθα θέματα είναι σημασίας:

(Α) Μονιμότητα ευρέθη μέσω των εκθετών Hurst από την ανάλυση R / S ανάλυση για τις προσεισμικές διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος συχνοτήτων MHz. Η πλειοψηφία των εκθετών H ήταν στο εύρος 0.7-0.9. Αρκετοί εκθέτες ήταν πάνω από 0.9.

(Β) Υπήρχαν αρκετές περιπτώσεις όπου η χρονική εξέλιξη του εκθέτη Hurst δεν ακολούθησε τις διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος, σε αντίθεση με την αντίστοιχη συμπεριφορά των διαταραχών Ραδονίου Περιβάλλοντος.

(Γ) Σε πολλές περιπτώσεις, οι ανιχνευόμενες διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος συχνοτήτων MHz ήταν συνδεδεμένοι με αύξηση των σχετιζόμενων εκθετών Hurst. Για παράδειγμα, αυτό μπορεί να παρατηρηθεί μεταξύ $0,3 \times 10^6 - 0,5 \times 10^6$ s και $0,9 \times 10^6 - 1,0 \times 10^6$ s στο **Σχήμα 17**. Επισημαίνεται, ότι η αύξηση του εκθέτη Hurst έχει χαρακτηριστεί ως προ-σεισμική ένδειξη κάποιας αξίας.

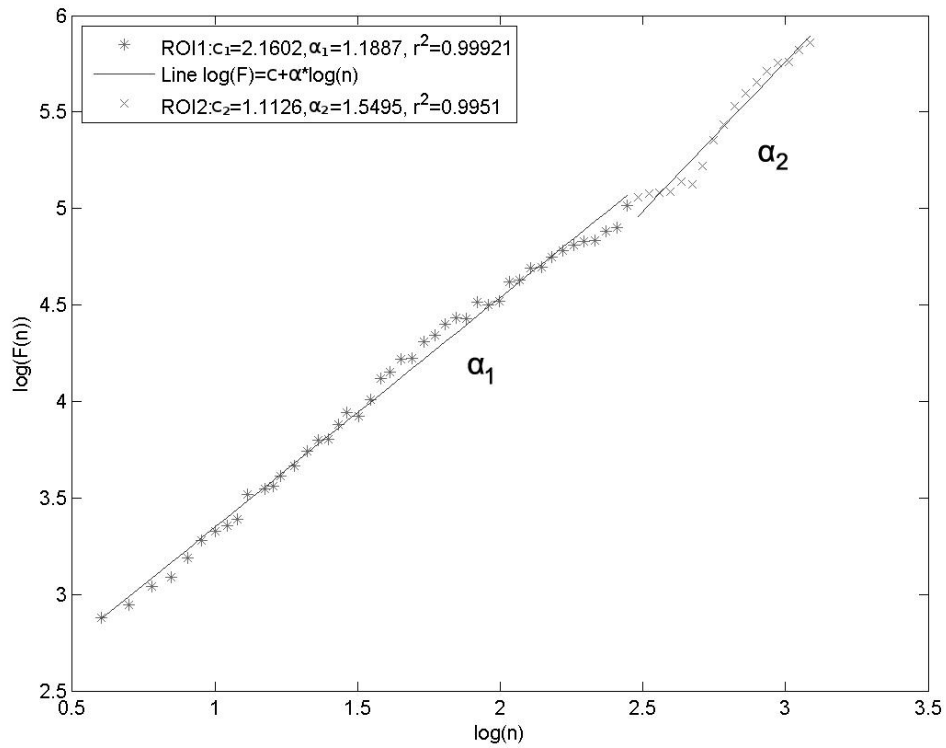
(Δ) Όπως συστηματικά παρατηρείται από τα πολλά αποτελέσματα της ανάλυσης R/S , το προφίλ του εκθέτη Hurst παρουσιάζει μικρή διακύμανση όταν υπολογίζεται από τη μέθοδο ανάλυσης R/S . Από την άλλη πλευρά, υπήρχαν επίσης περιπτώσεις όπου παρουσιάστηκαν αξιοσημείωτες διακυμάνσεις της εξέλιξης του εκθέτη Hurst κατά τη διάρκεια ενός μηνός. Τέτοια είναι οι περίπτωση του **Σχήματος 19**.

(E) Η μονιμότητα στη συμπεριφορά του εκθέτη Hurst που προσδιορίζεται μέσα από την ανάλυση R/S , είναι ανεξάρτητη από την αντίστοιχη έξοδο της ανάλυσης φράκταλ. Αυτό φαίνεται συγκρίνοντας τα χαρακτηριστικά διαγράμματα των **Σχημάτων 18** και **19**. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση φράκταλ υποδεικνύει αντι-μόνιμη συμπεριφορά ή μάλλον συνεχή εναλλαγή μεταξύ αντι-μονιμότητας και μονιμότητας.

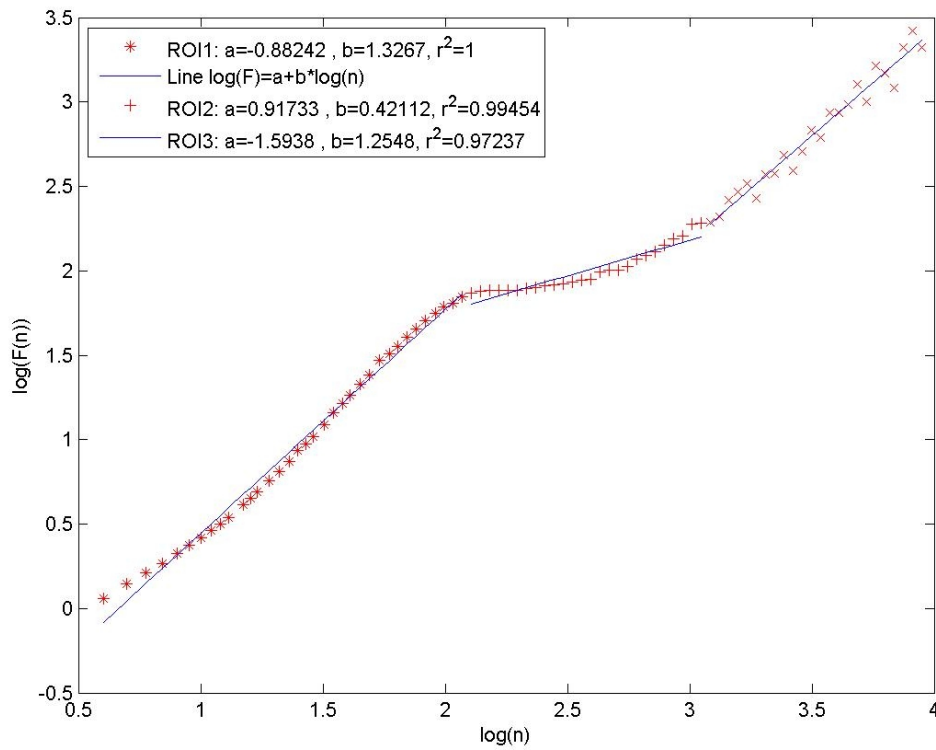
Σχετικά με τη μέθοδο DFA και προκειμένου για την εφαρμογή της προσαρμόστηκαν στη συνάρτηση $F(n) \sim n^\alpha$ διάφορα τμήματα χρονοσειρών, τόσο διαταραχών ραδονίου εδαφικού αερίου, όσο και διαταραχών ΗΜ πεδίου συχνοτήτων MHz. Σε λογαριθμική αναπαράσταση, $\log(F(n)) - \log(n)$, η παραπάνω συνάρτηση είναι ευθεία με κλίση α . Επισημαίνεται ότι ο εκθέτης κλίμακας (scaling exponent) α δεν είναι πάντα σταθερός - ανεξάρτητος κλίμακας - και εμφανίζονται συνήθως απότομες αλλαγές. Το τελευταίο σημαίνει ότι υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των μικρών και των μεγάλων κλιμάκων. Το τελευταίο είναι και ιδιαίτερης σημασίας για προσεισμικά σήματα, διότι η ανίχνευση νόμου δύναμης της μορφής με σημαντικό συντελεστή α σε μεγάλες κλίμακες, σημαίνει θραύση των μεγάλων δομών εντός του φλοιού της γης, ενώ το αντίστοιχο ισχύει για τις μικρές δομές (μικρορωγμές-microcracks) εάν ανιχνευθεί νόμος δύναμης με υψηλό συντελεστή στις μικρές κλίμακες. Προφανώς ο συνδυασμός υψηλών τιμών α_1 στις χαμηλές κλίμακες και α_2 στις υψηλές, είναι σύμφωνο με φαινόμενα θραύσης τόσο σε μεγάλες κλίμακες (προετοιμασία θραύσης) όσο και σε μικρές

(εξέλιξη θραύσης). Οι άνωθι θεωρίες θραύσης έχουν αναπτυχθεί σε διάφορες δημοσιεύσεις ήδη. Τα **Σχήματα 20** έως **22** παρουσιάζουν χαρακτηριστικές περιπτώσεις διαγραμμάτων DFA με απότομες αλλαγές κλίσης μεταξύ χαμηλών και υψηλών κλιμάκων (σπασίματα). Τα διαγράμματα αναφέρονται και σε διαταραχές ραδονίου εδαφικού αερίου αλλά και σε ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές συχνοτήτων MHz. Τα επιλεχθέντα διαγράμματα αναφέρονται στα τμήματα χρονοσειρών που έχουν θεωρηθεί ως πιο πιθανώς προσεισμικά μέσα από σύνολο 14 διαφορετικών κριτηρίων η ανάλυση των οποίων δεν είναι σκοπός της παρούσης. Το **Σχήμα 23** και **24** παρουσιάζουν συγκεντρωτικά ορισμένα αποτελέσματα σχετικά με το ραδόνιο εδαφικού αερίου και τις διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος συχνοτήτων MHz . Στο **Σχήμα 23** που αναφέρεται στο ραδόνιο, φαίνεται ότι οι εκθέτες κλίμακας α_1 και α_2 διαχωρίζουν σαφώς τις περιοχές υποστρώματος από αυτές των προσεισμικών διαταραχών. Πράγματι, οι περιοχές υποστρώματος παρουσιάζουν ζεύγη τιμών με α_1 στην περιοχή 0.5 έως 0.6 και α_2 κοντά στο 1. Από την άλλη πλευρά οι έντονες διαταραχές ραδονίου παρουσιάζουν ζεύγη τιμών με α_1 στην περιοχή 1.2 με 1.4 και α_2 κοντά στο 1.6. Σύμφωνα με ερευνητές τα τελευταία δεδομένα είναι δηλωτικά κατάστασης μονιμότητας, χαρακτηριστικής της φάσης γέννησης σεισμών. Επίσης υποδεικνύουν μοντέλο fBm χαρακτηριστικού της τελευταίας φάσης σεισμών. Από την άλλη πλευρά, τα δεδομένα για το υπόστρωμα ραδονίου, υποδηλώνουν μοντέλο fGn, που σχετίζεται με έλλειψη μνήμης στο σύστημα. Παρόμοιο διάγραμμα φαίνεται και στο **Σχήμα 24**, για διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος των σταθμών Βάμου και

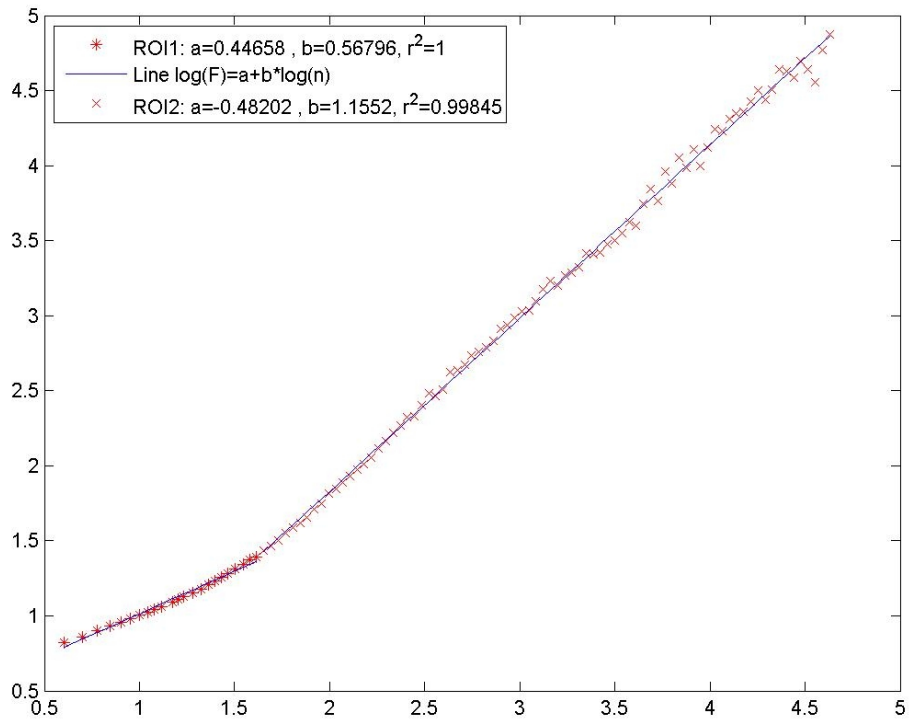
Νεαπόλεως. Είναι αξιοσημείωτη η ενδιάμεση περιοχή η οποία ανιχνεύθηκε πρώτη φορά για διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος συχνοτήτων MHz , ενώ δεν έχει ανιχνευθεί σε σήματα συχνοτήτων KHz . Η διαφορά των δύο διαγραμμάτων έχει αποδοθεί στο σχετικά σταθερό υπόστρωμα του ραδονίου εδαφικού αερίου, συγκριτικά με το θορυβώδες υπόστρωμα των Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος. Τα ζεύγη υψηλών τιμών α_2 ήταν μεταξύ 1.25 και 1.6, επίσης χαρακτηριστικό μοντέλου fBm και κατάστασης μονιμότητας. Είναι επίσης σημαντικό να τονισθεί ότι ο εκθέτης DFA α και ο εκθέτης δύναμης b του νόμου δύναμης, σχετίζονται με τη σχέση $b=2\cdot\alpha - 1$ και για το μοντέλο fBm και για το fGn. Σύμφωνα με αυτή τη σχέση, οι μικρές κλίμακες προσεισμικών διαταραχών σχετίζονται με τιμές μεταξύ $1.4 < b < 2.2$ ενώ μεταξύ $1.5 < b < 2.2$ οι μεγάλες. Ομοίως, για το υπόστρωμα, οι μικρές κλίμακες σχετίζονται με τιμές $-0.3 < b < 0.2$ και οι μεγάλες μεταξύ $0.7 < b < 1$. Τα παραπάνω επιβεβαιώνουν την κατάσταση μονιμότητας ή την εναλλαγή κατάστασης μονιμότητας και αντι-μονιμότητας κατά τη διάρκεια προσεισμικών διαταραχών.



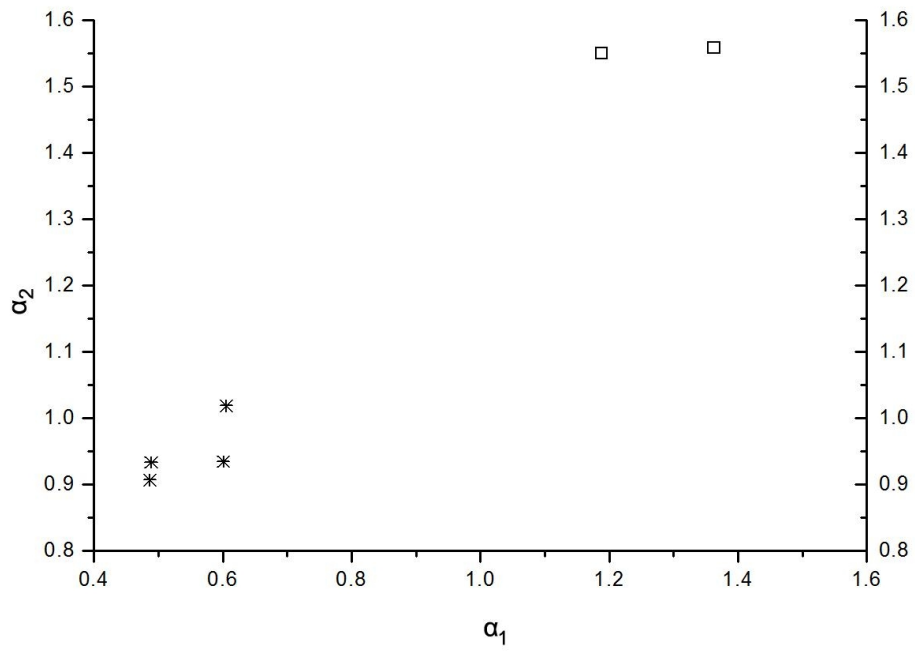
Σχήμα 20: Γράφημα αποτελεσμάτων DFA για τη χρονοσειρά των πενθήμερων διαταραχών προ και μετά της πρώτης αιχμής Ραδονίου εδαφικού αερίου του έτους 2008 που καταγράφηκε στον Καρδαμά Ηλείας.



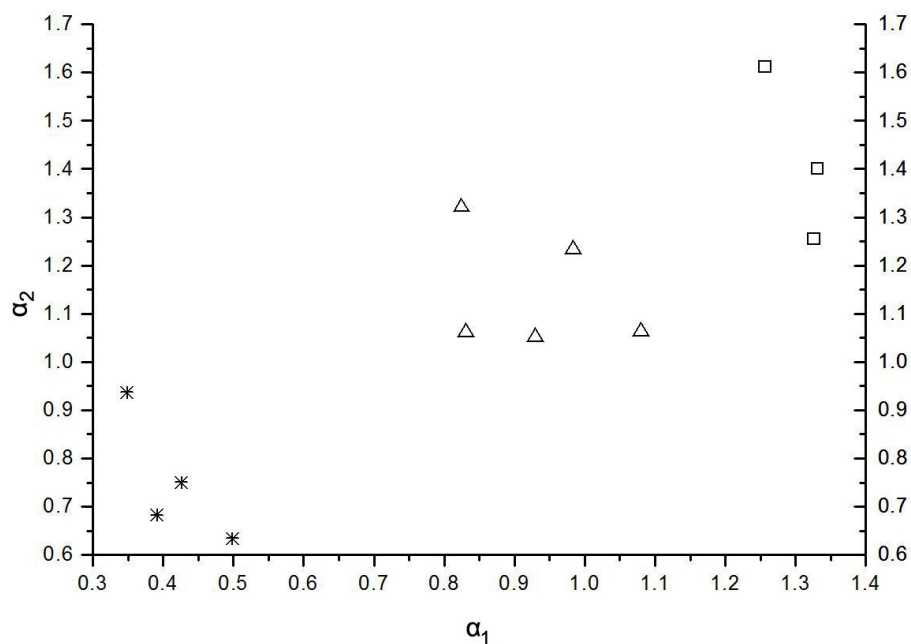
Σχήμα 21:Γράφημα αποτελεσμάτων DFA για χρονοσειρά προσεισμικών διαταραχών ΗΜΑΠ συχνότητας 41 MHz από το σταθμό του Βάμου. Είναι χαρακτηριστικά νέα η ανίχνευση τριπλού σπασίματος στο γράφημα. Στη λεζάντα α_1 είναι η τιμή b στην περιοχή ROI1 και α_2 η τιμή b στην περιοχή ROI3.



Σχήμα 22: Γράφημα αποτελεσμάτων DFA για χρονοσειρά προσεισμικών ΗΜΑΠ διαταραχών συχνότητας 46 MHz από το σταθμό Νεαπόλεως. Στη λεζάντα a_1 είναι η τιμή b στην περιοχή ROI1 και a_2 η τιμή b στην περιοχή ROI2.



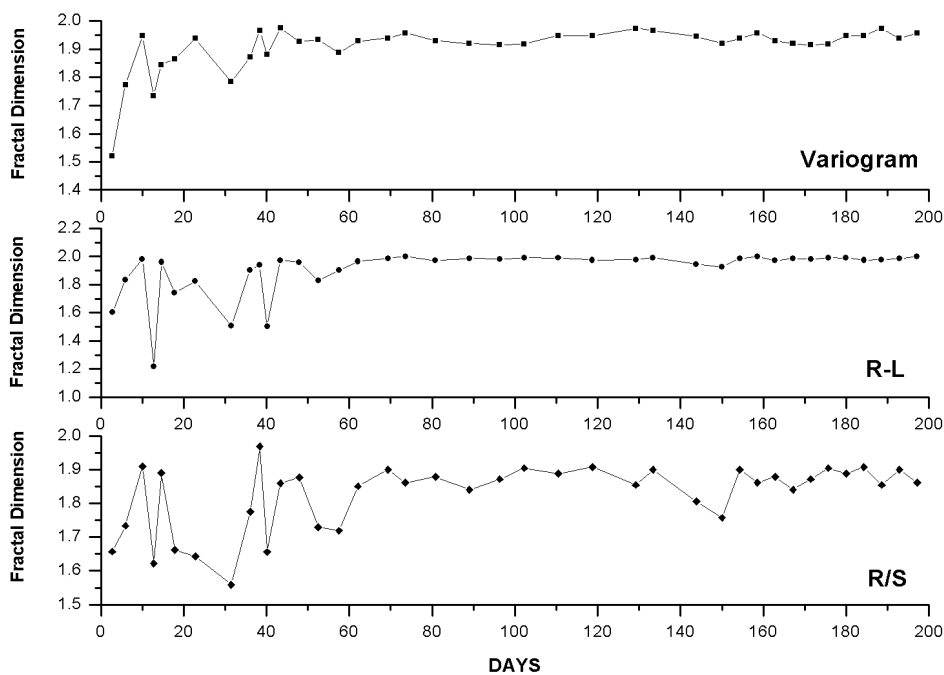
Σχήμα 23:Γράφημα διασποράς αποτελεσμάτων DFA για χαρακτηριστικά τμήματα της χρονοσειράς ραδονίου του Καρδαμά Ηλείας.



Σχήμα 24: Γράφημα διασποράς αποτελεσμάτων DFA για χαρακτηριστικά τμήματα χρονοσειρών HM διαταραχών

Σχετικά με τη διάσταση φράκταλ το **Σχήμα 25** δείχνει μια χαρακτηριστική χρονική εξέλιξη της διάστασης φράκταλ για το σήμα του ραδονίου του 2008. Τα ανώμαλα τμήματα του σήματος παρουσίασαν σημαντικώς ($P < 0.001$, ANOVA) χαμηλότερες τιμές διάστασης φράκταλ από αυτές των άλλων περιοχών. Παρομοίως σημαντική διαφοροποίηση έχει χαρακτηριστεί ως προσεισμικό SOC ηλεκτρομαγνητικό αποτύπωμα συχνοτήτων ULF. Επιπρόσθετα, όπως ήδη παρουσιάστηκε αλλά και όπως έχουν δημοσιεύσει διάφοροι ερευνητές, σημειώνεται σημαντική αύξηση των τιμών H προ-σεισμών. Αυτό το εύρημα είναι σύμφωνο με τη μείωση της

διάστασης φράκταλ κατά τη διαδικασία SOC της προπαρασκευής σεισμών. Σύμφωνα με τη μέθοδο R/S η ελάχιστη τιμή ήταν $D=1.559$, γεγονός που υποδεικνύει χρονοσειρές με χαρακτηριστικά κατάστασης αντί-μονιμότητας. Από τη μέθοδο Βαριογράμματος εκτιμήθηκε η ελάχιστη τιμή $D=1.520$ που επίσης δηλώνει κατάσταση αντί-μονιμότητας. Μόνο η μέθοδος $R-L$ έδειξε τμήματα με κατάσταση μονιμότητας για τα ανώμαλα τμήματα του σήματος, με ελάχιστη τιμή $D=1.218$. Από την άλλη πλευρά, το υπόστρωμα του ραδονίου του 2008 έδειξε τιμές διάστασης φράκταλ άνω του 1.8 για όλες τις μεθόδους. Τιμές D μεταξύ 1.7 και 2 βρέθηκαν επίσης και για το υπόστρωμα 2010 και 2011. Όλα τα παραπάνω ισχυροποιούν την άποψη περί ελαφράς μνήμης του υποστρώματος ραδονίου. Επίσης οι τιμές D είναι μέσα στο εύρος της διεθνούς βιβλιογραφίας. Σημειώνεται ότι η ακριβώς αντίθετη συμπεριφορά ανιχνεύθηκε σε προσεισμικές ΗΜ καταγραφές ULF, κατά τη διάρκεια των οποίων η διάσταση φράκταλ αυξήθηκε πριν από το σεισμό. Η συμπεριφορά αυτή είχε χαρακτηριστεί ως ιδιότυπη και είχε αποδοθεί στη φάση SOC της γέννησης σεισμού. Επισημαίνεται επίσης ότι τα παρουσιασθέντα δεδομένα αποτελούν παγκόσμια πρωτοτυπία στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με διαταραχές ραδονίου.



Σχήμα 25: Χρονική εξέλιξη της διάστασης φράκταλ σύμφωνα προς τις μεθόδους R/S , $R-L$ και Βαριογράμματος

Συμπερασματικά μπορεί να υποστηριχθεί ότι:

1. Η χρονική εξέλιξη των δεικτών Hurst προσεισμικών διαταραχών Ραδονίου εδαφικού αερίου με βάση τις μεθόδους R/S , $R-L$ και Βαριογράμματος απέδειξε εναλλαγές καταστάσεων αντί-μονιμότητας και μονιμότητας στις χρονοσειρές ραδονίου. Παρόμοια συμπεριφορά διεφάνη με τη μέθοδο ανάλυσης φράκταλ.

2. Η χρονική εξέλιξη της διάστασης φράκταλ προσεισμικών διαταραχών Ραδονίου εδαφικού αερίου με βάση τις μεθόδους, $R-L$ και

Βαριογράμματος απέδειξε ότι κατά τη διάρκεια των διαταραχών η διάσταση φράκταλ μειώνεται σημαντικά. Αυτό απέδειξε ισχυρή μνήμη στο σύστημα.

3. Η ανάλυση με τη μέθοδο DFA σε σήματα Ραδονίου και διαταραχών Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος, απέδειξε ότι υπάρχει ισχυρή μνήμη στις προσεισμικές διαταραχές και έλλειψη μνήμης στις περιοχές υποστρώματος.

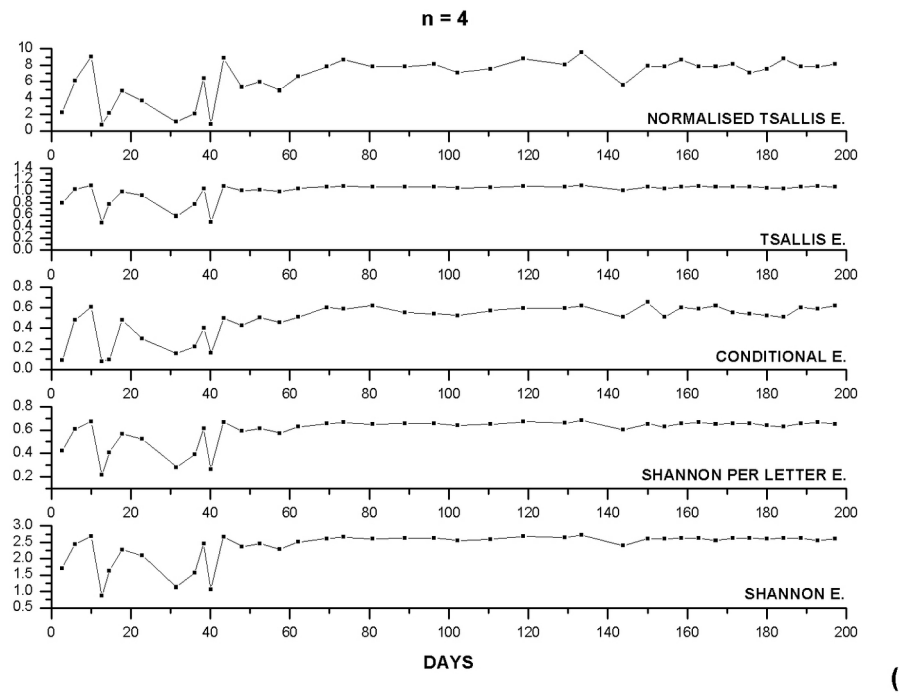
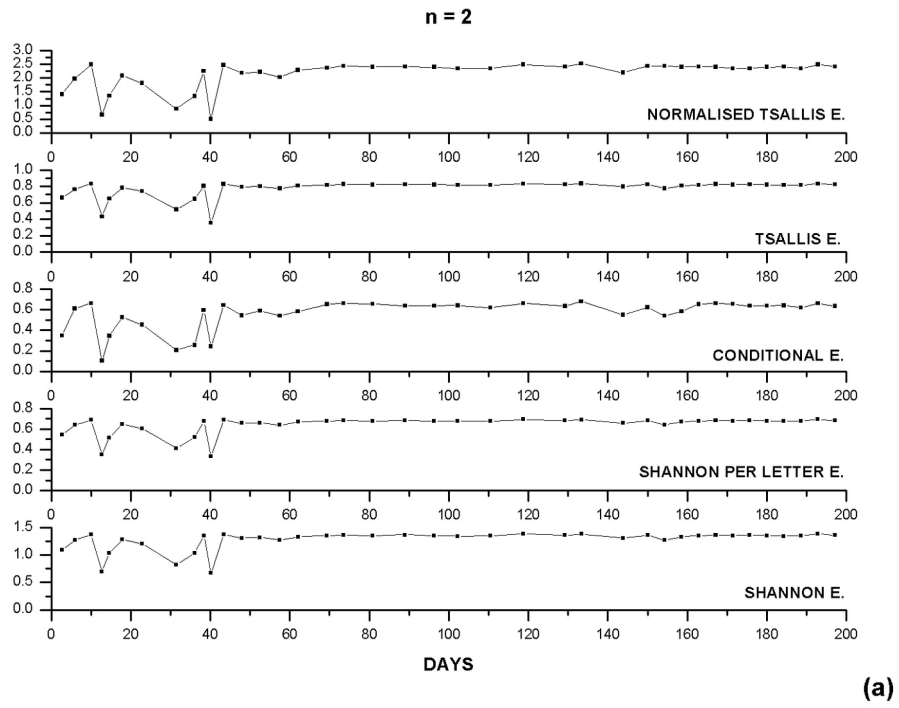
4. Τα δεδομένα είναι σύμφωνα με όλες τις υπάρχουσες θεωρίες θραύσης κατά τη φάση προετοιμασίας και έλευσης σεισμών.

Π1.2.4.2.3. Ανάλυση εντροπίας

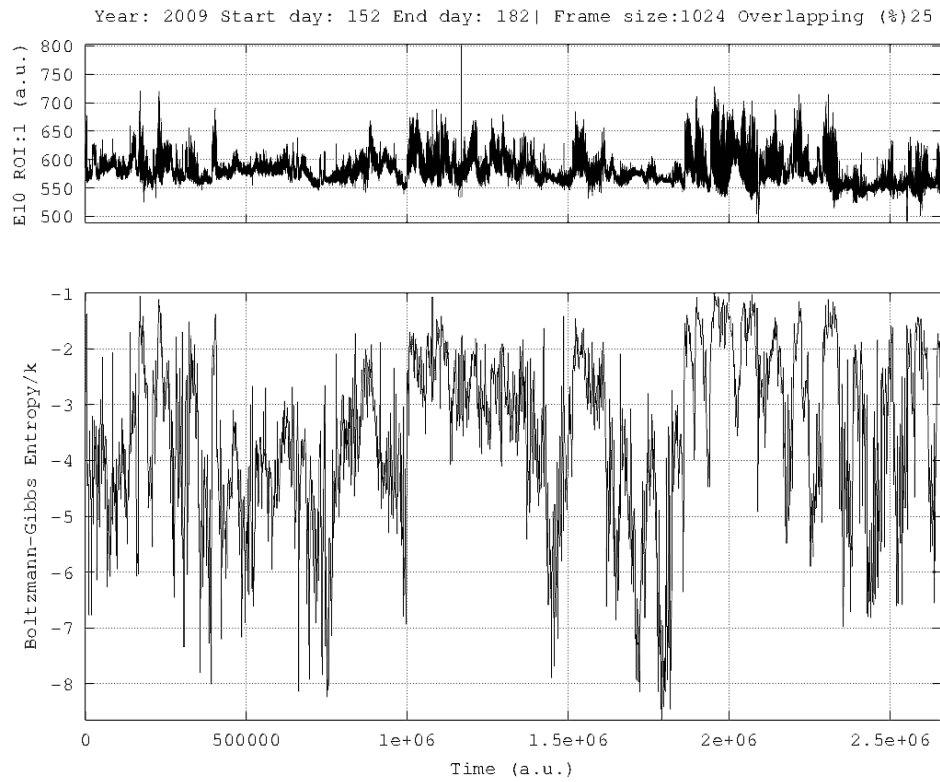
Το **Σχήμα 26** απεικονίζει τη χρονική εξέλιξη δεικτών εντροπίας για μπλοκ μήκους n και 2 και 4 γράμματα. Η ανάλυση έγινε με την τεχνική lumping σύμφωνα με τον κανόνα $n=N$, δηλαδή, ίσο μέγεθος του μπλοκ και του μήκους της. Τα παράθυρα για την τεχνική lumping ήταν ίδια με εκείνα του **Σχήματος 25**. Το σταθερό τμήμα του σήματος του Ραδονίου Περιβάλλοντος του 2008, δηλαδή, από περίπου το παράθυρο lumping 50 χαρακτηρίζεται από σημαντικά υψηλότερες μέσες τιμές της μπλοκ εντροπίας Shannon ($P < 0.001$, ANOVA). Παρόμοιες υψηλές μέσες τιμές βρέθηκαν για τα σήματα του Ραδονίου Περιβάλλοντος 2010 και 2011. Συνυπολογίζοντας ότι η μπλοκ εντροπία Shannon, $H(n)$, είναι το βασικό μέτρο της τυχαιότητας, το εύρημα αυτό means ότι η μέση ποσότητα των πληροφοριών που είναι απαραίτητες για να προβλεφθεί μια υπο-ακολουθία μήκους n , είναι μεγαλύτερη στις περιοχές του υποστρώματος

από ότι στις περιοχές των ανωμαλιών. Το τελευταίο υπονοεί ότι οι περιοχές των ανωμαλιών είναι πολύ περισσότερο προβλέψιμες και οργανωμένες από ότι οι περιοχές του υποστρωματος. Με βάση τη χρονική εξέλιξη της εντροπίας Shannon ανά γράμμα, $h^{(n)}$, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η μέση αβεβαιότητα ανά γράμμα ενός μπλοκ μεγέθους n είναι μεγαλύτερη στο υπόστρωμα Ραδονίου Περιβάλλοντος συγκριτικά με τις περιοχές ανωμαλιών ($P < 0.001$, ANOVA). Η εντροπία μπλοκ υπό όρους παρουσίασε επίσης σημαντικά υψηλότερες τιμές ($P < 0.001$, ANOVA) στο υπόστρωμα του Ραδονίου Περιβάλλοντος συγκριτικά με την περιοχή των ανωμαλιών. Αυτό αναγνωρίστηκε επίσης στα σήματα του Ραδονίου Περιβάλλοντος των ετών 2010 και 2011 για την εντροπίας μπλοκ $h_{(n)}$. Η αύξηση της εντροπίας μπλοκ $h_{(n)}$ σημαίνει ότι αυξάνει επίσης στην αβεβαιότητα της πρόβλεψης για ένα βήμα στο μέλλον, εφόσον το ιστορικό της παρούσας κατάστασης n και των προηγούμενων $n-1$ καταστάσεων είναι γνωστά. Σημαντική μείωση της $h_{(n)}$ παρατηρήθηκε κατά την πρώτη περίοδο lasting 50 ημερών του σήματος Ραδονίου Περιβάλλοντος του 2008 για όλα τα μεγέθη μπλοκ που μελετήθηκαν. Αυτό σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η μέση προβλεψιμότητα είναι υψηλότερη στις ανωμαλίες του ραδονίου. Αυτό ενισχύεται από τα ευρήματα άλλων σύμφωνα με τους οποίους οποιαδήποτε υπάρχουσα μνήμη μακράς εμβέλειας μειώνει την εντροπία υπό όρους και βελτιώνει την πιθανότητα πρόβλεψης. Οι τιμές της εντροπίας Tsallis και της κανονικοποιημένης εντροπίας Tsallis στο **Σχήμα 26** εκτιμήθηκαν θεωρώντας $q=1.80$. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, η εντροπία μπλοκ Tsallis πέφτει σε χαμηλότερες τιμές στις ανωμαλίες Ραδονίου Περιβάλλοντος σε σύγκριση με το

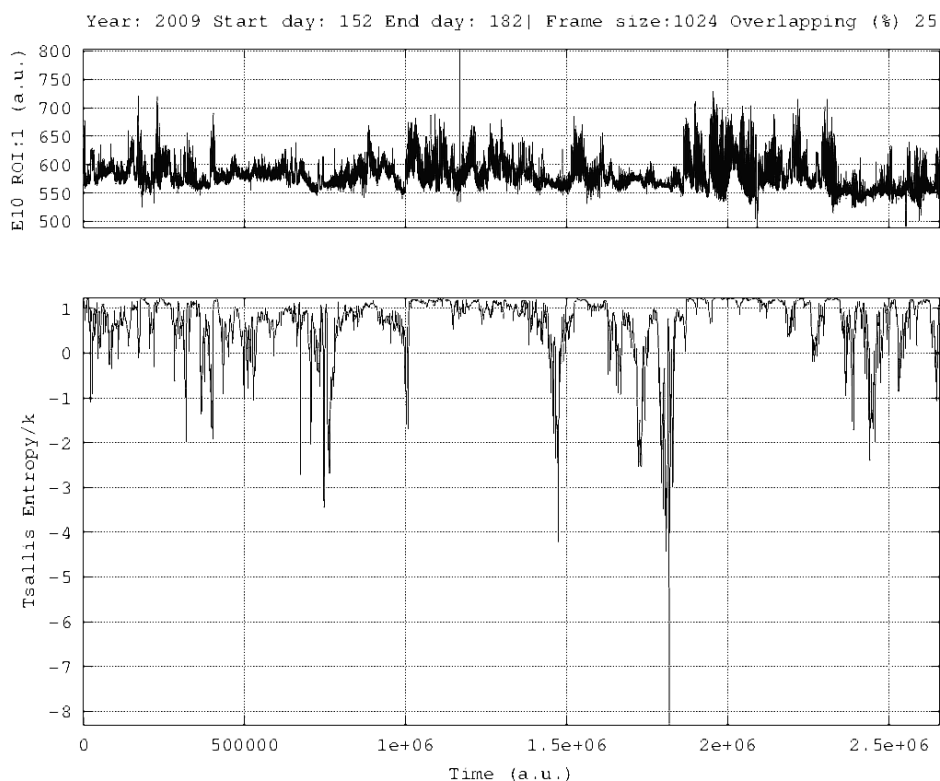
υπόβαθρο. Αυτή η συμπεριφορά εντοπίστηκε σε όλα τα μεγέθη μπλοκ. Παρόμοια υψηλές τιμές των εντροπιών μπλοκ Tsallis και κανονικοποιημένης Tsallis ανιχνεύθηκαν επίσης στα σήματα υποστρώματος Ραδονίου Περιβάλλοντος του 2010 και του 2011. Η πτώση της εντροπίας Tsallis κατά τη διάρκεια των ανωμαλιών Ραδονίου Περιβάλλοντος υποδηλώνει ότι ενώ στο υπάρχουν πολλά είδη μοντέλων, στις ανωμαλίες είναι λίγα. Αυτό σημαίνει αυτό-οργάνωση. Αυτό το εύρημα, υποδηλώνει ότι Ραδόνιο Περιβάλλοντος στη φάση των προσεισμικών ανωμαλιών αντιστοιχεί σε μία κατάσταση SOC χαρακτηριστικής της προετοιμασίας των σεισμών. Μπορεί να παρατηρηθεί επίσης ότι όλες οι εντροπίες μπλοκ συνεπάγονται σαφώς διακρίνουν τις ανωμαλίες από το υπόβαθρο δεδομένου ότι οι χαμηλές τιμές που παρατηρούνται στην περιοχή των ανωμαλιών και υψηλές τιμές στην περιοχή του φόντου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, ειδικά η εντροπία μπλοκ Tsallis είναι πολύ ευαίσθητη στον εντοπισμό πιθανών επιπτώσεων των αλληλεπιδράσεων μεγάλου βεληνεκούς και πολυ-fractals. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται δείχνουν έτσι την παρουσία των αλληλεπιδράσεων μεγάλου βεληνεκούς και μεγάλης μνήμης του Γεωσυστήματος που παρήγαγε αυτές. Αυτή η εξάρτηση μεγάλου βεληνεκούς είναι ενδεικτικό της αξιοπιστίας πρόβλεψης.



Σχήμα 26: Ανάλυσης εντροπίας μπλοκ μέσω τεχνικής lumping και συμβολικής δυναμικής



Σχήμα 27: Ανάλυση εντροπίας Shannon μέσω τεχνικής κυλιόμενου παραθύρου. Παράθυρο 1024 δειγμάτων, κύλιση ανά 256 δείγματα. Σεισμός 1/7/2009, $M_L=5.8$, Νότια Κρήτης.



Σχήμα 28: Ανάλυση εντροπίας Tsallis μέσω τεχνικής κυλιόμενου παραθύρου. Παράθυρο 1024 δειγμάτων, κύλιση ανά 256 δείγματα. Σεισμός 1/7/2009, $M_L=5.8$, Νότια Κρήτης.

Στα **Σχήματα 27** και **28** παρουσιάζονται χαρακτηριστικά αποτελέσματα ανάλυσης εντροπίας με κβάντωση για διαταραχές Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών Περιβάλλοντος μηνιαίας διάρκειας πριν από το σεισμό 1/7/2009, $M_L=5.8$ στα Νότια της Κρήτης. Παρατηρείται ότι και η εντροπία Boltzman-Gibbs (αντίθετη της εντροπίας Shannon) αλλά και η εντροπία Tsallis παρουσιάζουν σημαντική μείωση στις ίδιες περιοχές. Σύμφωνα με τα εκτεθέντα άνωθι, αυτό υποδεικνύει αυτό-

οργάνωση του Γεωσυστήματος που εξέπεμψε αυτές τις διαταραχές και υψηλή προβλεπτικότητα.

Όπως συνάγεται από τα άνωθι εκτεθέντα στοιχεία, η πραγματοποίηση της ολότητας του ερευνητικού έργου στο εκτεθέν εδάφιο βασίστηκε στην *Εφαρμοσμένη Φυσική Ακτινοβολιών (H/M)* με χρήση ιδιαίτερα σημαντικών τεχνικών και με βασική συνιστώσα του έργου τα αποτελέσματα αυτών των ακτινοβολιών στην συνδρομή στην πρόγνωση των σεισμών δηλαδή με τελικό αποδέκτη τον Άνθρωπο.

Π1.3. Ανίχνευτές Ακτινοβολίας Ιατρικής

Π1.3.1.Περίγραμμα

Το ερευνητικό έργο του παρόντος εδαφίου αναφέρεται στους Ανιχνευτές Ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται στην Ιατρική. Ο στόχος είναι η εισαγωγή και μελέτη νέων γρήγορων και αποδοτικών υλικών μέσω των οποίων επιτυγχάνεται βελτίωση με μείωση του χρόνου λήψης της Ιατρικής Εικόνας με ταυτόχρονη μείωση της δόσης. Άμεσος στόχος επομένως των μελετών αυτών είναι ο Άνθρωπος.

Ο κύριος όγκος του παρόντος ερευνητικού έργου εκπονήθηκε σε συνεργασία με το Εργαστήριο Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών του Τμήματος Τεχνολογίας Ιατρικών Οργάνων του ΤΕΙ Αθήνας, το Τμήμα Ηλεκτρονικής και Γενικά Τμήματα Φυσικής Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών του ΤΕΙ Αθήνας και του ΤΕΙ Κρήτης καθώς και τα Εργαστήρια Ιατρικής Φυσικής των Πανεπιστημίων Αθήνας και Πάτρας. Σήμερα η συνεργασία εξελίσσεται σε συνεργασία με το Εργαστήριο Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής του ΠαΔα

Π1.3.2.Εισαγωγή

Η Ακτινοδιαγνωστική και η Απεικονιστική Πυρηνική Ιατρική είναι δύο από τους βασικότερους τομείς της Απεικόνισης στην Ιατρική. Και στους δύο αυτούς τομείς χρησιμοποιούνται Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες (ακτίνες Χ, ακτίνες γ). Κύριος στόχος της έρευνας σε αυτούς τους τομείς είναι ο άνθρωπος, μέσω της βελτίωσης των

διαγνωστικών μεθόδων της Ιατρικής και της ελαχιστοποίησης της δόσης ακτινοβολίας εκείνων των μεθόδων που κάνουν χρήση ακτινοβολιών.

Βασική συνιστώσα των συμβατικών, ψηφιακών και τομογραφικών απεικονιστικών συστημάτων Ακτινοδιαγνωστικής και Πυρηνικής Ιατρικής, είναι ο ανιχνευτής ακτινοβολίας. Στα περισσότερα συστήματα η λειτουργία του ανιχνευτή βασίζεται στο φαινόμενο του φθορισμού (ανιχνευτές σπινθηρισμών). Κύριο μέρος αυτού του ανιχνευτή αποτελεί ο φώσφορος ή σπινθηριστής (ΦΣ). Οι ΦΣ είναι υλικά τα οποία απορροφούν Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες (Χ, γ) και τις μετατρέπουν σε φως.

Στην Ακτινοδιαγνωστική οι ΦΣ χρησιμοποιούνται υπό μορφή οθόνης που είναι παρασκευασμένη από σκόνη φωσφόρου (οθόνες κοκκώδους μορφής) πχ. οθόνες συνδεδεμένες με φωτοδιόδους σε ανιχνευτές ψηφιακών ακτινογραφικών συστημάτων ή ενισχυτικές πινακίδες σε επαφή με φιλμ στις συμβατικές ακτινογραφικές κασέτες. Στην Πυρηνική Ιατρική χρησιμοποιούνται ΦΣ σε μορφή μονοκρυστάλλου πχ. κρυσταλλικοί σπινθηριστές συνδεδεμένοι με φωτοπολλαπλασιαστές στην τομογραφία εκπομπής απλού φωτονίου (SPECT) και στην τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET). Στην υπολογιστική αξονική τομογραφία ακτίνων-Χ (CT) επίσης χρησιμοποιούνται σπινθηριστές συνδεδεμένοι με φωτοδιόδους. Η ποιότητα της τελικής διαγνωστικής εικόνας αλλά και η επιβάρυνση του εξεταζόμενου ασθενούς σε δόση ακτινοβολίας σχετίζονται άμεσα με τις φυσικές παραμέτρους των ΦΣ.

Η μελέτη των φυσικών παραμέτρων των ΦΣ επιτυγχάνεται με κατάλληλες πειραματικές και θεωρητικές-αναλυτικές (υπολογιστικές) μεθόδους. Η πραγματοποίηση των πειραματικών μετρήσεων απαιτεί την ύπαρξη του κατάλληλου εξοπλισμού. Οι συμβατικές αναλυτικές μέθοδοι επιδιώκουν να προσεγγίσουν την εξέλιξη των φυσικών συστημάτων περιγράφοντάς τα με μαθηματικά μοντέλα και επιλύοντας μια σειρά από διαφορικές-αλγεβρικές εξισώσεις.

Το ερευνητικό έργο του παρόντος εδαφίου σχετίζεται με την αξιολόγηση νέων υπό μελέτη ΦΣ ως προς

(α) Τα φυσικά και απεικονιστικά χαρακτηριστικά τους

και

(β) Τη δυνατότητα χρήσης τους σε ανιχνευτές Ιατρικής

ώστε να επιτυγχάνεται:

(i) Η βελτιστοποίηση της ποιότητας διαγνωστικών εικόνων

(ii) Η ελαχιστοποίηση της επιβάρυνσης των ασθενών σε δόση ακτινοβολίας

Διερευνάται η δυνατότητα χρήσης νέων υλικών ΦΣ σε ανιχνευτές ακτινοβολίας τόσο συστημάτων Ιατρικής- συστήματα Ακτινοδιαγνωστικής, Πυρηνικής Ιατρικής, Ψηφιακής Απεικόνισης, Υπολογιστικής Τομογραφίας – όσο και κάθε άλλου τομέα στον οποίο χρησιμοποιούνται ανιχνευτές ακτινοβολίας (Πυρηνική Φυσική,

Αστροφυσική, Κρυσταλλογραφία, Τεχνολογία Υλικών, Βιοφυσική, Βιομηχανικές εφαρμογές κλπ.). Η διερεύνηση των νέων ΦΣ βασίζεται σε πειραματικές-υπολογιστικές τεχνικές.

Π1.3.3.Υλικά και Μέθοδος

Οι ΦΣ χρησιμοποιούνται με τη μορφή εργαστηριακά παρασκευάσιμων επιστρώσεων (οθόνες) ή με τη μορφή μονοκρυστάλλων. Για την περίπτωση των οθονών, οι ΦΣ αγοράζονται υπό μορφή σκόνης από το εμπόριο και ακολουθούνται τεχνικές καθίζησης για την παρασκευή τους. Για την περίπτωση των μονοκρυστάλλων, οι ΦΣ αγοράζονται απ' ευθείας από το εμπόριο. Οι επιστρώσεις παρασκευάζονται με διάφορες επιφανειακές πυκνότητες που κυμαίνονται από $15 \text{ mg}\cdot\text{cm}^2$ έως $250 \text{ mg}\cdot\text{cm}^2$ και έχουν πάχη αντίστοιχα με αυτά των βιομηχανικά παρασκευαζομένων ανιχνευτών ακτινοβολίας όπως αυτά των οθονών ενισχυτών εικόνας, ενισχυτικών πινακίδων και ανιχνευτών σπινθηρισμών Πυρηνικής Ιατρικής, Αξονικής Τομογραφίας και Πυρηνικής Φυσικής.

Οι ΦΣ διεγείρονται με ακτίνες X παραγόμενες σε ιατρικά ακτινολογικά συστήματα (Siemens Stabilipan, Philips Medio 50CP, Siemens Mammomat) ή με ακτίνες γ πηγών Πυρηνικής Ιατρικής. Το ενεργειακό φάσμα των ακτίνων X καθορίζεται από την υψηλή τάση των λυχνιών ακτίνων X η οποία κυμαίνεται από 20 kV έως 250 kV . Τα υλικά που έχουν μέχρι στιγμής μελετηθεί είναι τα $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ (GOS), ZnS , Lu_2SiO_5 (LSO), YAlO_3 (YAP) και $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ (YAG).

Με κατάλληλες πειραματικές τεχνικές προσδιορίζονται τα ακόλουθα:

(α) Η απόδοση φωσφόρου (ή συντελεστής απόδοσης).

Πρόκειται για την απόδοση σε εκπεμπόμενη ενεργειακή φωτεινή ροή (light energy flux) για ορισμένη προσπίπτουσα ροή ακτινοβολίας X (απόδοση φωταύγειας-luminescence efficiency), ή για ορισμένο επίπεδο ρυθμού έκθεσης (απόλυτη απόδοση-absolute efficiency). Χρησιμοποιώντας κατάλληλους συντελεστές μετατροπής προσδιορίζεται επίσης ο αριθμός των εκπεμπομένων οπτικών φωτονίων ανά προσπίπτον φωτόνιο X (οπτική ενίσχυση ανιχνευτή-detector optical gain).

(β) Παράμετροι εικόνας.

Πρόκειται για παραμέτρους μέσω των οποίων αξιολογείται ποιότητα της σχηματιζόμενης εικόνας. Για το σκοπό αυτό γίνεται λήψη εικόνων ειδικών προτύπων ελέγχου (test patterns) ή εικόνων ομογενούς φωτισμού. Οι εικόνες σχηματίζονται επάνω σε ακτινογραφικά φιλμ κατάλληλης φασματικής ευαισθησίας. Τα φιλμ τοποθετούνται έτσι ώστε να ευρίσκονται σε πλήρη επαφή με τις επιστρώσεις. Οι τελευταίες ακτινοβολούνται και μέσω του εκπεμπομένου φωτός φθορισμού επιτυγχάνεται αμαύρωση των φιλμ και αποτύπωση του ειδώλου των προτύπων ελέγχου. Ακολουθεί ψηφιοποίηση των εικόνων με χρήση ψηφιοποιητών. Με χρήση των ψηφιοποιημένων δεδομένων γίνεται προσδιορισμός της χωρικής διακριτικής

ικανότητας (spatial resolution), του κβαντικού θορύβου καθώς και άλλων παραμέτρων εικόνας που θα αναφερθούν στη συνέχεια (MTF,NPS,DQE).

(γ)Φάσμα εκπεμπόμενου φωτός.

Πρόκειται για μετρήσεις του φάσματος των εκπεμπόμενων οπτικών φωτονίων. Από αυτές τις μετρήσεις υπολογίζεται η συμβατότητα του εκπεμπόμενου φωτός με τη φασματική ευαισθησία των οπτικών αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στους ανιχνευτές ακτινοβολίας (φωτοκάθοδοι, φωτοδίοδοι, φιλμ κλπ).

(δ)Συντελεστές ανακλαστικότητας.

Πρόκειται για μετρήσεις ανακλαστικότητας μέσω των οποίων προσδιορίζεται η εξασθένιση του φωτός μέσα στο υλικό του φωσφόρου.

(ε)Η γωνιακή κατανομή του εκπεμπόμενου φωτός.

Με κατάλληλη πειραματική διάταξη καταγράφεται το φως φθορισμού υπό διάφορες γωνίες. Η μέτρηση των ρευμάτων των φωτοπολλαπλασιαστών γίνεται με χρήση ψηφιακών ηλεκτρομέτρων. Η γωνιακή κατανομή επιδρά στη διαδικασία λήψης του σήματος από τους οπτικούς αισθητήρες ορισμένων ψηφιακών ανιχνευτών, καθώς και στη διακριτική ικανότητα των απεικονιστικών συστημάτων.

Από την άλλη πλευρά, με τη βοήθεια θεωρητικών μεθόδων μελέτης διερευνώνται τόσο η απόδοση φωταύγειας όσο και η γωνιακή κατανομή εκπεμπόμενου φωτός. Οι θεωρητικές μέθοδοι βασίζονται σε πρότυπα που κάνουν χρήση της διαφορικής εξίσωσης της μονοδιάστατης διάδοσης φωτονίων (Hamaker-Ludwig, Kubelka-Munk) και της διαφορικής εξίσωση διάχυσης φωτονίων σε υλικό με σκεδαστές (Swank). Στη συνέχεια εφαρμόζονται υπολογιστικές τεχνικές προσαρμογής (fitting) των θεωρητικών προτύπων στα πειραματικά αποτελέσματα. Οι τεχνικές αυτές βασίζονται κυρίως στη μέθοδο Levenberg-Marquard. Μέσω αυτών των τεχνικών έχουν προσδιορισθεί ορισμένες οπτικές παράμετροι των φθορίζοντων υλικών όπως οι συντελεστές σκέδασης και απορρόφησης του φωτός και η ενδογενής απόδοση μετατροπής της ακτινοβολίας X ή γ σε φως.

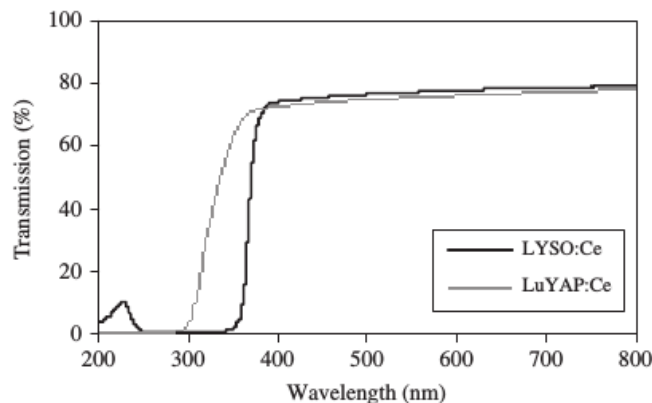
Σήμερα το ερευνητικό έργο έχει επεκταθεί σε Κβαντικές Τελείες. Σχετικά πρόσφατα διερευνήθηκαν επιτυχώς φαινόμενα Χάους σε ανιχνευτές ακτινοβολίας με βάση τις Κβαντικές Τελείες. Χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία η μέθοδος DFA η οποία αναφέρθηκε στο εδάφιο Π1.2. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και οι μέθοδοι μελέτης νέων ΦΣ.

Π1.3.4.Αποτελέσματα

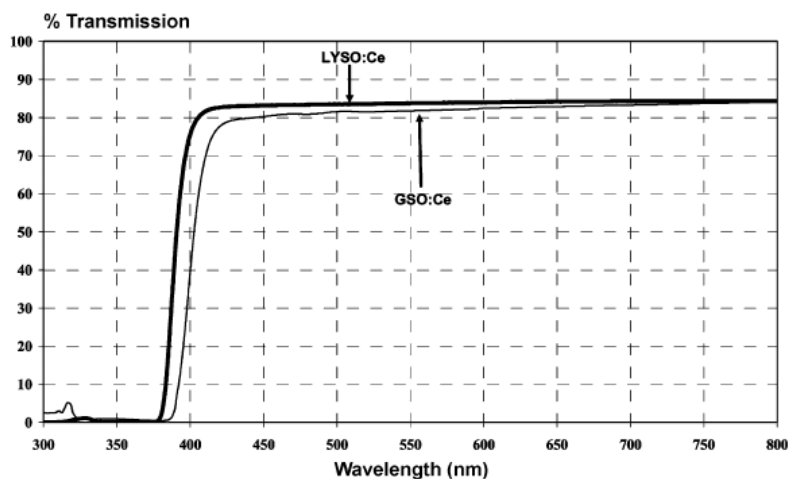
Τα αποτελέσματα της όλης ερευνητικής δραστηριότητας έχουν δείξει ότι παράμετροι όπως ο ενεργός ατομικός αριθμός, η πυκνότητα του υλικού, η ενέργεια της Κ- αιχμής φωτοηλεκτρικής απορρόφησης ακτίνων X (ή γ), το φάσμα εκπομπής καθώς και οι οπτικές παράμετροι απορρόφησης, σκέδασης και

ανάκλασης επιδρούν καθοριστικά στη απόδοση φωταύγειας και την ποιότητα της εικόνας. Συγκεκριμένα, ο αυξημένος ατομικός αριθμός αυξάνει την απορρόφηση ακτινοβολίας μέσω φωτοηλεκτρικού φαινομένου και συνεπώς βελτιώνεται η απόδοση φωταύγειας. Η αυξημένη πυκνότητα ελαττώνει το πάχος της επίστρωσης, για δεδομένη μάζα υλικού. Αυτό έχει ως συνέπεια την ελάττωση της διαχυσης του παραγομένου φωτός στο εσωτερικό της επίστρωσης, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της εικόνας. Η ενέργεια της Κ-αιχμής φωτοηλεκτρικής απορρόφησης καθορίζει την πιθανότητα εκπομπής της Κ- χαρακτηριστικής ακτινοβολίας Χ. Η ακτινοβολία αυτή είτε επαναπορροφάται από το υλικό, είτε διαφεύγει από αυτό. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι υποβαθμίζονται οι τιμές των παραμέτρων εικόνας.

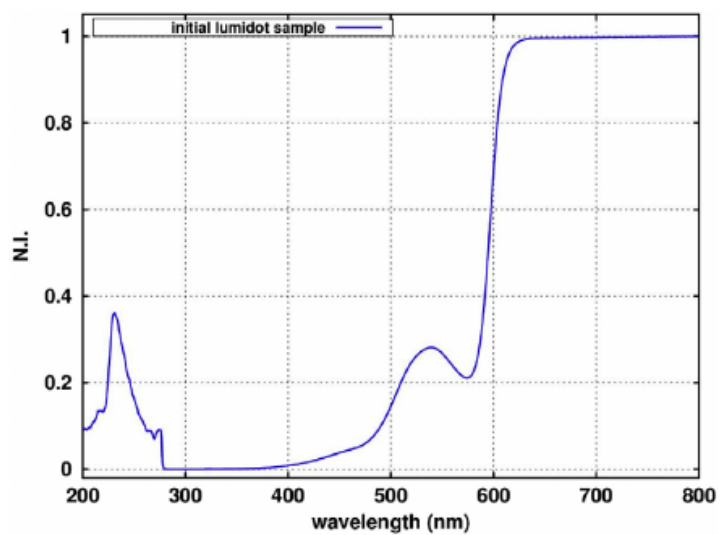
Χαρακτηριστικά αποτελέσματα οπτικών μετρήσεων νέων υλικών Ανιχνευτών Ακτινοβολιών παρουσιάζονται στα **Σχήματα 1-6**.



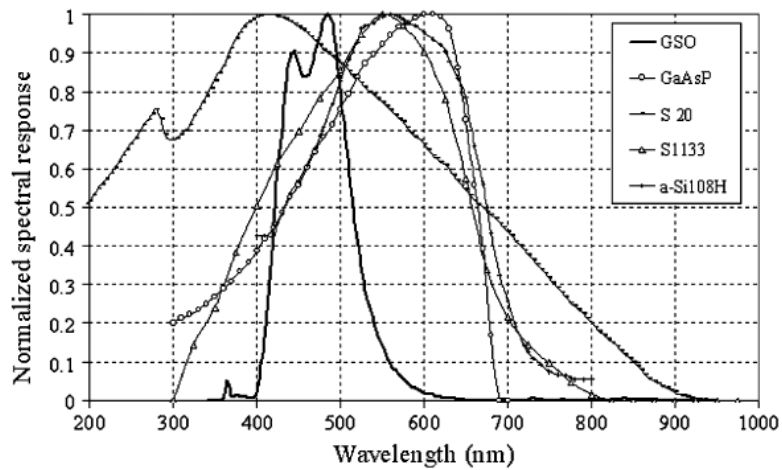
Σχήμα 1: Οπτική διαπερατότητα LuAP και LYSO με βάση μετρήσεις με το φασματόμετρο Perkin-Elmer Lambda 15.



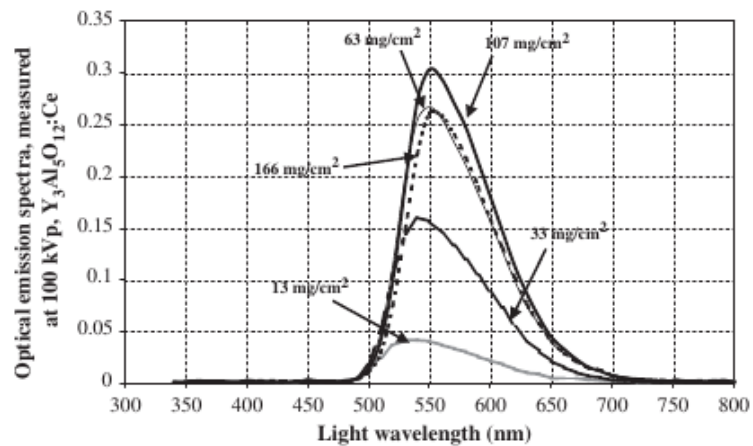
Σχήμα 2: Οπτική διαπερατότητα LYSO και GSO με βάση μετρήσεις με το φασματόμετρο Perkin-Elmer Lambda 15.



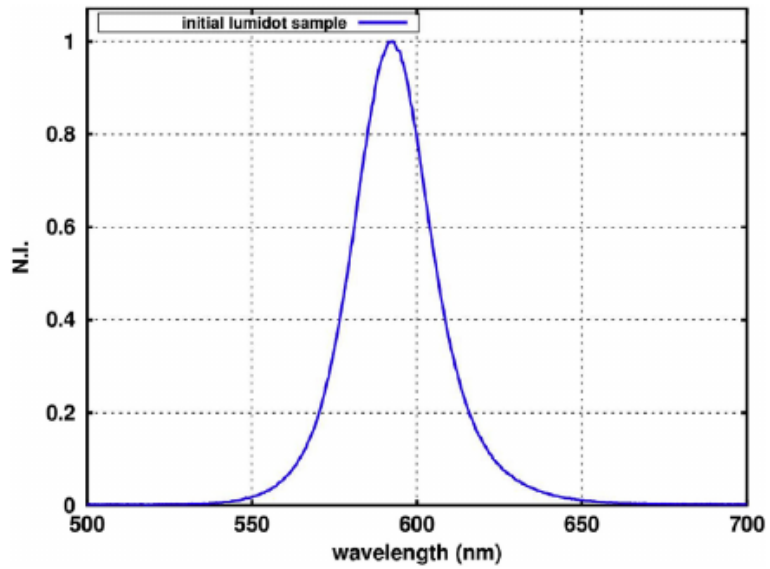
Σχήμα 3: Οπτική διαπερατότητα Κβαντικών Τελειών CdTe/ZnS της εταιρείας Lumidot Ltd με βάση μετρήσεις με το φασματόμετρο Perkin-Elmer Lambda 15.



Σχήμα 4: Κανονικοποιημένο φάσμα εκπομπής υλικού GSO και διαφόρων αισθητήρων οπτικών φωτονίων για τον έλεγχο της μεταξύ τους συμβατότητας.

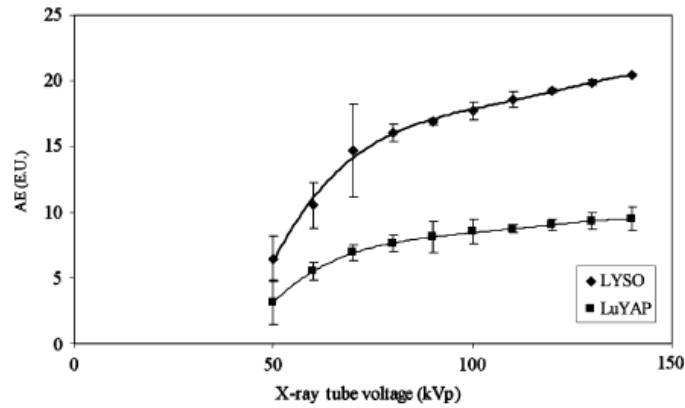


Σχήμα 5: Φάσμα εκπομπής υλικού YAP για οθόνες διαφορετικού πάχους επίστρωσης.

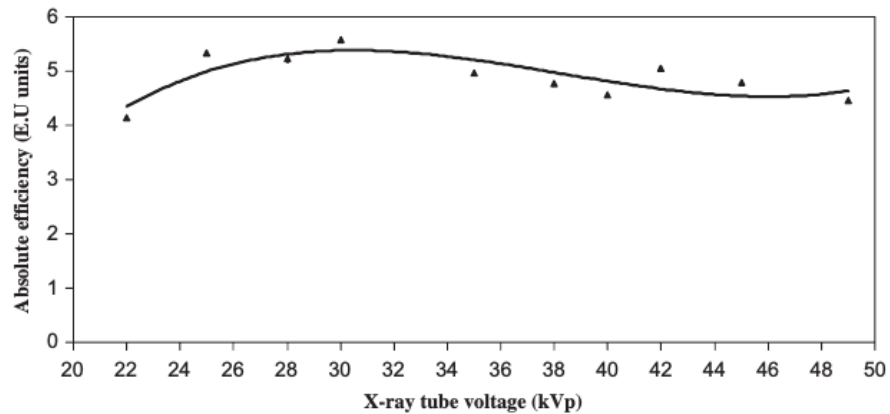


Σχήμα 6: Φάσμα εκπομπής Κβαντικών Τελειών CdTe/ZnS της εταιρείας Lumidot Ltd μετά από διέγερση με UV ακτινοβολία.

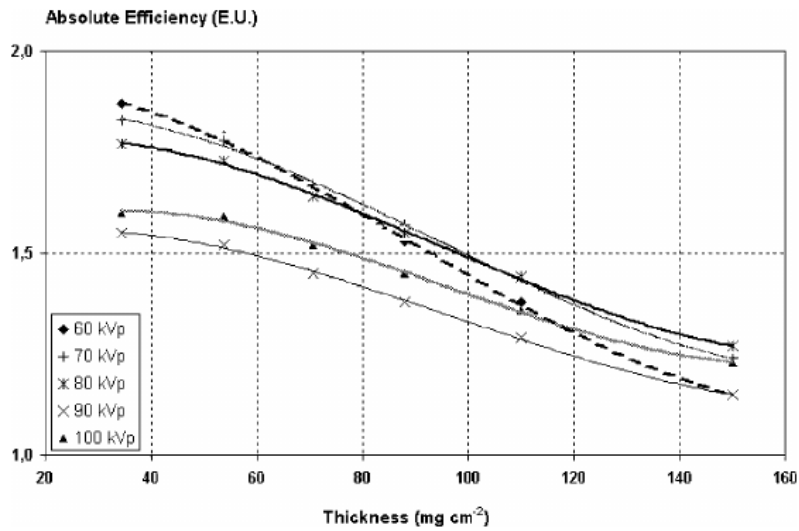
Τα **Σχήματα 7-9** παρουσιάζουν χαρακτηριστικά αποτελέσματα απόλυτης απόδοσης (AE) νέων υλικών Ανιχνευτών Ακτινοβολιών. Η μονάδα απόλυτης απόδοσης είναι $\mu Wm^{-2}/mRs^{-1}$.



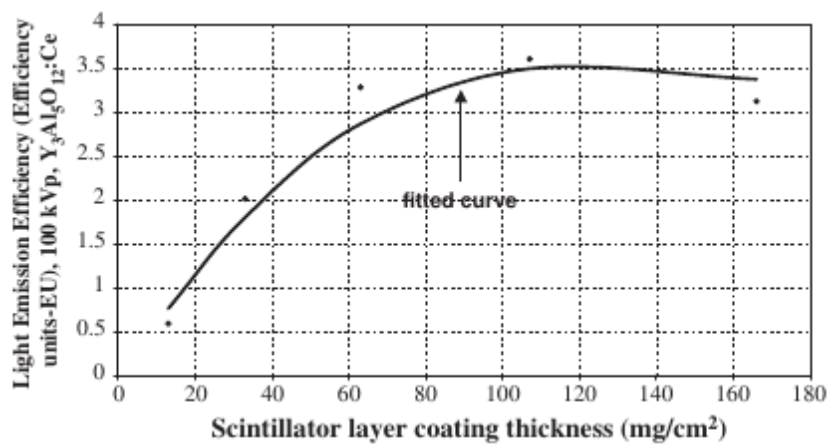
Σχήμα 7: Απόλυτη απόδοση (AE) υλικών LYSO και LuAP ως συνάρτηση της τάσης της λυχνίας ακτινοβολίας X που χρησιμοποιήθηκε για την έκθεσή τους.



Σχήμα 8: Απόλυτη απόδοση (AE) υλικού LSO ως συνάρτηση της τάσης της λυχνίας ακτινοβολίας X που χρησιμοποιήθηκε για την έκθεσή του.

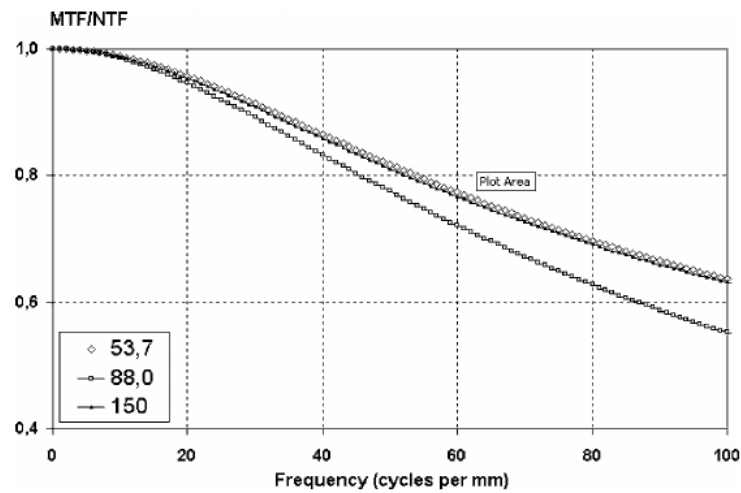


Σχήμα 9: Απόλυτη απόδοση (AE) υλικού YAP ως συνάρτηση της τάσης της λυχνίας ακτινοβολίας X που χρησιμοποιήθηκε για την έκθεσή του.

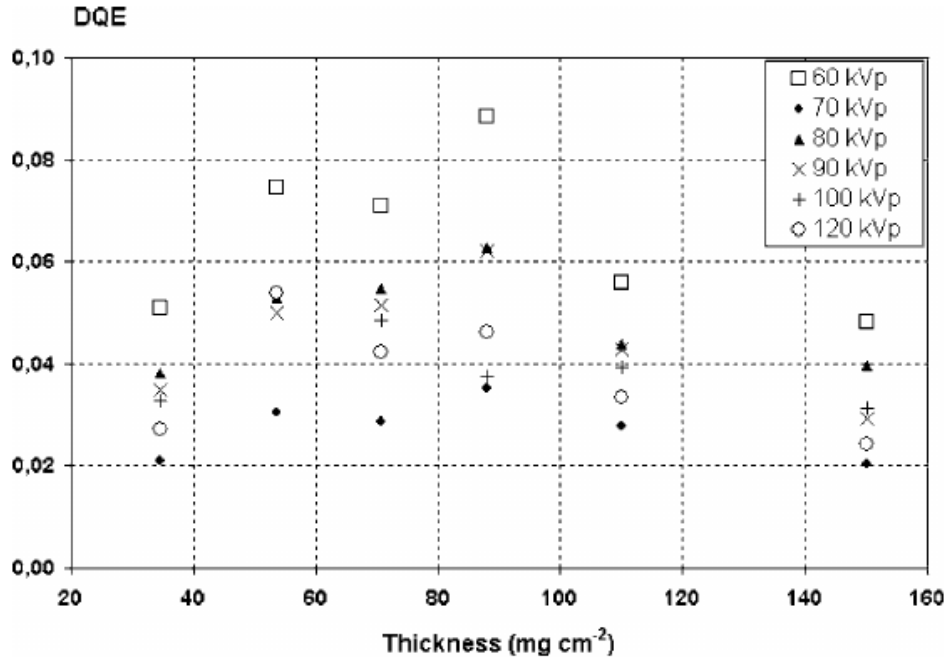


Σχήμα 10: Απόλυτη απόδοση (AE) υλικού YAP ως συνάρτηση του πάχους επίστρωσης οθόνης του υλικού για έκθεση στα 100 kVp .

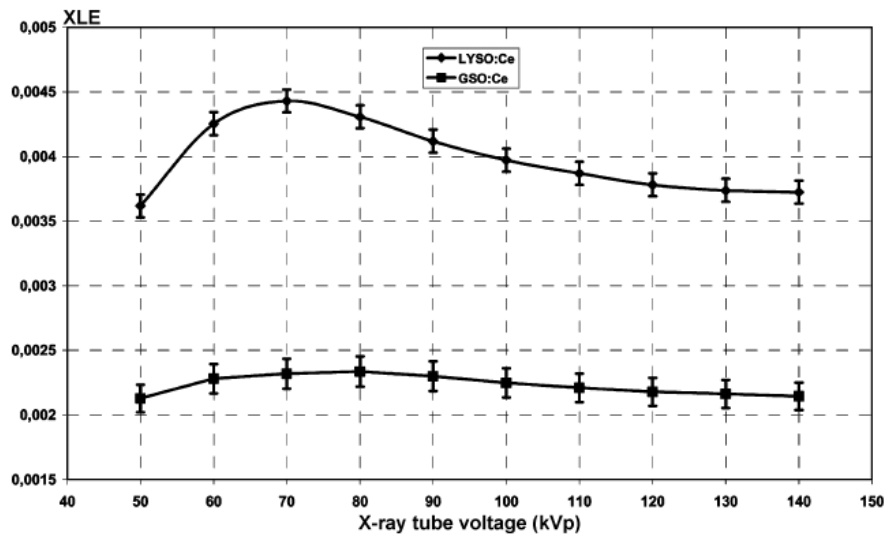
Τα Σχήματα 11-15 παρουσιάζουν χαρακτηριστικά αποτελέσματα παραμέτρων ποιότητας εικόνας νέων υλικών Ανιχνευτών Ακτινοβολιών.



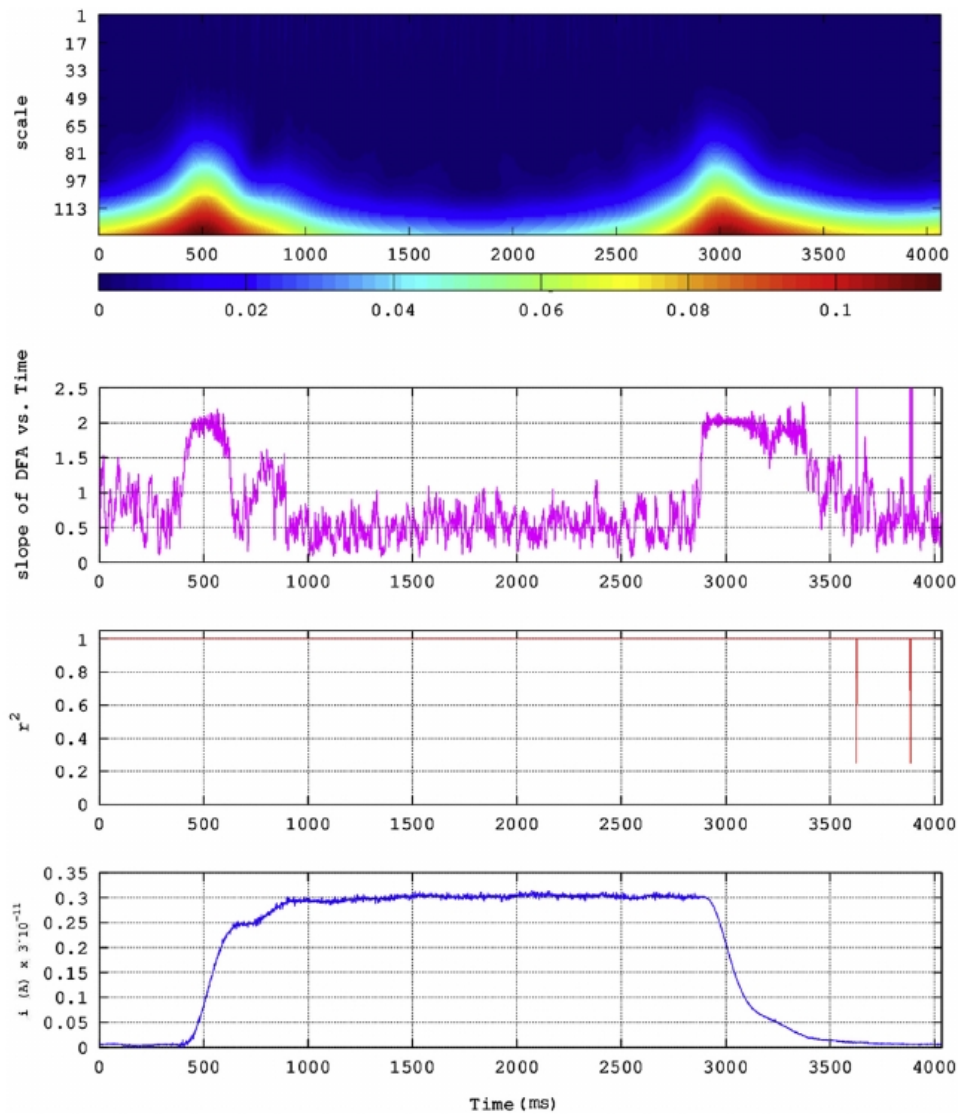
Σχήμα 11: Συνάρτηση μεταφοράς διαμόρφωσης (MTF) ως προς τη συνάρτηση μεταφοράς θορύβου (NTF) για οθόνες υλικού ΥΑΡ πάχους 53.7 $mgcm^{-2}$ 88.0 $mgcm^{-2}$ και 150 $mgcm^{-2}$ αντίστοιχα.



Σχήμα 12: Συνάρτηση αποδοτικότητας DQE ως συνάρτηση του πάχους για οθόνες υλικού YAP.



Σχήμα 13: Απόδοση μετατροπής ακτίνων X σε φως (XLE) για οθόνες υλικού ως συνάρτηση του της τάσης της λυχνίας ακτινοβολίας X που χρησιμοποιήθηκε για την έκθεσή τους. πάχους YAP.



Σχήμα 14: Απο κάτω προς τα πάνω: Ηλεκτρικό ρεύμα χρονοσειρών από διέγερση δειγμάτων Κβαντικών Τελειών CdTe/ZnS της Lumidot QD της συγκέντρωσης των $28.5 \times 10^{-5} \text{ mg/mL}$ με ακτίνες X 120 kVp για έκθεση χρονικής διάρκειας 2500 ms . Συντελεστής r^2 που σχετίζεται με τη μέθοδο DFA. Κλίση DFA κλίση με το χρόνο για τεχνική κυλιόμενου παράθυρο μήκους

παραθύρου 32 ms και βήματος 1. Σκαλόγραμμα wavelet. Η έγχρωμη λωρίδα δείχνει τη δύναμη του πλάτους του μετασχηματισμού wavelet.

Π1.6.5.Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα εκτεθέντα στο παρόν εδάφιο, προκύπτει ότι τα αποτελέσματα της ερευνητικής δραστηριότητας παρουσιάζουν ενδιαφέρον στις ακόλουθες πρακτικές εφαρμογές:

(α) Επιλογή του κατάλληλου υλικού του ανιχνευτή ακτινοβολίας από τις βιομηχανίες κατασκευής συστημάτων απεικόνισης με στόχο τη βελτιστοποίηση της ποιότητας της εικόνας και την ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης ροής ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Σε περιπτώσεις ιατρικών εφαρμογών η ροή ακτινοβολίας επηρεάζει καθοριστικά και την επιβάρυνση του ασθενούς σε δόση ακτινοβολίας.

(β) Επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού φάσματος ακτινοβολίας και πάχους ανιχνευτή στις διάφορες εφαρμογές.

(γ) Ανάπτυξη και εφαρμογή νέων μεθόδων ελέγχου της ποιότητας της εικόνας, πρακτικά εφαρμόσιμων σε χώρους εργασίας (πχ περιβάλλον νοσοκομείου, βιομηχανίες, ερευνητικά εργαστήρια).

Όλα τα παραπάνω παρέχουν το απαραίτητο υπόβαθρο για την ανάπτυξη συστημάτων Ιατρικής Απεικόνισης παρέχοντας στις διάφορες εταιρείες πληροφορίες για τμήματα συστημάτων ή ακόμη και ολοκληρωμένη αξιολόγηση

των συστημάτων. Σήμερα (2017) διαπιστώνεται έντονο ενδιαφέρον για το τμήμα έρευνας που αφορά στην αξιολόγηση ολοκληρωμένων συστημάτων διότι τέτοιες μελέτες βοηθούν στη μείωση του κόστους συστημάτων Ιατρικής Απεικόνισης.

Όπως συνάγεται από τα άνωθι εκτεθέντα στοιχεία, η πραγματοποίηση της ολότητας του ερευνητικού έργου στο εκτεθέν εδάφιο βασίστηκε στην *Εφαρμοσμένη Φυσική Ακτινοβολιών με βασική συνιστώσα του έργου τα αποτελέσματα αυτών των ακτινοβολιών στον Άνθρωπο.*

Π1.4.Μελέτες Monte Carlo στην Ιατρική: Ανιχνευτές Ακτινοβολίας, Ολοκληρωμένα Ιατρικά Συστήματα.

Π1.4.1.Περίγραμμα

Η μέθοδος Monte Carlo είναι μία αριθμητική στοχαστική μέθοδος για την επίλυση προβλημάτων η οποία έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στη περιγραφή των αλληλεπιδράσεων των Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών με την ύλη. Η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού έργου.

Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί και ελεγχθεί πρωτότυποι κώδικες κώδικες σε περιβάλλον

(α) GNU fortran, Microsoft fortran και GNU g++

(β) EGSnrcMP

(γ) GATE

και

(δ) GNU g++ και SRIM-TRIM.

Οι κώδικες εξειδικεύονται για την κάθε περίπτωση υλικού υπό μελέτη ανιχνευτή και ειδικών γεωμετρικών στοιχείων έκθεσης και απορρόφησης. Μερικώς έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν η πλατφόρμα MCNP. Ο περιορισμός της χρήσης της τελευταίας οφείλεται στο κόστος αναβάθμισης που απαιτείται για αυτήν.

Μέχρι σήμερα τα παραπάνω έχουν πραγματοποιηθεί σε μελέτες

(Α) Αλληλεπίδρασης Ιοντίζουσας Ακτινοβολίας X και γ με υλικά Ανιχνευτών Ιατρικής Απεικόνισης.

(B) Προσομοίωσης Ολοκληρωμένων Συστημάτων Ιατρικής Απεικόνισης με χρήση Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών και συγκεκριμένα:

(i) Συστημάτων CT (Computed Tomography)

(ii) Συστημάτων PET (Positron Emission Tomography)

(Γ) Προσομοίωσης Αλληλεπίδρασης άλφα ακτινοβολιών (σωμάτια α) με ανιχνευτές τύπου SSNTD's (Solid State Nuclear Track Detectors).

Μέχρι σήμερα έχουν διερευνηθεί υλικά διαφόρων συστάσεων και γεωμετριών. Υπό εξέλιξη σήμερα βρίσκεται επίσης η μελέτη της προσομοίωσης της διακίνησης Ακτινοβολιών Ραδονίου και θυγατρικών Ραδονίου από εσωτερικούς χώρους.

Παρακάτω περιγράφονται τα εδάφια μελέτης (Α-Γ) υπό το πρίσμα του περιβάλλοντος εργασίας που έχει χρησιμοποιηθεί για το συγκεκριμένο σκοπό.

Π1.4.2.Εισαγωγή

Π1.4.2.1.Βασικές έννοιες

Το όνομα “Monte Carlo” επινοήθηκε το 1940 από επιστήμονες που εργάζονταν στο πρόγραμμα πυρηνικών όπλων στο Los Alamos για να προσδιορίσουν ένα σύνολο αριθμητικών μεθόδων που βασίζονταν στη χρήση τυχαίων αριθμών. Στις μέρες μας, οι μέθοδοι Monte Carlo χρησιμοποιούνται ευρέως για τη λύση σύνθετων φυσικών και μαθηματικών προβλημάτων, συγκεκριμένα αυτά στα οποία εμπλέκονται ποικίλες ανεξάρτητες μεταβλητές όπου πιο παραδοσιακές

αριθμητικές μέθοδοι θα απαιτούσαν τρομερή υπολογιστική μνήμη και χρόνο. Μπορεί να υποστηριχθεί ότι η μέθοδος Monte Carlo αποδίδει παρόμοια πληροφορία με την επίλυση της εξίσωσης μεταφοράς του Boltzmann για παρόμοιο μοντέλο αλληλεπίδρασης, είναι όμως ευκολότερη στην εφαρμογή. Ειδικά για την προσομοίωση μεταφοράς κβάντων ακτινοβολίας σε πεπερασμένα δείγματα, η μέθοδος Monte Carlo είναι πολύ πλεονεκτικότερη καθ'όσον και οι πιο απλές πεπερασμένες γεωμετρίες ανιχνευτών (π.χ. λεπτά φύλλα) είναι πολύ δύσκολο να αντιμετωπιστούν από την εξίσωση μεταφοράς του Boltzmann.

Προκειμένου για την προσομοίωση Monte Carlo μεταφοράς σωματιδίων ή κβάντων ακτινοβολίας, η τροχιά κάποιου σωματιδίου μπορεί να αντιμετωπισθεί ως τυχαία σειρά ελεύθερων διαδρομών που καταλήγουν σε αλληλεπίδραση κατά την οποία το κάθε σωματίδιο ή κβάντο αλλάζει κατεύθυνση κίνησης, χάνει ενέργεια και, υπό περιπτώσεις, παράγει δευτερεύοντα σωματίδια ή κβάντα. Η προσομοίωση Monte Carlo μίας δεδομένης πειραματικής ακολουθίας (πχ. μία δέσμη ηλεκτρονίων, από έναν επιταχυντή προς ομοίωμα νερού) αποτελείται από την αριθμητική γεννήτρια τυχαίων ιστοριών. Για την προσομοίωση αυτών των τροχιών απαιτείται ένα «μοντέλο αλληλεπίδρασης», δηλαδή ένα σύνολο διαφορικών διατομών για τους σχετικούς μηχανισμούς αλληλεπίδρασης. Οι διαφορικές ενεργές διατομές προσδιορίζουν τις συναρτήσεις κατανομής πιθανότητας (PDF – Probability Density Function) των τυχαίων μεταβλητών των χαρακτηριστικών της τροχιάς όπως για παράδειγμα 1) η ελεύθερη διαδρομή μεταξύ διαδοχικών αλληλεπιδράσεων (γεγονότων αλληλεπίδρασης), 2) το είδος

αλληλεπίδρασης, 3) η απώλεια ενέργειας και 4) η γωνιακή απόκλιση σ' ένα καθορισμένο μέσο. Όταν γίνουν γνωστές οι συναρτήσεις κατανομής πιθανότητας, οι τυχαίες τροχιές μπορούν να αναπαραχθούν χρησιμοποιώντας κατάλληλες μεθόδους δειγματοληψίας. Αν ο αριθμός των παραγόμενων τροχιών είναι επαρκώς μεγάλος, η ποσοτική πληροφόρηση για τη διαδικασία μεταφοράς μπορεί να ληφθεί απλά με την εύρεση της μέσης τιμής των προσομοιωμένων τροχιών. Θεμελιώδους σημασίας για την επίτευξη των παραπάνω είναι η επιλογή της γεννήτριας τυχαίων αριθμών καθώς και του είδους της τεχνικής τυχαίας δειγματοληψίας. Πρέπει να επισημανθεί όμως ότι η λόγω της αρχής της μεθόδου Monte Carlo, τα παραγόμενα αποτελέσματα επηρεάζονται από στατιστική αβεβαιότητα, η οποία μπορεί να ελαχιστοποιηθεί εις βάρος της αύξησης του πληθυσμού του δείγματος και, συνεπώς, του υπολογιστικού χρόνου. Υπό ειδικές συνθήκες, η στατιστική αβεβαιότητα μπορεί όμως να μειωθεί χρησιμοποιώντας τεχνικές μείωσης διακύμανσης (Variance Reduction Techniques). Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία σχετικά με τις γεννήτριες τυχαίων αριθμών καθώς και τα βασικά είδη των τεχνικής τυχαίας δειγματοληψίας με βάση τη μέθοδο Monte Carlo.

Π1.4.2.2. Γεννήτριες τυχαίων αριθμών

Οι αλγόριθμοι τυχαίας δειγματοληψίας βασίζονται στη χρήση τυχαίων αριθμών ξ ομοιόμορφα κατανεμημένων στο διάστημα $(0,1)$. Αυτοί οι τυχαίοι αριθμοί μπορούν να παραχθούν εύκολα στον υπολογιστή. Μεταξύ των «καλών» γεννητριών τυχαίων αριθμών οι απλούστερες είναι οι καλούμενες και ως πολλαπλασιαστικές σύμφωνες (congruential) γεννήτριες. Ένα δημοφιλές παράδειγμα γεννήτριας τέτοιου τύπου είναι το ακόλουθο,

$$R_n = 7^5 R_{n-1} \pmod{2^{31}-1}, \xi_n = R_n / (2^{31}-1) \quad (1)$$

το οποίο παράγει μία ακολουθία τυχαίων αριθμών ξ_n ομοιόμορφα κατανεμημένων στο $(0,1)$ από μία δεδομένη «γεννήτρια» R_0 ($<2^{31}-1$). Στην πραγματικότητα, η παραγόμενη ακολουθία δεν είναι πραγματικά τυχαία, αφού προέρχεται από ένα «ψευδό-τυχαίο» αλγόριθμο, αλλά είναι αρκετά απίθανο οι ανεπαίσθητοι συσχετισμοί μεταξύ των τιμών στην ακολουθία να έχουν σημαντική επίπτωση στα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Η γεννήτρια (1) είναι γνωστό πως έχει καλές ιδιότητες τυχειότητας. Παρ' όλα αυτά, η ακολουθία είναι περιοδική, με περίοδο της τάξης του 10^9 . Με τους σημερινούς Η/Υ, αυτή η τιμή δεν είναι αρκετά μεγάλη για να αποτρέψει την επανεκκίνηση σε μία μόνο ακολουθία προσομοίωσης (run). Σημαντική κριτική έχει υπάρξει σχετικά με τις γεννήτριες τυχαίων αριθμών έχει υπάρξει, όπου η χρήση αλγορίθμων θεωρείται πλεονεκτικότερη των απλών σύμφωνων γεννητριών (congruential). Για παράδειγμα, η γεννήτρια που έχει εφαρμοστεί στην συνάρτηση RAND στη FORTRAN77 παράγει 32-bit αριθμούς κινητής υποδιαστολής ομοιόμορφα κατανεμημένους σ' ένα ανοιχτό διάστημα μεταξύ του μηδενός και της μονάδας. Η περιόδός της είναι της τάξης του 10^{18} ,

που είναι ουσιαστικά άπειρη για πρακτικές προσομοιώσεις. Πιο σύγχρονες γεννήτριες δίνουν υψηλότερη ανεξαρτησία με μεγαλύτερη περίοδο. Ιδιαίτερα αξιόπιστες θεωρούνται οι RANMAR, RANLUX και το ολοκληρωμένο περιβάλλον του GEANT4, δηλαδή το CLHEP.

Π1.4.2.2. Μέθοδοι τυχαίας δειγματοληψίας

Η πρώτη συνιστώσα της προσομοίωσης Monte Carlo είναι η αριθμητική δειγματοληψία τυχαίων μεταβλητών και υπακούν σε δεδομένες PDF. Σε αυτή την ενότητα περιγράφουμε διαφορετικές τεχνικές παραγωγής τυχαίων τιμών μίας μεταβλητής x κατανεμημένης στο διάστημα (x_{min}, x_{max}) σύμφωνα με κάποια δεδομένη PDF $p(x)$. Το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην περίπτωση κατανομής μίας και μόνο μεταβλητής, αφού τυχαία δειγματοληψία πολυμεταβλητών κατανομών μπορεί πάντα να αναχθεί σε δειγματοληψία κατανομής μίας και μόνο μεταβλητής. Παρακάτω αναλύονται οι βασικές μέθοδοι τυχαίας δειγματοληψίας που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο Monte Carlo.

Π1.4.2.2.1. Μέθοδος αντίστροφου μετασχηματισμού

Αν $p(x)$ είναι μία συνάρτηση κατανομής πιθανότητας, τότε η αθροιστική συνάρτηση κατανομής της, $P(x)$, είναι μία αύξουσα συνάρτηση του x και, συνεπώς, έχει μία αντίστροφη συνάρτηση $P^{-1}(\xi)$. Ο μετασχηματισμός $\xi = P(x)$ ορίζει μία νέα τυχαία μεταβλητή που παίρνει τιμές στο διάστημα $(0,1)$ (**Σχήμα 2**). Λόγω της αντιστοιχίας μεταξύ των τιμών x και ξ , η PDF του ξ , $p_\xi(\xi)$, η $p(x)$, συνδέονται με τη σχέση $p_\xi(\xi) d\xi = p(x) dx$. Ως εκ τούτου:

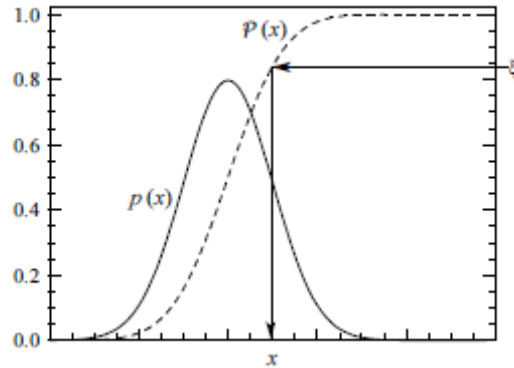
$$p_{\xi}(\xi) = p(x) \left(\frac{d\xi}{dx} \right)^{-1} = p(x) \left(\frac{dP(x)}{dx} \right)^{-1} = 1 \quad (2)$$

Έτσι, ο ξ κατανέμεται ομοιόμορφα στο διάστημα $(0,1)$.

Αν το ξ είναι τυχαίος αριθμός, η μεταβλητή x που ορίζεται από τη σχέση $x = P^{-1}(\xi)$ είναι τυχαία κατανεμημένη στο διάστημα (x_{min}, x_{max}) με PDF $p(x)$ (**Σχήμα 1**). Αυτό παρέχει μία πρακτική μέθοδο παραγωγής τυχαίων τιμών του x χρησιμοποιώντας μία γεννήτρια τυχαίων αριθμών ομοιόμορφα κατανεμημένων στο $(0,1)$. Η μεταβλητή x είναι τυχαία, αφού η μεταβλητή ξ είναι τυχαία. Η μεταβλητή x είναι η (μοναδική) ρίζα της εξίσωσης

$$\xi = \int_{x_{min}}^x p(x') dx' \quad (3)$$

η οποία αναφέρεται ως η συνάρτηση δειγματοληψίας της μεταβλητής x . Αυτή η διαδικασία τυχαίας δειγματοληψίας είναι γνωστή ως μέθοδος αντίστροφου μετασχηματισμού κι είναι κυρίως κατάλληλη για τις PDF $p(x)$ που δίνονται από απλές αναλυτικές εκφράσεις έτσι ώστε η εξίσωση δειγματοληψίας (3) να μπορεί να λυθεί αναλυτικά.



Σχήμα 1: Τυχαία δειγματοληψία από μία κατανομή $p(x)$ με χρήση της μεθόδου αντίστροφου μετασχηματισμού.

Για παράδειγμα, για ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα (a,b) ,

$$p(x) \equiv U_{a,b}(x) = \frac{1}{b-a} \quad (4)$$

η εξίσωση δειγματοληψίας έχει ως εξής

$$\xi = \frac{x-a}{b-a} \quad (5)$$

που οδηγεί στη σχέση δειγματοληψίας:

$$x = a + \xi(b-a) \quad (6)$$

Ως άλλο παράδειγμα είναι η εκθετική κατανομή

$$p(s) = \frac{1}{\lambda} \exp\left(\frac{-s}{\lambda}\right), s > 0 \quad (7)$$

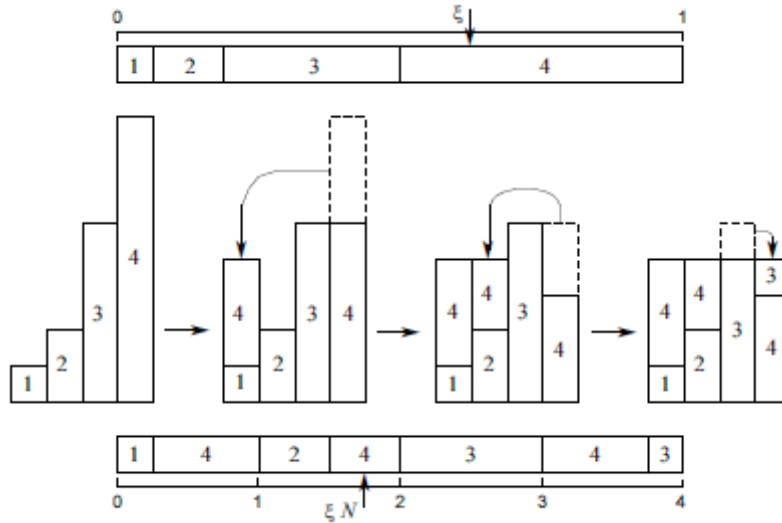
που περιγράφει την ελεύθερη διαδρομή s ενός σωματίου μεταξύ διαδοχικών γεγονότων αλληλεπίδρασης. Η παράμετρος λ αντιστοιχεί στη μέση ελεύθερη διαδρομή. Σε αυτήν την περίπτωση, η εξίσωση δειγματοληψίας (7) επιλύεται εύκολα και δίνει τη σχέση δειγματοληψίας

$$s = -\lambda \ln(1 - \xi) = -\lambda \ln \xi \quad (8)$$

Η τελευταία ισότητα προκύπτει από το γεγονός ότι το $1 - \xi$ είναι επίσης τυχαίος αριθμός κατανεμημένος στο $(0, 1)$.

Η μέθοδος αντίστροφου μετασχηματισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποδοτικά και για την τυχαία δειγματοληψία συνεχών κατανομών $p(x)$ που δίνονται σε αριθμητική μορφή, ή που είναι πολύ πολύπλοκες για να δειγματοληφθούν αναλυτικά. Για την εφαρμογή της μεθόδου, η αθροιστική συνάρτηση κατανομής $P(x)$ πρέπει να εκτιμηθεί στα σημεία x_i ενός δεδομένου πλέγματος. Η εξίσωση δειγματοληψίας $P(x) = \xi$ μπορεί να λυθεί με αντίστροφη παρεμβολή, δηλαδή με παρεμβολή στον πίνακα (ξ_i, x_i) , όπου $\xi_i \equiv P(x_i)$ (το ξ θεωρείται η ανεξάρτητη μεταβλητή). Πρέπει να δοθεί προσοχή για να βεβαιωθεί ότι η αριθμητική ολοκλήρωση και παρεμβολή δεν εισάγουν σφάλματα.

Η μέθοδος αντίστροφου μετασχηματισμού μπορεί να εφαρμοστεί και σε διακριτές κατανομές. Σε αυτές τις περιπτώσεις όμως βέλτιστη μέθοδος θεωρείται αυτή του Walker. Η ιδέα στην οποία βασίζεται η μέθοδος του Walker μπορεί να γίνει κατανοητή καταφεύγοντας σε γραφικά ανάλογα. Αν, για παράδειγμα, παρασταθεί μία PDF ως ιστόγραμμα αποτελούμενο από N ράβδους πλάτους $1/N$ και ύψους N_{p1} (**Σχήμα 2**). Οι ράβδοι του ιστογράμματος μπορούν να αποκοπούν σε κατάλληλα ύψη και τα κομμάτια που προκύπτουν μπορούν να διαταχθούν για να καλύψουν το τετράγωνο της μοναδιαίας πλευράς με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε η κάθε κατακόρυφη γραμμή να διαπερνά, το πολύ, δύο διαφορετικά κομμάτια.

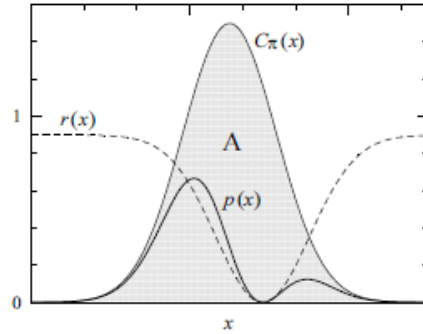


Σχήμα 2: Γραφική αναπαράσταση της μεθόδου αντίστροφου μετασχηματισμού (επάνω) και της μεθόδου “aliasing” του Walker για τυχαία δειγματοληψία από μία διακριτή κατανομή. Σ’ αυτό το παράδειγμα, η τυχαία μεταβλητή μπορεί να πάρει τις τιμές $i=1,2,3$ και 4.

Π1.4.2.2.2. Μέθοδος απόρριψης

Σύμφωνα με τη μέθοδο της απόρριψης, γίνεται δειγματοληψία μίας τυχαίας μεταβλητής από μία δεδομένη κατανομή $p(x)$ χρησιμοποιώντας μια διαφορετική συνάρτηση κατανομής, $\pi(x)$. Η $\pi(x)$ υποβάλλεται σε μία τυχαία δοκιμή για να καθοριστεί αν θα γίνει αποδεκτή η τιμή x για χρήση ή θα απορριφθεί. Αυτές οι μέθοδοι απόρριψης οδηγούν σε πολύ γενικές τεχνικές για δειγματοληψία οποιασδήποτε PDF.

Οι αλγόριθμοι απόρριψης μπορούν να γίνουν κατανοητοί μέσω απλών γραφικών ανάλογων (**Σχήμα 3**). Μέσω της μεθόδου αντίστροφου μετασχηματισμού ή οποιασδήποτε άλλης διαθέσιμης μεθόδου δειγματοληψίας, τυχαίες τιμές του x παράγονται από μία PDF, $\pi(x)$. Για κάθε δειγματοληπτούμενη τιμή του x λαμβάνεται ως δείγμα μία τυχαία τιμή y ομοιόμορφα κατανεμημένη στο διάστημα $(0, C \cdot \pi(x))$, όπου C είναι μία θετική σταθερά. Τα σημεία (x, y) , που έχουν προκύψει με αυτόν τον τρόπο, είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα στην περιοχή A της επιφάνειας που ορίζεται από τον άξονα των x ($y=0$) και της καμπύλης $y=C \cdot \pi(x)$. Αντίστροφα, αν (με οποιονδήποτε τρόπο) παραχθούν τυχαία σημεία (x, y) ομοιόμορφα κατανεμημένα στην A , η συντεταγμένη x είναι τυχαία μεταβλητή κατανεμημένη ανάλογα στο $\pi(x)$ (ανεξάρτητα της τιμής της C). Αν για την κατανομή $\pi(x)$ ισχύει ότι $C \cdot \pi(x) \geq p(x)$ για κάποιο $C > 0$ τότε παράγονται τυχαία σημεία (x, y) ομοιόμορφα κατανεμημένα στην περιοχή A . Αν απορριφθούν τα σημεία με $y > p(x)$, τα αποδεκτά σημεία (με $y \leq p(x)$) είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα στην περιοχή μεταξύ του άξονα των x και της καμπύλης $y=p(x)$ και συνεπώς, οι συντεταγμένες x είναι κατανεμημένες σύμφωνα με την $p(x)$.



Σχήμα 3: Τυχαία δειγματοληψία μίας κατανομής $p(x)$ με χρήση μεθόδου απόρριψης.

Π1.4.3.Υλικά και μέθοδος

Π1.4.3.1.Γενικά στοιχεία εφαρμογής τεχνικών Monte Carlo

Η προσομοίωση βασίζεται στα ακόλουθα στοιχεία:

1. Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Οι διεργασίες αλληλεπίδρασης της ακτινοβολίας γ και του φωτός με το υλικό των ανιχνευτών περιγράφονται από μια σειρά συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας.
2. Γεννήτρια τυχαίων αριθμών. Χρησιμοποιούνται πηγές παραγωγής τυχαίων αριθμών ομοιόμορφα κατανομημένων στο μοναδιαίο διάστημα $(0,1)$ για δειγματοληψία των τιμών της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας.
3. Μέθοδος δειγματοληψίας. Γίνεται εφαρμογή των κυριοτέρων μεθόδων δειγματοληψίας της πυκνότητας πιθανότητας (μέθοδος αναφοράς, μέθοδος απόρριψης, μικτή μέθοδος).
4. Εκτίμηση σφάλματος. Γίνεται εκτίμηση του στατιστικού σφάλματος σε συνάρτηση με τον αριθμό των επαναλήψεων των προσομοιώσεων.

5. Τεχνικές ελάττωσης της διακύμανσης (variance reduction). Χρησιμοποιούνται τεχνικές που έχουν σκοπό την ελάττωση του χρόνου που χρειάζεται να ολοκληρωθεί μια προσομοίωση με δεδομένη σταθερά απόκλισης της τιμής του μεγέθους που προσδιορίζεται.

Π1.4.3.2. Κώδικες GNU fortran, Microsoft fortran και GNU g++

Οι κώδικες GNU fortran, Microsoft fortran και GNU g++ έχουν αναπτυχθεί ειδικά για τη μελέτη της αλληλεπίδρασης ακτινοβολιών X και γ με την ύλη. Οι κώδικες βασίζονται στις τεχνικές τυχαίας δειγματοληψίας που περιγράφηκαν στο **εδάφιο Π1.4.2.2**. Ως γεννήτριες τυχαίων αριθμών έχουν χρησιμοποιηθεί η rand() της g++/gfortran και η RANLUX. Η ανάπτυξη του λογισμικού επικεντρώθηκε στη μελέτη φωτονίων χαμηλής ενέργειας (1024 keV και κάτω) με υψηλή απόδοση στις χαμηλές ενέργειες.

Τα κύρια στάδια της προσέγγισης είναι:

1. Προσομοίωση των αλληλεπιδράσεων των φωτονίων X και γ μέσα στο υπό μελέτη υλικό (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, φαινόμενο Compton, φαινόμενο Rayleigh, παραγωγή χαρακτηριστικής ακτινοβολίας, ακτινοβολία πέδης, ηλεκτρόνια Auger κ.ο.).
2. Οι διεργασίες μετατροπής της ενέργειας της απορροφηθείσας ακτινοβολίας σε φως.
3. Αλληλεπιδράσεις ορατών φωτονίων.

Με βάση την προσομοίωση των φυσικών φαινομένων προσδιορίζονται οι ακόλουθες παράμετροι:

1. Η κβαντική ανιχνευτική απόδοση (Quantum Detection Efficiency-QDE), που ορίζεται ως το ποσοστό των προσπιπτόντων φωτονίων X ή γ που απορροφώνται στο φώσφορο-σπινθηριστή.

2. Η ενεργειακή απόδοση απορρόφησης (Energy Absorption Efficiency-EAE), που ορίζεται ως το ποσοστό της προσπίπτουσας ενέργειας των φωτονίων X ή γ που απορροφάται στο φώσφορο-σπινθηριστή, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η δευτερογενή (σκεδαζόμενη ή χαρακτηριστική) ακτινοβολία που παράγεται στο υλικό.

3. Ο αριθμός των οπτικών φωτονίων που παράγονται στην έξοδο του ανιχνευτή. Ο αριθμός αυτός συνδέεται με την απόλυτη απόδοση που θα έχει μετρηθεί πειραματικά. και η διασπορά των οπτικών φωτονίων στην έξοδο του ανιχνευτή.

4. Ο υπολογισμός της της συνάρτησης μεταφοράς διαμόρφωσης (Modulation Transfer Function) που είναι μέτρο της διακριτικής ικανότητας του συστήματος.

Τα παραπάνω προσδιορίζονται ειδικότερα για ανιχνευτές ακτινοβολίας για τους οποίους υπάρχουν πειραματικές μετρήσεις απόλυτης απόδοσης. Κατ' αυτόν τον τρόπο, μέσω συγκρίσεων, γίνεται επικύρωση (validation) των αποτελεσμάτων της μεθόδου Monte Carlo. Στη συνέχεια εξάγονται γενικευμένα αποτελέσματα για συνθήκες διαφορετικές από αυτές των πειραματικών π.χ. ενέργειες φωτονίων διαφορετικές από αυτές των διαθέσιμων ισοτόπων, διαφορετικές διαστάσεις ανιχνευτών, για άλλους ανιχνευτές διαφορετικής χημικής σύστασης από τους

υπαρκτούς και όπου είναι εφικτό συγκρίνονται με αποτελέσματα από τη διεθνή βιβλιογραφία.

Π1.4.3.3.Κώδικες EGSnrcMP

Π1.4.3.3.1.Γενική περιγραφή κώδικα EGSnrcMP

Ο κώδικας EGSnrcMP αποτελείται από δύο υπορουτίνες που καλούνται από τον χρήστη, την HATCH και την SHOWER, οι οποίες με την σειρά τους καλούν άλλες υπορουτίνες, μερικές από τις οποίες καλούν, με τη σειρά τους, υπορουτίνες του χρήστη, όπως η HOWFAR, HOWNEAR και η AUSGAB.

Για να χρησιμοποιηθεί ο κώδικας EGS ο χρήστης πρέπει να γράψει έναν «κώδικα χρήστη». Αυτός αποτελείται από το κυρίως πρόγραμμα και τις υπορουτίνες HOWFAR, HOWNEAR και AUSGAB. Τα τελευταία προσδιορίζουν τη γεωμετρία και την έξοδο, αντίστοιχα. Ο χρήστης μπορεί να επικοινωνήσει με τον κώδικα EGS από μια ποικιλία μεταβλητών περιοχών τύπου COMMON. Το κυρίως πρόγραμμα πραγματοποιεί οποιαδήποτε αρχικοποίηση χρειάζεται για τις συναρτήσεις γεωμετρίας HOWFAR και HOWNEAR, και θέτει τιμές σε συγκεκριμένες τιμές των μεταβλητών περιοχών COMMON που καθορίζουν τα ονόματα των υλικών που χρησιμοποιούνται, τις επιθυμητές ενέργειες αποκοπής και τη μονάδα μέτρησης της απόστασης που χρησιμοποιείται (πχ. ίντσες, εκατοστά κλπ.). Το κυρίως πρόγραμμα στη συνέχεια καλεί την υπορουτίνα HATCH κάνοντας μια φορά τις απαραίτητες αρχικοποιήσεις διαβάζοντας τα δεδομένα των υλικών από ένα σύνολο δεδομένων που είχε δημιουργηθεί από

τον κώδικα PEGS (Ο κώδικας PEGS είναι αυτόνομο πρόγραμμα, σκοπός του οποίου είναι να παρέχει δεδομένα για τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στον κώδικα EGS και το οποίο αναλύεται περαιτέρω στη συνέχεια). Όταν ολοκληρωθεί η αρχικοποίηση, το κυρίως πρόγραμμα καλεί τη SHOWER όταν είναι επιθυμητό. Κάθε κλήση στη SHOWER έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή μιας ιστορίας σωματιδίου. Τα ορίσματα της SHOWER προσδιορίζουν τις παραμέτρους του προσπίπτοντος σωματιδίου. Επιπλέον, στο κυρίως πρόγραμμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μακροεντολές με σκοπό τον έλεγχο ή τη μη χρήση συναρτήσεων του EGS καθώς επίσης και του κώδικα του χρήστη.

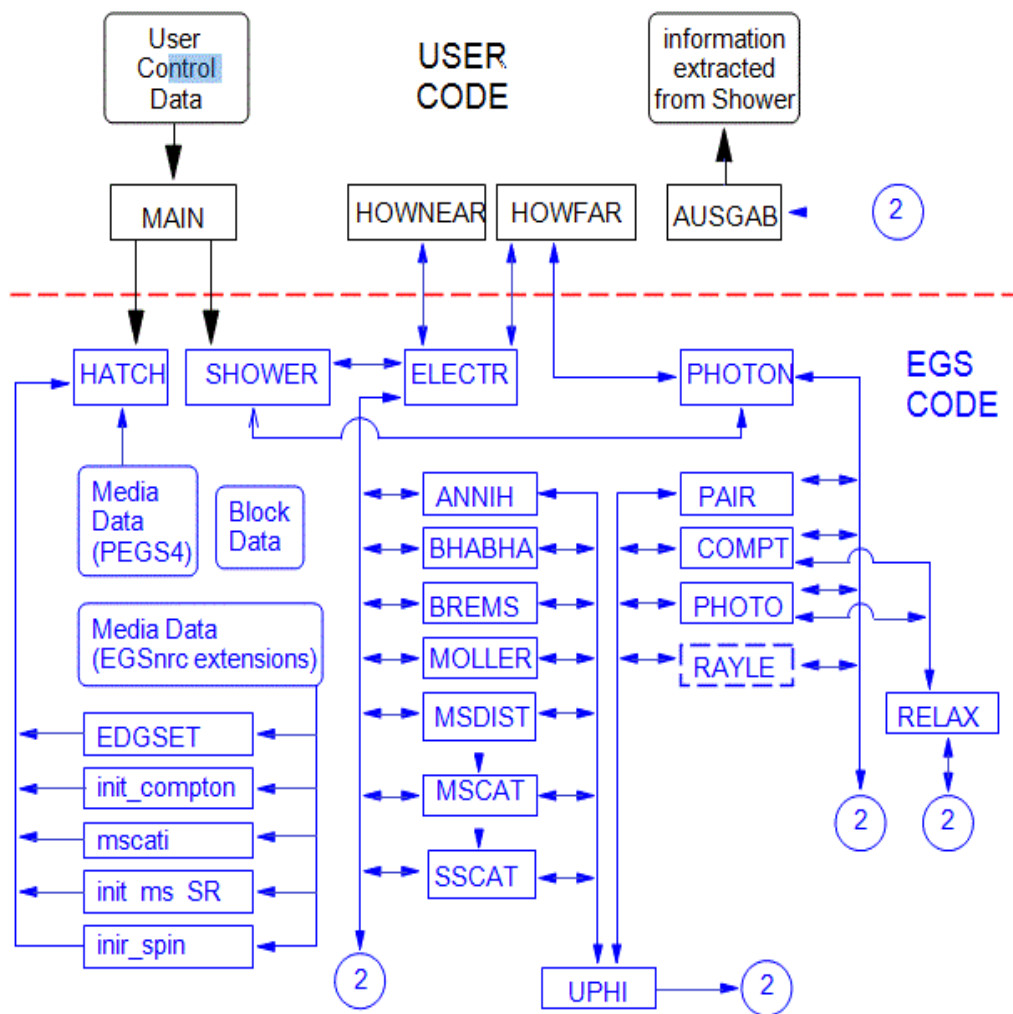
Συνοπτικά, ο χρήστης επικοινωνεί με το EGS μέσω των:

Υπορουτίνων:

1. HATCH – για την καταγραφή στον κώδικα του είδους των υλικών
2. SHOWER – για τη μελέτη των αλληλεπιδράσεων των σωματιδίων
3. HOWFAR & HOWNEAR – για τον έλεγχο γεωμετρίας
4. AUSGAB – για την έξοδο των αποτελεσμάτων και την εφαρμογή τεχνικών μείωσης της διακύμανσης.

COMMON blocks για την καταγραφή ειδικών τιμών μεταβλητών (με δυνατότητα μεταβολής)

Macro εντολών για τον επανακαθορισμό ειδικών αρχικών παραμέτρων. Τα παραπάνω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στο **Σχήμα 4**.



Σχήμα 4: Η δομή του συστήματος EGSnrcMP όταν χρησιμοποιείται με κώδικα χρήστη.

Π1.4.3.3.2. Περιοχές COMMON

Οι περιοχές COMMON δηλώνονται με τη μακροεντολή COMIN. Για παράδειγμα η μακροεντολή `COMIN/STACK,BOUNDS/;` αναπτύσσεται αυτόματα στην `COMMON/STACK/;` και `COMMON/BOUNDS/;` Υπάρχουν πολλές περιοχές COMMON στην εσωτερική δομή του EGSnrcMP. Οι περιοχές αυτές περιέχουν

μεταβλητές μέσω των οποίων ελέγχονται επιλογές εντός του EGSnrcMP. Ο χρήστης μπορεί να αγνοήσει όλες τις COMINs δεν είναι επιθυμητή η αλλαγή των προεπιλεγμένων ρυθμίσεων για τη μελέτη της μεταφορά σωματιδίων μέσω του EGSnrcMP.

Π1.4.3.3.3. Σειρά των εργασιών

Η σειρά των βημάτων που απαιτούνται για την σωστή λειτουργία του EGSnrcMP είναι η ακόλουθη:

- Βήμα 1. Κλήση της egs_init για αρχικοποίηση.
- Βήμα 2. Παράκαμψη από τον χρήστη των EGS Macros και Defaults ρυθμίσεων
- Βήμα 3. Κλήση της Pre-Hatch για αρχικοποίηση
- Βήμα 4. Κλήση της Hatch
- Βήμα 5. Αρχικοποίηση της HOWFAR και της HOWNEAR
- Βήμα 6. Αρχικοποίηση της AUSGAB
- Βήμα 7. Αρχικοποίησης της Μείωσης Διακύμανσης
- Βήμα 8. Προσδιορισμός των παραμέτρων του προσπίπτοντος σωματιδίου
- Βήμα 9. Κλήση της Shower
- Βήμα 8. Έξοδος των αποτελεσμάτων
- Βήμα 9. Κλήση της Egs_Finish ως την τελευταία εκτελέσιμη κατάσταση

Τα παραπάνω βήματα πρέπει να πραγματοποιούνται ακολουθώντας τα παρακάτω κριτήρια.

- Το Βήμα 1 πρέπει να προηγείται από οποιασδήποτε χρήσης μακροεντολής EGSnrcMP από το χρήστη.
- Το Βήμα 2 πρέπει να είναι η πρώτη εκτελέσιμη κατάσταση και κατά συνέπεια είναι συνήθως μετά το Βήμα 1 και, ενδεχομένως, μετά το Βήμα 3.
- Το Βήμα 2 πρέπει να προηγείται του Βήματος 3.
- Τα Βήματα 3 έως 6 πρέπει να προηγούνται του Βήματος 7.
- Το Βήμα 7 πρέπει να προηγείται του βήματος 8.

Π1.4.3.3.4.Παράκαμψη των μακροεντολών και των προκαθορισμένων ρυθμίσεων (defaults)

Π1.4.3.3.4.1. \$CALL-HOWNEAR(#)

Για συμβατότητα με τους κώδικες των EGS/PRESTA, η κλήση της υπορουτίνας HOWNEAR γίνεται με τη χρήση μακροεντολής στο EGSnrc. Δεν υπάρχει προεπιλεγμένος ορισμός για την μακροεντολή, προτείνεται όμως η παρακάτω:

```
REPLACE {$CALL-HOWNEAR(#);} WITH {CALL HOWNEAR({P1},X(NP),Y(NP),Z(NP),IRL);}
```

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να ορίσει μία ισοδύναμη μακροεντολή. Η παράμετρος που πρέπει να επιστραφεί από τη μακροεντολή είναι η μικρότερη απόσταση σε οποιοδήποτε όριο από την τρέχουσα θέση.

