ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΟΛΥΜΕΤΡΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ ΣΕ ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΕΣΜΗ ΜΙΚΡΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ

Γ. Μανουσαρίδης, Κ. Χουρδάκης, Β. Καμενοπούλου
Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
ΤΘ 60092, 15310 Αγία Παρασκευή
gmanous@eeae.gr

Περίληψη

Η μέτρηση της δόσης σε ορθοπαντομογράφους είναι συχνά προβληματική λόγω της δυσκολίας τοποθέτησης των δοσιμέτρων σε επαρκών διαστάσεων ομοιογενές τμήμα της δέσμης. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται αποκλίσεις έως 60% μεταξύ των μετρήσεων.
Με σκοπό τη διαπίστωση της εξάρτησης των μετρήσεων των παραμέτρων της ακτινολογικής δέσμης σε πεδία τέτοιων διαστάσεων, έγινε προσομοίωση της δέσμης των πανοραμικών συστημάτων (τυπικά 5mm) και έγιναν μετρήσεις μεταβάλλοντας τη θέση και τη γωνία του πολυμέτρου σε σχέση με τον άξονα της δέσμης χρησιμοποιώντας τρία πολύμετρα ακτίνων-Χ με δυνατότητα μέτρησης δόσης (air kerma εισόδου) σε ορθοπαντομογράφους. Συγκεκριμένα μετρήθηκαν τα όργανα Piranha dental (RTI), Mult-O-meter 512L (Unfors) και Xi (Unfors).
Από τις μετρήσεις προκύπτει ότι οι μετρήσεις στην ομοιογενή περιοχή της δέσμης είναι αξιόπιστες για όλα τα όργανα που ελέγχθηκαν. Παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά στα όρια του πεδίου, πιθανόν λόγω των διαφορών στις φυσικές διαστάσεις των ανιχνευτών που χρησιμοποιούν. Διαφέρει δηλαδή η ανοχή των οργάνων σε σφάλμα τοποθέτησης ως προς τον άξονα της δέσμης τόσο όσον αφορά τη γωνία όσο και τη μετατόπιση κάθετα στον άξονα.
Ένα από τα όργανα (RTI Piranha) διαθέτει σύστημα ελέγχου της ορθής τοποθέτησης. Από τις μετρήσεις προκύπτει ότι το σύστημα αυτό ειδοποιεί έγκαιρα για εσφαλμένη τοποθέτηση του οργάνου τόσο όσον αφορά τη γωνία του ανιχνευτή όσο και με τη θέση του σε σχέση με τον άξονα της δέσμης. Τα άλλα όργανα δεν διαθέτουν τέτοιο σύστημα, συνεπώς η ακριβής τοποθέτησή τους πρέπει να διασφαλίζεται με άλλον τρόπο ώστε οι μετρήσεις τους να είναι ασφαλείς.

Λέξεις- κλειδιά: Ορθοπαντομογράφος, έλεγχος ποιότητας, διαγνωστικά επίπεδα αναφοράς, μέτρηση δόσης.

Abstract

Dose measurement in orthopantomographs is often impeded due to the difficulty of accurately positioning a dosimeter within a sufficiently sized homogeneous part of the x-ray beam. Deviation reported in literature can be up to 60% among measurements.

In order to define the dependence of the measurements of x-ray beam parameters in fields of such size, a simulation of panoramic x-ray beam was made (typically 5mm wide) and measurements were performed with varying the position and angle of each multimeter related to the x-ray beam axis using three x-ray multimeters that can measure dose (incident air kerma) in orthopantomographs. The instruments in question were the Piranha Dental (RTI), Mult-O-Meter 512L (Unfors) and Xi (Unfors)

The outcome of these measurements showed that when positioned accurately within the homogeneous part of the field all instruments provide reliable values. They present different response around the field margins, possibly due to different physical dimensions of the sensors used, i.e. the tolerance of the instruments to positioning error in both linear and angular respect compared to beam axis.

One of the instruments (RTI Piranha) has a positioning aid system. The results of measurements showed that this system accurately reports erroneous positioning of the instrument regarding the beam of the axis both in angular and liner shift. The other instruments do not provide such a system, so accurate positioning must be provided with other means in order to achieve reliable measurements.

