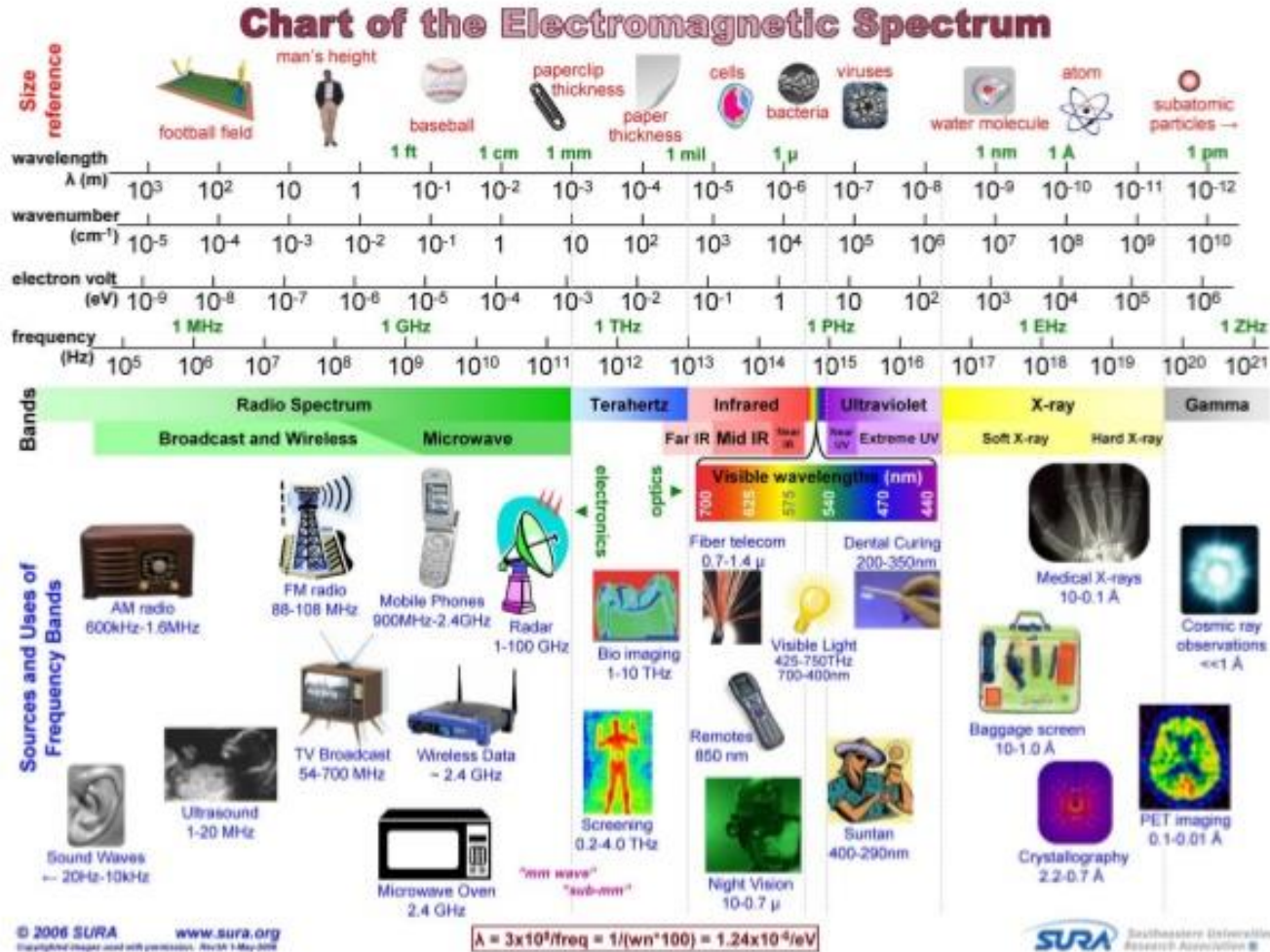


ΚΑΡΚΙΝΟΓΕΝΕΣΗ

ΟΞΥ ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ

ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ

Ιοντίζουσα ακτινοβολία ... Συνυπάρχουμε σε όλη μας τη ζωή!



Πηγές ιοντίζουσας ακτινοβολίας

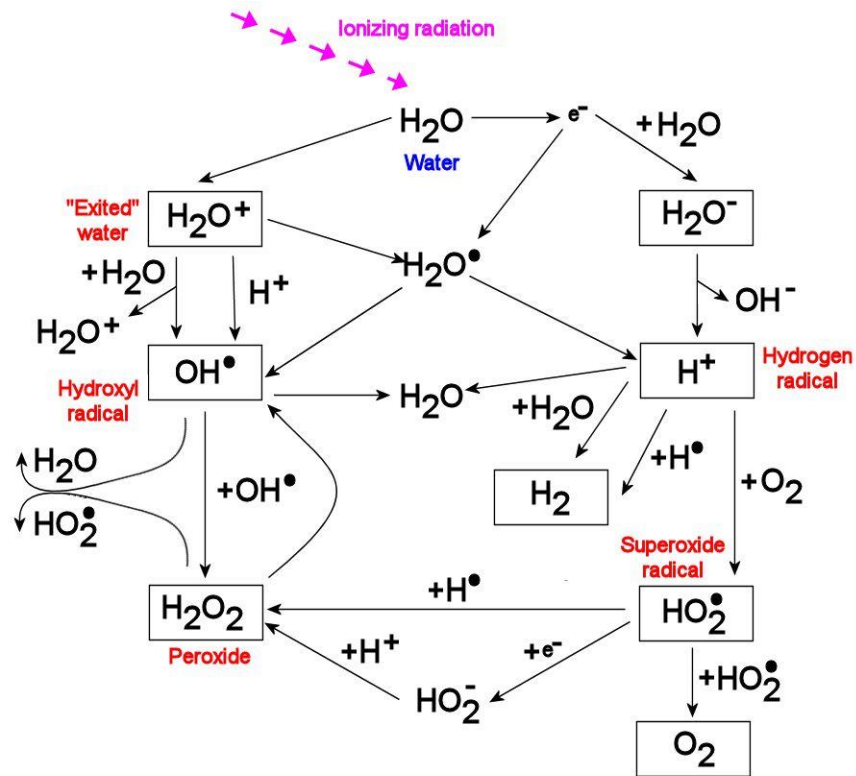
Οι φυσικές πηγές
ιοντίζουσας
ακτινοβολίας μας
ακτινοβολούν συνεχώς
με ιοντίζουσα
ακτινοβολία

- ✓ Ατμόσφαιρα (ήλιος)
- ✓ Υπέδαφος
(ραδιοϊσότοπα) -
ραδόνιο

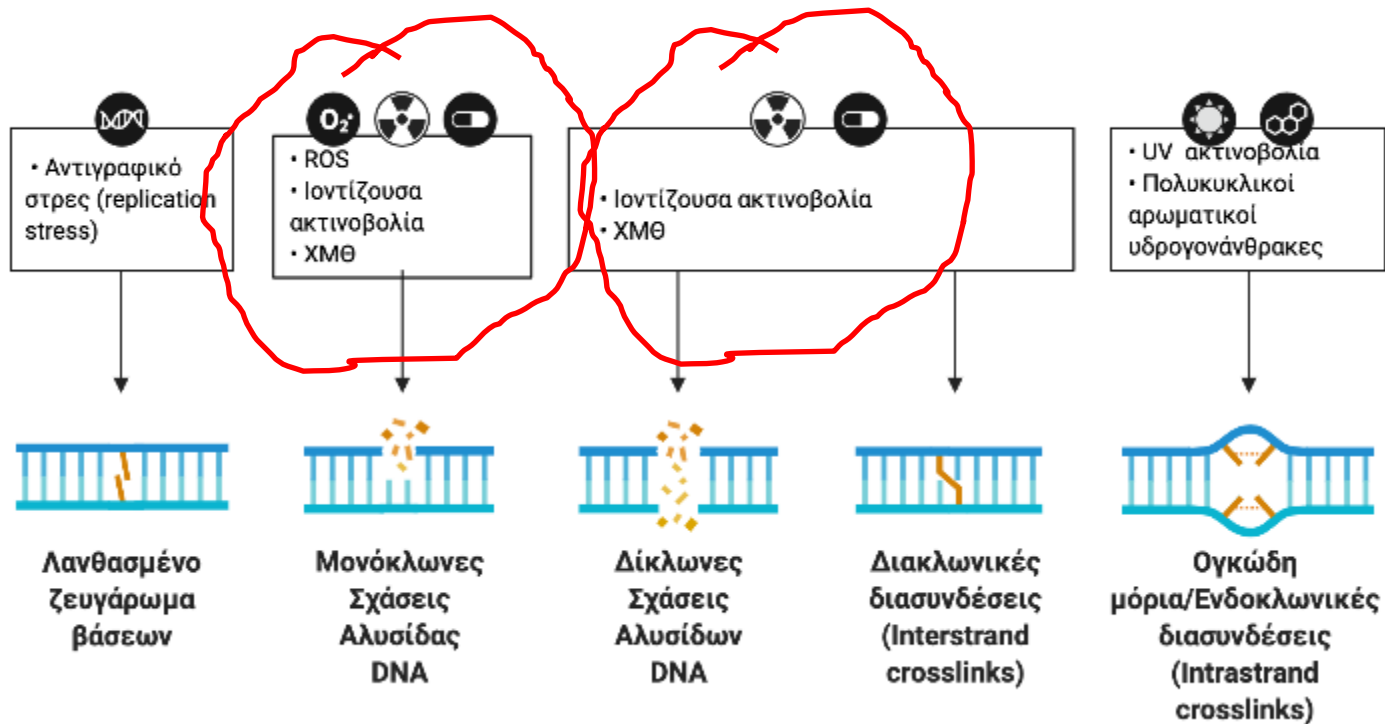
Ανθρωπογενείς ή τεχνικές
πηγές ιοντίζουσας
ακτινοβολίας

- ✓ Ιατρικές εφαρμογές
- ✓ Βιομηχανικές
εφαρμογές
- ✓ Πυρηνικά
εργοστάσια
- ✓ Στρατιωτικές
εφαρμογές