Π1.4.3.3.4.2. \$IMPLICIT-NONE, \$REAL, \$INTEGER

Το σύστημα EGSnrCMP κωδικοποιείται με \$IMPLICIT-NONE. Αυτό σημαίνει ότι κάθε φορά που ο χρήστης περνά μια μεταβλητή στο σύστημα EGSnrCMP με την έννοια της προσθήκης σε μία COMIN, πρέπει να ρητά καθορισμένος ο τύπος της μεταβλητής. Για να απενεργοποιηθεί αυτή η δυνατότητα πρέπει να προστεθεί η ακόλουθη δήλωση στον κώδικα:

```
REPLACE {$IMPLICIT NONE;} WITH {}
```

Συνιστάται η χρήση της μακροεντολής \$IMPLICIT-NONE στους κώδικες καθώς βρίσκει πολλά λάθη στον κώδικα και αποτρέπει την τυχαία σύγκρουση των μεταβλητών. Επιπλέον χρησιμοποιώντας τη μακροεντολή \$IMPLICIT-NONE, το σύστημα EGSnrCMP χρησιμοποιεί παντού τις μακροεντολές \$REAL και \$INTEGER για να καθορίσουν τις πραγματικές και ακέραιες μεταβλητές, καθώς και της γενικής χρήσης συναρτήσεων, όπως η MAX και MIN. Από προεπιλογή η \$REAL και η \$INTEGER ορίζονται ως REAL*4 και INTEGER*4. Ωστόσο, για να τρέξει ολόκληρος ο κώδικας σε διπλή ακρίβεια, πρέπει να προστεθούν οι επόμενες μακροεντολές:

```
REPLACE {$REAL} WITH {;REAL*8}  
REPLACE {$INTEGER} WITH {;INTEGER*8}
```

Π1.4.3.3.4.3. Διαστάσεις Διανυσμάτων (Array Dimensions)

\$MXMED Μέγιστος αριθμός υλικών (προεπιλεγμένο=10).

\$MXREG Μέγιστος αριθμός περιοχών (προεπιλεγμένος=2000).

\$MXSTACK Μέγιστος αριθμός των σωματιδίων στη σωρό (προεπιλεγμένος = 40).

Για παράδειγμα, για να αυξηθεί ο αριθμός των υλικών σε 25, θα πρέπει να συμπεριληφθεί η επόμενη δήλωση στον κώδικα.

```
REPLACE {$MXMED} with {25}
```

Επίσης οι διαστάσεις για τους πίνακες των αποτελεσμάτων (scoring arrays) πρέπει να δηλώνονται σε αυτό το σημείο.

Π1.4.3.3.4.4. Αρχικοποίηση Τυχαίων Αριθμών (Random Number Initialisation)

Εξ ορισμού η γεννήτρια τυχαίων αριθμών είναι RANLUX η οποία δε χρειάζεται αρχικοποίηση. Ωστόσο, για να χρησιμοποιηθεί η παράμετρος luxury level διαφορετική από τη προκαθορισμένη που είναι 1, ή με διαφορετική τιμή της αρχικής παραμέτρου seed τότε πρέπει να αρχικοποιηθεί όπως παρακάτω.

```
$INITIALIZE RNG USING luxury_level AND iseed;
```

Οι τιμές της παραμέτρου luxury levels είναι από 0 έως 4, αλλά η τιμή 0 προκαλεί προβλήματα στους υπολογισμούς του EGSnrcMP. Η τιμή της παραμέτρου iseed είναι από το 1 έως το 1073741824 (230).

Εάν έχει επιλεγεί ως γεννήτρια τυχαίων αριθμών η RANMAR, (μέσω του αρχείου .configuration), τότε πρέπει να αρχικοποιηθεί προτού χρησιμοποιηθεί.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί περιλαμβάνοντας την παρακάτω δήλωση

```
$RNG-INITIALIZATION;
```

η οποία αρχικοποιεί τη RANMAR και χρησιμοποιώντας της μεταβλητές IXX και JXX οποιοσδήποτε και αν είναι οι τιμές τους και χρησιμοποιεί τις προεπιλεγμένες τιμές αν δεν έχουν τεθεί (ευρίσκονται στην περιοχή COMIN/RANDOM/). Αλλιώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η δήλωση:

```
$INITIALIZE RNG USING IXX AND JXX;
```

Οι τιμές των μεταβλητών κυμαίνονται από: $0 < IXX \leq 31328$ και από $0 < JXX \leq 30081$. Το 0 θέτει τις προεπιλεγμένες τιμές. Η γεννήτρια τυχαίου αριθμού μπορεί να αρχικοποιηθεί σε οποιοδήποτε βήμα πριν από την κλήση της SHOWER, ή πριν από την πρώτη χρήση στον κώδικα.

Π1.4.3.3.4.5. Μακροεντολή \$SET- RHOF

Σε κάθε βήμα ο κώδικας EGSnrcMP καλεί τη μακροεντολή \$SET-RHOF η οποία αξιολογεί τη σχέση της πυκνότητας σε κάποιο σημείο αναφοράς σε σχέση με την πυκνότητα που χρησιμοποιείται από το αρχείο PEGS4 το οποίο περιέχει όλες τις πληροφορίες το υλικό αναφοράς σε κάποια γεωμετρική περιοχή. Θέτοντας τιμή στην RHOF μπορεί να μεταβληθεί η πυκνότητα μιας περιοχής σε σχέση με την πυκνότητα ενός μέσου αναφορά. Εάν η πυκνότητα ποικίλει μέσα στην περιοχή, τότε το πρόβλημα μπορεί να διορθωθεί αντικαθιστώντας την παρακάτω μακροεντολή:

```
REPLACE {$SET-RHOF;} WITH {RHOF=RHOR(IRL)/RHO(MEDIUM);}
```

με οποιοδήποτε κώδικα. Εάν χρησιμοποιείται η διαβάθμιση της πυκνότητας, μπορεί να αλλαχθεί η προεπιλεγμένη μακροεντολή με την

```
REPLACE {$SET-RHOF;} WITH {RHOF = 1.0;}
```

η οποία σώζει μία διαίρεση σε κάθε βήμα.

Π1.4.3.3.4.6. Υπολογισμοί ημιτόνων και συνημιτόνων

Για να αυξηθεί η ταχύτητα στους υπολογισμούς, τα ημίτονα και τα συνημίτονα δεν καθορίζονται πάντα από κάποια συνάρτηση (πχ., $SIN\theta = \sin(\theta)$) στον EGSncMP. αντί αυτού, τα ημίτονα αναζητούνται σε πίνακα ημιτόνων και τα συνημίτονα καθορίζονται από τα αντίστοιχα ημίτονα. Σε σύγχρονους υπολογιστές, η ταχύτητα του απ' ευθείας υπολογισμού ημιτόνων και συνημιτόνων είναι συγκρίσιμη με αυτήν της αναζήτησης σε πίνακα. Για πιο παλαιούς ΗΥ όμως, η αναζήτηση σε πίνακα μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τους υπολογισμούς επιτυγχάνοντας έως και 40% λιγότερης λειτουργίας της CPU. Αν τυχαίνει να χρησιμοποιείται ένα από αυτά τα μηχανήματα, αξίζει να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του πίνακα αναζήτησης αν οι μικρές γωνίες δεν είναι οριακά μικρές. Για την εφαρμογή της μεθόδου, πρέπει να οριστούν οι ακόλουθες δύο μακροεντολές στο BHEMA 1

```
REPLACE ($EVALUATE#USING SIN(#);) WITH {{P1}=SIN1(L{P2})*{P2}+SIN0(L{P2});}}  
REPLACE {$SET INTERVAL#,SINC;} WITH {L{P1} = SINC1*{P1} +SINC0;}}
```

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω της ακρίβειας που εμφανίζεται στην μέθοδο του πίνακα αναζήτησης, τα συνημίτονα των κατευθύνσεων μπορεί να μην κανονικοποιηθούν. Ανάλογα με το προς επίλυση πρόβλημα, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μη ορθά αποτελέσματα. Το πρόβλημα μπορεί γενικά να επιλυθεί με επανακανονικοποίηση των συνημιτόνων πριν από τη χρήση τους.

Π1.4.3.3.4.7. Μεταφορά φορτισμένων σωματιδίων

Η μακροεντολή \$CHARGED-TRANSPORT πρέπει να συμπεριληφθεί στην υπορουτίνα ELECTR με σκοπό να επιτραπεί η μεταφορά των φορτισμένων σωματιδίων. Για παράδειγμα, η μακροεντολή

```
REPLACE {$CHARGED-TRANSPORT;} WITH {CALL MYTRAN;}
```

θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στο βήμα 1 του κώδικα και μια κατάλληλη υπορουτίνα MOTRAN θα πρέπει να έχει δοθεί από το χρήστη.

Π1.4.3.3.5. Αρχικοποίηση Pre-HATCH (Βήμα 2)

Το βήμα αυτό αποτελείται από ανάθεση τιμών στις μεταβλητές COMMON που χρησιμοποιούνται από την υπορουτίνα HATCH στη διαδικασία της αρχικοποίησης. Όλες αυτές οι μεταβλητές αρχικοποιούνται με κάποια λογική τιμή στη περιοχή BLOCK DATA του υποπρογράμματος. Αν είναι επιθυμητή διαφορετική τιμή, αυτή θα πρέπει να τεθούν με εκτελέσιμο κώδικα. Παράλληλα οι διάφορες περιοχές COMMON θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στην περιοχή δηλώσεων του κυρίως προγράμματος του κώδικα. Εάν ο κώδικας διαβάζει ένα αρχείο εισόδου (.egsinp) για τον καθορισμό της προσομοιωμένης γεωμετρίας, άλλων δεδομένων, κ.ο., οι μεταβλητές των περιοχών COMMON πρέπει να είναι προσβάσιμες από το χρήστη μέσω της υπορουτίνας get transport parameter. Αυτή μπορεί να κληθεί από έναν κώδικα, πριν από την κλήση της HATCH παρέχοντας την πληροφορία, κατά αυτό τον τρόπο, ότι ο κώδικας θα πρέπει να περιλάβει τα αρχεία \$HEN_HOUSE/src/get inputs.mortran και \$HEN_HOUSE/src/transport.macros στη λίστα SOURCES που ορίζεται είτε στο

Makefile ή στο user_code.make. Η κλήση της υπορουτίνας get_transport_parameter είναι:

```
call subroutine get_transport_parameter(6)
```

όπου η παράμετρος 6 αναγκάζει την υπορουτίνα να διαβάσει τις παραμέτρους μεταφοράς από το αρχείο .egsinp και να τις εμφανίσει στην οθόνη. Μέσα στο αρχείο .egsinp, οι ρυθμίσεις των παραμέτρων μεταφοράς πρέπει να εμφανίζεται μεταξύ των δύο δηλώσεων:

```
:Start MC Transport Parameter:
```

```
:Stop MC Transport Parameter:
```

Η γενική μορφοποίηση των εισόδων για την υπορουτίνα get_transport_parameters είναι μια γραμμή κειμένου ακολουθούμενη από το "=" και τιμές που ο χρήστης θέλει να θέσει σε μια συγκεκριμένη παράμετρο. Σημειώνεται ότι οι εισοδοί 'case sensitive'. Οι μεταβλητές που πρέπει να αρχικοποιηθούν πριν από την κλήση της HATCH, μαζί με τη μέθοδο για να θέσει τιμές εάν χρησιμοποιείται η υπορουτίνα get_transport_parameter είναι:

NMED MEDIA	iray ff file RHOR	xsec out SPIN	BCA ALGORITHM SKINDEPTH FOR BCA
MED	IBCMP	EFFECTS ibr nist	TRANSPORT
ECUT and PCUT DUNIT IRAYLR iray ff media A	comp xsections radc flag IEDGFL photon xsections	eii flag IBRDST IPRDST IPHTER	ALGORITHM ESTEPE ESTEPR SMAXIR XIMAX

Π1.4.3.3.6. Κλήση της HATCH (Βήμα 3)

Το βήμα αυτό είναι πολύ απλό, η HATCH δεν έχει καθόλου ορίσματα, έτσι το μόνο που πρέπει να γίνει είναι:

CALL HATCH;

Το επόμενο είναι ένα τυπικό μήνυμα εξόδου όταν η μεταβλητή DUNIT δεν έχει αλλάξει (και τα δεδομένα Rayleigh περιλαμβάνονται στο αρχείο):

```
RAYLEIGH DATA AVAILABLE FOR MEDIUM 1 BUT OPTION NOT REQUESTED.  
EGSnrc SUCCESSFULLY 'HATCHED' FOR ONE MEDIUM.
```

Παρόλο αυτά, εάν ο χρήστης έχει θέσει την DUNIT=2.54 πριν την κλήση της HATCH το μήνυμα θα μοιάζει σαν το παρακάτω (δύο υλικά, χωρίς δεδομένα σκέδασης Rayleigh):

```
DUNIT REQUESTED&USED ARE: 2.54000E+00 2.54000E+00(CM.)  
EGS SUCCESSFULLY 'HATCHED' FOR 2 MEDIA.
```

Σφάλμα στη HATCH θα προκαλεί το παρακάτω μήνυμα:

```
END OF FILE ON UNIT 12  
PROGRAM STOPPED IN HATCH BECAUSE THE  
FOLLOWING NAMES WERE NOT RECOGNIZED:  
      (list of names)
```

Π1.4.3.3.7. Αρχικοποίηση της HOWFAR και της HOWNEAR (Βήμα 4)

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η HOWFAR και η HOWNEAR είναι ρουτίνες που καθορίζουν την γεωμετρία των περιοχών. Επίσης αρχικοποιήσεις αντικειμένων που χρησιμοποιούνται στις ρουτίνες αυτές μπορούν να γίνουν σε οποιοδήποτε βήμα πριν από την κλήση της SHOWER (Βήμα 7). Το Βήμα 4 επιτρέπει ένα κενό στην main για να εξεταστεί αν είναι απαραίτητη μία τέτοια αρχικοποίηση. Για παράδειγμα, εάν οι περιοχές καθορίζονται από ημιάπειρες περιοχές, τα δεδομένα που καθορίζουν κάθε περιοχή πρέπει να ορισθούν σε αυτήν. Τα δεδομένα που αναφέρονται στις HOWFAR και HOWNEAR από

υποπρογράμματα του χρήστη, καλούνται από τις HOWFAR και HOWNEAR. Για παράδειγμα μερικές από τις διαστάσεις των περιοχών μπορούν να καθορίζονται κατά την εκτέλεση του προγράμματος ή η γεωμετρία να είναι τόσο πολύπλοκη που να είναι επιθυμητή η χρήση εκτελέσιμου κώδικα για να παράγει πίνακες για χρήση από την HOWFAR και την HOWNEAR

Π1.4.3.3.8. Αρχικοποίηση της AUSGAB (Βήμα 5)

Το βήμα αυτό είναι παρόμοιο με το Βήμα 4 και παρέχει μια καθορισμένη τοποθεσία στον κώδικα της main, όπου οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται στην AUSGAB, να μπορούν να αρχικοποιηθούν. Αν για παράδειγμα είναι επιθυμητή η δημιουργία ενός πίνακα, ESUM, για την αποθήκευση της συνολικής ενέργειας που εναποτίθενται στην κάθε περιοχή, θα μπορούσαμε να δηλωθεί ως
COMMON/TOTALS/ESUM(\$MXREG);

στην υπορουτίνα main και στην AUSGAB , και θα μπορούσε να προστεθεί ο κώδικας

```
DO I=1,$MXREG [ESUM(I)=0.0;]
```

στην υπορουτίνα main (στο βήμα 5) οπότε η δήλωση

```
ESUM(IR(NP))=ESUM(IR(NP)) + EDEP;
```

στην AUSGAB θα μπορούσε να κρατήσει την συνολική ενέργεια που εναποτίθενται στην κάθε περιοχή. Ας σημειωθεί ότι η μεταβλητή EDEP είναι διπλής ακρίβειας, ακόμα και αν το υπόλοιπο τμήμα του κώδικα κάνει χρήση μεταβλητών απλής ακρίβειας.

Π1.4.3.3.9. Αρχικοποίηση για τη μείωση της διακύμανσης (Βήμα 5β)

Η μείωση της διακύμανσης συνήθως σχετίζεται με ποικίλες κλήσεις στην AUSGAB και υπό αυτή την έννοια αποτελεί τμήμα του βήματος 5. Διακρίνεται όμως για να δοθεί σημασία στην επιλογή μείωσης της διακύμανσης (variance reduction). Η επιλογή ελέγχεται από παραμέτρους στην περιοχή COMIN/EGS-VARIANCE-REDUCTION/.

Π1.4.3.3.10. Καθορισμός παραμέτρων του προσπίπτοντος σωματιδίου

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το επόμενο.

IQI=-1;	"incident particle is an electron"
EI=1000.0;	"total energy (MeV)"
XI=0.0; YI=0.0; ZI=0.0;	"particle coordinates"
UI=0.0; VI=0.0; WI=1.0;	"direction cosines"
IRI=2;	"region number 2 is the incident region"
WTI=1.0;	"weight factor in importance sampling"
IXX=12;JXX=3001;	"random number generator seeds"
NCASES=10;	"number of histories to run"
LATCHI=0;	"variable for tracking history or marking"
	"a history"

Π1.4.3.3.11. Κλήση της SHOWER (Βήμα 7)

Η κλήση της SHOWER γίνεται ως εξής:

```
CALL SHOWER(IQI,EI,XI,YI,ZI,UI,VI,WI,IRI,WTI);
```

Οι τύποι των ορισμάτων δίνονται από τα αρχικά τους γράμματα σύμφωνα με τα πρότυπα της FORTRAN. Τα ορίσματα αυτά καθορίζουν το είδος του σωματιδίου, τη συνολική ενέργεια, τη θέση, τον αριθμό της περιοχής και τα στατιστικά βάρη των προσπιπτόντων σωματιδίων και χρησιμοποιούνται για να γεμίσουν τις αντίστοιχες μεταβλητές στοίβας. Η μόνη εξαίρεση είναι η παράμετρος LATCHI η

οποία διαβιβάζεται απ' ευθείας στην περιοχή COMMON STACK για καθαρά ιστορικούς λόγους.

Ένα παράδειγμα κλήσης της SHOWER είναι το παρακάτω:

```
DO I=1,NCASES [CALL SHOWER(IQI,EI,XI,.....,etc.);]
```

Π1.4.3.3.12. Κώδικας PEGS

Ο κώδικας PEGS (preprocessor του EGS) είναι ένα αυτόνομο πρόγραμμα γραμμένο στη preprocessor γλώσσα mortran. Ο σκοπός του είναι να δημιουργήσει δεδομένα για τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε στον κώδικα EGSncMP, και να παρέχει άλλες υπηρεσίες για το χρήστη. Οι ενεργές λειτουργίες του PEGS είναι ορίσματα τύπου συνάρτησης. Οι βασικές λειτουργίες περιλαμβάνουν:

- επιλογή του υλικού αλληλεπίδρασης
- επιλογή των ενεργειών αποκοπής
- επεξεργασία των δεδομένων

Ο κώδικας PEGS περιλαμβάνει πάνω από 4200 γραμμές κώδικα Mortran, που αποτελούν το κυρίως πρόγραμμα (main program), το υποπρόγραμμα BLOCK DATA, 12 υπορουτίνες, και 83 συναρτήσεις. Παρά το μεγάλο αριθμό των υποπρογραμμάτων, ο κώδικας PEGS έχει απλή δομή. Μετά από μία και μόνο αρχικοποίηση, διαβιβάζεται ένα όνομα (τα ονόματα είναι τέσσερις χαρακτήρες και διαβάζονται ως μεταβλητές τύπου A), αριθμητικοί παράμετροι ελέγχου (χρησιμοποιώντας την περιοχή NAMELIST/EIA/), και στη συνέχεια το όνομα

αναζητείται σε πίνακα. Εάν δεν βρεθεί, η λειτουργία διακόπτεται. Εάν βρεθεί, ο κατάλληλος κώδικας εκτελείται και επιστρέφει η εκτέλεση στην αρχή του βρόχου. Η κανονική έξοδος από το βρόχο είναι και το αποτέλεσμα της επιλογής STOP, ή η ανίχνευση τέλους του αρχείου στον έλεγχο εισόδου αρχείου.

Π1.4.3.3.13. Αρχικοποίηση παραμέτρων χρήσης

Η μελέτη με την πλατφόρμα EGSncMP απαιτεί την αρχικοποίηση παραμέτρων προσομοίωσης. Οι παράμετροι που πρέπει να αρχικοποιούνται είναι οι παρακάτω:

1. ECUT & PCUT: Αντιστοιχούν το κατώτατο όριο ενέργειας μελέτης ιστοριών ηλεκτρονίων και φωτονίων (cuts).
2. IRAYLR: Είναι η σημαία για τη μελέτη του φαινομένου σύμφωνης σκέδασης.
3. IEDGFL: Αποτελεί τη σημαία για την ατομική αποδιέγερση.
4. IPHTER: Αντιστοιχεί στη σημαία για τη μελέτη της κατευθυντικότητας των φωτοηλεκτρονίων. Συνήθως η σημαία IPHTER τίθεται ίση με το 0. Αυτό σημαίνει ότι το φωτοηλεκτρόνιο «κληρονομεί» την κατεύθυνση του προσπίπτοντος φωτονίου. Επισημαίνεται ότι τιμή IPHTER ίση με 1 σημαίνει ότι η κατεύθυνση λαμβάνεται από την κατανομή του Sauter.
5. IBCMP: Είναι η σημαία μελέτης της σύνδεσης των ηλεκτρονίων Compton. Για παράδειγμα, τιμή ίση με 1 σημαίνει ότι λαμβάνεται υπ' όψιν η διεύρυνση λόγω φαινομένου Doppler. Συνήθως χρησιμοποιείται τιμή IBCMP ίση με 4 που σημαίνει ότι υπάρχει μελέτη της ασύμφωνης

σκέδασης Compton αλλά δε λαμβάνεται υπ' όψιν η διεύρυνση των ενεργειών ιοντισμού των ατόμων λόγω φαινομένου Doppler πάνω στα οποία σκεδάζονται τα φωτόνια.

6. IPRDST: Είναι η σημαία ελέγχου της γωνίας επιλογής διδύμου-γένεσης. Στις προσομοιώσεις αυτού του εδαφίου χρησιμοποιήθηκε η τιμή 0 που σημαίνει ότι προσομοίωση κάνει χρήση της προσέγγισης του EGS4. Επισημαίνεται ότι για τιμή ίση με 1 χρησιμοποιείται η μοντελοποίηση leading term ενώ για τιμή ίση με 2 γίνεται χρήση της μελέτης των Motz, Olsen και Koch.
7. IBRDST: Αποτελεί τη σημαία της ακτινοβολίας πέδης. Στις προσομοιώσεις του παρόντος εδαφίου χρησιμοποιήθηκε η τιμή 0 που αντιστοιχεί σε χρήση του επιλεγόμενου leading term. Τιμή ίση με 1 σημαίνει ότι η κατανομή των φωτονίων πέδης προσαρμόζεται από τις κατανομές Koch και Motz. Τιμές μικρότερες του μηδενός σημαίνουν ότι δε γίνεται καθόλου χρήση γωνιακής κατανομής των φωτονίων πέδης.
8. IBR_NIST: Μέσω αυτής της σημαίας καθορίζεται ο τρόπος δειγματοληψίας της ενέργειας των φωτονίων πέδης. Χρησιμοποιήθηκε τιμή ίση με 0 η οποία δηλώνει προσέγγιση του EGS4 των Bethe-Heitler που είναι και η προεπιλεγμένη τιμή. Αναφέρεται ότι η τιμή ίση με 1 αντιστοιχεί στη χρήση της κατανομής NIST/ICRU.
9. ISPIN: Πρόκειται για τη σημαία επίδρασης περιστροφής.
10. ESTEPE: Πρόκειται για την παράμετρο η οποία αντιστοιχεί στη μέγιστη απώλεια ενέργειας ανά βήμα ηλεκτρονίου. Η τιμή αυτή δεν πρέπει να

- υπερβαίνει το 0.25. Για τις προσομοιώσεις του παρόντος εδαφίου χρησιμοποιήθηκε μηδενική απώλεια ενέργειας.
11. XIMAX: Η παράμετρος αυτή σχετίζεται με το φαινόμενο Compton. Η παράμετρος XIMAX μηδενίζεται πράγμα που δηλώνει ως μέγιστη την πρώτη εμφάνιση σκέδασης Compton ανά σύγκρουση ηλεκτρονίου.
 12. PHOTON_XSECTIONS: Πρόκειται για την παράμετρο ελέγχου της βάσης από τη οποία αντλούνται οι ενεργές διατομές. Οι δυνατές περιπτώσεις είναι "si" (Storm-Israel), "epdl" και "xcom". Η προσομοίωση του παρόντος εδαφίου κάνουν χρήση της βάσης XCOM. Επισημαίνεται ότι οι προεπιλεγμένη προσέγγισης ενεργών διατομών στον PEGS4 είναι αυτή των Storm-Israel.
 13. XSEC_OUT: Πρόκειται για τη σημαία ελέγχου της εξόδου των αποτελεσμάτων των ενεργών διατομών. Τιμή ίση με το 1 σημαίνει ο κώδικας εκτυπώνει το αρχείο inputfile.xsections στο οποίο περιλαμβάνονται τα δεδομένα ενεργών διατομών που χρησιμοποιήθηκαν. Η επιλογή αυτή διατηρείται στις προσομοιώσεις του παρόντος εδαφίου.
 14. TRANSPORT_ALGORITHM: Μέσω αυτής της σημαίας δηλώνεται στον κώδικα αν θα ληφθούν υπ' όψιν πλευρικοί και διαμήκεις συσχετισμοί ανά βήμα ιστορίας.
 15. BCA_ALGORITHM: Πρόκειται για τη σημαία ελέγχου του αλγορίθμου που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ηλεκτρονίων πέρα από τη περιοχή των ορίων της γεωμετρίας.

- 16.ZBOUND: Καθορίζεται το πάχος του υλικού. Στις προσομοιώσεις του παρόντος εδαφίου έχουν χρησιμοποιηθεί πάχη από 0.5cm έως 10.0cm.
- 17.IREJCT: Η σημαία αυτή επιλέγει αν θα τερματίζεται η ιστορία ενός ηλεκτρονίου στην περίπτωση που δεν μπορεί να φθάσει, ενδεχομένως, σε άλλη περιοχή γεωμετρία και να αποθέσει ενέργεια εκεί.
- 18.IQIN: Με τη σημαία καθορίζεται το αν η προσομοίωση θα γίνει με φωτόνια (0), ηλεκτρονίων (-1) ή ποζιτρόνια (+1).
- 19.EIN: Πρόκειται για την ενέργεια του κάθε προσπίπτοντος σωματίδιου.
- 20.ANGLE: Πρόκειται για τη γωνία πρόσπτωσης του κάθε σωματιδίου.
- 21.NCASE: Η παράμετρος αυτή είναι το πλήθος των επαναλήψεων.
- 22.IWATCH: Πρόκειται για την παράμετρο ελέγχου

Η αρχικοποίηση των παραμέτρων χρήσης μπορεί να γίνεται μέσω ενός αρχείου με κατάληξη egsinp. Το παρακάτω αρχείο (100kev_e_8.5cm_LSO_EPDL.egsinp) αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα :

```

LSO
0.521      ,ECUT
0.001      ,PCUT
1          ,IRAYLR
1          ,IEDGFL
0          ,IPHTEP
4          ,IBCMP
0          ,IPRDST
0          ,IBRDST
0          ,ibr_nist
1          ,ISPIN
0          ,ESTEPE
0          ,XIMAX
epdl      ,photon_xsections
1          ,xsec_out
0          ,transport_algorithm
0          ,bca_algorithm
3          ,skindepth_for_bca

```

```

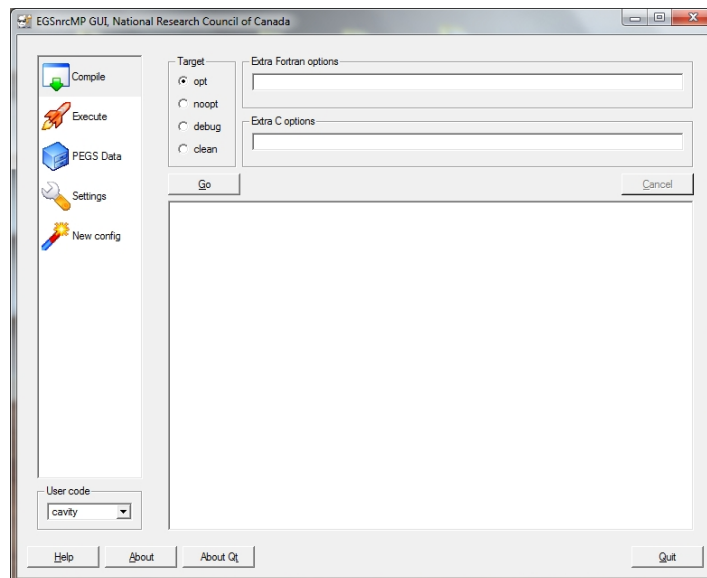
0          ,luxury_level
8.5       ,ZBOUND
0         ,IREJCT
0         ,i_play_RR Russian Roulette
0         ,IQIN
0.100    ,EIN
0.        ,ANGLE
1000     ,NCASE
1        ,WATCH

```

Στη πρώτη παράγραφο ορίζεται το υλικό. Τα ονόματα των υλικών είναι αυτά που περιγράφονται στο αρχείο pegs4dat με το οποίο τροφοδοτείται ο κώδικας. Τα ονόματα αρχείων αρχείο pegs4dat έχουν ονομασία της μορφής *****.pegs4dat**.

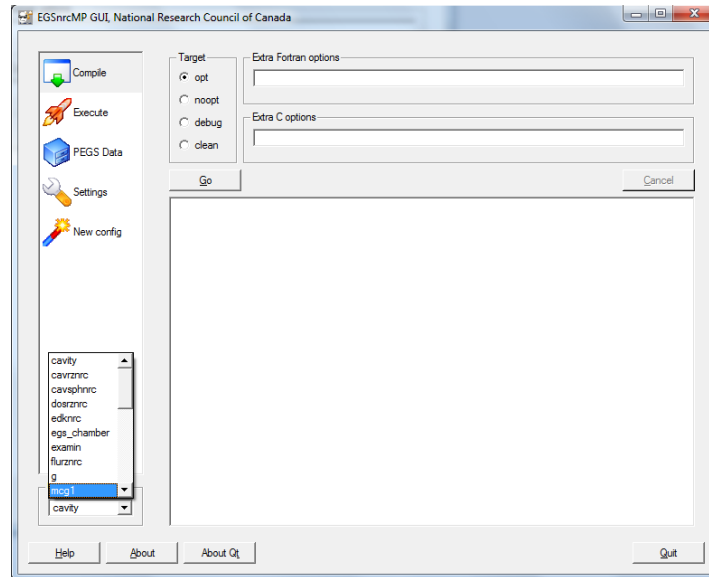
Π1.4.3.3.14. EGSGUI

Η εκτέλεση του κώδικα MORTRAN μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω γραφικής διασύνδεσης χρήστη (Graphical User Interface-GUI). Παρακάτω παρουσιάζεται σύντομα η ομάδα προγραμμάτων EGSsrcMP GUI (**Σχήμα 5**) σε περιβάλλον Windows για να τονισθεί η ανεξαρτησία του λογισμικού από το Λειτουργικό Σύστημα.



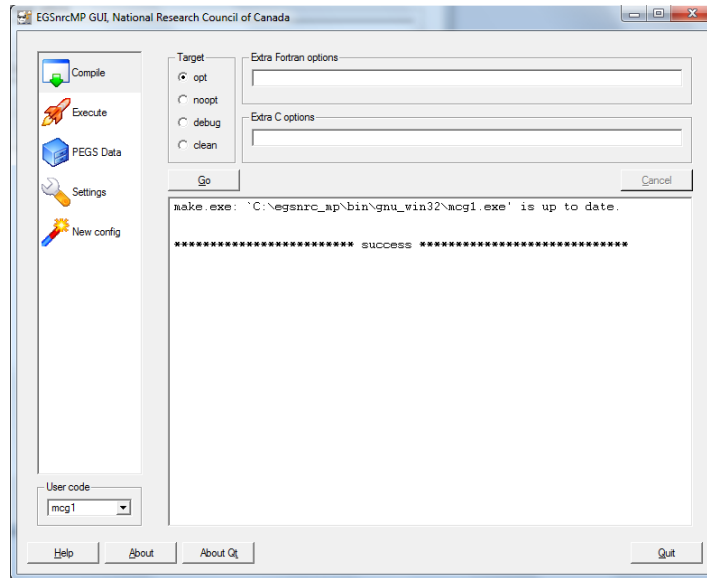
Σχήμα 5: Αρχική φόρμα της εφαρμογής

Αρχικά επιλέγεται ο κώδικας ο οποίος βρίσκεται συνήθως στο φάκελο C:\HEN_HOUSE\user_codes\ (Σχήμα 6).



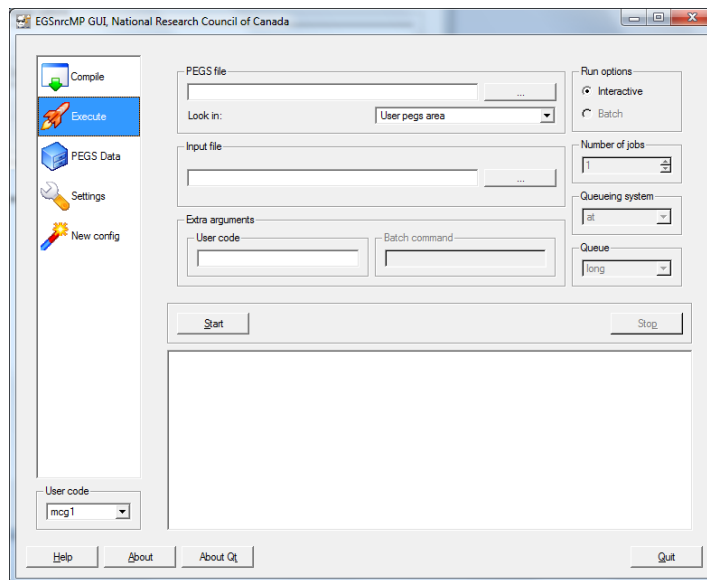
Σχήμα 6: Επιλογή του κώδικα προς επεξεργασία

Έπειτα γίνεται η μεταγλώττιση του κώδικα μέσω της επιλογής Compile του γραφικού περιβάλλοντος (Σχήμα 7).



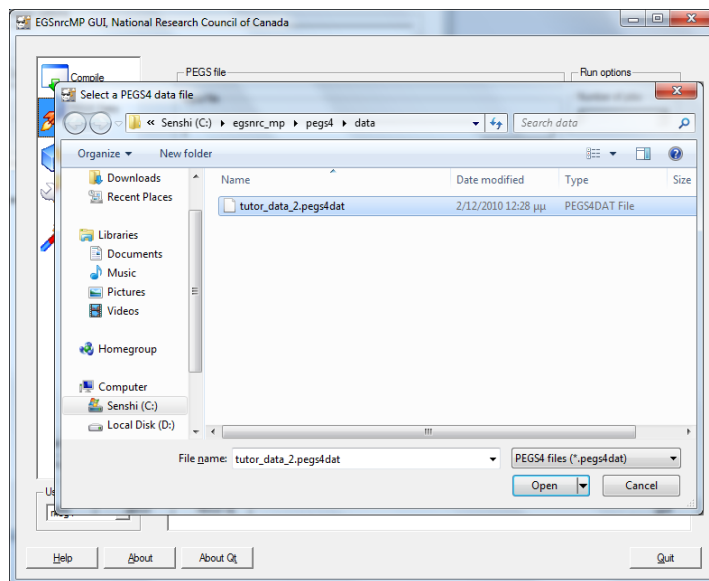
Σχήμα 7: Μεταγλώττιση του κώδικα

Στη συνέχεια επιλέγεται το Execute για την εκτέλεση του μεταγλωττισμένου κώδικα (Σχήμα 8).



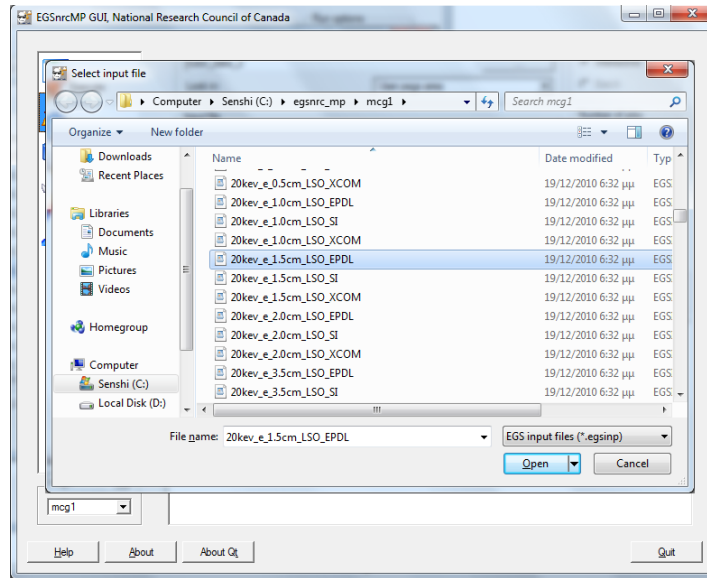
Σχήμα 8: Φόρμα εκτέλεσης του κώδικα

Για την εκτέλεση, επιλέγεται το κατάλληλο αρχείο τύπου peps4dat και στο οποίο περιλαμβάνονται οι ενεργές διατομές και συναφή στοιχεία των υλικών αναφοράς (Σχήμα 9).



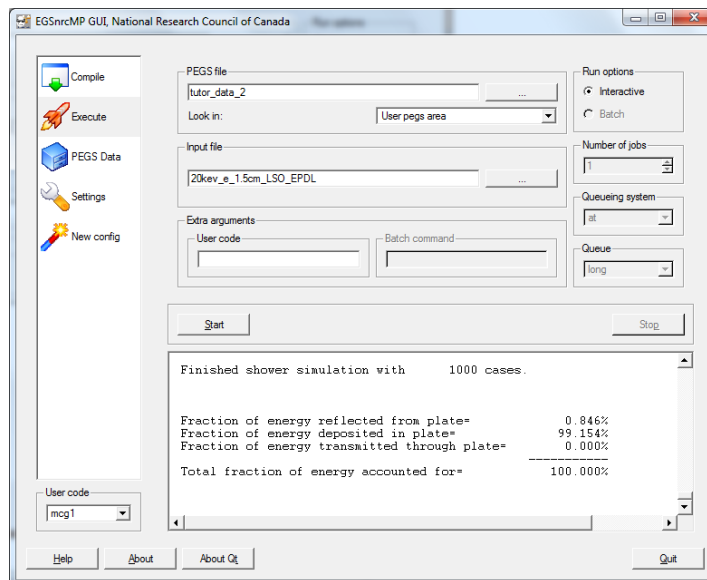
Σχήμα 9: Επιλογή του αρχείου τύπου peps4

Στη συνέχεια εισάγεται εφόσον είναι επιθυμητό το αρχείο τύπου egsinp το οποίο περιλαμβάνει την αρχικοποίηση των σημαιών και των παραμέτρων της προσομοίωσης (Σχήμα 10).



Σχήμα 10: Επιλογή αρχείου εισαγωγής δεδομένων.

Με την επιλογή Start εκτελείται ο μεταγλωττισμένος κώδικας λαμβάνοντας στοιχεία από το αρχείο τύπου pegs4dat και το αρχείο τύπου egsinp (**Σχήμα 11**).



Σχήμα 11: Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Π1.4.3.4.Κώδικες GATE.

Π1.4.3.4.1.Περιγραφή

Η πλατφόρμα GATE αποτελεί μία γλώσσα δέσμης ενεργειών (script language) η οποία λειτουργεί ως κέλυφος επί του κώδικα Monte Carlo GEANT4 και αποτελεί διασύνδεση του χρήστη με αυτόν. Η περιγραφή ενεργειών μέσω της γλώσσας δέσμης ενεργειών της πλατφόρμας GATE, μεταγλωττίζεται σε εκτελέσιμο κώδικα GEANT4 χωρίς να απαιτείται προγραμματισμός σε γλώσσα c++. Αυτό καθιστά τη γλώσσα δέσμης GATE εύχρηστη. Από την άλλη πλευρά όμως περιέχει σημεία δυσλειτουργίας (bugs) που εξαρτώνται από το υλικό του ΗΥ εκτέλεσης καθώς και από τις εκδόσεις των βιβλιοθηκών βάσης του λειτουργικού συστήματος. Το τελευταίο αποτελεί και ένα βασικό πρόβλημα της πλατφόρμας GATE που οδηγεί σε προβλήματα εγκατάστασης και πλήθος επικοινωνιών μεταξύ των χρηστών. Επίσης ο περιορισμένος αριθμός εντολών και ο συγκεκριμένος τρόπος σύνταξης τους, περιορίζει χρήστες με γνώσεις προγραμματισμού στην ανάπτυξη ευέλικτων εφαρμογών όπως αυτές του GEANT4.

Π1.4.3.4.2. Δομή

Για την επιτυχή προσομοίωση, θα πρέπει να καθορισθούν τα κάτωθι βήματα:

1. Γεωμετρία ανιχνευτών, φωτοπολλαπλασιαστών, θωράκισης και γενικότερα του ολοκληρωμένου συστήματος.
2. Φυσικές διεργασίες προσομοίωσης.

3. Στοιχεία γεννήτριας τυχαίων αριθμών
4. Τιμές κατωφλίου (CUTS) για την ενέργεια και την περιοχή γεωμετρίας.
5. Λεπτομέρειες των ηλεκτρονικών ανίχνευσης και καταγραφής συμβάντων.
6. Στοιχεία ανιχνευτικής κβαντικής απόδοσης ανιχνευτών
7. Ακριβής τρόπος έκθεσης
8. Λεπτομερής περιγραφή του τρόπου παραγωγής εξόδου (output)
9. Συνολικός χρόνος και τρόπος διενέργειας της προσομοίωσης
10. Λοιπά χρήσιμα στοιχεία

Όλα τα παραπάνω μπορούν να περιληφθούν σε ένα αρχείο τύπου txt. Για ιστορικούς λόγους συνήθως χωρίζονται σε ομάδες εντολών (blocks), όπου κάθε ομάδα εντολών επιτελεί και κάποιο ανεξάρτητο έργο. Τα αρχεία txt της πλατφόρμας GATE πρέπει να έχουν την κατάληξη .mac, υποδηλώνοντας έτσι κώδικα GATE. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα ενός απλό αρχείου εκτέλεσης το οποίο καταδεικνύει χαρακτηριστικά τα βήματα 1-10. Το συγκεκριμένο αρχείο αποτελεί παράδειγμα προσομοίωσης ολοκληρωμένου συστήματος PET που υπάρχει στα αρχεία παραδειγμάτων.

```
#-----οοοοοΟΟΟΟΟ000000ΟΟΟΟΟοοοοο-----#
#
#   DEFINE YOUR SCANNER AND
#   YOUR COMPLETE SIMULATION
#   FOR IMAGING APPLICATIONS
#
#-----οοοοοΟΟΟΟΟ000000ΟΟΟΟΟοοοοο-----#
#
#=====
# VISUALISATION
#=====
#/vis/disable
#
/vis/open          OGLSX
```

```

/vis/viewer/set/viewpointThetaPhi 60 60
/vis/viewer/zoom 6.0
/vis/drawVolume
/tracking/storeTrajectory 1
/vis/scene/add/trajectories
/vis/scene/endOfEventAction accumulate
#
/control/execute Verbose.mac
#
#=====
# GEOMETRY
#=====
#
#
/gate/geometry/setMaterialDatabase GateMaterials.db
#
#
# WORLD
#
/gate/world/geometry/setXLength 400. cm
/gate/world/geometry/setYLength 400. cm
/gate/world/geometry/setZLength 400. cm
#
#
#-----oooooOOOOO00000OOOOOooooo-----#
# #
# DEFINITION AND DESCRIPTION #
# OF YOUR PET DEVICE #
# #
#-----oooooOOOOO00000OOOOOooooo-----#
#
# CYLINDRICAL
/gate/world/daughters/name cylindricalPET
/gate/world/daughters/insert cylinder
/gate/cylindricalPET/placement/setTranslation 0.0 0.0 0.0 cm
/gate/cylindricalPET/geometry/setRmax 52.0 cm
/gate/cylindricalPET/geometry/setRmin 39.9 cm
/gate/cylindricalPET/geometry/setHeight 40.2 cm
/gate/cylindricalPET/setMaterial Air
/gate/cylindricalPET/vis/forceWireframe
/gate/cylindricalPET/vis/setColor white
#
# HEAD
/gate/cylindricalPET/daughters/name head
/gate/cylindricalPET/daughters/insert box
/gate/head/placement/setTranslation 44.0 0.0 0.0 cm
/gate/head/geometry/setXLength 8 cm
/gate/head/geometry/setYLength 32 cm
/gate/head/geometry/setZLength 40 cm
/gate/head/setMaterial Air
/gate/head/vis/setVisible 0
#
# BLOCK

```

```

/gate/head/daughters/name          block
/gate/head/daughters/insert        box
/gate/block/placement/setTranslation 0.0 0.0 0.0 cm
/gate/block/geometry/setXLength     30 mm
/gate/block/geometry/setYLength     16 mm
/gate/block/geometry/setZLength     20 mm
/gate/block/setMaterial              Air
/gate/block/vis/setVisible          0
#
#   C R Y S T A L
/gate/block/daughters/name          crystal
/gate/block/daughters/insert        box
/gate/crystal/placement/setTranslation 0.0 0.0 0.0 cm
/gate/crystal/geometry/setXLength   30 mm
/gate/crystal/geometry/setYLength   3.0 mm
/gate/crystal/geometry/setZLength   3.8 mm
/gate/crystal/setMaterial            Air
/gate/crystal/vis/setVisible        0
#
#   LSO layer
/gate/crystal/daughters/name        LSO
/gate/crystal/daughters/insert      box
/gate/LSO/placement/setTranslation  -0.75 0.0 0.0 cm
/gate/LSO/geometry/setXLength       15 mm
/gate/LSO/geometry/setYLength       3.0 mm
/gate/LSO/geometry/setZLength       3.8 mm
/gate/LSO/setMaterial                LSO
/gate/LSO/vis/setColor               red
#
#   BGO layer
/gate/crystal/daughters/name        BGO
/gate/crystal/daughters/insert      box
/gate/BGO/placement/setTranslation  +0.75 0.0 0.0 cm
/gate/BGO/geometry/setXLength       15 mm
/gate/BGO/geometry/setYLength       3.0 mm
/gate/BGO/geometry/setZLength       3.8 mm
/gate/BGO/setMaterial                BGO
/gate/BGO/vis/setColor               yellow
#
#   R E P E A T   C R Y S T A L
/gate/crystal/repeaters/insert      cubicArray
/gate/crystal/cubicArray/setRepeatNumberX 1
/gate/crystal/cubicArray/setRepeatNumberY 5
/gate/crystal/cubicArray/setRepeatNumberZ 5
/gate/crystal/cubicArray/setRepeatVector 0.0 3.2 4.0 mm
#
#   R E P E A T   B L O C K
/gate/block/repeaters/insert        cubicArray
/gate/block/cubicArray/setRepeatNumberX 1
/gate/block/cubicArray/setRepeatNumberY 20
/gate/block/cubicArray/setRepeatNumberZ 20
/gate/block/cubicArray/setRepeatVector 0.0 1.6 2.0 cm
#

```

```

# REPEAT HEAD
/gate/head/repeaters/insert          ring
/gate/head/ring/setRepeatNumber     4
#
# ATTACH SYSTEM
/gate/systems/cylindricalPET/rsector/attach  head
/gate/systems/cylindricalPET/module/attach  block
/gate/systems/cylindricalPET/crystal/attach crystal
/gate/systems/cylindricalPET/layer0/attach  LSO
/gate/systems/cylindricalPET/layer1/attach  BGO
#
# ATTACH CRYSTAL SD
/gate/LSO/attachCrystalSD
/gate/BGO/attachCrystalSD
#
/gate/systems/cylindricalPET/describe
#
/gate/cylindricalPET/moves/insert      orbiting
/gate/cylindricalPET/orbiting/setSpeed  30 deg/s
/gate/cylindricalPET/orbiting/setPoint1  0 0 0 cm
/gate/cylindricalPET/orbiting/setPoint2  0 0 1 cm
#
#=====
# PHANTOM
#=====
#
#/gate/world/daughters/name           phantom
#/gate/world/daughters/insert         box
#
#/gate/phantom/geometry/setXLength    10 cm
#/gate/phantom/geometry/setYLength    10 cm
#/gate/phantom/geometry/setZLength    10 cm
#/gate/phantom/setMaterial            Water
#/gate/phantom/vis/forceSolid
#/gate/phantom/vis/setColor           blue
#
#/gate/phantom/attachPhantomSD
#
#
#=====
# PHYSICS
#=====
#
/gate/physics/addProcess PhotoElectric
/gate/physics/processes/PhotoElectric/setModel StandardModel
#
/gate/physics/addProcess Compton
/gate/physics/processes/Compton/setModel StandardModel
#
/gate/physics/addProcess RayleighScattering
/gate/physics/processes/RayleighScattering/setModel PenelopeModel
#
/gate/physics/addProcess ElectronIonisation
/gate/physics/processes/ElectronIonisation/setModel StandardModel e-

```

```

/gate/physics/processes/ElectronIonisation/setModel StandardModel e+
#
/gate/physics/addProcess Bremsstrahlung
/gate/physics/processes/Bremsstrahlung/setModel StandardModel e-
/gate/physics/processes/Bremsstrahlung/setModel StandardModel e+
#
/gate/physics/addProcess PositronAnnihilation
#
/gate/physics/addProcess MultipleScattering e+
/gate/physics/addProcess MultipleScattering e-
#
/gate/physics/processList Enabled
/gate/physics/processList Initialized
#
#=====
# CUTS
#=====
#
/gate/physics/Gamma/SetCutInRegion      LSO 1.0 cm
/gate/physics/Electron/SetCutInRegion   LSO 1.0 cm
/gate/physics/Positron/SetCutInRegion    LSO 1.0 cm
#
/gate/physics/Gamma/SetCutInRegion      BGO 1.0 cm
/gate/physics/Electron/SetCutInRegion   BGO 1.0 cm
/gate/physics/Positron/SetCutInRegion    BGO 1.0 cm
#
#/gate/physics/Gamma/SetCutInRegion     phantom 0.1 mm
#/gate/physics/Electron/SetCutInRegion  phantom 0.1 mm
#/gate/physics/Positron/SetCutInRegion   phantom 0.1 mm
#
#/gate/physics/SetMaxStepSizeInRegion    phantom 0.01 mm
#
#=====
# INITIALISATION
#=====
#
/gate/run/initialize
#
#=====
# Show how the geometry moves with time
#=====
#
/control/execute          MoveVisu.mac
#
#=====
# D I G I T I Z E R: DETECTOR ELECTRONIC RESPONSE
#=====
#
/gate/digitizer/Singles/insert          adder
/gate/digitizer/Singles/insert          readout
/gate/digitizer/Singles/readout/setDepth 1
#
/gate/digitizer/Singles/insert          blurring
/gate/digitizer/Singles/blurring/setResolution 0.26

```



```

/gate/digitizer/Singles/blurring/setEnergyOfReference 511. keV
#
/gate/digitizer/Singles/insert                thresholder
/gate/digitizer/Singles/thresholder/setThreshold 350. keV
/gate/digitizer/Singles/insert                upholder
/gate/digitizer/Singles/upholder/setUphold    650. keV
#
#
#
#=====
#  COINCIDENCE SORTER
#=====
#
/gate/digitizer/Coincidences/setWindow        10. ns
#
/gate/digitizer/name                          delay
/gate/digitizer/insert                       coincidenceSorter
/gate/digitizer/delay/setWindow              10. ns
/gate/digitizer/delay/setOffset              500. ns
#
#=====
#  PARTICLE SOURCE
#=====
#
#
/gate/source/addSource                        posiC11
#
#/gate/source/posiC11/gps/particle            e+
#/gate/source/posiC11/gps/energytype         Carbon11
/gate/source/posiC11/setType backtoback
#
# The particles emitted by the source are gammas
/gate/source/posiC11/gps/particle gamma
#
# The gammas have an energy of 511 keV
/gate/source/posiC11/gps/energytype Mono
/gate/source/posiC11/gps/monoenergy 0.511 MeV
#
/gate/source/posiC11/setActivity               100 becquerel
#
/gate/source/posiC11/setForcedUnstableFlag    true
/gate/source/posiC11/setForcedHalfLife        1223 s
/gate/source/posiC11/gps/angtype              iso
#
/gate/source/posiC11/visualize red
#
/gate/source/list
#
#=====
#  DATA OUTPUT
#=====
#
/gate/output/root/enable
/gate/output/root/setFileName                 MyRootFile

```

```

/gate/output/root/setRootHitFlag          0
/gate/output/root/setRootSinglesFlag      1
/gate/output/root/setRootCoincidencesFlag 1
/gate/output/root/setRootdelayFlag        1
#
#=====
# RANDOM ENGINE AND SEED
#=====
# JamesRandom Ranlux64 MersenneTwister
/gate/random/setEngineName JamesRandom
#/gate/random/setEngineSeed default
#/gate/random/setEngineSeed auto
#/gate/random/setEngineSeed 123456789
/gate/random/setEngineSeed default
#/gate/random/resetEngineFrom fileName
/gate/random/verbose 1
#=====
# MEASUREMENT SETTINGS
#=====
#
/gate/application/setTimeSlice             1 s
/gate/application/setTimeStart             0 s
/gate/application/setTimeStop              6 s
#
#/gate/application/startDAQ

```

Αρχικά καλείται το αρχείο GateMaterials.db το οποίο περιέχει λεπτομέρειες για τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην προσομοίωση. Αν ένα υλικό δεν βρίσκεται στη βάση δεδομένων, η εκτέλεση αποτυγχάνει. Η βάση δεδομένων των υλικών της πλατφόρμας GATE είναι ένα αρχείο που περιλαμβάνει δύο ειδών καταχωρίσεις. Διακρίνεται στα στοιχεία και τα υλικά. Τα στοιχεία καθορίζονται με το όνομά, το σύμβολο, τον ατομικό αριθμό και την ατομική μάζα. Για τα υλικά δίνεται η πυκνότητάς τους (d), ο αριθμός των στοιχείων που περιλαμβάνουν (n) και η φυσική κατάστασή (liquid, gas, solid). Στα παραδείγματα της πλατφόρμας GATE τμήματα του ανθρώπινου σώματος, όπως ο εγκέφαλος, η λέμφο και η καρδιά,

καθορίζονται ως μείγμα στοιχείων. Τέλος, για κάθε υλικό δίνονται τα επιμέρους στοιχεία του και για κάθε στοιχείο το ποσοστό πρόσμιξης.

Θεμελιώδες στοιχείο της προσομοίωσης με την πλατφόρμα GATE είναι ο κόσμος (world) εντός του οποίου δημιουργείται η προσομοίωση. Οτιδήποτε έξω από τον κόσμο δεν προσομοιώνεται. Για το λόγο αυτό πρέπει να έχει διαστάσεις συγκρίσιμες με το υπό μελέτη σύστημα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα που προσομοιώνεται ένα σύστημα τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίου (PET), ο κόσμος τις διαστάσεις τμήματος του δωματίου διάγνωσης. Ο κόσμος καθορίζεται από τις τρεις χωρικές του διαστάσεις, X, Y, Z και το υλικό του. Ο κόσμος διέπεται από δένδροειδή δομή ιεραρχίας. Σύμφωνα με τη δομή αυτή, ο κόσμος διακρίνεται σε γεωμετρικά στοιχεία που έκαστο χαρακτηρίζεται ως γόνος (daughter) του προηγούμενης δομής. Για παράδειγμα, στον κώδικα

```
#Cube
/gate/world/daughters/name      box
/gate/world/daughters/insert    box
/gate/box/geometry/setXLength   40 cm
/gate/box/geometry/setYLength   40 cm
/gate/box/geometry/setZLength   40 cm
/gate/box/placement/setTranslation 0 0 25 cm
/gate/box/setMaterial           Water
/gate/box/vis/setVisible        1
/gate/box/vis/setColor          blue
#Cylinder
/gate/box/daughters/name        cylinder
/gate/box/daughters/insert      cylinder
/gate/cylinder/setMaterial       material
/gate/cylinder/geometry/setRmin  8 cm
/gate/cylinder/geometry/setRmax  15 cm
/gate/cylinder/geometry/setHeight 40 cm
/gate/cylinder/placement/setTranslation 0 0 0 cm
/gate/cylinder/setMaterial       Air
/gate/cylinder/vis/setVisible    1
/gate/cylinder/vis/setColor      white
```

ορίζεται ένας κύβος νερού (γόνος) μέσα στον οποίο υπάρχει ένας κύλινδρος αέρα. Ο κύλινδρος ορίζεται ως γόνος του κύβου. Επισημαίνεται ότι ο κύβος έχει τοποθετηθεί με κέντρο σε αναφορά με τις συντεταγμένες του κόσμου, ενώ ο κύλινδρος με κέντρο σε αναφορά με αυτές του κύβου. Η δένδροειδής ιεραρχία του κόσμου στο GATE είναι πολύ χρήσιμη και απλουστεύει σημαντικά τη διαδικασία τοποθέτησης των γεωμετρικών και μετρητικών στοιχείων στο χώρο. Τα γεωμετρικά στοιχεία έκαστης προσομοίωσης μπορούν να περιγραφούν ως μεμονωμένα στοιχεία ή ως άθροισμα επιμέρους στοιχείων. Έκαστο γεωμετρικό στοιχείο μπορεί να τοποθετηθεί με επανάληψη στο χώρο. Μπορεί επίσης να κινείται. Πολύπλοκες κινήσεις και θέσεις στο χώρο προαπαιτούν ανάλυση σε ξεχωριστό αρχείο.

Οι φυσικές διεργασίες καθορίζονται μέσω του καταλόγου φυσικής (physics list). Στον κατάλογο αυτόν κάθε πιθανή διεργασία ορίζεται ως "διαθέσιμη" (available), "ενεργοποιημένη" (enabled), ή "σε εκκίνηση" (initialized). Για να χρησιμοποιηθεί μία φυσική διεργασία, πρέπει να "εκκινηθεί", δηλαδή να βρεθεί στην κατάσταση "initialized". Αρχικά, όλες οι διεργασίες είναι απλά διαθέσιμες, "Available". Η ενεργοποίηση γίνεται με την εντολή

```
/gate/physics/addProcess [Process] [Particle].
```

όπου στο πεδίο [Particle] ορίζεται το σωματίδιο για το οποίο θα χρησιμοποιηθεί η διεργασία. Στη συνέχεια ορίζεται το μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί, με την εντολή

```
/gate/physics/processes/[Process Name]/setMode [Model].
```

Επιπρόσθετα, μπορεί να οριστεί η μέγιστη και ελάχιστη ενέργεια για την οποία θα πραγματοποιείται η διεργασία, με τις εντολές

`/gate/physics/processes/[Process Name]/[Model Name]/setEmax [Value] [Unit]`

`/gate/physics/processes/[Process Name]/[Model Name]/setEmin [Value] [Unit]` .

Για κάθε διεργασία υπάρχουν ποικίλα διαθέσιμα μοντέλα.

Π1.4.4.Αποτελέσματα

Παρακάτω παρουσιάζονται χαρακτηριστικά αποτελέσματα διακριτά για κώδικες μέσω εφαρμογής (α) GNU fortran και Microsoft fortran και GNU g++ (β) EGSnrcMP και (γ) GATE.

Π1.4.4.1.Κώδικες GNU fortran, Microsoft fortran και GNU g++

Οι κώδικες GNU fortran, Microsoft fortran και GNU g++ αναπτύχθηκαν για σπινθηριστές που χρησιμοποιούνται ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ιατρική απεικόνιση. Οι συστάσεις των σπινθηριστών του εδαφίου 4.1. φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1: Φυσικά χαρακτηριστικά σπινθηριστών του παρόντος εδαφίου

Υλικό	Πυκνότητα (g cm ⁻³)	Υλικό Υψηλού Ατομικού Αριθμού και Ενέργεια φλοιού K (keV)
YAlO ₃	5.37	Y : Z ¼ 39, K ¼
(YAP)		17.038

Y ₃ Al ₅ O ₁₂ (YAG)	4.15	Y : Z ¼ 39, K ¼ 17.038
LuSiO ₅ (LSO)	7.40	Lu: Z ¼ 71, K ¼ 63.316
LuAlO ₃ (LuAP)	8.30	Lu: Z ¼ 71, K ¼ 63.316
Gd ₂ SiO ₅ (GSO)	6.71	Gd: Z ¼ 64, K ¼ 50.239
Gd ₂ O ₂ S (GOS)	7.34	Gd: Z ¼ 64, K ¼ 50.239
ZnS	4.09	Zn: Z ¼ 30, K ¼ 9.659

Οι σπινθηριστές με βάση το Ύτριο (YAP και YAG) είναι μέσης έως χαμηλής πυκνότητας (5.37 g cm³ και 4.15 g cm³) και έχουν σχετικά χαμηλό ατομικό αριθμό. Ωστόσο το φάσμα οπτικής εκπομπής τους, όταν ενισχύονται με ενεργοποιητή Ce είναι συμβατό με την καμπύλη φασματικής ευαισθησίας των υπαρχόντων οπτικών ανιχνευτών. Μέχρι τώρα τα YAP και YAG έχουν χρησιμοποιηθεί σε ποικίλες εφαρμογές από τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (YAP), σε ηλεκτρονική μικροσκοπία (YAG) και χαμηλής ενέργειας ανιχνευτές ακτινοβολίας ακτίνων X (YAG). Υλικά με βάση το Γαδολίνιο (GSO) και το Λουτήσιο (LSO, LuAP) έχουν χρησιμοποιηθεί, ή έχουν μελετηθεί για χρήση, σε τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων. Οι σπινθηριστές αυτοί είναι πολύ ελκυστικοί για ιατρικές εφαρμογές απεικόνισης ακτίνων X, λόγω του υψηλού ατομικού τους

αριθμού και την πυκνότητα τους. Από την άλλη, το GOS είναι ένας πολύ γνωστός και αποτελεσματικός σπινθηριστής, ο οποίος έχει χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών απεικονίσεων ακτίνων Χ, όπως η συμβατική ακτινογραφία ($Gd_2O_2S: Tb$), η ψηφιακή ραδιογραφία ($Gd_2O_2S:Tb$, $Gd_2O_2S:Eu$) και η αξονική τομογραφία ($Gd_2O_2S:Pr$ ή $Gd_2O_2S:Pr, Ce, F$). Ο ZnS είναι ένας παραδοσιακός σπινθηριστής που παρουσιάζει πολύ υψηλή ενδογενή ικανότητα μετατροπής (25%) η οποία έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μονάδες απεικόνισης, σε ακτινοσκοπική απεικόνιση με χρήση ενισχυτών και σε πολλές εφαρμογές μη απεικονιστικής ανίχνευσης ακτινοβολίας (ZnS: Ag, ZnS: Cu κλπ.)

Οι κύριες παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν η αποτελεσματικότητα της απορρόφησης της προσπίπτουσας ενέργειας (EAIE) και η αποδοτικότητα της κβαντικής απορρόφησης (QAE). Η EAIE ενός σπινθηριστή ορίζεται ως το κλάσμα της ενέργειας των φωτονίων που έχουν απορροφηθεί πλήρως μέσα σε ένα μπλοκ σπινθηριστή επί την συνολική προσπίπτουσα ενέργεια. Η EAIE περιλαμβάνει όλους τους μηχανισμούς της απόθεσης ενέργειας στο εσωτερικό της μάζας του σπινθηριστή. Η EAIE είναι ένα μέτρο της απορροφούμενης ενέργειας και αντιπροσωπεύει την απόδοση ενός ανιχνευτή για να συλλάβει το ωφέλιμο X-ray-imaging σήμα. Οι EAIE κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Συνολικά απορροφούμενη-EAIE: ποσοστό απορροφούμενης ενέργειας ως προς την προσπίπτουσα ενέργεια λόγω κάθε τύπου μηχανισμών απορρόφησης, όπως, φωτοηλεκτρόνια που εκτινάχθηκαν μετά από ένα

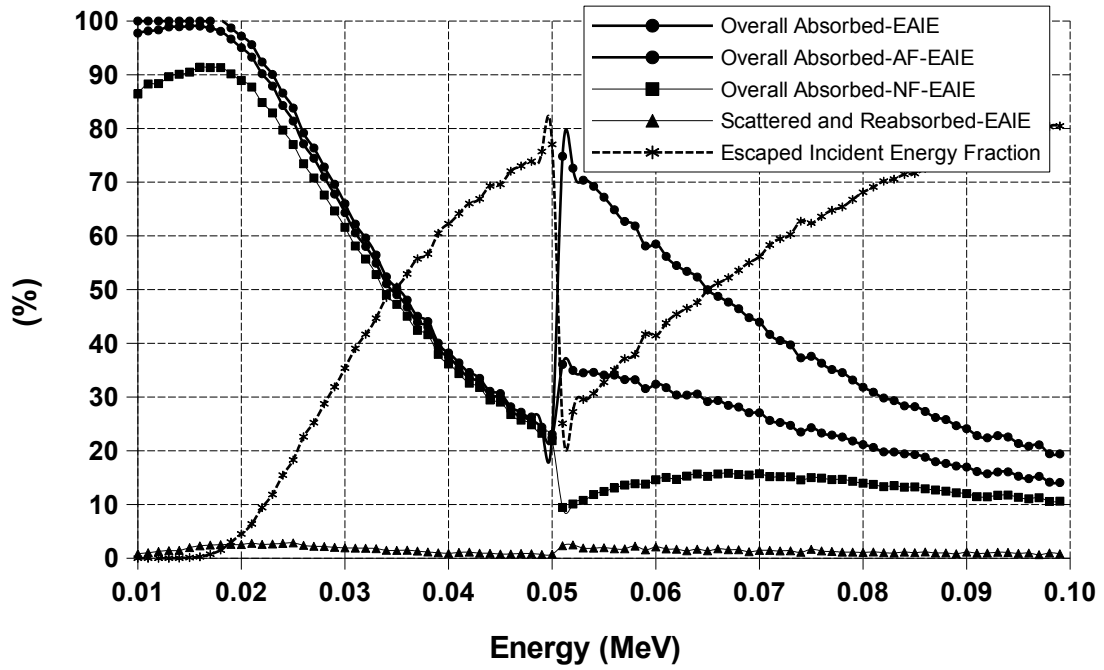
- φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, ηλεκτρόνια που εκτινάχθηκαν μετά από ένα συμβάν Compton, και ηλεκτρόνια Auger που εκτινάχθηκαν μετά από μεταβάσεις φθορισμού ακολουθούμενες από φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Η κατηγορία αυτή συνοδεύεται από δύο πρόσθετες κατηγορίες:
- i. overall-AF-EAIE: θεωρώντας ότι η ακτινοβολία φθορισμού (AF) έχει πλήρως απορροφηθεί εντός του σπινθηριστή, και
 - ii. overall -NF-EAIE: θεωρώντας ότι καμία ακτινοβολία φθορισμού (NF) δεν απορροφήθηκε στον σπινθηριστή, με αποτέλεσμα να διαφύγει.
2. Σκεδαζόμενη και επαναπορροφούμενη-EAIE: ποσοστό ενέργειας ως προς την προσπίπτουσα ενέργεια που απορροφάται μετά από ένα ή πολλαπλά συμβάντα σκέδασης των πρωτογενών φωτονίων.
 3. Με δημιουργία φθορισμού: ποσοστό ενέργειας ως προς την προσπίπτουσα ενέργεια που μεταφέρεται στα χαρακτηριστικά φωτόνια φθορισμού μετά από φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.
 4. Με επαναπορρόφηση φθορισμού-EAIE: ποσοστό ενέργειας ως προς την προσπίπτουσα ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή φωτονίων φθορισμού που απορροφώνται εντός του σπινθηριστή.

Το **Σχήμα 12 (α-στ)** παρουσιάζει χαρακτηριστικά αποτελέσματα τρόπων ανακατανομής της προσπίπτουσας ενέργειας φωτονίων στο εσωτερικό ή διαμέσω μοντέλων σπινθηριστή πάχους $100 \text{ mg}\cdot\text{cm}^2$ και σύνθεσης διαφόρων

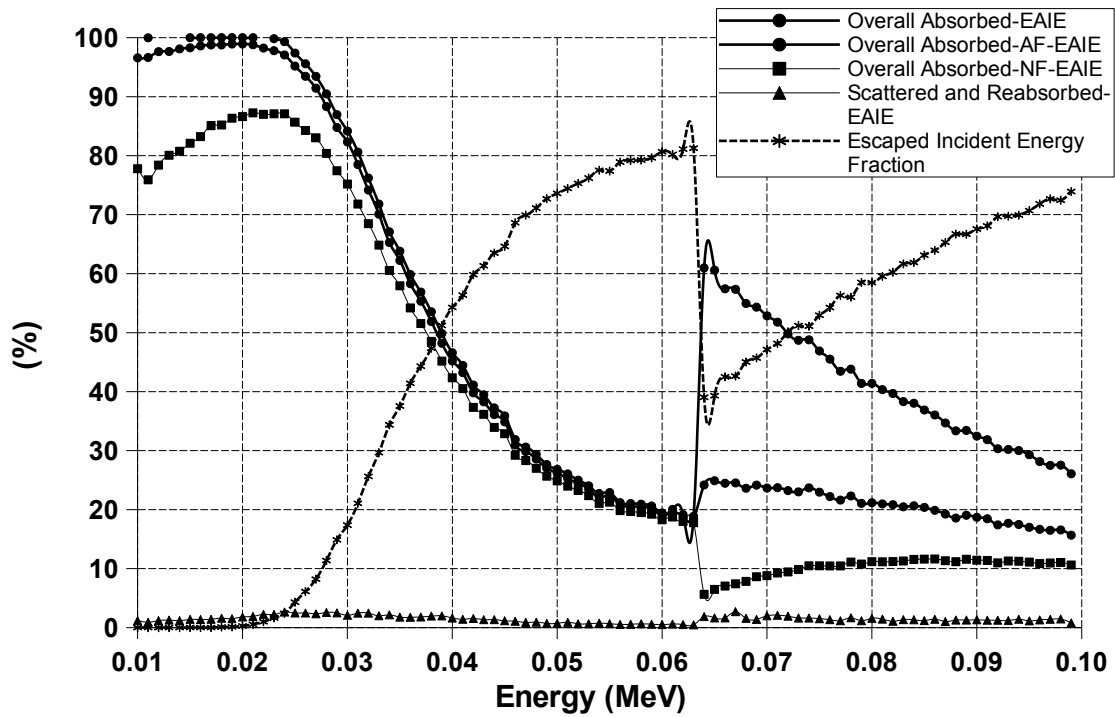
σύγχρονων υλικών. Το κάθε σχήμα παρουσιάζει την παράμετρο EAIE προκειμένου για πρωτογενή ακτινοβολία.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από το **Σχήμα 12**, η συνολική EAIE κάθε σπινθηριστή, μειώνεται με την προσπίπτουσα ενέργεια φωτονίων μέχρι την τιμή της K φωτοηλεκτρικής αιχμής απορρόφησης του βαρύτερου στοιχείου του υλικού του σπινθηριστή. Σε αυτήν την ενέργεια, η ολική EAIE παρουσιάζει απότομη αύξηση. Αυτό οφείλεται στην ξαφνική αύξηση της φωτοηλεκτρικής απορρόφησης στο φλοιό K. Για μεγαλύτερες ενέργειες η συνολική EAIE μειώνεται συνεχώς. Ειδικά για την περίπτωση του σπινθηριστή ZnS, αυτή η αύξηση βρίσκεται σε σχετικά χαμηλή ενέργεια (9.659 keV).

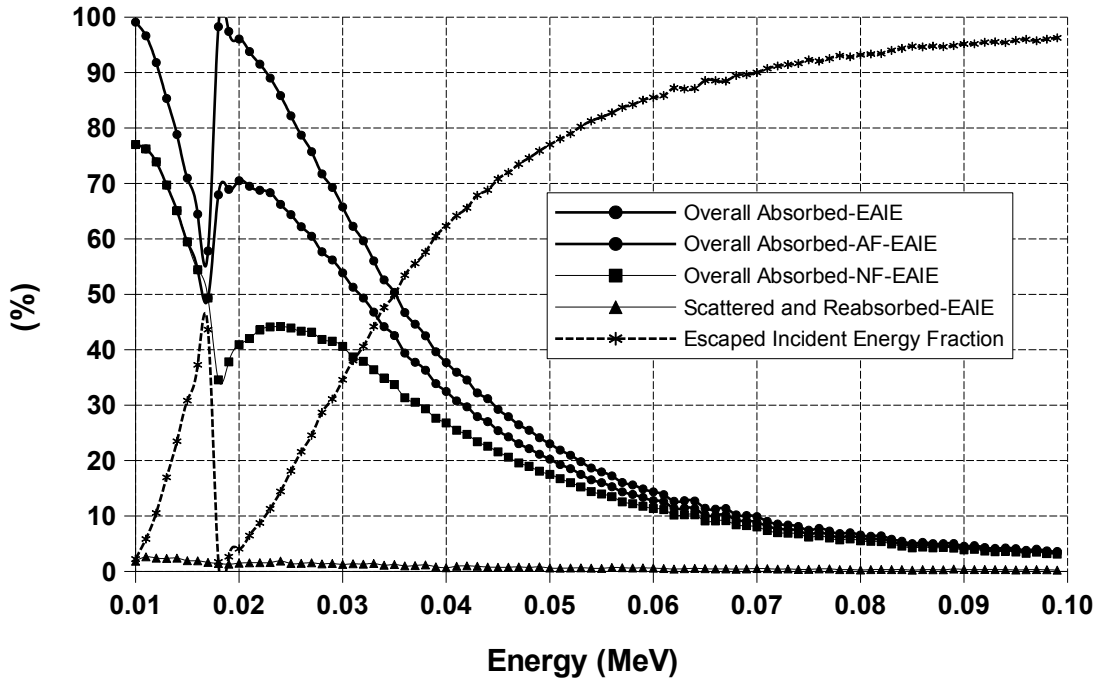
Η συνολική EAIE ενέργεια σπινθηριστών με πάχος επικάλυψης $80 \text{ mg}\cdot\text{cm}^2$, αν και δεν παρουσιάζεται, είναι χαμηλότερη από εκείνη των $100 \text{ mg}\cdot\text{cm}^2$ σε όλο το εύρος ενεργειών του **Σχήματος 12**. Στο ίδιο εύρος ενεργειών, η EAIE λόγω σκέδασης και η EIAE λόγω Επαναπορρόφησης είναι κάτω από το 3% της μέγιστης EAIE για κάθε σπινθηριστή του **Σχήματος 12**. Συνεπώς, τα προσπίπτοντα φωτόνια απορροφούνται κυρίως μέσω μιας μοναδικής φωτοηλεκτρικής απορρόφησης.



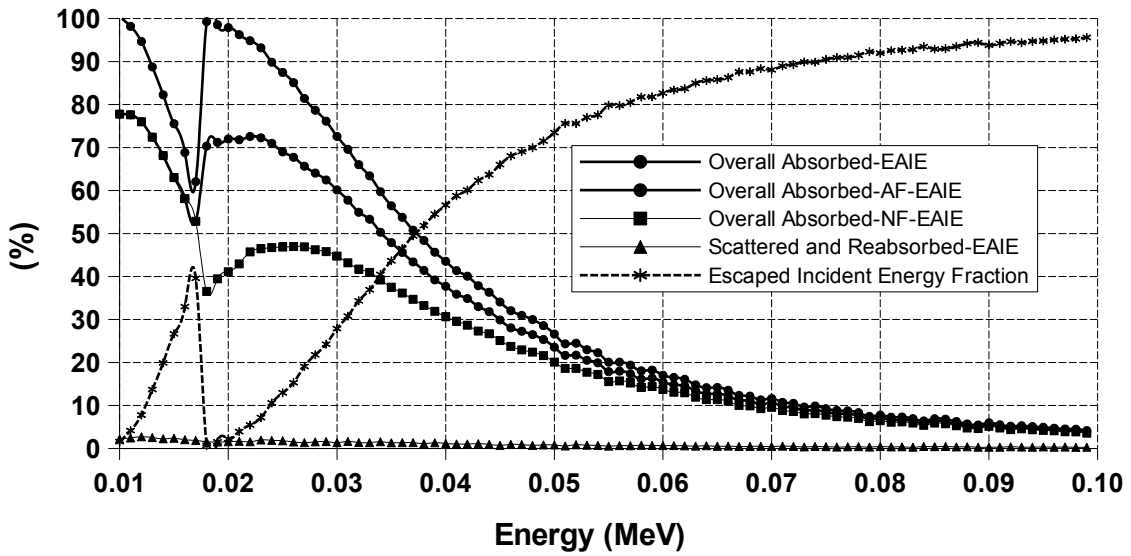
(α) GSO



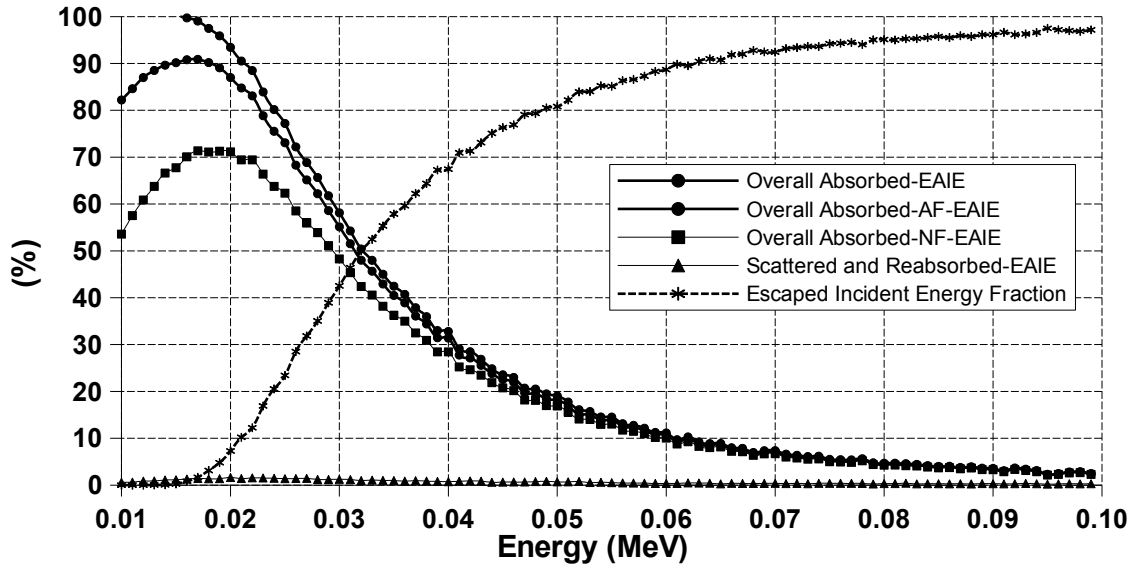
(β) GOS



(γ) LSO



(δ) YAP

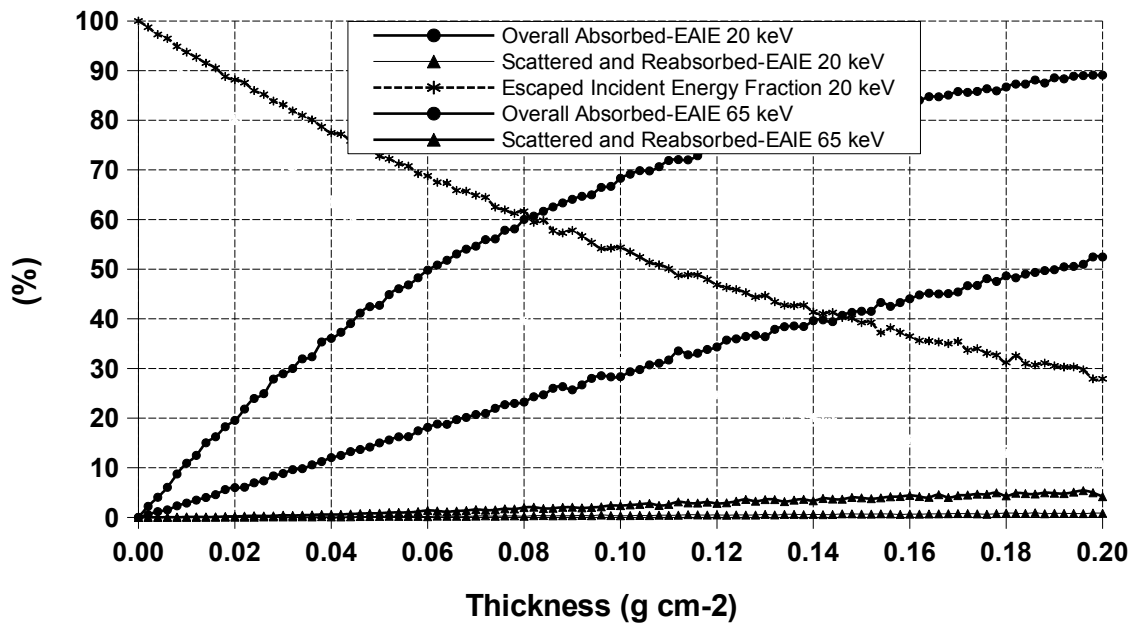
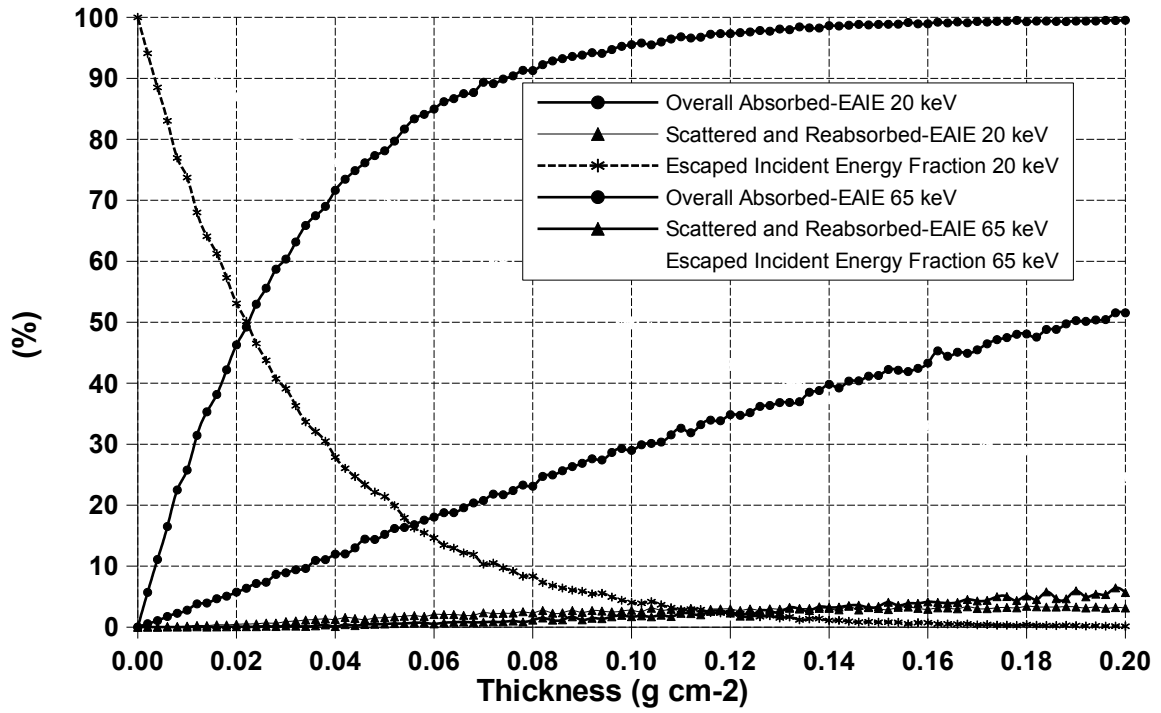


(ε) LuAP

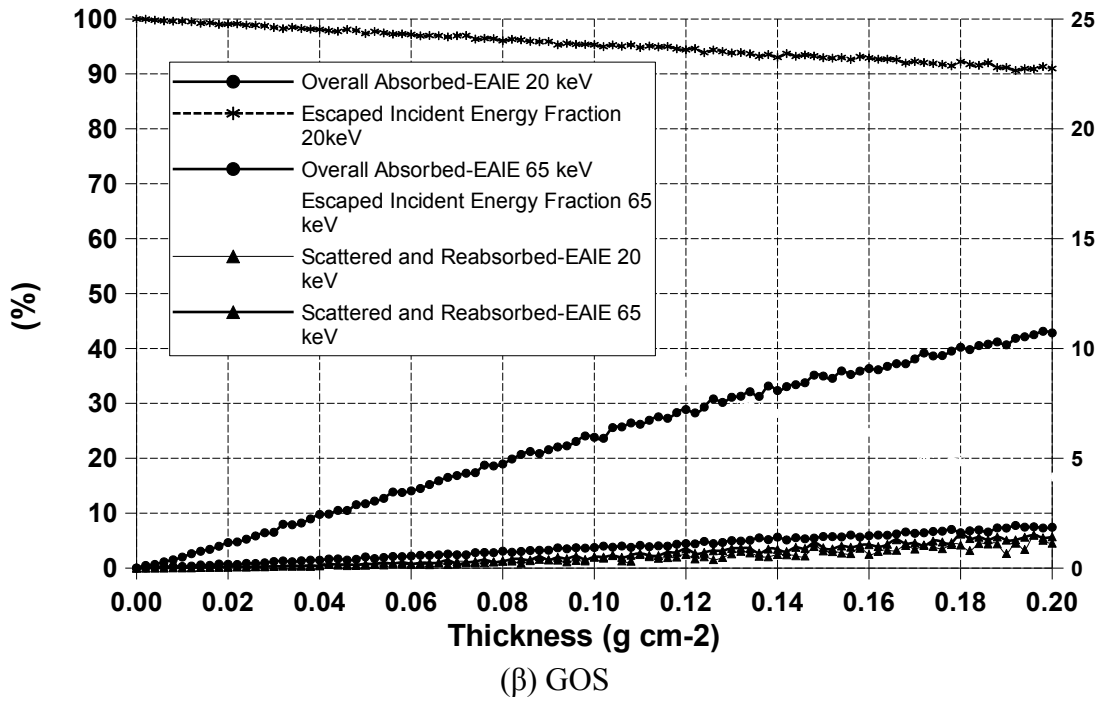
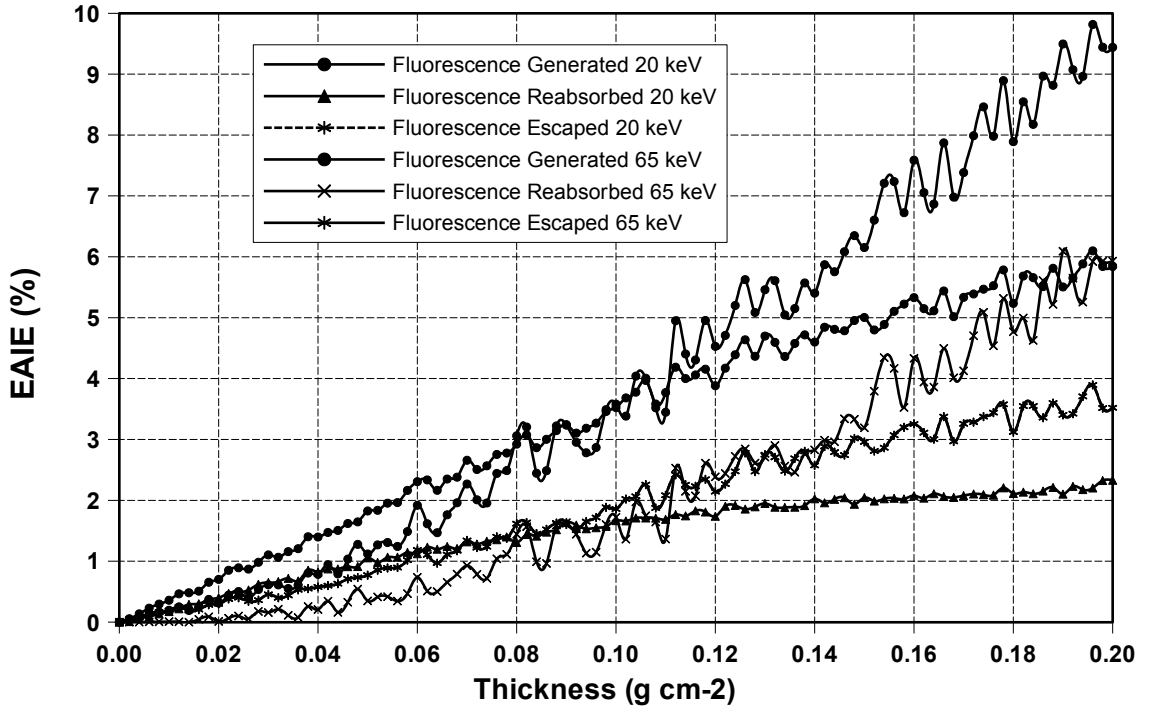
Σχήμα 12: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα προσομοιώσεων Monte-Carlo με κώδικες gfortran. Μοντέλο σπινθηριστή πάχους $100 \text{ mg}\cdot\text{cm}^2$. EAIE ως συνάρτηση της ενέργειας.

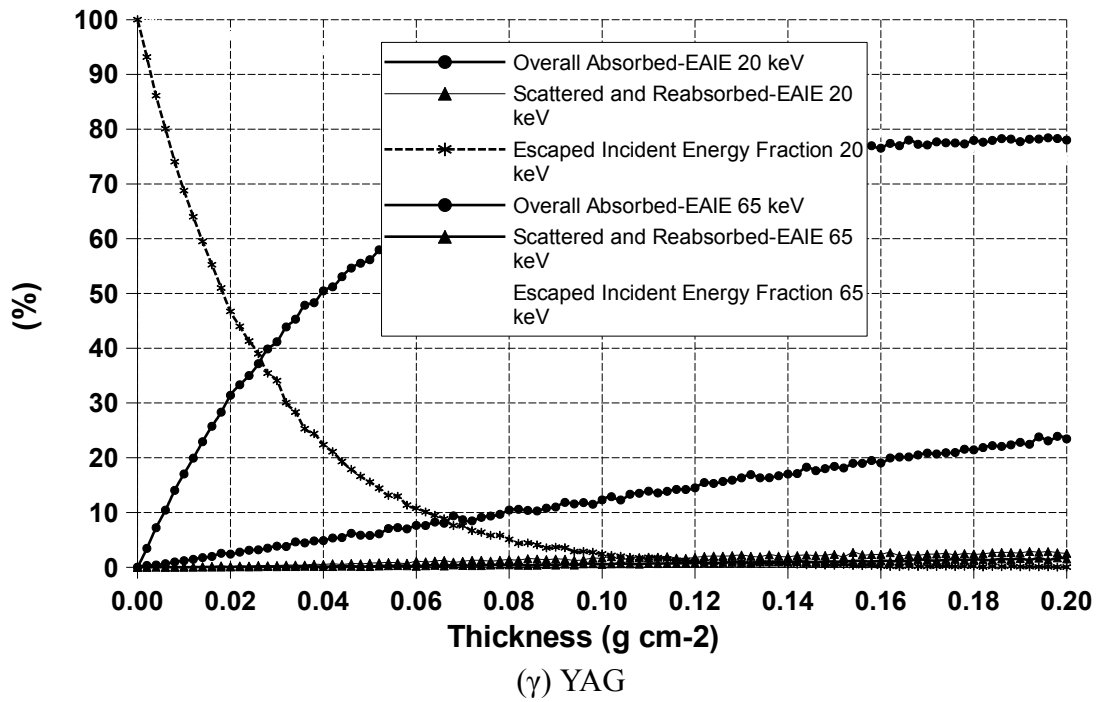
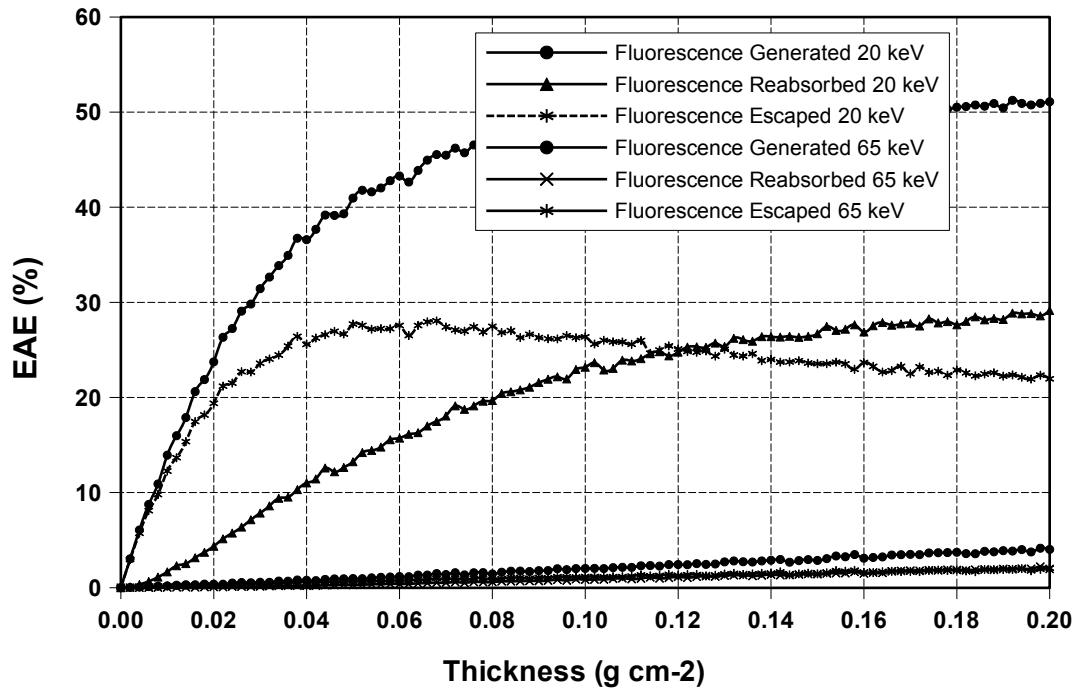
Παρατηρούνται διαφορές ανάμεσα στα σχήματα των καμπυλών της συνολικής – EAIE των σπινθηριστών του **Σχήματος 12**. Όπως χαρακτηριστικά δεικνύεται στο **Σχήμα 13**, για τους σπινθηριστές που βασίζονται στο Γαδολίνιο (GOS και GSO) και για ενέργειες κάτω των 20 keV, η συνολική Απορροφούμενη – EAIE είναι μεταξύ 99% και 95%. Ακριβώς κάτω από την K αιχμή του Gd (50,239 keV), αυτή η τιμή είναι 23% για το GOS και 22% για το σπινθηριστή GSO. Πάνω από αυτήν την K αιχμή οι τιμές της EAIE αυξάνονται απότομα στο 36% και στο 24% αντίστοιχα. Από εκεί και έπειτα πέφτουν, μέχρι και το 14% και για τους δύο σπινθηριστές στα 100 keV. Για τους σπινθηριστές που βασίζονται στο Λουτέσιο

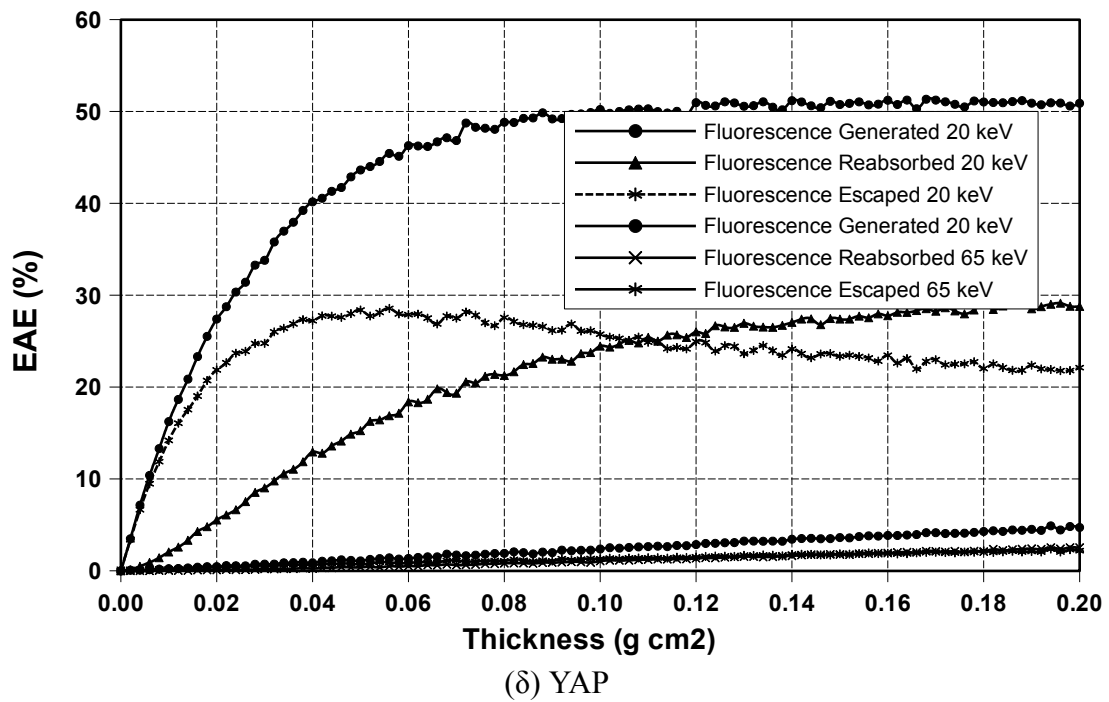
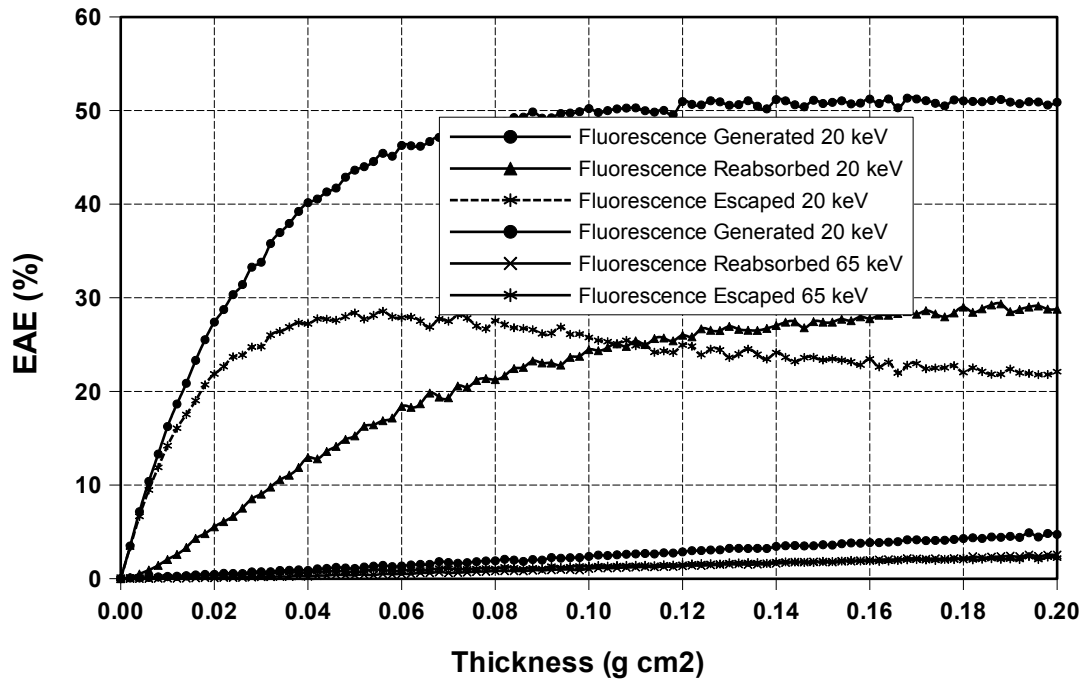
και για ενέργειες μέχρι 15 keV, η συνολική Απορροφούμενη – ΕΑΙΕ είναι ανάμεσα στο 97% και 99% για το LSO και ανάμεσα στο 96% και 98% για το LuAP. Η Ολική Απορροφούμενη – ΕΑΙΕ πέφτει συνεχώς, και για το LSO και για το LuAP, μέχρι το 17% μόλις κάτω από την Κ αιχμή του Lu (63,316 keV). Για μεγαλύτερες ενέργειες, αυξάνεται στο 24% για το LSO και 23% για το LuAP και πέφτει στο 15% στα 100 keV. Ειδικά ο σπινθηριστής LuAP, παρουσιάζει αύξηση μεγαλύτερης έντασης κοντά στην αρχή της αιχμής Κ του Lu λίγο πριν την αντίστοιχη αρχή της αιχμής Κ του Lu. Η συνολική Απορροφούμενη – ΕΑΙΕ των σπινθηριστών που βασίζονται στο Ύτριο, πέφτει από το 78% στο 53% για το YAG και στο 49% για το YAP μόλις κάτω από την Κ αιχμή του Ύτριου (17,038 keV). Μόλις πάνω από αυτή την Κ αιχμή ήταν 70% για το YAG και 67% για το YAP αντίστοιχα. Για μεγαλύτερες ενέργειες, πέφτει συνεχώς ως το 3% στα 100 keV και για τους δύο σπινθηριστές. Η συνολική Απορροφούμενη – ΕΑΙΕ του ZnS αυξάνεται από το 82% στα 10 keV στο 91% στα 15 keV και πέφτει συνεχώς έπειτα στο 2% στα 100 keV.

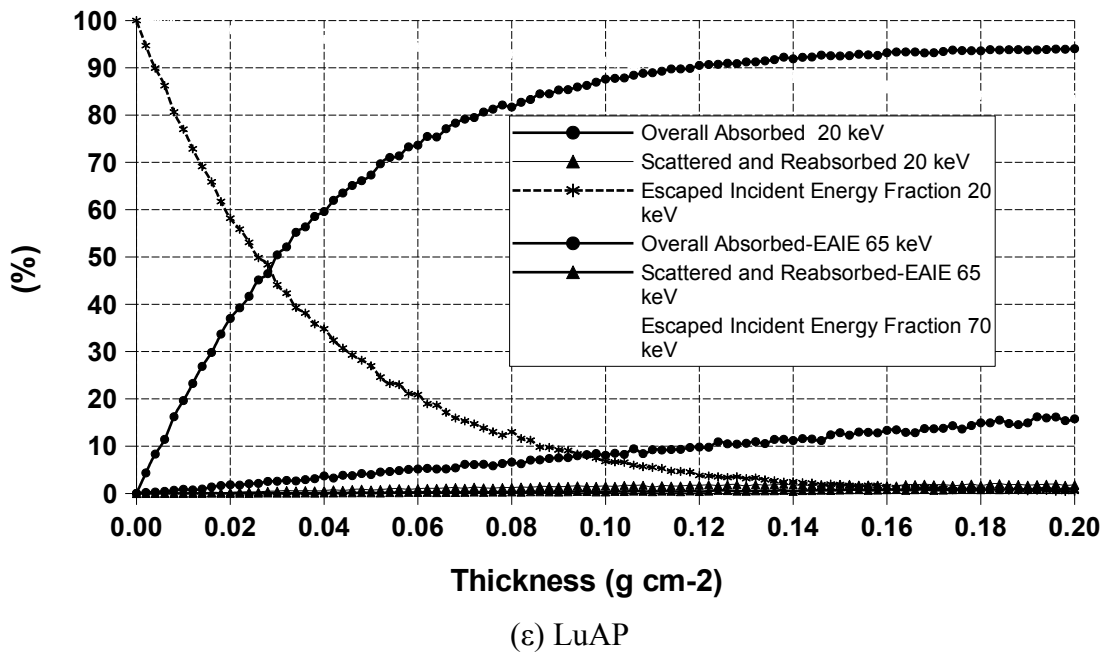
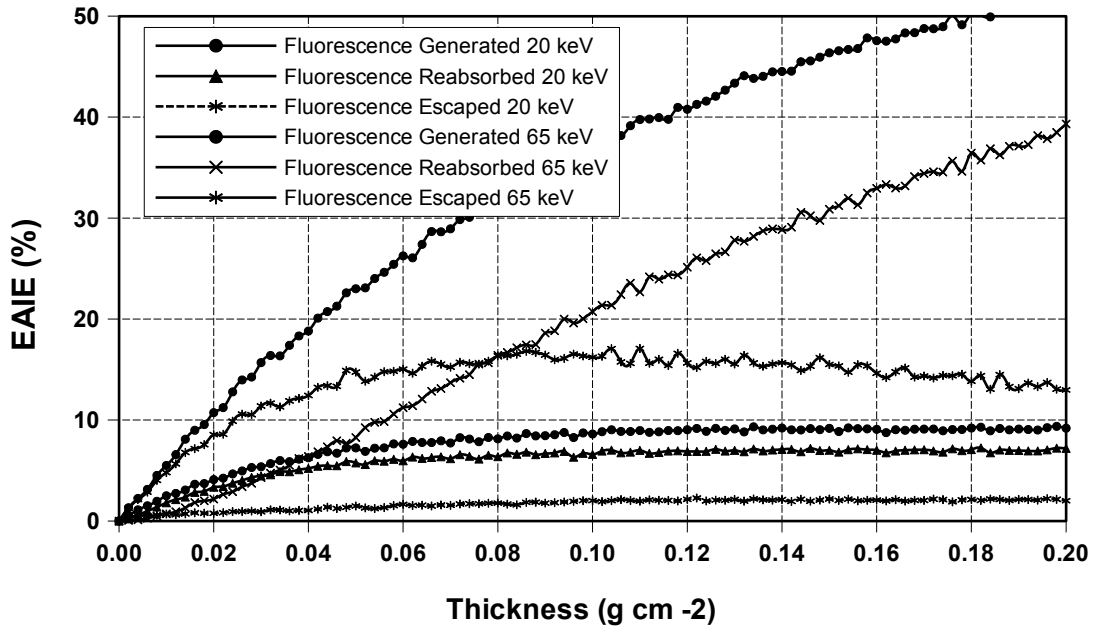


(α) GSO









Σχήμα 13: Διάφορες τιμές EAIE και ποσοστών επαναπορρόφησης ή διαφυγής ακτινοβολίας ως συνάρτηση του πάχους σπινθηριστών.

Όπως μπορεί να φανεί από το **Σχήμα 13**, η Παραγόμενη–ΕΑΙΕ ενέργεια Φθορισμού (Fluorescence Generated-EAIE) και οι τιμές Επαναπορροφούμενης–ΕΑΙΕ Φθορισμού (Fluorescence Reabsorbed-EAIE) είναι σχεδόν αμελητέες στο παρουσιαζόμενο εύρος ενεργειών. Επίσης, οι τιμές της συνολικής–ΕΑΙΕ και της παραγόμενης–ΕΑΙΕ Φθορισμού είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές της συνολικής Απορροφούμενης–ΕΑΙΕ (Overall Absorbed-EAIE) και της επαναπορροφούμενης –ΕΑΙΕ ενέργειας φθορισμού (Fluorescence Reabsorbed-EAIE). Κατά συνέπεια, ένα κλάσμα των παραγόμενων φωτονίων φθορισμού διαφεύγει από το σπινθηριστή. Αυτό το κλάσμα εξαρτάται από το υλικό του σπινθηριστή και από την προσπίπτουσα ενέργεια φωτονίου. Οι διαφορές ανάμεσα στην συνολική–ΕΑΙΕ και την Παραγόμενη–ΕΑΙΕ φθορισμού συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες τιμές της συνολικής Απορροφούμενης–ΕΑΙΕ και της Επαναπορροφούμενης–ΕΑΙΕ φθορισμού οφείλονται στη Διαφυγόμενη–ΕΑΙΕ Φθορισμού. Η συνεισφορά της τελευταίας είναι πιο σημαντική για ενέργειες πάνω από την αντίστοιχη Κ αιχμή αλλά η συνεισφορά της μειώνεται όταν αυξάνεται η ενέργεια. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι αυτή η συνεισφορά είναι μάλλον σταθερή και κάτω από το 1% καθώς η ενέργεια μειώνεται κάτω από την αντίστοιχη Κ αιχμή. Σημαντικό είναι επίσης ότι η πλειοψηφία των Κ και χαμηλότερου κελύφους χαρακτηριστικών φωτονίων φθορισμού που παράγονται απορροφώνται μέσα στον σπινθηριστή.

Για όλους του σπινθηριστές των **Σχημάτων 12** και **13**, η Παραγόμενη–ΕΑΙΕ Φθορισμού μειώνεται ως την αντίστοιχη Κ αιχμή, εμφανίσει μια πολύ ξαφνική αύξηση σ’ αυτή την Κ αιχμή και συνεχίσει να μειώνεται μέχρι τα 100 keV. Παρόμοια είναι η συμπεριφορά για την Επαναπορροφούμενη–ΕΑΙΕ Φθορισμού και για τη Διαφυγόμενη– ΕΑΙΕ Φθορισμού, η τελευταία για ενέργειες πάνω από την αντίστοιχη ενέργεια της Κ αιχμής.

Διαφοροποιήσεις εμφανίζονται μεταξύ σπινθηριστών στις τιμές της Παραγόμενης–ΕΑΙΕ Φθορισμού, της Επαναπορροφούμενης–ΕΑΙΕ Φθορισμού και της Διαφυγόμενης–ΕΑΙΕ Φθορισμού. Για τους σπινθηριστές που βασίζονται στο Γαδολίνιο, η Παραγόμενη–ΕΑΙΕ Φθορισμού και η Επαναπορροφούμενη–ΕΑΙΕ Φθορισμού είναι κατά μέσο 1% και για τους σπινθηριστές αυτούς μόλις κάτω από την Κ αιχμή (50,239 keV). Μόλις πάνω από αυτή την Κ αιχμή η Παραγόμενη–ΕΑΙΕ Φθορισμού είναι 54% για το GOS και 52% για το GSO, ενώ η Επαναπορροφούμενη–ΕΑΙΕ Φθορισμού είναι 39% για το GOS και 38% για το GSO αντίστοιχα. Για τους σπινθηριστές που βασίζονται στο Λουτέσιο η Παραγόμενη–ΕΑΙΕ Φθορισμού είναι 1% κάτω από την αντίστοιχη Κ αιχμή του Lu, ενώ 46% για LSP και 44% για LuAP μόλις πάνω από αυτή την αιχμή. Η Επαναπορροφούμενη–ΕΑΙΕ Φθορισμού είναι 1% κάτω από την αντίστοιχη Κ αιχμή του Lu και 37% για LSO και 35% για LuAP μόλις πάνω από αυτήν. Για τους σπινθηριστές που βασίζονται στο Ύτριο και μόλις κάτω από την αντίστοιχη Κ αιχμή του Y, η Παραγόμενη–ΕΑΙΕ Φθορισμού είναι 8% για YAG και 9% για YAP, ενώ η Επαναπορροφούμενη–ΕΑΙΕ Φθορισμού είναι 30% για YAG και 29% για

ΥΑΡ αντίστοιχα. Για τον ZnS σπινθηριστή και οι δύο παράμετροι μειώνονται συνεχώς από το 42% και 24% στα 10 keV αντίστοιχα σε αμελητέες τιμές στα περίπου 70 keV.

Στο εύρος ενέργειας κάτω από τις ενέργειες της αντίστοιχης K αιχμής, οι τιμές της Παραγόμενης–ΕΑΙΕ Φθορισμού και της Επαναπορροφούμενης–ΕΑΙΕ Φθορισμού, που αντιστοιχούν και οι δυο σε 1 – και χαμηλότερου κελύφους χαρακτηριστικά φωτόνια φθορισμού είναι σημαντικά χαμηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές πάνω από την K αιχμή. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η συνεισφορά της ακτινοβολίας φθορισμού στη συνολική Απορροφούμενη–ΕΑΙΕ οφείλεται, κυρίως στα K–χαρακτηριστικά φωτόνια. Αυτά τα θέματα δείχνουν επίσης ότι, πάνω από την K αιχμή, ένα σημαντικό μέρος της Ολικής Απορροφούμενης–ΕΑΙΕ οφείλεται στην επαναπορρόφηση της K–χαρακτηριστικής ακτινοβολίας φθορισμού.

Η σκεδαζόμενη και η Επαναπορροφούμενη ΕΑΙΕ παρουσιάζουν αποκλίσεις ανάμεσα στους διάφορους σπινθηριστές και τα αντίστοιχά του πάχη. Γενικά, η σκεδαζόμενη και Επαναπορροφούμενη ΕΑΙΕ αυξάνεται με το πάχος του σπινθηριστή. Αξιοσημείωτο είναι ότι η σκεδαζόμενη ΕΑΙΕ και η ΕΑΙΕ Επαναπορρόφησης των σπινθηριστών που βασίζονται στο Gd και Lu παρουσιάζει τοπικό μέγιστο στα 25–30 keV. Αυτό το τοπικό μέγιστο σχετίζεται με την αυξημένη πιθανότητα διασποράς σ' αυτό το εύρος ενέργειας. Σε κάθε περίπτωση, η σκεδαζόμενη ΕΑΙΕ και η ΕΑΙΕ Επαναπορρόφησης μειώνεται με

την αύξηση της ενέργειας μέχρι τα 100 keV κυρίως επειδή η Ολική Απορροφούμενη–ΕΑΙΕ μειώνεται με την αύξηση ενέργειας, αντίστοιχα.

Εν κατακλείδι, στο άνωθι εύρος ενέργειας, τα περισσότερα πρωταρχικά κβάντα ακτίνων X απορροφούνται φωτοηλεκτρικά, έπειτα από μια απορρόφηση. Σημαντικές αποκλίσεις παρατηρούνται ανάμεσα στους διάφορους σπινθηριστές που εξαρτώνται από την ενέργεια πρόσπτωσης ακτίνων X και το πάχος σπινθηριστή. Από τα παρουσιαζόμενα υλικά, ο σπινθηριστής LSO είναι το υλικό που είναι καταλληλότερο για χρήση σε πολλές ακτινογραφικές εφαρμογές απεικόνισης επιδεικνύοντας τις καλύτερες ιδιότητες απορρόφησης στο μεγαλύτερο μέρος εύρους ενεργειών. Οι σπινθηριστές που βασίζονται στο Gd είναι σημαντικοί σε σχέση με την επίδοση απορρόφησής τους, ειδικά στο εύρος χαμηλών ενεργειών.

Π1.4.4.2. Κώδικες EGSnrcMP

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στις προσομοιώσεις με την πλατφόρμα EGSnrcMP ήταν ίδια με αυτά του εδαφίου 4.1. Οι κύριες παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν η αποδοτικότητα της κβαντικής απορρόφησης (Quantum Absorption Efficiency- $Q_n(E)$) και το οπτικό κέρδος ανιχνευτή (Detector Optical Gain- $DOG(E)$). Η παράμετρος $Q_n(E)$ ορίζεται ως ο αριθμός των πλήρως απορροφούμενων φωτονίων μέσα σε ένα μπλοκ σπινθηριστή επί το συνολικό αριθμό των φωτονίων. Η παράμετρος $DOG(E)$ ορίζεται από τη σχέση

$$DOG(E) = Q_n(E) n_c \frac{E}{E_\lambda}$$

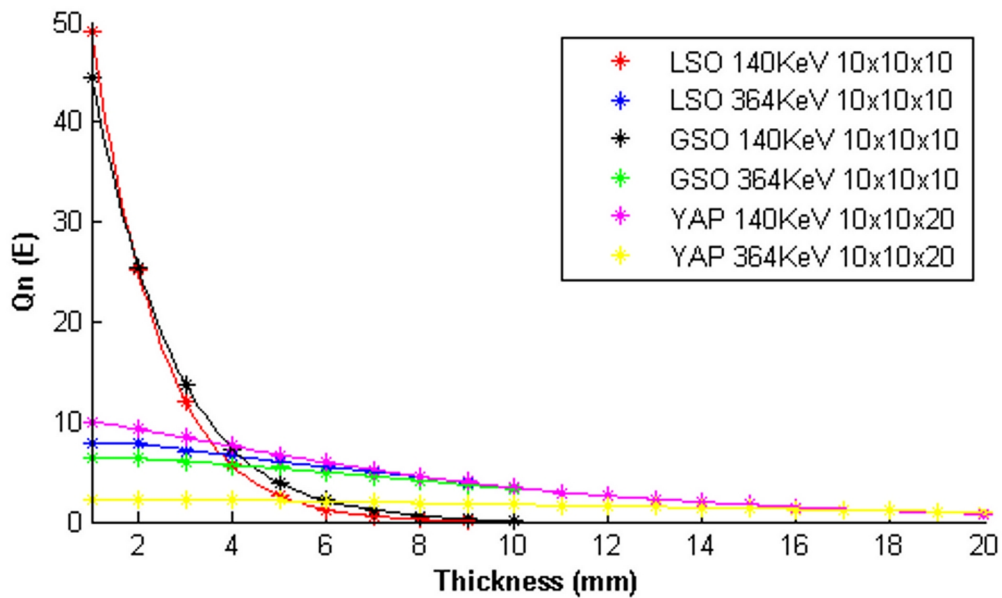
όπου E είναι η ενέργεια του προσπίπτοντος φωτονίου

στην επιφάνεια εισόδου του σπινθηριστή, E_λ είναι το μέσο μήκος του φάσματος των οπτικών φωτονίων που εκπέμπονται από τον κάθε σπινθηριστή και n_c είναι εσωτερική αποδοτικότητα μετατροπής φωτονίων σε οπτικό φως (intrinsic conversion efficiency).

Πίνακας 2: Φυσικά χαρακτηριστικά των ανιχνευτών ακτινοβολίας του παρόντος εδαφίου

Κρύσταλος	Διαστάσεις (mmxmmxmm)	E_λ (eV)	n_c
LSO:Ce	10x10x10	2.95	0.082
GSO:Ce	10x10x10	2.82	0.022
YAP:Ce	10x10x20	3.54	0.074

Το **Σχήμα 14** παρουσιάζει την παράμετρο $Q_n(E)$ σε συνάρτηση με το βάθος εντός του σπινθηριστή όπως υπολογίζεται μέσω της πλατφόρμας EGSnrcMP για κρυστάλλους LSO, GSO και YAP για δύο διακριτές τιμές προσπίπτουσας ενέργειας φωτονίων με βάση τα δεδομένα του **Πίνακα 2**. Η πρώτη είναι χαρακτηριστικής για εφαρμογές αξονικής τομογραφίας (140 keV) και η δεύτερη για εφαρμογές Πυρηνικής Ιατρικής. Οι διαστάσεις στη λεζάντα αναφέρονται σε εκατοστά.



Σχήμα 14: Κβαντική ανιχνευτική απόδοση ανιχνευτών ακτινοβολίας σε συνάρτηση με το βάθος εντός του ανιχνευτή σύμφωνα με την πλατφόρμα EGSnrcMP. Η λεζάντα παρουσιάζει τα στοιχεία του σπινθηριστή, την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων και τις διαστάσεις των σπινθηριστών.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από το **Σχήμα 14**, το κλάσμα ενέργειας που απορροφάται είναι μεγαλύτερο στα στρώματα του σπινθηριστή που ευρίσκονται κοντά στην επιφάνεια για τις ενέργειες ακτίνων γάμμα από 140keV ενώ στην ενέργεια 364keV το ποσοστό αυτό είναι σχετικά σταθερό. Οι συνολική παράμετρος $Q_n(E)$ εξαρτάται από την πυκνότητα και τον ενεργό ατομικό αριθμού Z του υλικού, ο οποίος επηρεάζει το είδος της αλληλεπίδρασης των φωτονίων και την απόθεση ενέργειας. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι για χαμηλές τιμές ενεργού ατομικού αριθμού Z και υλικά χαμηλής πυκνότητας (π.χ. YAP) η ενέργεια που εναποτίθεται μπορεί να είναι έως και πέντε φορές μικρότερη

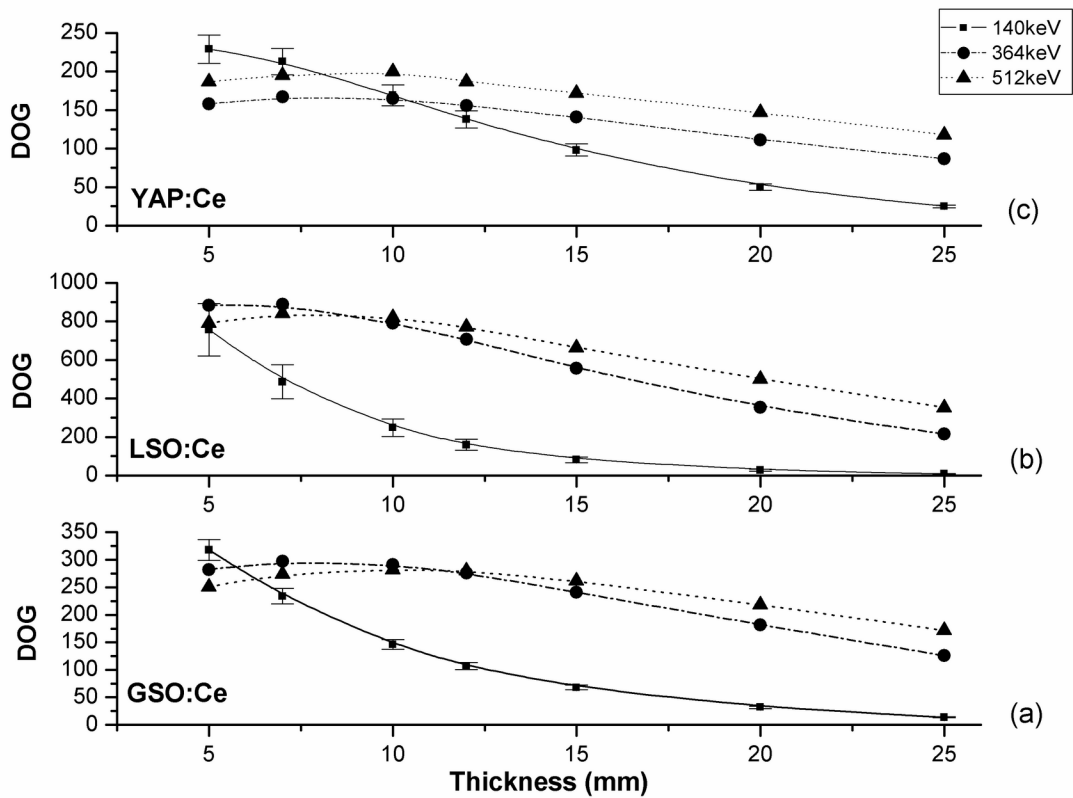
από ότι σε υλικά με υψηλότερες τιμές ενεργού ατομικού αριθμού Z . Είναι εμφανές από το **Σχήμα 14** ότι η απορρόφηση της ενέργειας εντός των σπινθηριστών ακολουθεί περίπου τον εκθετικό νόμο. Αυτό είναι σημαντικό, δεδομένου ότι δείχνει μη σημαντική αποικοδόμηση του $Q_n(E)$ λόγω αυτο-απορρόφησης ή διαφυσγής προς τα πλάγια. Αυτό σημαίνει ότι το πάχος του κάθε σπινθηριστή είναι επαρκές για την έρευνα απεικόνισης Πυρηνικής Ιατρικής. Υψηλότερες τιμές πάχους σπινθηριστή μπορεί να απαιτήσει την εξέταση των πολλαπλών στρωμάτων ανάγνωσης, phoswichs κλπ Το τελευταίο θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα σημαντική υποβάθμιση στη χωρική ανάλυση σε ανακατασκευασμένες εικόνες που παράγονται από τη χρήση τέτοιων σπινθηριστών.