Keywords: Orthopantomograph, quality control, dose reference level, dose measurement.

1. Εισαγωγή

Οι ορθοπαντομογράφοι ή αλλιώς πανοραμικά ακτινογραφικά συστήματα είναι μηχανήματα που παράγουν την εικόνα μιας καμπύλης επιφάνειας (της γνάθου) μέσω μιας σύνθετης κίνησης μιας λεπτής δέσμης ακτίνων Χ γύρω από τη γνάθο του ασθενή. Το πλάτος της δέσμης πρέπει να είναι αρκετά μικρό (τυπικά 5mm) ώστε να επιτευχθεί εικόνα ικανοποιητικής ποιότητας. Επίσης, όσο μικρότερες είναι οι διαστάσεις της δέσμης τόσο καλύτερη είναι η απεικονιστική ικανότητα του συστήματος.
Τόσο η νομοθεσία (Ελληνική Δημοκρατία, 2001), (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, 1999) η διεθνής βιβλιογραφία (National Council on Radiation Protection and Measurements, 2003) όσο και οι κατασκευαστές τέτοιων μηχανημάτων θέτουν προδιαγραφές για τις διαστάσεις της δέσμης αυτής. Συνεπώς, προκειμένου να γίνουν μετρήσεις δοσιμετρικών μεγεθών είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται όργανα μέτρησης με κατάλληλου πλάτους αισθητήρες οι οποίοι θα πρέπει να τοποθετούνται στο κέντρο της δέσμης ώστε οι μετρήσεις να είναι αξιόπιστες (International Atomic Energy Agency, 2007). Οι κατασκευαστές οργάνων μέτρησης διαθέτουν από πολύ καιρό πολύμετρα που ισχυρίζονται πως μπορούν να μετρήσουν με ακρίβεια τη δόση ακόμη και σε τόσο μικρά σε πλάτος πεδία. Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) διαθέτει τρία τέτοια πολύμετρα. Με την παρούσα εργασία επιχειρείται η αξιολόγηση της αξιοπιστίας των μετρήσεων των οργάνων αυτών σε δέσμη μικρού πλάτους και το εύρος του πιθανού σφάλματος τοποθέτησης μέσα στο οποίο διατηρείται η προαναφερθείσα αξιοπιστία, ή αλλιώς ο προσδιορισμός των συνθηκών υπό τις οποίες οι μετρήσεις σε ορθοπαντομογράφους με τα όργανα αυτά είναι αξιόπιστες.

2. Μέθοδος

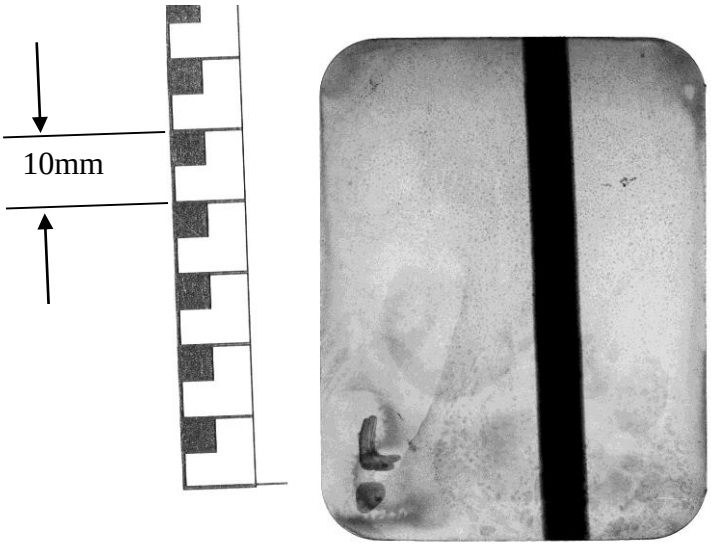
Για την αξιολόγηση των πολυμέτρων σύμφωνα με τα παραπάνω, θα πρέπει να εξασφαλίζονται τα εξής:

- Δέσμη ακτίνων Χ με πλάτος συγκρίσιμο με το τυπικό μιας δέσμης ορθοπαντομογράφου, όσον αφορά το πλάτος (~5mm) και την ενέργεια (60-80 kV).
- Σύστημα μετατόπισης του οργάνου σε σχέση με τον άξονα της δέσμης, το οποίο να εξασφαλίζει με επαναλήψιμο τρόπο τη μετατόπιση ως προς τη γωνία και τη θέση.
- Κάλυψη, με επαρκή λεπτομέρεια, του επιθυμητού πεδίου της μελέτης, δηλαδή όλων των θέσεων γωνίας και οριζόντιας μετατόπισης όπου τα όργανα δίνουν τιμές για τη δόση (σωστές ή όχι).

