



Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας: Ορυκτά καύσιμα vs. ΑΠΕ vs. Πυρηνική

Περιβάλλον και Ανάπτυξη

20/04/2016



Σ. Καρέλλας, Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

Εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ηρώων Πολυτεχνείου 9,

15780, Ζωγράφου

Email: sotokar@mail.ntua.gr

URL: www.lsbtp.mech.ntua.gr



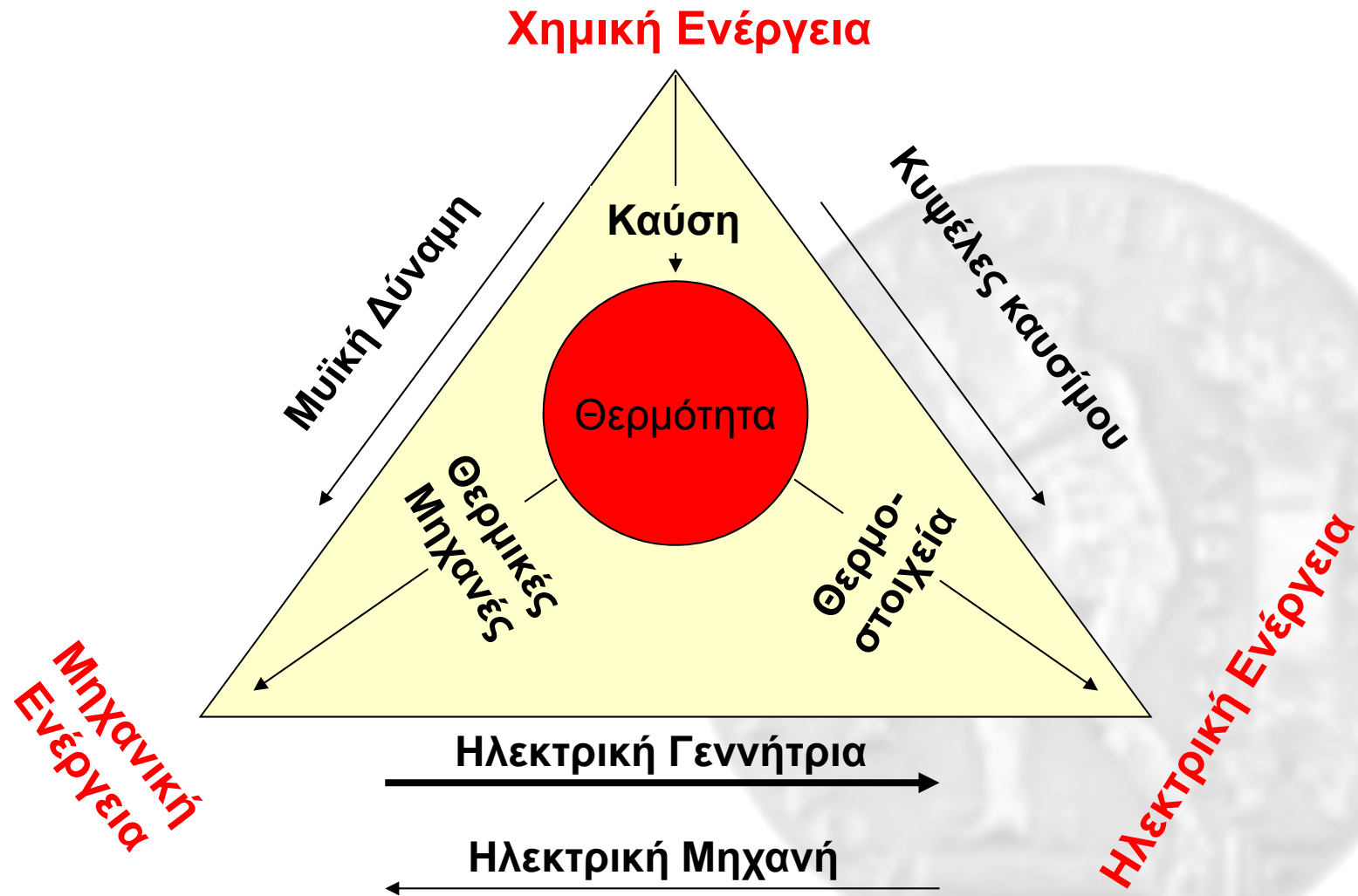
Περιεχόμενα

- Μορφές Ενέργειας
- Ενεργειακή Στρατηγική
- Κάλυψη αναγκών σε ενέργεια
- Λιγνιτικοί σταθμοί και το μέλλον του λιγνίτη
- Σταθμοί Φυσικού Αερίου
- Σταθμοί Πετρελαίου



Μορφές ενέργειας







ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ	Φορά Προτίμησης	Χειρότερη Επίδοση	Καλύτερη Επίδοση	Περιθώριο Βελτίωσης
Οικονομία-Ανταγωνιστικότητα	Ενεργειακή ένταση	Πρωτογενής ενέργεια/ΑΕΠ (toe/εκ. €)	↓	148	128	20
	Κόστος επένδυσης	Ετήσιο ισοδύναμο κόστος (εκ. €)	↓	2.480	1.660	820
	Βαθμός απελευθέρωσης	% μερίδιο μεγαλύτερου παραγωγού ηλεκτρισμού	↓	91%	64%	27%
Ασφάλεια Εφοδιασμού	Ενεργειακή εξάρτηση	% εισαγωγές ενέργειας	↓	78%	72%	6%
	Διαφοροποίηση μίγματος	Ποιοτικός (10-βάθμια κλίμακα)	↑	6	7	1
	Ανάπτυξη ΑΠΕ	% ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας	↑	14%	18%	4%
Αειφορία	Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου	% μεταβολή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από 2005	↓	19%	-3%	22%
	Εκπομπές SO ₂ /NO _x	εκπομπές ισοδύναμου οξέος (kt/έτος)	↓	24,2	19,4	4,8
	Ενεργειακή κατανάλωση	Πρωτογενής ενέργεια (toe/κάτοικο)	↓	3,6	3,1	0,5
Κοινωνική συνοχή	Γεωγραφική διασπορά	Ποιοτικός (10-βάθμια κλίμακα)	↑	6	8	2
	Κόστος ενέργειας ανά νοικοκυριό	Μηνιαία δαπάνη ανά νοικοκυριό (€, τιμές 2008)	↓	242	200	42
	Απασχόληση	Νέες θέσεις εργασίας	↑	3.300	7.800	4.500

