

Ιατρική Φυσική

Ε.Κ.Π.Α. 2019-2020

Ε. Στυλιάρης – Π. Παπαγιάννης

Ακτινοπροστασία:

- Βιολογικές επιδράσεις ιοντιζουσών ακτινοβολιών
- **Διεθνές σύστημα ακτινοπροστασίας**

Δοσιμετρία:

- Εξωτερική (υπολογιστική, πειραματική)
- Εσωτερική

Π. Ι. Παπαγιάννης
Αν. Καθ.

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής
Ιατρική Σχολή Αθηνών



210 7462442



ppapagi@med.uoa.gr



<http://mpl.med.uoa.gr/>

<http://www.rdl.gr/>

Πηγές ακτινοβόλησης του ανθρώπου

Πηγές ακτινοβόλησης του ανθρώπου

Φυσικές Πηγές

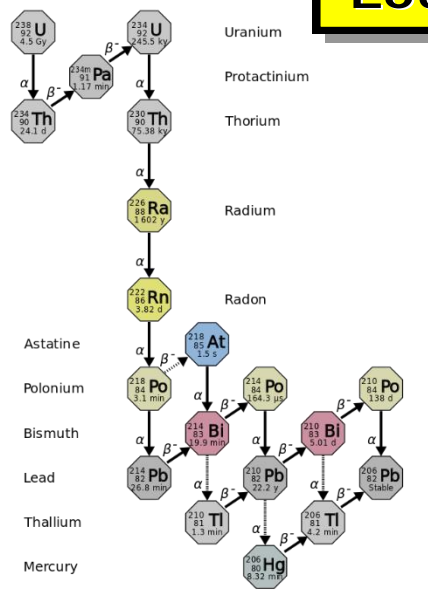
Τεχνητές πηγές

Εσωτερικές

Εξωτερικές

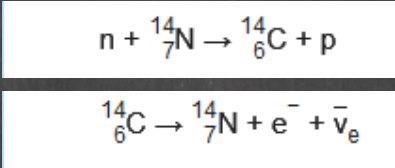
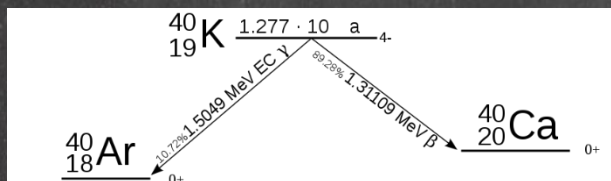
Εσωτερικές

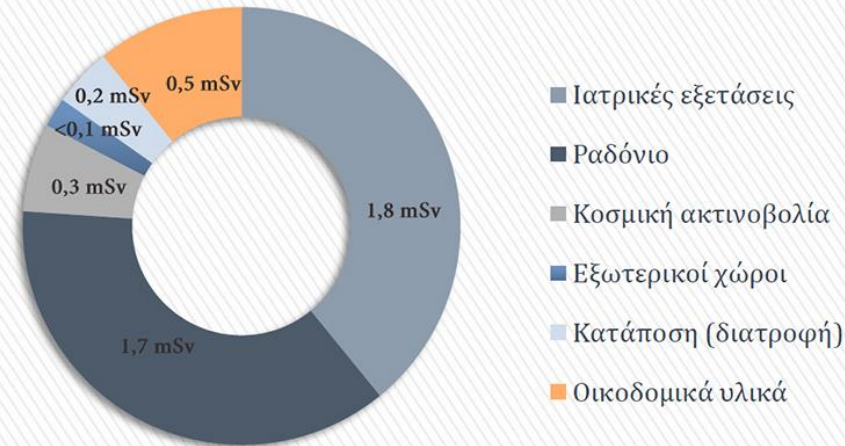
Εξωτερικές



Φυσικά ραδιενεργά:

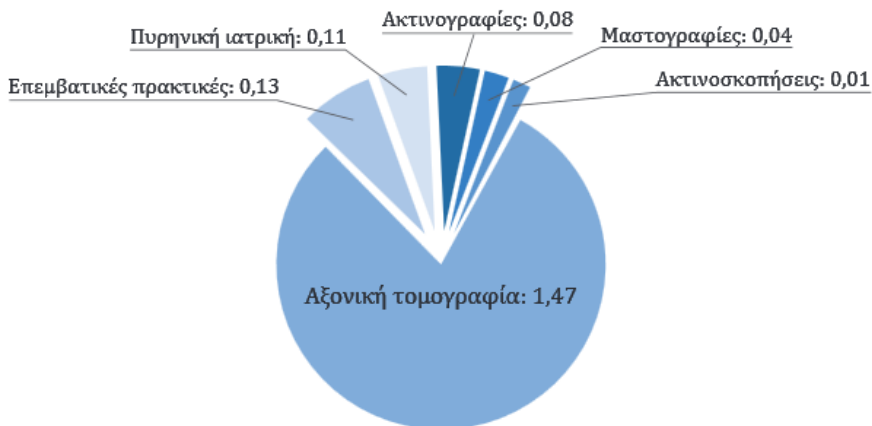
- αρχέγονα (π.χ. ^{238}U , 1,6 mg \leftrightarrow 4,3kBq ^{40}K)
- μη αρχέγονα (π.χ. ^{222}Rn , ^{14}C : $^{12}\text{C}=1.5/10^{12}$)





ΠΡΙΣΜΑ - Ολιστική εκτίμηση της ακτινικής επιβάρυνσης του πληθυσμού και ανάπτυξη εθνικού πληροφοριακού συστήματος για τις ακτινοβολίες (ΓΓΕΤ, Δράση ΚΡΗΠΙΣ, ΕΣΠΑ, 2007-2013)

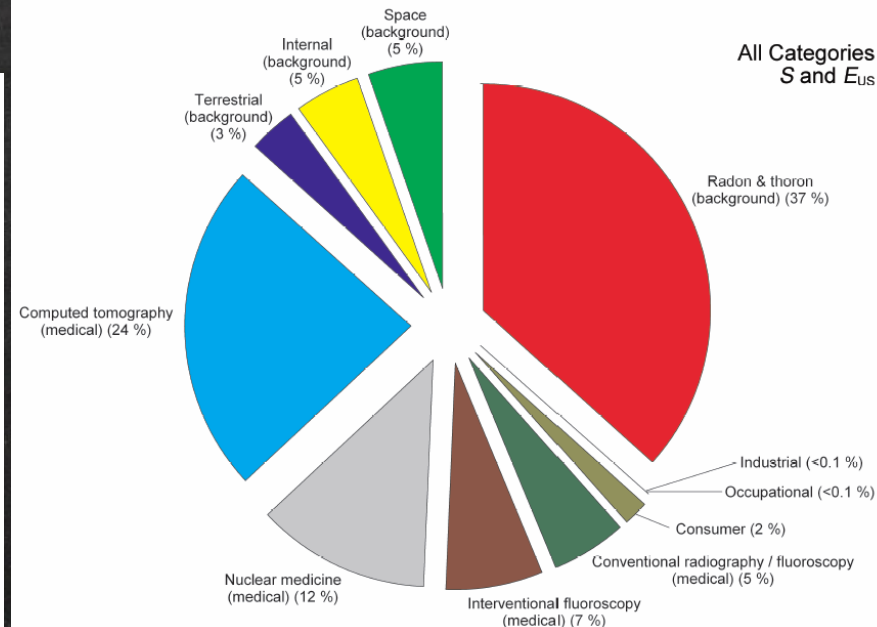
Μέση ετήσια ενεργός δόση ανά άτομο του πληθυσμού από τις ιατρικές διαγνωστικές πρακτικές (mSv)



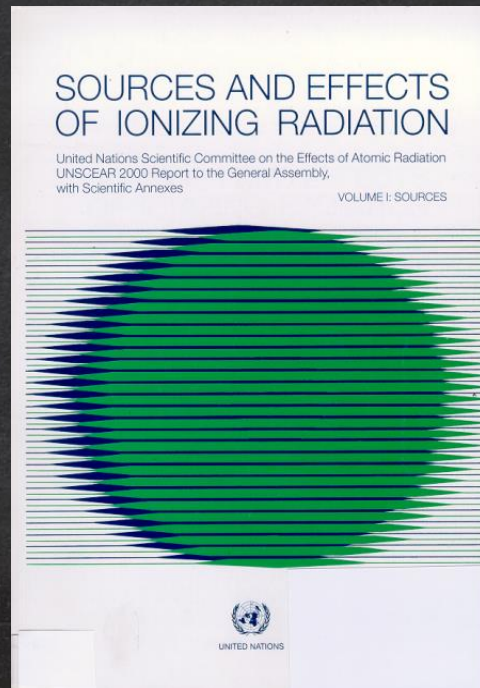
Δεδομένα μέσης ετήσιας ενεργού δόσης (σε mSv)