Στον **Πίνακα 3** παρουσιάζονται οι τιμές της παραμέτρου DOG για τους σπινθηριστές του **Σχήματος 13**. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι τα αποτελέσματα είναι σε καλή (για το GSO: Ce) ή ανεκτά καλή (για τα LSO: Ce και YAP: Ce) συμφωνία με τα αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα. Μια πιθανή εξήγηση θα μπορούσε να στηριχθεί σε πειραματικά σφάλματα, καθώς και ανακολουθίες μεταξύ της προσομοίωσης γεωμετρίας στενής δέσμης (Monte Carlo) και τις πραγματικές πειραματικές συνθήκες.

Πίνακας 3: Σύγκριση τιμών παραμέτρου DOG μέσω Monte-Carlo και θεωρίας

Crystal	Energy (keV)	DOG experimental	DOG theoretical
LSO:Ce	140	323±16	248
	364	644±45	790

GSO:Ce	140	150±8	146
	364	275±19	291
YAP:Ce	140	57±3	50
	364	95±7	111

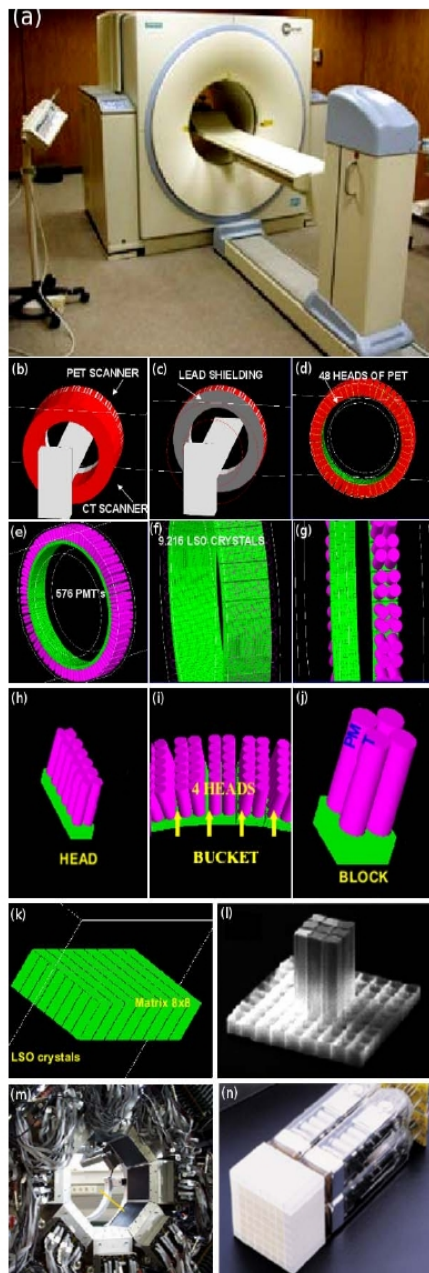


Σχήμα 16: Τιμές παραμέτρου DOG ως συνάρτηση του βάθους εντός του σπινθηριστή για τρεις διαφορετικές ενέργειες φωτονίων πρόσπτωσης.

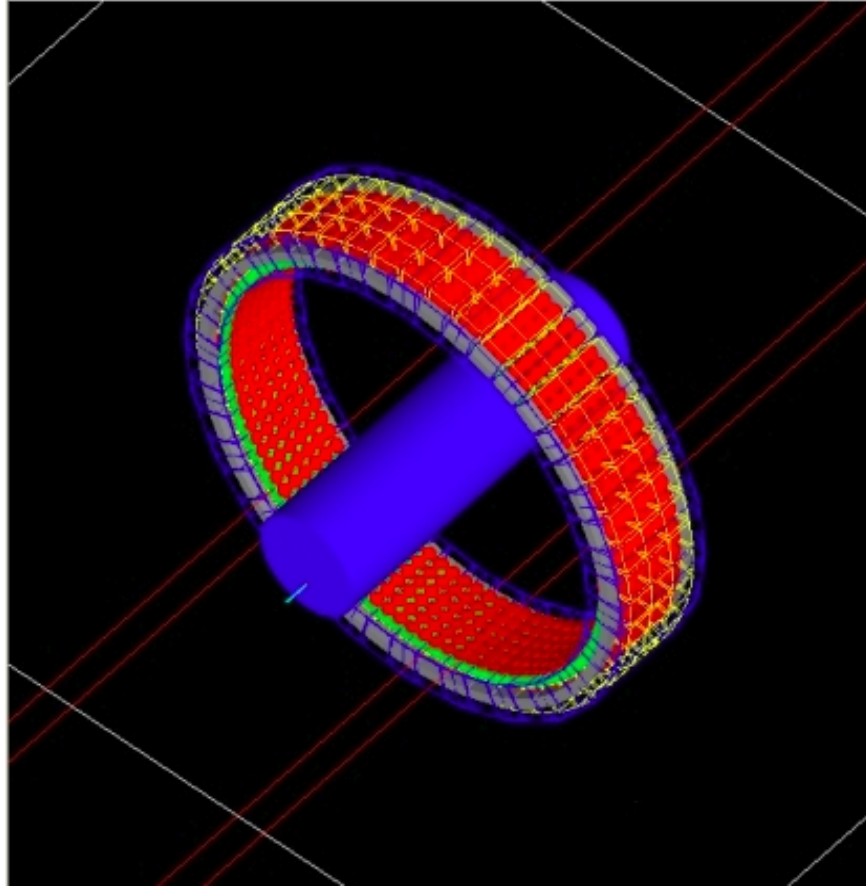
Μπορεί να παρατηρηθεί ότι για εξετάσεις με Tc99m (140keV) το βέλτιστο πάχος του κρυστάλλου είναι 5 mm για κάθε τύπο σπινθηριστή. Για εφαρμογές PET (512 keV) βέλτιστο πάχος κρυστάλλου είναι 10 mm για GSO: Ce, 7 mm για LSO: Ce και 10 mm για YAP: Ce. Αυτό το βέλτιστο πάχος προέρχεται από το γεγονός ότι υψηλό πάχος κρυστάλλου, αν και αυξάνει την απορρόφηση της ενέργειας, επιτρέπει περισσότερη οπτική απώλεια φωτονίων κατά τη διάδοσης στην έξοδο. Μπορεί επίσης να παρατηρηθεί ότι, για τις ενέργειες 364 keV και 512 keV , ο σπινθηριστής LSO παρουσιάζει υψηλότερες τιμές DOG από τους άλλους κρυστάλλους. Για την ενέργεια 140 keV ωστόσο οι τιμές DOG του YAP: Ce βρέθηκαν υψηλότερες από τους άλλους κρυστάλλους, για τιμές πάχους πάνω από 15 χιλιοστά, όπως παρουσιάζεται στο **Σχήμα 16**.

Π1.4.4.4. Κώδικες GATE

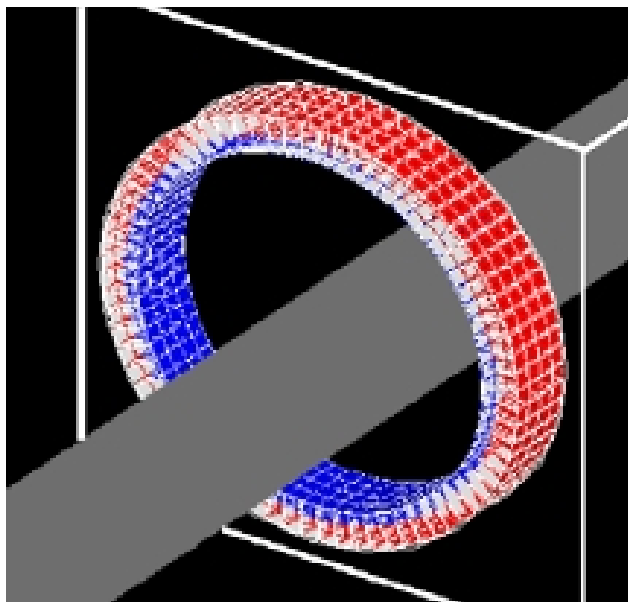
Στο **Σχήμα 17** παρουσιάζονται χαρακτηριστικά διαγράμματα που παράγονται από το GATE προκειμένου για την προσομοίωση του ολοκληρωμένου συστήματος Biograph DUO PET/CT. Το **Σχήμα 18** παρουσιάζει τα αντίστοιχα διαγράμματα για τον Biograph 2 PET/CT Scanner. Το **Σχήμα 19** παρουσιάζει το σύστημα ECAT EXACT HR+. Οι **Πίνακες 4** και **5** παρουσιάζουν χαρακτηριστικά συγκριτικά αποτελέσματα απόλυτης ευαισθησίας για τα συστήματα ECAT EXACT HR+ και Biograph 2 PET/CT Scanner.



Σχήμα 17: (a) το Biograph DUO PET/CT. (b-k) Έξοδος προσομοίωσης GATE. (l) κρύσταλλοι LSO. (m) Διάταξη κεφαλών (n) Διάταξη κρυστάλλων LSO με φωτοπολλαπλασιαστές (PMT)



Σχήμα 18: Μοντέλο γεωμετρίας GATE του Siemens Biograph Duo 6 PET Scanner. Με γκρι παρουσιάζεται η θωράκιση, με πράσινο τα μπλοκ του LSO, με κόκκινο οι φωτοπολλαπλασιαστές, με κίτρινο οι οδηγοί φωτός και μπλε πλαισιωμένα παραλληλεπίπεδα, παρουσιάζονται οι κεφαλές του συστήματος. Ο κεντρικός μπλε κύλινδρος αποτελεί την προσομοίωση του NEMA Scatter Phantom.



Σχήμα 19: Μοντέλο γεωμετρίας GATE του ECAT EXACT HR+ χρησιμοποιώντας το τμήμα ECAT.

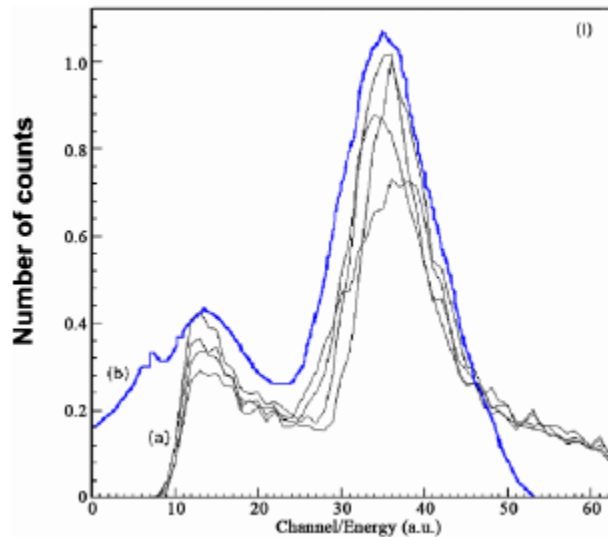
Πίνακας 4: Σύγκριση πειραματικών αποτελεσμάτων και προσομοίωσης με GATE για την εγκάρσια θέση αντιστάθμισης (Transaxial Offset Position-TOP) για το σύστημα ECAT EXACT HR+

Παράμετρος	Πειραματικά Αποτελέσματα	Προσομοίωση
TOP 0 cm	6650 cps/MBq	6705 cps/MBq
TOP 10 cm	7180 cps/MBq	7226 cps/MBq
Λόγος (0cm/10cm)	0.926	0.928

Πίνακας 5: Σύγκριση πειραματικών αποτελεσμάτων και προσομοίωσης με GATE για την εγκάρσια θέση αντιστάθμισης (Transaxial Offset Position-TOP) για το σύστημα Biograph 2 PET/CT Scanner.

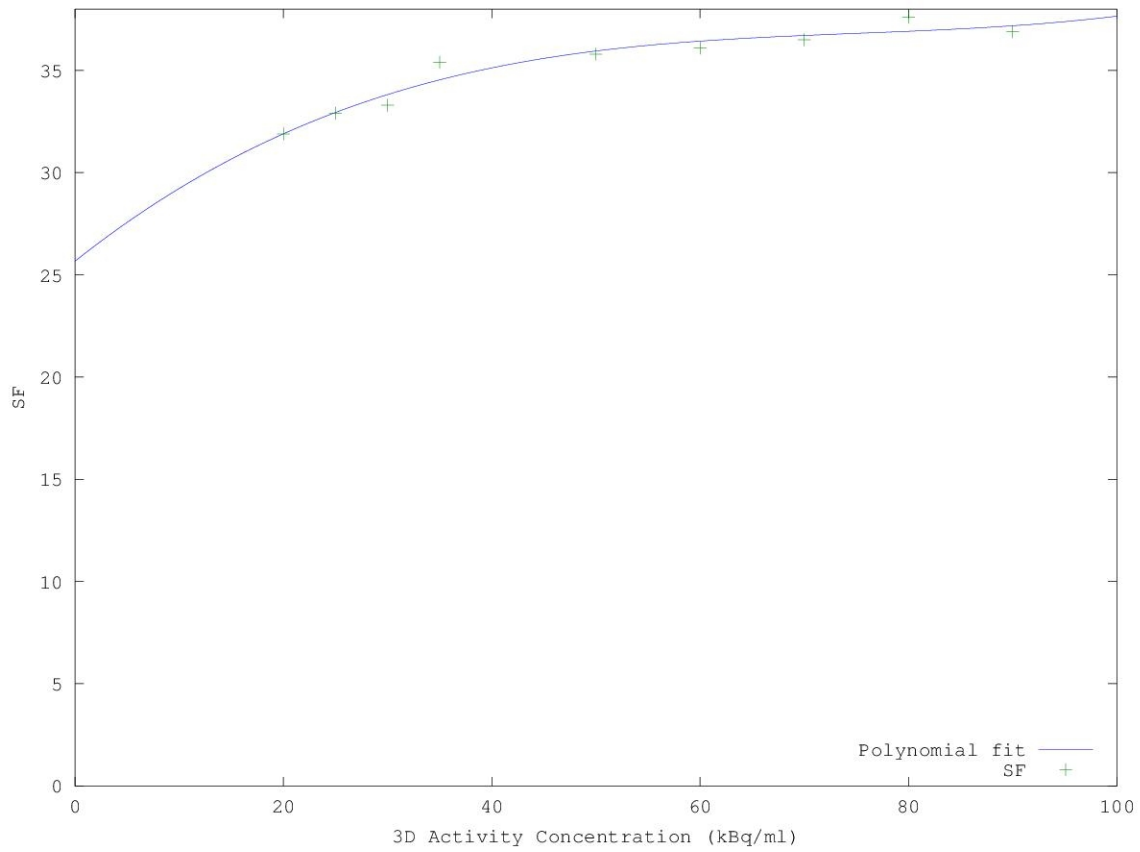
Παράμετρος	Πειραματικά Αποτελέσματα	Προσομοίωση
TOP 0 cm	6722 cps/MBq	6785 cps/MBq
TOP 10 cm	7237 cps/MBq	7282 cps/MBq
Λόγος (0cm/10cm)	0.929	0.932

Από τους **Πίνακες 4** και **5** προκύπτει ότι οι διαφορές μεταξύ των πειραματικών και των προσομοιωμένων τιμών της ευαισθησίας και των δύο συστημάτων μικρότερες από 2%. Η τιμή αυτή κρίνεται σημαντικά ικανοποιητική. Επιπροσθέτως, για το ενεργειακό παράθυρο 300 keV - 650 keV το εσωτερικό ποσοστό σκέδασης (intrinsic scatter fraction) ήταν 46.9% σύμφωνα με τις μετρήσεις και 45.4% σύμφωνα με την προσομοίωση για το σύστημα ECAT EXACT HR+ και 45.3% και 44.1% αντίστοιχα για το σύστημα Biograph 2 PET/CT Scanner. Παρατηρείται σύμπτωση αποτελεσμάτων και για τις δύο περιπτώσεις συστημάτων. Καλή σύμπτωση παρατηρείται και στο **Σχήμα 19** για το σύστημα Biograph DUO PET/CT.



Σχήμα 19: Κανονικοποιημένο ενεργειακό φάσμα για την τετράδα φωτοπολλαπλασιαστών στο μπλοκ 0 και στη συστάδα (bucket) 0. (a) Προσομοίωση GATE για κάθε φωτοπολλαπλασιαστή και (b) τα αποτελέσματα μετρήσεων.

Το **Σχήμα 20** παρουσιάζει τη διακύμανση του κλάσματος σκέδασης ως συνάρτηση της συγκέντρωσης ραδιενέργειας προσομοιωμένων συγκεντρώσεων πηγής F-18. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι τιμές κλάσματος σκέδασης κυμαίνεται μεταξύ 30% και 38% για τις συγκεντρώσεις μέχρι 100 kBq/ml .



Σχήμα 20: Ποσοστό σκέδασης (scatter fraction-SF) ως συνάρτηση της συγκέντρωσης ενεργότητας σύμφωνα με την προσομοίωση GATE για το σύστημα Biograph 2 PET/CT.

Π1.4.4.5. Κώδικες GNU g++ και SRIM-TRIM

Έχει αναπτυχθεί λογισμικό (software) το οποίο προσομοιώνει την (α) παραγωγή σωματίων α στο εσωτερικό τυπικών κλειστών χώρων, (β) το υλικό του μετρητή, (γ) τη γεωμετρία του ανιχνευτή CR-39 και (δ) τη χρησιμοποιούμενη γεωμετρία τύπου κυτίου (cup) εντός του οποίου μπορεί να τοποθετηθεί ο ανιχνευτής του γ. Με βάση τη Μέθοδο Monte Carlo, υπολογίζεται η κατανομή σωματιδίων α που δύναται να κτυπήσει την προσομοιούμενη γεωμετρία ανιχνευτή τύπου CR-39. Με βάση δημοσιευμένα δεδομένα καταγραφικής ικανότητας των ανιχνευτών τύπου CR-39, υπολογίζεται η καταγραφόμενη κατανομή ιχνών καθώς και η αντίστοιχη κατανομή που θα εμφανισθεί σε μικροσκόπιο με βάση το χρόνο και τις συνθήκες διάβρωσης του υλικού. Εν τέλει υπολογίζεται με βάση τη μέθοδο Monte Carlo η αναμενόμενη καταγραφή ιχνών. Η παραπάνω μεθοδολογία προσομοίωσης χρησιμοποιείται και στο εσωτερικό κυτίων (cup) αντιστοίχων παθητικών μετρητών ραδονίου τύπου καταγραφής ιχνών συνυπολογίζοντας επιπροσθέτως την πιθανότητα ηλεκτροστατικής σύνδεσης των θυγατρικών του ραδονίου με τα τοιχώματα του κυτίου. Το τελικό αποτέλεσμα της συγκεκριμένης ειδικής προσομοίωσης είναι ο υπολογισμός της καταγραφόμενης πυκνότητας ($\text{ίχνη} \cdot \text{mm}^{-2}$) ιχνών με βάση τη Μέθοδο Monte Carlo. Σήμερα (2017), βρίσκεται σε εξέλιξη μετα-δημιουργία του προγράμματος σε gcc (C++) καθώς και περαιτέρω έλεγχοι επικύρωσης (verification) με βάση υπάρχοντα πειραματικά δεδομένα όπως και έλεγχοι εγκυρότητας (validation) με βάση τη γενικότερη συμπεριφορά του ραδονίου σε εσωτερικούς χώρους και κυτία ιδίως όταν υπάρχει σημαντική παρουσία σωματιδίων αεροζόλ αλλά και αιωρούμενης ύλης

(Particulate Matter-PM). Η διττή προσέγγιση σε διαφορετικά προγραμματιστικά περιβάλλοντα (GNU Octave-gcc) αναμένεται να αναδείξει επιπρόσθετα θέματα προσομοίωσης.

Έχουν προσδιορισθεί η κβαντική ανιχνευτική απόδοση, η ενεργειακή απόδοση απορρόφησης, ο αριθμός των οπτικών φωτονίων που παράγονται στην έξοδο του ανιχνευτή και η συνάρτησης μεταφοράς διαμόρφωσης (Modulation Transfer Function) για διάφορους τύπους οθονών ΦΣ και μονοκρυστάλλων ΦΣ σε συνάρτηση με την ενέργεια της ακτινοβολίας και το πάχος του ΦΣ. Έχει επίσης επιτευχθεί επικύρωση των αποτελεσμάτων.

Π1.5.Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες Περιβάλλοντος από Συστήματα Ψηφιακών Επικοινωνιών

Π1.5.1.Περίγραμμα

Π1.5.2.Εισαγωγή

Είναι γνωστό σήμερα, ότι ο άνθρωπος εκτίθεται σε Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες Περιβάλλοντος (ΗΜΑΠ). Η έκθεση εκτείνεται σε μεγάλο εύρος συχνοτήτων του Ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και σε ευρύ φάσμα ενεργειών. Η έκθεση μπορεί να έχει φυσική ή τεχνητή προέλευση. Κύρια προέρχεται από τεχνητές πηγές. Η έκθεση είναι συνεχής και αυξάνεται μεταξύ των πληθυσμών του βιομηχανοποιημένου κόσμου. Οι ΗΜΑΠ χαρακτηρίζονται επίσης και ως Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες. Αυτό οφείλεται στο ότι οι ΗΜΑΠ δε δύνανται να προκαλέσουν ιοντισμό της ύλης.

Οι ΗΜΑΠ μπορεί να ταξινομηθούν (**Πίνακας 1**) ως στατικά πεδία (0 Hz), υπερβολικά χαμηλής συχνότητας (Ultra Low Frequency-ULF) (0.0001 Hz έως 1 Hz), εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (Extremely Low Frequency-ELF) (1 Hz έως 300 Hz), ενδιάμεσης συχνότητας (Intermediate Frequency-IF) (300 Hz έως 100 kHz), ράδιο-συχνότητας (Radio Frequency-RF) (100 kHz έως 300 GHz) και ΗΜΑΠ συχνοτήτων THz ($0,3 \text{ THz}$ έως 20 THz). Η περιβαλλοντική έκθεση οφείλεται συνήθως στις ΗΜΑΠ εύρους συχνοτήτων LF (ULF & ELF) και κυρίως στο εύρος συχνοτήτων των ELF ΗΜΑΠ. Οι ΗΜΑΠ μπορούν να ταξινομηθούν επίσης σε δύο μεγάλες κατηγορίες: (α) ΗΜΑΠ εξωτερικών πηγών, όπως πομποί μετάδοσης (ράδιο, TV), ή σταθμοί κινητής

τηλεφωνίας και (β) ΗΜΑΠ εσωτερικών πηγών, όπως κινητά τηλέφωνα, ασύρματα τηλέφωνα (DECT), ασύρματη τηλεφωνία, φούρνοι μικροκυμάτων, ασύρματα δίκτυα κ.α.

Πίνακας 1: Ταξινόμηση συχνοτήτων ΗΜΑΠ και σχετικές πηγές

Συχνότητα	Χαρακτηρισμός ΗΜΑΠ	Πηγές
0 Hz	Στατικά Πεδία	Μαγνητικό πεδίο γης, διαταραχές ατμόσφαιρας, τριβή Μαγνητοτελουρικά ρεύματα, πιέσεις μαγνητόσφαιρας,
> 0 Hz – 1 Hz	Ultra Low Frequency-ULF	ηλιακός άνεμος, γεωμαγνητικές διαταραχές
1 Hz – 300 Hz	Extremely Low Frequency-ELF	Ηλεκτρικά πεδία συσκευών, συμβατικό δίκτυο ηλεκτρισμού, οθόνες, τμήματα ραδιοφωνίας AM
300 Hz – 100 kHz	Intermediate Frequency-IF	Αντικλεπτικές συσκευές, επαγωγικές εστίες, ΗΥ, λάμπες φθορισμού, ορισμένες τμήματα ραδιοφωνίας AM
3 kHz – 300 GHz	Radio frequency (RF)	Τμήματα ραδιοφωνίας AM, ραδιοφωνία FM, διαταραχές

	ιονόσφαιρας και φλοιού της
	γης, ιατρικές πηγές, πυρηνικός
	μαγνητικός συντονισμός
	(NMR), Φούρνοι
	μικροκυμάτων, κινητή
	τηλεφωνία, DECT, Ραντάρ και
	μικροκυματικές επικοινωνίες
	Κοσμική ακτινοβολία, λάμπες
	Υδραργύρου, Laser ελευθέρων
	ηλεκτρονίων, Synchrotrons,
0,3 THz - 20 THz	THz
	δίοδοι Gunn Τρανζίστορ,
	Υπεραγωγοί, Μαγνητικά
	δίπολα

Όπως φαίνεται στον **Πίνακα 1**, η έκθεση στις ΗΜΑΠ εύρους συχνοτήτων LF και RF προέρχεται από ποικιλία πηγών όπως οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι κεραίες ψηφιακών επικοινωνιών (π.χ. κεραίες ραδιοφώνου, τηλεόρασης, κινητής τηλεφωνίας, ραντάρ και ασύρματα δίκτυα), οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οι φούρνων μικροκυμάτων, η επαγωγική θέρμανση (συμπεριλαμβανομένης της βιομηχανικής θέρμανσης των υλικών), η εξ αποστάσεως ανίχνευση αντικειμένων και συσκευών (αντικλεπτικές συσκευές, αναγνώριση ραδιοσυχνότητας), οι συσκευές διάγνωσης και θεραπείας (MRI, υπερθερμία), οι φούρνοι μικροκυμάτων, τα ηλεκτρονικά κυκλώματα που

χρησιμοποιούνται στο σύγχρονο φωτισμό, τους επεξεργαστές ηλεκτρονικών υπολογιστών και τους διάφορους τύπους κινητήρων και πολυάριθμες άλλες συσκευές που χρησιμοποιούνται στην ιατρική, τη βιομηχανία και το σπίτι. Ο **Πίνακας 2** παρουσιάζει εξειδικευμένα την ταξινόμηση συχνοτήτων των ΗΜΑΠ ψηφιακών επικοινωνιών (περιοχή RF). Γενικά, η έκθεση στις ΗΜΑΠ συχνοτήτων LF και RF αποτελεί ένα αναπόσπαστο μέρος της σύγχρονης ζωής. Το γεγονός αυτό έχει προκαλέσει σήμερα (2017) σοβαρές ανησυχίες για τους δυνητικούς κινδύνους υγείας που μπορεί να προκαλούν οι ΗΜΑΠ.

Πίνακας 2: Ταξινόμηση συχνοτήτων ΗΜΑΠ ψηφιακών επικοινωνιών

Όνομα	Ενεργές Πηγές	Εύρος (MHz)
FM	VHF ραδιοφωνία	88–108
TV 3	Ψηφιακή εκπομπή ήχου	174–223
Tetrapol	Επίγεια ζεύξη ραδιοφωνίας	380–400
TV 4&5	UHF εκπομπή τηλεόρασης	470–830
GSM Tx	GSM κινητή τηλεφωνία (900 MHz)	880–915
GSM Rx	GSM σταθμοί βάσης (900 MHz)	925–960
DCS Tx	DCS κινητή τηλεφωνία (1800 MHz)	1710–1785
DCS Rx	DCS σταθμοί βάσης (1800 MHz)	1805–1880
DECT	Ψηφιακά βελτιωμένα ασύρματη τηλεφωνία	1880–1900
UMTS Tx	3 G κινητή τηλεφωνία	1920–1980

UMTS Rx	3 G σταθμοί βάσης	2110–2170
WiFi	Ασύρματα δίκτυα και φούρνοι μικροκυμάτων	2400–2500

Σημαντική αναφορά γίνεται επίσης στα στατικά ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. Αυτά παράγονται από τεχνητές πηγές όπως οι καλωδιώσεις και ο εξοπλισμός μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος, οι εναέριες και υπόγειες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και οι ηλεκτρικές συσκευές. Στατικά ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία υπάρχουν επίσης στο Περιβάλλον από φυσικές πηγές. Το πιο σημαντικό φυσικό πεδίο είναι το μαγνητικό πεδίο της Γης, η ένταση του οποίου ποικίλλει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος. Το χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας επάγει επίσης, σε αίθριο καιρό, ηλεκτρικό πεδίο. Το πεδίο αυτό ενισχύεται σημαντικά κατά τη διάρκεια κάποιας καταιγίδας (πάνω από 1000 φορές). Γνωστά είναι επίσης τα ηλεκτρικά πεδία που δημιουργούνται από την τριβή των ειδών ένδυσης μέσω της κίνησης. Η παρουσία τους μπορεί να γίνει αισθητή ως μικρό σοκ που βιώνεται, όταν το γυμνό χέρι έρθει σε επαφή με κάποια εγγύς μεταλλική επιφάνεια. Η ταραχή αυτή μπορεί να είναι δυσάρεστη, αλλά είναι αβλαβής, ακόμη και αν δημιουργηθεί τάση έως 20 kV . Η ένταση ενός στατικού ηλεκτρικού πεδίου, π.χ. κάτω από ένα ηλεκτροφόρο καλώδιο συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης, μπορεί να φθάσει έως περίπου 30 kV/m . Η ένταση αυτή μπορεί να είναι κατά πολύ περιορισμένη πίσω από δέντρα και κτίρια. Το ηλεκτρικό πεδίο οφείλεται τόσο στην ηλεκτρική τάση της γραμμής όσο και στη δημιουργία ιόντων αέρα γύρω από αυτή. Η δημιουργία και μετακίνηση των ιόντων του αέρα

επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες, ιδιαίτερα από την παρουσία του ανέμου και της βροχής. Το στατικό μαγνητικό πεδίο κάτω από ένα καλώδιο μεταφοράς συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης έχει ένταση περίπου όση το μισό της έντασης του φυσικού μαγνητικού πεδίου της Γης. Παρόμοια στατικά μαγνητικά πεδία είναι παρόντα σε ηλεκτροφόρα τρόλεϊ, προαστιακό σιδηροδρομικό δίκτυο, ενώ πολύ ισχυρότερα πεδία αντιμετωπίζουν οι χειριστές σε βιομηχανικές διαδικασίες, όπως π.χ. κατά τη διάρκεια της ηλεκτρολυτικής τήξης. Οι ασθενείς που υποβάλλονται σε διαγνωστικές εξετάσεις μαγνητικής τομογραφίας (MRI) εκτίθενται σε μαγνητικό πεδίο, περίπου 50.000 φορές ισχυρότερο από το αντίστοιχο των γραμμών μεταφοράς συνεχούς ρεύματος.

Πίνακας 3: Αντιπροσωπευτικές τιμές εντάσεων ΗΜΑΠ χαμηλών συχνοτήτων

Ακριβώς κάτω από γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (25 – 400 kV) :
Ηλεκτρικό πεδίο: 0,3 kV/m - 5 kV/m
Μαγνητικό πεδίο: 0,5 μT - 25 μT
40 m από τη γραμμή μεταφοράς:
Ηλεκτρικό πεδίο: 0,01 kV/m – 0,5 kV/m
Μαγνητικό πεδίο: 0,01 m - 2,0 m
Σε γενικές γραμμές, το μαγνητικό πεδίο μειώνεται σε περίπου 0,1 μT εντός 50 - 100 m από τη γραμμή μεταφοράς
Τοπικός μετασχηματιστής τροφοδοσίας
Ηλεκτρικό πεδίο: λιγότερο από 0,1 kV/m
Μαγνητικό πεδίο: 0,3 m από το μετασχηματιστή: 1 μT -10 μT
2-3 m από το μετασχηματιστή: ~0,1 μT

Μέσα σε ένα σπίτι ή το γραφείο (μακριά από γραμμές μεταφοράς και συσκευές)
Ηλεκτρικό πεδίο: 0,003 kV/m - 0,03 kV/m
Μαγνητικό πεδίο: 0,05 μT - 0,15 μT
Κοντά σε ηλεκτρικές συσκευές
Ηλεκτρικό πεδίο: 0,01 kV/m - 0,05 kV/m
Μαγνητικό πεδίο: 0,3 μέτρα μακριά: 0,01 μT - 25 μT
1 μέτρο μακριά: 0,01 μT - 2,0 μT

Οι εντάσεις των πεδίων από τις ΗΜΑΠ χαμηλών συχνοτήτων καθορίζονται από τη συχνότητα και τον τύπο της ακτινοβολίας (**Πίνακας 3**). Η έκθεση ποικίλει σε διάρκεια και εξαρτάται από την απόσταση από την πηγή. Στην περιοχή των 100 kHz οι ισχυρότερες ΗΜΑΠ δημιουργούνται στην επιφάνεια της Γης από τους κεραυνούς, των οποίων η βραχύβια μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου φτάνει τα 5 V/m - 20 V/m σε απόσταση της τάξης των 30 km και τα 10 kV/m σε μικρότερες αποστάσεις. Σε συχνότητες υψηλότερες των 30 MHz οι γήινες και εξωγήινες φυσικές πηγές συνεισφέρουν σε μικρό βαθμό στην έκθεση των ανθρώπων στις ΗΜΑΠ. Η πυκνότητα ισχύος της εξωγήινης συνιστώσας ΗΜΑΠ (30 MHz ως 30 GHz εξαιτίας των φυσικών ιδιοτήτων διαπερατότητας του στρώματος της ατμόσφαιρας) είναι της τάξης των $\mu W/m^2$, ενώ η αντίστοιχη που πηγάζει από την επιφάνεια της Γης είναι της τάξης των mW/m^2 .

. Πηγές τεχνητής προέλευσης, όπως κεραιές ραδιοφώνου και τηλεόρασης (3 MHz - 800 MHz), μπορούν να δημιουργήσουν ένταση ηλεκτρικού πεδίου

μέχρι 1500 V/m , ενώ η ακτινοβολούμενη ισχύς τους μπορεί να ξεπεράσει τα 500 kW . Στις συχνότητες της κινητής τηλεφωνίας (1 GHz έως 5 GHz), σε περιοχές γύρω από σταθμούς βάσης, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου φτάνει μέχρι 3000 mV/m σε εξωτερικούς χώρους και μέχρι 460 mV/m σε εσωτερικούς χώρους, ενώ οι αντίστοιχες τιμές της πυκνότητας ισχύος τα $1400 \mu\text{W/m}^2$ και $560 \mu\text{W/m}^2$ αντίστοιχα. Τα μαγνητικά πεδία κυμαίνονται στο εύρος των 2 Am^{-1} - 15 Am^{-1} (έως 52 Am^{-1} κοντά σε πύργους χαμηλής συχνότητας) στην εγγύς περιοχή. Τα ρεύματα τα οποία δημιουργούνται στο ανθρώπινο σώμα ρέουν στο έδαφος μέσω των πελμάτων και μπορούν να φτάσουν κατά μέγιστο τα 10 mA/Vm^{-1} - 12 mA/Vm^{-1} στη συχνότητα συντονισμού (35 MHz) ενός ηλεκτρικά γειωμένου ενήλικα (οι τιμές των ρευμάτων μειώνονται στο μισό όταν ο ενήλικας φορά παπούτσια). Οι κεραίες σε πολύ χαμηλές συχνότητες συνοδεύονται από ογκώδεις δομές με πύργους υποστήριξης ύψους έως $200 - 250 \text{ m}$.

Προκειμένου να επιτευχθούν επαρκείς εκτιμήσεις της απορρόφησης ενέργειας από τον ανθρώπινο ιστό όταν εκτίθεται σε ΗΜΑΠ, είναι απαραίτητες ακριβείς μετρήσεις ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σώματος. Το ηλεκτρικό πεδίο μετράται συνήθως με κατάλληλους αισθητήρες, όπως μικρά δίπολα. Υπολογιστικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται επίσης. Αυτές βασίζονται σε λεπτομερείς ανατομικές πληροφορίες και μαγνητικο-ηλεκτρικές ιδιότητες των διαφόρων ιστών για κάθε ζώνη συχνοτήτων. Επίσης χρησιμοποιούνται μετρήσεις σε ομοιώματα, όπου το ηλεκτρικό πεδίο σε διάφορα σημεία συνήθως μετράται

μέσω ενός ρομποτικά τοποθετημένου καθετήρα. Από την άλλη πλευρά, το μαγνητικό πεδίο συνήθως μετράται με τις κεραίες μικρού πλαισίου. Παρ' όλα αυτά, σε απλές περιπτώσεις, οι εσωτερικές εκτιμήσεις της έκθεσης μπορούν να βασίζονται στη μέτρηση του πεδίου έξω από το σώμα που συνοδεύονται από λογικές προσεγγίσεις.

Οι επιπτώσεις των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων σε ζώα και ανθρώπους εξαρτώνται από τις ηλεκτρικές ιδιότητές αυτών. Τα στατικά μαγνητικά πεδία που δεν έχουν εξασθενήσει κατά τη δίοδό τους από τον οργανισμό, μπορούν να ασκήσουν δυνάμεις σε υπαρκτά κινούμενα φορτία, να προσανατολίσουν μαγνητικές δομές και να επηρεάσουν τα επίπεδα ενέργειας των μορίων. Από την άλλη πλευρά, τα ηλεκτρικά πεδία των ELF ΗΜΑΠ είναι πολύ εξασθενημένα στο εσωτερικό του σώματος, με ηλεκτρικό πεδίο όμως που αυξάνεται με τη συχνότητα του εξωτερικού πεδίου και το μέγεθος του αντικειμένου.

Η κυτταρική επίδραση των πεδίων που υπερβαίνουν ένα όριο είναι η διέγερση αυτών. Τυπικές οικιακές εκθέσεις έχουν ως αποτέλεσμα την έκθεση σε μικρά επαγωγικά ηλεκτρικά πεδία και συνακόλουθα, αμελητέα, γενικά, κυτταρική επίδραση. Ειδικές συνθήκες έκθεσης όμως όπως π.χ. από πυλώνες υψηλής τάσης μπορεί να οδηγήσει σε επαγόμενα ηλεκτρικά πεδία της τάξης του 1 MVm^{-1} σε ορισμένους ιστούς. Τα μη-αντιληπτά ρεύματα επαφής, υπό ορισμένες συνθήκες, υπολογίζεται ότι μπορεί να παράγουν ηλεκτρικά πεδία που υπερβαίνουν το 1 MVm^{-1} στο μυελό των οστών του παιδιού. Σχετικά με τις RF

HMAΠ, η αλληλεπίδραση των μαγνητικών πεδίων RF με τον ανθρώπινο ιστό, είναι πολύ ασθενέστερη από εκείνη των ηλεκτρικών πεδίων ELF. Πιθανές εξαιρέσεις αναμένεται να περιλαμβάνουν αλληλεπίδραση με ιστούς, όπως ο ανθρώπινος εγκέφαλος, που περιέχει σωματίδια μαγνητίτη. Τα RF μαγνητικά πεδία θα μπορούσαν να αλληλεπιδράσουν είτε με μαγνητικό συντονισμό, είτε με μηχανική ενεργοποίηση των κυτταρικών καναλιών ιόντων. Θετικά ευρήματα δεν έχουν ακόμα επιβεβαιωθεί. Από τους διάφορους πιθανούς μηχανισμούς αλληλεπίδρασης των RF HMAΠ με τα βιολογικά συστήματα, εκτός αυτόν της θέρμανσης, αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία και πιθανές αρνητικές συνέπειες λόγω ζευγών ελευθέρων ριζών. Οι μη θερμικές επιδράσεις των RF HMAΠ τελούν ακόμη υπό επιστημονική συζήτηση.

Η πιο αναγνωρισμένη επίδραση της RF HMAΠ στα βιολογικά συστήματα είναι η θέρμανση του ιστού. Η απορρόφηση της ενέργειας των RF HMAΠ από τα βιολογικά συστήματα, παράγει ένα εναλλασσόμενο ρεύμα που μεταφέρεται στη μοριακή κίνηση των μορίων του νερού, τα οποία είναι έντονα διπολικά και αποτελούν το κύριο συστατικό των βιολογικών ιστών. Τα πολικά μόρια κινούνται για να ευθυγραμμιστούν με τις EMF HMAΠ για την ελαχιστοποίηση του ενεργειακού δυναμικού των διπόλων. Η απορρόφηση και οι ταλαντώσεις συντονισμού στις πολικές υποομάδες των μακρομορίων (π.χ. πρωτεΐνες, DNA) οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην απόσβεση από τις συγκρούσεις με τα γύρω μόρια του νερού. Η απόσβεση ή η τριβή επιβραδύνει την κίνηση του ταλαντωτή. Αυτές οι συγκρούσεις διασπείρουν την ενέργεια του σήματος RF σε τυχαία

μοριακή κίνηση. Η θέρμανση του ιστού παρουσιάζεται επειδή η περιστροφική κίνηση των μοριακών διπόλων εμποδίζεται από το ιξώδες του νερού και τις αλληλεπιδράσεις με άλλα μόρια, δηλαδή η περιστροφική ενέργεια μεταφέρεται στο υδάτινο περιβάλλον ως θερμότητα.

Παρ' ότι οι προαναφερθείς ζώνες συχνότητων συνδέονται με την αλληλεπίδραση των ΗΜΑΠ με το ανθρώπινο σώμα, η απορρόφηση της ενέργειας σχετίζεται ισχυρά από το εύρος συχνότητων διότι η ενέργεια παρέχεται μέσω μηχανισμών πολύ μικρής εμβέλειας. Συγκεκριμένα, σε συχνότητες κάτω των 100 kHz , η φυσική ποσότητα που σχετίζεται με τα περισσότερα βιολογικά αποτελέσματα είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στον ιστό. Σε υψηλότερες συχνότητες, η φυσική ποσότητα που σχετίζεται με τα περισσότερα βιολογικά αποτελέσματα είναι ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης (SAR) ο οποίος ορίζεται ως

$$SAR = [E]^2 \cdot \frac{\sigma}{\rho}$$

όπου $[E]$ είναι η ενεργός (rms) της επαγόμενης έντασης του ηλεκτρικού πεδίου, σ είναι ηλεκτρική αγωγιμότητα του ιστού και ρ η πυκνότητά του. Επισημαίνεται εδώ ότι ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης (SAR) μετράται σε μονάδες W/kg (ή mW/g) και μπορεί να εκτιμηθεί και από μετρήσεις αύξησης της θερμοκρασίας του ιστού που προκαλούνται από την απορρόφηση της RF ΗΜΑΠ από αυτόν.

Ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης (SAR) διαφέρει από σημείο σε σημείο, αυτό μπορεί να εξακριβωθεί από τον μέσο όρο μιας μικρή μάζα ή στο σύνολο της μάζας του σώματος. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι για την πειραματική μέτρηση της SAR περιλαμβάνουν μέτρηση της εσωτερικής έντασης ηλεκτρικού πεδίου ή του ρυθμού ανόδου της θερμοκρασίας, και οι δύο μέθοδοι, ωστόσο, ότι είναι πολύ δύσκολες στην πράξη.

Οι εκτιμήσεις του ειδικού ρυθμού απορρόφησης (SAR) για άτομα που εκτίθενται σε RF ΗΜΑΠ από τη χρήση των κινητών τηλεφώνων σε ισχύ εξόδου 0,25 W δείχνουν ότι η εκπεμπόμενη ενέργεια θα μπορούσε να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας στην περιοχή του εγκεφάλου κατά περίπου 0,1 °C . Ως εκ τούτου, έχει προταθεί ότι είναι απίθανο να προκληθούν επιδράσεις στον εγκέφαλο από την αύξηση της θερμοκρασίας. Ωστόσο, είναι πιθανό ότι ευαίσθητες στη θερμοκρασία μοριακές και φυσιολογικές επιδράσεις να εμφανίζονται ήδη με μία αύξηση της θερμοκρασίας όχι περισσότερο από 0,1 °C , ενώ οι μεταβολές της θερμοκρασίας που πλησιάζουν τον 0,1 °C είναι πιθανό να επηρεάσουν διάφορες βιολογικές διεργασίες. Χαμηλά επίπεδα έκθεσης σε RF ΗΜΑΠ μπορεί να οδηγήσουν σε μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας οι οποίες προκαλούν διαμορφωτικές αλλαγές σε πρωτεΐνες ευαίσθητες στη θερμοκρασία και προκαλούν την έκφραση των πρωτεϊνών θερμικού σοκ.

Καθώς η συχνότητα αυξάνεται πάνω από την περιοχή συντονισμού των ανθρωπίνων ιστών (10 MHz έως 2 GHz), η απορρόφηση της ενέργειας περιορίζεται στα επιφανειακά στρώματα του σώματος. Από την άλλη πλευρά, καθώς η συχνότητα αυξάνεται σε μερικές δεκάδες GHz η απορρόφηση περιορίζεται μόνο στο δέρμα. Γενικά, η απορρόφηση των RF ΗΜΑΠ εξαρτάται από τις παραμέτρους του πεδίου (συχνότητα, ένταση, η πόλωση), τη ζώνη της έκθεσης (κοντά ή μακριά από το πεδίο), τα χαρακτηριστικά του εκτεθειμένου αντικειμένου (μέγεθος, γεωμετρία, διηλεκτρική σταθερά και ηλεκτρική αγωγιμότητα) και τη διασπορά αντικειμένων κοντά στο εκτεθειμένο το σώμα.

Η Διεθνής Επιτροπή για την Προστασία από τις Μη Ιονίζουσες Ακτινοβολίες (ICNIRP) και το εθνικό συμβούλιο ραδιολογικής προστασίας του Ηνωμένου Βασιλείου (NRPB), μαζί με την Υπηρεσία Προστασίας Υγείας (HPA) , το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE), τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών και την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), αξιολόγησαν πολλές σχετικές μελέτες και προτεινόμενες κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τους περιορισμούς για την έκθεση σε EMR. Οι προτεινόμενοι περιορισμοί βασίζονται σε βιολογικά δεδομένα που αφορούν τα κατώτατα όρια για άμεσες και έμμεσες ανεπιθύμητες επιπτώσεις στην οξεία έκθεση. Άμεσες επιπτώσεις είναι αυτές που προκύπτουν από τις αλληλεπιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων με το ανθρώπινο σώμα (βασικοί περιορισμοί). Οι έμμεσες επιπτώσεις είναι αυτές που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση μεταξύ των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, ενός εξωτερικού αντικειμένου και του ανθρώπινου σώματος (π.χ. για την αποφυγή εγκαυμάτων).

Δεδομένου ότι η συμμόρφωση με τους βασικούς περιορισμούς δεν μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί, η ICNIRP συνιστά ως τιμές τα επίπεδα αναφοράς των μετρήσιμων μεγεθών πεδίου. Ο Πίνακας 4 συνοψίζει τα επίπεδα αναφοράς της ICNIRP για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (Vm^{-1}) και μαγνητικού πεδίου (μT) και την πυκνότητα ισχύος (Wm^{-2}). Οι αντίστοιχες τιμές για την επαγγελματική έκθεση είναι περίπου πέντε φορές μεγαλύτερες.

Πίνακας 4: Επίπεδα αναφοράς της ICNIRP για την έκθεση του γενικού πληθυσμού σε χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία ΗΜΑΠ (ενεργές τιμές)

Εύρος	E (Vm^{-1})	B	Ισχύς (Wm^{-2})
		(μT)	
0–1 Hz	–	4×10^4	–
1–8 Hz	10,000	$4 \times 10^4 / f^2$	–
8–25 Hz	10,000	$5000 / f$	–
0.025–0.8 kHz	$250 / f$	$5 / f$	–
0.8–3 kHz	$250 / f$	6.25	–
3–150 kHz	87	6.25	–
0.15–1 MHz	87	$0.92 / f$	–
1–10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0.92 / f$	–
10–400 MHz	28	0.09	2
400–2000 MHz	$1.375 \times f^{1/2}$	$0.0046 \times f^{1/2}$	$f / 200$
2–300 GHz	61	0.2	10

Στον Πίνακα 5, αναγράφονται τα επίπεδα αναφοράς για την έκθεση σε ηλεκτρικό πεδίο (E), μαγνητικό πεδίο (H) και πυκνότητα ισχύος (S) για κινητά τηλέφωνα, καθώς και για τις συχνότητες των $W_i - F_i$ για το γενικό πληθυσμό και τους εργαζόμενους, σύμφωνα με την οδηγία των ICNIRP και NRPB. Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, σύμφωνα με τις συστάσεις της ΕΕ ,

πραγματοποιεί μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σε επιλεγμένες περιοχές στην Ελλάδα.

Πίνακας 5: Επίπεδα αναφοράς για την έκθεση σε ηλεκτρικό πεδίο, μαγνητικό πεδίο και πυκνότητα ισχύος για το γενικό πληθυσμό και τους εργαζομένους (σε παρένθεση), σύμφωνα με την ICNIRP και το NRPB

Συχνότητα	E	H	S
<i>MHz</i>	(<i>V/m</i>)	(<i>A/m</i>)	(<i>W/m²</i>)
900 (GSM)	41.25 (90)	0.11 (0.24)	4.5 (22.5)
1800 (DCS)	58.34 (127.3)	0.16 (0.34)	9 (45)
2100 (UMTS)	63.01 (137.5)	0.17 (0.37)	10.5 (52.5)
2400 (Wi-Fi)	67.36 (147)	0.18 (0.39)	12 (60)

Από την εισαγωγή των κινητών τηλεφώνων στις αρχές του 90, υπάρχει μια σταθερή και γρήγορη αύξηση στον αριθμό των σταθμών βάσης. Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, η συνολική έκθεση στις RF ΗΜΑΠ σε 5 χώρες της Ευρώπης σε εξωτερικά αστικά περιβάλλοντα οφείλεται κύρια στους σταθμούς βάσης της κινητής τηλεφωνίας. Παρόλο που υπάρχει ανησυχία σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία των RF ΗΜΑΠ από τους σταθμούς βάσης κινητής, μέχρι σήμερα (2017) δεν έχει βρεθεί συστηματική συνεπής επίπτωση στην υγεία. Παρ’

όλα αυτά αν υπάρχουν επιπτώσεις στην υγεία, είναι πιθανόν να είναι μικρές και μη ανιχνεύσιμες, και έτσι χρειάζονται μεγάλα δείγματα πληθυσμού και μια αξιόπιστη εκτίμηση έκθεσης, για να επικυρώσουν ή απορρίψουν την υπόθεση για μια σίγουρη επίπτωση στην υγεία, μειώνοντας τις στατιστικές αβεβαιότητες. Γενικά, τα τελευταία χρόνια, αρκετές σχετικές μελέτες έχουν δημοσιευθεί και σε αυτή την κατεύθυνση κινείται το ερευνητικό έργο του παρόντος εδαφίου. Σε μερικές από αυτές τις μελέτες, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικά περιβάλλοντα όπως γραφεία ή εξωτερικές αστικές περιοχές, ώστε να χαρακτηρίσουν τα τυπικά επίπεδα έκθεσης σε αυτά τα μέρη. Άλλες έρευνες πραγματοποιήθηκαν σε τοπικούς πληθυσμούς, όπου είχε καθοριστεί η προσωπική κατανομή έκθεσης. Οι στρατηγικές για την επιλογή των ατόμων για μελέτη καθώς και οι μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων διαφέρουν, οπότε είναι δύσκολη η άμεση σύγκριση των αποτελεσμάτων τους. Παρά όμως την ταχεία αύξηση των νέων τεχνολογιών που χρησιμοποιούν RF ΗΜΑΠ, οι πληροφορίες πάνω στην έκθεση μεμονωμένων ατόμων σε αυτές και τις παλιότερες πηγές RF είναι ελάχιστες και ακόμα λιγότερα είναι γνωστά με τη σχετική σημασία των διαφορετικών πηγών. Η σχετική συνεισφορά αυτών των πηγών στην έκθεση βασίζεται στις συνθήκες στην κάθε οικία και χώρο εργασίας ξεχωριστά. Για μια δοθείσα πηγή, η πραγματική έκθεση σε RF ΗΜΑΠ βασίζεται σε ένα αριθμό από παράγοντες. Σχετικά με τα κινητά τηλέφωνα, τα χαρακτηριστικά ενός συγκεκριμένου τηλεφώνου (ιδιαίτερος τύπος και τοποθεσία της κεραίας), ο τρόπος χειρισμού του τηλεφώνου, η απόσταση από το σταθμό βάσης, η συχνότητα των εκπομπών και οι συνθήκες κίνησης είναι πρωτεύουσας σημασίας.

Ομοίως, οι RF ΗΜΑΠ από τους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνία, επίσης εμφανίζουν μια πολύπλοκη διάταξη, που επηρεάζεται από πολυάριθμους παράγοντες, όπως την ισχύ εξόδου της κεραίας, την κατεύθυνση της μετάδοσης, την εξασθένηση λόγω εμποδίων ή τοίχων, και οποιαδήποτε υπάρχουσα διάχυση από τα κτίρια και τα δέντρα. Υπάρχουν ωστόσο σημαντικές προκλήσεις στην αξιολόγηση της έκθεσης του γενικού πληθυσμού σε RF ΗΜΑΠ, συμπεριλαμβανομένων του αριθμού και του εύρους των πηγών που συμμετέχουν και της επιρροής του περιβάλλοντος στην ισχύ του σήματος, όταν κινούνται οι άνθρωποι. Ενώ η έκθεση από τα κινητά τηλέφωνα μπορεί να αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας δεδομένα που παρέχει το ίδιο το κινητό, η αξιόπιστη αξιολόγηση της έκθεσης στις ΗΜΑΠ είναι μεγαλύτερη πρόκληση. Γενικά οι κυριότερες συνεισφορές στην έκθεση RF ΗΜΑΠ προέρχονται από σταθμούς βάσης κινητών τηλεφώνων (32,0%), ακουστικά κινητών τηλεφώνων (29,1%) και τηλέφωνα DECT (22,7%). Μεγαλύτερες εκθέσεις εμφανίζονται σε περιβάλλον γραφείου. Στις περισσότερες μελέτες, οι χαμηλότερες εκθέσεις είναι εντός οικιών, με έκθεση περίπου $0,1 \text{ mWm}^{-2}$. Στα μεταφορικά μέσα, η έκθεση προέρχεται κυρίως από τα κινητά τηλέφωνα, ενώ στα γραφεία και τις οικίες οι πηγές διαφέρουν ανάμεσα ανάμεσα στις διάφορες χώρες. Οι μέσες τιμές πυκνότητας ισχύος είναι υψηλότερες στα τραίνα ($1,16 \text{ mWm}^{-2}$), αεροδρόμια ($0,74 \text{ mWm}^{-2}$) και τραμ ή λεωφορεία ($0,36 \text{ mWm}^{-2}$) και υψηλότερες κατά τη διάρκεια της ημέρας ($0,16 \text{ mWm}^{-2}$) παρά τη νύχτα ($0,08 \text{ mWm}^{-2}$). Η χρήση μονάδων προσωπικής έκθεσης (exposimeters) έχει προταθεί με σκοπό να χαρακτηρίσει την προσωπική έκθεση. Τέτοιες συσκευές είναι κατάλληλες για της

μέτρηση των RF-HΜΑΠ από πηγές μακρινών πεδίων, όπως οι σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας, αλλά είναι λιγότερο ικανά να μετρήσουν με ακρίβεια την έκθεση σε κινητά ή ασύρματα τηλέφωνα, διότι οι μετρήσεις κατά τη διάρκεια προσωπικών τηλεφωνικών συνδιαλέξεων εξαρτώνται από την απόσταση της εκπέμπουσας συσκευής.

Γενικά μπορεί να υποστηριχθεί ότι η θέρμανση του ιστού είναι ο καλύτερα θεμελιωμένος μηχανισμός για τις επιδράσεις που προκαλεί η RF ακτινοβολία στα βιολογικά συστήματα. Εντούτοις, υπάρχουν επίσης πολυάριθμες αναφορές για συγκεκριμένες βιολογικές επιδράσεις από ELF και RF πεδία. Αν και έχει υποστηριχθεί ότι οι RF ΗΜΑΠ δεν μπορούν να προκαλέσουν φυσιολογικές επιδράσεις σε έκθεση εντάσεων που δεν προκαλούν αύξηση στη θερμοκρασία του ιστού, είναι πιθανόν ότι όλοι οι μηχανισμοί αλληλεπίδρασης μεταξύ αδύναμης RF ΗΜΑΠ και βιολογικών δομών δεν έχουν ανακαλυφθεί ή δεν έχουν πλήρως χαρακτηριστεί. Τα βιολογικά συστήματα είναι πολύπλοκα και παράγοντες όπως μεταβολική δραστηριότητα, φάση ανάπτυξης, πυκνότητα κυττάρων και επίπεδα αντιοξειδωτικών, ίσως μεταβάλλουν τα δυνητικά αποτελέσματα των RF και των ELF ΗΜΑΠ. Η δημόσια συζήτηση σχετικά με το, αν οι μη θερμικές επιδράσεις προέρχονται ή όχι ως αποτέλεσμα της έκθεσης σε χαμηλής έντασης RF ΗΜΑΠ, συνεχίζονται και η δυσκολία να καθοριστούν οι παρατηρούμενες επιδράσεις ως μή θερμικές παραμένει άλυτη. Οι ανησυχίες είναι δικαιολογημένες. Παρ' όλα αυτά, η έκθεση στις ΗΜΑΠ οδηγεί σε απορρόφηση ενέργειας από το ανθρώπινο

σώμα, η οποία είναι πολύ χαμηλή, αλλά γίνεται σημαντική αν συνεχίζεται για πολύ μεγάλες περιόδους.

Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι οι μελέτες στο αντικείμενο των ΗΜΑΠ είναι σύγχρονες, καινοτόμες και μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στα σχετικά ανοικτά επιστημονικά ζητήματα. Η έρευνα του παρόντος εδαφίου πέραν από την επισκόπηση των διεθνών δεδομένων ΗΜΑΠ που παρουσιάσθηκαν και έχουν επίσης δημοσιευθεί, περιλαμβάνει μετρήσεις ΗΜΑΠ σε κλειστούς και ανοικτούς χώρους σε διάφορες τοποθεσίες της Ελληνικής Επικράτειας στις συχνότητες RF με έμφαση σε αυτές των κινητών τηλεφώνων και των σταθμών βάσης.

Π1.5.3. Υλικά και Μέθοδος

Π1.5.3.1. Οργανολογία

Οι μετρήσεις ΗΠΑΠ του παρόντος εδαφίου πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας τα παρακάτω όργανα:

1. NARDA SMR-3006
2. NARDA EMR-300 RF
3. Aaronia SPECTRAN (HF & NF)
4. ANTENESSA EM SPY
5. HI 3604 Holaday ELF survey meter

Το όργανο NARDA SRM – 3006 περιέχει ένα ειδικό υποσύστημα για τη λήψη και ανάλυση μετρήσεων ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σε υψηλές συχνότητες από τα 9 *kHz* μέχρι τα 6 *GHz* με τοποθέτηση κατάλληλης κεραίας σφαιρικής συμμετρίας. Παρέχεται η δυνατότητα πλήρους φασματικής ανάλυσης συχνοτήτων σε οποιοδήποτε εύρος από τις ανιχνευόμενες συχνότητες. Το όργανο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα (2017) για μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ στην περιοχή της κινητής τηλεφωνίας και συσκευών WiFi και DECT. Το όργανο NARDA EMR-300 RF έχει χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα (2017) για μετρήσεις ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων ΗΜΑΠ στην περιοχή συχνοτήτων μεταξύ 3 *kHz* και 60 *GHz* . Τα όργανα Aaronia SPECTRAN HF και NF, έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα (2017) για μετρήσεις ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων στο εύρος 100 *MHz* έως 6 *GHz* (HF) και 50 *Hz* (NF). Το όργανο ANTENESSA EM SPY έχει χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα (2017) για την ανάλυση φασμάτων ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή 88 *MHz* έως 2,5 *GHz* . Το όργανο HI 3604 Holaday EL έχει χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα (2017) για τη μέτρηση των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίου ΗΜΑΠ στα 50 *Hz*. Λόγω του ανώτατου ορίου του οργάνου ANTENESSA EME SPY (5,02 *V/m*), η χρήση του ήταν περιορισμένη.

Όλα τα όργανα που έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρόν εδάφιο, έχουν εφαρμοσθεί ευρέως και με επιτυχία στη βιομηχανία, την έρευνα, τα εργαστήρια RF, τα κινητά τηλέφωνα, τους πύργους μετάδοσης, τα δίκτυα WLAN, τις συσκευές DECT, Wi-Fi και Bluetooth, τις οθόνες ΗΥ και λοιπές τηλεοράσεις και τις γραμμές μεταφοράς

ηλεκτρικής ενέργειας. Ο **Πίνακας 6** παρουσιάζει το φάσμα μετρήσεων του οργάνου ANTENESSA EM SPY το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως ως βάση ανάλυσης των μετρήσεων στα πλαίσια του ερευνητικού έργου του παρόντος εδαφίου.

88 - 108 MHz	FM	0.11	V/m
174 - 223 MHz	TV3	0.06	V/m
380 - 400 MHz	Tetrapol	0.10	V/m
470 - 830 MHz	TV4&5	0.13	V/m
890 - 915 MHz	GSM tx	0.05	V/m
935 - 960 MHz	GSM rx	0.05	V/m
1710 - 1785 MHz	DCS tx	0.10	V/m
1805 - 1880 MHz	DCS rx	0.07	V/m
1880 - 1900 MHz	DECT	0.12	V/m
1920 - 1980 MHz	UMTS tx	0.11	V/m
2110 - 2170 MHz	UMTS rx	0.21	V/m
2400 - 2500 MHz	WiFi	0.85	V/m
Total field		0.93	V/m

Πίνακας 6. Φάσμα συχνοτήτων μετρήσεων EM SPY

Π1.5.3.2. Θέσεις μέτρησης

Μετρήσεις ΗΜΑΠ έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα (2017) σε οικίες σε διάφορες περιοχές της Αττικής, Πελοποννήσου και στα νησιά της Ζακύνθου και της Λέσβου. Μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί οι παρακάτω μετρήσεις:

(1) **3547** μετρήσεις ΗΜΑΠ ELF & RF με τρία διαφορετικά όργανα μέτρησης (Aaronia SPECTRAN HF, ANTENESSA EM SPY, HI 3604 Holaday ELF survey meter) στην Αττική.

(2) **322** μετρήσεις ΗΜΑΠ ELF & RF στη Ζάκυνθο (Aaronia SPECTRAN HF & NF).

(3) **30** μετρήσεις ΗΜΑΠ RF στην Ηλεία (ANTENESSA EM SPY).

(4) **964** μετρήσεις ΗΜΑΠ RF στη Λέσβο (NARDA EMR-300 RF).

(5) **37440** μετρήσεις ΗΜΑΠ RF επιλεκτικά στην περιοχή της κινητής τηλεφωνίας (NARDA SMR-3006)

Σύνολο μετρήσεων ΗΜΑΠ : 4683 ενεργητικές γενικές μετρήσεις ΗΜΑΠ ELF & RF και **1946880** μετρήσεις ΗΜΑΠ RF επιλεκτικά σε 52 οικίες στην περιοχή της κινητής τηλεφωνίας που αντιστοιχούν σε σύνολο σε **1951563 μετρήσεις ΗΜΑΠ RF.**

Το δείγμα μετρήσεων περιλαμβάνει μετρήσεις σε εσωτερικούς χώρους και σε εξωτερικούς χώρους εγγύς γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας. Το περιορισμένο του δείγματος σε Πανελλαδικό επίπεδο, οφείλεται στους περιορισμούς στο χρόνο και τη διαθεσιμότητα των οργάνων σε συνδυασμό με τη γεωγραφική διασπορά των τοποθεσιών. Στις μετρήσεις εσωτερικών χώρων, η διάρκεια ήταν μεταξύ 5 και 15 λεπτών με την κάθε συσκευή στο κέντρο του δωματίου, ανεξάρτητα και τις συσκευές RF του εσωτερικού χώρου κλειστές. Τα κριτήρια αυτά θεωρήθηκαν ως συμβιβαστική λύση τυποποίησης κατά τη διάρκεια πραγματικής πρακτικής και της μέτρησης. Σε κάθε θέση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων υπολογίστηκε ο μέσος όρος, σύμφωνα με τις διεθνείς συστάσεις. Επιπλέον, σε επιλεγμένες περιοχές, οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν στον κεντρικό άξονα της αίθουσας, ένα

μέτρο πάνω από το δάπεδο και σε απόσταση 0 m , 1 m και 2 m μακριά από τοίχους, ενώ ενεργοποιήθηκαν πηγές ΗΜΑΠ RF. Τέτοιες πηγές ήταν ο φούρνος μικροκυμάτων, η βάση DECT, το modem Wi-Fi. Για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ΗΜΑΠ ELF 50 Hz , οι ενεργοποιημένες πηγές ΗΜΑΠ ήταν όλες οι διαθέσιμες λάμπες φωτισμού του δωματίου και τυχόν υφιστάμενες οθόνες καθοδικού σωλήνα. Ειδικά για τις περιοχές που βρισκόταν κοντά σε γραμμές υψηλής τάσης, πρόσθετες μετρήσεις ελήφθησαν σε εξωτερικούς χώρους στη βεράντα των αντιστοίχων κατοικιών.

Σχετικά με τις μετρήσεις ΗΜΑΠ RF κινητής τηλεφωνίας ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε 52 οικίες. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τέσσερις (4) φάσεις. Ως πρώτη φάση, ορίστηκε η «ΑΝΑΜΟΝΗ» ή «ΑΔΡΑΝΕΙΑ» (ξεκλείδωμα) του τηλεφώνου. Ως δεύτερη φάση ορίστηκε η «ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΚΛΗΣΗΣ» ή «ΚΛΗΣΗ» (εισερχόμενη είτε εξερχόμενη όπου αναμένεται η απάντηση του δέκτη). Ως τρίτη φάση ορίστηκε η «ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΛΗΣΗ» (όπου υπάρχει συνομιλία). Τέλος, ως τέταρτη φάση ορίστηκε το «ΚΛΕΙΣΙΜΟ». Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και για τις τέσσερις φάσεις σε όλα τα κινητά με το όργανο NARDA SRM – 3006. Σε κάθε οικία πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις. Η μια μέτρηση έγινε με το όργανο NARDA SRM – 3006 σε απόσταση 0 μέτρων από το κινητό και η άλλη σε απόσταση ενός μέτρου από το κινητό. Δεδομένου των τεσσάρων διαφορετικών φάσεων (αναμονή, κλήση, κατά την κλήση, κλείσιμο) πραγματοποιήθηκαν τελικά $52 * 2 * 4 = 416$ μετρήσεις χρονικής διάρκειας 30 δευτερολέπτων έκαστος. Με δεδομένη τη συχνότητα

μέτρησης του NARDA SRM – 3006 (3 μετρήσεις το δευτερόλεπτο περίπου) οι συνολικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ανέρχονται περίπου σε $52 * 2 * 4 * 3 * 30 = 37440$ μετρήσεις για κάθε κινητό. Ο συγκεκριμένος κύκλος μετρήσεων πραγματοποιήθηκε τρεις φορές για κάθε κινητό. Για όλες τις μετρήσεις ακολουθήθηκε η λογική συνέχεια των 4 σταδίων που αναφέρθηκε παραπάνω. Επισημαίνεται ότι, λόγω των συχνοτήτων που λειτουργούν τα κινητά τηλέφωνα, δεν υπήρχε πρόβλημα σχετικά με παρεμβολές από άλλα σήματα όπως το Wi-Fi, παρά μόνο με το σήμα των ασύρματων τηλεφώνων (DECT), το οποίο και περιορίστηκε καταργώντας την τροφοδοσία του ασύρματου τηλεφώνου. Τα παραπάνω κριτήρια θεωρήθηκαν ως συμβιβαστική λύση τυποποίησης κατά τη διάρκεια πραγματικής πρακτικής μέτρησης.

Σημαντικά σχετικά με τις μετρήσεις ΗΜΑΠ RF στην περιοχή της κινητής τηλεφωνίας είναι τα παρακάτω στοιχεία. Ένα τηλέφωνο GSM σε λειτουργία «αναμονής» (stand-by) είναι ενεργό μόνο κατά τη διάρκεια της ενημέρωσης για τη θέση του στο δίκτυο. Όταν το τηλέφωνο δεν κινείται, η συχνότητα ενημέρωσης καθορίζεται από το διαχειριστή του δικτύου και είναι συνήθως κάθε 2 - 5 ώρες, ενώ το σήμα έχει τη μορφή σειράς σύντομων ριπών για χρονικό διάστημα περίπου 2 δευτερολέπτων. Όταν το τηλέφωνο είναι σε κίνηση, η ενημέρωση συμβαίνει με καθένα από τους σταθμούς βάσης της πορείας του. Μεταξύ των ενημερώσεων, το κινητό τηλέφωνο είναι ένας παθητικός δέκτης με μηδενική εκπομπή ραδιοσυχνοτήτων. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, τα τηλέφωνα GSM και UMTS (dualband και quad-band) σε κατάσταση αναμονής κατά τη διάρκεια

μετακινήσεων με δημόσια μέσα μεταφοράς, όπως λεωφορεία και τρένα, αλλά και αυτοκίνητα, εκπέμπουν σήματα «ενημέρωσης» πολύ πιο συχνά κατά τη μετακίνηση, με αποτέλεσμα τα άτομα εγγύς να εκτίθενται σε μεγάλα ποσά ακτινοβολίας λόγω της μαζικότητας των κινητών τηλεφώνων. Τα ευρήματα έκθεσης UMTS τηλεφώνων δείχνουν σημαντικά χαμηλότερες τιμές από τις αντίστοιχες των GSM τηλεφώνων. Επίσης έχει διαπιστωθεί ότι τα Quandband κινητά τηλέφωνα χρησιμοποιούν τόσο τη GSM όσο και την UMTS συχνότητα κατά την ενημέρωση της θέσης. Γενικά, τα σημερινά (2017) smartphones μεταδίδουν για περισσότερο χρόνο από όσο τα κινητά τηλέφωνα παλαιότερης γενεάς, διότι απαιτείται συγχρονισμός δεδομένων, όπως, για παράδειγμα, συμβαίνει με τα μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, ο οποίος συγχρονισμός πραγματοποιείται με απομακρυσμένους διακομιστές. Βέβαια, το τηλέφωνο είναι απίθανο να βρίσκεται κοντά στην κεφαλή κατά την εκτέλεση αυτών των υπηρεσιών, αλλά μπορεί να είναι στην τσέπη, ή αλλού κοντά στο σώμα, και εκείνο το μέρος του σώματος θα εκτεθεί σε αρκετά ισχυρό πεδίο, όπως, π.χ. κατά τη διάρκεια χρήσης εφαρμογών με σύνδεση στο διαδίκτυο.

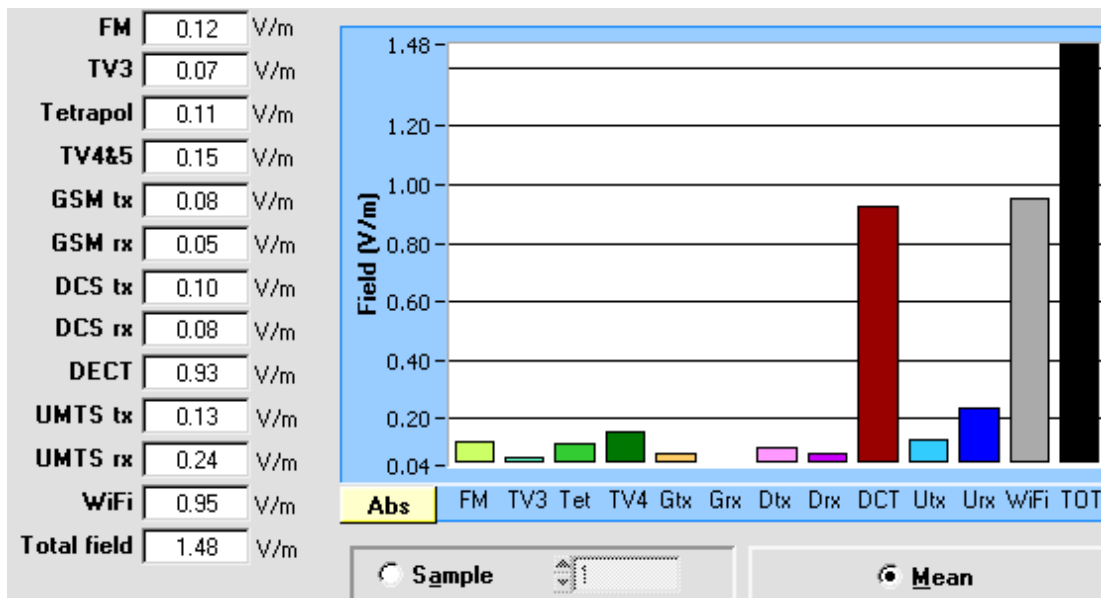
Πρέπει εδώ να τονιστεί ότι η όλη προσέγγιση αποτελεί το πρώτο βήμα για την οριοθέτηση της κατανομής των ΗΜΑΠ σε διάφορες τοποθεσίες και χώρους κάτω από μεταβλητές συνθήκες μέτρησης. Ειδικά για τις μετρήσεις σε εσωτερικούς χώρους, το τελευταίο είναι πολύ σημαντικό ώστε να ανιχνευθούν οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τις ΗΜΑΠ εσωτερικών χώρων όπου ο άνθρωπος περνά περίπου το 70-80 του χρόνου του.

Π1.5.4.Αποτελέσματα

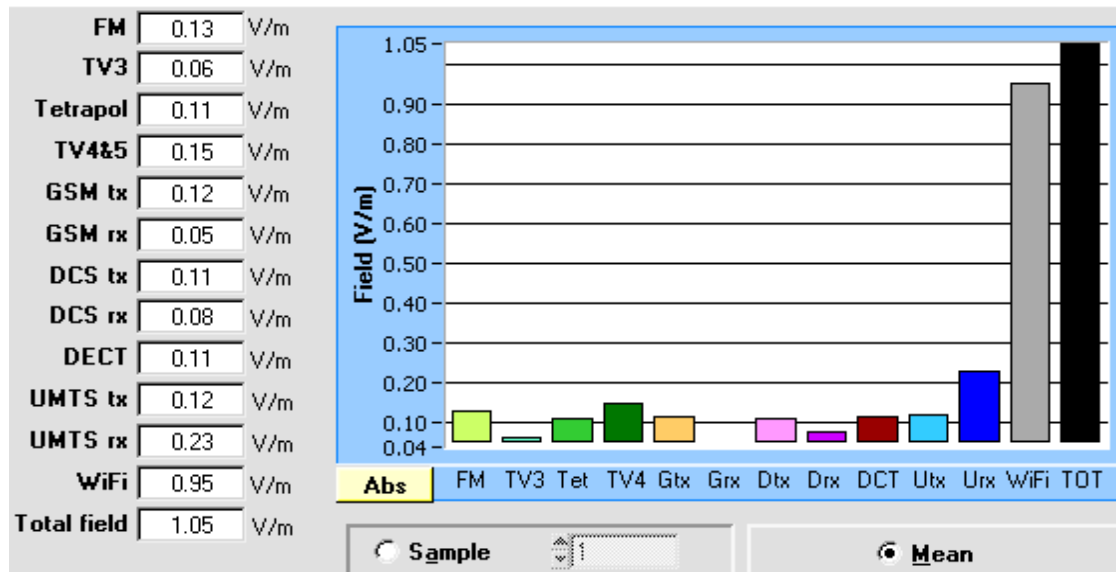
Ακολουθούν μερικά χαρακτηριστικά αποτελέσματα μετρήσεων ΗΜΑΠ διαφόρων συχνοτήτων. Δίδονται για να σκιαγραφηθεί το παρόν έργο το οποίο τελεί υπό διαρκή εξέλιξη.

Π1.5.4.1.Ειδικές μελέτες περιοχών Αττικής

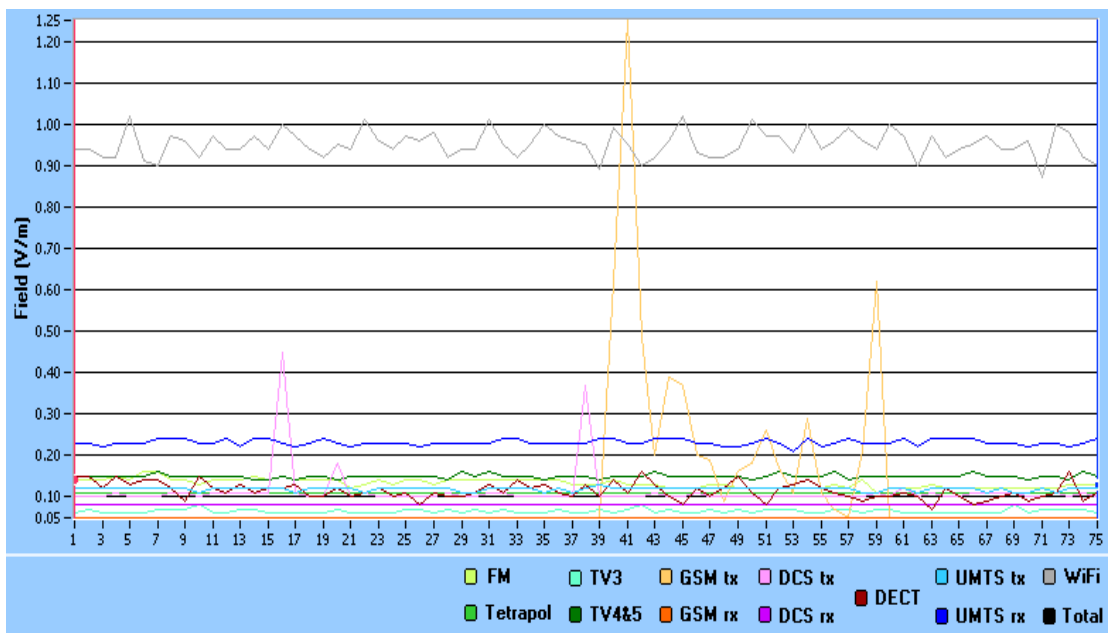
Ο κύριος σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθούν επισταμένα συγκεκριμένες πηγές ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Οι περιοχές που καλύφθηκαν ευρίσκονταν σε εσωτερικούς χώρους στην Αττική. Η διάρκεια της κάθε μέτρησης επιλέχθηκε να είναι 5 λεπτά για να ανιχνευθούν αρχικά τα φαινόμενα. Ακολουθούν χαρακτηριστικά αποτελέσματα από από τις παραπάνω μετρήσεις.



Σχήμα 1: Αίθουσα αναμονής TOYOTA.

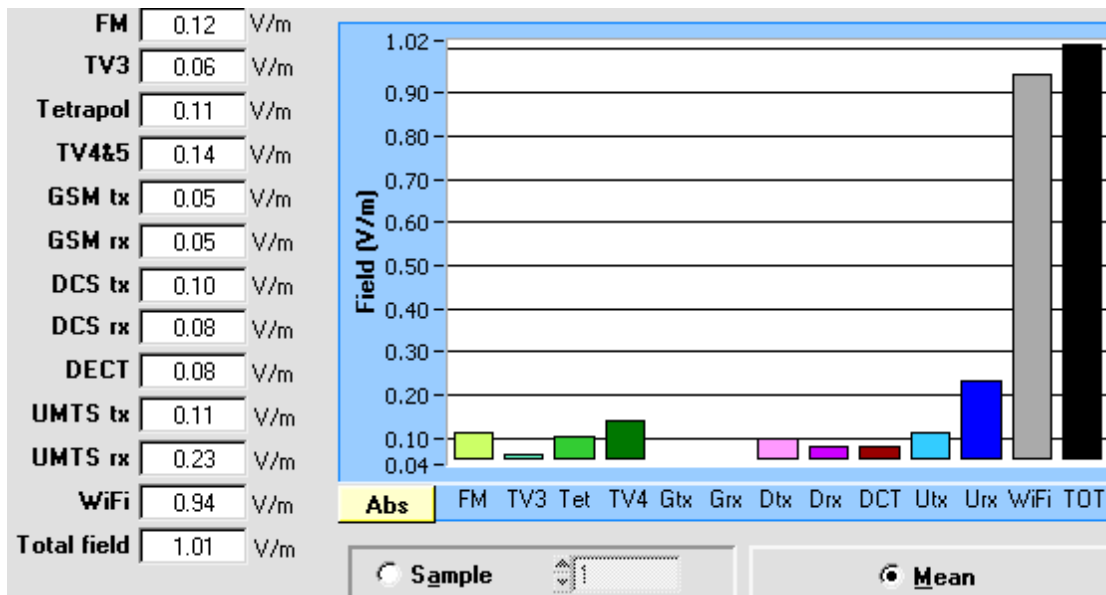


Σχήμα 2: Αίθουσα αναμονής TOYOTA, μέσες τιμές.

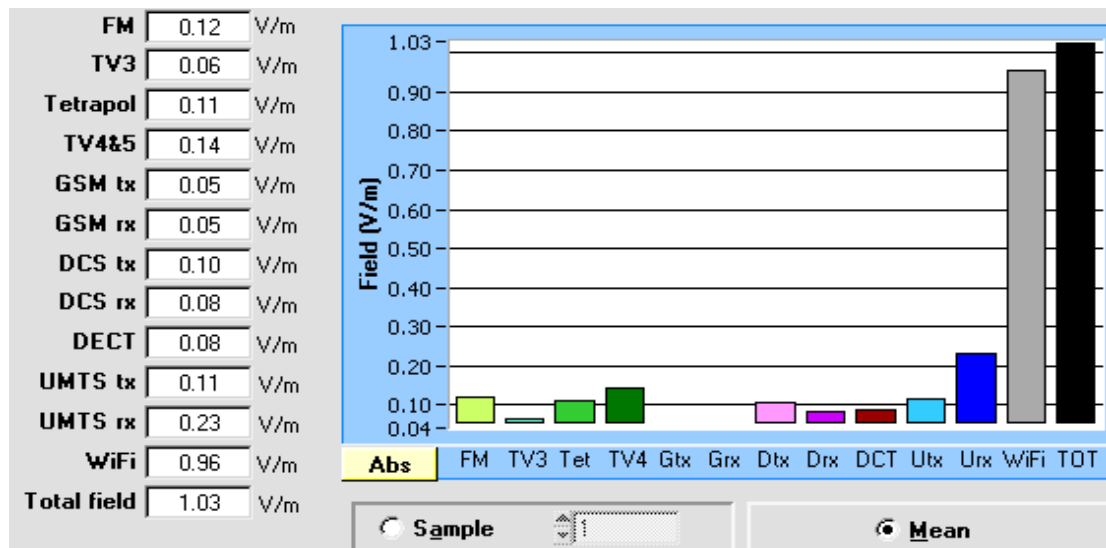


Σχήμα 3: Ηλεκτρικό πεδίο στη αίθουσα αναμονής TOYOTA.

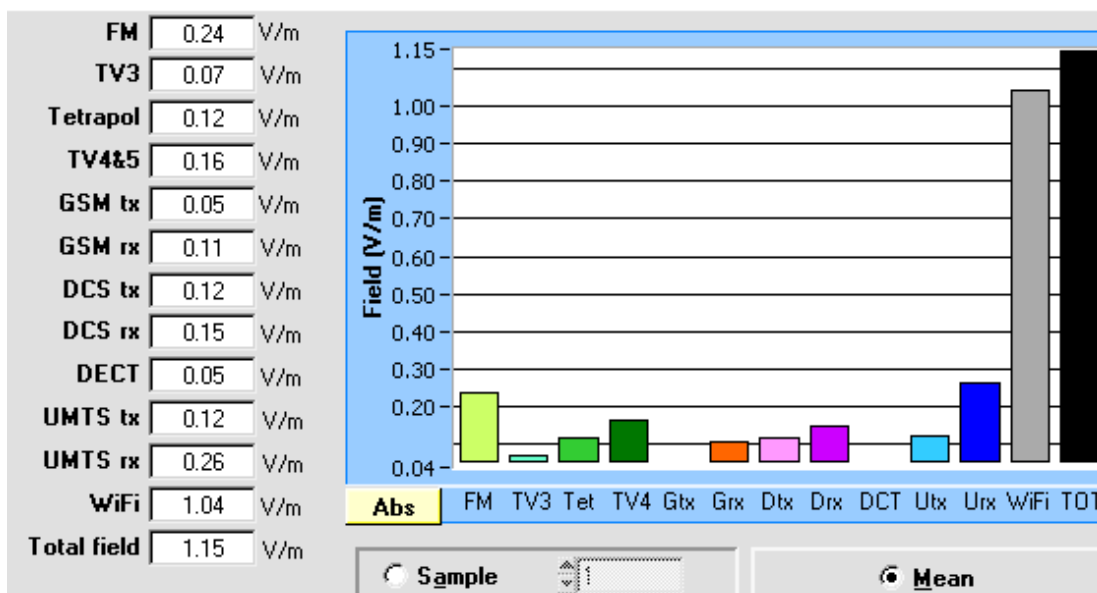
Οι επόμενες τρεις μετρήσεις διεξήχθησαν για να προσδιοριστεί η επίδραση ενός σήματος 3G της εταιρείας WIND στο συνολικό πεδίο. Στην πρώτη μέτρηση δεν υπήρχε DECT στο σπίτι, αλλά υπήρχε ένα στον πρώτο όροφο και ένα στον τρίτο πάνω από τη βάση του WiFi.



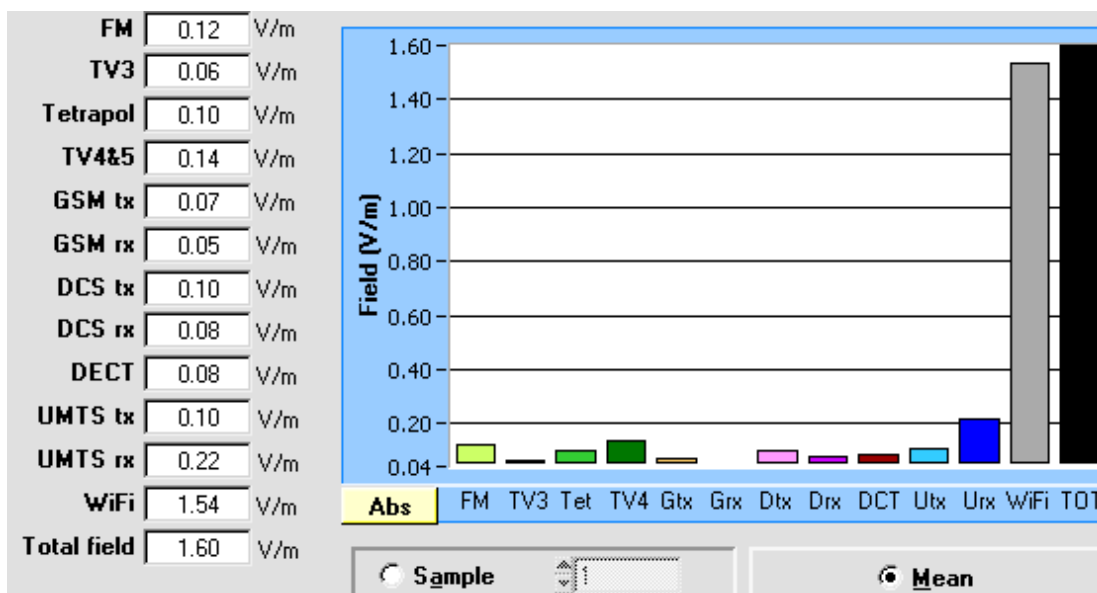
Σχήμα 4: Φάληρο, σαλόνι (καμία συσκευή στο δωμάτιο).



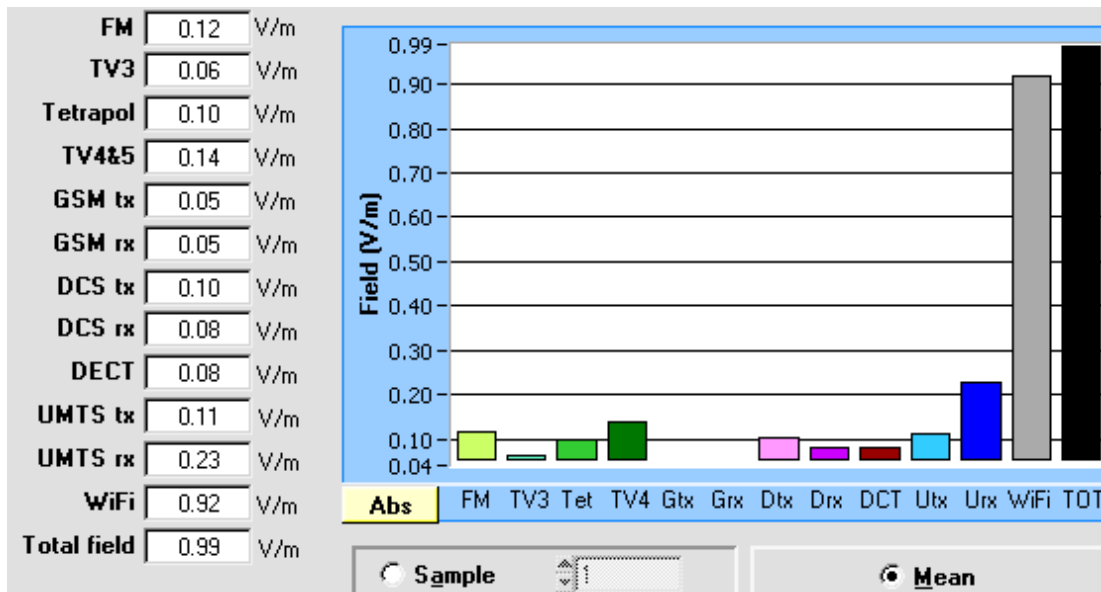
Σχήμα 5: Φάληρο κουζίνα (εξοπλισμένη με ένα φούρνο μικροκυμάτων, δεν είναι σε χρήση).



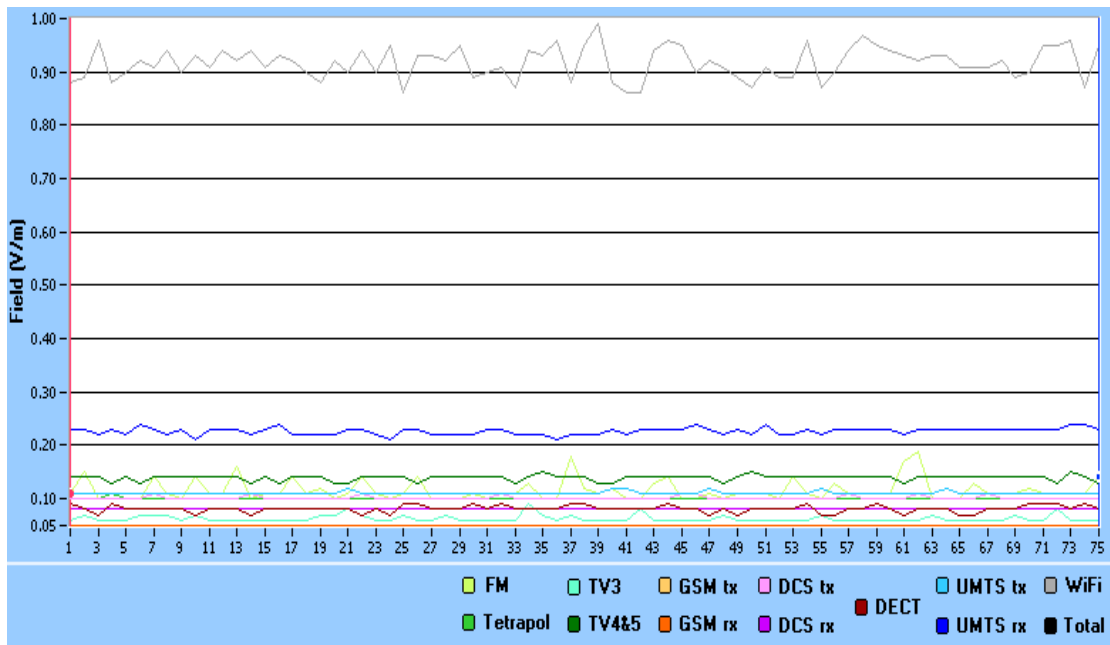
Σχήμα 6 :Φάληρο, παιδικό δωμάτιο, WiFi ανοικτό.



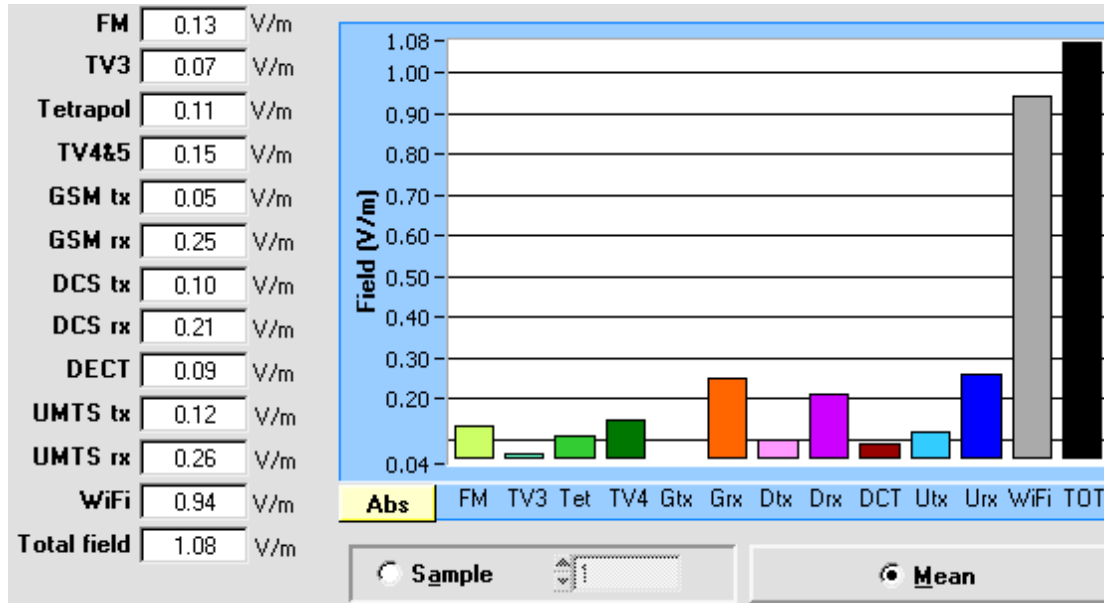
Σχήμα 7: Φάληρο, παιδικό δωμάτιο, ανοικτό WiFi μέτρηση 50 cm μακριά.



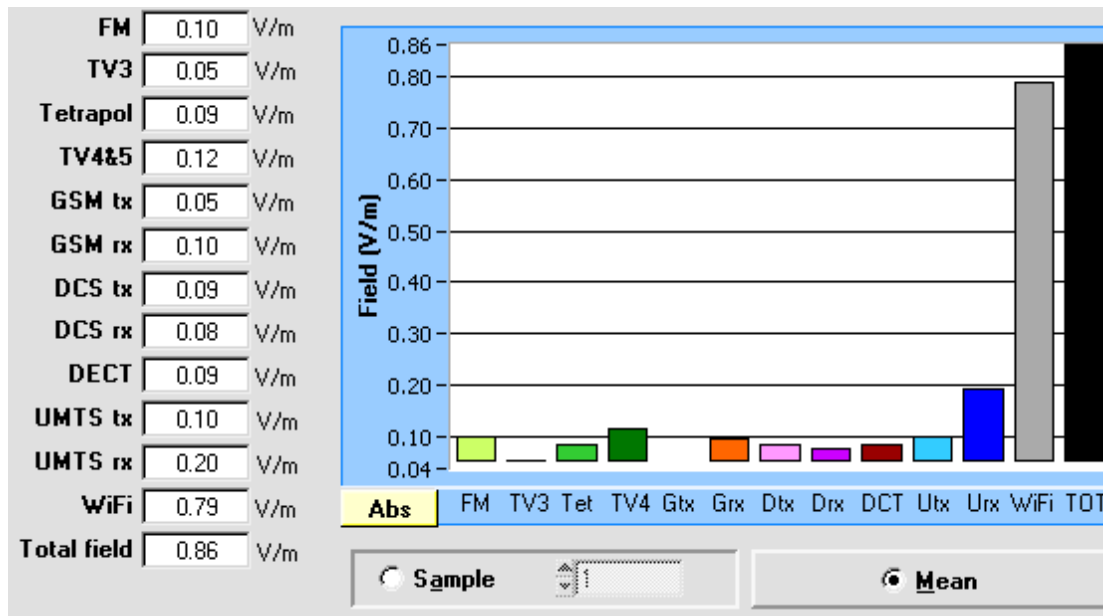
Σχήμα 8: Φάληρο, παιδικό δωμάτιο, κλειστό WiFi μέτρηση 50 cm μακριά.



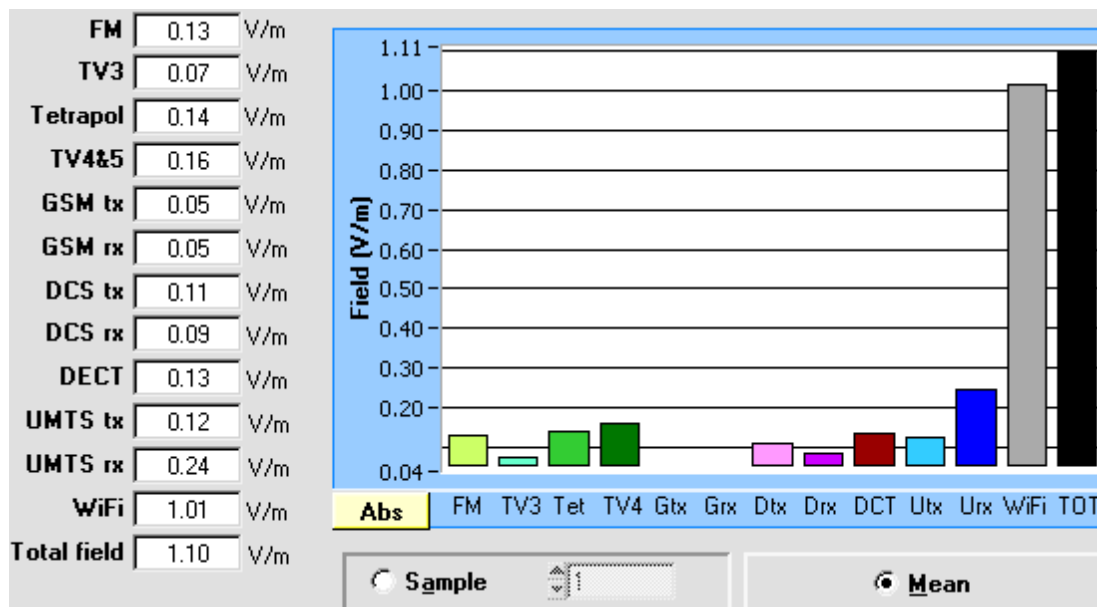
Σχήμα 9: Φάληρο, παιδικό δωμάτιο, κλειστό WiFi μέτρηση 50 cm μακριά.



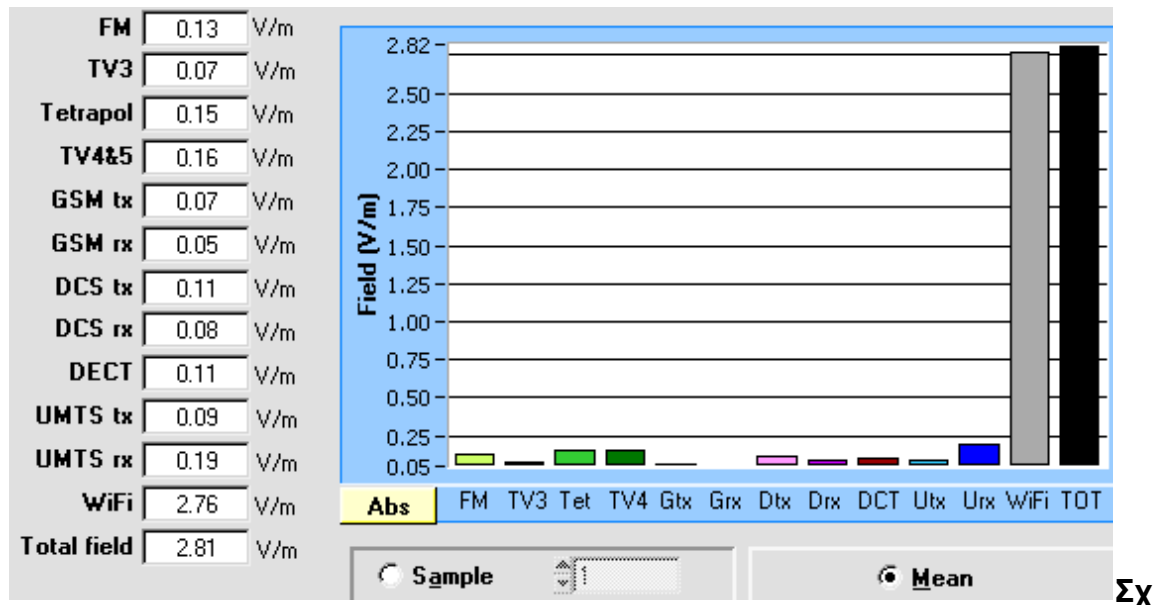
Σχήμα 10: Κυψέλη, δωμάτιο που βλέπει σε πλατεία.



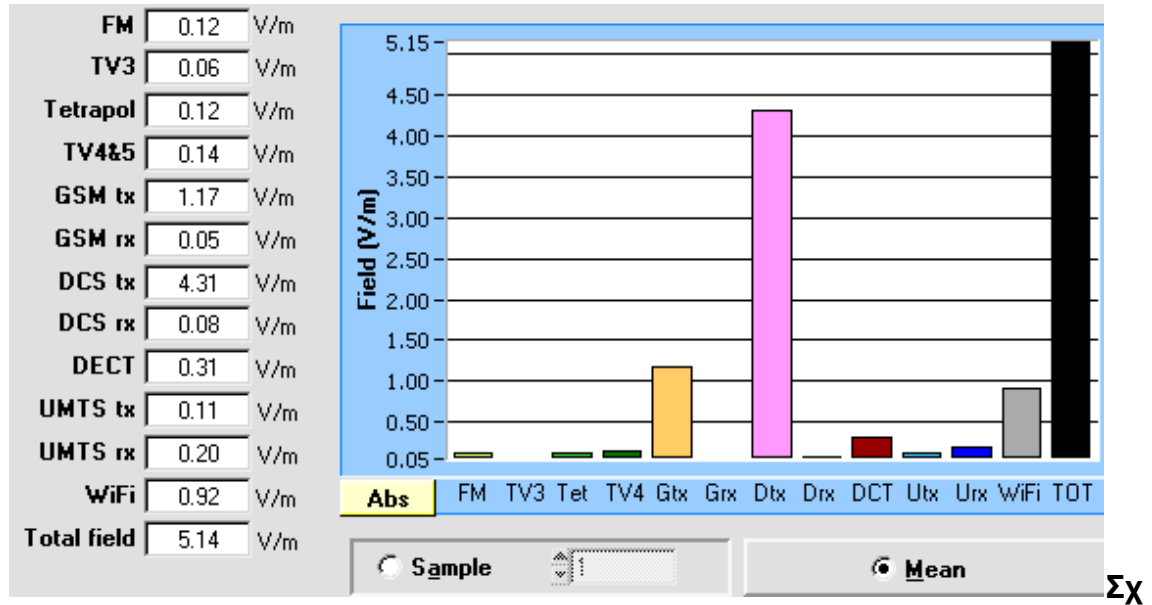
Σχήμα 10: Κυψέλη, δωμάτιο που βλέπει στην πίσω μεριά του κτιρίου.



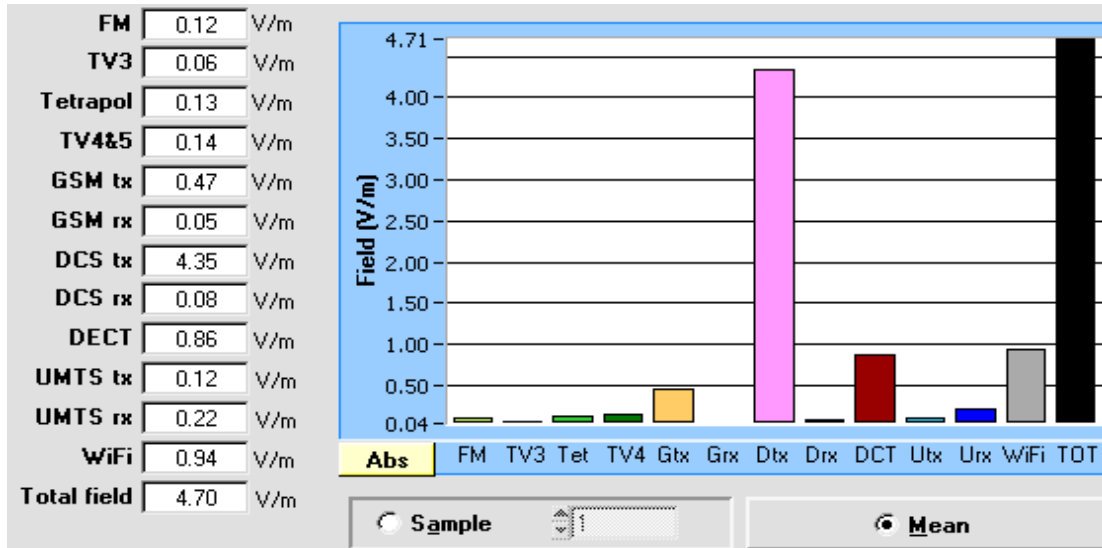
Σχήμα 12: Ραφήνα, χωλ, WiFi κλειστό.



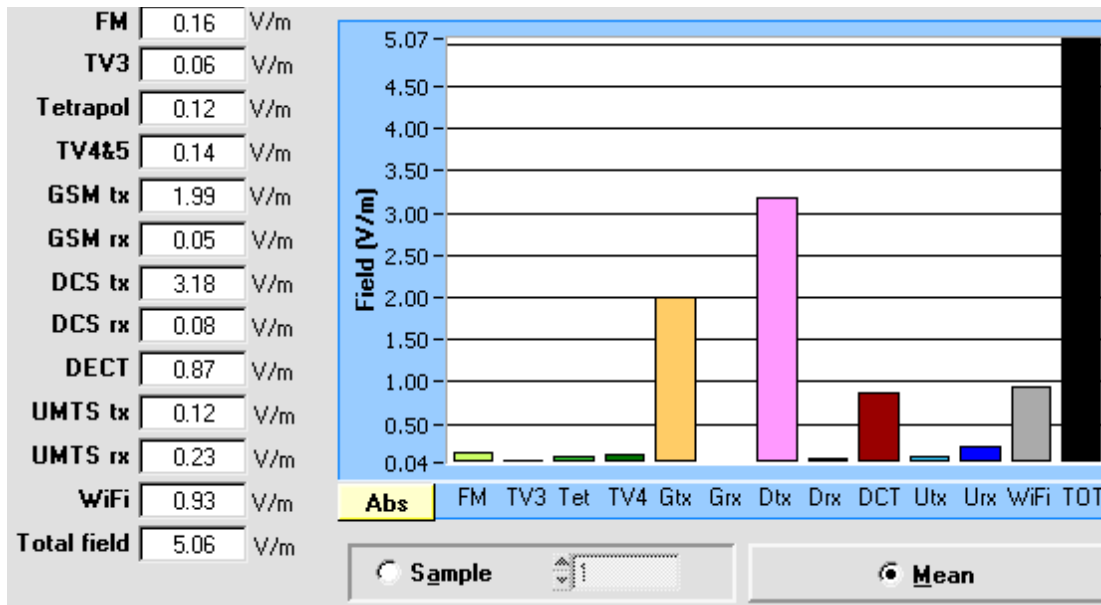
Σχήμα 13: Ραφήνα, χωλ, φούρνος μικροκυμάτων ανοιχτός.



Σχήμα 15: Ραφήνα χωλ, κλήση από κινητό τηλέφωνο 1 σε απόσταση 20 cm.



Σχήμα 16 :Ραφήνα χωλ κλήση από κινητό τηλέφωνο 2, σε απόσταση 20 cm.



Σχήμα 17: ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ αίθουσα Ε01, κινητό 2 σε απόσταση 20 cm.

Οι παραπάνω χαρακτηριστικές μετρήσεις καταδεικνύουν τα παρακάτω:

- (1) Παρουσιάζονται χρονικές διακυμάνσεις του ηλεκτρικού πεδίου σε εσωτερικούς χώρους. Αυτό οφείλεται στη χρονική μεταβλητότητα των πηγών του πεδίου με κυριότερες αυτές των DECT, WiFi και κινητής τηλεφωνίας.
- (2) Η κατανομή συχνοτήτων ανά είδος πηγής κυμαίνεται μεταξύ των εσωτερικών χώρων. Η κύριες πηγές έκθεσης στο ηλεκτρικό πεδίο σε εσωτερικούς χώρους προέρχεται κυρίως από τα (α) ασύρματα δίκτυα WiFi, (β) τα τηλέφωνα DECT (DCT), (γ) τα κινητά τηλέφωνα κυρίως στις συχνότητες Gtx και Dtx.
- (3) Τα ηλεκτρικά πεδία σε εσωτερικούς χώρους ευρίσκονται κάτω από 1 V/m χωρίς τη λειτουργία εξειδικευμένων πηγών. Η κύρια επίδραση σε αυτές τις περιπτώσεις οφείλεται κυρίως στα ασύρματα δίκτυα WiFi.

(4) Τα ηλεκτρικά σε εσωτερικούς χώρους με την παρουσία εξειδικευμένων πηγών μπορεί να ανέλθουν και άνω του προτεινόμενου ορίου των 5 V/m αναλόγως με τη χρήση.

Π1.5.4.2. Μετρήσεις ΗΜΑΠ σε διάφορες τοποθεσίες Πανελλαδικά.

Οι παρακάτω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε οικίες σε διάφορες περιοχές της Αττικής, Πελοποννήσου και στις νήσους Ζάκυνθος και Λέσβος.

Π1.5.4.2.1. Γραμμές υψηλής τάσης

Ορισμένες μετρήσεις ΗΜΑΠ πραγματοποιήθηκαν σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους κατοικιών που βρίσκονται εγγύς γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης (50 Hz, ELF ΗΜΑΠ). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με το όργανο HI 3604 Holaday ELF survey meter. Ο Πίνακας 7 παρουσιάζει τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων.

Πίνακας 7. Μετρήσεις EMF ΗΜΑΠ (50 Hz) εσωτερικών και εξωτερικών χώρων κατοικιών εγγύς γραμμών μεταφοράς

Περιοχή	Όροφος	Εσωτερικοί Χώροι		Εξωτερικοί χώροι	
		E (V/m)	B (μT)	E (V/m)	B (μT)
A	1 ^{ος}	2	0,686	8	0,69
	2 ^{ος}	-	-	117	0,83
	3 ^{ος}	1,6	0,8	348	0,833
B	1 ^{ος}	4	1,2	159	1,65
	2 ^{ος}	2	2,7	315	3,2
C	Ισόγειο 1	10	3,17	313	6
	Ισόγειο 2	16	1,5	5	1,5

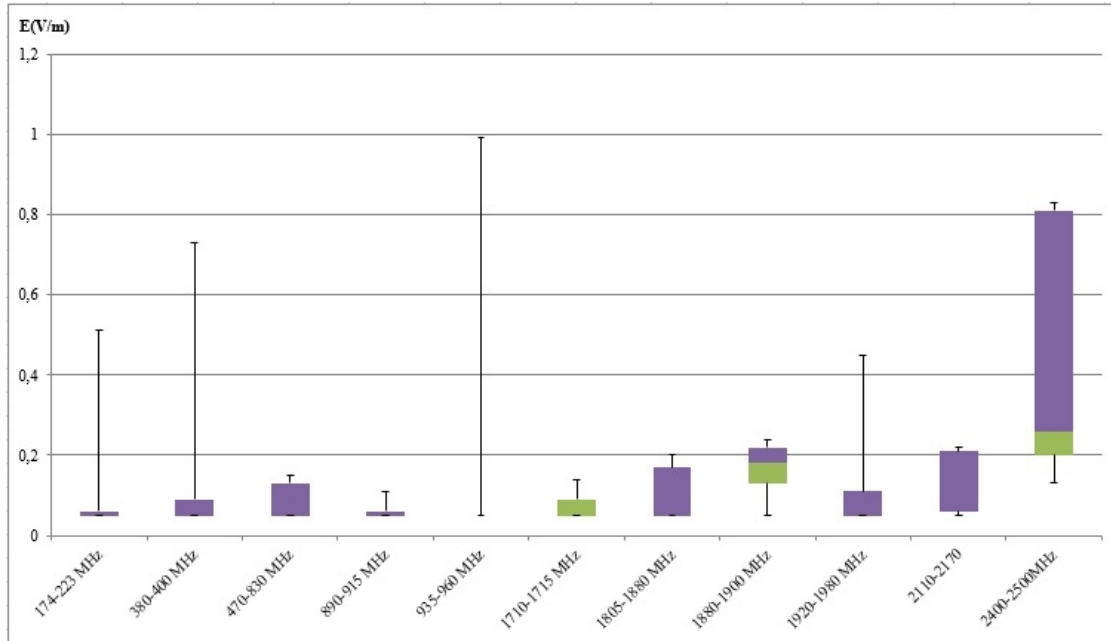
	Ταράτσα 1	1,5	1,2	350	0,7
	1 ^{ος}	3,5	1,2	270	3
	2 ^{ος}	8	2	3000	2,8
	3 ^{ος}	25	0,7	65	0,35
	4 ^{ος}	1,5	0,35	150	0,15

Μπορεί να παρατηρηθεί ότι το ηλεκτρικό πεδίο κυμαίνεται από 1,5 V/m έως 10 V/m στο εσωτερικό των κατοικιών ενώ στον όμορο εξωτερικό χώρο κυμαίνεται από 5 V/m έως 3 kV/m . Επίσης, το μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό των κατοικιών κυμαίνεται από 0,35 μT έως 3,17 μT ενώ στον όμορο εξωτερικό χώρο από 0,15 μT έως 6 μT . Επισημαίνεται εδώ ότι τα επιτρεπτά όρια της ICNIRP είναι 5 kV/m για το ηλεκτρικό πεδίο και 0,1 μT για το μαγνητικό πεδίο.

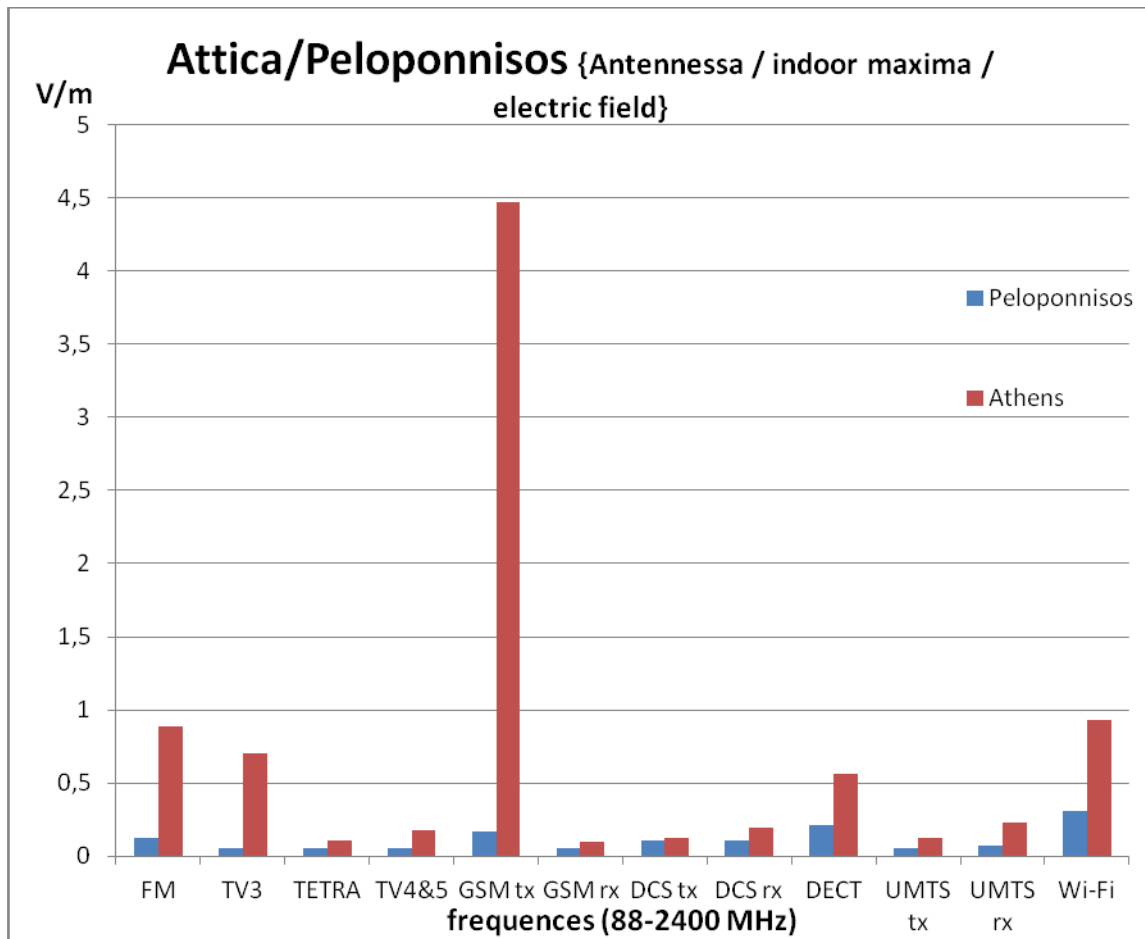
Π1.5.4.2.2. Μετρήσεις ΗΜΑΠ RF στην Αττική, Πελοπόννησο, Ζάκυνθο και Λέσβο

Ορισμένες μετρήσεις στην Αττική και όλες οι μετρήσεις την Πελοπόννησο ελήφθησαν με το όργανο ANTENESSA EM SPY. Ορισμένες άλλες μετρήσεις στην Αττική και οι μετρήσεις στη Ζάκυνθο, πραγματοποιήθηκαν με το όργανο Aaronia SPECTRAN HF. Οι υπόλοιπες μετρήσεις στην Αττική και οι μετρήσεις στη Λέσβο ελήφθησαν με το όργανο NARDA EMR-300 RF.

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκριτικές μετρήσεις περιοχών ανά χρησιμοποιούμενη οργανολογία.



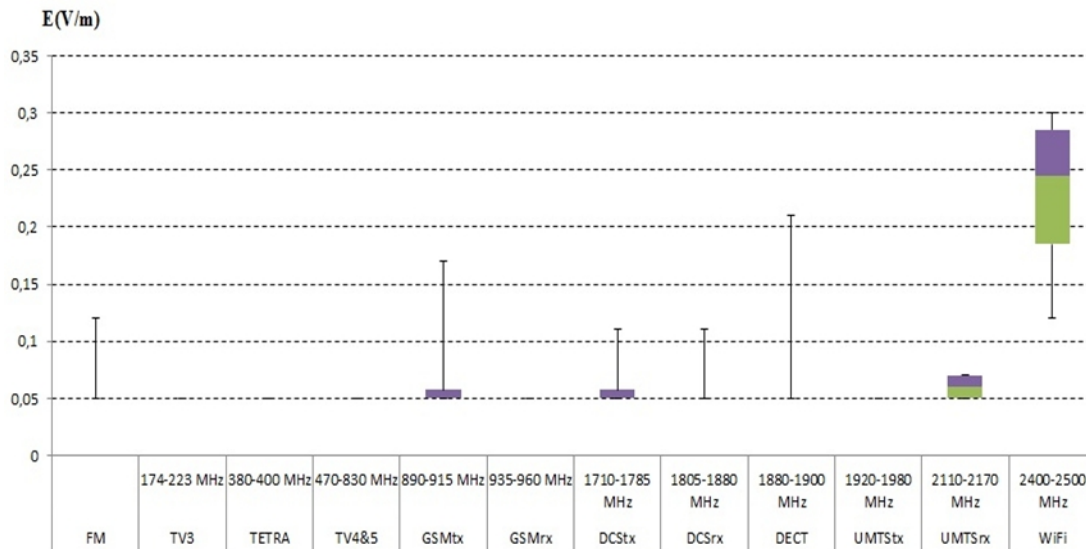
Τα ακόλουθα αποτελέσματα προέρχονται από τις μετρήσεις με το όργανο ANTENESSA EM SPY, σε κατοικίες από την περιοχή της Αττικής και από την Πελοπόννησο.



