3° Πανελλήνιο Συνέδριο
Ιατρικής Φυσικής

27° Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο
Ακτινολογίας

Συγκριτική μελέτη της εις βάθος απορροφούμενης ιοντίζουσας ακτινοβολίας σε ανιχνευτές Gd_2O_2S -CsI με χρήση προσομοίωσης Monte Carlo και αναλυτικού μοντέλου

Βασιλική Καφίρη*, Νεκτάριος Καλύβας, Χρήστος Μιχαήλ, Ιωάννης Βαλαής, Γεώργιος Φούντος, Ιωάννης Κανδαράκης**

Εργαστήριο Ακτινοφυσικής, Τεχνολογίας Υλικών και Βιοϊατρικής Απεικόνισης, (ΑΚΤΥΒΑ), Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Αιγάλεω, Ελλάδα

*bme20388022@uniwa.gr

**nkalyvas@uniwa.gr

30, 31 ΟΚΤ + 1 ΝΟΕ
2026

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
- ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ, ΛΑΡΙΣΑ

Οργάνωση

ΕΦΙΕ
Ένωση Φυσικών Ιατρικής Ελλάδος

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΟΛΛΕΓΙΟ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ

Εισαγωγή

Η μελέτη της αλληλεπίδρασης των ιοντιζουσών ακτινοβολιών σε ανιχνευτές ιατρικής απεικόνισης μπορεί να οδηγήσει στην βελτιστοποίηση του πάχους του ανιχνευτή και την κατασκευή συστημάτων απεικόνισης κατάλληλων για την εκάστοτε εφαρμογή [1-2]. Οι αλληλεπιδράσεις συνήθως μελετώνται με την χρήση αναλυτικών μοντέλων που βασίζονται στην εκθετική εξασθένηση [1,3] ή με την χρήση προσομοιώσεων με τη μέθοδο Monte Carlo [4-6]. Η συγκεκριμένη εργασία έχει σκοπό την σύγκριση της κατανομής της απορροφούμενης ενέργειας για τους σπινθηριστές Gd_2O_2S και CsI [7-9] όπως προκύπτει από την προσομοίωση με μέθοδο Monte Carlo και την αναλυτική εξίσωση απορρόφησης που βασίζεται στην εκθετική εξασθένηση

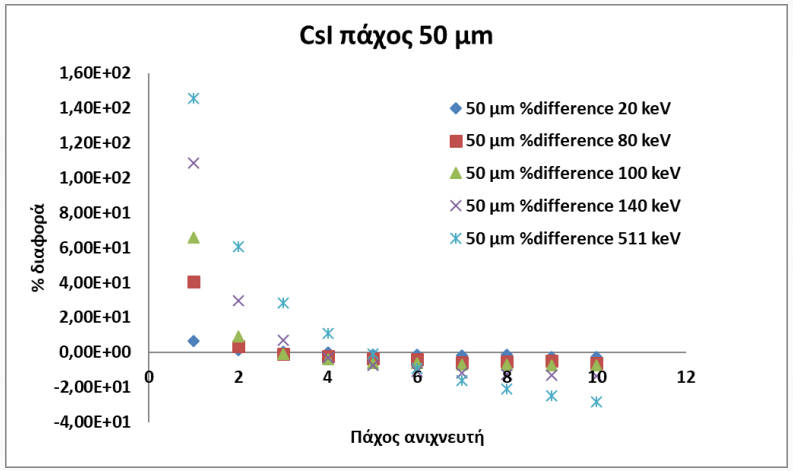
Μέθοδοι & Υλικά

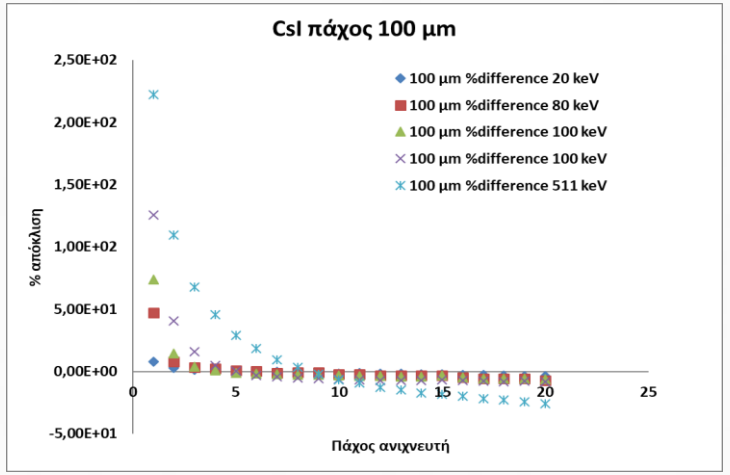
Μελετήθηκαν πάχη ανιχνευτών 50 μm, 100 μm, 200 μm και 1 mm, που ακτινοβολήθηκαν μονοενεργειακά με 20 keV, 80 keV, 100 keV, 140 keV και 511 keV. Το κάθε πάχος μελετήθηκε σε υποδιαιρέσεις των 5 μm. Η απορρόφηση της ακτινοβολίας στις υποδιαιρέσεις υπολογίσθηκε μέσω προσομοίωσης Monte Carlo με τον κώδικα PenEasy που βασίζεται στο πακέτο Monte Carlo PENELOPE [4-6] .