2.1. Δημιουργία δέσμης ακτίνων Χ.

Στο υποπρότυπο Εργαστήριο Βαθμονόμησης Οργάνων Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών (ΕΒΟΙΑ) της ΕΕΑΕ βρίσκεται εγκατεστημένο ένα οδοντιατρικό ακτινογραφικό σύστημα για ενδοστοματικές ακτινογραφίες τύπου Prostyle Intra της εταιρείας Planmeca. Το

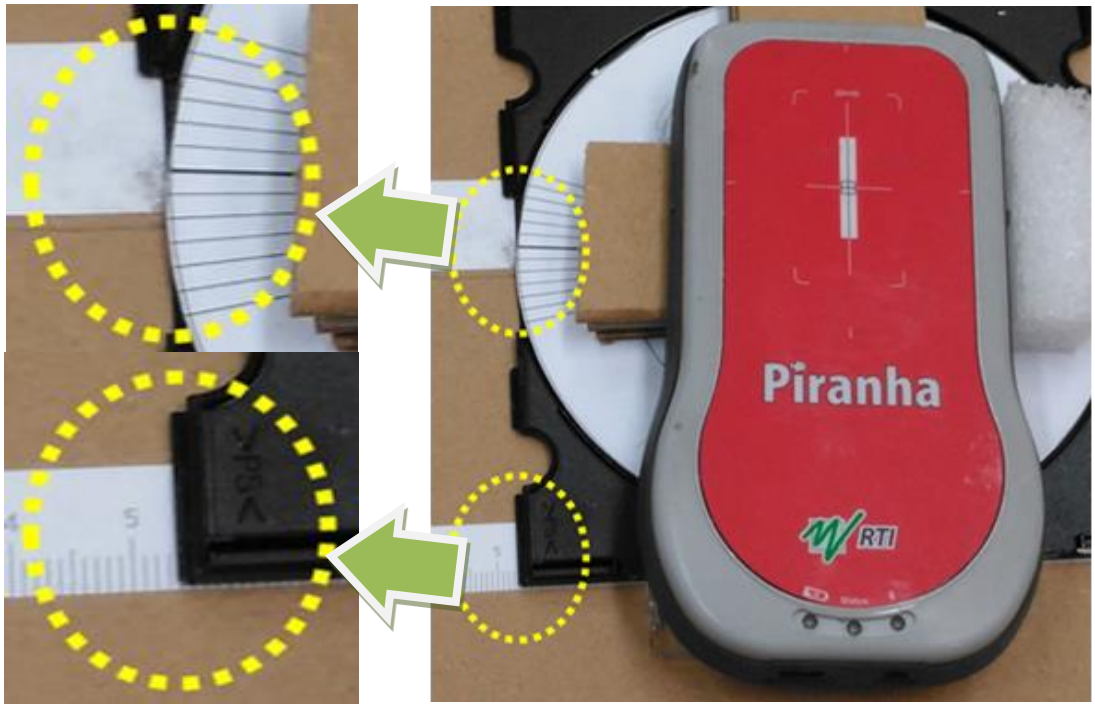
σύστημα αυτό έχει τη δυνατότητα παραγωγής δέσμης ακτίνων X με υψηλή τάση από 60 kV ως 70kV, χρόνο έκθεσης από 0,03s ως 3,2s και ρεύμα λυχνίας από 2mA ως 8mA.
Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι ικανά να προσομοιάσουν ένα πανοραμικό σύστημα όσον αφορά την ενέργεια και την παροχή της λυχνίας. Η δέσμη όμως έχει κυκλική διατομή διαμέτρου 60mm. Προκειμένου να δημιουργηθεί δέσμη ορθογώνιας διατομής με πλάτος 5mm χρησιμοποιήθηκε ένας δίσκος μολύβδου διαμέτρου 60mm και πάχους 1mm περίπου, ο οποίος κόπηκε κατά μήκος μιας διαμέτρου του. Οι δύο ημικυκλικοί δίσκοι τοποθετήθηκαν με τρόπο ώστε να υπάρχει απόσταση 2mm μεταξύ τους και σταθεροποιήθηκαν πάνω σε ένα λεπτό χαρτόνι. Τέλος, η διάταξη αυτή τοποθετήθηκε στην άκρη ενός χαρτονένιου κυλίνδρου με μήκος 30 εκατοστά ώστε να διασφαλίζεται η απόσταση από το όργανο μέτρησης. Στην απόσταση αυτή η δέσμη έχει πλάτος 5 mm το οποίο επιβεβαιώθηκε με ακτινογράφηση φιλμ όπως φαίνεται στην Εικόνα 1