Σχήμα 18: Μετρήσεις με το όργανο ANTENESSA EM SPY σε κατοικίες της Αττικής και της Πελοποννήσου

Μπορεί να παρατηρηθεί, ότι οι υψηλότεροι μέσοι όροι τιμών ηλεκτρικού πεδίου εμφανίζονται στην περιοχή των ασυρμάτων δικτύων WiFi. Επίσης υψηλές τιμές, αλλά και με μεγάλες διακυμάνσεις, εμφανίζονται στις περιοχές της κινητής τηλεφωνίας και ειδικότερα στις συχνότητες των GSM Tx, με την υψηλότερη μετρούμενη τιμή στην Αττική να είναι $4,47 \text{ V/m}$. Συγκρίνοντας τις μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου εσωτερικών χώρων Αττικής και Πελοποννήσου, οι τελευταίες

είναι πολύ χαμηλότερες, τείνοντας προς το μηδέν, σε ορισμένες συχνότητες.
(Σχήμα 18).



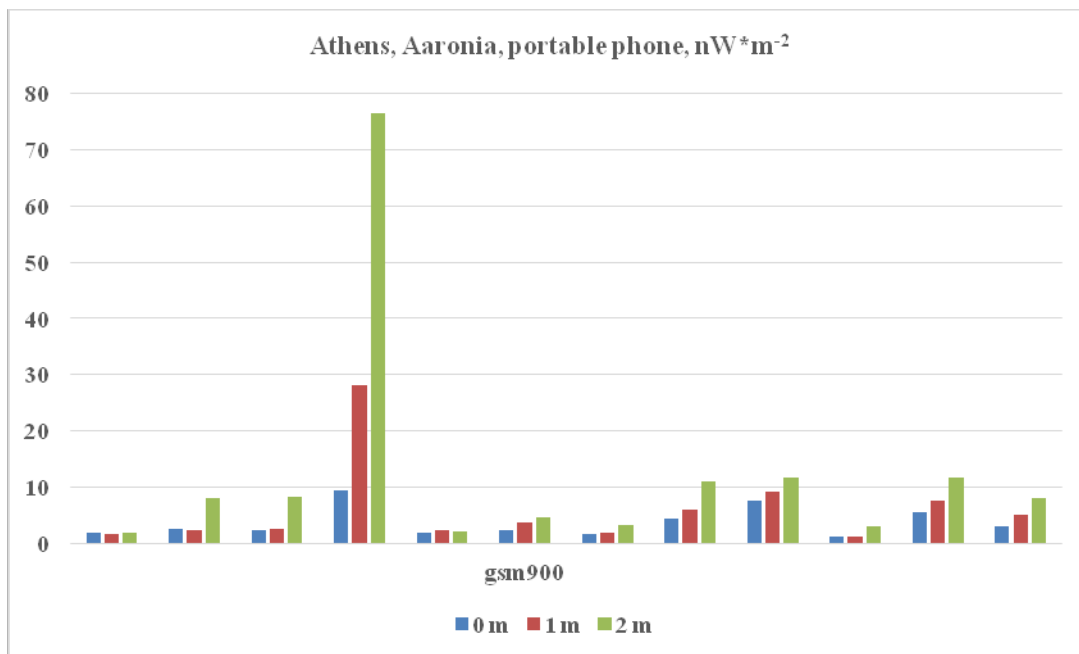
Σχήμα 19: Μετρήσεις με το όργανο ANTENESSA EM SPY σε κατοικίες στην Πελοπόννησο

Στο **Σχήμα 19** παρατηρείται ότι η περιοχή ασυρμάτων δικτύων WiFi, παρουσιάζει τις υψηλότερες μέσες και μέγιστες τιμές. Αξιοσημείωτη είναι η συνεισφορά των συχνοτήτων της περιοχής DECT. Είναι σημαντικό να τονισθεί εδώ, ότι τα αποτελέσματα του σχήματος 19, αναφέρονται εξ ολοκλήρου σε αγροτικές περιοχές.

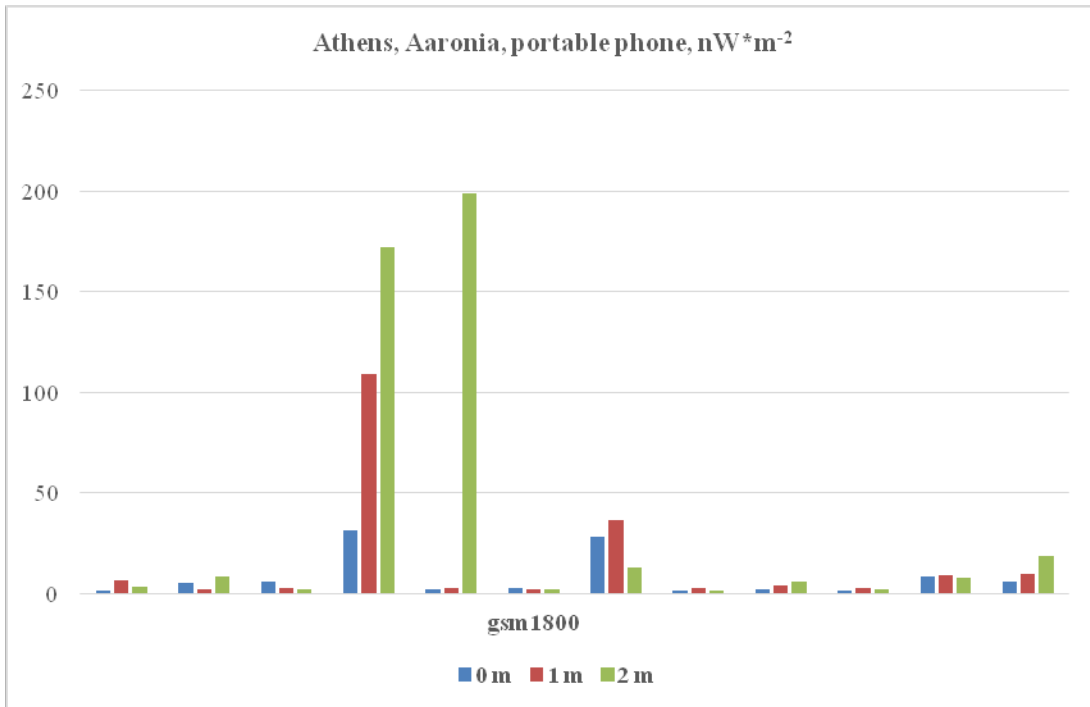
Μετρήσεις με τα όργανα Aaronia SPECTRAN HF & NF

Τα **σχήματα 20, 21 και 22** παρουσιάζουν ένα διαπιστωμένο γεγονός, δηλαδή ότι τα κινητά τηλέφωνα τείνουν να έχουν υψηλότερη μέση ισχύ (nW/m^2) σε απόσταση 2 m από τοίχους συγκριτικά με τη μέση ισχύ σε αποστάσεις 1 m

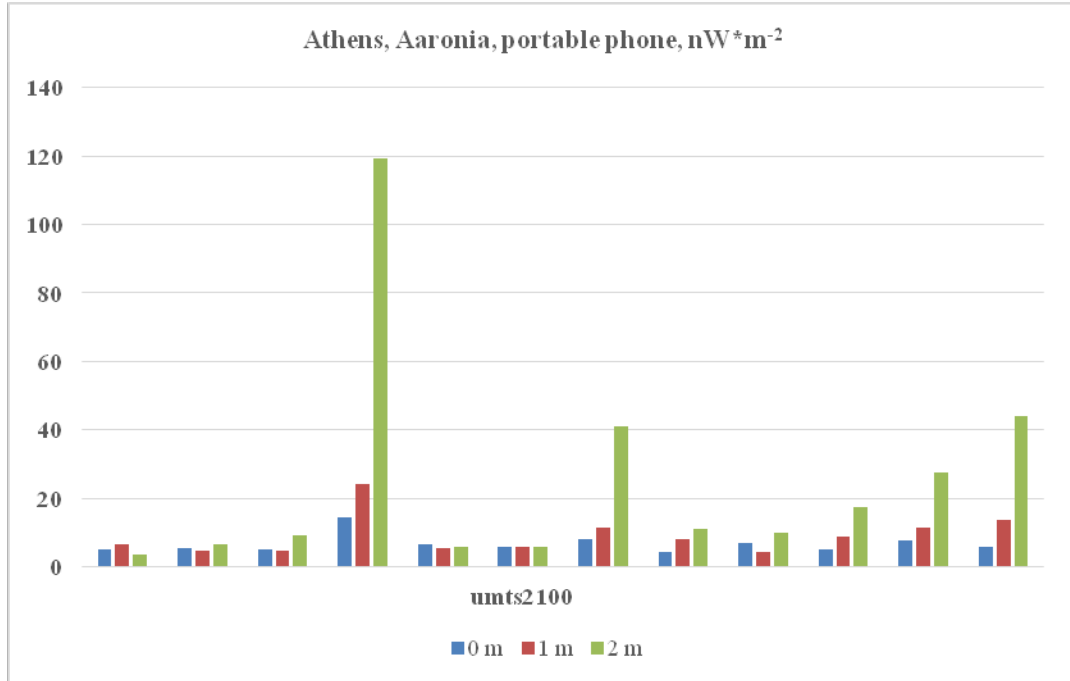
και 0 m . Ειδικά τα κινητά τηλέφωνα τύπου GSM 1800, έχουν τις υψηλότερες τιμές μέσης ισχύος, με τη μέγιστη τιμή μέσης ισχύος να φτάνει μέχρι τα 200 nW/m^2 . Ακολούθως στα κινητά τηλέφωνα τύπου UMTS 2100 και GSM 900, η υψηλότερη τιμή μέσης ισχύος ήταν αντίστοιχα 119,14 nW/m^2 και 76,48 nW/m^2 αντίστοιχα.



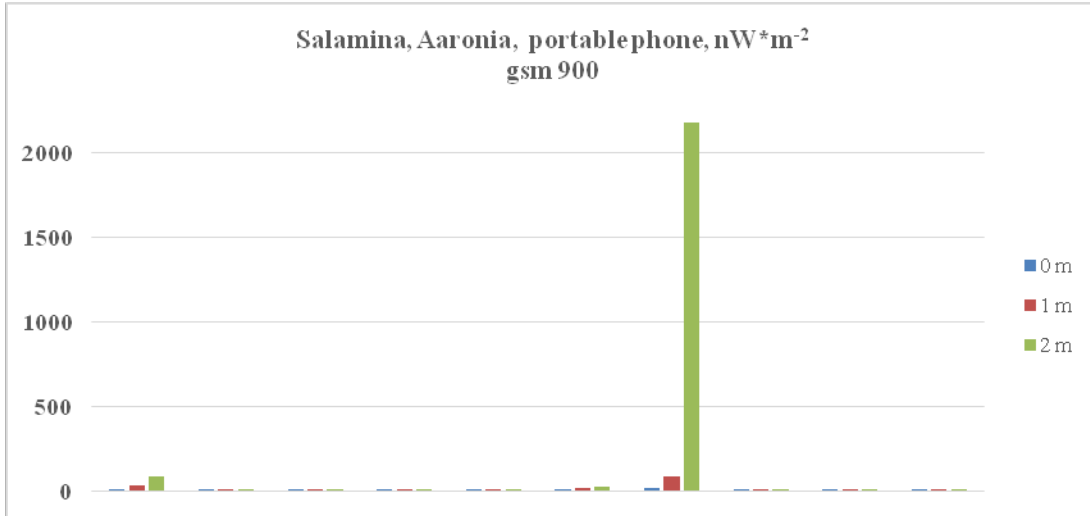
Σχήμα 20: Μετρήσεις μέσης ισχύος εκπομπής κινητών τηλεφώνων τύπου GSM 900 με το όργανο Aaronia SPECTRAN HF σε κατοικίες στην Αθήνα για διαφορετικές αποστάσεις κεραίας-τοιχών.



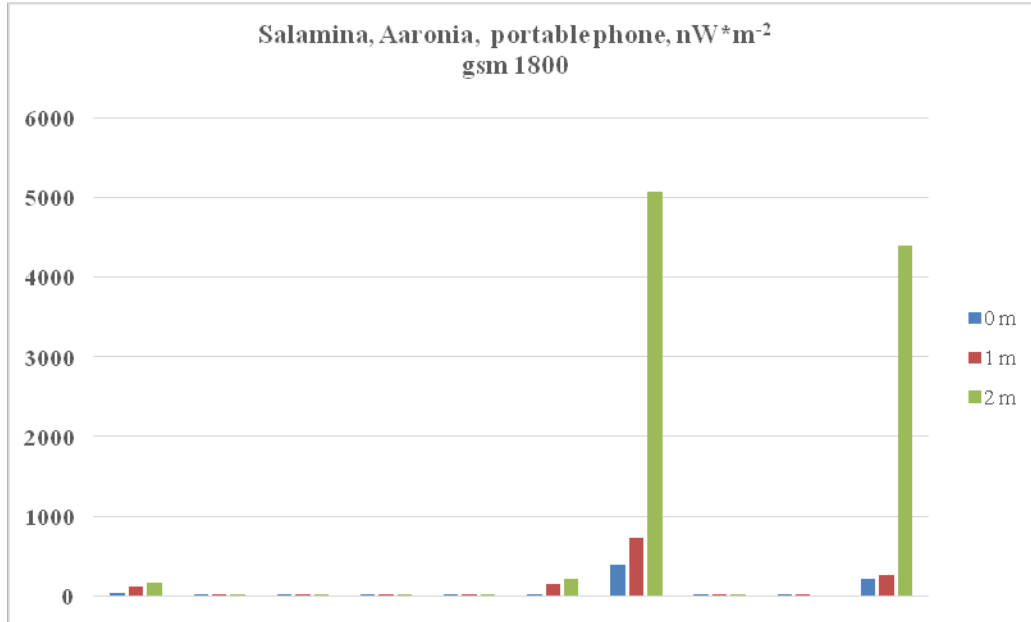
Σχήμα 21: Μετρήσεις μέσης ισχύος εκπομπής κινητών τηλεφώνων τύπου GSM 1800 με το όργανο Aaronia SPECTRAN HF σε κατοικίες στην Αθήνα για διαφορετικές αποστάσεις κεραίας-τοιχών.



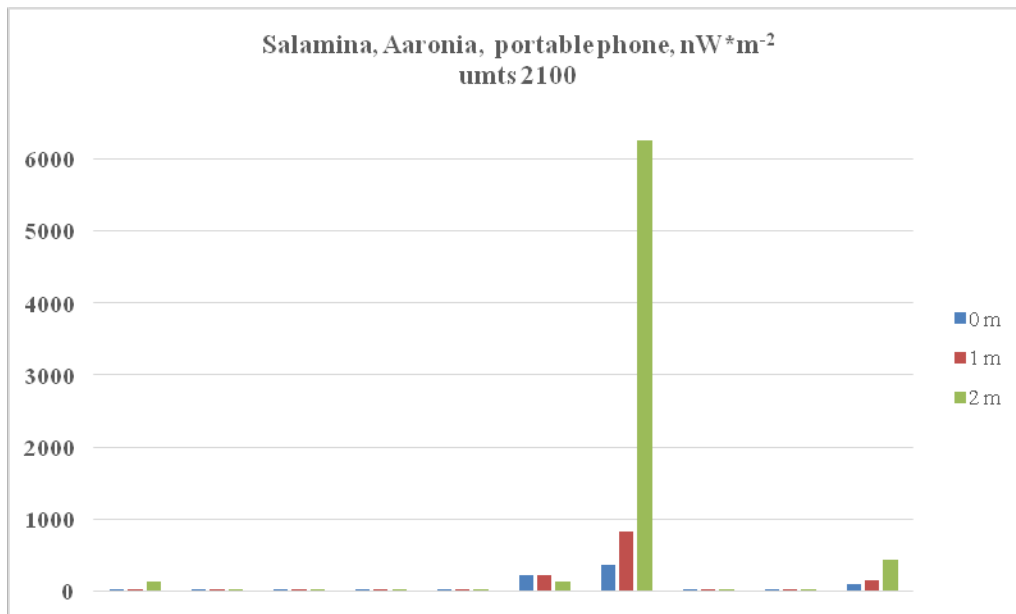
Σχήμα 22: Μετρήσεις μέσης ισχύος εκπομπής κινητών τηλεφώνων τύπου UMTS 2100 με το όργανο Aaronia SPECTRAN HF σε κατοικίες στην Αθήνα για διαφορετικές αποστάσεις κεραίας-τοίχων.



Σχήμα 23: Μετρήσεις μέσης ισχύος εκπομπής κινητών τηλεφώνων τύπου GSM 900 με το όργανο Aaronia SPECTRAN HF σε κατοικίες στη νήσο Σαλαμίνα για διαφορετικές αποστάσεις κεραίας-τοίχων.



Σχήμα 24: Μετρήσεις μέσης ισχύος εκπομπής κινητών τηλεφώνων τύπου GSM 1800 με το όργανο Aaronia SPECTRAN HF σε κατοικίες στη νήσο Σαλαμίνα για διαφορετικές αποστάσεις κεραίας-τοίχων.

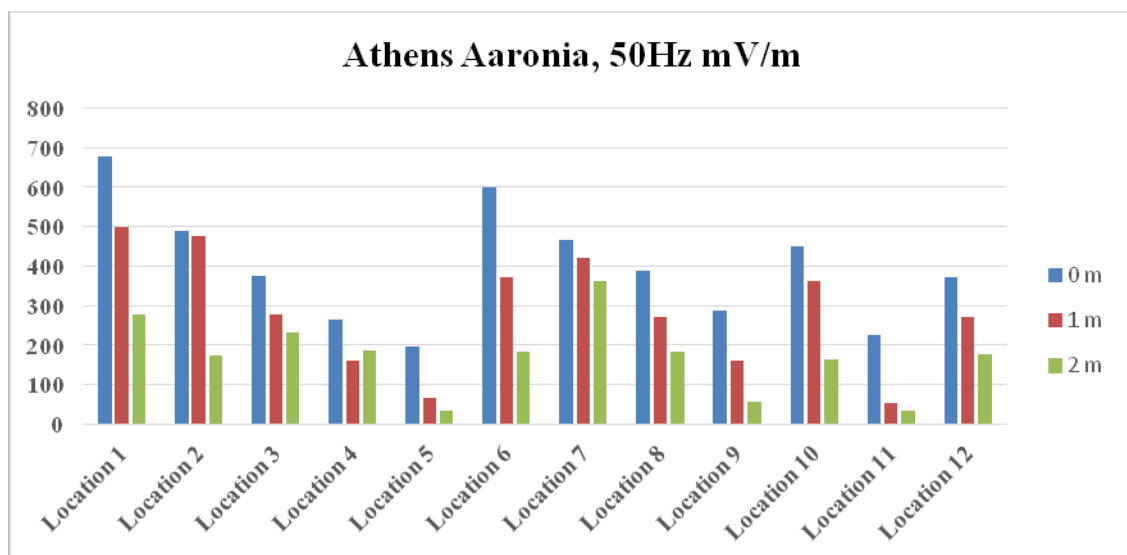


Σχήμα 25: Μετρήσεις μέσης ισχύος εκπομπής κινητών τηλεφώνων τύπου UMTS 2100 με το όργανο Aaronia SPECTRAN HF σε κατοικίες στη νήσο Σαλαμίνα για διαφορετικές αποστάσεις κεραίας-τοίχων.

Στα **σχήματα 23, 24, 25** παρατηρείται ότι οι τιμές μέσης ισχύος κινητής τηλεφωνίας στη νήσο Σαλαμίνα είναι σημαντικά υψηλότερες από εκείνες της Αττικής. Οι υψηλότερες τιμές μέσης ισχύος στη νήσο Σαλαμίνα παρουσιάσθηκαν στην συχνοτική περιοχή των UMTS 2100, με τη μεγαλύτερη τιμή μέσης ισχύος να ισούται προς 6269 nW/m^2 . Ακολούθως η υψηλότερη τιμή μέσης ισχύος στη νήσο Σαλαμίνα στην περιοχή GSM 1800 ήταν 4393 nW/m^2 και στην περιοχή GSM 900, $87,28 \text{ nW/m}^2$. Και στη νήσο Σαλαμίνα επιβεβαιώθηκε το γεγονός ότι τα κινητά τηλέφωνα τείνουν να έχουν υψηλότερη μέση σχύ (nW/m^2) σε

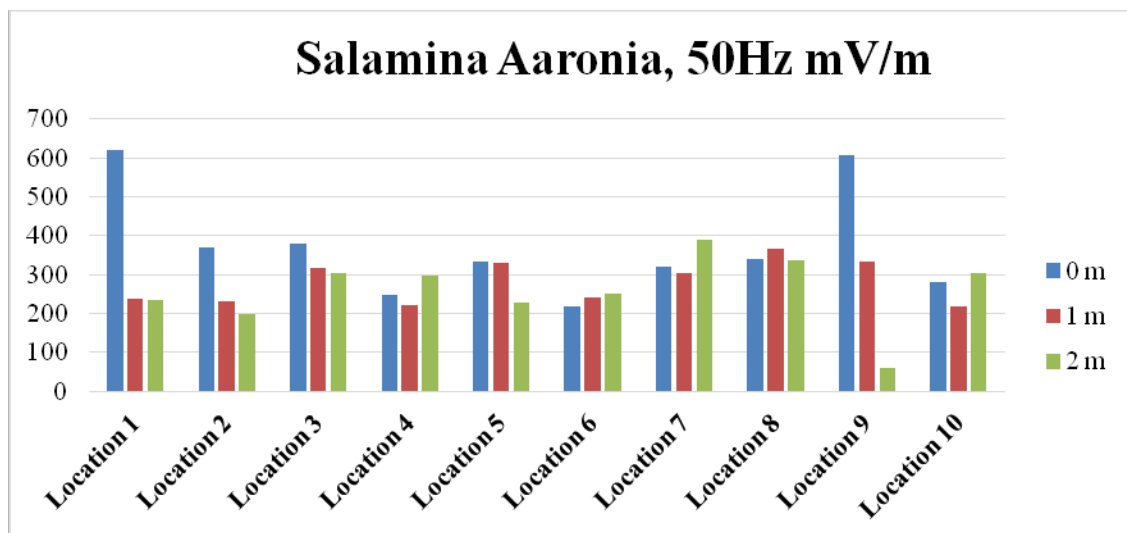
απόσταση 2 m από τοίχους συγκριτικά με τη μέση ισχύ σε αποστάσεις 1 m και 0 m .

Τα **σχήματα 26** και **27**, δείχνουν ότι το ηλεκτρικό πεδίο ΗΜΑΠ στα 50Hz σε αποστάσεις 0 m , 1 m και 2 m από τοίχους, διαφοροποιείται με τη συχνότητα και την τοποθεσία. Ειδικότερα, στην περιοχή της Αθήνας, σε απόσταση 0 m από τοίχους, η υψηλότερη τιμή που ανιχνεύθηκε ήταν 677,5 mV/m και η χαμηλότερη 197,8 mV/m . Σε απόσταση 1 m , η υψηλότερη τιμή ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ στα 50 Hz ήταν 498,9 mV/m και η χαμηλότερη 66,3 mV/m . Σε απόσταση 2 m , η υψηλότερη τιμή ήταν 362,7 mV/m και η χαμηλότερη 56,3 mV/m . Στη Σαλαμίνα, σε 0 m απόσταση η υψηλότερη τιμή ήταν 621,6 mV/m , ενώ η χαμηλότερη, 216,6 mV/m . Σε απόσταση 1 m , η υψηλότερη τιμή ήταν 367,3 mV/m και η χαμηλότερη 216,8 mV/m . Στα 2, η υψηλότερη τιμή ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ στα 50 Hz ήταν 388,6 mV/m και η χαμηλότερη, 58,4 mV/m .



Σχήμα 26: Μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ με το όργανο Aaronia

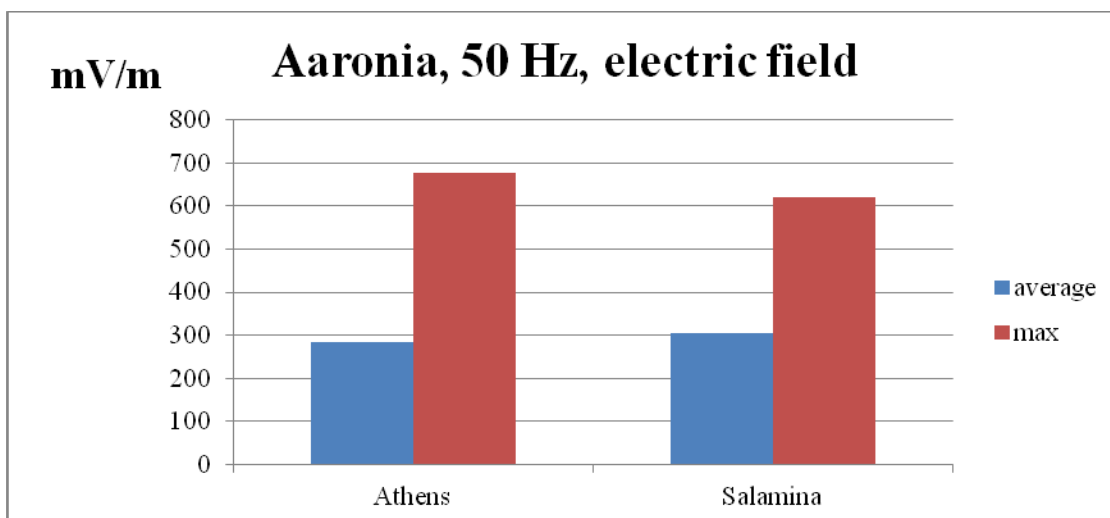
SPECTRAN NF, 50 Hz στην Αθήνα.



Σχήμα 26: Μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ με το όργανο Aaronia

SPECTRAN NF, 50 Hz στη Σαλαμίνα.

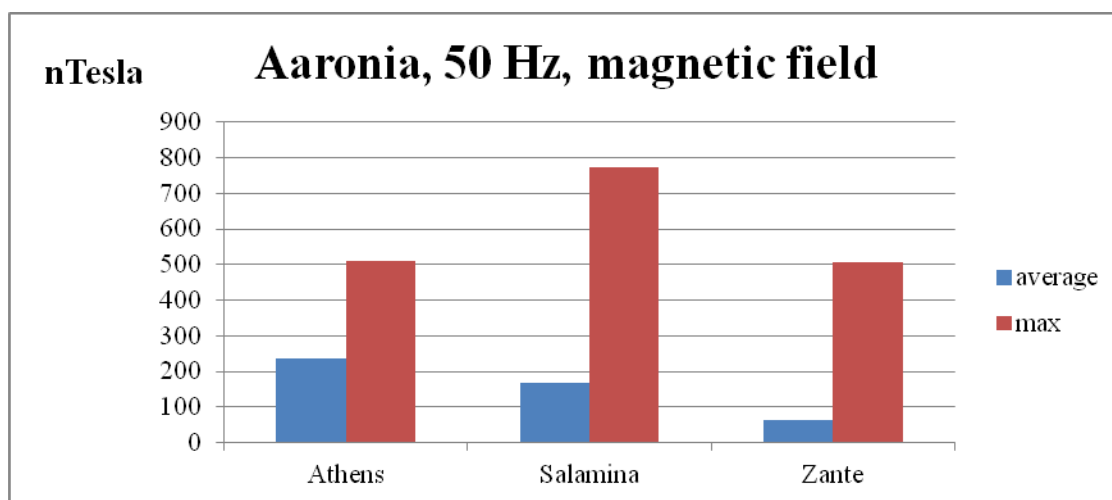
Το **Σχήμα 27** παρουσιάζει συγκριτικά μέσες και μέγιστες τιμές του ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ 50 Hz . Στην Αθήνα παρουσιάσθηκε η υψηλότερη μέγιστη τιμή (677,5 mV/m) και στη Σαλαμίνα, η υψηλότερη μέση τιμή (303,7 mV/m).



Σχήμα 26: Συγκριτικές μετρήσεις μέσου και μέγιστου ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ με το όργανο Aaronia SPECTRAN NF, 50 Hz στην Αθήνα και Σαλαμίνα.

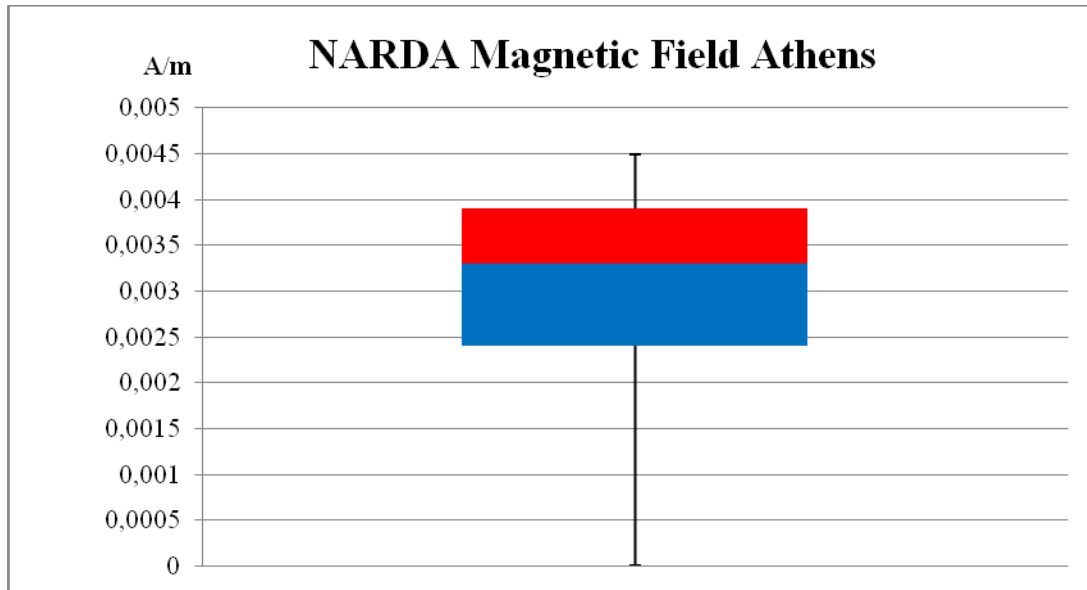
Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου

Στο **Σχήμα 27** παρουσιάζονται συγκριτικές μετρήσεις μέσου και μέγιστου μαγνητικού πεδίου ΗΜΑΠ με το όργανο Aaronia SPECTRAN NF, 50 Hz στην Αθήνα, Σαλαμίνα και Ζάκυνθο. Η υψηλότερη μέγιστη τιμή μαγνητικού πεδίου ΗΜΑΠ 50 Hz παρατηρήθηκε στη Σαλαμίνα (774 nT). Η επόμενη υψηλή τιμή παρουσιάστηκε στην Αθήνα (508,88 nT). Στη Ζάκυνθο μετρήθηκε μαγνητικό πεδίο ΗΜΑΠ 50 Hz ίσο προς 505 nT .



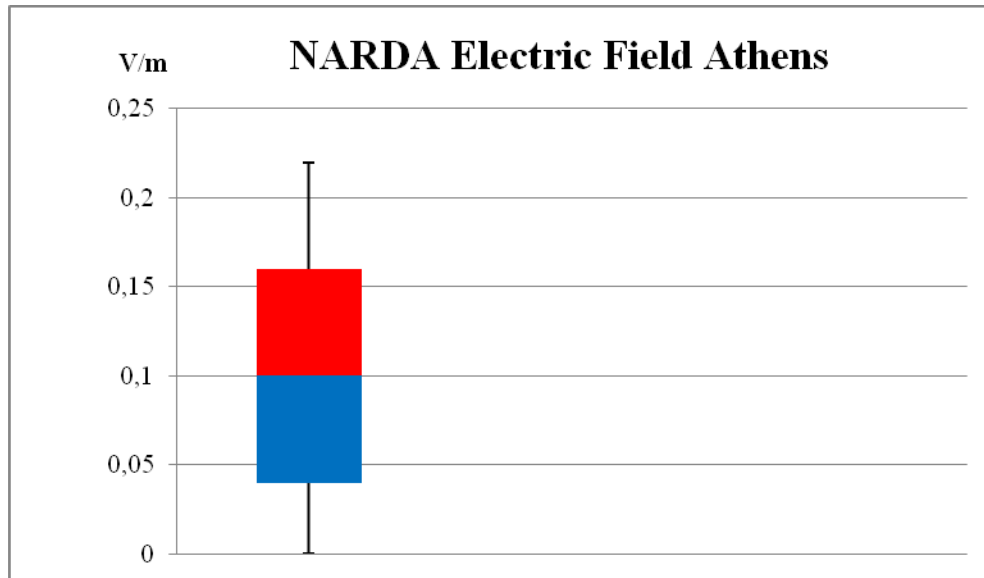
Σχήμα 27: Συγκριτικές μετρήσεις μέσου και μέγιστου μαγνητικού πεδίου ΗΜΑΠ με το όργανο Aaronia SPECTRAN NF, 50 Hz στην Αθήνα, Σαλαμίνα και Ζάκυνθο.

Τα **σχήματα 28** και **29** παρουσιάζουν συγκεντρωτικά τις τιμές μαγνητικού και ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ RF στην Αθήνα με το όργανο NARDA EMR-300 RF. Το 25 τοις εκατό των μετρήσεων μαγνητικού πεδίου (**Σχήμα 28**) ευρίσκεται στην περιοχή από $0,0024 \text{ A/m}$ έως $0,0033 \text{ A/m}$, ενώ το 75 τοις εκατό των μετρήσεων, στην περιοχή από $0,0033 \text{ A/m}$ έως $0,0039 \text{ A/m}$.



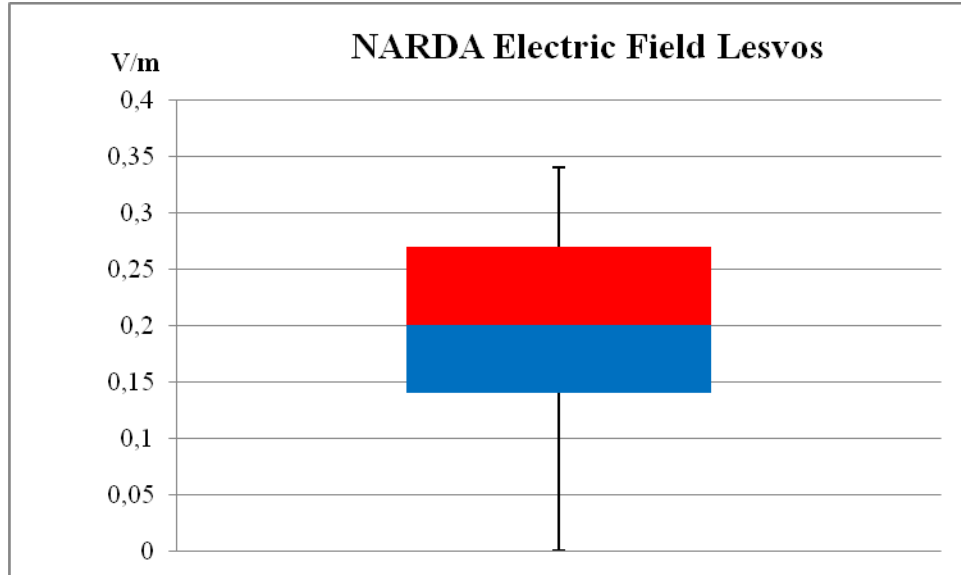
Σχήμα 28: Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου ΗΜΑΠ RF με το όργανο NARDA EMR-300 RF στην Αθήνα.

Το 25 τοις εκατό των μετρήσεων (**Σχήμα 29**) ευρίσκεται στην περιοχή από $0,04 \text{ V/m}$ έως $0,1 \text{ V/m}$, ενώ το 75 τοις εκατό είναι στην περιοχή από $0,1 \text{ V/m}$ έως $0,16 \text{ V/m}$.



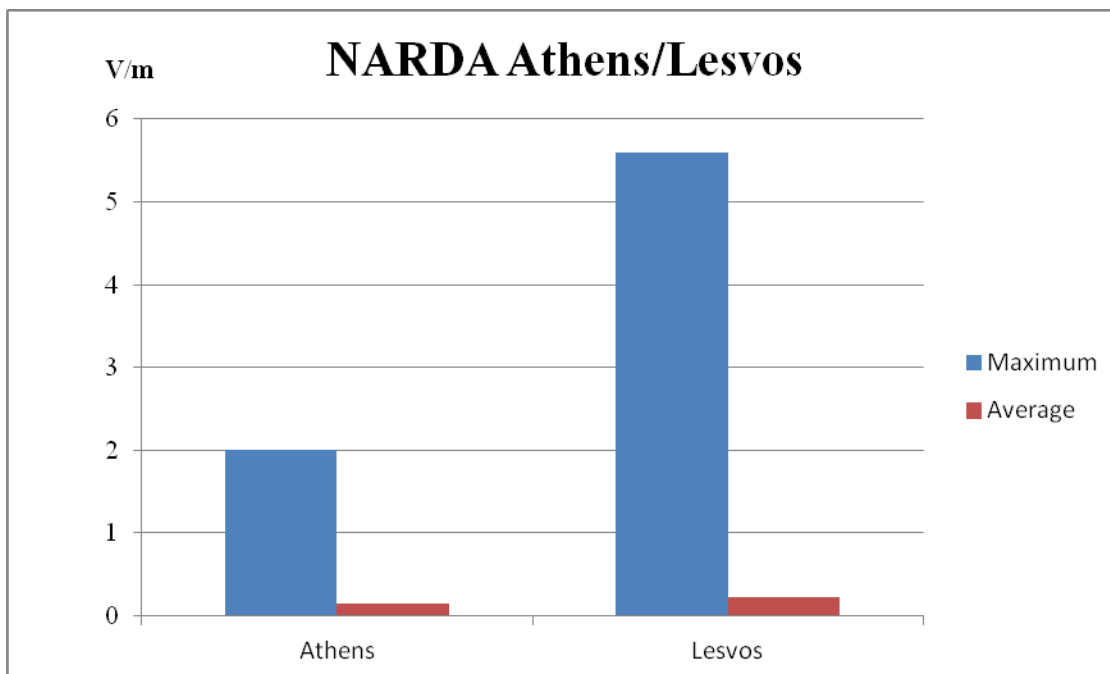
Σχήμα 29: Μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ RF με το όργανο NARDA EMR-300 RF στην Αθήνα.

Το **Σχήμα 30** παρουσιάζει το ηλεκτρικό πεδίο ΗΜΑΠ RF στο νησί της Λέσβου. Το 25 τοις εκατό των μετρήσεων ευρίσκεται στην περιοχή από 0,14 V/m έως 0,2 V/m ενώ το 75 τοις εκατό των μετρήσεων ευρίσκεται στην περιοχή από 0,2 V/m έως 0,27 V/m .



Σχήμα 30: Μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ RF με το όργανο NARDA EMR-300 RF στη Λέσβο

Στο **Σχήμα 31**, τα αποτελέσματα παρουσιάζουν συγκριτικές τιμές μέγιστων και μέσων τιμών ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ RF στην Αθήνα και τη Λέσβο. Η υψηλότερη μέγιστη τιμή εμφανίστηκε στη Λέσβο ($5,6 \text{ V/m}$) όπως και ο υψηλότερος μέσος όρος ($0,23 \text{ V/m}$).



Σχήμα 30: Μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ RF με το όργανο NARDA EMR-300 RF στην Αθήνα και τη Λέσβο

Π1.5.4.2.2. Μετρήσεις ΗΜΑΠ RF κινητής τηλεφωνίας

Στο παρόν εδάφιο παρουσιάζονται μετρήσεις φασματικών διακυμάνσεων ΗΜΑΠ RF κινητής τηλεφωνίας υπό διαφορετικές συνθήκες κλήσης κινητών τηλεφώνων. Η επίδραση στην εκπεμπόμενη ισχύ των σημάτων κινητής τηλεφωνίας διερευνήθηκε με το όργανο NARDA SMR-3006 το οποίο είναι πλήρως προσαρμοσμένο στην τεχνολογία και τις ιδιότητες των κινητών τηλεφώνων που εξετάστηκαν. Οι μετρήσεις διενεργήθηκαν σε κινητά τηλέφωνα διαφορετικής τεχνολογίας.

Εξειδικευμένα θέματα ΗΜΑΠ RF κινητής τηλεφωνίας

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στα κινητά

Οι εξελίξεις στην τεχνολογία της κινητής τηλεφωνίας μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις διαφορετικές γενιές

Δίκτυα πρώτης γενιάς:

Τα δίκτυα πρώτης γενιάς χρησιμοποιήθηκαν στα πρώτα κινητά τηλέφωνα στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Ατομικά τηλέφωνα, και λίγο πιο εξελιγμένες υπηρεσίες, έγιναν διαθέσιμα στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Τα συστήματα αυτά βασιζόταν στην αναλογική τεχνολογία και για την παροχή υπηρεσιών φωνητικής επικοινωνίας χρησιμοποιούσαν τη διαμόρφωση συχνότητας (FM).

Δίκτυα δεύτερης γενιάς (2G):

Ξεκίνησαν από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 και συνεχίζουν να λειτουργούν μέχρι σήμερα (2017). Είναι βασισμένα στην ψηφιακή τεχνολογία και χρησιμοποιούν κωδικοποίηση φωνής για τη βελτίωση της φασματικής απόδοσης. Τα συστήματα αυτά βασίζονται στην μέθοδο Πολλαπλής Πρόσβασης με Διαίρεση Χρόνου (TDMA – Time Division Multiple Access) όπως και το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητής Τηλεφωνίας (GSM - Global System Mobile) της Ευρώπης. Το σύστημα αυτό εξελίχθηκε στο 2,5G με το πέρασμα των χρόνων προσφέροντας περισσότερες υπηρεσίες.

Δίκτυα τρίτης γενιάς (3G):

Τα συγκεκριμένα δίκτυα τέθηκαν σε λειτουργία στις αρχές της δεκαετίας του 2000 και εξελίχθηκαν για χρήση στα σημερινά «smartphones». Τα κινητά τρίτης γενιάς είναι πλήρως συμβατά με τα δίκτυα 2G, έτσι ώστε να χρησιμοποιείται, σε κάθε δεδομένη στιγμή, η δυνατότητα 2G ή 3G, ανάλογα με την κάλυψη του κάθε δικτύου και το πώς οι φορείς (πάροχοι) έχουν επιλέξει να διαχειρίζονται την κυκλοφορία των κλήσεων - δεδομένων εντός του δικτύου τους. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί τη μέθοδο Πολλαπλής Πρόσβασης με Διαίρεση Κώδικα (CDMA).

Δίκτυα τέταρτης γενιάς (4G):

Αυτά τα δίκτυα έχουν αρχίσει ήδη να διατίθεται σε πολλές συσκευές για να ικανοποιηθούν ακόμα περισσότερα αιτήματα και να υλοποιηθούν περισσότερες υπηρεσίες, ενώ ήδη **πέμπτη γενιά** είναι στο τελικό στάδιο του σχεδιασμού της. Συστήματα 4G όπως το LTE (Long-Term Evolution) χρησιμοποιούν τεχνικές πολυπλεξίας όπως η τεχνική OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), ενώ άλλα βασίζονται στην Παγκόσμια Διαλειτουργικότητα για Πρόσβαση Μικροκυμάτων (Worldwide Interoperability Microwave Access, Wi-Max), ένα πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας σχεδιασμένο, για να παρέχει ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων 30 - 40 Mbps, με την επικαιροποίηση του 2011 να παρέχει έως 1 Gbps για σταθερούς σταθμούς. Όπως και με τις υπηρεσίες 3G, η τεχνολογία αυτή είναι συμβατή με άλλες υφιστάμενες υπηρεσίες, έτσι ώστε τα τηλέφωνα να είναι σε θέση να υποστηρίζουν πολλαπλούς τρόπους πρόσβασης

(4G, 3G και 2G), χωρίς ο χρήστης να γνωρίζει ποια είναι σε χρήση κάθε δεδομένη στιγμή.

Μέθοδοι πολλαπλής πρόσβασης

Το φάσμα των ραδιοσυχνοτήτων είναι ένας περιορισμένος πόρος, που πρέπει να μοιράζεται μεταξύ πολλών χρηστών. Η απλούστερη μορφή διαμοιρασμού εμφανίζεται σε τηλεπικοινωνιακά συστήματα, όπου στους μεμονωμένους χρήστες έχουν ανατεθεί διαφορετικές φέρουσες συχνότητες για τις μεταδόσεις τους και οι συχνότητες των σημάτων πληροφορίας δε συμπίπτουν. Αυτό είναι γνωστό ως σύστημα *Πολλαπλής Πρόσβασης με Διάρθρωση Συχνότητας* (Frequency Division Multiple Access, FDMA), και είναι η βάση λειτουργίας για τη μετάδοση αναλογικών σημάτων ραδιοσυχνοτήτων ραδιοφώνου και τηλεόρασης, τα οποία διαχωρίζονται ανάλογα με το κανάλι της συχνότητάς τους. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας, συνήθως, χρησιμοποιούν ξεχωριστές συχνότητες για την ανερχόμενη ζεύξη (από τη συσκευή προς το σταθμό βάσης) και την κατερχόμενη ζεύξη (από το σταθμό βάσης προς τη συσκευή), γνωστή ως *Διπλεξία Διάρθρωσης Συχνότητας* (Frequency Division Duplex, FDD).

Μερικά σύγχρονα ψηφιακά συστήματα περιλαμβάνουν αναμεταδότες που εκπέμπουν εκ περιτροπής για κάθε παραλήπτη, ενώ χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι συχνοτήτων. Αυτό σημαίνει ότι τα σήματα από κάθε δεδομένο πομπό είναι διαμορφωμένα παλμικά. Αυτή η μορφή κατανομής των πόρων είναι γνωστή ως

Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Χρόνου (Time Division Multiple Access, TDMA). Θα πρέπει να τονισθεί ότι, με τα κυψελοειδή δίκτυα ραδιοσυχνοτήτων, τα κινητά τερματικά (συσκευές) είναι αυτά που εκπέμπουν εκ περιτροπής προς τους σταθμούς βάσης, και το σήμα τους μεταδίδεται περιοδικά, ενώ οι σταθμοί βάσης εξυπηρετούν κάθε χρήστη με τη σειρά του και, επομένως, οι σταθμοί εκπέμπουν συνεχώς.

Σήματα από πολλά συστήματα δεύτερης γενιάς κινητής τηλεφωνίας, συμπεριλαμβανομένων των GSM και TETRA, περιλαμβάνουν τη χρήση TDMA συγχρόνως με τη χρήση FDMA. Για το GSM, ένας παλμός 0,58 ms μεταδίδεται κάθε 4,6 ms, με αποτέλεσμα τη διαμόρφωση παλμών σε συχνότητα 217 Hz. Τρίτης γενιάς κινητά τηλέφωνα, μαζί με κάποια δεύτερης γενιάς, χρησιμοποιούν τη μέθοδο της Πολλαπλής Πρόσβασης με Διαίρεση Κώδικα (Code Division Multiple Access, CDMA), η οποία επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να χρησιμοποιούν ταυτόχρονα το ίδιο κανάλι συχνοτήτων με την επισήμανση του σήματος εκπομπής κάθε χρήστη με ένα συγκεκριμένο σύστημα κωδικοποίησης. Η επικοινωνία, που πραγματοποιείται μεταξύ συσκευής και σταθμού βάσης, χρησιμοποιεί τη μέθοδο FDD, αν και συχνά διατίθεται και η μέθοδος *Διπλήξια Διαίρεσης Χρόνου* (Time Division Duplex, TDD). Κάθε μετάδοση είναι συνεχής και δεν υπάρχουν κλασικοί παλμοί, παρόλο που ο περιοδικός έλεγχος της προσαρμογής ισχύος, ο οποίος στόχο έχει να διατηρείται η ισχύς του κάθε κινητού σε επιθυμητό επίπεδο, συμβαίνει με ρυθμό 1500 Hz, και προσδίδει ένα «χρώμα». Κινητά τηλέφωνα τέταρτης γενιάς χρησιμοποιούν τη μέθοδο της

Πολυπλεξίας με Ορθογώνια Διαίρεση Συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) που ορίζει, δυναμικά, κατάλληλους αριθμούς υπο-φορέων σε κάθε χρήστη, προκειμένου να εξισορροπήσει τη χρήση και να διαμοιράσει τους πόρους των ραδιοσυχνοτήτων.

Εγγύς πεδίο και πεδίο ακτινοβολίας

Τα πεδία πηγών ραδιοσυχνοτήτων μπορούν να χωριστούν σε δύο συνιστώσες: α) τη μακρινή ή ακτινοβόλουσα συνιστώσα και β) την επαγωγική ή ταλαντωτική συνιστώσα. Η ακτινοβόλουσα συνιστώσα σχετίζεται με το τμήμα του πεδίου που εκπέμπει ενέργεια μακριά από την πηγή, ενώ η επαγωγική συνιστώσα σχετίζεται με το τμήμα του πεδίου που αποθηκεύει ενέργεια και βρίσκεται στην περιοχή γύρω από την πηγή. Σε αυτή την περίπτωση, η ενέργεια του ημιτονοειδούς κύματος ταλαντώνεται, αποθηκεύεται τοπικά και δε διαφεύγει. Σε ένα χώρο που έχει συγχρόνως συνιστώσες ταλάντωσης και ακτινοβολίας, υπάρχει καθαρή απώλεια ενέργειας κατά τη διάρκεια της περιόδου των ραδιοκυμάτων ως ακτινοβολία. Η επαγωγική συνιστώσα του πεδίου κυριαρχεί κοντά στην πηγή, ενώ η συνιστώσα ακτινοβολίας κυριαρχεί σε μεγαλύτερη απόσταση. Απόσταση περίπου όση το ένα έκτο του μήκους κύματος, ή $\lambda/2\pi$ από την πηγή, θεωρείται ότι καθορίζει το όριο της περιοχής του εγγύς-πεδίου, αν και η αλλαγή στα χαρακτηριστικά του πεδίου παρουσιάζεται βαθμιαία. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες το κοντινό πεδίο έχει ως όριο απόσταση ίση με το ένα δέκατο του μήκους κύματος $\lambda/10$ από την πηγή, ενώ το μακρινό πεδίο εμφανίζεται πέραν των 3λ έτσι ώστε η περιοχή μεταξύ αυτών των αποστάσεων να θεωρείται ως

ένα πεδίο μεταβατικής κατάστασης. Για παράδειγμα, στα 100 kHz το μήκος κύματος ΗΜΑΠ στον αέρα είναι περίπου 3 km και η απόσταση $\lambda/2\pi$ είναι περίπου 480 m . Σε συχνότητες τηλεπικοινωνιών όπως τα 900 MHz , το μήκος κύματος στον αέρα είναι περίπου 33 cm και η απόσταση $\lambda/2\pi$, δηλαδή το εύρος του κοντινού πεδίου είναι περίπου 5 cm , έτσι ώστε το πεδίο, στο οποίο εκτίθεται ένα άτομο κρατώντας κινητό τηλέφωνο στο πλάι της κεφαλής του, να είναι κυρίως επαγωγικού χαρακτήρα. Αντίθετα, η έκθεση σε πεδία από τους πομπούς σταθμών βάσης του περιβάλλοντος και συσκευών ραδιοεπικοινωνίας, που κάποιος κρατά μπροστά του, οφείλεται σε πεδίο που ακτινοβολεί. Για υψηλής ισχύος βιομηχανικές πηγές, που λειτουργούν σε συχνότητες μέχρι μερικά MHz , οι χρήστες είναι εκτεθειμένοι, κατά κύριο λόγο, στο επαγωγικό μέρος του πεδίου. Για κεραιές τηλεπικοινωνιών, που χρησιμοποιούνται στους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας και έχουν απολαβές ως, περίπου, 20 dB , η περιοχή του κοντινού πεδίου μπορεί να επεκταθεί ως λίγα μέτρα, ενώ για κεραιές δορυφορικής επικοινωνίας, με πολύ υψηλή απολαβή (περίπου 60 dB), η «ακτινοβολούσα» περιοχή του κοντινού πεδίου επεκτείνεται ως ένα χιλιόμετρο ή και περισσότερο. Εντός του εγγύς-πεδίου, η χωρική κατανομή του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο δεν είναι σε ορθή γωνία μεταξύ τους, και οι εντάσεις τους δε φθάνουν τις μέγιστες τιμές τους στο ίδιο σημείο στο χώρο. Η κυματική αντίσταση είναι μεγαλύτερη από $377 \ \Omega$ στο μέρος του (χωρητικού) κοντινού πεδίου, που φαίνεται σαν να παράγεται από πηγή ηλεκτρικού δίπολου, και μικρότερη από $377 \ \Omega$ στο μέρος του κοντινού πεδίου, που φαίνεται σαν να παράγεται από πηγή

μαγνητικού δίπολου. Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι το ταλαντωτικό μέρος του πεδίου δε συμβάλλει στην απομάκρυνση της ενέργειας, και, η ενέργεια που αποθηκεύεται, μπορεί να απορροφηθεί από το υλικό που θα βρεθεί στο κοντινό πεδίο. Επίσης, η μέτρηση της έντασης της ταλαντωτικής συνιστώσας του πεδίου είναι ιδιαίτερα δύσκολη, δεδομένου ότι η εισαγωγή ενός αισθητήρα μπορεί να αλλάξει σημαντικά τη μορφή του πεδίου.

Απόσβεση σήματος και διάδοση πολλαπλών διαδρομών

Η απόσβεση είναι ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό των πεδίων ραδιοσυχνοτήτων στο περιβάλλον, ιδιαίτερα στις σχετικά μεγαλύτερες συχνότητες. Σε γενικές γραμμές, τα ραδιοκύματα ανακλώνται από κτίρια, και άλλες κατασκευές που παρεμβάλλονται, φαινόμενο που οδηγεί σε πολλαπλές διαδρομές του σήματος, που διανύει την απόσταση μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Οι συνιστώσες του σήματος που ακολουθούν αυτές τις διαφορετικές διαδρομές ταξιδεύουν διαφορετικές αποστάσεις, και έτσι φθάνουν στο δέκτη σε ελαφρώς διαφορετικούς χρόνους. Επειδή τα μήκη των διαφορετικών διαδρομών, συνήθως, διαφέρουν μεταξύ τους κατά ποσό μεγαλύτερο από το μήκος κύματος (συνήθως περίπου 10 cm στις συχνότητες τηλεπικοινωνιών), οι συνιστώσες του σήματος συνεισφέρουν με τρόπο που ή ενισχύουν ή ελαττώνουν την ένταση του σήματος σε δεδομένη θέση. Συνέπεια της διάδοσης μέσω πολλαπλών διαδρομών είναι ότι δημιουργούνται μεγάλες διακυμάνσεις στην ένταση του πεδίου στο περιβάλλον της κεραίας και για αποστάσεις της τάξης του μήκους κύματος και για μικρά χρονικά διαστήματα (κλάσματα του δευτερολέπτου). Η παρουσία της απόσβεσης

λόγω της διάδοσης μέσω πολλαπλών διαδρομών σημαίνει ότι η έκθεση ενός ατόμου είναι γενικά μια δυναμική ποσότητα, ακόμα και αν το άτομο δεν κινείται. Τα χαρακτηριστικά της απόσβεσης, σε χώρο και χρόνο, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εκτίμηση της έκθεσης. Συνήθης αντιμετώπιση είναι ο υπολογισμός του μέσου όρου της έκθεσης ως προς το χρόνο και το χώρο, με κατάλληλο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνονται μετρήσεις που να μπορούν να επαναληφθούν. Η επίδραση της απόσβεσης είναι αμελητέα σε καταστάσεις στις οποίες υπάρχει μια κυρίαρχη διαδρομή της διάδοσης της ακτινοβολίας από την πηγή προς το άτομο που εκτίθεται.

Τύποι κινητών τηλεφώνων E.E.

Τα περισσότερα κινητά τηλέφωνα στην Ευρώπη χρησιμοποιούν τις συχνότητες που αντιστοιχούν στο GSM900, GSM1800 ή UMTS, η οποία αποτελεί και την τελευταία λέξη της τεχνολογίας και αντιστοιχεί σε συχνότητα 1900-2200 MHz. Η ακτινοβολία που λαμβάνουμε από ένα κινητό τηλέφωνο εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως τα χαρακτηριστικά της συσκευής, τον τύπο και τη θέση της κεραίας, την απόσταση και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται το κινητό, τη θέση σχετικά με το κυψελωτό δίκτυο, αν ο χρήστης βρίσκεται σε κίνηση (για παράδειγμα, μέσα σε ένα αυτοκίνητο) και το σημαντικότερο, ο προσαρμοστικός έλεγχος ισχύος, η οποία μπορεί να μειώσει το εκπεμπόμενο δύναμη κατά τάξεις μεγέθους (μέχρι ένα συντελεστή 1.000). Επισημαίνεται ότι σε περιοχές όπου υπάρχουν πολλοί χρήστες κινητών τηλεφώνων, τα κινητά τηλέφωνα μπορούν να λειτουργήσουν σε μέγιστη ισχύ για πολύ μεγάλο χρονικό

διάστημα. Στο εσωτερικό των κτιρίων, τα επίπεδα ισχύος των κινητών τηλεφώνων είναι κατά μέσο όρο υψηλότερα από εξωτερικές αναλογίες, λόγω των υλικών κατασκευής.

Bluetooth ακουστικά και Hands - Free.

Έχει αποδειχθεί ότι διάταξη των καλωδίων Hands – Free είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για τον καθορισμό της έκθεσης της κεφαλής και ότι κάποια διάταξη στο χώρο θα μπορούσε να οδηγήσει σε αισθητά μεγαλύτερη ισχύ σύζευξης με το καλώδιο ήχου, από όσο άλλες. Σήμερα πιστεύεται ότι η χρήση των Hands – Free μειώνει την έκθεση ακτινοβολίας ολόκληρης της κεφαλής, αλλά μπορεί να παρατηρηθεί αύξηση της πολύ εντοπισμένης έκθεσης στο αυτί. Όσον αφορά τα Bluetooth και τα πρωτόκολλα μετρήσεων που έχουν χρησιμοποιηθεί ευρίσκονται στις συχνότητες 2,4 GHz - 2,5 GHz με επίπεδα ισχύος 1 mW ή 2,5 mW ή 100 mW . Μόνο το χαμηλότερο από αυτά τα επίπεδα ισχύος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η ισχύς του είναι περίπου εκατό φορές μικρότερη από τη μέγιστη ισχύ εξόδου του κινητού τηλεφώνου.

Π1.5.4.4.Μεθοδολογία

Οι μετρήσεις του εδαφίου αυτού πραγματοποιήθηκαν σε οικίες σε διάφορες περιοχές της Αττικής. Ελήφθησαν μετρήσεις σε 52 οικίες. Οι μετρήσεις των κινητών τηλεφώνων πραγματοποιήθηκαν σε τέσσερις (4) φάσεις. Ως πρώτη φάση ορίστηκε η «ANAMONH» ή «ΑΔΡΑΝΕΙΑ» (ξεκλείδωμα) του τηλεφώνου. Ως δεύτερη φάση ορίστηκε η «ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΚΛΗΣΗΣ» ή «ΚΛΗΣΗ» (εισερχόμενη

είτε εξερχόμενη όπου αναμένεται ο δέκτης να απαντήσει). Ως τρίτη φάση ορίσθηκε η «ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΛΗΣΗ» (όπου επιτυγχάνεται συνομιλία). Τέλος, ως τέταρτη φάση ορίσθηκε το «ΚΛΕΙΣΙΜΟ». Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και για τις τέσσερις φάσεις σε όλα τα κινητά με το όργανο NARDA SRM-3006. Σε κάθε οικία πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις. Η μια μέτρηση έγινε με το όργανο NARDA SRM-3006. σε απόσταση 0 μέτρων από το κινητό και η άλλη, σε απόσταση ενός μέτρου από το κινητό. Δεδομένου των τεσσάρων διαφορετικών φάσεων (αναμονή, κλήση, κατά την κλήση, κλείσιμο) πραγματοποιήθηκαν τελικά $52 * 2 * 4 = 416$ μετρήσεις χρονικής διάρκειας 30 δευτερολέπτων έκαστος. Με δεδομένη τη συχνότητα μέτρησης του οργάνου NARDA SRM-3006. (3 μετρήσεις το δευτερόλεπτο περίπου) οι συνολικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ανέρχονται σε $52 * 2 * 4 * 3 * 30 = 37440$ μετρήσεις για κάθε κινητό. Ο συγκεκριμένος κύκλος μετρήσεων πραγματοποιήθηκε τρεις φορές για κάθε κινητό. Επισημαίνεται σε αυτό το σημείο ότι, λόγω των συχνοτήτων που λειτουργούν τα κινητά τηλέφωνα, δεν υπήρχαν παρεμβολές από άλλα σήματα ΗΜΑΠ, παρά μόνο με εκείνα των ασύρματων τηλεφώνων (DECT). Για τον περιορισμό της παραπάνω παρεμβολής, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν βγάζοντας εκτός τροφοδοσίας το ασύρματο τηλέφωνο. Τα παραπάνω κριτήρια θεωρήθηκαν ως συμβιβαστική λύση τυποποίησης κατά τη διάρκεια πραγματικής πρακτικής μέτρησης.

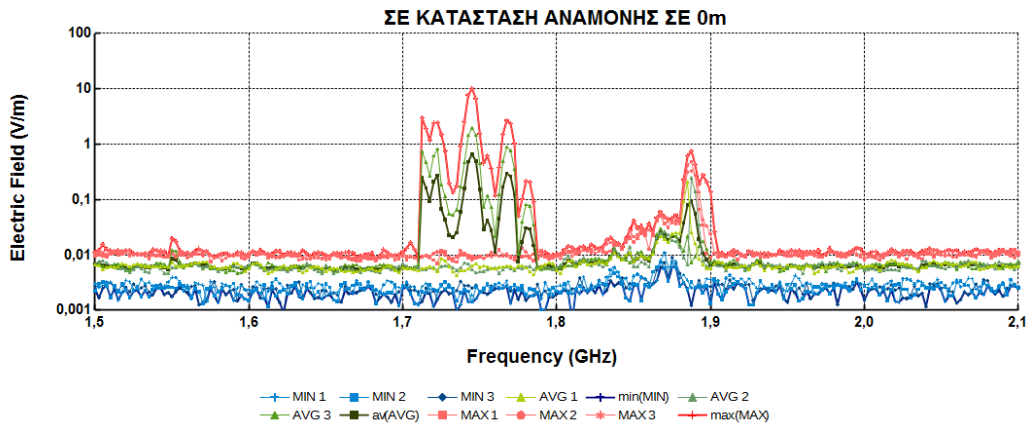
Τηλέφωνα σε αναμονή

Ένα τηλέφωνο GSM σε λειτουργία «αναμονής» (stand-by) είναι ενεργό μόνο κατά τη διάρκεια της ενημέρωσης για τη θέση του στο δίκτυο. Όταν το τηλέφωνο δεν κινείται, η συχνότητα ενημέρωσης καθορίζεται από το διαχειριστή του δικτύου και είναι συνήθως κάθε 2 - 5 ώρες, ενώ το σήμα έχει τη μορφή σειράς σύντομων ριπών για χρονικό διάστημα περίπου 2 δευτερολέπτων. Όταν το τηλέφωνο είναι σε κίνηση, η ενημέρωση συμβαίνει με καθένα από τους σταθμούς βάσης της πορείας του. Μεταξύ των ενημερώσεων, το κινητό τηλέφωνο είναι ένας παθητικός δέκτης με μηδενική εκπομπή ραδιοσυχνοτήτων. Σύμφωνα με δεδομένα της σύγχρονης βιβλιογραφίας, μελέτησαν τα τηλέφωνα GSM και UMTS (dualband και quad-band) σε κατάσταση αναμονής κατά τη διάρκεια μετακινήσεων με δημόσια μέσα μεταφοράς, όπως λεωφορεία και τρένα, αλλά και αυτοκίνητα, εκτός του ότι τα σήματα «ενημέρωσης» είναι πολύ πιο συχνά κατά τη μετακίνηση, κάθε άτομο, εκτίθεται σε μεγάλα ποσά ακτινοβολίας λόγω της μαζικότητας των κινητών τηλεφώνων. Το αποτέλεσμα είναι ότι η έκθεση σε UMTS ήταν σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη GSM και ότι το Quadband τηλέφωνο φαίνεται να χρησιμοποιεί τόσο τη GSM όσο και την UMTS συχνότητα κατά την ενημέρωση της θέσης. Επισημαίνεται εδώ ότι τα σημερινά smartphones μεταδίδουν για περισσότερο χρόνο από όσο τα συνηθισμένα κινητά τηλέφωνα, διότι απαιτείται συγχρονισμός δεδομένων, όπως, για παράδειγμα, συμβαίνει με τα μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Ο συγχρονισμός πραγματοποιείται με απομακρυσμένους διακομιστές. Βέβαια, το τηλέφωνο είναι απίθανο να βρίσκεται κοντά στην κεφαλή κατά την εκτέλεση αυτών των υπηρεσιών, αλλά μπορεί να

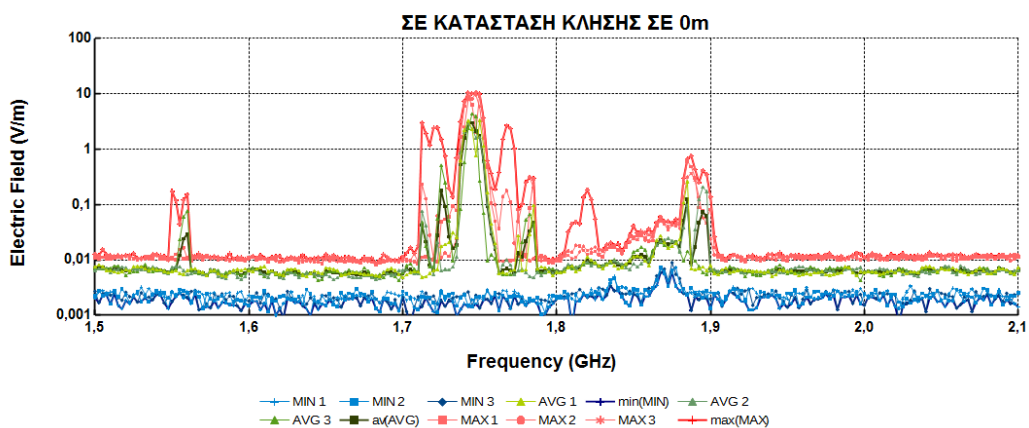
είναι στην τσέπη, ή αλλού κοντά στο σώμα, και εκείνο το μέρος του σώματος θα εκτεθεί σε αρκετά ισχυρό πεδίο, όπως, π.χ. κατά τη διάρκεια χρήσης εφαρμογών με σύνδεση στο διαδίκτυο (General packet radio service, GPRS).

Π1.5.5.Αποτελέσματα μετρήσεων

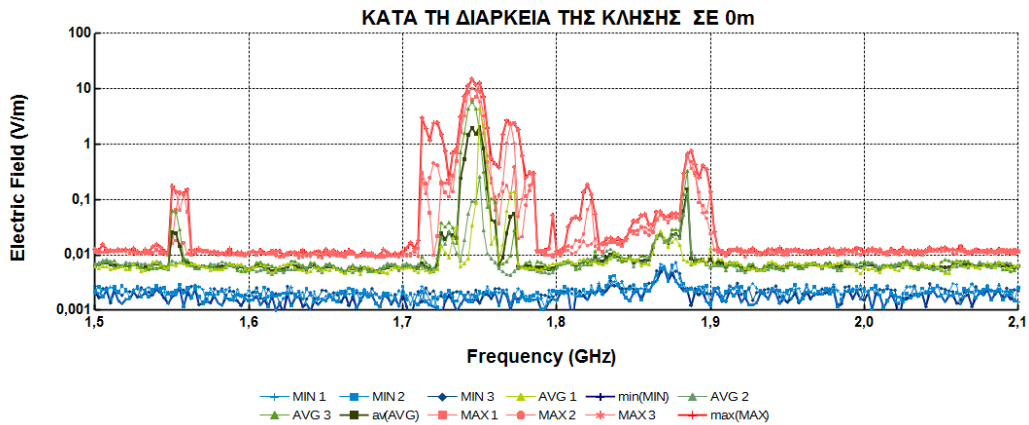
Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα. Γενικά οι μετρήσεις ΗΜΑΠ RF κινητής τηλεφωνία ήταν κάτω από το ανώτατο όριο των 61 V/m της ICNPR. Ο άξονας των συχνοτήτων ρυθμίστηκε στο εύρος συχνοτήτων κινητής τηλεφωνίας και συγκεκριμένα μεταξύ $1,5 \text{ GHz}$ και $2,1 \text{ GHz}$. Ο κάθετος άξονας είναι αυτός των λογαριθμικών τιμών του ηλεκτρικού πεδίου που έχει έξοδο το NARDA (σε V/m). Με μπλε χρώμα εμφανίζονται οι ελάχιστες τιμές (έντονο μπλε η πιο μικρή), με πράσινο οι μέσες τιμές (με έντονο πράσινο η μέση των μέσων τιμών) και με κόκκινο οι μέγιστες τιμές (με έντονο κόκκινο η πιο μεγάλη).



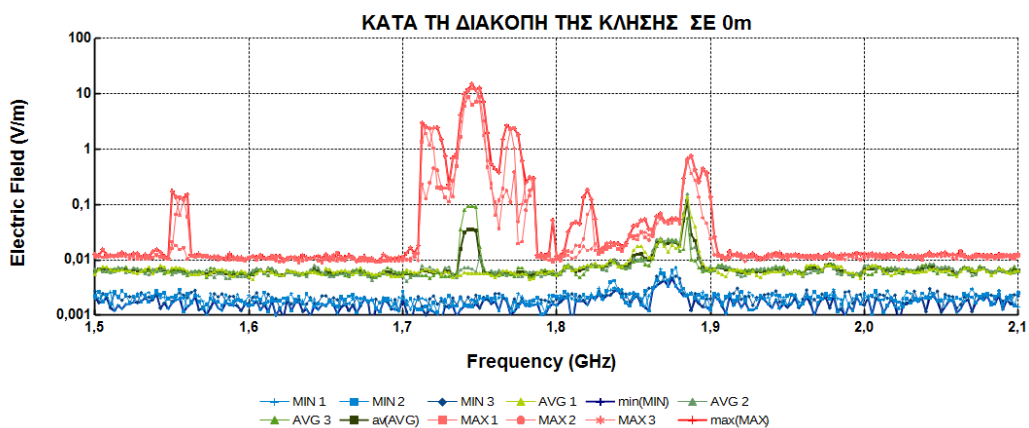
Σχήμα 31: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο σε κατάσταση αναμονής με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 0 μέτρων από τη συσκευή. Μέτρηση σε κινητό παλαιάς τεχνολογίας.



Σχήμα 32: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο σε κατάσταση κλήσης με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 0 μέτρων από τη συσκευή. Μέτρηση σε κινητό παλαιάς τεχνολογίας.



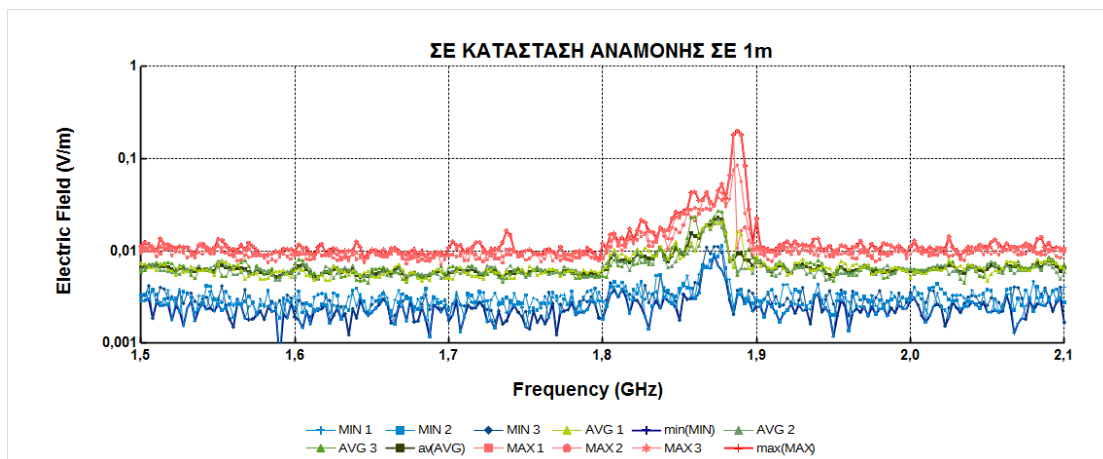
Σχήμα 33: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο κατά τη κλήση με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 0 μέτρων από τη συσκευή. Μέτρηση σε κινητό παλαιάς τεχνολογίας.



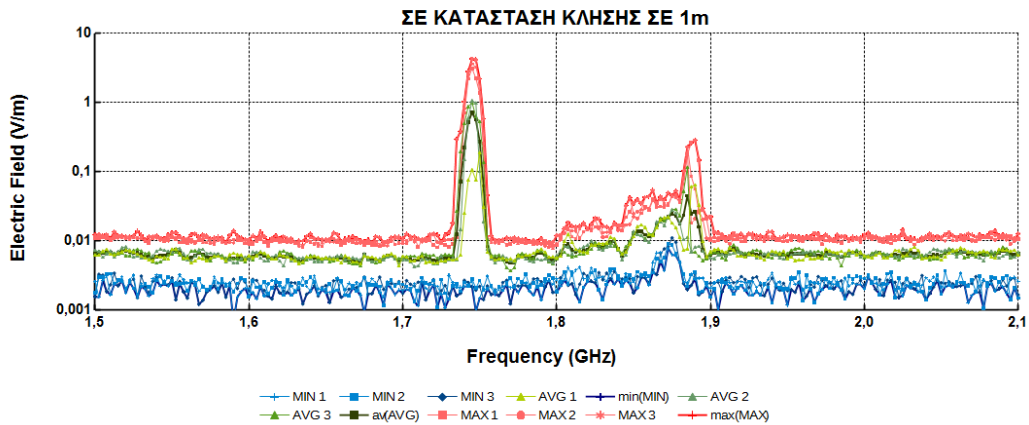
Σχήμα 34: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο κατά το κλείσιμο με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 0 μέτρων από τη συσκευή. Μέτρηση σε κινητό παλαιάς τεχνολογίας.

Οι περιπτώσεις των **Σχημάτων 31, 32, 33** και **34** μπορεί να θεωρηθούν ως το σενάριο χειρίστης περίπτωσης (worst case scenario). Το σήμα του δικτύου κατά

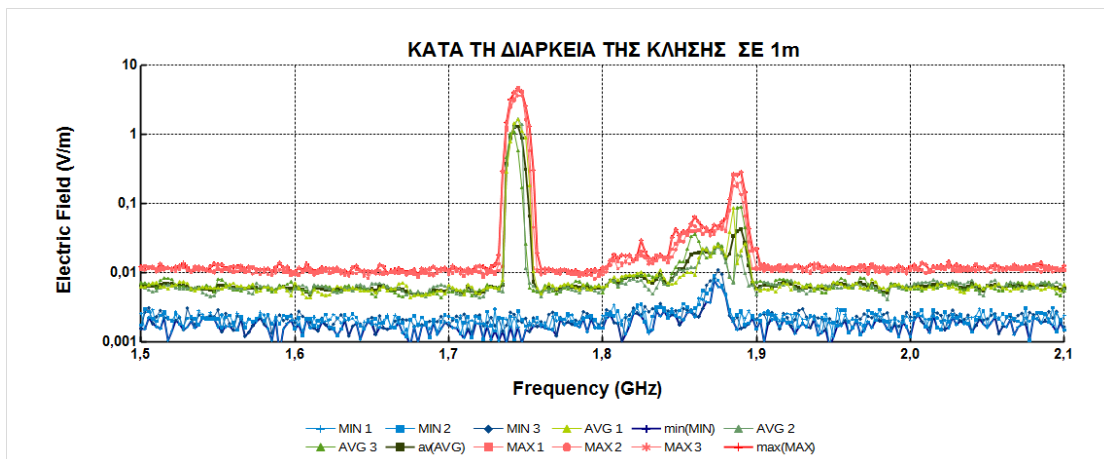
τη διάρκεια των μετρήσεων των παραπάνω σχημάτων ήταν χαμηλό και η χρησιμοποιούμενη συσκευή ήταν παλιάς τεχνολογίας. Το αποτέλεσμα αυτών των δυο παραγόντων υψηλές τιμές ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ της τάξεως των 10 V/m στην κατάσταση αναμονής και των 15 V/m κατά τη διάρκεια της κλήσης. Το ίδιο κινητό, στις ίδιες συνθήκες αλλά σε απόσταση ενός μέτρου από το όργανο NARDA SRM - 3006 (προσομοίωση χρήσης Bluetooth), έδωσε πολύ μικρές τιμές ηλεκτρικού πεδίου ΗΜΑΠ στην κατάσταση αναμονής είναι αμελητέα, αλλά στην κατάσταση κλήσης και κατά τη διάρκεια της κλήσης ανήλθε στα 4 V/m και παρέμεινε σε αυτά τα επίπεδα καθ' όλη την διάρκεια της κλήσης. Δηλαδή, η ακτινοβολία είναι μειωμένη αλλά παρ' όλα αυτά παραμένει σε υψηλή. Αυτά δεικνύονται στα **Σχήματα 37-38**.



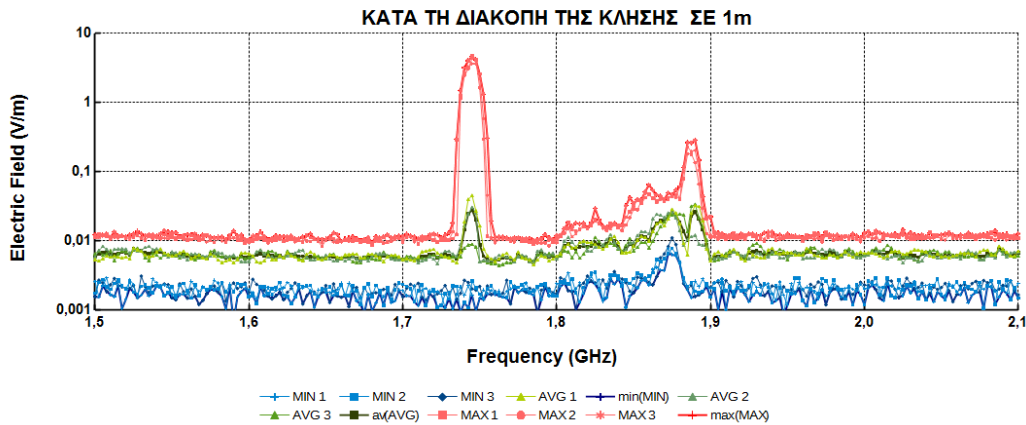
Σχήμα 35: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο σε κατάσταση αναμονής με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 1 μέτρου από τη συσκευή. Μέτρηση σε κινητό παλαιάς τεχνολογίας.



Σχήμα 36: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο σε κατάσταση κλήσης με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 1 μέτρου από τη συσκευή. Μέτρηση σε κινητό παλαιάς τεχνολογίας.

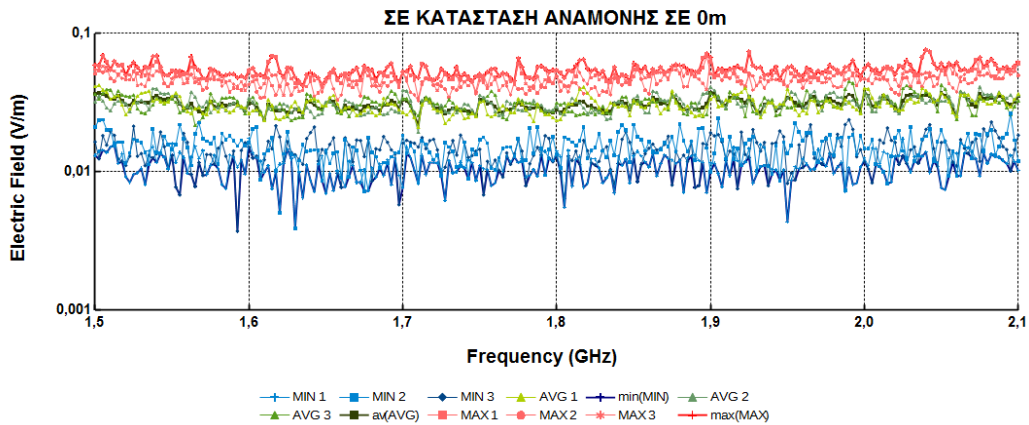


Σχήμα 37: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο κατά την κλήση με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 1 μέτρου από τη συσκευή. Μέτρηση σε κινητό παλαιάς τεχνολογίας.

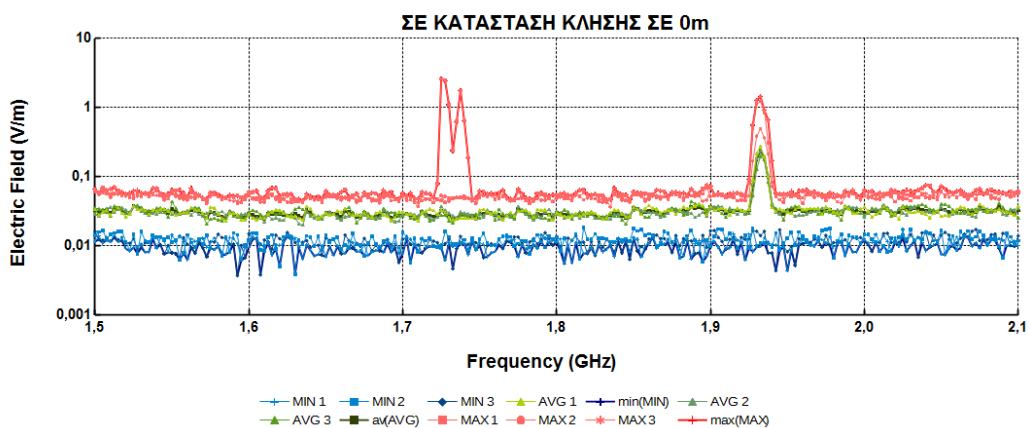


Σχήμα 38: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο κατά το κλείσιμο με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 1 μέτρου από τη συσκευή. Μέτρηση σε κινητό παλαιάς τεχνολογίας.

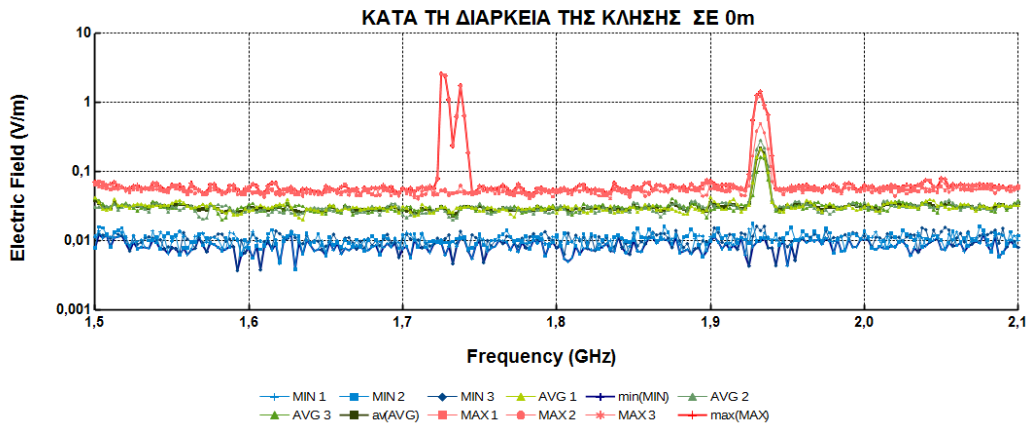
Τα **Σχήματα 39** έως **46** παρουσιάζουν τα γραφήματα όλων των καταστάσεων για ένα κινητό τηλέφωνο τελευταίας τεχνολογίας. Για το συγκεκριμένο κινητό τελευταίας τεχνολογίας, μπορεί να παρατηρηθεί ότι το εκπεμπόμενο ηλεκτρικό πεδίο ΗΜΑΠ είναι σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με το προηγούμενο. Είναι γενικά της τάξης των 2 V/m , αν και στιγμιαία φτάνει και τα 10 V/m . Σε απόσταση ενός μέτρου από το κινητό το ηλεκτρικό πεδίο ΗΜΑΠ RF είναι μικρό με εξαίρεση κάποιες στιγμιαίες τιμές στην έναρξη της κλήσης και την ώρα που συνδέεται με τον πάροχο οποίες όμως είναι κάτω του 1 V/m . Οι ενδείξεις από τις μετρήσεις αυτές δείχνουν ηλεκτρικά πεδία ΗΜΑΠ RF πολύ χαμηλότερα από τα 61 V/m , που είναι το ανώτατο όριο για το ευρύ κοινό που έχει τεθεί από την ICNPR.



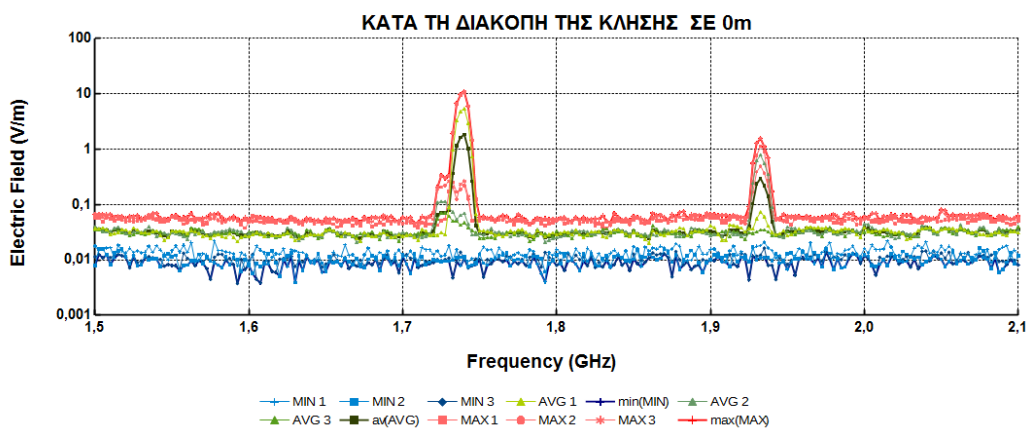
Σχήμα 39: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο σε κατάσταση αναμονής με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 0 μέτρων από τη συσκευή. Μέτρηση με κινητό νέας γενιάς.



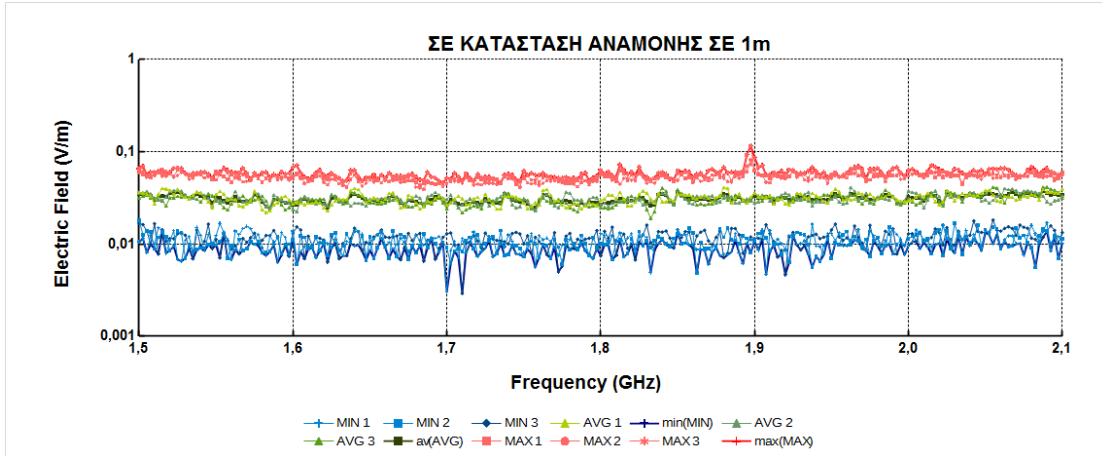
Σχήμα 40: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο σε κατάσταση κλήσης με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 0 μέτρων από τη συσκευή. Μέτρηση με κινητό νέας γενιάς.



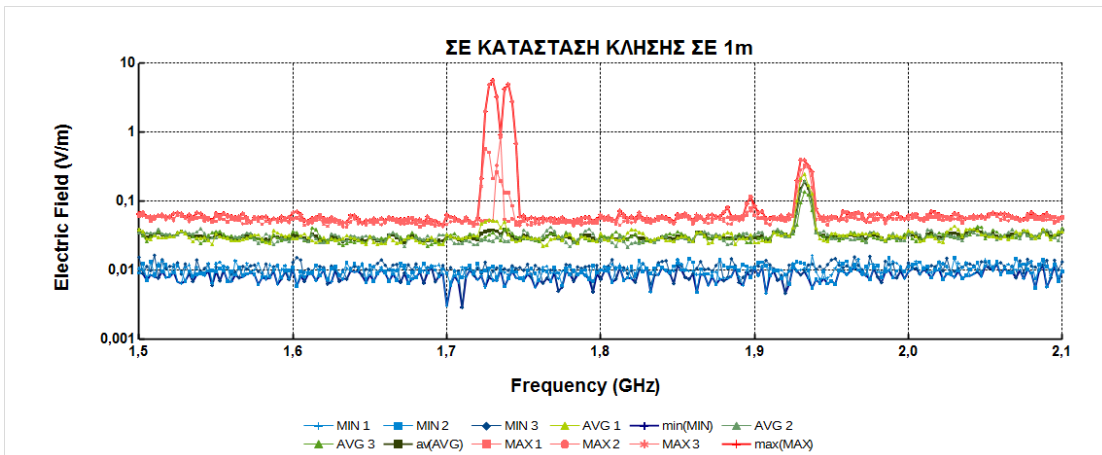
Σχήμα 41: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο κατά την κλήση με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 0 μέτρων από τη συσκευή. Μέτρηση με κινητό νέας γενιάς.



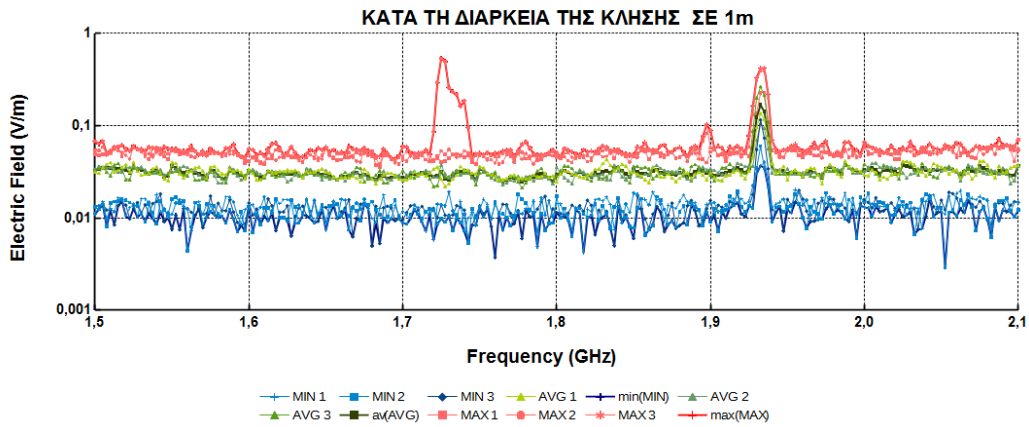
Σχήμα 42: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο κατά το κλείσιμο με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 0 μέτρων από τη συσκευή. Μέτρηση με κινητό νέας γενιάς.



Σχήμα 43: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο σε κατάσταση αναμονής με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 1 μέτρου από τη συσκευή. Μέτρηση με κινητό νέας γενιάς.

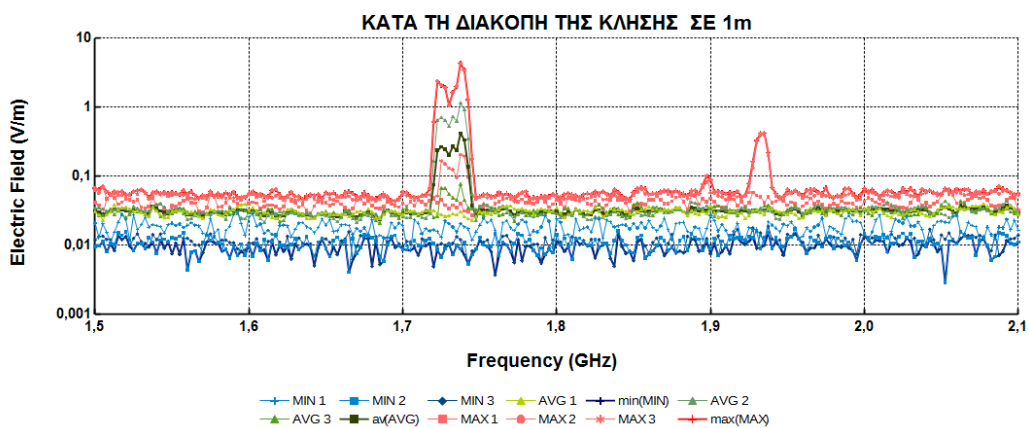


Σχήμα 44: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο σε κατάσταση κλήσης με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 1 μέτρου από τη συσκευή. Μέτρηση με κινητό νέας γενιάς.



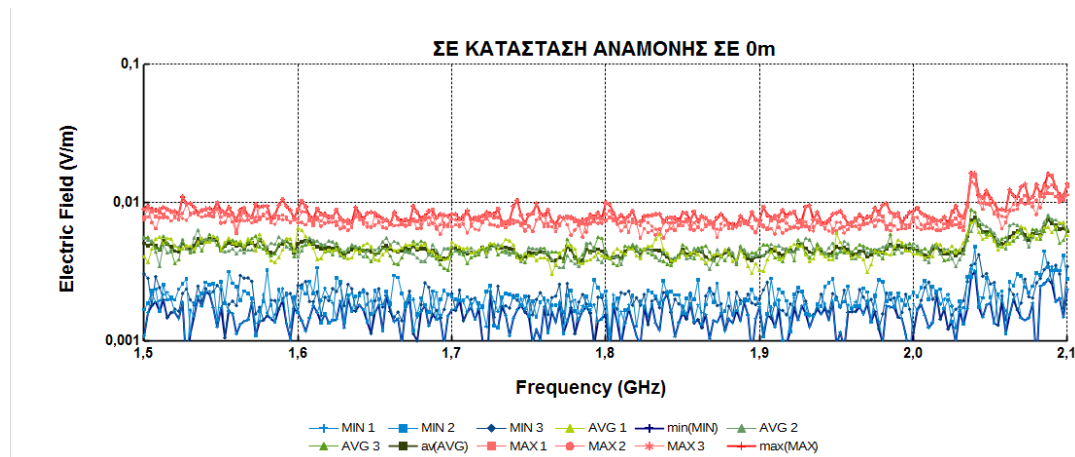
Σχήμα 45: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο κατά την κλήση με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 1 μέτρου από τη συσκευή.

Μέτρηση με κινητό νέας γενιάς.

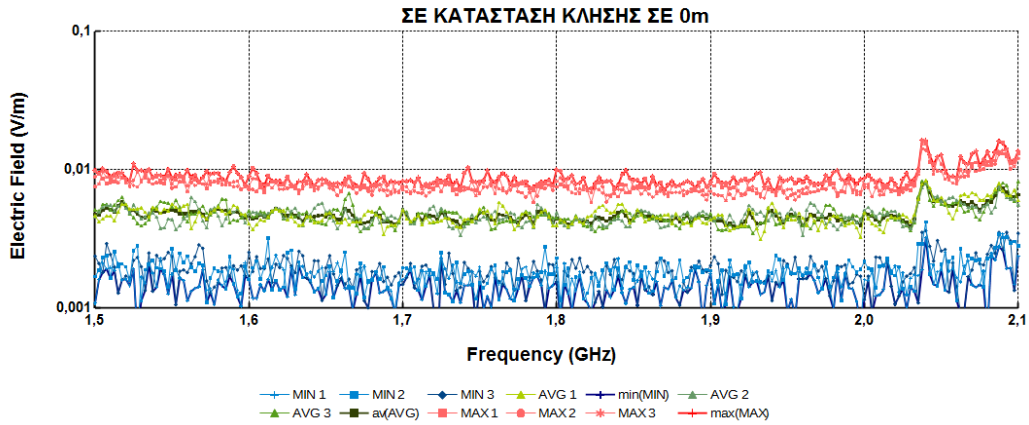


Σχήμα 46: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου για κινητό τηλέφωνο κατά το κλείσιμο με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 1 μέτρου από τη συσκευή. Μέτρηση με κινητό νέας γενιάς.

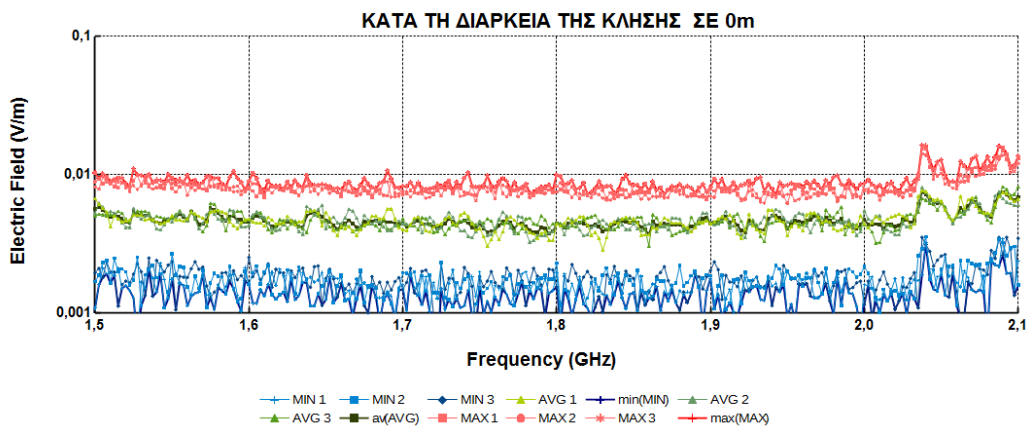
Τα Σχήματα 47 έως 50 παρουσιάζουν χαρακτηριστικά γραφήματα για ένα κινητό τηλέφωνο 4G σε περιοχή με άριστο σήμα. Για το συγκεκριμένο κινητό, υπό αυτές τις συνθήκες, το εκπεμπόμενο ηλεκτρικό πεδίο ΗΜΑΠ RF είναι σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα, της τάξεως των $0,11 \text{ V/m}$. Στην απόσταση του ενός μέτρου, το εκπεμπόμενο ηλεκτρικό πεδίο ΗΜΑΠ RF είναι αμελητέο για όλες τις τοποθεσίες. Και αυτές οι μετρήσεις δείχνουν ηλεκτρικά πεδία ΗΜΑΠ RF πολύ χαμηλότερα από τα 61 V/m , που είναι το ανώτατο όριο για το ευρύ κοινό που έχει τεθεί από την ICNPR.



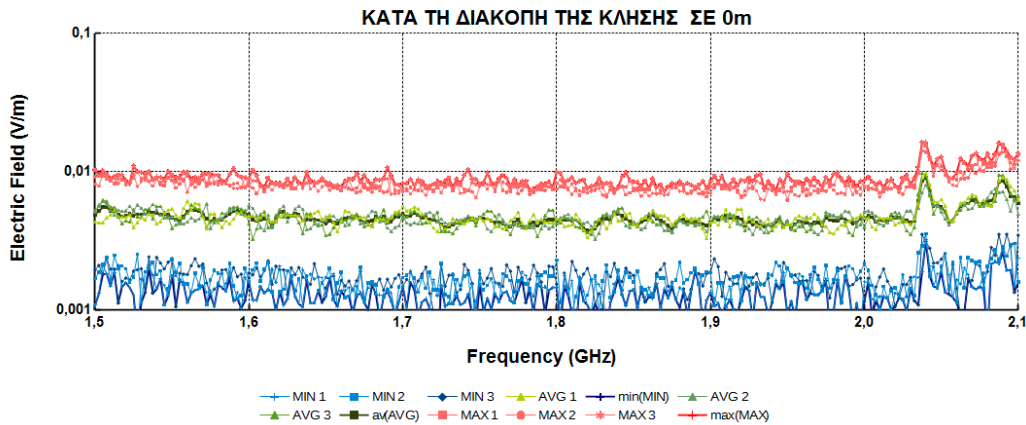
Σχήμα 47: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου (V/m συναρτήσει συχνότητας σε GHz) για κινητό τηλέφωνο σε κατάσταση αναμονής με τον μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 0 μέτρων από τη συσκευή. Μέτρηση με κινητό τηλέφωνο 4G.



Σχήμα 48: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου (V/m συναρτήσει συχνότητας σε GHz) για κινητό τηλέφωνο σε κατάσταση κλήσης με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 0 μέτρων από τη συσκευή. Μέτρηση με κινητό τηλέφωνο 4G.



Σχήμα 49: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου (V/m συναρτήσει συχνότητας σε GHz) για κινητό τηλέφωνο κατά την κλήση με τον μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 0 μέτρων από τη συσκευή. Μέτρηση με κινητό τηλέφωνο 4G.



Σχήμα 50: Φασματική ανάλυση ηλεκτρικού πεδίου (V/m συναρτήσει συχνότητας σε GHz) για κινητό τηλέφωνο κατά το κλείσιμο με το μετρητή NARDA SRM-3006 σε απόσταση 0 μέτρων από τη συσκευή. Μέτρηση με κινητό τηλέφωνο 4G.

Π1.5.5. Συμπεράσματα

Οι μετρήσεις με το όργανο ANTENESSA EM SPY έδειξαν ότι η Αθήνα, συγκριτικά προς τη Σαλαμίνα, παρουσίασε γενικά χαμηλότερες μέγιστες τιμές ηλεκτρικού πεδίου. Οι μετρήσεις με το όργανο NARDA EMR-300 RF, έδειξαν ότι το ηλεκτρικό πεδίο στο νησί της Λέσβου ήταν υψηλότερο από αυτό της Αθήνας. Η περίπτωση των κατοικιών εγγύς γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης είναι ιδιαίτερα ανησυχητική, διότι διάφορες μετρήσεις ήταν άνω των διεθνών ορίων της ICNIRP (5 kV/m για το ηλεκτρικό πεδίο και $0,1 \text{ } \mu\text{T}$ για το μαγνητικό πεδίο). Μελέτες έχουν δείξει ότι η έκθεση σε τέτοια ακτινοβολία μπορεί να είναι υπεύθυνη για παιδική λευχαιμία. Τα αποτελέσματα τέλος υπέδειξαν ότι η Αθήνα έχει τα

χαμηλότερα επίπεδα ΗΜΑΠ λόγω WiFi και DECT σε σχέση με τη Λέσβο και τη Ζάκυνθο.

Οι μετρήσεις με το όργανο NARDA EMR-300 RF, για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου υπέδειξαν ότι το ηλεκτρικό πεδίο ΗΜΑΠ RF λόγω κινητών τηλεφώνων, ασυρμάτων δικτύων Wi-Fi και και τηλεφώνων DECT είναι, κατά βάση, αρκετά χαμηλότερο από το όριο των 61 V/m της ICNIRP για το ευρύ κοινό. Μπορεί μεν ο άνθρωπος να λαμβάνει σχετικά χαμηλή ακτινοβολία από τα κινητά τηλέφωνα ωστόσο, λόγω συγκεκριμένων παραγόντων όπως η κατάχρησή τους, οι διάφορες συνθήκες οι οποίες αυξάνουν την εκπεμπόμενη ακτινοβολία, η συσσωρευμένη ακτινοβολία που δέχεται ο άνθρωπος καθημερινά απ' όλες σχεδόν τις συσκευές και ότι είναι η μόνη συσκευή από αυτές που εκπέμπει ακτινοβολία η οποία τοποθετείται κατευθείαν στο κεφάλι, καθιστούν τις μελέτες των ΗΜΑΠ RF ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες.

Π.1.6. Γάμμα Ακτινοβολία στην Ιατρική και το Περιβάλλον

Π1.6.1. Γάμμα Ακτινοβολία στην Ιατρική

Π1.6.1.1.Περίγραμμα

Το ερευνητικό έργο στο συγκεκριμένο εδάφιο αναφέρεται στην Εφαρμοσμένη Φυσική Ακτινοβολιών που χρησιμοποιείται στην Ακτινοδιαγνωστική και την Πυρηνική Ιατρική. Πρόκειται επομένως για χρήση εφαρμοσμένης φυσικής ακτινοβολιών με στόχο τον άνθρωπο. Ο κύριος όγκος του παρόντος ερευνητικού έργου εκπονήθηκε μεταξύ 1993-1999 σε διακριτή συνεργασία με τα κάτωθι:

- Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών
- Ιπποκράτειο Νοσοκομείο Αθηνών
- “Κωνσταντοπούλειο” Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών
- Νοσοκομείο Παιδων “Αγία Σοφία”

Στο παρόν εδάφιο οι περιπτώσεις αναλύονται ξεχωριστά ως κάτωθι:

Π1.6.1.2. Γάμμα Ακτινοβολία στην Ιατρική-Δοσιμετρία και Ακτινοπροστασία Ακτινοδιαγνωστικής.

Η Αξονική τομογραφία χρησιμοποιείται ευρέως για να ληφθούν εικόνες υψηλής διαγνωστικής αξίας. Η διαγνωστική αυτή μέθοδος όμως επιβαρύνει σημαντικά τους εξεταζόμενους σε ακτινολογική δόση. Οι τιμές των ενεργών δόσεων που σχετίζονται με την Αξονική Τομογραφία ευρίσκονται στο εύρος των 1 mSv – 10

mSv ανά σάρωση, για τυπικές εξετάσεις. Αυτές οι τιμές αυξάνονται σημαντικά για εξετάσεις πολλαπλών σαρώσεων. Επισημαίνεται, ότι τιμές ενεργού δόσης $10 mSv$ έχει μπορεί να σχετίζονται με την αύξηση εμφάνισης καρκίνου.

Η εξέλιξη της υπολογιστικής τομογραφίας, εκτός από τη βελτίωση της εικόνας και των τεχνικών χρήσης της, έχει συνοδευθεί και από την εξέλιξη μεθόδων περιορισμού της έκθεσης των εξεταζομένων. Τέτοιες μέθοδοι αποτελούν

(α) η αυτόματη προσαρμογή των τιμών mA και kV κατά την διάρκεια της σάρωσης, ανάλογα με το σωματότυπο του ασθενή,

(β) ειδικές μέθοδοι ανακατασκευής της εικόνας (iterative reconstruction algorithms)

και

(γ) η βελτιστοποίηση των πρωτοκόλλων σάρωσης, με προγράμματα συνεχούς παρακολούθησης και καταγραφής των στοιχείων έκθεσης (dose tracking programs).

Για τον περιορισμό των δόσεων στις εξετάσεις Αξονικής Τομογραφίας, εκτός από τις μηχανικές βελτιώσεις στα σχετικά συστήματα, έχουν δοθεί οδηγίες και θεσμοθετηθεί όρια από τις αρμόδιες αρχές σε πολλά κράτη. Στην Ελλάδα η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) παρακολουθεί τις δόσεις των εξεταζόμενων στα ακτινολογικά εργαστήρια και έχει θεσμοθετήσει Διαγνωστικά Επίπεδα Αναφοράς (ΔΕΑ) για διάφορες εξετάσεις Αξονικής Τομογραφίας. Πιο συγκεκριμένα έχει ορίσει μέγιστες τιμές για τους δείκτες:

(I) Σταθμισμένος δείκτης δόσης υπολογιστικής τομογραφίας διορθωμένος για το βήμα του υπολογιστικού τομογράφου ($CTDI_{vol}$)

και

(II) Γινόμενο Δόσης - Μήκους Σάρωσης (DLP) στις εξετάσεις εγκεφάλου, σπλαχνικού κρανίου, έσω ωτός, θώρακος, κοιλίας, θώρακος – άνω και κάτω κοιλίας και οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης.

Κάθε σύστημα αξονικής τομογραφίας στην Ελλάδα θα πρέπει να ρυθμίζεται ώστε η έκθεση τυπικών ασθενών σε φυσιολογικές συνθήκες να μην υπερβαίνει τις τιμές των εθνικών ΔΕΑ.

Μία άλλη σημαντική παράμετρος που αφορά στην Ακτινοπροστασία του πληθυσμού από την Αξονική Τομογραφία, είναι ο αριθμός των εξετάσεων που πραγματοποιούνται. Σύμφωνα με στοιχεία του ΟΟΣΑ στην Ελλάδα το 2013 υπήρχαν 35,2 συστήματα υπολογιστικής τομογραφίας (Υ/Τ) ανά ένα εκατομμύριο πληθυσμού και το 2012 είχαν πραγματοποιηθεί 180,3 ανά χίλια άτομα εξετάσεις Υ/Τ. Αυτός ο αριθμός των εξετάσεων είναι ιδιαίτερα μεγάλος και δεδομένης και της υψηλής έκθεσης σε Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες αυτών των εξετάσεων, κίνδυνος από τις εξετάσεις Αξονικής Τομογραφίας παρουσιάζεται σημαντικό.

Στα πλαίσια του ερευνητικού έργου του παρόντος εδαφίου έχει επιτευχθεί διερεύνηση της αξιοπιστίας των πληροφοριών που παρέχονται από τα συστήματα Αξονικής Τομογραφίας, της απόκρισης του συστήματος TCM (Tube Current Modulation-σύστημα που συμβάλει σημαντικά στη μείωση του θορύβου

της εικόνας και της έκθεσης των εξεταζομένων), της καταγραφής και συγκέντρωσης των στοιχείων δόσης (δείκτες CTDI_{vol} και DLP) και της αξιολόγηση τους. Έχουν μελετηθεί στοιχεία εξετάσεων για περισσότερες από 3000 περιπτώσεις από 12 Αξονικούς Τομογράφους σε περιοχές στην Ελλάδα.

Πραγματοποιήθηκε σειρά μετρήσεων για την εξακρίβωση των τιμών των δεικτών CTDI_{vol} και DLP που παρέχονται από τα 12 μελετηθέντα συστήματα Αξονικής Τομογραφίας. Ευρέθη ότι υπήρχε σημαντική σύγκλιση των υπολογισμένων τιμών με αυτές που παρέχονται από τα συστήματα, με αποκλίσεις κάτω του 10 %. Τα συστήματα υπολογιστικής τομογραφίας έχουν διορθώσει τον τρόπο υπολογισμού του CTDI_{vol} και DLP και δεν παρουσιάζεται η προηγουμένως (2012) σημειωθείσα μεγάλη απόκλιση των δεικτών έκθεσης όπως είχε καταγραφεί από άλλους ερευνητές.

Από όλα τα συστήματα υπολογιστικής τομογραφίας στα οποία μελετήθηκε η ακρίβεια των δεικτών δόσης, όπως αυτοί καταγράφονται στην οθόνη του χειριστηρίου (Dose Reports), συλλέχθηκαν δοσιμετρικές πληροφορίες για διάφορα είδη εξετάσεων και πραγματοποιήθηκε μελέτη ελέγχου του κατά πόσο πληρούν τα εθνικά Διαγνωστικά Επίπεδα Αναφοράς της Ελλάδος και τη σχέση τους με τα επίπεδα δόσης παγκοσμίως. Σχετικά με την απόκριση του συστήματος TCM (Tube Current Modulation) στις απότομες μεταβολές των διαστάσεων του ομοιώματος (και επομένως στην απορρόφηση της δέσμης), παρατηρήθηκε πως υπάρχει καθυστέρηση 2 τομών. Πραγματοποιήθηκε πείραμα χρησιμοποιώντας

συγκεκριμένο πρωτόκολλο σάρωσης με ακτινοβολούμενο σώμα, το συνδυασμό δύο ομοιωμάτων διαφορετικής διαμέτρου. Τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι σε έκθεση με δέσμη πάχους 5 mm, ο Αξονικός Τομογράφος επέλεξε στο πρώτο εκατοστό του μήκους του ομοιώματος, ακριβώς μετά τη μείωση της διαμέτρου στο μισό (από 32 στα 16 cm) ώστε να εισάγει αυξημένο ρεύμα στη λυχνία (mA) σε σχέση με εκείνο που θα εισείγαγε σε ακτινοβολήση μόνο του ομοιώματος διαμέτρου 16 cm. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη τομή επέλεξε 86 mA έναντι 26 mA και στη δεύτερη, 48 mA έναντι 26 mA . Με το συγκεκριμένο πείραμα φάνηκε ότι ο συνδυασμός δυο ομοιωμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για τον έλεγχο της ποιότητας για την εκτίμηση της λειτουργίας του συστήματος TCM συστημάτων Αξονικής Τομογραφίας. Για τον υπολογισμό της δόσης από θέσεις εκτός ισοκέντρου και για την συμβολή της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας από όγκους μεγαλύτερους των ομοιωμάτων υπολογισμού του σταθμισμένου δείκτη δόσης υπολογιστικής τομογραφίας (CTDI_w), έγιναν μετρήσεις σε έναν Αξονικό Τομογράφο Siemens τύπου Somatom Sensation 16 τομών, χρησιμοποιώντας τα πιο πάνω αναφερόμενα κυλινδρικά ομοιώματα PMMA (μήκους 15 cm και διαμέτρων 16 cm και 32 cm). Τα αποτελέσματα, όσον αφορά στη διαμόρφωση του ρεύματος (mA) για εκθέσεις με τη θέση του ομοιώματος εκτός του ισοκέντρου, έδειξαν σύγκλιση με ευρήματα άλλων και υπολογίσθηκε ότι, για θέση του ομοιώματος 30 mm χαμηλότερα από το ισόκεντρο, επέρχεται αύξηση του ρεύματος της λυχνίας (mA) κατά 25,4%.

Για την εκτίμηση της δόσης στον εξεταζόμενο και τις παραμέτρους που την επηρεάζουν χρησιμοποιήθηκε το αυτοματοποιημένο σύστημα διαχείρισης δόσης της General Electric "DoseWatch". Το σύστημα δοκιμάστηκε και αξιολογήθηκε ως προς τη χρήση του για διαχείριση και βελτιστοποίησης δόσης σε συστήματα αξονικής τομογραφίας. Επίσης για 11 διαφορετικά συστήματα Αξονικής Τομογραφίας έγινε καταγραφή και συγκέντρωση των πρωτοκόλλων απεικόνισης και στοιχεία εξετάσεων με σκοπό τη βελτιστοποίηση των πρωτοκόλλων και τη μείωση της έκθεσης των εξεταζομένων.

Επίσης παλαιότερα μελετήθηκαν οι δόσεις αξονικής τομογραφίας παιδιών. Προς την κατεύθυνση αυτή, υπολογίστηκε η ενεργός δόση των κυριοτέρων εξετάσεων σε παιδιά διαφόρων ηλικιών με Αξονικό Τομογράφο. Οι μετρήσεις έγιναν στον Αξονικό Τομογράφο του Νοσοκομείου Παιδιών «Αγία Σοφία». Χρησιμοποιήθηκαν τρία ομοιώματα (phantoms) από plexiglass με διάμετρο 12,16 και 24 εκατοστά, έτσι ώστε να προσομοιωθούν τα παιδιά 2 μηνών, 5 ετών και 10 ετών αντίστοιχα. Μετρήθηκαν η τιμή της παραμέτρου CTDI και η επιφανειακή δόση εισόδου για διάφορες εξετάσεις κρανίου-θώρακα κοιλιάς και για όλα τα πρωτόκολλα εξέτασης.

Οι μετρήσεις έγιναν με δοσίμετρα θερμοφωταύγειας (TLD) και με θάλαμο ιοντισμού. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η ενεργός δόση για κάθε εξέταση χρησιμοποιώντας τη μέθοδο που προτάθηκε από τον Leitz καθώς επίσης χρησιμοποιώντας τις τιμές της επιφανειακής δόσης εισόδου. Διαπιστώθηκε ότι για ίδιες εξετάσεις αλλά για διαφορετικά πρωτόκολλα υπήρχαν μεγάλες διαφορές

(πάνω από 50%) μεταξύ CTDI τιμών και των τιμών των επιφανειακών δόσεων εισόδου.

Επιπροσθέτως, έγινε διερεύνηση των ορίων δόσεων ακτινοβολίας που λαμβάνονται από παιδιά κατά τις απλές ακτινολογικές εξετάσεις Θώρακος, Κρανίου, Λεκάνης και ΟΜΣΣ με τη χρήση μετρητή DAP (Dose Area Product). Τα παιδιά που εξετάστηκαν είχαν ηλικίες από 0-15 έτη και χωρίστηκαν σε πέντε (5) ομάδες.

Για τον υπολογισμό της ενεργού δόσης χρησιμοποιήθηκαν οι πίνακες NRPBR-273 οι οποίοι δίνουν το συντελεστή μετατροπής των τιμών DAP σε ενεργό δόση στηριζόμενοι σε υπολογισμούς με τη μέθοδο Monte Carlo.

Έγιναν ειδικές μετρήσεις, ειδικοί υπολογισμοί και προσαρμογές ώστε να υπολογιστεί η ενεργός δόση των ασθενών. Οι υπολογισθείσες τιμές εξαρτώνται από τις διαστάσεις του σώματος του ασθενούς.

Π1.6.1.3. Γάμμα Ακτινοβολία στην Ιατρική-Πυρηνική Ιατρική

Π1.6.1.3.1.Εισαγωγή

Το ερευνητικό έργο στον τομέα της Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών στον άνθρωπο με επίκεντρο τη Φυσική της Πυρηνικής Ιατρικής αφορά κυρίως σε θέματα Φυσικής της Πυρηνικής Καρδιολογίας. Έχουν αναπτυχθεί και μελετηθεί

(α) Η εφαρμογή συγκεκριμένων - διαφορετικών των συμβατικών - πρωτοκόλλων στο σπινθηρογράφημα Θαλλίου-201 και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα αγγειογραφικά αποτελέσματα

και

(β) Η εκτίμηση των αποτελεσμάτων της χρήσης Φανυλεφρίνης (Φ) στο σπινθηρογράφημα Θαλλίου-201 και η σύγκριση του συμβατικού σπινθηρογραφήματος κόπωσης Θαλλίου-201 (Σ) με τα αποτελέσματα σπινθηρογραφήματος Φ

Σκοπός του ερευνητικού έργου του παρόντος εδαφίου είναι η διερεύνηση χρήσης νέων πρωτοκόλλων στην Πυρηνική Ιατρική οι οποίες θα εξασφαλίζουν βέλτιστο αποτέλεσμα ελαχιστοποιώντας την ανάγκη εξέτασης Ψηφιακής Αγγειογραφίας η οποία και συνοδεύεται από μεγάλη ραδιολογική επιβάρυνση του ασθενούς. Υπό αυτή τη θεώρηση, το συγκεκριμένο έργο ταξινομείται στο εδάφιο της Ακτινοπροστασίας Πυρηνικής Ιατρικής.

Π1.6.1.3.2.Υλικά και Μέθοδος

(α) Η εφαρμογή συγκεκριμένων - διαφορετικών των συμβατικών - πρωτοκόλλων στο σπινθηρογράφημα Θαλλίου-201 και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα αγγειογραφικά αποτελέσματα

Στις μελέτες αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί ασθενείς με διαπιστωμένη στεφανιαία νόσο, οι οποίοι εξετάζονται με σκοπό την πιθανή ανίχνευση ισχαιμίας μυοκαρδίου και/ή τη βιωσιμότητα. Το εύρος ηλικιών των ασθενών που έχουν συμπεριληφθεί

στις μελέτες μέχρι σήμερα είναι 41-70. Σε κάθε περίπτωση καταγράφηκαν διάφορα στοιχεία όπως ιστορικό στηθάγχης, έμφραγμα μυοκαρδίου κ.λπ. Ανάλογα με την περίπτωση διάφορα πρωτόκολλα έχουν εφαρμοσθεί.

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν 62 ασθενείς με διαπιστωμένη στεφανιαία νόσο, οι οποίοι προσήλθαν με σκοπό την πιθανή ανίχνευση ισχαιμίας μυοκαρδίου και/ή τη βιωσιμότητα (μέση ηλικία 55 έτη, εύρος 41-70). Από αυτούς, 50 είχαν ιστορικό στηθάγχης, με 42 να έχουν υποστεί έμφραγμα μυοκαρδίου. Αμέσως μετά το αρχικό σπινθηρογράφημα από την κόπωση του ασθενούς, χορηγούνται 0.3 mg νιτρογλυκερίνης ακολουθούμενα από χορήγηση 1mCi Θαλίου-201 και λαμβάνονταν δύο ακόμα ομάδες σπινθηρογραφημάτων μετά από 1 και 4 ώρες αντίστοιχα.

Εν συνεχεία, χορηγήθηκε 1 mCi ²⁰¹Tl αμέσως μετά την ολοκλήρωση του σπινθηρογραφήματος μετά την αρχική κόπωση του ασθενούς (Σ1) και ελήφθησαν τρεις ακόμη ομάδες εικόνων, 1 4 και 18-24 ώρες έπειτα. Αναλύθηκαν 2,368 περιοχές.

(β) Η εκτίμηση των αποτελεσμάτων της χρήσης Φαινυλεφρίνης (Φ) στο σπινθηρογράφημα Θαλλίου-201 και η σύγκριση του συμβατικού σπινθηρογραφήματος κόπωσης Θαλλίου-201 (Σ) με τα αποτελέσματα σπινθηρογραφήματος Φ.

Χρησιμοποιήθηκαν 40 ασθενείς με διαπιστωμένο CAD από ψηφιακή αγγειογραφία ηλικίας (56±6) ετών. Στένωση >70% θεωρήθηκε σημαντική. Σε κάθε έναν χορηγήθηκε Φ (0.1 mgL⁻¹) με ρυθμό 0.8 mgL⁻¹ μέχρις ότου η αρτηριακή πίεση αυξήθηκε κατά περίπου 30% από τα φυσιολογικά επίπεδα. Ένα λεπτό μετά τη χορήγηση Φ, ενέθηκαν 2 mCi Θαλλίου-201 και η χορήγηση Φ συνεχίστηκε για 15 λεπτά ακόμη. Σπινθηρογράφημα Θαλλίου ελήφθη 2 λεπτά μετά τη χορήγηση Θαλλίου και 4 ώρες μετά. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με αυτά του Σ 4 ημερών μετά.

