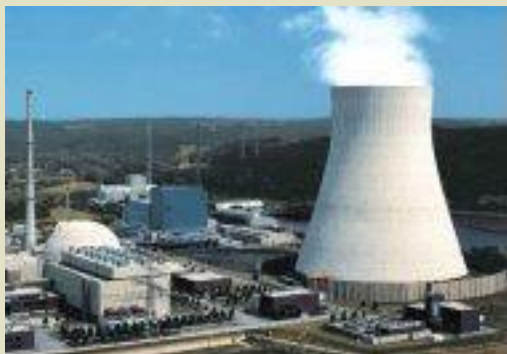
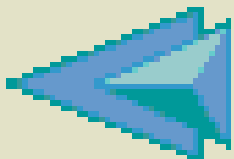




# Περιβάλλον και Ανάπτυξη



## Ενέργεια και Ηλεκτροπαραγωγή από την Πυρηνική Τεχνολογία



# Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή
2. Σχάση και παραγωγή ενέργειας
3. Ιστορική εξέλιξη
4. Σημερινή κατάσταση
5. Υπέρ των αντιδραστήρων
6. Διεθνής ενεργειακή ζήτηση
7. Εξέλιξη κατανάλωσης ενέργειας
8. Κόσμος χωρίς αντιδραστήρες

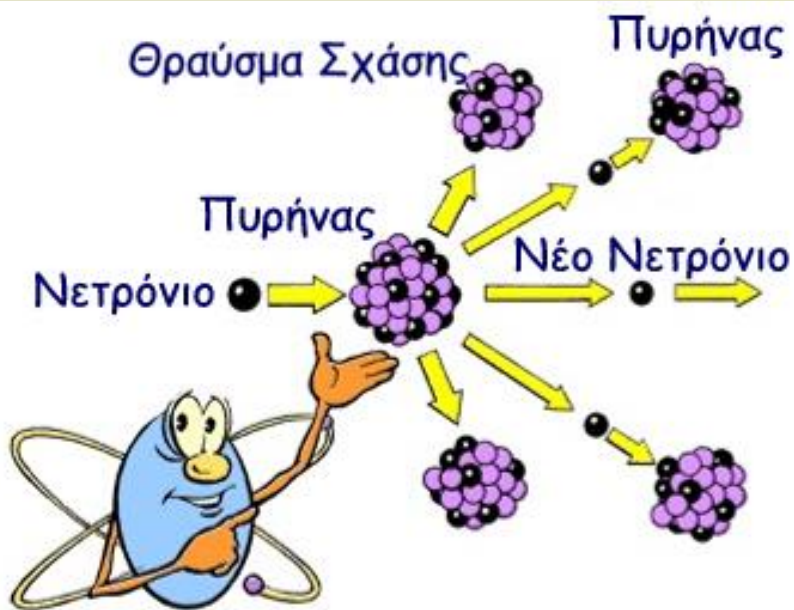
# 1. Εισαγωγή (α)

- Τεχνολογία που βασίζεται στον έλεγχο του ρυθμού των σχάσεων βαριών πυρήνων για την παραγωγή κυρίως θερμότητας και ηλεκτρισμού.
- Οι μηχανολογικές διατάξεις ορισμένου όγκου (100–1000m<sup>3</sup>) στις οποίες γίνονται αυτές οι σχάσεις ονομάζονται πυρηνικοί αντιδραστήρες.
- Οικονομοτεχνικοί λόγοι επιβάλλουν ο πυρηνικός αντιδραστήρας να έχει θερμική ισχύ ~2-3GW (όλες οι Ελληνικές θερμικές μονάδες έχουν θερμική ισχύ ~15 GW).
- Σε έναν τέτοιο πυρηνικό αντιδραστήρα απαιτείται η εξασφάλιση σχάσεων σταθερού ρυθμού με τυπικό μέγεθος  $10 \times 10^{16}$  σχάσεις s<sup>-1</sup>.

# 1. Εισαγωγή (β)

- Ένας πυρηνικός αντιδραστήρας σε πλήρη ισχύ παρουσιάζει συγκέντρωση ισχύος  $\sim 50$  Boeing-747 σε όγκο  $100 \text{ m}^3$  ή  $30 \text{ MW m}^{-3}$ .
- Πολλοί πυρηνικοί αντιδραστήρες σε μία θέση συγκροτούν έναν Πυρηνοηλεκτρικό Σταθμό (ΠΗΣ).
- Ο αντιδραστήρας αποτελεί την πολυπλοκότερη σύνθεση γνωστικών αντικειμένων που έχει κατορθώσει ο άνθρωπος για τεχνολογικό σκοπό.
- Ένας αντιδραστήρας δεν μπορεί να λειτουργήσει ποτέ ως πυρηνική βόμβα. Τα ατυχήματα που έχουν γίνει, έχουν οδηγήσει αποκλειστικά σε θερμική έκρηξη.