Εικόνα 1. Δέσμη X.

2.2 Σύστημα μετακίνησης του οργάνου στη δέσμη.

Οι μετρήσεις απαιτούν σημαντική ακρίβεια τοποθέτησης, η οποία επιτεύχθηκε με μια ιδιοκατασκευή.
Η ιδιοκατασκευή αυτή επιτρέπει την οριζόντια μετακίνηση μιας πλαστικής βάσης με ακρίβεια 1mm. Η οριζόντια μετακίνηση χωρίς περιστροφή επιτυγχάνεται με τη χρήση δύο οδηγών εκατέρωθεν της βάσης. Η μέτρηση της μετακίνησης γίνεται με τη χρήση ενός χάρτινου κανόνα με υποδιαιρέσεις 1mm. Το πιθανό σφάλμα τοποθέτησης είναι 0,5 mm.
Η γωνιακή μετατόπιση του οργάνου επιτυγχάνεται με την περιστροφή ενός δίσκου σε ελεγχόμενη γωνία. Οι υποδιαιρέσεις είναι $2,5^{o}$. Το πιθανό σφάλμα τοποθέτησης είναι περίπου 1°.
Το σύστημα μετακίνησης του οργάνου φαίνεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2. Σύστημα μετακίνησης του οργάνου στη δέσμη.

2.3. Μεθοδολογία των μετρήσεων.

Οι μετρήσεις έγιναν σαρώνοντας το πεδίο ακτινοβόλησης με οριζόντια μετάθεση 1 mm κάθε φορά με δεδομένη γωνία, αλλαγή της γωνίας κατά ένα βήμα (2,5^{o}) και επανάληψη της σάρωσης με οριζόντια μετάθεση προς την αντίθετη φορά. Το εύρος της οριζόντιας μετατόπισης ήταν περίπου 10 mm ενώ το εύρος των γωνιών περίπου 20°.
Η οριζόντια μετατόπιση έγινε με σημείο αναφοράς τον τοποθετημένο κανόνα, καθώς το μέσο της δέσμης ήταν δύσκολο να προσδιοριστεί εκ των προτέρων.

3. Αποτελέσματα

3.1 RTI Piranha Dental.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το RTI Piranha Dental φαίνονται παρακάτω (Πίνακας 1). Η χρωματική κωδικοποίηση διευκολύνει τον εντοπισμό των ορθών και εσφαλμένων τιμών του Ki και των θέσεων στις οποίες αντιστοιχούν.
Στη θέση 31 mm παρατηρείται απόλυτη συμφωνία των μετρήσεων ανεξαρτήτως της γωνίας της δέσμης για εύρος γωνιών 15°, ενώ για οριζόντια μετάθεση 1 mm εκατέρωθεν των 31 mm παρατηρούνται ορθές τιμές για σημαντικό εύρος γωνιών. Συνολικά υπάρχουν 15 διακριτές θέσεις όπου η τιμή της δόσης είναι αξιόπιστη.

