



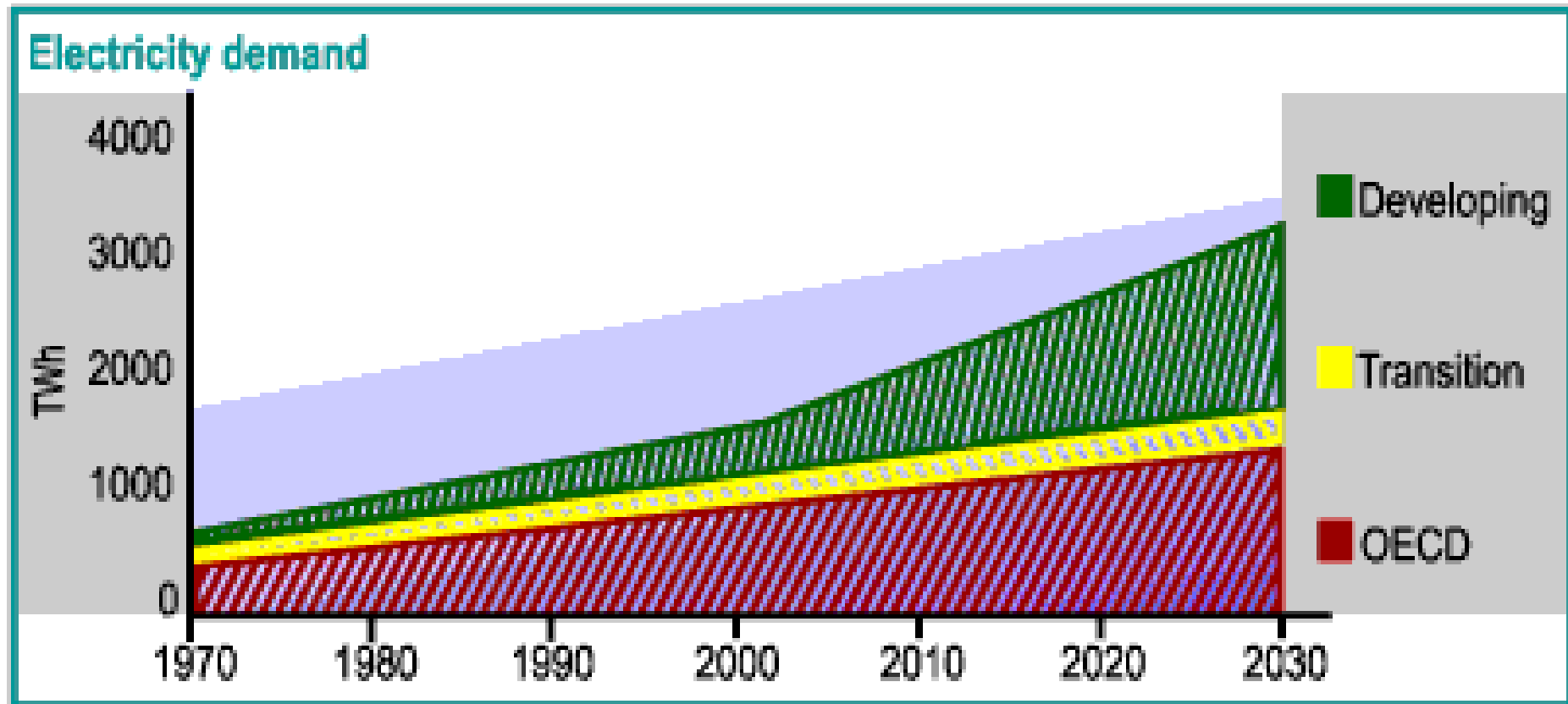
Πυρηνικά Εργοστάσια και Περιβάλλον

Ευάγγελος Π. Χίνης
Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

Μάρτιος 2015



Οι ενεργειακές μας ανάγκες διαρκώς μεγαλώνουν



Source: OECD/IEA World Energy Outlook 2004.

Ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες



Πώς μπορούμε να τις καλύψουμε;

- Με εξοικονόμηση ενέργειας (απαιτείται μόρφωση του πληθυσμού και πειθαρχία)
- Με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (υδροηλεκτρικά, ανεμογεννήτριες, ηλιακά, ενέργεια κυμάτων). Όχι πάντα διαθέσιμες. Κοστίζουν ακριβά.
- Με καύση λιγνίτη, κάρβουνου, βιομάζας, πετρελαίου και παραγώγων του. Παράγονται αέρια του φαινομένου θερμοκηπίου.
- Με καύση φυσικού αερίου. Συμφέρει αλλά η τιμή του εξαρτάται από την τιμή του πετρελαίου.
- Με χρήση πυρηνικής ενέργειας. Φθηνή, διαθέσιμη, εξαιρετικά επικίνδυνη (απόβλητα, ατυχήματα)



Οι βιομηχανικές ανάγκες απαιτούν σταθερές πηγές ενέργειας

Λιγνίτη, κάρβουνο, πετρέλαιο, φυσικό αέριο,
πυρηνική ενέργεια





**Κόστος παραγωγής ενέργειας (ΕΥΡΩ/MWh)
Από διάφορες πηγές ενέργειας
Για την περίπτωση της Γαλλίας (2011)**

Τεχνολογία	Κόστος (€/MWh)
Υδροηλεκτρικά	20
Σταθμοί με φυσικό αέριο	61
Πυρηνικοί Σταθμοί	50
Ανεμογεννήτριες	69
Ηλιακά πάρκα	293

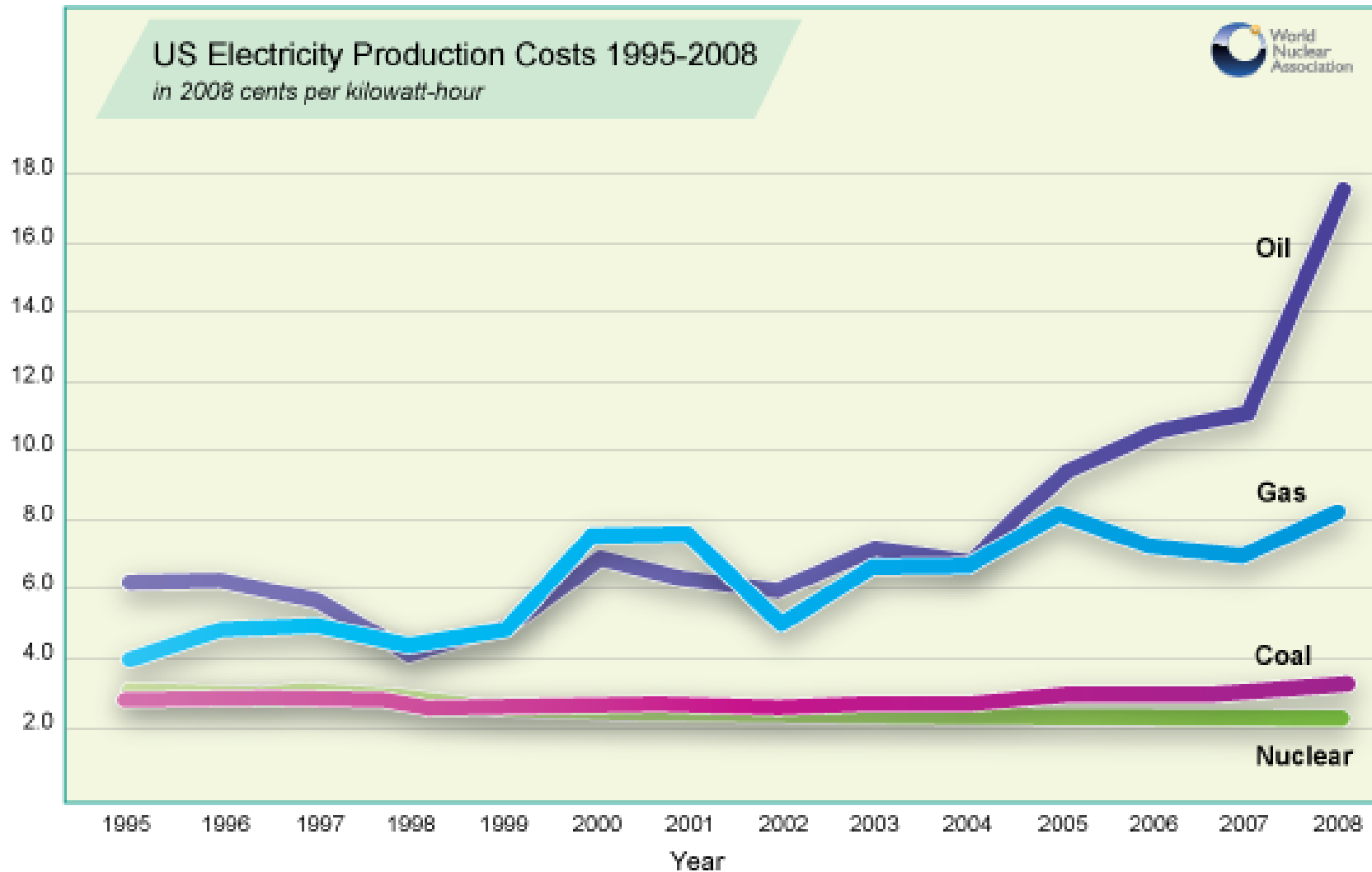


**Κόστος παραγωγής ενέργειας (USD/MWh)
EIA – US Energy Information Administration (2014)
Ελλάδα σε ένα έτος: (Κόστος πίνακα) * 100,000,000**

Τεχνολογία	Κόστος (€/MWh)
Υδροηλεκτρικά	11.90
Σταθμοί με φυσικό αέριο	42.60
Στερεά Καύσιμα	39.04
Πυρηνικοί Σταθμοί	26.79



Κόστος ανά μονάδα Ενέργειας

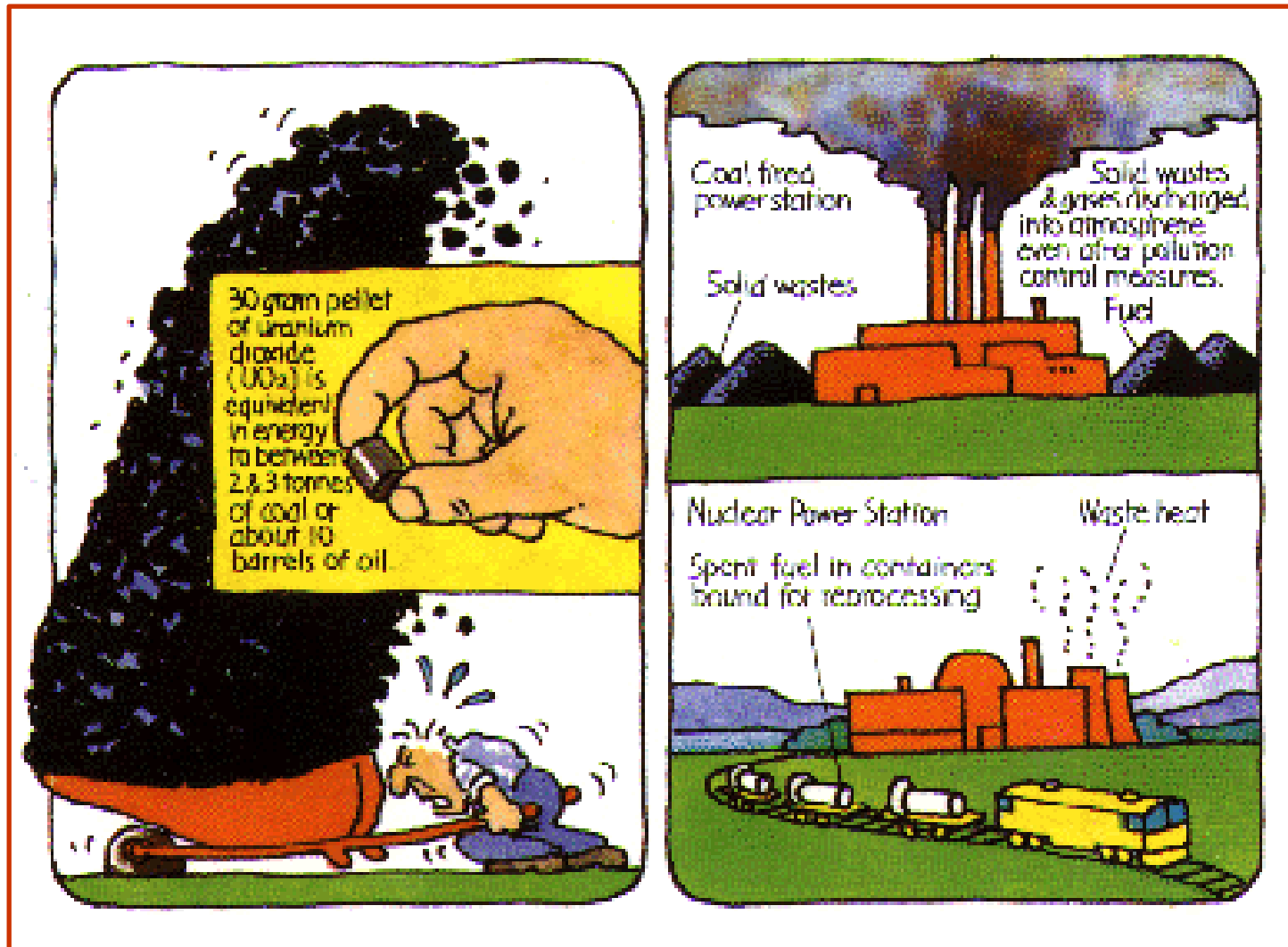


Production Costs = Operations & Maintenance + Fuel. Production costs do not include indirect costs or capital.

Source: Ventyx Velocity Suite, via NEI



Γιατί παρόλα τα προβλήματα μελετάμε τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας;





**Όλοι βέβαια γνωρίζουμε ότι η χρήση της Πυρηνικής
Ενέργειας**

κρύβει μεγάλα προβλήματα και πολλούς κινδύνους

Σήμερα στον κόσμο λειτουργούν

441 Πυρηνικά Εργοστάσια

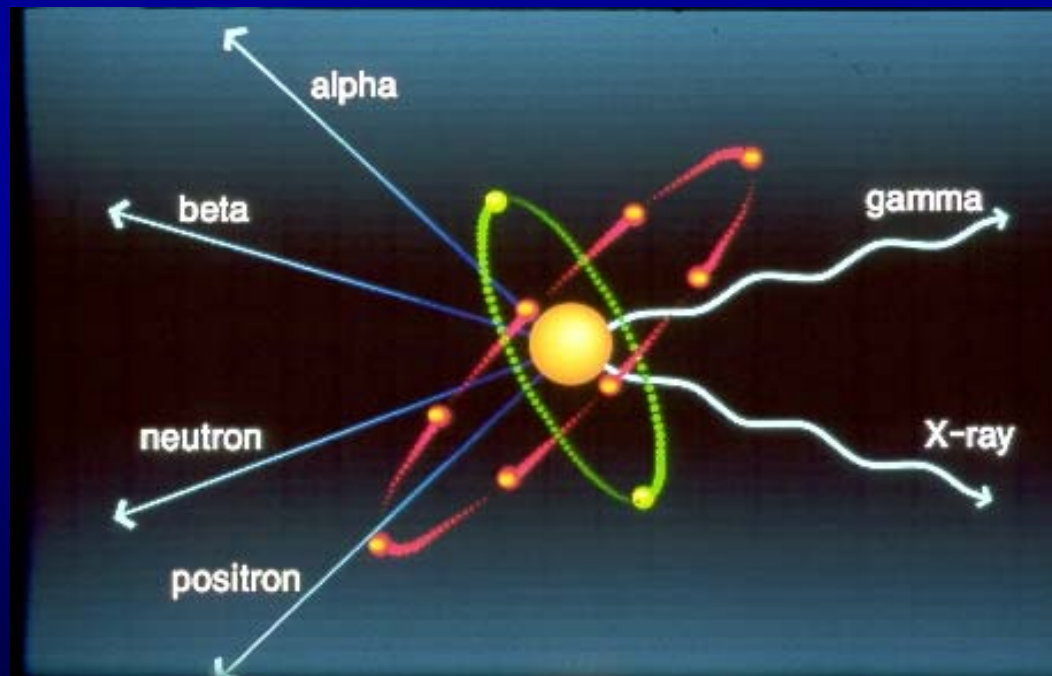
**μερικά από αυτά βρίσκονται σε γειτονικές μας
χώρες, αρκετά κοντά μας**



Στα πυρηνικά εργοστάσια Το πρόβλημα είναι η Ραδιενέργεια

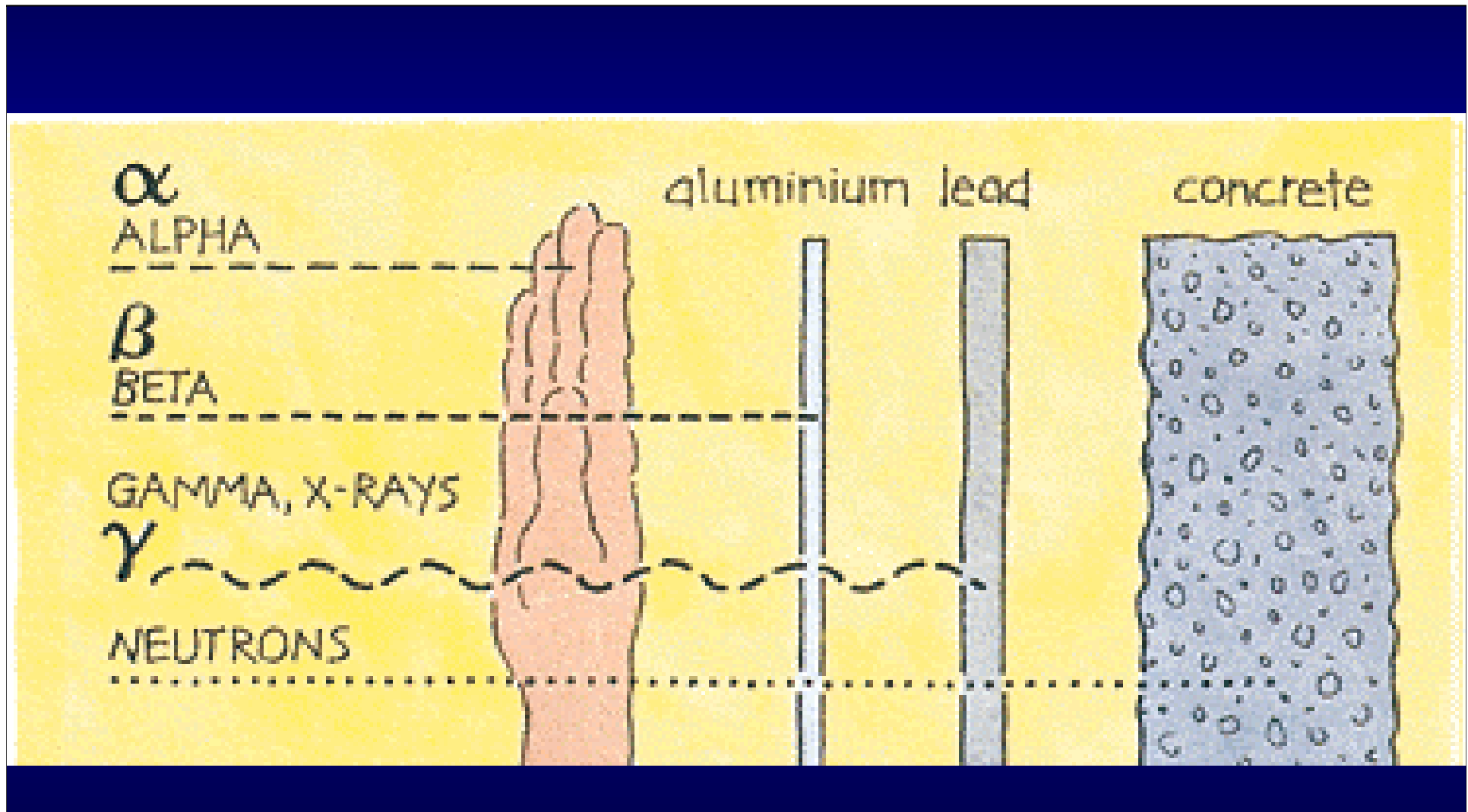
■ Types of Radiation

- Particle emission (α , β^- , β^+)
- Photon emission (γ , x-ray)



