



# Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

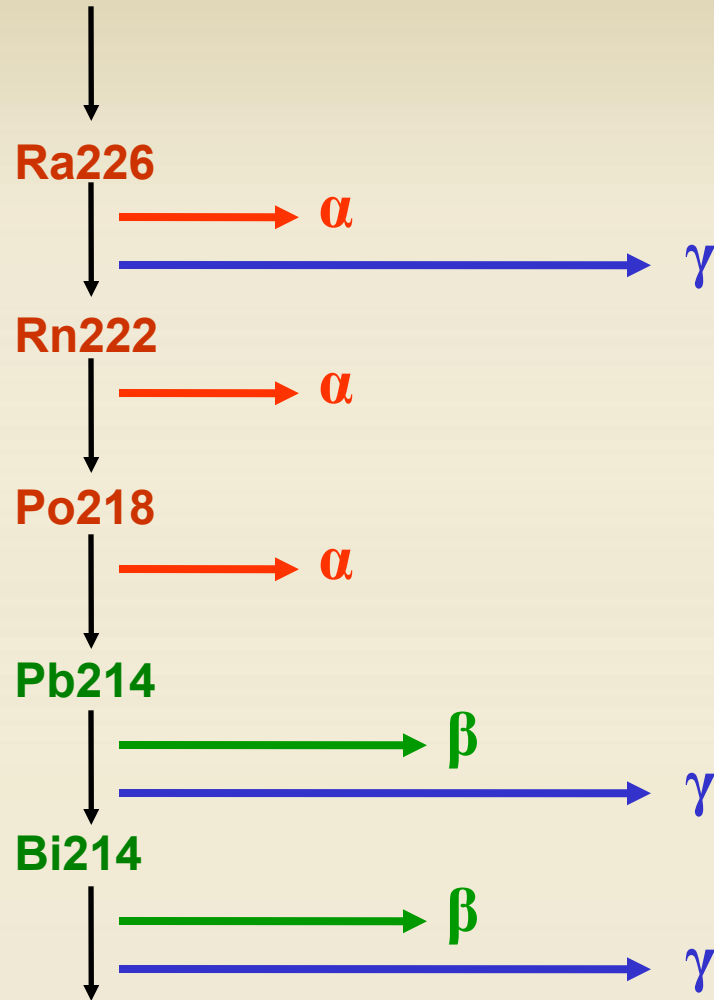
*Π. Κρητίδης και Ε. Φλώρου  
Εργαστήριο Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος  
ΙΠΤ-Α, ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος»*



# Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

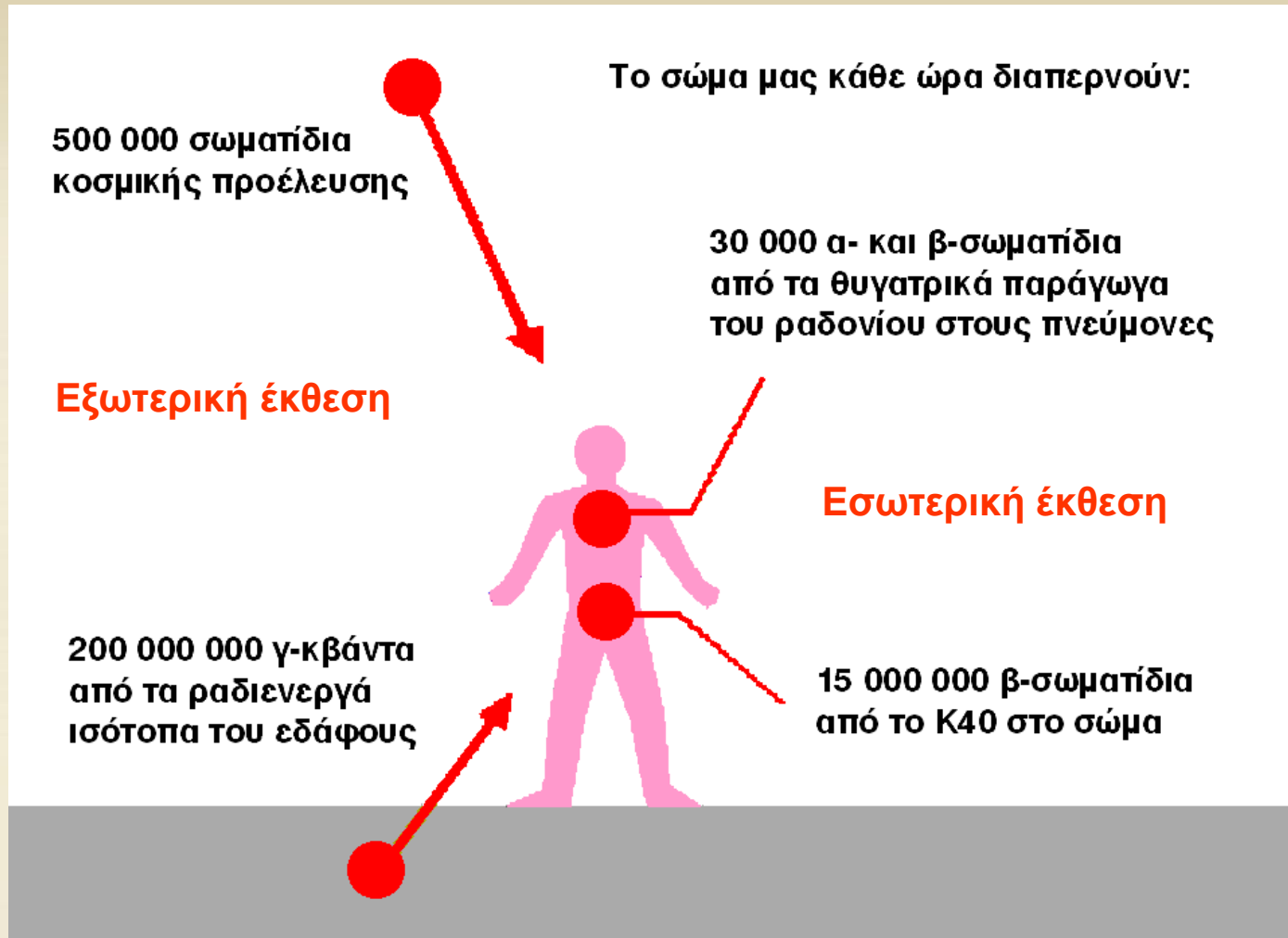
## Φυσικά ραδιενεργά στοιχεία

Παράδειγμα από την οικογένεια του U238





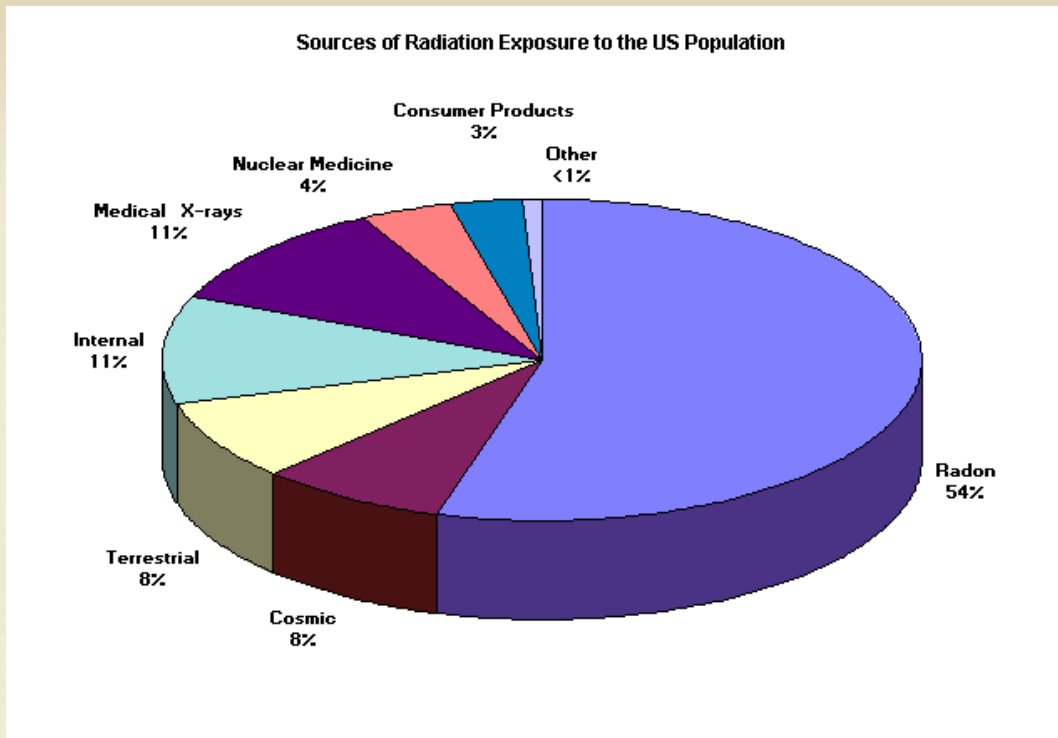
## Έκθεση στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες





# Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

## Μέσες ετήσιες δόσεις από διάφορες οδούς έκθεσης



Εκτιμήσεις για τις ΗΠΑ,  $\mu\text{Sv}$

3600 – σύνολο

Πηγές:

- 2000 – θυγατρικά ραδονίου
- 390 – ισότοπα στο σώμα
- 280 – ακτινοβολία εδάφους
- 270 – κοσμική ακτινοβολία
- 10 – κοσμογενή ισότοπα
- 600 – τεχνητά ισότοπα  
(κυρίως ιατρικές εφαρμογές)



## Φυσικά ραδιενεργά ισότοπα στο έδαφος

### Σειρά U238

U238 Th234 Pa234m U234 Th230 Ra226 Rn222 Po218 Pb214 Bi214 Po214 Pb210 Bi210 Po210

Τυπικές συγκεντρώσεις: 20 – 200 Bq/kg

### Σειρά Th232

Th232 Ra228 Ac228 Th228 Ra224 Rn220 Po216 Pb212 Bi212 Po212

Τυπικές συγκεντρώσεις: 20 – 200 Bq/kg

### Σειρά U235

U235 Th231 Pa231 Ac227 Th227 Ra223 Rn219 Po215 Pb211 Bi211 Tl207

Τυπικές συγκεντρώσεις: 1 – 10 Bq/kg

### K40

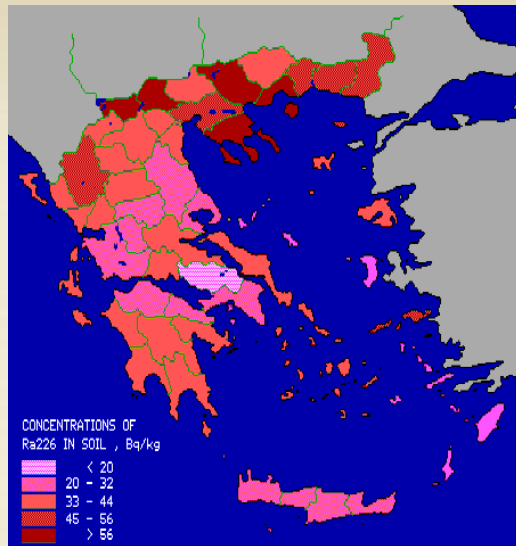
Τυπικές συγκεντρώσεις: 100 – 1000 Bq/kg

<sup>50</sup>V, <sup>87</sup>Rb, <sup>113</sup>Cd, <sup>115</sup>In, <sup>123</sup>Te, <sup>138</sup>La, <sup>142</sup>Ce, <sup>144</sup>Nd, <sup>147</sup>Sm, <sup>152</sup>Gd, <sup>174</sup>Hf, <sup>176</sup>Lu, <sup>187</sup>Re, <sup>190</sup>Pt, <sup>192</sup>Pt, <sup>209</sup>Bi.