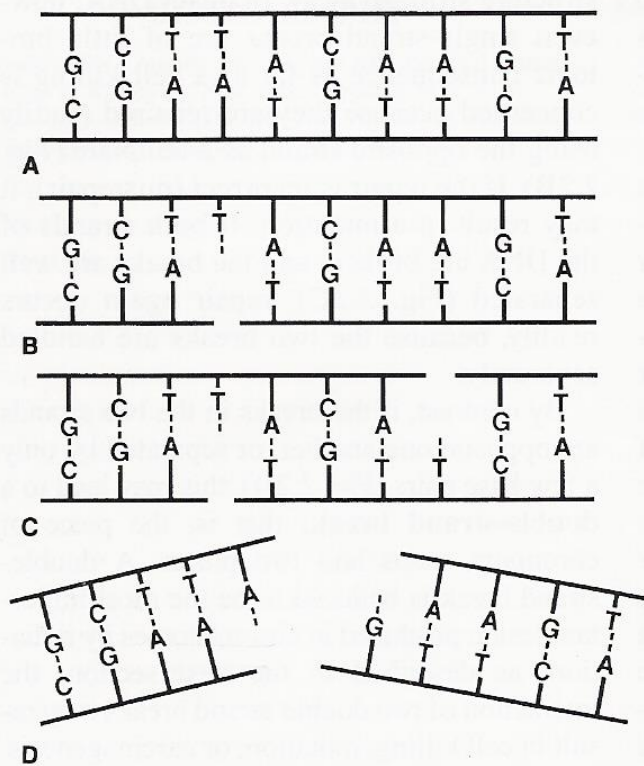
Ραδιόλυση του ύδατος



Τι προκαλεί βλάβες στο DNA;



Ακτινική βλάβη του DNA



- A = ανέπαφο
- B = σπάσιμο μονής αλυσίδας
- Γ = σπάσιμο και των δύο κλώνων της αλυσίδας
- Δ = σπάσιμο και των δύο κλώνων στο ίδιο μέρος (διπλόκλωνο)

Χρωμοσωμιακές ανωμαλίες

- Αλλαγή και απώλεια γενετικού υλικού
- Οι πιο σοβαρές ανωμαλίες οδηγούν σε κυτταρικό θάνατο. Κάποιες κληρονομούνται

Είδη κυτταρικών βλαβών

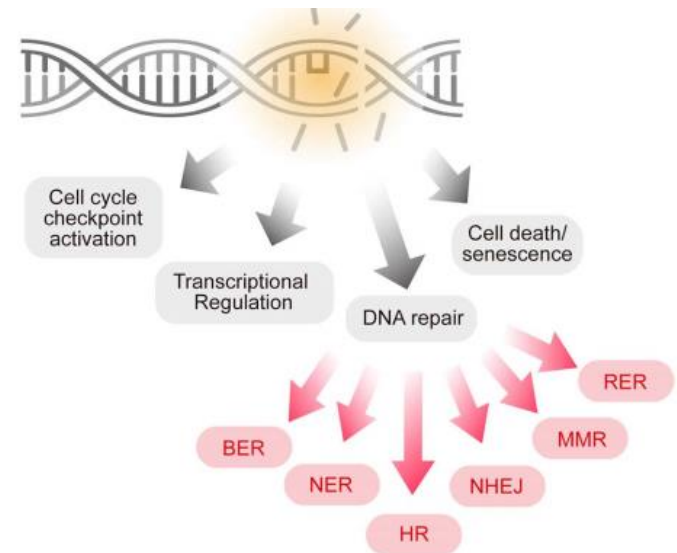
Θανατηφόρες

Υπο-θανατηφόρες

Δυνητικά θανατηφόρες

Μηχανισμοί επιδιόρθωσης βλαβών DNA

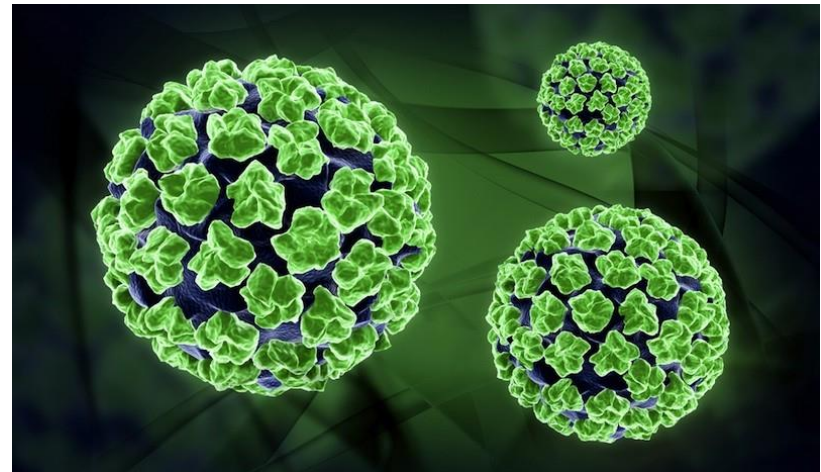
- Τα κύτταρα διαθέτουν συγκεκριμένους, ενζυμικούς επιδιορθωτικούς μηχανισμούς που ενεργοποιούνται μόλις διαπιστώσουν βλάβη του DNA (ιδιαίτερα το σπάσιμο των δύο αλυσίδων). Αναγνώριση και επιδιόρθωση βλαβών DNA, κατά κύριο λόγο, χρησιμοποιώντας ως καλούπι την πληροφορία από τη συμπληρωματική αλυσίδα
- > 160 διακριτές πρωτεΐνες συμμετέχουν στο σύστημα επιδιόρθωσης βλαβών DNA στα κύτταρα θηλαστικών
- Πραστατεύουν από μεταλλάξεις, που θα μεταβιβαστούν στα θυγατρικά κύτταρα και από γενωμική αστάθεια



Περιεχόμενο ενότητας

- ΚΑΡΚΙΝΟΓΕΝΕΣΗ
 - ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ
 - ΡΑΔΟΝΙΟ
- ΑΚΤΙΝΙΚΑ ΣΥΝΔΡΟΜΑ-ΠΥΡΗΝΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

ΚΑΡΚΙΝΟΓΕΝΕΣΗ



Τι είναι «καρκινογόνο»

- Καρκινογόνο (carcinogen): «Οτιδήποτε»
μπορεί να προκαλέσει ΑΜΕΣΑ καρκίνο

Τι είναι «καρκινογένεση»

- Καρκινογένεση (carcinogenesis): Η πολυσταδιακή διαδικασία σχηματισμού ενός όγκου (καρκίνου), μετά από βλάβη (μετάλλαξη) που προκαλούν τα διάφορα καρκινογόνα στα φυσιολογικά κύτταρα

Τα κύρια «γνωστά» καρκινογόνα κατά τον Π.Ο.Υ.

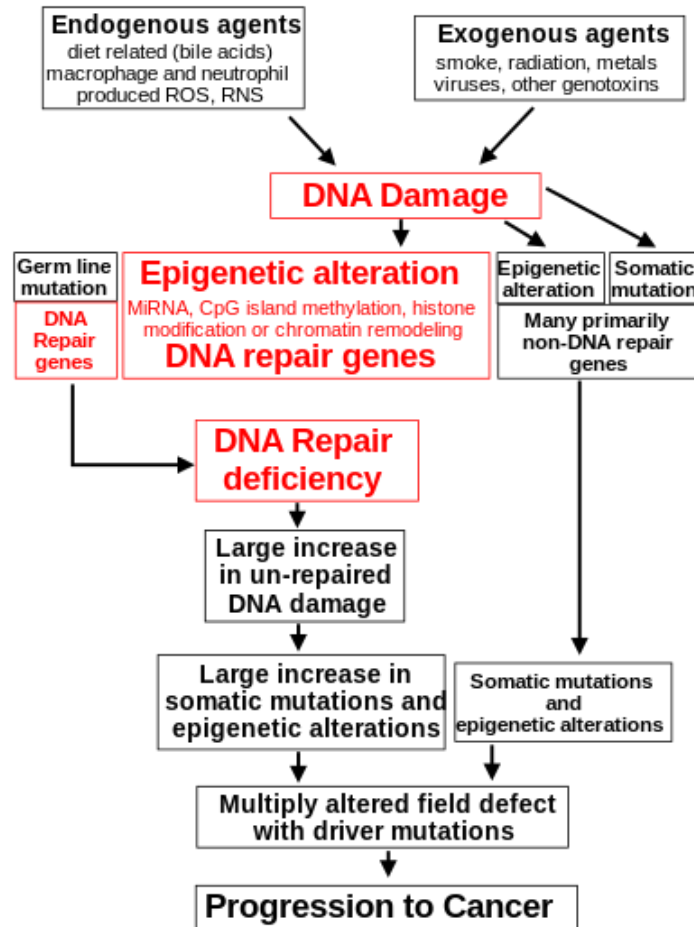


- Ιοντίζουσα και μη ιοντίζουσα ακτινοβολία
- Ραδόνιο
- Ιοί (papillomaviruses, Epstein-Barr virus, hepatitis B)
- Αμίαντος, πίσσα
- Φορμαλδεΐδη [τσιγάρο]
- Άσβεστος
- Αλκοόλ

Κατηγορίες καρκινογόνων σύμφωνα με τις οδηγίες της Ε.Ε.

- Category 1: Substances known to be carcinogenic to humans
- Category 2: Substances which should be regarded as if they are carcinogenic to humans
- Category 3: Substances which cause concern for humans, owing to possible carcinogenic effects but in respect of which the available information is not adequate for making a satisfactory assessment

Καρκινογένεση



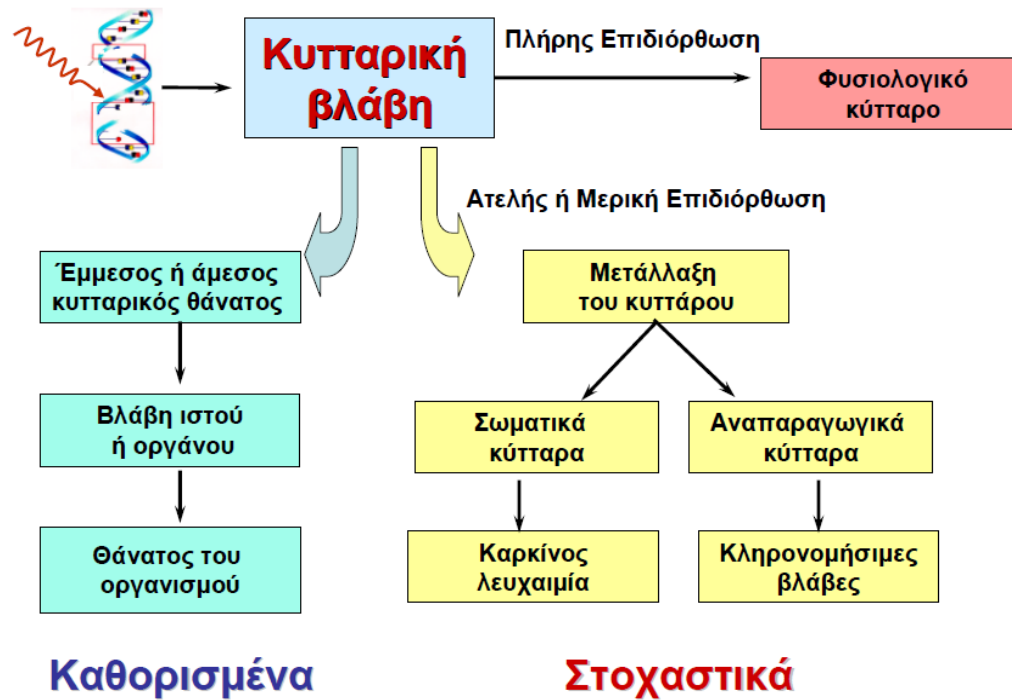
ΚΑΡΚΙΝΟΓΕΝΕΣΗ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Καρκινογένεση που προκαλεί η ιοντίζουσα ακτινοβολία

