3° Πανελλήνιο Συνέδριο
Ιατρικής Φυσικής

27° Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο
Ακτινολογίας

# Ενσωμάτωση αρχείων IAEA phase-space (PHSP) στο GATE 10 για την επικύρωση μοντέλου δέσμης φωτονίων 6 MV

**Ιωάννης Γρηγοριάδης[1,3] · Μάριος Μυρωνάκης[2] · Δήμητρα Τσιβάκα[2]**

**Κική Θεοδώρου[2] · Ιωάννης Τσούγος[1,2] · Παναγιώτης Παπαδημητρούλας[1,*]**

[1] Εργαστήριο Ιατρικής Πληροφορικής και Βιοϊατρικής Απεικόνισης, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

[2] Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

[3] Τμήμα Ιατρικής Φυσικής, Γενικό Νοσοκομείο Παπαγεωργίου, Θεσσαλονίκη

* Επικοινωνία: ppapadimitroulas@uth.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 χρήση IAEA phase-space (PHSP) στο GATE 10

### Υπόβαθρο

Τα αρχεία phase-space (PHSP) της IAEA για τον TrueBeam 6 MV δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας ως πηγή σωματιδίων στο GATE 10. Απαιτείτε μετατροπή σε συμβατή μορφή και σωστή αναπαράσταση των ιδιοτήτων των σωματιδίων.

### Σκοπός

Να υλοποιηθεί συμβατή πηγή ROOT phase-space και να αξιολογηθεί η πλήρης αλυσίδα προσομοίωσης μέσω σύγκρισης των υπολογισμένων δοσιμετρικών κατανομών με κλινικές μετρήσεις.

### Σχεδιασμός επικύρωσης

| Δέσμη | Πεδία | Γεωμετρία | Αξιολόγηση |
|---|---|---|---|
| **TrueBeam 6 MV** | 6×6, 10×10, 15×15 cm² | SSD 100 cm · water phantom | PDD · Προφίλ · 1D γ |

Η ίδια πηγή PHSP χρησιμοποιείται για τη σύγκριση αρχικών και βελτιστοποιημένων ρυθμίσεων transport/scoring.

# Μέθοδοι & Υλικά

## Από τα IAEA PHSP στην προσομοίωση και τη σύγκριση μετρήσεων

**IAEA PHSP** — Αρχεία σωματιδίων
› **Μετατροπή** — Μονάδες / ιδιότητες
› **ROOT PHSP** — Συμβατή πηγή
› **GATE 10** — Particle transport
› **Scoring / detector** — Απόκριση ανιχνευτή
› **Επικύρωση** — Σύγκριση μετρήσεων

### Διάταξη και δοσιμετρική ανάλυση

Water phantom, SSD 100 cm και τετραγωνικά πεδία 6×6, 10×10 και 15×15 cm².

Προσομοίωση απόκρισης ανιχνευτή και υπολογισμός PDD, πλευρικών προφίλ και 1D gamma.

Οι ρυθμίσεις transport και scoring μεταβλήθηκαν χωρίς αλλαγή της μετατρεπόμενης πηγής PHSP.