Τυπικές συγκεντρώσεις: πολύ χαμηλές, ραδιολογικά ασήμαντες.

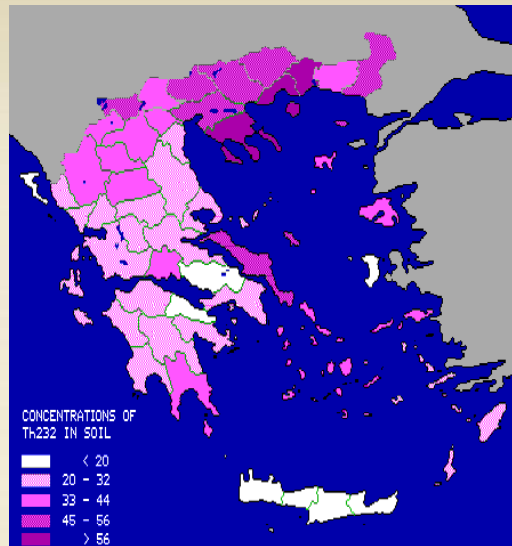


## Συγκεντρώσεις φυσικών ραδιενεργών ισοτόπων εδάφους



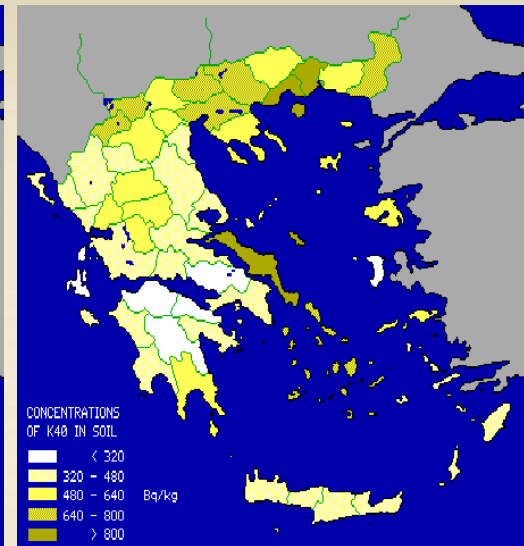
**Σειρά U238**

**Μέσα νομών: 20-60 Bq/kg**



**Σειρά Th232**

**Μέσα νομών: 20-60 Bq/kg**

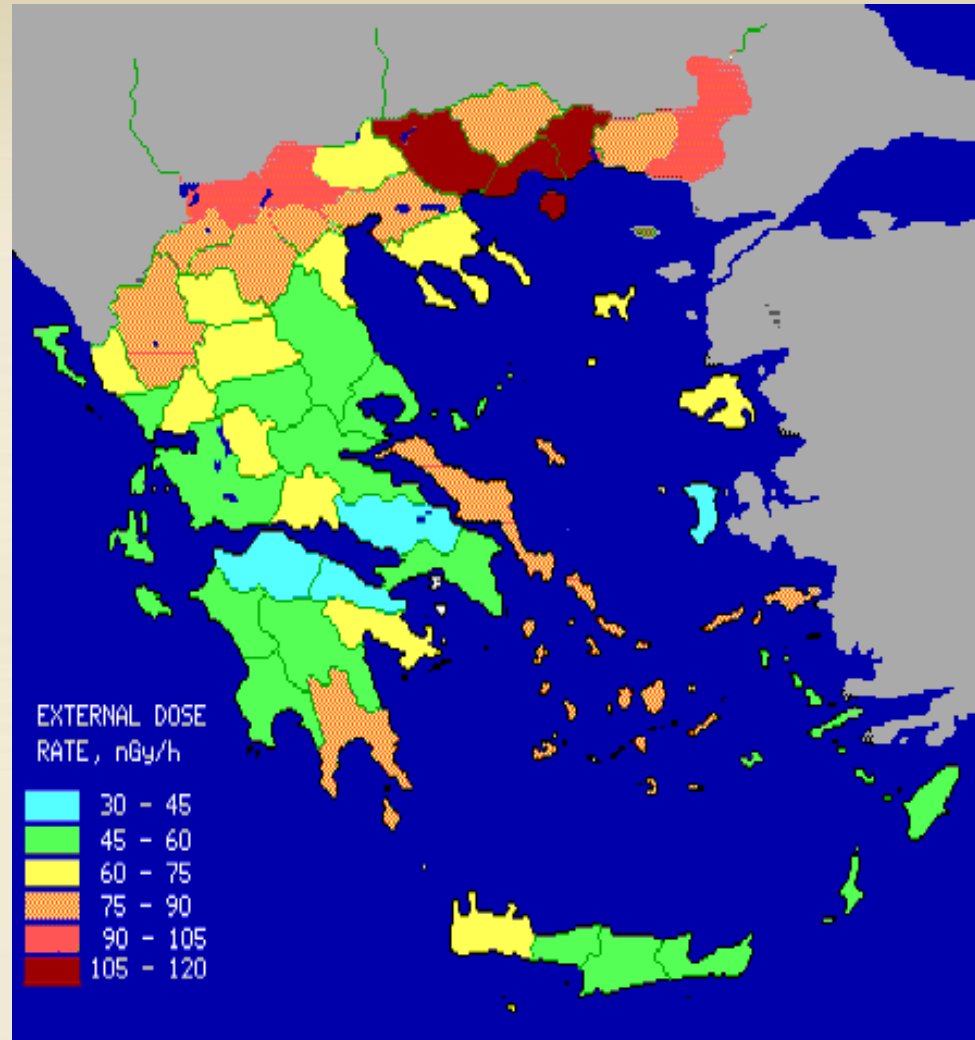


**K40**

**Μέσα νομών: 200-800 Bq/kg**



## Φυσική $\gamma$ -ακτινοβολία εδάφους Μέσες δόσεις νομών, $nGy\ h^{-1}$





## Φυσικά ραδιενεργά ισότοπα στον αέρα

Σειρά U238 - Rn222 (ραδόνιο) και θυγατρικά ισότοπα

**Rn222 Po218 Pb214 Bi214 Po214**

Τυπικές συγκεντρώσεις: 30 – 200 Bq/m<sup>3</sup> σε κλειστούς χώρους  
2 – 5 Bq/m<sup>3</sup> σε ανοικτούς χώρους

Σειρά Th232 - Rn220 (θωρόνιο) και θυγατρικά ισότοπα

**Rn220 Po216 Pb212 Bi212 Po212**

Τυπικές συγκεντρώσεις: συνήθως 10 φορές χαμηλότερες από αυτές του Rn222

Κοσμογενή ισότοπα

**C14, H3, Be7**

<sup>10</sup>Be, <sup>26</sup>Al, <sup>36</sup>Cl, <sup>80</sup>Kr, <sup>32</sup>Si, <sup>39</sup>Ar, <sup>22</sup>Na, <sup>35</sup>S, <sup>37</sup>Ar, <sup>33</sup>P, <sup>32</sup>P, <sup>38</sup>Mg, <sup>24</sup>Na, <sup>38</sup>S, <sup>31</sup>Si, <sup>18</sup>F, <sup>39</sup>Cl, <sup>38</sup>Cl





## Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

### Φυσικά ραδιενεργά ισότοπα στο θαλάσσιο νερό

Τυπικές συγκεντρώσεις, Bq/m<sup>3</sup>

<b>U238</b> -	33	<b>H3</b> -	0.6
<b>K40</b> -	11000	<b>C14</b> -	5
		<b>Rb87</b> -	1100

### Φυσικά ραδιενεργά ισότοπα στα τρόφιμα

Τυπικές συγκεντρώσεις, Bq/kg

Τρόφιμα	<b>K40</b>	<b>Ra226</b>
Μπανάνα	130	0.04
Κεσού	210	40 - 250
Καρότα	125	0.02 - 0.07
Πατάτες	125	0.04 - 0.1
Μπύρα	15	-
Μοσχάρι	110	0.02
Πόσιμο νερό	0 - 0.5	0 - 0.01



# Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

## Φυσική ραδιενέργεια τροφίμων

Ολική ειδική ενεργότητα, Bq kg<sup>-1</sup>

Τρόφιμα	Ολική ενεργ. Bq kg <sup>-1</sup>
Φυτικά λάδια	180
Γάλα	50
Αλκοολούχα ποτά	45
Μπύρα	15
Πόσιμο νερό	0.7
Κεσού	500
Μπανάνες	110
Τσάι	15
Ζυμαρικά	5
Φυστίκια	4.5



# Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

## Φυσική ραδιενέργεια στο ανθρώπινο σώμα Τυπικές τιμές, Bq

Ισότοπο ημερήσια	Ολική ενεργότητα	Μέση πρόσληψη
U238	1.1	0.023
Th232	0.11	0.011
K40	4400	100
Ra226	1.1	0.08
C14	15000	280
H3	23	1
Po210	37	



Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

## Τεχνολογικά αυξημένη φυσική ραδιενέργεια (TENR)

Ραδιολογικά σημαντικές περιπτώσεις

### Ορυχεία ουρανίου και επεξεργασία ορυκτού

Υψηλές συγκεντρώσεις ραδονίου κ.α. ισοτόπων των σειρών U235 και U238

### Λιγνητικοί ηλεκτρικοί σταθμοί

Ρύπανση αέρα και εδάφους με υψηλές συγκεντρώσεις φυσικών ραδ. ισοτόπων

### Οικοδομικά υλικά

Ορισμένα τσιμέντα, φωσφατούχα υλικά, γρανίτες

### Ραδόνιο εσωτερικών χώρων

Η παλαιότερη περίπτωση TENR, κύριος παράγοντας έκθεσης του πληθυσμού

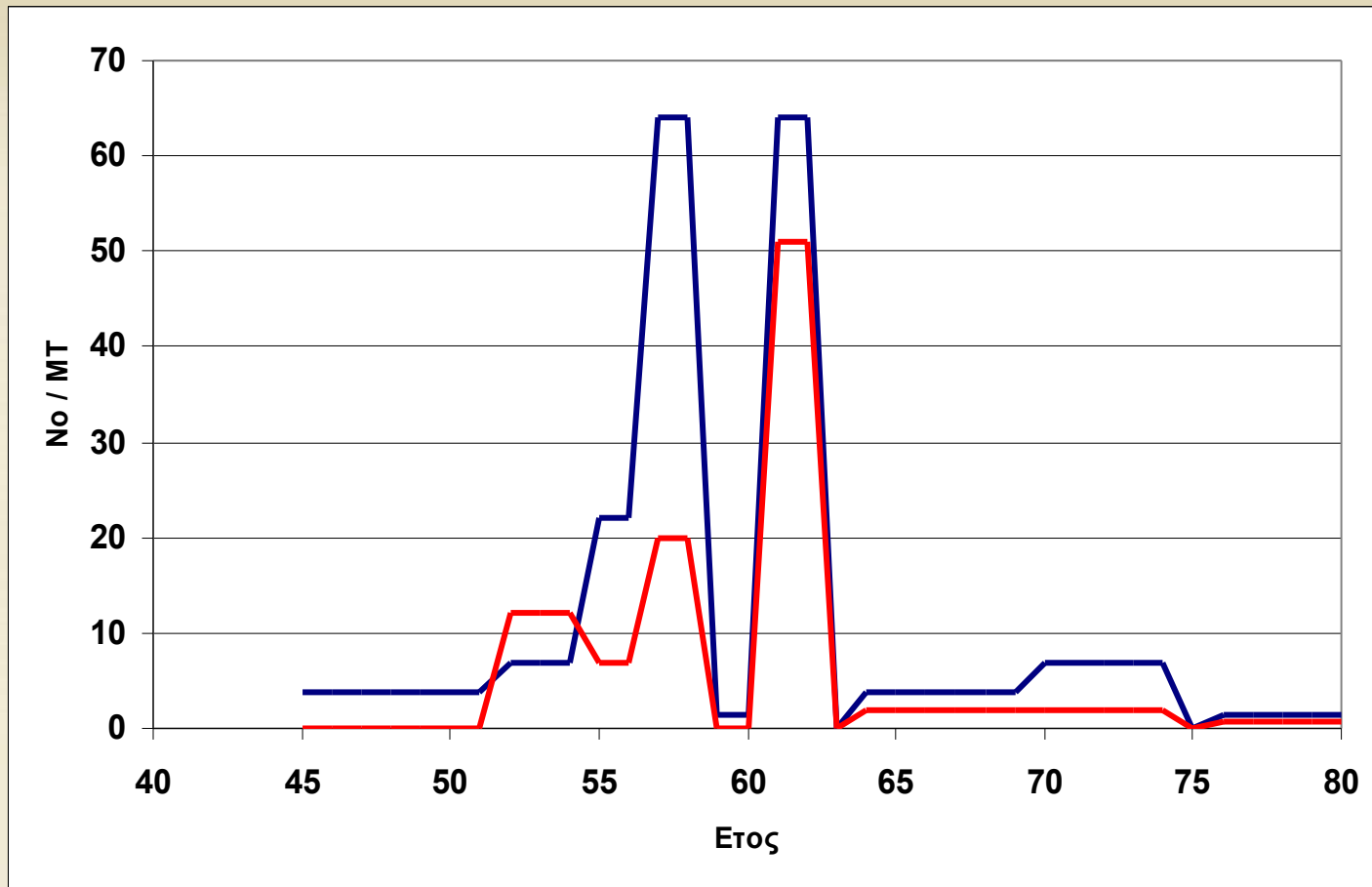
### Ραδονιούχα ιαματικά λουτρά

Μία προβληματική πρακτική με TENR προεκτάσεις

**Επίσης:** φωσφατούχα λυπάσματα, πόσιμα νερά πηγαδιών

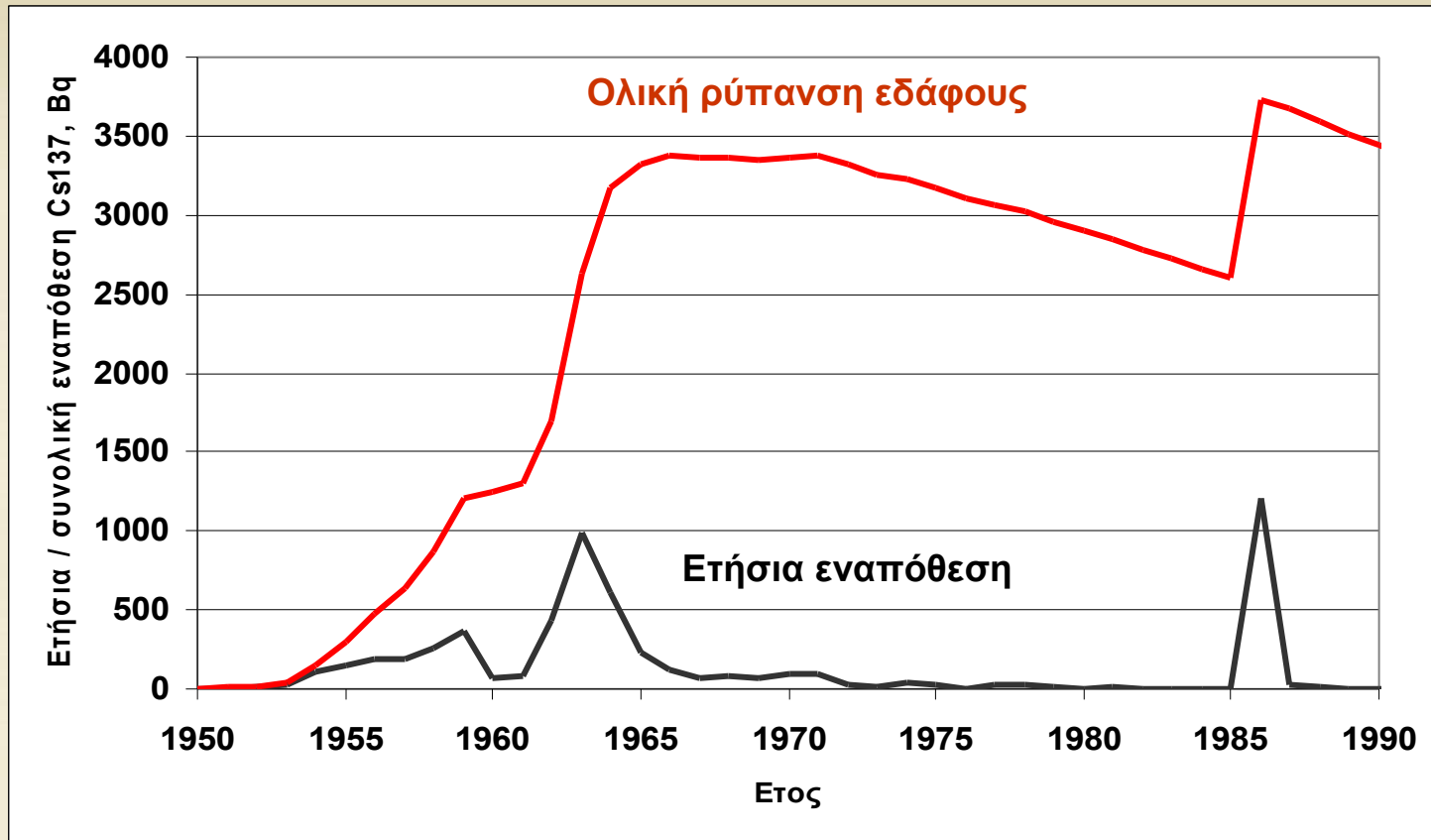


## Πυρηνικές δοκιμές στην ατμόσφαιρα Αριθμός και συνολική ισχύς ανά έτος





## Πυρηνικές δοκιμές στην ατμόσφαιρα Ετήσια και συνολική εναπόθεση Cs137, Bq m<sup>-2</sup>, Δανία

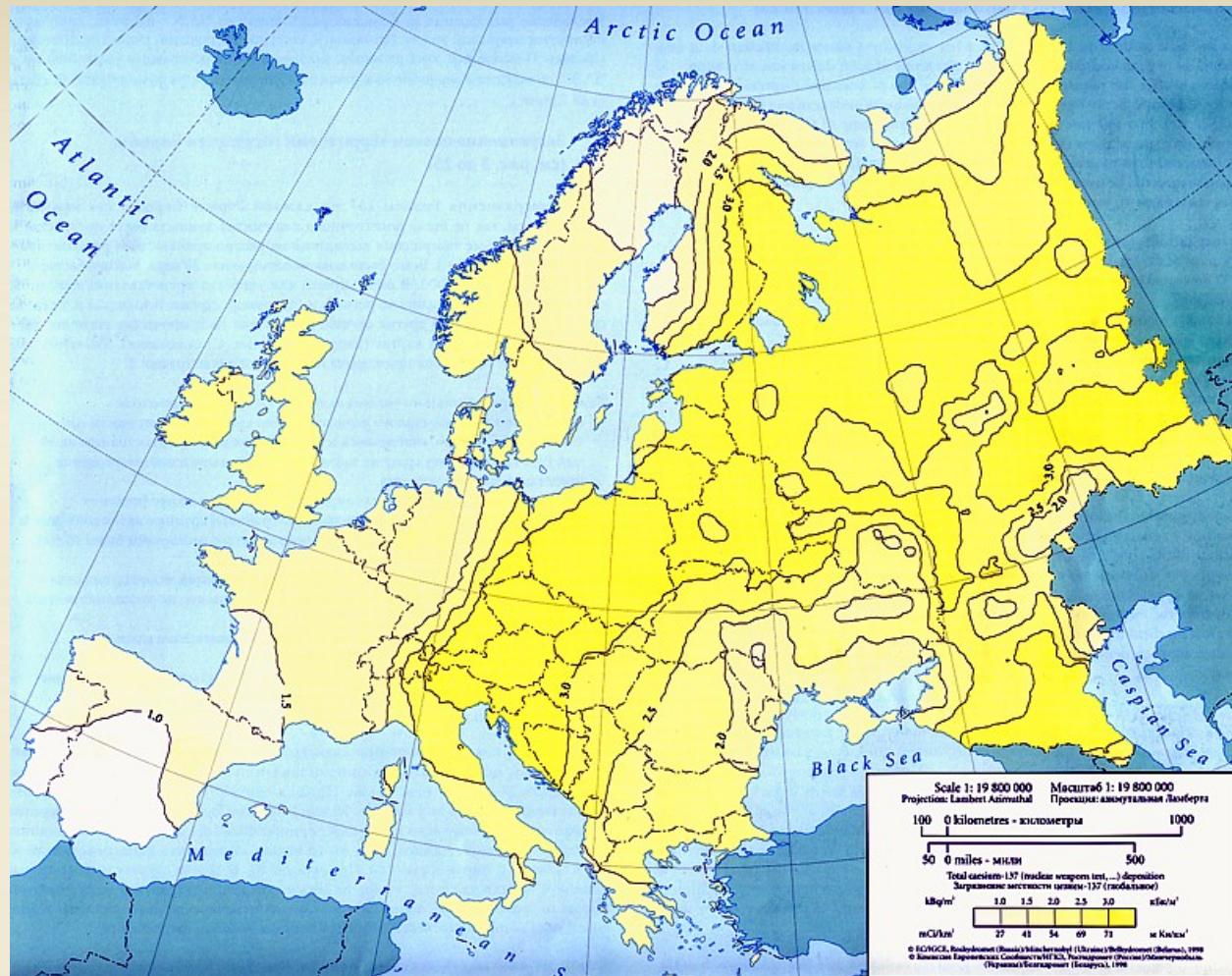


..... Πυρηνικές δοκιμές ..... Τσερνόμπιλ



# Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

## Πυρηνικές δοκιμές στην ατμόσφαιρα Εκτίμηση εναπόθεσης Cs137 στην Ευρώπη





# Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

## Πυρηνικές δοκιμές στην ατμόσφαιρα Ραδιενεργός ρύπανση τροφίμων, ενδεικτικές τιμές, Bq/kg

Έτος	Χώρα	Τρόφιμο	Ισότοπο	Συγκέντρωση