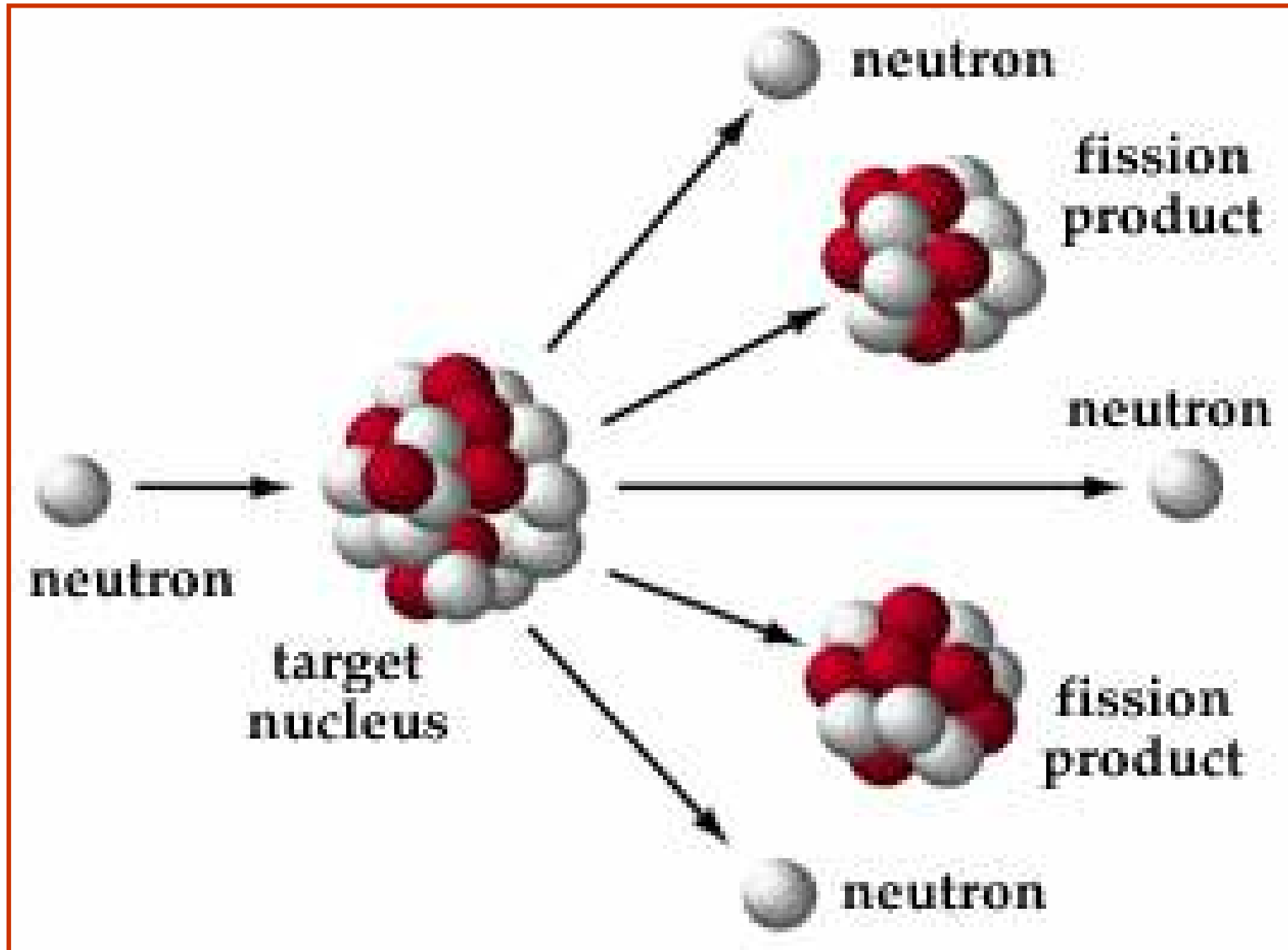


Διεσδυτικότητα της ραδιενέργειας



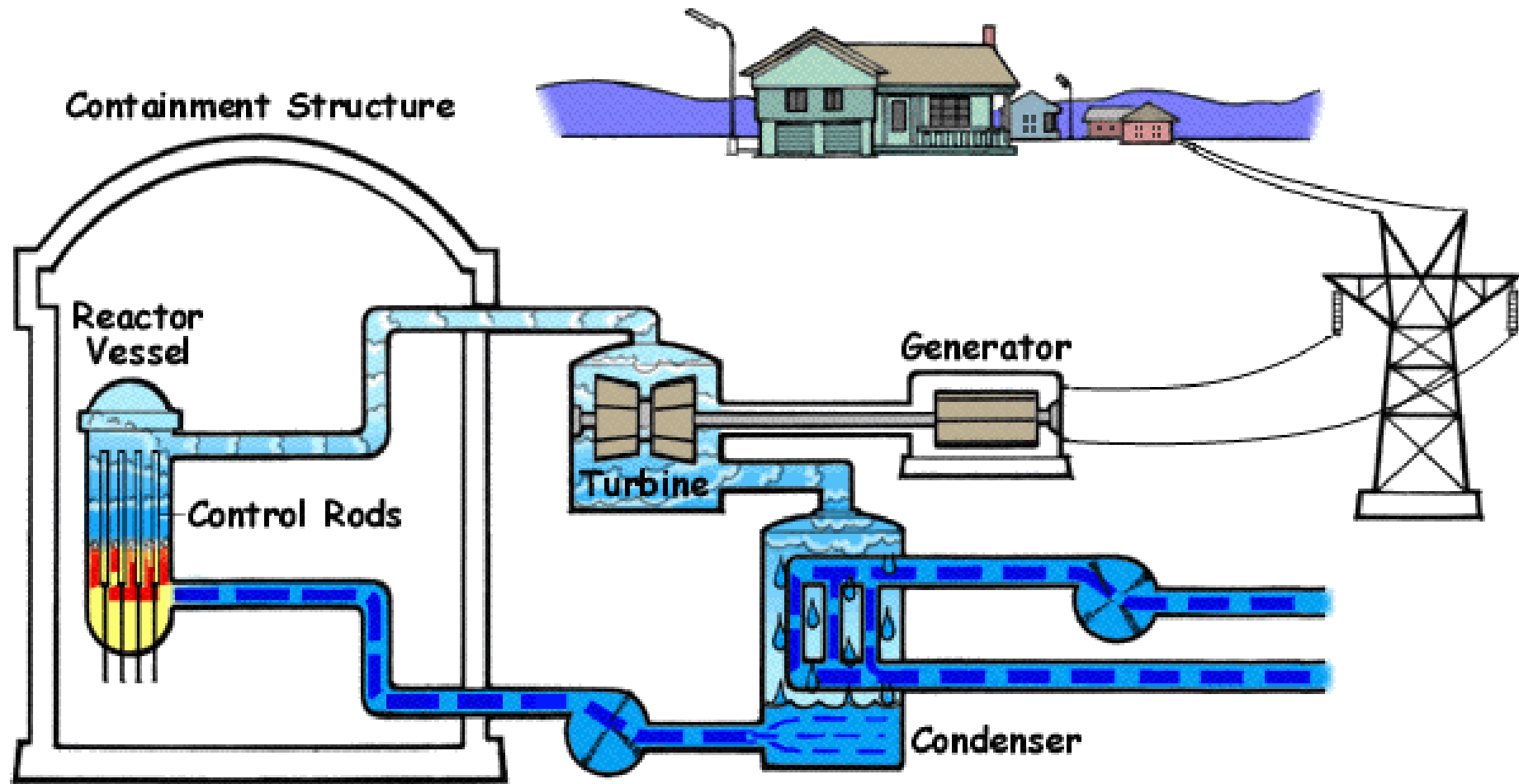


Πώς παράγεται η ενέργεια; Με την πυρηνική αντίδραση σχάσης



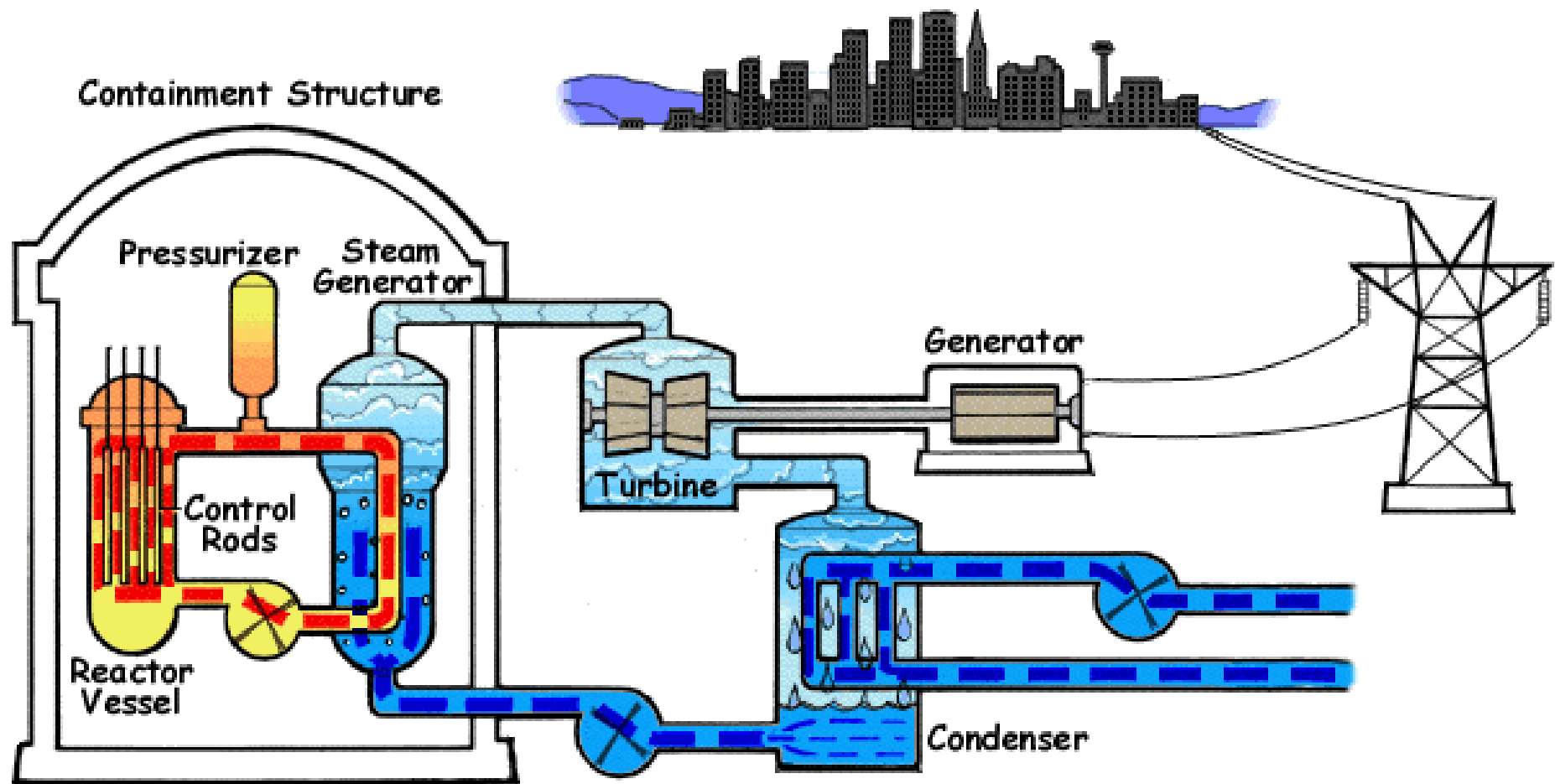


Άμεσος Κύκλος





Εμμεσος Κύκλος





Τύποι Αντιδραστήρων Ισχύος (1)

Διακρίνονται σε υποκατηγορίες με βάση:

- την ενεργειακή κατάσταση των νετρονίων που αντιδρούν για την παραγωγή της ενέργειας
 - ✓ θερμικών νετρονίων
 - ✓ ταχέων νετρονίων
- το ρευστό ψύξης του πυρήνα
 - ✓ αερίων
 - ✓ νερού
 - ✓ D₂O
 - ✓ υγρών μετάλλων
- τον τύπο του επιβραδυντή (προκειμένου περί αντιδραστήρων θερμικών νετρονίων)
- το πυρηνικό καύσιμο
 - ✓ φυσικό ουράνιο
 - ✓ εμπλουτισμένο ουράνιο
 - ✓ άλλο πυρηνικό καύσιμο



Τύποι Αντιδραστήρων Ισχύος (2)

Όσον αφορά στην ασφάλεια έναντι ατυχήματος, υπάρχει μια μεγάλη διάκριση η οποία επηρεάζει σημαντικά και το κόστος κτήσης του αντιδραστήρα:

Η τοποθέτηση των συστημάτων του πυρήνα μέσα σε θωρακισμένο κτίριο ή όχι



ΠΑΙ με και χωρίς Θωρακισμένο Κτίριο





Αντιδραστήρες Νερού

- Ζέοντος ύδατος (Boiling Water Reactor – BWR)
 - ✓ άμεσος κύκλος
 - ✓ πίεση λειτουργίας περίπου 60 bar
 - ✓ περιορισμένη ατμοπαραγωγή
- Πεπιεσμένου ύδατος (Pressurised Water Reactor – PWR)
 - ✓ έμμεσος κύκλος
 - ✓ πίεση λειτουργίας περίπου 150 bar
 - ✓ καθόλου ατμοπαραγωγή
 - ✓ χρήση εναλλάκτη θερμότητας

h περίπου $50 \text{ kWm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Καύσιμο $\text{UO}_2 > 4\%$

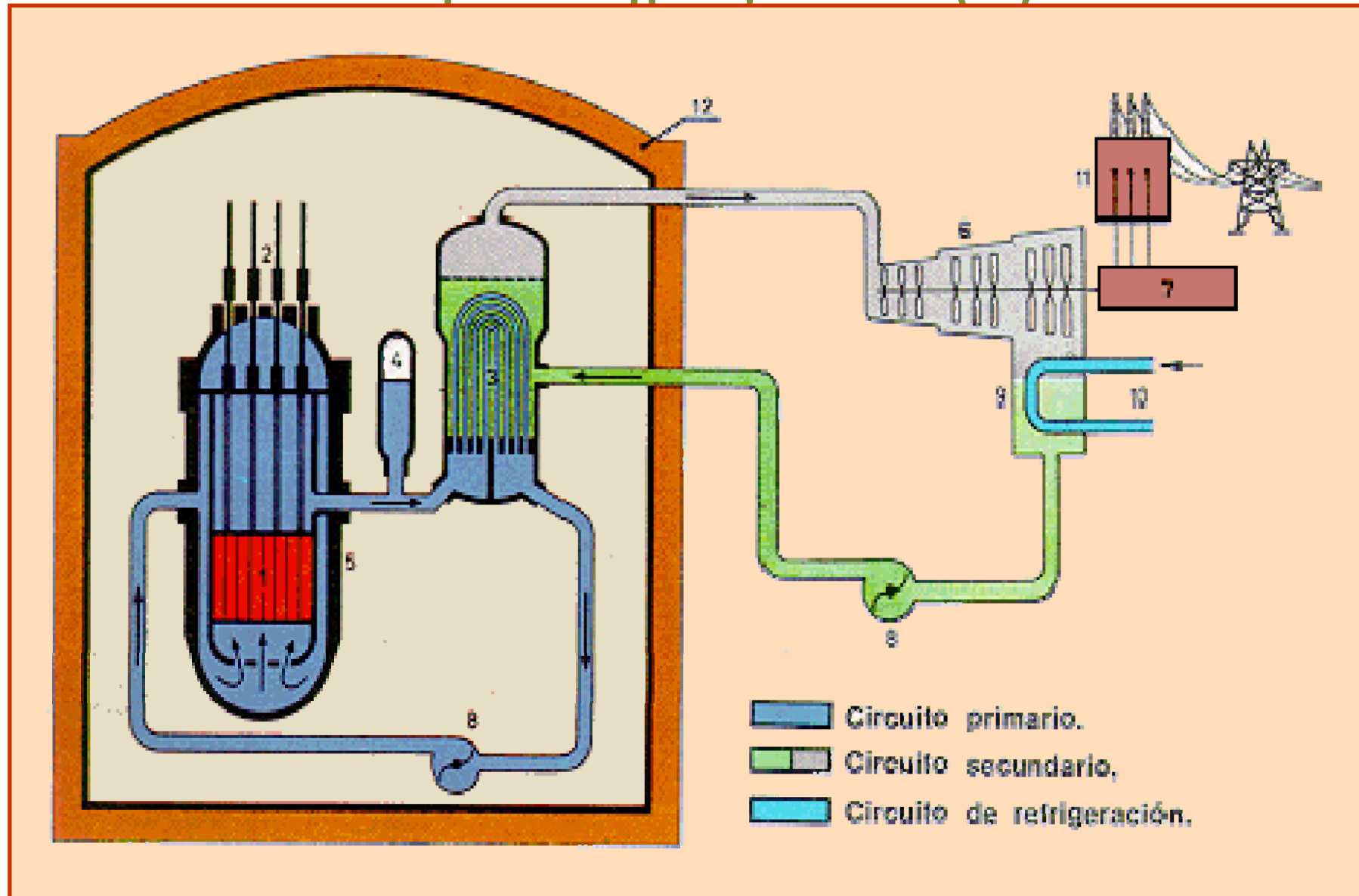


Αντιδραστήρες BWR (2)



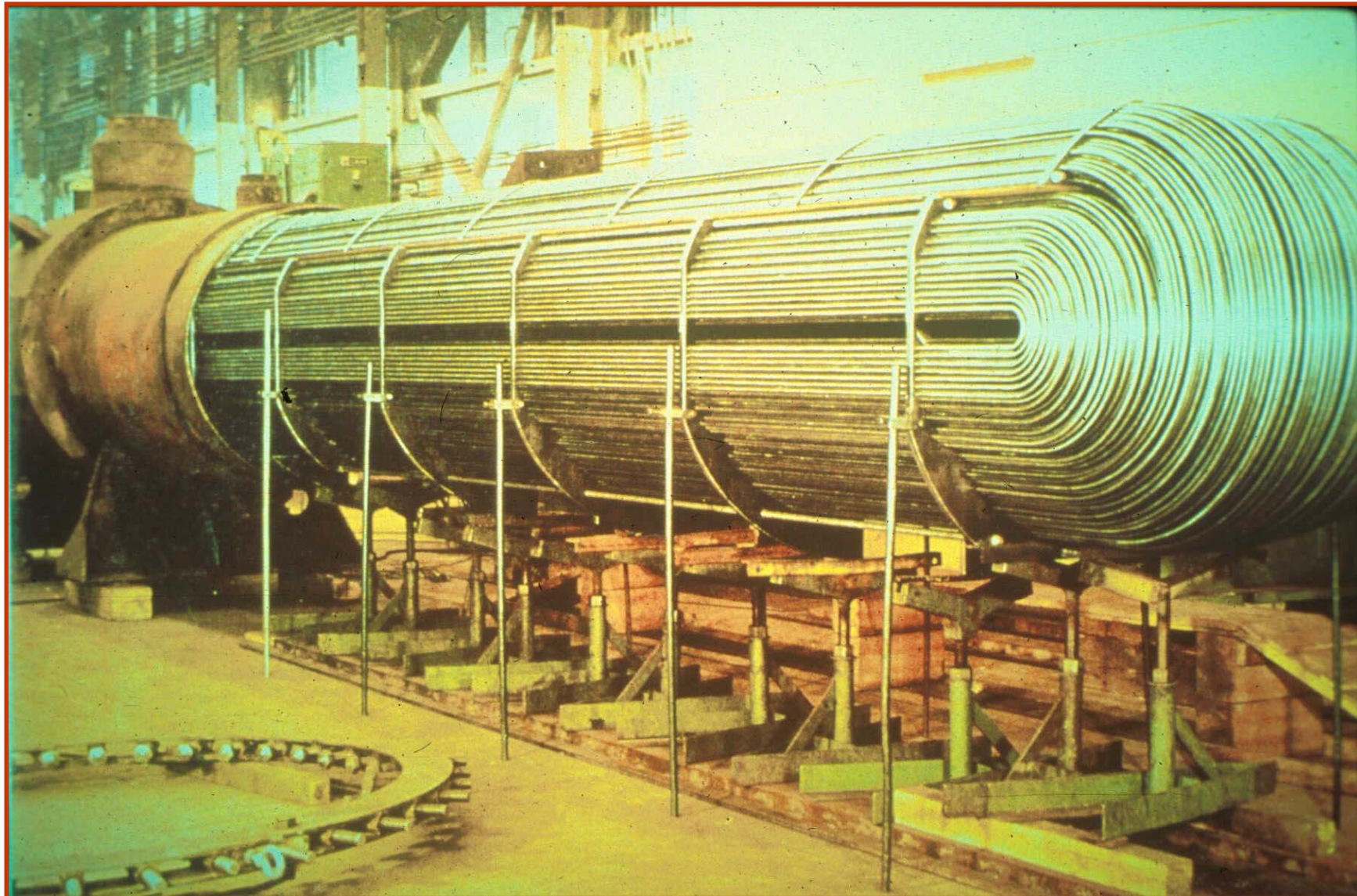


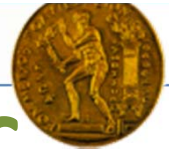
Αντιδραστήρες PWR (1)





Εναλλάκτης PWR





Αντιδραστήρες βαρέως ύδατος (D₂O)

- CANDU

- ✓ έμμεσος κύκλος
- ✓ καθόλου ατμοπαραγωγή
- ✓ χρήση εναλλάκτη θερμότητας

- SGHWR

- ✓ άμεσος κύκλος
- ✓ περιορισμένη ατμοπαραγωγή

h περίπου $50 \text{ kWm}^{-2}\text{K}^{-1}$

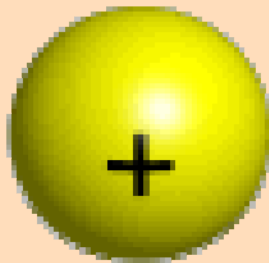
Καύσιμο $\text{UO}_2 > 4\%$ και επίσης φυσικό ουράνιο



Τα ισότοπα του Υδρογόνου

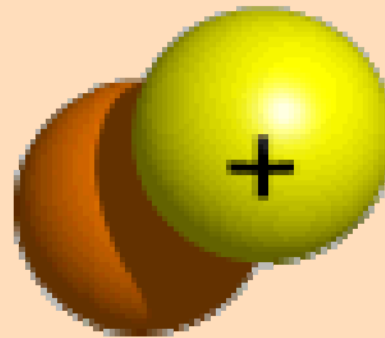
The Nuclei of the Three Isotopes of Hydrogen