GR: 4.6 mSv (EEAE 2007-2013)

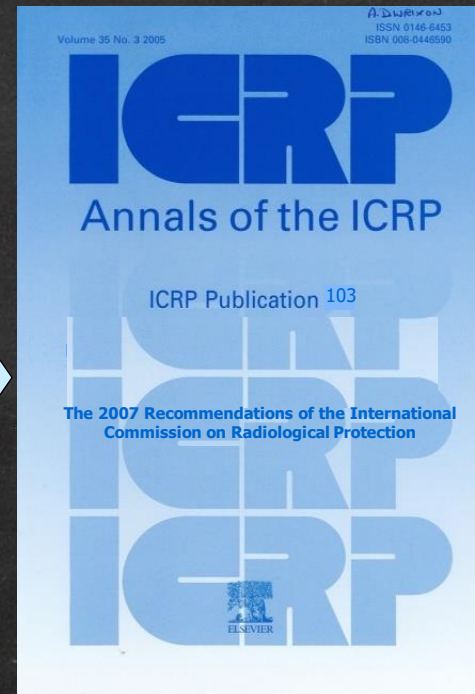
USA: 6.11 mSv (UNSCEAR 2008 REPORT Vol. I SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION)



Επιστημονική βάση της ακτινοπροστασίας Υπάρχουσα γνώση (2007)



Αποτελέσματα
ακτινοβολίας



Συστάσεις
ακτινοπροστασίας

Ρυθμιστικό πλαίσιο Ακτινοπροστασίας,



Διεθνές Επίπεδο

International Atomic Energy Agency (IAEA)

2014 Basic Safety Standards

Ευρωπαϊκή Ένωση

Council Directive 2013/59/EURATOM, 5 Dec. 2013

Εθνικό Επίπεδο

Κανονισμοί Ακτινοπροστασίας Π.Δ. 101 2018 (ΦΕΚ 194/Α)

Διαδικασίες Κανονιστικού Ελέγχου Υ.Α. 45872 2019 (ΦΕΚ 1103/Β)

Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας



Έχει την ευθύνη για τη σύνταξη και την εφαρμογή των κανονισμών ακτινοπροστασίας.

Ελέγχει τις εφαρμογές των ακτινοβολιών

Δοσιμετρεί τους εργαζομένους με ακτινοβολίες.

Παρέχει εκπαίδευση, πληροφορίες, συμβουλές.

Γενικές αρχές του διεθνούς συστήματος ακτινοπροστασίας

Αποσκοπούν στην **αποφυγή**
καθορισμένων (άμεσων) αποτελεσμάτων
και
στον **περιορισμό** της πιθανότητας εμφάνισης
στοχαστικών (απώτερων) αποτελεσμάτων

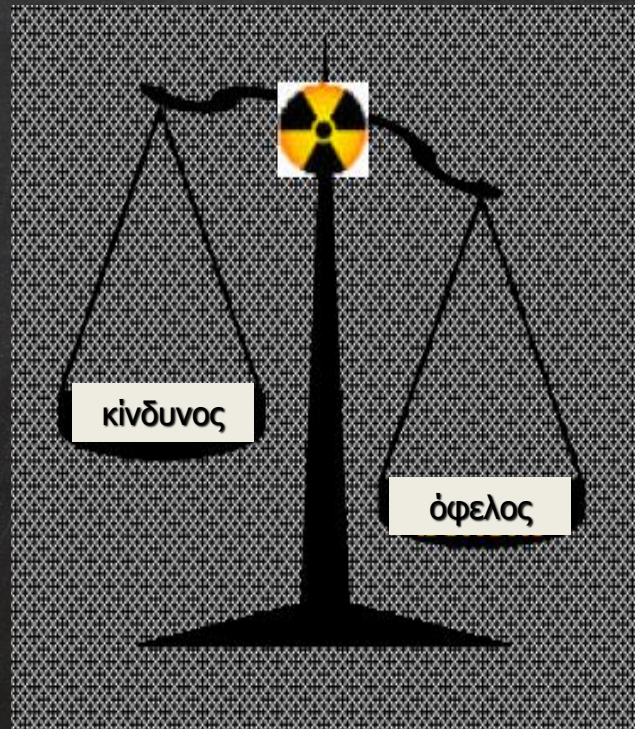
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Αιτιολόγηση
Βελτιστοποίηση
Όρια Δόσεων

Αιτιολόγηση
Βελτιστοποίηση
Όρια Δόσεων

Αιτιολόγηση

Για να εφαρμοστεί μια πρακτική που προϋποθέτει έκθεση σε ακτινοβολία, πρέπει αυτή να προσφέρει καθαρό όφελος στον εκτιθέμενο ή στο κοινωνικό σύνολο.