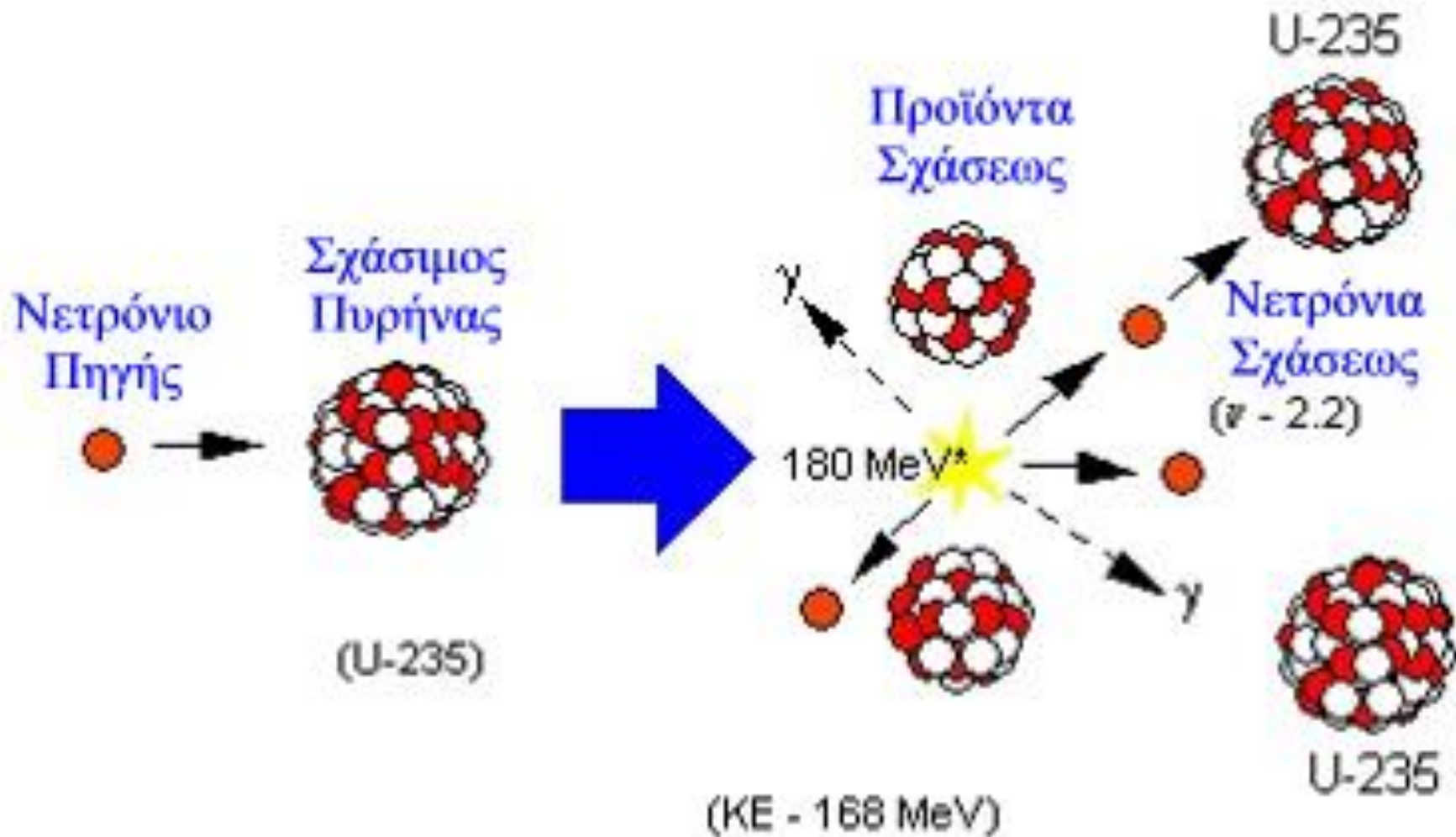
## 2. Σχάση και παραγωγή ενέργειας (α)