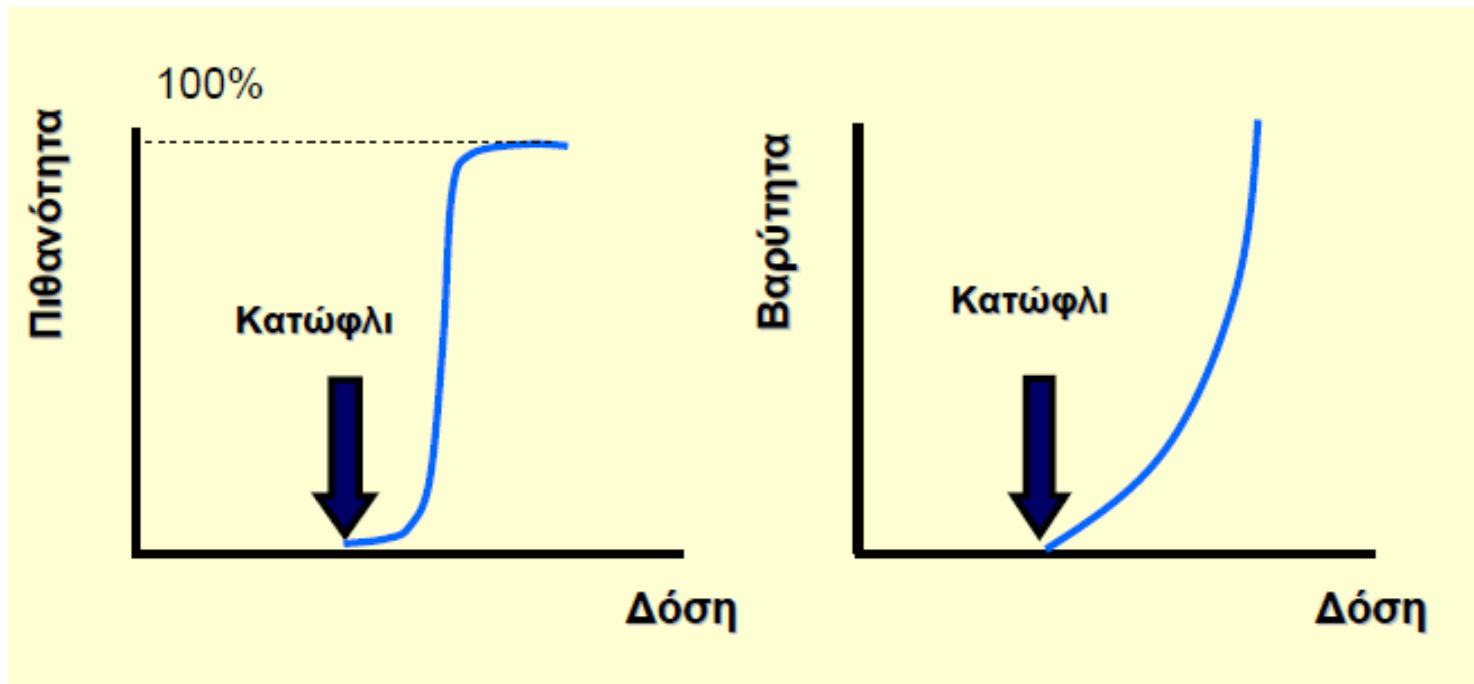
- Η ιοντίζουσα ακτινοβολία προκαλεί «θύλακους βλαβών» – διπλά/μονά σπασίματα, διασταυρούμενες συνδέσεις DNA και απώλειες βάσεων
- Αυτοί οι θύλακες είναι **α.** ανθεκτικοί στην επιδιόρθωση – αύξηση γενετικής αστάθειας και κακοήθους εξαλλαγής και **β.** προάγουν τη χρόνια φλεγμονή (τοξικότητα)

Καθορισμένα – στοχαστικά αποτελέσματα

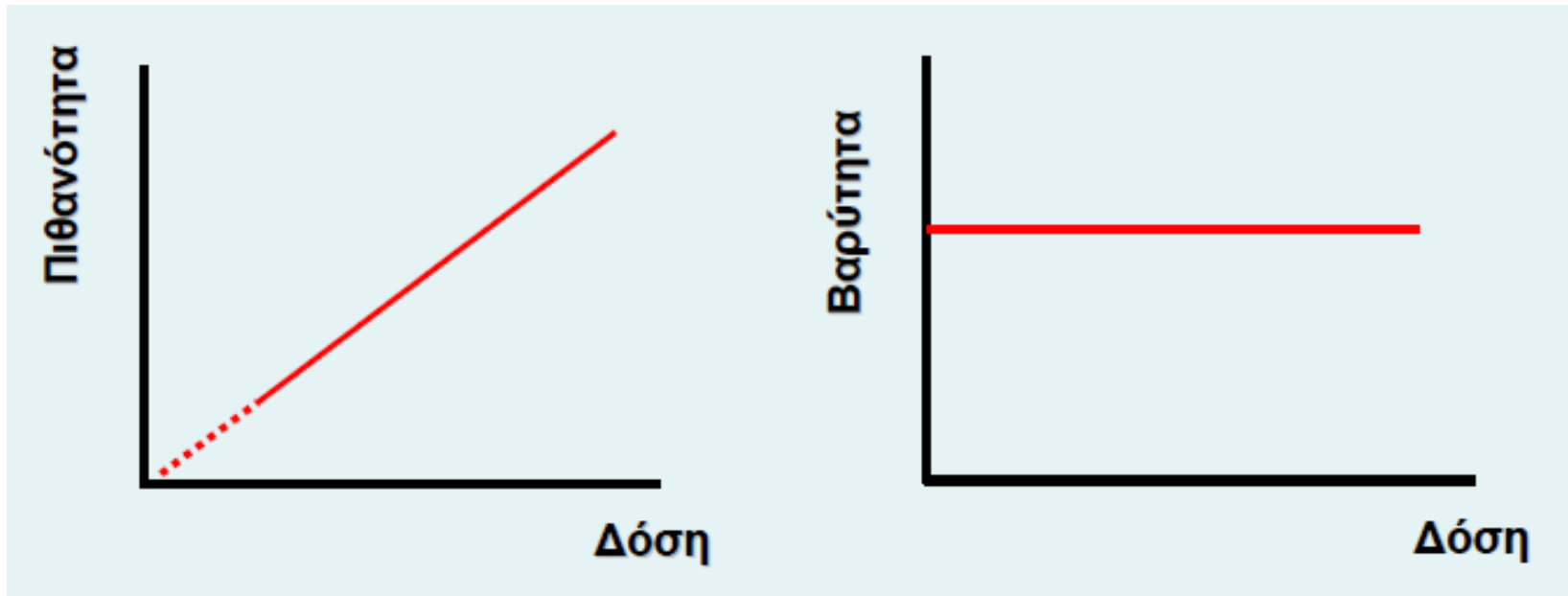
Βιολογικά αποτελέσματα των ακτινοβολιών



Καθορισμένα (deterministic) αποτελέσματα



Στοχαστικά (stochastic) αποτελέσματα



Ιοντίζουσα ακτινοβολία και καρκινογένεση

- Σύνθετο φαινόμενο: Δεν αρκεί η μετάλλαξη που προκαλεί η ιοντίζουσα ακτινοβολία!
- Η καρκινογένεση είναι αποτέλεσμα σύνθετων, προβλέψιμων αλληλεπιδράσεων μεταξύ ιοντίζουσας ακτινοβολίας και 'στόχων' και/ή 'μη στόχων' {φαινόμενο διαφυγής}, στα πλαίσια της γενετικής και της φυσιολογίας του ξενιστή
- Στοχαστικό φαινόμενο – δεν υπάρχει κατώφλι (ουδός) δόσης

Παράγοντες κινδύνου για τις κύριες μορφές καρκίνου

Cancer Type	Risk Factor
Lung Cancer	Tobacco smoke Radon Asbestos and other substances Air pollution
Breast	Radiation Genetic changes (Inherited mutation)
Colorectal	Cancer polyp Genetic alteration Diet Cigarette smoking Ulcerative colitis
Prostate	Diet Certain prostate changes Race Africans Americans

Ιοντίζουσα ακτινοβολία και καρκινογένεση - Μηχανισμοί

- ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΣΤΟΧΟΥ: Κυτταρικός θάνατος – αδυναμία επιδιόρθωσης της βλάβης – μεταλλάξεις
- ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΜΗ ΣΤΟΧΟΥ: Προσαρμογή των κυττάρων σε επαναλαμβανόμενες δόσεις / επηρεασμός διαφοροποίησης και γήρατος / μεταγωγή σημάτων σε μη ακτινοβοληθέντα κύτταρα / πρόκληση γενετικής αστάθειας

Ιοντίζουσα ακτινοβολία – Μηχανισμοί (Α)

Ελεύθερες ρίζες

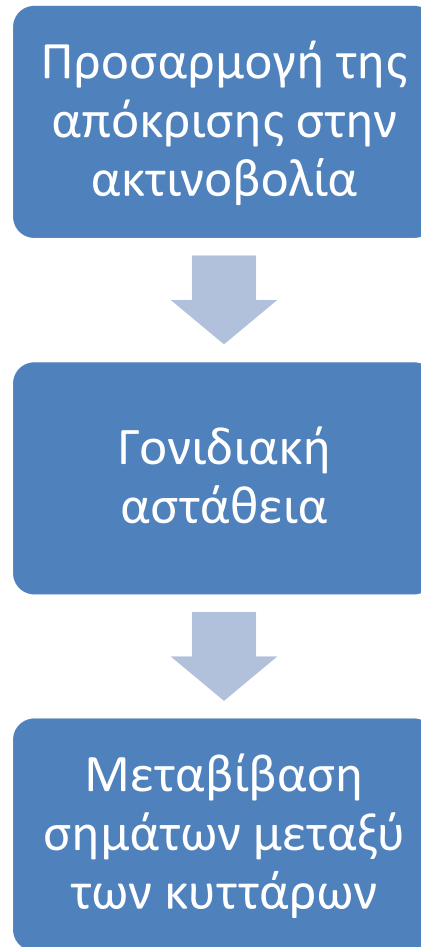


```
graph TD; A[Ελεύθερες ρίζες] --> B[Βλάβες DNA]; B --> C["Γονιδιακές μεταλλάξεις (πρωτο-ογκογονίδια, ογκοκατασταλτικά, γονίδια επιδιόρθωσης βλαβών)"]
```