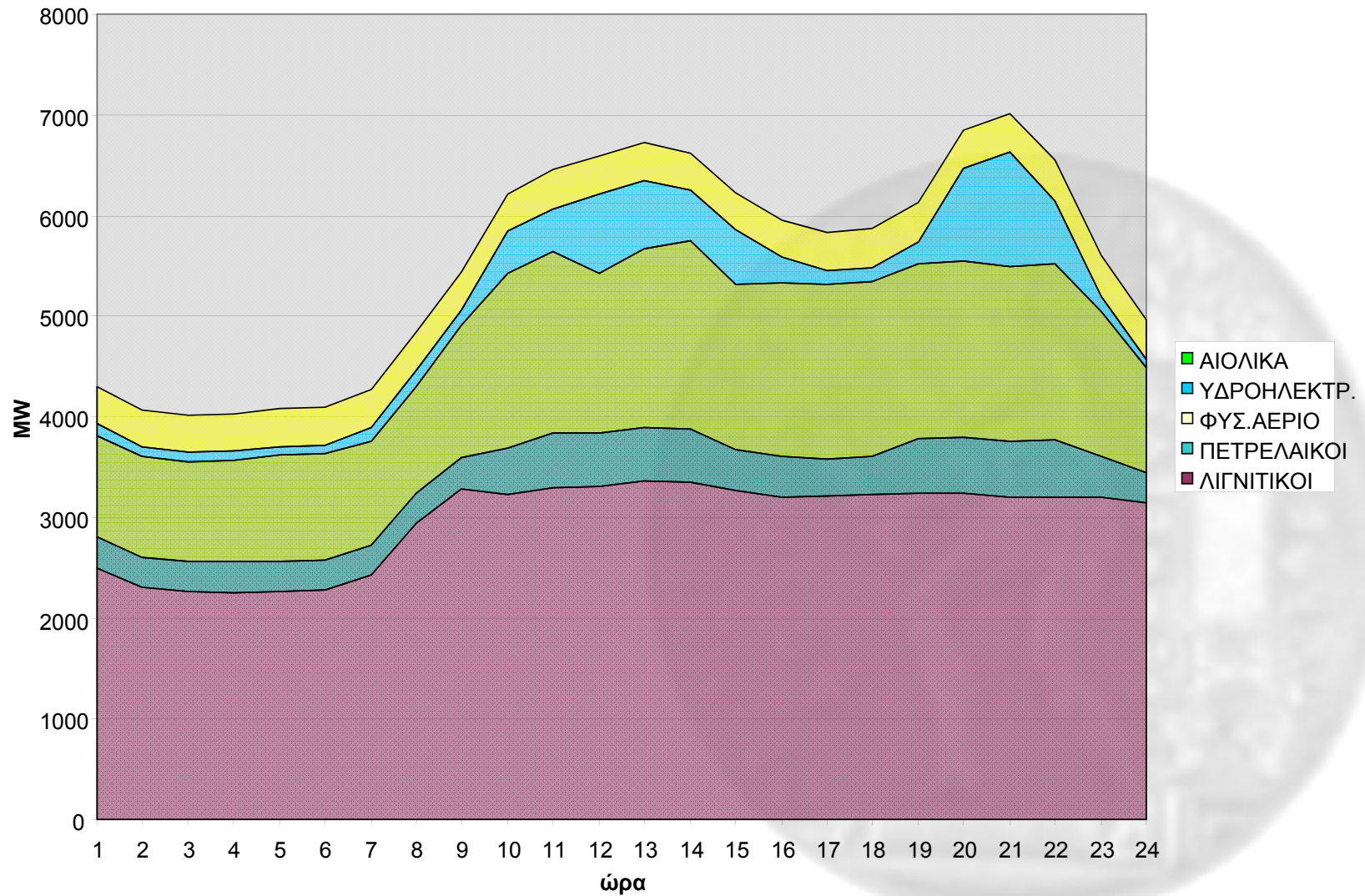


Κάλυψη αναγκών σε ενέργεια



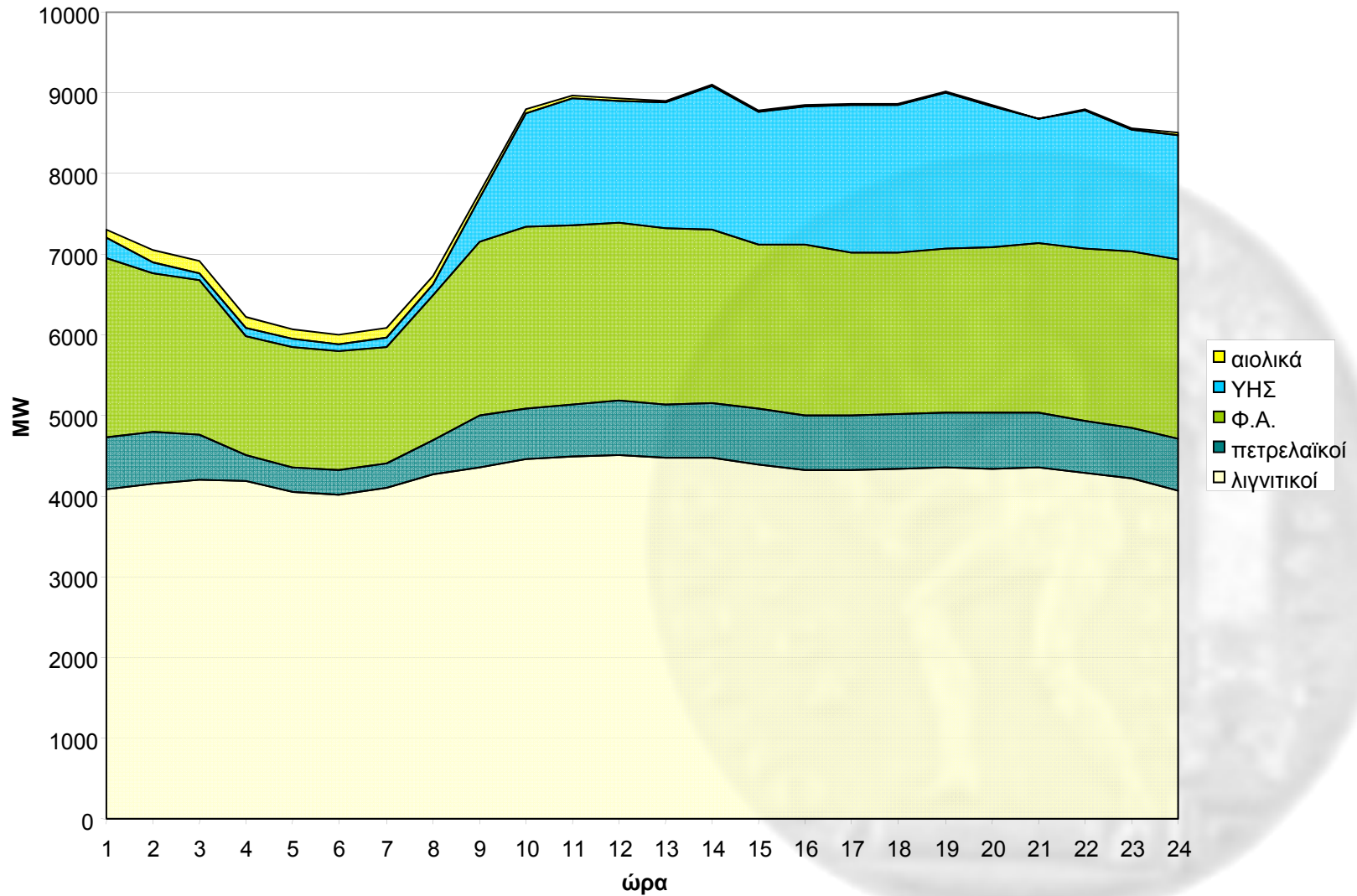


Ημερήσια Παραγωγή 10/10/2006





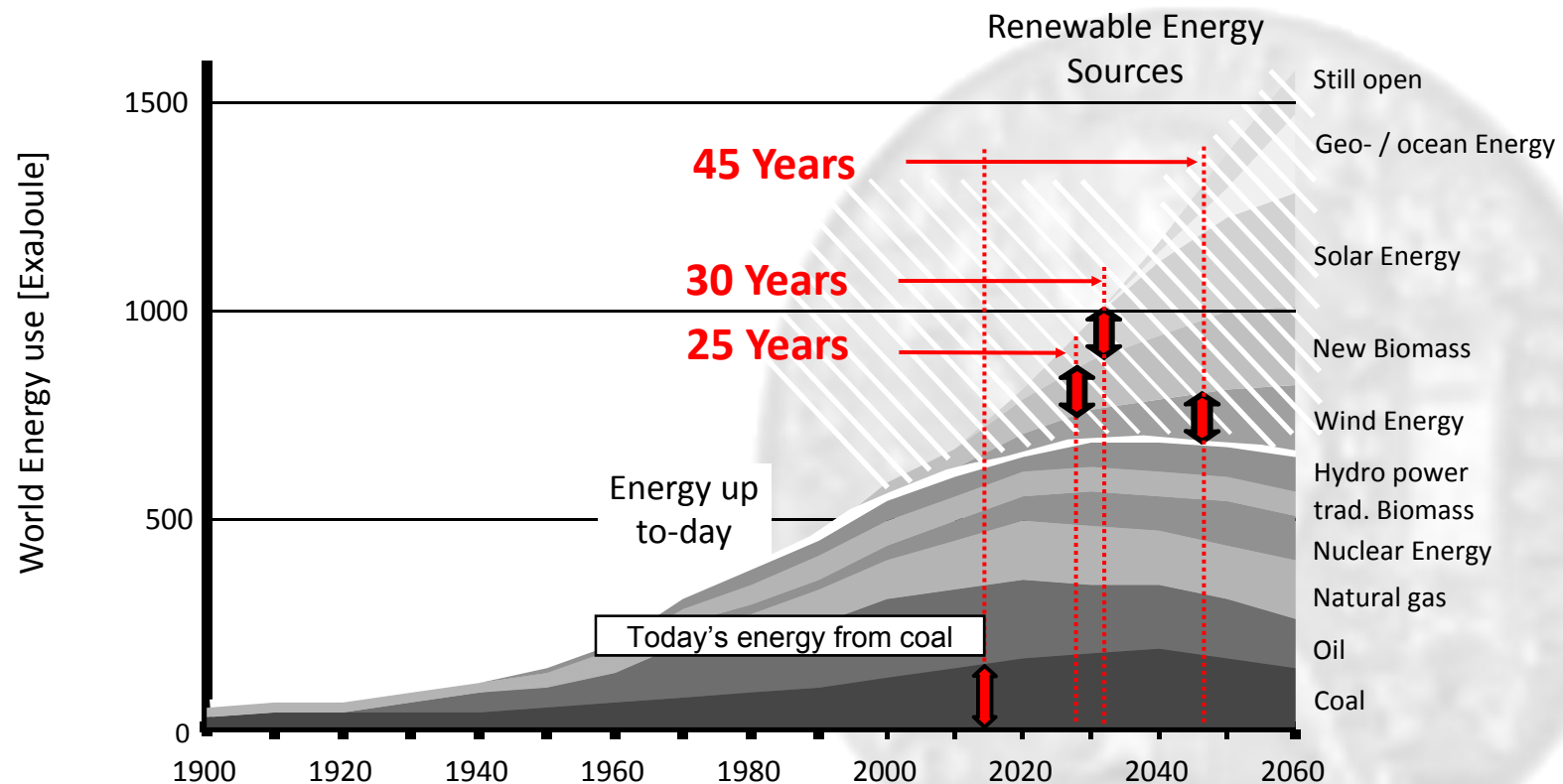
Ημερήσια Παραγωγή 26/6/07





Future energy demand study (“Shell-Study”)

- World energy demand will increase...
- In around 20 years, biomass shall have the same share as coal today!