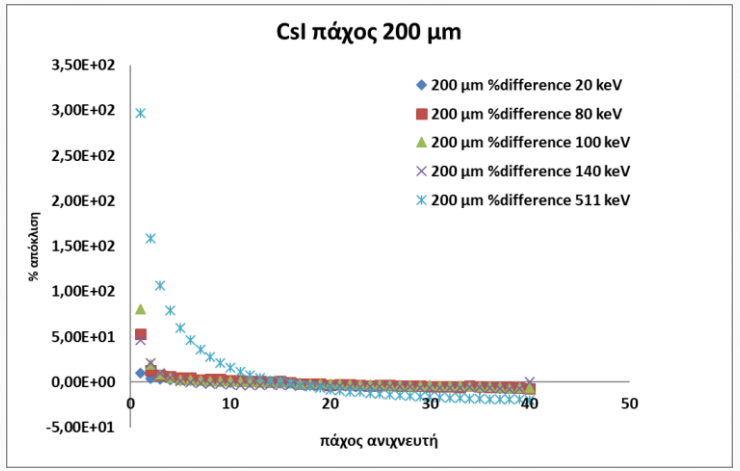
Παράλληλα η απορρόφηση υπολογίστηκε με αναλυτικό μοντέλο που βασίστηκε στην εκθετική εξασθένηση [1, 2, 9]

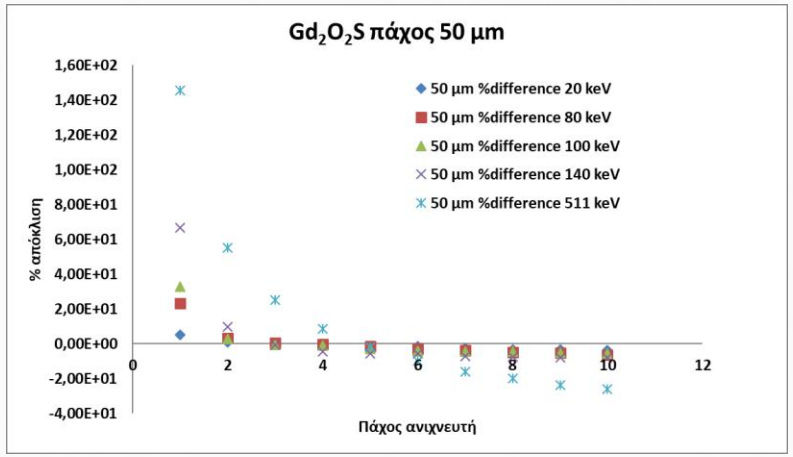
Η σύγκριση έγινε μεταξύ της % απόκλισης των κανονικοποιημένων αποτελεσμάτων της εναπόθεσης ενέργειας στη κάθε στοιχειώδη υποδιαίρεση των 5 μm.

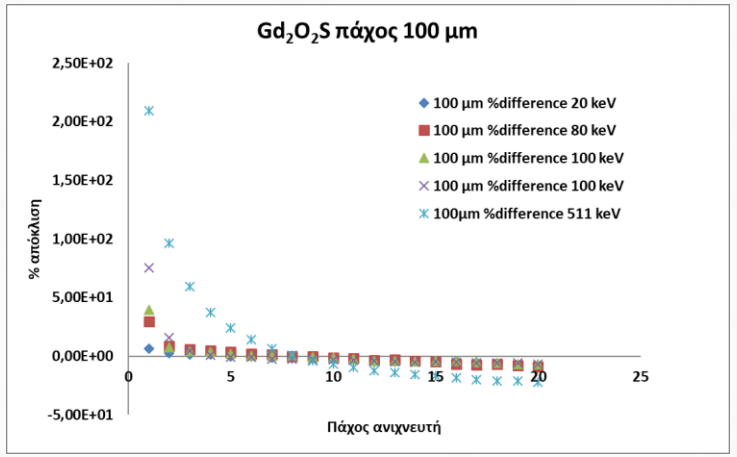
Αποτελέσματα

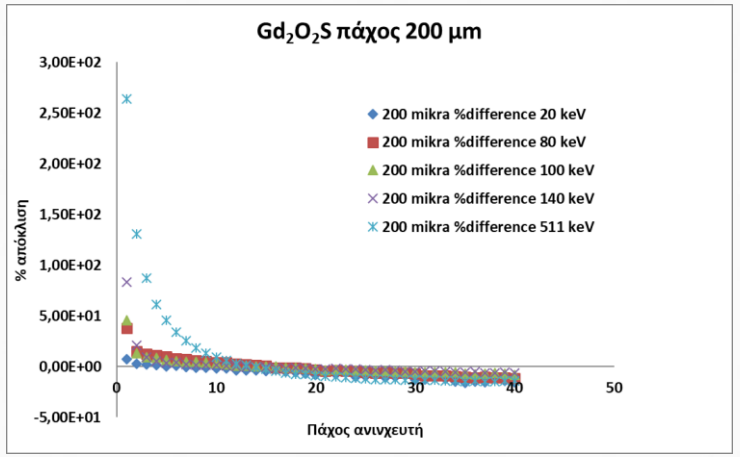












Η % απόκλιση στην απορροφούμενη ενέργεια ανά στοιχειώδη πάχος ανιχνευτή dt=5 μm για το CsI (επάνω) και το Gd_2O_2S (κάτω) [10].