Protium



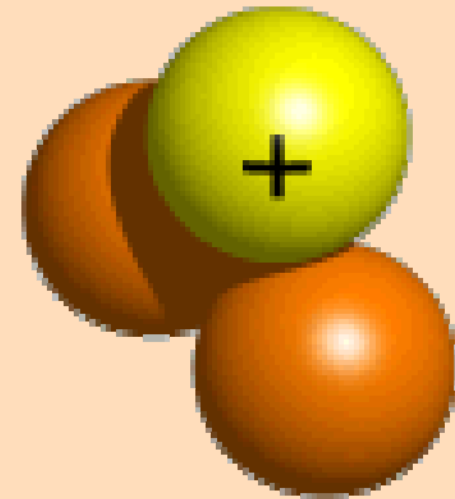
1 proton

Deuterium



1 proton
1 neutron

Tritium



1 proton
2 neutrons

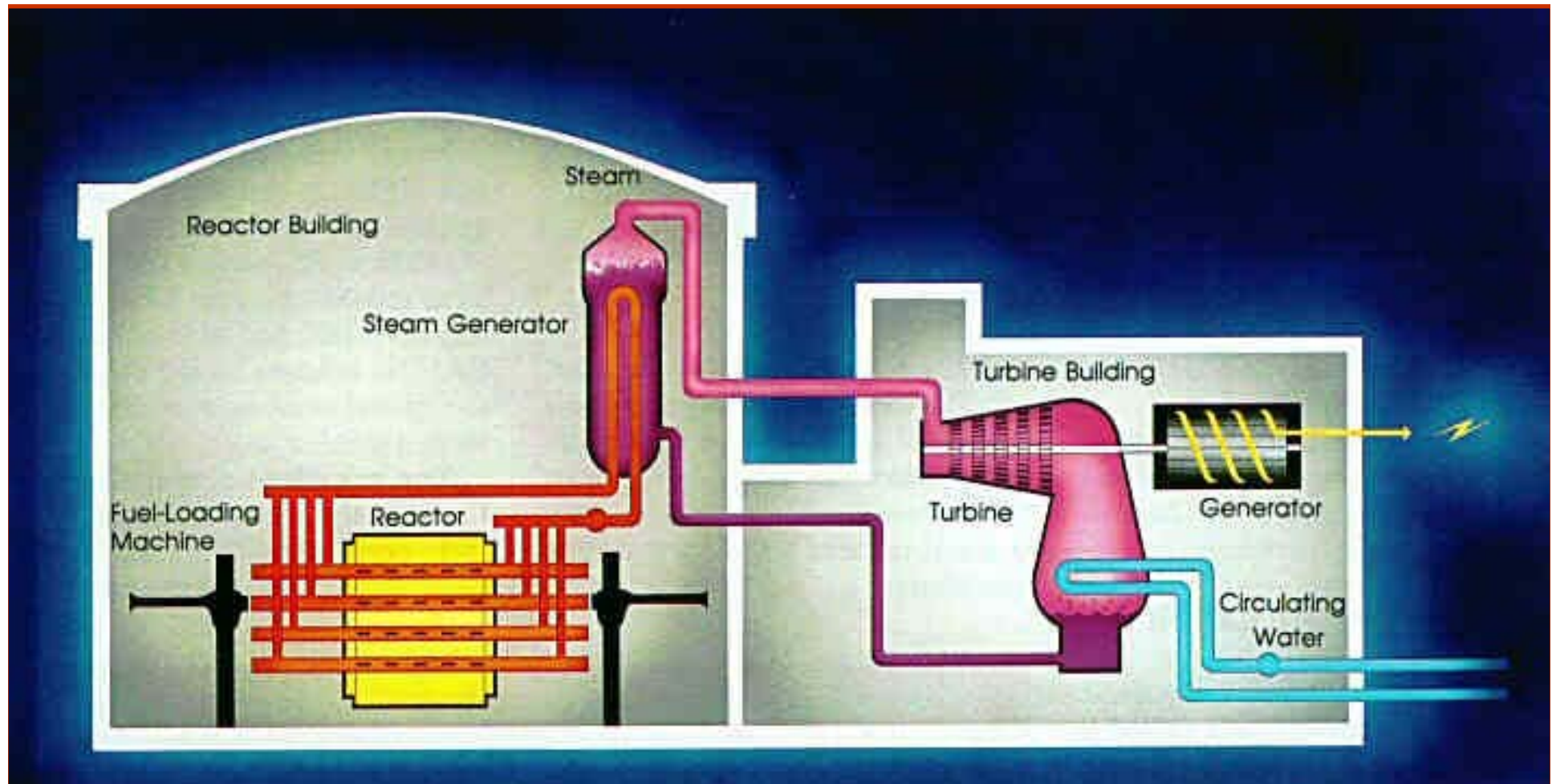


Το βαρύ νερό παράγεται με κλασματική απόσταξη
από το νερό



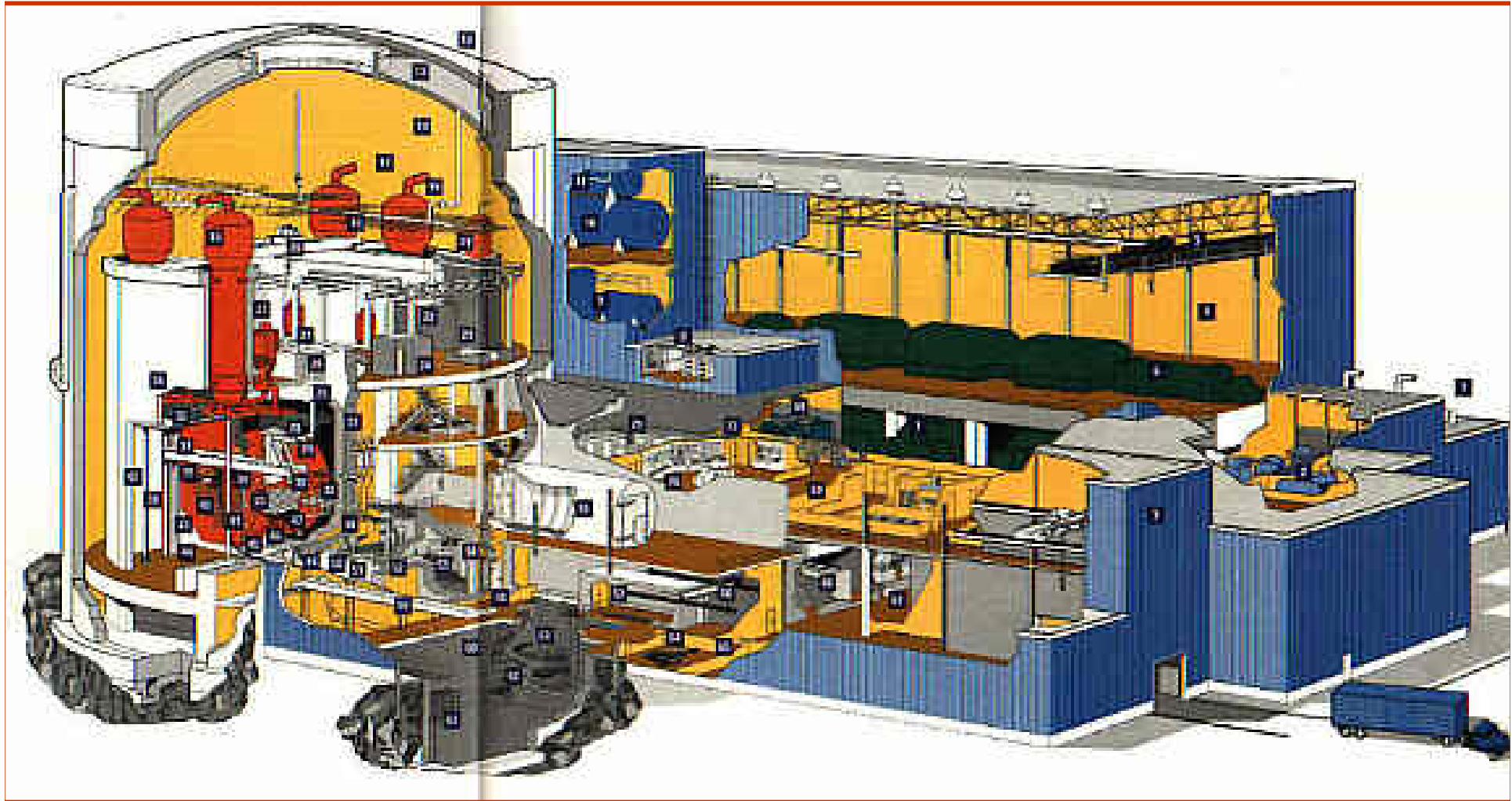


Αντιδραστήρας CANDU-Διάγραμμα Λειτουργίας





Αντιδραστήρας CANDU-Σχηματικό Διάγραμμα





Αντιδραστήρας
CANDU-
Συμπτώσεις



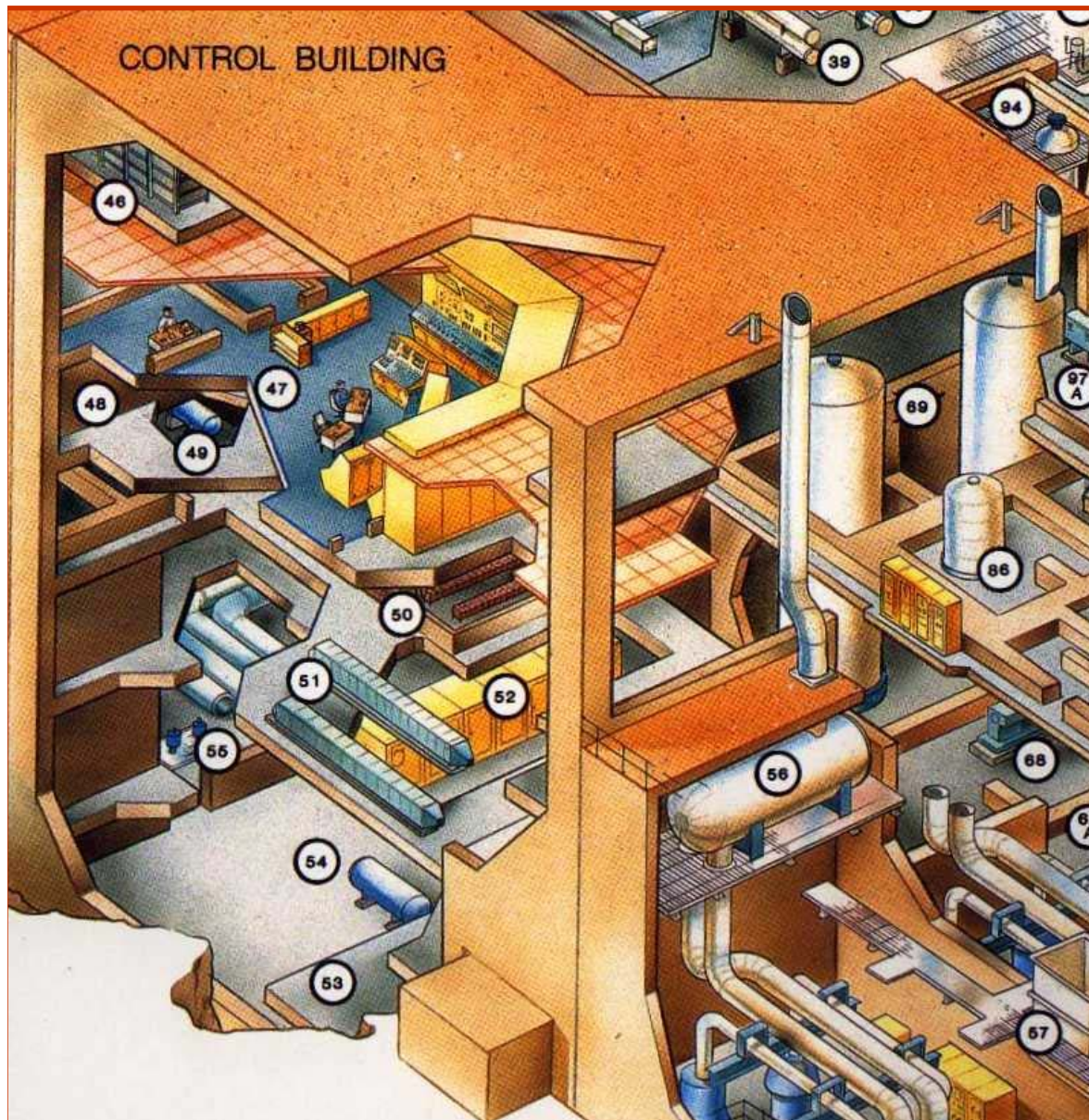
Αντιδραστήρες υγρών μετάλλων

Καλίου ή νατρίου κυρίως.

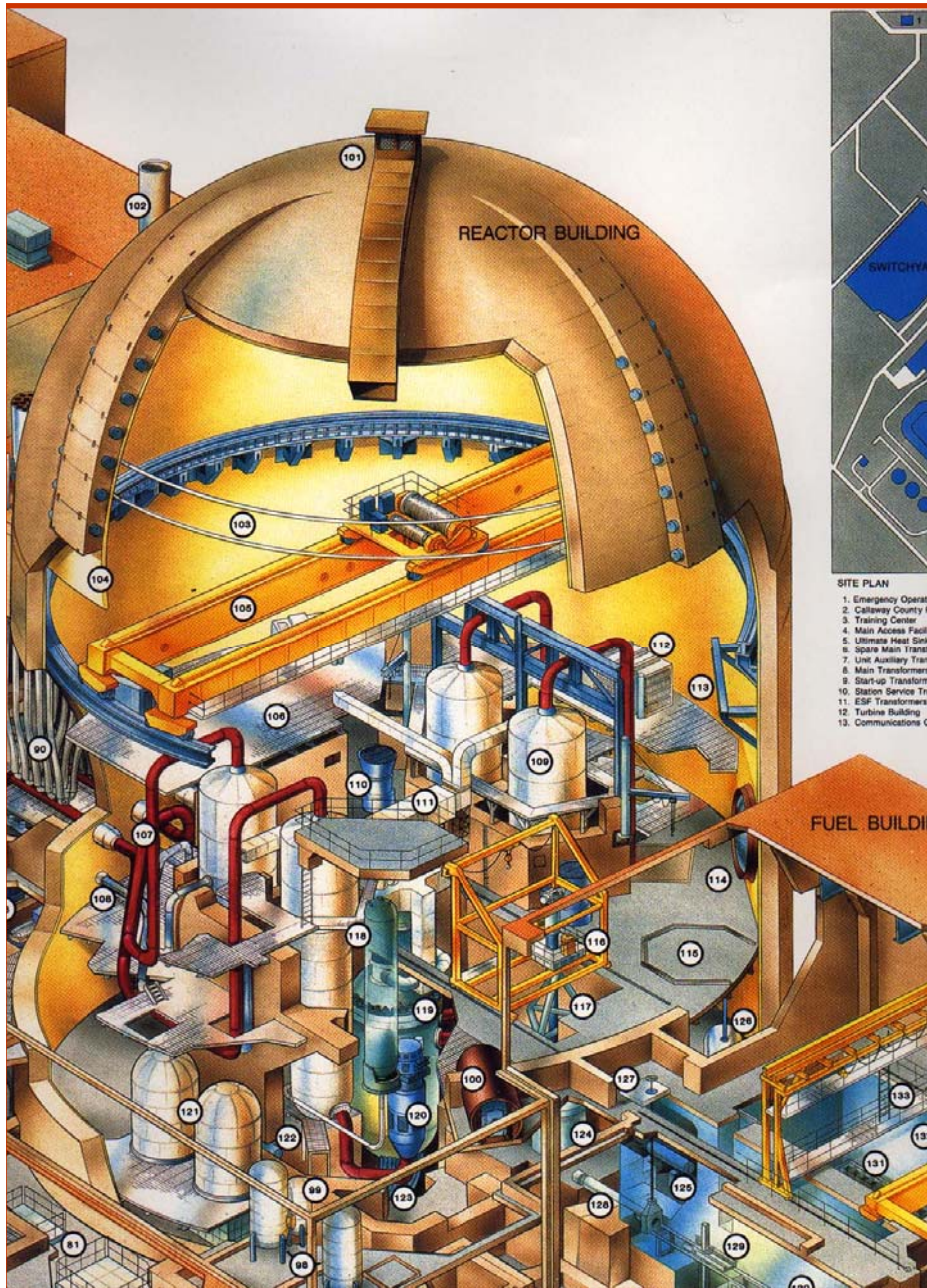
- ✓ έμμεσος κύκλος
- ✓ χρήση εναλλάκτη θερμότητας

$h \gg 50 \text{ kWm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Καύσιμο το χρησιμοποιημένο πυρηνικό καύσιμο των υπολοίπων αντιδραστήρων.



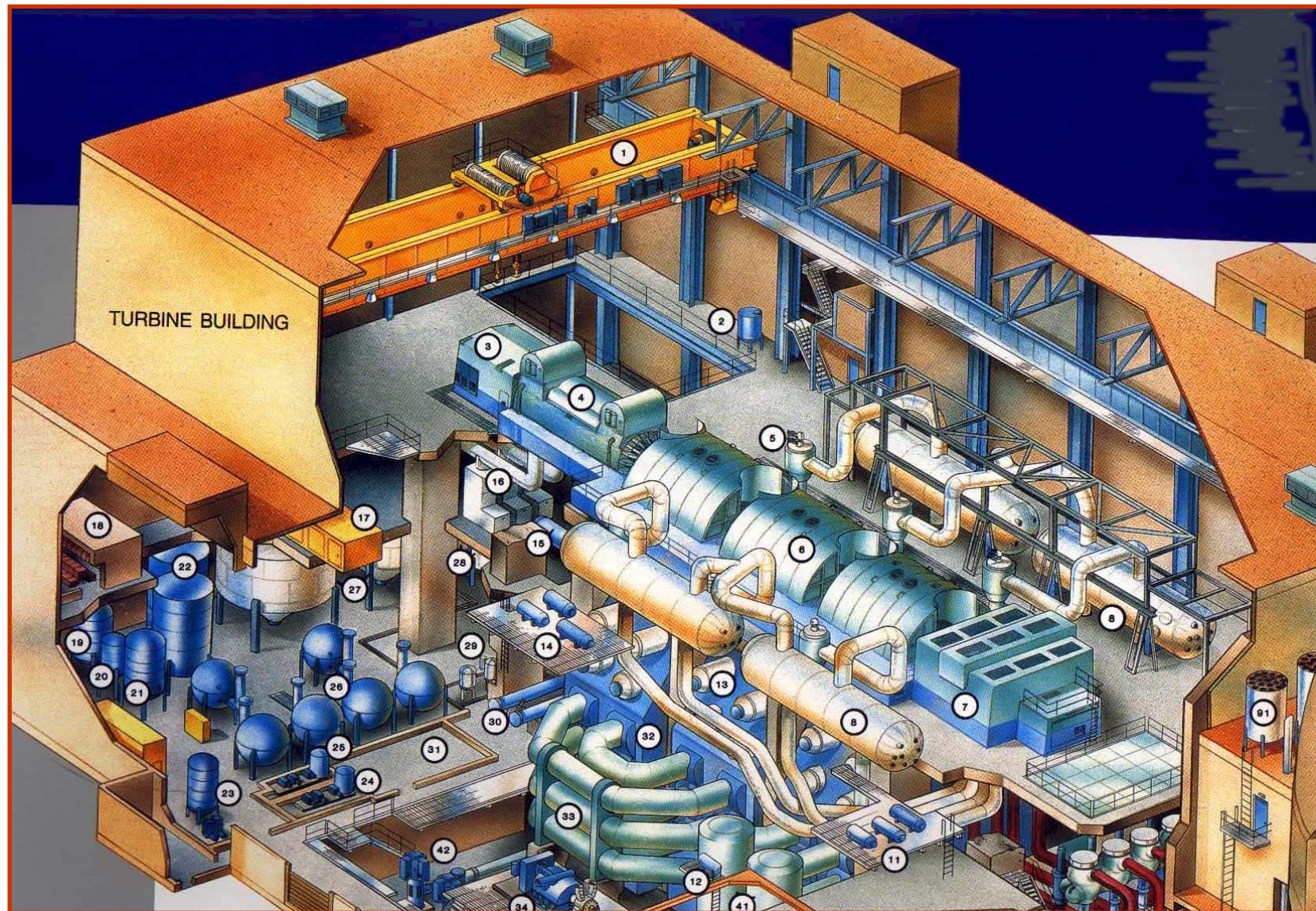
Κτίριο Ελέγχου



Κτίριο Δοχείου Πίεσης

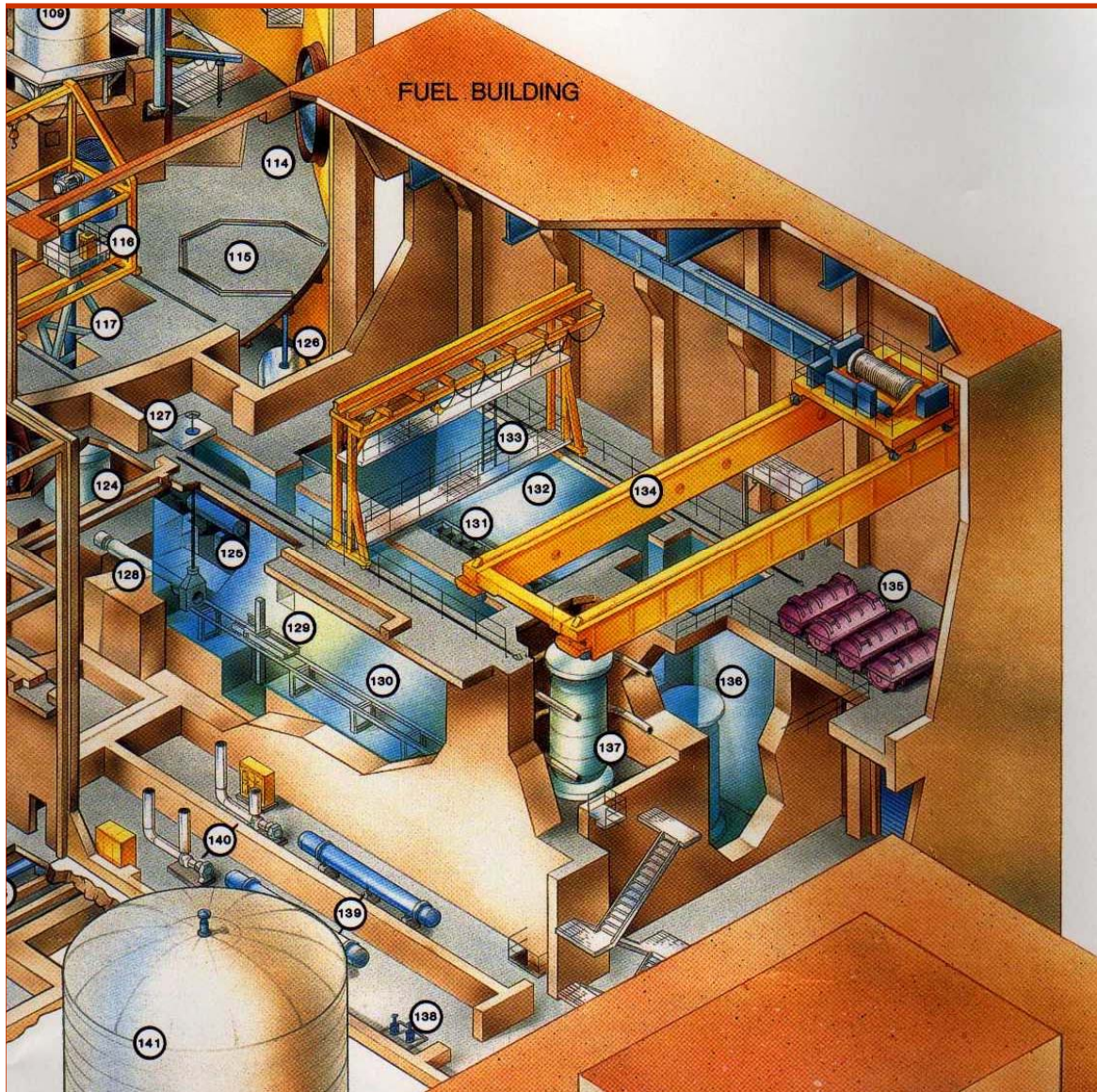


Κτίριο Στροβιλογεννητριών

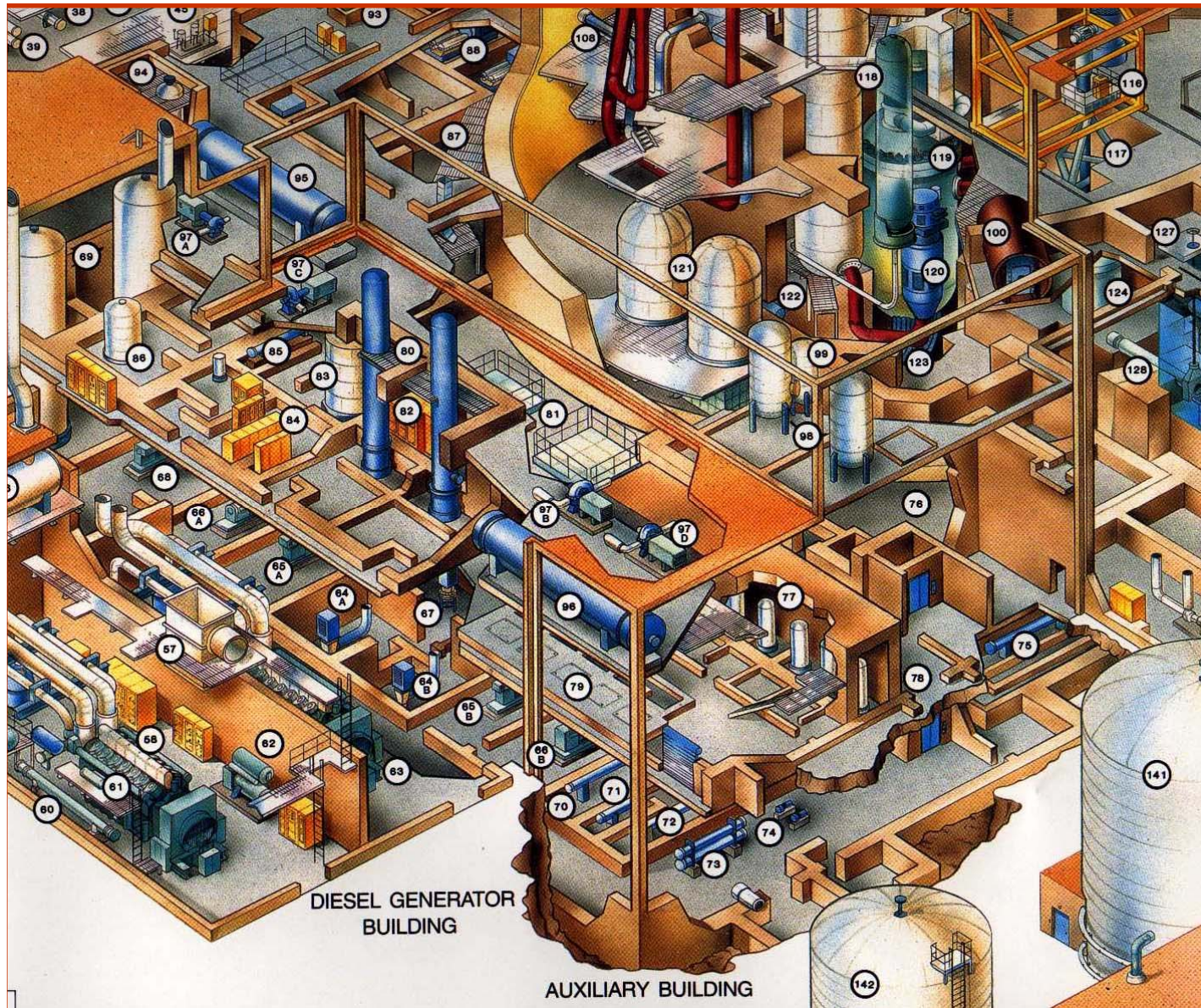




Κτίριο φύλαξης καυσίμου



Κτίριο Ντιζελογεννητριών



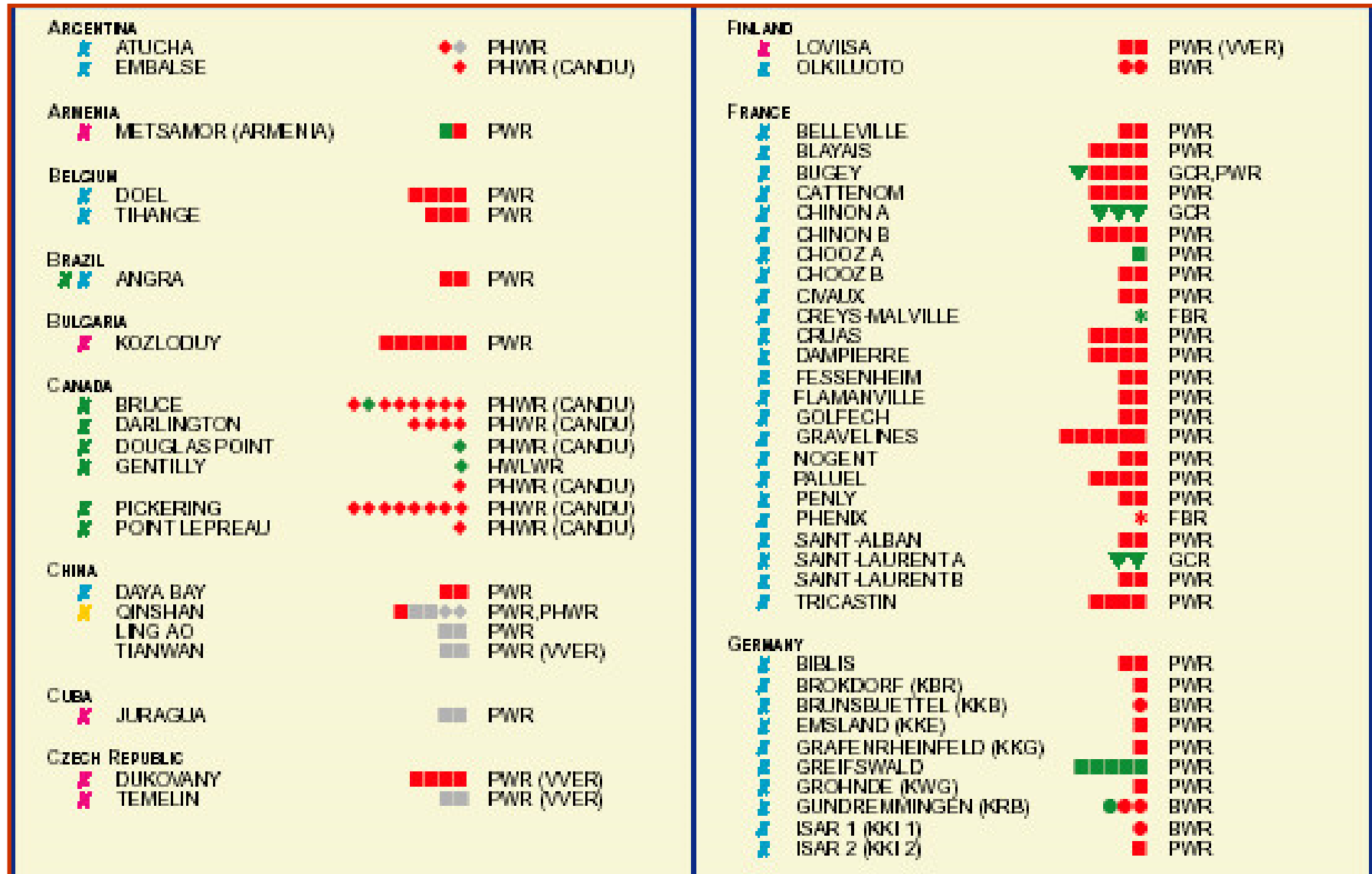


Αντιδραστήρες σε λειτουργία

Reactor Type	Number of Units	Net MWe
Pressurized light-water reactors	259	232,550
Boiling light-water reactors	92	80,155
Gas-cooled reactors, all varieties	32	10,860
Heavy-water reactors, all varieties	43	21,886
Graphite-moderated light-water reactors	13	12,545
Liquid metal fast-breeder reactors	2	793
Total	441	358,789