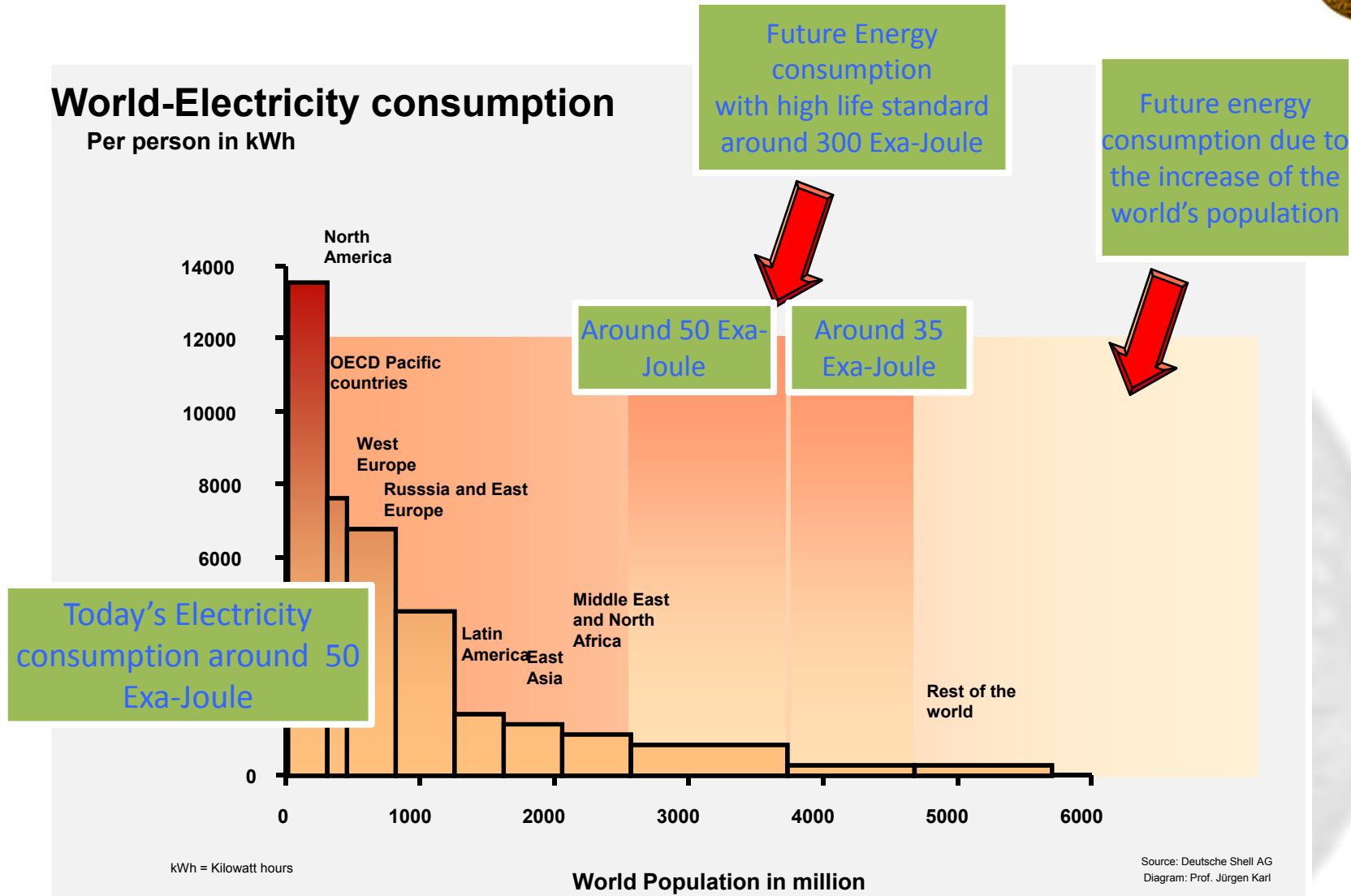


J. Karl Dezentrale Energiesysteme



World-Electricity consumption

Per person in kWh



J. Karl Dezentrale Energiesysteme

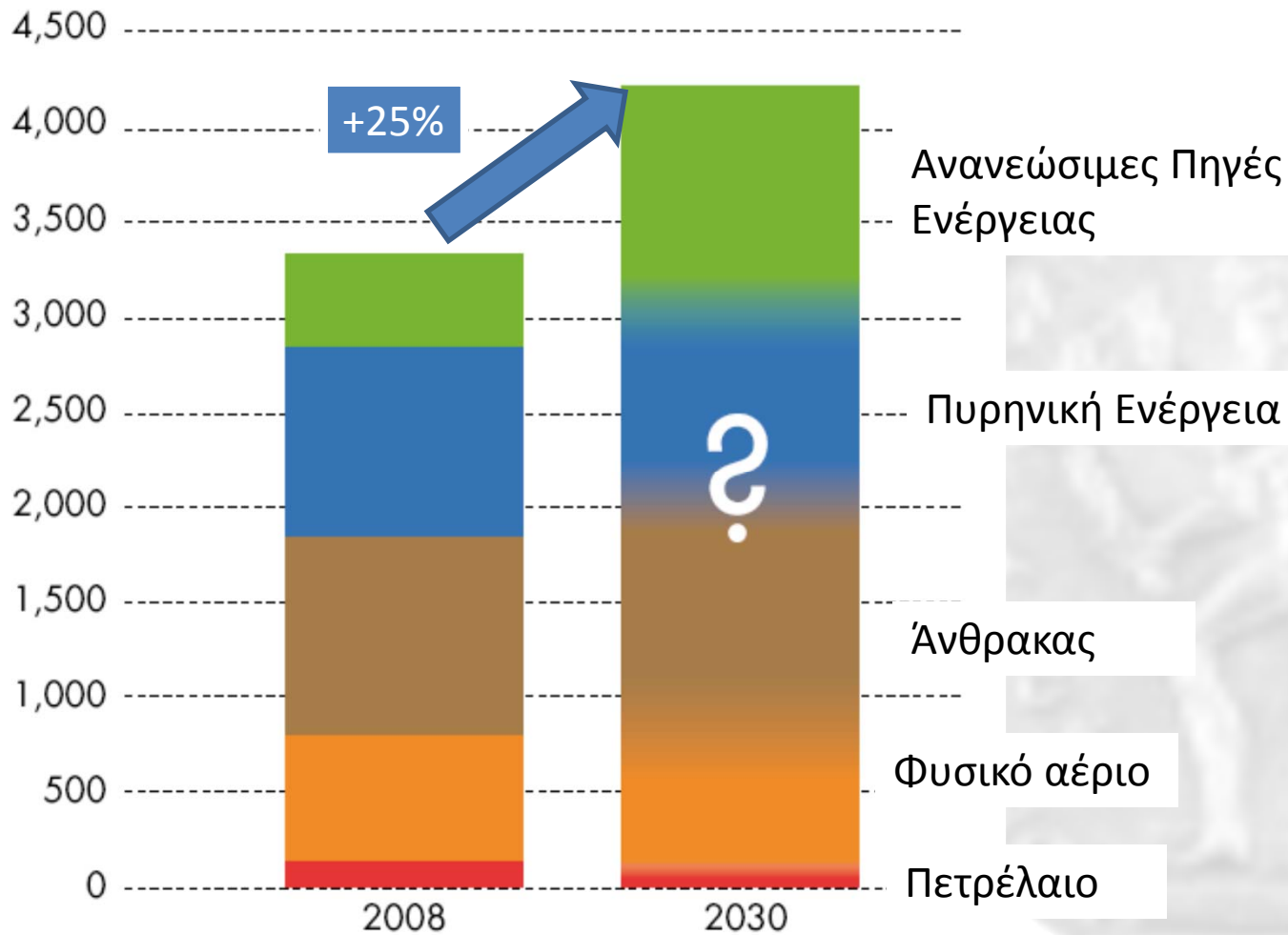


Λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στη Γερμανία





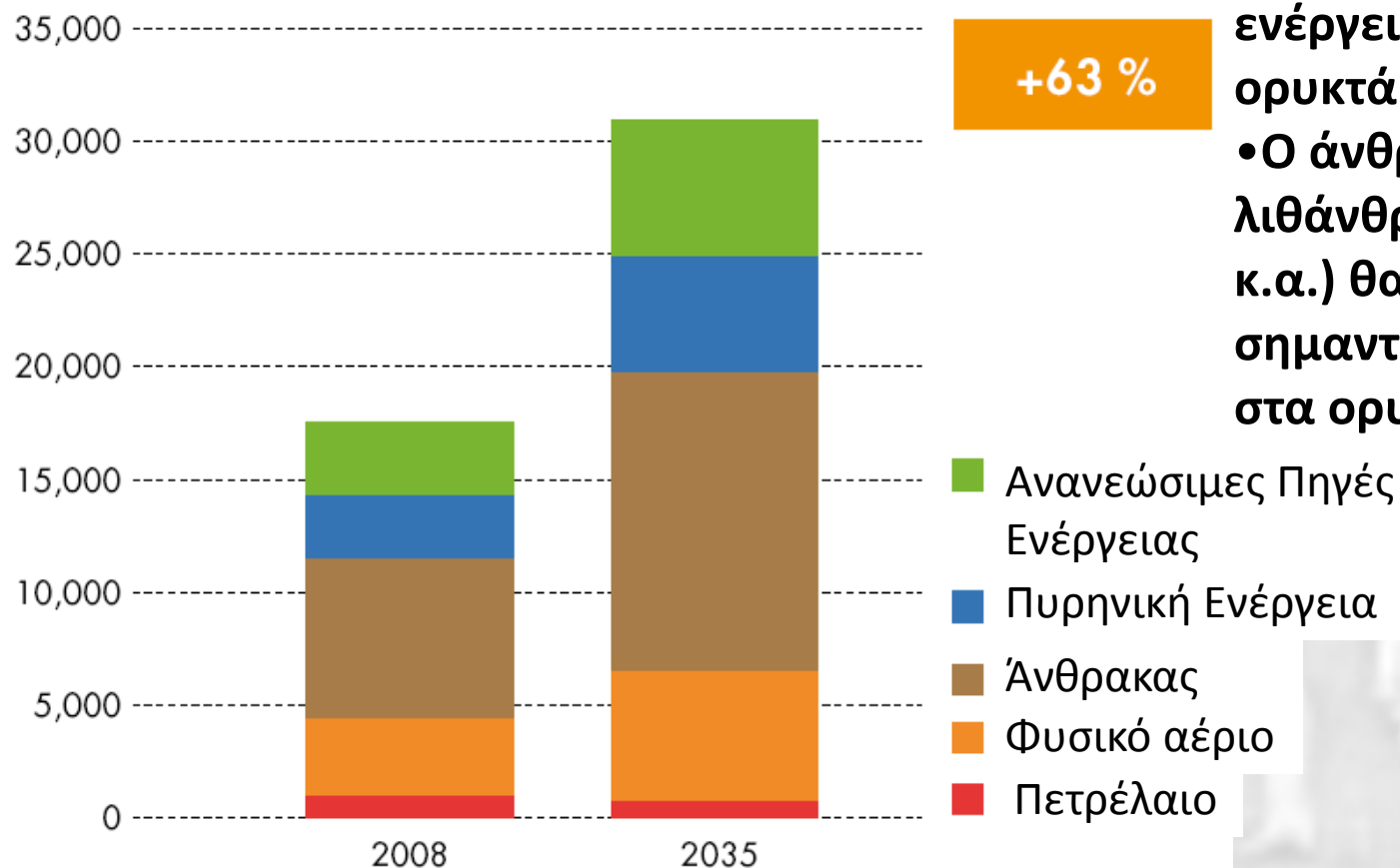
Αναμενόμενη αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ ($\times 10^9$ kWh (TWh))