Π1.6.1.3.3.Αποτελέσματα

(α) Η εφαρμογή συγκεκριμένων - διαφορετικών των συμβατικών - πρωτοκόλλων στο σπινθηρογράφημα Θαλλίου-201 και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα αγγειογραφικά αποτελέσματα έδειξαν τα κάτωθι:

Από ομάδα εικόνων 496 περιοχών, 305 (61%) περιοχές παρουσίασαν ελλείμματα εκ των οποίων 198 (65%) παρουσίασαν αυξημένη λήψη ραδιοφαρμάκου, 97 (32%) καμία αλλαγή και 10 (3%) ανάστροφη επανακατανομή στο σπινθηρογράφημα 1 ώρας. Από τα 97 μόνιμα ελλείμματα, μόνο 17 (6%) έδειξαν πλήρωση με Θαλλίο-201 στο Σπινθηρογραφήμα 4 ωρών, ενώ 12 (4%) ανάστροφη επανακατανομή.

Απεδείχθη ότι η πρόωμη χορήγηση Θαλλίου-201 μετά το τεστ κοπώσεως σε συνδυασμό με νιτρογλυκερίνη και με λήψη εικόνων 1 ώρα μετά την κόπωση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ικανή και εύκολη εκτίμηση της ισχαιμίας του μυοκαρδίου και/ή τη βιωσιμότητα.

Από σπινθηρογραφήματα μετά την αρχική κόπωση του ασθενούς, 390 (17%) των περιοχών εμφάνισαν ελλείμματα, από τις οποίες 287 (74%) παρουσίασαν αυξημένη λήψη ραδιοφαρμάκου στο σπινθηρογράφημα 1 ώρας, 89 (23%) καμμία αλλαγή και 14(4%) παρουσίασαν ανάστροφη επανακατανομή. Από τα 103 μόνιμα ελλείμματα, μόνο 27 (7%) έδειξαν περαιτέρω λήψη Θαλλίου, 62 (16%) περιοχές έδειξαν ανάστροφη επανακατανομή στο σπινθηρογράφημα 4 ωρών, ενώ στο σπινθηρογράφημα 18-24 ωρών, 17(4%) και 47(12%) περαιτέρω λήψη και ανάστροφη επανακατανομή αντίστοιχα.

Απεδείχθη ότι το συγκεκριμένο πρωτόκολλο μειώνει τον ολικό χρόνο ελέγχου, είναι πιο εύκολο για τον ασθενή και βοηθά καλύτερα στη διάγνωση.

(β) Η εκτίμηση των αποτελεσμάτων της χρήσης Φανυλεφρίνης (Φ) στο σπινθηρογράφημα Θαλλίου-201 και η σύγκριση του συμβατικού σπινθηρογραφήματος κόπωσης Θαλλίου-201 (Σ) με τα αποτελέσματα σπινθηρογραφήματος Φ έδειξαν τα κάτωθι:

Η Φ βρέθηκε ότι δημιουργεί παρόμοιο αριθμό ελλειμμάτων (145) συγκριτικά με το Σ (156) ($p < 0.05$). Το μέσο μέγεθος των ελλειμμάτων (%) ήταν 14 ± 8 κατά τη διάρκεια της Φ και 16 ± 16 κατά το Σ ($p = NS$). Πλήρης επανακατανομή ανιχνεύτηκε σε 33 (26%) ελλείμματα κατά τη διάρκεια της Φ και 41 (54%) κατά τη διάρκεια του Σ. Η χαμηλότερη (%) ενεργότητα του Θαλλίου ήταν (56 ± 14) και (54 ± 11) κατά τη διάρκεια Φ και Σ αντίστοιχα.

Απεδείχθη ότι η χορήγηση Φ παρουσίασε παρόμοια αποτελέσματα στο Σπινθηρογράφημα Θαλλίου-201 με αυτή της κόπωσης.

Π1.6.2.Γάμμα Ακτινοβολία Περιβάλλοντος

Π1.6.2.1.Περίγραμμα

Ο άνθρωπος εκτίθεται σε ποικιλία φυσικών πηγών και τεχνητών πηγών γάμμα ιοντιζουσών ακτινοβολιών. Η έκθεση αυτή μπορεί να είναι εξωτερική και εσωτερική. Η εξωτερική έκθεση οφείλεται στις φυσικές πηγές ιοντιζουσών ακτινοβολιών. Οι φυσικές πηγές διακρίνονται σε αυτές: α) που προέρχονται από το κοσμικό διάστημα και β) που συναντώνται στο γήινο περιβάλλον του ανθρώπου. Οι φυσικές πηγές αποτελούν την κύρια πηγή έκθεσης του ανθρώπου στη γάμμα ακτινοβολία. Σημαντικές φυσικές πηγές είναι τα ισότοπα των ραδιενεργών σειρών που υπάρχουν στο γήινο φλοιό - και κατ' επέκταση τα οικοδομικά υλικά – το ^{40}K και τα αιωρούμενα ισότοπα του ραδονίου και των θυγατρικών του. Στο παρόν εδάφιο αναλύονται τα σχετικά δεδομένα και αποτελέσματα.

Μέχρι σήμερα έχουν εφαρμοσθεί μέθοδοι Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών για τη φασματοσκοπική ανάλυση γ-ακτινοβολίας Περιβάλλοντος στη νήσο Λέσβο. Έχει προταθεί εισαχθεί ειδική μέθοδος Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών για τον υπολογισμό ρυθμών δόσης απορρόφησης και ενεργού των Ελλήνων από μετρήσεις ολικής γ-ακτινοβολίας περιβάλλοντος.

Έχει υπολογισθεί ο ολικός ρυθμός ενεργού δόσης από την περιβαλλοντική γ-ακτινοβολία στη νήσου Λέσβου από 355 μετρήσεις γ-φασματοσκοπίας με φορητό ανιχνευτή NaJ 3x3 σε επαφή με το έδαφος οδηγούμενες από Σύστημα

Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Έχουν εισαχθεί νέες τεχνολογίες και ειδικές μέθοδοι Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών στο Περιβάλλον για την εκτίμηση των ενεργών δόσεων στον Άνθρωπο λόγω ^{238}U , ^{232}Th και ^{40}K . Επίσης έχουν εφαρμοσθεί οι καινοτόμες μέθοδοι Kriging για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε χάρτες.

Επίσης έχουν εφαρμοσθεί γ-φασματοσκοπικές μέθοδοι για την ανάλυση και μέτρηση των φυσικών ραδιενεργών στοιχείων 93 δειγμάτων χώματος της νήσου Κρήτης στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής του γράφοντα.

Επιπρόσθετα, έχουν εισαχθεί κατάλληλες μέθοδοι Εφαρμοσμένης Φυσικής Ακτινοβολιών για την ανίχνευση και μέτρηση ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών περιβάλλοντος εγγύς πυλώνων διανομής τάσης. Ταυτόχρονα εφαρμόστηκαν μέθοδοι ήδη περιγραφείσες στο 1 για μετρήσεις ραδονίου και βραχυβίων θυγατρικών παραγώγων Περιβάλλοντος. Στόχος των παραπάνω ήταν η εύρεση ή η απόρριψη βιβλιογραφικώς υποστηριζόμενων σεναρίων συνεπιδράσεων της κατανομής των θυγατρικών του ραδονίου με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία καθώς και των υποδεικνυόμενων σχετικών επιδράσεων των Ακτινοβολιών του Περιβάλλοντος στον Άνθρωπο.

Πρέπει να επισημανθεί ότι η αποτύπωση της ερευνητικής δραστηριότητας στο συγκεκριμένο εδάφιο είναι περιορισμένη. Καίτοι, παρουσιάζεται αυτοδύναμα διότι το παρόν αντικείμενο: (α) ευρίσκεται σε σημαντική εξέλιξη στα πλαίσια του Θεσμοθετημένου Εργαστηρίου του Τομέα ΜΗΤ του Τμήματος ΜΥΣ του ΑΕΙ

ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ, (β) δεν μπορεί να ενταχθεί σε κανένα λοιπό εδάφιο του παρόντος Παραρτήματος, (γ) έχει χρηματοδοτηθεί - ως σημαντικό υποπλήρωμα έργου - στα πλαίσια του Προγράμματος ΕΣΠΑ Θαλής του ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ και (δ) καλύπτεται επαρκώς από υπάρχουσα οργανολογία του Θεσμοθετημένου Εργαστηρίου του Τομέα ΜΗΤ του Τμήματος ΜΥΣ του ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ.

Π1.6.2.2.Εισαγωγή

Στους εσωτερικούς χώρους, η γάμμα Ακτινοβολία Περιβάλλοντος (γΑΠ) προέρχεται από (α) το φλοιό της γης, (β) τα οικοδομικά υλικά και (γ) τα βραχύβια παράγωγα του ραδονίου. Η γΑΠ από τα (α) και (β) οφείλεται σε ισότοπα που παράγονται από τις διασπάσεις των φυσικών ραδιενεργών σειρών (^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th) και από το ^{40}K .

Στην ύπαιθρο, η παγκόσμια μέση τιμή του ρυθμού απορροφούμενης δόσης λόγω έκθεσης στη γΑΠ είναι $57 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ ενώ το εύρος $10\text{-}200 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ θεωρείται φυσιολογικό. Εμφανίζονται όμως και περιοχές με ιδιαίτερα υψηλά ποσά ρυθμού δόσης, λόγω της ύπαρξης πετρωμάτων πλούσιων σε ουράνιο ή ράδιο. Στους Εσωτερικών Χώρων, η αντίστοιχη μέση τιμή είναι $84 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ και το αντίστοιχο εύρος επίσης ίσο με $10\text{-}200 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$. Εξειδικευμένες μελέτες με τεχνικές προσομοίωσης Μόντε-Κάρλο έχουν επίσης αναφερθεί. Οι σημειούμενες διαφορές οφείλονται κύρια στη συνεισφορά των οικοδομικών υλικών. Αναφέρεται ενδεικτικά, ότι στη Σουηδία η χρήση συγκεκριμένης ποιότητας σκυροδέματος

πλούσιου σε ^{226}Ra (Alum shale) οδήγησε στο παρελθόν σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις Ρ και ΒΠ καθώς και γΑΠ εσωτερικών χώρων.

Λόγω της καρκινογόνου επίδρασης της γΑΠ και σε συνδυασμό με τους διαφορετικούς τύπους εδαφών έδρασης των οικοδομών, τις διαφορετικές τεχνικές οικοδόμησης και τη χρήση ποικιλίας τύπων οικοδομικών υλικών, είναι απαραίτητη η μελέτη των μεταβολών συγκεντρώσεων γΑΠ, τόσο μέσω μετρήσεων, όσο και μέσω προσομοιώσεων. Η μέτρηση των συγκεντρώσεων γΑΠ πραγματοποιείται συνήθως με τη χρήση φορητών ανιχνευτών. Προαπαιτείται κατάλληλη βαθμονόμηση, η οποία πραγματοποιείται είτε μετρητικά, είτε με τεχνικές Μόντε-Κάρλο. Οι ίδιες διατάξεις χρησιμοποιούνται και για τη μέτρηση της γΑΠ από τα οικοδομικά υλικά.

Π1.6.2.2.Οργανολογία

Οι εξωτερικές μετρήσεις ρυθμού δόσης γΑΠ διεξήχθησαν με τη χρήση δύο φορητών μετρητών: (i) ενός βαθμολογημένου ανιχνευτή Geiger-Müller, (ii) ενός φορητού ανιχνευτή σπινθηρισμού NaI 76,2 mm x 76,2 mm με ενεργοποιητή Θαλλίου (Μοντέλο 802, Canberra Industries) εξοπλισμένου με ένα πολυκαναλικό αναλυτή, φασματόμετρο (NaI Inspector, Canberra Industries) και κατάλληλο λογισμικό (Genie PC, Canberra Industries)

Ο ανιχνευτής Geiger-Müller έχει βαθμονομηθεί κατά την αγορά, για τη μέτρηση του ρυθμού δόσης γΑΠ. Ο ανιχνευτής σπινθηρισμού NaI είναι ερμητικά

κλεισμένος σε μία ενιαία μονάδα με έναν φωτοπολλαπλασιαστή, ένα τροφοδοτικό υψηλής τάσης και προενισχυτή σήματος. Το περίβλημα του ανιχνευτή είναι θερμομονωμένο και στεγάζεται σε ένα κύλινδρο από αλουμίνιο με κατάλληλους απορροφητές βήτα για την πλήρη απορρόφηση όλων των σωματιδίων βήτα που μπορεί να εισέλθουν δια μέσω του περιβλήματος του ανιχνευτή. Για τον αυτόματο έλεγχο από το κέρδος μεταθέσεως που προκαλείται από τις επιδράσεις της θερμοκρασίας και της γήρανσης του συστήματος, χρησιμοποιήθηκε μία ισοτοπική πηγή αναφοράς ^{137}Cs με μία αρχική δραστηριότητα ίση με 37 kBq . Μετά την έκθεση, το φάσμα των ακτίνων γάμμα υποβλήθηκε σε επεξεργασία με το λογισμικό Genie PC2000. Το κέρδος του συστήματος μετέπειτα ρυθμίστηκε αναλόγως. Η βαθμονόμηση της ενέργειας έγινε σε εξειδικευμένο εργαστήριο, χρησιμοποιώντας τυπικές πηγές ^{22}Na , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{109}Cd , και ^{137}Cs .

Π1.6.2.3.Υλικά και μέθοδος

Π1.6.2.3.1.Οργανολογία και μεθοδολογία μετρήσεων

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στη Λέσβο και στη Ζάκυνθο. Επισημαίνεται ότι σήμερα πραγματοποιούνται διάσπαρτες μετρήσεις που ξεκίνησαν ήδη από την ημέρα προμήθειας του μετρητή Geiger-Müller. Οι εν λόγω μετρήσεις τελούν υπό εξέλιξη και δεν περιλαμβάνονται στο παρόν εδάφιο.

Στη Λέσβο οι μετρήσεις γΑΠ πραγματοποιήθηκαν στο εξωτερικό πεδίο. Για το σκοπό αυτό, το νησί χωρίστηκε σε κάναβο $4 \text{ km}^2 \times 4 \text{ km}^2$ με χρήση του κατάλληλου συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) και το λογισμικό χαρτογράφηση ArcView. Μέσα σε κάθε κάναβο επιλέχθηκαν αυθαίρετα τρεις θέσεις μέτρησης. Κάθε μία από αυτές τις θέσεις θεωρήθηκε ότι είναι το κέντρο ενός τριγώνου 10 m. Σε καθεμία από τις τρεις κορυφές αυτού του τριγώνου, διεξήχθη μία μέτρηση της συνολικής γΑΠ με τον ανιχνευτή Geiger-Müller τοποθετημένο σε ύψος 70 cm και με το παράθυρο προς το έδαφος. Η μέτρηση αυτή θεωρήθηκε ότι είναι η μέση τιμή που έχει καταγραφεί από τον ανιχνευτή μέσα σε 5 λεπτά. Αυτός ο τρόπος επιλέχθηκε αντισταθμίζοντας την ευκολία στη μέτρηση και την ακρίβεια. Θεωρείται ότι παρέχονται έτσι τιμές ρυθμού δόσης εντός $\pm 15\%$. Οι κορυφές τριγώνου ευρισκόταν επί τόπου μέσω πλοήγησης GIS (GPS MAGELLAN 320tm). Ο μέσος όρος των μετρήσεων που διεξάγονται σε κάθε τρίγωνο θεωρήθηκε ότι αντιστοιχεί στο ρυθμό δόσης γΑΠ σε κάθε θέση μέτρησης. Τα δεδομένα του συνόλου των θέσεων μέτρησης υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με άλλο λογισμικό GIS (ArcMap, MAGELLAN) και το πρόγραμμα

χαρτογράφησης OziExplorer (MAGELLAN), έτσι ώστε να παραχθεί χάρτης γΑΠ στη Λέσβο.

Οι μετρήσεις στη Ζάκυνθο πραγματοποιήθηκαν σε εσωτερικούς χώρους με φορητό ανιχνευτή Geiger-Mueller (GM) και ακολουθήθηκε το πρωτόκολλο που φαίνεται στο **Σχήμα 1**. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν έξι μετρήσεις σε διάφορες θέσεις εντός του επιλεγμένου εσωτερικού χώρου και δύο μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο σύμφωνα με την ακόλουθη ορολογία:

Θέση 1: 1m από το έδαφος με τον ανιχνευτή να ακουμπά τον τοίχο

Θέση 2: 1m από το έδαφος και 1m από τον τοίχο με τον ανιχνευτή προς τον
τοίχο

Θέση 3: 1m από το έδαφος και 1m από τον τοίχο με τον ανιχνευτή προς το
ταβάνι

Θέση 4: 1m από το έδαφος και 1m από τον τοίχο με τον ανιχνευτή προς το
δάπεδο

Θέση 5: 2m από το έδαφος και 1m από τον τοίχο με τον ανιχνευτή προς το
ταβάνι

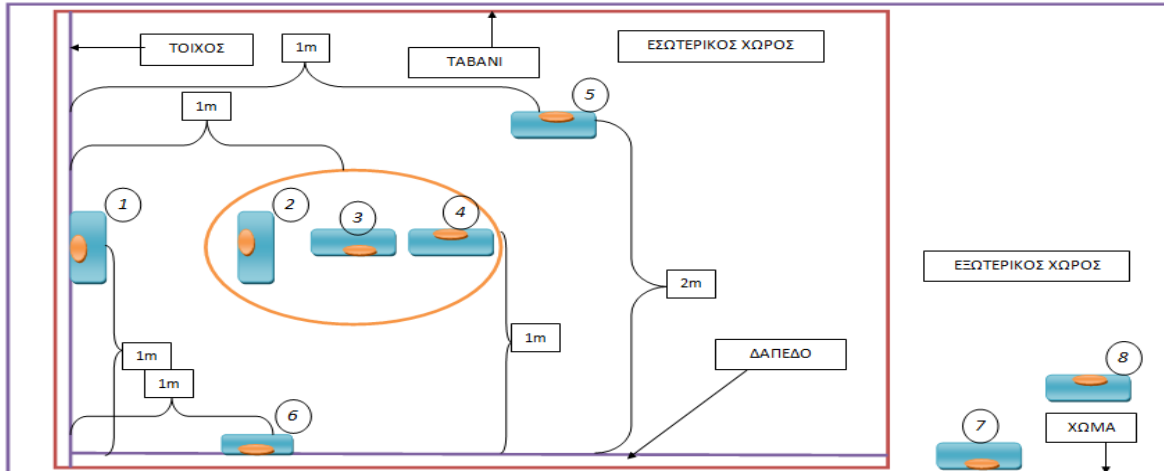
Θέση 6: 1m από τον τοίχο με τον ανιχνευτή να ακουμπά το δάπεδο

Θέση 7: Χώμα εξωτερικού χώρου

Θέση 8: Εξωτερικός αέρας.

Η διάρκεια μίας μέτρησης ήταν 10 min . Σε κάθε θέση, η μέτρηση επαναλήφθηκε εις τριπλούν και η τελική καταγραφείσα μέτρηση για τη συγκεκριμένη θέση ήταν ο μέσος όρος αυτών των τριών τιμών.

Στην Αττική και τη Λέσβο πραγματοποιήθηκαν επίσης μετρήσεις γΑΠ χωμάτων με την τεχνική της γ-φασματοσκοπικής αναλύσεως με μετρητή NaI. Ο μετρητής NaI που χρησιμοποιήθηκε έφερε κυλινδρικό δοχείο με θωράκιση μολύβδου μερικών εκατοστών πάχους. Η θωράκιση χρησίμευσε για τη μείωση της συνεισφοράς ακτίνων γάμμα από τις κοσμικές ακτίνες και τον περιβάλλοντα χώρο. Λειτουργήσε επίσης, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η απόδοση ανίχνευσης κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Με βάση τις ιδιότητες της γάμμα εξασθένησης του μολύβδου, η θωράκιση εξαλείφει περίπου 70% της συνολικής περιβαλλοντικής συνεισφοράς. Για τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκαν τα επιλεγόμενα Marinelli Beakers (MB) διαστάσεων επιφανείας 20 cm x20 cm. Γενικά τα MB χρησιμοποιούνται για τον αεροστεγή εγκλεισμό χώματος προς μέτρηση. Τα δοχεία MB ετίθεντο σε άμεση επαφή με την κεφαλή του ανιχνευτή NaI. Πριν, χώμα ληφθέν από διάφορες τοποθεσίες, λειοτριβήθηκε, ομογενοποιήθηκε και τοποθετήθηκε μέσα σε κάθε MB.



Σχήμα 1: Σημεία μέτρησης γΑΠ σε εσωτερικούς χώρους της Ζακύνθου.

Π1.6.2.3.2. Μεθοδολογία υπολογισμών

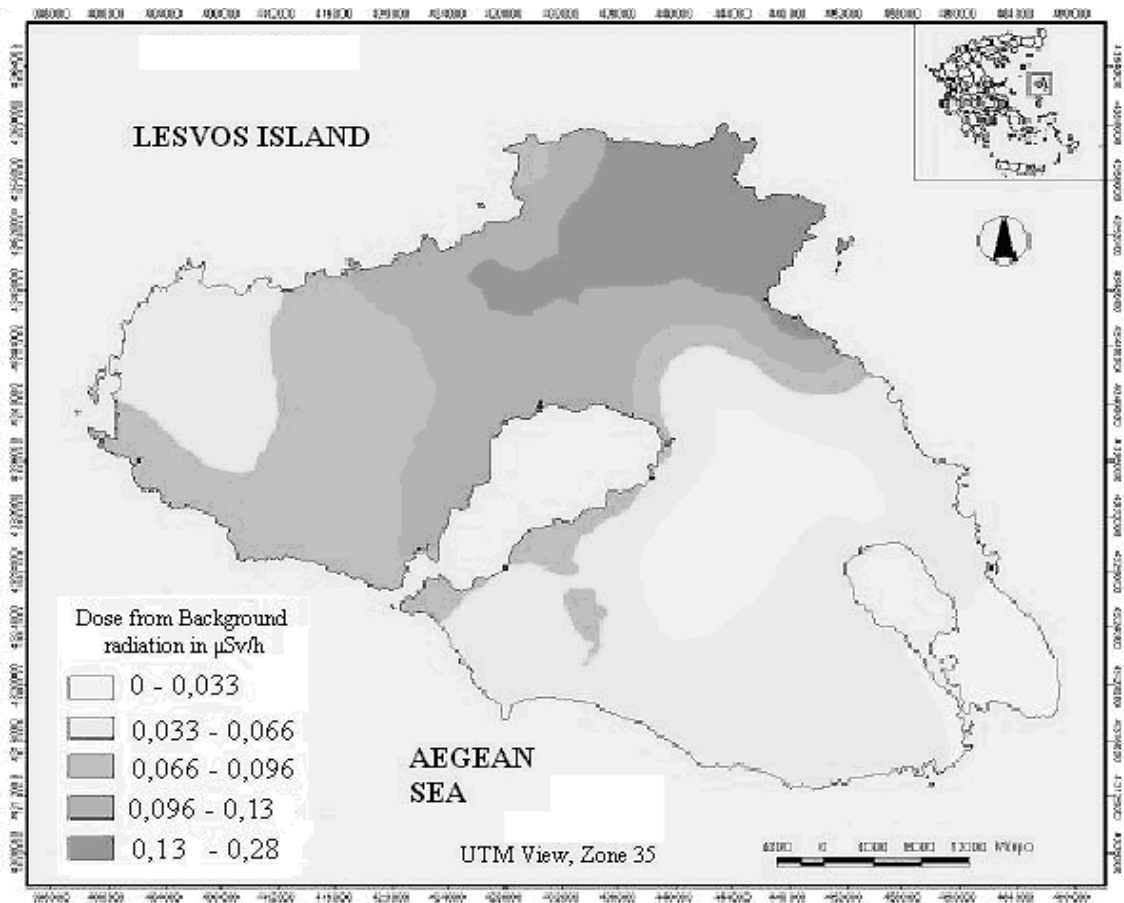
Οι μετρήσεις γΑΠ με τον ανιχνευτή Geiger-Müller χρησιμοποιήθηκαν αυτούσιες. Ειδικά για τη νήσο Ζάκυνθο και προκειμένου για την εκτίμηση της συνεισφοράς των οικοδομικών υλικών, οι μετρήσεις του **Σχήματος 1** επαναοργανώθηκαν ως διαφορετικές τιμές συγκριτικά με τη μέση τιμή του κέντρου του δωματίου (μ.ο μετρήσεων 3,4 και 5). Οι ευρεθείσες διαφορές οφείλονται στα οικοδομικά υλικά του τοίχου ή του δαπέδου. Για την εύρεση στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των διάφορων θέσεων του μετρητή GM καθώς και για τη μελέτη της εξάρτησης της γΑΠ από το υλικό (δαπέδου ή τοίχου) και τον όροφο του εσωτερικού χώρου πραγματοποιήθηκαν paired ή independent t-tests αλλά και τα αντίστοιχα μη παραμετρικά Wilcoxon και Mann-Whitney tests όπου ήταν αναγκαίο. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας τέθηκε ίσο με 95%.

Οι μετρήσεις γΑΠ από τη χρήση του ανιχνευτή NaI χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της εξωτερικής δόσης γΑΠ που οφείλεται στα φυσικά ραδιονουκλίδια ^{238}U , ^{232}Th και ^{40}K . Για το σκοπό αυτό, ελήφθησαν τα φάσματα γάμμα που προήλθαν από τον ανιχνευτή NaI όταν κάθε δείγμα ήταν τοποθετημένο ακριβώς πάνω στην κορυφή της επιφάνειας αυτής. Για την αφαίρεση του υποστρώματος, ελήφθησαν μετρήσεις υποστρώματος. Οι μετρήσεις διορθώθηκαν χρησιμοποιώντας το λογισμικό Genie PC2000. Ένας χρόνος συλλογής των 15 λεπτών επιλέχθηκε για τις μετρήσεις σε αντιστάθμιση για την ακρίβεια και την ταχύτητα.

Οι εξωτερικοί ρυθμοί δόσης γάμμα από κάθε ραδιονουκλίδιο (^{238}U , ^{232}Th και ^{40}K) προσδιορίστηκαν από τα φάσματα των ακτίνων γάμμα που συλλέχθηκαν. Χρησιμοποιήθηκαν τρία παράθυρα ενέργειας (photopeaks). Το ^{238}U προσδιορίστηκε από την φωτοκορυφή του ^{214}Bi (0,609 keV) και το ^{232}Th από την φωτοκορυφή του ^{208}Tl (583 keV). Η βασική φωτοκορυφή του ^{40}K (1.46 MeV) μετρήθηκε άμεσα. Το παράθυρο του φάσματος ακτίνων γάμμα ορίστηκε μεταξύ 0,12 και 3,00 MeV.

Π1.6.2.5.Αποτελέσματα

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τα αποτελέσματα γΑΠ για τη Ζάκυνθο όπου χρησιμοποιήθηκε το πρωτόκολλο των μετρήσεων του **Σχήματος 1**. Το **Σχήμα 2** παρουσιάζει τις μετρήσεις γΑΠ με τον ανιχνευτή Geiger- Müller στη Λέσβο.



Σχήμα 2: Μετρήσεις γΑΠ στη Λέσβο με τον ανιχνευτή Geiger- Müller.

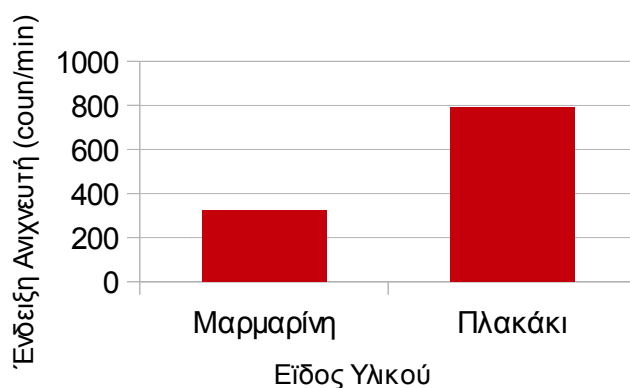
Πίνακας 1.Μετρήσεις γΑΠ στη Ζάκυνθο με βάση τα πρωτόκολλα του σχήματος

1.

A/A	Αριθμός Πρωτοκόλλου	Αριθμός Σ.Α.Κ.Ι	1	2	3	4	5	6	7	8	Υλικό Οροφής	Υλικό Δαπέδου	Υλικό Τοιχοποιίας	Όροφος
1	Z4KEF	4	342	376	425	386	394	767	517	356	ΜΠΕΤΟΝ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΙΣΟΓΕΙΟ
2	Z5PET	5	1065	334	372	348	350	322	408	391	ΜΠΕΤΟΝ	ΜΑΡΜΑΡΙΝΗ	ΤΟΥΒΛΟ(ΕΞ.ΠΛΑΚΑΚΙ)	ΠΡΩΤΟΣ
3	Z6DAN	6	275	311	348	342	403	321	362	320	ΞΥΛΟ	ΞΥΛΟ	ΤΟΥΒΛΟ	ΙΣΟΓΕΙΟ
4	Z7MPO	7	359	386	462	376	426	635	517	356	ΜΠΕΤΟΝ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΙΣΟΓΕΙΟ
5	Z8MPO	8	356	401	452	365	433	658	517	356	ΜΠΕΤΟΝ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΠΡΩΤΟΣ
6	Z9MIX	9	283	320	421	371	350	964	394	337	ΜΠΕΤΟΝ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΠΡΩΤΟΣ
7	Z11ATH	11	282	277	295	311	313	287		351	ΜΠΕΤΟΝ	ΜΑΡΜΑΡΙΝΗ	ΤΟΥΒΛΟ	ΠΡΩΤΟΣ
8	Z12TZO	12	368	355	488	383	443	1029	340	352	ΜΠΕΤΟΝ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΤΡΙΤΟΣ
9	Z13PAN	13	367	351	411	389	352	780		377	ΜΠΕΤΟΝ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΔΕΥΤΕΡΟΣ
10	Z14TZA	14	378	357	487	397	379	941	515	349	ΞΥΛΟ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΔΕΥΤΕΡΟΣ
11	Z15TSA	15	328	344	520	401	360	848	416	379	ΞΥΛΟ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΔΕΥΤΕΡΟΣ
12	Z16HAR	16	381	340	419	380	371	931	454	314	ΜΠΕΤΟΝ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΠΡΩΤΟΣ
13	Z17STR	17	312	297	309	352	442	347	391	367	ΞΥΛΙΝΟ ΠΑΝΕΛ	ΜΩΣΑΪΚΟ	ΤΟΥΒΛΟ	ΙΣΟΓΕΙΟ
14	Z18STR	18	353	291	347	368	425	365	546	317	ΜΠΕΤΟΝ	ΜΑΡΜΑΡΟ	ΤΟΥΒΛΟ	ΠΡΩΤΟΣ
15	Z19KOY	19	363	359	451	415	450	705	490	349	ΨΕΥΔΟΡΟΦΗ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΠΡΩΤΟΣ
16	Z21PROK	21	248	266	304	343	308	344	529	282	ΜΕΤΑΛΛΟ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	ΜΕΤΑΛΛΟ	ΙΣΟΓΕΙΟ
17	ZXΣ16	ΧΣ	298	291	323	384	364	327	412	365	ΜΠΕΤΟΝ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΙΣΟΓΕΙΟ
18	ZXΣΦΥΛ	ΧΣ	371	348	343	338	338	718	490	349	ΜΠΕΤΟΝ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΙΣΟΓΕΙΟ
19	ZXΣΒΑΙ	ΧΣ	293	312	344	353	356	324		331	ΜΠΕΤΟΝ	ΜΑΡΜΑΡΙΝΗ	ΤΟΥΒΛΟ	ΠΡΩΤΟΣ
20	ΗΧΣΑΔΑ	ΧΣ	322	300	314	374	357	337	343	356	ΜΠΕΤΟΝ	ΜΑΡΜΑΡΙΝΗ	ΤΟΥΒΛΟ	ΠΡΩΤΟΣ
21	ΗΧΣΤΖΟ	ΧΣ	354	333	395	405	395	448	361	342	ΜΠΕΤΟΝ	ΤΣΙΜΕΝΤΟ	ΤΣΙΜΕΝΤΟΛΙΘΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ
22	ΗΧΣΚΤΕΛ	ΧΣ	294	287	424	309	306	706	345	298	ΓΥΦΟΣΑΝΙΔΑ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΙΣΟΓΕΙΟ
23	ZXΣΚΟΑ1	ΧΣ	305	284	410	316		808	492	300	ΜΠΕΤΟΝ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΠΡΩΤΟΣ
24	ZXΣΚΟΑ2	ΧΣ	304	322	433	403		896	492	300	ΜΠΕΤΟΝ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΔΕΥΤΕΡΟΣ
25	ZXΣΚΟΑ3	ΧΣ	201	222	351	290		874	492	300	ΜΠΕΤΟΝ	ΠΛΑΚΑΚΙ	ΤΟΥΒΛΟ	ΥΠΟΓΕΙΟ

Τόσο από τον Πίνακα 1 όσο και από το Σχήμα 2 παρατηρούνται έντονες διακυμάνσεις τιμών. Είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον να αναφερθεί ότι στην περίπτωση της Λέσβου και ειδικότερα στο κεντρικό τμήμα της νήσου παρουσιάστηκαν ιδιαίτερα αυξημένες τιμές του ρυθμού έκθεσης στην γΑΠ. Αυτό έχει πολύ ιδιαίτερη επίδραση και στους εσωτερικούς χώρους των περιοχών αυτών, διότι (α) οι υψηλοί ρυθμοί έκθεσης συνεπάγονται και υψηλούς ρυθμούς έκθεσης στη γΑΠ εσωτερικών χώρων και διότι (β) τα τοπικά οικοδομικά προέρχονται από έδαφος αυξημένων επιπέδων φυσικής ραδιενέργειας. Στην περίπτωση των μετρήσεων γΑΠ στη Ζάκυνθο παρατηρήθηκε συστηματικότητα στις καταγραφές σε επαφή με το δάπεδο του εσωτερικού χώρου και σε επαφή με το χώμα του εγγύς εξωτερικού

χώρου. Η θέση της μέτρησης γΑΠ εντός του εσωτερικού χώρου, δεν είχε επίδραση αφού οι σχετικές μετρήσεις δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Η διαφορά των καταγραφών ανάμεσα στη θέση 6 και τις λοιπές δίνει μια εκτίμηση της αθροιστικής συνεισφοράς του οικοδομικού υλικού του δαπέδου και του υποκείμενου εδάφους. Η διαφορά των ενδείξεων μεταξύ των θέσεων 6 και 7 παρέχει μία εκτίμηση της αποκλειστικής συνεισφοράς του οικοδομικού υλικού του δαπέδου. Τα πειραματικά δεδομένα έδειξαν ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική υψηλότερη εκπομπή γΑΠ από το υλικό του δαπέδου σε σχέση με το χώμα ανεξάρτητα από τον όροφο του εσωτερικού χώρου. Η εξέταση των παρατηρούμενων μέσων τιμών των εκπομπών γΑΠ από δάπεδα διαφορετικών υλικών, έδειξε ότι το υλικό που κυρίως συντείνει σε αυτό το αποτέλεσμα είναι το πλακάκι. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω **Σχήμα 3** παρατηρήθηκε μια αρκετά μεγάλη στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις μέσες εκπομπές γΑΠ για δάπεδα στρωμένα με μαρμαρίνο υλικό ή με πλακάκι.



Σχήμα 3: Εξάρτηση εκπομπής γΑΠ από το υλικό του δαπέδου (Μέσες τιμές ανιχνευτή GM σε μετρήσεις στη θέση 6 του Σχήματος 1)

Ο χάρτης του **Σχήματος 2** παρήχθη από ένα σύνολο 355 σημείων δεδομένων. Όπως μπορεί να φανεί από αυτό το σχήμα, οι μετρούμενοι ρυθμοί δόσης γΑΠ κυμαίνονταν μεταξύ $0,0023 \mu Sv h^{-1}$ και $0.28 \mu Sv h^{-1}$. Αυτές οι μετρηθείσες τιμές βρίσκονται επίσης εντός της διεθνούς βιβλιογραφίας. Ωστόσο, ένας περιορισμένος αριθμός μετρήσεων βρίσκονται στην ακραία περιοχή αυτής διεθνώς αποδεκτής περιοχής τιμών. Όπως αναφέρθηκε, τα υψηλότερα ποσοστά δόσης ($0.013 \mu Sv h^{-1}$ - $0.28 \mu Sv h^{-1}$) ανιχνεύθηκαν στο τμήμα βορειοανατολικά του νησιού, ενώ τα ενδιάμεσα ($0.066 \mu Sv h^{-1}$ - $0,13 \mu Sv h^{-1}$), στην κεντρική περιοχή βόρεια και βορειοδυτικά του κόλπου της Καλλονής. Σε αυτές τις περιοχές οι κύριοι τύποι των πετρωμάτων είναι ηφαιστειακής προέλευσης, π.χ. Σχηματισμοί τύπου Συκαμινέας και Σκουτάρου και ιδιαίτερα τα πυροκλαστικά υλικά του Πολυχνίτου, οι ριόλιθοι της Κάπης και οι πυροκλαστικοί σχηματισμό του Σκουτάρου. Θα πρέπει να σημειωθεί όμως, ότι ο ανιχνευτής Geiger-Müller δεν μπορούσε να διακρίνει τις ακτίνες γάμμα σε σχέση με την ενέργειά τους. Κατά συνέπεια, τα αναφερόμενα δεδομένα που συλλέγονται με τον ανιχνευτή Geiger-Müller αντιστοιχούν στους ρυθμούς δόσης λόγω της συνολικής γΑΠ και όχι μόνο αυτής επίγειας προέλευσης. Ωστόσο, δεδομένου ότι ο προσανατολισμός του Geiger-Müller προς το έδαφος ενισχύει την ανίχνευση γΑΠ τέτοιας προέλευσης και για αυτό τα στοιχεία αυτά ερμηνεύθηκαν ως κάποια ένδειξη για τη γεωλογία του υποκείμενου έδαφους.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων γΑΠ λόγω των φυσικών ραδιονουκλιδίων ^{238}U , ^{232}Th και ^{40}K παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Οι θέσεις διεσπάρθηκαν κυρίως στο βορειοανατολικό και το κεντρικό τμήμα του νησιού, όπου εντοπίστηκαν οι υψηλότεροι ρυθμοί δόσης. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον **Πίνακα 2**, τα ποσοστά εξωτερικής δόσης γΑΠ οφείλονται σε όλα τα φυσικά ραδιονουκλίδια δηλαδή ^{238}U , ^{232}Th και ^{40}K και ποικίλλουν μεταξύ των διαφόρων τοποθεσιών. Οι μετρούμενες τιμές που οφείλεται σε όλα τα ραδιονουκλίδια (^{238}U , ^{232}Th και ^{40}K) κυμάνθηκαν μεταξύ $(1,7 \pm 0,8) \text{ nGy h}^{-1}$ και $(154 \pm 7) \text{ nGy h}^{-1}$ με μέσο όρο $(86 \pm 6) \text{ nGy h}^{-1}$.

Οι εξωτερικοί ρυθμοί δόσης γΑΠ λόγω ^{238}U κυμάνθηκαν από $(0,30 \pm 0,25) \text{ nGy h}^{-1}$ έως $(26 \pm 3) \text{ nGy h}^{-1}$ με μέσο όρο $(10 \pm 2) \text{ nGy h}^{-1}$. Τα αντίστοιχα ποσοστά, λόγω του ^{232}Th ήταν μεταξύ $(1,1 \pm 0,7) \text{ nGy h}^{-1}$ και $(91 \pm 3) \text{ nGy h}^{-1}$ με μέσο όρο $(50 \pm 5) \text{ nGy h}^{-1}$, ενώ οι ρυθμοί δόσης που οφείλονται στο ^{40}K κυμάνθηκαν από $(0,30 \pm 0,16) \text{ nGy h}^{-1}$ έως $(42 \pm 2) \text{ nGy h}^{-1}$ με μέσο όρο $(25 \pm 8) \text{ nGy h}^{-1}$. Όλες οι παραπάνω τιμές είναι εντός της διεθνούς βιβλιογραφίας. Η μέση συνεισφορά καθενός από τα εξετασθέντα ραδιονουκλίδια (^{238}U , ^{232}Th και ^{40}K) στο συνολικό ρυθμό δόσης γΑΠ βρέθηκε ίση με $(12 \pm 4)\%$, για το ^{238}U , $(58 \pm 6) \%$ για το ^{232}Th και $(29 \pm 7) \%$ για το ^{40}K αντίστοιχα. Η συμβολή του ^{40}K είναι συγκρίσιμη με το μέσο όρο της αντίστοιχης συνεισφοράς για την Ελλάδα. Ωστόσο, η συμβολή του ^{232}Th είναι περίπου 4 έως 5 φορές υψηλότερη. Αυτό αποδίδεται στα πυριγενή πετρώματα.

Οι αναφερόμενες εκτιμήσεις ρυθμού δόσης υποβάλλονται σε διακυμάνσεις που σχετίζονται με τα υλικά και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται. Από τη μία πλευρά, οι μετρήσεις γάμμα φασματομετρίας σε επαφή με το έδαφος περιορίζονται σε ένα μικρό όγκο του εδάφους ή βράχου, και, ως εκ τούτου, οι αναφερόμενες τιμές ρυθμού δόσης μπορεί να έχουν υπερ- ή υποεκτιμηθεί. Από την άλλη πλευρά, οι εξωτερικοί ρυθμοί δόσης γΑΠ εξαρτώνται από την υγρασία του εδάφους και, κατά συνέπεια, από το κλίμα. Ωστόσο, το κλίμα στη Λέσβο κατά τη διάρκεια των αναφερόμενων χρονικών διαστημάτων μέτρησης δεν παρουσίασε έντονες διακυμάνσεις. Ως εκ τούτου, οποιαδήποτε πιθανή επιρροή ήταν, περισσότερο ή λιγότερο, παρόμοια.

Πίνακας 2.Μετρήσεις γΑΠ στη Λέσβο με βάση το μετρητή NaI.

Ρυθμός έκθεσης γαΥ (μGy h ⁻¹)					Τύπος πετρώματος	Δόση λόγω της έκθεσης στη γ-αΥ (μGy h ⁻¹)	
a/a	Θέση	Σύνολο (x 10 ⁻³)	²³⁸ U (x 10 ⁻³)	²³² Th (x 10 ⁻³)			⁴⁰ K (x 10 ⁻³)
1	Κακοπετριά	1.7±0.8	0.30±0.25	1.1±0.7	0.30±0.16	Post Miocene sediments	0 - 33
2	Κυθωμιές	99±6	11±2	57±5	32±2	Polychnitos & Skopelos Ignimbrites	66 - 96
3	Πεδή	124±6	13±3	74±6	37±2	Polychnitos & Skopelos Ignimbrites	130 - 280
4	Συκαμινέα	96±6	8±2	62±5	27±2	Sykaminea formation	130 - 280
5	Κάπη	70±5	10±2	41±4	19±1	Sykaminea formation	96 - 130
6	Πελόπη-A	75±5	3±1	42±4	30±2	Sykaminea formation	130 - 280
7	Πελόπη-B	114±6	14±2	65±5	34±2	Sykaminea formation	130 - 280
8	Στύψη-A	33±3	4±1	20±3	9.0±0.9	Sykaminea formation	130 - 280
9	Στύψη-B	154±7	26±3	91±6	37±2	Sykaminea formation	130 - 280
10	Υψηλομέτωπο	90±6	10±2	56±5	24±2	Sykaminea formation	130 - 280
11	Πεσοφάς-A	58±4	9±2	32±4	17±1	Post Miocene sediments	96 - 130
12	Πεσοφάς-B	113±6	19±3	64±5	30±2	Kapi rhyolite formation	130 - 280
13	Πέτρα	48±4	8±2	21±3	19±1	Skoutaros formation	96 - 130
14	Άναξος	50±4	9±2	26±3	15±1	Skoutaros formation	96 - 130
15	Σκουτάρος	106±6	19±3	63±5	24±1	Skalohorion formation	130 - 280
16	Δάφια-Φλία	77±5	11±2	45±4	22±1	Skalohorion formation	96 - 130
17	Σκαλοχώρι	93±6	12±2	59±5	23±1	Skalohorion formation	96 - 130
18	Φλία	65±5	7±2	39±4	20±1	Skalohorion formation	66 - 96
19	Κλειώ	100±6	10±2	64±5	26±2	Sykaminea formation	130 - 280
20	Λεπέτυμος	138±7	14±2	82±6	42±2	Sykaminea formation	130 - 280
21	Μόλυβος	58±5	9±2	41±4	7.9±0.8	Skoutaros formation	66 - 96
22	Βαφειός	55±4	8±2	30±4	18±1	Undivided lower lavas	66 - 96
23	Εφθαλού	75±4	8±2	34±4	35±2	Undivided lower lavas	66 - 96
24	Ορατό ρήγμα	105±5	13±2	52±5	40±2	Undivided lower lavas	130 - 280
25	Σκάλα Συκαμιάς-A	111±6	8±2	70±6	33±2	Undivided lower lavas	130 - 280
26	Σκάλα Συκαμιάς-B	126±6	10±2	82±6	34±2	Sykaminea formation	130 - 280
MO:		86±6	10±2	50±5	25±8		

Όπως συνάγεται από τα άνωθι εκτεθέντα στοιχεία, η πραγματοποίηση της ολότητας του ερευνητικού έργου στο εκτεθέν εδάφιο βασίστηκε στην *Εφαρμοσμένη Φυσική Ακτινοβολιών με βασική συνιστώσα του έργου τα αποτελέσματα αυτών των ακτινοβολιών στον Άνθρωπο.*

Π1.2.ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Π1.2.1.Περίγραμμα

Το ερευνητικό έργο του παρόντος εδαφίου περιλαμβάνει εργασία στα πεδία των Αερίων Ρύπων, των Τεχνητών Αερίων Ρύπων, της Ποιότητας Αέρα και γενικότερα της Επιστήμης του Περιβάλλοντος. Έμφαση δίνεται στους Εσωτερικούς Χώρους διότι εκεί ο Άνθρωπος περνά περίπου το 80% του χρόνου του. Η έρευνα επικεντρώνεται στην εκτίμηση του κινδύνου από την έκθεση του ανθρώπου σε Περιβαλλοντικούς ρυπογόνους παράγοντες. Εξαιρούνται οι Φυσικοί Αέριοι Ρύποι (Ραδόνιο και Θυγατρικά παράγωγα) οι οποίοι παρουσιάστηκαν στο εδάφιο **Π1.1**.

Το ερευνητικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα εξής: C, CO, CO₂, O₃, πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), As, Αιωρούμενα Σωματίδια (PM₁, PM₄ και PM₁₀). Μέχρι σήμερα έχουν δημοσιευθεί εργασίες σχετικές με τα ίχνη χάους σε PM₁₀ σε μετρήσεις O₃, σε εκτιμήσεις της επιβάρυνσης του Ανθρώπου από τις πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), το As και τις ελευθερες ρίζες στο Περιβάλλον. Επίσης έχει δημοσιευθεί εργασία σχετική με το το βιο-ντίζελ το οποίο αφενός μεν σχετίζεται με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, αφετέρου δε με τους ρύπους C, CO και CO₂.

Το παρόν ερευνητικό αντικείμενο είναι σε ανάπτυξη. Αναμένεται να εξελιχθεί σημαντικά στο μέλλον με χρήση οργανολογίας. Μέχρι σήμερα, το έργο έχει εκτελεσθεί σε συνεργασία με το

(I) ΤΕΙ Ιονίων Νήσων

και το

(II) ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος

Σημαντικό τμήμα του έργου έχει χρηματοδοτηθεί στα πλαίσια της Πράξης ΘΑΛΗΣ μεταξύ 2013 και 2016.

Παρακάτω αναλύονται το ερευνητικό έργο σε σχετική έκταση.

Π1.2.1.2.Περιγραφή

Οι Αέριοι Ρύποι διακρίνονται σε οργανικούς, ανόργανους και κλασσικούς Αέριους Ρύπους. Γνωστοί Αέριοι Ρύποι είναι οι πτητικές οργανικές ενώσεις, όλα τα προϊόντα καύσης, ο καπνός του τσιγάρου, τα οξειδία του θείου (SOx), αζώτου (NOx) και άνθρακα (COx), το όζον (O₃) ο αμίαντος, το As, οι ελεύθερες ρίζες και τα αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter-PM). Η βασική επίπτωση από την έκθεση του ανθρώπου στους Αέριους Ρύπους είναι η αύξηση της πιθανότητας πρόκλησης καρκίνου και γενετικών βλαβών. Επιπτώσεις εμφανίζονται επίσης και από τις οικοτοξικές διαταραχές στην τροφική αλυσίδα και το Περιβάλλον λόγω των Αερίων Ρύπων και των Ρύπων γεικότερα. Λόγω των σημαντικών τους επιπτώσεων, συνίσταται η μελέτη της διακίνησης των Αερίων Ρύπων τόσο με πειραματικές διαδικασίες όσο και με προσομοιώσεις.

Είναι γενικά παραδεκτό ότι η καθαρότητα του εισπνεόμενου αέρα αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση για την ανθρώπινη υγεία και την αειφόρο ανάπτυξη.

Παρά την εισαγωγή πράσινων τεχνολογιών, φιλικών προς το περιβάλλον, στη βιομηχανία, τις μεταφορές και την παραγωγή ενέργειας, η μόλυνση της ατμόσφαιρας παραμένει μείζον πρόβλημα για τη δημόσια υγεία. Πολλαπλές επιδημιολογικές μελέτες έχουν αποδείξει, και αυτό μόνο για την Ευρώπη, ότι εκατοντάδες χιλιάδες πρόωροι θάνατοι σημειώνονται σε ετήσια βάση λόγω της μόλυνσης της ατμόσφαιρας. Η διάσταση του προβλήματος έχει κινητοποιήσει τη διεθνή επιστημονική κοινότητα και τους πολιτικούς φορείς των ανεπτυγμένων χωρών ώστε να καταστεί εφικτή η θέσπιση κανόνων για τη μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας.

Σήμερα (2017) έχει γίνει αποδεκτό ότι η μόλυνση της ατμόσφαιρας αποτελεί μία μόνο παράμετρο του γενικότερου προβλήματος της Ποιότητας του εισπνεόμενου Αέρα και των επιπτώσεων αυτής στον άνθρωπο. Διάφοροι ερευνητές και διεθνείς οργανισμοί ασχολούνται με την Ποιότητα Αέρα. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στους Εσωτερικούς Χώρους, διότι εκεί ο άνθρωπος περνά έως και 80% του χρόνου του. Στους Εσωτερικούς Χώρους ο άνθρωπος εκτίθεται σε ποικιλία αερίων ρύπων που συχνά ανιχνεύονται σε υψηλές συγκεντρώσεις συγκριτικά με τις αντίστοιχες του ατμοσφαιρικού αέρα. Οι σχετικές μελέτες Ποιότητα Αέρα και Ποιότητας Αέρας Εσωτερικών Χώρων επιχειρούν την αξιολόγηση με βάση τη διακίνηση και συγκέντρωση αερίων ρύπων και αερίων ρύπων Εσωτερικών Χώρων συνδυαστικά με παράγοντες, όπως είναι οι περιβαλλοντικοί (πίεση, υγρασία, θερμοκρασία), τα προσθετικά, συνεργιστικά και ανταγωνιστικά αποτελέσματα μεταξύ διαφόρων αερίων ρύπων, οι οικοτοξικές συνέπειες, οι

τεχνικές οικοδόμησης, η ελάττωση της ανανέωσης του αέρα Εσωτερικών Χώρων με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας κ.α. Αξιοσημείωτα είναι επίσης τα αποτελέσματα των ερευνών αναφορικά με τα επιθετικά αποτελέσματα στην υγεία (adverse health effects) τα οποία εμφανίζονται ακόμη και για χαμηλά επίπεδα αερίων ρύπων όπως αυτά που συνήθως συναντώνται στους τόπους και χώρους διαβίωσης του ανθρώπου.

Είναι επίσης σαφώς διαπιστωμένο ότι η έκθεση σε Τεχνητούς Αέριους Ρύπους, ακόμη και σε επίπεδα που συνήθως ανιχνεύονται σε χώρους διαβίωσης ανθρώπων, αποτελούν αιτία πρόκλησης καρκίνου ή ακόμη και γενετικών βλαβών και, όπως αναφέρθηκε, αποτελούν αιτία πρόωρων θανάτων καθώς και επιθετικών αποτελεσμάτων στην υγεία.

Πρώτο στάδιο στην εκτίμηση των αποτελεσμάτων στην υγεία είναι οι μετρήσεις καταλλήλων μεγεθών (πχ. συγκεντρώσεις, πυκνότητα ενέργειας κλπ.) τόσο στον αέρα όσο και σε Εσωτερικών Χώρων. Οι μετρήσεις μπορούν να γίνονται πιλοτικά ή με μορφή επισκόπησης. Οι πιλοτικές μετρήσεις επαναλαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα για τον έλεγχο της επαναληψιμότητας και την ανίχνευση πιθανών εποχιακών διακυμάνσεων και μπορούν να περιλαμβάνουν και ενεργητικές μετρήσεις διαρκούς παρακολούθησης. Οι τελευταίες, όπως και οι μετρήσεις επισκόπησης, είναι πολύ υψηλού κόστους και απαιτούν την ύπαρξη εξειδικευμένου, και πολλές φορές, μόνιμα εγκατεστημένου εξοπλισμού. Σε δεύτερο στάδιο γίνεται η εκτίμηση του κινδύνου από την έκθεση σε Τεχνητούς

Αέριους Ρύπους. Η εκτίμηση μπορεί να γίνεται με χρήση έγκυρων πακέτων ή με ανάπτυξη μοντέλων και προσομοιώσεων στη βάση της διεθνούς βιβλιογραφίας. Η εκτίμηση της έκθεσης και των σχετικών κινδύνων αποτελεί και το βασικό στόχο των διαφόρων μετρήσεων.

Όπως αναφέρθηκε, οι Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι διακρίνονται στους οργανικούς, ανόργανους και κλασικούς AP. Οι οργανικοί Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι είναι το ακρυλονιτρίλιο, οι ατμοί βενζίνης, το δισουλφίδιο του άνθρακα (θειούχος άνθρακας), το μονοξειδίο του άνθρακα, το 1,2-διχλωροαιθάνιο, η φορμαλδεΐδη, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί άνθρακες, το στυρένιο, το τετραχλωροαιθυλένιο, το τολουόλιο, το τριχλωροαιθυλένιο και το βινυλοχλωρίδιο και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds-VOCs). Ανόργανοι Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι είναι το αρσενικό, ο άσβεστος, το κάδμιο, το χρώμιο, το φθόριο, το υδρίδιο του υδρογόνου, ο μόλυβδος, το μαγνήσιο, ο υδράργυρος, το νικέλιο, ο λευκόχρυσος και το βανάδιο. Κλασικοί Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι είναι το διοξείδιο του θείου, το όζον και τα υπόλοιπα φωτοχημικά οξειδωτικά, τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του θείου, ο καπνός του τσιγάρου και οι υαλώδεις ίνες, τα σωματίδια αεροζόλ.

Οι ποσότητες των εκπεμπόμενων Τεχνητών Αέριων Ρύπων μπορεί να κυμαίνονται από εκατοντάδες έως χιλιάδες τόνους ετησίως. Οι ποσότητες των Τεχνητών Αέριων Ρύπων στην ατμόσφαιρα εξαρτώνται από μετεωρολογικούς παράγοντες (πίεση, θερμοκρασία, άνεμος, κατανομές πιέσεων και θερμοκρασιών

κ.λπ.), αλλά και από φυσικές πηγές που προέρχονται από έμβιους ή αβιοτικούς οργανισμούς, όπως για παράδειγμα τα φυτά, οι δασικές πυρκαϊές, οι εκπομπές από την ύπαιθρο και το ύδωρ καθώς και οι πηγές γεωθερμίας. Κύρια όμως η περιεκτικότητα του εισπνεόμενου αέρα σε Τεχνητούς Αέριους Ρύπους εξαρτάται από ανθρωπογενείς παράγοντες όπως η καύση άνθρακα, προϊόντων πετρελαίου, η χρήση διαφόρων τύπου χημικών στη βιομηχανία, τη γεωργία και τις οικίες κ.α. Η γνώση των πηγών, της φύσης, των ποσοτήτων και της φυσικοχημικής συμπεριφοράς των Τεχνητών Αέριων Ρύπων έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Παρ'όλ'αυτά, πολλά περισσότερα απαιτούνται να διερευνηθούν με κυριότερη ανάγκη τη διερεύνηση των αποτελεσμάτων των Τεχνητών Αέριων Ρύπων στην υγεία του ανθρώπου και την εκτίμηση των σχετικών κινδύνων.

Τα αποτελέσματα της επιβάρυνσης του εισπνεόμενου αέρα από του Τεχνητούς Αέριους Ρύπους είναι πολλαπλά. Η εναπόθεση και απορρόφηση στον πνευμονικό ιστό εισπνεόμενων Τεχνητών Αέριων Ρύπων δύναται να προκαλέσει άμεσα αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία, ειδικά ευαίσθητων ομάδων πληθυσμού. Η δημόσια υγεία όμως επηρεάζεται και έμμεσα από την εναπόθεση Τεχνητών Αέριων Ρύπων σε διάφορα τμήματα του περιβάλλοντος και από τη συνακόλουθη πρόσληψή τους από τα φυτά και τα ζώα. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην εισαγωγή στην τροφική αλυσίδα και το πόσιμο ύδωρ που έχει ως επικείμενο αποτέλεσμα την έκθεση του ανθρώπου σε επιπρόσθετες πηγές επιβάρυνσης. Επιπρόσθετα οι άμεσες επιδράσεις των Τεχνητών Αέριων Ρύπων στα φυτά, τα

ζώα και το έδαφος έχουν ως αποτέλεσμα τις διαταραχές της δομής και λειτουργίας των οικοσυστημάτων συμπεριλαμβανομένης και της ικανότητας αυτορρύθμισης αυτών. Αυτές οι διαταραχές έχουν έμμεση επίσης επίδραση στην ποιότητα της ζωής του ανθρώπου.

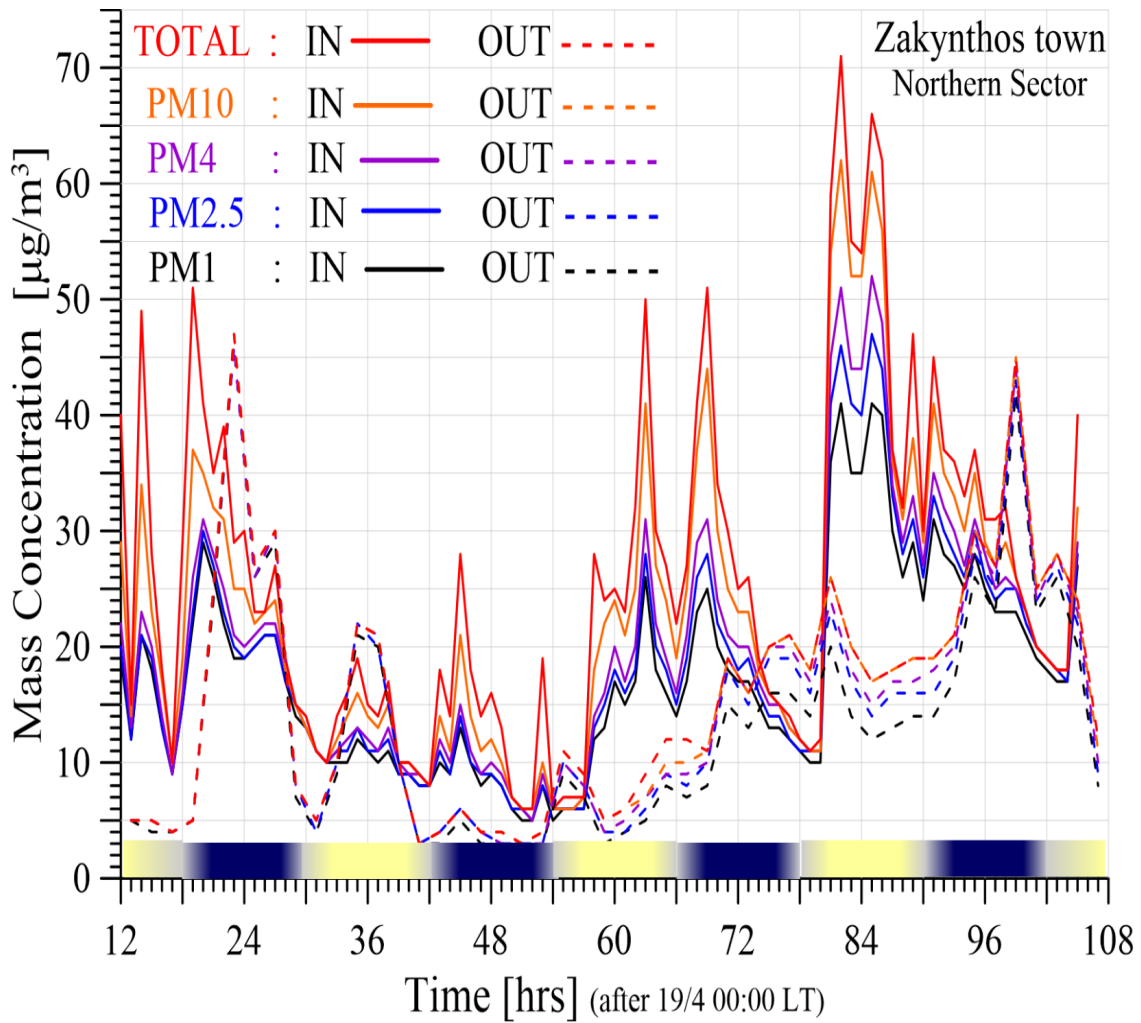
Το πρόβλημα της μείωσης των επιπέδων Τεχνητών Αέριων Ρύποι στον εισπνεόμενο αέρα είναι πεπλεγμένο. Σε πρώτο στάδιο λαμβάνει χώρα η ανίχνευση συγκεκριμένων Τεχνητών Αερίων Ρύπων και ο προσδιορισμός των επιπέδων συγκεντρώσεων. Σε δεύτερο στάδιο αποτιμάται η επικινδυνότητα στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον και εξετάζεται η αποδοχή ή μη του κινδύνου. Στις περιπτώσεις που εντοπίζονται υπερβάσεις εφαρμόζονται πάλι τεχνικές ελάττωσης συγκεντρώσεων κατά τον πιο αποδοτικό και οικονομικό τρόπο.

Σήμερα, αρκετοί ερευνητές προβαίνουν σε εκτιμήσεις κινδύνου της έκθεσης πληθυσμών σε Τεχνητοί Αέριοι Ρύποι με τη χρήση έτοιμων μοντέλων. Ιδιαίτερη αναφορά, γίνεται στο μοντέλο AEROMOD. Το μοντέλο αυτό προσομοιώνει δυναμικά (από ώρα σε ώρα και από τόπο σε τόπο) τη μεταφορά και διασπορά Τεχνητών Αερίων Ρύπων. Παρέχεται η δυνατότητα εισαγωγής τρισδιάστατων πληροφοριών ανέμου και θερμοκρασίας (ωριαίας βάσης) καθώς και σχετιζόμενων πληροφοριών δύο διαστάσεων (πχ. ύψος ανάμιξης, χαρακτηριστικά επιφανείας, ιδιότητες διασποράς κ.α.). Το AERMOD είναι ένα μοντέλο στατικής κατάστασης (steady-state) διασποράς αερίων ρύπων τύπου plume το οποίο χρησιμοποιείται για την εκτίμηση αδρανών ρύπων

εκπεμπομένων από διάφορες πηγές. Το μοντέλο AERMOD βασίζεται στη συλλογή ατμοσφαιρικών χαρακτηριστικών και μπορεί να εφαρμοσθεί τόσο σε αγροτικές όσο και σε αστικές περιοχές. Μπορεί να εφαρμοσθεί σε επίπεδες ή πεπλεγμένες επιφάνειες (βουνά, ποτάμια, λίμνες κλπ.) και να κάνει χρήση δεδομένων διαφόρων πηγών (σημειακών, γραμμικών, επιφανειακών, χωρικών).

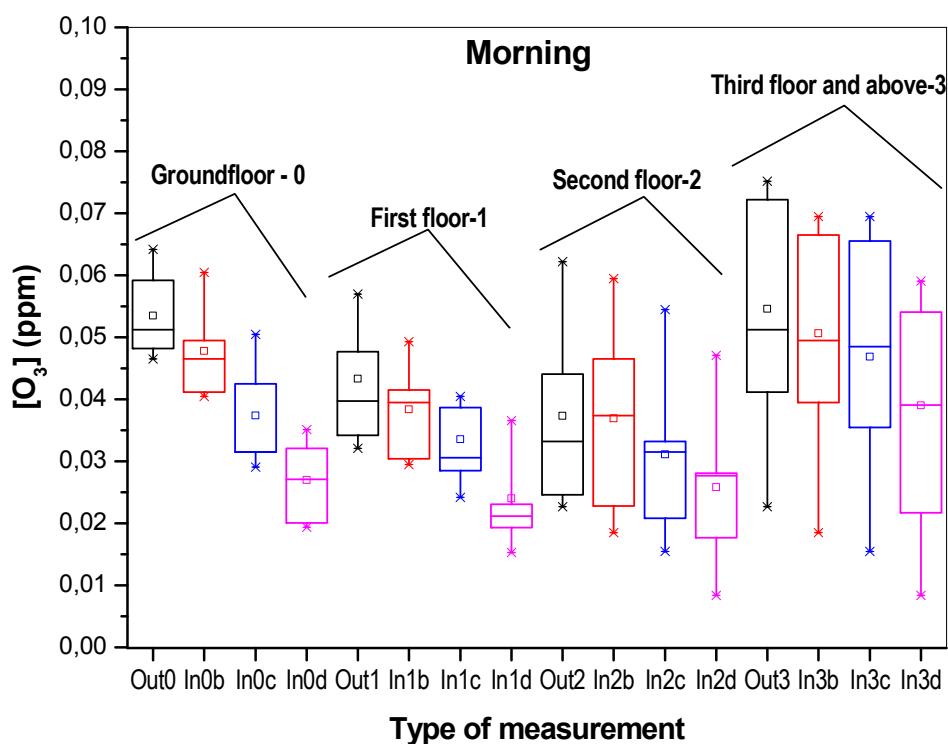
Σήμερα εκτενής αναφορά γίνεται επίσης στο μοντέλο RISK που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της έκθεσης από επιλεγμένους Τεχνητούς Αέριους Ρύπους. Το RISK είναι το τρίτο στη σειρά μοντέλο για τη μελέτη της Ποιότητας Αέρας Εσωτερικών Χώρων από εκείνα που αναπτύχθηκαν από το τμήμα της US-EPA «Indoor Environment Management Branch of US-EPA's National Risk Management Research Laboratory». Το μοντέλο RISK αποτελείται από τρία τμήματα. Το πρώτο τμήμα είναι το μοντέλο INDOOR που σχεδιάστηκε για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων ρύπων εσωτερικών χώρων από πηγές εντός. Το δεύτερο τμήμα είναι το μοντέλο EXPOSURE το οποίο επέκτεινε το INDOOR ώστε να επιτρέπει την ατομική έκθεση. Το τρίτο τμήμα, από όπου πήρε και το όνομά του, είναι το μοντέλο RISK το οποίο επεκτείνει το EXPOSURE ώστε να επιτρέπει την ανάλυση του ατομικού κινδύνου από πηγές Εσωτερικών Χώρων.

Το **Σχήμα 1** παρουσιάζει χαρακτηριστικά αποτελέσματα μετρήσεων Αιωρούμενων σωματιδίων Εσωτερικών Χώρων και εξωτερικού αέρα στη νήσο Ζάκυνθο. Παρατηρούνται έντονες διακυμάνσεις.

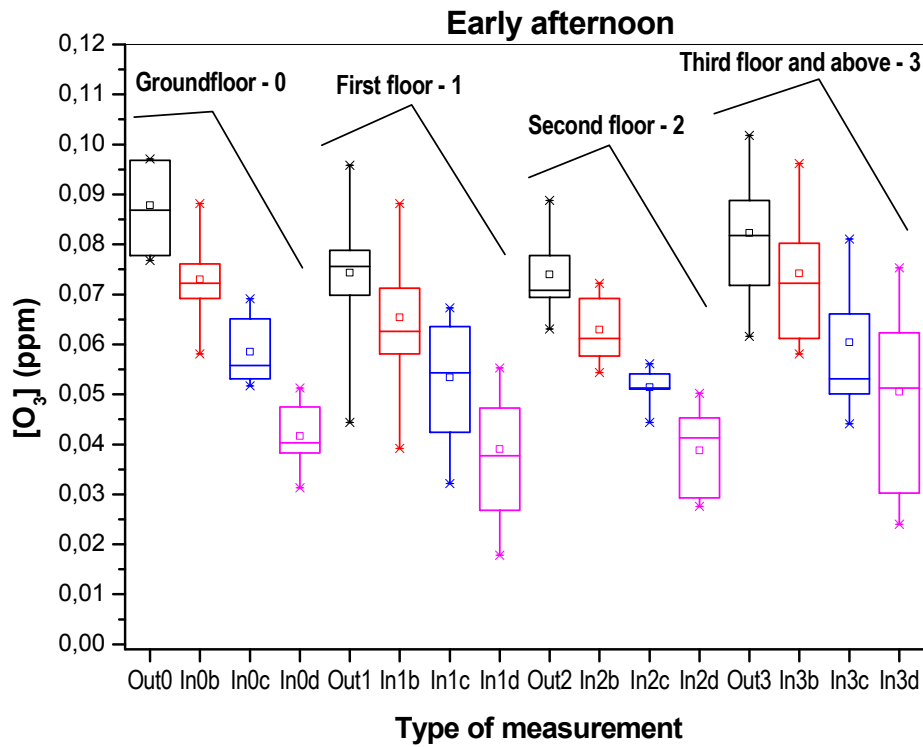


Σχήμα 1: Αιωρούμενα σωματίδια Εσωτερικών Χώρων και εξωτερικού αέρα στη νήσο Ζάκυνθο. Οι μετρήσεις ελήφθησαν με το μετρητή DustTrakDRX 8533 της Αμερικανικής TSI.

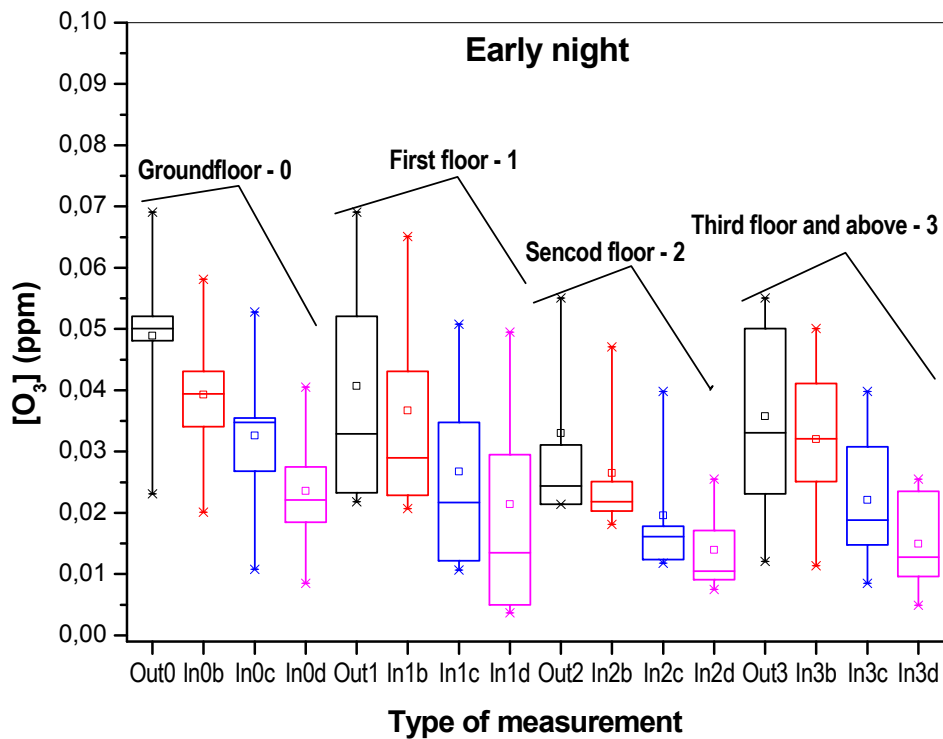
Στα **Σχήματα 2-4** παρουσιάζονται συγκεντρώσεις όζοντος σε 29 κατοικίες στην Αθήνα. Τα αποτελέσματα δεικνύονται ως συνάρτηση του δαπέδου κατοικίας μέσω της χρήσης διαγραμμάτων Box-Whisker για τρεις συγκεκριμένες περιόδους της ημέρας. Σημειώνεται ότι σύμφωνα με μετρήσεις σε 9 υπόγεια που δεν έχουν συμπεριληφθεί στα **Σχήματα 2-4**, τα επίπεδα του όζοντος σε αυτά ήταν ήταν χαμηλότερα από το ελάχιστο επίπεδο ανίχνευσης (1 ppb). Αυτό είναι ένα μη αναμενόμενο αποτέλεσμα διότι η έρευνα έχει δείξει ότι η κύρια πηγή του εσωτερικού του όζοντος (> 95%) είναι η μεταφορά από το εξωτερικό περιβάλλον. Σημειώνεται επίσης ότι όλες οι εξωτερικές και εσωτερικές μετρήσεις του όζοντος κατά τη διάρκεια της νύχτας (ή αργά το βράδυ) ήταν επίσης χαμηλότερες από το ελάχιστο επίπεδο ανίχνευσης (1 ppb).



Σχήμα 2: Διαγράμματα Box-Whisker μετρήσεων όζοντος σε εσωτερικούς χώρους και στον εξωτερικό αέρα αυτών του εξωτερικού και εσωτερικού χώρου πρωινών ωρών σε 29 κατοικίες στην Αθήνα Έχει χρησιμοποιηθεί ο ακόλουθος κώδικας χρωμάτων: Μαύρο (εξωτερικός αέρας), Κόκκινο (εσωτερικός χώρος με πόρτες-παράθυρα ανοιχτά για 30 λεπτά), Μπλε (εσωτερικός χώρος με πόρτες-παράθυρα κλειστά για 15 λεπτά), Μωβ (εσωτερικός χώρος με πόρτες-παράθυρα κλειστά για 30 λεπτά).



Σχήμα 3: Διαγράμματα Box-Whisker μετρήσεων όζοντος σε εσωτερικούς χώρους και στον εξωτερικό αέρα αυτών του εξωτερικού και εσωτερικού χώρου μεσημβρινών ωρών σε 29 κατοικίες στην Αθήνα. Χρωματικός κώδικας ίδιος με αυτό του Σχήματος 2.



Σχήμα 4: Διαγράμματα Box-Whisker μετρήσεων όζοντος σε εσωτερικούς χώρους και στον εξωτερικό αέρα αυτών του εξωτερικού και εσωτερικού χώρου μεσημβρινών ωρών σε 29 κατοικίες στην Αθήνα. Χρωματικός κώδικας ίδιος με αυτό του Σχήματος 2.

Ο **Πίνακας 1** παρουσιάζει αποτελέσματα προσομοιώσεων με το πρόγραμμα CONTAM σχετικά με τη διακίνηση Αερίων Ρύπων Εσωτερικών Χώρων σε πρότυπες κατοικίες που περιγράφηκαν στο CONTAM. Για τη δημιουργία του Πίνακα 1, περιγράφηκαν τα φυσικοχημικά και κινητικά χαρακτηριστικά των

ρύπων, ορίσθηκαν ζώνες μελέτης και χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα διακίνησης της ASRAHE.

Πίνακας 1: Παραδείγματα αποτελεσμάτων με το πρόγραμμα CONTAM

	1 ^η κατοικία	2 ^η κατοικία
CO	2.71 ± 3.28 ppm	1.49 ± 0.76 ppm
CH ₂ O	0.39 ± 0.63 mg/m ³	0.15 ± 0.1 mg/m ³
NO ₂	2.58 ± 3.56 µg/m ³	1.38 ± 0.71 µg/m ³
P.M _{2.5}	9.75 ± 3.05 µg/m ³	7.63 ± 2.84 µg/m ³

Ο **Πίνακας 2** παρουσιάζει αποτελέσματα επιβάρυνσης δύο μοντέλων διαβίωσης κατοίκων λόγω Φορμαλδεΐδης και Ραδονίου σύμφωνα με το πρόγραμμα CONTAM. Ο πίνακας παρουσιάζει και τα αποτελέσματα στην επιβάρυνση από 50% αύξηση στο ρυθμό παραγωγής του κάθε ρύπου.

Πίνακας 2: Αποτελέσματα επιβάρυνσης λόγω Φορμαλδεΐδης και Ραδονίου σύμφωνα με το πρόγραμμα CONTAM.+50% υποδηλώνει το ποσοστό αύξησης της παροχής από την πηγή στην προσομοίωση

	Φορμαλδεΰδη mg/m³	Φορμαλδεΰδη (+50%) mg/m³	Ποσοστό	Ραδόνιο Bq /m³	Ραδόνιο (+50%)	Ποσοστό
Ζώνες	0.019 ± 0.02	0.03 ± 0.03	+ 36%	16.52 ± 13.6	19.34 ± 18 Bq/m ³	+17%
Μοντέλο 1	0.032	0.047	+36%	18.8 ± 17.7	29.25 ± 27.15	55.5%
Μοντέλο 2	0.028 ± 0.02	0.041 ± 0.04	+ 31.7%	19.3 ± 24.5	30 ± 39.3	55.40%

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Θεματικός κατάλογος εργασιών ερευνητικού-συγγραφικού έργου:

Πίνακας 1: Αναλυτική παρουσίαση Ερευνητικού-Επιστημονικού έργου ανά θεματική ενότητα και άρθρο. Ιατρικής

ΘΕΜΑ	ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
Α.ΕΦΑΡΜΟΣΜΕ ΝΗ ΦΥΣΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ				
	ΡΑΔΟΝΙΟ ΚΑΙ ΘΥΓΑΤΡΙΚΑ ΤΟΥ ΙΣΟΤΟΠΑ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΚΘΕΣΗΣ, ΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ			65 (21/44)
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ, ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	4,5,7,8,11,12,15,16,19, 20,21 44,55,56,57,62, 65,68,69,74,75,7678,7 9,80,81, 134,135	21

		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	140,141,142,143 144,145,146,147 148,156,157,182 183,184,185,193 194,195,196,197 198,199,201,208	24
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	211,218,220,221 246,257,259,260 262,269,	10
		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	272,274.276	3
		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	281,282	2
		ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	284,285,287,288 289	5
	ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙ ΚΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΚΑΙ ΡΑΔΟΝΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΓΕΩ-			36 (31/5)

	<p>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟ ΣΕΙΣΜΩΝ: ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ, ΧΑΟΣ, ΦΡΑΚΤΑΛΣ, ΑΥΤΟ-ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</p>			
		<p>ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ, ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ</p>	<p>58,59,60,61,64 82,83,84,91,98 101,102,105,110 111,112,114,116 117,119,120,121 123,124,127,130 133,136,137,138 139</p>	31
		<p>ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ</p>	<p>173,177,190,191 192</p>	5
		<p>ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ</p>		
		<p>ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ</p>		

		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		
		ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		
	ΑΝΙΧΕΥΤΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ			71 (34/37)
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ, ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	9,10,13,18,22,23 24,25,27,29,30, 31,32,33,36,37, 38,39,40,43,47, 48,49,50,51,52 53,54,93,94,97, 99,103,108	34
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	149,151,153,154 155,159,161,163 164,165,166,168 169,170,171,172 176,178	18
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ	217,224,225,226 227,228,233,234 235,237,238,239 240,241,242,243	18

		ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	244,254	
		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		
		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	283	1
		ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΜΟΝΤΕ ΚΑΡΛΟ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ: ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΑΚΤΙΝΟΛΙΑΣ, ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΙΑΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ			48 (20/28)
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ, ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	14,17,26,28,34 35,41,42,45,46 59,63,72,73,92 122,125,126,129 132	20

		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	150,152,160,162 167,174,175,176 178,180,194,197	12
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	216,223,229,230 231,232,236,250 251,252,254,256	12
		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	273,274	2
		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		
		ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	290,293	2
	ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙ ΚΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ			19 (9/10)

	ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ			
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ, ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	66,67,70,77,78 86,89,109	9
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	179,186,188,200 206	5
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	219,222,255,261 267	5
		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		
		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		
		ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ	298	1

		ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		
	ΓΑΜΜΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ			18 (9/9)
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ, ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	1,2,3,6,19,100,104,106 107	9
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	209	1
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	212,213,214,215,	4
		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	277	
		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ	280,281	2

		ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		
		ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	291,292	2
Β.ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ				11 (11/0)
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ, ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ	71,85,87,88,90,95,96 113,115,118,120,	11
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		
		ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		
		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΛΗΡΗ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ ΜΕ		

		ΚΡΙΤΕΣ		
		ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		
		ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ		

Πίνακας 2: Συγκεντρωτική Παρουσίαση Ερευνητικού-Επιστημονικού έργου ανά θεματική ενότητα.

	ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ, ΒΙΒΛΙΑ, ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ	ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ	ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ
ΡΑΔΟΝΙΟ ΚΑΙ ΘΥΓΑΤΡΙΚΑ ΤΟΥ ΙΣΟΤΟΠΑ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΚΘΕΣΗΣ, ΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ	21	24	10
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΚΑΙ ΡΑΔΟΝΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΓΕΩ-ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟ ΣΕΙΣΜΩΝ: ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ, ΧΑΟΣ, ΦΡΑΚΤΑΛΣ, ΑΥΤΟ-ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	31	5	0
ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ	34	18	18
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΜΟΝΤΕ ΚΑΡΛΟ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ: ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΑΚΤΙΝΟΛΙΑΣ, ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΙΑΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	20	12	12
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ	9	9	5
ΓΑΜΜΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	9	1	4
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	11	0	0

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Κατάλογος αναφορών ερευνητικού και συγγραφικού έργου

Παρακάτω παρουσιάζεται πλήρης κατάλογος αναφορών ανά αριθμημένη εργασία βιογραφικού σημειώματος. Ο κατάλογος του παρόντος εδαφίου καταρτίστηκε σύμφωνα με τη διεθνή βάση **Google Scholar**. Η συγκεκριμένη βάση θεωρήθηκε πλεονεκτικότερη των βάσεων *SCOPUS*, *SCI & SCI expanded*, *EntrezPubMed*, *Index Copernicus*, *EBSCO*, *OCLC*, *RefSeek*, *ProQuest*, *HINARI*, *Sherpa Romeo*, *Open J Gate*, *Geramics Journal Seek*, και *Google*. Αυτό βασίστηκε (α) στο γεγονός ότι η συγκεκριμένη βάση δεδομένων αναζητεί πληροφορίες σε όλες τις πηγές έγκυρων περιοδικών και διεθνών συνεδρίων με καταχώριση και (β) παρέχει περισσότερες πηγές από όλες τις άνωθι βάσεις δεδομένων. Οι βιβλιογραφικές αναφορές από την **Google Scholar** καταχωρίστηκαν χειροκίνητα μία-προς-μία και επομένως δεν πραγματοποιήθηκε αυτοματοποιημένη αναζήτηση. Μέσω της χειροκίνητης καταχώρισης, κατέστη δυνατό να ταυτοποιηθούν περιπτώσεις όπου η άνωθι βάση παρείχε εσφαλμένες καταχωρίσεις. Δια το λόγο αυτό, οι πραγματικές αναφορές είναι ολιγότερες των εκτυπωμένων από τη βάση **Google Scholar**. Αυτοαναφορά θεωρήθηκε οποιαδήποτε εργασία που έκανε αναφορά σε εργασία του Βιογραφικού Σημειώματος και ταυτόχρονα περιείχε το όνομα **NIKOLOPOULOS D** ή **NIKOLOPOULOS DIMITRIOS**. Ετεροαναφορά θεωρήθηκε ή συμπληρωματική της αυτοαναφοράς, δηλαδή κάθε αναφερόμενη οποιαδήποτε εργασία που έκανε αναφορά σε εργασία του Βιογραφικού Σημειώματος και δεν περιείχε το όνομα **NIKOLOPOULOS D** ή **NIKOLOPOULOS DIMITRIOS**.

1.ANTONOPOULOS A, **NIKOLOPOULOS D**, GEORGIΟΥ E, KYRIAKIDIS M, TOUTOUZAS P, Proukakis C. Effects of afterload increase on Thallium-201 scintigraphy and comparison with conventional exercise imaging. *J Nucl Cardiol* **1997**; 4(1):S57, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1071-3581\(97\)91338-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1071-3581(97)91338-6). **IF=3.872**

1. ASLI, Isa Neshanar. Assessment of Myocardial Viability: the Value of 24-Hour Thallium-201 (201 TI) Redistribution Imaging to Enhance Viability Detection in Stress Reinjection Protocol. *Iranian Heart Journal* 2009; 10 (1):16-20
2. Δήμας, Κ. (2001). Έλεγχος βιωσιμότητας σε εμφραγματικό μυοκάρδιο πριν και μετά από PTCA ολικά αποφραγμένων αγγείων με τη μέθοδο επαναχορήγησης θαλλίου-201 (201TI) σε ηρεμία (Doctoral dissertation, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Επιστημών Υγείας. Τμήμα Ιατρικής. Τομέας Παθολογίας. Κλινική Καρδιολογική).

Ετεροαναφορές 2

Αυτοαναφορές 0

2.ANTONOPOULOS A, GEORGIΟΥ E, KYRIAKIDIS M, **NIKOLOPOULOS D**, TOUTOUZAS P, PROUKAKIS C. Early post-exercise Thallium-201 Reinjection after sublingual Nitroglycerin Augmentation: Effects on Detection of Myocardial Ischemia and/or Viability. *Clin. Cardiol*, **1998** 21(6):419-426, doi: <http://dx.doi.org/10.1159/000006833>. **IF=5.0**

1. LÓPEZ, JA Jurado; MORACHO, JM Cano. Técnicas de medicina nuclear en la identificación de miocardio viable. *Monocardio* 2002; 1(IV):25-42.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 0

3.ANTONOPOULOS A, GEORGIΟΥ E, KYRIAKIDIS M, NIKOLOPOULOS D, PROUKAKIS C, TOUTOUZAS P. Thallium-201 for detection of myocardial viability: comparison of early postexercise reinjection and imaging with 4 and 18-24 hours redistribution imaging. *Cardiol.* **1998** 90(2):137-144, doi: <http://dx.doi.org/10.1159/000006833>. **IF=2.9**

1. ΔΉΜΑΣ, Κωνσταντίνος. Έλεγχος βιωσιμότητας σε εμφραγματικό μυοκάρδιο πριν και μετά από PTCA ολικά αποφραγμένων αγγείων με τη μέθοδο επαναχορήγησης θαλλίου-201 (201TI) σε ηρεμία. 2001. PhD Thesis. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Επιστημών Υγείας. Τμήμα Ιατρικής. Τομέας Παθολογίας. Κλινική Καρδιολογική.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 0

5.NIKOLOPOULOS D, LOUIZI A, PETROPOULOS N, SIMOPOULOS S, PROUKAKIS C. Experimental study of cup-type radon dosimeters. *Rad. Prot. Dosim.* **1999** 83(3): 263-266, doi: <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a032681>. **IF=0.954**

1. MISHRA, R., et al. A better understanding of the background of CR-39 detectors. *Radiation Measurements*, 2005, 40.2: 325-328.
2. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radon survey in Greece—risk assesment. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2002, 63.2: 173-186.
3. NIKOLOPOULOS, D., et al. Environmental monitoring of radon in soil during a very seismically active period occurred in South West Greece. *Journal of Environmental Monitoring*, 2012, 14.2: 564-578.
4. KOTTOU, S., et al. Monte-Carlo Modelling and Experimental Study of Radon and Progeny Radiation Detectors for Open Environment. In: *Progress in Clean Energy, Volume 1*. Springer International Publishing, 2015. p. 787-801.
5. NIKOLOPOULOS, D., et al. Response of CR-39 Polymer Radon-Sensors via Monte-Carlo Modelling and Measurements. *J Phys Chem Biophys*, 2014, 4.144: 2161-0398.1000144.
6. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radon exposure of the Greek population. *Radioactivity in the Environment*, 2005, 7: 425-430.
7. NIKOLOPOULOS, D., et al. Environmental monitoring of radon in soil during a very seismically active period occurred in South West Greece. *Journal of Environmental Monitoring*, 2012, 14.2: 564-578.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 6

4.ANTONOPOULOS A, NIKOLOPOULOS D, GEORGIU E, KYRIAKIDIS M, PROUKAKIS C. Blood pressure elevation after phenylephrine infusion may adversely affect myocardial perfusion in patients with coronary artery disease. *Int. J. Cardiol.* **2002** 84(2-3):201-209, [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-5273\(02\)00146-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-5273(02)00146-8). **IF=4.039**

1. THIELE, Robert H.; NEMERGUT, Edward C.; LYNCH III, Carl. The clinical implications of isolated alpha1 adrenergic stimulation. *Anesthesia & Analgesia*, 2011, 113.2: 297-304.
2. THIELE, Robert H.; NEMERGUT, Edward C.; LYNCH III, Carl. The physiologic implications of isolated alpha1 adrenergic stimulation. *Anesthesia & Analgesia*, 2011, 113.2: 284-296.
3. MAGDER, Sheldon. Phenylephrine and tangible bias. *Anesthesia & Analgesia*, 2011, 113.2: 211-213.
4. GUILLAMET, Maria Cristina Vazquez; RHEE, Chanu; PATTERSON, Andrew J. Cardiovascular management of septic shock in 2012. *Current Infectious Disease Reports*, 2012, 14.5: 493-502.
5. JAKOB, Stephan M. Blindness in the intensive care unit. *Anesthesia & Analgesia*, 2005, 100.1: 189-191.
6. ATKINSON, Hartley C.; POTTS, Amanda L.; ANDERSON, Brian J. Potential cardiovascular adverse events when phenylephrine is combined with paracetamol: simulation and narrative review. *European Journal of Clinical Pharmacology*, 2015, 71.8: 931-938.

7. CRYSTAL, George J. Alpha1 Agonists and Myocardial Blood Flow—
There Is More to the Story!. *Anesthesia & Analgesia*, 2012, 114.2: 477.
8. OBARA, Shinju; MURAKAWA, Masahiro. Controversy: Volume Load vs.
Vasopressor. In: *Off-Pump Coronary Artery Bypass*. Springer Japan,
2016. p. 59-66.
9. JOHNSTON, William E. Applied Cardiac Physiology. *ASA Refresher
Courses in Anesthesiology*, 2012, 40.1: 73-79.
10. CHENG, Shiwen, et al. Prediction of bioactive compound pathways using
chemical interaction and structural information. *Combinatorial chemistry &
high throughput screening*, 2016, 19.2: 161-169.
11. PARK, Dong Ho, et al. Cardiac arrest caused by accidental severe
hypothermia and myocardial infarction during general anesthesia. *Journal
of International Medical Research*, 2021, 49.1: 0300060520987945.
12. LE GALL, Arthur, et al. Velocity-pressure loops can estimate intrinsic and
pharmacologically induced changes in cardiac afterload during non-
cardiac surgery. An observational study. *Journal of Clinical Monitoring and
Computing*, 2022, 1-11.
13. CHHOR, V.; CHOLLEY, B. Catécholamines et autres
sympathomimétiques directs. In: *EMC Cardiologie*. Elsevier Masson SAS
Paris, 2018.
14. SUGIMURA, M., et al. Phenergan and cardiac Cardiovascular response
to epinephrine-containing local anesthesia in patients with cardiovascular
disease.

15. LE GALL, Arthur. Boucle Vitesse/Pression Aortique (PU Loop) pour l'évaluation continue de la post-charge ventriculaire des patients sous anesthésie générale. 2016.

Ετεροαναφορές 15

Αυτοαναφορές 0

7.NIKOLOPOULOS D, LOUZI A, KOUKOULIOU V, SEREFOGLOU A, GEORGIOU E, NTALLES K, PROUKAKIS C. Radon survey in Greece-Risk Assessment. *J. Environ. Radioactiv.* **2002** 63(2):173-176, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X\(02\)00026-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X(02)00026-7). **IF=0.954**

1. STOULOS, S.; MANOLOPOULOU, M.; PAPASTEFANOU, C. Assessment of natural radiation exposure and radon exhalation from building materials in Greece. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2003, 69.3: 225-240.
2. PSICHOUDAKI, M.; PAPAETHYMIIOU, H. Natural radioactivity measurements in the city of Ptolemais (Northern Greece). *Journal of Environmental Radioactivity*, 2008, 99.7: 1011-1017.
3. BILLON, S., et al. French population exposure to radon, terrestrial gamma and cosmic rays. *Radiation Protection Dosimetry*, 2005, 113.3: 314-320.
4. CLOUVAS, A.; XANTHOS, S.; TAKOUDIS, G. Indoor radon levels in Greek schools. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2011, 102.9: 881-885.
5. PAPACHRISTODOULOU, C. A.; PATIRIS, D. L.; IOANNIDES, K. G. Exposure to indoor radon and natural gamma radiation in public

- workplaces in north-western Greece. *Radiation Measurements*, 2010, 45.7: 865-871.
6. CLOUVAS, A.; XANTHOS, S.; ANTONOPOULOS-DOMIS, M. Pilot study of indoor radon in Greek workplaces. *Radiation Protection Dosimetry*, 2007, 124.2: 68-74.
 7. RADOLIĆ, V., et al. National survey of indoor radon levels in Croatia. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2006, 269.1: 87-90.
 8. NIKOLOPOULOS, D., et al. Environmental monitoring of radon in soil during a very seismically active period occurred in South West Greece. *Journal of Environmental Monitoring*, 2012, 14.2: 564-578.
 9. NIKOLOPOULOS, Dimitrios; LOUIZI, Anna. Study of indoor radon and radon in drinking water in Greece and Cyprus: implications to exposure and dose. *Radiation Measurements*, 2008, 43.7: 1305-1314.
 10. CLOUVAS, A., et al. Indoor radon measurements in areas of northern Greece with relatively high indoor radon concentrations. *Radiation protection dosimetry*, 2009, ncp154.
 11. CLOUVAS, A.; XANTHOS, S.; ANTONOPOULOS-DOMIS, M. Simultaneous measurements of indoor radon, radon–thoron progeny and high-resolution gamma spectrometry in Greek dwellings. *Radiation Protection Dosimetry*, 2006, 118.4: 482-490.
 12. CLOUVAS, A.; XANTHOS, S.; ANTONOPOULOS-DOMIS, M. A combination study of indoor radon and in situ gamma spectrometry

- measurements in Greek dwellings. *Radiation Protection Dosimetry*, 2003, 103.4: 363-366.
13. LOUIZI, A., et al. Study of a Greek area with enhanced indoor radon concentrations. *Radiation Protection Dosimetry*, 2003, 106.3: 219-225.
14. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): Results from measurements and modelling. *Science of the Total Environment*, 2010, 408.3: 495-504.
15. GERANIOS, A., et al. Multiple radon survey in spa of Loutra Edipsou (Greece). *Radiation Protection Dosimetry*, 2004, 112.2: 251-258.
16. MANOUSAKAS, M., et al. Indoor radon measurements in a Greek city located in the vicinity of lignite-fired power plants. *Radiation Measurements*, 2010, 45.9: 1060-1067.
17. HOLMGREN, Olli; ARVELA, Hannu. *Assessment of current techniques for reduction of indoor radon concentration in existing and new houses in European countries*. Radiation and Nuclear Safety Authority STUK, 2012.
18. AL BOSTA, M. M.; AL RADAIDEH, J. J.; ISMAIL, A. M. Indoor ^{222}Rn concentrations and the corresponding lung cancer risk in Celein region, west of Al Khums, Libya. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2010, 285.3: 641-645.
19. IOANNIDES, K.; PATIRIS, D.; PAPACHRISTODOULOU, C. Indoor radon concentrations in workplaces and dwellings in North-Western Greece. *Radioprotection*, 2009, 44.05: 165-169.

20. CLOUVAS, A.; XANTHOS, S. A comparison study between radon concentration in schools and other workplaces. *Radiation Protection Dosimetry*, 2011, ncr224.
21. NIKOLOPOULOS, D., et al. Factors affecting indoor radon concentrations of Greek dwellings through multivariate statistics-first approach. *J Phys Chem Biophys*, 2014, 4.145: 2161-0398.1000145.
22. ALMASRI, A.; ANDERSSON, E. M.; BARREGÅRD, L. A study of residential radon in Sweden using multi-level analysis. *Health physics*, 2009, 96.4: 442-449.
23. NIKOLOPOULOS, D., et al. Dosimetry modelling of transient radon and progeny concentration peaks: results from in situ measurements in Ikaria spas, Greece. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2013, 15.6: 1216-1227.
24. CLOUVAS, A., et al. Follow-up study of indoor radon in Greek buildings. *Radiation Protection Dosimetry*, 2013, 157.2: 291-297.
25. NIKOLOPOULOS, D., et al. Hurst exponent analysis of indoor radon profiles of Greek apartment dwellings. *J Phys Chem Biophys*, 2014, 4.168: 2161-0398.100016.
26. KOURTIDIS, K., et al. Radon and radioactivity at a town overlying uranium ores in Northern Greece. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2015, 150: 220-227.
27. LOUIZI, A., et al. Radon concentration measurements in waters in Greece and Cyprus.

http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/36/010/36010907.pdf

28. GOMEZ POZO, B. Spatial epidemiology of lung-cancer mortality: Geographical Heterogeneity and Risk-Factors Assessment. 2012.
29. FOUSKAS, A., et al. Indoor Radon Measurements In Megalopolis-Southern Greece. Proceedings of the 10th International Conference on Environmental Science and Technology, Kos island, Greece, 5 – 7 September 2007. <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=9901>
30. SYNNOTT, H.,; FENTON, D. An Evaluation of Radon Mapping Techniques in Europe. 2005. ERRICCA 2 European Radon Research and Industry Collaboration Concerted Action.
https://www.epa.ie/pubs/reports/radiation/RPII_ERRICCA_Mapping_Report_05.pdf
31. NINGAPPA, C., et al. Study on radon concentration at the work places of Mysuru, Bengaluru and Kolar districts of Karnataka state, South India. *Radiation Protection Dosimetry*, 2016, 171.2: 200-203.
32. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radon exposure during treatment in some thermal spa centers in Greece. Proceedings of the 4th European Conference on Protection against Radon at home and at work.
http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/36/010/36010921.pdf?r=1

33. PANTELIĆ, Gordana, et al. Qualitative overview of indoor radon surveys in Europe. *Journal of environmental radioactivity*, 2019, 204: 163-174.
34. KAMALAKAR, D. V., et al. Seasonal variation of indoor radon, thoron and their progeny in Belagavi district of Karnataka, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2022, 194.4: 310.
35. SHERAFAT, Samira, et al. First indoor radon mapping and assessment excess lifetime cancer risk in Iran. *MethodsX*, 2019, 6: 2205-2216.
36. PANTELIĆ, Gordana, et al. Literature review of Indoor radon surveys in Europe. Publications Office of the European Union, 2018.
37. KAMALAKAR, D. V., et al. Seasonal variation of indoor radon, thoron and their progeny in Belagavi district of Karnataka, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2022, 194.4: 310.
38. MAHESO, Abbey Matimba. Radon levels in South African homes-design elements for a national survey and initial results from directed sampling. 2021. PhD Thesis. Stellenbosch: Stellenbosch University.
39. OMIROU, Michalakis, et al. In-depth study of radon in water in a Greek village with enhanced radon concentrations. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2023, 264: 107210.
40. BATRIS, Evangelos, et al. Radon Assessment: An Overview of Concentration Variability and Synergies with Other Health Risk Factors in Indoor Air. *Environmental Sciences Proceedings*, 2023, 26.1: 115.

41. RODRIGUES, Camila, et al. Avaliação dos Níveis de Radônio em Ambientes Fechados no Brasil: uma visão geral. Revista Virtual de Química, 2021, 13.6: 1372-1383.
42. AÏT-ZIANE, Mounir; LOUNIS-MOKRANI, Zohra; ALLAB, Malika. Preliminary study of effect of environmental parameter variations on indoor radon concentrations in Mediterranean climate. International Journal of Low Radiation, 2019, 11.2: 115-131.
43. CSORDÁS, Anita. Szkenner-alapú kiértékelő rendszer kifejlesztése radon nyomdetektorokhoz. 2019. PhD Thesis. Pannon Egyetem.
44. AÏT-ZIANE, Mounir. Mesure du gaz Radon dans différents milieux: application en radioprotection. 2017. PhD Thesis.
45. KAMALAKAR, D. V., et al. Seasonal variation of indoor radon, thoron and their progeny in Belagavi district of Karnataka, India. Environmental Monitoring and Assessment, 2022, 194.4: 310.

Ετεροαναφορές 34

Αυτοαναφορές 11

8.LOUIZI A, NIKOLOPOULOS D, KOUKOULIOU V, KEHAGIA K. Study of two areas in Greece with enhanced radon concentrations. Rad. Prot. Dosim. **2003** 106(3): 219-226, doi: <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a006352>.

IF=0.954

1. NIKEZIC, D.; YU, K. N. Formation and growth of tracks in nuclear track materials. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 2004, 46.3: 51-123.
2. SHEPPARD, S. C., et al. Revision and meta-analysis of selected biosphere parameter values for chlorine, iodine, neptunium, radium, radon and uranium. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2006, 89.2: 115-137.
3. VOGIANNIS, E., et al. Radon variations during treatment in thermal spas of Lesvos Island (Greece). *Journal of Environmental Radioactivity*, 2004, 75.2: 159-170.
4. PAPACHRISTODOULOU, C. A.; PATIRIS, D. L.; IOANNIDES, K. G. Exposure to indoor radon and natural gamma radiation in public workplaces in north-western Greece. *Radiation Measurements*, 2010, 45.7: 865-871.
5. NIKOLOPOULOS, D., et al. Environmental monitoring of radon in soil during a very seismically active period occurred in South West Greece. *Journal of Environmental Monitoring*, 2012, 14.2: 564-578.
6. NIKOLOPOULOS, D.; LOUIZI, A. Study of indoor radon and radon in drinking water in Greece and Cyprus: implications to exposure and dose. *Radiation Measurements*, 2008, 43.7: 1305-1314.
7. NIKOLOPOULOS, D., et al. Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): Results from measurements and modelling. *Science of the Total Environment*, 2010, 408.3: 495-504.

8. GERANIOS, Athanasios, et al. Multiple radon survey in spa of Loutra Edipsou (Greece). *Radiation Protection Dosimetry*, 2004, 112.2: 251-258.
9. DABAYNEH, K. Indoor radon concentration measurements in Tarqumia Girl Schools at Western Hebron Region, Palestine. *Isot. Radiat. Res*, 2006, 38.4: 1067-1077.
10. DABAYNEH, K.; AWAWDEH, K. Measurements of ²²²Rn concentration levels and calculate exhalation rates in some dwellings of Dura City— Palestine. *Al-Azhar J. Sci*, 2007, 18.2: 17-28.
11. NIKOLOPOULOS, D., et al. Dosimetry modelling of transient radon and progeny concentration peaks: results from in situ measurements in Ikaria spas, Greece. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2013, 15.6: 1216-1227.
12. LOUIZI, A., et al. Radon concentration measurements in waters in Greece and Cyprus.
http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/36/010/36010907.pdf
13. OMIROU, Michalakis, et al. In-depth study of radon in water in a Greek village with enhanced radon concentrations. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2023, 264: 107210.
14. KEHAGIA, Konstantina, et al. Natural radionuclides in thermal mineral springs in Edipsos Greece. *Radiation Protection Dosimetry*, 2023, ncad228.

15. OMIROU, Michalakis; CLOUVAS, Alexandros; LEONTARIS, Fokion.
Metrology aspects (sampling, storage, transportation, and measurement)
of radon in water. *Journal of the European Radon Association*, 2022.

Ετεροαναφορές 9

Αυτοαναφορές 6

11. VOGIANNIS E, **NIKOLOPOULOS D**, LOUIZI A, HALVADAKIS C. Radon variations during treatment in thermal spas of Lesvos Island (Greece). *J. Environ. Radioactiv.* **2004** 75(2):159-170, doi:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2003.12.002>. **IF=2.655**

1. GODOY, José Marcus; GODOY, Maria Luiza. Natural radioactivity in Brazilian groundwater. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2006, 85.1: 71-83.
2. NIKOLOV, J., et al. Exposure to radon in the radon spa Niška Banja, Serbia. *Radiation Measurements*, 2012, 47.6: 443-450.
3. NIKOLOPOULOS, Dimitrios; LOUIZI, Anna. Study of indoor radon and radon in drinking water in Greece and Cyprus: implications to exposure and dose. *Radiation Measurements*, 2008, 43.7: 1305-1314.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios; VOGIANNIS, Efstratios. Modelling radon progeny concentration variations in thermal spas. *Science of the total environment*, 2007, 373.1: 82-93.

5. NAGY, Katalin, et al. Study on endocronological effects of radon speleotherapy on respiratory diseases. *International Journal of Radiation Biology*, 2009, 85.3: 281-290.
6. VOGIANNIS, Efstratios; NIKOLOPOULOS, Dimitrios. Modelling of radon concentration peaks in thermal spas: Application to Polichnitos and Eftalou spas (Lesvos Island—Greece). *Science of the Total Environment*, 2008, 405.1: 36-44.
7. SOMLAI, J., et al. Contribution of ^{222}Rn , ^{226}Ra , ^{234}U and ^{238}U radionuclides to the occupational and patient exposure in Heviz-spas in Hungary. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2007, 272.1: 101-106.
8. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): Results from measurements and modelling. *Science of the total environment*, 2010, 408.3: 495-504.
9. TABAR, E.; YAKUT, H. Radon measurements in water samples from the thermal springs of Yalova basin, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2014, 299.1: 311-319.
10. GERANIOS, Athanasios, et al. Multiple radon survey in spa of Loutra Edipsou (Greece). *Radiation Protection Dosimetry*, 2004, 112.2: 251-258.
11. TABAR, E., et al. Radiological and chemical monitoring of Dikili geothermal waters, Western Turkey. *Radiation Physics and Chemistry*, 2013, 91: 89-97.

12. HUSSEIN, A. S. Radon in the environment: friend or foe. In:
Environmental Physics Conference, Aswan. 2008.
13. BONOTTO, Daniel Marcos; SANTOS, T. O. Health risk related to radon in a thermal spa utilizing waters from Guarani aquifer. *Environmental Health Risk*, 2007, 4: 137-146.
14. CAMPOS, M. P.; PECEQUILO, B. R. S.; MAZZILLI, B. P. ^{222}Rn and ^{212}Pb exposures at a Brazilian spa. *Radiation protection dosimetry*, 2010, 141.2: 210-214.
15. MISDAQ, M. A., et al. Radiation doses to individuals due to ^{238}U , ^{232}Th and ^{222}Rn from the immersion in thermal waters and to radon progeny from the inhalation of air inside thermal stations. *Radiation and environmental biophysics*, 2012, 51.4: 375-389.
16. PUGLIESE, M.; QUARTO, M.; ROCA, V. Radon concentrations in air and water in the thermal spas of Ischia Island. *Indoor and Built Environment*, 2014, 23.6: 823-827.
17. ABBASI, F.; ASMARI, M.; ARABSHAHI, H. Climate change assessment over Iran during future decades by using MAGICC-SCENGEN model. *International Journal of Science and Advanced Technology*, 2011, 1.5: 89.
18. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Dosimetry modelling of transient radon and progeny concentration peaks: results from in situ measurements in Ikaria spas, Greece. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2013, 15.6: 1216-1227.

19. CANTALUPPI, C., et al. Radionuclides Concentration in Water and Mud of Euganean Thermal District. *International Journal of Environmental Research*, 2014, 8.1: 237-248.
20. YARAR, Zeynep, et al. Indoor radon levels of spas and dwellings located around Bayındır geothermal region. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2014, 299.1: 343-349.
21. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Hurst exponent analysis of indoor radon profiles of Greek apartment dwellings. *J Phys Chem Biophys*, 2014, 4.168: 2161-0398.100016.
22. BOTHA, R.; NEWMAN, R. T.; MALEKA, P. P. Radon Levels Measured at a Touristic Thermal Spa Resort in Montagu (South Africa) and Associated Effective Doses. *Health Physics*, 2016, 111.3: 281-289.
23. SILVA, A. S.; DINIS, M. L.; FIÚZA, A. Research on occupational exposure to radon in Portuguese thermal spas. *Occupational Safety and Hygiene II*, 2014, 323.
24. NAGY, Katalin. *Clinical and experimental tests carried out with medicinal water and medicinal caves containing radon*. 2008. PhD Thesis. szte.
25. Serov, B. H. ; Muzykantova, B. C. ; Zharov EV Modern physiotherapy and balneotherapy communities women with inflammatory diseases of the pelvic organs. ROAG Journal, 201: 3-1.(СЕРОВ, В. Н.; МУЗЫКАНТОВА, В. С.; ЖАРОВ, Е. В. Современное физиотерапевтическое и бальнеологическое лечение жен щин с воспалительными заболеваниями органов малого таза. *Журнал РОАГ*, 201: 3-1.)

26. FLOROU, H., et al. The radiological evaluation of uranium, radium and radon in metallic and thermo-metallic springs in Ikaria Island, the eastern Aegean Sea, Greece. *Radioactivity in the Environment*, 2006, 8: 235-242.
27. AKKAYA, Gizem, et al. Variation in the radon concentrations and outdoor gamma radiation levels in relation to different geological formations in the thermal regions of Bursa, Turkey. *Journal of Radiological Protection*, 2016, 36.3: 490.
28. NOWAK, Jakub; DINH, Chau Nguyen. Radon as a Potential Health Hazard for Clients and Workers of Selected Thermal Spas in Poland. *Radiation Protection Dosimetry*, 2016.
29. KULALI, Feride; AKKURT, İskender; VOGIANNIS, Efstratios. The relation of seismic activity and radon concentration. In: SIMOS, Theodore E.; KALOGIRATOU, Zacharoula; MONOVASILIS, Theodore (ed.). *AIP Conference Proceedings*. AIP, 2014. p. 971-974.
30. ASMARI, M.; ABBASI, F.; ARABSHAHI, H. Scrutinizing Drought's Condition in the Coasts of Persian Gulf. *International Journal of Science and Advanced Technology*, 2011, 1.
31. TAJIKA, Yukari, et al. Effect of a Desiccant on the Measurement of Radon Concentration in Air. *Health physics(保健物理)*, 2014, 49.4: 190-193.
32. NOWAK, Jakub; DINH, Chau Nguyen; JODŁOWSKI, Paweł. Rn-222-a potential health risk for thermal spas workers in Poland. In: *Uranium-Past and Future Challenges*. Springer International Publishing, 2015. p. 643-648.

33. SCHRADER, Miriam; WIESMÜLLER, Gerhard Andreas; KRAUS, Thomas. Radon exposure indoors and its importance for Humans (Radon expositionen im Innenraum und deren gesundheitliche Bedeutung für den Menschen). Review thesis based on the Proceedings of Indoor Air von 1978 bis 2005 (Literaturübersicht anhand der Proceedings of Indoor Air von 1978 bis 2005).
<https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/binary/CIA62DS4TYRN5P3JMOGTWYIUCX5DDWWJ/full/1.pdf>
34. ASMARI, M.; ABBASI, F.; ARABSHAH, H. Preliminary Time Series Analysis of Mashhad Air Temperatures (1961-2005). *International Journal of Science and Advanced Technology*, 2011, 1.
35. MÜLLEROVÁ, Monika, et al. Preliminary results of radon survey in thermal spas in V4 countries. *Nukleonika*, 2016, 61.3: 303-306.
36. NOWAK, Jakub. *Natural radioactivity of thermal waters of the Polish Carpathians (Promieniotwórczość naturalna wód termalnych Karpat polskich)*. 2013. PhD Thesis.
<http://winntbg.bg.agh.edu.pl/rozprawy2/10632/full10632.pdf>
37. WARNER, Amy Lynn, et al. *Residential radon exposure: awareness and risk perception in rural Montana*. 2014. PhD Thesis. Montana State University-Bozeman, College of Nursing.
38. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radon exposure during treatment in some thermal spa centers in Greece.

http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/36/010/36010921.pdf

39. ABBASI, F.; ASMARI, M.; ARABSHAHI, H. Simulation of Forecasting Assessment for Iran Climate Change Using MAGICC-SCENGEN Method. *International Journal of Science and Advanced Technology*, 2011, 1.
40. PRZYLIBSKI, Tadeusz Andrzej. Radon: a radioactive therapeutic element. *Geological Society, London, Special Publications*, 2016, 451: SP451. 7.
41. PAQUET, F., et al. ICRP publication 137: occupational intakes of radionuclides: part 3. *Annals of the ICRP*, 2017, 46.3-4: 1-486.
42. MORENO, V., et al. Characterization of radon levels in soil and groundwater in the North Maladeta Fault area (Central Pyrenees) and their effects on indoor radon concentration in a thermal spa. *Journal of environmental radioactivity*, 2018, 189: 1-13.
43. PRZYLIBSKI, Tadeusz A.; STAŚKO, Stanisław; DOMIN, Elżbieta. Radon groundwater in a radon-prone area: possible uses and problems: an example from SW part of Kłodzko Valley, Sudetes, SW Poland. *Environmental geochemistry and health*, 2022, 44.12: 4539-4555.
44. IVANOVA, Kremena, et al. Analysis of exposure to radon in Bulgarian rehabilitation hospitals. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 1-11.
45. NGUYEN DINH, Chau; NOWAK, Jakub. Natural radioactivity in thermal waters: a case study from Poland. *Energies*, 2021, 14.3: 541.

46. PRZYLIBSKI, Tadeusz Andrzej. Radon: a radioactive therapeutic element. Geological Society, London, Special Publications, 2018, 451.1: 209-236.
47. STRYDOM, Tercia, et al. The use of Radon (Rn222) isotopes to detect groundwater discharge in streams draining Table Mountain Group (TMG) aquifers. Water SA, 2021, 47.2: 194-199.
48. GOLIÁŠ, Viktor, et al. Exploration and Investigation of High-Level Radon Medicinal Springs in the Crystalline Units: Lugicum. Water, 2022, 14.2: 200.
49. SAHIN, Latife; DURAK, Selin; HAFIZOĞLU, Nurgül. Assessment of radiation doses from natural radioactivity measurements in the spa centres of Kütahya Province, Turkey. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2022, 331.7: 2993-3004.
50. NOWAK, Jakub; NGUYEN DINH, Chau. Radon as a potential health hazard for clients and workers of selected thermal spas in Poland. Radiation Protection Dosimetry, 2017, 175.3: 373-377.
51. KAMENOVA-TOTZEVA, R. M., et al. Quantitative and qualitative study of radon content in Bulgarian mineral waters. Radiation Protection Dosimetry, 2018, 181.1: 48-51.
52. KAMENOVA-TOTZEVA, R. M., et al. Quantitative and qualitative study of radon content in Bulgarian mineral waters. Radiation Protection Dosimetry, 2018, 181.1: 48-51.

53. BAHTIJARI, M., et al. Radon activity assessment of thermal water in Spas of Kosovo by using different methods. *International Journal of Radiation Research*, 2022, 20.1: 229-233.
54. MIHÓK, Peter, et al. The Current Challenges of Applied Social Science Research of Radon Spas' English Language Marketing Activities on the Internet: Selected Desk Research Results. *Ekonomika a spoločnosť*, 2021, 22.1: 55-76.
55. GOLIÁŠ, V., et al. Exploration and Investigation of High-Level Radon Medicinal Springs in the Crystalline Units: Lugicum. *Water* 2022, 14, 200. 2022.
56. NGUYEN DINH, C.; NOWAK, J. Natural Radioactivity in Thermal Waters: A Case Study from Poland. *Energies* 2021, 14, 541. 2021.

Ετεροαναφορές 48

Αυτοαναφορές 8

12.VOGIANNIS E, NIKOLOPOULOS D, LOUIZI A. HALVADAKIS C. Radon exposure in the thermal spas of Lesvos island-Greece. *Rad. Prot. Dosim.* **2004** 111(1):1-7, doi: <http://dx.doi.org/10.1093/rpd/nch373>. **IF=0.954**

1. BARTRAM, Jamie. *Legionella and the prevention of legionellosis*. World Health Organization, 2007.
2. VAUPOTIČ, Janja. Nanosize radon short-lived decay products in the air of the Postojna Cave. *Science of the Total Environment*, 2008, 393.1: 27-38.

3. PAPAETHYMIIOU, H.; GEORGIIOU, C. D. Indoor radon levels in primary schools of Patras, Greece. *Radiation Protection Dosimetry*, 2007, 124.2: 172-176.
4. PAPACHRISTODOULOU, C. A.; PATIRIS, D. L.; IOANNIDES, K. G. Exposure to indoor radon and natural gamma radiation in public workplaces in north-western Greece. *Radiation Measurements*, 2010, 45.7: 865-871.
5. NIKOLOPOULOS, Dimitrios; VOGIANNIS, Efstratios. Modelling radon progeny concentration variations in thermal spas. *Science of the total environment*, 2007, 373.1: 82-93.
6. GURLER, Orhan, et al. Measurements of radon levels in thermal waters of Bursa, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2010, 19.12a: 3013-3017.
7. VOGIANNIS, Efstratios; NIKOLOPOULOS, Dimitrios. Modelling of radon concentration peaks in thermal spas: Application to Polichnitos and Eftalou spas (Lesvos Island—Greece). *Science of the total environment*, 2008, 405.1: 36-44.
8. NAGY, Katalin, et al. Does balneotherapy with low radon concentration in water influence the endocrine system? A controlled non-randomized pilot study. *Radiation and environmental biophysics*, 2009, 48.3: 311-315.
9. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): Results from

- measurements and modelling. *Science of the total environment*, 2010, 408.3: 495-504.
10. ERDOGAN, Mehmet; OZDEMIR, Fatih; EREN, Nuretdin. Measurements of radon concentration levels in thermal waters in the region of Konya, Turkey. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 2013, 49.4: 567-574.
11. TRABIDOU, G.; FLOROU, H. Estimation of dose rates to humans exposed to elevated natural radioactivity through different pathways in the island of Ikaria, Greece. *Radiation Protection Dosimetry*, 2010, 142.2-4: 378-384.
12. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Dosimetry modelling of transient radon and progeny concentration peaks: results from in situ measurements in Ikaria spas, Greece. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2013, 15.6: 1216-1227.
13. SILVA, A. S.; DINIS, M. L.; FIÚZA, A. Research on occupational exposure to radon in Portuguese thermal spas. *Occupational Safety and Hygiene II*, 2014, 323.
14. Serov, B. H. ; Muzykantova, B. C. ; Zharov EV Modern physiotherapy and balneotherapy communities women with inflammatory diseases of the pelvic organs. *ROAG Journal*, 201: 3-1.(СЕРОВ, В. Н.; МУЗЫКАНТОВА, В. С.; ЖАРОВ, Е. В. Современное физиотерапевтическое и бальнеологическое лечение жен щин с воспалительными заболеваниями органов малого таза. *Журнал РОАГ*, 201: 3-1.)

15. LABIDI, S.; AL-AZMI, Darwish; SALAH, R. Ben. Indoor radon in Tunisian spas. *Radioprotection*, 2012, 47.03: 361-373.
16. TAJIKA, Yukari, et al. Effect of a Desiccant on the Measurement of Radon Concentration in Air. *Health Physics(保健物理)*, 2014, 49.4: 190-193.
17. SCHRADER, Miriam; WIESMÜLLER, Gerhard Andreas; KRAUS, Thomas. Radon exposure indoors and its importance for Humans (Radon expositionen im Innenraum und deren gesundheitliche Bedeutung für den Menschen). Review thesis based on the Proceedings of Indoor Air von 1978 bis 2005 (Literaturübersicht anhand der Proceedings of Indoor Air von 1978 bis 2005).
<https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/binary/CIA62DS4TYRN5P3JMOGTWYIUCX5DDWWJ/full/1.pdf>
18. VAUPOTIČ, Janja. Nanosize aerosols of radon decay products in various environments. *HDZZ CRPA*, 2008, 269.
19. CIORBA, D.; TRUTA, A. Cytotoxic exposure of green algae *Chlamydomonas peterfii* Gerloff in radon aerosols. *J. Phys. Rom*, 2012.
20. WALCZAK, Katarzyna; ZMYŚLONY, Marek. Estimation of effective dose from radon in selected geothermal spa on the basis of information on concentrations of radon. *Occupational Medicine (Szacowanie dawek efektywnych pochodzących od radonu w wybranych placówkach geotermalnych SPA na podstawie informacji o stężeniach radonu. Medycyna Pracy)* 2013, 64.2: 193-198.

21. Yang Zhong(杨忠), et al. Investigation and evaluation of radioactivity levels in hot spring development in Guizhou Province. Chinese Journal of Radiation Medicine and Protection (杨忠, et al. 贵州省温泉开发中的放射性水平调查与评价. 中华放射医学与防护杂志,), 2012, 32.001: 94-96.
22. LA VERDE, G., et al. Radon surveys and effectiveness of remedial actions in spas on the ischia island (Italy). Applied Radiation and Isotopes, 2022, 185: 110221.
23. DURAN, S. U., et al. Radioactivity measurements in spas of central and Eastern Black Sea region, Turkey. International Journal of Radiation Research, 2019, 17.3: 383-391.
24. PIEDADE, Sara Beatriz Lima. Analysis of Legionella's Presence and Concentration in Water Systems Control. 2020.
25. ERDOGAN, M., et al. Radon activities of thermal water in Turkish thermal baths in Central Anatolia. Environment and Health International, 135.