Θερμική ενέργεια  
180 MeV ανά σχάση

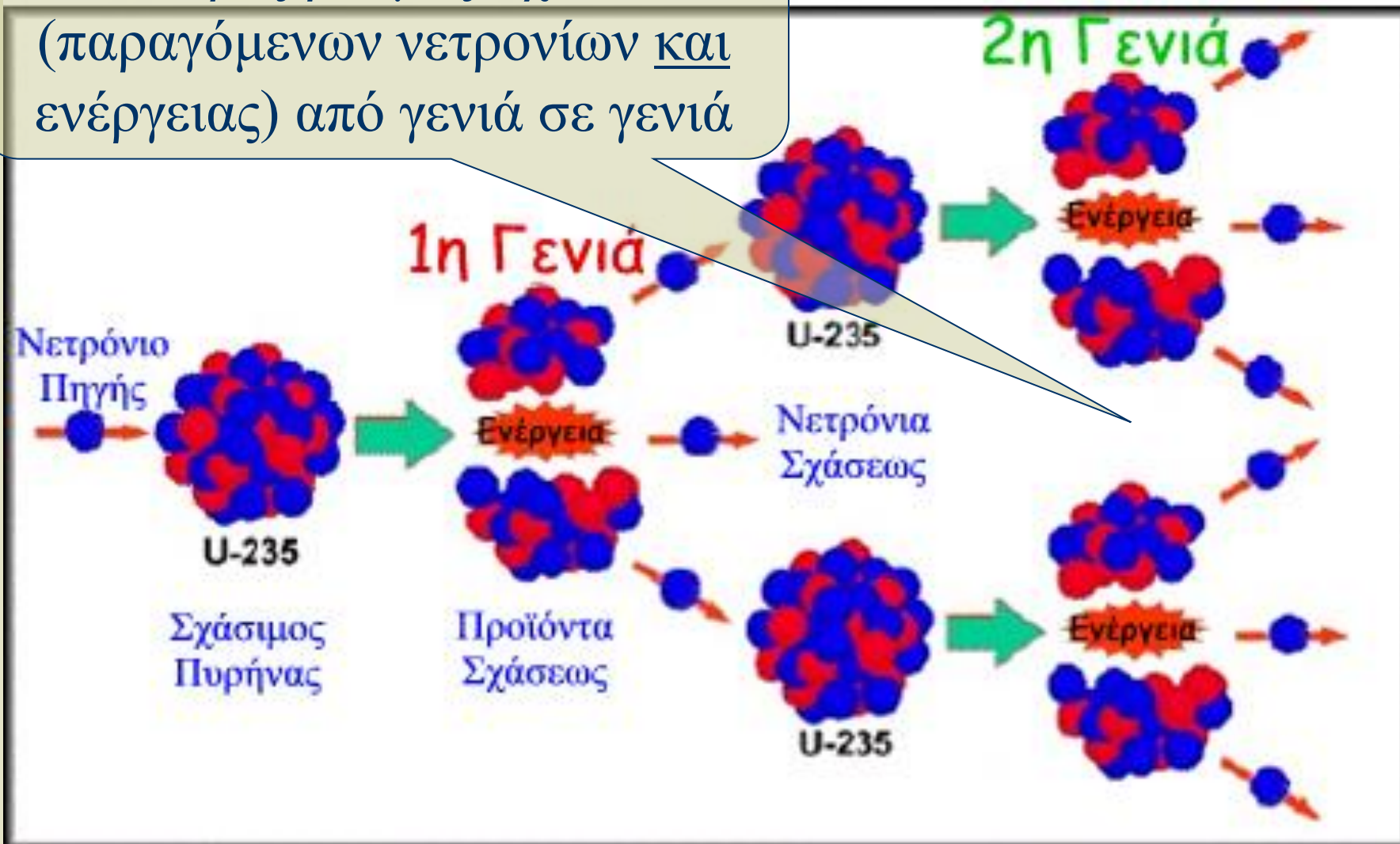


## 2. Σχάση και παραγωγή ενέργειας ( $\beta$ )



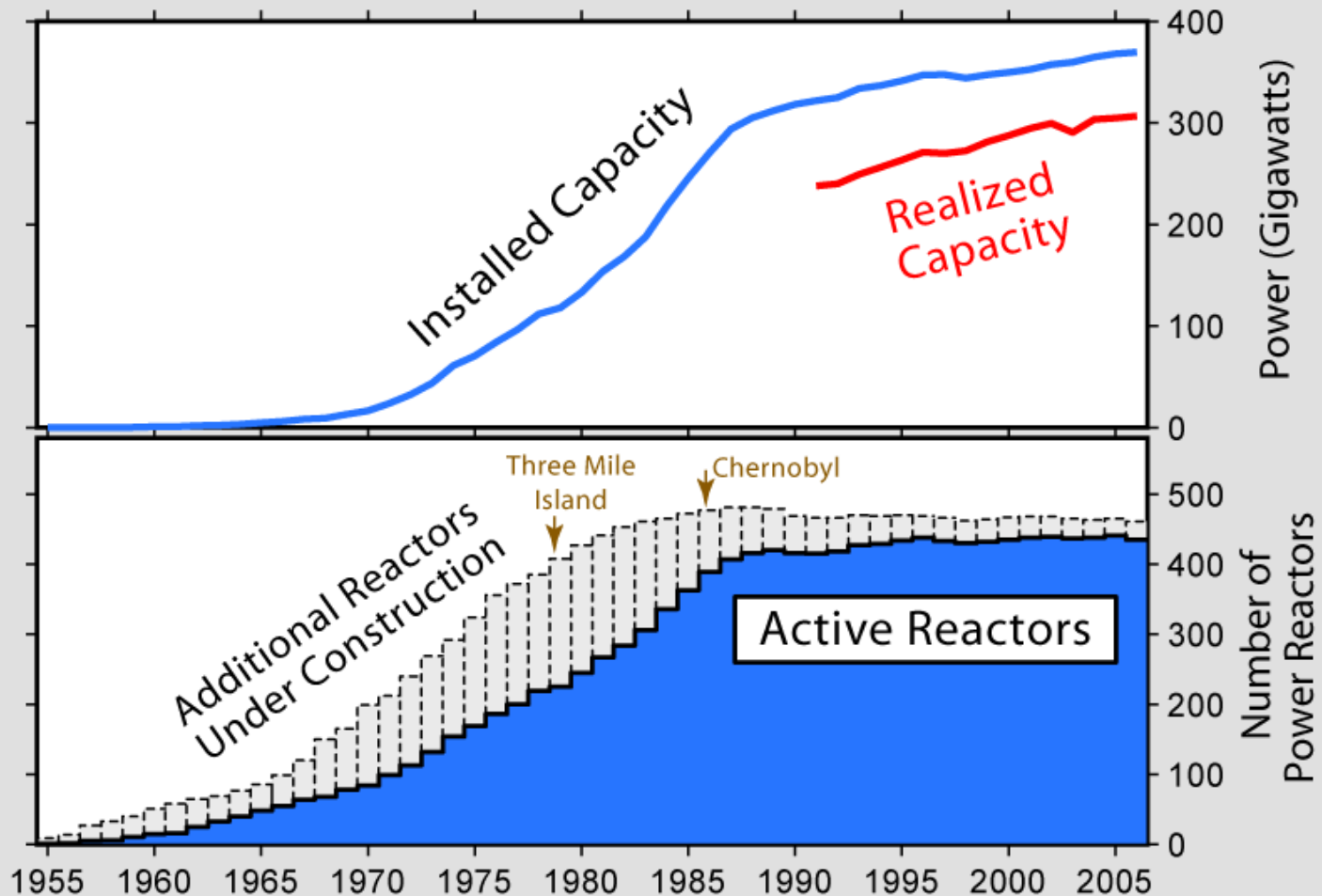
## 2. Σχάση και παραγωγή ενέργειας (γ)

Σταθερός ρυθμός σχάσεων  
(παραγόμενων νετρονίων και  
ενέργειας) από γενιά σε γενιά



# 3. Ιστορική εξέλιξη

## History of the Global Nuclear Power Industry





## 4. Σημερινή κατάσταση (α)

- Οι λειτουργούντες πυρηνικοί αντιδραστήρες για ειρηνικούς σκοπούς είναι περίπου 440 σε 31 χώρες.
- Οι αντιδραστήρες παράγουν 6% της παγκόσμιας ενέργειας και 13 – 14% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας (~2500 GWh).
- Οι ΗΠΑ, η Ιαπωνία και η Γαλλία παράγουν με πυρηνικούς αντιδραστήρες το 50% αυτής της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η συμμετοχή των αντιδραστήρων στην ηλεκτρική ενέργεια της Γαλλίας είναι ~80%, του Βελγίου ~50%, της Σουηδίας ~45%, της Ιαπωνίας ~30%, της Γερμανίας ~25%, των ΗΠΑ ~20% και της Ρωσίας ~15%.