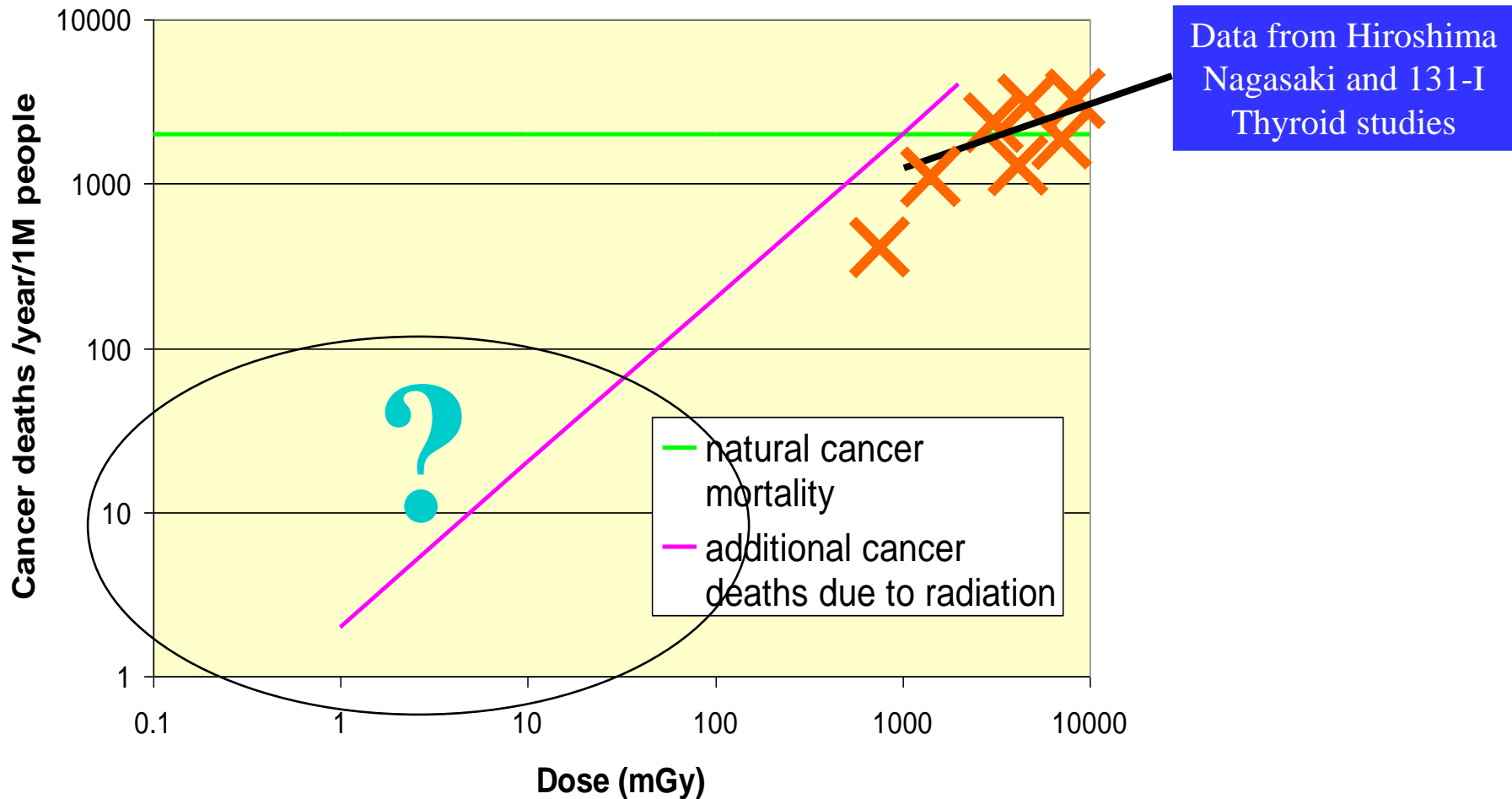
Βλάβες DNA

Γονιδιακές μεταλλάξεις (πρωτο-ογκογονίδια, ογκοκατασταλτικά, γονίδια επιδιόρθωσης βλαβών)

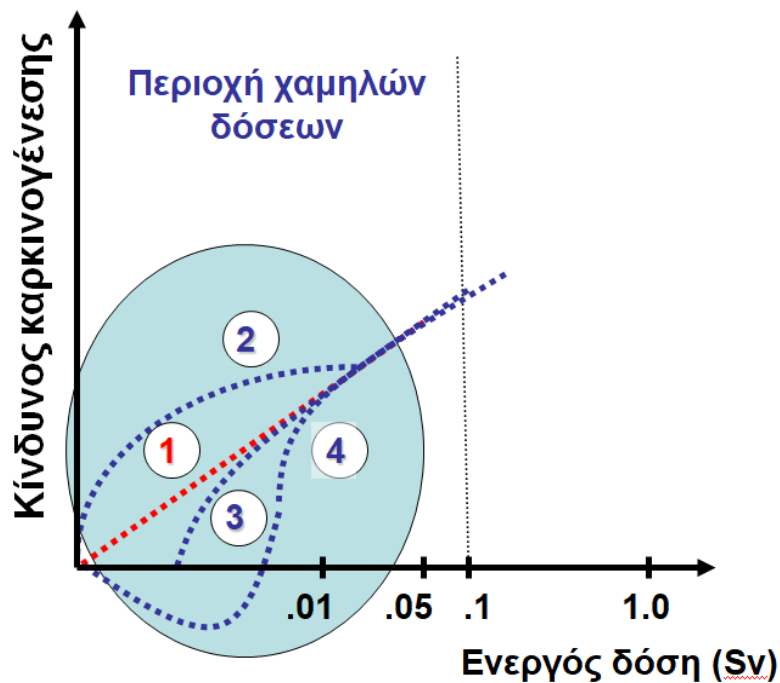
Ιοντίζουσα ακτινοβολία – Μηχανισμοί (B)



Ιοντίζουσα ακτινοβολία και καρκινογένεση - Επιδημιολογικά δεδομένα



Τι συμβαίνει στις χαμηλές δόσεις;



1 Κλασικό γραμμικό μοντέλο

2 Υπερ-γραμμικό μοντέλο:

ενδογενής ακτινο-ευαισθησία,
γενετική αστάθεια

3 και **4** Υπο-γραμμικό μοντέλο:

ενεργοποίηση μηχανισμών
επιδιόρθωσης, δόση

κατωφλίου, απόπτωση

ΚΑΡΚΙΝΟΓΕΝΕΣΗ

ΡΑΔΟΝΙΟ (Radon)

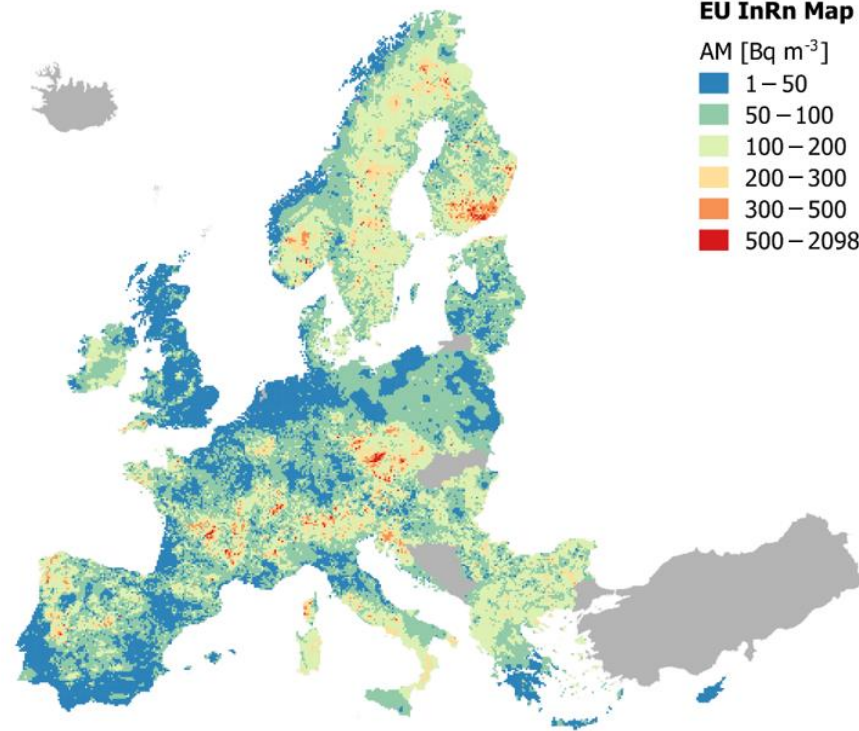
Ραδόνιο (A)

- Το χημικό στοιχείο **Ραδόνιο** (σύμβολο: **Rn**) είναι ένα ευγενές αέριο, άοσμο και άγευστο, με ατομικό αριθμό 86 και ατομικό βάρος (222) Σε θερμοκρασία και πίεση δωματίου είναι άχρωμο
- Προέρχεται από τη διάσπαση του ουρανίου-238 (U-238) και βρίσκεται στα πετρώματα
- Είναι ραδιενεργό και ένα από τα βαρύτερα αέρια. Το πιο σταθερό του ισότοπο είναι το ραδόνιο-222 με χρόνο ημιζωής 3,8 ημέρες

Ραδόνιο (B)

- Το ραδόνιο υπάρχει στο έδαφος και μπορεί να συγκεντρωθεί στο εσωτερικό των κτηρίων που δεν αερίζονται αρκετά
- Ευθύνεται για την πρόκληση καρκίνου του πνεύμονα: αν και έχει μικρό χρόνο ημιζωής, διασπάται σε άλλα ραδιενεργά στοιχεία τα οποία έχουν χρόνο ημιζωής δεκαετιών, με αποτέλεσμα η εισπνοή ραδονίου από κάποιον να αποτελεί συνεχή κίνδυνο

Ραδόνιο στο εσωτερικό των σπιτιών στην Ευρώπη



<https://eeae.gr/>

Χάρτης ραδονίου

eeae.gr/χάρτης-ραδονίου

ΕΕΑΕ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΕΕΑΕ ΟΔΗΓΙΕΣ - ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Legend: Bq / m³
1-100
100-200

Περιφερειακές Ενότητες
Δήμοι

Screen Reader

9:24 μμ
10/4/2021

https://eeae.gr/

Χάρτης ραδονίου

eeae.gr/χάρτης-ραδονίου

ΕΕΑΕ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΕΕΑΕ ΟΔΗΓΙΕΣ - ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

43.58131868 Bq / m³

Πατραϊκός κόλπος

Πάτρα

Αίγιο

Κορινθιακός κόλπος

Καλάβριτα

Λεχαινά

Ανδραβίδα

Γαστούνη

Περιφερειακή ΕΝΟΤΗΤΑ: ΑΧΑΪΑΣ
43.58131868 Bq / m³

Περιφερειακές Ενότητες

Δήμοι

Bq / m³

1-100

100-200

Screen Reader

9:24 μμ
10/4/2021

https://eeae.gr/

Χάρτης ραδονίου

eeae.gr/χάρτης-ραδονίου

ΕΕΑΕ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΕΕΑΕ ΟΔΗΓΙΕΣ - ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΙΚΑΡΙΑΣ
164.434058 Bq / m³

Κρατικός Αερολιμένας Ικαρίας

Άγιος Κήρυκος

Φούρνοι

Περιφέρεια Βόρειου Αιγαίου

Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου

Περιφερειακές Ενότητες

Bq / m³
1 - 100

Screen Reader

9:27 μμ
10/4/2021



Signature valid

Digitally signed by
KONSTANTINOS
MOCIONAS
Date: 2020.05.18 13:35:21
EEET
Reason: I am a PDF
(embedded)
Location: Athens, Ethniko
Typografio

19323

ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

18 Μαΐου 2020

ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Αρ. Φύλλου 1881

ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ

Αριθμ. 43374

Εθνικό σχέδιο δράσης για την αντιμετώπιση των μακροπρόθεσμων κινδύνων από την έκθεση στο ραδόνιο.

ΟΙ ΥΠΟΥΡΓΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ -

του Διοικητικού Συμβουλίου της ΕΕΑΕ, κατά τη 266η συνεδρίαση της 20.12.2019,

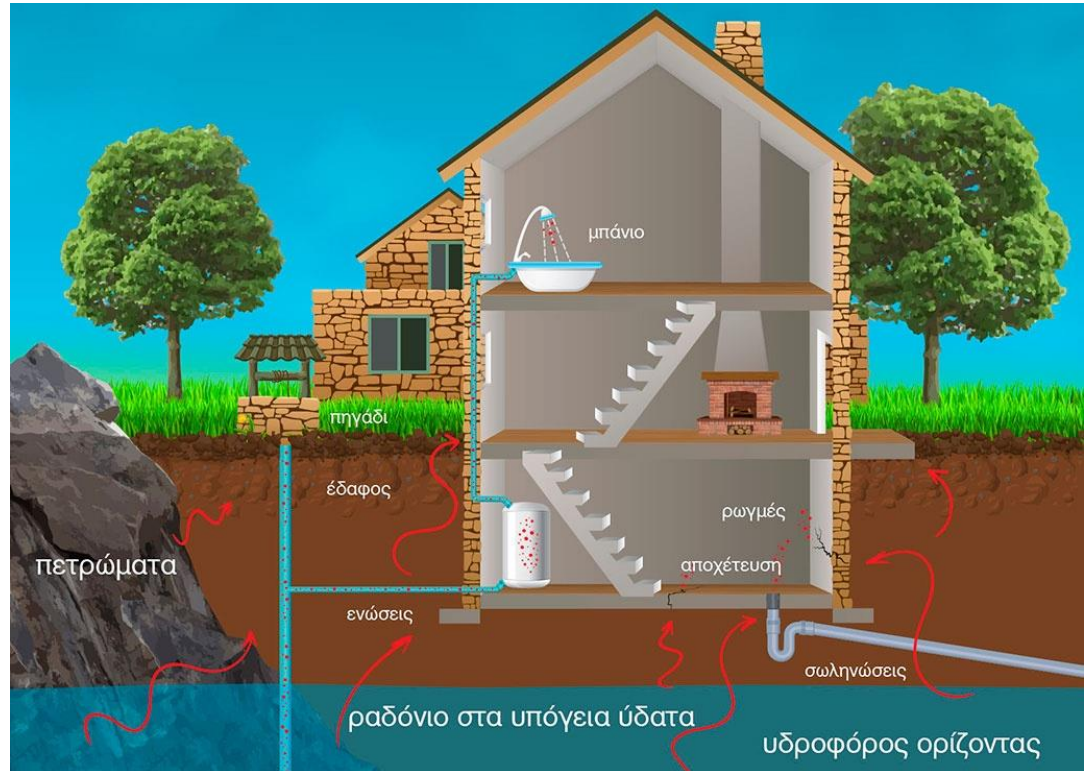
8. Το γεγονός ότι, βάσει του υπ' αριθμ. 188836/17-02-2020 εγγράφου της Γενικής Διεύθυνσης Οικονομικών Υπηρεσιών του Υπουργείου Ανάπτυξης και Επενδύσεων, από τις διατάξεις της παρούσας απόφασης δεν προκαλείται επιπλέον δαπάνη σε βάρος του κρατικού προϋπολογισμού, αποφασίζουμε:

«Είσοδος» ραδονίου στα σπίτια

Εξαρτάται από τον τύπο και τη διαπερατότητα του εδάφους

Τις τεχνικές προδιαγραφές κατασκευής του κτηρίου, ιδίως ο αερισμός των χώρων

Καθορισμός βασικών προτύπων ασφάλειας για την προστασία από τους κινδύνους που προκύπτουν από τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες
(ΦΕΚ_194_A_ΠΔ_101_20.11.2018)



Ραδόνιο και καρκίνος του πνεύμονα

Ραδόνιο – Παθοφυσιολογικός μηχανισμός

Αρχική έκθεση

Εισπνοή –
εναπόθεση του
ραδονίου στις
κυψελίδες
Εκπομπή
ακτινοβολίας α

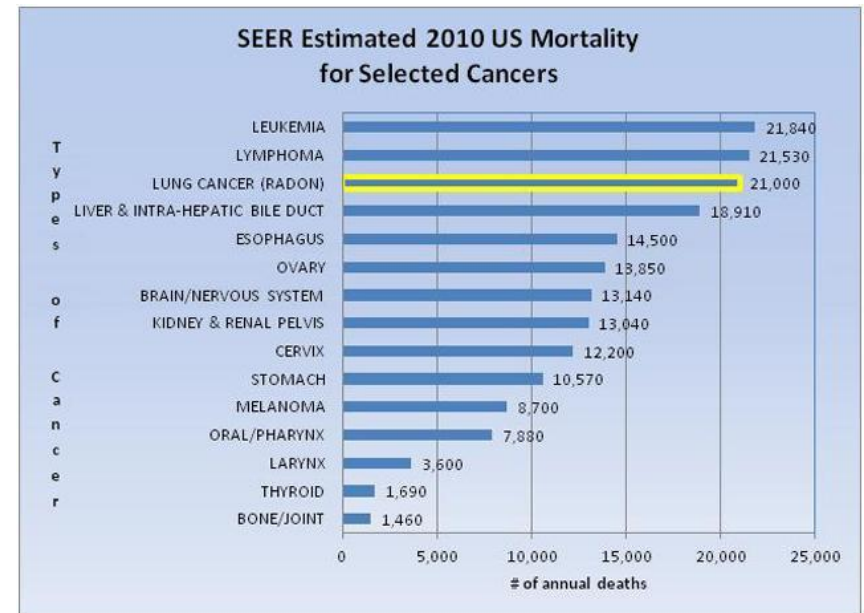
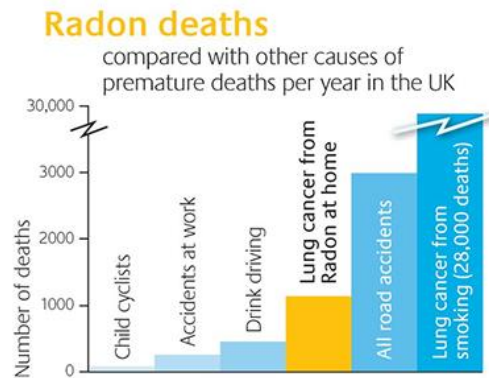
Διάσπαση σε άλλα ραδιοϊσότοπα

Προέρχεται από τη
φυσική διάσπαση
του ραδίου
(θυγατρικό ισότοπο
του ουρανίου)
Πολώνιο 218 και 214

Δράση

Άμεση δράση σε
βιολογικούς στόχους
Μεταλλάξεις (p53)
Καρκίνος πνεύμονα,
μικροκυτταρικό

Θάνατοι που οφείλονται στο ραδόνιο



ΚΑΡΚΙΝΟΓΕΝΕΣΗ

ΙΑΤΡΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ

Ακτινολόγοι

- Ακτινολόγοι
 - Έναρξη ειδικότητας 1897-1979: αυξημένη θνησιμότητα λόγω καρκίνου, αλλά μειωμένη λόγω άλλων αιτίων θανάτου
 - “Low doses of radiation may be beneficial and may actually lead to a longer life”

Επίδραση στο έμβρυο

- Έμβρυα

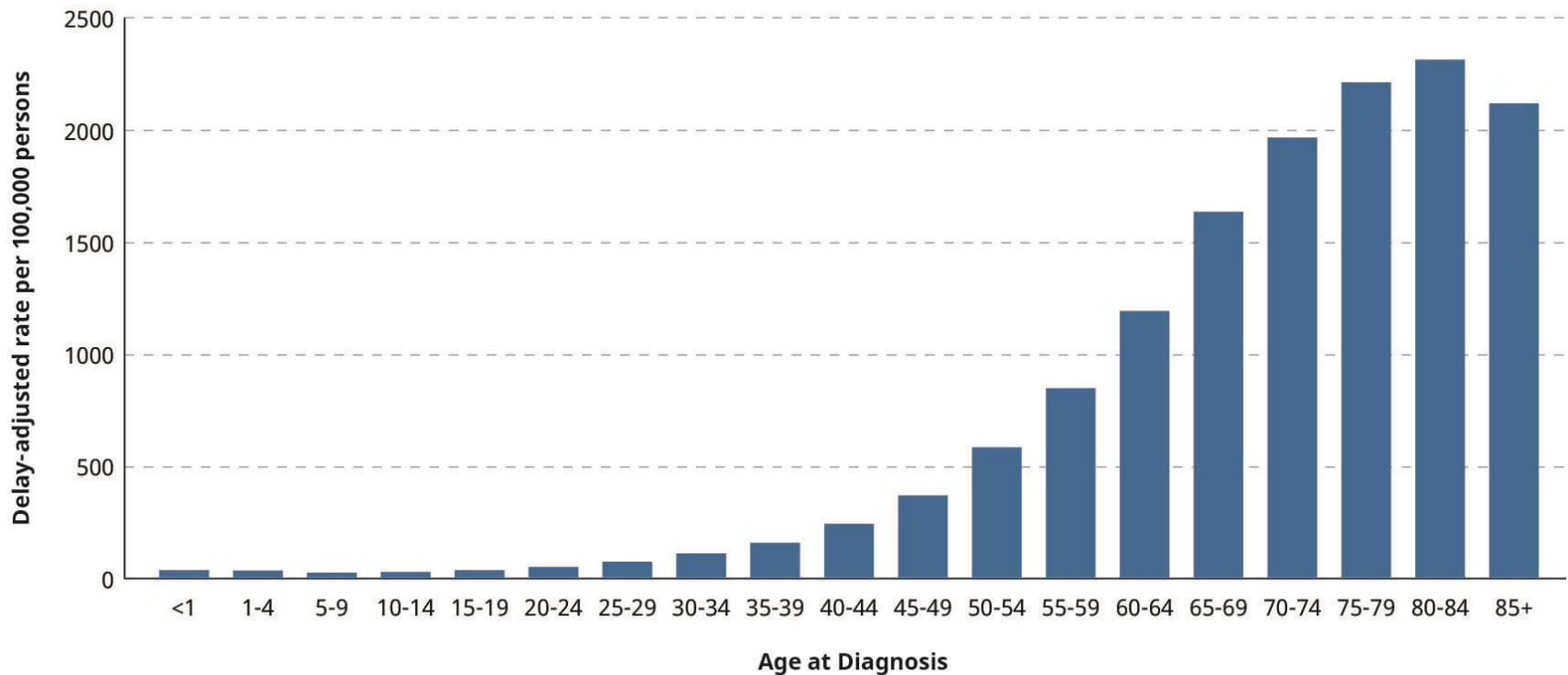
- Χαμηλές δόσεις στο έμβρυο κατά το 3 τρίμηνο της κύησης συνεπάγονται αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης παιδικού καρκίνου και λευχαιμίας
- Δόση 1 cGy αυξάνει το κίνδυνο κατά 40%
- Κάθε επιπλέον 100 cGy αυξάνει το κίνδυνο κατά 6%