Πηγή: VGB- Facts& Figures Electricity Generation 2010-2011



Αναμενόμενη αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο



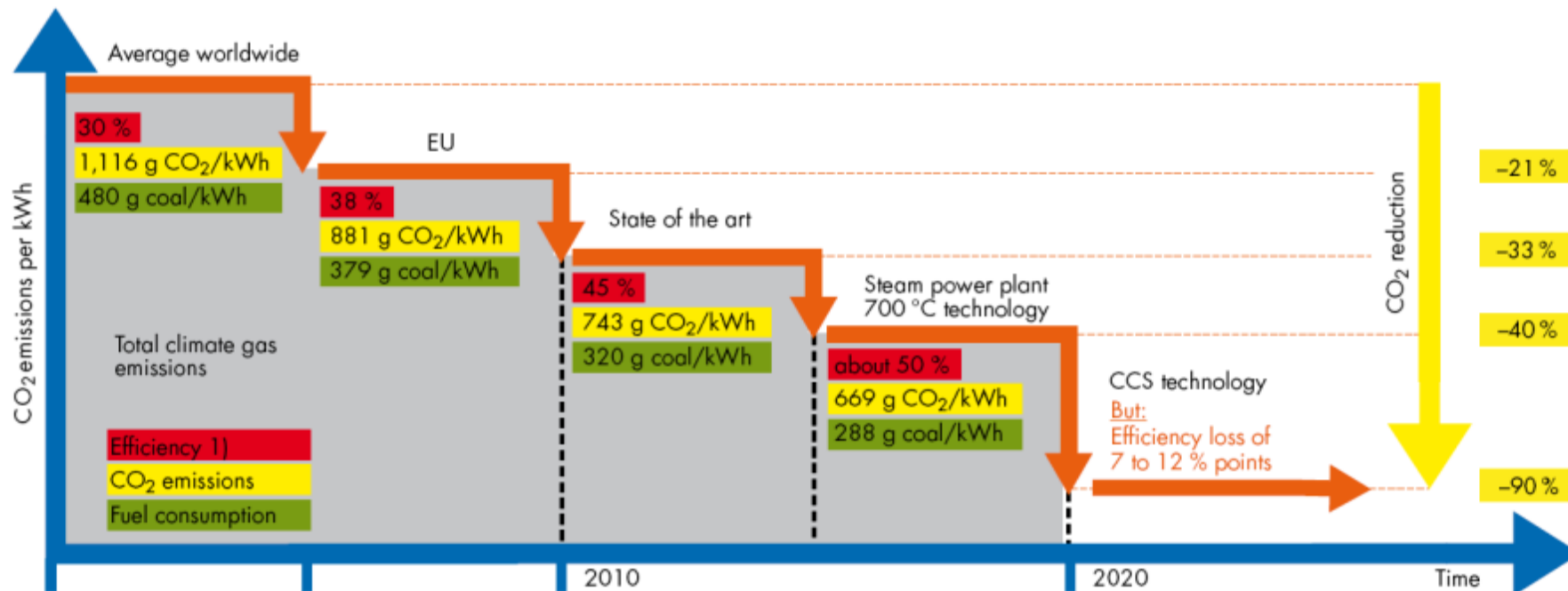
+63 %

- Το 2030 γύρω στο 70% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα βασίζεται σε ορυκτά καύσιμα
- Ο άνθρακας (λιγνίτης, λιθάνθρακας, ανθρακίτης κ.α.) θα παίζει τον πιο σημαντικό ρόλο ανάμεσα στα ορυκτά καύσιμα

Πηγή: VGB- Facts& Figures Electricity Generation 2010-2011



CO₂ reduction potential of coal-fired power plants¹⁾ by increased efficiency

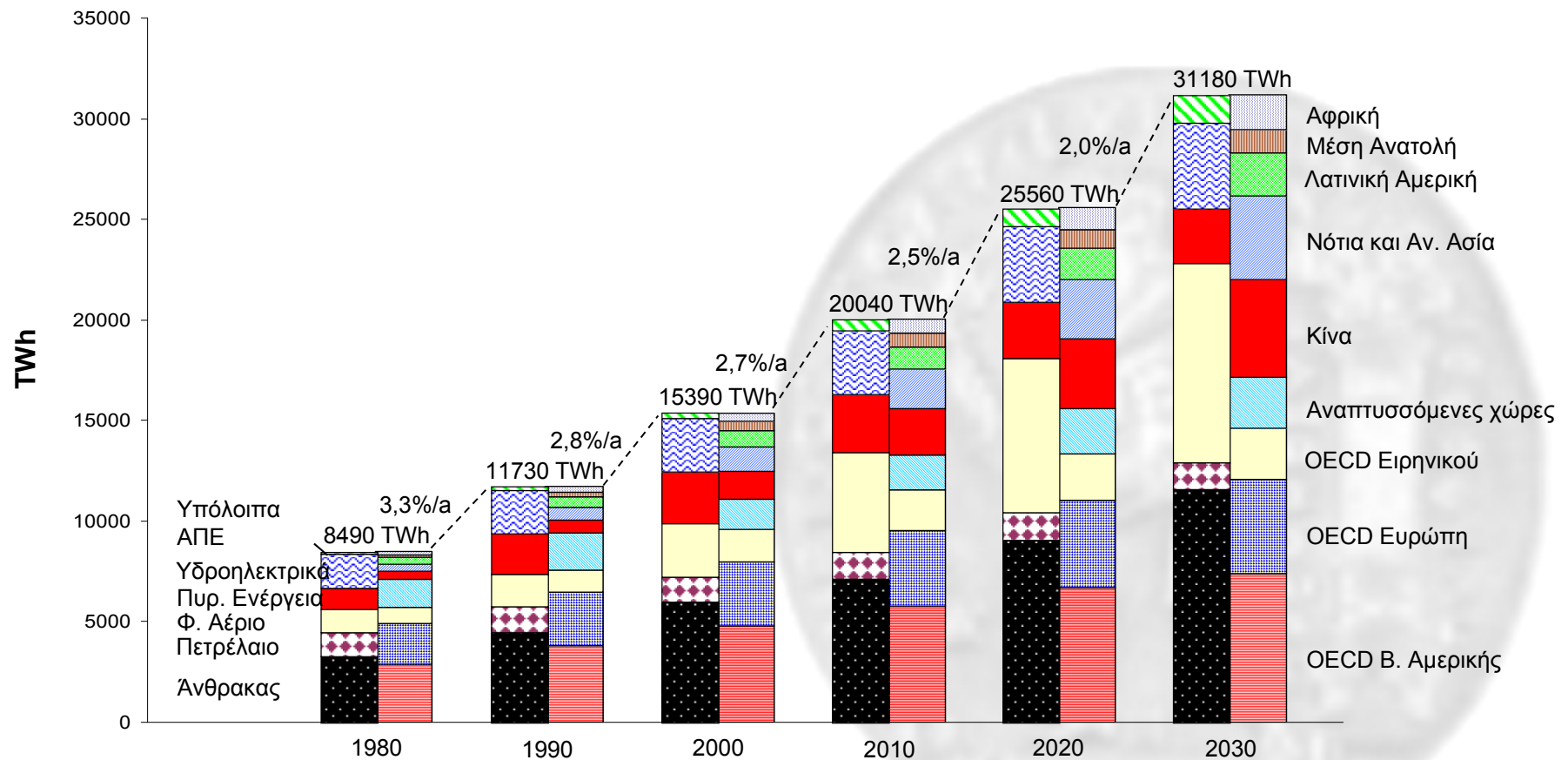


1) Average data for hard coal-fired power plants

Πηγή: VGB



Εξέλιξη στην Ηλεκτροπαραγωγή (Παγκοσμίως)