## 4. Σημερινή κατάσταση (β)

- Η συμμετοχή των αντιδραστήρων στην ηλεκτρική ενέργεια της ΕΕ είναι ~30%.
- Οι περισσότεροι λειτουργούντες αντιδραστήρες έχουν συμπληρώσει τον αδειοδοτημένο χρόνο ζωής τους (~30 χρόνια), πάνω από τα  $\frac{3}{4}$  εκτιμάται ότι θα ανανεώσουν την άδεια τους για άλλα 30 χρόνια.
- Οι περισσότεροι αντιδραστήρες (~25) κατασκευάζονται αυτή τη στιγμή στην Κίνα. Η Κίνα προσθέτει περίπου ένα αντιδραστήρα (~1 GWe) το χρόνο στο διασυνδεδεμένο σύστημά της. Συνολικά η Κίνα προσθέτει στο σύστημά της ~3 GWe το χρόνο (!).

## 4. Σημερινή κατάσταση (γ)

- Εκτός από την Κίνα, οι χώρες που θα αναπτύξουν έντονα αντιδραστήρες, εκτιμάται ότι είναι η Ινδία, το Ηνωμένο Βασίλειο και οι ΗΠΑ.
- Σε απόλυτους αριθμούς την μεγαλύτερη ποσότητα ηλεκτρισμού από πυρηνικούς αντιδραστήρες, παράγουν οι ΗΠΑ.
- Άλλες ειρηνικές χρήσεις των αντιδραστήρων είναι η παραγωγή ηλεκτρισμού για ηλεκτρικές μετακινήσεις, η πρόωση πλοίων για ειρηνικούς σκοπούς (παγοθραυστικά), η αφαλάτωση και –στο μέλλον- η παραγωγή υδρογόνου.
- Οι αντιδραστήρες είναι σήμερα ΑΝΑΠΟΣΠΑΣΤΟ τμήμα του ενεργειακού μίγματος.

## 4. Σημερινή κατάσταση (δ)

Ακόμα και μετά το ατύχημα στη Fukushima:

58 αντιδραστήρες κατασκευάζονται

152 είναι στο στάδιο παραγγελίας ή σχεδιασμού

337 προτείνονται

## 5. Υπέρ των αντιδραστήρων (α)

- Οι πυρηνικοί αντιδραστήρες –υπό συγκεκριμένες οικονομοτεχνικές συνθήκες- μπορούν να θεωρηθούν σημαντική συνιστώσα αειφόρου ηλεκτροπαραγωγής.
- Οι αντιδραστήρες είναι "πράσινη" μορφή ενέργειας, παρόλαυτά δεν είναι "καθαρή" (green but not clean).
- Το κόστος κατασκευής ενός αντιδραστήρα ξεκινάει από 5MEuro/MWe και είναι συγκρίσιμο με το κόστος κατασκευής ενός υδροηλεκτρικού σταθμού, ή ενός αιολικού πάρκου και πάρα πολύ χαμηλότερο από το κόστος κατασκευής ενός ηλιακού πάρκου.

## 5. Υπέρ των αντιδραστήρων (β)

- Το κόστος λειτουργίας ενός αντιδραστήρα είναι πάρα πολύ μικρό, διότι δεν απαιτείται προσωπικό και το καύσιμο είναι φθηνό.
- Ο χώρος που καταλαμβάνει ένας αντιδραστήρας είναι πολύ σημαντικά μικρότερος από το χώρο που καταλαμβάνει οποιαδήποτε άλλη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ένας αντιδραστήρας είναι κατά κανόνα δυνατόν να λειτουργήσει μέχρι 2 ή και 3 χρόνια χωρίς διακοπή για οποιαδήποτε συντήρηση.
- Οι αντιδραστήρες θεωρούνται οι πλέον αξιόπιστες σήμερα μονάδες για την ανάληψη του λεγόμενου φορτίου βάσης.

## 5. Υπέρ των αντιδραστήρων (γ)

- Το αποτύπωμα CO<sub>2</sub> των αντιδραστήρων εκτιμάται περίπου στα 60 g/kWh και είναι συγκρίσιμο με των ανανεώσιμων πηγών που βρίσκεται μεταξύ 10 και 30 g/kWh.
- Η εντατική λειτουργία των υπαρχόντων και η δημιουργία νέων αντιδραστήρων βοηθάει στη διατήρηση του χαμηλού κόστους των υπόλοιπων καυσίμων, επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής των αποθεμάτων και διατηρεί τα αποθέματα αυτά ως τελευταίο στρατηγικό καταφύγιο.
- Εκτιμάται ότι οι αντιδραστήρες είναι ο μοναδικός σήμερα τρόπος για την εξασφάλιση ενεργειακής ανεξαρτησίας.

## 5. Υπέρ των αντιδραστήρων (δ)

- Η μάζα των ραδιενεργών αποβλήτων είναι λιγότερο από 1% αυτής των τοξικών αποβλήτων. Τα τοξικά απόβλητα είναι τοξικά ΓΙΑ ΠΑΝΤΑ.
- Είναι άγνωστο στο ευρύ κοινό ότι οι θερμικές μονάδες άνθρακα αποβάλλουν στο περιβάλλον εκτός από CO<sub>2</sub>, 100 φορές περισσότερη ραδιενέργεια ανά μονάδα ισχύος από ό,τι ένας αντιδραστήρας.
- Τα πυρηνικά καύσιμα υπάρχουν παντού και σε ικανές ποσότητες για πάρα πολύ μεγάλη ανάπτυξη των αντιδραστήρων.
- Υπάρχει μία μακροχρόνια σταθερότητα στην τιμή του πυρηνικού καυσίμου.