Αντιδραστήρες σε λειτουργία





Αντιδραστήρες σε λειτουργία

JUELICH (AVR)	HTGR	IKATA	PWR
KRUEMMEL (KKK)	BWR	KASHIWAZAKI KARIWA	BWR, ABWR
MUEHLHEIM-KAERLICH	PWR	MIHAMA	PWR
NECKARWESTHEIM (GKN)	PWR	MONJU	FBR
OBRIGHEIM (KWO)	PWR	OHI	PWR
PHILIPPSBURG (KKP)	BWR, PWR	ONAGAWA	BWR
RHEINSBERG	PWR	SENDAI	PWR
SNR 300, KALKAR	FBR	SHIKA	BWR, ABWR
STADE (KKS)	PWR	SHIMANE	BWR
THTR 300 HÄMM-ÜENTROP	HTGR	TAKAHAMA	PWR
UNTERWESER (KKU)	PWR	TOKAI	GCR, BWR
VAK KÄHL	BWR	TOMARI	PWR
WÜERGASSEN (KWVW)	BWR	TSURUGA	BWR, PWR
HUNGARY		KAZAKHSTAN	
PAKS	PWR (VVER)	AKTAU	FBR
INDIA		KOREA	
KAIGA	PHWR	KORI	PWR
KAKRAPAR	PHWR	ULCHIN	PWR
MADRAS	PHWR	WOLSONG	PHWR (CANDU)
NARORA	PHWR	YONGGWANG	PWR
RAJASTHAN	PHWR	LITHUANIA	
TARAPUR	BWR, PHWR	IGNALINA	LWGR
IRAN		MEXICO	
BUSHEHR	PWR	LAGUNA VERDE	BWR
ITALY		NETHERLANDS	
CAORSO	PWR	BORSSELE	PWR
GARIGLIANO	BWR	DODEWAARD	BWR
LATINA	GCR	PANISTAN	
TRINO (ENRICO FERMI)	PWR	CHASNUPP	PWR
JAPAN		KANUPP	PHWR
FUGEN	HWLWR	ROMANIA	
FUKUSHIMA DAIICHI	BWR	CERNAVOUDA	PHWR
FUKUSHIMA DAINI	BWR		
GENKAI	PWR		
HAMAOKA	BWR, ABWR		
HIGASHI-DORI	BWR		



Αντιδραστήρες σε λειτουργία

RUSSIA			
	BALAKOVO	■■■■	PWR (VVER)
	BELOYARSK	▲▲▲*	LWGR,FBR
	BILIBINO	▲▲▲▲	LWGR
	KALININ	■■■	PWR (VVER)
	KOLA	■■■■	PWR (VVER)
	KURSK	▲▲▲▲▲	LWGR
	LENINGRAD	▲▲▲▲	LWGR
	NOVOVORONEZH	■●■■■	PWR (VVER)
	ROSTOV	■■■	PWR (VVER)
	SMOLENSK	▲▲▲	LWGR
	SOUTH URALS	◆◆	FBR
SLOVAK REPUBLIC			
	A-1 BOHUNICE	▼	HWGCR
	BOHUNICE	■■■■	PWR (VVER)
	MOCHOVCE	■■■	PWR (VVER)
SLOVENIA			
	KRSKO	■	PWR
SOUTH AFRICA			
	KOEBERG	■■	PWR
SPAIN			
	ALMARAZ	■■■	PWR
	ASCO	■■■	PWR
	COFRENTES	●	BWR
	JOSE CABRERA	■	PWR
	SANTA-MARIA DE GARONA	●	BWR
	TRILLO	■	PWR
	VANDELLOS 1	▼	GCR
	VANDELLOS 2	■	PWR
SWEDEN			
	BARSEBECK	●●	BWR
	FORSMARK	●●●	BWR
	OSKARSHAMN	●●●	BWR
	RINGHALS	■■■■	BWR,PWR
SWITZERLAND			
	BEZNAU	■■	PWR
	GOESGEN	■	PWR
	LEIBSTADT	●	BWR
	MUEHLEBERG	●	BWR
TAIWAN			
	CHINSHAN	●●	BWR
	KUOSHENG	●●	BWR
	LUNGMEN	■●	BWR,ABWR
	MAANSHAN	■■	PWR
UKRAINE			
	CHERNOBYL	▲▲▲▲	LWGR
	KHMELNITSKY	■	PWR (VVER)
	ROVNO	■■■	PWR (VVER)
	SOUTH UKRAINE	■■■	PWR (VVER)
	ZAPOROZHE	■■■■■	PWR (VVER)
UNITED KINGDOM			
	BERKELEY	▼▼	Magnox
	BRADWELL	▼▼	Magnox
	CALDERHALL	▼▼▼▼	Magnox
	CHAPELCROSS	▼▼▼▼	Magnox
	DOUNREAY FR	*	FBR
	DOUNREAY PFR	*	FBR
	DUNGENESS A	▼▼	Magnox
	DUNGENESS B	▼▼	AGR
	HARTLEPOOL A	▼▼	AGR
	HEYSHAM 1	▼▼	AGR
	HEYSHAM 2	▼▼	AGR
	HINKLEY POINT A	▼▼▼	Magnox
	HINKLEY POINT B	▼▼	AGR
	HUNTERSTON A	▼▼	Magnox
	HUNTERSTON B	▼▼	AGR
	OLDBURY	▼▼	Magnox
	SIZEWELL A	▼▼	Magnox
	SIZEWELL B	■	PWR
	TORNES	▼▼	AGR
	TRAWSFYN YDD	▼▼	Magnox
	WINDSCALE AGR	▼	AGR



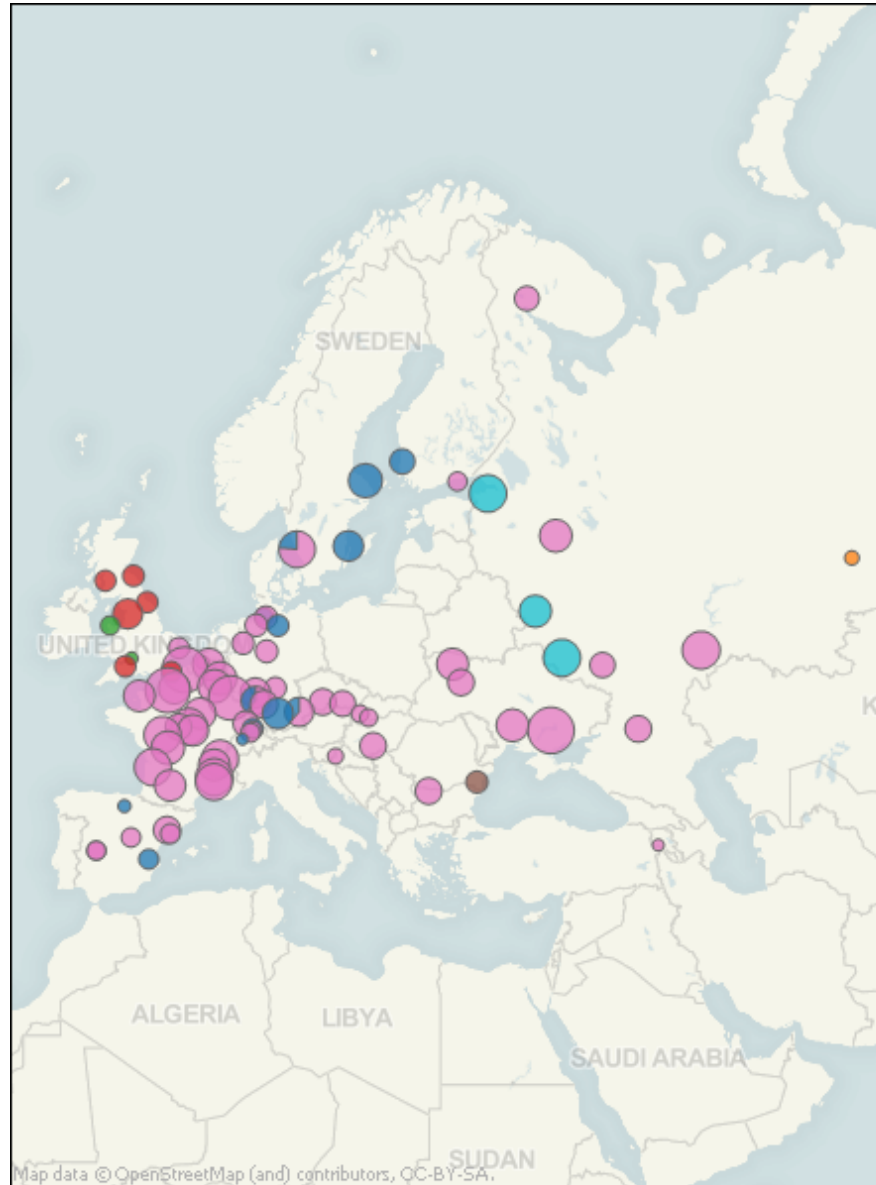
Αντιδραστήρες σε λειτουργία

	WINFRITH SGHWR		SGHWR		MILLSTONE		BWR,PWR
	WYLFA		Magnox		MONTICELLO		BWR
UNITED STATES OF AMERICA					NINE MILE POINT		BWR
	ARKANSAS NUCLEAR ONE		PWR		NORTH ANNA		PWR
	BEAVER VALLEY		PWR		OCONEE		PWR
	BIG ROCK POINT		BWR		OYSTER CREEK		BWR
	BRAIDWOOD		PWR		PALISADES		PWR
	BROWNS FERRY		BWR		PALO VERDE		PWR
	BRUNSWICK		BWR		PEACH BOTTOM		HTGR,BWR
	BYRON		BWR		PERRY		BWR
	CALLAWAY		PWR		PILGRIM		BWR
	CALVERT CLIFFS		PWR		POINT BEACH		PWR
	CATAWBA		PWR		PRAIRIE ISLAND		PWR
	CLINTON		BWR		QUAD CITIES		BWR
	COLUMBIA		BWR		RANCHO SECO		PWR
	COMANCHE PEAK		PWR		RIVER BEND		BWR
	CONNECTICUT YANKEE		PWR		ROBINSON 2		PWR
	COOPER		BWR		SALEM / HOPE CREEK		PWR,BWR
	CRYSTAL RIVER 3		PWR		SAN ONOFRE		PWR
	DAVIS BESSE		PWR		SEABROOK		PWR
	DIABLO CANYON		PWR		SEQUOYAH		PWR
	COOK		PWR		SHEARON HARRIS		PWR
	DRESDEN		BWR		SHOREHAM		BWR
	DUANE ARNOLD		BWR		SOUTH TEXAS PROJECT		PWR
	FARLEY		PWR		ST. LUCE		PWR
	FERMI		FBR,BWR		SUMMER		PWR
	FITZPATRICK		BWR		SURRY		PWR
	FORT CALHOUN		PWR		SUSQUEHANNA		BWR
	FORT ST. VRAIN		HTGR		THREE MILE ISLAND		PWR
	GINNA		PWR		TROJAN		PWR
	GRAND GULF		BWR		TURKEY POINT		PWR
	HATCH		BWR		VERMONT YANKEE		BWR
	HUMBOLT BAY		BWR		VOGTLE		PWR
	INDIAN POINT		PWR		WATERFORD 3		PWR
	KEWAUNEE		PWR		WATTS BAR		PWR
	LACROSSE		BWR		WOLF CREEK		PWR
	LASALLE COUNTY		BWR		YANKEE ROWE		PWR
	LIMERICK		BWR		ZION		PWR
	MAINE YANKEE		PWR				
	MCGUIRE		PWR				



Αντιδραστήρες σε λειτουργία

	WINFRITH SGHWR		SGHWR		MILLSTONE		BWR,PWR
	WYLFA		Magnox		MONTICELLO		BWR
UNITED STATES OF AMERICA					NINE MILE POINT		BWR
	ARKANSAS NUCLEAR ONE		PWR		NORTH ANNA		PWR
	BEAVER VALLEY		PWR		OCONEE		PWR
	BIG ROCK POINT		BWR		OYSTER CREEK		BWR
	BRAIDWOOD		PWR		PALISADES		PWR
	BROWNS FERRY		BWR		PALO VERDE		PWR
	BRUNSWICK		BWR		PEACH BOTTOM		HTGR,BWR
	BYRON		BWR		PERRY		BWR
	CALLAWAY		PWR		PILGRIM		BWR
	CALVERT CLIFFS		PWR		POINT BEACH		PWR
	CATAWBA		PWR		PRAIRIE ISLAND		PWR
	CLINTON		BWR		QUAD CITIES		BWR
	COLUMBIA		BWR		RANCHO SECO		PWR
	COMANCHE PEAK		PWR		RIVER BEND		BWR
	CONNECTICUT YANKEE		PWR		ROBINSON 2		PWR
	COOPER		BWR		SALEM / HOPE CREEK		PWR,BWR
	CRYSTAL RIVER 3		PWR		SAN ONOFRE		PWR
	DAVIS BESSE		PWR		SEABROOK		PWR
	DIABLO CANYON		PWR		SEQUOYAH		PWR
	COOK		PWR		SHEARON HARRIS		PWR
	DRESDEN		BWR		SHOREHAM		BWR
	DUANE ARNOLD		BWR		SOUTH TEXAS PROJECT		PWR
	FARLEY		PWR		ST. LUCIE		PWR
	FERMI		FBR,BWR		SUMMER		PWR
	FITZPATRICK		BWR		SURRY		PWR
	FORT CALHOUN		PWR		SUSQUEHANNA		BWR
	FORT ST. VRAIN		HTGR		THREE MILE ISLAND		PWR
	GINNA		PWR		TROJAN		PWR
	GRAND GULF		BWR		TURKEY POINT		PWR
	HATCH		BWR		VERMONT YANKEE		BWR
	HUMBOLT BAY		BWR		VOGTLE		PWR
	INDIAN POINT		PWR		WATERFORD 3		PWR
	KEWAUNEE		PWR		WATTS BAR		PWR
	LACROSSE		BWR		WOLF CREEK		PWR
	LASALLE COUNTY		BWR		YANKEE ROWE		PWR
	LIMERICK		BWR		ZION		PWR
	MAINE YANKEE		PWR				
	MCGUIRE		PWR				



NewScientist

Status

- Not operating
- Operating
- Shut down
- Under construction

Construction started

January, 1953 to November, 2010

Type

All

Net generating capacity (MW)

- 5
- 2,000
- 4,000
- 6,000
- 8,000

Type

- Pressurised Water
- Boiling Water
- Heavy Water-Moderated
- Gas-Cooled
- Gas-Cooled (Magnox)
- Fast Breeder
- Light Water-Cooled Graphite-Moderated

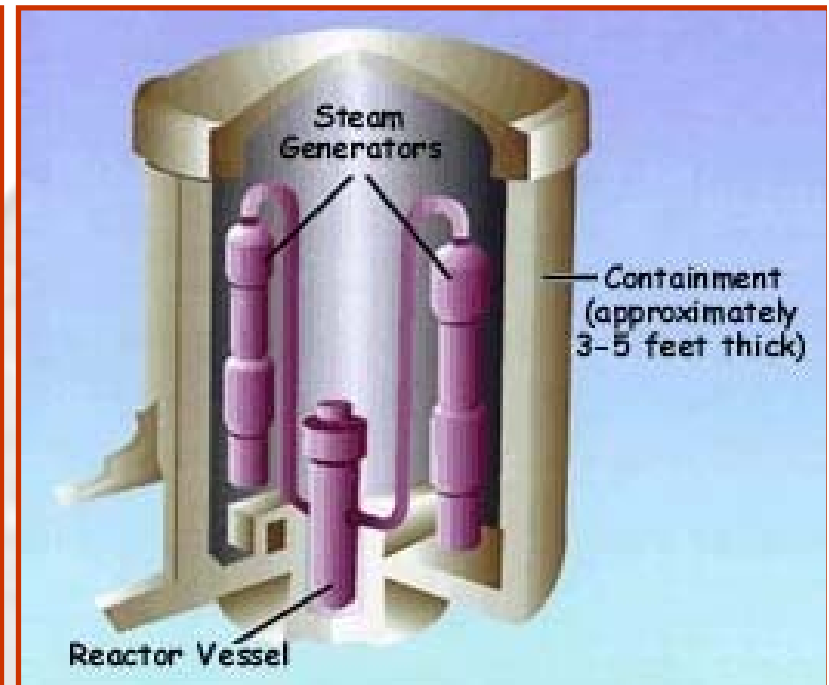
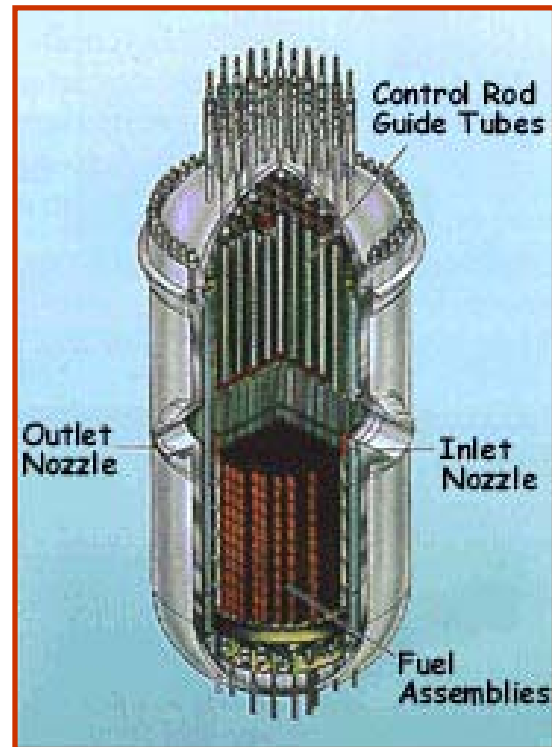
Source: World Nuclear Association