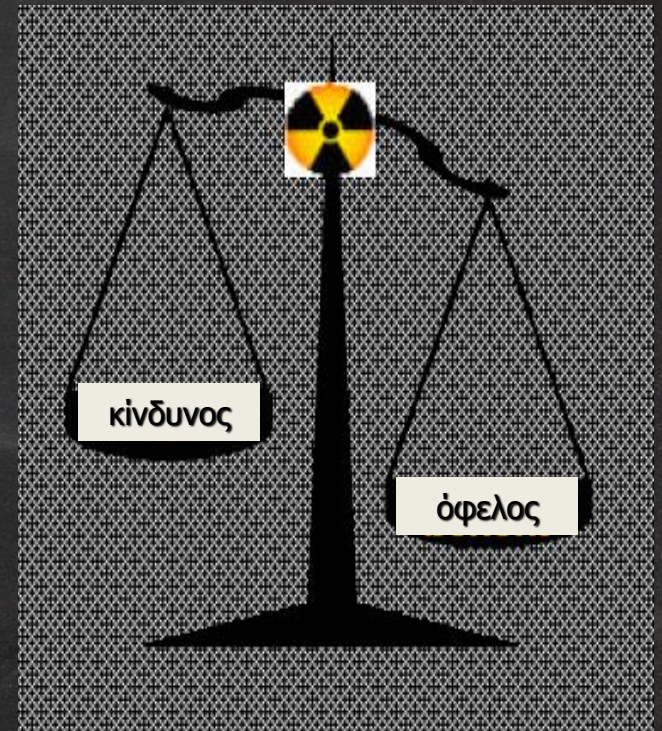
Αιτιολόγηση Ιατρικές εφαρμογές

Κρατικό Επίπεδο

Ειδική Επιτροπή του Υ.Υ.Π.

Ατομικό Επίπεδο

η έκθεση αιτιολογείται με τη συνεργασία παραπέμποντος και θεράποντος ιατρού, με βάση τα ατομικά γνωρίσματα του εκτιθεμένου.





Ευρωπαϊκή Επιτροπή

ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ 118

Οδηγίες για την παραπομπή ασθενών για ακτινολογικές εξετάσεις



ΚΛΙΝΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	ΕΞΕΤΑΣΗ [ΔΟΣΗ]	ΣΥΣΤΑΣΗ [ΒΑΘΜΟΣ]	ΣΧΟΛΙΟ
Συμπτώματα από το μέσο ή έσω ους (συμπεριλαμβανόμενου αίτηρου) A11	CT (II)	Ειδικές εξετάσεις (B)	Η αξιολόγηση αυτών των συμπτωμάτων απαιτεί ΩΡΛ, νευρολογική ή νευροχειρουργική ειδικότητα.
Αιθητηριακή νευρογενής κώφωση (για τα παιδιά βλέπε το τμήμα II) A12	MR (0)	Ειδικές εξετάσεις (B)	Η MR είναι πολύ καλύτερη από την CT, ιδίως για ακουστικά νεurinώματα. Για την κώφωση σε παιδιά βλέπε II4.
Νόσος των παραρινικών κόλπων	XR κόλπου (I)	Δεν ενδείκνυται ως συνήθης διαδικασία (B)	Η πάχυνση του βλεννογόνου είναι μη ειδικό εύρημα και μπορεί να συμβεί σε ασυμπτωματικούς ασθενείς.
(για τα παιδιά βλέπε το τμήμα II) A13	CT (II)	Ειδικές εξετάσεις (B)	Η CT είναι πιο ικανοποιητική και παρέχει μοναδικές πληροφορίες για την ανατομία των στομίων. Τεχνικές χαμηλής δόσης είναι επιθυμητές. Ενδείκνυται όταν αποτύχει η μέγιστη ιατρική θεραπεία, όταν εμφανίζονται επιπλοκές ή εάν υπάρχει υποψία κακοήθειας.
Άνοια και ανωμαλίες μνήμης, πρώτη εκδήλωση ψύχωσης	Ακτινογραφία κρανίου (I)	Δεν ενδείκνυται ως συνήθης διαδικασία (B)	Να εξετάζεται η περίπτωση της εξέτασης εάν η κλινική πορεία είναι ασυνήθιστη ή στους νεότερους ασθενείς.