Συμπεράσματα

Η βέλτιστη σύγκλιση προσομοίωσης και αναλυτικού μοντέλου παρατηρήθηκε στα 20 keV για τα πάχη των 50 μm, 100 μm και 200 μm. Η μέγιστη απόκλιση στις ανωτέρω συνθήκες ήταν για το Gd_2O_2S για το πάχος των 200 μm. Συγκεκριμένα στην πρώτη υποδιαίρεση κοντά στην είσοδο του ανιχνευτή η διαφορά ήταν 9,7% και στην έξοδο του ανιχνευτή έφτανε στο 15%. Η αντίστοιχες τιμές του CsI ήταν 9,73% και 7,5%. Για τα μικρότερα πάχη στα 20 keV η μέγιστη απόκλιση παρατηρήθηκε στο Gd_2O_2S και ήταν ίση με 8,52%. Για τις μεγαλύτερες ενέργειες τα αποτελέσματα επηρεάστηκαν από το φαινόμενο της εναπόθεσης ενέργειας μέχρι την επίτευξη ηλεκτρονικής ισορροπίας (build up) στην είσοδο και την έξοδο του ανιχνευτή. Επιπλέον το άνοιγμα της δέσμης κατά τη προσομοίωση οδηγεί σε υψηλότερες τιμές εναπόθεσης ενέργειας συγκριτικά με την αναλυτική μέθοδο στα μεγάλα πάχη.

Γενικά σε χαμηλές ενέργειες και μικρά πάχη ανιχνευτή η διαφορά ανάμεσα στο αναλυτικό μοντέλο και την προσομοίωση είναι μικρή. Σε κάθε περίπτωση το απλό αναλυτικό μοντέλο της εκθετικής εξασθένησης δε μπορεί να περιγράψει την ηλεκτρονική ισορροπία και το άνοιγμα της δέσμης.

Βιβλιογραφία

1. Κανδαράκης Ι. (2007): "ΑΚΤΙΝΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ", *ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΑΡΑΚΥΝΘΟΣ*, **ISBN:978-960-89768-1-8.**
2. Michail C, Liaparinos P, Kalyvas N, Kandarakis I, Fountos G, Valais I. (2024): "Radiation Detectors and Sensors in Medical Imaging", Sensors, **24**, **(19)**, 6251. https://doi.org/10.3390/s24196251
3. Hubbell J. H. (1999) : "Review of photon interaction cross section data in the medical and biological context", Physics in Medicine & Biology, **44**, pp 22. doi: 10.1088/0031-9155/44/1/001
4. Baró J, Sempau J, Fernández-Varea J.M, Salvat F. (1995): "PENELOPE: An algorithm for Monte Carlo simulation of the penetration and energy loss of electrons and positrons in matter", Nuclear Instruments and Methods in Physics Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, **100**, **(1)**, pp 31-46. doi: 10.1016/0168-583X(95)00349-5
5. Sempau J, Acosta E, Baró J, Fernández-Varea J.M, Salvat F. (1997): "An algorithm for Monte Carlo simulation of coupled electron-photon transport", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, **132**, **(3)**, pp 377-390. doi: 10.1016/S0168-583X(97)00414-X
6. Sempau J, Badal A, Brualla L. (2011): "A PENELOPE-based system for the automated Monte Carlo simulation of clinacs and voxelized geometries-application to far-from-axis fields", Medical Physics, **38**, **(11)**, pp 5887-5895. doi: 10.1118/1.3643029
7. Liaparinos P, Michail C, Valais I, Fountos G, Karabotsos A, Kandarakis I. (2022): "Grain Size Distribution Analysis of Different Activator Doped Gd_2O_2S Powder Phosphors for Use in Medical Image Sensors", Sensors, **22**, 8702. https://doi.org/10.3390/s22228702
8. García-Jiménez G, Cabanelas P, González-Caamaño D, Alvarez-Pol H, Vicente-Pardal M.A, Benlliure J, Cederkäll J, Cortina-Gil D, Feijoo-Fontán M, Graña-González A, Rodríguez-Sánchez J.L. (2024): "Study of scintillation properties and performance of CsI(Tl) detectors over time", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, **1059**, 169003. doi: 10.1016/j.nima.2023.169003
9. Psichis K, Kalyvas N, Kandarakis I, Panayiotakis G. (2017): "An analytical approach to the light transport in columnar phosphors. Detector Optical Gain, angular distribution and the CsI:Tl paradigm", Physica Medica, **35**, pp 39-49. doi: 10.1016/j.ejmp.2017.02.008
10. Καφίρη Β. (2026) «ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΥΛΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ MONTE CARLO PENEASY ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗΣ» Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής. https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/handle/11400/13551