Πίνακας 1. Αποτελέσματα μετρήσεων kerma εισόδου (K_i) για το RTI Piranha Dental

K_i (mGy)				**Γωνία**			
Θέση (mm)	**-5**	**-2.5**	**0**	**2.5**	**5**	**7.5**	**10**
28				0.171	0.213	0.019	0.207
29		0.289	0.283	0.306	0.300		0.291
30		0.312	0.315	0.317	0.316	0.299	0.311
31	0.317	0.316	0.317	0.318	0.317	0.316	0.317
32		0.308	0.315	0.318	0.300	0.316	0.317
33		0.249	0.287	0.242		0.296	0.221
34		0.046	0.032	0.016		0.141	

Οι μετρούμενες τιμές υψηλής τάσης (Πίνακας 2) παρουσιάζουν αντιστοιχία με τις τιμές του K_i.

Πίνακας 2. Αποτελέσματα μετρήσεων υψηλής τάσης για το RTI Piranha Dental

Υψηλή τάση (kV)				**Γωνία**			
Θέση (mm)	**-5**	**-2.5**	**0**	**2.5**	**5**	**7.5**	**10**
28				66.077	46.946		
29		83.742	76.321	70.269	61.780		56.053
30		75.699	70.238	71.849	72.691	69.165	67.950
31	71.871	71.119	71.288	72.068	71.209	70.739	70.808
32		66.099	69.967	72.614	81.202	71.567	86.530
33		59.039	68.046	79.939			
34			55.627				

Υπάρχουν 14 διακριτές θέσεις όπου συνδυαστικά οι τιμές Ki και υψηλής τάσης είναι ορθές.

Το Piranha Dental έχει δύο επί μέρους αισθητήρες για τις μετρήσεις του, οι οποίοι βρίσκονται ελαφρά μετατοπισμένοι εκατέρωθεν του διαμήκους άξονα της ευαίσθητης επιφάνειας του ανιχνευτή. Υπολογίζοντας το λόγο των μετρήσεων των δύο αισθητήρων το όργανο επιβεβαιώνει πως η μέτρηση γίνεται σε ομοιογενές τμήμα της δέσμης X.
Όταν ο λόγος κυμαίνεται από 0.95-1.05, η μέτρηση θεωρείται αξιόπιστη.
Αξιολογώντας και αυτή την παράμετρο, παρατηρούμε πως όταν η μέτρηση αξιολογηθεί ως αξιόπιστη σπανίως οι μετρήσεις είναι λανθασμένες. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται μία περίπτωση για τις μετρήσεις τάσης και δύο για τις μετρήσεις K_i σε σύνολο 20 μετρήσεων που χαρακτηρίστηκαν ως αξιόπιστες ενώ στην περίπτωση χαρακτηρισμού της μέτρησης ως αναξιόπιστης έχουμε εσφαλμένη τιμή σε 44 μετρήσεις τάσης και 30 μετρήσεις K_i σε σύνολο 46 «αναξιόπιστων» μετρήσεων.

Πίνακας 3. Έλεγχος συστήματος αξιολόγησης της μέτρησης

Αξιολόγηση μέτρησης	Μετρήσεις τάσης		Μετρήσεις K_i	
	Σωστές (+/- 3kV)	Λάθος	Σωστές (+/- 5%)	Λάθος
Αξιόπιστη	19	1	18	2
Αναξιόπιστη	2	44	16	30

3.2 Unfors Mult-O-Meter 512L

Με αντίστοιχο τρόπο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το Unfors Mult-O-Meter 512L (Πίνακας 4 και Πίνακας 5).
Στη θέση 27mm και 28 mm παρατηρείται το μέγιστο εύρος τιμών γωνίας (15°) για το οποίο έχουμε σταθερές τιμές K_i ενώ υπάρχει ένα εύρος 3 ως 4 mm μέσα στο οποίο οι μετρήσεις είναι σταθερές, το κέντρο του όμως μετατίθεται ανάλογα με τη γωνία. Συνολικά παρατηρούνται 28 διακριτές θέσεις με παρεμφερείς μετρούμενες τιμές K_i.
Στις μετρήσεις τάσης, παρατηρούνται αντίστοιχα 21 διακριτές θέσεις με ορθή μετρούμενη τιμή, όμως αυτές δε συμβαδίζουν με τις αντίστοιχες θέσεις του K_i.
Υπάρχουν 13 διακριτές θέσεις όπου συνδυαστικά οι τιμές Ki και υψηλής τάσης είναι ορθές.