Οι πυρηνικοί σταθμοί στην Ευρώπη



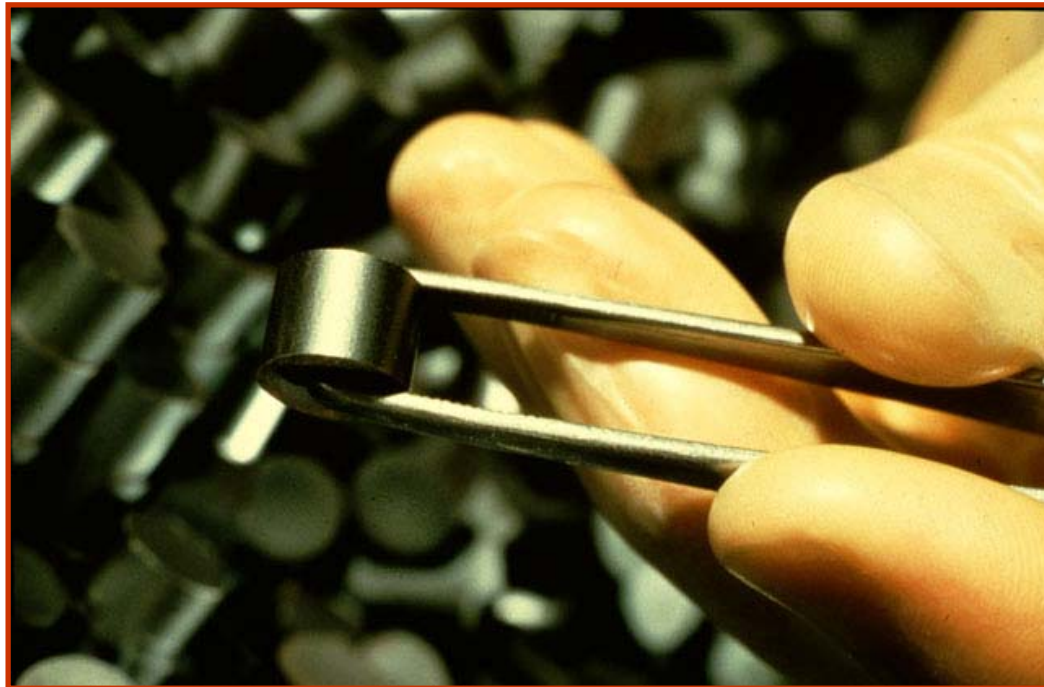


Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες



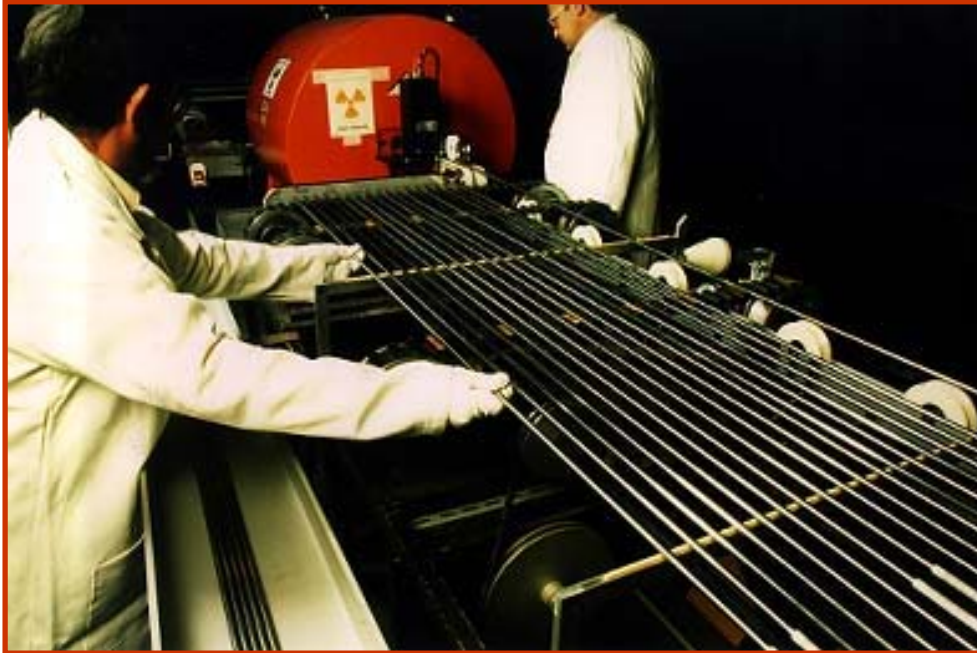


Τα στοιχεία του Πυρηνικού Καυσίμου



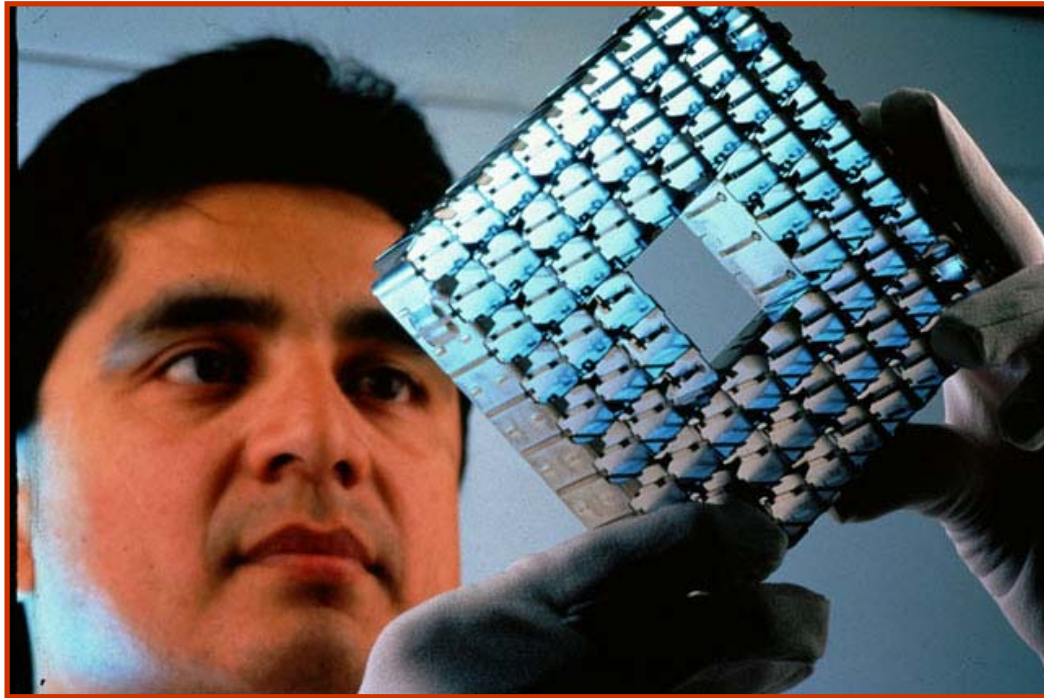


Ράβδος Πυρηνικού Καυσίμου



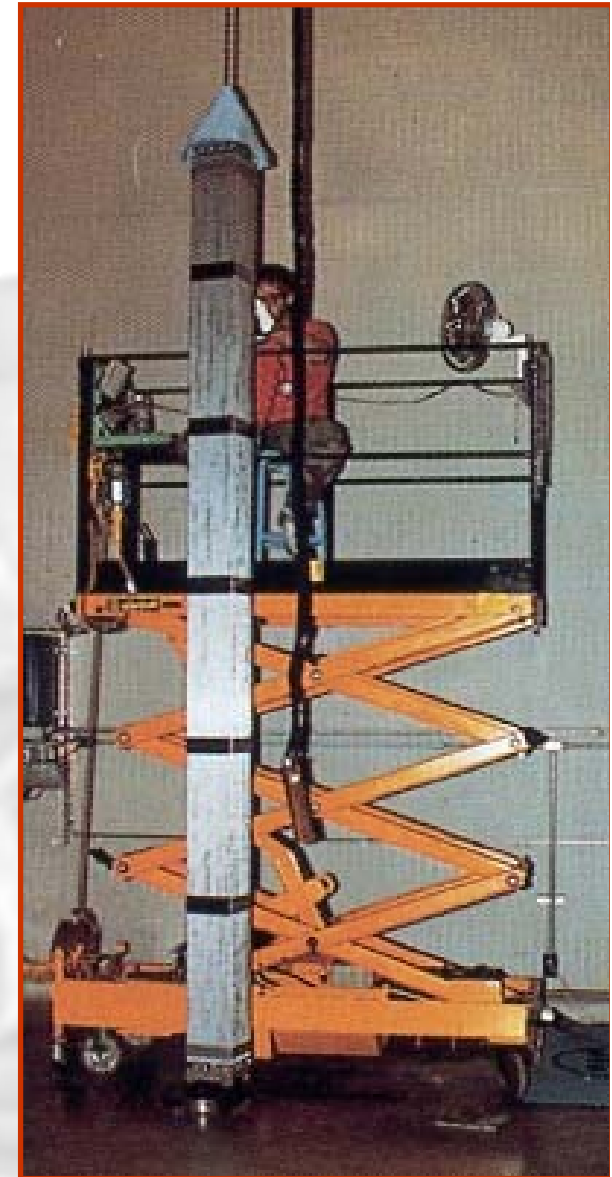


Ράβδος Πυρηνικού Καυσίμου (2)





Δέσμη ράβδων Πυρηνικού Καυσίμου





Βαλβίδα αντισεισμικής προστασίας





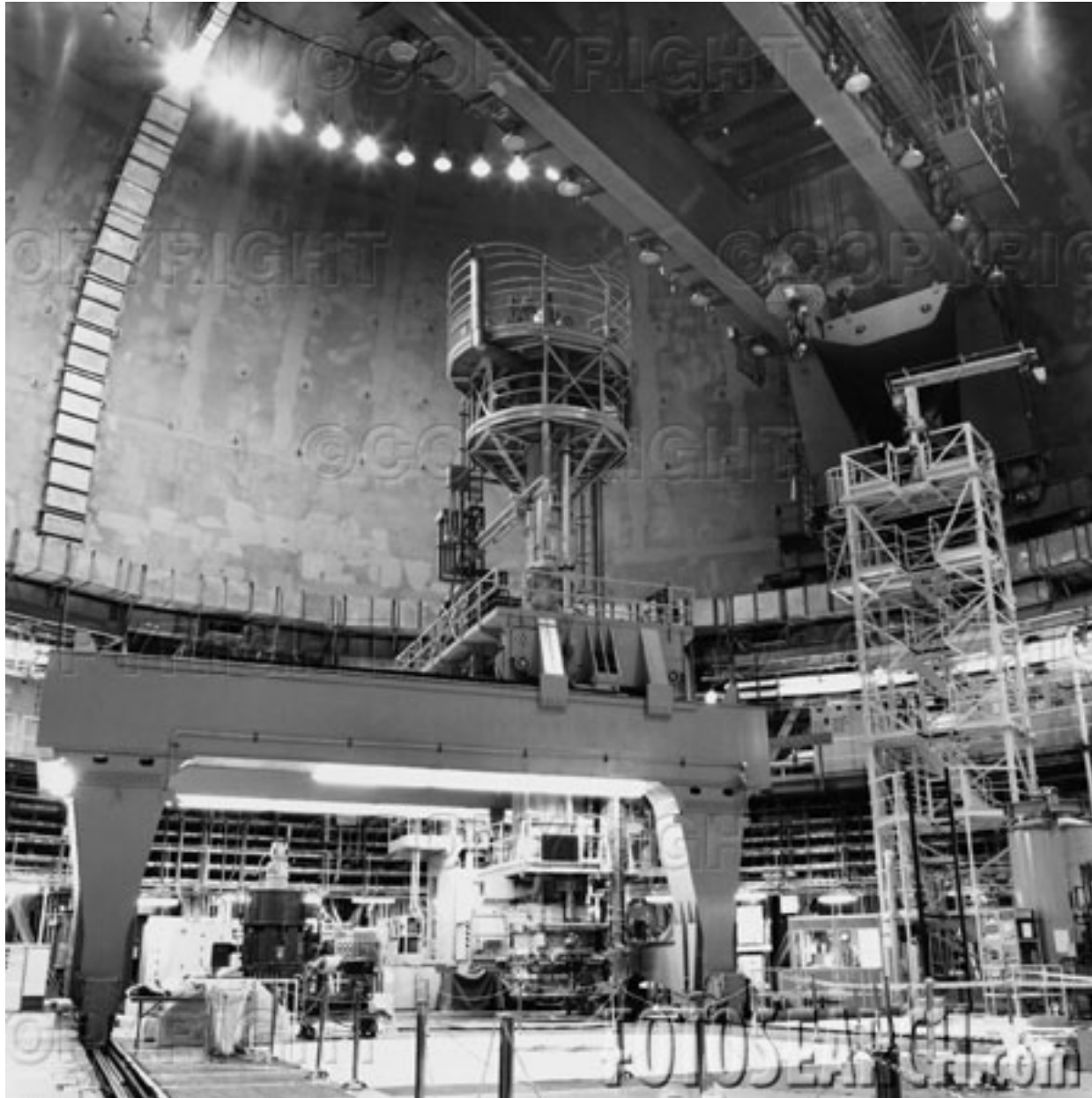
Επισκευές





Αντικατάσταση Καυσίμου





Στο εσωτερικό
του κτιρίου



Αίθουσα Ελέγχου Π.Α.Ι. (1)





Εργασίες σε Π.Α.Ι.





Εργασίες σε Π.Α.Ι.





Μέτρα προστασίας



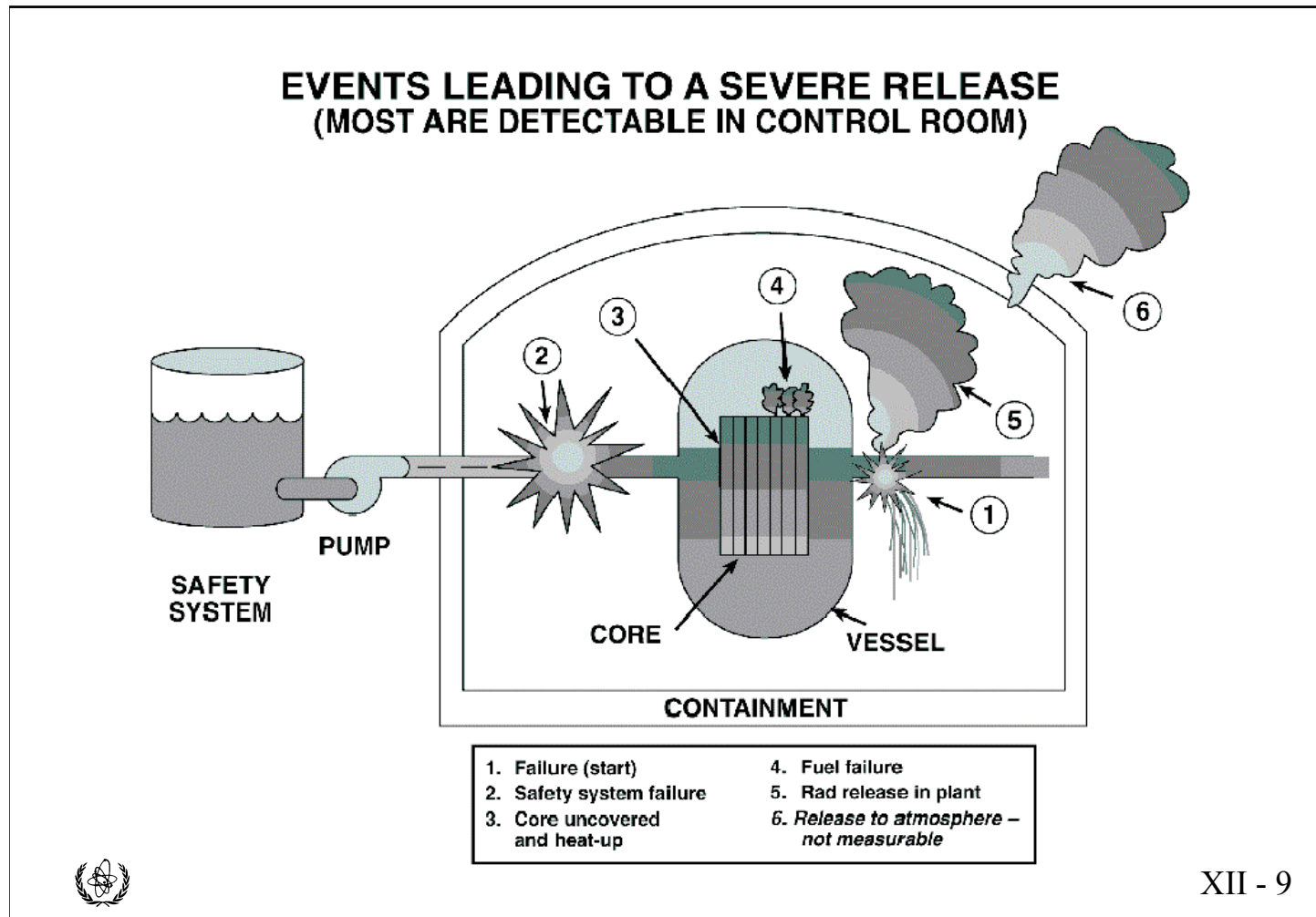


Φύλαξη καυσίμου εντός Π.Α.Ι. Πισίνα αποψυχόμενου καυσίμου





Ο μεγάλος μας φόβος: Ατύχημα απώλειας ψυκτικού



XII - 9



Προστασία 1^{ου} επιπέδου – περίβλημα ράβδου π.κ.

- Εάν υποστεί φθορά, άμεση απελευθέρωση αερίων προϊόντων σχάσης (3 - 5% I, Cs, Xe & Kr)
- Μη σημαντική διαρροή εφόσον δεν σπάσει το περίβλημα
- αστοχία του 20% οδηγεί σε σημαντική βλάβη του πυρήνα



Προστασία 2^{ου} επιπέδου – πρωτεύον σύστημα ψύξης του πυρήνα

- περιλαμβάνει το ψυκτικό που ψύχει τον πυρήνα
- προαπαιτείται αστοχία του ώστε να έχουμε τήξη του πυρήνα και σημαντική διαρροή ραδιενέργειας. Πολλά πιθανά σημεία αστοχίας



Προστασία 3^{ου} επιπέδου – το κτίριο και τα συστήματα ψύξης του εσωτερικού του

- αντοχή σε αστοχία του πρωτεύοντος συστήματος ψύξης (περιλαμβάνει συστήματα πάγου, βαλβίδες αποτόνωσης, δεξαμενή νερού)
- δυνατότητα απαγωγής θερμότητας μακράς διάρκειας (συστήματα ψεκασμού και ψύξης)
- δυνατότητα περιορισμού και απομείωσης των προϊόντων σχάσης (πισίνα, φίλτρα, συστήματα ψεκασμού)



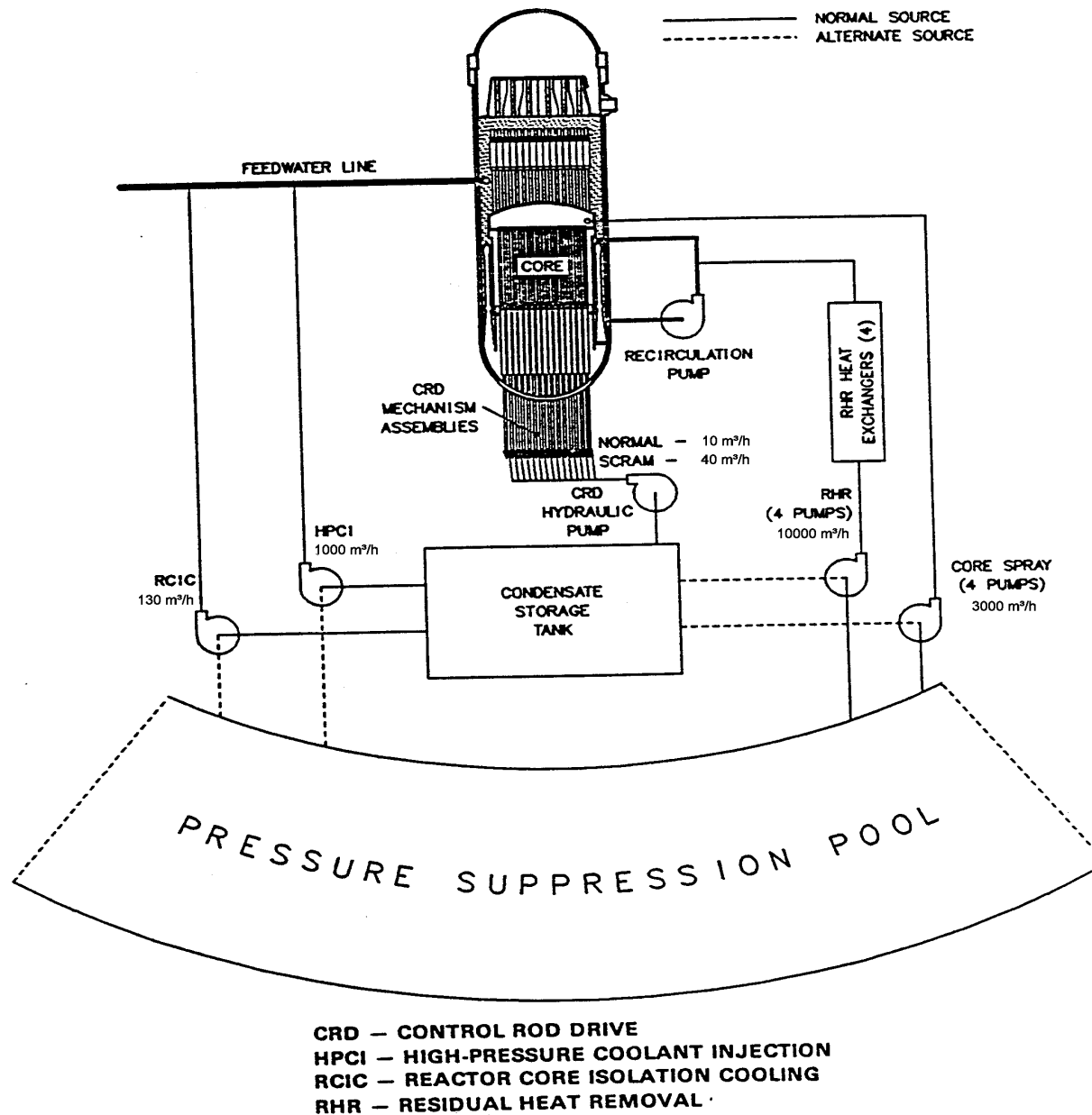
Συστήματα ECCS

- Διάκριση με βάση την προαπαίτηση ισχύος
 - Ενεργητικά συστήματα (προϋπόθεση η ύπαρξη ηλεκτρικής ισχύος)
 - Παθητικά συστήματα (δεν απαιτείται ηλεκτρική ισχύς)
- Διάκριση με βάση την πίεση λειτουργίας
 - Υψηλής πίεσης
 - Χαμηλής πίεσης
- Διάκριση με βάση την προσαγωγή ψυκτικού
 - Ψεκασμού εκ των άνω
 - Πλημμυρίσματος εκ των κάτω



Απώλεια ελέγχου ζωτικών συστημάτων

- Απώλεια ισχύος AC
 - απώλεια των αντλιών φλέβας
 - απώλεια των συστημάτων ψύξης του δοχείου πίεσης
- Απώλεια ισχύος DC
 - απώλεια του συστήματος ελέγχου
 - απώλεια των μετρητικών συστημάτων και μεταλλακτών
- Απώλεια του Control Room
 - απώλεια των διαδικασιών ελέγχου