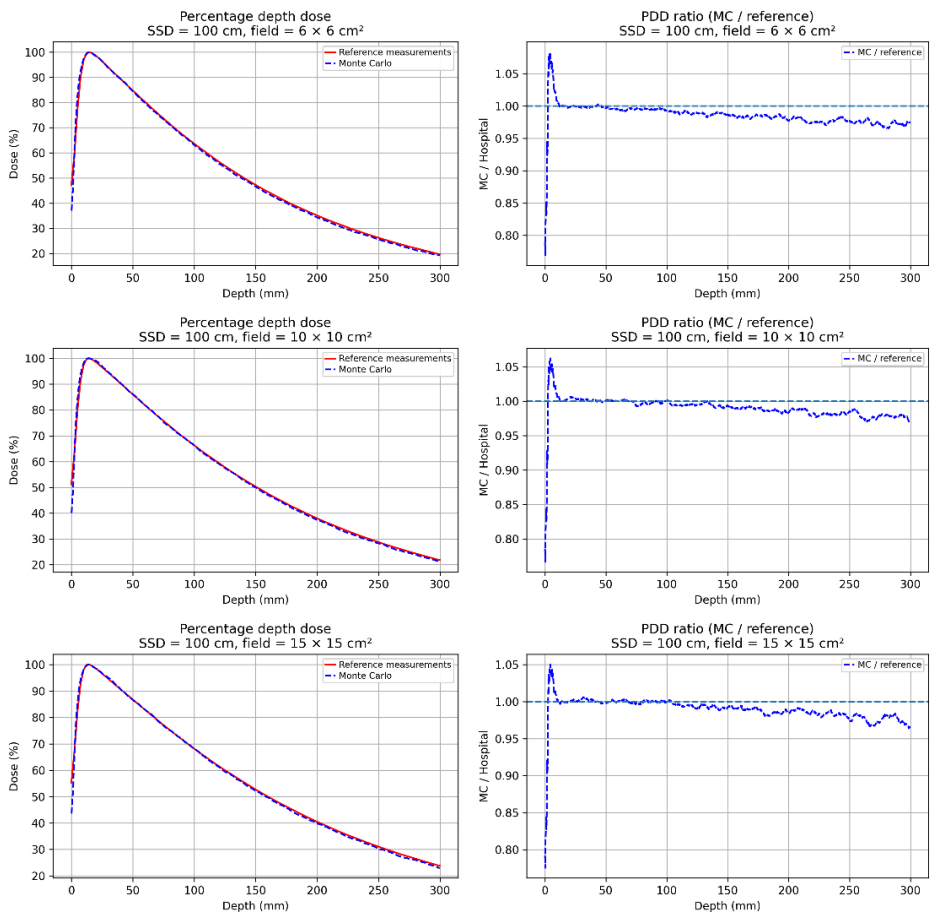
### Ρυθμίσεις προσομοίωσης

| Διαμόρφωση | Πλέγμα | Transport |
|---|---|---|
| **Αρχική** | 2×2×1 mm³ | Default |
| **Βελτιστοποιημένη** | 0,8×0,8×0,8 mm³ | Refined cuts / max step |

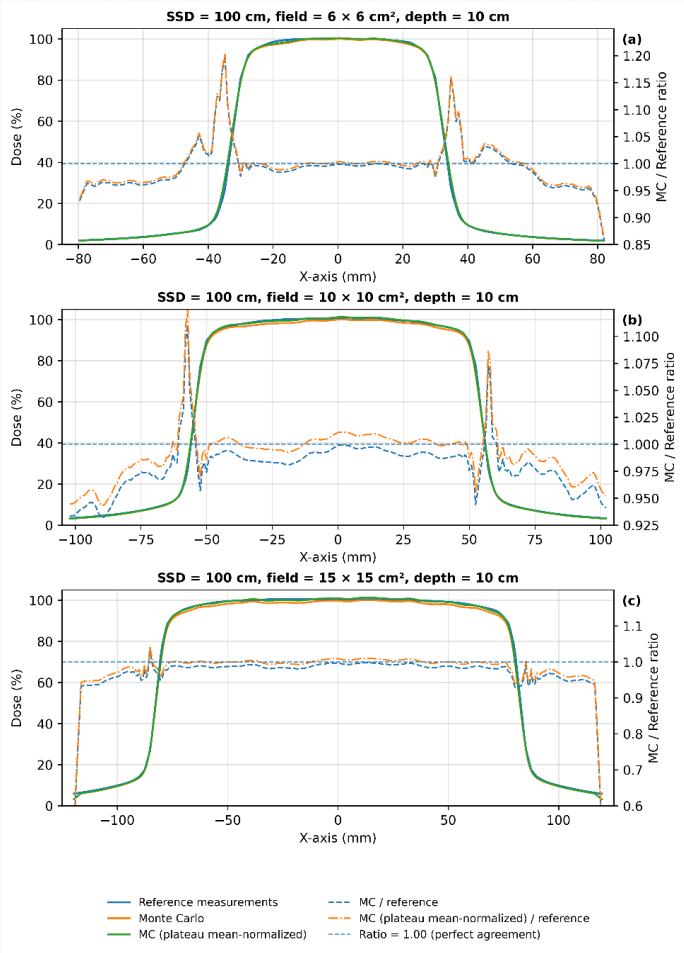
# Αποτελέσματα

## Δοσιμετρική σύγκριση με κλινικές μετρήσεις

### Καμπύλες Δόσης Βάθους - PDD




### Πλευρικά προφίλ δόσης




### Ποσοτικά αποτελέσματα

| Πεδίο | ΔDmax (mm) | PDD (10) pp | PDD (20) pp | PDD γ 2%/2mm |
|---|---|---|---|---|
| 6×6 | +0,09 | −0,65 | −0,64 | 99,83% |
| 10×10 | −0,10 | −0,40 | −0,47 | 99,92% |
| 15×15 | +0,58 | −0,35 | −0,52 | 100% |