Πίνακας 4. Αποτελέσματα μετρήσεων kerma εισόδου (K_i) για το Unfors Mult-O-Meter 512L

ESAK (mGy)	Γωνία								
Θέση (mm)	**-10**	**-7.5**	**-5**	**-2.5**	**0**	**2.5**	**5**	**7.5**	**10**
24				0.018	0.052	0.096	0.153	0.243	0.26
25	0.090	0.014	0.076	0.114	0.136	0.270	0.293	0.295	0.298
26	0.032	0.103	0.236	0.267	0.238	0.298	0.298	0.298	0.298
27	0.204	0.236	0.298	0.298	0.298	0.299	0.298	0.297	0.293
28	0.295	0.295	0.298	0.297	0.297	0.297	0.297	0.270	0.156
29	0.299	0.298	0.297	0.297	0.284	0.276	0.256	0.114	0.057
30	0.297	0.296	0.259	0.251	0.215	0.140	0.057	0.028	0.013
31	0.283	0.284	0.091	0.11	0.044	0.032	0.011	0.01	0.009
32	0.219	0.145	0.013	0.011	0.011	0.090	0.008	0.008	0.008

Πίνακας 5. Αποτελέσματα μετρήσεων υψηλής τάσης για το Unfors Mult-O-Meter 512L

Υψηλή τάση (kV)	Γωνία								
Θέση (mm)	**-10**	**-7.5**	**-5**	**-2.5**	**0**	**2.5**	**5**	**7.5**	**10**
25		92.5	80.8	88.4	104				
26	67	70.5	71.1	72.5	71.8	80.1			
27	69.1	69.1	69.6	69.5	69.85	67.7	67.7	63.2	66.2
28	69.1	69.4	69	69.4	69.3	69.1	67.1	63.6	63.8
29	65.5	69	68.1	69.8	69.2	69.4	69	68.7	68.6
30	63.3	67.9	65.9	67.4	68.2	68.5	67.3	68.3	67.8
31		65		64.3	64.85	64	61.1	61	58.9
32					68.3		74.1	62.6	56.6

3.3 Unfors Xi

Στο Unfors Xi το εύρος των γωνιών όπου παρατηρείται σταθερή τιμή K_i είναι 15° κατά μέγιστο και παρατηρείται μεταξύ των θέσεων 23 mm και 25 mm (Πίνακας 6). Σημειώνεται πως σε αυτές τις θέσεις και μόνο σε αυτές παρουσιάζονται σταθερά παρόμοιες τιμές K_i. Συνολικά παρατηρούνται 19 διακριτές θέσεις με παρεμφερείς μετρούμενες τιμές K_i.
Οι τιμές της υψηλής τάσης παρουσιάζονται παρεμφερείς σε εύρος $12,5^o$ κατά μέγιστο (θέση 25) αλλά παρουσιάζουν διαφορετική κατανομή (Πίνακας 7). Στις μετρήσεις τάσης,

παρατηρούνται αντίστοιχα 17 διακριτές θέσεις με ορθή μετρούμενη τιμή, όμως αυτές δε συμβαδίζουν με τις αντίστοιχες θέσεις του K_i.
Υπάρχουν 15 διακριτές θέσεις όπου συνδυαστικά οι τιμές Ki και υψηλής τάσης είναι ορθές.

Πίνακας 6. Αποτελέσματα μετρήσεων kerma εισόδου (K_i) για το Unfors Xi

ESAK (mGy)	Γωνία									
Θέση (mm)	**-12.5**	**-10.0**	**-7.5**	**-5.0**	**-2.5**	**0.0**	**2.5**	**5.0**	**7.5**	**10.0**
20					0.018	0.019				0.030
21	0.082	0.097	0.050	0.040	0.117	0.163		0.075	0.090	0.207
22	0.250	0.277	0.275	0.301	0.281	0.307	0.272	0.265	0.255	0.285
23	0.314	0.314	0.313	0.314	0.316	0.320	0.326	0.334	0.332	0.333
24	0.319	0.315	0.315	0.315	0.314	0.314	0.317	0.326	0.332	0.331
25	0.331	0.318	0.314	0.313	0.312	0.312	0.314	0.316	0.324	0.285
26	0.327	0.284	0.308	0.296	0.280	0.275	0.296	0.292	0.296	0.183
27	0.165	0.151	0.172	0.236	0.135	0.107	0.129	0.111	0.192	0.073
28	0.042	0.021	0.035	0.046	0.037	0.285	0.209		0.109	0.372