## 5. Υπέρ των αντιδραστήρων (ε)

1 kg πυρηνικού καυσίμου (5% U-235 και 95% U-238)

αποδίδει ενέργεια ίση με:

135 τόννους άνθρακα

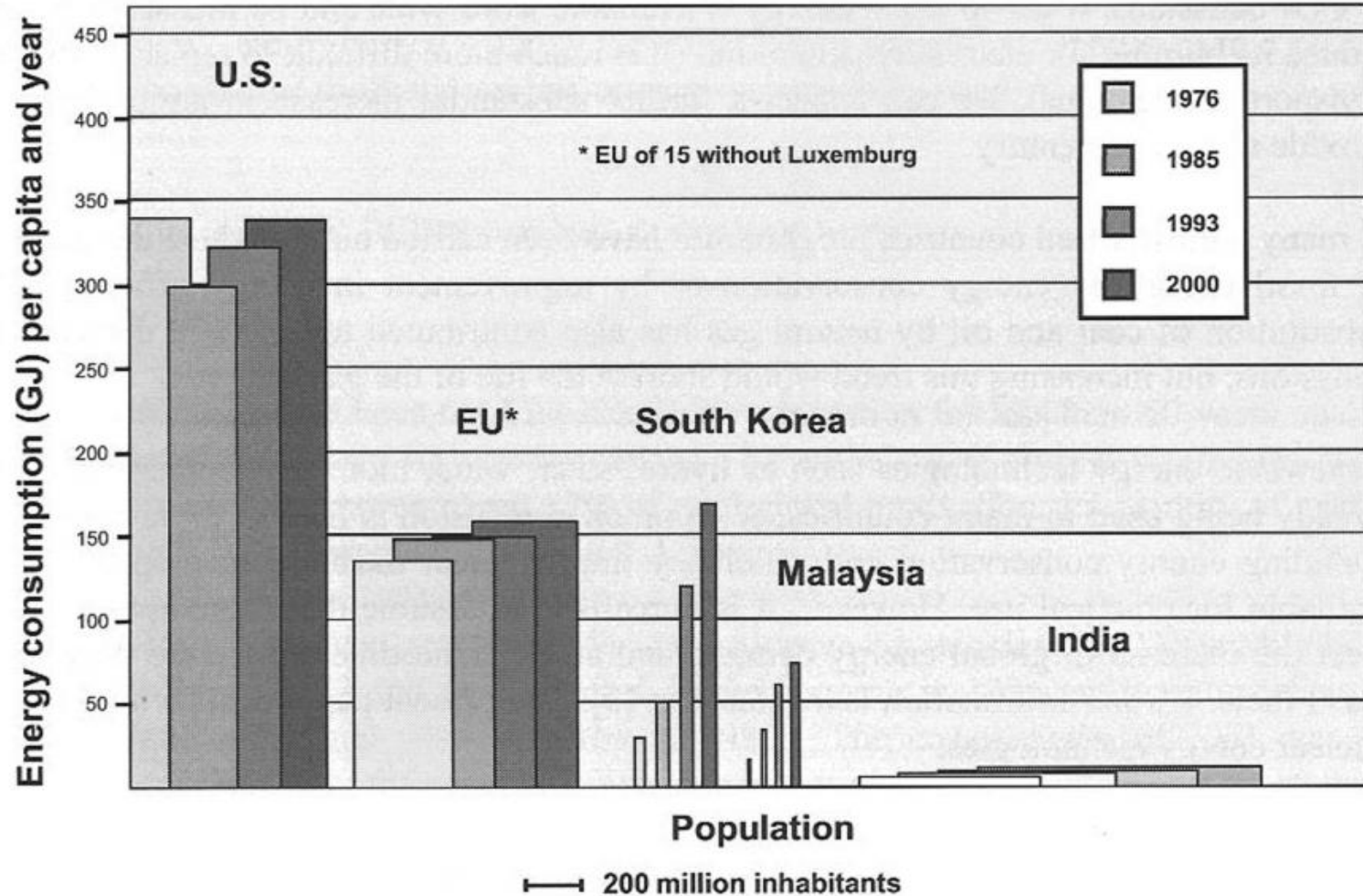
ή

8360 βαρέλλια πετρελαίου

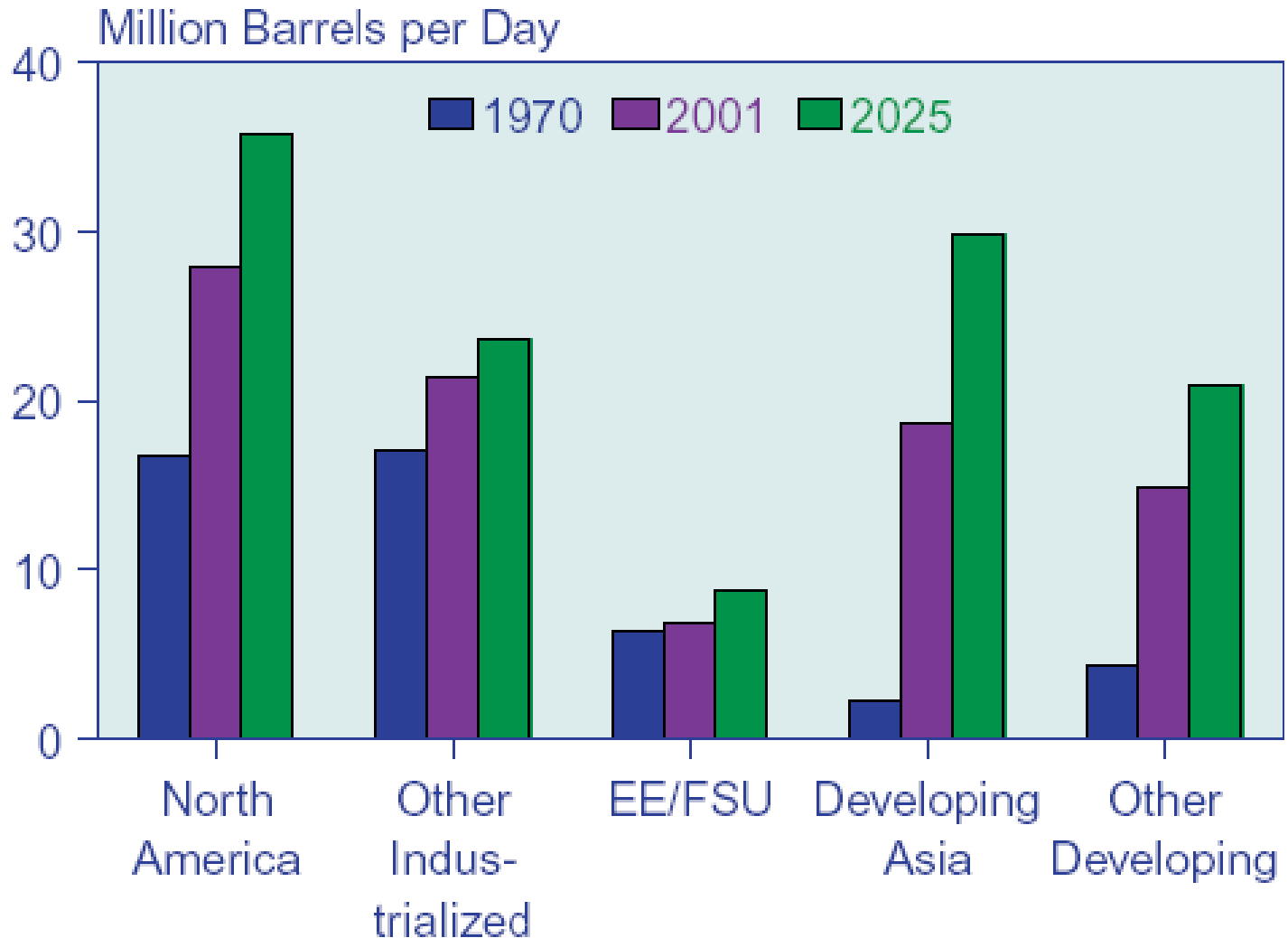