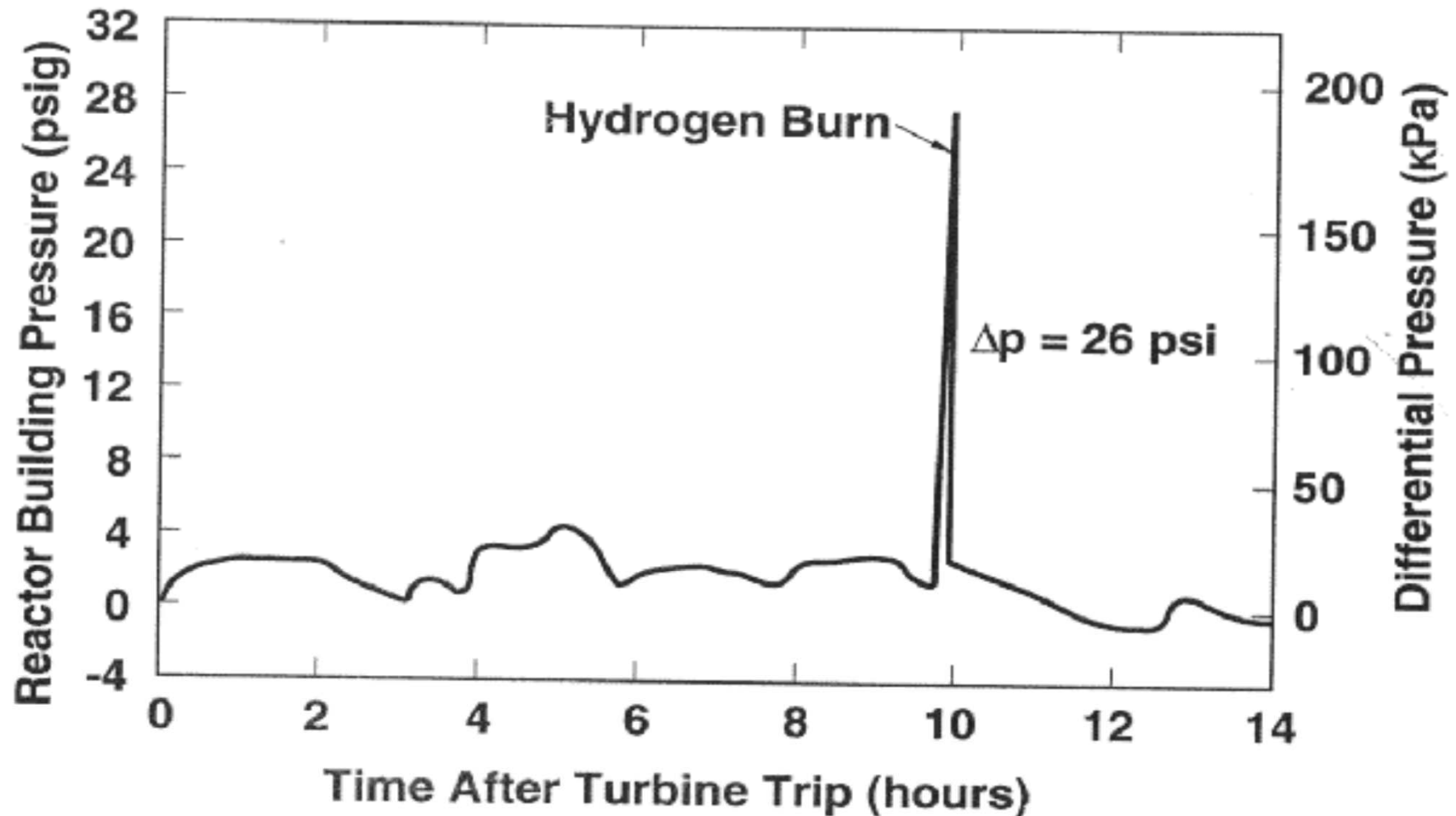


Συστήματα ECCS



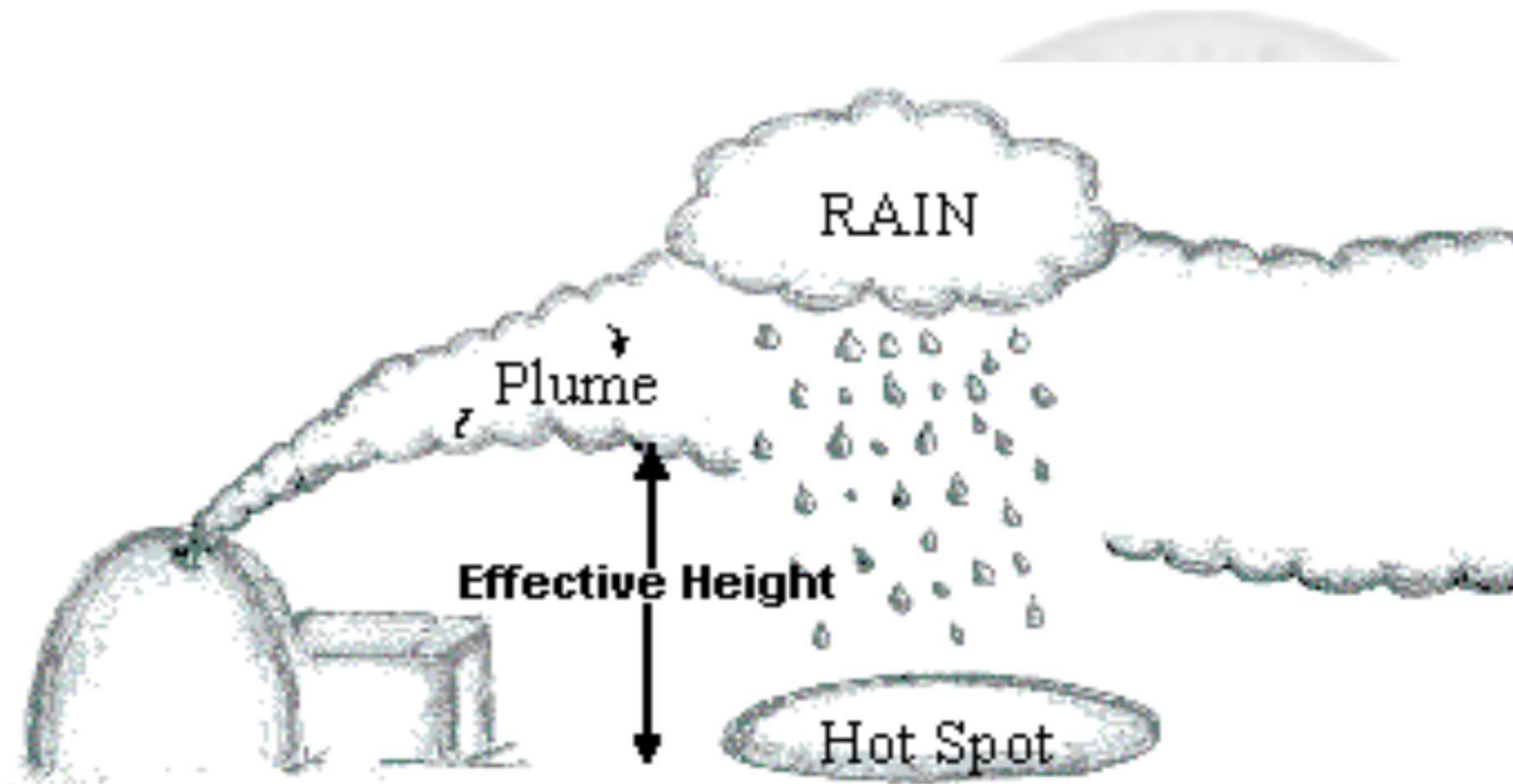


Βασικός κίνδυνος: Η αποδόμηση του πυρήνα παράγει H₂ και οδηγεί



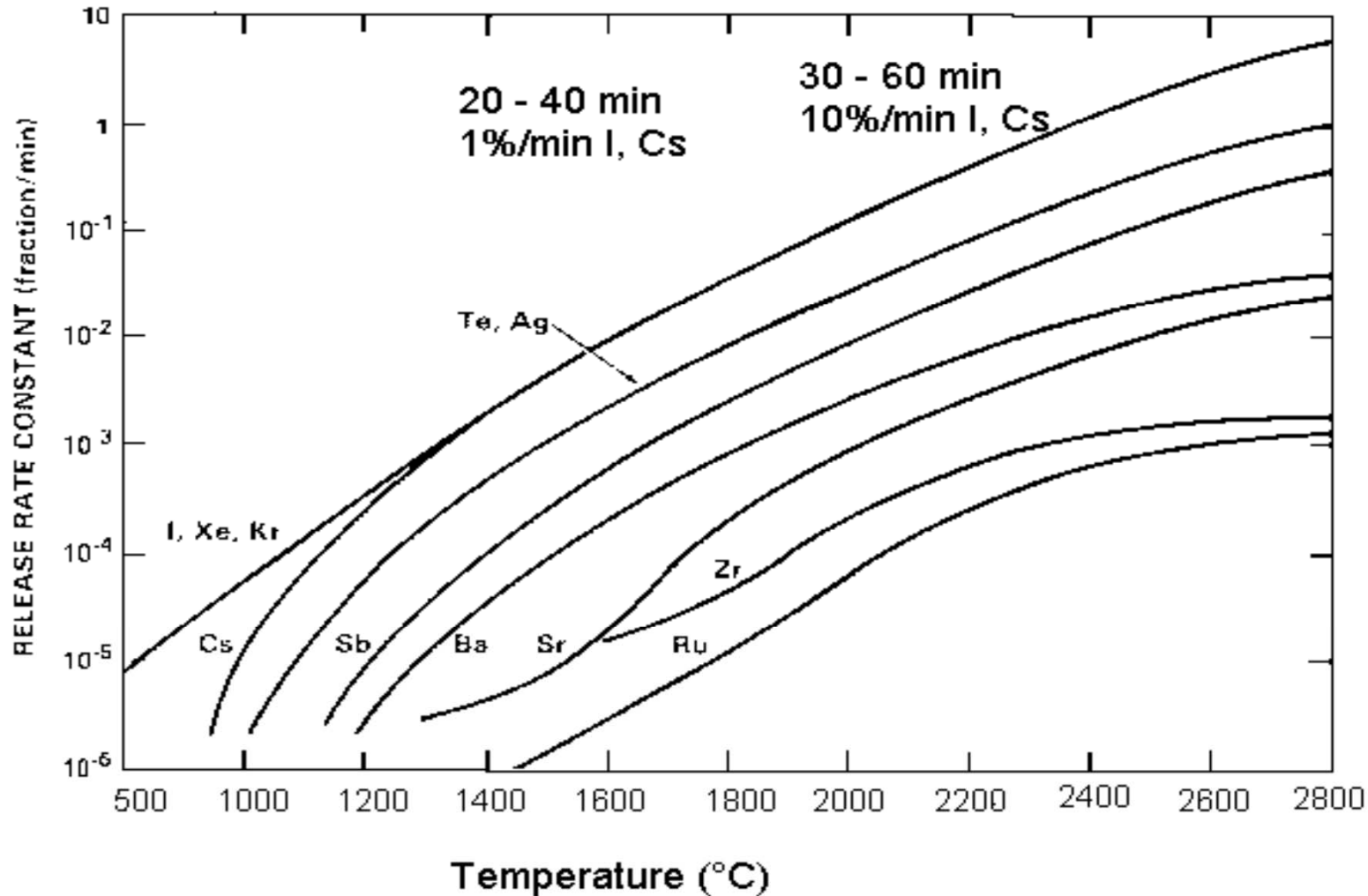


Εάν δεν καταφέρουμε να περιορίσουμε τη διαροή εντός του Containment και έχουμε αστοχία, τότε έχουμε διαροή προς το περιβάλλον





Η ισοτοπική σύσταση των διαφυγόντων ρύπων





Όσον αφορά στη διασπορά:

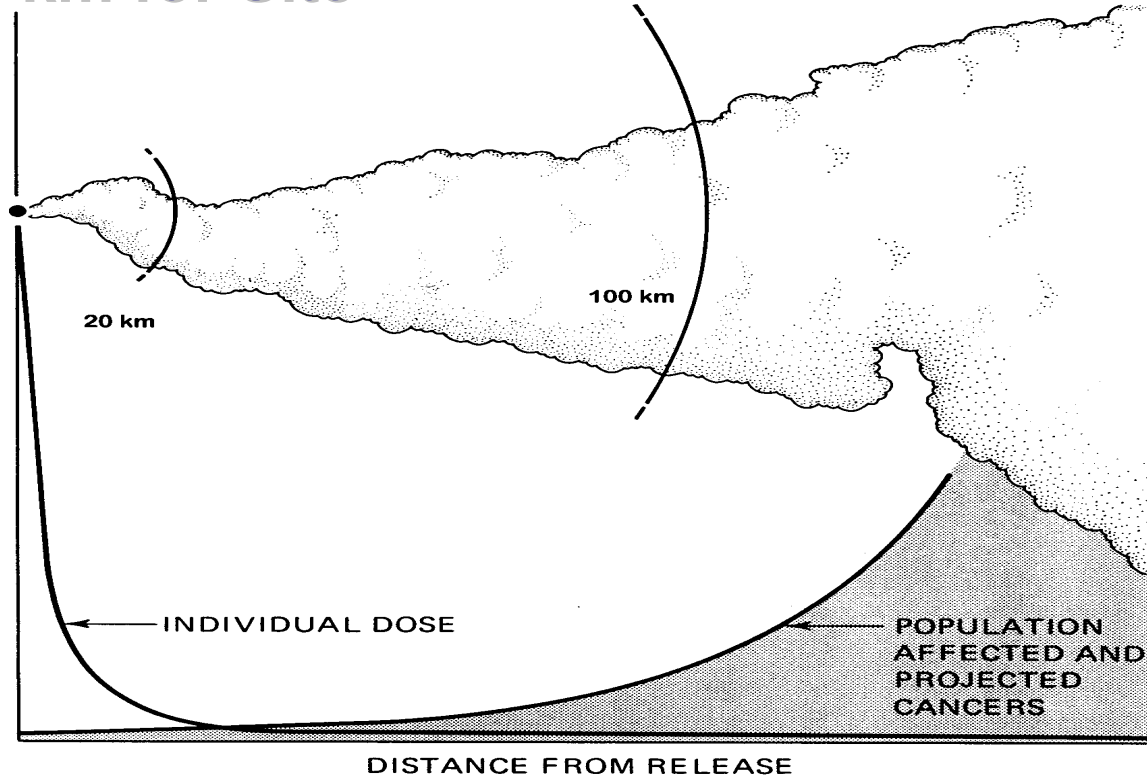
- Η δόση διαφέρει σημαντικά από θέση σε θέση μέσα στο ραδιενεργό νέφος (πλούμιο – plume)

σύνθετο
πρώτη προσέγγιση



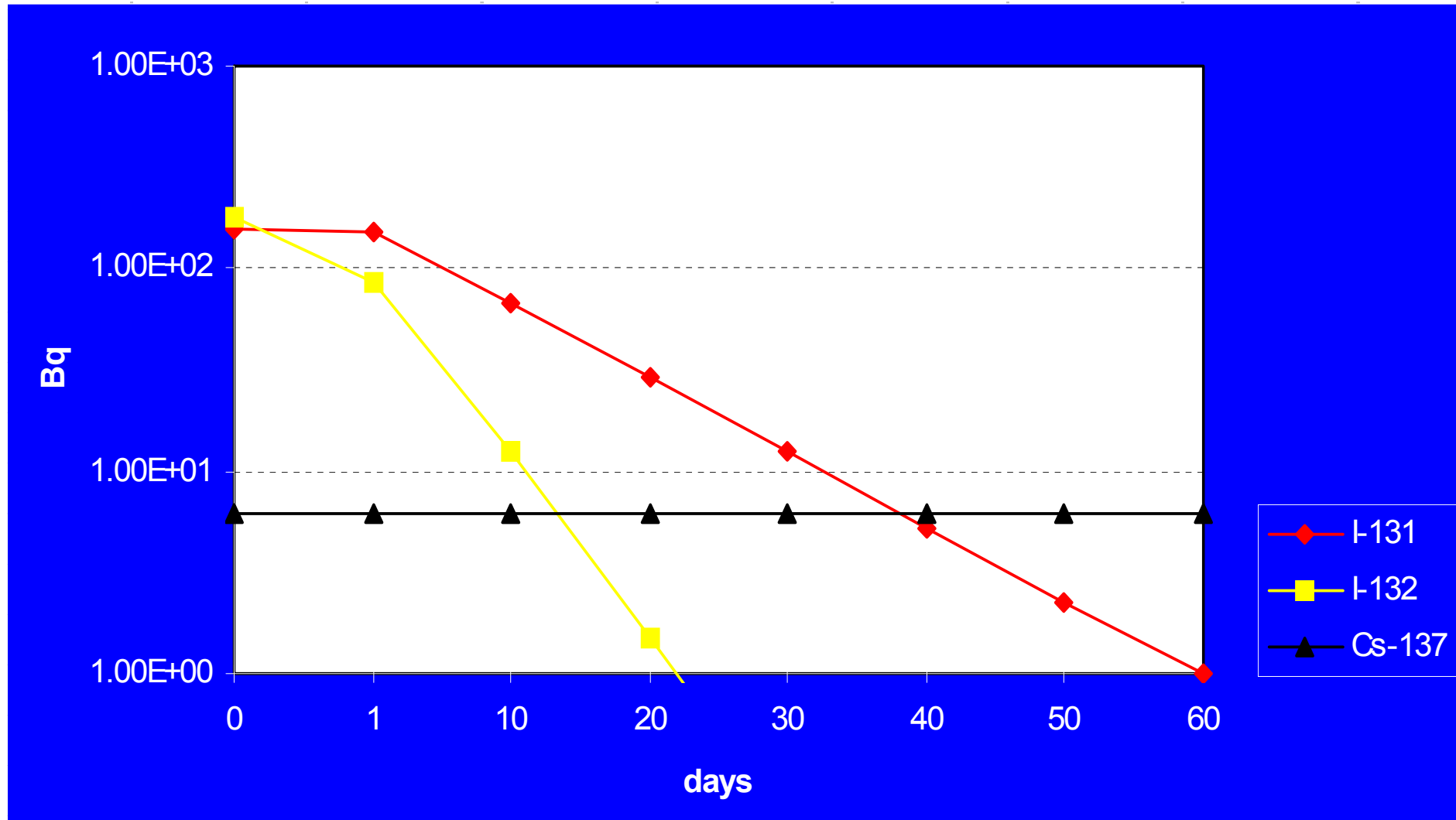
Δεν είναι σίγουρο ότι όσο πιο κοντά βρισκόμαστε στο σταθμό, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η επιβάρυνση.

Most Cancers Will Be More Than 100 km for Site





Είναι αναμενόμενη η μεταβολή της σύστασης του πλούμιου και της απόθεσης με το χρόνο, λόγω decay



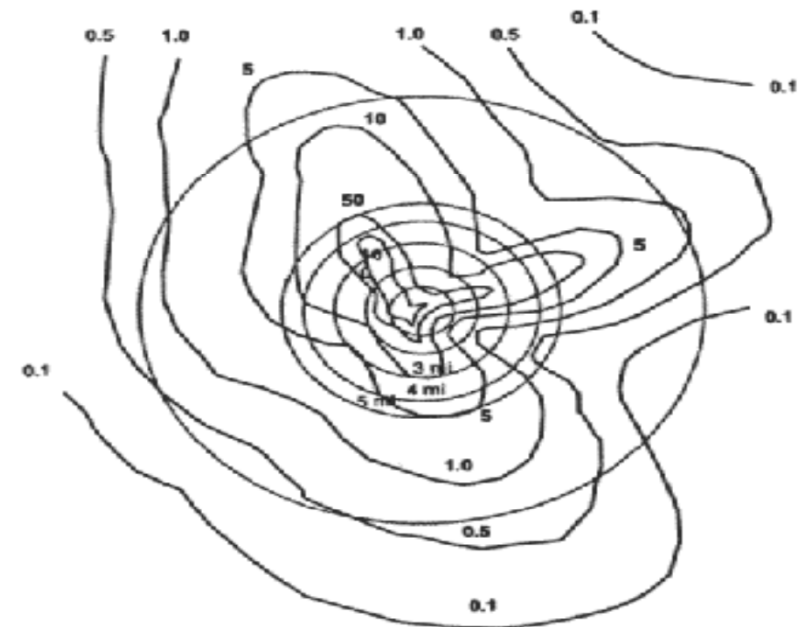


Σε περίπτωση μακροχρόνιας διαροής, η ρύπανση διασπείρεται τελικά προς όλες τις κατευθύνσεις

Windscale Accident Contamination

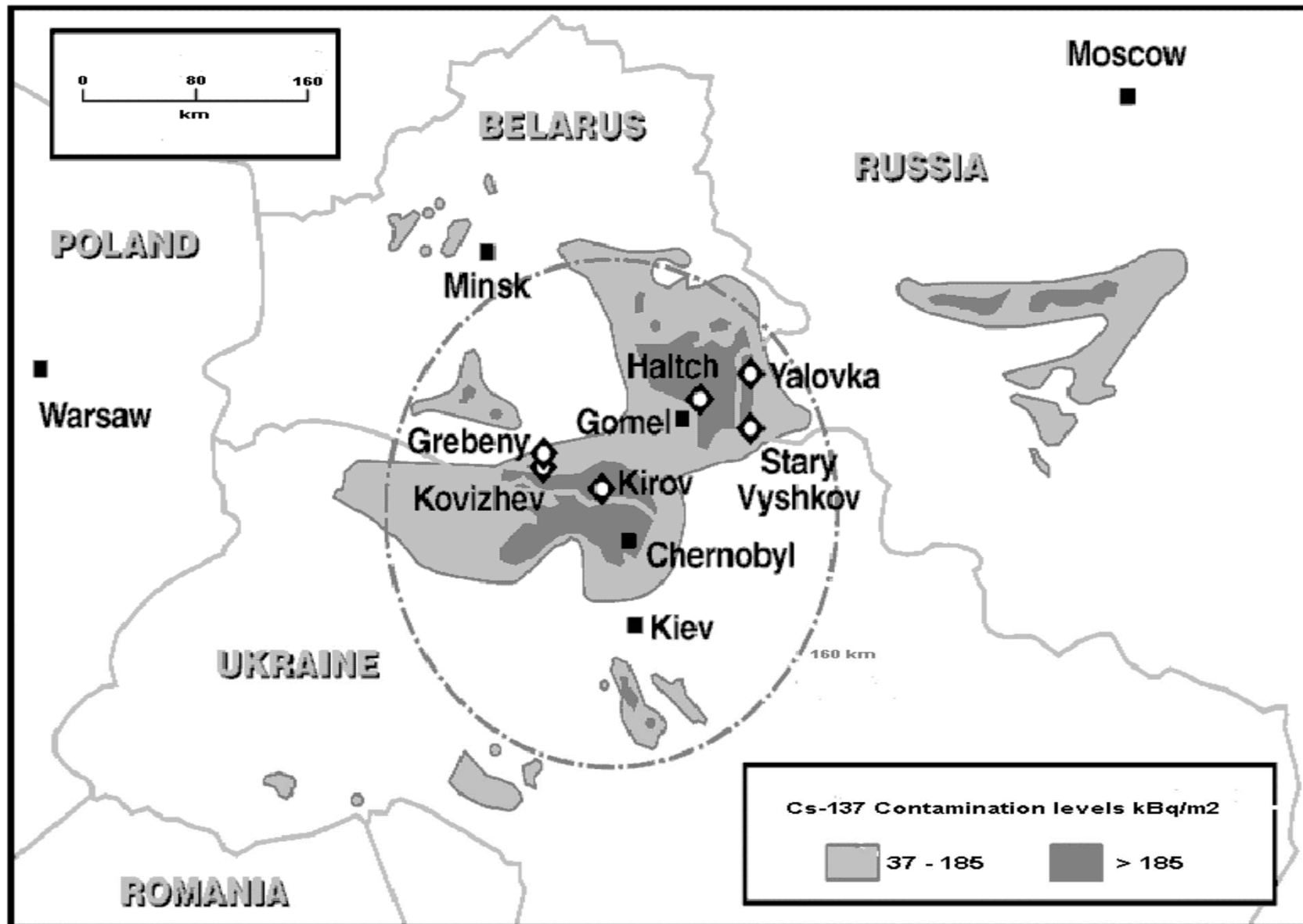


TMI Accident Isodose (mrem)



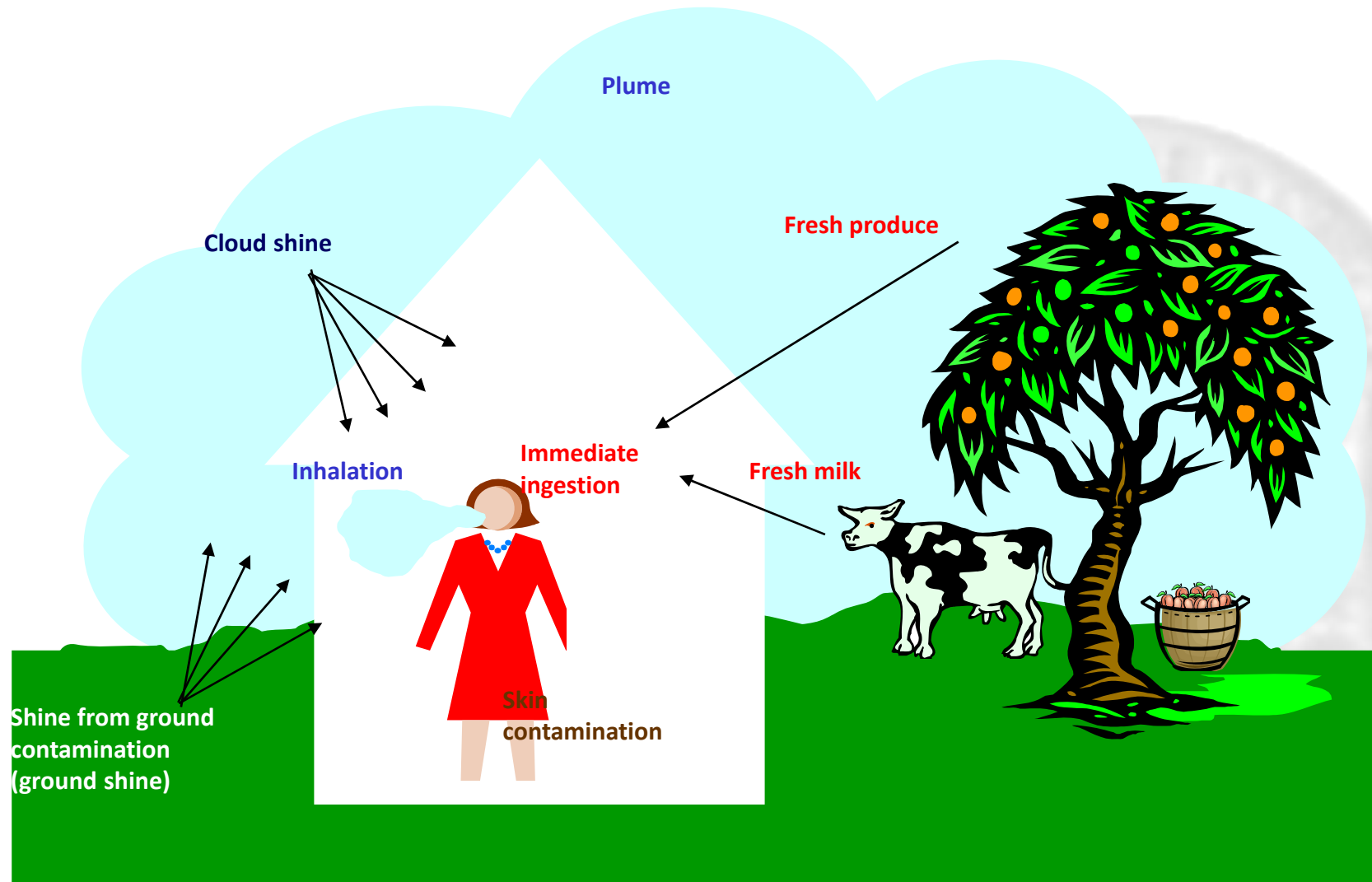


Η απόθεση συνήθως καλύπτει μεγάλες περιοχές





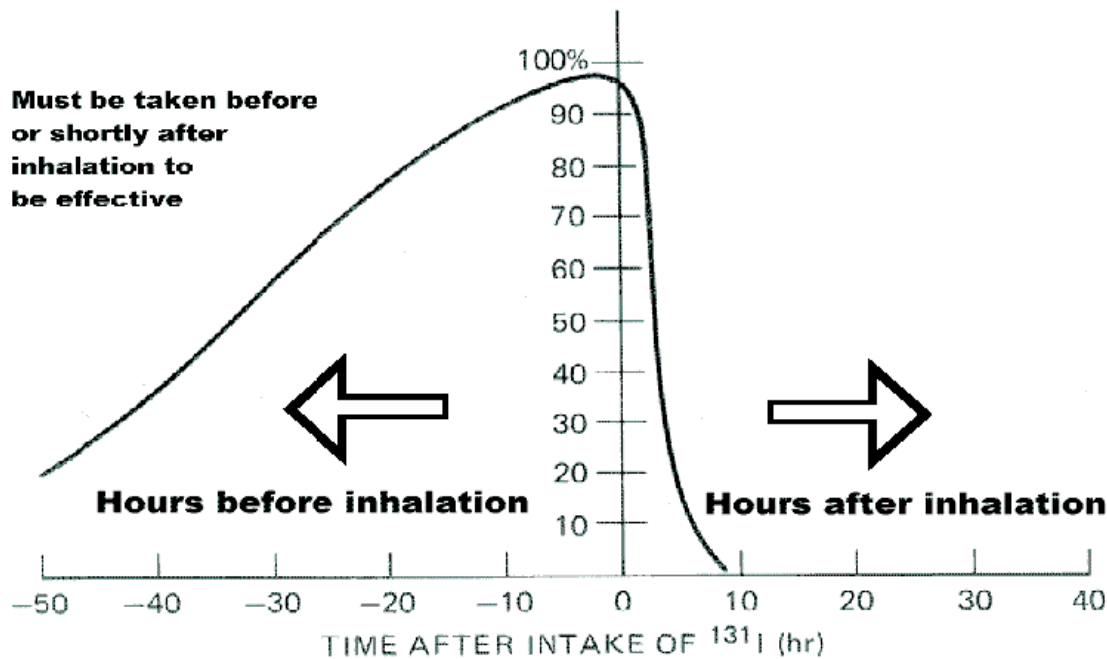
Η Εκθεση μπορεί να είναι εξωτερική ή/και εσωτερική