Ετεροαναφορές 21

Αυτοαναφορές 4

- 13.** LOUIZI, A., et al. Study of a Greek area with enhanced indoor radon concentrations. Radiation Protection Dosimetry, 2003, 106.3: 219-225.
 1. M OMIROU et al., Risk assessment from radon in domestic water for the Greek population, Radiation Protection Dosimetry, ncad309, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncad309>

Ετεροαναφορές 11

Αυτοαναφορές 0

14.LIAPARINOS P, KANDARAKIS I, CAVOURAS D, **NIKOLOPOULOS, D**, VALAIS I. Simulating the emission efficiency and resolution properties of fluorescent screens by Monte Carlo methods. *IEEE Nucl. Sci. Symp. Conf. Rec.* **2004** 2:1187-1191, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/NSSMIC.2004.1462347>.

IF=0.101

1. PISTRUI-MAXIMEAN, S. A., et al. Geant4 simulation of the response of phosphor screens for X-ray imaging. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2006, 563.1: 196-199.
2. FAST, M. F., et al. Finding an improved amorphous-silicon x-ray flat-panel detector configuration for the in-line geometry. *Physics in medicine and biology*, 2013, 58.7: 2305.
3. PISTRUI-MAXIMEAN, S. A., et al. Measurement and Monte Carlo modeling of the spatial response of scintillation screens. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2007, 581.3: 719-727.
4. PISTRUI-MAXIMEAN, S. A., et al. Simulation study of the role played by intensifying or support layers in scintillation screens. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2007, 54.3: 699-705.

5. FAST, Martin. *New Methods for Motion Management During Radiation Therapy*. 2013. PhD Thesis.

Ετεροαναφορές 5

Αυτοαναφορές 0

15.VOGIANNIS E, NIKOLOPOULOS D, LOUIZI A, HALVADAKIS C. Radon variations during treatment in thermal spas of Lesvos Island (Greece). *J. Environ. Radioactiv.* **2004** 76(3):283-294, doi:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2003.11.009>. **IF=2.655**

1. GODOY, José Marcus; GODOY, Maria Luiza. Natural radioactivity in Brazilian groundwater. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2006, 85.1: 71-83.
2. NIKOLOV, J., et al. Exposure to radon in the radon spa Niška Banja, Serbia. *Radiation Measurements*, 2012, 47.6: 443-450.
3. NIKOLOPOULOS, Dimitrios; LOUIZI, Anna. Study of indoor radon and radon in drinking water in Greece and Cyprus: implications to exposure and dose. *Radiation Measurements*, 2008, 43.7: 1305-1314.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios; VOGIANNIS, Efstratios. Modelling radon progeny concentration variations in thermal spas. *Science of the total environment*, 2007, 373.1: 82-93.
5. NAGY, Katalin, et al. Study on endocronological effects of radon speleotherapy on respiratory diseases. *International Journal of Radiation Biology*, 2009, 85.3: 281-290.

6. VOGIANNIS, Efstratios; NIKOLOPOULOS, Dimitrios. Modelling of radon concentration peaks in thermal spas: Application to Polichnitos and Eftalou spas (Lesvos Island—Greece). *Science of the Total Environment*, 2008, 405.1: 36-44.
7. SOMLAI, J., et al. Contribution of ^{222}Rn , ^{226}Ra , ^{234}U and ^{238}U radionuclides to the occupational and patient exposure in Heviz-spas in Hungary. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2007, 272.1: 101-106.
8. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): Results from measurements and modelling. *Science of the total environment*, 2010, 408.3: 495-504.
9. TABAR, E.; YAKUT, H. Radon measurements in water samples from the thermal springs of Yalova basin, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2014, 299.1: 311-319.
10. GERANIOS, Athanasios, et al. Multiple radon survey in spa of Loutra Edipsou (Greece). *Radiation Protection Dosimetry*, 2004, 112.2: 251-258.
11. TABAR, E., et al. Radiological and chemical monitoring of Dikili geothermal waters, Western Turkey. *Radiation Physics and Chemistry*, 2013, 91: 89-97.
12. HUSSEIN, A. S. Radon in the environment: friend or foe. In: *Environmental Physics Conference, Aswan. 2008.*

13. BONOTTO, Daniel Marcos; SANTOS, T. O. Health risk related to radon in a thermal spa utilizing waters from Guarani aquifer. *Environmental Health Risk*, 2007, 4: 137-146.
14. CAMPOS, M. P.; PECEQUILO, B. R. S.; MAZZILLI, B. P. ^{222}Rn and ^{212}Pb exposures at a Brazilian spa. *Radiation protection dosimetry*, 2010, 141.2: 210-214.
15. MISDAQ, M. A., et al. Radiation doses to individuals due to ^{238}U , ^{232}Th and ^{222}Rn from the immersion in thermal waters and to radon progeny from the inhalation of air inside thermal stations. *Radiation and environmental biophysics*, 2012, 51.4: 375-389.
16. PUGLIESE, M.; QUARTO, M.; ROCA, V. Radon concentrations in air and water in the thermal spas of Ischia Island. *Indoor and Built Environment*, 2014, 23.6: 823-827.
17. ABBASI, F.; ASMARI, M.; ARABSHAHI, H. Climate change assessment over Iran during future decades by using MAGICC-SCENGEN model. *International Journal of Science and Advanced Technology*, 2011, 1.5: 89.
18. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Dosimetry modelling of transient radon and progeny concentration peaks: results from in situ measurements in Ikaria spas, Greece. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2013, 15.6: 1216-1227.
19. CANTALUPPI, C., et al. Radionuclides Concentration in Water and Mud of Euganean Thermal District. *International Journal of Environmental Research*, 2014, 8.1: 237-248.

20. YARAR, Zeynep, et al. Indoor radon levels of spas and dwellings located around Bayındır geothermal region. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2014, 299.1: 343-349.
21. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Hurst exponent analysis of indoor radon profiles of Greek apartment dwellings. *J Phys Chem Biophys*, 2014, 4.168: 2161-0398.100016.
22. BOTHA, R.; NEWMAN, R. T.; MALEKA, P. P. Radon Levels Measured at a Touristic Thermal Spa Resort in Montagu (South Africa) and Associated Effective Doses. *Health Physics*, 2016, 111.3: 281-289.
23. SILVA, A. S.; DINIS, M. L.; FIÚZA, A. Research on occupational exposure to radon in Portuguese thermal spas. *Occupational Safety and Hygiene II*, 2014, 323.
24. NAGY, Katalin. *Clinical and experimental tests carried out with medicinal water and medicinal caves containing radon*. 2008. PhD Thesis. szte.
25. Serov, B. H .; Muzykantova, B. C .; Zharov EV Modern physiotherapy and balneotherapy communities women with inflammatory diseases of the pelvic organs. ROAG Journal, 201: 3-1.(СЕРОВ, В. Н.; МУЗЫКАНТОВА, В. С.; ЖАРОВ, Е. В. Современное физиотерапевтическое и бальнеологическое лечение жен щин с воспалительными заболеваниями органов малого таза. *Журнал РОАГ*, 201: 3-1.)
26. FLOROU, H., et al. The radiological evaluation of uranium, radium and radon in metallic and thermo-metallic springs in Ikaria Island, the eastern Aegean Sea, Greece. *Radioactivity in the Environment*, 2006, 8: 235-242.

27. AKKAYA, Gizem, et al. Variation in the radon concentrations and outdoor gamma radiation levels in relation to different geological formations in the thermal regions of Bursa, Turkey. *Journal of Radiological Protection*, 2016, 36.3: 490.
28. NOWAK, Jakub; DINH, Chau Nguyen. Radon as a Potential Health Hazard for Clients and Workers of Selected Thermal Spas in Poland. *Radiation Protection Dosimetry*, 2016.
29. KULALI, Feride; AKKURT, İskender; VOGIANNIS, Efstratios. The relation of seismic activity and radon concentration. In: SIMOS, Theodore E.; KALOGIRATOU, Zacharoula; MONOVASILIS, Theodore (ed.). *AIP Conference Proceedings*. AIP, 2014. p. 971-974.
30. ASMARI, M.; ABBASI, F.; ARABSHAHI, H. Scrutinizing Drought's Condition in the Coasts of Persian Gulf. *International Journal of Science and Advanced Technology*, 2011, 1.
31. TAJIKA, Yukari, et al. Effect of a Desiccant on the Measurement of Radon Concentration in Air. *Health physics(保健物理)*, 2014, 49.4: 190-193.
32. NOWAK, Jakub; DINH, Chau Nguyen; JODŁOWSKI, Paweł. Rn-222-a potential health risk for thermal spas workers in Poland. In: *Uranium-Past and Future Challenges*. Springer International Publishing, 2015. p. 643-648.
33. SCHRADER, Miriam; WIESMÜLLER, Gerhard Andreas; KRAUS, Thomas. Radon exposure indoors and its importance for Humans (Radon expositionen im Innenraum und deren gesundheitliche Bedeutung für den

- Menschen). Review thesis based on the Proceedings of Indoor Air von 1978 bis 2005 (Literaturübersicht anhand der Proceedings of Indoor Air von 1978 bis 2005).
- <https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/binary/CIA62DS4TYRN5P3JMOGTWYIUCX5DDWWJ/full/1.pdf>
34. ASMARI, M.; ABBASI, F.; ARABSHAHI, H. Preliminary Time Series Analysis of Mashhad Air Temperatures (1961-2005). *International Journal of Science and Advanced Technology*, 2011, 1.
35. MÚLLEROVÁ, Monika, et al. Preliminary results of radon survey in thermal spas in V4 countries. *Nukleonika*, 2016, 61.3: 303-306.
36. NOWAK, Jakub. *Natural radioactivity of thermal waters of the Polish Carpathians (Promieniotwórczość naturalna wód termalnych Karpat polskich)*. 2013. PhD Thesis.
- <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/rozprawy2/10632/full10632.pdf>
37. WARNER, Amy Lynn, et al. *Residential radon exposure: awareness and risk perception in rural Montana*. 2014. PhD Thesis. Montana State University-Bozeman, College of Nursing.
38. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radon exposure during treatment in some thermal spa centers in Greece.
- http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/36/010/36010921.pdf

39. ABBASI, F.; ASMARI, M.; ARABSHAHI, H. Simulation of Forecasting Assessment for Iran Climate Change Using MAGICC-SCENGEN Method. *International Journal of Science and Advanced Technology*, 2011, 1.
40. PRZYLIBSKI, Tadeusz Andrzej. Radon: a radioactive therapeutic element. *Geological Society, London, Special Publications*, 2016, 451: SP451. 7.
41. PAQUET, F., et al. ICRP publication 137: occupational intakes of radionuclides: part 3. *Annals of the ICRP*, 2017, 46.3-4: 1-486.
42. MORENO, V., et al. Characterization of radon levels in soil and groundwater in the North Maladeta Fault area (Central Pyrenees) and their effects on indoor radon concentration in a thermal spa. *Journal of environmental radioactivity*, 2018, 189: 1-13.
43. PRZYLIBSKI, Tadeusz A.; STAŚKO, Stanisław; DOMIN, Elżbieta. Radon groundwater in a radon-prone area: possible uses and problems: an example from SW part of Kłodzko Valley, Sudetes, SW Poland. *Environmental geochemistry and health*, 2022, 44.12: 4539-4555.
44. IVANOVA, Kremena, et al. Analysis of exposure to radon in Bulgarian rehabilitation hospitals. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 1-11.
45. NGUYEN DINH, Chau; NOWAK, Jakub. Natural radioactivity in thermal waters: a case study from Poland. *Energies*, 2021, 14.3: 541.
46. PRZYLIBSKI, Tadeusz Andrzej. Radon: a radioactive therapeutic element. *Geological Society, London, Special Publications*, 2018, 451.1: 209-236.

47. STRYDOM, Tercia, et al. The use of Radon (Rn222) isotopes to detect groundwater discharge in streams draining Table Mountain Group (TMG) aquifers. *Water SA*, 2021, 47.2: 194-199.
48. GOLIÁŠ, Viktor, et al. Exploration and Investigation of High-Level Radon Medicinal Springs in the Crystalline Units: Lugicum. *Water*, 2022, 14.2: 200.
49. SAHIN, Latife; DURAK, Selin; HAFIZOĞLU, Nurgül. Assessment of radiation doses from natural radioactivity measurements in the spa centres of Kütahya Province, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2022, 331.7: 2993-3004.
50. NOWAK, Jakub; NGUYEN DINH, Chau. Radon as a potential health hazard for clients and workers of selected thermal spas in Poland. *Radiation Protection Dosimetry*, 2017, 175.3: 373-377.
51. KAMENOVA-TOTZEVA, R. M., et al. Quantitative and qualitative study of radon content in Bulgarian mineral waters. *Radiation Protection Dosimetry*, 2018, 181.1: 48-51.
52. KAMENOVA-TOTZEVA, R. M., et al. Quantitative and qualitative study of radon content in Bulgarian mineral waters. *Radiation Protection Dosimetry*, 2018, 181.1: 48-51.
53. BAHTIJARI, M., et al. Radon activity assessment of thermal water in Spas of Kosovo by using different methods. *International Journal of Radiation Research*, 2022, 20.1: 229-233.

54. MIHÓK, Peter, et al. The Current Challenges of Applied Social Science Research of Radon Spas' English Language Marketing Activities on the Internet: Selected Desk Research Results. *Ekonomika a spoločnosť*, 2021, 22.1: 55-76.
55. GOLIÁŠ, V., et al. Exploration and Investigation of High-Level Radon Medicinal Springs in the Crystalline Units: Lugicum. *Water* 2022, 14, 200. 2022.
56. NGUYEN DINH, C.; NOWAK, J. Natural Radioactivity in Thermal Waters: A Case Study from Poland. *Energies* 2021, 14, 541. 2021.

Ετεροαναφορές 48

Αυτοαναφορές 8

16.GERANIOS A, NIKOLOPOULOS D, LOUIZI A, KARATZI A. Multiple Radon Survey in Spa of Loutra Edipsou (Greece). *Rad. Prot. Dosim.* **2004** 112(2): 251-258, doi: <http://dx.doi.org/10.1093/rpd/nch392>. **IF=0.954**

1. VAUPOTIČ, Janja. Nanosize radon short-lived decay products in the air of the Postojna Cave. *Science of the total environment*, 2008, 393.1: 27-38.
2. PAPAETHYMIIOU, H.; GEORGIIOU, C. D. Indoor radon levels in primary schools of Patras, Greece. *Radiation protection dosimetry*, 2007, 124.2: 172-176.
3. PAPACHRISTODOULOU, C. A.; PATIRIS, D. L.; IOANNIDES, K. G. Exposure to indoor radon and natural gamma radiation in public

- workplaces in north-western Greece. *Radiation Measurements*, 2010, 45.7: 865-871.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios; VOGIANNIS, Efstratios. Modelling radon progeny concentration variations in thermal spas. *Science of the total environment*, 2007, 373.1: 82-93.
 5. VOGIANNIS, Efstratios; NIKOLOPOULOS, Dimitrios. Modelling of radon concentration peaks in thermal spas: Application to Polichnitos and Eftalou spas (Lesvos Island—Greece). *Science of the total environment*, 2008, 405.1: 36-44.
 6. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): Results from measurements and modelling. *Science of the total environment*, 2010, 408.3: 495-504.
 7. TRABIDOU, G.; FLOROU, H. Estimation of dose rates to humans exposed to elevated natural radioactivity through different pathways in the island of Ikaria, Greece. *Radiation protection dosimetry*, 2010, 142.2-4: 378-384.
 8. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Dosimetry modelling of transient radon and progeny concentration peaks: results from in situ measurements in Ikaria spas, Greece. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2013, 15.6: 1216-1227.
 9. Serov, B. H .; Muzykantova, B. C .; Zharov EV *Modern physiotherapy and balneotherapy communities women with inflammatory diseases of the*

- pelvic organs. ROAG Journal, 201: 3-1. (СЕРОВ, В. Н.; МУЗЫКАНТОВА, В. С.; ЖАРОВ, Е. В. Современное физиотерапевтическое и бальнеологическое лечение жен щин с воспалительными заболеваниями органов малого таза. Журнал РОАГ, 201: 3-1.*
10. BIIRA, Saphina; KISOLO, Akisophel W.; D'UJANGA, Florence Mutonyi. Concentration levels of radon in mines, industries and dwellings in selected areas of Tororo and Busia districts, Eastern Uganda." *Advances in Applied Science Research*, 2014, 5(6):31-44.
11. PAQUET, F., et al. ICRP publication 137: occupational intakes of radionuclides: part 3. *Annals of the ICRP*, 2017, 46.3-4: 1-486.
12. DURAN, S. U., et al. Radioactivity measurements in spas of central and Eastern Black Sea region, Turkey. *International Journal of Radiation Research*, 2019, 17.3: 383-391.

Ετεροαναφορές 8

Αυτοαναφορές 4

19.PETALAS A, VOGIANNIS S, NIKOLOPOULOS D, HALVADAKIS CP.

Preliminary survey of outdoor gamma dose rates in Lesvos Island (Greece). *Rad. Prot. Dosim.* **2005** 113:336-341, doi: <http://dx.doi.org/10.1093/rpd/nch455>.

IF=0.954

1. Tyler, andrew n. In situ and airborne gamma-ray spectrometry. *Radioactivity in the Environment*, 2008, 11: 407-448.

2. Nikolopoulos, dimitrios; louizi, anna. Study of indoor radon and radon in drinking water in Greece and Cyprus: implications to exposure and dose. *Radiation Measurements*, 2008, 43.7: 1305-1314.
3. Hossain, Shahadat, et al., Measurement of Indoor Terrestrial Gamma Radiation Dose and Evaluation of Annual Effective Dose at AECD Campus, Dhaka, Bangladesh. *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)* 2017, 5(3):5233-5241.
4. MIAN, M. S., et al. In-Situ Environmental Gamma Radiation Monitoring at Ramna Thana, Dhaka, Bangladesh: In-Situ Environmental Gamma Radiation Monitoring. *Journal of Scientific Research*, 2019, 11.3: 263-272.
5. TAZMIN, Shamsad, et al. Real-Time Environmental Gamma Dose Rates Measurement and Evaluation of Annual Effective Dose to population of Shahbag Thana, Dhaka, Bangladesh. *Environments*, 2018, 18: 25.
6. MOONTAHA, Sidratul, et al. Real-Time Environmental Gamma Radiation Dose Rate Measurement around Major Nuclear and Radiological Facilities in Bangladesh. *International Journal of Scientific Research and Management*, 2018, 6.3.
7. RAHMAN, M. S., et al. Measurement of Environmental Gamma Dose at AECD Campus of Bangladesh. *Journal of Scientific Research*, 2014, 6.2: 285-291.
8. PAPPA, Filothei. Radioactivity measurements in eastern Lesvos, Greece. *HNPS Advances in Nuclear Physics*, 2023, 29: 144-148.

9. HASSAN, Md Touhidul, et al. Seasonal Variation of Terrestrial Gamma Radiation Dose and Evaluation of Annual Effective Dose in AECD Campus, Dhaka, Bangladesh. *International Journal of scientific research and management (IJSRM)*, 2016, 4.09: 4478-4486.
10. RAHMAN, M. S., et al. Assessment of Environmental Terrestrial Gamma Dose by In-Situ Method. *Bangladesh Journal of Physics*, 2015, 17: 70-75.
11. OZAIN-PORTERIE, Anastasia M.; QUACH, Tommy; HARVEY, Mark C. Measurement of the background gamma dose rates in Houston, Texas: a descriptive summary of an undergraduate research mentored project performed by students underrepresented in the health physics profession. *Health Physics*, 2018, 115.6: 787-790.

Ετεροαναφορές 10

Αυτοαναφορές 1

21. LOUIZI A, NIKOLOPOULOS D, SEREFOGLOU A, MALAMITSI J. Preliminary study of two high radon areas in Greece. *Radioactivity in the Environment* **2005** 7:431-437, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1569-4860\(04\)07050-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1569-4860(04)07050-0).

1. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Environmental monitoring of radon in soil during a very seismically active period occurred in South West Greece. *Journal of Environmental Monitoring*, 2012, 14.2: 564-578.
2. LOUIZI, A., et al. Study of a Greek area with enhanced indoor radon concentrations. *Radiation Protection Dosimetry*, 2003, 106.3: 219-225.

3. ELEFTHERIOU, Georgios, et al. Continuous monitoring of multiple submarine springs by means of gamma-ray spectrometry. *Journal of environmental radioactivity*, 2020, 216: 106180.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 2

22.CAVOURAS D, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KALATZIS I, EPISKOPAKIS A, LINARDATOS D, ROUSSOU M, NIRGIANAKI E, MARGETIS D, VALAIS I, KALIVAS N, KOURKOUTAS K, SIANOUDIS I, DIMITROPOULOS N, LOUIZI A, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Light emission efficiency and imaging performance of $Y_2Al_5O_{12}:Ce$ (YAG:Ce) powder scintillator under diagnostic radiology conditions, *Appl. Phys. (B)* **2005** 80(7):923-933, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00340-005-1791-8>. **IF=2.171**

1. SALADINO, Maria Luisa, et al. Ce: YAG nanoparticles embedded in a PMMA matrix: preparation and characterization. *Langmuir*, 2010, 26.16: 13442-13449.
2. ZANG, Dong Sik, et al. New fast-decaying green and red phosphors for 3D application of plasma display panels. *Journal of Luminescence*, 2009, 129.9: 1088-1093.
3. ASAKURA, R., et al. Effects of citric acid additive on photoluminescence properties of YAG: Ce $3+$ nanoparticles synthesized by glycothermal reaction. *Journal of Luminescence*, 2007, 127.2: 416-422.

4. MICHAÏL, C. M., et al. A comparative investigation of Lu₂SiO₅: Ce and Gd₂O₂S: Eu powder scintillators for use in x-ray mammography detectors. *Measurement Science and Technology*, 2009, 20.10: 104008.
5. MICHAÏL, Christos M., et al. Evaluation of the Red Emitting Gd₂O₂S:Eu Powder Scintillator for Use in Indirect X-Ray Digital Mammography Detectors. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2011, 58.5: 2503-2511.
6. MICHAÏL, Christos M., et al. Light Emission Efficiency of Gd₂O₂S:Eu (GOS: Eu) Powder Screens Under X-Ray Mammography Conditions. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55.6: 3703-3709.
7. MICHAÏL, C., et al. Imaging performance and light emission efficiency of Lu₂SiO₅: Ce (LSO: Ce) powder scintillator under X-ray mammographic conditions. *Applied Physics B: Lasers and Optics*, 2009, 95.1: 131-139.
8. KALYVAS, N., et al. Studying the luminescence efficiency of Lu₂O₃: Eu nanophosphor material for digital X-ray imaging applications. *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, 2012, 106.1: 131-136.
9. SCHAUER, Petr; BOK, Jan. Study of spatial resolution of YAG: Ce cathodoluminescent imaging screens. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2013, 308: 68-73.
10. VARNEY, C. R., et al. X-ray luminescence based spectrometer for investigation of scintillation properties. *Review of Scientific Instruments*, 2012, 83.10: 103112.

11. XU, Meng M., et al. Solvothermal synthesis and luminescence properties of yttrium aluminum garnet monodispersed crystallites with well-developed faces. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2014, 118.46: 27000-27009.
12. DAVID, Stratos L., et al. Investigation of Luminescence Properties of $\text{Lu}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}$ (LSO) Powder Scintillator in the X-Ray Radiography Energy Range. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55.6: 3684-3691.
13. SPYROPOULOU, V., et al. Modelling the imaging performance and low contrast detectability in digital mammography. *Journal of Instrumentation*, 2009, 4.06: P06004.
14. DAVID, S. L., et al. Evaluation of the luminescence efficiency of YAG: Ce powder scintillating screens for use in digital mammography detectors. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2010, 57.3: 951-957.
15. BOK, Jan; HORODYSKÝ, Petr; KRZYŽÁNEK, Vladislav. Effect of oxidation annealing on optical properties of YAG: Ce single crystals. *Optical Materials*, 2015, 46: 591-595.
16. SELIM, Farida A. *Luminescence based spectrometers*. U.S. Patent No 9,261,469, 2016.
17. HOSSEINIFARD, Mojtaba; BADIEI, Alireza; AHMADI, Kamran. Synthesis and characterization of yttrium aluminum garnet nanostructures by cathodic electrodeposition method. *Advanced Powder Technology*, 2016.
18. MICHAEL, Christos., et al. Efficiency of $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{eu}$ powder phosphor as X-ray to light converter under radiographic imaging conditions. 2015. O. Dössel and W.C. Schlegel (Eds.): WC 2009, IFMBE Proceedings 25/II, pp.

- 794–797, 2009.
- http://hypatia.teiath.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/4529/10.1007_978-3-642-03879-2_222.pdf?sequence=1
19. MIXAHA, Χρήστος. *Investigation of optical and imaging characteristics of fluorescent screens for use in digital imaging detectors suitable for telemedicine*. 2010. PhD Thesis.
20. MIXAHA, Χρήστος M., et al. A comparative investigation of Lu_2SiO_5 : Ce and $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$: Eu powder scintillators for use in x-ray mammography detectors. *Meas. Sci. Technol.* 20 (2009) 104008, <http://hypatia.teiath.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/4254/MST%20Michail%20final%20published.pdf?sequence=1>
21. MICHAEL, Christos, et al. Imaging Performance of LSO: Ce Powder Phosphor Screens In The X-Ray Mammography Energy Range. In: *3rd International Conference "From Scientific Computing to Computational Engineering, 3rd IC-SCCE Athens*. 2008. p. 9-12.
22. MICHAEL, Christos, et al. Imaging performance and light emission efficiency of Lu_2SiO_5 : Ce (LSO: Ce) powder scintillator under X-ray mammographic conditions. *Appl Phys B* (2009) 95: 131–139.
23. SPYROPOULOU, Vassiliki, et al. Modelling the imaging performance and low contrast detectability in digital mammography. 2009 JINST 4 P06004.
24. DAVID, S., et al. Luminescence efficiency of fast yttrium aluminum garnet phosphor screens for use in digital breast tomosynthesis detectors. In: *3rd International Conference on Experiments/Process/System*

- Modeling/Simulation & Optimization, 3rd IC-EpsMsO, Athens. 2009. p. 8-11.*
25. KALYVAS, Nektarios, et al. Studying the luminescence efficiency of Lu_2O_3 :Eu nanophosphor material for digital X-ray imaging applications. *Appl Phys A* (2012) 106:131–136.
26. MICHAEL, C. M., et al. Efficiency of $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$:Eu powder phosphor as X-ray to light converter under radiographic imaging conditions. In: *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, September 7-12, 2009, Munich, Germany*. Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 794-797.
27. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.
28. SAATSAKIS, George, et al. Optical characteristics of $\text{ZnCuInS}/\text{ZnS}$ (core/shell) nanocrystal flexible films under X-ray excitation. *Crystals*, 2019, 9.7: 343.
29. HOSSEINIFARD, Mojtaba; BADIEI, Alireza; AHMADI, Kamran. Synthesis and characterization of yttrium aluminum garnet nanostructures by cathodic electrodeposition method. *Advanced Powder Technology*, 2017, 28.2: 411-418.
30. ΣΑΑΤΣΑΚΗΣ, Γεώργιος. Optical characteristics of quantum dots embedded in polymer films for use in medical imaging. 2020.

31. FEDOSIK, Dmitry; WINTZER, Wolfram; FISCHER, Jens. Vehicle headlight. U.S. Patent No 10,018,323, 2018.
32. ΨΥΧΗΣ, Κωνσταντίνος. Signal transfer characteristics of columnar phosphors used in X-ray imaging. 2017. PhD Thesis.
33. DI NANOFILLER, SINTESI E. CARATTERIZZAZIONE; POLIMERICI, E. LORO COMPOSITI. FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI.

Ετεροαναφορές 32

Αυτοαναφορές 1

23.KANDARAKIS I, CAVOURAS D, **NIKOLOPOULOS D**, ANASTASIOU A, DIMITROPOULOS N, KALIVAS N, VENTOURAS E, KALATZIS I, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Evaluation of ZnS:Cu phosphor as x-ray to light converter under mammographic conditions. *Radiat. Meas.* **2005** 39(3):263-275, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2004.02.023>. **IF=1.743**

1. MA, Lun; CHEN, Wei. ZnS: Cu, Co water-soluble afterglow nanoparticles: synthesis, luminescence and potential applications. *Nanotechnology*, 2010, 21.38: 385604.
2. YAZICI, A. Necmeddin; ÖZTAŞ, Mustafa; BEDIR, Metin. The thermoluminescence properties of copper doped ZnS nanophosphor. *Optical Materials*, 2007, 29.8: 1091-1096.
3. MICHAEL, C., et al. Evaluation of the imaging performance of LSO powder scintillator for use in X-ray mammography. *Nuclear Instruments and*

- Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2007, 580.1: 558-561.
4. KALIVAS, N., et al. Light emission efficiency and imaging properties of YAP: Ce granular phosphor screens. *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, 2007, 89.2: 443-449.
 5. YAZICI, A. Necmeddin, et al. The analysis of thermoluminescent glow peaks of copper doped ZnS thin films after β -irradiation. *Journal of luminescence*, 2007, 124.1: 58-66.
 6. DAVID, S., et al. Efficiency of $\text{Lu}_2\text{SiO}_5: \text{Ce}$ (LSO) powder phosphor as X-ray to light converter under mammographic imaging conditions. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2007, 571.1: 346-349.
 7. KANDARAKIS, I., et al. A theoretical model evaluating the angular distribution of luminescence emission in X-ray scintillating screens. *Applied Radiation and Isotopes*, 2006, 64.4: 508-519.
 8. MICHAIL, C., et al. Measurement of the luminescence properties of $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}: \text{Pr}, \text{Ce}, \text{F}$ powder scintillators under X-ray radiation. *Radiation Measurements*, 2014, 70: 59-64.
 9. DE QUEIROZ, Alvaro AA, et al. Modeling of ZnS quantum dots synthesis by DFT techniques. *Journal of Molecular Structure*, 2008, 873.1: 121-129.

10. MICHAÏL, C., et al. Experimental measurement of a high resolution CMOS detector coupled to CsI scintillators under X-ray radiation. *Radiation Measurements*, 2015, 74: 39-46.
11. KALIVAS, N., et al. Imaging properties of cerium doped Yttrium Aluminum Oxide (YAP: Ce) powder scintillating screens under X-ray excitation. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2006, 569.2: 210-214.
12. DAVID, Stratos L., et al. Investigation of Luminescence Properties of Lu₂SiO₅: Ce (LSO) Powder Scintillator in the X-Ray Radiography Energy Range. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55.6: 3684-3691.
13. XIN Mei, CAO Wang-He. Hydrothermal Preparation and Optical Properties of ZnS:Cu,Al Nanocrystals Excited by X-ray. *Chemical Journal of Chinese Universities* 2010, 31(4): 644-648.
14. WANG, Wendeng, et al. Effect of activator distribution on photo-and X-ray excited luminescence properties of ZnS: Cu, Cl phosphors. *Materials Research Bulletin*, 2008, 43.7: 1892-1897.
15. MICHAÏL, C., et al. The influence of software filtering in digital mammography image quality. *Journal of Instrumentation*, 2009, 4.05: P05018.
16. EFTHIMIOU, N., et al. Investigation of the effect of the scintillator material on the overall X-ray detection system performance by application of analytical models. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*

Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2007, 571.1: 270-273.

17. SHARMA, Ravi; BISEN, D. P. Thermoluminescence of mercaptoethanol-capped ZnS: Mn nanoparticles. *Luminescence*, 2015, 30.2: 175-181.
18. DAVID, S., et al. Luminescence efficiency of Lu₂SiO₅: Ce (LSO) powder scintillator for X-ray medical radiography applications. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2006. IEEE*. IEEE, 2006. p. 1178-1182.
19. MICHAEL, C., et al. Determination of the detective quantum efficiency (DQE) of CMOS/CsI imaging detectors following the novel IEC 62220-1-1: 2015 International Standard. *Radiation Measurements*, 2016, 94: 8-17.
20. Xin, Mei; Cao, Wang-He. X-ray excited luminescence property of ZnS:Cu, Tm fine particles synthesized by hydrothermal method.
wulixb.iphy.ac.cn/CN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=17339
21. XIN, Mei; Cao, Wang-He. Synthesis of ZnS: Au, Cu Ultra - fine X - ray Powder by Hydrothermal Method. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2009, 8: 2272-2275.
22. EFTHIMIOU N., et al. Investigation of the effect of the scintillator material on the overall X-ray detection system performance by application of analytical models. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 571 (2007) 270–273.
23. LINDSTRÖM, Jan, et al. Optimizing two radioluminescence based quality assurance devices for diagnostic radiology utilizing a simple model. In:

- SPIE Medical Imaging*. International Society for Optics and Photonics, 2014. p. 90333R-90333R-15.
24. MICHAÏL, Christos, et al. Modeling the imaging transfer characteristics of LSO powder scintillator for use in x-ray mammography. 2nd International Conference on Experiments/Process/System Modelling/Simulation & Optimization 2nd IC-EpsMsO Athens, 4-7 July, 2007.
<http://hypatia.teiath.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/9201/Modeling%20the%20imaging%20transfer.pdf?sequence=1>
25. MICHAÏL, Christos, et al. The influence of software filtering in digital mammography image quality. 2nd International Conference on Experiments/Process/System Modelling/Simulation & Optimization 2nd IC-EpsMsO Athens, 4-7 July, 2007.
<http://hypatia.teiath.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/9201/Modeling%20the%20imaging%20transfer.pdf?sequence=1>
26. TOUTOUNTZIS, Andrianos, et al. Light emission efficiency of GdAlO₃: Ce (GAP: Ce) powder screens under X-ray radiography conditions. *e-Journal of Science & Technology (e-JST)* 2009 3(4):23-29.
http://e-jst.teiath.gr/issues/issue_12_2009/Toutountzis_12.pdf
27. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radioluminescence properties of the CdSe/ZnS Quantum Dot nanocrystals with analysis of long-memory trends. *Radiation Measurements*, 2016, 92: 19-31.
28. MICHAÏL, Christos, et al. Modeling the imaging transfer characteristics of Iso powder scintillator for use in x-ray mammography. 2nd International

- Conference on Experiments/Process/System Modelling/Simulation & Optimization 2nd IC-EpsMsO Athens, 4-7 July, 2007.
- https://www.researchgate.net/profile/Christos_Michail2/publication/303826317_MODELING_THE_IMAGING_TRANSFER_CHARACTERISTICS_OF_LSO_POWDER_SCINTILLATOR_FOR_USE_IN_X-RAY_MAMMOGRAPHY/links/5756bb7208ae05c1ec168004.pdf
29. FADELA, Ramacos, et al. An X-Ray Detector Using a Fluorescent Material ZnS: Ag Attached on a Phototransistor in Darlington Configuration. In: *Applied Mechanics and Materials*. Trans Tech Publications, 2015. p. 21-24.
30. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.
31. SAATSAKIS, George, et al. Optical characteristics of ZnCuInS/ZnS (core/shell) nanocrystal flexible films under X-ray excitation. *Crystals*, 2019, 9.7: 343.
32. LI, Xin, et al. High-Efficiency ZnS: Cu⁺, Al³⁺ Scintillator for X-ray Detection in a Non-Darkroom Environment. *Inorganic Chemistry*, 2023, 62.20: 7914-7920.
33. ABDALLA, Ayman M., et al. Nanostructured scintillator developed in-house for radon detection. *Radiation Physics and Chemistry*, 2022, 197: 110159.

34. LIAPARINOS, P. Influence of surface roughness on the light transmission through the boundaries of luminescent materials in radiation detectors. *Optics and Spectroscopy*, 2021, 129.11: 1257-1265.
35. DATTA, Arka; HAWARI, Ayman I. Geant4 analysis of a thermal neutron real-time imaging system. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2017, 64.7: 1652-1658.
36. CEBIM, M. A., et al. X-ray-excited optical luminescence. *Recent Advances in Complex Functional Materials: From Design to Application*, 2017, 177-193.
37. JOSHI, R. K.; SONTAKKE, A. D. Metal Oxides: Radiation Dosimetry Materials. In: *Luminescent Metal Oxides*. CRC Press. p. 87-104.
38. ΣΑΑΤΣΑΚΗΣ, Γεώργιος. Optical characteristics of quantum dots embedded in polymer films for use in medical imaging. 2020.
39. DATTA, Arka; HAWARI, Ayman I. Performance Evaluation in Transmission Neutron Tomography using Geant4. In: *2017 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC)*. IEEE, 2017. p. 1-6.

Ετεροαναφορές 28

Αυτοαναφορές 11

29. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, SIANOUDIS I, LOUDOS G, GIOKARIS ND, NIKITA K, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS K., PANAYIOTAKIS G. Luminescence properties of LuYSiO₅:Ce, Gd₂SiO₅:Ce, and

CsI:Tl single crystal scintillators under X-ray excitation, for use in medical imaging systems. *IEEE Nucl. Sci. Conf. Proc.* **2005** 54(1):1323-1327, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/NSSMIC.2005.1596564>. **IF=0.101**.

1. SHINDE, V. V.; TIWARI, Ashish; DHOBLE, S. J. Synthesis of RE³⁺ (RE³⁺= Ce³⁺, Dy³⁺, Eu³⁺ and Tb³⁺) activated Gd₂SiO₅ optoelectronics materials for lighting. *Journal of Molecular Structure*, 2020, 1217: 128397.
2. IGASHIRA, Kenta, et al. Photoluminescence and scintillation characteristics of Ce-doped CaLaAl₃O₇ crystalline scintillators for detecting alpha particles. *Japanese Journal of Applied Physics*, 2020, 59.9: 092004.
3. ΨΥΧΗΣ, Κωνσταντίνος. Signal transfer characteristics of columnar phosphors used in X-ray imaging. 2017. PhD Thesis.

Ετεροαναφορές 3

Αυτοαναφορές 0

30. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, SIANOUDIS I, DIMITROPOULOS N, CAVOURAS D, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Luminescence efficiency of Gd₂SiO₅:Ce scintillator under x-ray excitation. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **2005** 52(5): 1830-1835, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/TNS.2005.856895>. **IF=1.703**

1. MICHAEL, C. M., et al. Light emission efficiency and imaging performance of Gd₂O₂S: Eu powder scintillator under x-ray radiography conditions. *Medical Physics*, 2010, 37.7: 3694-3703.

2. VALAIS, I. G., et al. Luminescence emission properties of (Lu, Y)₂ SiO₅: Ce (LYSO: Ce) and (Lu, Y) AlO₃: Ce (LuYAP: Ce) single crystal scintillators under medical imaging conditions. *IEEE T NUCL SCI*, 2008, 55.2: 785-789.
3. VALAIS, I., et al. A comparative study of the luminescence properties of LYSO: Ce, LSO: Ce, GSO: Ce and BGO single crystal scintillators for use in medical X-ray imaging. *Physica Medica*, 2008, 24.2: 122-125.
4. MICHAEL, C. M., et al. A comparative investigation of Lu₂SiO₅: Ce and Gd₂O₂S: Eu powder scintillators for use in x-ray mammography detectors. *Measurement Science and Technology*, 2009, 20.10: 104008.
5. MICHAEL, Christos M., et al. Light Emission Efficiency of Gd₂O₂S: Eu (GOS: Eu) Powder Screens Under X-Ray Mammography Conditions. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55: 3703-3709.
6. VALAIS, Ioannis G., et al. Luminescence Properties of (Lu; Y)₂ SiO₅: Ce and Gd₂ SiO₅: Ce Single Crystal Scintillators. *IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE*, 2007, 54.1: 1.
7. VALAIS, Ioannis G., et al. Evaluation of the light emission efficiency of LYSO: Ce scintillator under X-ray excitation for possible applications in medical imaging. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2006, 569.2: 201-204.
8. VALAIS, Ioannis, et al. A systematic study of the performance of the CsI: Tl single-crystal scintillator under X-ray excitation. *Nuclear Instruments*

- and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2007, 571.1: 343-345.
9. XU, Xiaodong, et al. Growth and spectral properties of Er: Gd₂SiO₅ crystal. *Journal of Crystal Growth*, 2008, 310.1: 156-159.
 10. VALAIS, Ioannis G., et al. Comparative Investigation of Ce³⁺ Doped Scintillators in a Wide Range of Photon Energies Covering X-ray CT, Nuclear Medicine and Megavoltage Radiation Therapy Portal Imaging Applications. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2010, 57.1: 3-7.
 11. DAVID, S., et al. Efficiency of Lu₂SiO₅: Ce (LSO) powder phosphor as X-ray to light converter under mammographic imaging conditions. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2007, 571.1: 346-349.
 12. SEFERIS, I., et al. Light emission efficiency and imaging performance of Lu₂O₃: Eu nanophosphor under X-ray radiography conditions: Comparison with Gd₂O₂S: Eu. *Journal of Luminescence*, 2014, 151: 229-234.
 13. VALAIS, Ioannis, et al. Investigation of luminescent properties of LSO: Ce, LYSO: Ce and GSO: Ce crystal scintillators under low-energy γ -ray excitation used in nuclear imaging. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2007, 581.1: 99-102.

14. VALAIS, I., et al. Comparative study of luminescence properties of LuYAP: Ce and LYSO: Ce single-crystal scintillators for use in medical imaging. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2007, 580.1: 614-616.
15. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Comparative study using Monte Carlo methods of the radiation detection efficiency of LSO, LuAP, GSO and YAP scintillators for use in positron emission imaging (PET). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2006, 569.2: 350-354.
16. NIKOLOPOULOS, D., et al. Evaluation of the GSO: Ce scintillator in the X-ray energy range from 40 to 140kV for possible applications in medical X-ray imaging. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2006, 560.2: 577-583.
17. VALAIS, I. G., et al. Comparative evaluation of single crystal scintillators under x-ray imaging conditions. *Journal of Instrumentation*, 2009, 4.06: P06013.
18. NIKOLOPOULOS, D., et al. A semi-empirical Monte Carlo based model of the Detector Optical Gain of Nuclear Imaging scintillators. *Journal of Instrumentation*, 2012, 7.11: P11021.

19. KALYVAS, N., et al. Studying the energy dependence of intrinsic conversion efficiency of single crystal scintillators under X-ray excitation. *Optics and Spectroscopy*, 2014, 116.5: 743-747.
20. PETROPOULOU, A., et al. A theoretical model describing the light emission efficiency of single-crystal scintillators in the diagnostic energy range. *Journal of Instrumentation*, 2009, 4.06: P06016.
21. KAMADA, Kei, et al. Basic experiments on radiation imaging by using Pr: Lu₃Al₅O₁₂ (LuAG) small crystalline pixels with various reflector. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2007. NSS'07. IEEE*. IEEE, 2007. p. 1417-1420.
22. SHINDE, Seema, et al. Structural and optical properties of Gd₂SiO₅ prepared from hydrothermally synthesized powder. *Journal of Alloys and Compounds*, 2014, 592: 12-18.
23. DAVID, Stratos L., et al. Investigation of Luminescence Properties of Lu₂SiO₅: Ce (LSO) Powder Scintillator in the X-Ray Radiography Energy Range. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55: 3684-3691.
24. MEPARISHVILI, Badri; JANELIDZE, Gulnara; GODERDZISHVILI, Gela. Mobile Multi-Robot Systems Control Based on Evolutionary Algorithms. In: *ERA-7, SynEnergy Forum. The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education*. TEI ISSN. 1791. p. 1-8.
25. SEFERIS, I. E., et al. Light emission efficiency of Lu₂O₃: Eu nanophosphor scintillating screen under x-ray radiographic conditions. In: *SPIE Medical*

- Imaging*. International Society for Optics and Photonics, 2013. p. 86683W-86683W-8.
26. DAVID, S., et al. Luminescence efficiency of Lu_2SiO_5 : Ce (LSO) powder scintillator for X-ray medical radiography applications. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2006. IEEE*. IEEE, 2006. p. 1178-1182.
27. VALAIS, Ioannis, et al. A comparative study of the luminescence properties of LYSO : Ce, LSO : Ce, GSO : Ce and BGO single crystal scintillators for use in medical X-ray imaging. *Physica Medica* (2008) 24, 122e125.
28. Xu Xiaodong, et al. Growth and spectral properties of $\text{Er}:\text{Gd}_2\text{SiO}_5$ crystal. *J. Cryst. Growth*. 2008; 310(1):156-159
29. VALAIS, Ioannis G., et al. Thin substrate powder scintillator screens for use in digital X-ray medical imaging applications. In: *Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC), 2011 IEEE*. IEEE, 2011. p. 2997-3000.
30. TOUTOUNTZIS, Andrianos, et al. Light emission efficiency of GdAlO_3 : Ce (GAP: Ce) powder screens under X-ray radiography conditions. *e-Journal of Science & Technology (e-JST)* 2009 3(4):23-29.
http://e-jst.teiath.gr/issues/issue_12_2009/Toutountzis_12.pdf
31. MICHAEL, Christos, et al. Efficiency of $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$: eu powder phosphor as X-ray to light converter under radiographic imaging conditions. O. Dössel and W.C. Schlegel (Eds.): *WC 2009, IFMBE Proceedings 25/II*, pp. 794–797, 2009.

32. MICHAEL, Christos. *Investigation of optical and imaging characteristics of fluorescent screens for use in digital imaging detectors suitable for telemedicine*. 2010. PhD Thesis.
33. CAVOURAS, Dionisios; LOUIZI, Anna. Available online at www.sciencedirect.com NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Imaging Technologies in Biomedical Sciences: Innovation in Nuclear and Radiological Imaging: from Basic Research to Clinical Application*. Elsevier, 2006. p. 350.
34. STRATOS, David, et al. Evaluation of the co-doped LSO: Ce, Ca scintillator crystal in the X-ray energy range from 50 to 140kVp for medical imaging applications. In: *Imaging Systems and Techniques (IST), 2010 IEEE International Conference on*. IEEE, 2010. p. 253-255.
35. TOUTOUNTZIS, A., et al. Light emission efficiency of GdAlO₃: Ce (GAP: Ce) powder screens under X-ray radiography conditions. *e-Journal of Science & Technology*, 2009, 4.3.
36. VALAIS, Ioannis, et al. Comparative study of luminescence properties of Lu₂SiO₅: Ce and YAlO₃: Ce single crystal scintillators for use in medical imaging. 2015.
<http://hypatia.teiath.gr/xmlui/handle/11400/8580>
37. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. A semi-empirical Monte Carlo based model of the Detector Optical Gain of Nuclear Imaging scintillators. 2012
JINST 7 P11021

38. GUPTA, Tapan K. Device Fabrication (Scintillators/Radiation Detectors).
In: *Radiation, Ionization, and Detection in Nuclear Medicine*. Springer
Berlin Heidelberg, 2013. p. 315-365.
39. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radioluminescence properties of the
CdSe/ZnS Quantum Dot nanocrystals with analysis of long-memory
trends. *Radiation Measurements*, 2016, 92: 19-31.
40. DAVID, Stratos L., et al. Investigation of luminescence emission properties
of (Lu, Y) 2SiO_5 : Ce (LYSO: Ce) and (Lu, Y) AlO_3 : Ce (LuYAP: Ce) single
crystal scintillators under x-ray exposure for use in medical imaging. In:
Nuclear Science Symposium Conference Record, 2006. IEEE. IEEE,
2006. p. 1187-1191.
41. MICHAIL, Christos, et al. Luminescence efficiency of cadmium tungstate
(CdWO_4) single crystal for medical imaging applications. *Crystals*, 2020,
10.6: 429.
42. LINARDATOS, Dionysios, et al. On the optical response of tellurium
activated zinc selenide ZnSe: Te single crystal. *Crystals*, 2020, 10.11: 961.
43. CHEN, Xi, et al. Terbium-doped LiYbF_4 nanomaterial-based scintillator
responding to X-rays with high-resolution imaging applications.
CrystEngComm, 2022, 24.14: 2551-2557.
44. TANG, Junzhou, et al. Design and fabrication of Tb^{3+} doped Gd_2O_3 -
 WO_3 - SiO_2 scintillating glass. *Journal of Non-Crystalline Solids: X*, 2022,
15: 100110.

45. TSEREMOGLU, Stavros, et al. Efficiency Properties of Cerium-Doped Lanthanum Chloride ($\text{LaCl}_3: \text{Ce}$) Single Crystal Scintillator under Radiographic X-ray Excitation. *Crystals*, 2022, 12.5: 655.
46. LINARDATOS, Dionysios, et al. Luminescence Efficiency of Cerium Bromide Single Crystal under X-ray Radiation. *Crystals*, 2022, 12.7: 909.
47. KIMURA, Hiromi, et al. Optical and scintillation characteristics of Tb-doped SrY_2O_4 single crystals. *Japanese Journal of Applied Physics*, 2023.
48. TSEREMOGLU, Stavros, et al. Temperature Dependence of the Luminescence Output of $\text{LaCl}_3: \text{Ce}$ Single Crystal Scintillator. *Procedia Structural Integrity*, 2023, 47: 119-124.
49. LINARDATOS, D., et al. Luminescence Efficiency of Cerium Bromide Single Crystal under X-ray Radiation. *Crystals* 2022, 12, 909. 2022.
50. MILIĆ, Mirjana M.; NIKOLIĆ, Violeta N.; JOVANOVIĆ, Sonja. Synthesis and characterization of nanocrystalline $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{Gd}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ composite powder. *Ceramics International*, 2017, 43.16: 14044-14049.
51. ΣΑΑΤΣΑΚΗΣ, Γεώργιος. Optical characteristics of quantum dots embedded in polymer films for use in medical imaging. 2020.
52. DEZI, Anna, et al. Structural Characterization and Absolute Luminescence Efficiency Evaluation of $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ High Packing Density Ceramic Screens Doped with Tb^{3+} and Eu^{3+} for further Applications in Radiology. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2017. p. 012029.
53. ΣΕΦΕΡΗΣ, Ιωάννης. Διερεύνηση οπτικών ιδιοτήτων οθονών νανοφωσφόρων και μελέτη των απεικονιστικών χαρακτηριστικών τους σε

σύζευξη με ψηφιακό ανιχνευτή τύπου CMOS για εφαρμογές ιατρικής απεικόνισης. 2017. PhD Thesis.

54. ΚΛΙΝΙΚΗ, Ψυχιατρική. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ.

55. Kimura, Hiromi et al., Optical and scintillation characteristics of Tb-doped SrY₂O₄ single crystals, JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 2024, 63(1), DOI10.35848/1347-4065/acfd35.

Ετεροαναφορές 47

Αυτοαναφορές 8

31.KANDARAKIS I, CAVOURAS D, SIANOUDIS I, **NIKOLOPOULOS D**, EPISKOPAKIS A, LINARDATOS D, MARGETIS D, NIRGIANNAKI E, ROUSSOU M, MELISSAROPOULOS P, KALIVAS N, KALATZIS I, KOURKOUTAS K, DIMITROPOULOS N, LOUIZI A, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. On the response of Y₃Al₅O₁₂: Ce (YAG: Ce) powder scintillating screens to medical imaging x-rays. Nucl. Instr. Meth. A **2005** 538: 615-630, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2004.08.101>. **IF=1.4**

1. NIKL, Martin. Scintillation detectors for x-rays. *Measurement Science and Technology*, 2006, 17.4: R37.
2. CAVOURAS, D., et al. Light emission efficiency and imaging performance of Y₃Al₅O₁₂: Ce (YAG: Ce) powder screens under diagnostic radiology conditions. *Applied Physics B*, 2005, 80.7: 923-933.

3. MICHAÏL, C. M., et al. A comparative investigation of Lu_2SiO_5 : Ce and $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$: Eu powder scintillators for use in x-ray mammography detectors. *Measurement Science and Technology*, 2009, 20.10: 104008.
4. ALLISON, Stephen W., et al. Temperature-dependent fluorescence decay lifetimes of the phosphor $\text{Y}_3(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_5\text{O}_{12}$: Ce 1%. 2009.
5. KALIVAS, N., et al. Light emission efficiency and imaging properties of YAP: Ce granular phosphor screens. *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, 2007, 89.2: 443-449.
6. DAVID, S., et al. Efficiency of Lu_2SiO_5 : Ce (LSO) powder phosphor as X-ray to light converter under mammographic imaging conditions. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2007, 571.1: 346-349.
7. MURILLO, A. García, et al. Sol-gel elaboration and structural investigations of Lu_2O_3 : Eu^{3+} planar waveguides. *Journal of sol-gel science and technology*, 2009, 50.3: 359-367.
8. YANG, Su-Hua; LU, Ching-Yi. Influence of doping and coating on the photoluminescence properties of yttrium aluminum garnet phosphors. *Journal of The Electrochemical Society*, 2007, 154.12: J397-J401.
9. LUMPKIN, A. H., et al. Spatial resolution limits of YAG: Ce powder beam-profile monitors at the Fermilab A0 Photoinjector. 2009.<http://inspirehep.net/record/836918/files/fermilab-conf-09-465.pdf>

10. GUINEL, Maxime JF; NORTON, M. Grant. The origin of asterism in almandine-pyrope garnets from Idaho. *Journal of Materials Science*, 2006, 41.3: 719-725.
11. POTDEVIN, A., et al. Structural, morphological and scintillation properties of Ce³⁺-doped Y₃Al₅O₁₂ powders and films elaborated by the sol-gel process. *Materials Chemistry and Physics*, 2011, 130.1: 500-506.
12. VARNEY, C. R., et al. X-ray luminescence based spectrometer for investigation of scintillation properties. *Review of Scientific Instruments*, 2012, 83.10: 103112.
13. XU, Meng M., et al. Solvothermal synthesis and luminescence properties of yttrium aluminum garnet monodispersed crystallites with well-developed faces. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2014, 118.46: 27000-27009.
14. KIM, Min Jeong, et al. Cerium-doped yttrium aluminum garnet hollow shell phosphors synthesized via the Kirkendall effect. *ACS applied materials & interfaces*, 2014, 6.2: 1145-1151.
15. BIONTA, Mina R., et al. Spectral encoding based measurement of x-ray/optical relative delay to ~ 10 fs rms. In: *SPIE Optical Engineering+ Applications*. International Society for Optics and Photonics, 2012. p. 85040M-85040M-7.
16. JOTA, ML Carrera, et al. Lu₂O₃: Eu³⁺ glass ceramic films: synthesis, structural and spectroscopic studies. *Materials Research Bulletin*, 2014, 51: 418-425.

17. DAVID, S. L., et al. Evaluation of the luminescence efficiency of YAG: Ce powder scintillating screens for use in digital mammography detectors. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2010, 57.3: 951-957.
18. Study on the Luminescent Properties of SrHfO₃: Ce Nanopowders and Ceramics. *Chinese Journal of Rare Earths*, 2007, 25.1: 111-114.
19. LUMPKIN, A. H., et al. Upgrades of beam diagnostics with application to emittance-exchange experiments. *Physical Review Special Topics- Accelerators and Beams*, 2011, 14.6: 060704.
20. ASGHAR, Z., et al. Effect of particle morphology and coating thickness on fluorescent behavior of Ce doped yttrium aluminium garnet phosphor screens. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 2015, 26.9: 6744-6749.
21. DAVID, S., et al. Luminescence efficiency of Lu₂SiO₅: Ce (LSO) powder scintillator for X-ray medical radiography applications. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2006. IEEE*. IEEE, 2006. p. 1178-1182.
22. SELIM, Farida A. *Luminescence based spectrometers*. U.S. Patent No 9,261,469, 2016.
23. KRZYWINSKI, J., et al. Saturation of a Ce: Y₃Al₅O₁₂ scintillator response to ultra-short pulses of extreme ultraviolet soft X-ray and X-ray laser radiation. *Optical Materials Express*, 2017, 7.3: 665-675.
24. TOUTOUNTZIS, A., et al. Light emission efficiency of GdAlO₃: Ce (GAP: Ce) powder screens under X-ray radiography conditions. *e-Journal of Science & Technology*, 2009, 4.3.

25. DAVID, Efstratios. *Evaluation of physical characteristics of the Lu₂SiO₅: Ce³⁺ (LSO: Ce) scintillator in single crystal and in granular form for applications in X-ray medical imaging systems*. 2006. PhD Thesis.
26. ZHAOHUI, Bai, et al. Preparation and Study on Spectrum Characteristics of Sr_{0.99} Ce_{0.01} HfO₃ Nanopowders. *Journal of Rare Earths*, 2007, 25: 147-150.
27. DAVID, S., et al. Luminescence efficiency of fast yttrium aluminum garnet phosphor screens for use in digital breast tomosynthesis detectors. In: *3rd International Conference on Experiments/Process/System Modeling/Simulation & Optimization, 3rd IC-EpsMsO, Athens*. 2009. p. 8-11.
28. HAN Yue - Ping; LI Rui – Hong. Improved Test Method for Optoelectronic Properties of X - Ray Crystals. *Progress in Laser and Optoelectronics*, 2014, 6: 018.
29. Constantinidis, Anastasios. *Investigation of scintillators with two K-absorption edges using Monte Carlo techniques*. 2007. PhD Thesis.
30. ISLAMOV, A. Kh, et al. Gamma luminescence of Pr³⁺-and Ce³⁺-doped yttrium aluminum garnet crystals. *Inorganic Materials*, 2016, 52.5: 490-494.
31. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.

32. LINARDATOS, Dionysios, et al. On the response of a micro non-destructive testing X-ray detector. *Materials*, 2021, 14.4: 888.
33. SEDOV, Vadim, et al. Diamond composite with embedded YAG: Ce nanoparticles as a source of fast X-ray luminescence in the visible and near-IR range. *Carbon*, 2021, 174: 52-58.
34. KRZYWINSKI, J., et al. Saturation of a Ce: Y₃Al₅O₁₂ scintillator response to ultra-short pulses of extreme ultraviolet soft X-ray and X-ray laser radiation. *Optical Materials Express*, 2017, 7.3: 665-675.
35. SHINOZAKI, Kenji, et al. Impact of crystallization method on the strain, defect formation, and thermoluminescence of YAG: Ce crystals. *Journal of Alloys and Compounds*, 2020, 849: 156600.
36. KATSUMATA, Toru, et al. X-ray excited luminescence from Cr doped YAG crystals. *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, 2021, 10.5: 056007.
37. LARSEN, Kirk A., et al. A compact single-shot soft X-ray photon spectrometer for free electron laser diagnostics. arXiv preprint arXiv:2305.05169, 2023.
38. LINARDATOS, Dionysios, et al. Assessing the Information Content of a Non-Destructive Testing CMOS Imaging Detector. *Procedia Structural Integrity*, 2021, 33: 304-311.
39. PEKUR, D. V., et al. Investigation of gamma-ray sensitivity of YAG: Ce based scintillation structures. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*, 2023, 26.1: 089-096.

40. BOUKERIKI, Allaoua; GUERBOUS, Lakhdar. Effect of γ -irradiation on structural, morphological and luminescence properties of cerium-doped Y₃Al₅O₁₂ nano-material. *Radiation Effects and Defects in Solids*, 2019, 174.9-10: 873-884.
41. SILVEIRA, Wellisson Santos. Efeito do co-dopante (Sr²⁺) e da glicose nas propriedades estruturais e ópticas do YAG dopado com íons terras raras (Eu³⁺, Ce³⁺ e Tb³⁺). 2018.
42. LINARDATOS, D., et al. On the Response of a Micro Non-Destructive Testing X-ray Detector. *Materials* 2021, 14, 888. 2021.
43. XUE, Yiming; LIU, Peng. Imágenes de Ultrasonidos Médico Denoising y Mejora. *Investigación Clínica*, 2019, 60.3: 728-739.
44. VISHNYAKOV, A. V., et al. Physicochemical Processes in the Synthesis of New Detectors of X-Ray Radiation Based on YAG: Ce-Halide Fluxes. *Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, 2018, 12: 853-860.
45. ВИШНЯКОВ, А. В., et al. Физико-химические процессы при синтезе новых детекторов рентгеновского излучения на основе композитов YAG: Ce–галогенидные плавни. *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*, 2018, 9: 23-30.
46. OSHIAKI KUNIKATA, KENICHI WATANABE, PROM KANTUPTIM, TAKUMI KATO, DAISUKE NAKAUCHI, NORIAKI KAWAGUCHI, TAKAYUKI YANAGIDA, Radioluminescence properties of Sm³⁺-doped Y₃Al₅O₁₂ single crystals, *Nuclear Instruments and Methods in Physics*

- Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 546, 2024, 165172.
47. LARSEN KIRK et al., Compact single-shot soft X-ray photon spectrometer for free-electron laser diagnostic, *Optics Express*, 2023, 31, 22, 35822-35834.
48. KUNITAKA, Toshiaki et al., Radioluminescence properties of Sm³⁺-doped Y₃Al₅O₁₂ single crystals, *NIMB*, 2024, Volume 546, DOI10.1016/j.nimb.2023.165172

Ετεροαναφορές 43

Αυτοαναφορές 5

- 33.**CAVOURAS D, **NIKOLOPOULOS D**, EPISKOPAKIS A, KALIVAS N, SIANOUDIS I, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. A theoretical model evaluating the angular distribution of luminescence emission in x-ray scintillating screens. *Appl. Radiat. Isotop.* **2006** 64(4): 508-519, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apradiso.2005.11.016>. **IF=1.787**
1. KALIVAS, N., et al. Light emission efficiency and imaging properties of YAP: Ce granular phosphor screens. *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, 2007, 89.2: 443-449.
 2. VAN BREMEN, Rik, et al. On the optimum resolution of transmission-electron backscattered diffraction (t-EBSD). *Ultramicroscopy*, 2016, 160: 256-264.

3. NIKOLOPOULOS, D., et al. A semi-empirical Monte Carlo based model of the Detector Optical Gain of Nuclear Imaging scintillators. *Journal of Instrumentation*, 2012, 7.11: P11021.
4. PETROPOULOU, A., et al. A theoretical model describing the light emission efficiency of single-crystal scintillators in the diagnostic energy range. *Journal of Instrumentation*, 2009, 4.06: P06016.
5. DAVID, Stratos L., et al. Investigation of Luminescence Properties of Lu₂SiO₅: Ce (LSO) Powder Scintillator in the X-Ray Radiography Energy Range. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55.6: 3684-3691.
6. GRIFFITHS, Jennifer A., et al. Design and characterization of the I-ImaS multi-element x-ray detector system. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55.3: 827-832.
7. MEPARISHVILI, Badri; JANELIDZE, Gulnara; GODERDZISHVILI, Gela. Mobile Multi-Robot Systems Control Based on Evolutionary Algorithms. In: *ERA-7, SynEnergy Forum. The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education*. TEI ISSN. 1791. p. 1-8.
8. LI Wei-Sheng. Price Model of Light Intensity Distribution of White Light Organic Light-emitting Diode Light Source. *Institute of Optoelectronic Engineering, Taipei University of Science and Technology*, 2014, 1-65.
9. KALIVAS, Nektarios, et al. Light emission efficiency and imaging properties of YAP:Ce granular phosphor screens. *Appl. Phys. A* 89, 443–449 (2007)

10. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.
11. SALEH, Muad, et al. Evaluation of undoped ZnS single crystal materials for x-ray imaging applications. *Proc. SPIE 10179, Window and Dome Technologies and Materials XV*, 1017904.
12. ERPUL, Günay, et al. Splash detachment of sand particles under varying contact stress field of wind-driven raindrop impact. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2021, 46.14: 2870-2883.
13. ZHAO, Chen, et al. Tenfold efficiency improvement of x-ray radioluminescent batteries basing on GAGG: Ce single crystal scintillators. *Applied Physics Letters*, 2021, 119.22.
14. LINDSTRÖM, Jan, et al. Experimental assessment of a phosphor model for estimating the relative extrinsic efficiency in radioluminescent detectors. *Physica Medica*, 2020, 76: 117-124.
15. PSICHIS, Konstantinos, et al. An analytical approach to the light transport in columnar phosphors. Detector Optical Gain, angular distribution and the CsI: Tl paradigm. *Physica Medica*, 2017, 35: 39-49.
16. SALEH, Muad; LYNN, Kelvin G.; MCCLOY, John S. Evaluation of undoped ZnS single crystal materials for x-ray imaging applications. In: *Window and Dome Technologies and Materials XV*. SPIE, 2017. p. 1017904.

17. SOSTERO, LORENZO. Analysis and optimization of a scintillator calorimeter system for pulsed radiation spectrometry at ELI beamlines. 2022.
18. KONONENKO, Sergiy, et al. Angular Dependence of Ionoluminescence for Silica Case. East European Journal of Physics, 2020, 4: 35-41.
19. MARTÍNEZ FUENTES, Marco Antonio. Análisis de iones supratérmicos en el TJ-II con una sonda luminiscente e investigación de sus mejoras instrumentales y métodos físicos. 2017.
20. VILLEGAS DOMÍNGUEZ, Jairo Antonio. Caracterización de materiales centelleadores para dispositivos de fusión usando haces de iones negativos. 2019.
21. SALEH, Muad. Characterization and Optimization of Dopants, Impurities, and Defects in Bulk Optical and Semiconductor Materials: Case Studies on ZnS, β -Ga₂O₃, and Nd: YAG. Washington State University, 2019.
22. HERBERT, Stefan. Bildgebung im kurzwelligen Spektralbereich zur Inspektion von Nanodefekten. 2018. PhD Thesis. Universitätsbibliothek der RWTH Aachen.
23. FUENTES, Marco Antonio Martínez. Análisis de iones supratérmicos en el TJ-II con una sonda luminiscente e investigación de sus mejoras instrumentales y métodos físicos. 2017. PhD Thesis. Universidad Carlos III de Madrid.

Ετεροαναφορές 19

Αυτοαναφορές 4

34. NIKOLOPOULOS D, VALAIS I, KANDARAKIS I, CAVOURAS D, LINARDATOS D, SIANNOUDIS I, LOUIZI A, DIMITROPOULOS N, VATTIS D, EPISKOPAKIS A, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Evaluation of GSO: Ce scintillator in the x-ray energy range from 40 to 140 kV for possible applications in medical X-ray imaging. *Nucl. Instr. Methods. (A)* 2006 560(2): 577-583, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2005.12.245>. **IF=1.4**

1. DE QUEIROZ, T. B., et al. Luminescence characteristics of YAP: Ce scintillator powders and composites. *Optical Materials*, 2010, 32.11: 1480-1484.
2. JANECEK, Martin; MOSES, William W. Design of an instrument to measure optical reflectance of scintillating crystal surfaces. *IEEE transactions on nuclear science*, 2008, 55.3: 1381-1386.
3. PARGANIHA, Yogita, et al. YAIO 3: Ce 3+ powders: synthesis, characterization, thermoluminescence and optical studies. *Superlattices and Microstructures*, 2015, 85: 410-417.
4. SATO, Mitsuhiro, et al. Reverse-type avalanche photodiode for scintillation detection and intrinsic energy resolution of BGO and GSO: Ce. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2007. NSS'07. IEEE*. IEEE, 2007. p. 2023-2032.
5. RUIHONG, Li; YUEPING, Han. Study of the X-ray energy utilization efficiency of the X-ray digital imaging systems in industrial applications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A:*

- Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2010, 622.1: 368-372.
6. NIKHARE, G. N.; GEDAM, S. C.; DHOBLE, S. J. Luminescence in Sr₄Al₁₄O₂₅: Ce³⁺ aluminate phosphor. *Luminescence*, 2015, 30.2: 163-167.
 7. JANDA, Jiri; FISEROVA, Lucie; SAS, Daniel. The study of substitutability of liquid scintillation cocktail for YAP: Ce powder. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2016, 309.3: 1191-1197.
 8. RAKOV, Nikifor; MACIEL, Glauco S.; XIAO, Mufei. Erbium doped gadolinium oxyorthosilicate powder for optical thermometry at the visible and near-infrared. *Journal of Luminescence*, 2022, 252: 119365.
 9. JANDA, Jiri. The comparison of scintillation properties of YAP: Ce, YAG: Ce and ZnO: Ga powders as a potential substitution of LSC cocktail. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2017, 314: 573-582.

Ετεροαναφορές 9

Αυτοαναφορές 0

35.NIKOLOPOULOS D, KANDARAKIS I, CAVOURAS D, LOUIZI A, NOMICOS C. Investigation of radiation absorption and x-ray fluorescence of medical imaging scintillators by Monte Carlo Methods. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2006** 565(2):821-832, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.05.170>. **IF=1.4**

1. SEMENIUC, Cristina Anamaria; POP, Carmen Rodica; ROTAR, Ancuța Mihaela. Antibacterial activity and interactions of plant essential oil

- combinations against Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Journal of food and drug analysis*, 2017, 25.2: 403-408.
2. ALPASLAN, Duygu. Use of colorimetric hydrogel as an indicator for food packaging applications. *Bulletin of Materials Science*, 2019, 42.5: 247.
 3. FLORENTINA, VOICU Diana Marcela, et al. The antimicrobial and biotechnological potential of *Ocimum basilicum* L. correlated with developmental stage and cultivar type. Oltenia. *Studii și comunicări. Științele Naturii*, 2020, 195-202.
 4. EFFIMIA, E. Prevalence of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. Ready-to-Eat Foods in Kefalonia, Greece. *J. Bacteriol. Parasitol*, 2015, 6.5.
 5. YIBELTAL, Getachew; YUSUF, Zekeria; DESTA, Mulugeta. Physicochemical properties, antioxidant and antimicrobial activities of Ethiopian sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leaf and flower oil extracts. *Recent Advances in Anti-Infective Drug Discovery Formerly Recent Patents on Anti-Infective Drug Discovery*, 2022, 17.2: 131-138.
 6. KAPILAN, Natesan; REDDY, Rana Pratap. Effect of basil oil on the performance of biodiesel fuelled agricultural engine. *Acta Technologica Agriculturae*, 2020, 23.4: 155-160.
 7. KALABOKI, Iliana, et al. A Study on the Clustering of Extra Virgin Olive Oils Extracted from Cultivars Growing in Four Ionian Islands (Greece) by Multivariate Analysis of Their Phenolic Profile, Antioxidant Activity and Genetic Markers. *Foods*, 2021, 10.12: 3009.

8. DA SILVA MOURA, Eridiane, et al. INSECTICIDAL ACTIVITY OF OCIMUM BASILICUM ESSENTIAL OIL AND OF ITS MAJOR CONSTITUENTS, LINALOOL AND ESTRAGOLE, AGAINST CALLOSOBRUCHUS MACULATUS (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE). Revista Contemporânea, 2023, 3.2: 1119-1143.
9. PERWITASARI, Melania, et al. Anti-Bacterial Activity of Etanolic Extract and Essential Oil of Basil (Ocimum sanctum) on Growth Staphylococcus aureus Salmonella thypii and Eschericia coli. Jurnal ILMU DASAR, 2023, 24.2: 143-150.
10. KAPILAN, N.; REDDY, R. P.; AHMED, Abu Saleh. Studies on Effect of a Novel Natural Additive on Diesel Engine. Petroleum & Coal, 2022, 64.2.
11. VOICU, Diana, et al. IN VITRO CULTURE AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF Ocimum basilicum L. var. 'Spicy globe' AND Artemisia eriantha Ten. AgroLife Scientific Journal, 2022, 11.1.
12. VLADASEL, Adela-Constanta; PIENARU, Adriana-Magdalena. ASSESING THE OPORTUNITIES OF DELIVERING SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS IN ROMANIA. AgroLife Scientific Journal, 2022, 11.1.
13. SEELY, Anne. Determining Aroma Differences among Basil, Parsley, and Dill Grown under Varied Supplemental Light Wavelengths Using Consumer Sensory and Flash Gas Chromatographelectronic Nose Analyses. 2017. PhD Thesis. Iowa State University.

Ετεροαναφορές 3

Αυτοαναφορές 4

36.DAVID S, MICHAEL C, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KALIVAS N, KALATZIS I, KARATOPIS A, CAVOURAS D, LOUDOS G, PANAYIOTAKIS GS, KANDARAKIS I. Luminescence efficiency of Lu₂SiO₅:Ce (LSO) powder scintillator for X-ray medical radiography applications. *IEEE Nucl. Sci. Symp. Conf. Rec.* **2006** 2: 1178-1182, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/NSSMIC.2006.356054>. **IF=0.101**

1. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.
2. KUMAR, Vineet; LUO, Zhiping. A review on x-ray excited emission decay dynamics in inorganic scintillator materials. In: *Photonics*. MDPI, 2021. p. 71.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 1

38.VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KONSTANTINIDIS A, SIANNOUDIS I, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Evaluation of light emission efficiency of LYSO: Ce scintillator under x-ray excitation for possible applications in medical imaging. *Nucl. Instr. Methods. (A)* **2006** 569(2):201-204, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.08.018>. **IF=1.4**

1. RACK, Alexander, et al. High resolution synchrotron-based radiography and tomography using hard X-rays at the BAMline (BESSY II). *Nuclear*

- Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2008, 586.2: 327-344.
2. RACK, A., et al. The micro-imaging station of the TopoTomo beamline at the ANKA synchrotron light source. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2009, 267.11: 1978-1988.
 3. RACK, A., et al. On the possibilities of hard X-ray imaging with high spatio-temporal resolution using polychromatic synchrotron radiation. *Journal of X-ray Science and Technology*, 2010, 18.4: 429-441.
 4. KATO, T., et al. A novel gamma-ray detector with submillimeter resolutions using a monolithic MPPC array with pixelized Ce: LYSO and Ce: GGAG crystals. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2013, 699: 235-241.
 5. VALAIS, I., et al. A comparative study of the luminescence properties of LYSO: Ce, LSO: Ce, GSO: Ce and BGO single crystal scintillators for use in medical X-ray imaging. *Physica Medica*, 2008, 24.2: 122-125.
 6. XIE, Qingguo, et al. Performance evaluation of multi-pixel photon counters for PET imaging. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2007. NSS'07. IEEE*. IEEE, 2007. p. 969-974.
 7. FUJITA, T., et al. Two-dimensional diced scintillator array for innovative, fine-resolution gamma camera. *Nuclear Instruments and Methods in*

- Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2014, 765: 262-268.
8. SCALISE, Lorenzo, et al. Measurement of ultimate tensile strength and Young modulus in LYSO scintillating crystals. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2011, 654.1: 122-126.
 9. SUN, Guangzhi, et al. Development of a type of a one-dimensional position-sensitive scintillator–fiber detector for X-ray backscatter imaging. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2008, 594.1: 61-65.
 10. KUREI, Y., et al. Qualification test of a MPPC-based PET module for future MRI-PET scanners. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2014, 765: 275-279.
 11. KATO, T., et al. High resolution phoswich gamma-ray imager utilizing monolithic MPPC arrays with submillimeter pixelized crystals. *Journal of instrumentation*, 2013, 8.05: P05022.
 12. SEFERIS, I. E., et al. Light emission efficiency of Gd₃Al₂Ga₃O₁₂: Ce (GAGG: Ce) single crystal under X-ray radiographic conditions. In: *XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2013*. Springer International Publishing, 2014. p. 455-458.

13. RACK, Alexander, et al. Synchrotron-based radioscopy with spatio-temporal micro-resolution using hard X-rays. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2008. NSS'08. IEEE*. IEEE, 2008. p. 528-531.
14. KATO, Takuya, et al. High position resolution gamma-ray imagers consisting of a monolithic MPPC array with submillimeter pixelized scintillator crystals. In: *Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC), 2012 IEEE*. IEEE, 2012. p. 3146-3152.
15. NIU, M., et al. Evaluation of multi-pixel photon counters in energy determination for PET imaging. *Journal of Instrumentation*, 2012, 7.04: T04001.
16. PIÑERA, Ibrahim, et al. Gamma induced atom displacements in LYSO and LuYAP crystals as used in medical imaging applications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2015, 356: 46-52.
17. PINERA, Ibrahim, et al. Radiation damage evaluation on LYSO and LuYAP materials through dpa calculation assisted by Monte Carlo method. In: *Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC), 2011 IEEE*. IEEE, 2011. p. 1609-1611.
18. ZHU, Zhichao, et al. Improved light extraction of LYSO scintillator by the photonic structure from a layer of anodized aluminum oxide. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2015, 786: 1-4.

19. KUREI, Y., et al. Development of a MPPC-based prototype gantry for future MRI-PET scanners. *Journal of Instrumentation*, 2014, 9.12: C12052.
20. FUJITA, T., et al. Development of prototype PET scanner using dual-sided readout DOI-PET modules. *Journal of Instrumentation*, 2014, 9.12: P12015.
21. MENGUCCI, P., et al. Structural, mechanical and light yield characterisation of heat treated LYSO: Ce single crystals for medical imaging applications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2015, 785: 110-116.
22. Constantinidis, Anastasios. *Investigation of scintillators with two K-absorption edges using Monte Carlo techniques*. 2007. PhD Thesis.
23. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.
24. LIDER, Valentin Viktorovich. X-ray diffraction topography methods. *Physics of the Solid State*, 2021, 63: 189-214.
25. ЛИДЕР, Валентин Викторович. Методы рентгеновской дифракционной топографии (Обзор). *Физика твердого тела*, 2021, 63.2: 165-190.
26. DAI, Yingying, et al. Study on temperature response of the HERD calorimeter cell. *Radiation Detection Technology and Methods*, 2023, 7.2: 227-233.

27. GRAHE, Jan, et al. Optical Monte-Carlo simulation to evaluate monolithic PET detector concepts. In: 2017 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC). IEEE, 2017. p. 1-6.
28. ЛИДЕР, Валентин Викторович. Рентгеновская дифракционная топография. 2020.

Ετεροαναφορές 27

Αυτοαναφορές 1

39.KALIVAS N, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, SALEMIS G, KARAGIANNIS C, KONSTANTINIDIS A, MICHAIL C, LOUDOS G, SAKELIOS N, KARAKATSANIS N, NIKITA K, GAYSHAN VL, GEKTIN AV, SIANOUDIS I, GIOKARIS N, NOMICOS C, DIMITROPOULOS N, CAVOURAS D, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Imaging properties of cerium doped Yttrium Aluminum Oxide (YAP:Ce) powder scintillating screens under x-ray excitation. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2006** 569(2):210-214, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.08.020>.

IF=1.4

1. MICHAIL, Christos M., et al. Evaluation of the Red Emitting Gd₂O₂S: Eu Powder Scintillator for Use in Indirect X-Ray Digital Mammography Detectors. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2011, 58.5: 2503-2511.
2. MICHAIL, Christos M., et al. Light Emission Efficiency of Gd₂O₂S:Eu (GOS: Eu) Powder Screens Under X-Ray Mammography Conditions. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55.6: 3703-3709.

3. MICHAÏL, C., et al. On the response of GdAlO₃: Ce powder scintillators. *Journal of Luminescence*, 2013, 144: 45-52.
4. KALIVAS, N., et al. Light emission efficiency and imaging properties of YAP: Ce granular phosphor screens. *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, 2007, 89.2: 443-449.
5. ZATRYB, G., et al. Optical properties of Tb and Eu doped cubic YAlO₃ phosphors synthesized by sol-gel method. *Optical Materials*, 2013, 35.12: 2090-2094.
6. ΚΑΡΠΙΕΤΑΣ, Γεώργιος. Προσομοίωση σχηματισμού εικόνας συστημάτων πυρηνικής ιατρικής με μεθόδους Monte Carlo. 2013. PhD Thesis.
7. PRADHAN, Gagan Bihari, et al. Electron Many-Body Studies of Triply Ionized Lanthanide Elements Doped in Bulk-and Nano-Materials. *Advances in atomic, molecular, and optical science*, 2008, 113.
8. MICHAÏL, C. M., et al. A novel method for the optimization of positron emission tomography scanners imaging performance. *Hellenic Journal of Nuclear Medicine*, 2016, 19.3: 231.
9. JEONG, Heon Yong, et al. ZnWO₄ nanoparticle scintillators for high resolution X-ray imaging. *Nanomaterials*, 2020, 10.9: 1721.

Ετεροαναφορές 8

Αυτοαναφορές 1

**40. PATATOUKAS G, GAITANIS A, KALIVAS N, LIAPARINOS P,
NIKOLOPOULOS D, KONSTANTINIDIS A, KANDARAKIS I, CAVOURAS D,**

PANAYIOTAKIS G. The effect of energy weighting on the SNR under the influence of non ideal detectors in mammographic applications. *Nucl. Instr.*

Methods (A) **2006** 569(2): 260-263, doi:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.08.019>. **IF=1.4**

1. LE, Huy Q.; DUCOTE, Justin L.; MOLLOI, Sabee. Radiation dose reduction using a CdZnTe-based computed tomography system: Comparison to flat-panel detectors. *Medical Physics*, 2010, 37.3: 1225-1236.
2. SEFERIS, I. E., et al. On the response of a europium doped phosphor-coated CMOS digital imaging detector. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2013, 729: 307-315.
3. DING, Huanjun; DUCOTE, Justin L.; MOLLOI, Sabee. Breast composition measurement with a cadmium-zinc-telluride based spectral computed tomography system. *Medical Physics*, 2012, 39.3: 1289-1297.
4. BUTZER, J. S., et al. Medipix imaging-evaluation of datasets with PCA. In: *Image and Vision Computing New Zealand, 2008. IVCNZ 2008. 23rd International Conference*. IEEE, 2008. p. 1-6.
5. CHO, H. M., et al. The effects of photon flux on energy spectra and imaging characteristics in a photon-counting x-ray detector. *Physics in medicine and biology*, 2013, 58.14: 4865.
6. ROUSSEAU, Julia; RADISSON, Patrick; BOUDOU, Caroline. Energy weighting with a CdTe spectrometric detector. In: *Nuclear Science*

- Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC), 2011 *IEEE*.
IEEE, 2011. p. 4632-4635.
7. NINOS, K., et al. The effect of scintillator response on signal difference to noise ratio in X-ray medical imaging. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2010, 622.1: 246-255.
 8. SEFERIS, Ioannis. *Investigatoin and imaging characteristics of a CMOS sensor based digital detector coupled to a red emitting fluorescent screen*. 2013. PhD Thesis.
 9. MICHAÏL, Christos. *Investigation of optical and imaging characteristics of fluorescent screens for use in digital imaging detectors suitable for telemedicine*. 2010. PhD Thesis.
 10. LEE, Hyun Cheol, et al. Validation of energy-weighted algorithm for radiation portal monitor using plastic scintillator. *Applied Radiation and Isotopes*, 2016, 107: 160-164.
 11. SEFERIS, Ioannis, et al. On the response of a europium doped phosphor-coated CMOS digital imaging detector. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 729, 2013, 307–315
 12. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.

13. ASEMI, Nassar N., et al. Efficient liquid scintillator loaded with a light-emitting conjugated oligomer for beta-and gamma-ray spectroscopic measurements. *Radiation Measurements*, 2022, 156: 106826.
14. ULLHERR, Maximilian. Optimization of Image Quality in High-Resolution X-Ray Imaging. 2021. PhD Thesis. Universität Würzburg.
15. ΣΕΦΕΡΗΣ, Ιωάννης. Διερεύνηση οπτικών ιδιοτήτων οθονών νανοφωσφόρων και μελέτη των απεικονιστικών χαρακτηριστικών τους σε σύζευξη με ψηφιακό ανιχνευτή τύπου CMOS για εφαρμογές ιατρικής απεικόνισης. 2017. PhD Thesis.

Ετεροαναφορές 14

Αυτοαναφορές 1

41. NIKOLOPOULOS D, KANDARAKIS I, TSANTILAS X, VALAIS I, CAVOURAS D, LOUIZI A. Comparative study of the radiation detection efficiency of LSO, LuAP, GSO and YAP scintillators for use in positron emission imaging (PET) via Monte-Carlo Methods. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2006** 569(2):350-354, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.08.033>. **IF=1.4**

1. Zhao Jingtai et al. Research progress of scintillation crystal materials. *Progress in Chinese Materials*, 2010, 10: 40-48.
2. HONGIUN, Li, et al. Spectroscopic properties of Ce: YAP scintillation crystal grown by temperature gradient technique. *Journal of Rare Earths*, 2007, 25.5: 596-600.

3. KANTORSKI, Igor; JURKOWSKI, Jacek; DROZDOWSKI, Winicjusz.
Observed light yield of scintillation pixels: Extending the two-ray model.
Optical Materials, 2016, 59: 91-95.
4. Li Hongjun et al. Growth and Defect Analysis of Doped YAlO₃ Crystals by Temperature Ladder Method. *Chinese Journal of Rare Earths*, 2007, 25.4: 474-478.
5. Ding et al. Study on the Associated (Lu, Y)₃Al₅O₁₂: Ce Phase in Lu_xY_{1-x}AlO₃: Ce Crystal
6. DING, Dong-zhou, et al. Defects of Lu x Y 1-x AlO₃: Ce Crystals. *Journal of Inorganic Materials*, 2010, 25.10: 1020-1024. *Journal of Inorganic Materials*, 2008, 23.3: 434-438.
7. DING, Dong-zhou, et al. Lu x Y 1-x Al₃: Ce-related genes (Lu, Y₃ Al₅ O₁₂: Ce phase formation. *Journal of Inorganic Materials*, 23.3: 434-438.
8. AUTRET, Awen. *Amélioration qualitative et quantitative de reconstruction TEP sur plate-forme graphique*. 2015. PhD Thesis. Télécom Bretagne; Université de Bretagne Occidentale.
9. NABIPOUR, Jamshid Soltani; KHORSHIDI, Abdollah. Spectroscopy and optimizing semiconductor detector data under X and γ photons using image processing technique. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 2018, 49.2: 194-200.

Ετεροαναφορές 9

Αυτοαναφορές 0

42. KARAKATSANIS N, SAKELLIOS N, TSANTILAS X, DIKAIOS N, TSOUMPAS C, LAZARO D, LOUDOS G, SCHMIDTLEIN C.R, LOUIZI A, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, MALAMITSI J, KANDARAKIS J, NIKITA J. Comparative evaluation of two commercial PET scanners, ECAT EXACT HR+ and Biograph 2, using GATE. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2006** 569(2): 368-372, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.08.110>. **IF=1.4**

1. JAN, S., et al. GATE V6: a major enhancement of the GATE simulation platform enabling modelling of CT and radiotherapy. *Physics in medicine and biology*, 2011, 56.4: 881.
2. SEGARS, W. Paul; TSUI, Benjamin MW. MCAT to XCAT: The evolution of 4-D computerized phantoms for imaging research. *Proceedings of the IEEE*, 2009, 97.12: 1954-1968.
3. KARAKATSANIS, Nicolas A., et al. Dynamic whole-body PET parametric imaging: I. Concept, acquisition protocol optimization and clinical application. *Physics in medicine and biology*, 2013, 58.20: 7391.
4. VAN ELMBT, Larry, et al. Comparison of yttrium-90 quantitative imaging by TOF and non-TOF PET in a phantom of liver selective internal radiotherapy. *Physics in medicine and biology*, 2011, 56.21: 6759.
5. KARAKATSANIS, Nicolas A., et al. Dynamic whole-body PET parametric imaging: II. Task-oriented statistical estimation. *Physics in medicine and biology*, 2013, 58.20: 7419.
6. KONIK, Arda; MADSEN, M. T.; SUNDERLAND, J. J. GATE simulations of human and small animal PET for determination of scatter fraction as a

- function of object size. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2010, 57.5: 2558-2563.
7. BAGHAEI, Hossain, et al. GATE Monte Carlo simulation of a high-sensitivity and high-resolution LSO-based small animal PET camera. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2007, 54.5: 1568-1573.
 8. OLIVER, Josep F.; RAFECAS, Magdalena. Improving the singles rate method for modeling accidental coincidences in high-resolution PET. *Physics in medicine and biology*, 2010, 55.22: 6951.
 9. PAPANIMITROULAS, Panagiotis, et al. Investigation of realistic PET simulations incorporating tumor patient's specificity using anthropomorphic models: Creation of an oncology database. *Medical physics*, 2013, 40.11.
 10. KARPETAS, George E., et al. A new PET resolution measurement method through Monte-Carlo simulations. *Nuclear medicine communications*, 2014, 35.9: 967-976.
 11. KARAKATSANIS, Nicolas A.; LOUDOS, George; NIKITA, Konstantina S. A methodology for optimizing the acquisition time of a clinical PET scan using GATE. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record (NSS/MIC), 2009 IEEE*. IEEE, 2009. p. 2896-2901.
 12. NIKOLOPOULOS, D., et al. A semi-empirical Monte Carlo based model of the Detector Optical Gain of Nuclear Imaging scintillators. *Journal of Instrumentation*, 2012, 7.11: P11021.

13. KARAKATSANIS, Nicolas; NIKITA, Konstantina. A simulation model of the counting-rate response of clinical pet systems and it's application to optimize the injected dose. In: *Biomedical Imaging: From Nano to Macro, 2009. ISBI'09. IEEE International Symposium on*. IEEE, 2009. p. 398-401.
14. KARAKATSANIS, Nicolas A., et al. Monte-Carlo based characterization of the counting rate (NECR) response for personalized optimization of the administered activity in clinical PET imaging. *Frontiers in Biomedical Technologies*, 2015, 1.1.
15. KONIK, Arda Bekir. *Evaluation of attenuation and scatter correction requirements in small animal PET and SPECT imaging*. 2010. PhD Thesis. The University of Iowa.
16. TSOUMPAS, Charalampos; GAITANIS, Anastasios. Modeling and simulation of 4D PET-CT and PET-MR images. *PET clinics*, 2013, 8.1: 95-110.
17. KARAKATSANIS, Nicolas A., et al. A simulation study of the counting-rate performance of clinical pet systems applying a methodology for optimizing the injected dose. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2008. NSS'08. IEEE*. IEEE, 2008. p. 5014-5019.
18. NIKOLOPOULOS, D., et al. GATE simulation of the biograph 2 PET/CT scanner. *J Nucl Med Radiat Ther*, 2014, 5.201: 2.
19. NIKOLOPOULOS, D., et al. Study of the response of open CR-39 detector to radon and progeny by Monte Carlo simulation with SRIM 2013. In: *International Scientific Conference eRA-8 ISSN-1791-1133-1*. 2013.

20. POPOTA, F. D., et al. Monte Carlo simulations versus experimental measurements in a small animal PET system. A comparison in the NEMA NU 4-2008 framework. *Physics in medicine and biology*, 2014, 60.1: 151.
21. KARAKATSANIS, Nicolas A., et al. A simulation study for optimizing the injected dose of clinical PET systems. In: *Imaging Systems and Techniques, 2008. IST 2008. IEEE International Workshop on*. IEEE, 2008. p. 98-103.
22. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. A GATE simulation study of the Siemens Biograph DUO PET/CT system. *Open Journal of Radiology* 2013, 3, 56-65
23. MEPARISHVILI, Badri; JANELIDZE, Gulnara; GODERDZISHVILI, Gela. Mobile Multi-Robot Systems Control Based on Evolutionary Algorithms. In: *ERA-7, SynEnergy Forum. The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education*. TEI ISSN. 1791. p. 1-8.
24. KARAKATSANIS, Nicolas A.; NIKITA, Konstantina S. A study of the parameters affecting minimum detectable activity concentration level of clinical LSO PET scanners. In: *BioInformatics and BioEngineering, 2008. BIBE 2008. 8th IEEE International Conference on*. IEEE, 2008. p. 1-6.
25. LOUDOS, George K. Monte Carlo simulations in Nuclear Medicine. In: GRANJA, Carlos; LEROY, Claude; STEKL, Ivan (ed.). *AIP Conference Proceedings*. AIP, 2007. p. 147-150.

26. KIEßLING, N.; BIEBERLE, A.; HAMPEL, U. Analysis of scattered radiation cross-talk in a high-resolution gamma ray tomography detector with GATE Monte-Carlo simulation. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2008, 595.2: 375-380.
27. HICKSON, Kevin James. *Internal radionuclide dosimetry of model and patient based voxelised phantoms using the GATE toolkit*. 2011. PhD Thesis. RMIT University Melbourne Australia.
28. Liu Haojia, and Zhang Bin. Research on PET System Simulation Based on GATE. *Nuclear Electronics and Detection Technology*, 2014, 34.2: 262-266.
29. ALSANEA, Ebtessam Ahmad Saeed. Prediction of Radioactive Injection Dosage for PET Image.
30. ΚΑΡΠΙΕΤΑΣ, Γεώργιος. *Προσομοίωση σχηματισμού εικόνας συστημάτων πυρηνικής ιατρικής με μεθόδους Monte Carlo*. 2013. PhD Thesis.
31. NIKOLOPOULOS, Dimitrios et al. A semi-empirical monte carlo based model of the detector optical gain of nuclear imaging scintillators. 2012 JINST 7 P11021
32. VAUCLIN, S., et al. Monte-Carlo simulations of clinically realistic respiratory gated 18 F-FDG PET: Application to lesion detectability and volume measurements. *Computer methods and programs in biomedicine*, 2015, 118.1: 84-93.

33. BRANCO, S.; ALMEIDA, P.; JAN, S. Small Animal Simulation Studies using the microPET® FOCUS system and the GATE platform.
34. SAAIDI, Rahal, et al. A Monte Carlo Study of Clinical PET ECAT EXACT HR+ Using GATE. In: *Basic Concepts in Nuclear Physics: Theory, Experiments and Applications*. Springer International Publishing, 2016. p. 223-225.
35. LU, Lijun, et al. Validation of a Monte Carlo simulation of the Inveon PET scanner using GATE. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2016, 828: 170-175.
36. ORTUÑO FISAC, Juan Enrique. *Reconstrucción de imágenes de tomografía por emisión de positrones de alta resolución mediante métodos estadísticos*. 2008. PhD Thesis. Telecomunicacion.
37. YU, Yunhan, et al. Impact of depth-of-interaction on image resolution in long axial-FOV PET. In: *Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC), 2014 IEEE*. IEEE, 2014. p. 1-4.
38. BAHREYNI-TOOSI, Mohammad-Taghi, et al. Monte Carlo Simulation of a 6 MV X-Ray Beam for Open and Wedge Radiation Fields, Using GATE Code. *Journal of medical signals and sensors*, 2014, 4.4: 267.
39. PAPADIMITROULAS, P., et al. Development of MOBY and NCAT phantoms for diagnostic and therapeutic applications using GATE simulations.

40. GROGG, Kira S., et al. National Electrical Manufacturers Association and Clinical Evaluation of a Novel Brain PET/CT Scanner. *Journal of Nuclear Medicine*, 2016, 57.4: 646-652.
41. ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΟΥΛΑΣ, Παναγιώτης. *Evaluation of diagnostic, therapeutic and dosimetric applications in nuclear medicine, with the development of computational models and the use of Monte Carlo simulations*. 2015. PhD Thesis.
42. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.
43. Karpetas, George, et.al. Detective quantum efficiency (DQE) in PET scanners: A simulation study. *Applied Radiation and Isotopes* 2017, 125:154-162.
44. SARRUT, David, et al. Advanced Monte Carlo simulations of emission tomography imaging systems with GATE. *Physics in Medicine & Biology*, 2021, 66.10: 10TR03.
45. WINDOWS-YULE, C. R. K., et al. Recent advances in positron emission particle tracking: A comparative review. *Reports on Progress in Physics*, 2022, 85.1: 016101.
46. SALVADORI, Julien, et al. Monte Carlo simulation of digital photon counting PET. *EJNMMI physics*, 2020, 7.1: 1-19.
47. GUEHL, Nicolas J., et al. Evaluation of pharmacokinetic modeling strategies for in-vivo quantification of tau with the radiotracer [18 F]

- MK6240 in human subjects. *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*, 2019, 46: 2099-2111.
48. KARPETAS, George E., et al. Detective quantum efficiency (DQE) in PET scanners: A simulation study. *Applied Radiation and Isotopes*, 2017, 125: 154-162.
49. SHEIKHZADEH, Peyman, et al. Development and validation of an accurate GATE model for NeuroPET scanner. *Physica Medica*, 2017, 40: 59-65.
50. ZARIFI, Shiva, et al. Bragg peak characteristics of proton beams within therapeutic energy range and the comparison of stopping power using the GATE Monte Carlo simulation and the NIST data. *Journal of Radiotherapy in Practice*, 2020, 19.2: 173-181.
51. PETER, Jörg. Musiré: multimodal simulation and reconstruction framework for the radiological imaging sciences. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 2021, 379.2204: 20200190.
52. O'BRIAIN, Teaghan B., et al. Publicly available framework for simulating and experimentally validating clinical PET systems. *Medical physics*, 2023, 50.3: 1549-1559.
53. LEE, J. J., et al. Hemodynamic impairment measured by positron-emission tomography is regionally associated with decreased cortical thickness in moyamoya phenomenon. *American Journal of Neuroradiology*, 2018, 39.11: 2037-2044.

54. O'BRIAIN, Teaghan. Correcting for Patient Breathing Motion in PET Imaging. 2022. PhD Thesis.
55. LABOUR, Joey. Yttrium-90 quantification using SiPM PET and Monte Carlo simulations for radioembolisation monitoring. 2021. PhD Thesis. Université de Lyon.
56. JULIEN, Salvadori, et al. Monte Carlo simulation of digital photon counting PET. EJNMMI Physics, 2020, 7.1.
57. SAAIDI, Rahal, et al. GATE simulation study of the siemens biograph mCT 20 Excel PET/CT system. Polish Journal of Medical Physics and Engineering, 2019, 25.1: 7-14.
58. THEODORAKIS, Lampros, et al. PET Counting Response Variability Depending on Tumor Location, Activity, and Patient Obesity: A Feasibility Study of Solitary Pulmonary Nodule Using Monte Carlo. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2019, 38.7: 1763-1774.
59. ΘΕΟΔΩΡΑΚΗΣ, Λάμπρος Μ. Βελτιστοποίηση της λειτουργίας συστημάτων τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων (PET). 2019.
60. ΤΖΑΜΠΑΖΙΔΟΥ, Ευαγγελία. Αξιολόγηση απόδοσης του τομογράφου MedisoNanoScanPET/CT μικρών ζώων, με χρήση προσομοίωσης Monte-Carlo, μέσω του προγράμματος GATE. 2017. PhD Thesis.
61. SAAIDI, Rahal, et al. GATE Simulation of a Clinical PET Scanner: Influence of Windows Timing Coincidences and Dead Time on Count Rate Performance. Proceedings of Engineering and Technology–PET, 2017, 19: 31-35.

62. BRANCO, S.; ALMEIDA, P.; JAN, S. Small Animal Simulation Studies using the microPET® FOCUS system and the GATE platform.
63. RAHAL, SAAIDI. Validation of a Monte Carlo simulation of three Siemens clinical PET/CT scanner using GATE and optimization of scanner performance. 2019.
64. MEPARISHVILI, Badri; GODERDZISHVILI, G.; JANELIDZE, G. Mobile Multi-Robot Systems Control Based on Evolutionary Algorithms. In: ERA-7, SynEnergy Forum. The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education. TEI ISSN. 1791. p. 1-8.
65. BUVAT, S. Vauclin C. Michel I.; GARDIN, Edet-Sanson P. Vera I.; HAPDEY, S. Monte Carlo simulations of clinically-realistic respiratory gated 18F-FDG PET: Application to lesion detectability and volume measurements. 2014.
66. PAPANIMITROULAS, P., et al. Development of MOBY and NCAT phantoms for diagnostic and therapeutic applications using GATE simulations.

Ετεροαναφορές 61

Αυτοαναφορές 5

44. NIKOLOPOULOS D, VOGIANNIS E. Modelling radon progeny concentration variations in thermal spas. *Sci. Tot. Environ.* 2007 373(1): 82-93, doi:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.11.017>. **IF=10.754**

1. SONG, Gang, et al. Contribution of ²²²Rn-bearing water to indoor radon and indoor air quality assessment in hot spring hotels of Guangdong, China. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2011, 102.4: 400-406.
2. VOGIANNIS, Efstratios; NIKOLOPOULOS, Dimitrios. Modelling of radon concentration peaks in thermal spas: Application to Polichnitos and Eftalou spas (Lesvos Island—Greece). *Science of the total environment*, 2008, 405.1: 36-44.
3. VINSON, David S.; CAMPBELL, Ted R.; VENGOSH, Avner. Radon transfer from groundwater used in showers to indoor air. *Applied Geochemistry*, 2008, 23.9: 2676-2685.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): Results from measurements and modelling. *Science of the total environment*, 2010, 408.3: 495-504.
5. BEZEK, M., et al. Diurnal and seasonal variations of concentration and size distribution of nano aerosols (10–1100 nm) enclosing radon decay products in the Postojna Cave, Slovenia. *Radiation Protection Dosimetry*, 2012, ncs218.
6. STEVANOVIC, N., et al. Determination of parameters of the Jacobi room model using the Brownian motion model. *Health physics*, 2009, 96.1: 48-54.

7. SMERAJEC, Mateja; VAUPOTIČ, Janja. Nanoaerosols including radon decay products in outdoor and indoor air at a suburban site. *Journal of toxicology*, 2012, 2012.
8. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Dosimetry modelling of transient radon and progeny concentration peaks: results from in situ measurements in Ikaria spas, Greece. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2013, 15.6: 1216-1227.
9. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Hurst exponent analysis of indoor radon profiles of Greek apartment dwellings. *J Phys Chem Biophys*, 2014, 4.168: 2161-0398.100016.
10. SILVA, A. S.; DINIS, M. L.; FIÚZA, A. Research on occupational exposure to radon in Portuguese thermal spas. *Occupational Safety and Hygiene II*, 2014, 323.
11. LABIDI, S.; AL-AZMI, Darwish; SALAH, R. Ben. Indoor radon in Tunisian spas. *Radioprotection*, 2012, 47.03: 361-373.
12. BEZEK, M.; GREGORIC, A.; VAUPOTIC, J. Radon decay products and 10-1100 nm aerosol particles in Postojna Cave. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2013, 13.3: 823.
13. STEVANOVIĆ, Nenad; MARKOVIĆ, Vladimir; NIKEZIC, Dragoslav. *Behavior of Radon, Thoron and Their Progeny in a Room*. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015.
14. AHIJJO, Y. M.; BABA-KUTIGI, A. N. A Model Of Analytical Theory For Indoor Radon Contamination In Sokoto Metropolis.

15. KOTTOU, Sofia, et al. Monte-Carlo Modelling and Experimental Study of Radon and Progeny Radiation Detectors for Open Environment. In: *Progress in Clean Energy, Volume 1*. Springer International Publishing, 2015. p. 787-801.
16. SILVA, Ana Sofia; DINIS, M. L.; DIOGO, Miguel Tato. Occupational exposure to radon in thermal spas. *Occupational Safety and Hygiene*, VENGOSH, Avner, et al. A critical review on the occurrence and distribution of the uranium-and thorium-decay nuclides and their effect on the quality of groundwater. *Science of The Total Environment*, 2022, 808: 151914.2013, 273.
17. ABDO, Maged Ahmed Saleh, et al. Radon exposure assessment and its decay products aerosols in some houses of the province of El Jadida, Morocco. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2021, 14: 129-137.
18. VAUPOTIČ, Janja; BEZEK, Mateja; KOBAL, Ivan. THE EFFECT OF AIR FILTRATION ON THE FRACTION OF UNATTACHED RADON PRODUCTS.

Ετεροαναφορές 13

Αυτοαναφορές 5

45. GONIAS P, BERTSEKAS N, KARAKATSANIS N, SAATSAKIS G, GAITANIS A, NIKOLOPOULOS D, LOUDOS G, PAPASPYROU L, SAKELLIOS N, TSANTILAS X, DASKALAKIS A, LIAPARINOS P, NIKITA K, LOUIZI A, CAVOURAS D, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS GS. Validation of a GATE

model for the simulation of the Siemens PET Biograph™ 6 scanner. *Nucl. Instr. Methods (A)* **2007** 571 (1): 263-266, doi:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.10.078>. **IF=1.4**

1. JAN, S., et al. GATE V6: a major enhancement of the GATE simulation platform enabling modelling of CT and radiotherapy. *Physics in Medicine and Biology*, 2011, 56.4: 881.
2. SEGARS, W. Paul; TSUI, Benjamin MW. MCAT to XCAT: The evolution of 4-D computerized phantoms for imaging research. *Proceedings of the IEEE*, 2009, 97.12: 1954-1968.
3. POON, Jonathan K., et al. Optimal whole-body PET scanner configurations for different volumes of LSO scintillator: a simulation study. *Physics in Medicine and Biology*, 2012, 57.13: 4077.
4. KARAKATSANIS, Nicolas A., et al. Dynamic whole-body PET parametric imaging: I. Concept, acquisition protocol optimization and clinical application. *Physics in Medicine and Biology*, 2013, 58.20: 7391.
5. KARAKATSANIS, Nicolas A., et al. Dynamic whole-body PET parametric imaging: II. Task-oriented statistical estimation. *Physics in Medicine and Biology*, 2013, 58.20: 7419.
6. DELSO, Gaspar, et al. Monte Carlo simulations of the count rate performance of a clinical whole-body MR/PET scanner. *Medical physics*, 2009, 36.9: 4126-4135.

7. SANTIN, G., et al. Evolution of the GATE project: new results and developments. *Nuclear Physics B-Proceedings Supplements*, 2007, 172: 101-103.
8. OLIVER, Josep F.; RAFECAS, Magdalena. Improving the singles rate method for modeling accidental coincidences in high-resolution PET. *Physics in medicine and biology*, 2010, 55.22: 6951.
9. QIANG, Yan, et al. Preliminary simulation studies on a cylindrical PEM scanner using GATE. *Chinese physics C*, 2010, 34.1: 152.
10. GIANOLI, Chiara, et al. PET-CT scanner characterization for PET raw data use in biomedical research. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 2014, 38.5: 358-368.
11. KARAKATSANIS, Nicolas A.; LOUDOS, George; NIKITA, Konstantina S. A methodology for optimizing the acquisition time of a clinical PET scan using GATE. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record (NSS/MIC), 2009 IEEE*. IEEE, 2009. p. 2896-2901.
12. NIKOLOPOULOS, D., et al. A semi-empirical Monte Carlo based model of the Detector Optical Gain of Nuclear Imaging scintillators. *Journal of Instrumentation*, 2012, 7.11: P11021.
13. KARAKATSANIS, Nicolas A., et al. Monte-Carlo based characterization of the counting rate (NECR) response for personalized optimization of the administered activity in clinical PET imaging. *Frontiers in Biomedical Technologies*, 2015, 1.1.

14. TSOUMPAS, Charalampos; GAITANIS, Anastasios. Modeling and simulation of 4D PET-CT and PET-MR images. *PET clinics*, 2013, 8.1: 95-110.
15. HERRICK, Peter DE, et al. Radiofrequency coil design for simultaneous PET/MR systems. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record (NSS/MIC), 2010 IEEE*. IEEE, 2010. p. 2560-2567.
16. TING, Ye, et al. Investigation of scatter from out of the field of view and multiple scatter in PET using Monte Carlo simulations. *Chinese physics C*, 2011, 35.12: 1166.
17. MOREL, Christian. La simulation Monte Carlo en médecine nucléaire. *Médecine Nucléaire*, 2007, 31.4: 160-164.
18. KARAKATSANIS, Nicolas A., et al. A simulation study of the counting-rate performance of clinical pet systems applying a methodology for optimizing the injected dose. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2008. NSS'08. IEEE*. IEEE, 2008. p. 5014-5019.
19. FOUDRAY, Angela Marie Klohs. Design of an advanced positron emission tomography detector system and algorithms for imaging small animal models of human disease. 2009.
20. LI, Xiping; ZHAO, Weizhao. QGATE: an Educational environment to learn and perform nuclear medicine imaging simulation with GATE. *Open Medical Imaging Journal*, 2011, 5: 26-33.
21. NIKOLOPOULOS, D., et al. GATE simulation of the biograph 2 PET/CT scanner. *J Nucl Med Radiat Ther*, 2014, 5.201: 2.

22. NIKOLOPOULOS, D., et al. Study of the response of open CR-39 detector to radon and progeny by Monte Carlo simulation with SRIM 2013. In: *International Scientific Conference eRA-8 ISSN-1791-1133-1*. 2013.
23. POPOTA, F. D., et al. Monte Carlo simulations versus experimental measurements in a small animal PET system. A comparison in the NEMA NU 4-2008 framework. *Physics in medicine and biology*, 2014, 60.1: 151.
24. LI, Xiping. Web-based medical imaging simulation system for education and research. 2011.
25. POON, Jonathan K., et al. Validation of the SimSET simulation package for modeling the Siemens Biograph mCT PET scanner. *Physics in medicine and biology*, 2015, 60.3: N35.
26. KARAKATSANIS, Nicolas A., et al. A simulation study for optimizing the injected dose of clinical PET systems. In: *Imaging Systems and Techniques, 2008. IST 2008. IEEE International Workshop on*. IEEE, 2008. p. 98-103.
27. BALCERZYK, M., et al. Virtual PET Scanner—From Simulation in GATE to a Final Multiring Albira PET/SPECT/CT Camera. *Positron Emission Tomography-Current Clinical and Research Aspects*, 2012, 3-26.
28. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. A GATE Simulation Study of the Siemens Biograph DUO PET/CT System. *Open Journal of Radiology*, 2013, 3.2: 56.
29. MEPARISHVILI, Badri; JANELIDZE, Gulnara; GODERDZISHVILI, Gela. Mobile Multi-Robot Systems Control Based on Evolutionary Algorithms. In:

- ERA-7, SynEnergy Forum. The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education. TEI ISSN. 1791. p. 1-8.*
30. BARDIÈS, Manuel; LASSMANN, Michael. Monte carlo methods in nuclear medicine. In: *Therapeutic Nuclear Medicine*. Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 759-768.
31. KARAKATSANIS, Nicolas A.; NIKITA, Konstantina S. A study of the parameters affecting minimum detectable activity concentration level of clinical LSO PET scanners. In: *BioInformatics and BioEngineering, 2008. BIBE 2008. 8th IEEE International Conference on*. IEEE, 2008. p. 1-6.
32. HICKSON, Kevin James. *Internal radionuclide dosimetry of model and patient based voxelised phantoms using the GATE toolkit*. 2011. PhD Thesis. RMIT University Melbourne Australia.
33. LIU Hao-jia; ZHANG Bin. Research on PET System Simulation Based on GATE Nuclear Electronics and Detection Technology 34.2 (2014): 262-266.
34. LIN, Hsin-Hon. *Simulation and Recycling of Triple Equivalence Events in Orthopedic Tomograph*. Department of Medical Engineering and Environmental Sciences, Tsinghua University (2013): 1-138.
35. VILLOING, Daphnée, et al. Internal dosimetry with the Monte Carlo code GATE: validation using the ICRP/ICRU female reference computational model. *Physics in Medicine and Biology*, 2017, 62.5: 1885.

36. Wang Shanyu. *Recycling of Triple Equivalence Events in Orthodontic Segmentation*. Department of Medical Engineering and Environmental Sciences, Tsinghua University (2013): 1-74.
37. ΚΑΡΠΙΕΤΑΣ, Γεώργιος. *Προσομοίωση σχηματισμού εικόνας συστημάτων πυρηνικής ιατρικής με μεθόδους Monte Carlo*. 2013. PhD Thesis.
38. FRANCO, Pedro Gallego; MARCOS, Rocío García. Caracterización del escáner PET Biograph 6 de Siemens mediante simulación Monte Carlo. *Revista de Física Médica*, 2015, 16.3.
39. NIKOLOPOULOS, Dimitrios et al. A semi-empirical monte carlo based model of the detector optical gain of nuclear imaging scintillators. 2012 JINST 7 P11021
40. LOUDOS, George K.; PAPANIMITROULAS, Panagiotis G.; KAGADIS, George C. Exploitation of realistic computational anthropomorphic phantoms for the optimization of nuclear imaging acquisition and processing protocols. In: *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2014 36th Annual International Conference of the IEEE*. IEEE, 2014. p. 1921-1924.
41. VAUCLIN, S., et al. Monte-Carlo simulations of clinically realistic respiratory gated 18 F-FDG PET: Application to lesion detectability and volume measurements. *Computer methods and programs in biomedicine*, 2015, 118.1: 84-93.
42. LI, Shu-Wei, et al. SYNCHROTRON RADIATION, FREE ELECTRON LASER, APPLICATION OF NUCLEAR TECHNOLOGY, ETC. Employing a

- Cerenkov detector for the thickness measurement of X-rays in a scattering background. *Chinese Physics C*, 2010, 34: 1895-1899.
43. GALLEGO FRANCO, Pedro, et al. FORMATO PARA EL ENVIO DE RESÚMENES.
44. LU, Lijun, et al. Validation of a Monte Carlo simulation of the Inveon PET scanner using GATE. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2016, 828: 170-175.
45. Chen Yilin. *Application of beam stop device in the PET / CT scattering correction*. Tsinghua University, Department of Health Engineering and Environmental Science (2010): 1-68.
46. KOWALSKI, P., et al. Scatter fraction of the J-PET tomography scanner. *arXiv preprint arXiv:1602.05402*, 2016.
47. BAHREYNI-TOOSI, Mohammad-Taghi, et al. Monte Carlo Simulation of a 6 MV X-Ray Beam for Open and Wedge Radiation Fields, Using GATE Code. *Journal of Medical Signals and Sensors*, 2014, 4.4: 267.
48. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.
49. VILLOING Daphnée; et al. Internal dosimetry with the Monte Carlo code GATE: validation using the ICRP/ICRU female reference computational model. *Physics in Medicine & Biology* 2017, 62(5): 1885-1904.

50. SARRUT, David, et al. Advanced Monte Carlo simulations of emission tomography imaging systems with GATE. *Physics in Medicine & Biology*, 2021, 66.10: 10TR03.
51. KOWALSKI, Paweł, et al. Estimating the NEMA characteristics of the J-PET tomograph using the GATE package. *Physics in Medicine & Biology*, 2018, 63.16: 165008.
52. SALVADORI, Julien, et al. Monte Carlo simulation of digital photon counting PET. *EJNMMI physics*, 2020, 7.1: 1-19.
53. VILLOING, Daphnée, et al. Internal dosimetry with the Monte Carlo code GATE: validation using the ICRP/ICRU female reference computational model. *Physics in Medicine & Biology*, 2017, 62.5: 1885.
54. RYU, HyunJu, et al. Performance evaluation of quantitative SPECT/CT using NEMA NU 2 PET methodology. *Physics in Medicine & Biology*, 2019, 64.14: 145017.
55. LIU, Ziping, et al. Observer-study-based approaches to quantitatively evaluate the realism of synthetic medical images. *Physics in Medicine & Biology*, 2023, 68.7: 074001.
56. AHMED, Abdella M., et al. A validated Geant4 model of a whole-body PET scanner with four-layer DOI detectors. *Physics in Medicine & Biology*, 2020, 65.23: 235051.
57. AHMED, Abdella M., et al. A validated Geant4 model of a whole-body PET scanner with four-layer DOI detectors. *Physics in Medicine & Biology*, 2020, 65.23: 235051.

58. PFAEHLER, Elisabeth, et al. SMART (SiMulAtion and ReconsTruction) PET: an efficient PET simulation-reconstruction tool. *EJNMMI physics*, 2018, 5.1: 1-18.
59. PFAEHLER, Elisabeth, et al. SMART (SiMulAtion and ReconsTruction) PET: an efficient PET simulation-reconstruction tool. *EJNMMI physics*, 2018, 5.1: 1-18.
60. GHABRIAL, Amir; FRANKLIN, Daniel; ZAIDI, Habib. A Monte Carlo simulation study of the impact of novel scintillation crystals on performance characteristics of PET scanners. *Physica medica*, 2018, 50: 37-45.
61. GHABRIAL, Amir; FRANKLIN, Daniel R.; ZAIDI, Habib. A Monte Carlo simulation study of scatter fraction and the impact of patient BMI on scatter in long axial field-of-view PET scanners. *Zeitschrift für Medizinische Physik*, 2021, 31.3: 305-315.
62. KARPETAS, George E., et al. Detective quantum efficiency (DQE) in PET scanners: A simulation study. *Applied Radiation and Isotopes*, 2017, 125: 154-162.
63. CHIANG, Chih-Chieh, et al. Time of flight dual photon emission computed tomography. *Scientific Reports*, 2020, 10.1: 19514.
64. ZARIFI, Shiva, et al. Bragg peak characteristics of proton beams within therapeutic energy range and the comparison of stopping power using the GATE Monte Carlo simulation and the NIST data. *Journal of Radiotherapy in Practice*, 2020, 19.2: 173-181.

65. KATIB, Mahmoud EL, et al. Validation of a Monte Carlo model of the uEXPLORER total-body PET scanner using GATE code. *Radiation Physics and Chemistry*, 2023, 210: 111052.
66. SALAMA, E.; MAHER, Abeer. Application of GATE/GEANT 4 code in investigation of gamma shielding effectiveness of glass materials. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2019. p. 012032.
67. TAHERPARVAR, Payvand; SADREMOMTAZ, Alireza. Development of GATE Monte Carlo simulation for a CsI pixelated gamma camera dedicated to high resolution animal SPECT. *Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine*, 2018, 41: 31-39.
68. O'BRIAIN, Teaghan B., et al. Publicly available framework for simulating and experimentally validating clinical PET systems. *Medical physics*, 2023, 50.3: 1549-1559.
69. YAO, Min, et al. Reconstruction algorithm for regions of interest in γ -photon images. *IEEE Access*, 2021, 9: 71615-71625.
70. YAO, Min, et al. Reconstruction algorithm for regions of interest in γ -photon images. *IEEE Access*, 2021, 9: 71615-71625.
71. ALOKHINA, Marharyta. Design of the Cherenkov TOF whole-body PET scanner using GATE simulation. 2018. PhD Thesis. Université Paris Saclay (COMUE); Kiiivs'kij nacional'nij univërsitet imeni Tarasa Ševčënka (Ukraine).
72. GHABRIAL, Amir; FRANKLIN, Daniel; ZAIDI, Habib. Characterization of the scatter component in large axial field-of-view PET scanners: a Monte

- Carlo simulation study. In: 2018 IEEE nuclear science symposium and medical imaging conference proceedings (NSS/MIC). IEEE, 2018. p. 1-3.
73. O'BRIAIN, Teaghan. Correcting for Patient Breathing Motion in PET Imaging. 2022. PhD Thesis.
74. LIU, Ziping. Development of Image-Segmentation and Objective Evaluation Methods for Quantitative Nuclear-Medicine Imaging. 2023. PhD Thesis. Washington University in St. Louis.
75. LABOUR, Joey. Yttrium-90 quantification using SiPM PET and Monte Carlo simulations for radioembolisation monitoring. 2021. PhD Thesis. Université de Lyon.
76. CHIANG, Chih-Chieh, et al. A noise smoothing origin ensemble algorithm based on local filtering. *Physics in Medicine & Biology*, 2019, 64.15: 155020.
77. ARASTE, Narges; TAVAKOLIANBARAN, Hossein. Study of the Compton scattering effect of soft tissue in PET imaging by Monte Carlo method. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences*, 2019.
78. JULIEN, Salvadori, et al. Monte Carlo simulation of digital photon counting PET. *EJNMMI Physics*, 2020, 7.1.
79. TEIMOORISICHANI, Mohammadreza; GOERTZEN, Andrew L. Count rate performance of brain-dedicated PET scanners: a Monte Carlo simulation study. *Physics in Medicine & Biology*, 2019, 64.21: 215013.

80. SAAIDI, Rahal, et al. GATE simulation study of the siemens biograph mCT 20 Excel PET/CT system. Polish Journal of Medical Physics and Engineering, 2019, 25.1: 7-14.
81. ARASTE, Narges; TAVAKOLI-ANBARAN, Hossein. Investigating the Effect of Compton Scattering Between PET-Ring Detectors on Image Quality by Monte Carlo Simulation. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 2020, 27.1: 17-26.
82. THEODORAKIS, Lampros, et al. PET Counting Response Variability Depending on Tumor Location, Activity, and Patient Obesity: A Feasibility Study of Solitary Pulmonary Nodule Using Monte Carlo. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2019, 38.7: 1763-1774.
83. KALAITZIDIS, Philip. Modelling and Simulations of a clinical PET-system using the GATE Monte Carlo software. 2018.
84. YAO, Min, et al. Assessment of Line-of-Response Probability Density Function System Matrix for PET. In: Proceedings of the 2019 9th International Conference on Biomedical Engineering and Technology. 2019. p. 197-203.
85. FREESE, David Lee. Control, Calibration, and Correction of a PET System with Cubic Millimeter Detector Spatial Resolution. Stanford University, 2018.

Ετεροαναφορές 80

Αυτοαναφορές 5

46.NIKOLOPOULOS D, LINARDATOS D, VALAIS I, MICHAIL C, DAVID S, GONIAS P, BERTSEKAS N, CAVOURAS D, LOUIZI A, KANDARAKIS I. Monte Carlo Validation in the Diagnostic Radiology Range. *Nucl. Instr. Methods (A)* 2007 571(1): 267-269, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.10.079>. **IF=1.4**

1. NIKOLOPOULOS, Dimitrios et al. A semi-empirical monte carlo based model of the detector optical gain of nuclear imaging scintillators. 2012 JINST 7 P11021
2. KAWABE, Atsushi; TAKEDA, Y.; NAKAGIRI, Y. Reduction in patient skin dose during interventional radiology with the use of an air gap substitute. *The British Journal of Radiology*, 2014.
3. MEPARISHVILI, Badri; JANELIDZE, Gulnara; GODERDZISHVILI, Gela. Mobile Multi-Robot Systems Control Based on Evolutionary Algorithms. In: *ERA-7, SynEnergy Forum. The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education. TEI ISSN. 1791. p. 1-8.*
4. ZHOU, Abel, et al. A new solution for radiation transmission in anti-scatter grids. *Biomedical Physics & Engineering Express*, 2016, 2.5: 055011.
5. ZHOU, Abel; WHITE, Graeme L.; DAVIDSON, Rob. Validation of a Monte Carlo code system for grid evaluation with interference effect on Rayleigh scattering. *Physics in Medicine & Biology*, 2018, 63.3: 03NT02.
6. ZHOU, Abel. The development of new anti-scatter grids for improving X-ray image diagnostic quality and reducing patient radiation exposure. 2017. PhD Thesis. University of Canberra.