Παιδικός καρκίνος

- Παιδικός καρκίνος, 1-5 ακτινογραφίες, δόση ανά αφία ~ 0.3 cGy [Stewart et al, Lancet, 1970]
- Παιδιά με λευχαιμία 7649
- Μητέρες (ακτινογραφία) 1141
- Μάρτυρες 7649
- Μητέρες (ακτινογραφία) 774
- Σχετικός κίνδυνος **1.52**

Ακτινοθεραπεία και καρκινογένεση

Επίπτωση καρκίνου και ηλικία



Κίνδυνος εμφάνισης δευτερογενούς καρκίνου – 5 χρόνια μετά τη θεραπεία

ΗΛΙΚΙΑ κατά τη θεραπεία	ΑΝΔΡΕΣ	ΓΥΝΑΙΚΕΣ
50	1.5	2.0
55	2.5	2.7
60	5.0	3.6
65	7.0	4.6
70	10.0	5.4
75	12.5	6.3

Ακτινοθεραπεία και καρκινογένεση (α)

- Έχει παρατηρηθεί αυξημένη επίπτωση «δευτερογενών» όγκων μετά από ακτινοθεραπεία, ιδιαίτερα όταν η θεραπεία γίνει κατά τη παιδική ηλικία

Ακτινοθεραπεία και καρκινογένεση (β)

ΠΡΩΤΟΠΑΘΗΣ ΟΓΚΟΣ	ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΚΑΡΚΙΝΟΣ
Hodgkin	Μαστού, πνεύμονα, στομάχου
Μη Hodgkin	Λευχαιμία, ουροδόχου, νεφρού, μεσοθηλίωμα, μυελοδυσπλαστικά
Σεμίνωμα	Λευχαιμία
Μαστού	Πνεύμονας, οισοφάγος, σάρκωμα, ετερόπλευρος μαστός
Προστάτη	Ορθού, ουροδόχου, σάρκωμα
Τραχήλου μήτρας	Ορθού, ουροδόχου, νεφρού, ωοθηκών

Επιπλέον κίνδυνος εμφάνισης δεύτερου καρκίνου λόγω ακτινοθεραπείας

1st cancer site	Obs RT**	Persons	Excess cancers [†]		% Attributable risk	
			n	(95% CI)		(95% CI)
Oral/pharynx (excl lip)	3683	24880	182	(53–310)	5%	(1%–8%)
Salivary gland*	309	3007	37	(1–71)	12%	(0%–23%)
Rectum*	1568	21841	112	(41–184)	7%	(3%–12%)
Anus	323	3444	32	(–14–74)	10%	(–4%–23%)
Larynx	3583	17070	193	(32–350)	5%	(1%–10%)
Lung (non-small cell)	2395	51270	152	(82–223)	6%	(3%–9%)
Soft tissue (non-limbs)	120	1602	18	(–2–39)	15%	(–2%–32%)
Female breast	12450	150661	660	(454–866)	5%	(4%–7%)
Cervix*	1289	14685	214	(130–295)	17%	(10%–23%)
Endometrium*	3269	29338	286	(165–407)	9%	(5%–12%)
Prostate*	11292	128582	1131	(956–1307)	10%	(8%–12%)
Testes (seminomas)	628	7862	150	(56–233)	24%	(9%–37%)
Eye and orbit	112	1085	4	(–12–22)	4%	(–11%–20%)
Brain/CNS	314	13220	28	(–11–66)	9%	(–3%–21%)
Thyroid*	959	16934	67	(6–128)	7%	(1%–13%)
Total	42294	485481	3266	(2862–3670)	8%	(7%–9%)

Ακτινοθεραπεία και καρκινογένεση (γ)

- Σπάνια ιατρογενής παρενέργεια – κίνδυνος $< 1\%$ - μικρότερος του κινδύνου υποτροπής
- Ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος για τους παιδιατρικούς ασθενείς
- Συνήθως εμφανίζεται 2 - 64 χρόνια μετά την αρχική θεραπεία
- Ο δευτερογενής όγκος εμφανίζεται μέσα στο πεδίο ή στα όριά του αλλά και σε περιοχές που έλαβαν δόση $< 2 \text{ Gy}$
- Σχολαστικός σχεδιασμός της ακτινοθεραπείας

Νομικές - βιοηθικές παράμετροι

- Ο κίνδυνος καρκινογένεσης δεν αποτελεί «αντένδειξη» για ακτινοθεραπεία
- Ο δευτερογενής όγκος οφείλεται μόνο στην ακτινοθεραπεία (δόση, τεχνική) ή οφείλεται και στην ενδογενή ακτινοευαισθησία του ασθενή;
- Πρέπει να αναφέρουμε αυτό τον κίνδυνο στους ασθενείς;

ΠΥΡΗΝΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

ΟΛΟΣΩΜΑΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ
ΣΤΗΝ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

ΑΚΤΙΝΙΚΑ ΣΥΝΔΡΟΜΑ

Πηγές δεδομένων

- Πειραματόζωα
- Θύματα ατομικών βομβών, 1945: Ατομικές βόμβες Hiroshima και Nagasaki
- Θύματα πυρηνικών (στρατιωτικών) δοκιμών
- Θύματα ατυχημάτων σε ιατρικά εργαστήρια, πυρηνικούς σταθμούς, βιομηχανίες
- Ασθενείς που υποβάλλονται σε ολοσωματική ή ημισωματική ακτινοθεραπεία

Πως εκφράζουμε τη θανατηφόρα δόση

Θανατηφόρα δόση, Lethal Dose (LD)

- ${}^A \text{LD}_{50}$
- A = χρόνος σε ημέρες
- 50 = ποσοστό εκτεθειμένων που θα πεθάνουν, π.χ. ${}^{30} \text{LD}_{50}$, 50% των εκτεθειμένων θα πεθάνουν σε 30 ημέρες

Τιμές LD₅₀ για διάφορα θηλαστικά (σε cGy)

- Αρνί 155
- Σκύλος 265
- Κουνέλι 840
- Ποντίκι – αρουραίος 900
- Ποντίκι της ερήμου 1400
- Πίθηκος 400
- Άνθρωπος **225 - 270**

Σχέση ολοσωματικά απορροφούμενης δόσης και αποτελέσματος στον άνθρωπο

- Δόση < 100 cGy
επιβίωση =
- Δόση $100 - 450$ cGy
πιθανή επιβίωση =
- Δόση > 500 cGy
αδύνατη η επιβίωση =
- Δόση $1-2$ Gy = ήπια συμπτώματα
- Δόση $2-4$ Gy = ενδιάμεσης βαρύτητας
- Δόση $4-6$ Gy = υψηλού κινδύνου
- Δόση $6-8$ Gy = εξαιρετικά υψηλού κινδύνου
- Δόση > 8 Gy = αδύνατη η επιβίωση

Κύτταρο – στόχος της ακτινοβολίας

- Θάνατος των αρχέγονων μητρικών κυττάρων (stem cells), κυρίως του γαστρεντερικού και του αιμοποιητικού
- Διαφορετικοί μηχανισμοί ανάλογα με τη δομή των ιστών – Ιεραρχική δομή / Εύκαμπτη δομή

Πρόδρομο ακτινικό σύνδρομο

- Χρόνος έναρξης – βαρύτητα συμπτωμάτων: είναι ανάλογα της δόσης
- Συμπτώματα από το γαστρεντερικό: ανορεξία, ναυτία, έμετος, διάρροια, κολικοειδή άλγη, σιελόροια, αφυδάτωση
- Συμπτώματα από το αιμοποιητικό: λοιμώξεις, αιμορραγία
- Συμπτώματα από το Κ.Ν.Σ.: κόπωση, εφίδρωση, απάθεια, κεφαλαγία, υπόταση
- Εργαστηριακά ευρήματα: λευκοπενία

Brain: May cause seizures

Thyroid gland: Absorbs radioactive iodine increasing thyroid cancer risk

Lungs: Inflammation, scarring, and possible cancer risk

GI Tract: Internal bleeding

Bone marrow and blood vessels: Loss of white blood cells increasing risk of infection

Skin: Burns from acute exposure



Selected Risks from Radiation Sickness

Σύνδρομο Κεντρικού Νευρικού Συστήματος

- Δόση 50 - 100 Gy
- Ναυτία, έμετος, διαταραχές προσανατολισμού, διέγερση, αταξικές κινήσεις, δύσπνοια, διάρροια, επιληπτικοί σπασμοί, κώμα, θάνατος εντός 24 – 48 ωρών
- Ακριβής αιτία θανάτου: Διαταραχή διαπερατότητας αγγείων → αύξηση ενδοκράνιας πίεσης

Γαστρεντερικό σύνδρομο

- Δόση 5 - 10 Gy
- Ανορεξία, ναυτία, έμετος, διάρροια, αφυδάτωση, λήθαργος, παραλυτικός ειλεός, λοίμωξη, θάνατος εντός 3 – 10 ημερών
- Ακριβής αιτία θανάτου: καταστροφή επιθηλίου γαστρεντερικού σωλήνα (ιδίως λεπτού εντέρου) ΚΑΙ καταστροφή μητρικών κυττάρων μυελού των οστών

Αιμοποιητικό σύνδρομο ή Σύνδρομο μυελού των οστών (α)

- Δόση 2.5 – 5 Gy [εξαρτάται από το είδος]
- Θάνατος εντός 30 – 60 ημερών
- Συμπτώματα – κλινικά σημεία: Κόπωση, ναυτία, έμετος, διάρροια, λοιμώξεις, αιμορραγία, αλωπεκία
- Εργαστηριακά ευρήματα: Αναιμία, λευκοπενία, θρομβοπενία