Πως επιδρά η ραδιοχημική θωράκιση στην προστασία;

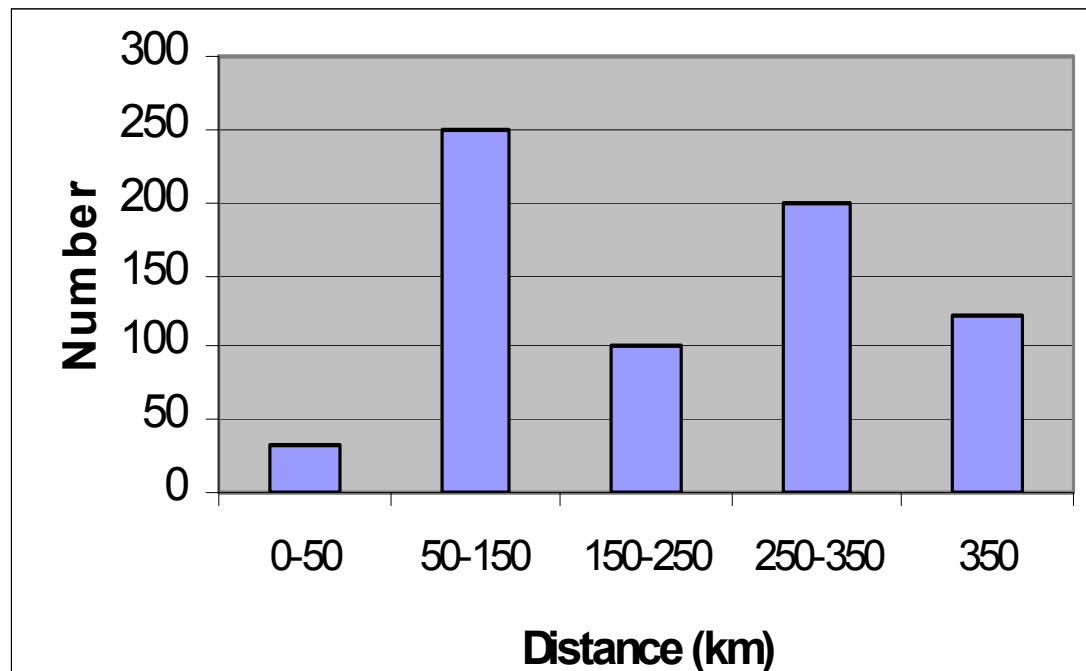
Effectiveness of Thyroid Blocking Afforded by 100 mg of Iodine (130 mg of KI)





Πως επιδρά η ραδιοχημική θωράκιση στην προστασία (2);

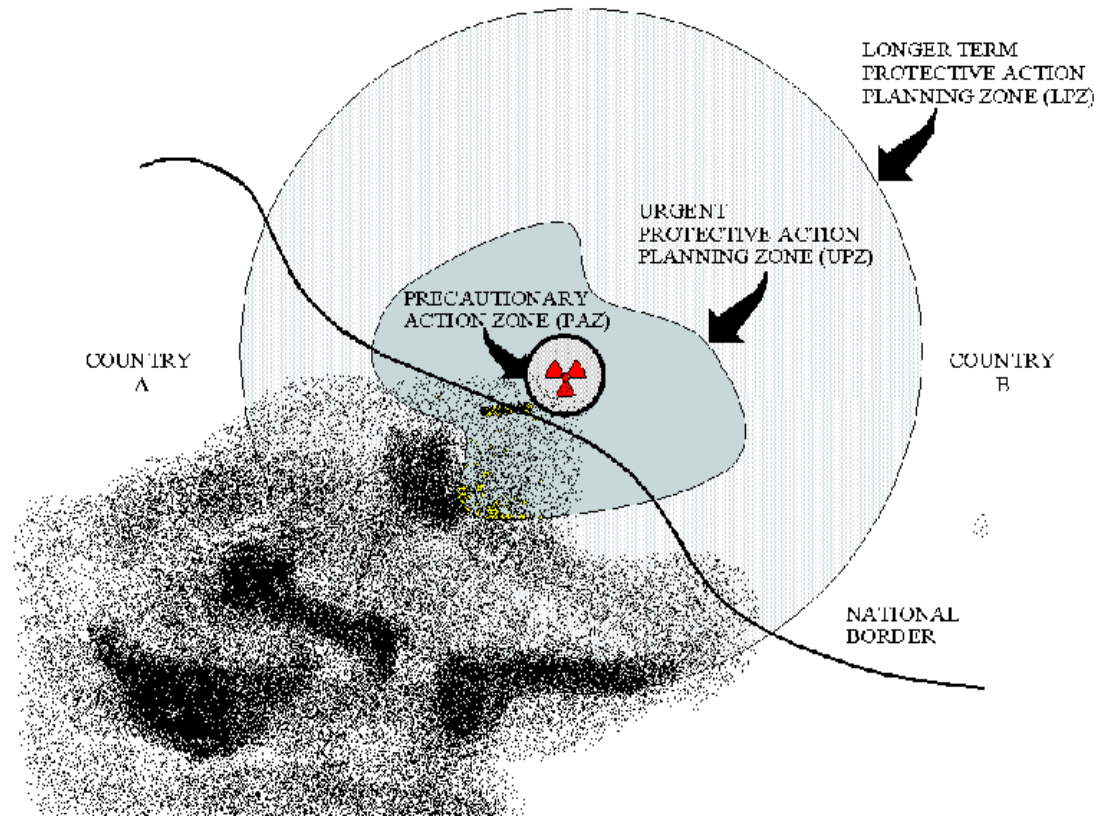
Total Number of Thyroid Cancers in Belarus Among Those 0-18 Years Old at the Time of Chernobyl Accident





Η αντιμετώπιση δε γνωρίζει σύνορα

Protective Action Zones





Πρέπει να κάνουμε
ό,τι είναι δυνατό για
να αποφύγουμε αλλο
Chernobyl





Chernobyl





Το ατύχημα του Chernobyl από ραδιοβιολογικής πλευράς

Introduction - Where did the accident occur?

- **The Chernobyl Power Complex - 6 reactors RBMK-1000 (4 were operational and Units 5 and 6 were under construction)**
- **Population near the Complex:**
 - the town of Chernobyl - 12,500
 - the town of Pripyat - 49,000
 - total population within the 30-km zone - 115,000-135,000





Chernobyl





Chernobyl. Πρώην κόκκινο δάσος





Chernobyl. Σαρκοφάγος





Chernobyl. Ο Πυρήνας





Chernobyl. Ο πυρήνας





Chernobyl. Control Room



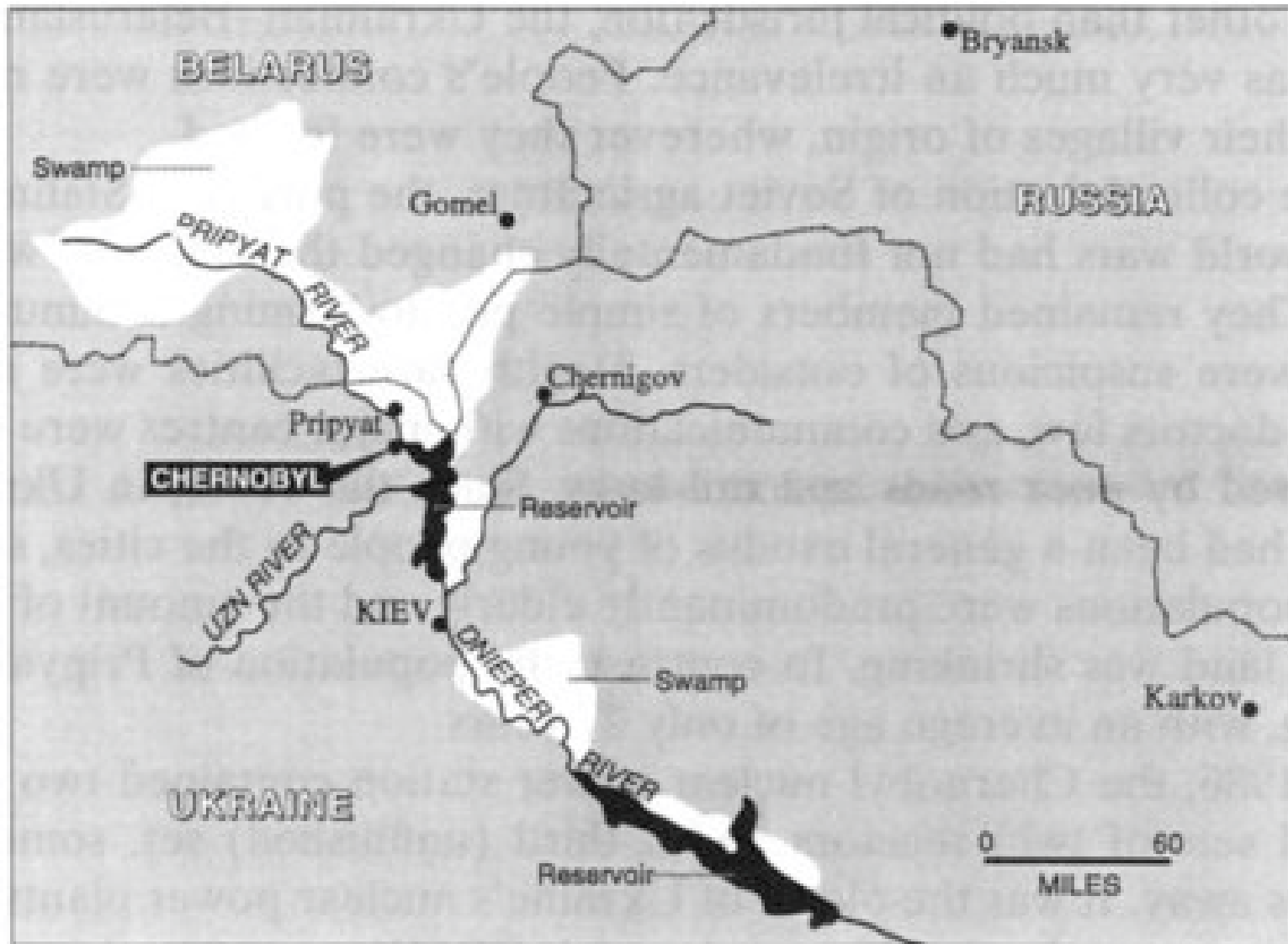


Chernobyl. Οι νέες μονάδες.





Chernobyl. Χάρτης περιοχής





Chernobyl

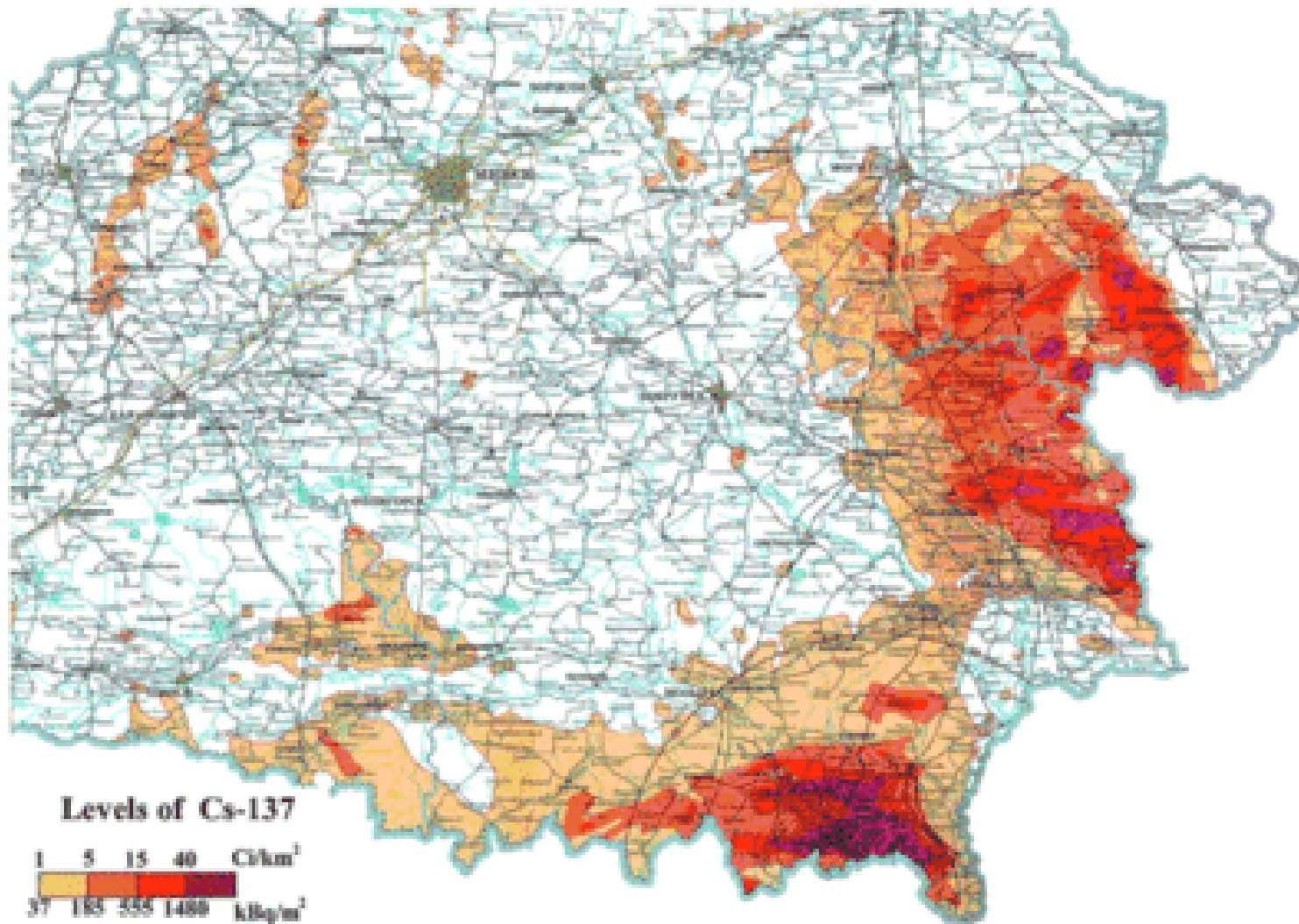
Ποταμός
Pripyat.
122 εκ.
Στρέμματα
ρύπανση





Radioactive contamination by caesium-137 on the territory of Belarus

Chernobyl



Source: CRKM (2001)



Figure 31. Radiation Hotspots Resulting From the Chernobyl¹ Nuclear Power Plant Accident



Chernobyl





Chernobyl. Πυροσβέστες



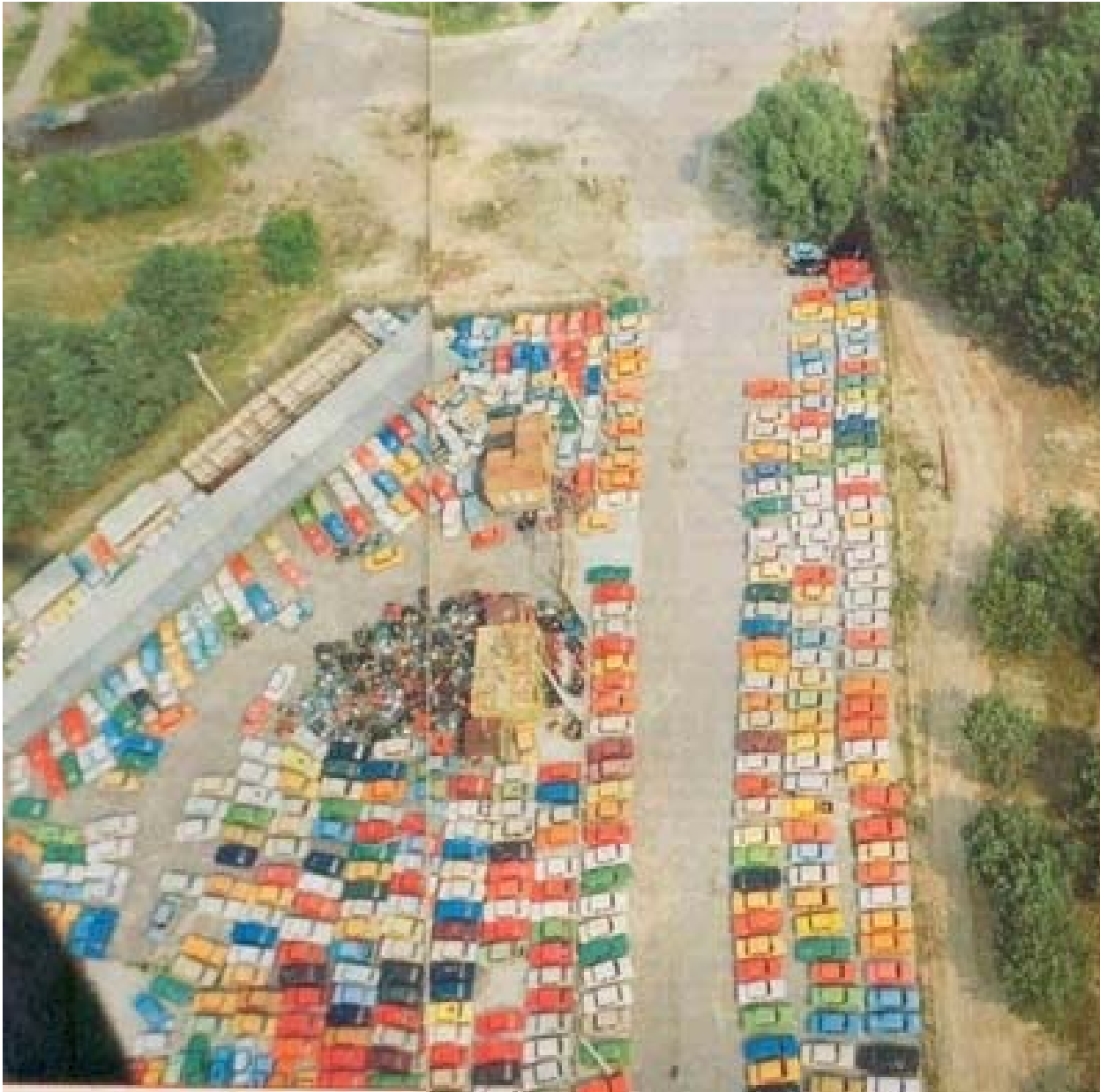


Ουκρανία. Pripyat, 2 μέρες μετά





Chernobyl. Εγκαταλειμμένα οχήματα





Chernobyl. Ρυπασμένο όχημα.



Chernobyl. Ραδιενεργά παλιοσίδερα.





Chernobyl. Ελεγχος.





Pripyat. Αγαλμα του Προμηθέα.





Chernobyl

Ραδιενεργοί νεκροί σε μολύβδινα φέρετρα

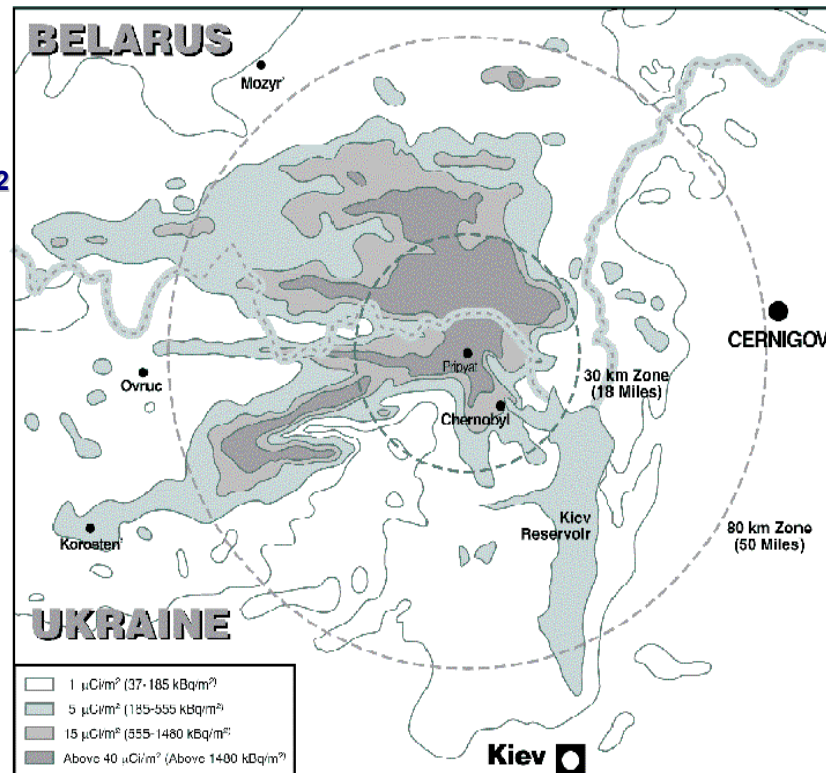




Το ατύχημα του Chernobyl – Η Διαρροή

Area extent of ^{137}Cs contamination from the Chernobyl accident

- 37-185 kBq/m²
Belarus - 29,900 km²
Russia - 49,760 km²
Ukraine – 37,200 km²
- 185-555 kBq/m²
Belarus - 10,200 km²
Russia - 5,450 km²
Ukraine – 3,200 km²
- 555-1480 kBq/m²
Belarus - 4,200 km²
Russia - 2,130 km²
Ukraine - 900 km²
- >1480 kBq/m²
Belarus - 2,200 km²
Russia - 310 km²
Ukraine - 600 km²





Το ατύχημα του Chernobyl – Η Διαρροή (2)

Post-Chernobyl Thyroid Cancers

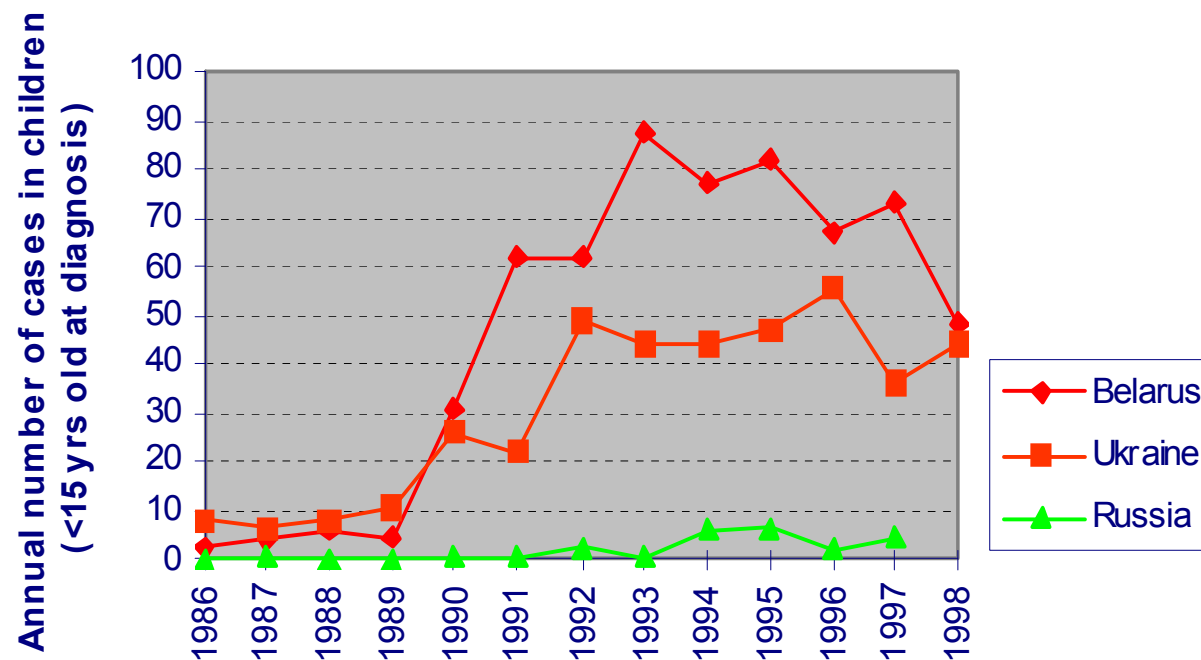
- **Sharp increase observed mainly in children exposed under 15 yr of age**
- **Incidence rates have increased since 1990 (latent period = 4 years)**
- **Incidence rates have increased by 100-times since 1990 in the most affected areas of Belarus (Gomel region)**
- **95% and 60% of cases observed among children less than 10 and 5 yr at the time of accident, respectively**