Ετεροαναφορές 5

Αυτοαναφορές 1

47.EFTHIMIOU N, KALIVAS N, PATATOUKAS G, KONSTANTINIDIS A, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, GAITANIS A, DAVID S, MICHAIL C, LOUDOS G, CAVOURAS D, KOURKOUTAS K, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I.

Investigation of the effect of the scintillator material on the overall X-ray detection system performance by application of analytical models. *Nucl. Instr. Methods (A)* 2007 571(1): 270-273, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.10.080>. **IF=1.4**

1. ZHANG, Jingfu, et al. Micro-sized cadmium tungstate as a high-performance anode material for lithium-ion batteries. *Journal of Alloys and Compounds*, 2014, 614: 249-252.
2. GUPTA, Tapan K. Mathematical Modeling of Radiation. In: *Radiation, Ionization, and Detection in Nuclear Medicine*. Springer Berlin Heidelberg, 2013. p. 135-185.
3. SALEH, Muad, et al. Evaluation of undoped ZnS single crystal materials for x-ray imaging applications. *Proc. SPIE 10179, Window and Dome Technologies and Materials XV*, 1017904.
4. SALEH, Muad; LYNN, Kelvin G.; MCCLOY, John S. Evaluation of undoped ZnS single crystal materials for x-ray imaging applications. In: *Window and Dome Technologies and Materials XV*. SPIE, 2017. p. 1017904.

Ετεροαναφορές 4

Αυτοαναφορές 0

48. VALAIS I, NIKOLOPOULOS D, KALIVAS N, GAITANIS AN LOUDOS G, KANDARAKIS I, SIANOUDIS I, GIOKARIS D, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. A systematic study of the performance of the CsI: TI single-crystal scintillator under x-ray excitation.

Nucl. Instr. Methods (A) 2007 571 (1): 343-345, doi:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.10.096>. **IF=1.4**

1. MICHAEL, C. M., et al. Light emission efficiency and imaging performance of Gd₂O₂S: Eu powder scintillator under x-ray radiography conditions. *Medical physics*, 2010, 37.7: 3694-3703.
2. MICHAEL, C., et al. Experimental measurement of a high resolution CMOS detector coupled to CsI scintillators under X-ray radiation. *Radiation Measurements*, 2015, 74: 39-46.
3. SINGH, S. G., et al. Growth of CsI: TI crystals in carbon coated silica crucibles by the gradient freeze technique. *Journal of Crystal Growth*, 2012, 351.1: 88-92.
4. GUPTA, Y. K., et al. Pulse height and timing characteristics of CsI (TI)-Si (PIN) detector for γ-rays and fission fragments. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2011, 629.1: 149-153.
5. ANDREANI, Lucia, et al. Comparison between a silicon PIN diode and a CsI (TI) coupled to a silicon PIN diode for dosimetric purpose in radiology. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A:*

- Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2014, 762: 11-15.
6. KONG, Ling Bing, et al. *Transparent Ceramics*. Springer International Publishing, 2015.
 7. CRUCERU, Madalina; CRUCERU, I.; DULIU, O. G. On the spectroscopic properties of highly doped CsI (TI) scintillators. *Romanian Reports in Physics*, 2011, 63.3: 693-699.
 8. WU Zhenglong, YANG Baorui. X-ray Irradiation of CsI and CsI (TI) Crystals at Different X-ray Tube Volts. "Journal of Artificial Crystals" 38.3 (2009): 666-671.
 9. MICHAEL, C., et al. Determination of the detective quantum efficiency (DQE) of CMOS/CsI imaging detectors following the novel IEC 62220-1-1: 2015 International Standard. *Radiation Measurements*, 2016, 94: 8-17.
 10. DESAI, D. G., et al. Scintillation yield uniformity studies on single crystals of TI doped CsI. In: CHAUHAN, A. K.; MURLI, Chitra; GADKARI, S. C. (ed.). *AIP Conference Proceedings*. AIP, 2013. p. 864-865.
 11. WU, Zhenglong, et al. Luminescent properties of scintillation crystals of cesium iodide under ultraviolet and X-ray excitation. *Journal of Luminescence* 31.6 (2010): 831-835.
 12. MICHAEL, C. M., et al. Experimental Evaluation of a High Resolution CMOS Digital Imaging Detector Coupled to Structured CsI Scintillators for Medical Imaging Applications. In: *XIII Mediterranean Conference on*

- Medical and Biological Engineering and Computing 2013*. Springer International Publishing, 2014. p. 471-474.
13. ΜΙΧΑΗΛ, Χρήστος. *Investigation of optical and imaging characteristics of fluorescent screens for use in digital imaging detectors suitable for telemedicine*. 2010. PhD Thesis.
14. ANDREANI, Lucia, et al. A software tool for on field spectrometry of diagnostic X-ray beams. In: *Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC), 2013 IEEE*. IEEE, 2013. p. 1-5.
15. MANN, Ryan; GHANBARZADEH, Sina; KARIM, Karim S. System design of a low-cost digital x-ray detector. In: *Humanitarian Technology Conference-(IHTC), 2014 IEEE Canada International*. IEEE, 2014. p. 1-5.
16. XU Chao - qun SUN, Ying HAN Yan ZHU Da – zhong. Double junction photodiode for X-ray CMOS sensor IC. *Journal of Semiconductors*, 7, 018.
17. ΜΙΧΑΗΛ, C. M., et al. Experimental Evaluation of a High Resolution CMOS Digital Imaging Detector Coupled to Structured CsI Scintillators for Medical Imaging Applications. In: *XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2013*. Springer International Publishing, 2014. p. 471-474.
18. ΜΙΧΑΗΛ, Χρήστος M., et al. Light emission efficiency and imaging performance of Gd₂O₂S: Eu powder scintillator under x-ray radiography conditions. 2015.
19. KONG, Ling Bing, et al. Other Applications. In: *Transparent Ceramics*. Springer International Publishing, 2015. p. 675-734.

20. NIKOLOPOULOS, D., et al. Luminescence Efficiency of Cadmium Selenide/Zinc Sulfide (CdSe/ZnS) Quantum Dot Nanoparticle Sensors Under X-Ray Excitation. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 53-59.
21. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.
22. XIAO, Zhuohao, et al. Materials development and potential applications of transparent ceramics: A review. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 2020, 139: 100518.
23. CHEN, Wang, et al. Novel radioluminescent nuclear battery: Spectral regulation of perovskite quantum dots. *International Journal of Energy Research*, 2018, 42.7: 2507-2517.
24. CHEN, Wang, et al. Radioluminescent nuclear battery containing CsPbBr₃ quantum dots: Application of a novel wave-shifting agent. *International Journal of Energy Research*, 2019, 43.9: 4520-4533.
25. 马云峰; 徐家跃; 蒋毅坚. 面向集装箱安检应用的 Mg₄Ta₂O₉ 闪烁晶体及其掺杂改性. *Journal of Synthetic Crystals*, 2021, 50.10.
26. PSICHIS, Konstantinos, et al. An analytical approach to the light transport in columnar phosphors. Detector Optical Gain, angular distribution and the CsI: Tl paradigm. *Physica Medica*, 2017, 35: 39-49.

27. PSICHIS, Konstantinos, et al. MTF of columnar phosphors with a homogenous part: an analytical approach. Medical & Biological Engineering & Computing, 2020, 58: 2551-2565.
28. HUACHUN, T. A. N. G.; ZHONGBO, L. I.; LIANG, ZHANG. Growth and Properties of Low Afterglow Cesium Iodide Scintillation Crystals. Journal of Synthetic Crystals, 2022, 51.7.
29. 唐华纯, et al. 低余辉碘化铯闪烁晶体的生长与性能研究. Journal of Synthetic Crystals, 2022, 51.7: 1147-1151.
30. 陈旺, et al. 基于全无机钙钛矿量子点辐致荧光效应的同位素电池研究. Chinese Journal of Luminescence, 2019, 40.3: 326-333.
31. ΨΥΧΗΣ, Κωνσταντίνος. Signal transfer characteristics of columnar phosphors used in X-ray imaging. 2017. PhD Thesis.
32. OS DRUJ, et al. HF RADIATION PULSE SOURCE LOCATING IN DIN-2K ACCELERATOR, <https://doi.org/10.46813/2022-139-114>

Ετεροαναφορές 30

Αυτοαναφορές 2

49. DAVID S, MICHAEL C, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, LIAPARINOS P, KALIVAS N, KALATZIS I, EFTHIMIOU N, TOUTOUNTZIS A, LOUDOS G, SIANOUDIS I, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G. Efficiency of Lu₂SiO₅: Ce (LSO) powder phosphor as X-ray to light converter under mammographic imaging conditions.

Nucl. Instr. Methods (A) **2007**; 571 (1) 346-349, doi:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.10.106>. **IF=1.4**

1. MICHAÏL, C. M., et al. A comparative investigation of Lu₂SiO₅: Ce and Gd₂O₂S: Eu powder scintillators for use in x-ray mammography detectors. *Measurement Science and Technology*, 2009, 20.10: 104008.
2. MICHAÏL, C., et al. Imaging performance and light emission efficiency of Lu₂SiO₅: Ce (LSO: Ce) powder scintillator under X-ray mammographic conditions. *Applied Physics B: Lasers and Optics*, 2009, 95.1: 131-139.
3. MICHAÏL, C., et al. Experimental measurement of a high resolution CMOS detector coupled to CsI scintillators under X-ray radiation. *Radiation Measurements*, 2015, 74: 39-46.
4. DAVID, Stratos L., et al. Investigation of Luminescence Properties of Lu₂SiO₅: Ce (LSO) Powder Scintillator in the X-Ray Radiography Energy Range. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55.6: 3684-3691.
5. DAVID, S. L., et al. Evaluation of the luminescence efficiency of YAG: Ce powder scintillating screens for use in digital mammography detectors. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2010, 57.3: 951-957.
6. TOUTOUNTZIS, Adrianos, et al. Dual energy mammography: evaluation of scintillators for x-ray detectors using a signal to noise ratio model. *e-Journal of Science & Technology*, 2009, 4.1.
7. MICHAÏL, Christos et al. Determination of the detective quantum efficiency (DQE) of CMOS/CsI imaging detectors following the novel IEC 62220-1-1: 2015 International Standard. *Radiation Measurements*, 2016, 94: 8-17.

8. MICHAÏL, Christos, et al. A comparative investigation of Lu₂SiO₅:Ce and Gd₂O₂S:Eu phosphor scintillators for use in a medical imaging detectors. In: *Imaging Systems and Techniques, 2008. IST 2008. IEEE International Workshop on*. IEEE, 2008. p. 25-28.
9. ΜΙΧΑΗΛ, Χρήστος. *Investigation of optical and imaging characteristics of fluorescent screens for use in digital imaging detectors suitable for telemedicine*. 2010. PhD Thesis.
10. MICHAÏL, Christos, et al. Imaging Performance Of LSO: Ce Powder Phosphor Screens In The X-Ray Mammography Energy Range. In: *3rd International Conference "From Scientific Computing to Computational Engineering, 3rd IC-SCCE Athens*. 2008. p. 9-12.
11. DAVID, Stratos, et al. Luminescence efficiency of fast yttrium aluminum garnet phosphor screens for use in digital breast tomosynthesis detectors. In: *3rd International Conference on Experiments/Process/System Modeling/Simulation & Optimization, 3rd IC-EpsMsO, Athens*. 2009. p. 8-11.
12. MICHAÏL, Christos, et al. MODELING THE IMAGING TRANSFER CHARACTERISTICS OF LSO POWDER SCINTILLATOR FOR USE IN X-RAY MAMMOGRAPHY.
13. DAVID, Stratos, et al. Investigation of luminescence properties of Lutetium Fine Silicate (LFS-3) scintillation crystals under X-ray radiographic conditions. *2015 SCinTE*, 71.

14. MICHAÏL, C., et al. Determination of the detective quantum efficiency (DQE) of CMOS/CsI imaging detectors following the novel IEC 62220-1-1: 2015 International Standard. *Radiation Measurements*, 2016, 94: 8-17.
15. DEZI, Anna, et al. Structural Characterization and Absolute Luminescence Efficiency Evaluation of Gd₂O₂S High Packing Density Ceramic Screens Doped with Tb³⁺ and Eu³⁺ for further Applications in Radiology. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2017. p. 012029.
16. KNIGHT S et al. Terahertz permittivity parameters of monoclinic single crystal lutetium oxyorthosilicate, *Appl. Phys. Lett.* 124, 032101 (2024), <https://doi.org/10.1063/5.0177304>

Ετεροαναφορές 16

Αυτοαναφορές 0

50. VALAIS I, KANDARAKIS I, **NIKOLOPOULOS D**, MICHAÏL C, DAVID E, SIANOUDIS I, LOUDOS G, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, PANAYIOTAKIS G. Luminescence properties of (Lu,Y)₂SiO₅: Ce and Gd₂SiO₅: Ce single crystal scintillators under x-ray excitation, for use in medical imaging systems. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **2007** 54 (1): 11-18, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/TNS.2006.888813>. **IF=1.703**

1. VALAIS, Ioannis G., et al. Luminescence Emission Properties of LuY₂SiO₅: Ce (LYSO: Ce) and (Lu,Y)AlO₃: Ce (LuYAP: Ce) Single Crystal Scintillators Under Medical Imaging Conditions. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55.2: 785-789.

2. VALAIS, Ioannis G., et al. Comparative Investigation of Ce³⁺ Doped Scintillators in a Wide Range of Photon Energies Covering X-ray CT, Nuclear Medicine and Megavoltage Radiation Therapy Portal Imaging Applications. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2010, 57.1: 3-7.
3. ZHANG, Xinguo, et al. Synthesis of a broad-band excited and multicolor tunable phosphor Gd₂SiO₅: Ce³⁺, Tb³⁺, Eu³⁺ for near-ultraviolet light-emitting diodes. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2014, 53.16: 6694-6698.
4. HOU, Dejian, et al. Enhanced emission of Mn²⁺ via Ce³⁺ → Mn²⁺ energy transfer in α-Sr₂P₂O₇. *Optics express*, 2012, 20.27: 28969-28980.
5. VALAIS, I. G., et al. Comparative evaluation of single crystal scintillators under x-ray imaging conditions. *Journal of Instrumentation*, 2009, 4.06: P06013.
6. NIKOLOPOULOS, D., et al. A semi-empirical Monte Carlo based model of the Detector Optical Gain of Nuclear Imaging scintillators. *Journal of Instrumentation*, 2012, 7.11: P11021.
7. KALYVAS, N., et al. Studying the energy dependence of intrinsic conversion efficiency of single crystal scintillators under X-ray excitation. *Optics and Spectroscopy*, 2014, 116.5: 743-747.
8. MICHAIL, C., et al. Luminescence efficiency of (Lu, Gd)₂SiO₅: Ce (LGSO: Ce) crystals under X-ray radiation. *Radiation Measurements*, 2015, 80: 1-9.

9. PETROPOULOU, A., et al. A theoretical model describing the light emission efficiency of single-crystal scintillators in the diagnostic energy range. *Journal of Instrumentation*, 2009, 4.06: P06016.
10. KARPETAS, G. E., et al. A Novel Method for the Image Quality assessment of PET Scanners by Monte Carlo simulations: Effect of the scintillator. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2014. p. 012139.
11. KOCAK, F.; TAPAN, I.; PILICER, E. Signal fluctuations in crystal-APD systems. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2011, 648: S128-S130.
12. WEI, Qinhua, et al. Preparation and luminescence properties of SiO₂/Lu₂Si₂O₇: Ce composite starting from mesopore template. *RSC Advances*, 2014, 4.64: 33819-33825.
13. MEPARISHVILI, Badri; JANELIDZE, Gulnara; GODERDZISHVILI, Gela. Mobile Multi-Robot Systems Control Based on Evolutionary Algorithms. In: *ERA-7, SynEnergy Forum. The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education*. TEI ISSN. 1791. p. 1-8.
14. MEPARISHVILI, Badri; JANELIDZE, Gulnara; GODERDZISHVILI, Gela. Mobile Multi-Robot Systems Control Based on Evolutionary Algorithms. In: *ERA-7, SynEnergy Forum. The Conference for International Synergy in*

- Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education. TEI ISSN. 1791. p. 1-8.*
15. VALAIS, Ioannis G., et al. A comparative investigation of Ce 3+ doped single crystal scintillators covering radiotherapy and PET/CT imaging conditions. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2008. NSS'08. IEEE. IEEE, 2008. p. 4887-4890.*
16. MICHAEL, C., et al. Efficiency of Luminescence of (Lu, Gd) 2SiO₅: Ce (LGSO: Ce) Crystal Sensory Material in the X-Ray Imaging Range. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 81-90.
17. MICHAEL, C. M., et al. Experimental Evaluation of a High Resolution CMOS Digital Imaging Detector Coupled to Structured CsI Scintillators for Medical Imaging Applications. In: *XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2013*. Springer International Publishing, 2014. p. 471-474.
18. ΚΑΡΠΕΤΑΣ, Γεώργιος. *Προσομοίωση σχηματισμού εικόνας συστημάτων πυρηνικής ιατρικής με μεθόδους Monte Carlo*. 2013. PhD Thesis.
19. VALAIS, Ioannis, et al. Investigation of the performance of Ce 3+ doped single crystal scintillators covering radiotherapy and PET/CT imaging conditions. In: *Imaging Systems and Techniques, 2008. IST 2008. IEEE International Workshop on*. IEEE, 2008. p. 21-24.

20. GUPTA, Tapan K. Device Fabrication (Scintillators/Radiation Detectors).
In: *Radiation, Ionization, and Detection in Nuclear Medicine*. Springer
Berlin Heidelberg, 2013. p. 315-365.
21. USUBOV, Zafar. Light output simulation of LYSO single crystal. *arXiv
preprint arXiv:1305.3010*, 2013.
22. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and
Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and
Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.

Ετεροαναφορές 19

Αυτοαναφορές 2

- 52.** MICHAÏL C, PANAYIOTAKIS G, DAVID S, LIAPARINOS P, VALAIS I,
NIKOLOPOULOS D, KALIVAS N, KANDARAKIS I. Evaluation of the imaging
performance of LSO powder scintillator for use in X-ray mammography. *Nucl.
Instr. Methods (A)* **2007** 580(1): 558-561, doi:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2007.05.234>. **IF=1.4**
1. MICHAÏL, C. M., et al. A comparative investigation of Lu₂SiO₅: Ce and
Gd₂O₂S: Eu powder scintillators for use in x-ray mammography detectors.
Measurement Science and Technology, 2009, 20.10: 104008.
 2. MICHAÏL, Christos M., et al. Evaluation of the Red Emitting Gd₂O₂S:Eu
Powder Scintillator for Use in Indirect X-Ray Digital Mammography
Detectors. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2011, 58.5: 2503-2511.

3. MICHAÏL, C., et al. Imaging performance and light emission efficiency of Lu₂SiO₅:Ce (LSO:Ce) powder scintillator under X-ray mammographic conditions. *Applied Physics B: Lasers and Optics*, 2009, 95.1: 131-139.
4. MICHAÏL, Christos M., et al. Figure of image quality and information capacity in digital mammography. *BioMed research international*, 2014, 2014.
5. MICHAÏL, Christos. Image quality assessment of a CMOS/Gd₂O₂S:Pr,Ce, F X-ray sensor. *Journal of Sensors*, 2015, 2015.
6. GARTIA, R. K.; SINGH, Th Tejkumar; SINGH, Th Basanta. Optically stimulated luminescence (OSL) of Lu₂SiO₅:Ce powder: A preliminary study. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2011, 269.1: 30-33.
7. DAVID, Stratos L., et al. Investigation of Luminescence Properties of Lu₂SiO₅:Ce (LSO) Powder Scintillator in the X-Ray Radiography Energy Range. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55.6: 3684-3691.
8. KARPETAS, G. E., et al. A Novel Method for the Image Quality assessment of PET Scanners by Monte Carlo simulations: Effect of the scintillator. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2014. p. 012139.
9. TOUTOUNTZIS, Adrianos, et al. Dual energy mammography: evaluation of scintillators for x-ray detectors using a signal to noise ratio model. *e-Journal of Science & Technology*, 2009, 4.1.

10. VALAIS, I., et al. Effect of the Concentration on the X-ray Luminescence Efficiency of a Cadmium Selenide/Zinc Sulfide (CdSe/ZnS) Quantum Dot Nanoparticle Solution. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2015. p. 012031.
11. MICHAÏL, C., et al. A comparative investigation of Lu₂SiO₅:Ce and Gd₂O₂S:Eu phosphor scintillators for use in a medical imaging detectors. In: *Imaging Systems and Techniques, 2008. IST 2008. IEEE International Workshop on*. IEEE, 2008. p. 25-28.
12. ΣΕΦΕΡΗΣ, Ιωάννης. *Investigatoin and imaging characteristics of a CMOS sensor based digital detector coupled to a red emitting fluorescent screen*. 2013. PhD Thesis.
13. ΜΙΧΑΗΛ, Χρήστος. *Investigation of optical and imaging characteristics of fluorescent screens for use in digital imaging detectors suitable for telemedicine*. 2010. PhD Thesis.
14. MICHAÏL, Christos, et al. Imaging Performance Of LSO: Ce Powder Phosphor Screens In The X-Ray Mammography Energy Range. In: *3rd International Conference "From Scientific Computing to Computational Engineering, 3rd IC-SCCE Athens*. 2008. p. 9-12.
15. ΚΑΡΠΙΕΤΑΣ, Γεώργιος. *Προσομοίωση σχηματισμού εικόνας συστημάτων πυρηνικής ιατρικής με μεθόδους Monte Carlo*. 2013. PhD Thesis.
16. MICHAÏL, C. M., et al. A novel method for the optimization of positron emission tomography scanners imaging performance. *Hellenic journal of nuclear medicine*, 2016, 19.3: 231.

17. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radioluminescence properties of the CdSe/ZnS Quantum Dot nanocrystals with analysis of long-memory trends. *Radiation Measurements*, 2016, 92: 19-31.
18. NIKOLOPOULOS, D., et al. Luminescence Efficiency of Cadmium Selenide/Zinc Sulfide (CdSe/ZnS) Quantum Dot Nanoparticle Sensors Under X-Ray Excitation. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 53-59.
19. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.
20. MICHAEL, Christos, et al. Absolute luminescence efficiency of europium-doped calcium fluoride (CaF₂: Eu) single crystals under X-ray excitation. *Crystals*, 2019, 9.5: 234.
21. MICHAEL, Christos, et al. Information capacity of positron emission tomography scanners. *Crystals*, 2018, 8.12: 459.
22. JEONG, Heon Yong, et al. ZnWO₄ nanoparticle scintillators for high resolution X-ray imaging. *Nanomaterials*, 2020, 10.9: 1721.
23. GET'MAN, E. I., et al. Determining the phase stability of luminescent materials based on the solid solutions of oxyorthosilicates (Lu_{1-x}Ln_x) [(SiO₄)_{0.5}O_{0.5}], where Ln= La– Yb. *Fine Chemical Technologies*, 2020, 15.5: 54-62.
24. MARTINI, N., et al. Towards the enhancement of medical imaging with non-destructive testing (NDT) CMOS sensors. Evaluation following IEC

- 62220-1-1: 2015 international standard. *Procedia Structural Integrity*, 2018, 10: 326-332.
25. KOUKOU, Vaia, et al. Resolution properties of a calcium tungstate (CaWO₄) screen coupled to a CMOS imaging detector. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2017. p. 012027.
26. SAATSAKIS, G., et al. Preliminary Study of ZnS: Mn²⁺ Quantum Dots Response Under UV and X-Ray Irradiation. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2017. p. 012030.
27. JEONG, Heon Yong, et al. The Size Effect of Powdered Scintillator on High-Resolution X-ray Imaging System, 2018
28. ΣΕΦΕΡΗΣ, Ιωάννης. Διερεύνηση οπτικών ιδιοτήτων οθονών νανοφωσφόρων και μελέτη των απεικονιστικών χαρακτηριστικών τους σε σύζευξη με ψηφιακό ανιχνευτή τύπου CMOS για εφαρμογές ιατρικής απεικόνισης. 2017. PhD Thesis.

Ετεροαναφορές 25

Αυτοαναφορές 3

53. VALAIS I, DAVID S, MICHAIL C, **NIKOLOPOULOS D**, KALIVAS N, TOUTOUNTZIS A, SIANOUDIS I, CAVOURAS D, DIMITROPOULOS N, NOMICOS C, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G. Comparative study of luminescence properties of LuYAP: Ce and LYSO: Ce single-crystal scintillators for use in medical imaging. *Nucl. Instr. Methods, (A)* **2007** 580(1): 614-616, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2007.05.023>. **IF=1.4**

1. YANAGIDA, Takayuki, et al. Growth and scintillation properties of Pr doped YAP with different Pr concentrations. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2010, 623.3: 1020-1023.
2. NISHIMOTO, Kei, et al. Effects of La, Gd, or Lu co-doping on crystal growth and scintillation properties of Eu: Sr₂ single crystals. *Journal of Crystal Growth*, 2014, 401: 484-488.
3. YANAGIDA, Takayuki, et al. Gamma-ray responses of Pr: LuYAP and Pr: YAP scintillators. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2010, 57.3: 1316-1319.
4. NISHIMOTO, Kei, et al. Eu concentration dependence on scintillation properties of Eu doped Sr₂ single crystals grown by modified micro-pulling-down method. *Optical Materials*, 2014, 36.12: 1946-1949.
5. KANDARAKIS, I. S. Luminescence in medical image science. *Journal of Luminescence*, 2016, 169: 553-558.
6. BOHEM, Monika E., et al. Luminescence and scintillation properties of La₂ [Si₂O₇]: Ce³⁺ functional pigment—A concept for UV-protection of coatings. *Dyes and Pigments*, 2015, 123: 331-340.
7. PIÑERA, Ibrahin, et al. Gamma induced atom displacements in LYSO and LuYAP crystals as used in medical imaging applications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2015, 356: 46-52.

8. PINERA, Ibrahim, et al. Radiation damage evaluation on LYSO and LuYAP materials through dpa calculation assisted by Monte Carlo method. In: *Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC), 2011 IEEE*. IEEE, 2011. p. 1609-1611.
9. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.
10. OKAZAKI, Kai, et al. Effect of In-substitution on luminescence properties of organic-inorganic lead bromide layered perovskite-type scintillators. *Radiation Physics and Chemistry*, 2023, 202: 110514.
11. SREEBUNPENG, Krittiya, et al. Scintillation characteristics of YAIO₃: Pr perovskite single crystals. *Optical Materials*, 2020, 108: 110161.
12. PARK, Jae Hyung, et al. Feasibility study on fiber-optic inorganic scintillator array sensor system for multi-dimensional scanning of radioactive waste. *Nuclear Engineering and Technology*, 2023.
13. SRIWONGSA, K.; LIMKITJAROENPORN, P.; KAEWKHAO, J. Comparative study of light yield non-proportionality and energy resolution properties of Ce-doped LaBr₃ and LuYAP scintillator crystals. *Materials Today: Proceedings*, 2017, 4.5: 6540-6547.
14. KANDARAKIS, I. S. Luminescence in medical image science. *Journal of Luminescence*, 2016, 169: 553-558.
15. 石自彬, et al. 高镱组分 LuYAP: Ce 闪烁晶体生长及性能研究. *压电与声光*, 2016, 38.3: 413-414.

Ετεροαναφορές 14

Αυτοαναφορές 1

54.KALIVAS N, VALAIS I, **NIKOLOPOULOS D**, KONSTANTINIDIS A, GAITANIS A, CAVOURAS D, NOMICOS C.D, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Light Emission efficiency and imaging properties of YAP: Ce granular phosphor screens. *Appl. Phys. (A)* **2007** 89(2): 443-449, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00339-007-4173-8>. **IF=2.983**

1. KIM, Min; R. HINKLIN, Thomas; LAINE, Richard M. Core– shell Nanostructured Nanopowders along (CeO x) x (Al₂O₃) 1– x Tie-Line by Liquid-Feed Flame Spray Pyrolysis (LF-FSP). *Chemistry of Materials*, 2008, 20.16: 5154-5162.
2. VALAIS, Ioannis G., et al. Luminescence Emission Properties of (Lu Y)₂SiO₅: Ce (LYSO: Ce) and \$(Lu, Y) AlO₃: Ce (LuYAP: Ce) Single Crystal Scintillators Under Medical Imaging Conditions. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55.2: 785-789.
3. KALYVAS, N., et al. Studying the luminescence efficiency of Lu₂O₃: Eu nanophosphor material for digital X-ray imaging applications. *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, 2012, 106.1: 131-136.
4. MICHAIL, C., et al. On the response of GdAlO₃: Ce powder scintillators. *Journal of Luminescence*, 2013, 144: 45-52.

5. DE QUEIROZ, T. B., et al. Luminescence characteristics of YAP: Ce scintillator powders and composites. *Optical Materials*, 2010, 32.11: 1480-1484.
6. MANCIC, Lidija, et al. Synthesis of Cerium-Activated Yttrium Aluminate Based Fine Phosphors by an Aerosol Route. *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2012, 2012.16: 2716-2724.
7. KALYVAS, N., et al. Studying the energy dependence of intrinsic conversion efficiency of single crystal scintillators under X-ray excitation. *Optics and Spectroscopy*, 2014, 116.5: 743-747.
8. DAVID, Stratos L., et al. Investigation of Luminescence Properties of Lu₂SiO₅: Ce (LSO) Powder Scintillator in the X-Ray Radiography Energy Range. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2008, 55.6: 3684-3691.
9. KANDARAKIS, I. S. Luminescence in medical image science. *Journal of Luminescence*, 2016, 169: 553-558.
10. DAVID, S., et al. Evaluation of Gd₂O₂S: Pr granular phosphor properties for X-ray mammography imaging. *Journal of Luminescence*, 2016, 169: 706-710.
11. DAVID, S. L., et al. Evaluation of the luminescence efficiency of YAG: Ce powder scintillating screens for use in digital mammography detectors. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2010, 57.3: 951-957.
12. JANDA, Jiri; FISEROVA, Lucie; SAS, Daniel. The study of substitutability of liquid scintillation cocktail for YAP: Ce powder. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2016, 309.3: 1191-1197.

13. MICHAEL, Christos, et al. Imaging Performance Of LSO: Ce Powder Phosphor Screens In The X-Ray Mammography Energy Range. In: *3rd International Conference "From Scientific Computing to Computational Engineering, 3rd IC-SCCE Athens*. 2008. p. 9-12.
14. DAVID, S., et al. Luminescence efficiency of fast yttrium aluminum garnet phosphor screens for use in digital breast tomosynthesis detectors. In: *3rd International Conference on Experiments/Process/System Modeling/Simulation & Optimization, 3rd IC-EpsMsO, Athens*. 2009. p. 8-11.
15. KALYVAS, Nektarios I., et al. INVESTIGATING THE ENERGY DEPENDENCE OF INTRINSIC CONVERSION EFFICIENCY OF PHOSPHOR MATERIALS THROUGH ANALYTICAL MODELS. *4th International Conference on Experiments/Process/System Modeling/Simulation & Optimization, 4th IC-EpsMsO, Athens*, 2011.

Ετεροαναφορές 14

Αυτοαναφορές 0

55. NIKOLOPOULOS D, LOUIZI A. Study of indoor radon and radon in drinking water in Greece and Cyprus: Implications to exposure and dose. *Radiat. Meas.* 2008 43(7):1305-1314, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2008.03.043>.

IF=1.4

1. RANI, Asha; MEHRA, Rohit; DUGGAL, Vikas. Radon monitoring in groundwater samples from some areas of northern Rajasthan, India, using a RAD7 detector. *Radiation protection dosimetry*, 2013, 153.4: 496-501.
2. DUGGAL, Vikas; MEHRA, Rohit; RANI, Asha. Determination of ²²²Rn level in groundwater using a RAD7 detector in the Bathinda district of Punjab, India. *Radiation protection dosimetry*, 2013, 156.2: 239-245.
3. DUGGAL, V.; ASHA, R.; ROHIT, M. In situ measurements of radon level in groundwater in Northern Rajasthan, India. *Advances in Applied science research*, 2012, 3.6: 3825-3830.
4. KILIARI, Tasoula; TSIALLI, Anastasia; PASHALIDIS, Ioannis. Lithological and seasonal variations in radon concentrations in Cypriot groundwaters. *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 2010, 284.3: 553-556.
5. SRILATHA, M. C.; RANGASWAMY, D. R.; SANNAPPA, J. Studies on concentration of radon and physicochemical parameters in ground water around Ramanagara and Tumkur districts, Karnataka, India. *Int J Adv Sci Tech Res*, 2014, 2.4: 641-660.
6. COOTER, Mary, et al. Incidence and time trends of cancer in Cyprus over 11 years (1998-2008). *Tumori*, 2015, 101.1: 8.
7. FARAZI, Paraskevi A. Cancer trends and risk factors in Cyprus. *Ecancermedicalscience*, 2014, 8.
8. DUGGAL, Vikas, et al. Analysis of radon concentration in drinking water in Hanumangarh district of Rajasthan, India. *Radiation Protection and Environment*, 2013, 36.2: 65.

9. MITTAL, Sudhir; RANI, Asha; MEHRA, Rohit. Estimation of radon concentration in soil and groundwater samples of Northern Rajasthan, India. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 2016, 9.2: 125-130.
10. RANGASWAMY, D. R., et al. Measurement of radon concentration in drinking water of Shimoga district, Karnataka, India. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2016, 307.2: 907-916.
11. KOBEISSI, Mohammed A., et al. Assessment of Indoor and Outdoor Radon Levels in South Lebanon. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2014, 5.3: 214-226.
12. JOBBÁGY, Viktor, et al. A brief overview on radon measurements in drinking water. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2016.
13. PETRAKI, Ermioni, et al. Radon-222: A potential short-term earthquake precursor. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.6: 1-11.
14. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Hurst exponent analysis of indoor radon profiles of Greek apartment dwellings. *J Phys Chem Biophys*, 2014, 4.168: 2161-0398.100016.
15. KOBEISSI, Mohammed A.; EL, Omar. Samad, Khaled Zahraman & Ibrahim Rachidi. *Int J Disaster Risk Sci*, 2014, 5: 214-226.
16. DUGGAL, Vikas; SHARMA, Samriti; MEHRA, Rohit. Radon levels in drinking water of Fatehabad district of Haryana, India. *Applied Radiation and Isotopes*, 2017.

17. MITTAL, Sudhir; RANI, Asha; MEHRA, Rohit. Radon levels in drinking water and soil samples of Jodhpur and Nagaur districts of Rajasthan, India. *Applied Radiation and Isotopes*, 2016, 113: 53-59.
18. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: A systematic approach. *J Earth Sci Clim Change* 2017 7: 376.
19. DUGGAL, Vikas; SHARMA, Samriti; MEHRA, Rohit. Radon levels in drinking water of Fatehabad district of Haryana, India. *Applied Radiation and Isotopes* 2017 123: 36-40.
20. SHARMA, S.; DUGGAL, V.; SHRIVASTAVA; A.K., MEHRA, R.; RANI, R. Radon concentration in groundwater and associated effective dose assessment in Western Haryana, India. *International Journal of Innovative Research in Science and Engineering* 2017 3(3): 69-78.
21. SHARMA, S.; DUGGAL, V.; SHRIVASTAVA, A.K.; MEHRA, R. Assessment of Radiation Dose from Exposure to Radon in Drinking Water from Western Haryana, India. *International Journal of Environmental Research*, 2017, 11(2):141-147.
22. PISAPAK, P. ; BHONGSUWAN, T. J. Radon concentration in well water from Namom district (Southern Thailand): a factor influencing cancer risk. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2017, 313(1):123-130.
23. SHILPA, G.M., et al. Measurement of ^{222}Rn concentration in drinking water in the environs of Thirthahalli taluk, Karnataka, India. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, online version.

24. JOBBÁGY, Viktor, et al. A brief overview on radon measurements in drinking water. *Journal of environmental radioactivity*, 2017, 173: 18-24.
25. RANI, Supriya, et al. Radiological risk assessment to the public due to the presence of radon in water of Barnala district, Punjab, India. *Environmental Geochemistry and Health*, 2021, 43.12: 5011-5024.
26. SURESH, S., et al. Measurement of radon concentration in drinking water and natural radioactivity in soil and their radiological hazards. *Journal of radiation research and applied sciences*, 2020, 13.1: 12-26.
27. SINGLA, Amit Kumar; KANSAL, Sandeep; MEHRA, Rohit. Dose distribution to individual tissues and organs due to exposure of alpha energies from radon and thoron to local population of Hanumangarh, Rajasthan, India. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2021, 327: 1073-1085.
28. NAZIR, Salik, et al. Dose estimation of radioactivity in groundwater of Srinagar City, Northwest Himalaya, employing fluorimetric and scintillation techniques. *Environmental geochemistry and health*, 2021, 43: 837-854.
29. ADAGUNODO, Theophilus Aanuoluwa, et al. Assessment and health effects of radon and its relation with some parameters in groundwater sources from shallow aquifers in granitic terrains, southeastern axis of Ibadan, Nigeria. *Groundwater for Sustainable Development*, 2023, 100930.

30. SHARMA, Samriti, et al. Assessment of radiation dose from exposure to radon in drinking water from Western Haryana, India. *International Journal of Environmental Research*, 2017, 11: 141-147.
31. KÜÇÜKÖNDER, Erdal; GÜMBÜR, Serdar. Radon gas measurement in water samples in Kahramanmaraş province of Turkey. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2022, 233.5: 175.
32. KUMAR, Ankur, et al. Quantification of radiological dose and chemical toxicity due to radon and uranium in drinking water in Bageshwar region of Indian Himalaya. *Groundwater for Sustainable Development*, 2021, 12: 100491.
33. SHILPA, G. M.; ANANDARAM, B. N.; MOHANKUMARI, T. L. Measurement of ^{222}Rn concentration in drinking water in the environs of Thirthahalli taluk, Karnataka, India. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 2017, 10.3: 262-268.
34. SINGH, Krishna Pal, et al. Estimation of radiation dose due to ingestion of radon in water samples of Garhwal Himalaya, India. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2023, 1-13.
35. SINGH, Bhupender, et al. A comparative study of radon levels in underground and surface water samples of Faridabad district of Southern Haryana, India. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2019, 319: 907-916.

36. NASKAR, Arindam Kumar, et al. Estimation of underground water radon danger in Bakreswar and Tantloi Geothermal Region, India. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2018, 315: 273-283.
37. SANNAPPA, J., et al. Estimation of ambient gamma radiation dose and drinking water radon concentration in coastal taluks of Uttara Kannada district, Karnataka. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2020, 323: 1459-1466.
38. DEEBA, Farah; RAHMAN, Syed Hafizur; KABIR, Mohammad Zafrul. Assessment of annual effective dose due to inhalation and ingestion of radon from groundwater at the southeast coastal area, Bangladesh. *Radiation Protection Dosimetry*, 2021, 194.2-3: 169-177.
39. SRINIVASA, E., et al. Measurement of ambient gamma radiation levels and radon concentration in drinking water of Koppa and Narasimharajapura taluks of Chikmagalur district, Karnataka, India. *Radiation Protection and Environment*, 2018, 41.1: 20-25.
40. REDDY, K. Umesha, et al. Concentration of radon and physicochemical parameters in ground water around Kolar Gold Fields, Karnataka State, India. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2017, 314: 907-915.
41. MITRA, Sayantan, et al. Assessment of radon (^{222}Rn) activity in groundwater and soil-gas in Purulia district, West Bengal, India. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2021, 330: 1331-1338.

42. NUHU, Habila, et al. Radon activity concentration measurements in water sources from Perak state Malaysia. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 2020, 13.1: 665-671.
43. ORBE, Jheny, et al. An Evaluation of Radon in Drinking Water Supplies in Major Cities of the Province of Chimborazo, Central Andes of Ecuador. *Water*, 2023, 15.12: 2255.
44. NASKAR, Arindam Kumar, et al. Elevated radon level in drinking water of Ajodhya Hill Area of West Bengal, India: probable health impact on lung and stomach. *Environmental Geochemistry and Health*, 2023, 45.11: 8153-8168.
45. KHUTIA, Saroj, et al. Age-dependent potential health risk assessment due to radioactive radon-222 in the environs of highly populated Durgapur industrial zone and nearby Bakreswar hot spring, India. *Environmental Geochemistry and Health*, 2023, 1-33.
46. CHOWDHURY, Saheli, et al. Study of variation of soil radon exhalation rate with meteorological parameters in Bakreswar–Tantloi geothermal region of West Bengal and Jharkhand, India. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2019, 319: 23-32.
47. NIRANJAN, R. S., et al. Studies on radon concentration in drinking water around Hemavathi river basin, Karnataka State, India. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2017, 314: 321-331.

48. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: a systematic approach. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2016, 7: 1-11.
49. YOUSEF, Hesham A. Assessment of the annual effective dose of bottled mineral waters using closed can technique. *Journal: Journal of Advances in Physics*, 2018, 14.3.
50. MUHAMMAD, Said; ULLAH, Nizam; AHMED, Alaa. Spatial distribution of radon concentration and risk evaluation through consumption of groundwater in the district of Kotli, Azad Jammu and Kashmir. *Kuwait Journal of Science*, 2023.
51. PRAKASH, M. M.; NARAYANA, Y. Risk assessment due to inhalation of radon in Coorg district, Karnataka. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2017, 314: 2057-2067.
52. SHARMA, S., et al. Radon concentration in groundwater and associated effective dose assessment in Western Haryana, India. *Internat. Jour. Inn. Res. Sci. Engg*, 2017, 3: 69-78.
53. PISAPAK, Pattama; BHONGSUWAN, Tripob. Radon concentration in well water from Namom district (Southern Thailand): a factor influencing cancer risk. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2017, 313: 123-130.
54. DIVYA, P. V.; PRAKASH, V. Investigation on radon concentration in drinking water to assess the whole body dose and excess lifetime cancer

- risk along coastal Kerala, India. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2019, 322: 37-42.
55. LERMA-TREVIÑO, Carolina, et al. Indoor radon gas (^{222}Rn) levels in homes in Aldama, Chihuahua, Mexico and the risk of lung cancer. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15.7: 1337.
56. DIVYA, P. V.; PRAKASH, V. Seasonal variation of radon concentration in water and assessment of whole-body dose to the public along South-west coast of Kerala, India. *Radiation Protection and Environment*, 2018, 41.2: 84-87.
57. DI CARLO, Christian; MAIORANA, Andrea; BOCHICCHIO, Francesco. Indoor Radon: Sources, Transport Mechanisms and Influencing Parameters. In: *Indoor Radon-Sources, Transport Mechanisms and Influencing Parameters*. IntechOpen, 2023.
58. ASWOOD, Murtadha S., et al. EVALUATION OF COMMITTED EFFECTIVE DOSE OF RADON GAS IN DRINKING WATER IN AL-QADISIYAH PROVINCE, IRAQ. *Periódico Tchê Química*, 2020, 17.36.
59. FOULADI-FARD, R., et al. Radon concentration and effective dose in drinking groundwater and its relationship with soil type. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2020, 326: 1427-1435.
60. KULUÖZTÜRK, Muhammed Fatih, et al. Determination of radon gas activity levels in drinking water in Ahlat/Bitlis. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 2017, 7.2: 104-107.

61. RANI, Supriya, et al. Estimation of Annual Effective Dose due to Radon Concentration in Water Samples of Moga District of Northern Punjab, India. 2023.
62. VUČKOVIĆ, Biljana, et al. An overview of the radiation properties of spring water in the rural areas of Central Serbia. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 2023, 103.10: 2208-2222.
63. SINGLA, Amit Kumar, et al. Natural radioactivity studies in the environs of northern Rajasthan. 2022. PhD Thesis. MRSPTU, Bathinda.
64. PISAPAK, P. Assessment of radon and heavy metals in drinking water from some areas of Ra-ngae District, Narathiwat Province, Thailand. In: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2021. p. 012110.
65. LAZAROVA, Radoslava; YORDANOVA, Ivanka; STANEVA, Donka. Radioactivity of Drinking Waters from Different Regions of Bulgaria in the Period 2017-2019. 2021.
66. LAZAROVA, Radoslava; YORDANOVA, Ivanka; STANEVA, Donka. Radioactivity of Drinking Waters from Different Regions of Bulgaria in the Period 2017-2019. 2021.
67. FERREIRA, Vinícius Verna Magalhães, et al. Investigation of the activity of Rn-222 along a small stream in the Representative Basin of Juatuba-MG. RBRH, 2018, 23.
68. RAMIREZ, A. H., et al. Analysis of the Radon-222 Concentration and Physical-chemical Quality, in Drinking Water of Taxco, Guerrero. Journal of

- Nuclear Physics, Material Sciences, Radiation and Applications, 2020, 7.2: 203-207.
69. CHANDRASHEKARAI AH, G.; REDDY, N. Sivasankara; JAYASHEELAN, A. Studies on concentration of ^{226}Ra and ^{222}Rn in drinking water around Bangalore Rural districts, Karnataka, India. 2020.
70. KM LAWAL, EP INYANG, EA IBANGA, F AYEDUN, Assessment of Indoor Radon Gas Concentration in National Open University of Nigeria: A Case Study of Calabar Study Centre, East European Journal of Physics, 4, 371-375, 2023.
71. M DEGHANI GHANATGHESTANI, The annual amount of radon radiation from drinking water sources in children and adults in Roudan County, Iran, JHAD, Health and Development Journal, 11,2 2022, 98-104.
72. N ELEZAJ, Radon activity concentrations and radiological exposure assessment in drinking water in Prizren region–Kosovo, International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 2023, <https://doi.org/10.1080/03067319.2023.2298719>.
73. RD Rangegowda et al., Radon activity and their radiological doses in drinking water of Chitradurga district, Karnataka, India, Radiation Protection Dosimetry, Volume 199, Issue 20, December 2023, Pages 2542–2547, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncad203>
74. Elezaj, Njomza, Radon activity concentrations and radiological exposure assessment in drinking water in Prizren region – Kosovo, 2023,

75. INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ANALYTICAL
CHEMISTRY, DOI10.1080/03067319.2023.2298719

Ετεροαναφορές 70

Αυτοαναφορές 4

56. VOGIANNIS E, **NIKOLOPOULOS D**, Modelling of radon concentration peaks in thermal spas: Application to Polichnitos and Eftalou spas (Lesvos Island-Greece). *Sci. Tot. Environ.* **2008** 405 (1-3): 36-44, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.06.029>. **IF=10.754**

1. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Environmental monitoring of radon in soil during a very seismically active period occurred in South West Greece. *Journal of Environmental Monitoring*, 2012, 14.2: 564-578.
2. PETRAKI, Ermioni, et al. Self-organised critical features in soil radon and MHz electromagnetic disturbances: Results from environmental monitoring in Greece. *Applied Radiation and Isotopes*, 2013, 72: 39-53.
3. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Traces of self-organisation and long-range memory in variations of environmental radon in soil: Comparative results from monitoring in Lesvos Island and Ileia (Greece). *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2014, 299.1: 203-219.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): Results from measurements and modelling. *Science of the total environment*, 2010, 408.3: 495-504.

5. PETRAKI, Ermioni, et al. Long-range memory patterns in variations of environmental radon in soil. *Analytical Methods*, 2013, 5.16: 4010-4020.
6. KAMENIDOU, Irene C., et al. Segmenting customers based on perceived importance of wellness facilities. *Procedia Economics and Finance*, 2014, 9: 417-424.
7. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Dosimetry modelling of transient radon and progeny concentration peaks: results from in situ measurements in Ikaria spas, Greece. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2013, 15.6: 1216-1227.
8. PETRAKI, Ermioni, et al. Radon-222: A potential short-term earthquake precursor. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.6: 1-11.
9. KO, Hee-Jung, et al. Time series variation of the atmospheric radon concentration in. *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 29.1.
10. LABIDI, S.; AL-AZMI, Darwish; SALAH, R. Ben. Indoor radon in Tunisian spas. *Radioprotection*, 2012, 47.03: 361-373.
11. KO, Hee-Jung, et al. Time-series Variation of Atmospheric Radon Concentrations at Gosan Site, Jeju Island. *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 2013, 29.1: 86-96.
12. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: A systematic approach. *J Earth Sci Clim Change* 7: 376 2017

13. PARK, Ji Hyun; KANG, Dae Ryong; KIM, Jinheum. A review on mathematical models for estimating indoor radon concentrations. *Annals of occupational and environmental medicine*, 2016, 28.1: 7.
14. TAN, Yanliang, et al. A simple design concept for elimination of the impact of humidity on radon measurements using electrostatic collection. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2016, 30.8: 2303-2308.
15. HU, Jun, et al. Numerical modeling of the sources and behaviors of ^{222}Rn , ^{220}Rn and their progenies in the indoor environment—A review. *Journal of environmental radioactivity*, 2018, 189: 40-47.
16. SUMAN, G., et al. Radon and thoron levels in the dwellings of Buddonithanda: a village in the environs of proposed uranium mining site, Nalgonda district, Telangana state, India. *Scientific Reports*, 2021, 11.1: 6199.
17. NARASIMHAMURTHY, Kesthur Naraseyappa, et al. The ^{222}Rn and ^{220}Rn concentrations in some dwellings of Mandya city and its surroundings, Karnataka, India. *Indoor and Built Environment*, 2021, 30.8: 1295-1304.
18. ORABI, M. Semi-empirical modeling of the temporal variation of indoor radon concentration over short periods. *Physica Scripta*, 2023, 98.3: 035304.
19. ORABI, M. Radon indoor concentration time-variation model. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2023, 332.8: 2945-2951.

20. PARK, Ji Hyun, et al. Measurement and modeling of indoor radon concentrations in residential buildings. *Environmental Health and Toxicology*, 2018, 33.1.
21. KO, Hee-Jung, et al. 제주도 고산측정소의 대기 라돈농도 시계열 변화. *한국대기환경학회지*, 29.1.
22. 고희정, et al. 제주도 고산측정소의 대기 라돈농도 시계열 변화. *한국대기환경학회지 (국문)*, 2013, 29.1: 86-96.
23. 신승희, et al. 대기 라돈 모니터링 및 시계열 변동 특성: 2006~ 2008 년 제주도 고산지역 측정. 2011. PhD Thesis. 제주대학교 대학원.

Ετεροαναφορές 15

Αυτοαναφορές 8

57. NIKOLOPOULOS D, VOGIANNIS E, PETRAKI E, ZISOS A, LOUIZI A.

Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): Results from measurements and modelling. *Sci. Tot. Environ.* **2010** 408: 495-504, doi:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.057>. **IF=10.754**

1. SONG, Gang, et al. Contribution of ²²²Rn-bearing water to indoor radon and indoor air quality assessment in hot spring hotels of Guangdong, China. *Journal of environmental radioactivity*, 2011, 102.4: 400-406.
2. CIGOLINI, C., et al. Radon mapping, automatic measurements and extremely high ²²²Rn emissions during the 2002–2007 eruptive

- scenarios at Stromboli volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2013, 264: 49-65.
3. NEGARESTANI, A., et al. Design and investigation of a continuous radon monitoring network for earthquake precursory process in Great Tehran. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2014, 300.2: 757-767.
 4. KAMENIDOU, Irene C., et al. Segmenting customers based on perceived importance of wellness facilities. *Procedia Economics and Finance*, 2014, 9: 417-424.
 5. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Dosimetry modelling of transient radon and progeny concentration peaks: results from in situ measurements in Ikaria spas, Greece. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2013, 15.6: 1216-1227.
 6. SILVA, A. S., et al. Radon Levels in Portuguese Thermal Spas. In: *Proceedings of the: "Third International Conference on Radiation and Application in Various Fields of Research, RAD2015", Budva, Montenegro*. 2015.
 7. SILVA, A. S.; DINIS, M. L.; FIÚZA, A. Research on occupational exposure to radon in Portuguese thermal spas. *Occupational Safety and Hygiene II*, 2014, 323.
 8. LABIDI, S.; AL-AZMI, Darwish; SALAH, R. Ben. Indoor radon in Tunisian spas. *Radioprotection*, 2012, 47.03: 361-373.
 9. KOTTOU, Sofia, et al. Monte-Carlo Modelling and Experimental Study of Radon and Progeny Radiation Detectors for Open Environment. In:

- Progress in Clean Energy, Volume 1.* Springer International Publishing, 2015. p. 787-801.
10. SILVA, Ana. Occupational Medicine & Health Affairs. 2014.
 11. CHEN, Jing; HARLEY, Naomi H. A review of radon equilibrium factors in underground mines, caves, and thermal spas. Health Physics, 2020, 119.3: 342-350.
 12. IVANOVA, Kremena, et al. Analysis of exposure to radon in Bulgarian rehabilitation hospitals. Environmental Science and Pollution Research, 2022, 1-11.
 13. LI VIGNI, Lorenza, et al. Characterization of trace elements in thermal and mineral waters of Greece. Environmental Science and Pollution Research, 2023, 1-18.
 14. SILVA, A. S.; DINIS, M. L. Measurements of indoor radon and total gamma dose rate in Portuguese thermal spas. Occupational Safety and Hygiene IV, 2016, 485-489.
 15. MISDAQ, M. A., et al. Assessment of Alpha Doses Received by Spa Workers Due to the Inhalation of ^{214}Po and ^{218}Po Radon Progeny. Health Physics, 2022, 123.5: 402-410.
 16. DASKALOPOULOU, K., et al. Characterization of trace elements in thermal and mineral waters of Greece. Environmental Science and Pollution Research International, 2023, 30.32: 78376-78393.

17. KULUÖZTÜRK, Muhammed Fatih, et al. Determination of radon gas activity levels in drinking water in Ahlat/Bitlis. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 2017, 7.2: 104-107.
18. SILVA, A. S.; DINIS, M. L. Indoor radon levels and total gamma dose rates measurements in Portuguese thermal spas. *International Journal of Occupational and Environmental Safety*, 2017, 1.1: 79-87.
19. KAYAKÖKÜ, Halime. Determination of Radon Concentrations in Surface Water Samples of Aygır Lake in Bitlis (Turkey). *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2021, 11.2: 1040-1049.

Ετεροαναφορές 17

Αυτοαναφορές 2

58. NIKOLOPOULOS D, PETRAKI E, MAROUSAKI A, POTIRAKIS S, KOULOURAS G, NOMICOS C, PANAGIOTARAS D, STONHAM J, LOUIZI A. Environmental monitoring of radon in soil during a very seismically active period occurred in South West Greece. *J .Environ. Monit.* **2012** 14:564-578.
<http://dx.doi.org/10.1039/c1em10387c>. **IF=3.307**

1. PETRAKI, Ermioni, et al. Self-organised critical features in soil radon and MHz electromagnetic disturbances: Results from environmental monitoring in Greece. *Applied Radiation and Isotopes*, 2013, 72: 39-53.
2. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Traces of self-organisation and long-range memory in variations of environmental radon in soil: Comparative

- results from monitoring in Lesvos Island and Ileia (Greece). *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2014, 299.1: 203-219.
3. PETRAKI, Ermioni, et al. Long-range memory patterns in variations of environmental radon in soil. *Analytical Methods*, 2013, 5.16: 4010-4020.
 4. PETRAKI, Ermioni, et al. Fractal evolution of MHz electromagnetic signals prior to earthquakes: results collected in Greece during 2009. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2016, 7.2: 550-564.
 5. PETRAKI, Ermioni, et al. Electromagnetic Pre-earthquake Precursors: Mechanisms, Data and Models-A Review. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.1: 1.
 6. CANTZOS, Demetrios, et al. Identifying long-memory trends in pre-seismic MHz Disturbances through Support Vector Machines. *J Earth Sci Clim Change*, 2015, 6.263: 2.
 7. DONNER, Reik V., et al. Intrinsic vs. spurious long-range memory in high-frequency records of environmental radioactivity. *The European Physical Journal Special Topics*, 2015, 224.4: 741-762.
 8. TAN, Yanliang; XIAO, Detao. A novel method to measure the radon exhalation rate in only one measurement cycle. *Analytical Methods*, 2013, 5.3: 805-808.
 9. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-Memory Trends in Disturbances of Radon in Soil Prior to the Twin $M^{\text{sub L}} = 5.1$ Earthquakes of 17 November 2014 Greece. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.1: 1.

10. CANTZOS, Demetrios, et al. Fractal Analysis, Information-Theoretic Similarities and SVM Classification for Multichannel, Multi-Frequency Pre-Seismic Electromagnetic Measurements. *J Earth Sci Clim Change*, 2016, 6.3: 1-9.
11. PETRAKI, Ermioni, et al. Radon-222: A potential short-term earthquake precursor. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.6: 1-11.
12. BASKARAN, Mark. Radon as a Tracer for Earthquake Studies. In: *Radon: A Tracer for Geological, Geophysical and Geochemical Studies*. Springer International Publishing, 2016. p. 205-228.
13. ZAFRIR, Hovav, et al. Novel determination of radon-222 velocity in deep subsurface rocks and the feasibility to using radon as an earthquake precursor. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2016, 121.9: 6346-6364.
14. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radioluminescence properties of the CdSe/ZnS Quantum Dot nanocrystals with analysis of long-memory trends. *Radiation Measurements*, 2016, 92: 19-31.
15. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: A systematic approach.
16. MORALES-SIMFORS, Nury; WYSS, Ramon A.; BUNDSCHUH, Jochen. Recent progress in radon-based monitoring as seismic and volcanic precursor: A critical review. *Critical reviews in environmental science and technology*, 2020, 50.10: 979-1012.

17. RAFIQUE, Muhammad, et al. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2022, 227: 105775.
18. D'INCECCO, Simone, et al. CO₂ and radon emissions as precursors of seismic activity. *Earth Systems and Environment*, 2021, 5.3: 655-666.
19. CHOWDHURY, Saheli, et al. Simultaneous monitoring of soil ²²²Rn in the Eastern Himalayas and the geothermal region of eastern India: an earthquake precursor. *Natural Hazards*, 2022, 112.2: 1477-1502.
20. GUHA BOSE, Arpita, et al. Studies of scintillations and TEC variations with GPS satellite links together with soil radon anomalies preceding Nepal earthquakes of April–May 2015. *Natural Hazards*, 2022, 112.2: 1137-1163.
21. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal and long-memory traces in PM₁₀ time series in Athens, Greece. *Environments*, 2019, 6.3: 29.
22. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: M_s = 6.6): Investigation with DFA and MFDFA Methods. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, 178.9: 3375-3395.
23. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM₁₀ time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
24. HAIDER, Takreem, et al. Identification of radon anomalies induced by earthquake activity using intelligent systems. *Journal of Geochemical Exploration*, 2021, 222: 106709.

25. NIKOLOPOULOS, D., et al. Long-memory and fractal trends in variations of environmental radon in soil: results from measurements in Lesvos Island in Greece. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2018, 9: 1-11.
26. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the ML= 6.6 earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences*, 2020, 10.6: 235.
27. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
28. YOUSEF, Hesham A. Assessment of the annual effective dose of bottled mineral waters using closed can technique. *Journal: Journal of Advances in Physics*, 2018, 14.3.
29. STYLIANOS, Stoulos; ALEXANDRA, Ioannidou. Time-series analysis of radon monitoring in soil gas in association with earthquakes in Stivos faulting, at Lagadas basin, North Greece. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2023, 1-10.
30. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.
31. CANTZOS, Demetrios, et al. Earthquake precursory signatures in electromagnetic radiation measurements in terms of day-to-day fractal spectral exponent variation: analysis of the eastern Aegean 13/04/2017–20/07/2017 seismic activity. *Journal of Seismology*, 2018, 22.6: 1499-1513.

32. ALAM, Aftab; NIKOLOPOULOS, Dimitrios; WANG, Nanping. Fractal Patterns in Groundwater Radon Disturbances Prior to the Great Mw= 7.9 Wenchuan Earthquake, China. 2023.
33. GOSHU, B. S.; ABASA, E.; WOLDEAMANUEL, MELAKU. ASSESSMENT OF THE NATURAL RADIOACTIVITY OF BOTTLED DRINKING WATER PRODUCED IN DIRE DAWA, ETHIOPIA. *Parameters*, 2023, 1.9: 30-37.
34. D'INCECCO, Simone, et al. and Radon Emissions as Precursors of Seismic Activity. 2021.
35. MILLER, Matthew R., et al. System to Evaluate Movement of Biological Contaminants in Soil. *Environments*, 2019, 6.3: 33.
36. Ayelet Benkovitz et al. The dynamics of Rn-222 cyclic flow within the shallow geological subsurface media as a daily temporal varied source for exhalation into the air. *Science of the Total Environment*, 2023, 169244,

Ετεροαναφορές 13

Αυτοαναφορές 23

59. NIKOLOPOULOS D, KALYVAS N, VALAIS I, ARGYRIOU X, VLAMAKIS E, SEVVOS T, KANDARAKIS I. A semi-empirical Monte Carlo based model of the Detector Optical Gain of Nuclear Imaging scintillators. *JINST* **2012** 7 P1102, doi:<http://dx.doi.org/10.1088/1748-0221/7/11/P11021>. **IF=1.3**

1. MICHAEL, C., et al. On the response of GdAlO₃: Ce powder scintillators. *Journal of Luminescence*, 2013, 144: 45-52.

2. KALYVAS, N., et al. Studying the energy dependence of intrinsic conversion efficiency of single crystal scintillators under X-ray excitation. *Optics and Spectroscopy*, 2014, 116.5: 743-747.
3. KALYVAS, N., et al. A theoretical study of CsI: TI columnar scintillator image quality parameters by analytical modeling. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2015, 779: 18-24.
4. LARSSON, Jakob C.; LUNDSTRÖM, Ulf; HERTZ, Hans M. Characterization of scintillator-based detectors for few-ten-keV high-spatial-resolution x-ray imaging. *Medical physics*, 2016, 43.6: 2731-2740.
5. SALEH, Muad, et al. Evaluation of undoped ZnS single crystal materials for x-ray imaging applications. *Proc. SPIE 10179, Window and Dome Technologies and Materials XV*, 1017904.
6. SHAHBAZI, H., et al. Structure-transmittance relationship in transparent ceramics. *Journal of Alloys and Compounds*, 2019, 785: 260-285.
7. SAATSAKIS, George, et al. Optical characteristics of ZnCuInS/ZnS (core/shell) nanocrystal flexible films under X-ray excitation. *Crystals*, 2019, 9.7: 343.
8. KALYVAS, Nektarios, et al. Study of UV interactions on PMMA based ZnCuInS/ZnS quantum dot films. *Optical Materials*, 2022, 129: 112493.
9. PSICHIS, Konstantinos, et al. An analytical approach to the light transport in columnar phosphors. Detector Optical Gain, angular distribution and the CsI: TI paradigm. *Physica Medica*, 2017, 35: 39-49.

10. SALEH, Muad; LYNN, Kelvin G.; MCCLOY, John S. Evaluation of undoped ZnS single crystal materials for x-ray imaging applications. In: Window and Dome Technologies and Materials XV. SPIE, 2017. p. 1017904.
11. ΣΑΑΤΣΑΚΗΣ, Γεώργιος. Optical characteristics of quantum dots embedded in polymer films for use in medical imaging. 2020.
12. SALEH, Muad. Characterization and Optimization of Dopants, Impurities, and Defects in Bulk Optical and Semiconductor Materials: Case Studies on ZnS, β -Ga₂O₃, and Nd: YAG. Washington State University, 2019.
13. ΨΥΧΗΣ, Κωνσταντίνος. Signal transfer characteristics of columnar phosphors used in X-ray imaging. 2017. PhD Thesis.
14. S TSEREMOGLU, Optical Photon Propagation Characteristics and Thickness Optimization of LaCl₃:Ce and LaBr₃:Ce Crystal Scintillators for Nuclear Medicine Imaging, Crystals 2024, 14(1), 24; <https://doi.org/10.3390/cryst14010024>.

Ετεροαναφορές 14

Αυτοαναφορές 0

60. PETRAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, FOTOPOULOS A, PANAGIOTARAS D, KOULOURAS G, ZISOS A, NOMICOS C, LOUIZI A, STONHAM J. Self-organised critical features in soil radon and MHz electromagnetic disturbances: Results from environmental monitoring in Greece. *Appl. Radiat. Isotop.* **2013** 72: 39–53, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apradiso.2012.09.005>. **IF=1.787**

1. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Traces of self-organisation and long-range memory in variations of environmental radon in soil: Comparative results from monitoring in Lesbos Island and Ileia (Greece). *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2014, 299.1: 203-219.
2. PETRAKI, Ermioni, et al. Long-range memory patterns in variations of environmental radon in soil. *Analytical Methods*, 2013, 5.16: 4010-4020.
3. PETRAKI, Ermioni, et al. Fractal evolution of MHz electromagnetic signals prior to earthquakes: results collected in Greece during 2009. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2016, 7.2: 550-564.
4. PETRAKI, Ermioni, et al. Electromagnetic Pre-earthquake Precursors: Mechanisms, Data and Models-A Review. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.1: 1.
5. CANTZOS, Demetrios, et al. Identifying long-memory trends in pre-seismic MHz Disturbances through Support Vector Machines. *J Earth Sci Clim Change*, 2015, 6.263: 2.
6. DONNER, Reik V., et al. Intrinsic vs. spurious long-range memory in high-frequency records of environmental radioactivity. *The European Physical Journal Special Topics*, 2015, 224.4: 741-762.
7. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-Memory Trends in Disturbances of Radon in Soil Prior to the Twin ML= 5.1 Earthquakes of 17 November 2014 Greece. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.1: 1.
8. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Dosimetry modelling of transient radon and progeny concentration peaks: results from in situ measurements in

- Ikaria spas, Greece. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2013, 15.6: 1216-1227.
9. CANTZOS, Demetrios, et al. Fractal Analysis, Information-Theoretic Similarities and SVM Classification for Multichannel, Multi-Frequency Pre-Seismic Electromagnetic Measurements. *J Earth Sci Clim Change*, 2016, 6.3: 1-9.
 10. PETRAKI, Ermioni, et al. Radon-222: A potential short-term earthquake precursor. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.6: 1-11.
 11. TSVETKOVA, T., et al. Application of the nuclear analytical chemistry (NAC) methods in seismological researches of mud volcanoes and springs in the Black Sea zone. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2016, 307.1: 169-178.
 12. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radioluminescence properties of the CdSe/ZnS Quantum Dot nanocrystals with analysis of long-memory trends. *Radiation Measurements*, 2016, 92: 19-31.
 13. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal and long-memory traces in PM10 time series in Athens, Greece. *Environments*, 2019, 6.3: 29.
 14. NEVINSKY, I., et al. Results of the simultaneous measurements of radon around the Black Sea for seismological applications. *Journal of environmental radioactivity*, 2018, 192: 48-66.

Ετεροαναφορές 2

Αυτοαναφορές 12

61.PETRAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, FOTOPOULOS A, PANAGIOTARAS D, NOMICOS C, YANNAKOPOULOS P, ZISOS A, LOUIZI A, STONHAM J. Long-range memory patterns in variations of environmental radon in soil. *Anal. Methods* **2013** 5:4010-4020.doi: <http://dx.doi.org/10.1039/C3AY26486F>. **IF=3.1**

1. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Traces of self-organisation and long-range memory in variations of environmental radon in soil: Comparative results from monitoring in Lesvos Island and Ileia (Greece). *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2014, 299.1: 203-219.
2. PETRAKI, Ermioni, et al. Fractal evolution of MHz electromagnetic signals prior to earthquakes: results collected in Greece during 2009. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2016, 7.2: 550-564.
3. PETRAKI, Ermioni, et al. Electromagnetic Pre-earthquake Precursors: Mechanisms, Data and Models-A Review. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.1: 1.
4. DONNER, Reik V., et al. Intrinsic vs. spurious long-range memory in high-frequency records of environmental radioactivity. *The European Physical Journal Special Topics*, 2015, 224.4: 741-762.
5. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-Memory Trends in Disturbances of Radon in Soil Prior to the Twin $M^L = 5.1$ Earthquakes of 17 November 2014 Greece. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.1: 1.

6. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Traces of long-memory in pre-seismic MHz electromagnetic time series-Part1: Investigation through the R/S analysis and time-evolving spectral fractals. 2016.
7. PETRAKI, Ermioni, et al. Radon-222: A potential short-term earthquake precursor. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.6: 1-11.
8. STAMATE, Marius, et al. ANALYSIS OF OUTDOOR 222 Rn AND 220 Rn CONCENTRATION MEASURED AT BACAU, ROMANIA: A DETERMINISTIC STUDY. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 2016, 15.3.
9. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: A systematic approach.
10. RAFIQUE, Muhammad, et al. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2022, 227: 105775.
11. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal and long-memory traces in PM10 time series in Athens, Greece. *Environments*, 2019, 6.3: 29.
12. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: M s= 6.6): Investigation with DFA and MFDFA Methods. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, 178.9: 3375-3395.
13. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Stochastic and self-organisation patterns in a 17-year PM10 time series in Athens, Greece. *Entropy*, 2021, 23.3: 307.

14. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
15. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the ML= 6.6 earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences*, 2020, 10.6: 235.
16. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
17. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.
18. ЯМЕЛИНЕЦЬ, Тарас. Інформаційна модель ґрунту як базова одиниця інформаційного ґрунтознавства. 2020.
19. ЯМЕЛИНЕЦЬ, ТАРАС СТЕПАНОВИЧ. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ПРАКТИКА ІНФОРМАЦІЙНОГО ГРУНТОЗНАВСТВА.
20. YAMELYNETS, Taras. ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ГРУНТУ ЯК БАЗОВА ОДИНИЦЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ГРУНТОЗНАВСТВА. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія, 2020, 49.2.
21. CAGGIULA, Francesca Shara. Fracto-emissions and statistical seismic precursors: The case-study of Murisengo gypsum mine (January 2018-June 2019). 2019. PhD Thesis. Politecnico di Torino.

22. MILLER, Matthew R., et al. System to Evaluate Movement of Biological Contaminants in Soil. *Environments*, 2019, 6.3: 33.

Ετεροαναφορές 7

Αυτοαναφορές 17

62. NIKOLOPOULOS D, VOGIANNIS E, PETRAKI E, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS P, LEONTARIDOU M, LOUIZI A. Dosimetry modelling of transient radon and progeny concentration peaks: Results from in-situ measurements in Ikaria spas. Greece. *Environ. Sci. Processes Impacts* **2013** 15:1216-1227, doi: <http://dx.doi.org/10.1039/c3em00030c>. **IF=5.334**

1. VOGIANNIS, Efstratios G.; NIKOLOPOULOS, Dimitrios. Radon sources and associated risk in terms of exposure and dose. *Frontiers in public health*, 2015, 2: 207.
2. KOTTOU, Sofia, et al. Monte-Carlo Modelling and Experimental Study of Radon and Progeny Radiation Detectors for Open Environment. In: *Progress in Clean Energy, Volume 1*. Springer International Publishing, 2015. p. 787-801.

Ετεροαναφορές 0

Αυτοαναφορές 2

63. NIKOLOPOULOS D, KOTTOU S, CHATZISAVVAS N, ARGYRIOU X, VLAMAKIS E, YANNAKOPOULOS P, LOUIZI A., A GATE Simulation Study of

the Siemens Biograph DUO PET/CT System. *Open Journal of Radiology* **2013** 3(2):56-65, doi: <http://dx.doi.org/10.4236/ojrad.2013.32009>. **IF=0.333**

1. LI, Suying, et al. Monte Carlo simulation of Ray-Scan 64 PET system and performance evaluation using GATE toolkit. *Journal of Instrumentation*, 2017, 12.02: T02001.
2. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.
3. SARRUT, David, et al. Advanced Monte Carlo simulations of emission tomography imaging systems with GATE. *Physics in Medicine & Biology*, 2021, 66.10: 10TR03.
4. WALRAND, Stephan, et al. The origin and reduction of spurious extrahepatic counts observed in 90Y non-TOF PET imaging post radioembolization. *Physics in Medicine & Biology*, 2018, 63.7: 075016.
5. EMAMI, Azadeh, et al. Validation and evaluation of a GATE model for MAMMI PET scanner. *Iranian Journal of Nuclear Medicine*, 2020, 28.1: 33-38.
6. THEODORAKIS, Lampros, et al. PET Counting Response Variability Depending on Tumor Location, Activity, and Patient Obesity: A Feasibility Study of Solitary Pulmonary Nodule Using Monte Carlo. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 2019, 38.7: 1763-1774.
7. ΘΕΟΔΩΡΑΚΗΣ, Λάμπρος Μ. Βελτιστοποίηση της λειτουργίας συστημάτων τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων (PET). 2019.

8. OCSOVAINÉ STEINBACH, Cecília. Nagyfelbontású PET detektormodulok optikai tulajdonságainak vizsgálata és optimalizálása. 2016.

Ετεροαναφορές 7

Αυτοαναφορές 1

64.NIKOLOPOULOS D, PETRAKI E, VOGIANNIS E, CHALDEOS Y, YANNAKOPOULOS P, NOMICOS C, STONHAM J. Traces of self-organisation and long-range memory in variations of environmental radon in soil: Comparative results from monitoring in Lesvos Island and Ileia (Greece). *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **2014** 299:203-219, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10967-013-2764-8>.

IF=1.754

1. PETRAKI, Ermioni, et al. Fractal evolution of MHz electromagnetic signals prior to earthquakes: results collected in Greece during 2009. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2016, 7.2: 550-564.
2. PETRAKI, Ermioni, et al. Electromagnetic Pre-earthquake Precursors: Mechanisms, Data and Models-A Review. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.1: 1.
3. CANTZOS, Demetrios, et al. Identifying long-memory trends in pre-seismic MHz Disturbances through Support Vector Machines. *J Earth Sci Clim Change*, 2015, 6.263: 2.
4. DONNER, Reik V., et al. Intrinsic vs. spurious long-range memory in high-frequency records of environmental radioactivity. *The European Physical Journal Special Topics*, 2015, 224.4: 741-762.

5. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-Memory Trends in Disturbances of Radon in Soil Prior to the Twin $M^L = 5.1$ Earthquakes of 17 November 2014 Greece. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.1: 1.
6. CANTZOS, Demetrios, et al. Fractal Analysis, Information-Theoretic Similarities and SVM Classification for Multichannel, Multi-Frequency Pre-Seismic Electromagnetic Measurements. *J Earth Sci Clim Change*, 2016, 6.3: 1-9.
7. PETRAKI, Ermioni, et al. Radon-222: A potential short-term earthquake precursor. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.6: 1-11.
8. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Hurst exponent analysis of indoor radon profiles of Greek apartment dwellings. *J Phys Chem Biophys*, 2014, 4.168: 2161-0398.100016.
9. TSVETKOVA, T., et al. Application of the nuclear analytical chemistry (NAC) methods in seismological researches of mud volcanoes and springs in the Black Sea zone. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2016, 307.1: 169-178.
10. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radioluminescence properties of the CdSe/ZnS Quantum Dot nanocrystals with analysis of long-memory trends. *Radiation Measurements*, 2016, 92: 19-31.
11. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: A systematic approach.

67.KOTTOU S, NIKOLOPOULOS D, VOGIANNIS E, KOULOUGLIOTIS D, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS P H. How Safe is the Environmental Electromagnetic Radiation? *J .Phys. Chem. Biophys.* **2014** 4(3):146 1-10, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000146>.

1. SANTINI, Silvano Junior, et al. Role of mitochondria in the oxidative stress induced by electromagnetic fields: focus on reproductive systems. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 2018.
2. ΚΑΖΑΡΙΝΟΒ, Κ. Δ. Исследование мембранотропной активности электромагнитного излучения в широком диапазоне длин волн. *Электронная техника. Серия 1: СВЧ-техника*, 2018, 2: 62-75.
3. ВУСНАСЕНКО, А. L.; КУЗНЕТСОВ, D. A. Genes and cancer under magnetic control. *Russian Journal of Physical Chemistry B*, 2021, 15: 1-11.
4. ΚΑΖΑΡΙΝΟΒ, Κ. Δ.; ΒΟΡΙΣΕΝΚΟ, Γ. Γ.; ΠΟΛΝΙΚΟΒ, Ι. Γ. Влияние ЭМИ низкой интенсивности, микроволнового диапазона на окислительные процессы в клетках. *Электронная техника. Серия 1: СВЧ-техника*, 2018, 1: 60-68.
5. ΛΙΤΟΒΧΕΝΚΟ, Olena; ΜΙΣΗΥΝΑ, Maryna; ΖΥΒ, Kseniia. Adaptation mechanisms of the immune reaction in rats under the influence of moderately low temperatures in combination with low frequency electromagnetic radiation. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*, 2020, 30.3: 256-269.

6. ASLAN, Ahmet, et al. Investigation into the effects of static and electric fields on bone healing process: An experimental tibial fracture model study in Wistar-Albino male rats. Northern Clinics of Istanbul, 2021, 8.1.
7. VOROB'YEVA, O. V., et al. The influence of low-intensity electromagnetic radiation of the 10-meter range on morphological and functional indices on *Daphnia magna* straus. Biophysics, 2016, 61: 996-1001.
8. REKHA, Rashmi Ramanathan, et al. Spectral analysis of heart rate variability during mobile phone usage in first year medical students. International Journal of Physiology, 2020, 8.1: 72-77.
9. KASUKURTHI, Bhushanam, et al. Changes in Ocular Morphology and Protein Levels in Tissues upon Impact of Electromagnetic Field Radiation in Rats. 2021.
10. JAJETIĆ, Lucija. UTJECAJ ELEKTROMAGNETSKOG ONEČIŠĆENJA NA OKOLIŠ I ŽIVE ORGANIZME-LJUDE. 2022. PhD Thesis. Karlovac University of Applied Sciences. The Department of Safety and Protection.
11. ВОРОБЬЕВА, Ольга Владимировна, et al. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения десятиметрового диапазона на морфо-функциональные показатели Баркта magna Straus. Биофизика, 2016, 61.6: 1202-1207.
12. БОРИСЕНКО, Г. Г.; ПОЛНИКОВ, И. Г.; КАЗАРИНОВ, К. Д. ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА. СЕРИЯ 1: СВЧ-ТЕХНИКА. ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА, 1: 70-76.

13. CHEN, RYAN JAMES; LEE, JONGBIN. INVESTIGATING ELECTROMAGNETIC RADIATION AND SHIELDING CAPABILITY FROM BIOCHEMICAL LABORATORY INSTRUMENTS. *Journal of Applied Physical Science International*, 2021, 23-37.
14. LITOVCHENKO, Olena; MISHYNA, Maryna; ZUB, K. Adaptation Mechanisms of Immune Response in Rats Under Influence of Moderately Low Temperatures in Combination with Electromagnetic Radiation. 2020.
15. ЛІТОВЧЕНКО, Олена Леонідівна; МІШИНА, Марина Митрофанівна; ЗУБ, Ксенія Олександрівна. Адаптаційні механізми імунної реакції у щурів за умов впливу помірно низьких температур у сполученні з електромагнітним випромінюванням низької частоти. 2020.
16. PATHAK, P. P.; SHARMA, Awanish; KUMAR, Vijay. Biological Effects of Atmospheric Fields and Radiation.
17. PETROCI, Tea. Utjecaj elektromagnetskog onečišćenja na zdravlje. 2016. PhD Thesis. University of Zagreb. School of Medicine. Chair of Environmental and Occupational Health.
18. PETROCI, Tea. Utjecaj elektromagnetskog onečišćenja na zdravlje. 2016. PhD Thesis. University of Zagreb. School of Medicine. Chair of Environmental and Occupational Health.
19. ENGELBRECHT, Monique. The interaction between 6 MV X-rays and p (66)/Be neutrons with spherical gold nanoparticles to induce cellular damage. 2016.

Ετεροαναφορές 19

Αυτοαναφορές 0

68.NIKOLOPOULOS D, KOTTOU S, LOUIZI A, PETRAKI E, VOGIANNIS E, YANNAKOPOULOS P H. Factors Affecting Indoor Radon Concentrations of Greek Dwellings through Multivariate Statistics - First Approach. *J. Phys. Chem, Biophys.* **2014** 4(2): 1-8, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000144>.

1. STOJANOVSKA, Zdenka, et al. Variation of indoor radon concentration and ambient dose equivalent rate in different outdoor and indoor environments. *Radiation and Environmental Biophysics*, 2016, 55.2: 171-183.
2. QUARTO, Maria, et al. Radon exposure assessment and relative effective dose estimation to inhabitants of Puglia Region, South Italy. *International journal of environmental research and public health*, 2015, 12.11: 14948-14957.
3. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Hurst exponent analysis of indoor radon profiles of Greek apartment dwellings. *J Phys Chem Biophys*, 2014, 4.168: 2161-0398.100016.
4. IVANOVA, Kremena, et al. Building-specific factors affecting indoor radon concentration variations in different regions in Bulgaria. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2017, 10: 1151-1161.
5. BATRIS, Evangelos, et al. Radon Assessment: An Overview of Concentration Variability and Synergies with Other Health Risk Factors in Indoor Air. *Environmental Sciences Proceedings*, 2023, 26.1: 115.

6. STOJANOVSKA, Zdenka A., et al. Prediction of long-term indoor radon concentration based on short-term measurements. Nuclear technology and radiation protection, 2017, 32.1: 77-84.
7. VUKOTIC, Perko, et al. Main findings from radon indoor survey in Montenegro. Radiation Protection Dosimetry, 2019, 185.3: 355-370.
8. GÉCZI, Gábor, et al. High concentrations of radon and carbon dioxide in energy-efficient family houses without heat recovery ventilation. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 2018, 26.1: 64-74.
9. GÉCZI, Gábor, et al. High concentrations of radon and carbon dioxide in energy-efficient family houses without heat recovery ventilation. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 2018, 26.1: 64-74.
10. FEKTI, László Richard, et al. Családi házak beltéri radon aktivitás koncentráció felmérése Pest megyében. Journal of Central European Green Innovation, 2022, 10.Suppl 1: 111-122.
11. STOJANOVSKA, Zdenka; BOEV, Blažo; BOEV, Ivan. RESULTS OF INDOOR RADON MEASUREMENTS IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA:–A REVIEW–. Contributions, Section of Natural, Mathematical and Biotechnical Sciences, 2017, 38.2: 137-145.
12. VUKOTIĆ, Perko, et al. Influence of climate, building and residential factors on radon levels in ground-floor dwellings in Montenegro. Nuclear Technology and Radiation Protection, 2021, 36.1: 74-84.

Ετεροαναφορές 10

Αυτοαναφορές 2

69.NIKOLOPOULOS D, KOTTOU S, PETRAKI E, VOGIANNIS E, YANNAKOPOULOS P H. Response of CR-39 Polymer Radon-Sensors via Monte-Carlo Modelling and Measurements. *J. Phys. Chem. Biophys.* **2014** 4(3): 1-5, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000144>.

1. DÍAZ, Félix, et al. Environmental Alpha Radiation from the Soil at a Prehispanic Ancient Sacred Site in Lima, Perú. *Ecol. Eng*, 2023, 9: 291-299.
2. NADER, Ali Farhan. The determination of equilibrium factor of radon and thoron using LR-115 type II detector in a selected area from Basra Governorate, Iraq.

Ετεροαναφορές 2

Αυτοαναφορές 0

70.SKOUNTZOS AP, NIKOLOPOULOS D, PETRAKI E, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS PH. The electromagnetic pollution of wireless electronic equipment in areas with high human accumulation. *J Civil Environ Eng* **2014**; 4(5): 1-4 , doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2165-784X>.

1. RAVEENDRAN, Reshna; TABET AOUL, Kheira Anissa. A meta-integrative qualitative study on the hidden threats of smart buildings/cities and their associated impacts on humans and the environment. *Buildings*, 2021, 11.6: 251.

2. XING, Liu, et al. Microwave-absorbing properties of strontium ferrites prepared via sol-gel method. *Crystal Research and Technology*, 2017, 52.5: 1700057.
3. GAVRILOAIA, Bogdan-Mihai, et al. Multi-band response antenna bio-inspired from biological neuron morphology. In: 2018 10th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI). IEEE, 2018. p. 1-4.
4. GAVRILOAIA, Bogdan-Mihai, et al. Multi-band response antenna bio-inspired from biological neuron morphology. In: 2018 10th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI). IEEE, 2018. p. 1-4.
5. TSOY, Zoya; JUKNA, Artūras. Identification of number, frequency, and power of sources of electromagnetic radiation in the human living area. In: Open Readings 2021: 64th international conference for students of physics and natural sciences, March 16-19, 2021, Vilnius, Lithuania: abstract book. Vilnius University Press, 2021.

Ετεροαναφορές 5

Αυτοαναφορές 0

71.PANAGIOTARAS D, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, KOTTOU S, KOULOUGLIOTIS D, YANNAKOPOULOS PH, KAPLANIS S. Comprehensive experience for Indoor Air Quality Assessment. A review on the determination of

Volatile Organic Compounds (VOCs). *J Phys Chem Biophys* **2014**; 4(5):1-12 ,
doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000159>.

1. AL HERR, Yousef, et al. Occupant productivity and office indoor environment quality: A review of the literature. *Building and environment*, 2016, 105: 369-389.
2. MUJAN, Igor, et al. Influence of indoor environmental quality on human health and productivity-A review. *Journal of cleaner production*, 2019, 217: 646-657.
3. KELLY, Frank J.; FUSSELL, Julia C. Improving indoor air quality, health and performance within environments where people live, travel, learn and work. *Atmospheric Environment*, 2019, 200: 90-109.
4. LUENGAS, Angela, et al. A review of indoor air treatment technologies. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 2015, 14: 499-522.
5. HUANG, Lei, et al. Chemicals of concern in building materials: a high-throughput screening. *Journal of Hazardous Materials*, 2022, 424: 127574.
6. PERSIANI, Sandra GL, et al. Biometric data as real-time measure of physiological reactions to environmental stimuli in the built environment. *Energies*, 2021, 14.1: 232.
7. BERQUIST, Justin; OUF, Mohamed M.; O'BRIEN, William. A method to conduct longitudinal studies on indoor environmental quality and perceived occupant comfort. *Building and Environment*, 2019, 150: 88-98.

8. STUCCHI, Marta, et al. Simultaneous photodegradation of VOC mixture by TiO₂ powders. *Chemosphere*, 2018, 193: 198-206.
9. MOHAMED, Elham F.; AWAD, Gamal. Photodegradation of gaseous toluene and disinfection of airborne microorganisms from polluted air using immobilized TiO₂ nanoparticle photocatalyst-based filter. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27: 24507-24517.
10. DOMHAGEN, Fredrik; LANGER, Sarka; KALAGASIDIS, Angela Sasic. Modelling VOC levels in a new office building using passive sampling, humidity, temperature, and ventilation measurements. *Building and Environment*, 2023, 238: 110337.
11. SANKARAN, Gayatri, et al. Assessment of indoor air quality in air-conditioned small business units with no mechanical ventilation. *Atmospheric Environment*, 2023, 299: 119645.
12. PANCHAL, Suresh, et al. Development of a Polymer Modified Quartz Tuning Fork (QTF) Sensor Array-Based Volatile Organic Compound (VOC) Classifier. *IEEE Sensors Journal*, 2021, 21.18: 20870-20877.
13. JO, Jin-Oh, et al. Simultaneous removal of hydrocarbon and CO using a nonthermal plasma-catalytic hybrid reactor system. *Chemical Engineering Journal*, 2016, 299: 93-103.
14. SENTHILNATHAN, Jaganathan, et al. Indoor air pollution, sorbent selection, and analytical techniques for volatile organic compounds. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 2018, 12.4: 289-310.

15. NAG, Pranab Kumar. Characteristics of indoor environmental quality. In: Office Buildings: Health, Safety and Environment. Singapore: Springer Singapore, 2018. p. 279-310.
16. MUJAN, Igor. Модел интелигентне платформе за оцену квалитета унутрашње средине у сектору зградарства. 2021. PhD Thesis. University of Novi Sad (Serbia).
17. ELSARRAG, E. Occupant productivity and office indoor environment quality: a review of the literature.
18. DOMHAGEN, Fredrik; LANGER, Sarka; SASIC KALAGASIDIS, Angela. Dynamics of VOC Emissions from a New Material. Available at SSRN 4599134.
19. ALAMA, Areej; SABBAGH, Mostafa. Indoor Air Quality Assessments in Educational Facilities in Saudi Arabia: A Systematic Review.
20. KARVE, Sujata Abhijit; NACHANE, Rucha. Post Occupancy Evaluation of Indoor Air Quality in Green Rated Commercial Interiors.
21. ELIAS, Ana. Angela Luengas, Astrid Barona, Cecile Hort, Gorka Gallastegui, Vincent Platel.
22. FREDRIK DOMHAGEN Influence of building envelope on indoor air quality. Field measurements, analysis, and method development related to indoor odors. PhD Thesis. Department of Architecture and Civil Engineering CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Gothenburg, Sweden. 2023.

23. JEONG JJ, Volatile Organic Compounds Sampling and Analysis using Needle Trap Device, Journal of Chromatography Open Volume 5, May 2024, 100112

Ετεροαναφορές 23

Αυτοαναφορές 0

72. NIKOLOPOULOS D, MICHAEL C, VALAIS I, YANNAKOPOULOS P, KOTTOU S, KARPETAS G, PANAYIOTAKIS G. GATE Simulation of the Biograph 2 PET/CT Scanner. J Nucl Med Radiat Ther **2014**; 5(5):1-6, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9619.1000201>.

1. RAZDEVŠEK, Gašper, et al. Multipanel Limited Angle PET System With 50 ps FWHM Coincidence Time Resolution: A Simulation Study. IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences, 2021, 6.6: 721-730.
2. RAZDEVŠEK, G., et al. Exploring the Potential of a Cherenkov TOF PET Scanner: A Simulation Study. IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences, 2022, 7.1: 52-61.
3. FAN, Lingcong, et al. Effects of air annealing on luminescent properties of cerium-doped lutetium oxyorthosilicate scintillation ceramics. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2016, 63.2: 480-485.

4. FAN, Lingcong, et al. Grain orientation control of cerium doped lutetium oxyorthosilicate ceramics in a strong magnetic field. *Materials Letters*, 2017, 198: 85-88.
5. MUSA, Musa S.; OZSAHIN, Dilber U.; OZSAHIN, Ilker. Simulation and evaluation of a cost-effective high-performance brain PET scanner. *J Biomed Imag Bioeng* 2017; 1 (2): 53-59. 54 *J Biomed Imag Bioeng* 2017 Volume 1 Issue, 2017, 2: 3.
6. MUSA, M. S.; OZSAHIN, D. Uzun; OZSAHIN, I. Simulation and evaluation of high-performance cost-effective positron emission mammography scanner. *Journal of Instrumentation*, 2018, 13.11: C11023.
7. KASHIAN, Elham, et al. Monte Carlo simulation and performance assessment of GE Discovery 690 VCT positron emission tomography/computed tomography scanner. *World Journal of Nuclear Medicine*, 2020, 19.04: 366-375.
8. NKUBA, Leonid L.; LUGENDO, Innocent J.; AMOUR, Idrissa S. A GATE-based Monte Carlo simulation of a dual-layer pixelized gadolinium oxyorthosilicate (GSO) detector performance and response for micro PET scanner. *Tanzania Journal of Science*, 2021, 47.2: 507-519.
9. YANNAKOPOULOS, Panayotis H., et al. Digital Radiation Sensors and Nanosensory Systems. In: *Nuclear Radiation Nanosensors and Nanosensory Systems*. Springer Netherlands, 2016. p. 9-18.

Ετεροαναφορές 8

Αυτοαναφορές 1

73. NIKOLOPOULOS D, VALAIS I, MICHAÏL C, KOTTOU S, CHATZISAVVAS N, YANNAKOPOULOS P, MALAXIANAKIS V. Modelling Biograph 2 PET/CT Scanner with GATE. *Physica Medica* **2014** 30:e94, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.07.269>. **IF=3.119**

1. Nikolopoulos D, Valais I, Michail C, Kottou S, Chatzisavvas N, Yannakopoulos P, Malaxianakis V. Modelling Biograph 2 PET/CT Scanner with GATE. *Physica Medica* 2014 30:e94, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.07.269>. IF=3.119

Ετεροαναφορές 0

Αυτοαναφορές 1

79. NIKOLOPOULOS D, PETRAKI E, TEMENOS N, KOTTOU S, KOULOUGLIOTIS D, YANNAKOPOULOS PH. Hurst exponent analysis of indoor radon profiles of Greek apartment dwellings. *J. Phys. Chem. Biophys.* **2014** 4(6):1-8, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000168>.

1. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radioluminescence properties of the CdSe/ZnS Quantum Dot nanocrystals with analysis of long-memory trends. *Radiation Measurements*, 2016, 92: 19-31.
2. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.

3. GÉCZI, Gábor, et al. High concentrations of radon and carbon dioxide in energy-efficient family houses without heat recovery ventilation. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2018, 26.1: 64-74.
4. FEKTI, László Richard, et al. Családi házak beltéri radon aktivitás koncentráció felmérése Pest megyében. *Journal of Central European Green Innovation*, 2022, 10.Suppl 1: 111-122.
5. AKHTER, Muhammad Fahim. The Long-term structural effect of Coronal index solar activity on the ENSO and QBO Time series data using Fractal Dimension. *Punjab University Journal of Mathematics*, 2021, 53.2.

Ετεροαναφορές 5

Αυτοαναφορές 0

80.KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, BHATTACHARYYA D, KIRBY PB, BERBERASHVILI TM, CHAKHVASHVILI LA, KERVALISHVILI PJ, YANNAKOPOULOS PH. Monte-Carlo Modelling and Experimental Study of Radon and Progeny. Radiation Detectors for Open Environment. In: Dincer I, Colpan CO, Kizilkan O, Ezan MA. Eds. *Progress in Clean Energy, Volume 1*. Switzerland: Springer International Publishing **2015** 787-801, doi: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16709-1_58.

1. MOSLEHI, A.; BARADARAN, S.; TAHERI, M. GEANT4 modeling of alpha particles detection efficiency for polycarbonate SSNTD. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators,*

Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2022, 1033: 166714.

2. KERVALISHVILI, Paata J. BORON10 Isotope Based Neutron Radiation Semiconductor Sensors. In: Functional Nanostructures and Sensors for CBRN Defence and Environmental Safety and Security. Springer Netherlands, 2020. p. 47-63.

Ετεροαναφορές 2

Αυτοαναφορές 0

81. VOGIANNIS E, NIKOLOPOULOS D. Radon Sources and Associated Risk in terms of Exposure and Dose. Front Public Health 2015; 2(207): 1-10.

1. LÓPEZ, L. R., et al. CO₂ in indoor environments: From environmental and health risk to potential renewable carbon source. Science of The Total Environment, 2023, 856: 159088.
2. BERSIMBAEV, Rakmetkazhy I.; BULGAKOVA, Olga. The health effects of radon and uranium on the population of Kazakhstan. Genes and Environment, 2015, 37.1: 1-10.
3. LI, Pengfei, et al. Radon exhalation from temperature treated loess. Science of The Total Environment, 2022, 832: 154925.
4. FRUTOS, Borja, et al. Inner wall filler as a singular and significant source of indoor radon pollution in heritage buildings: An exhalation method-based approach. Building and environment, 2021, 201: 108005.
5. BERSIMBAEV, Rakhmet, et al. Radon biomonitoring and microRNA in lung cancer. International journal of molecular sciences, 2020, 21.6: 2154.

6. LI, Pengfei, et al. A study on the differences in radon exhalation of different lithologies at various depths and the factors influencing its distribution in northern Shaanxi, China. *Science of The Total Environment*, 2022, 849: 157935.
7. BARROS, Paulo; CURADO, António; LOPES, Sérgio Ivan. Internet of Things (IoT) technologies for managing indoor radon risk exposure: applications, opportunities, and future challenges. *Applied Sciences*, 2021, 11.22: 11064.
8. LOPES, Sérgio Ivan; NUNES, Leonel JR; CURADO, António. Designing an Indoor Radon Risk Exposure Indicator (IRREI): An Evaluation Tool for Risk Management and Communication in the IoT Age. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18.15: 7907.
9. RESTE, Jelena, et al. Indoor air radon concentration in premises of public companies and workplaces in Latvia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19.4: 1993.
10. ZAJAC, Dominika. Inhalations with thermal waters in respiratory diseases. *Journal of Ethnopharmacology*, 2021, 281: 114505.
11. MOUSAVI AGHDAM, Mirsina, et al. A study of natural radioactivity levels and radon/thoron release potential of bedrock and soil in southeastern Ireland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18.5: 2709.

12. AMBROSINO, F., et al. Study of ^{222}Rn continuous monitoring time series and dose assessment in six European caves. *Radiation Protection Dosimetry*, 2020, 191.2: 233-237.
13. CHAUDHURY, Debajit, et al. Assessment of threshold dose of thoron inhalation and its biological effects by mimicking the radiation doses in monazite placer deposits corresponding to the normal, medium and very high natural background radiation areas. *Biological Trace Element Research*, 2023, 201.6: 2927-2941.
14. HU, Jun, et al. Numerical modeling of the sources and behaviors of ^{222}Rn , ^{220}Rn and their progenies in the indoor environment—A review. *Journal of environmental radioactivity*, 2018, 189: 40-47.
15. PRZYLIBSKI, Tadeusz Andrzej. Radon: a radioactive therapeutic element. Geological Society, London, Special Publications, 2018, 451.1: 209-236.
16. SENITKOVA, Ingrid Juhasova; KRAUS, Michal. Seasonal and floor variations of indoor radon concentration. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019. p. 012127.
17. GOLDBERG, Mark S.; BAUMGARTNER, Jill; CHEVRIER, Jonathan. Statistical adjustments of environmental pollutants arising from multiple sources in epidemiologic studies: The role of markers of complex mixtures. *Atmospheric Environment*, 2022, 270: 118788.
18. MAIER, Andreas, et al. Experimental Setups for In Vitro Studies on Radon Exposure in Mammalian Cells—A Critical Overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023, 20.9: 5670.

19. MONASTERO, Rebecca N.; MELIKER, Jaymie R. Incidence of brain and spinal cord cancer and county-level radon levels in New Jersey, Wisconsin, Minnesota, Pennsylvania, and Iowa, USA. *Environmental geochemistry and health*, 2020, 42: 389-395.
20. CARRION-MATTA, Aleshka, et al. Predictors of indoor radon levels in the Midwest United States. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2021, 71.12: 1515-1528.
21. RUTH, Kerubo Makori, et al. Levels of ionizing radiations in selected quarries in Nyamira County, Kenya. *Heliyon*, 2020, 6.7.
22. AL JASSIM, M.; ISAIFAN, R. A review on the sources and impacts of radon indoor air pollution. *J Environ Toxicol Stud*, 2018, 2.1.
23. DJABOU, R. E., et al. Mining treatment effects on natural radioactivity and radiological hazard index assessment in phosphates and fertilizers used in Algeria. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2022, 331.5: 2081-2092.
24. DJABOU, R. E., et al. Mining treatment effects on natural radioactivity and radiological hazard index assessment in phosphates and fertilizers used in Algeria. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2022, 331.5: 2081-2092.
25. HUTTUNEN, Kati. Indoor air pollution. *Clinical Handbook of Air Pollution-Related Diseases*, 2018, 107-114.

26. PECKHAM, Erin C., et al. Residential radon exposure and incidence of childhood lymphoma in Texas, 1995–2011. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2015, 12.10: 12110-12126.
27. NUNES, Leonel JR; CURADO, António; LOPES, Sérgio I. The Relationship between Radon and Geology: Sources, Transport and Indoor Accumulation. *Applied Sciences*, 2023, 13.13: 7460.
28. ZHOU, Bin; CHANG, Ping; XU, Guang. Computational fluid dynamic simulation of inhaled radon dilution by auxiliary ventilation in a stone-coal mine laneway and dosage assessment of miners. *Processes*, 2019, 7.8: 515.
29. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: a systematic approach. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2016, 7: 1-11.
30. CHAO, Jiunn-Hsing, et al. Background radiation in the production area of hokutolite in Taiwan. *Radiation Physics and Chemistry*, 2020, 172: 108769.
31. YOUSEF, Hesham A. Assessment of the annual effective dose of bottled mineral waters using closed can technique. *Journal: Journal of Advances in Physics*, 2018, 14.3.
32. ABDO, Maged Ahmed Saleh, et al. Estimation of unattached and aerosol-attached activities of airborne short-lived radon progeny in indoor environments. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2021, 237: 106665.

33. GIAGIAS, V.; BURGHELE, D.; COSMA, C. Seasonal variation of indoor radon in dwellings from Athens, Greece. *Rom. J. Phys*, 2015, 60.9-10: 1581-1588.
34. MANSOUR, Habeeb H., et al. ²²²Rn activity concentration measurement and its radiological risks in the environment of Barserin village, Erbil-Iraq. *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*, 2022, 34.2: 6-21.
35. KUSSAINOVA, Assiya, et al. The role of mitochondrial miRNAs in the development of radon-induced lung cancer. *Biomedicines*, 2022, 10.2: 428.
36. NAUTIYAL, Om Prakash; SINGH, Prakhar; AHAMAD, Taufiq. Investigation of ²²²Rn and ²²⁰Rn exhalation rates from soil samples of Pithoragarh District, India. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2023, 1-12.
37. DA ROCHA LINO, Aline, et al. The role of the implementation of policies for the prevention of exposure to Radon in Brazil—A strategy for controlling the risk of developing lung cancer. *Ecancermedicalscience*, 2015, 9.
38. AL-KAZWINI, Akeel T., et al. Radon-222 exposure and dose concentration levels in Jordanian dwellings. *Journal of environmental and public health*, 2020, 2020.
39. PIRSAHEB, Meghdad, et al. The influence of internal wall and floor covering materials and ventilation type on indoor radon and thoron levels

- in hospitals of Kermanshah, Iran. Iranian Red Crescent Medical Journal, 2016, 18.10.
40. PERAMUNE, Dinusha, et al. Radon and Health. Medical Geology: En route to One Health, 2023, 95-110.
41. PETRESCU, Dacinia Crina; PETRESCU-MAG, Ruxandra Malina; TENTER, Ancuta Radu. The little Chernobyl of Romania: The legacy of a uranium mine as negotiation platform for sustainable development and the role of new ethics. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 2019, 32: 51-75.
42. JOSEPH, Sabu. Radon and Human Health. In: Environmental Radon: A Tracer for Hydrological Studies. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 145-166.
43. MUSSA, Y. M., et al. Assessment of natural radioactivity levels and radiation hazard in ancient Harar city, Jugal, soil, Ethiopia. Romanian J. Biophys, 2021, 31.2: 1-14.
44. ANGGRAINI, Zeni, et al. Radiological Impact Assessment of Class 3 Landfill of TENORM Waste from Tin Industry in Bangka Island: 10.32526/ennrj/19/2021020. Environment and Natural Resources Journal, 2021, 19.5: 337-347.
45. ROJAS-ARIAS, N.; BLANCO-ZUÑIGA, Cesar René; ROJAS-ARIAS, Sebastian Felipe. Influence of radon gas removal on the oxygenation of thermal water bodies in the Paipa-Boyacá area. Journal of applied research and technology, 2022, 20.1: 84-91.

46. USMAN, G., et al. Effects of environmental pollution on wildlife and human Health and novel mitigation strategies. 2023.
47. JOAO, S. A., et al. THE UTILISATION OF GEOTHERMAL SPRING WATER FOR TILAPIA AQUACULTURE TO PROMOTE FOOD SECURITY AND SKILLS DEVELOPMENT AT THE BRANDVLEI CORRECTIONAL SERVICES CENTRE. 2022.
48. GONZÁLEZ, María, et al. Medición de radón-222 en interiores de las viviendas de la Provincia de Lambayeque, Perú utilizando detectores LR 115. Revista Científica Pakamuros, 2021, 9.1: 54-65.
49. DJABOU, Rihab El Houda. Developpement des methodes de microanalyses par spectrometrie gamma abas bruit de fond en vue des applications environnementales. 2023. PhD Thesis.
50. KUSSAINOVA, A., et al. The Role of Mitochondrial miRNAs in the Development of Radon-Induced Lung Cancer. Biomedicines 2022, 10, 428. 2022.
51. KUSSAINOVA, A., et al. The Role of Mitochondrial miRNAs in the Development of Radon-Induced Lung Cancer. Biomedicines 2022, 10, 428. 2022.
52. ADDISON, E. C. D. K., et al. RADON-222 CONCENTRATION IN AIR: A CASE STUDY OF AYEDUASE TOWNSHIP, KUMASI, GHANA. European Journal of Technology, 2022, 6.1: 14-29.

53. MELLONI, B. Radon I. Lung cancer risks. In: A handbook of environmental toxicology: human disorders and ecotoxicology. Wallingford UK: CABI, 2020. p. 475-483.
54. GONZALEZ ESQUECHE, Maria Asuncion. Determinación del nivel de radón-222 proveniente de suelos en el distrito de Lambayeque año 2019. 2022.
55. SATHISH, L. A. INTAKE DOSE RATE DUE TO VARIOUS GRANITE SAMPLES OF BANGALORE CITY, INDIA.
56. DANAEI, Zohreh; BAGHANI, Hamid Reza; MOWLAVI, Ali Asghar. Absorbed Dose Assessment from Alpha and Gamma Rays of Radon Progeny in Trachea Tissue. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 2020, 27.5: 605-613.
57. DO NORTE, D. O.; WATERS, DISTRIBUTION OF RADIONUCLIDES IN NATURAL; NORTHERN, O. F. PERIÓDICO TCHÊ QUÍMICA.
58. SALIKOVA, Natalya S., et al. DISTRIBUIÇÃO DE RADIONUCLÍDEOS EM ÁGUAS NATURAIS DO NORTE DO CAZAQUISTÃO E AVALIAÇÃO DAS DOSES DE RADIAÇÃO DA ÁGUA USA PELA POPULAÇÃO. Periódico Tchê Química, 2020, 17.36.
59. WINNI, Y., et al. Effects of Radon Gas Exposure on Lung Cell Immunity at Low Doses and High Doses: A Review. Journal of International Dental and Medical Research, 2019, 12.3: 1211-1221.
60. KHEDER, Malik H.; AZEEZ, Hanaa N.; AL-JOMAILY, Firas M. Alpha Emitters Radioactivity Concentrations in Some Cosmetics Used in Iraq

- Using LR-115 Detector. EUREKA: Physics and Engineering,(1), 2020, 65-70.
61. KHEDER, Malik H.; NAJAM, Laith A.; AZEEZ, Hana N. Long-lived alpha emitters concentrations in the spices consumed in Iraq using CR-39 detector. Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences, 2020, 28.1: 274-283.
62. EDELSON-MAMMEL, Sharon G., et al. ASSESSMENT OF LUNG CANCER RISK REDUCTION BEFORE AND AFTER ADOPTION OF A RADON RESISTANT NEW CONSTRUCTION (RRNC) BUILDING CODE STANDARD IN AMITY TOWNSHIP, PA. 2019. PhD Thesis. Johns Hopkins University.
63. KHEDER, Malik H., et al. Radium and Uranium Concentrations of Powder Juice in the Iraq Markets Using CR-39 Detector. Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences, 2019, 27.6: 341-349.
64. GONZALEZ, E., et al. Measurement of radon-222 indoors in the houses of the Province of Lambayeque, Peru using Lr 115 detectors. 2019.
65. KEATLEY, Nicholas L. Soil moisture influences on radon fluxes in the Sydney Basin. 2019.
66. SANTOS, M. L. O., et al. Construction of growth curve of Rn-222 activity for use as a calibration factor for determination of Rn-222 in water by LSC.
67. SHARMA DHUNGANA, Khumanand. Measurement of radon at NMBU: concentration, seasonal variation and dose estimation. 2017. Master's Thesis. Norwegian University of Life Sciences, Ås.

68. SANGEETHA, Jeyabalan, et al. Soil Remediation and Ecological Restoration from Heavy Metal Pollution and Radioactive Waste Materials using Fungal Genetic and Genomic Resources. In: Environmental Biotechnology. Apple Academic Press, 2016. p. 349-384.
69. TOMER, Ashish, et al. Investigation of Radon as an Earthquake Precursor.
70. GONZALEZ, E., et al. Measurement of radon-222 indoors in the houses of the Province of Lambayeque, Peru using Lr 115 detectors. 2019.
71. KAR, Alpa; SANYAL, Shankha; GHOSH, Dipak. Soil-radon fluctuation and local clima.
72. KHEDER, Malik H., et al. Radium and Uranium Concentrations of Powder Juice in the Iraq Markets Using CR-39 Detector. Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences, 2019, 27.6: 341-349.
73. EDELSON-MAMMEL, Sharon G., et al. ASSESSMENT OF LUNG CANCER RISK REDUCTION BEFORE AND AFTER ADOPTION OF A RADON RESISTANT NEW CONSTRUCTION (RRNC) BUILDING CODE STANDARD IN AMITY TOWNSHIP, PA. 2019. PhD Thesis. Johns Hopkins University.
74. EDELSON-MAMMEL, Sharon G., et al. ASSESSMENT OF LUNG CANCER RISK REDUCTION BEFORE AND AFTER ADOPTION OF A RADON RESISTANT NEW CONSTRUCTION (RRNC) BUILDING CODE STANDARD IN AMITY TOWNSHIP, PA. 2019. PhD Thesis. Johns Hopkins University.

75. KHEDER, Malik H.; AZEEZ, Hanaa N.; AL-JOMAILY, Firas M. Alpha Emitters Radioactivity Concentrations in Some Cosmetics Used in Iraq Using LR-115 Detector. EUREKA: Physics and Engineering,(1), 2020, 65-70.
76. WINNI, Y., et al. Effects of Radon Gas Exposure on Lung Cell Immunity at Low Doses and High Doses: A Review. Journal of International Dental and Medical Research, 2019, 12.3: 1211-1221.
77. L.A. SATHISH, Intake dose rate due to various granite samples of bangalore city, india, ROMANIAN J. BIOPHYS., Vol. 34, No. 1, P. 000–000, BUCHAREST, 2024
78. HA BULUT, R ŞAHIN, Radon, Concrete, Buliding and Human Health, Beton 2023 Congress, Kasim, Istanbul

Ετεροαναφορές 76

Αυτοαναφορές 2

82. PETRAKI E, **NIKOLOPOULOS D**, NOMICOS C, STONHAM, J, CANTZOS D, YANNAKOPOULOS P, KOTTOU S. Electromagnetic Pre-earthquake Precursors: Mechanisms, Data and Models-A Review. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2015** 6(1): 1-11, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000250>.

1. D'INCECCO, Simone, et al. CO₂ and radon emissions as precursors of seismic activity. *Earth Systems and Environment*, 2021, 5.3: 655-666.
2. RAFIQUE, Muhammad, et al. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2022, 227: 105775.

3. VARGAS, Carlos A., et al. Comment on seismic electric signals (SES) and earthquakes: A review of an updated VAN method and competing hypotheses for SES generation and earthquake triggering by Daniel S. Helman, physics of Earth and planetary interiors, 302 (2020). Physics of the Earth and Planetary Interiors, 2021, 313: 106676.
4. PETRAKI, Ermioni, et al. Radon-222: a potential short-term earthquake precursor. Journal of Earth Science & Climatic Change, 2015, 6.6: 1.
5. FLORIOS, K., et al. Pre-seismic electromagnetic perturbations in two earthquakes in northern Greece. Pure and Applied Geophysics, 2020, 177: 787-799.
6. MOHAMMED, Dawar Hama Khalid; KÜLAHCI, Fatih; MUHAMMED, Ahmad. Determination of possible responses of Radon-222, magnetic effects, and total electron content to earthquakes on the North Anatolian Fault Zone, Türkiye: an ARIMA and Monte Carlo Simulation. Natural Hazards, 2021, 108.3: 2493-2512.
7. MAYA, Mario; YU, Wen; TELESKA, Luciano. Multi-step forecasting of earthquake magnitude using meta-learning based neural networks. Cybernetics and Systems, 2022, 53.6: 563-580.
8. FENG, Lili, et al. Multistationary Geomagnetic Vertical Intensity Polarization Anomalies for Predicting $M \geq 6$ Earthquakes in Qinghai, China. Applied Sciences, 2022, 12.17: 8888.

9. KLYUCHKIN, Vadim N., et al. Acoustic and electromagnetic emissions of rocks: insight from laboratory tests at press and shear machines. *Environmental Earth Sciences*, 2022, 81.3: 64.
10. DEY, Chandan, et al. Appraisal of contemporaneous application of polarization ratio and fractal analysis for studying possible seismo-electromagnetic emissions during an intense phase of seismicity in and around Assam Valley and the Eastern Himalayas, India. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 2021, 318: 106759.
11. SAAD, Omar M., et al. Earthquake Forecasting Using Big Data and Artificial Intelligence: A 30-Week Real-Time Case Study in China. *Bull. Seismol. Soc. Am*, 2023, 20: 1-18.
12. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
13. VARGAS, Carlos A., et al. Space–Time Variations of the Apparent Resistivity Associated with Seismic Activity by Using 1D-Magnetotelluric (MT) Data in the Central Part of Colombia (South America). *Applied Sciences*, 2023, 13.3: 1737.
14. STĂNICĂ, Dragoș Armand; STĂNICĂ, Dumitru. ULF pre-seismic geomagnetic anomalous signal related to Mw8. 1 offshore Chiapas earthquake, Mexico on 8 September 2017. *Entropy*, 2019, 21.1: 29.

15. WANG, Dongmei; LIANG, Yiwen; YANG, Xinmin. IM-NKA: A Natural Killer cell Algorithm for earthquake prediction based on extremely imbalanced precursor data. *Applied Soft Computing*, 2022, 130: 109629.
16. SHARMA, Sarita, et al. A multi-experiment approach to ascertain electromagnetic precursors of Nepal earthquakes. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2020, 197: 105163.
17. GONZALEZ, Jesús; YU, Wen; TELESKA, Luciano. Gated recurrent units based recurrent neural network for forecasting the characteristics of the next earthquake. *Cybernetics and Systems*, 2022, 53.2: 209-222.
18. TRITAKIS, V., et al. Anthropogenic Noise and its Footprint on ELF Schumann Resonance Recordings. *Frontiers in Earth Science*, 2021, 9: 646277.
19. VIJAYA KUMAR, P. V., et al. Assessment and recognition of pre-and co-seismic electromagnetic signatures from magnetotelluric data: A case study from Koyna–Warna seismoactive region, India. *Acta Geophysica*, 2021, 69: 1-15.
20. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the ML= 6.6 earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences*, 2020, 10.6: 235.
21. VENEGAS-ARAVENA, Patricio; CORDARO, Enrique G. Subduction as a Smoothing Machine: How Multiscale Dissipation Relates Precursor Signals to Fault Geometry. *Geosciences*, 2023, 13.8: 243.

22. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
23. VENEGAS-ARAVENA, Patricio; CORDARO, Enrique G. Analytical Relation between b-Value and Electromagnetic Signals in Pre-Macroscopic Failure of Rocks: Insights into the Microdynamics' Physics Prior to Earthquakes. *Geosciences*, 2023, 13.6: 169.
24. CHRISTODOULOU, Vyron; BI, Yaxin; WILKIE, George. A tool for Swarm satellite data analysis and anomaly detection. *PloS one*, 2019, 14.4: e0212098.
25. CHAKRABORTY, Suman, et al. Comparative study of charged particle precipitation from Van Allen radiation belts as observed by NOAA satellites during a land earthquake and an ocean earthquake. *Advances in Space Research*, 2019, 64.3: 719-732.
26. SHARIF, Radwan, et al. Locating Earth Disturbances Using the SDR Earth Imager. *Remote Sensing*, 2022, 14.24: 6393.
27. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: a systematic approach. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2016, 7: 1-11.
28. MANIAK, Krzysztof; MYDLIKOWSKI, Remigiusz. Autonomous instrumentation for measuring electromagnetic radiation from rocks in mine conditions—a functional analysis. *Sensors*, 2022, 22.2: 600.

29. SOLANO FINO, Juan Manuel, et al. Electrical and magnetic data time series' observations as an approach to identify the seismic activity of non-anthropogenic origin. *Earth Sciences Research Journal*, 2021, 25.3: 297-307.
30. CHRISTODOULOU, Vyron; BI, Yaxin; WILKIE, George. A fuzzy shape-based anomaly detection and its application to electromagnetic data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2018, 11.9: 3366-3379.
31. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Traces of long-memory in pre-seismic MHz electromagnetic time series-Part1: Investigation through the R/S analysis and time-evolving spectral fractals. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2016, 7: 359.
32. DE CICCIO, Filomena, et al. Multi-parametric approach to the analysis of soil radon gas for its validation as geoindicator in two sites of the Phlegrean Fields caldera (Italy). *Environmental Earth Sciences*, 2017, 76: 1-10.
33. YADAV, Ashwani; SINGH, Raj Pal. Effect of VLF electric field changes associated with major shallow earthquakes ($M= 5.6-5.9$) occurred in Indian subcontinent, on the atmosphere. *Indian Journal of Physics*, 2023, 1-12.
34. CHEN, Hong-Jia, et al. Unveiling Informational Properties of the Chen-Ouillon-Sornette Seismo-Electrical Model. *Entropy*, 2021, 23.3: 337.

35. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.
36. HAAF, N.; SCHILL, E. "Noise" during long-term continuous magnetotelluric monitoring of RN-15/IDDP-2 well engineering (Reykjanes peninsular, Iceland): A geogenic origin?. *Geothermics*, 2021, 96: 102192.
37. STANICA, Dragos Armand; STANICA, Dumitru. Possible Correlations between the ULF Geomagnetic Signature and Mw6. 4 Coastal Earthquake, Albania, on 26 November 2019. *Entropy*, 2021, 23.2: 233.
38. CANTZOS, Demetrios, et al. Earthquake precursory signatures in electromagnetic radiation measurements in terms of day-to-day fractal spectral exponent variation: analysis of the eastern Aegean 13/04/2017–20/07/2017 seismic activity. *Journal of Seismology*, 2018, 22.6: 1499-1513.
39. STĂNICĂ, Dragoș Armand; STĂNICĂ, Dumitru. Possible Correlations between the ULF Geomagnetic Signature and Mw6. 4 Coastal Earthquake, Albania, on 26 November 2019. *Entropy*, 2021, 23.2: 233.
40. CANTZOS, Demetrios, et al. Fractal analysis, information-theoretic similarities and svm classification for multichannel, multi-frequency pre-seismic electromagnetic measurements. *J Earth Sci Clim Change*, 2016, 7.367: 2.
41. ASTHAN, Rheyuniarto Sahlendar, et al. Penerima Gelombang ELF berbasis Op-Amp untuk Pengolahan Akuisisi Data Gempa Bumi.

- ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, 2021, 9.3: 592.
42. KOVACIKOVA, Svetlana; BOYADZHIEV, Georgi; LOGVINOV, Igor. Geoelectric studies in earthquake hazard assessment—the case of the Kozlodui nuclear power plant, Bulgaria. 2023.
43. HAAF, Nadine. Self-Potential and electromagnetic monitoring during fluid injection into magmatic rocks. 2022.
44. RODRIGUEZ, Maya; CESAR, Mario. Pronóstico de series de tiempo empleando redes neuronales y meta-transferencia de aprendizaje. 2022.
45. CÓRDOBA, Br Ignacio Andrés Agustí. Trabajo Especial de Grado como requisito para optar al Título de Licenciado en Física. 2022. PhD Thesis. UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.
46. D'INCECCO, Simone, et al. and Radon Emissions as Precursors of Seismic Activity. 2021.
47. SOLANO, Juan Manuel; VARGAS, Carlos Alberto; GULISANO, Adriana Maria. Quasi real-time electromagnetic and greenhouse gases monitoring station at Seymour-Marambio Island, Antarctica. 2021.
48. CHEN, Zhen; CHEN, Guo-neng. Fracture Electric Field: A Synthetic Model for Seismogenic Process and its Relationship with Preseismic Electric Anomalies and Earthquakes. 2020.
49. FINO, Juan Manuel Solano, et al. EARTH SCIENCES RESEARCH JOURNAL.
50. BAGASHOV, Eugene. Possible Tectonic Impact of Biosphere. 2019.

51. CHRISTODOULOU, Vyron; BI, Yaxin; WILKIE, George. A Fuzzy Curve-based Anomaly Detection and its application to Electromagnetic data.
52. MOURI, Motoaki; TAKUMI, Ichi; YASUKAWA, Hiroshi. Development of Reliable and Stable QL1-NMF Algorithm for Analyzing Environmental ELF Magnetic Signals. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2018, 11.6: 1821-1831.

Ετεροαναφορές 42

Αυτοαναφορές 10

83. NIKOLOPOULOS D, PETRAKI E, NOMICOS C, KOULOURAS G, KOTTOU S, YANNAKOPOULOS PH. Long-memory trends in disturbances of radon in soil prior to the twin ML=5.1 earthquakes of 17 November 2014 Greece. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2015** 6(1): 1-10, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000244>.

1. TAREEN, Aleem Dad Khan, et al. Descriptive analysis and earthquake prediction using boxplot interpretation of soil radon time series data. *Applied radiation and isotopes*, 2019, 154: 108861.
2. TAREEN, Aleem Dad Khan, et al. Automated anomalous behaviour detection in soil radon gas prior to earthquakes using computational intelligence techniques. *Journal of environmental radioactivity*, 2019, 203: 48-54.
3. RAFIQUE, Muhammad, et al. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2022, 227: 105775.