ή

80500 Nm<sup>3</sup> φυσικού αερίου

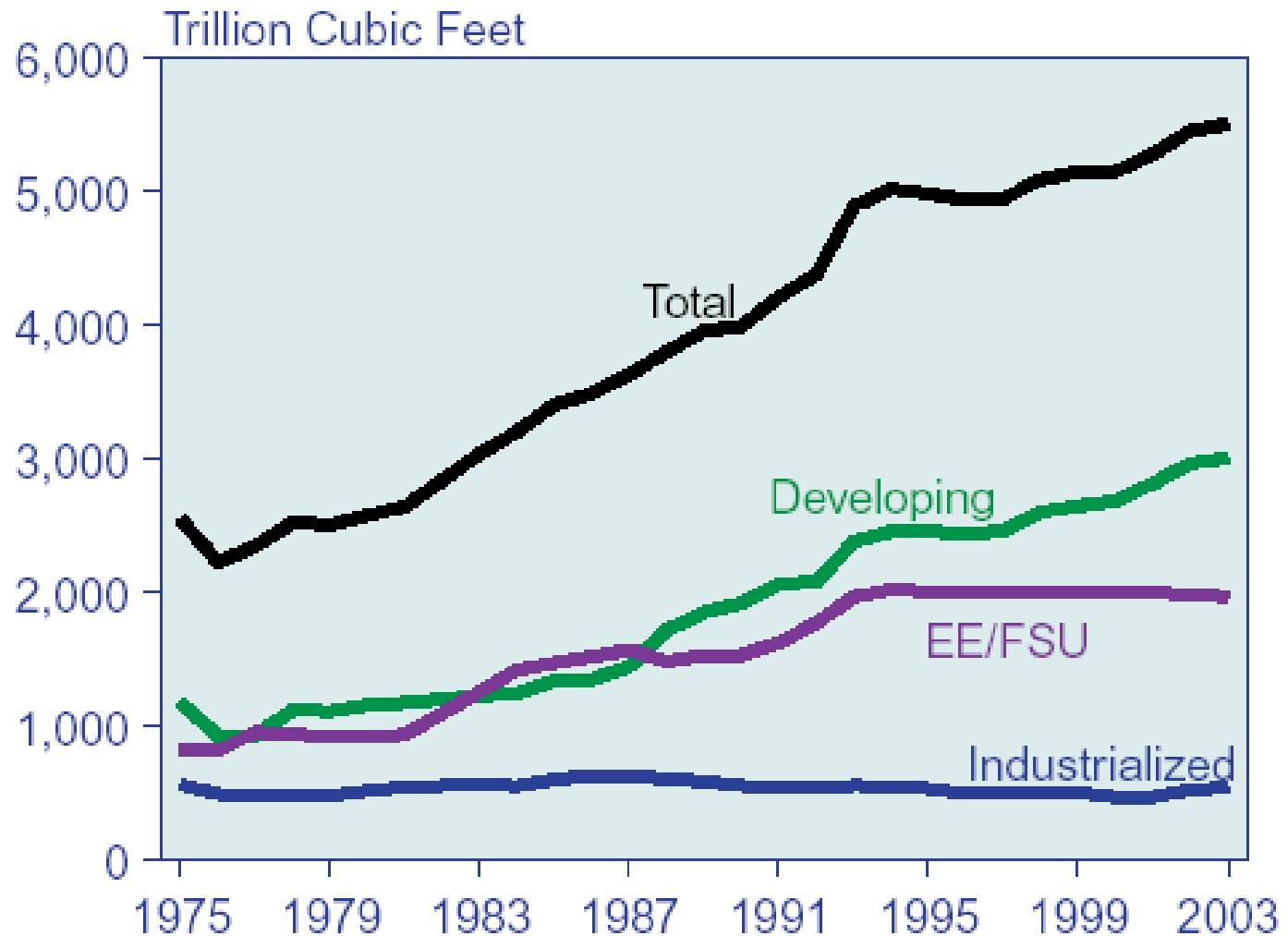
# 6. Διεθνής ενεργειακή ζήτηση



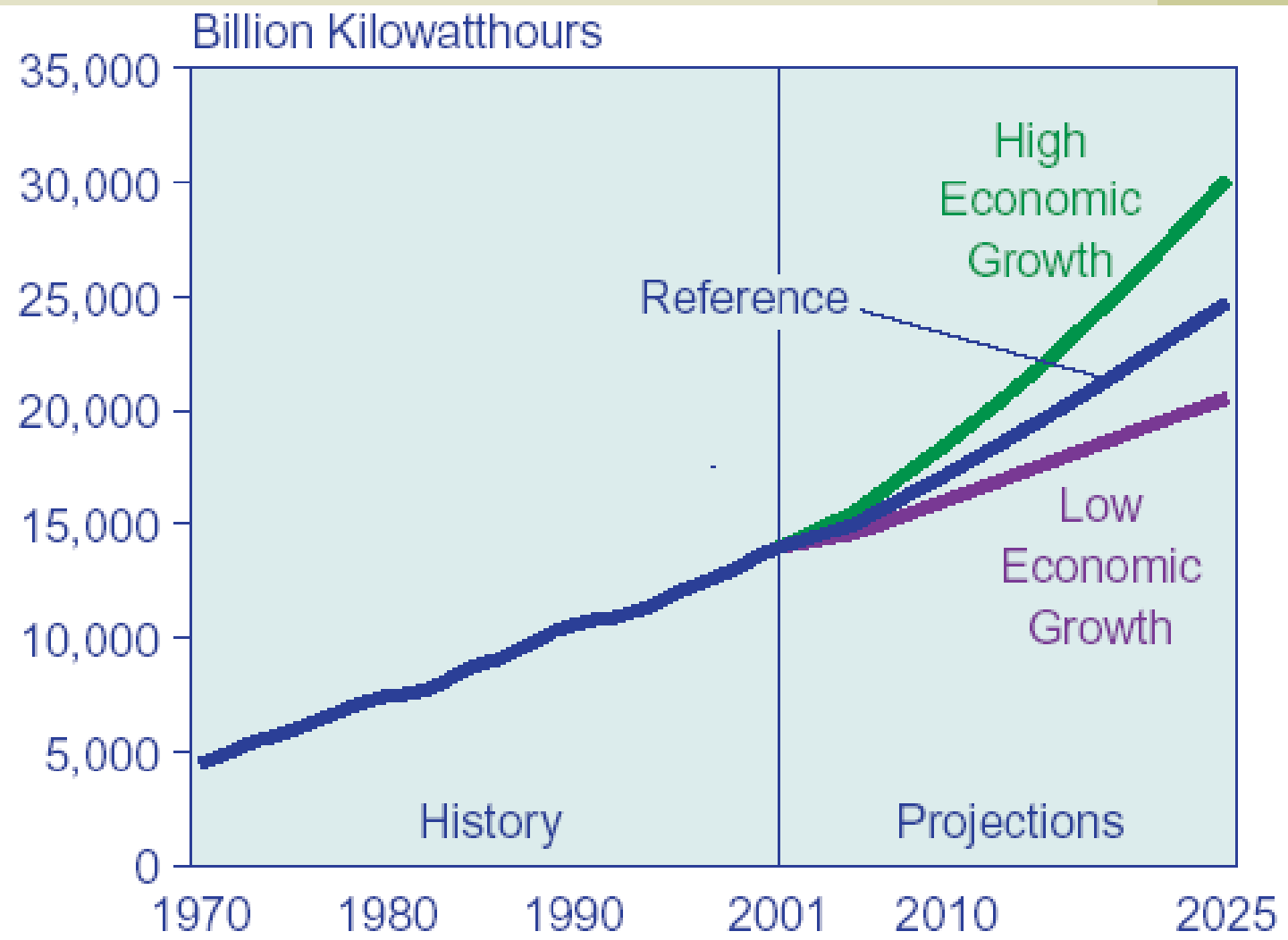
# 7. Εξέλιξη Κατανάλωσης: Πετρέλαιο