1957	UK	Milk powder	$^{137}\text{Cs}$	32
1959	USA	Milk	$^{137}\text{Cs}$	3
1961	USA	Milk	$^{137}\text{Cs}$	2
1962	USA	Fresh milk	$^{137}\text{Cs}$	7
1963	USA	Milk	$^{137}\text{Cs}$	5.6
1964-65	USA	Milk	$^{137}\text{Cs}$	5
1985	Finland	Milk	$^{137}\text{Cs}$	0.23
1957	USA	Milk	$^{131}\text{I}$	37
1962	USA	Fresh milk	$^{131}\text{I}$	20
1885	USA	Milk	$^{131}\text{I}$	1.3
1962	USA	Fresh milk	$^{90}\text{Sr}$	1.8
1963	USA	Milk	$^{90}\text{Sr}$	1.0
1960	USA	Beef meat	$^{137}\text{Cs}$	1.2
1985	Finland	Beef meat	$^{137}\text{Cs}$	0.9
1980-85	Finland	Lake fish	$^{137}\text{Cs}$	42
1984	Spain	Fish	$^{137}\text{Cs}$	1 – 6
1985	Ireland	Fish	$^{137}\text{Cs}$	8 – 35
1963-67	USA, Utah	Animal foodstuff	$^{137}\text{Cs}$	112





## Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

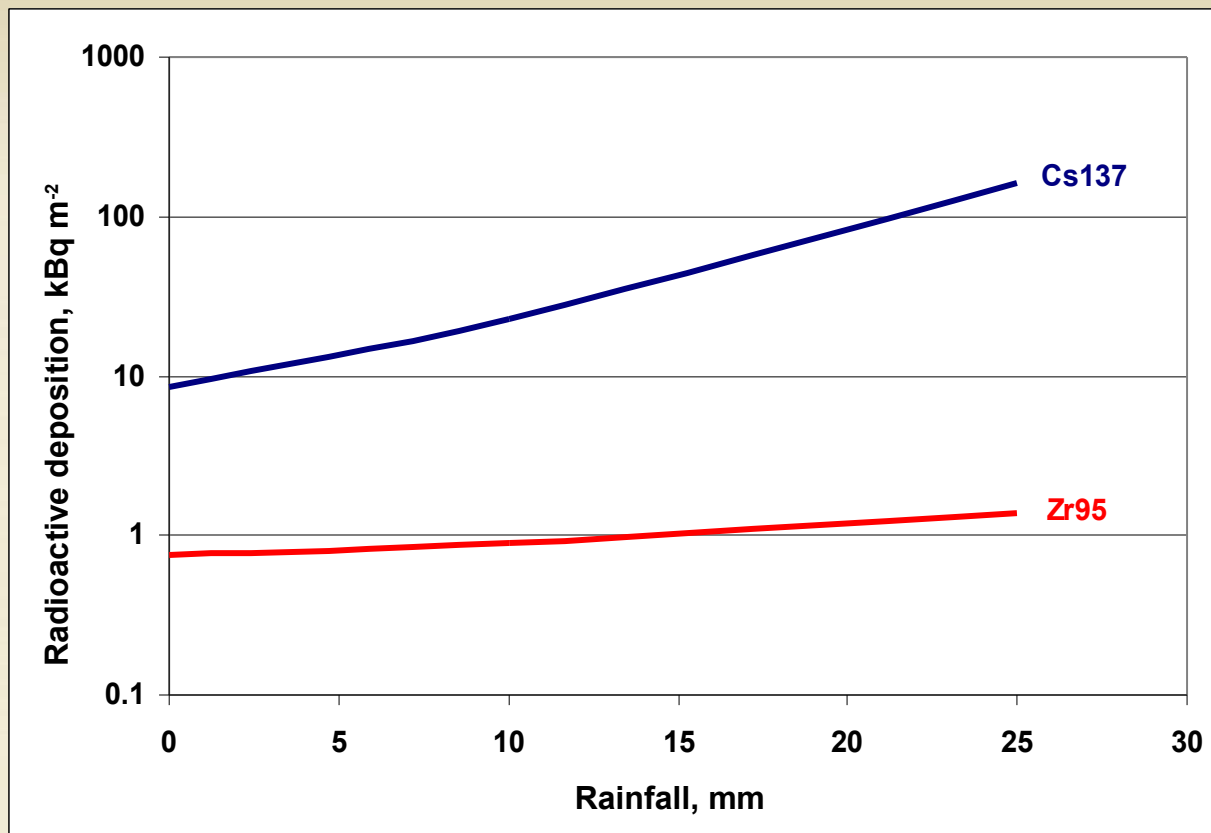
### Πυρηνικές δοκιμές στην ατμόσφαιρα Ραδιενεργός ρύπανση τροφίμων, Cs137, Bq kg<sup>-1</sup>, ΗΠΑ, 1963

Τρόφιμα	Μέγιστη	Μέση
Φυλλώδη λαχανικά	210	21
Άλλα λαχανικά	38	3
Φρούτα	20	3
Πατάτες	11	1.4
Ζυμαρικά	23	4.3
Γαλακτοκομικά	48	5
Ψάρια	7.6	1.9
Αυγά	1	0.4
Καφές	24	16
Τσάι	950	47
Αρωματικά φυτά	580	29



## Ραδιενεργός ρύπανση εδάφους

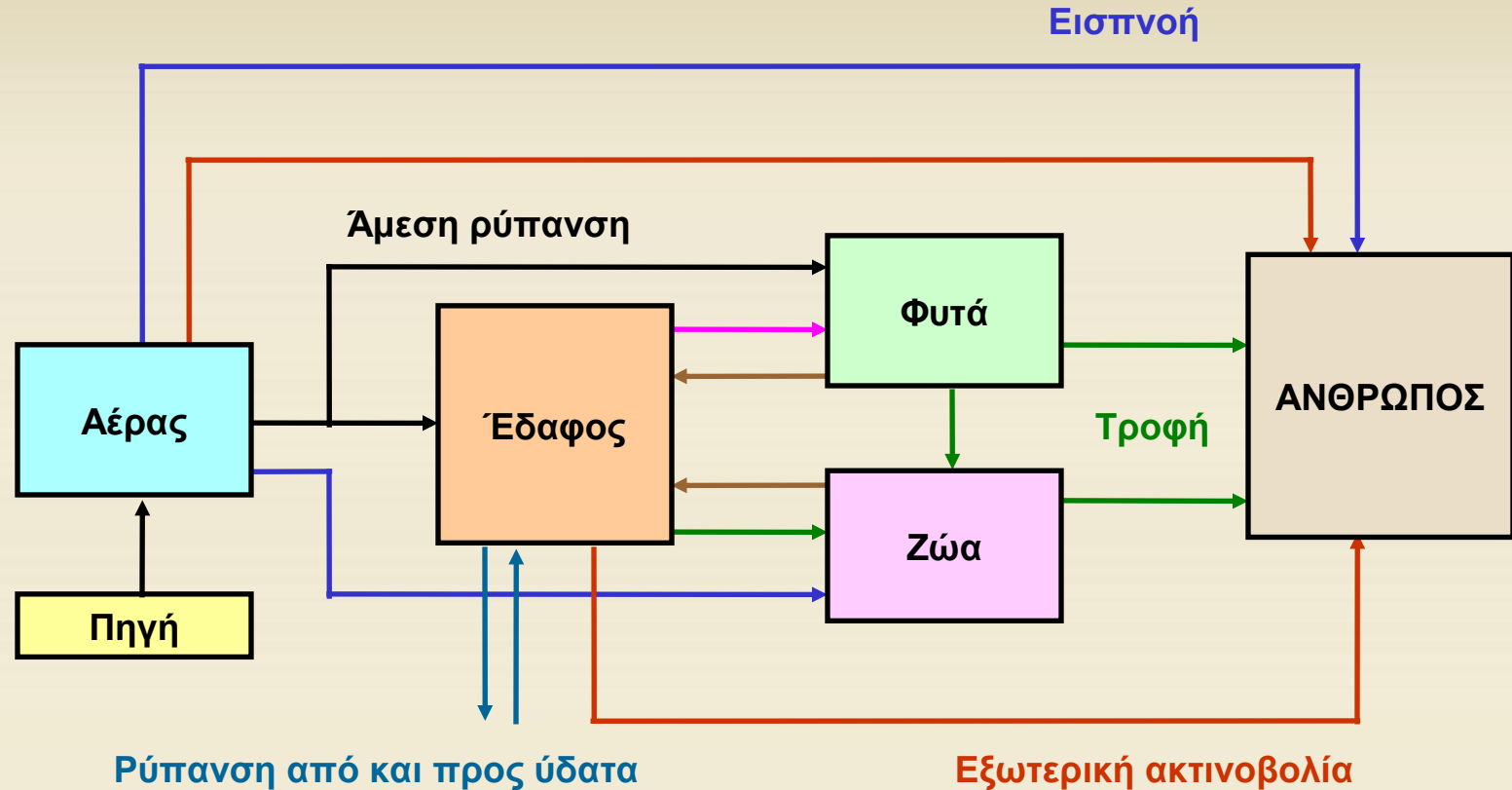
Σχέση μεταξύ βροχόπτωσης και ρύπανσης εδάφους