Πίνακας 7. Αποτελέσματα μετρήσεων υψηλής τάσης για το Unfors Xi

Υψηλή τάση (kV)	Γωνία									
Θέση (mm)	**-12.5**	**-10.0**	**-7.5**	**-5.0**	**-2.5**	**0.0**	**2.5**	**5.0**	**7.5**	**10.00**
21				59.92						
22	66.43	66.92	66.24	70.35	92.12					
23	70.32	70.07	69.48	69.98	74.57	77.61	107.30			
24	76.66	70.59	70.37	69.55	70.10	71.24	73.10	91.46	120.51	
25		75.97	70.43	69.87	69.41	69.92	70.38	72.65	85.10	75.41
26			78.18	69.12	67.36	67.22	68.31	68.59	69.34	64.37
27			123.43	67.30	55.00	37.76	51.37	44.03	63.47	
28				62.66					44.24	

Πίνακας 8. Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων

Παράμετρος	**Piranha Dental**	**Unfors Mult-O-Meter 512L**	**Unfors Xi**
Εύρος θέσης-Δόση	3mm	4mm	3mm
Εύρος γωνίας-Δόση	15°	15°	15°
Εύρος θέσης-Τάση	4mm	4mm	4mm
Εύρος γωνίας-Τάση	15°	$12,5^o$	$12,5^o$
Διακριτές θέσεις-Δόση	15	28	19
Διακριτές θέσεις-Τάση	15	21	17
Διακριτές θέσεις-Συνδυασμός	14	13	15

4. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Τα τρία όργανα μέτρησης που δοκιμάστηκαν έχουν δυνατότητα μέτρησης K_i και υψηλής τάσης στην προσομοιωμένη δέσμη X ορθοπαντομογράφου που χρησιμοποιήθηκε. Διέφεραν σε κάποιες λεπτομέρειες η σημαντικότερη των οποίων είναι η μετρούμενη τιμή του Ki στο Unfors Mult-O-Meter 512L, η μέση τιμή της οποίας (στις θέσεις όπου η

τοποθέτηση ήταν καλή σε σχέση με τη δέσμη) είναι μικρότερη κατά περίπου 5% σε σύγκριση με τα άλλα δύο όργανα.
Τη σύγκριση των οργάνων παρουσιάζει συνοπτικά ο Πίνακας 8.
Η μέτρηση είναι εφικτή εφόσον η τοποθέτηση των οργάνων είναι ακριβής.
Το σφάλμα θέσης ως προς τον άξονα της δέσμης είναι το πιο ευαίσθητο σημείο των μετρήσεων αυτών, καθώς οι μετρήσεις είναι αξιόπιστες σε ένα εύρος μόλις 3mm.
Αντιθέτως, το σφάλμα γωνίας επηρεάζει λιγότερο τις μετρήσεις, καθώς σε όλα τα όργανα υπάρχει ανοχή περισσότερο από +/- 5°. Το σφάλμα τοποθέτησης σε τέτοιες περιπτώσεις είναι οφθαλμοφανές, συνεπώς το ενδεχόμενο να επηρεάσει τη μέτρηση μικρότερο.

Βιβλιογραφία

International Atomic Energy Agency. 2007. *Dosimetry in diagnostic radiology, an international code.* Vienna : IAEA, 2007. Technical Report Series TRS 457.
National Council on Radiation Protection and Measurements. 2003. *Radiation protection in dentistry (report no. 145).* Bethesda : NCRP, 2003.
Ελληνική Δημοκρατία. 2001. Κανονισμός Ακτινοπροστασίας. *Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.* Υπ Αποφ Αρ. 1014(ΦΟΡ)94, 2001, Vol. B, 216.
Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης. 1999. *Ιατρικές ηλεκτρικές συσκευές.* Αθήνα : ΕΛΟΤ, 1999. EN 60601-1-3.