Αιμοποιητικό σύνδρομο ή Σύνδρομο μυελού των οστών (β)

- Αιτία θανάτου:
 - Καταστροφή μητρικών κυττάρων μυελού → πανκυτταροπενία → λοίμωξη → αιμορραγία
- Το είδος της ακτινοβολίας (φωτόνια – σωματίδια) και η ηλικία του θηλαστικού επηρεάζουν το χρόνο επιβίωσης

Επιπλέον παθολογικές καταστάσεις

- Ακτινικά εγκαύματα δέρματος – έκθεση σε σωματιδιακή ακτινοβολία και φωτόνια χαμηλής ενέργειας
- Ακτινική πνευμονίτις – εμφανίζεται σε άτομα που επιβιώνουν του αιμοποιητικού συνδρόμου

Θεραπευτική αντιμετώπιση του ακτινικού συνδρόμου

- In vivo δοσιμετρία (μετρητές, βιολογικό δοσίμετρο)
- **ΔΟΣΗ έως 5 Gy:** Παρακολούθηση – συμπτωματική αντιμετώπιση
- **ΔΟΣΗ άνω των 5 Gy:** Εισαγωγή, απομόνωση, ενυδάτωση, αντιβίωση, αμιφοστίνη, αιμοποιητικοί παράγοντες λευκών, ερυθροποιητίνη, μετάγγιση, μεταμόσχευση μυελού (;)

Chernobyl, 1986 – ανθρώπινο λάθος

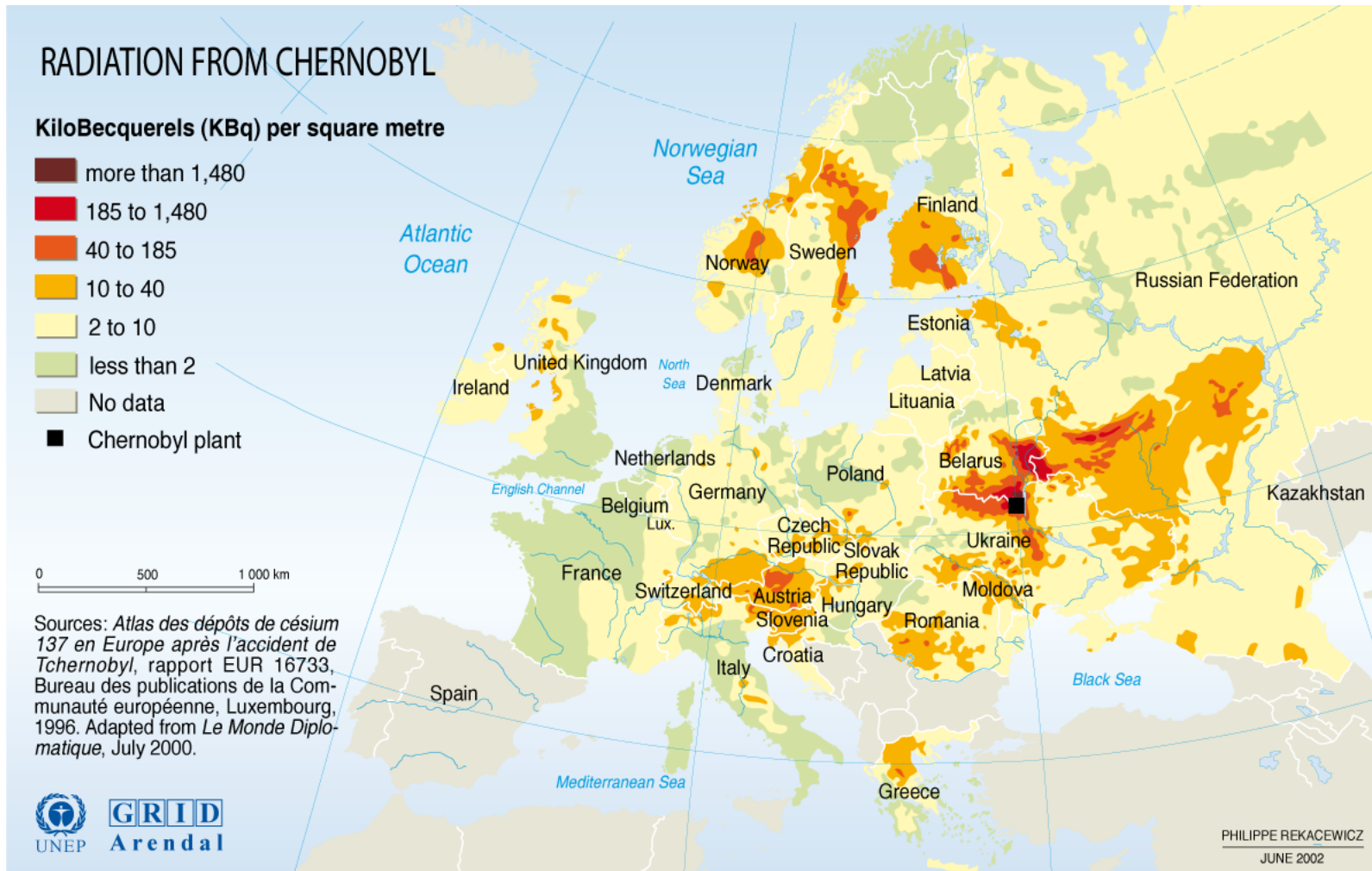
IAEA Director General Yukiya Amano, 2016

- *“Hundreds of thousands of people were affected by high radiation doses. Some 350,000 people were forced to leave their homes in severely contaminated areas. This was deeply traumatic for all concerned and had a lasting impact on their lives. Their suffering must not be forgotten.”*

Chernobyl

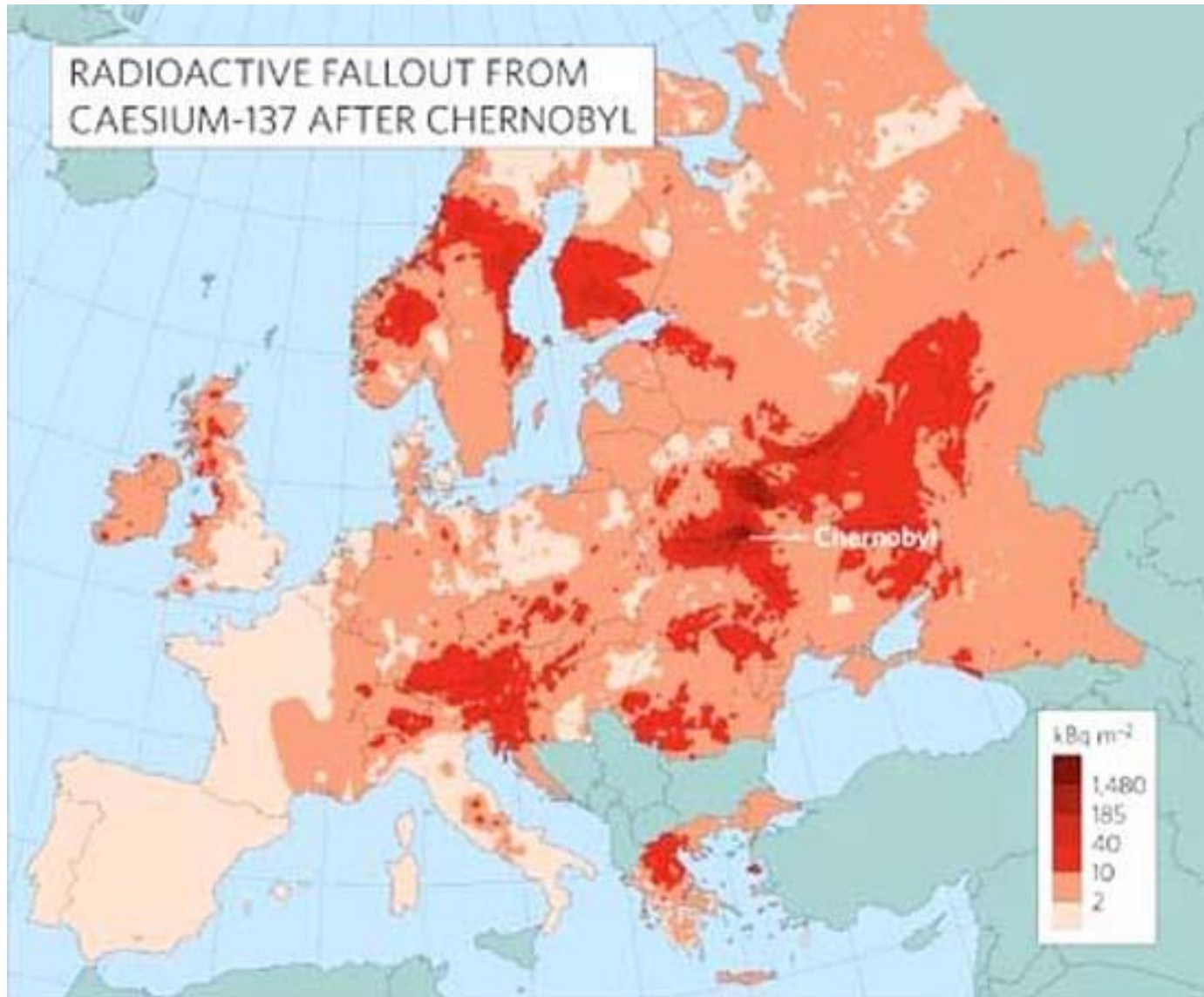


Ραδιενεργή μόλυνση (Α)



Sources: UNEP/GRID-Arendal, European Environment Agency; *AMAP Assessment Report : Arctic Pollution Issues*, Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 1998, Oslo; European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP); Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe, 1999. Adapted from *Le Monde Diplomatique*, July 2000.

Ραδιενεργή μόλυνση (B)



Μόλυνση με ραδιοϊσότοπο καίσιο

– χρόνος ημιζωής 30 χρόνια

W Chernobyl disaster - Wikipedia

en.wikipedia.org

response and publication.^[119]

Areas of Europe contaminated with ¹³⁷Cs^[120]

Country	37–185 kBq/m ²		185–555 kBq/m ²		555–1,480 kBq/m ²		> 1,480 kBq/m ²	
	km ²	% of country	km ²	% of country	km ²	% of country	km ²	% of country
Belarus	29,900	14.4	10,200	4.9	4,200	2.0	2,200	1.1
Ukraine	37,200	6.2	3,200	0.53	900	0.15	600	0.1
Russia	49,800	0.29	5,700	0.03	2,100	0.01	300	0.002
Sweden	12,000	2.7	—	—	—	—	—	—
Finland	11,500	3.4	—	—	—	—	—	—
Austria	8,600	10.3	—	—	—	—	—	—
Norway	5,200	1.3	—	—	—	—	—	—
Bulgaria	4,800	4.3	—	—	—	—	—	—
Switzerland	1,300	3.1	—	—	—	—	—	—
Greece	1,200	0.91	—	—	—	—	—	—
Slovenia	300	1.5	—	—	—	—	—	—
Italy	300	0.1	—	—	—	—	—	—
Moldova	60	0.2	—	—	—	—	—	—
Totals	162,160 km²		19,100 km²		7,200 km²		3,100 km²	

Contamination from the Chernobyl accident was scattered irregularly depending on weather conditions, much of it deposited on mountainous regions such as the [Alps](#), the [Welsh mountains](#) and the [Scottish Highlands](#), where [adiabatic cooling](#) caused radioactive rainfall. The resulting patches of contamination were often highly localized, and localised water-flows contributed to large variations in radioactivity over small areas. Sweden and Norway also received heavy fallout when the contaminated air collided with a cold front, bringing rain.^{[121]:43–44, 78} There was also [groundwater contamination](#).