Το ατύχημα του Chernobyl – Η Διαροή (3)

Childhood thyroid cancer around Chernobyl (<15 y old at diagnosis)



Turai+Gónalp/IAEA, 2000-09-17

18



Πρέπει να κάνουμε ό,τι είναι δυνατό για να αποφύγουμε αλλη FUKUSHIMA





Τι υπάρχει στη FUKUSHIMA;

- Υπάρχουν δύο Πυρηνικοί Σταθμοί παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας:
 - Ο σταθμός Fukushima Dai-ichi με 6 αντιδραστήρες και
 - Ο σταθμός Fukushima Dai-ii με 4 αντιδραστήρες
- Οι σταθμοί ανήκουν στην Ιδιωτική Εταιρία ηλεκτροπαραγωγής TEPCO (Tokyo Electric Production Company)
- Ο σταθμός που παρουσίασε το πρόβλημα είναι ο Fukushima Dai-ichi



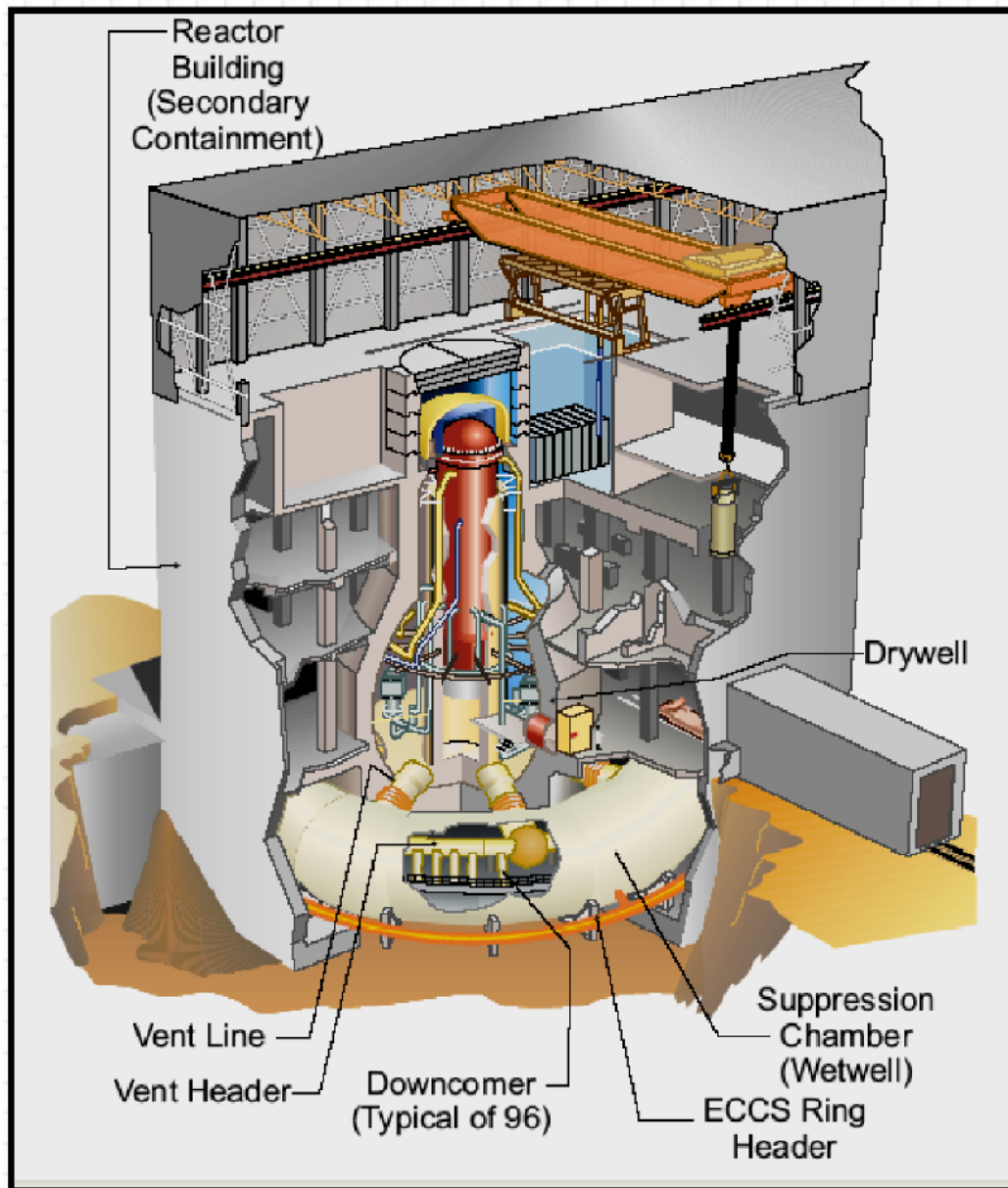
Οι αντιδραστήρες του FUKUSHIMA Dai-ichi

- Εξι αντιδραστήρες τύπου BWR (μοντέλο Mark I)
 - Unit 1: 439 MWe BWR, 1971 (σε λειτουργία)
 - Unit 2: 760 MWe BWR, 1974 (σε λειτουργία)
 - Unit 3: 760 MWe BWR, 1976 (σε λειτουργία)
 - Unit 4: 760 MWe BWR, 1978 (σε επιθεώρηση)
 - Unit 5: 760 MWe BWR, 1978 (σε επιθεώρηση)
 - Unit 6: 1067 MWe BWR, 1979 (σε επιθεώρηση)



Οι αντιδραστήρες του FUKUSHIMA Dai-ichi



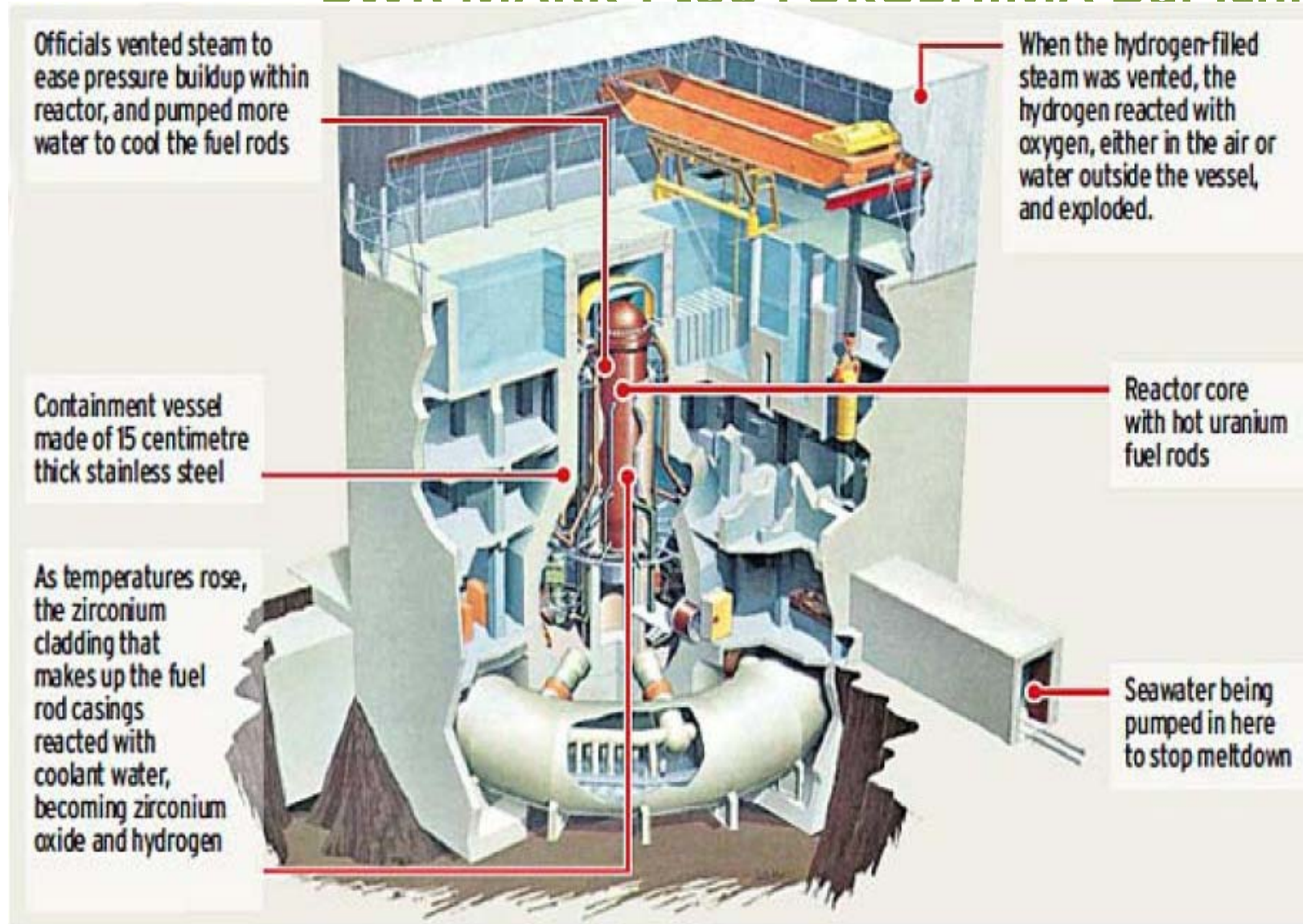


Ο αντιδραστήρας BWR MARK-I του FUKUSHIMA Dai-ichi





Ο αντιδραστήρας BWR MARK-I του FUKUSHIMA Dai-ichi





Τα συμβάντα

Παρασκευή, 11 Μαρτίου 2011: 2.46 μ.μ. (ώρα Ιαπωνίας):

Σεισμός μεγέθους 9.0 της κλίμακας Ρίχτερ χτυπάει μια περιοχή 370 km βορειοανατολικά του Τόκυο, σε βάθος 24.5 χιλιάμετρα.



By Janet Loehrke, USA TODAY



Το τσουνάμι

Ο σεισμός, ο πέμπτος μεγαλύτερος καταγεγραμμένος σε μέγεθος μέχρι σήμερα, προκαλεί τσουνάμι ύψους άνω των 10 μέτρων που σαρώνει τις ανατολικές ακτές της Ιαπωνίας εντός μιας ώρας από το σεισμό με τα γνωστά τραγικά αποτελέσματα





Ο σταθμός FUKUSHIMA Dai-ichi χτυπιέται από το τσουνάμι

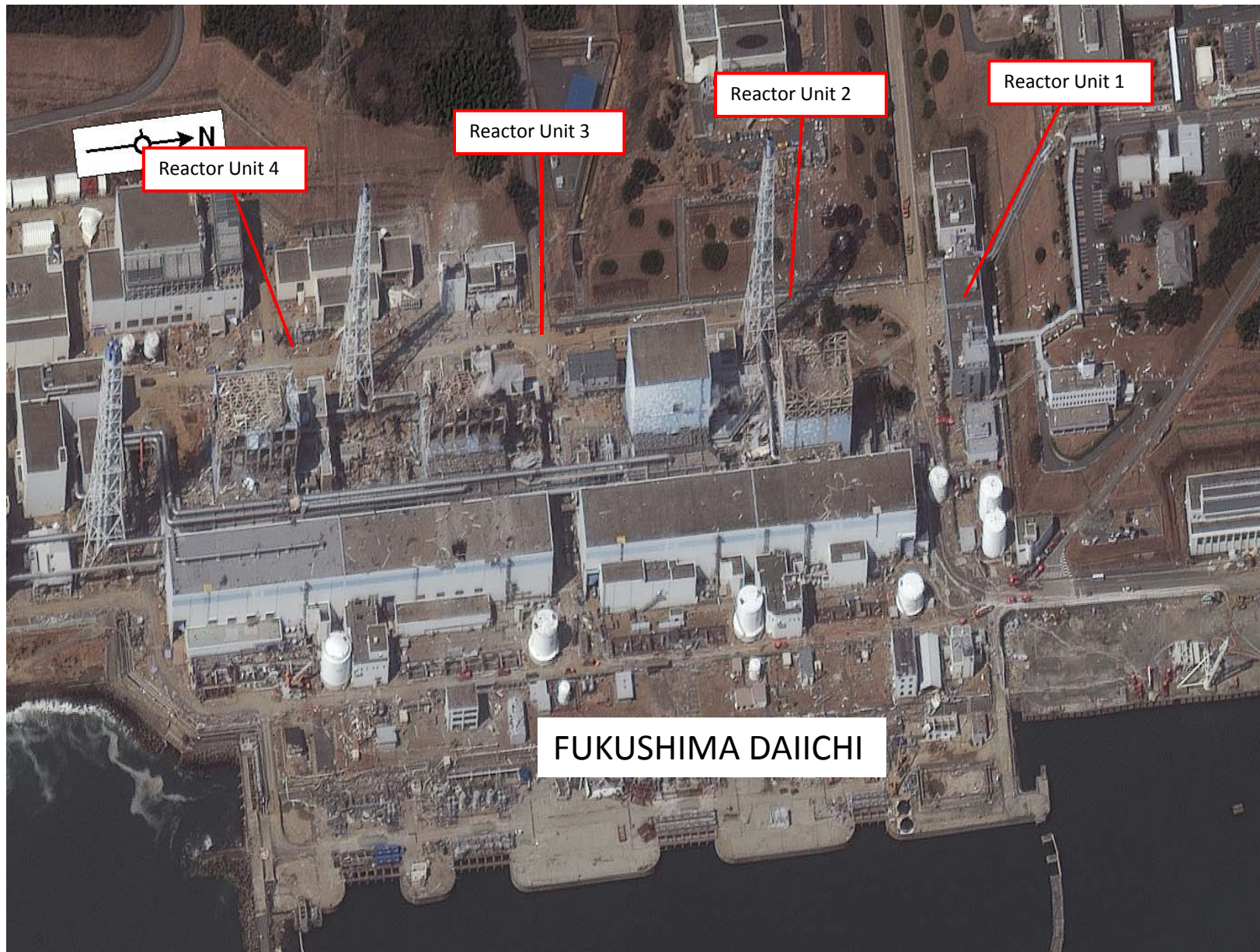
- Υφίσταται σοβαρές ζημιές
 - Ήταν σχεδιασμένος για σεισμό έως 8.2 Ρίχτερ. Τα 8.9 ρίχτερ είναι 7 φορές ισχυρότερα
- Αμέσως εμφανίστηκαν σημαντικές βλάβες σε 4 μονάδες.



Η ανάλυση της Γαλλικής AREVA σχετικά με το συμβάν

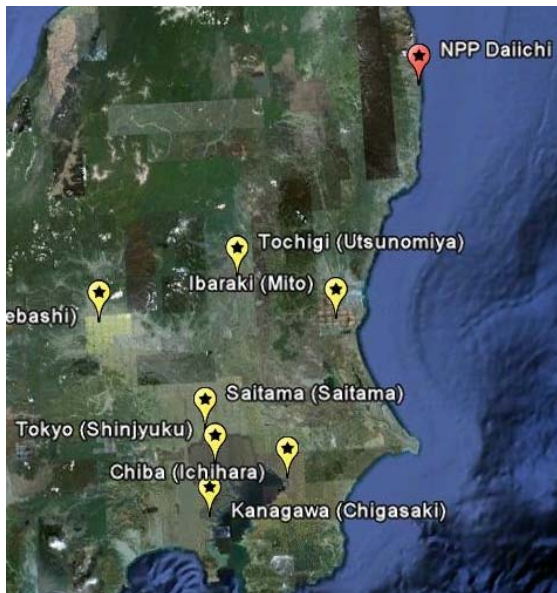
A

AREVA





Gamma Dose Rates in $\mu\text{Sv}/\text{hour}$ 14-29 March



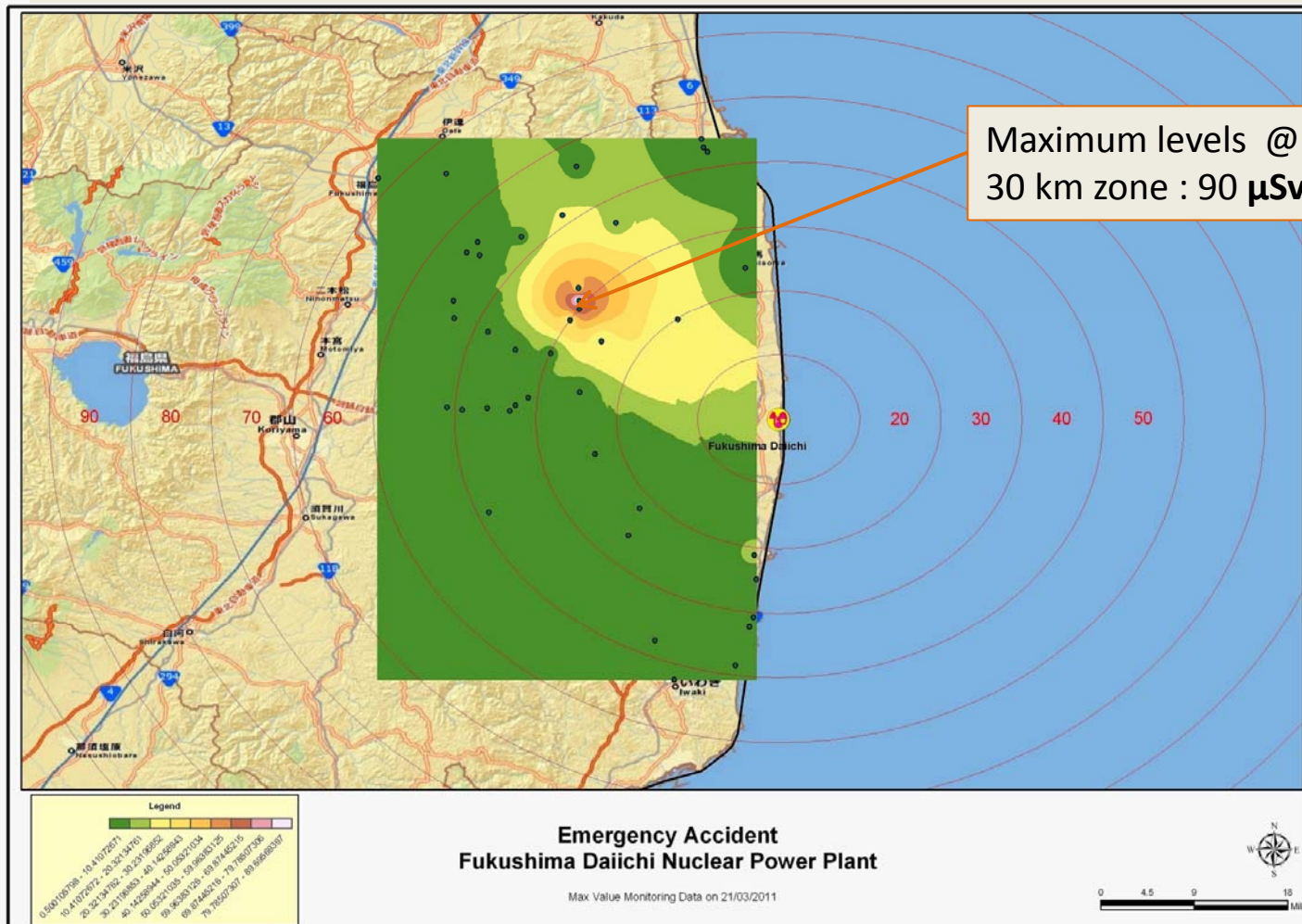
Natural Background: 0.1 $\mu\text{Sv}/\text{hour}$



Gamma dose rate / 21 March

[Japan-MEXT measurement/IAEA interpretation]

Normal natural background of gamma dose-rate: 0.1 $\mu\text{Sv/h}$





Τι πραγματικά συνέβη στη Fukushima;

- Υπήρξε σύγχυση των υπευθύνων και έλλειμμα πληροφόρησης;
- Είχαν επαφεθεί στο να ρίχνουν νερό το οποίο μαζεύεται σε κοιλάτητες και τελικά καταλήγει στον υδροφόρο ορίζοντα και τη θάλασσα;
- Μια απροσδιόριστη περιοχή γύρω από το σταθμό πρακτικά θα εγκαταληφθεί για χιλιάδες χρόνια (το πλουτώνιο «εξαφανίζεται» σε 100.000 χρόνια);
- Το λιωμένο καύσιμο μέσα στα εργοστάσια δεν επιτρέπει αποξήλωση των εργοστασίων. Αρα, αργά ή γρήγορα θα οδηγηθούν σε θάψιμο (λύση Chernobyl);



Φταίει λοιπόν ο σεισμός και το τσουνάμι;

Όπως αναφέρουν τα ειδησεογραφικά πρακτορεία:

- Ο σταθμός ήταν από τα πιο παλιά μοντέλα. Λειτουργούσε επί 40 χρόνια ενώ ο χρόνος ζωής είναι 30 χρόνια κατά τον κατασκευαστή.
- Ένας μηχανικός της κατασκευάστριας εταιρίας είχε προειδοποιήσει ότι το σχέδιο ήταν επικίνδυνο για διαρροή ραδιενέργειας και έκρηξη σε περίπτωση ατυχήματος. Δεν εισακούστηκε και κατέληξε σε απόλυση και αλλαγή επαγγέλματος.



Φταίει λοιπόν ο σεισμός και το τσουνάμι; (2)

Όπως αναφέρουν τα ειδησεογραφικά πρακτορεία:

- Η παράταση λειτουργίας έληξε και αυτή τον Ιανουάριο του 2011.
- Η εταιρία ζήτησε νέα παράταση χωρίς να αναφέρει διαρροές που είχε στους αντιδραστήρες. Εάν τις είχε αναφέρει ίσως δεν θα έπαιρνε παράταση λειτουργίας.



Φταίει λοιπόν ο σεισμός και το τσουνάμι; (3)

- Η Ιαπωνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας έδωσε παράταση λειτουργίας και άδεια να γίνουν οι προβλεπόμενοι έλεγχοι ασφαλείας μετά την άδεια, έως τον Ιούνιο του 2011. Δυστυχώς, δεν πρόλαβαν.
- Ο σταθμός είχε προστατευτικό τείχος για τσουνάμι ύψους 6 μέτρων. Δεν εμπόδισε το κύμα να το υπερπηδήσει.



Φταίει λοιπόν ο σεισμός και το τσουνάμι; (4)

- Το 2008, ο επικεφαλής του γεωλογικού ινστιτούτου του ΤΟΚΥΟ είχε σε κλειστή σύσκεψη προειδοποιήσει την εταιρία και την κυβέρνηση της Ιαπωνίας ότι από μελέτες στην περιοχή του σταθμού, είχε εντοπίσει δείγματα ότι την περιοχή είχε χτυπήσει τσουνάμι ύψους 20 μέτρων το 300 μ.Χ. και είχε επισημάνει την ανάγκη διασφάλισης του σταθμού.
- Πολλοί αμφιβάλλουν για τη λύση των Ιαπώνων να ρίχνουν θαλασσινό νερό και να ξεπλένουν τα απόνερα μαζί με τη ραδιενέργεια στη θάλασσα.



Θα έχουμε επιπτώσεις από τη ραδιενέργεια στην Ελλάδα;

- Όχι. Ηλθαν ίχνη αλλά ήταν 1000 φορές κάτω από τα όρια επικινδυνότητας.
- Ευτυχώς είμαστε αρκετά μακριά.
- Βέβαια, δεν πρέπει να εφησυχάζουμε.
- Το Ακουγιού είναι δίπλα μας και το χτύπησε σεισμός κατά τους ιστορικούς χρόνους μαζί με τσουνάμι 20 μέτρων και οι γείτονές μας σκοπεύουν εκεί να κατασκευάσουν έξι πυρηνικούς αντιδραστήρες.



Και πάλι, ο άνθρωπος ήλθε δεύτερος ...
Oklo, Gabon. Ο πρώτος Π.Α.Ι. Στη γη, πριν από 2.000.000.000 χρόνια





Τελικά, υπάρχει καθαρή «πυρηνική» λύση;

ΝΑΙ

Η Σύντηξη, όταν επιτύχουμε την
αυτοσυντηρούμενη αντίδραση