A. Κεφαλή

Κριτήρια Παραπομπής Ασθενών

Οδ.ΕΕ 97/43

Κ.Α.

Άρθρο 6

Μέρος 1

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Αιτιολόγηση
Βελτιστοποίηση
Όρια Δόσεων

Βελτιστοποίηση (As Low As Reasonably Achievable)

Οι δόσεις στις ιατρικές εκθέσεις θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερες δίνοντας ταυτόχρονα την επιθυμητή διαγνωστική πληροφορία ή θεραπευτικό αποτέλεσμα, λαμβάνοντας υπόψη οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες

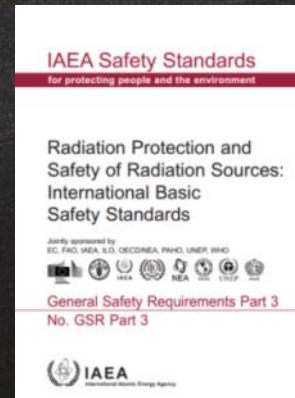
- ✓ Εκπαίδευση
 - ✓ Τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού
 - ✓ Ποιοτικός έλεγχος εξοπλισμού
 - ✓ ... ?

Η δοσιμετρία είναι εργαλείο βελτιστοποίησης

International BSS (GSR Part 3)

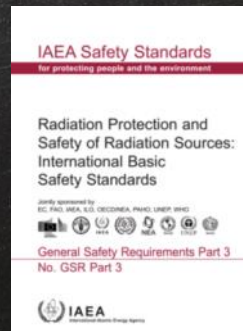
Requirement 38: Optimization of protection and safety

- 3.168. Registrants and licensees shall ensure that dosimetry of patients is performed and documented by or under the supervision of a medical physicist, using calibrated dosimeters and following internationally accepted or nationally accepted protocols, including dosimetry to determine the following:



Η δοσιμετρία είναι εργαλείο βελτιστοποίησης

- (a) For diagnostic radiological procedures, typical doses to patients for common procedures;
- (b) For image guided interventional procedures, typical doses to patients;
- (c) For therapeutic radiological procedures, absorbed doses to the planning target volume for each patient treated with external beam therapy and/or brachytherapy and absorbed doses to relevant tissues or organs as determined by the radiological medical practitioner;
- (d) For therapeutic radiological procedures with unsealed sources, typical absorbed doses to patients.



- Η δόση αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για **διαγνωστικές διαδικασίες** λόγω του δυνητικού κινδύνου για τον εξεταζόμενο. Ο καθορισμός τυπικών τιμών δόσης συνιστά τη βάση για την εφαρμογή μεθόδων βελτιστοποίησης (επίτευξη διαγνωστικού αποτελέσματος με τη χαμηλότερη δυνατή δόση) και επιτρέπει τη χρήση **διαγνωστικών επιπέδων αναφοράς**.
- Στις **θεραπευτικές εφαρμογές**, ο καθορισμός τυπικών τιμών δόσης συνιστά τη βάση για την εφαρμογή μεθόδων βελτιστοποίησης (επίτευξη της χαμηλότερης δυνατής δόσης ιστών εκτός του στόχου, με παράλληλη χορήγηση της απαιτούμενης δόσης σε αυτόν).
- Η εξατομικευμένη δοσιμετρία σε **θεραπευτικές εφαρμογές** επιτρέπει τη βελτιστοποίηση μέσω της κατάρτισης θεραπευτικών πρωτοκόλλων και διεθνών κατευθυντήριων θεραπευτικών οδηγιών.

Διαγνωστικά Επίπεδα Αναφοράς (ΔΕΑ) στην ακτινοδιάγνωση

Τα Διαγνωστικά Επίπεδα Αναφοράς (ΔΕΑ) αποτελούν εργαλείο βελτιστοποίησης της ακτινοπροστασίας ασθενών

- Τα ΔΕΑ είναι επίπεδα δόσης για πρακτικές σε ομάδες ασθενών τυπικού μεγέθους για ευρέως οριζόμενο τύπο εξοπλισμού
 - Δεν είναι όρια δόσεων!!!
 - Δεν αφορούν μεμονωμένα περιστατικά!!!
- Δόσεις συστηματικά υψηλότερες από τα ΔΕΑ υποδεικνύουν μη ορθές πρακτικές (απαιτείται διερεύνηση και πιθανώς διορθωτικές ενέργειες)
- Δόσεις συστηματικά πολύ χαμηλότερες ίσως να υποδεικνύουν χαμηλή ποιότητα εικόνας.