## Ραδιενεργός ρύπανση τροφικής αλυσίδας - Α

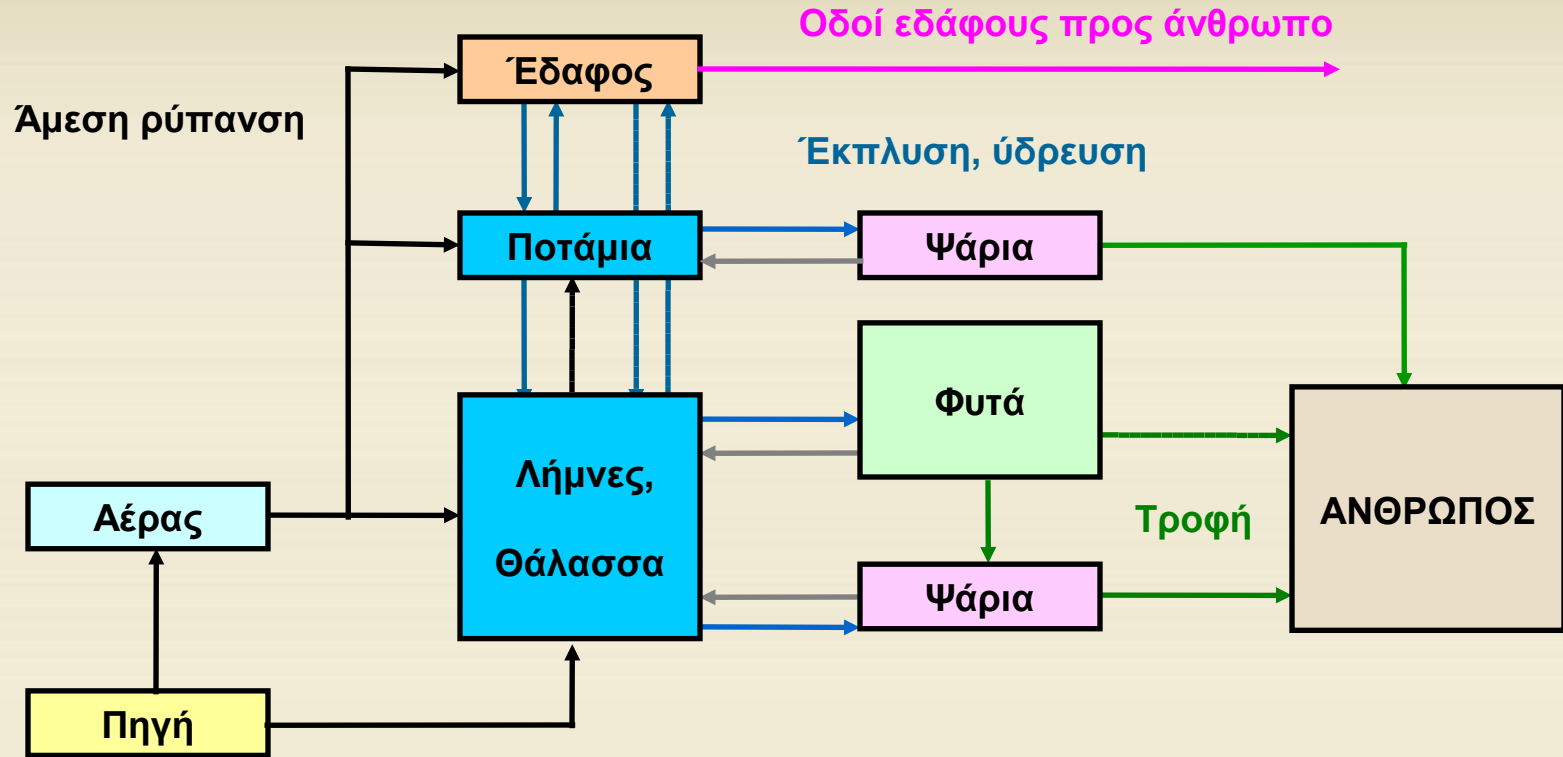
Οδοί μέσω αέρα και εδάφους





## Ραδιενεργός ρύπανση τροφικής αλυσίδας - Β

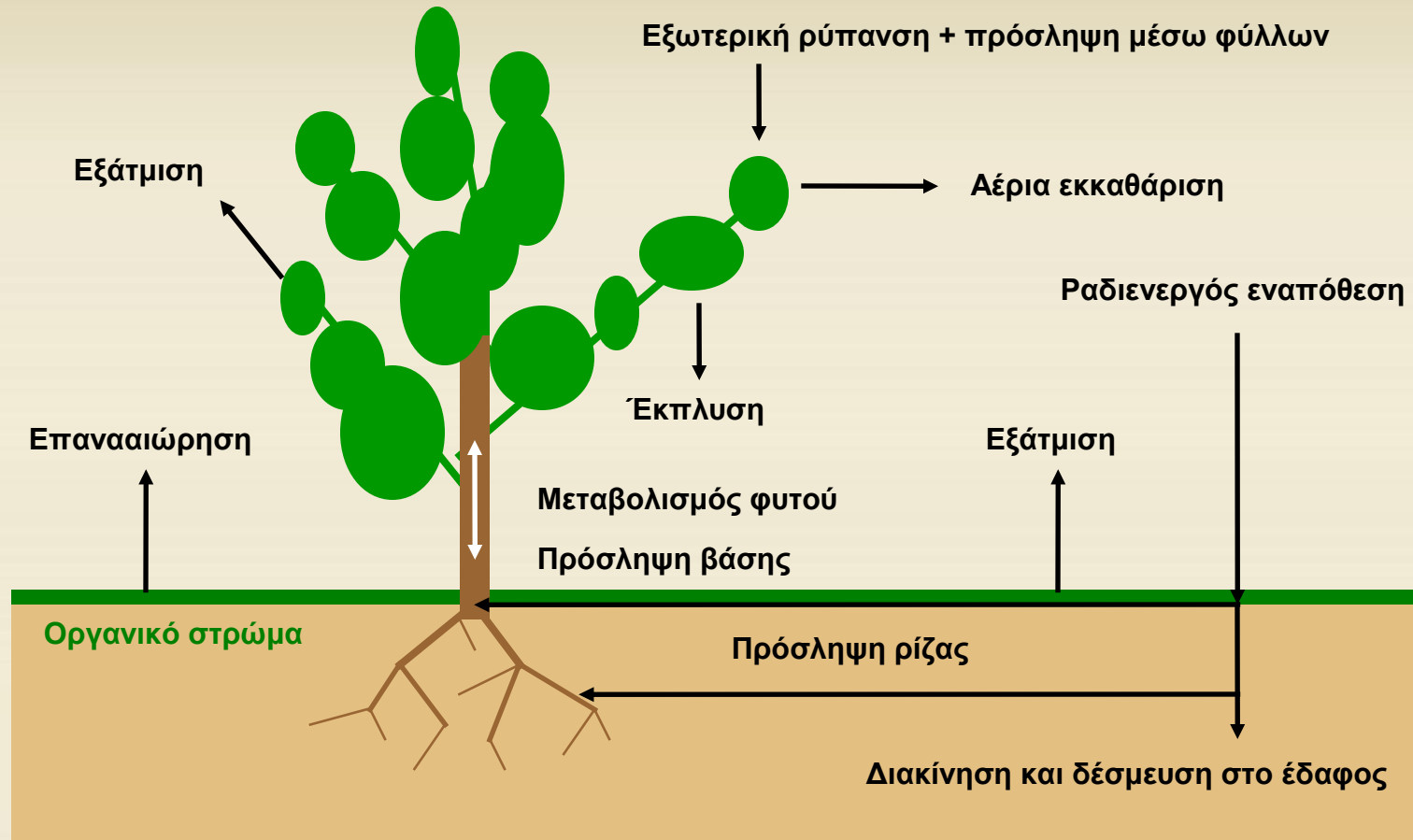
Οδοί μέσω επιφανειακών υδάτων και θάλασσας