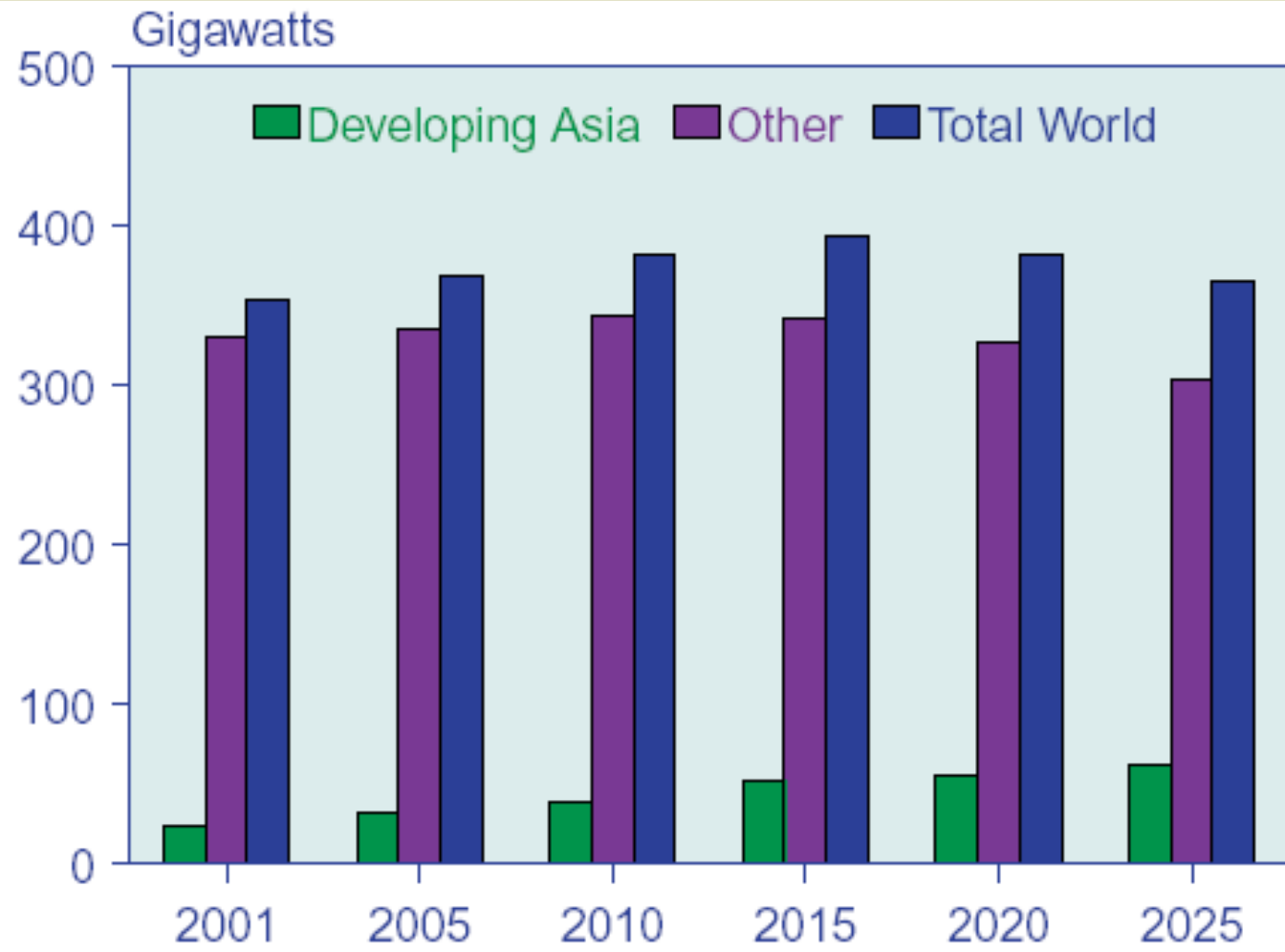
# 7. Εξέλιξη Κατανάλωσης: Φυσικό Αέριο



# 7. Εξέλιξη Κατανάλωσης: Ηλεκτρισμός

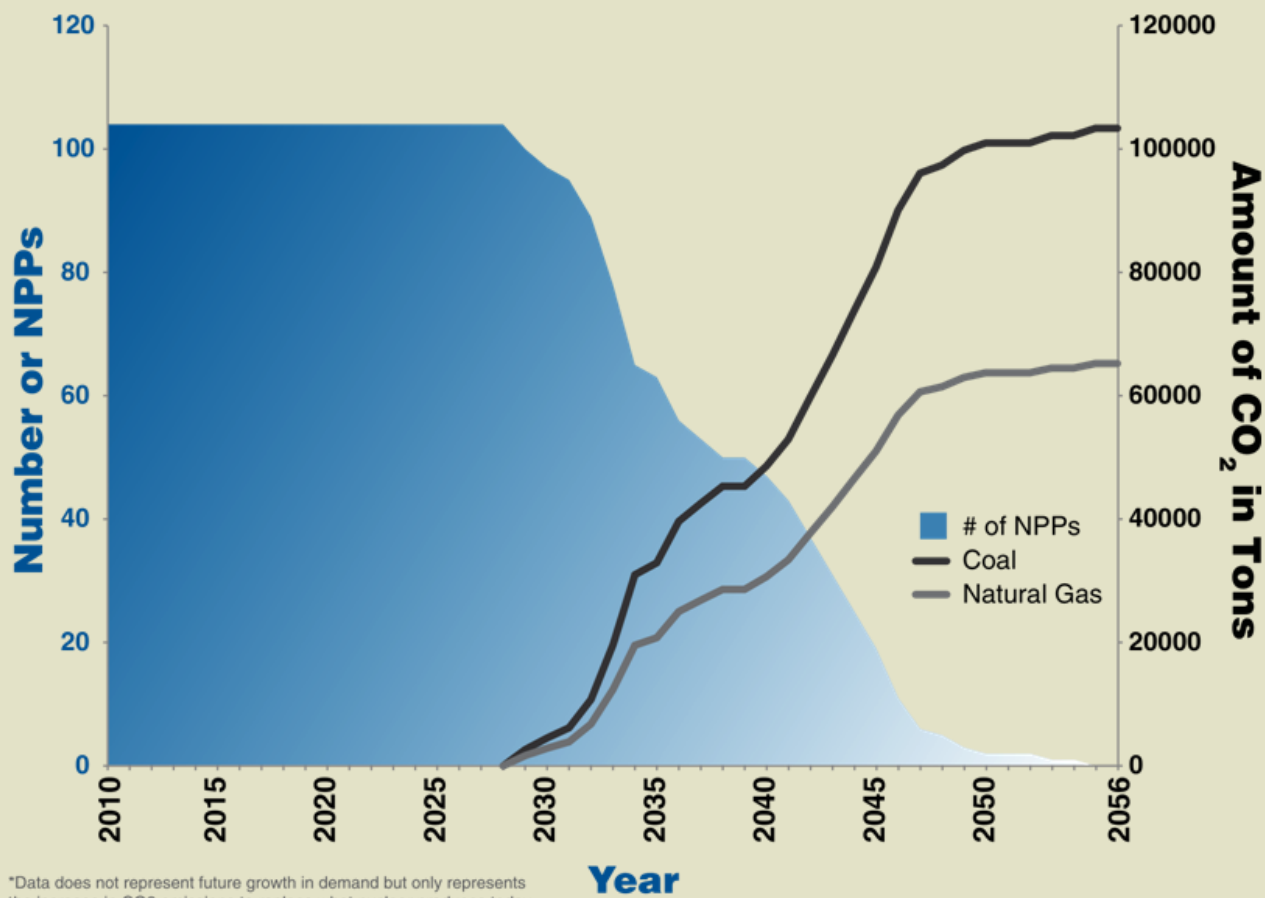


# 7. Εξέλιξη Κατανάλωσης: Πυρηνική Ηλεκτροπαραγωγή



# 8. Κόσμος χωρίς αντιδραστήρες

## Impact of NPP Retirement on Carbon Emissions



\*Data does not represent future growth in demand but only represents the increase in CO<sub>2</sub> emissions to replace what nuclear produces today.