ΕΘΝΙΚΑ ΔΕΑ

Επιφανειακή Δόση Εισόδου (Entrance Surface Dose) ανά πρόσθια λήψη	7,0 mGy
Μέση Αδενική Δόση (Average Glandular Dose) ανά πρόσθια λήψη	1,54 mGy

Ακτινογραφικές εξετάσεις

Κεφαλής ΟΠ/ΠΟ	3,7
Κεφαλής Πλάγια	2,8
Θώρακος ΟΠ	0,35
Θώρακος Πλάγια	1,35
Αυχενικής Μοίρας Σπονδυλικής Στήλης	1,75
Οσφυϊκής Μοίρας Σπονδυλικής Στήλης ΠΟ	7,0
Οσφυϊκής Μοίρας Σπονδυλικής Στήλης Πλάγια	16,0
Λεκάνης-Ισχίων	6,0
NOK	6,5

Air Kerma στην επιφάνεια εισόδου της δέσμης στον ασθενή, συμπεριλαμβανομένης της ακτινοβολίας οπισθοσκέδασης - Entrance Surface Air Kerma (ESAK - mGy)

Εξέταση	Ισότοπο	Χορηγούμενη ενεργότητα (MBq)
Σπινθηρογράφημα οστών	^{99m} Tc	735
Σπινθηρογράφημα θυρεοειδούς	^{99m} Tc	183
Στατικό σπινθηρογράφημα νεφρών (DMSA)	^{99m} Tc	183
Δυναμικό σπινθηρογράφημα νεφρών (DMSA)	^{99m} Tc	540
Σπινθηρογράφημα ήπατος	^{99m} Tc	179
Ραδιοϊσοτοπική κοιλιογραφία (MUGA)	^{99m} Tc	893
Σπινθηρογράφημα αμάτωσης πνευμόνων	^{99m} Tc	180
Σπινθηρογράφημα μυοκαρδίου	²⁰¹ Tl	111
Σπινθηρογράφημα φλεγμονών	⁶⁷ Ga	190
Ολόσωμο σπινθηρογράφημα	¹¹¹ In	125
Σπινθηρογράφημα πρόσληψης θυρεοειδούς αδένα	¹³¹ I	7
Ολόσωμο σπινθηρογράφημα	¹³¹ I	180

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΙΑΣ	Συνολικός χρόνος Ακτινοσκόπησης (min)	KAP (Gycm ²)
Στεφανιογραφία	6	55
Αγγειοπλαστική στεφανιαίας αρτηρίας (1)	18	130
Τοποθέτηση Βηματοδότη	7	35
Κατάλυση με ραδιοσυχνότητες (RF ablation)	40	145
Ακτινοσκοπικός ρυθμός δόσης εισόδου σε ομοίωμα (2)	29mGy/min (20-25 FOV)	
Δόση εισόδου ανά λήψη – frame (CINE) σε ομοίωμα (2)	0.23mGy/frame (20-25 FOV)	

(1): Συμπεριλαμβάνονται όλες οι θεραπευτικές διαδικασίες, ανεξάρτητα από το αν έχει προηγηθεί ή όχι διαγνωστική στεφανιογραφία.

(2): Συνθήκες μέτρησης: Ομοίωμα νερού πάχους 20cm, απόσταση εστίας-δοσιμέτρου 60cm, ελάχιστη απόσταση ομοιώματος-ανιχνευτή εικόνας.

180 Εξετάσεις Αξονικής Τομογραφίας

	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (ανά σάρωση) (mGycm)
Κεφαλής	67	1055
Σπλαχνικό κρανίο	52	605
Έσω ους	63	355
Θώρακος	14	480
Άνω/κάτω κοιλίας	16	760
Θώρακος & Άνω/κάτω κοιλίας	17	1020
Οσφυϊκής Μοίρας Σπονδυλικής Στήλης	35	725

ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

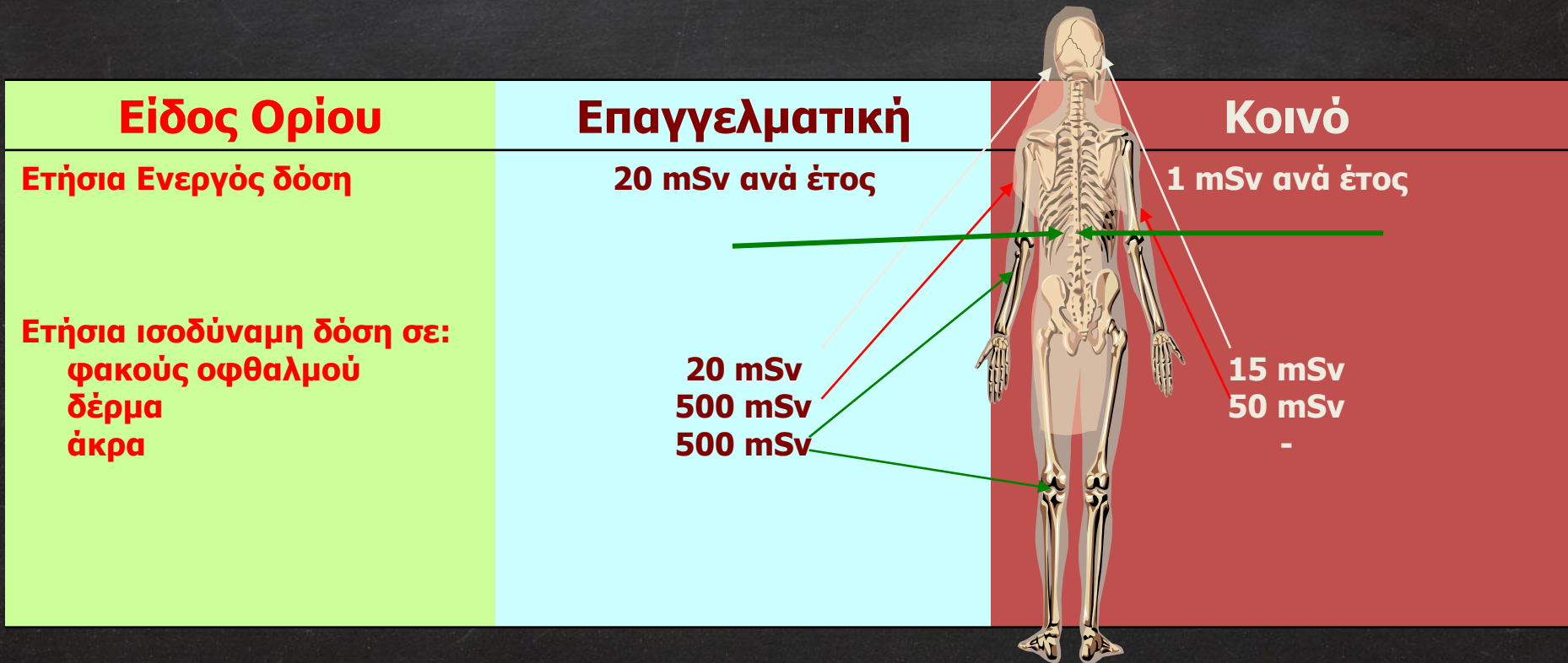
Αρ. Φύλλου 3176

26 Νοεμβρίου 2014

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Απολόγηση
Βελτιστοποίηση
Όρια Δόσεων

Όρια δόσεων για σχεδιασμένες καταστάσεις έκθεσης



ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Ατιολόγηση
Βελτιστοποίηση
Όρια Δόσεων

Όρια δόσεων για επαγγελματικά εκτιθέμενους
20 mSv/έτος

Αν 1000 άτομα δέχονται **20 mSv** κάθε χρόνο για 50 χρόνια

Αναμένονται λόγω της έκθεσης στα 50 χρόνια :

41 θάνατοι από καρκινογένεση.

Δηλαδή περίπου 1 θάνατος ανά έτος

(Ετήσια πιθανότητα $P = 1 / 1,000$)

Επαγγελματικός κίνδυνος

έτος	θάνατοι /	
Βιομηχανία πετρελαίου-αερίου	1 / 600	1 / 1000
Λατομεία	1 / 3,000	
Ανθρακορυχεία	1 / 5,000	
Σιδηρόδρομοι	1 / 6,000	
Οικοδομή	1 / 7,000	
Γεωργία	1 / 9,000	
Χημική Βιομηχανία	1 / 12,000	
Αυτοκινητοβιομηχανία	1 / 70,000	
Βιομηχανία ρούχων	1 / 200,000	