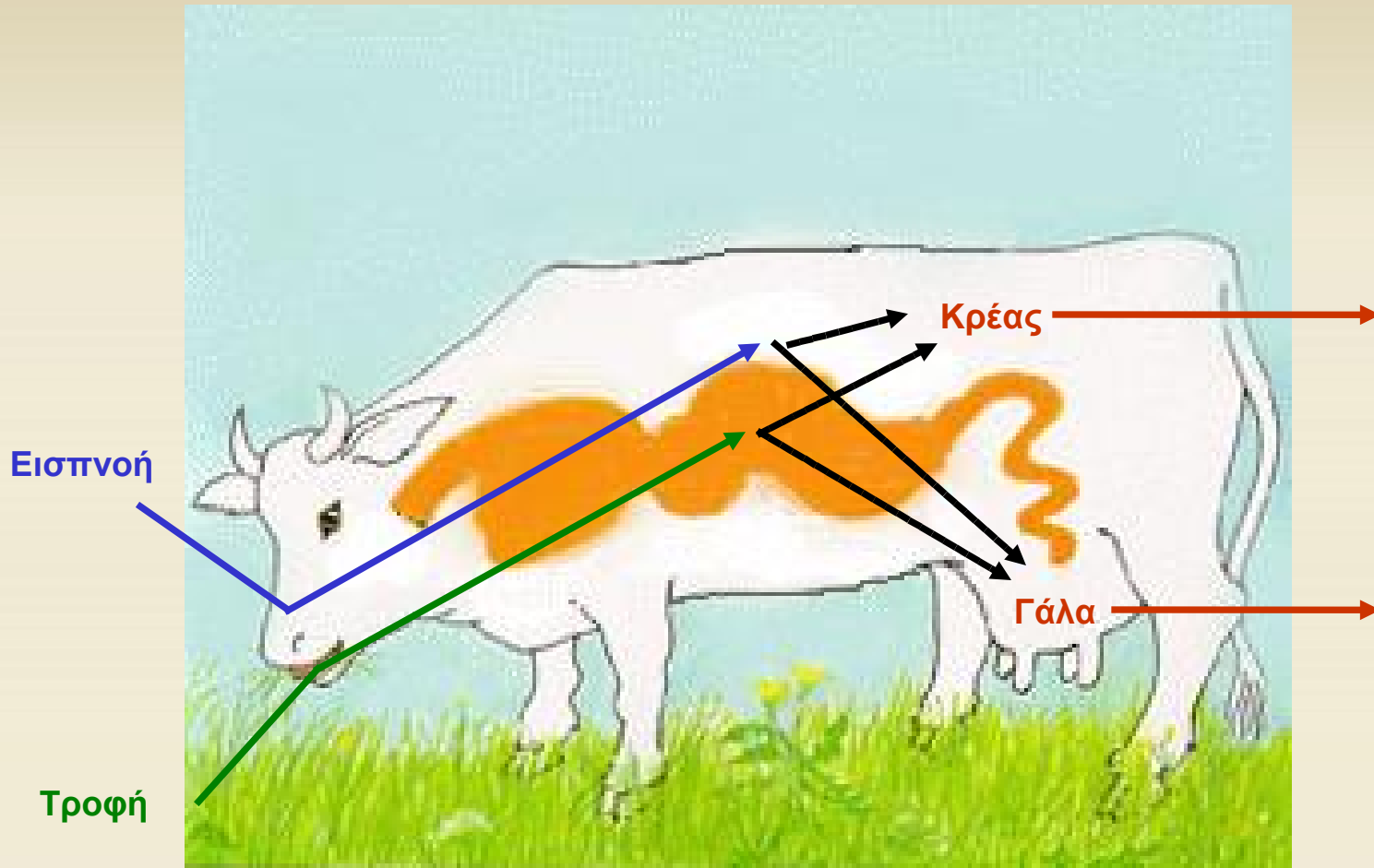
## Ραδιενεργός ρύπανση φυτών

Διάφορες οδοί διακίνησης ρύπων





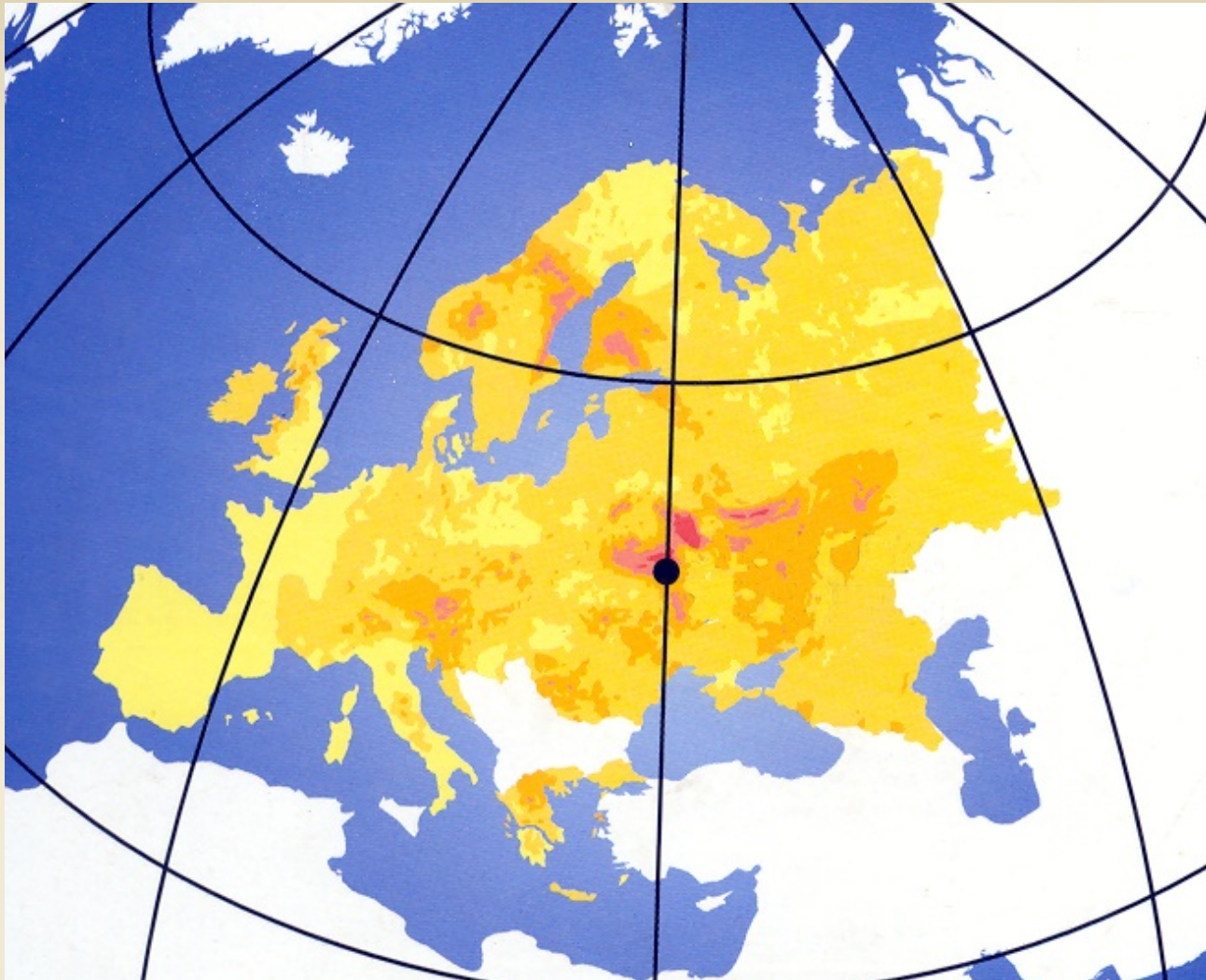
## Ραδιενεργός ρύπανση ζώων Οδοί ρύπανσης





Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

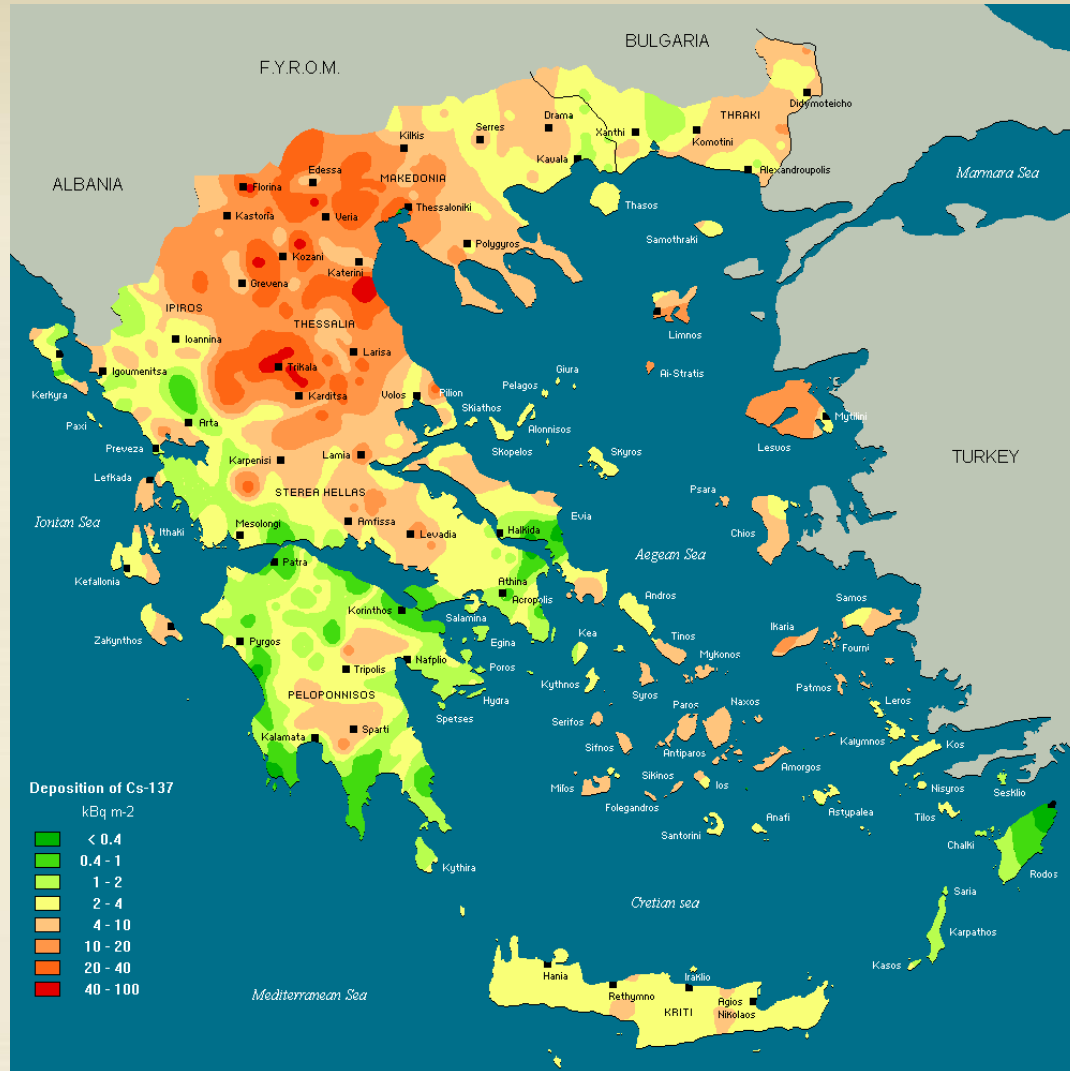
## Πυρηνικό ατύχημα Τσερνόμπιλ - Ελλάδα Ραδιενεργός εναπόθεση Cs137 στην Ευρώπη





# Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

## Πυρηνικό ατύχημα Τσερνόμπιλ - Ελλάδα Ραδιενεργός εναπόθεση Cs137 – στοιχεία ΕΜΠ και ΕΚΕΦΕ «Δ»

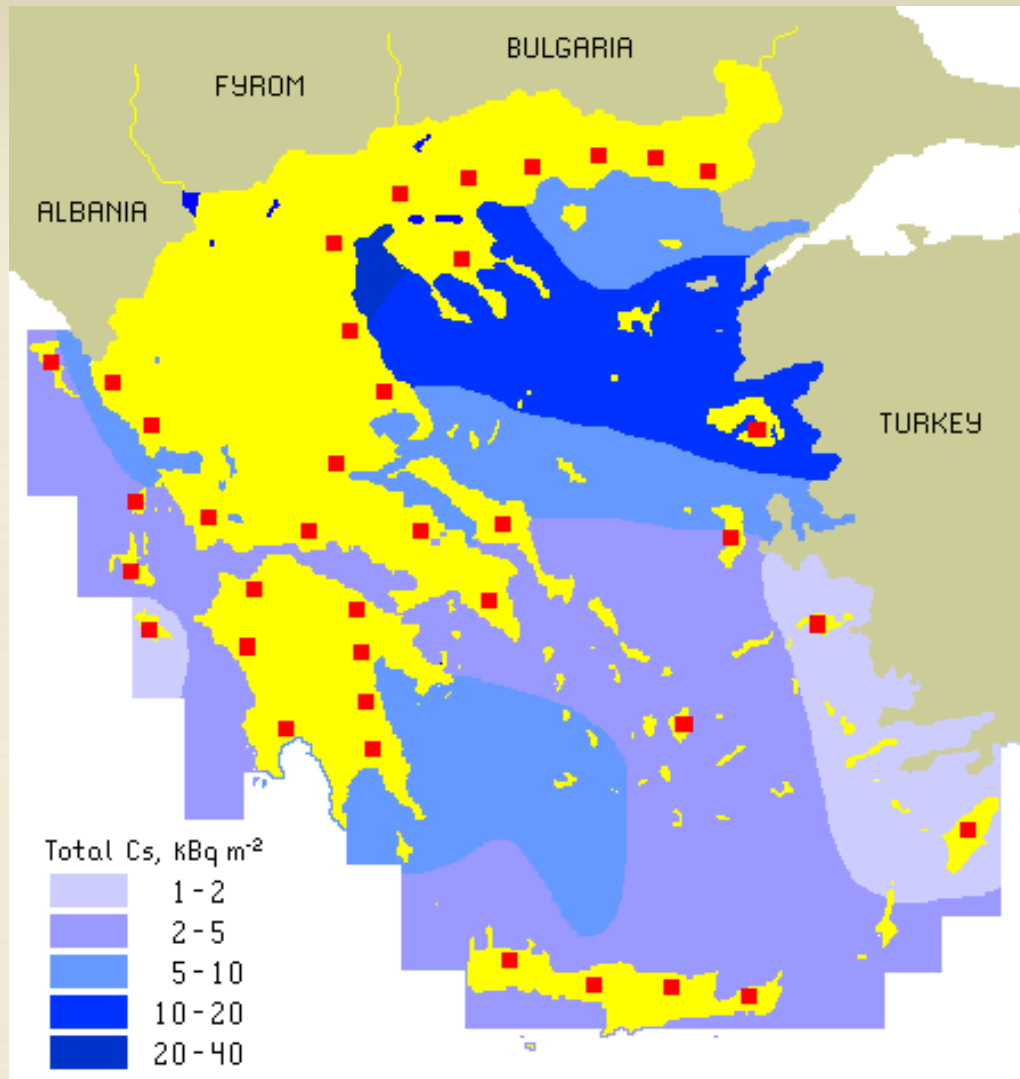






Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

## Πυρηνικό ατύχημα Τσερνόμπιλ - Ελλάδα Επιφανειακή ρύπανση θάλασσας με Cs137 – εκτίμηση ΕΡΠ





## Πυρηνικό ατύχημα Τσερνόμπιλ - Ελλάδα

Μέσες δόσεις πρώτου έτους και 50 ετών,  $\mu\text{Sv}$

Οδός	Έτος 1	50 έτη
Εισπνοή	22	22
Εξωτερική έκθεση	52	190
<b>Τρόφιμα, νερό</b>	<b>420</b>	<b>500</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>490</b>	<b>710</b>

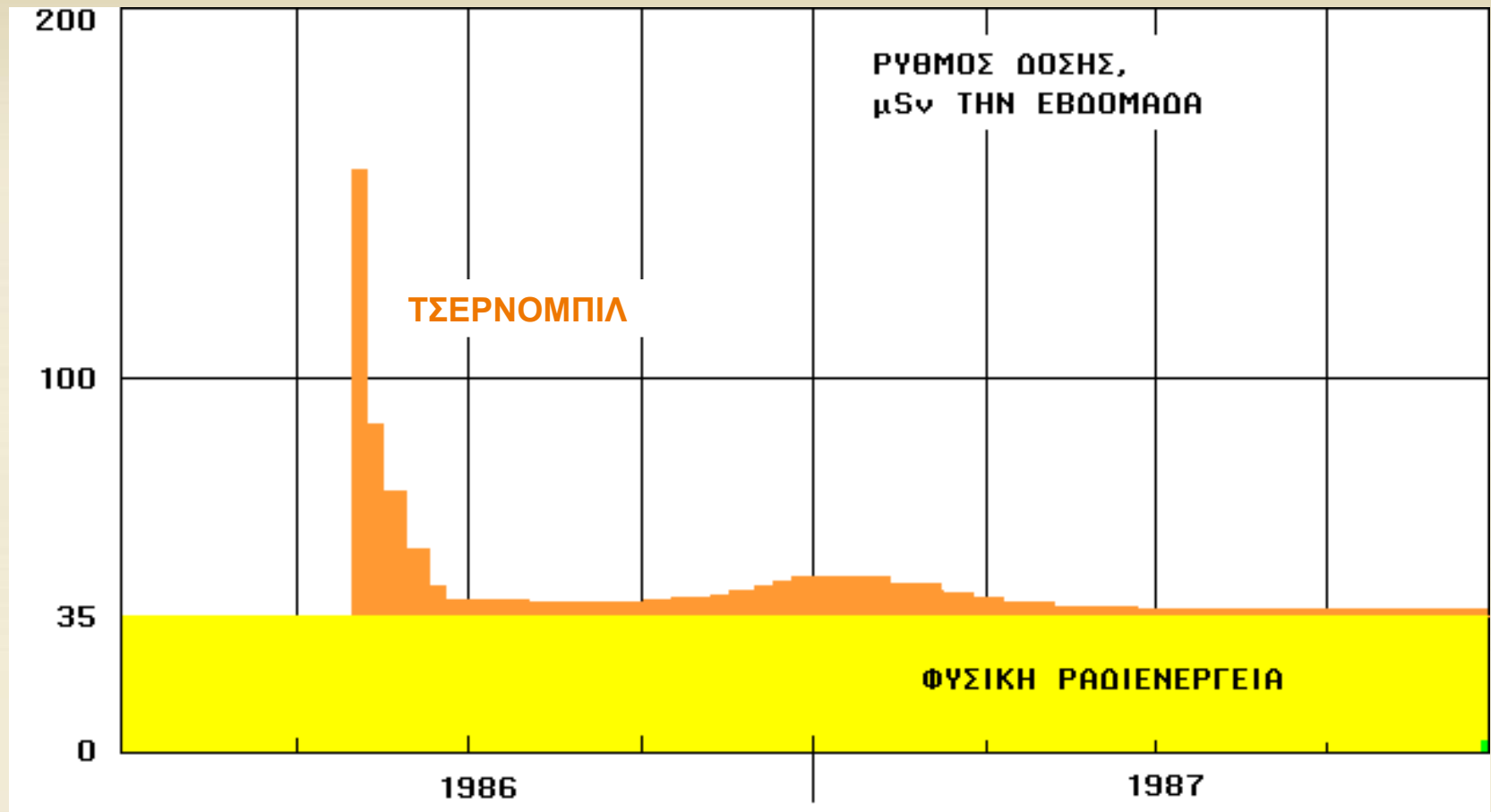
### Οι ραδιολογικώς σημαντικότερες τροφικές οδοί

Ρύπανση χόρτων με I131	>	Γάλα μικρών ζώων
Ρύπανση χόρτων με Cs137	>	Αγελαδινό και πρόβειο γάλα και κρέας
Ρύπανση φρούτων και λαχανικών		
Ρύπανση ζωοτροφών	>	Κρέας και γαλακτοκομικά, 1986/87
Ρύπανση σιτηρών	>	Ψωμί και ζυμαρικά, 1986/87



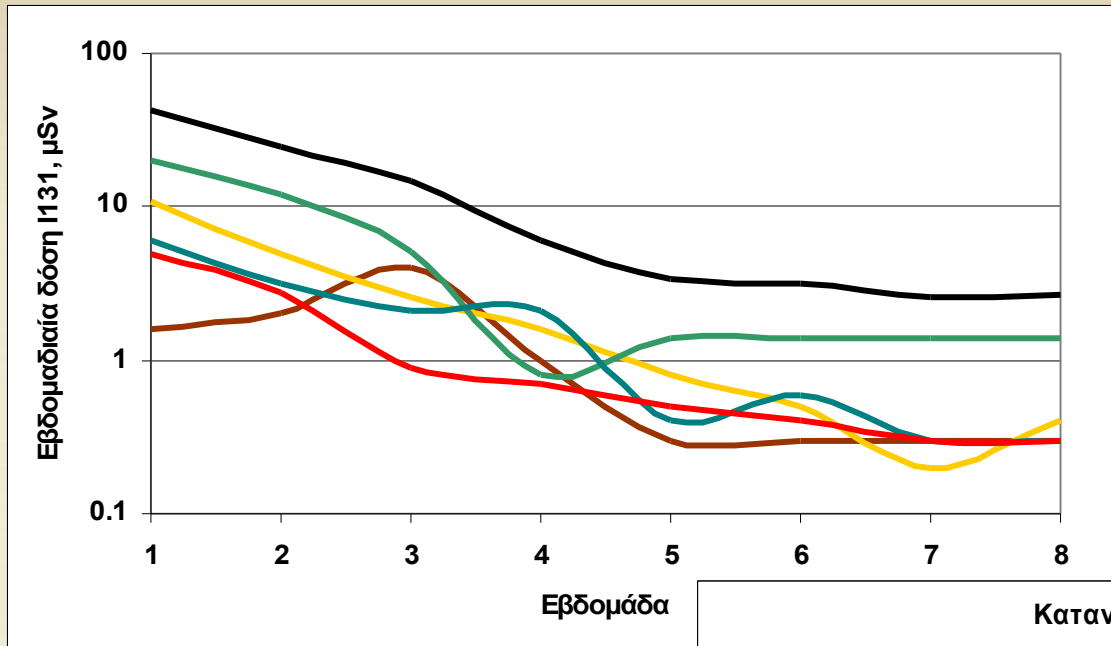
## Πυρηνικό ατύχημα Τσερνόμπιλ - Ελλάδα

Εκτίμηση μέσω εβδομαδιαίων δόσεων. Σύγκριση με τις φυσικές δόσεις.