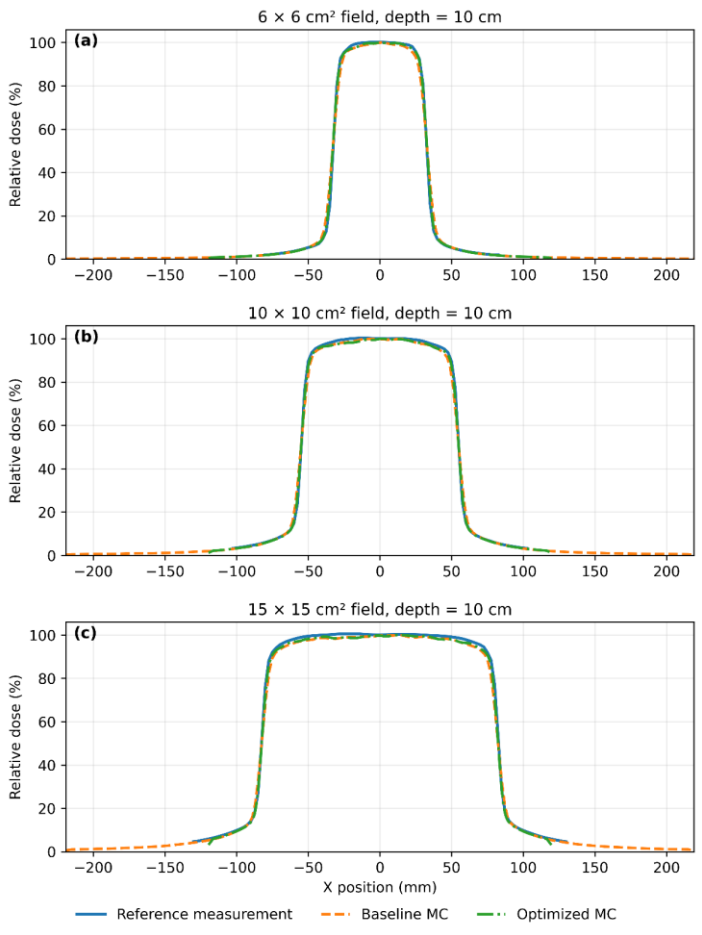
**PDD γ (2%/2 mm)**

**99,83–100%**

# Συμπεράσματα

## Επίδραση της βελτιστοποίησης transport και scoring

### Σύγκριση προφίλ




### Αρχική vs Βελτιωμένη

| Μετρούμενο Μέγεθος | Αρχική | Βελτιωμένη |
|---|---|---|
| **Σφάλμα dmax** | ~3–4 mm | ≤0,58 mm |
| **Σφάλμα PDD(10)** | ~7% | <1% |
| **Απόκλιση penumbra** | ~2,3–2,4 mm | ≤0,61 mm |
| **PDD γ (2%/2 mm)** | 2,94–3,44% | 99,83–100% |

### Στατιστική αβεβαιότητα MC

CAX στο dmax: 1,33–1,58% | CAX στα 10 cm: 1,69–1,91%
P95: plateau ≤1,70% | penumbra ≤2,52%

### Κύρια συμπεράσματα

- Η μετατροπή των IAEA PHSP σε ROOT επέτρεψε τη χρήση της δέσμης TrueBeam 6 MV ως πηγής στο GATE 10.
- Οι βελτιστοποιημένες ρυθμίσεις transport και scoring βελτίωσαν αισθητά τη συμφωνία PDD και προφίλ με τις μετρήσεις.
- Η επικύρωση πρέπει να περιλαμβάνει όλη την αλυσίδα: PHSP → transport → scoring → ανιχνευτής.

# Βιβλιογραφία

## Επιλεγμένη βιβλιογραφία και πηγές δεδομένων

[1] **Sarrut D. et al.** Physics in Medicine & Biology, 2026; 71:015042.

[2] **Krah N. et al.** Physics in Medicine & Biology, 2026; 71:015043.

[3] **Chetty IJ. et al.** Medical Physics, 2007; 34:4818–4853.

[4] **IAEA Phase-Space Database.** https://www-nds.iaea.org/phsp/