Επαγγελματικός κίνδυνος στην Ελλάδα

	Ετήσια Δόση mSv	Αναμενόμενοι θάνατοι / έτος
Επιτρεπόμενα όρια δόσεων	20.0	1/ 1,000
Επεμβατική καρδιολογία	4.0*	1/ 5,000
Έλληνες εργαζόμενοι	0.6*	1/ 30,000
Ακτινολόγοι	0.6*	1/ 30,000

* Καταγραφείσα Μέση Ετήσια Δόση, στοιχεία ΕΕΑΕ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Αιτιολόγηση
Βελτιστοποίηση
Όρια Δόσεων

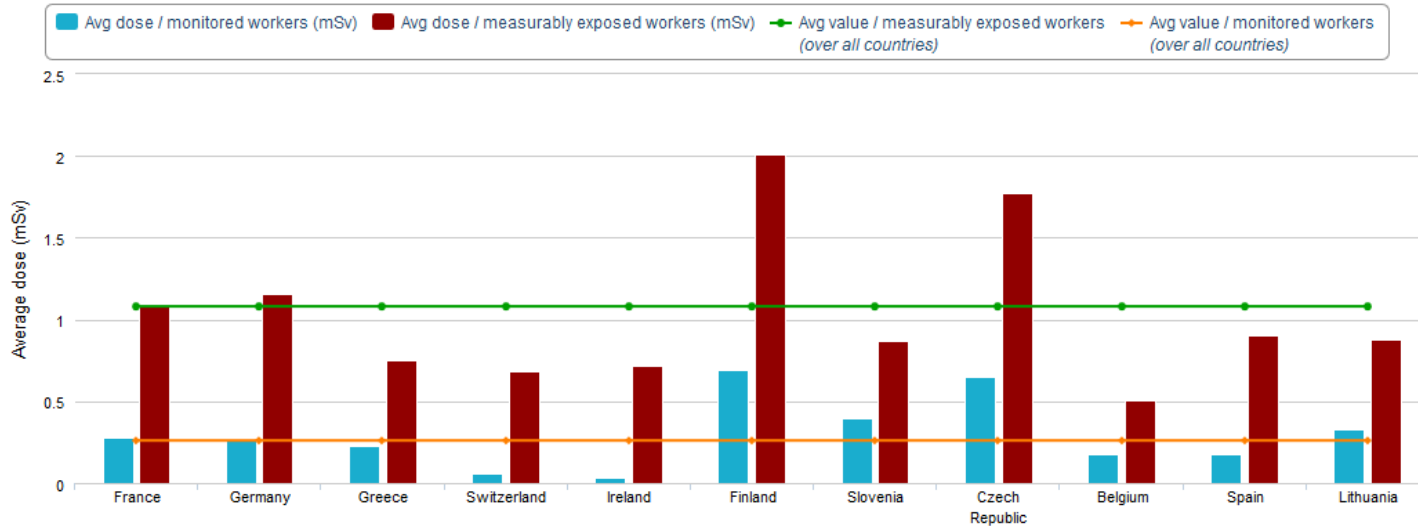
Επαγγελματικός κίνδυνος στην Ελλάδα

Έτος	θάνατοι /	
Βιομηχανία πετρελαίου-αερίου	1 / 600	← ΟΡΙΑ (1/1000)
Λατομεία	1 / 3,000	← ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΟΙ (1 / 5,000)
Ανθρακορυχεία	1 / 5,000	
Σιδηρόδρομοι	1 / 6,000	
Οικοδομή	1 / 7,000	ΝΟΣΗΛΕΥΤΕΣ -
Γεωργία	1 / 9,000	← ΤΕΧΝΟΛΟΓΟΙ (1/10,000)
Χημική Βιομηχανία	1 / 12,000	
Αυτοκινητοβιομηχανία	1 / 70,000	← ΠΥΡ. ΙΑΤΡΟΙ (1 / 14,500)
Βιομηχανία ρούχων	1 / 200,000	

Average individual dose per country and average values over all countries

Year

2013



Detailed values used for this graph

Country	Avg dose / monitored workers (mSv)	Avg dose / measurably exposed workers (mSv)
France	0.28	1.08
Germany	0.26	1.16
Greece	0.23	0.75
Switzerland	0.06	0.68
Ireland	0.03	0.72
Finland	0.69	2.01
Slovenia	0.40	0.87
Czech Republic	0.65	1.77
Belgium	0.18	0.51
Spain	0.18	0.90
Lithuania	0.33	0.88

Βασικοί κανόνες ακτινοπροστασίας