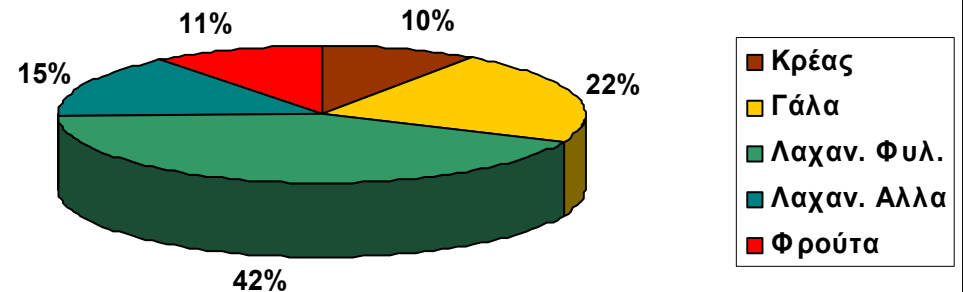




## Πυρηνικό ατύχημα Τσερνόμπιλ - Ελλάδα Μέσες εβδομαδιαίες δόσεις από το I131, $\mu\text{Sv}$



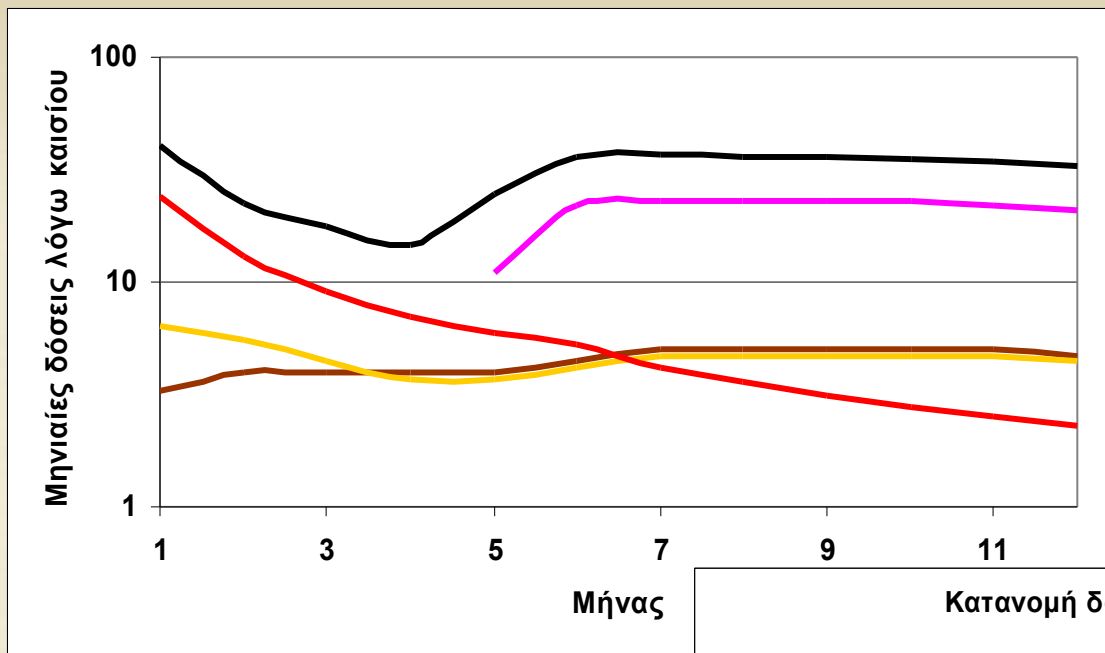
Κατανομή δόσεων από I131



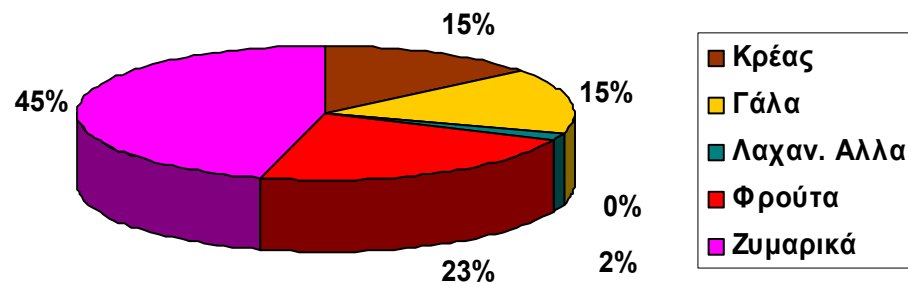


## Πυρηνικό ατύχημα Τσερνόμπιλ - Ελλάδα

Μέσες εβδομαδιαίες δόσεις από Cs137 + Cs134,  $\mu\text{Sv}$



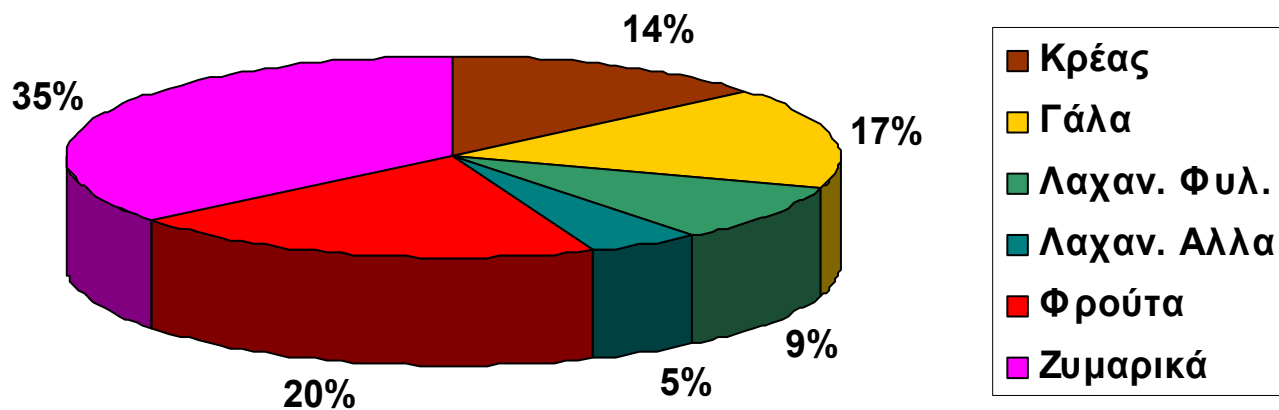
Κατανομή δόσεων από Cs137 και Cs134





## Πυρηνικό ατύχημα Τσερνόμπιλ - Ελλάδα

Κατανομή δόσεων από I131, Cs137 και Cs134 στα τρόφιμα





## Μέτρα ακτινοπροστασίας - επίπεδα παρέμβασης

Μέτρο	Επίπεδα δόσεων, mSv		Όργανο	Μέση δόση, Ελλάδα
	Χαμηλό	Υψηλό		
Περιορισμός στις κατοικίες	5	50	Όλο το σώμα	0.02
Διανομή σταθερού ιωδίου	50	500	Θυρεοειδής	0.2
Εκκένωση	50	500	Όλο το σώμα	0.05
Μετακίνηση	50	500	Όλο το σώμα	0.05
<b>Δέσμευση τροφίμων</b>	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>Όλο το σώμα</b>	<b>0.45</b>
<b>Μέτρα για τα τρόφιμα τα οποία εφαρμοσθηκαν στην Ελλάδα</b>	<b>Συστάσεις για την αποφυγή πρόβειου γάλακτος και φυλλωδών λαχανικών</b> <b>Έλεγχος γάλακτος, τυριών και κρέατος, εφαρμογή ορίων ΕΕ</b> <b>Προσωρινή απαγόρευση σφαγής μικρών ζώων</b> <b>Προσωρινή απαγόρευση άρτου ολικής αλέσεως</b>			



## Διασπορά Cs137 στην Ανατολική Μεσόγειο

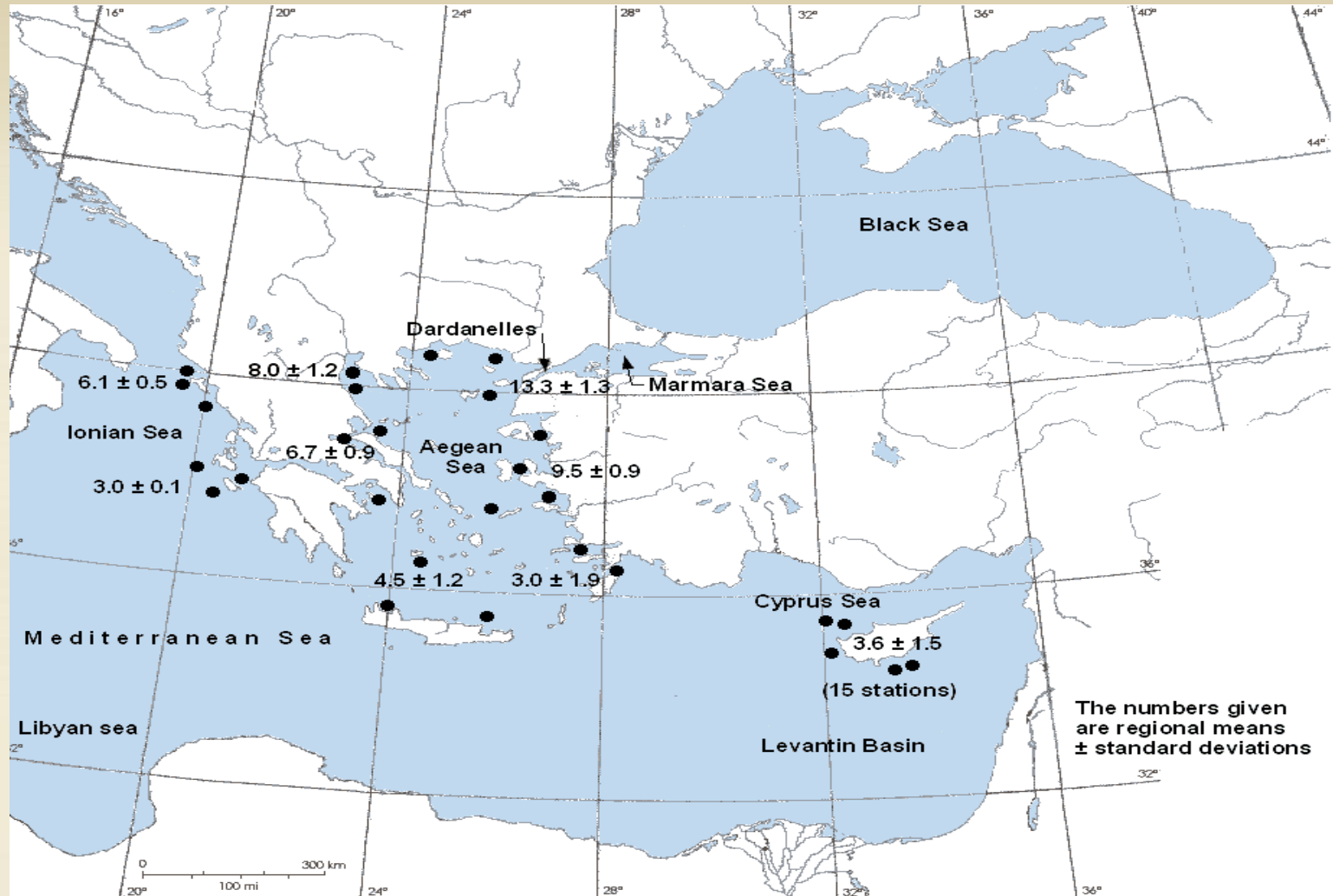


Fig. 1. Dispersion of Cs137 in the Eastern Mediterranean during the period 1999-2000





Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

## The Mediterranean Mussel Watch Program (CIESM)