4. CARPENA, Pedro; GÓMEZ-EXTREMERA, Manuel; BERNAOLA-GALVÁN, Pedro A. On the validity of detrended fluctuation analysis at short scales. *Entropy*, 2021, 24.1: 61.
5. PETRAKI, Ermioni, et al. Radon-222: a potential short-term earthquake precursor. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.6: 1.
6. ARMAŞ, Iuliana, et al. Long-term ground deformation patterns of Bucharest using multi-temporal InSAR and multivariate dynamic analyses: a possible transpressional system?. *Scientific Reports*, 2017, 7.1: 43762.
7. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal and long-memory traces in PM10 time series in Athens, Greece. *Environments*, 2019, 6.3: 29.
8. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: $M_s = 6.6$): Investigation with DFA and MF DFA Methods. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, 178.9: 3375-3395.
9. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
10. IQBAL, Javid, et al. Detrended cross correlation analysis (DCCA) of radon, thoron, temperature and pressure time series data. *Physica Scripta*, 2020, 95.8: 085213.
11. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radioluminescence properties of the CdSe/ZnS Quantum Dot nanocrystals with analysis of long-memory trends. *Radiation Measurements*, 2016, 92: 19-31.

12. NIKOLOPOULOS, D., et al. Long-memory and fractal trends in variations of environmental radon in soil: results from measurements in Lesvos Island in Greece. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2018, 9: 1-11.
13. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
14. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
15. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: a systematic approach. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2016, 7: 1-11.
16. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: a systematic approach. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2016, 7: 1-11.
17. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Traces of long-memory in pre-seismic MHz electromagnetic time series-Part1: Investigation through the R/S analysis and time-evolving spectral fractals. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2016, 7: 359.
18. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.
19. D'INCECCO, Simone, et al. Fractal dimension analysis applied to soil CO₂ fluxes in Campotosto's Seismic Area, Central Italy. *Geosciences*, 2020, 10.6: 233.

20. CANTZOS, Demetrios, et al. Earthquake precursory signatures in electromagnetic radiation measurements in terms of day-to-day fractal spectral exponent variation: analysis of the eastern Aegean 13/04/2017–20/07/2017 seismic activity. *Journal of Seismology*, 2018, 22.6: 1499-1513.
21. KAR, Alpa; SANYAL, Shankha; GHOSH, Dipak. Soil-radon fluctuation and local clima.
22. MILLER, Matthew R., et al. System to Evaluate Movement of Biological Contaminants in Soil. *Environments*, 2019, 6.3: 33.

Ετεροαναφορές 6

Αυτοαναφορές 16

84. CANTZOS D, NIKOLOPOULOS D, PETRAKI E, NOMICOS C, YANNAKOPOULOS P, Identifying Long-Memory Trends in Pre-Seismic MHz Disturbances through Support Vector Machines. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2015** 6(3): 1-9, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7167-1000263>.

1. CANTZOS D, NIKOLOPOULOS D, PETRAKI E, NOMICOS C, YANNAKOPOULOS P, Identifying Long-Memory Trends in Pre-Seismic MHz Disturbances through Support Vector Machines. *J. Earth Sci. Clim. Change* 2015 6(3): 1-9, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7167-1000263>.
2. ADDISON, Paul S. The illustrated wavelet transform handbook: introductory theory and applications in science, engineering, medicine and finance. CRC press, 2017.

3. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: $M_s = 6.6$): Investigation with DFA and MFDFA Methods. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, 178.9: 3375-3395.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
5. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radioluminescence properties of the CdSe/ZnS Quantum Dot nanocrystals with analysis of long-memory trends. *Radiation Measurements*, 2016, 92: 19-31.
6. NIKOLOPOULOS, D., et al. Long-memory and fractal trends in variations of environmental radon in soil: results from measurements in Lesbos Island in Greece. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2018, 9: 1-11.
7. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: a systematic approach. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2016, 7: 1-11.
8. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.
9. CANTZOS, Demetrios, et al. Fractal analysis, information-theoretic similarities and svm classification for multichannel, multi-frequency pre-seismic electromagnetic measurements. *J Earth Sci Clim Change*, 2016, 7.367: 2.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 8

85.PANAGIOTARAS D, NIKOLOPOULOS D. Arsenic Occurrence and Fate in the Environment; A Geochemical Perspective. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2015** 6(4): 1-9, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000269>.

1. NIDHEESH, P. V.; SINGH, TS Anantha. Arsenic removal by electrocoagulation process: Recent trends and removal mechanism. *Chemosphere*, 2017, 181: 418-432.
2. JHA, Pawan Kumar; TRIPATHI, Piyush. Arsenic and fluoride contamination in groundwater: a review of global scenarios with special reference to India. *Groundwater for Sustainable Development*, 2021, 13: 100576.
3. JAMLA, Monica, et al. Omics approaches for understanding heavy metal responses and tolerance in plants. *Current Plant Biology*, 2021, 27: 100213.
4. NAVARATHNA, Chanaka M., et al. Removal of Arsenic (III) from water using magnetite precipitated onto Douglas fir biochar. *Journal of environmental management*, 2019, 250: 109429.
5. ZUZOLO, Daniela, et al. Arsenic: Geochemical distribution and age-related health risk in Italy. *Environmental Research*, 2020, 182: 109076.
6. KUMARI, Arpna, et al. Metal (loid) nanosorbents in restoration of polluted soils: Geochemical, ecotoxicological, and remediation perspectives. *Environmental Geochemistry and Health*, 2022, 44.1: 235-246.

7. SAHA, Jaba, et al. Development of arsenic (v) sensor based on fluorescence resonance energy transfer. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2017, 241: 1014-1023.
8. ZAID, Osama F., et al. Synthesis of microporous nano-composite (hollow spheres) for fast detection and removal of As (V) from contaminated water. *Chemical Engineering Journal*, 2020, 390: 124439.
9. KUMAR, Vinod, et al. Assessment of U and As in groundwater of India: A meta-analysis. *Chemosphere*, 2022, 303: 135199.
10. NEIVA, Ana Margarida R., et al. Assessment of metal and metalloid contamination in the waters and stream sediments around the abandoned uranium mine area from Mortórios, central Portugal. *Journal of Geochemical Exploration*, 2019, 202: 35-48.
11. FRANIĆ, Mario; GALIĆ, Vlatko. As, cd, Cr, Cu, Hg: Physiological implications and toxicity in plants. *Plant Metallomics and Functional Omics: A System-Wide Perspective*, 2019, 209-251.
12. ONTIVEROS-CUADRAS, Jorge Feliciano, et al. Historical reconstruction of trace element concentrations and fluxes in a tropical coastal lagoon (Mexican Pacific) derived from ²¹⁰Pb radiochronology. *Continental Shelf Research*, 2021, 213: 104315.
13. NAVARATHNA, Chanaka, et al. Recent developments in aqueous Arsenic (III) remediation using biomass-based adsorbents. *Contaminants in Our Water: Identification and Remediation Methods*, 2020, 197-251.

14. ELCIN, E.; ÖKTEM, H. A. Whole-cell fluorescent bacterial bioreporter for arsenic detection in water. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2019, 16: 5489-5500.
15. OHOWA, B. O., et al. Sponges as simple biomonitoring tools for trace element pollution in marine environments: Insights from a Kenyan study focused on the leaf sponge *Phyllospongia foliascens*. *African Journal of Marine Science*, 2021, 43.4: 533-538.
16. ZENG, Liqing, et al. The Effects and Mechanisms of pH and Dissolved Oxygen Conditions on the Release of Arsenic at the Sediment–Water Interface in Taihu Lake. *Toxics*, 2023, 11.11: 890.
17. GHEZZI, Lisa, et al. Arsenic Contamination in Groundwater, Soil and the Food-Chain: Risk Management in a Densely Populated Area (Versilia Plain, Italy). *Applied Sciences*, 2023, 13.9: 5446.
18. NAGA JYOTHI, M. S. V., et al. Dissolved arsenic in groundwater bodies: a short review of remediation technologies. *Pollution Control Technologies: Current Status and Future Prospects*, 2021, 75-111.
19. SAMOUHOS, Michail, et al. Arsenic release through refractory gold ore processing. Immobilization and decontamination approaches. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2021, 20: 100236.
20. RUIZ-FERNÁNDEZ, A. C., et al. Recent trace element contamination in a rural crater lake, NW Mexico. *Journal of Paleolimnology*, 2023, 69.3: 191-212.

21. CARVALHO, P. C. S., et al. Stream sediments as a repository of U, Th and As around abandoned uranium mines in central Portugal: implications for water quality management. *Environmental Earth Sciences*, 2022, 81.6: 175.
22. MOHSIN, Hareem, et al. Microbial biochemical pathways of arsenic biotransformation and their application for bioremediation. *Folia Microbiologica*, 2023, 1-29.
23. MADHAVI, A., et al. Detoxification of Heavy Metals Using Marine Metal Resistant Bacteria: A New Method for the Bioremediation of Contaminated Alkaline Environments. *Innovations in Biotechnology for a Sustainable Future*, 2021, 297-332.
24. SUN, Yafei; NIAZI, Nabeel Khan; WANG, Jianxu. Arsenic Contamination in Karst Regions. In: *Global Arsenic Hazard: Ecotoxicology and Remediation*. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 85-98.
25. SHAKYA, Arvind Kumar; GHOSH, Pranab Kumar. Concurrent removal of nitrate, arsenic and iron from simulated and real-life groundwater to meet drinking water standards: Effects of operational and environmental parameters. *Journal of environmental management*, 2019, 235: 9-18.
26. CAUICH-KAU, Dario, et al. Natural occurrence and controls of arsenic in groundwater in a semiarid basin in the Mexican Altiplano. *Hydrogeology Journal*, 2022, 30.8: 2459-2477.

27. TAKAI, Atsushi, et al. Laboratory tests on arsenic leaching from excavated shale rock by elevated temperatures. In: E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. p. 09006.
28. DADRASNIA, Arezoo, et al. Biotechnological remediation of arsenate from aqueous solution using a novel bacterial strain: Isotherm, kinetics and thermodynamic studies. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 2019, 17: 571-579.
29. RADKE, Barbara, et al. Many faces of arsenic. Oceanological and Hydrobiological Studies, 2019, 48.1: 90-104.
30. CHEN, Hongwei, et al. Comparison of kinetics of arsenic (V) adsorption on two types of red soil weathered from granite and sandstone. Water, Air, & Soil Pollution, 2016, 227: 1-11.
31. KATO, Tomohiro, et al. Anaerobic batch leaching tests of shale rock grains. Japanese Geotechnical Society Special Publication, 2021, 9.7: 374-379.
32. KIWASI, Mwaeni Victoria. AMELIORATIVE EFFECTS OF COADMINISTERED COENZYME Q10 AND DIMERCAPTOSUCCINIC ACID ON ARSENIC-INDUCED TOXICITY IN A MOUSE MODEL. 2021. PhD Thesis. Kenyatta University.
33. MINKINA, Tatiana. Metal (loid) nanosorbents in restoration of polluted soils: geochemical, ecotoxicological, and remediation perspectives. 2021.

34. MOHAMED, Khaled Ibrahim Elhousseini. Long term effectiveness of in-situ trace metal stabilization in the “Kavodokanos” waste pile, Lavrion Greece. 2021.
35. PETER, Lynda. Mixed Metal Phytoremediation Potentials with Industrial Hemp Cannabis Sativa L. 2020. PhD Thesis. Tennessee State University.
36. ELÇIN, Evrim. Development of fluorescent whole-cell bacterial bioreporters for detection of inorganic arsenic and cadmium. 2019.
37. SIMBLIARIS, Harrison A. Water Quality Assessment of a Novel Well Design: Event-based Sampling and Geochemical Reactivity Experiments. 2019. PhD Thesis. University of New Hampshire.
38. ARAB, Fereshteh. An investigation on the efficiency of sophorolipids in removing arsenic from mine tailings. 2017. PhD Thesis. Concordia University.
39. DADRASNIA, Arezoo, et al. Biotechnological remediation of arsenate from aqueous solution using a novel bacterial strain: Isotherm, kinetics and thermodynamic studies. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 2019, 17: 571-579.
40. HEN, Hongwei, et al. Comparison of kinetics of arsenic (V) adsorption on two types of red soil weathered from granite and sandstone. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2016, 227: 1-11.
41. SAMOUHOS, Michail, et al. Arsenic release through refractory gold ore processing. Immobilization and decontamination approaches. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2021, 20: 100236.

42. YAVAV, S.K., Occurrence of Arsenic (As) in the Aquatic Environment Due to Weathering and Erosion, Weathering and Erosion Processes in the Natural Environment, Book Editor(s):Virendra Bahadur Singh, Sughosh Madhav, Naresh Chandra Pant, Ravi Shekhar, 21 December 2023, <https://doi.org/10.1002/9781394157365.ch12>

Ετεροαναφορές 42

Αυτοαναφορές 0

86. NIKOLOPOULOS D, KOULOUGLIOTIS D, VOGIANNIS E, PETRAKI E, PANAGIOTARAS D, YANNAKOPOULOS P, KOTTOU S. Pilot Electromagnetic Field Measurements in Certain Areas in Greece. *J. Phys. Chem. Biophys.* **2015** 5(2): 1-11, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000176>.

1. GHANBARI, Ghazal; KHODAKARIM, Soheila; ESLAMI, Akbar. Survey of public exposure to extremely low-frequency magnetic fields in the dwellings. *Environmental Health Engineering And Management Journal*, 2022, 9.1: 1-7.
2. LECH, James Chrystopher. CONSTRUCTING AN EMF RADIATION HYGEIA FRAMEWORK AND MODEL TO DEMONSTRATE A PUBLIC INTEREST OVERRIDE. 2017.
3. ABUASBI, Falastine Awadallah Ahmad. Public Exposure to Extremely Low Frequency Magnetic and Electric fields in Ramallah City-Palestine. 2017. PhD Thesis. An-Najah National University.

Ετεροαναφορές 3

87. ERIOTOU E, ANASTASIADOU K, KOULOUGLIOTIS D, NIKOLOPOULOS

D. Antimicrobial and Free Radical Scavenging Activities of Basil (*Ocimum basilicum*) Essential Oil Isolated from Five Plant Varieties Growing in Greece. *J. Nut. Food Sci.* **2015** 5(3): 1-9, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2155-9600.1000367>.

IF=0.307

1. SEMENIUC, Cristina Anamaria; POP, Carmen Rodica; ROTAR, Ancuța Mihaela. Antibacterial activity and interactions of plant essential oil combinations against Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Journal of food and drug analysis*, 2017, 25.2: 403-408.
2. ALPASLAN, Duygu. Use of colorimetric hydrogel as an indicator for food packaging applications. *Bulletin of Materials Science*, 2019, 42.5: 247.
3. FLORENTINA, VOICU Diana Marcela, et al. The antimicrobial and biotechnological potential of *Ocimum basilicum* L. correlated with developmental stage and cultivar type. Oltenia. *Studii și comunicări. Științele Naturii*, 2020, 195-202.
4. EFFIMIA, E. Prevalence of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. Ready-to-Eat Foods in Kefalonia, Greece. *J. Bacteriol. Parasitol*, 2015, 6.5.
5. YIBELTAL, Getachew; YUSUF, Zekeria; DESTA, Mulugeta. Physicochemical properties, antioxidant and antimicrobial activities of Ethiopian sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leaf and flower oil extracts.

- Recent Advances in Anti-Infective Drug Discovery Formerly Recent Patents on Anti-Infective Drug Discovery, 2022, 17.2: 131-138.
6. KAPILAN, Natesan; REDDY, Rana Pratap. Effect of basil oil on the performance of biodiesel fuelled agricultural engine. *Acta Technologica Agriculturae*, 2020, 23.4: 155-160.
 7. KAPILAN, Natesan; REDDY, Rana Pratap. Effect of basil oil on the performance of biodiesel fuelled agricultural engine. *Acta Technologica Agriculturae*, 2020, 23.4: 155-160.
 8. KALABOKI, Iliana, et al. A Study on the Clustering of Extra Virgin Olive Oils Extracted from Cultivars Growing in Four Ionian Islands (Greece) by Multivariate Analysis of Their Phenolic Profile, Antioxidant Activity and Genetic Markers. *Foods*, 2021, 10.12: 3009.
 9. DA SILVA MOURA, Eridiane, et al. INSECTICIDAL ACTIVITY OF OCIMUM BASILICUM ESSENTIAL OIL AND OF ITS MAJOR CONSTITUENTS, LINALOOL AND ESTRAGOLE, AGAINST CALLOSOBRUCHUS MACULATUS (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE). *Revista Contemporânea*, 2023, 3.2: 1119-1143.
 10. PERWITASARI, Melania, et al. Anti-Bacterial Activity of Etanolic Extract and Essential Oil of Basil (*Ocimum sanctum*) on Growth *Staphylococcus aureus* *Salmonella thypii* and *Eschericia coli*. *Jurnal ILMU DASAR*, 2023, 24.2: 143-150.
 11. PERWITASARI, Melania, et al. Anti-Bacterial Activity of Etanolic Extract and Essential Oil of Basil (*Ocimum sanctum*) on Growth *Staphylococcus*

- aureus Salmonella thypii and Eschericia coli. Jurnal ILMU DASAR, 2023, 24.2: 143-150.
12. KAPILAN, N.; REDDY, R. P.; AHMED, Abu Saleh. Studies on Effect of a Novel Natural Additive on Diesel Engine. Petroleum & Coal, 2022, 64.2.
 13. VOICU, Diana, et al. IN VITRO CULTURE AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF Ocimum basilicum L. var. 'Spicy globe' AND Artemisia eriantha Ten. AgroLife Scientific Journal, 2022, 11.1.
 14. VLADASEL, Adela-Constanta; PIENARU, Adriana-Magdalena. ASSESING THE OPORTUNITIES OF DELIVERING SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS IN ROMANIA. AgroLife Scientific Journal, 2022, 11.1.
 15. SEELY, Anne. Determining Aroma Differences among Basil, Parsley, and Dill Grown under Varied Supplemental Light Wavelengths Using Consumer Sensory and Flash Gas Chromatographelectronic Nose Analyses. 2017. PhD Thesis. Iowa State University.
 16. ERIOTOU, E., et al. Identification of indigenous yeast strains from spontaneous vinification of grapes from the red variety Avgoustiatis Zakynthou (Ionian Islands, Greece) and antioxidant activity of the produced wine. J Food ChemNanotechnol, 2020, 6.2: 48-55.
 17. NATESAN, Kapilan; REDDY, Rana Pratap; AHMED, Abu Saleh. Experimental Studies On Reduction of Nox Emission of Biodiesel Fuelled Engine Using A Novel Natural Additive. 2021.
 18. KAPILAN, N.; REDDY, R. P.; AHMED, Abu Saleh. Article Open Access.

19. YIBELTAL, Getachew, et al. PHYSICOCHEMICAL ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF SWEET BASIL (*Ocimum basilicum* L.) LEAF AND INFLORESCENCE ESSENTIAL OILS. 2021. PhD Thesis. Haramaya university.
20. BOMMA, Manjula. Determination and Characterization of Antimicrobial Activity of *Ocimum* Species alone and Supplemented with Synthesized Silver Nanoparticles. 2019. PhD Thesis. Alabama Agricultural and Mechanical University.
21. MARCELA FLORENTINA, VOICU Diana, et al. THE ANTIMICROBIAL AND BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL Of *Ocimum basiticum* L. CORRELATED WITH DEVELOPMENTAL STAGE AND CULTIVAR TYPE. Oltenia, Studii si Comunicari Seria Stiintele Naturii, 2020, 36.2.
22. KHOBRA GADGE, Kavita D.; THOOL, Vaishali U. ESSENTIAL OILS A PROMISING THERAPY FOR STAPHYLOCOCCAL INFECTIONS.
23. FLORES CHINININ, Luber Jhonny. Efecto Antibacteriano del Extracto Etanolico de *Ocimum Basilicum* “Albahaca” sobre *Escherichia Coli* ATCC27923 comparado con Ciprofloxacino. 2018.
24. VOICU, Diana, et al. IV J/ITR () CULTURE AND ANTIMICROBIAL, ACTIVITY OF *Ocimum basilicum* L. var. “Spicy globe” AND *Artemisia eriantha* Ten.

Ετεροαναφορές 24

Αυτοαναφορές 0

88. DIAMANTOPOULOS N, PANAGIOTARAS D, NIKOLOPOULOS D,

Comprehensive Review on the Biodiesel Production using Solid Acid

Heterogeneous Catalysts. *J. Thermodyn. Catal.* **2015** 6(2): 1-8,

doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7544.1000143>.

1. GHOSH, Nabanita; HALDER, Gopinath. Current progress and perspective of heterogeneous nanocatalytic transesterification towards biodiesel production from edible and inedible feedstock: A review. *Energy Conversion and Management*, 2022, 270: 116292.
2. GUPTA, Jharna; AGARWAL, Madhu; DALAI, A. K. An overview on the recent advancements of sustainable heterogeneous catalysts and prominent continuous reactor for biodiesel production. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2020, 88: 58-77.
3. RIAZ, Iqra, et al. A review on catalysts of biodiesel (methyl esters) production. *Catalysis Reviews*, 2022, 1-53.
4. VASIĆ, Katja, et al. Biodiesel production using solid acid catalysts based on metal oxides. *Catalysts*, 2020, 10.2: 237.
5. BHARTI, Manish Kumar, et al. Nanoferrites heterogeneous catalysts for biodiesel production from soybean and canola oil: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 2021, 19.5: 3727-3746.
6. AHMAD, Shamshad, et al. Optimization of direct transesterification of *Chlorella pyrenoidosa* catalyzed by waste egg shell based heterogeneous nano-CaO catalyst. *Renewable Energy*, 2020, 160: 86-97.

7. HANIF, Muhammad Asif; NISAR, Shafaq; RASHID, Umer. Supported solid and heteropoly acid catalysts for production of biodiesel. *Catalysis reviews*, 2017, 59.2: 165-188.
8. NISAR, Shafaq, et al. Trends in widely used catalysts for fatty acid methyl esters (Fame) production: A review. *Catalysts*, 2021, 11.9: 1085.
9. HANIF, Muhammad Asif, et al. Optimized production and advanced assessment of biodiesel: A review. *International Journal of Energy Research*, 2018, 42.6: 2070-2083.
10. JAIN, Mohit, et al. A review on assessment of biodiesel production methodologies from *Calophyllum inophyllum* seed oil. *Industrial crops and products*, 2018, 114: 28-44.
11. ROY, Tania; ÁGARWAL, Avinash Kumar; SHARMA, Yogesh Chandra. A cleaner route of biodiesel production from waste frying oil using novel potassium tin oxide catalyst: A smart liquid-waste management. *Waste Management*, 2021, 135: 243-255.
12. LINGANISO, Ella Cebisa, et al. Biodiesel production from waste oils: a South African outlook. *Sustainability*, 2022, 14.4: 1983.
13. SHAHINUZZAMAN, M.; YAAKOB, Zahira; AHMED, Yunus. Non-sulphide zeolite catalyst for bio-jet-fuel conversion. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2017, 77: 1375-1384.
14. ISLAM, Muhammad Ghayas UI, et al. Biodiesel production from wild olive oil using TPA decorated Cr–Al acid heterogeneous catalyst. *Chemical Engineering Research and Design*, 2022, 178: 540-549.

15. NAEEM, Marwa M., et al. One-pot conversion of highly acidic waste cooking oil into biodiesel over a novel bio-based bi-functional catalyst. *Fuel*, 2021, 283: 118914.
16. SUTHAR, Krunal; DWIVEDI, Ankur; JOSHIPURA, Milind. A review on separation and purification techniques for biodiesel production with special emphasis on Jatropha oil as a feedstock. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 2019, 14.5: e2361.
17. IBRAHIM, Marwa M.; MAHMOUD, Hala R.; EL-MOLLA, Sahar A. Influence of support on physicochemical properties of ZrO₂ based solid acid heterogeneous catalysts for biodiesel production. *Catalysis Communications*, 2019, 122: 10-15.
18. ZOLFIGOL, Mohammad Ali; AYAZI-NASRABADI, Roya. Synthesis of the first magnetic nanoparticles with a thiourea dioxide-based sulfonic acid tag: application in the one-pot synthesis of 1, 1, 3-tri (1 H-indol-3-yl) alkanes under mild and green conditions. *RSC advances*, 2016, 6.73: 69595-69604.
19. DÍAZ-MUÑOZ, L. L., et al. Preparation and Characterization of Alkaline and Acidic Heterogeneous Carbon-Based Catalysts and Their Application in Vegetable Oil Transesterification to Obtain Biodiesel. *International Journal of Chemical Engineering*, 2022, 2022.
20. MAROA, Semakula; INAMBAO, Freddie. A review of sustainable biodiesel production using biomass derived heterogeneous catalysts. *Engineering in Life Sciences*, 2021, 21.12: 790-824.

21. BASIR, Norsahika Mohd; JAMIL, Norkhalizatul Akmal Mohd; HAMDAN, Halimaton. Conversion of jet biofuel range hydrocarbons from palm oil over zeolite hybrid catalyst. *Nanomaterials and Nanotechnology*, 2021, 11: 1847980420981536.
22. FATIMAH, Is; RUBIYANTO, Dwiarso; NUGRAHA, Jaka. Preparation, characterization, and modelling activity of potassium fluoride modified hydrotalcite for microwave assisted biodiesel conversion. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 2018, 8: 63-70.
23. ZIYADI, Hakimeh; BAGHALI, Mitra; HEYDARI, Akbar. The synthesis and characterization of Fe₂O₃@ SiO₂-SO₃H nanofibers as a novel magnetic core-shell catalyst for formamidine and formamide synthesis. *Heliyon*, 2021, 7.6.
24. SAVALIYA, Mehulkumar L.; DHOLAKIYA, Bharatkumar Z. A simpler and highly efficient protocol for the preparation of biodiesel from soap stock oil using a BBSA catalyst. *RSC advances*, 2015, 5.91: 74416-74424.
25. DALL'OGGIO, Daiane F., et al. Reusable heterogeneous SnO₂/ZnO catalyst for biodiesel production from acidified/acid oils. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2021, 32: 182-193.
26. VERDEŞ, Orsina, et al. Thermogravimetry Applied for Investigation of Coke Formation in Ethanol Conversion over Heteropoly Tungstate Catalysts. *Catalysts*, 2022, 12.9: 1059.
27. ESMI, Fahimeh; DALAI, Ajay K.; HU, Yongfeng. Optimization and kinetic studies of 12-tungstophosphoric supported mesoporous aluminosilicate

- through response surface methodology for biodiesel production using green seed canola oil. *Fuel*, 2023, 348: 128594.
28. DÍAZ-MUÑOZ, Lizbeth Liliana, et al. Optimization of flamboyant-based catalysts functionalized with calcium for fatty acid methyl esters production via transesterification. *Fuel*, 2021, 302: 121125.
29. ZHANG, Qiuyun, et al. Recent progress on heteropolyacids for green fuels synthesis. *Current Green Chemistry*, 2020, 7.3: 267-281.
30. JUERA-ONG, Panupong; OO, Ye Min; SOMNUK, Krit. Free fatty acid reduction of palm oil mill effluent (POME) using heterogeneous acid catalyst for esterification. In: *Materials Science Forum*. Trans Tech Publications Ltd, 2022. p. 170-175.
31. TOPARE, Niraj S.; PATIL, Kiran D.; KHEDKAR, Satish V. Synthesis of Biodiesel from Waste Cooking Oil and Emission Characteristics of Its blends. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020. p. 012015.
32. FATIMAH, Is; YUDHA, Septian P. KF-modified natural halloysite as green catalyst in microwave assisted biodiesel conversion. *Energy Procedia*, 2017, 105: 1796-1805.
33. BONACCORSO, A. Damiano, et al. Time-resolved in-situ x-ray diffraction study of CaO and CaO: Ca₃Al₂O₆ composite catalysts for biodiesel production. *Journal of Physics: Energy*, 2021, 3.3: 034014.
34. INGLE, Avinash P., et al. Nanocatalysts in biodiesel production. *Biodiesel Production: Feedstocks, Catalysts, and Technologies*, 2022, 167-192.

35. POLICANO, M. D., et al. Simultaneous esterification and transesterification of andiroba oil using niobium oxide-sulfate as catalyst. *Int. J. Eng. Res. Sci*, 2016, 2.10: 175-184.
36. MOWLA, Omid; KENNEDY, Eric; STOCKENHUBER, Michael. Hydroesterification of bio-oils over HZSM-5, BETA and Y zeolites. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2018, 20: 727-738.
37. NASSAR, Hussein N.; ISMAIL, Abdallah R.; EL-GENDY, Nour Sh. Biodiesel Sustainability: Challenges and Perspectives. *Sustainable Solutions for Environmental Pollution: Waste Management and Value-Added Products*, 2021, 1: 41-122.
38. TOPARE, Niraj S.; PATILA, Kiran D.; KHEDKARB, Satish V. Comparative study of ultrasonic and conventional method for biodiesel production using different heterogeneous catalyst. *J. Indian Chem. Soc*, 2020, 97.11b: 2446-2452.
39. MACEDO, Alice L., et al. A mesoporous $\text{SiO}_2/\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{KI}$ heterogeneous magnetic catalyst for the green synthesis of biodiesel. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2016, 27: 2290-2299.
40. MASIME, Jeremiah, et al. Engine Performance, combustion, and Emission of Yellow Oleander (*Thevetia peruviana*) Biodiesel and Blends. *Algerian Journal of Renewable Energy and Sustainable Development*, 2022, 4.02: 136-148.

41. ELIMBINZI, Elianaso; NYANDORO, Stephen. Biodiesel production by esterification of ricinoleic acid over a series of synthesized sulfated zirconia catalysts. *Tanzania Journal of Science*, 2021, 47.2: 812-825.
42. KAUR, Perminder Jit; SHARMA, Praveen Kumar; CHATURVEDI, Shivani. Biodiesel from Biomass: Production of Sustainable Biodiesel Fuel. In: *Biorefinery: A Sustainable Approach for the Production of Biomaterials, Biochemicals and Biofuels*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 265-285.
43. JEONG, Sang-Hyun, et al. Biodiesel production from high free fatty acid oils using a bifunctional solid catalyst. *Topics in Catalysis*, 2017, 60: 651-657.
44. MASIME, Jeremiah Odhek, et al. Characterization of Eggshells Nanocatalyst: Synthesized by Bottom-Up Technology. *Walisongo Journal of Chemistry*, 2022, 5.2: 202-211.
45. LATINOVIĆ, Luka; STOJIC, Nemanja; LATINOVIĆ, Jovana. Important factors in the revival of the biodiesel industry in Serbia: Progress or pitfall?. *Serbian Journal of Engineering Management*, 2020, 5.2: 1-19.
46. NYANDORO, Stephen S.; ELIMBINZI, Elianaso. Synthesis, Characterisation and Catalytic Evaluation of Castor Oil-Templated Mesoporous Sulfated Solid Acid Catalysts for Esterification Reaction. *Tanzania Journal of Engineering and Technology*, 2023, 41.4.
47. EL-GENDY, Nour SH; DERIASE, Samiha F. Application of statistical approaches to optimize the productivity of biodiesel and investigate the

- physicochemical properties of the bio/petro-diesel blends. In: High-Performance Materials and Engineered Chemistry. Apple Academic Press, 2018. p. 161-239.
48. NAWAZ, Arfa. Magnetic Induction Heating and Magnetic CaO Catalyst for Biodiesel Production. 2019. PhD Thesis. UNSW Sydney.
49. VILARINHO, Candida; CASTRO, Fernando; DE LURDES LOPES, Maria (ed.). WASTES–Solutions, Treatments and Opportunities II: Selected Papers from the 4th Edition of the International Conference on Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities, Porto, Portugal, 25-26 September 2017. CRC Press, 2017.
50. FATIMAH, I.; ANDIENA, R. Z.; YUDHA, S. P. Preparation of KF-modified kaolinite as green and reusable catalyst for microwave assisted biodiesel conversion. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2017. p. 012026.
51. MASTUTIK, N. D., et al. Bio-gasoline production of used cooking palm oil catalyzed by metal supported catalyst Ni/Natural Zeolite (Ni/NZ). In: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2018. p. 042020.
52. ORJI, Ikodiya; IBEZIM-EZEANI, M.; AKARANTA, Onyewuchi. Synthesis of ester base fluids for drilling mud formulation using different catalysts. Int J ChemTech Res, 2018, 11: 373-382.
53. LIU, Yongmei, et al. Effects of glycerol concentrations on the bioproduction of PGHX by Agrobacterium HX1126. Preparative Biochemistry and Biotechnology, 2019, 49.6: 584-589.

54. RIZAL, T. A., et al. Thermodynamic performance investigation of a diesel engine running on biodiesel derived from pangium edule and cocos nucifera. In: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2019. p. 044040.
55. SIWELA, Nomagugu. Sulphonated carbon catalyst for biodiesel synthesis. 2021. PhD Thesis.
56. MAZAHERI, Hooria. Chicoreus Brunneus Seashells as a Catalyst in Rice Bran Biodiesel Production. 2020. PhD Thesis. University of Malaya (Malaysia).
57. SALGADO, R. M., et al. The potential of biodiesel production from WWTP Wastes. In: Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities III: Selected Papers from the 5th International Conference Wastes 2019, September 4-6, 2019, Lisbon, Portugal. CRC Press, 2019. p. 204.
58. BARTOŠOVÁ, Lenka BLINOVÁ-Maroš SIROTIK-Alica. TYPES OF CATALYSTS USED IN BIODIESEL PRODUCTION.
59. DREWERY, Matthew, et al. Understanding catalysis for processing glycerol and glycerol-based derivatives for the production of value added chemicals. In: Catalysis. Royal Society of Chemistry, 2019. p. 267-296.
60. NUGRAHA, Jaka. Preparation, characterization, and modelling activity of potassium fluoride modified hydrotalcite for microwave assisted biodiesel conversion. 2018.
61. EL-GENDY, NOUR SH; DERIASE, SAMIHA F. Department of Processes Design and Development, Egyptian Petroleum Research Institute, Nasr

City 11727, Cairo, Egypt. High-Performance Materials and Engineered Chemistry, 2018, 161.

62. DREWERY, MATTHEW JAMES. TOWARDS THE USE OF SOLID OXIDE FUEL CELLS FOR THE CHEMICAL CONVERSION AND PRODUCTION OF ENERGY FROM BIODIESEL WASTE STREAMS. 2018.

63. MORADEYO, O.; SHOLA, J. The Production of Biodiesel from Palm Kernel Oil Using Calcined Cow Bone as Heterogeneous Catalyst.

64. PAL, Punit. Research & Reviews: Journal of Hospital and Clinical Pharmacy.

65. Abdalia and Oregon, Biodiesel production from rape seed oil catalyzed by calcium oxide doped with lithium, Handledare: Yohannes Kiros KTH VT 2023

Ετεροαναφορές 65

Αυτοαναφορές 0

89.KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, YANNAKOPOULOS P, VOGIANNIS E, PETRAKI E, PANAGIOTARAS D, KOULOUGLIOTIS D, KOULOUGLIOTIS D. Preliminary background indoor EMF measurements in Greece. *Physica Medica* **2015** 31(7): 808-816, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2015.05.002>. **IF=3.119**

1. CHIARAMELLO, Emma, et al. Radio frequency electromagnetic fields exposure assessment in indoor environments: a review. *International journal of environmental research and public health*, 2019, 16.6: 955.
2. JALILIAN, Hamed, et al. Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday microenvironments: An updated

- systematic review for Europe. *Environmental research*, 2019, 176: 108517.
3. LÓPEZ, Isabel, et al. What is the radiation before 5G? A correlation study between measurements in situ and in real time and epidemiological indicators in Vallecas, Madrid. *Environmental Research*, 2021, 194: 110734.
 4. PANAGIOTAKOPOULOS, Theodor, et al. Rf-emf exposure assessments in greek schools to support ubiquitous IoT-based monitoring in smart cities. *IEEE Access*, 2023, 11: 7145-7156.
 5. BONATO, Marta, et al. Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields Exposure: Survey of Recent Findings. *IEEE Journal of Electromagnetics, RF and Microwaves in Medicine and Biology*, 2023.
 6. TSAPAKI, Virginia; BAYFORD, Richard. Medical Physics: Forming and testing solutions to clinical problems. *Physica Medica*, 2015, 31.7: 738-740.
 7. TETIK, Buğra. Electro-smog mitigation for achieving healthy buildings: Investigating the relationship between architectural design parameters and EMR levels. 2023.
 8. KAMILOVA, R.; TASHPULATOVA, G.; ISAKOVA, L. SOME ISSUES IN A MATTER CONCERNING THE ADMISSIBILITY OF RADIO AND TECHNICAL ITEMS IN EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS AND HEALTH RISK ASSESSMENT TO THE CHILDREN AND ADOLESCENTS. *Danish Scientific Journal*, 2020, 36-1: 8-10.

9. 정준식, et al. 우리나라 일부 어린이집의 실내 RF-EMF 노출량 평가.

실내환경 및 냄새 학회지, 2016, 15.3: 260-267.

Ετεροαναφορές 9

Αυτοαναφορές 0

90.PANAGIOTARAS D, KOULOUGLIOTIS D, NIKOLOPOULOS D, KALAKARIS AN, YANNOPOULOS AC, PIKIOS. Biogeochemical Cycling of Nutrients and Thermodynamic Aspects. J .Thermodyn. Catal. 2015 6(2): 1-7, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7544.1000144>.

1. MOLOANTOA, Karabelo M., et al. Nitrate water contamination from industrial activities and complete denitrification as a remediation option. Water, 2022, 14.5: 799.
2. MISHBACH, Imam, et al. Analisis Nitrat dan Fosfat Terhadap Sebaran Fitoplankton Sebagai Bioindikator Kesuburan Perairan Muara Sungai Bodri. Buletin Oseanografi Marina, 2021, 10.1: 88-104.
3. MAULIDHYA, Shania. Komunitas Fitoplankton pada Sistem Budidaya Intensif Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Situbondo Jawa Timur. 2023.
4. LÓPEZ, Pedro J.; RODRÍGUEZ, Julio C.; FUENTES, José L. Solubilización microbiana de fosfatos. Geominas, 2020, 48.83.

Ετεροαναφορές 4

Αυτοαναφορές 0

91.PETRAKI E, NIKOLOPOULOS D, PANAGIOTARAS D, CANTZOS D, YANNAKOPOULOS P, NOMICOS C, STONHAM J. Radon-222: A Potential Short-Term Earthquake Precursor. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2015** 6(6): 1-11, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000282>.

1. MORALES-SIMFORS, Nury; WYSS, Ramon A.; BUNDSCHUH, Jochen. Recent progress in radon-based monitoring as seismic and volcanic precursor: A critical review. *Critical reviews in environmental science and technology*, 2020, 50.10: 979-1012.
2. FREUND, Friedemann, et al. Earthquake precursors in the light of peroxy defects theory: Critical review of systematic observations. *The European Physical Journal Special Topics*, 2021, 230: 7-46.
3. OUZOUNOV, Dimitar, et al. Pre-earthquake processes: a multidisciplinary approach to earthquake prediction studies. John Wiley & Sons, 2018.
4. MARTINELLI, Giovanni. Previous, current, and future trends in research into earthquake precursors in geofluids. *Geosciences*, 2020, 10.5: 189.
5. SAHOO, Sushanta Ku, et al. Identification of earthquake precursors in soil radon-222 data of Kutch, Gujarat, India using empirical mode decomposition based Hilbert Huang Transform. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2020, 222: 106353.
6. OIKONOMOU, Christina, et al. Investigation of pre-earthquake ionospheric and atmospheric disturbances for three large earthquakes in Mexico. *Geosciences*, 2021, 11.1: 16.

7. SALIKHOV, Nazyf, et al. Monitoring of gamma radiation prior to earthquakes in a study of lithosphere-atmosphere-ionosphere coupling in Northern Tien Shan. *Atmosphere*, 2022, 13.10: 1667.
8. PYNGROPE, A., et al. Effect of soil's porosity and moisture content on radon and thoron exhalation rates. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2022, 331.4: 1975-1984.
9. CHOWDHURY, Saheli, et al. Simultaneous monitoring of soil ^{222}Rn in the Eastern Himalayas and the geothermal region of eastern India: an earthquake precursor. *Natural Hazards*, 2022, 112.2: 1477-1502.
10. GUHA BOSE, Arpita, et al. Studies of scintillations and TEC variations with GPS satellite links together with soil radon anomalies preceding Nepal earthquakes of April–May 2015. *Natural Hazards*, 2022, 112.2: 1137-1163.
11. VILCAPOMA, Lázaro Luís, et al. Measurement of radon in soils of Lima City-Peru during the period 2016-2017. *Earth Sciences Research Journal*, 2019, 23.3: 171-183.
12. PAPACHRISTODOULOU, C.; STAMOULIS, K.; IOANNIDES, K. Temporal variation of soil gas radon associated with seismic activity: A case study in NW Greece. *Pure and Applied Geophysics*, 2020, 177: 821-836.
13. PULINETS, Sergey, et al. Thermodynamic instability of the atmospheric boundary layer stimulated by tectonic and seismic activity. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2023, 246: 106050.
14. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: $M_s = 6.6$): Investigation

- with DFA and MFDFA Methods. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, 178.9: 3375-3395.
15. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
16. MARTINELLI, Giovanni; DADOMO, Andrea. Factors constraining the geographic distribution of earthquake geochemical and fluid-related precursors. *Chemical Geology*, 2017, 469: 176-184.
17. STUDNIČKA, Filip; ŠTĚPÁN, Jan; ŠLÉGR, Jan. Low-cost radon detector with low-voltage air-ionization chamber. *Sensors*, 2019, 19.17: 3721.
18. DEB, Argha, et al. Monitoring of soil radon by SSNTD in Eastern India in search of possible earthquake precursor. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2018, 184: 63-70.
19. IQBAL, Javid, et al. Detrended cross correlation analysis (DCCA) of radon, thoron, temperature and pressure time series data. *Physica Scripta*, 2020, 95.8: 085213.
20. CHOWDHURY, Saheli, et al. Identification of pre-seismic anomalies of soil radon-222 signal using Hilbert–Huang transform. *Natural Hazards*, 2017, 87: 1587-1606.
21. PRZYLIBSKI, Tadeusz Andrzej, et al. Testing of ^{222}Rn application for recognizing tectonic events observed on water-tube tiltmeters in underground Geodynamic Laboratory of Space Research Centre at Książ

- (the Sudetes, SW Poland). *Applied Radiation and Isotopes*, 2020, 163: 108967.
22. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the ML= 6.6 earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences*, 2020, 10.6: 235.
23. MARTINELLI, Giovanni; TAMBURELLO, Giancarlo. Geological and geophysical factors constraining the occurrence of earthquake precursors in geofluids: A review and reinterpretation. *Frontiers in Earth Science*, 2020, 8: 596050.
24. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
25. TVERDYI, Dmitrii; MAKAROV, Evgeny; PAROVIK, Roman. Hereditary Mathematical Model of the Dynamics of Radon Accumulation in the Accumulation Chamber. *Mathematics*, 2023, 11.4: 850.
26. SADHUKHAN, Bikash, et al. Climatic and seismic data-driven deep learning model for earthquake magnitude prediction. *Frontiers in Earth Science*, 2023, 11: 1082832.
27. PULINETS, Sergey. Thermodynamic Instability of the Atmospheric Boundary Layer as a Precursor of an Earthquake. In: *Nonequilibrium Thermodynamics and Fluctuation Kinetics: Modern Trends and Open Questions*. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 313-323.

28. LEÓN, Daniel Andrés; VALDIVIA, Juan Alejandro; BUCHELI, Víctor Andrés. Modeling of Colombian Seismicity as Small-World Networks. *Seismological Research Letters*, 2018, 89.5: 1807-1816.
29. LEÓN, Daniel Andrés; VALDIVIA, Juan Alejandro; BUCHELI, Víctor Andrés. Modeling of Colombian Seismicity as Small-World Networks. *Seismological Research Letters*, 2018, 89.5: 1807-1816.
30. YADAV, Ashwani; SINGH, Raj Pal. Effect of VLF electric field changes associated with major shallow earthquakes ($M= 5.6-5.9$) occurred in Indian subcontinent, on the atmosphere. *Indian Journal of Physics*, 2023, 1-12.
31. CHEN, Hong-Jia, et al. Unveiling Informational Properties of the Chen-Ouillon-Sornette Seismo-Electrical Model. *Entropy*, 2021, 23.3: 337.
32. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.
33. WALIA, Vivek, et al. Earthquake precursory study using decomposition technique: time series soil radon monitoring data from the San-Jie Station in Northern Taiwan. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2023, 1-8.
34. CANTZOS, Demetrios, et al. Earthquake precursory signatures in electromagnetic radiation measurements in terms of day-to-day fractal spectral exponent variation: analysis of the eastern Aegean 13/04/2017-

- 20/07/2017 seismic activity. *Journal of Seismology*, 2018, 22.6: 1499-1513.
35. CIGOLINI, C., et al. Radon surveys and monitoring at active volcanoes: Learning from Vesuvius, Stromboli, La Soufrière and Villarrica. *Geological Society, London, Special Publications*, 2018, 451.1: 183-208.
36. FIRSTOV, Pavel; MAKAROV, Evgenii. Reaction in the field of subsoil gases to the preparation of the earthquake on March 16, 2021 with MW= 6.6 (Kamchatka, Russia). In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2021. p. 052026.
37. SAHOO, B. K.; GAWARE, J. J. Radon in ground water and soil as a potential tracer for uranium exploration and earthquake precursory studies. *SRESA's Int J Life Cycle Reliab Saf Eng*, 2016, 5.3: 21-29.
38. ALAM, Aftab; NIKOLOPOULOS, Dimitrios; WANG, Nanping. Fractal Patterns in Groundwater Radon Disturbances Prior to the Great Mw= 7.9 Wenchuan Earthquake, China. 2023.
39. MARTINELLI, Giovanni; DADOMO, Andrea. Geochemical and fluid-related precursors of earthquakes: previous and ongoing research trends. *Pre-Earthquake Processes: A Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction Studies*, 2018, 219-228.
40. ФИРСТОВ, П. П.; МАКАРОВ, Е. О. Долговременные тренды почвенного радона на Камчатке как индикаторы подготовки землетрясений с $M > 7.5$ в северо-западном обрамлении Тихого

- океана. Геосистемы переходных зон, 4 (3), 270-287. Геосистемы переходных зон, 2020, 4.3: 270.
41. ALAM, Aftab, et al. Regional Multifractal Variability of the Overall Seismic Activity in Pakistan from 24 BC to 2020 via the Application of MDFA on Earthquake Catalogs. 2023.
42. VILCAPOMA LÁZARO, Luis Pablo. Medición de radón en suelos de la ciudad de Lima durante el periodo 2016-2017. 2019.
43. D'INCECCO, Simone, et al. Fractal dimension analysis applied to soil CO₂ fluxes in Campotosto's Seismic Area, Central Italy. *Geosciences*, 2020, 10.6: 233.
44. LEÓN-VARGAS, Daniel, et al. Modelado de la sismicidad colombiana como una red compleja espacio-secuencial/Modeling Colombian Seismicity as a Complex Spatial-Sequential Network/Modelagem da sismicidade colombiana como uma complexa rede espaço-secuencial. *Revista Científica*, 2023, 48: 67-82.
45. LEÓN-VARGAS, Daniel, et al. Modelado de la sismicidad colombiana como una red compleja espacio-secuencial. *Revista Científica*, 2023, 48.3: 67-81.
46. FIRSTOV, Pavel; MAKAROV, Evgenii. Relationship of subsoil radon in Kamchatka (Russia) with strong earthquakes in the northwestern framing of the Pacific Ocean. In: *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing, 2022.

47. ТВЁРДЫЙ, Д. А.; МАКАРОВ, Е. О.; ПАРОВИК, Р. И. Исследования напряженно-деформированного состояния геосреды эманационными методами на примере α (t)-модели переноса радона. 2023.
48. OIKONOMOU, Christina, et al. Relation of atmospheric and ionospheric anomalies prior to three large earthquakes in Greece. In: 2021 XXXIVth General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science (URSI GASS). IEEE, 2021. p. 1-4.
49. ТВЁРДЫЙ, Дмитрий Александрович; МАКАРОВ, Евгений Олегович; ПАРОВИК, Роман Иванович. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕКОТОРЫХ АНОМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ НАКОПЛЕНИЯ ПОДПОЧВЕННОГО РАДОНА НА ОСНОВЕ ДРОБНОГО ОПЕРАТОРА ГЕРАСИМОВА-КАПУТО. In: ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ. 2022. p. 128-138.
50. ТВЁРДЫЙ, Дмитрий Александрович; МАКАРОВ, Евгений Олегович; ПАРОВИК, Роман Иванович. ОБОБЩЕНИЕ ПРОСТОЙ МОДЕЛИ ОБЪЁМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА ДО ЭРЕДИТАРНОЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫХОДА НА РАЗЛИЧНЫЕ УРОВНИ НАСЫЩЕНИЯ. In: ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ. 2022. p. 116-127.
51. ФИРСТОВ, П. П.; МАКАРОВ, Е. О. Long-term trends of subsoil radon in Kamchatka as indicators for the preparation of earthquakes with $M > 7.5$ at the northwestern framing of the Pacific Ocean. Геосистемы переходных зон, 2020, 4.3: 270-287.

52. VILCAPOMA, Lázaro Luís, et al. EARTH SCIENCES RESEARCH JOURNAL. Earth Sciences Research Journal, 2017, 23.3: 171-183.
53. FIRSTOV, Pavel P.; MAKAROV, Evgeniy O. Long-term trends of subsoil radon in Kamchatka as indicators for the preparation of earthquakes with $M > 7.5$ at the northwestern framing of the Pacific Ocean.
54. LÁZARO, Luis Pablo Vilcapoma. Medición de Radón en Suelos de la Ciudad de Lima durante el Periodo 2016–2017. 2019. PhD Thesis. Pontificia Universidad Católica del Perú (Peru).
55. СМІРНОВ, Олексій, et al. Радон як можливий індикатор сейсмічної активності. Електронний науковий журнал "Космос. Технології. Суспільство", 2020, 2.2: 44-54.
56. FREUND, Friedemann, et al. Global Earthquake Forecasting System. SCOR foundation, 2018.

Ετεροαναφορές 47

Αυτοαναφορές 9

92.MICHAIL CM, KARPETAS GE, FOUNTOS GP, VALAIS IG, **NIKOLOPOULOS D**, KANDARAKIS IS, PANAYIOTAKIS GS. Assessment of the Contrast to Noise Ratio in PET Scanners with Monte Carlo Methods. *J. Physics Conf. Ser.* **2015** 637(012019):1-4, doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/637/1/012019>.

IF=0.21

1. LEE, Brian J., et al. Performance evaluation of RF coils integrated with an RF-penetrable PET insert for simultaneous PET/MRI. *Magnetic resonance in medicine*, 2019, 81.2: 1434-1446.

2. SAIB, Dyg Masury Ahmad, et al. Evaluation of butterworth post-filtering effects on contrast and signal noise to ratio values for SPECT images reconstruction. Radiation Physics and Chemistry, 2022, 192: 109932.
3. KIM, Jung-Soo, et al. Improvement of image quality using amplitude-based respiratory gating in PET-computed tomography scanning. Nuclear Medicine Communications, 2021, 42.5: 553-565.
4. YUSSEFIAN, Nikta ZARIF. Paramètres de conception optimaux pour maximiser le rapport contraste à bruit pour scanners TEP avec temps de vol. 2021.
5. FOUNTOS, G. P.; MICHAÏL, C. M. Towards the Experimental Assessment of the DQE in SPECT Scanners. In: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2017. p. 012021.

Ετεροαναφορές 5

Αυτοαναφορές 0

93.KARPETAS GE, MICHAÏL CM, FOUNTOS GP, VALAIS IG, NIKOLOPOULOS D, KANDARAKIS IS, PANAYIOTAKIS GS. Influence of Iterative Reconstruction Algorithms on PET Image Resolution. J. Physics Conf. Ser. 2015 637(012011): 1-4, doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/637/1/012011>. **IF=0.21**

1. FOUNTOS, G. P.; MICHAÏL, C. M. Towards the Experimental Assessment of the DQE in SPECT Scanners. In: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2017. p. 012021.

Ετεροαναφορές 0

Αυτοαναφορές 1

94. VALAIS I, MICHAEL C, **NIKOLOPOULOS D**, FOUNTZOULA C, BAKAS A, YANNAKOPOULOS P, FOUNTOS G, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I. Effect of the Concentration on the X-ray Luminescence Efficiency of a Cadmium Selenide/Zinc Sulfide (CdSe/ZnS) Quantum Dot Nanoparticle Solution. *J. Physics Conf. Ser.* **2015** 637(012031): 1-4, doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/637/1/012031>. **IF=0.21**

1. CHEN, Xiaofeng, et al. X-ray-activated nanosystems for theranostic applications. *Chemical Society Reviews*, 2019, 48.11: 3073-3101.
2. NIKOLOPOULOS, D., et al. Radioluminescence properties of the CdSe/ZnS Quantum Dot nanocrystals with analysis of long-memory trends. *Radiation Measurements*, 2016, 92: 19-31.
3. VALAIS, I., et al. On the response of alloyed ZnCdSeS quantum dot films. *Results in physics*, 2017, 7: 1734-1736.
4. SAATSAKIS, G., et al. Preliminary Study of ZnS: Mn²⁺ Quantum Dots Response Under UV and X-Ray Irradiation. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2017. p. 012030.
5. VALAIS, I., et al. Polymer based thin film screen preparation technique. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2017. p. 012035.

Ετεροαναφορές 3

Αυτοαναφορές 2

95. TEMENOS N, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS PH. Modelling of Indoor Air Quality of Greek Apartments Using CONTAM(W)

Software. *J. Phys. Chem. Biophys.* **2015** 5(6): 1-10, doi:

<http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000190>.

1. WU, Yan; NIU, Jianlei; LIU, Xiaoping. Air infiltration induced inter-unit dispersion and infectious risk assessment in a high-rise residential building. In: *Building Simulation*. Springer Berlin Heidelberg, 2018. p. 193-202.
2. ZAHED, Fatemeh, et al. The effect of airtightness required in building energy conservation regulations on indoor and outdoor originated pollutants. *Heliyon*, 2023, 9.10.
3. GARCÍA-TOBAR, Javier. A comparative study of indoor radon levels between two similar dwellings using CONTAM Software. *Environments*, 2018, 5.5: 59.
4. AKIYAMA, Tomohiro, et al. Use of water balance and tracer-based approaches to monitor groundwater recharge in the hyper-arid Gobi Desert of northwestern China. *Environments*, 2018, 5.5: 55.
5. GARCÍA-TOBAR, Javier. Weather-dependent modelling of the indoor radon concentration in two dwellings using CONTAM. *Indoor and Built Environment*, 2019, 28.10: 1341-1349.
6. FERNANDES, Cláudia Alexandra de Almeida. Avaliação da ventilação natural num lar de idosos. 2016. PhD Thesis.

Ετεροαναφορές 6

Αυτοαναφορές 0

96.KOULOUGLIOTIS D, KALIMERIS A, POTOZI S, LORILLA RS, KEFALAS G, **NIKOLOPOULOS D.** Indoor Air Pollution: The Case of Ozone in Three Regions in Greece *J. Phys. Chem. Biophys.* **2015** 5(6): 1-5 doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0398.1000191>.

1. CERRATO, Giovanni; FUMO, Nelson. The By-Product of Ozone from Electrostatic Air Cleaners. *American Journal of Undergraduate Research*, 2023, 19.4.
2. ΚΩΣΤΟΥΛΑΣ, ΧΑΡΙΛΑΟΣ. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΣΤΟΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ. 2020.

Ετεροαναφορές 6

Αυτοαναφορές 0

97.MICHAIL C, VALAIS I, DAVID S, BAKAS A, KALIVAS N, FOUNTOS G, KANDARAKIS I, YANNAKOPOULOS PH, **NIKOLOPOULOS D.** Efficiency of Luminescence of (Lu,Gd)₂SiO₅:Ce (LGSO:Ce) Crystal Sensory Material in the X-Ray Imaging Range. Netherlands: Springer Science & Business Media Dordrecht:NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics; **2016** 81-90, doi:http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-7468-0_7.

1. MILIĆ, Mirjana M.; NIKOLIĆ, Violeta N.; JOVANOVIĆ, Sonja. Synthesis and characterization of nanocrystalline FexOy/Gd2O3/SiO2 composite powder. *Ceramics International*, 2017, 43.16: 14044-14049.
2. MCDONALD, Kaitlyn Angela. Planetary Ball Mill and Solution Combustion Approaches for the Production and Size Control of Nanophosphors. 2018.

Ετεροαναφορές 2

98.PETRAKI E, NIKOLOPOULOS D, CHALDEOS Y, COULOURAS G, NOMICOS C, YANNAKOPOULOS P, KOTTOU S, STONHAM J. Fractal evolution of MHz electromagnetic signals prior to earthquakes: results collected in Greece during 2009. *Geomat. Nat. Haz. Risk* **2016** 7(2): 550-564, doi:<http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2014.945496>. **IF=3.528**

1. PETRAKI, Ermioni, et al. Electromagnetic pre-earthquake precursors: Mechanisms, data and models-A review. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2015, 6.11.
2. RAFIQUE, Muhammad, et al. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2022, 227: 105775.
3. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: $M_s = 6.6$): Investigation with DFA and MFDFA Methods. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, 178.9: 3375-3395.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the $M_L = 6.6$ earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences*, 2020, 10.6: 235.
5. BULUSU, Jayashree, et al. Simultaneous electric, magnetic and ULF anomalies associated with moderate earthquakes in Kumaun Himalaya. *Natural Hazards*, 2023, 116.3: 3925-3955.

6. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
7. VARGAS, Carlos A., et al. Evidencing Fluid Migration of the Crust during the Seismic Swarm by Using 1D Magnetotelluric Monitoring. *Applied Sciences*, 2023, 13.4: 2683.
8. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: a systematic approach. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2016, 7: 1-11.
9. CANTZOS, Demetrios, et al. Identifying long-memory trends in pre-seismic MHz Disturbances through Support Vector Machines. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 2015, 6.3: 1.
10. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Traces of long-memory in pre-seismic MHz electromagnetic time series-Part1: Investigation through the R/S analysis and time-evolving spectral fractals. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2016, 7: 359.
11. CHEN, Hong-Jia, et al. Unveiling Informational Properties of the Chen-Ouillon-Sornette Seismo-Electrical Model. *Entropy*, 2021, 23.3: 337.
12. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.
13. CANTZOS, Demetrios, et al. Earthquake precursory signatures in electromagnetic radiation measurements in terms of day-to-day fractal spectral exponent variation: analysis of the eastern Aegean 13/04/2017–

- 20/07/2017 seismic activity. Journal of Seismology, 2018, 22.6: 1499-1513.
14. CANTZOS, Demetrios, et al. Fractal analysis, information-theoretic similarities and svm classification for multichannel, multi-frequency pre-seismic electromagnetic measurements. J Earth Sci Clim Change, 2016, 7.367: 2.
15. XU, W. Y., et al. A study on the fractal characteristics of displacement time-series during the evolution of landslides. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2016, 7.5: 1631-1644.
16. ALAM, Aftab; NIKOLOPOULOS, Dimitrios; WANG, Nanping. Fractal Patterns in Groundwater Radon Disturbances Prior to the Great Mw= 7.9 Wenchuan Earthquake, China. 2023.
17. D'INCECCO, Simone, et al. Fractal dimension analysis applied to soil CO2 fluxes in Campotosto's Seismic Area, Central Italy. Geosciences, 2020, 10.6: 233.
18. CAGGIULA, Francesca Shara. Fracto-emissions and statistical seismic precursors: The case-study of Murisengo gypsum mine (January 2018-June 2019). 2019. PhD Thesis. Politecnico di Torino.

Ετεροαναφορές 5

Αυτοαναφορές 13

100.CHATZOGLOU V, KOTTOU S, **NIKOLOPOULOS D**, MOLFETAS M, PAPANILIOU I, TSAPAKI V. Management and Optimisation of the Dose in

Computed Tomography via a Dose Tracking Software. *OMICS J. Radiol.* **2016** 5(4): 1-6, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2167-7964.1000227>.

1. GARBA, Idris, et al. Radiation dose management system in computed tomography procedures: a systematic review. *Radiation Protection Dosimetry*, 2023, 199.10: 1063-1074.
2. ELMAHDI, Ali, et al. Radiation dose associated with multi-detector 64-slice computed tomography brain examinations in Khartoum state, Sudan. *Polish Journal of Radiology*, 2017, 82: 603-606.
3. SAMARA, E. T.; TSAPAKI, V.; SRAMEK, D. Dose management software implementation in mammography. *Physica Medica*, 2019, 68: 88-95.
4. TSAPAKI, Virginia, et al. Experience with the use of a dose management system in the everyday routine of a CT department. A touchstone or a millstone?. *Hellenic Journal of Radiology*, 2018, 3.1.
5. OSMAN, N. D., et al. Radiation dose management in CT imaging: Initial experience with commercial dose watch software. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2020. p. 012020.
6. CHATZOGLU, V., et al. CT examination data analysis as an effective method to stimulate patient dose reduction. *OMICS J Radiol*, 2016, 5.237: 2.
7. JOYAL, Vivek. *Research and Reviews: Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences Neoplastic Diseases: A Mini-Review*.

Ετεροαναφορές 6

Αυτοαναφορές 1

101.NIKOLOPOULOS D, CANTZOS D, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS PH, NOMICOS C. Traces of long-memory in pre-seismic MHz electromagnetic time series-Part1: Investigation through the R/S analysis and time-evolving spectral fractals. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2016** 7(7):1-17, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000359>.

1. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal and long-memory traces in PM10 time series in Athens, Greece. *Environments*, 2019, 6.3: 29.
2. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
3. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the ML= 6.6 earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences*, 2020, 10.6: 235.
4. WARDEN, Sheldon, et al. Statistical analysis of pre-earthquake electromagnetic Anomalies in the ULF Range. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2020, 125.10: e2020JA027955.
5. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
6. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: a systematic approach. *J. Earth Sci. Clim. Chang*, 2016, 7: 1-11.

7. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.
8. CANTZOS, Demetrios, et al. Earthquake precursory signatures in electromagnetic radiation measurements in terms of day-to-day fractal spectral exponent variation: analysis of the eastern Aegean 13/04/2017–20/07/2017 seismic activity. *Journal of Seismology*, 2018, 22.6: 1499-1513.
9. MILLER, Matthew R., et al. System to Evaluate Movement of Biological Contaminants in Soil. *Environments*, 2019, 6.3: 33.
10. EVRENDILEK, F. Insights on the global climatic changes and their discernible impacts. *J Earth Sci Climatic Change*, 2016, 7: e113.

Ετεροαναφορές 3

Αυτοαναφορές 7

102. CANTZOS D, NIKOLOPOULOS D, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS PH, NOMICOS C. Fractal analysis, information-theoretic similarities and SVM classification for multichannel, multi-frequency pre-seismic electromagnetic measurements. *J. Earth Sci. Clim. Change* 2016 7(8):1-10
doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000376>.

1. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.

2. NIKOLOPOULOS, D., et al. Long-memory and fractal trends in variations of environmental radon in soil: results from measurements in Lesvos Island in Greece. J. Earth Sci. Clim. Chang, 2018, 9: 1-11.
3. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the ML= 6.6 earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. Geosciences, 2020, 10.6: 235.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal analysis of pre-seismic electromagnetic and radon precursors: a systematic approach. J. Earth Sci. Clim. Chang, 2016, 7: 1-11.
5. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. Geochemical Journal, 2019, 53.6: 341-358.
6. CANTZOS, Demetrios, et al. Earthquake precursory signatures in electromagnetic radiation measurements in terms of day-to-day fractal spectral exponent variation: analysis of the eastern Aegean 13/04/2017–20/07/2017 seismic activity. Journal of Seismology, 2018, 22.6: 1499-1513.
7. DIMITRIOS, Nikolopoulos, et al. Earth Science & Climatic Change. 2018.

Ετεροαναφορές 0

Αυτοαναφορές 7

103.NIKOLOPOULOS D, VALAIS I, YANNAKOPOULOS PH, MICHAEL C, BAKAS A, FOUNTZOULA C, CANTZOS D, BHATTACHARAYYA D, FOUNTOS G, YANNAKOPOULOS PH, PANAYIOTAKIS G, KANDARAKIS I.

Radioluminescence properties of the CdSe/ZnS Quantum Dot nanocrystals with analysis of long-memory trends. *Radiat. Meas.* **2016** 92:19-31, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2016.06.004>. **IF=1.343**

1. GUPTA, Santosh K.; SUDARSHAN, K.; KADAM, R. M. Optical nanomaterials with focus on rare earth doped oxide: A Review. *Materials Today Communications*, 2021, 27: 102277.
2. KLEIN, Justin S.; SUN, Conroy; PRATX, Guillem. Radioluminescence in biomedicine: physics, applications, and models. *Physics in Medicine & Biology*, 2019, 64.4: 04TR01.
3. CHEN, Wang, et al. X-ray radioluminescence effect of all-inorganic halide perovskite CsPbBr₃ quantum dots. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2017, 314: 2327-2337.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal and long-memory traces in PM10 time series in Athens, Greece. *Environments*, 2019, 6.3: 29.
5. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: M_s= 6.6): Investigation with DFA and MFDFA Methods. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, 178.9: 3375-3395.
6. GUPTA, Santosh K.; MAO, Yuanbing. Recent advances, challenges, and opportunities of inorganic nanoscintillators. *Frontiers of Optoelectronics*, 2020, 13: 156-187.

7. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
8. DAMULIRA, Edrine. Radiation dosimetry in medicine using II-VI semiconductors. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 2022, 15.3: 72-82.
9. BABU, Balaashwin, et al. Inorganic Nanoparticles as Radiosensitizers for Cancer Treatment. *Nanomaterials*, 2023, 13.21: 2873.
10. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the ML= 6.6 earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences*, 2020, 10.6: 235.
11. SAATSAKIS, G., et al. Fabrication and luminescent properties of Zn–Cu–In–S/ZnS quantum dot films under UV excitation. *Applied Sciences*, 2019, 9.11: 2367.
12. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
13. MICHAEL, C., et al. Spectral efficiency of lutetium aluminum garnet (Lu₃Al₅O₁₂: Ce) with microelectronic optical sensors. *Microelectronics Reliability*, 2020, 109: 113658.
14. CHEN, Wang, et al. Novel radioluminescent nuclear battery: Spectral regulation of perovskite quantum dots. *International Journal of Energy Research*, 2018, 42.7: 2507-2517.

15. SAATSAKIS, G., et al. Preliminary Study of ZnS: Mn²⁺ Quantum Dots Response Under UV and X-Ray Irradiation. In: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2017. p. 012030.
16. SAATSAKIS, George, et al. Luminescence efficiency of Zn-Cu-In-S/ZnS quantum dot films. In: 2019 14th International Conference on Design & Technology of Integrated Systems In Nanoscale Era (DTIS). IEEE, 2019. p. 1-4.
17. VALAIS, I., et al. Polymer based thin film screen preparation technique. In: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2017. p. 012035.
18. SAAD, Mohammad Azren, et al. Quantum dot solar cell studies on the influence of Cadmium Selenide (CdSe) QDs and the Zinc Sulfide (ZnS) QDs in the photoanode. In: MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2018.
19. ΣΑΑΤΣΑΚΗΣ, Γεώργιος. Optical characteristics of quantum dots embedded in polymer films for use in medical imaging. 2020.
20. 陈旺, et al. 基于全无机钙钛矿量子点辐致荧光效应的同位素电池研究. Chinese Journal of Luminescence, 2019, 40.3: 326-333.
21. SAATSAKIS, George, et al. Poly (Methyl Methacrylate) Structure Modification through Zn-Cu-In-S/ZnS Quantum Dot Nanocrystals Dispersion. Procedia Structural Integrity, 2020, 25: 47-54.
22. MILLER, Matthew R., et al. System to Evaluate Movement of Biological Contaminants in Soil. Environments, 2019, 6.3: 33.

23. SAAD, Mohammad Azren, et al. Quantum dot solar cell studies on the influence of Cadmium Selenide (CdSe) QDs and the Zinc Sulfide (ZnS) QDs in the photoanode. In: MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2018.
24. BABU, Balaashwin et al., Inorganic Nanoparticles as Radiosensitizers for Cancer Treatment, *Nanomaterials*, 13(21), 2023, 2873

Ετεροαναφορές 19

Αυτοαναφορές 5

104.CHATZOGLU V, MOLFETAS M, TSAPAKI V, **NIKOLOPOULOS D**, CHARDALI E, GIAKA E, KOTTOU S. CT examination data analysis as an effective method to stimulate patient dose reduction. *OMICS J. Radiol.* **2016** 5(6):1-11, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2167-7964.1000237>.

1. RAFAT MOTAVALLI, Laleh, et al. Pulmonary embolism in pregnant patients: assessing organ dose to pregnant phantom and its fetus during lung imaging. *Medical physics*, 2017, 44.11: 6038-6046.
2. EBRAHIMI-KHANKOOK, Atiyeh; AKHLAGHI, Parisa; VEJDANI-NOGHREIYAN, Alireza. Studying the lung dose uncertainty during chest

Ετεροαναφορές 2

Αυτοαναφορές 0

105.NIKOLOPOULOS D, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS PH, CANTZOS D, PANAGIOTARAS D, NOMICOS C. Fractal Analysis of Pre-Seismic Electromagnetic and Radon Precursors: A Systematic Approach. *J. Earth Sci.*

Clim. Change **2016** 7(11): 1-13, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000376>.

1. D'INCECCO, Simone, et al. CO₂ and radon emissions as precursors of seismic activity. *Earth Systems and Environment*, 2021, 5.3: 655-666.
2. RAFIQUE, Muhammad, et al. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2022, 227: 105775.
3. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal and long-memory traces in PM₁₀ time series in Athens, Greece. *Environments*, 2019, 6.3: 29.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
5. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
6. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM₁₀ Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
7. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.
8. CANTZOS, Demetrios, et al. Earthquake precursory signatures in electromagnetic radiation measurements in terms of day-to-day fractal spectral exponent variation: analysis of the eastern Aegean 13/04/2017–

- 20/07/2017 seismic activity. Journal of Seismology, 2018, 22.6: 1499-1513.
9. ANISIMOV, S. V., et al. Sensor for the Concentration of Small Atmospheric Ions for Field Geophysical Observations. Seismic Instruments, 2022, 58.5: 540-551.
10. АНИСИМОВ, СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, et al. СЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ. СЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ Учредители: Институт физики Земли им. ОЮ Шмидта РАН, 2022, 58.3: 43-60.
11. D'INCECCO, Simone, et al. Fractal dimension analysis applied to soil CO₂ fluxes in Campotosto's Seismic Area, Central Italy. Geosciences, 2020, 10.6: 233.
12. MILLER, Matthew R., et al. System to Evaluate Movement of Biological Contaminants in Soil. Environments, 2019, 6.3: 33.

Ετεροαναφορές 4

Αυτοαναφορές 8

107. TSAPAKI V, PARASKEVA DK, GIANNAKOPOULOS A, CHATZOGLOU V, **NIKOLOPOULOS D**, ANGELOGIANNOPOULOU P. Patient and staff radiation exposure during endoscopic retrograde cholangio-pancreatography: Eight years of dose monitoring. OMICS J. Radiol. **2017** 6(1):1-4, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2167-7964.1000253>.

1. SAUKKO, Ekaterina, et al. Patient radiation dose and fluoroscopy time during ERCP: a single-center, retrospective study of influencing factors. Scandinavian journal of gastroenterology, 2018, 53.4: 495-504.

2. NAKAJIMA, Erika; SATO, Hitoshi. Relationships between types of protective eyewear and eye lens dose within endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Radiation Protection Dosimetry*, 2022, 198.18: 1399-1408.
3. TSAPAKI, V., et al. Management of difficult bile duct stones and indeterminate bile duct structures: reduced ERCP radiation exposure with adjunct use of digital single-operator cholangioscopy. *Physica Medica*, 2019, 64: 69-73.
4. ÖSTERLUND, Andreas, et al. Staff dose evaluation by application of radiation protection during endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) procedures performed with a mobile C-arm. *Acta Radiologica*, 2022, 63.1: 11-21.
5. ALGHSOON, Saleh A., et al. A comparison of radiation exposure during endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) by different fluoroscope techniques. *Innovations in Surgery and Interventional Medicine*, 2021, 1.1: 9-14.
6. SAUKKO, Ekaterina. Medical use of radiation in gastroenterology: optimising patient radiation exposure during endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP). 2018.
7. GRANADAS, Marisa, et al. Avaliação da exposição à Radiação Ionizante de pacientes submetidos a procedimentos de CPRE com recurso a fluoroscopia. *Radiações*, 2022, 10.Dez: 32-41.

8. JOAN, M., et al. 255-RADIATION MONITORING OF PATIENTS AND PERSONNEL FOR DOSE OPTIMIZATION AND RISK ESTIMATION DURING ENDOSCOPIC RETROGRADE CHOLANGIOPANCREATOGRAPHY. Please note that this is a compilation of the extended abstracts which were accepted for oral and poster presentation. They have not been edited., 406.

Ετεροαναφορές 8

Αυτοαναφορές 0

108. VALAIS I, MICHAEL C, FOUNTZOULA D, TSELES D, YANNAKOPOULOS P, **NIKOLOPOULOS D**, BAKAS A, FOUNTOS G, SAATSAKIS G, SIANNOUDIS I, KANDARAKIS I, PANAYIOTAKIS G. On the response of alloyed ZnCdSeS Quantum Dot films. *Results in Physics* **2017** 7:1734-1736, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.rinp.2017.05.011>. **IF=4.565**

1. LI, Zhaohan, et al. Carrier Dynamics in Alloyed Chalcogenide Quantum Dots and Their Light-Emitting Devices. *Advanced Energy Materials*, 2021, 11.40: 2101693.
2. ROY, Debjit, et al. Excitation-Energy-Dependent Photoluminescence Quantum Yield is Inherent to Optically Robust Core/Alloy-Shell Quantum Dots in a Vast Energy Landscape. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 2022, 13.10: 2404-2417.
3. MICHAEL, C., et al. Luminescence efficiency of calcium tungstate (CaWO₄) under X-ray radiation: Comparison with Gd₂O₂S: Tb. *Measurement*, 2018, 120: 213-220.

4. SAATSAKIS, George, et al. Optical characteristics of ZnCuInS/ZnS (core/shell) nanocrystal flexible films under X-ray excitation. *Crystals*, 2019, 9.7: 343.
5. SAATSAKIS, G., et al. Fabrication and luminescent properties of Zn–Cu–In–S/ZnS quantum dot films under UV excitation. *Applied Sciences*, 2019, 9.11: 2367.
6. SAATSAKIS, G., et al. Preliminary Study of ZnS: Mn²⁺ Quantum Dots Response Under UV and X-Ray Irradiation. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2017. p. 012030.
7. JABLANOVIC, Anastasija D., et al. Monochelic Versus Telechelic Poly (Methyl Methacrylate) as a Matrix for Photoluminescent Nanocomposites with Quantum Dots. *Molecules*, 2021, 26.14: 4131.
8. SEFERIS, I. E., et al. Detective quantum efficiency (DQE) of high X-ray absorption Lu₂O₃: Eu thin screens: the role of shape and size of nano- and micro-grains. *Applied Physics A*, 2018, 124: 1-7.
9. SAATSAKIS, George, et al. Luminescence efficiency of Zn-Cu-In-S/ZnS quantum dot films. In: 2019 14th International Conference on Design & Technology of Integrated Systems In Nanoscale Era (DTIS). IEEE, 2019. p. 1-4.
10. HAMIZI, Nor Aliya, et al. Investigation on surface properties of Mn-doped CdSe quantum dots studied by X-ray photoelectron spectroscopy. *Symmetry*, 2019, 11.10: 1250.

11. VALAIS, I., et al. Polymer based thin film screen preparation technique. In: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2017. p. 012035.
12. ΣΑΑΤΣΑΚΗΣ, Γεώργιος. Optical characteristics of quantum dots embedded in polymer films for use in medical imaging. 2020.
13. SAATSAKIS, George, et al. Poly (Methyl Methacrylate) Structure Modification through Zn-Cu-In-S/ZnS Quantum Dot Nanocrystals Dispersion. Procedia Structural Integrity, 2020, 25: 47-54.
14. ΣΕΦΈΡΗΣ, Ιωάννης. Διερεύνηση οπτικών ιδιοτήτων οθονών νανοφωσφόρων και μελέτη των απεικονιστικών χαρακτηριστικών τους σε σύζευξη με ψηφιακό ανιχνευτή τύπου CMOS για εφαρμογές ιατρικής απεικόνισης. 2017. PhD Thesis.

Ετεροαναφορές 14

Αυτοαναφορές 0

109.ΚΟΥΛΟΥΓΛΙΟΤΙΣ D, **ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ D**, GKORGKOLIS N, KARYDAS L, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS P. Effect of the Operation Mode and Distance on the Electromagnetic Radiation Emitted by Mobile Phone Devices in Greece: A Pilot Study. *J. Civil Environ. Eng.* **2018** 8:1, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2165-784X.1000300>.

1. ΜΟΥΔΑΤΣΟΥ, Σοφία. Προσδιορισμός της απόδοσης της ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης πλεκτών αγώγιμων υφασμάτων σε σχέση με τις δομές πλέξης. 2021.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 0

110.NIKOLOPOULOS D, MATSOUKAS C, YANNAKOPOULOS P, PETRAKI E, CANTZOS D, NOMICOS C. Long-Memory and Fractal Trends in Variations of Environmental Radon in Soil: Results from Measurements in Lesvos Island in Greece. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2018** 9(460): 1-11, doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000460>.

1. LI, Pengfei, et al. Study on the characteristics of radon exhalation from rocks in coal fire area based on the evolution of pore structure. *Science of The Total Environment*, 2023, 862: 160865.
2. RAFIQUE, Muhammad, et al. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2022, 227: 105775.
3. DING, Xin, et al. Damage evolution, fractal dimension and a new crushing energy formula for coal with bursting liability. *Process Safety and Environmental Protection*, 2023, 169: 619-628.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal and long-memory traces in PM10 time series in Athens, Greece. *Environments*, 2019, 6.3: 29.
5. SHANG, Zheng, et al. Investigation of the smashing characteristics induced by energy distribution of CO2 BLEVE for coalbed methane recovery. *Energy*, 2023, 129754.
6. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: $M_s = 6.6$): Investigation

- with DFA and MFDFA Methods. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, 178.9: 3375-3395.
7. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
 8. SIINO, Marianna; SCUDERO, Salvatore; D'ALESSANDRO, Antonino. Stochastic models for radon daily time series: Seasonality, stationarity, and long-range dependence detection. *Frontiers in Earth Science*, 2020, 8: 575001.
 9. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the ML= 6.6 earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences*, 2020, 10.6: 235.
 10. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
 11. PACHECO, Patricio; ULLOA, Héctor; MERA, Eduardo. Application of Chaos Theory to Time-Series Urban Measurements of Meteorological Variables and Radon Concentration: Analysis and Interpretation. *Atmosphere*, 2022, 13.11: 1868.
 12. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.

13. D'INCECCO, Simone, et al. Fractal dimension analysis applied to soil CO₂ fluxes in Campotosto's Seismic Area, Central Italy. *Geosciences*, 2020, 10.6: 233.
14. MILLER, Matthew R., et al. System to Evaluate Movement of Biological Contaminants in Soil. *Environments*, 2019, 6.3: 33.
15. Z SHANG, H WANG, Z WANG, B LI, J DONG, P GUO, Investigation of the smashing characteristics induced by energy distribution of CO₂ BLEVE for coalbed methane recovery, *Energy*, 288, 2024, 129754.

Ετεροαναφορές 7

Αυτοαναφορές 8

111. CANTZOS D, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS P, NOMICOS C. Long-Memory and Fractal Traces in kHz-MHz Electromagnetic Time Series Prior to the ML=6.1, 12/6/2007 Lesvos, Greece Earthquake: Investigation through DFA and time evolving fractals. *J. Earth Sci. Clim. Change* **2018** 9(4) 100465, doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000465>.

1. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Fractal and long-memory traces in PM₁₀ time series in Athens, Greece. *Environments*, 2019, 6.3: 29.
2. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
3. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the ML= 6.6 earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences*, 2020, 10.6: 235.

Ετεροαναφορές 0

Αυτοαναφορές 3

112.CANTZOS D, **NIKOLOPOULOS D**, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS P, NOMICOS C. Earthquake precursory signatures in electromagnetic radiation measurements in terms of day-to-day fractal spectral exponent variation: analysis of the eastern Aegean 13/04/2017–20/07/2017 seismic activity. *J. Seismol.* **2018** 22(6): 1499-1513, doi: [https://link.springer.com/article/10.1007/s10950-018-9781-](https://link.springer.com/article/10.1007/s10950-018-9781-6)

6. IF=1.606

1. SHARMA, Sumeet Kumar; CHAUHAN, Vishal S.; SINAPIUS, Michael. A review on deformation-induced electromagnetic radiation detection: history and current status of the technique. *Journal of Materials Science*, 2021, 56.7: 4500-4551.
2. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
3. FRID, Vladimir; RABINOVITCH, Avinoam; BAHAT, Dov. Seismic moment estimation based on fracture induced electromagnetic radiation. *Engineering Geology*, 2020, 274: 105692.
4. GUO, Qinqing; YONG, Shanshan; WANG, Xin'an. Statistical analysis of the relationship between AETA electromagnetic anomalies and local earthquakes. *Entropy*, 2021, 23.4: 411.

5. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the ML= 6.6 earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences*, 2020, 10.6: 235.
6. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.

Ετεροαναφορές 3

Αυτοαναφορές 3

113.NIKOLOPOULOS D, MOUSTRIS K, PETRAKI E, KOULOUGLIOTIS D, CANTZOS D. Fractal and Long-Memory Traces in PM₁₀ Time Series in Athens, Greece. *Environments*, **2019** 6(3):29, doi:
<http://dx.doi.org/10.3390/environments6030029>. **IF=3.7**

1. RAFIQUE, Muhammad, et al. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2022, 227: 105775.
2. PLOCOSTE, Thomas, et al. Wet scavenging process of particulate matter (PM10): A multivariate complex network approach. *Atmospheric Pollution Research*, 2021, 12.7: 101095.
3. GIL-ALANA, Luis A., et al. Long Memory and Time Trends in Particulate Matter Pollution (PM 2.5 and PM 10) in the 50 US States. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 2020, 59.8: 1351-1367.
4. ISMAIL, Mohd Tahir; AL-GOUNMEEIN, Remal Shaher. Overview of Long Memory for Economic and Financial Time Series Dataset and Related

- Time Series Models: A Review Study. IAENG International Journal of Applied Mathematics, 2022, 52.2.
5. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: $M_s = 6.6$): Investigation with DFA and MFDFA Methods. Pure and Applied Geophysics, 2021, 178.9: 3375-3395.
 6. HUMAIRANI, A., et al. Fractal based feature extraction method for epileptic seizure detection in long-term EEG recording. In: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2021. p. 012019.
 7. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Stochastic and self-organisation patterns in a 17-year PM10 time series in Athens, Greece. Entropy, 2021, 23.3: 307.
 8. KRAMPAH, Francis, et al. Fractal Analysis and Interpretation of Temporal Patterns of TSP and PM10 Mass Concentration over Tarkwa, Ghana. Earth Systems and Environment, 2021, 5.3: 635-654.
 9. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the $M_L = 6.6$ earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. Geosciences, 2020, 10.6: 235.
 10. KRAMPAH, Francis, et al. Fractal Analysis and Interpretation of Temporal Patterns of TSP and PM10 Mass Concentration over Tarkwa, Ghana. Earth Systems and Environment, 2021, 5.3: 635-654.

11. HADIYOSO, Sugondo; WIJAYANTO, Inung; HUMAIRANI, Annisa. Signal Dynamics Analysis for Epileptic Seizure Classification on EEG Signals. *Traitement du Signal*, 2021, 38.1: 73-78.
12. GOSPODINOVA, Evgeniya, et al. Evaluation of the Methods for Nonlinear Analysis of Heart Rate Variability. *Fractal and Fractional*, 2023, 7.5: 388.
13. SOLARIN, Sakiru Adebola; BERMEJO, Lorenzo; GIL-ALANA, Luis. Testing persistence of ammonia emissions using historical data of more than two centuries in OECD countries. *Environment Systems and Decisions*, 2023, 1-14.
14. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
15. AGUIRRE-LÓPEZ, Mario A., et al. Statistical Analysis of PM10 Concentration in the Monterrey Metropolitan Area, Mexico (2010–2018). *Atmosphere*, 2022, 13.2: 297.
16. ALAM, Aftab, et al. Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical Journal*, 2019, 53.6: 341-358.
17. HADIYOSO, Sugondo; WIJAYANTO, Inung; HUMAIRANI, Annisa. Entropy and Fractal Analysis of EEG Signals for Early Detection of Alzheimer's Dementia. *Traitement du Signal*, 2023, 40.4.
18. DLASK, Martin; KUKAL, Jaromir. Alzheimer disease diagnostics from EEG via Wishart distribution of fractional processes. *Signal, Image and Video Processing*, 2021, 15: 1435-1442.

19. KIMOTHI, Sanjeev, et al. Micro-to macro-scaling analysis of PM_{2.5} in sensitive environment of Himalaya, India. *Geological Journal*.
20. SAKIRU, Solarin; BERMEJO MUÑOZ, Lorenzo; GIL ALANA, Luis A. Testing persistence of ammonia emissions with historical data from 1770 to 2019 in 37 OECD countries. 2022.
21. BISWAS, Prasanta. Airborne Particulate Distribution and Removal (Settling) by Statistics Interest and Physicalness. *Engineering Research Transcripts*, 2023, 4: 29-58.
22. ZAINURI, Nuryazmin Ahmat, et al. Existence of Long Memory Phenomenon in Air Pollutant Concentrations using Surrogate Data.
23. HADIYOSO, Sugondo; WIJAYANTO, Inung; HUMAIRANI, Annisa. Signal Dynamics Analysis for Epileptic Seizure Classification on EEG Signals
Signal Dynamics Analysis for Epileptic Seizure Classification on EEG Signals.

Ετεροαναφορές 17

Αυτοαναφορές 6

114. ALAM A, WANG N, ZHAO G, MEHMOOD T, **NIKOLOPOULOS D.** Long-lasting patterns of radon in groundwater at Panzhihua, China: Results from DFA, fractal dimensions and residual radon concentration. *Geochemical J.* **2019** 341-358, doi: <http://dx.doi.org/10.2343/geochemj.2.0571>. **IF=1.06**

1. RAFIQUE, Muhammad, et al. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2022, 227: 105775.

2. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: $M_s = 6.6$): Investigation with DFA and MF DFA Methods. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, 178.9: 3375-3395.
3. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Stochastic and self-organisation patterns in a 17-year PM10 time series in Athens, Greece. *Entropy*, 2021, 23.3: 307.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-memory traces in PM 10 time series in Athens, Greece: Investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133.2: 261-279.
5. RAFIQUE, Muhammad, et al. Multifractal detrended fluctuation analysis of soil radon (^{222}Rn) and thoron (^{220}Rn) time series. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2021, 328: 425-434.
6. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Long-lasting patterns in 3 kHz electromagnetic time series after the $M_L = 6.6$ earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences*, 2020, 10.6: 235.
7. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
8. ALAM, Aftab; NIKOLOPOULOS, Dimitrios; WANG, Nanping. Fractal Patterns in Groundwater Radon Disturbances Prior to the Great $M_w = 7.9$ Wenchuan Earthquake, China. 2023.

Ετεροαναφορές 0

Αυτοαναφορές 8

115.NIKOLOPOULOS D, MOUSTRIS K, PETRAKI E., CANTZOS D. Long-memory traces in PM₁₀ time series in Athens, Greece: investigation through DFA and R/S analysis. *Meteorol. Atmos. Phys.* **2021**; 133, 261-279, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00703-020-00744-3>. **IF=2.292**

1. RAFIQUE, Muhammad, et al. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2022, 227: 105775.
2. CHELANI, Asha B.; GAUTAM, Sneha. Fractality in PM_{2.5} concentrations during the dry and wet season over Indo-Gangetic Plain, India. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2023, 234.8: 502.
3. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Stochastic and self-organisation patterns in a 17-year PM₁₀ time series in Athens, Greece. *Entropy*, 2021, 23.3: 307.
4. CHELANI, Asha B. Fractal behaviour of benzene concentration near refinery, traffic junctions and residential locations in India. *Atmospheric Pollution Research*, 2023, 14.7: 101798.
5. CHELANI, Asha B. Fractal behaviour of benzene concentration near refinery, traffic junctions and residential locations in India. *Atmospheric Pollution Research*, 2023, 14.7: 101798.
6. YU, Ping, et al. Memory Behaviors of Air Pollutions and Their Spatial Patterns in China. *Frontiers in Physics*, 2022, 10: 875357.

7. GAO, Peiqiang, et al. NDVI Forecasting Model Based on the Combination of Time Series Decomposition and CNN–LSTM. *Water Resources Management*, 2023, 37.4: 1481-1497.
8. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
9. KOTO N'GOBI, Gabin; AGBAZO, Medard Noukpo; LEODE, Augustin. Fractal Description of the Temporal Fluctuation of PM2. 5 and PM10 Concentrations and their Cross-correlation at Cotonou Autonomous Port and the “Boulevard de la Marina” area (Benin Republic, West Africa). *Pollution*, 2023, 9.2: 628-645.
10. CHEN, Jingwei. Analysis and prediction of the dynamic change of water quality in the inflow rivers. *Advances in Engineering Technology Research*, 2022, 1.2: 473-473.

Ετεροαναφορές 7

Αυτοαναφορές 3

116.D'INCECCO S, DI CARLO P, ARUFFO E, CHATZISAVVAS N, PETRAKI, E, PRINIOTAKIS G, VOYIATZIS I, YANNAKOPOULOS PH, **NIKOLOPOULOS D.** Fractal Dimension Analysis Applied to Soil CO₂ Fluxes in Campotosto's Seismic Area, Central Italy. *Geosciences* **2020**, 10, 233, doi:<http://dx.doi.org/10.3390/geosciences10060233>. **IF=2.7**

1. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: M s= 6.6): Investigation

with DFA and MFDFA Methods. Pure and Applied Geophysics, 2021,
178.9: 3375-3395.

Ετεροαναφορές 0

Αυτοαναφορές 1

117.NIKOLOPOULOS D, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS PH, PRINIOTAKIS G, VOYIATZIS I, CANTZOS D. Long-Lasting Patterns in 3 kHz Electromagnetic Time Series after the *ML* = 6.6 Earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece. *Geosciences* **2020**, 10(6), 235 doi:

<http://dx.doi.org/10.3390/geosciences10060235>. **IF=2.7**

1. RAFIQUE, Muhammad, et al. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2022, 227: 105775.
2. CARRIZALES-VELAZQUEZ, Carlos; DONNER, Reik V.; GUZMÁN-VARGAS, Lev. Generalization of Higuchi's fractal dimension for multifractal analysis of time series with limited length. *Nonlinear Dynamics*, 2022, 1-15.
3. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: $M_s = 6.6$): Investigation with DFA and MFDFA Methods. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, 178.9: 3375-3395.
4. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Stochastic and self-organisation patterns in a 17-year PM10 time series in Athens, Greece. *Entropy*, 2021, 23.3: 307.

5. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
6. ALAM, Aftab; NIKOLOPOULOS, Dimitrios; WANG, Nanping. Fractal Patterns in Groundwater Radon Disturbances Prior to the Great Mw= 7.9 Wenchuan Earthquake, China. 2023.
7. ALAM, Aftab, et al. Regional Multifractal Variability of the Overall Seismic Activity in Pakistan from 24 BC to 2020 via the Application of MDFA on Earthquake Catalogs. 2023.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 6

118. MOUSTRIS KP, PETRAKI E, NTOUROU K, PRINIOTAKIS G, **NIKOLOPOULOS D.** Spatiotemporal Evaluation of PM₁₀ Concentrations within the Greater Athens Area, Greece. Trends, Variability and Analysis of a 19 Years Data Series. *Environments* **2020** 7, 85,
doi:<http://dx.doi.org/10.3390/environments7100085>. **IF=3.7**

1. ALAM, Aftab, et al. Fluctuation Dynamics of Radon in Groundwater Prior to the Gansu Earthquake, China (22 July 2013: M s= 6.6): Investigation with DFA and MFDFA Methods. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, 178.9: 3375-3395.
2. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Stochastic and self-organisation patterns in a 17-year PM10 time series in Athens, Greece. *Entropy*, 2021, 23.3: 307.

3. PETROU, Ilias, et al. Studying the economic burden of premature mortality related to PM2.5 and O3 exposure in Greece between 2004 and 2019. *Atmospheric Pollution Research*, 2023, 10:1978.
4. NTOUROU, Kleopatra, et al. Adverse Health Effects (Bronchitis Cases) Due to Particulate Matter Exposure: A Twenty-Year Scenario Analysis for the Greater Athens Area (Greece) Using the AirQ+ Model. *Atmosphere*, 2023, 14.2: 389.
5. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
6. BEGOU, Paraskevi; KASSOMENOS, Pavlos. Burden of Natural-Cause and Cause-Specific Mortality Associated with Long-Term Exposure to PM2.5: A Case Study in Attica Region, Greece. *Atmosphere*, 2022, 13.12: 2026.
7. PETROU, Ilias et al. Studying the economic burden of premature mortality related to PM2.5 and O3 exposure in Greece between 2004 and 2019, *Atmospheric Pollution Research*, 15:2, 2023

Ετεροαναφορές 4

Αυτοαναφορές 3

120.NIKOLOPOULOS D, ALAM A, PETRAKI E, PAPOUTSIDAKIS M, YANNAKOPOULOS P, MOUSTRIS K.P. Stochastic and Self-Organisation Patterns in a 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Entropy* **2021** 23, 307, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/e23030307>. **IF=2.738**

1. OLENIACZ, Robert; GORZELNIK, Tomasz. Assessment of the variability of air pollutant concentrations at industrial, traffic and urban background stations in Krakow (Poland) using statistical methods. *Sustainability*, 2021, 13.10: 5623.
2. RAFIQUE, Muhammad, et al. On fractal dimensions of soil radon gas time series. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2022, 227: 105775.
3. NIKOLOPOULOS, Dimitrios, et al. Multifractal Patterns in 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece. *Environments*, 2022, 10.1: 9.
4. KOTO N'GOBI, Gabin; AGBAZO, Medard Noukpo; LEODE, Augustin. Fractal Description of the Temporal Fluctuation of PM2. 5 and PM10 Concentrations and their Cross-correlation at Cotonou Autonomous Port and the "Boulevard de la Marina" area (Benin Republic, West Africa). *Pollution*, 2023, 9.2: 628-645.
5. ALAM, Aftab; NIKOLOPOULOS, Dimitrios; WANG, Nanping. Fractal Patterns in Groundwater Radon Disturbances Prior to the Great Mw= 7.9 Wenchuan Earthquake, China. 2023.
6. ALAM, Aftab, et al. Regional Multifractal Variability of the Overall Seismic Activity in Pakistan from 24 BC to 2020 via the Application of MDFA on Earthquake Catalogs. 2023.
7. ALAM, Aftab, et al. Regional Multifractal Variability of the Overall Seismic Activity in Pakistan from 24 BC to 2020 via the Application of MDFA on Earthquake Catalogs. 2023.

8. NAJAR, Adel, et al. Air Pollution: Selected Fuel Stations in Benghazi City, Libya. *Scientific Journal for Faculty of Science-Sirte University*, 2023, 3.1: 61-67.

Ετεροαναφορές 3

Αυτοαναφορές 5

121.D'INCECCO S, PETRAKI E, PRINIOTAKIS G, PAPOUTSIDAKIS M, YANNAKOPOYLOS PH, **NIKOLOPOULOS D.** CO₂ and Radon Emissions as Precursors of Seismic Activity. *Earth Syst. Environ.* **2021** 5, 655-666, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s41748-021-00229-2>. **IF=9.11**

1. VENEGAS-ARAVENA, Patricio; CORDARO, Enrique G.; LAROZE, David. Natural Fractals as Irreversible Disorder: Entropy Approach from Cracks in the Semi Brittle-Ductile Lithosphere and Generalization. *Entropy*, 2022, 24.10: 1337.
2. ČELIKOVIĆ, Igor, et al. Overview of Radon Flux Characteristics, Measurements, Models and Its Potential Use for the Estimation of Radon Priority Areas. *Atmosphere*, 2022, 13.12: 2005.
3. RASHEED, Awais, et al. Time-frequency analysis of radon and thoron data using continuous wavelet transform. *Physica Scripta*, 2023, 98.10: 105008.
4. AL-SHBOUL, Khaled F. Unraveling the complex interplay between soil characteristics and radon surface exhalation rates through machine learning models and multivariate analysis. *Environmental Pollution*, 2023, 336: 122440.

5. YUTSIS, Vsevolod, et al. On the Radon-Related Mechanism of the Seismo-and Volcanogenic Geomagnetic Anomalies: Experiments in Tlamacas Mountain (Volcano Popocatepetl Area) and Electrode Effect Model. *Atmosphere*, 2023, 14.4: 705.
6. VENEGAS-ARAVENA, Patricio; CORDARO, Enrique G. Analytical Relation between b-Value and Electromagnetic Signals in Pre-Macroscopic Failure of Rocks: Insights into the Microdynamics' Physics Prior to Earthquakes. *Geosciences*, 2023, 13.6: 169.
7. TOADER, Victorin Emilian, et al. The Results and Developments of the Radon Monitoring Network in Seismic Areas. *Atmosphere*, 2023, 14.7: 1061.
8. AKILAN, A., et al. Possible Link Between the Rainfall and Ridge Seismicity from Episodic GPS Data at Lakshadweep Islands in the Arabian Sea. *Pure and Applied Geophysics*, 2023, 1-16.
9. HAAF, Nadine. Self-Potential and electromagnetic monitoring during fluid injection into magmatic rocks. 2022.
10. JÖRG, Florian, et al. Production of ^{226}Ra -implanted high-quality radon sources for detector characterization. 2023.
11. SAUTS, Artur V.; ZHUKOV, Pavel V.; EREGINA, Svetlana V. The Contribution of Ecological and Medical Tourism to Sustainable Development Based on the Potential of Radon Water Springs in the Leningrad Region. In: National Conference on Sustainable Development (ESG). Cham: Springer Nature Switzerland, 2022. p. 351-357.

12. BALBAY, E.G., Impact of Earthquakes on Lung Health, Thorac Res Pract.

2024, 10.5152/ThoracResPract.2024.23059.

Ετεροαναφορές 11

Αυτοαναφορές 1

122.CHATZISAVVAS N, PRINIOTAKIS G, PAPOUTSIDAKIS M,

NIKOLOPOULOS D, VALAIS I, KARPETAS G. Monte Carlo Computational

Software and Methods in Radiation Dosimetry. *AETiC* **2021** 5, 3, doi:

<http://dx.doi.org/10.33166/AETiC.2021.03.004>. **IF=1.73**

1. AABID, M.; SEMGHOULI, S.; CHOUKRI, A. Assessment of Computed Tomography Dose Index (CTDI) During CT Pelvimetry Using Monte Carlo Simulation. *Atom Indonesia*, 2023, 1.1: 21-25.
2. CHATZISAVVAS, Nikolaos, et al. Generating CT X-rays and score dosimetric quantities on DICOM-based phantom utilizing Open Source Monte Carlo Software. *International Journal of Computer Engineering and Sciences Research (IJCESR)*, 1-12.
3. BARHOUM, Alaa. Design and Evaluation of a Novel Lens-Based SPECT System Based on Laue Lens Gamma Diffraction: GEANT4/GAMOS Monte Carlo Study. 2023. PhD Thesis. UNSW Sydney.

Ετεροαναφορές 2

Αυτοαναφορές 1

123.ALAM A, WANG N, PETRAKI E, BARKAT A, HUANG F, ALI SHAH M,

CANTZOS D, PRINIOTAKIS G, YANNAKOPOULOS PH, PAPOUTSIDAKIS M,

NIKOLOPOULOS D. Fluctuation dynamics of radon in groundwater prior to the 2013-22-07, Ms=6.6 Gansu Earthquake, China: Investigation with DFA and MF DFA methods. *Pure Appl. Geophys.* **2021** 178, 3375-3395, doi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00024-021-02818-8>. **IF=2.641**

1. JANIK, Mirosław, et al. Indoor Radon Research in the Asia-Pacific Region. *Atmosphere*, 2023, 14.6: 948.
2. WANG, Nanping, et al. Characteristics of Indoor and Soil Gas Radon, and Discussion on High Radon Potential in Urumqi, Xinjiang, NW China. *Atmosphere*, 2023, 14.10: 1548.
3. WANG, Nanping, et al. Characteristics of Radon and Thoron Indoor and in Soil Gas and Sources of High Radon Potential in Urumqi, Xinjiang, Northwest China. 2023.
4. CHETIA, Timangshu, et al. The Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (Mf-Dfa) and Anomalies in Geomagnetic Total Field Intensity Prior To Mw~ 5.5 Earthquake. *Indian Journal of Pure & Applied Physics (IJPAP)*, 2022, 60.3.
5. 王良俊, et al. 九江中心站氡气异常跟踪核实实验分析. *Advances in Geosciences*, 2023, 13: 98.
6. 王良俊, et al. 九江中心站氡气异常跟踪核实实验分析. *Advances in Geosciences*, 2023, 13: 98.
7. ASSUNÇÃO, Bruno de Freitas, et al. Correlações em séries temporais de preços de manga e uva produzidas no Vale do São Francisco. 2022.

8. ZAAGANE, Mansour. Cours de Tectonique II 2ème Année Tronc de Géologie. 2022.

Ετεροαναφορές 8

Αυτοαναφορές 0

124. RAFIQUE M, IQBAL J, ALI SHAH S A, ALAM A, JAVED LONE K, BARKAT A, ALI SHAH M, AHMAD QURESHI S, **NIKOLOPOULOS D.** On fractal dimensions of soil radon gas time series. *J. Atmos. Sol. Terrest. Phys.* **2022** 227, 105775, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2021.105775>. **IF=2.206**

1. QIANG, Chenhui; DENG, Yong; CHEONG, Kang Hao. Information fractal dimension of mass function. *Fractals*, 2022, 30.06: 2250110.
2. JANIK, Miroslaw, et al. Indoor Radon Research in the Asia-Pacific Region. *Atmosphere*, 2023, 14.6: 948.
3. DING, Xin, et al. Damage evolution, fractal dimension and a new crushing energy formula for coal with bursting liability. *Process Safety and Environmental Protection*, 2023, 169: 619-628.
4. RASHEED, Awais, et al. Time-frequency analysis of radon and thoron data using continuous wavelet transform. *Physica Scripta*, 2023, 98.10: 105008.
5. ROCA-FLORES, Elio, et al. Typhoon complexity: Northwest Pacific tropical cyclone season complex systems analysis. *International Journal of Modern Physics C*, 2023, 34.04: 2350045.
6. RAFIQUE, Muhammad, et al. Multifractal detrended cross-correlation analysis of radioactivity borne radon, thoron and meteorological time

- series. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2022, 607: 128214.
7. LIU, Xiao-Zhou, et al. Correlation Analysis between Rail Track Geometry and Car-Body Vibration Based on Fractal Theory. *Fractal and Fractional*, 2022, 6.12: 727.
 8. PACHECO, Patricio; ULLOA, Héctor; MERA, Eduardo. Application of Chaos Theory to Time-Series Urban Measurements of Meteorological Variables and Radon Concentration: Analysis and Interpretation. *Atmosphere*, 2022, 13.11: 1868.
 9. ROCA-FLORES, Elio, et al. Hurricane season complexity: The case of North-Atlantic tropical cyclones. *International Journal of Modern Physics C*, 2023, 2350151.
 10. ALAM, Aftab; NIKOLOPOULOS, Dimitrios; WANG, Nanping. Fractal Patterns in Groundwater Radon Disturbances Prior to the Great Mw= 7.9 Wenchuan Earthquake, China. 2023.

Ετεροαναφορές 7

Αυτοαναφορές 3

125.CHATZISAVVAS N, **NIKOLOPOULOS D**, PRINIOTAKIS G, KOUSTAS A, KARPETAS G. Generating CT X-rays and score dosimetric quantities on DICOM-based phantom utilizing Open Source Monte Carlo Software. *International Journal of Computer Sciences and Engineering* **2022** 4(5):1-12
doi:<https://www.ijcesr.com/Openaccess/v4i5/IJC856125595.pdf>.

1. CHATZISAVVAS, Nikolaos, et al. Monte Carlo Simulation of Cone X-ray Beam and Dose Scoring on Voxel Phantom with Open Source Software EGSnrcmp. *Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC)*, 2023, 7.2.

Ετεροαναφορές 0

Αυτοαναφορές 1

126.CHATZISAVVAS N, KOUSTAS A, KARPETAS G, VALAIS I, PRINIOTAKIS G, **NIKOLOPOULOS D.** Simulating Medical Imaging X-Ray Tubes with Various Parameters Using BEAMnrc Monte Carlo Software. *Open Journal of Radiology* **2022** 12(3):125-141, doi: <http://dx.doi.org/10.4236/ojrad.2022.123014>. **IF=0.33**

1. CHATZISAVVAS, Nikolaos, et al. Monte Carlo Simulation of Cone X-ray Beam and Dose Scoring on Voxel Phantom with Open Source Software EGSnrcmp. *Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC)*, 2023, 7.2.

Ετεροαναφορές 0

Αυτοαναφορές 1

127.RAFIQUE M, IQBAL J, LONE KJ, MIR AA, KEARFOTT J, IQBAL A, QURESHI SA, ABBASI SA, **NIKOLOPOULOS D.** Multifractal Detrended Cross-Correlation Analysis of Radioactivity borne Radon, Thoron and Meteorological Time Series. *Phys. A: Stat.* **2022** PHYS A 128214, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2022.128214>. **IF=3.778**

1. RASHEED, Awais, et al. Time-frequency analysis of radon and thoron data using continuous wavelet transform. *Physica Scripta*, 2023, 98.10: 105008.

Ετεροαναφορές 0

Αυτοαναφορές 1

128. VARDAKOSTA E, PRINIOTAKIS G, **NIKOLOPOULOS D**, SIGALA M, PAPOUTSIDAKIS M. Multivariate Analysis of Co-creation Activities in University Education. *Eur. J. Educ. Res.* **2022** 1(4):2413-2428, doi:<http://dx.doi.org/10.12973/eu-jer.11.4.2413>. **IF=1.701**

1. VARDAKOSTA, Eirini, et al. Design Thinking as a Co-Creation Methodology in Higher Education. A Perspective on the Development of Teamwork and Skill Cultivation. *European Journal of Educational Research*, 2023, 12.2.
2. SIGALA, M., et al. THE IMPLEMENTATION OF THE DESIGN OF THINKING AND CO CREATION THEORIES IN HEI THROUGH T-CREPE PROJECT. In: *INTED2023 Proceedings*. IATED, 2023. p. 7066-7072.
3. CARRIERE, Julanta J., et al. Co-created in vivo pharmacology practical classes using the novel organism *Lumbriculus variegatus*. *Pharmacology Research & Perspectives*, 2023, 11.6: e01158.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 2

130.NIKOLOPOULOS D, ALAM A, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS P, MOUSTRIS K. Multifractal patterns in 17 years PM10 time series in Athens, Greece. *Environments* **2023** 10(9): 1-21, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/environments10010009>. **IF=3.7**

1. VAROTSOS Costas et al., On the Impacts of the Global Sea Level Dynamics, *Fractal and Fractional*, 8, 39.
<https://doi.org/10.3390/fractalfract8010039>.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 0

131.VARDAKOSTA E, PRINIOTAKIS G, PAPOUTSIDAKIS M, SIGALA M, TSIKRITSIS A, **NIKOLOPOULOS D**. Design Thinking as a Co-Creation Methodology in Higher Education. A Perspective on the Development of Teamwork and Skill Cultivation. *Eur. J. Educ. Res.* **2023** 12(2):1029-1044, doi: <http://dx.doi.org/10.12973/eu-jer.12.2.1029>. **IF=1.701**

1. UTAMI, Auvi Winandri; KHOTIMAH, Siti Nurul. Identification of Students' Misconceptions Using Six Tier Diagnostic Test with CRI (Certainty of Response Index) on Wave. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 2023, 9.7: 5205-5213.
2. KUNZ, Regula; HATSIKAS-SCHROEDER, Nina. Der Prototyp „Freiform“ als curriculare Antwort auf die Herausforderungen der „future skills“. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 2023, 18.3: 137-156.

Ετεροαναφορές 2

Αυτοαναφορές 0

133.RASHEED A, OSAMA M, **NIKOLOPOULOS D**, RAFIQUE M. Singular spectral and control chart analysis of soil radon and thoron time series for forecasting seismic activities. *J. Atmos. Sol. Terrest. Phys.* **2023** 249, 106108, doi:10.1016/j.jastp.2023.106108. **IF=2.206**

1. RASHEED, Awais; RAFIQUE, Muhammad. Filtering analysis of soil radon and thoron time series data. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2023, 1-16.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 0

134.BATRIS E, NIKOLOPOULOS D, VALAIS I, MOUSTRIS K. Radon Assessment: An Overview of Concentration Variability and Synergies with Other Health Risk Factors in Indoor Air. *Environ. Sci. Proc.* 2023 26(1):115, 1:6, doi:<https://doi.org/10.3390/environsciproc2023026080>.

1. ABBAS, Sayed Qamar, et al. Radon concentration in spring water as an indicator of seismic activity: a case study of the Muzaffarabad Fault in Pakistan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2024, 196.1: 41.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 0

136.ALAM A, **NIKOLOPOULOS D**, WANG N. Fractal Patterns in Groundwater Radon Disturbances Prior to the Great Mw=7.9 Wenchuan Earthquake, China.

Geosciences **2023**, 13, 268, doi:<https://doi.org/10.3390/geosciences13090268>.

IF=2.7

1. ALAM, Aftab, et al. Regional Multifractal Variability of the Overall Seismic Activity in Pakistan from 24 BC to 2020 via the Application of MDFA on Earthquake Catalogs. 2023.

Ετεροαναφορές 0

Αυτοαναφορές 1

137.RASHEED A, OSAMA M, RAFIQUE M, TAREEN ADK, LONE KJ, QURESHI SA, KEERFORT KJ, ALAM A, **NIKOLOPOULOS D**. Time-Frequency Analysis of Radon and Thoron Data Using Continuous Wavelet Transform. *Phys. Scr.* **2023** 98(1):105008, doi:<https://doi.org/10.1088/1402-4896/acf694>. **IF=3.781**.

1. YE, Shengpei. Wavelet Theories and Techniques for Brain Disease: Diagnosis and Treatmentz. 2023.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 0

138.ALAM A, **NIKOLOPOULOS D**, CANTZOS D, TAHIR M, IQBAL T, PETRAKI E, YANNAKOPOULOS P, RAFIQUE M. Regional Multifractal Variability of the Overall Seismic Activity in Pakistan from 1820 to 2020 via the Application of MDFA on Earthquake Catalogs. *Fractal Fract.* 2023, 7, 857. <https://doi.org/10.3390/fractalfract7120857>. **IF=5.4**.

1. ALAM AFTAB, et al. Fractal Patterns in Groundwater Radon Disturbances Prior to the Great 7.9 Mw Wenchuan Earthquake, China GEOSCIENCES Volume 13, Issue 9, DOI10.3390/geosciences13090268
2. NIKOLOPOULOS, D et al., Long-Lasting Patterns in 3 kHz Electromagnetic Time Series after the ML = 6.6 Earthquake of 2018-10-25 near Zakynthos, Greece, GEOSCIENCES, Volume 10, Issue6, DOI10.3390/geosciences10060235
3. NIKOLOPOULOS D., et al. Stochastic and Self-Organisation Patterns in a 17-Year PM10 Time Series in Athens, Greece, ENTROPY, Volume 23, Issue, 3, DOI10.3390/e23030307

Ετεροαναφορές 0

Αυτοαναφορές 3

142.LOUIZI A, NIKOLOPOULOS D, LOBOTESI E, MAVROUDAKI E, KOUKOULIOU V, CHANIOTI M, PAPADIMITRIOU D, YIAKOUMAKIS E PROUKAKIS C. A study of some factors which are related to indoor radon concentrations in Greece.In: International Radiation Protection Agency, ed. *Extended abstracts of the Second Regional Mediterranean Congress on Radiation Protection*. Tel-Aviv, Israel; November 16-20 **1997**: 134-135.

1. PAPPAS, E., et al. Indoor radiation measurements in Greece. Radiation protection dosimetry, 1999, 82.4: 307-312.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 0

143. LOUIZI A, **NIKOLOPOULOS D**, KOUKOULIOU V, LOBOTESI E, MAVROUDAKI E, YIAKOUMAKIS E, PROUKAKIS C, MADISSON S, CHANIOTI M. Exposure of Greek population from residential radon-Latest results. In: International Radiation Protection Agency, ed. *Extended abstracts of the Second Regional Mediterranean Congress on Radiation Protection*. Tel-Aviv, Israel; November 16-20 **1997**: 289-290.

1. PAPPAS, E., et al. Indoor radiation measurements in Greece. *Radiation protection dosimetry*, 1999, 82.4: 307-312.

Ετεροαναφορές 1

Αυτοαναφορές 0

144. LOUIZI A, **NIKOLOPOULOS D**, LOBOTESI H, PROUKAKIS C. Factors affecting indoor radon concentrations in Greece. In: Simopoulos SE, Scivyer C, eds. *Proceedings of Radon in the Living Environment*. Athens: National Technical University of Athens & European Commission; 19-23 April **1999**: 667-676.

http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive

[%5CRadon1999%5C077.pdf](#)_ Accessed October 29, 2016.

1. OTOO, Francis; KPORDZRO, Rita; AMABLE, Anthony SK. Radon mapping, correlation study of radium, seasonal indoor radon and radon exhalation levels in communities around Ghana atomic energy commission. *Heliyon*, 2023, 9.4.
2. GIAGIAS, V.; BURGHELE, D.; COSMA, C. Seasonal variation of indoor radon in dwellings from Athens, Greece. *Rom. J. Phys*, 2015, 60.9-10: 1581-1588.

3. LOUIZI, A., et al. Preliminary study of two high radon areas in Greece. In: Radioactivity in the Environment. Elsevier, 2005. p. 431-437.
4. JOHNSTON, Jill E. Assessing exposure to chlorinated solvents from the subsurface to indoor air pathway. 2013. PhD Thesis. The University of North Carolina at Chapel Hill.

Ετεροαναφορές 1

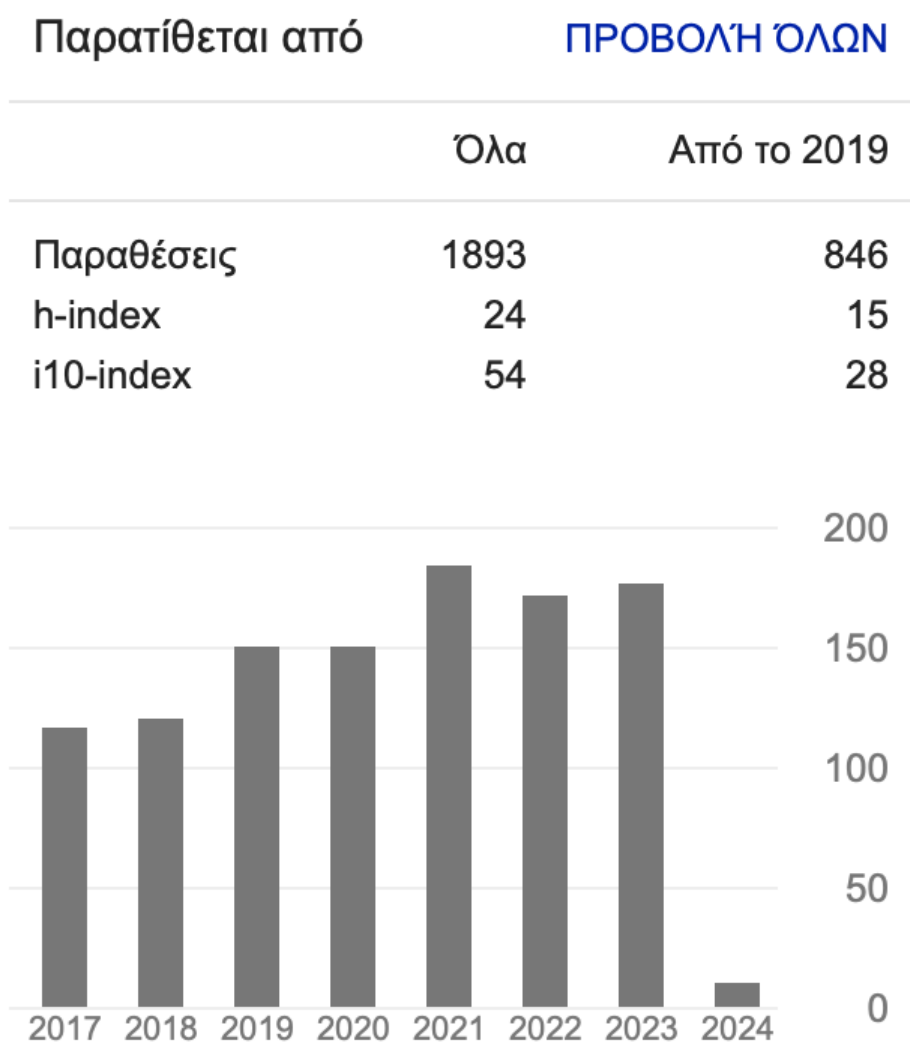
Αυτοαναφορές 0

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

Κατάλογος διεθνών καταχωρίσεων επιστημονικού έργου .

1) Google Scholar

Σύνολο Ετεροαναφορών: **1432 (75.5%)**



2) Scopus

Nikolopoulos, Dimitrios N.

[i](#) University of West Attica, Athens, Greece [ORCID](#) 8294481300 [ID](#) <https://orcid.org/0000-0002-8559-9440>

977

Citations by **673 documents**

83

Documents

19

h-index [View *h*-graph](#)

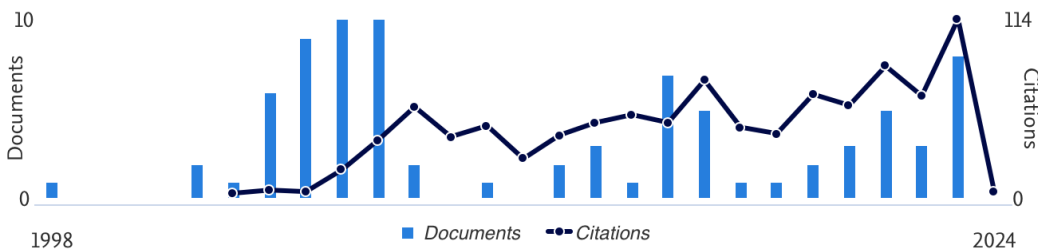
[View all metrics >](#)

[Set alert](#)

[Save to list](#)

[Edit profile](#) [More](#)

Document & citation trends



3) WoS

Dimitrios Nikolopoulos ✓

(Nikolopoulos, Dimitrios)

[Web of Science ResearcherID: P-6965-2019](#)

Published names

Nikolopoulos, Dimitrios Nikolopoulos, D. Nikolopoulos, D Nikolopoulos, Dimitrios N. Nikolopoulos, DN [Show more](#)

Published Organizations

University of West Attica, Univ West Attica, Technol Educ Inst Pireaus [Show more](#)

Subject Categories

Nuclear Science & Technology; Physics; Environmental Sciences & Ecology; Instruments & Instrumentation; Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging

Other Identifiers

<https://orcid.org/0000-0002-8559-9440>

Metrics [← Open dashboard](#)

Profile summary

115 Total documents

81 Web of Science Core Collection publications

1 Preprint

0 Dissertations or Theses

101 Verified peer reviews

0 Verified editor records

Web of Science Core Collection metrics

20 H-Index	81 Publications in Web of Science
1,128 Sum of Times Cited	832 Citing Articles
4 Sum of Times Cited by Patents	4 Citing Patents

[Documents](#)

[Peer Review](#)

4) RG



Dimitrios Nikolopoulos

PhD . Professor at University of West Attica

Greece | [Website](#)

Current activity

Research Interest Score 1,109

Citations 1,651

h-index 23

[Citations over time](#)

Profile Research (142) Stats Following Saved list

5) SCI



Prof. Dimitrios Nikolopoulos

Overview

Publications (117)

Network

Contributions

Information

Department of Industrial Desig...

0000-0002-8559-9440

Research Keywords & Expertise

[View all](#)

Fingerprints

Conference Paper

Luminescence efficiency of (Gd₂SiO₅:Ce) scintillator under x-ray excitation

Posted: in IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record

Journal Article

Identifying Long-Memory Trends in Pre-Seismic MHz Disturbances through Support Vector Machines

<https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000263>

Posted: in Journal of Earth Science & Climatic Change

Journal Article

Management and Optimisation of the Dose in Computed Tomography via a Dose Tracking Software

<https://doi.org/10.4172/2167-7964.1000227>

Posted: in OMICS Journal of Radiology

Journal Article

Comprehensive Review on the Biodiesel Production using Solid Acid Heterogeneous Catalysts

6) AD

Registration, Add Profile, Premium Membership		RANKINGS				
Print Your Certificate		SCORES	In University of West Attica (231)	In Greece (8004)	In Europe (432702)	World (1441235)
						
Total H Index	24	#43	#2,960	#120,477	#329,963	
Last 6 years H Index	15	#67	#3,576	#159,512	#455,246	
Last 6 years / Total H Index	0.625					
Total i10 Index	54	#25	#2,161	#86,975	#235,759	
Last 6 years i10 Index	30	#37	#2,620	#113,502	#319,544	
Last 6 years / Total i10 Index	0.556					
Total Citation	1850	#54	#3,520	#148,831	#421,815	
Last 6 years Citation	925	#58	#3,502	#161,837	#471,774	
Last 6 years / Total Citation	0.500					
Others * Click for your subject rankings 02.30.Nw--02.50.Ey--02.50.Fz--02.50.Sk--02.60.Cb--02.60.Ed--02.70.Hm--02.70.Uu 05.40.-a--05.45.Df--05.45.Pq--05.45.Tp--05.65.+b		-	-	-	-	