Belarus will not be required to pay 10,000 euros (11,000 USD) of the [Polish government's GDP](#) by the [European Commission](#) for contamination of the [border](#).

5:04 μμ

13/1/2021

Δόση ιοντίζουσας ακτινοβολίας

- 20.000 Gy ανά ώρα
- Θανατηφόρα δόση 5 Gy σε 5 ώρες

Η διένεξη για τις επιδράσεις στην υγεία

Numbers of the IAEA

- Less than 50 deaths by mid-2005
- Approximately 4,000 cases of thyroid cancer with only 9 deaths and healing rates of 99% (with western standard medicine)
- No proof of a rise in malformations, sterility, leukaemia or other types of cancer attributed to the meltdown
 - Up to 4,000 possible deaths due to the accident in Chernobyl
- The case of Chernobyl can be considered closed. Poverty, unhealthy living standards and the psychiatric impact of the fall of the Soviet Union far exceed the effects of radiation.

Source: Chernobyl-Forum-Report Sept. 2005

Statistics of official institutions

- 25.000 deaths amongst the 800,000 Liquidatoren (Source: state cancer registries in three states)
- 94 percent of liquidators are ill (Source: Ukrainian Embassy 2005)
- 84 percent of 3 million people exposed to radioactivity in Ukraine are ill (Source: Chernobyl Interinform)
- According to the Belarus cancer registry, the cancer rate has increased by 40% since Chernobyl
- A working group of the WHO calculated 50,000 cases of thyroid cancer within the next 30-50 years amongst children 0-4 years of age at the time of the accident

Καρκινογένεση

- Διασώστες: Αύξηση συχνότητας καρκίνου 20%
- Περιοχή Gomel, Belarus: Αύξηση συχνότητας καρκίνου 55,9 %
- Λευχαιμία στα παιδιά: Αύξηση συχνότητας 300%
- Όγκοι εγκεφάλου στα παιδιά στην Ουκρανία: Αύξηση συχνότητας 580%

Sources:

IPPNW & German Society for Radiation Protection

Επίδραση στην υγεία - IPPNW μελέτη (α)

Liquidators

10.000 Liquidatoren have died from radiation

Thyroid cancer

More than 10.000 cases of thyroid cancer in the normal population

More than 50.000 expected cases of thyroid cancer in the near future

Malformations

10,000 severe cases of malformations in Europe

Neonatal mortality

5,000 additional childhood deaths in Europe

Sources:

IPPNW & German Society for Radiation Protection

Επίδραση στην υγεία - IPPNW μελέτη (β)

Cancer, leukaemia and other diseases

Rise in cancer and leukaemia cases in several states. No
metanalysis to date.

13x rise in childhood manifestation of diseases in affected
regions

Genetic defects

Molecular deviations were found in the blood of the children of
liquidators and inhabitants of affected regions

Summary

These are very conservative numbers. The Russian ecologic ministry
estimated the number of people afflicted by chernobyl-associated
diseases with 1.3 million

Source:

IPPNW & German Society for Radiation Protection

Άλλες επιδράσεις

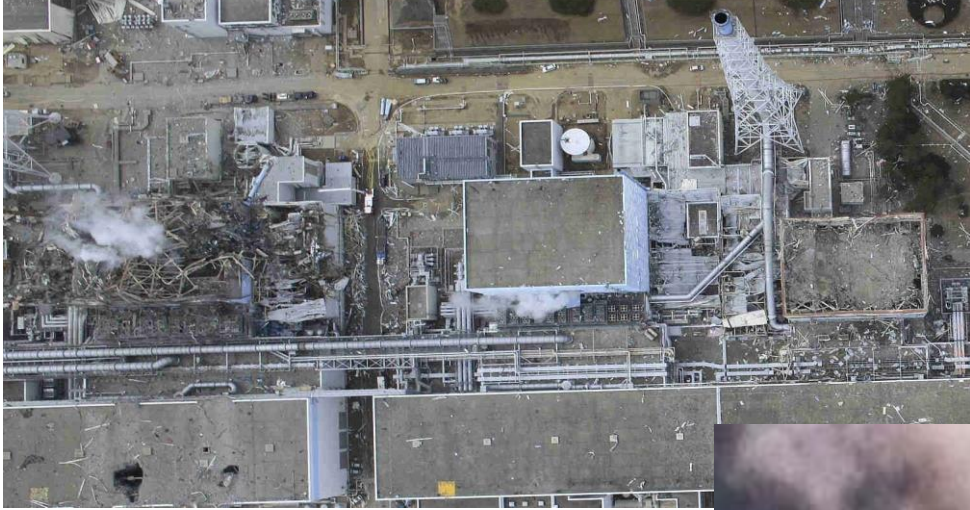
- Υδροφόρος ορίζοντας
- Χλωρίδα και πανίδα (θάνατοι, συγγενείς ανωμαλίες)
- Τροφική αλυσίδα

Gorbachev, 2006

"The nuclear meltdown at Chernobyl 20 years ago this month, even more than my launch of [perestroika](#), was perhaps the real cause of the collapse of the Soviet Union."

Fukushima, 2011 – «Λάθος» της φύσης ...





Ιστορικά στοιχεία

Fukushima Daiichi-Tokyo Electric Power Company
TEPCO, 6 αντιδραστήρες

11.03.2011, τσουνάμι με κύματα ύψους 8-14 μέτρων, λόγω σεισμού 9 ρίχτερ. Υπήρχε φράγμα για κύματα έως 6 μέτρα ύψος. Την ώρα του σεισμού λειτουργούσαν μόνο οι 3 αντιδραστήρες. Δεν λειτούργησαν τα ψυκτικά συστήματα

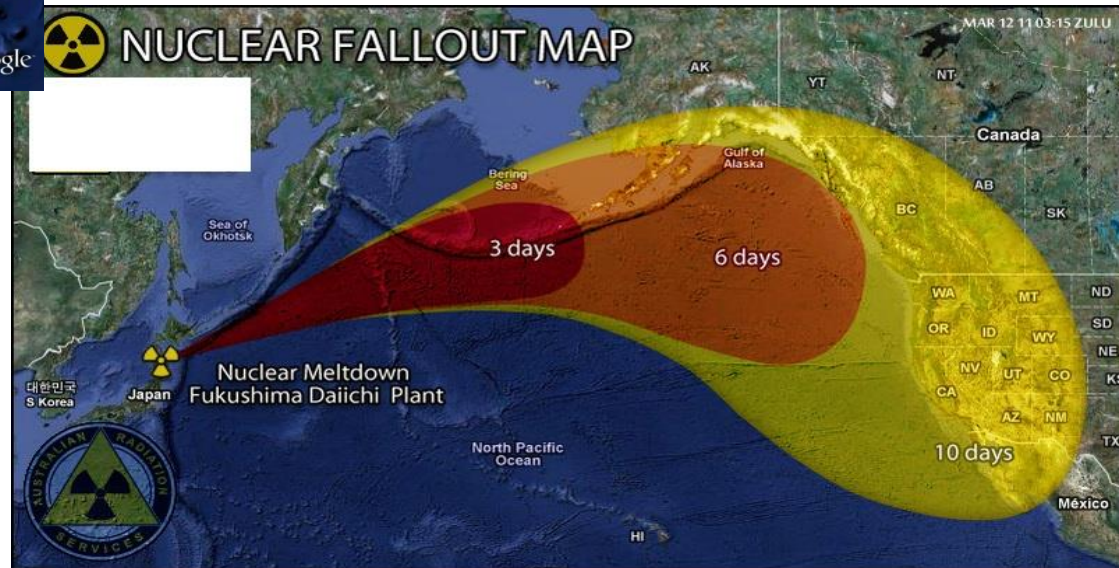
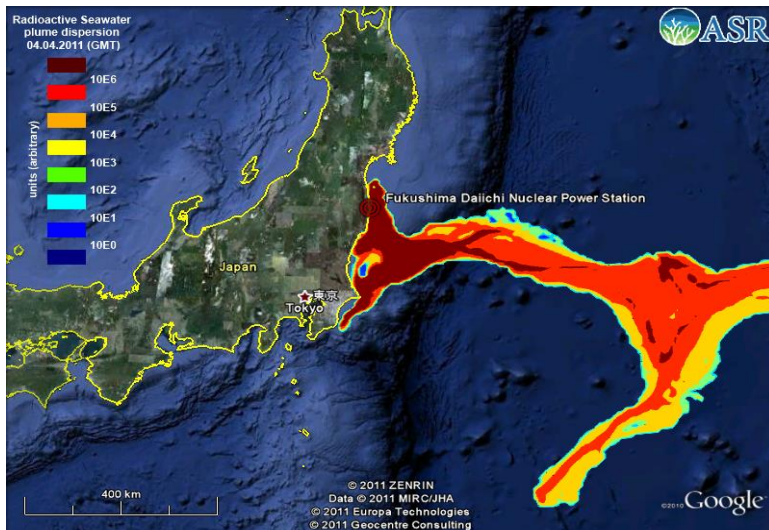
Οι αρχές κατέγραψαν 15854 νεκρούς, 27000 τραυματίες και 3155 αγνοούμενους

Το πλέον σύνθετο ατύχημα !!!

Αποτελέσματα

- Απελευθέρωση υδρογόνου από την αντίδραση των καυτών υδρατμών με υλικά της κατασκευής, όπως το ζιρκώνιο
- Εκκένωση του πληθυσμού σε ακτίνα 20 χλμ
- Δόσεις ραδιενέργειας έως 400 mSv/h από ραδιενεργά υλικά όπως ^{131}I , $^{137,134}\text{Cs}$ και $^{131,134}\text{Xe}$

Διασπορά των ραδιενεργών υλικών στην ατμόσφαιρα



Έκθεση του 2016

*“30 years living with Chernobyl –
5 years living with Fukushima”*

[https://ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Tschernobyl/Report_TF_3005_en_17_screen.](https://ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Tschernobyl/Report_TF_3005_en_17_screen.pdf)

pdf