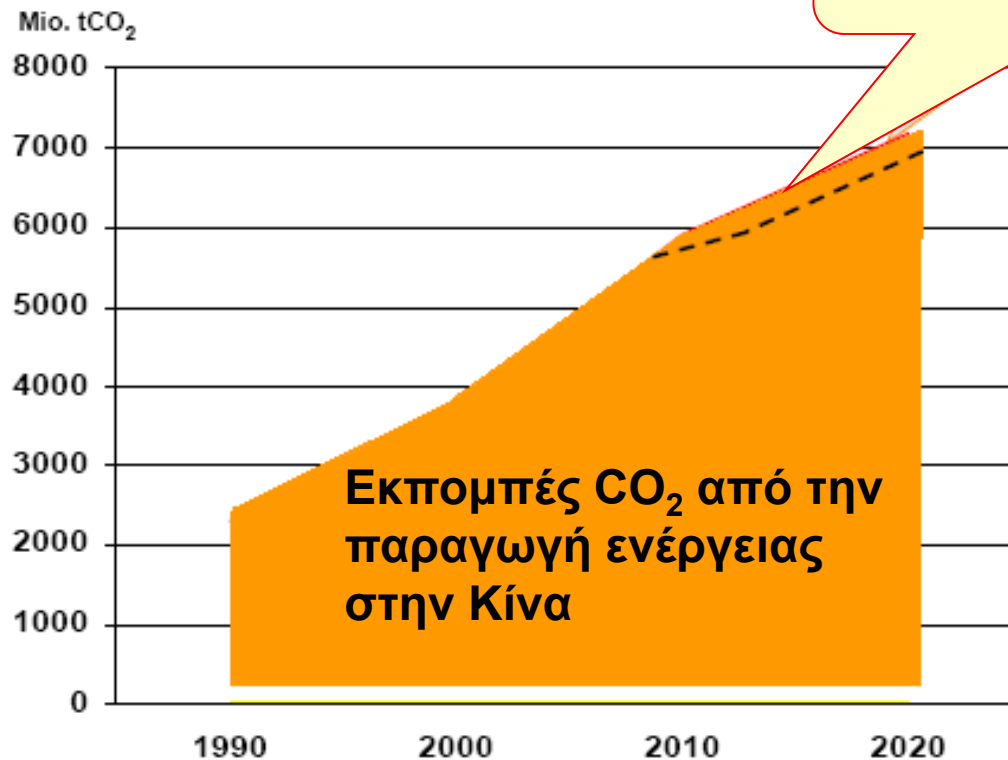


Πηγή: IEA weo2002, weo2006



**Η Ευρώπη από μόνη της δεν μπορεί να σώσει το περιβάλλον.
Χρειάζεται μια παγκόσμια λύση**

Οι εκπομπές της Κίνας μείν τις
Ευρωπαϊκές δεσμεύσεις με βάση
το Κυότο



Πηγή: IEA, UNFCCC



Βαθμοί απόδοσης

Βαθμός απόδοσης =

$$\frac{\text{Τι κερδίζω}}{\text{Τι πληρώνω}}$$



Τυπικοί Βαθμοί απόδοσης

Ηλεκτροπαραγωγή	20 - 60%
Παραγωγή Θερμότητας	80 - 105%
Συμπαραγωγή	60 - 90%
Παραγωγή Ψύξης	80 - 120%



Μηχανή Stirling



ΑΗΣ



Λέβητας



Ψυκτική Μηχανή

$$\text{Βαθμός απόδοσης} = \frac{\text{Ωφέλιμη Ενέργεια}}{\text{Ενέργεια που καταναλώθηκε}}$$

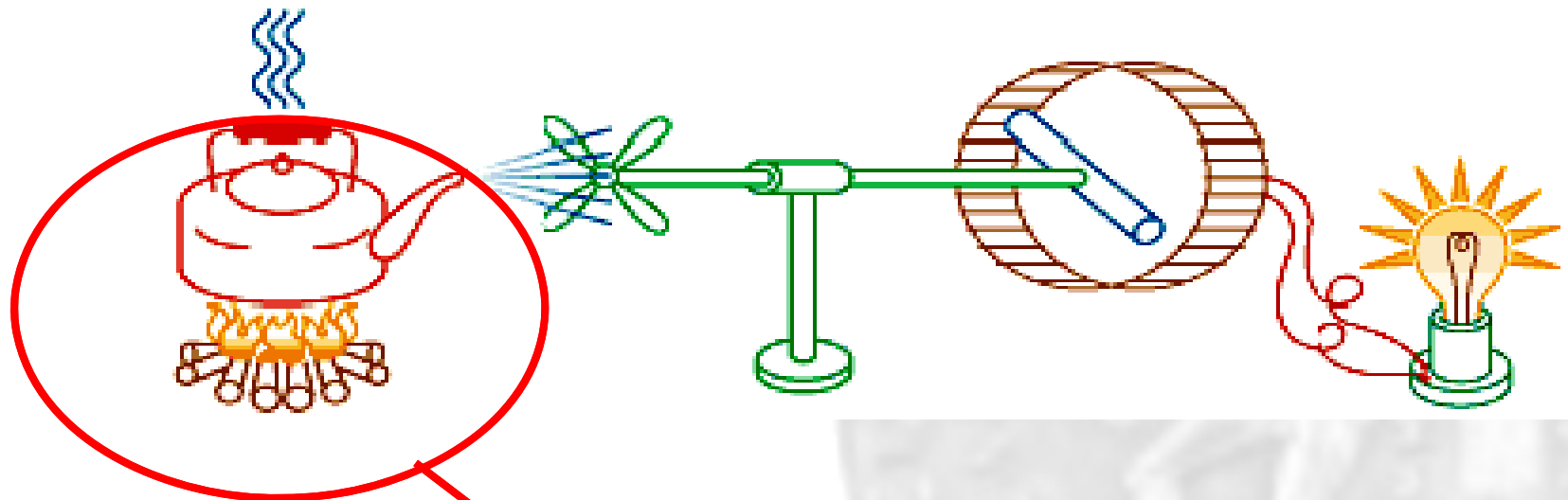
(Αντλίες θερμότητας:
200 - 400%)

ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ





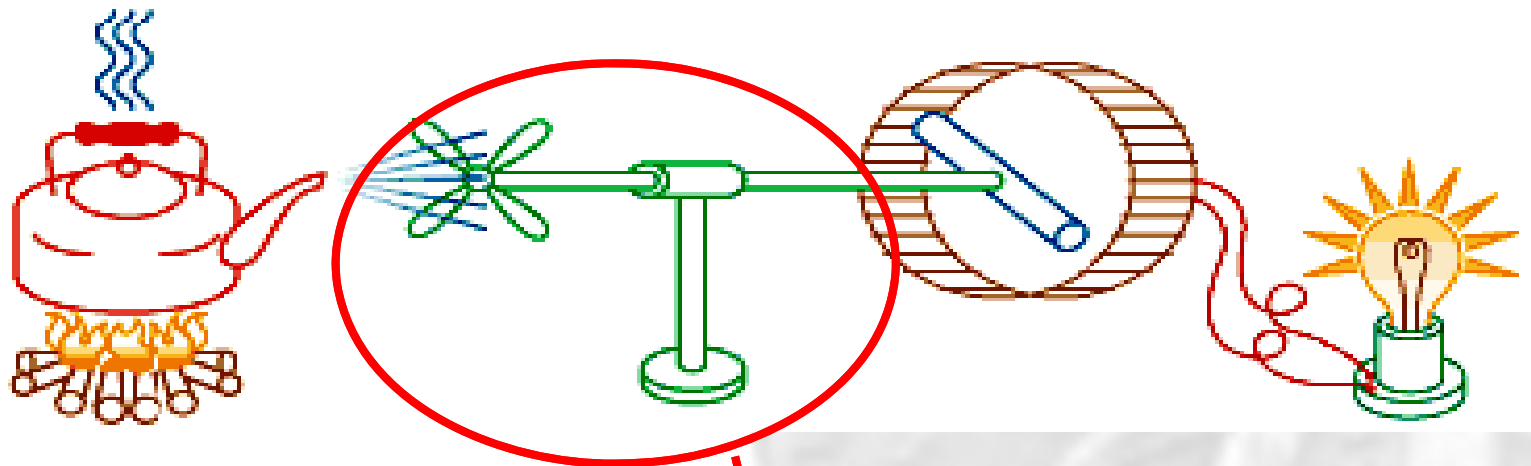
Αρχή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας



Παραγωγή ατμού
Η θερμότητα ατμοποίησης προέρχεται από
καύση



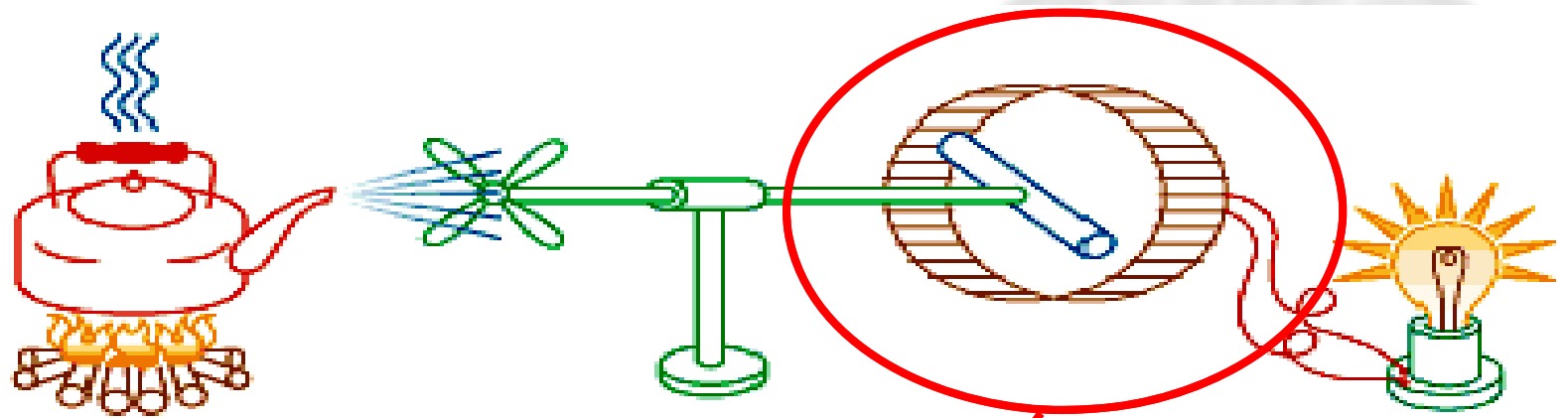
Αρχή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας



Κίνηση στροβίλου με την ενέργεια του ατμού



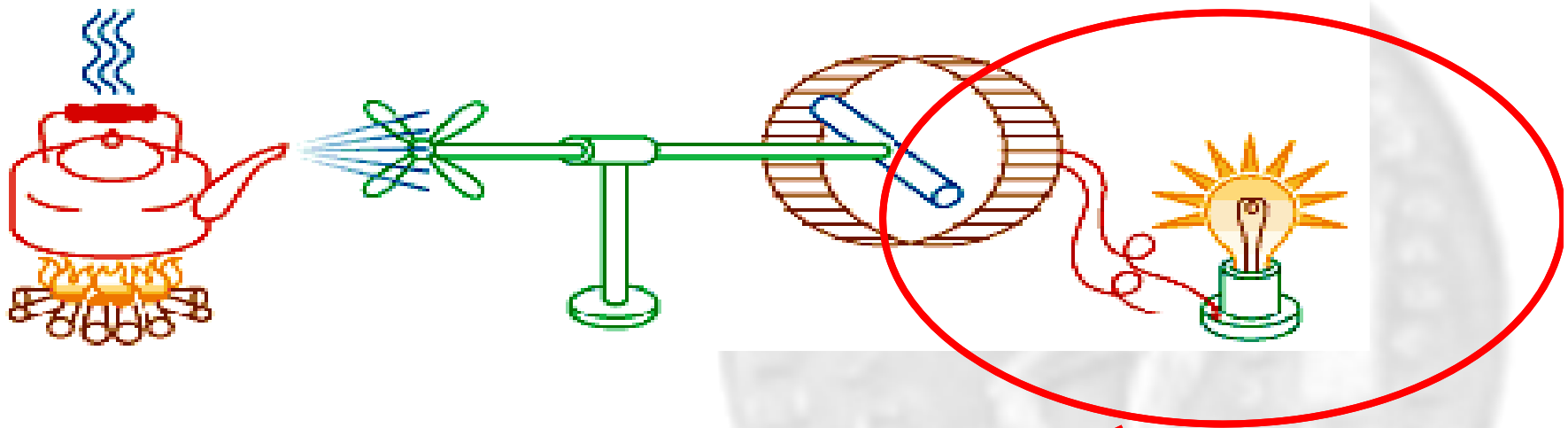
Αρχή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας



Η περιστροφική κίνηση του άξονα του
στροβίλου
στρέφει τον άξονα της γεννήτριας



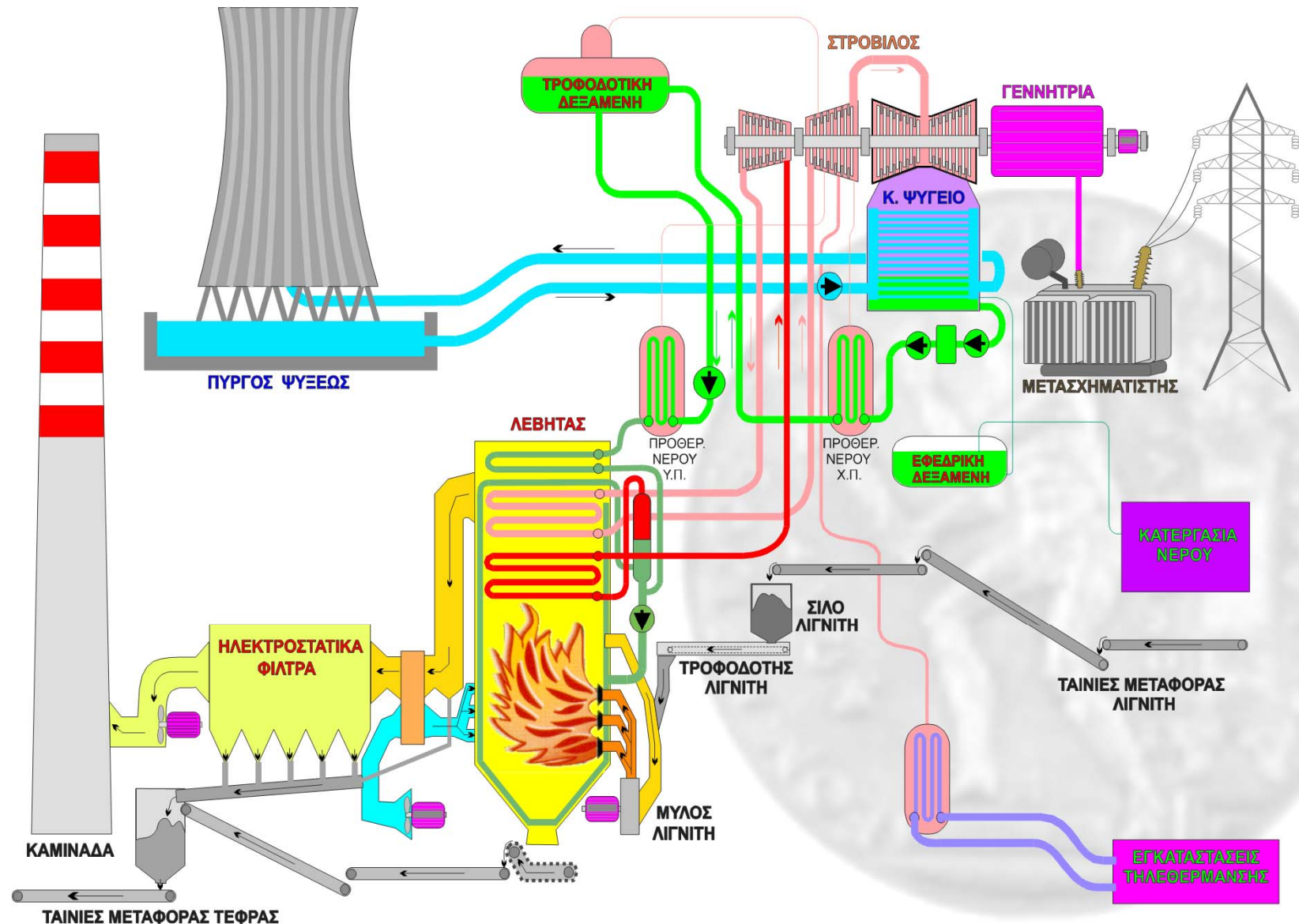
Αρχή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας



Η περιστροφή του ρότορα της γεννήτριας παράγει ηλεκτρικό ρεύμα

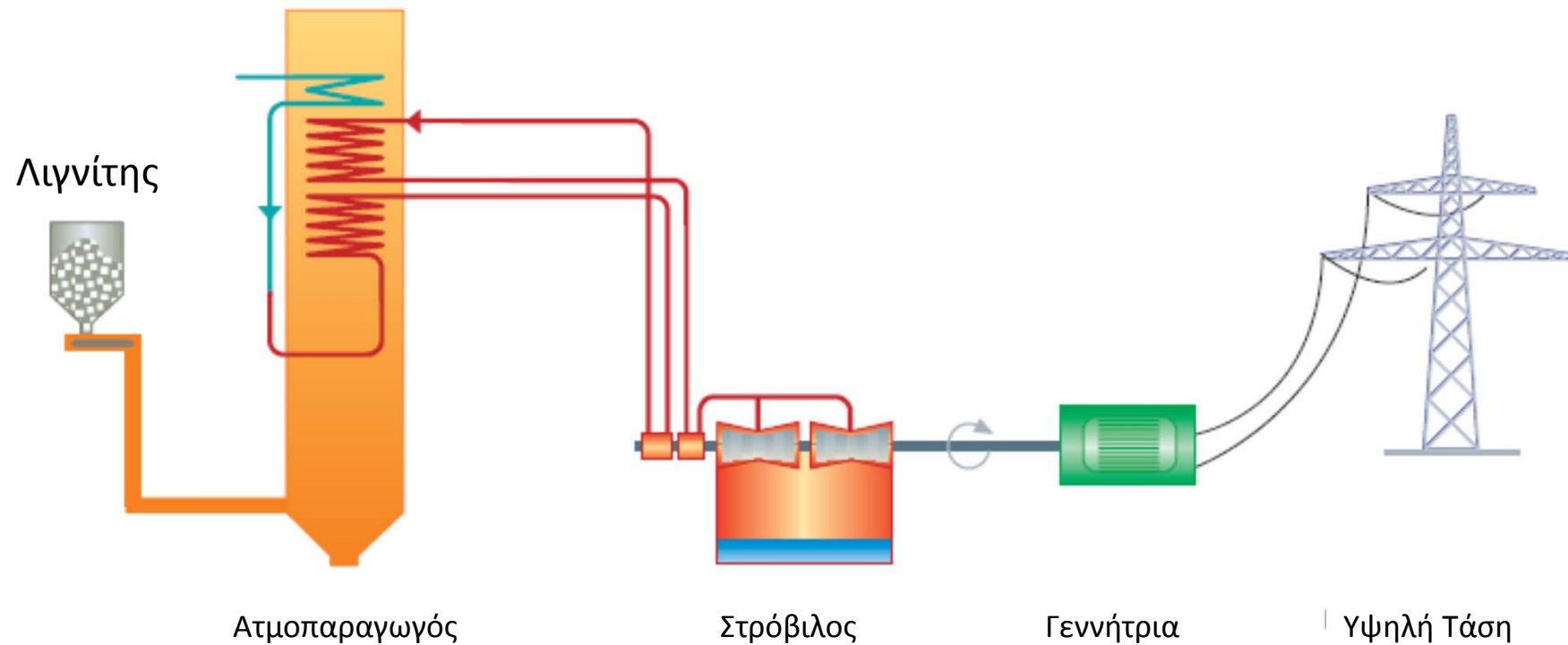
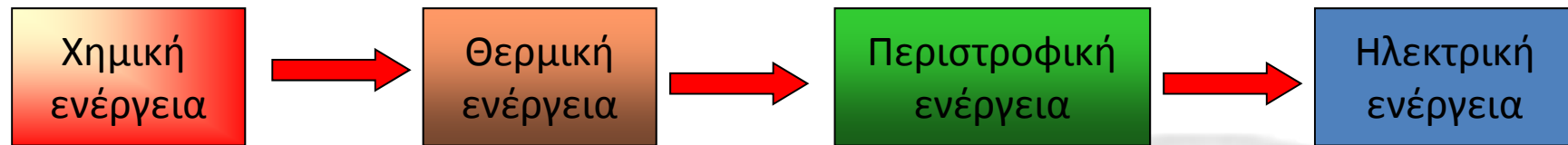


Σχηματική διάταξη ΑΗΣ





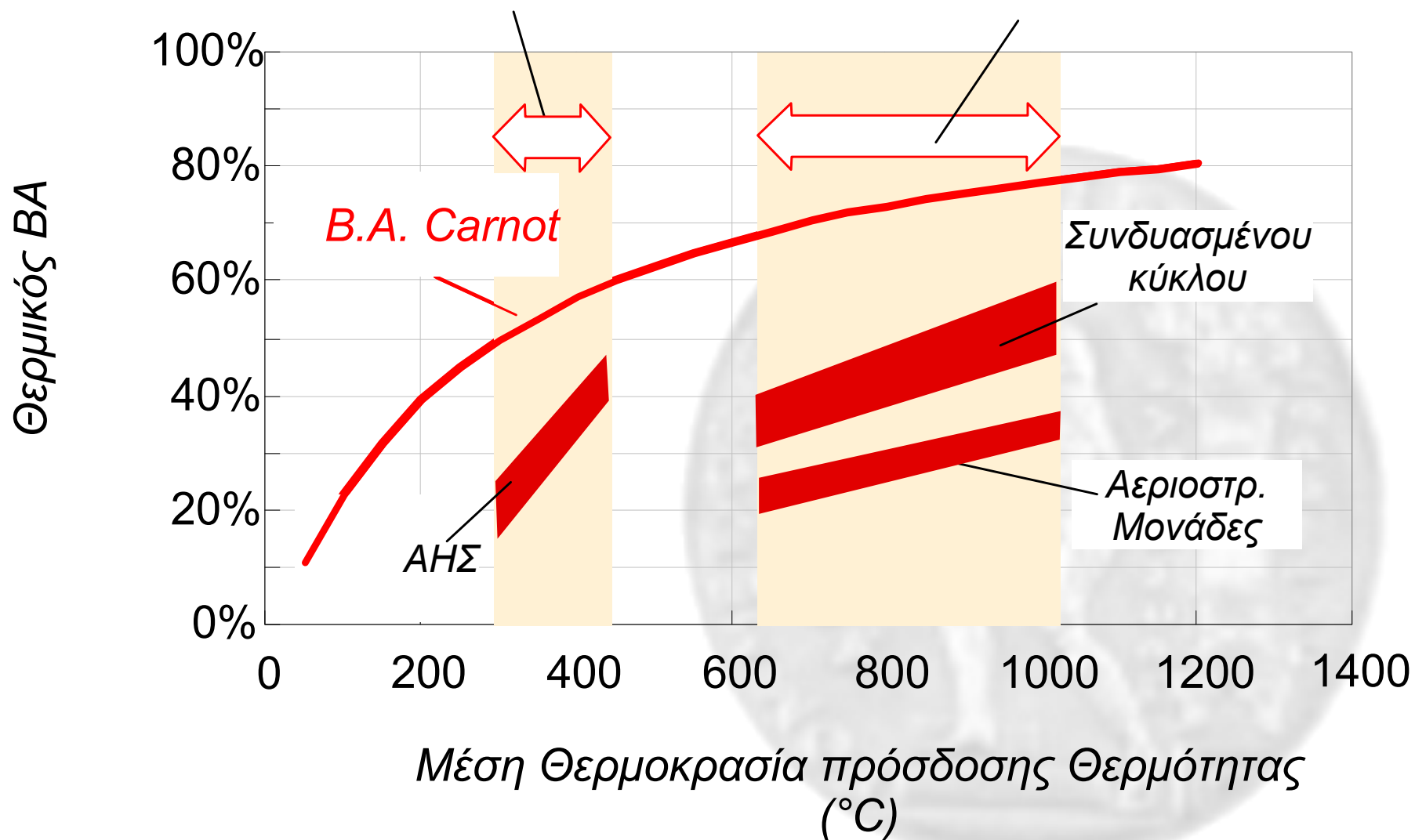
Μετατροπή ενέργειας





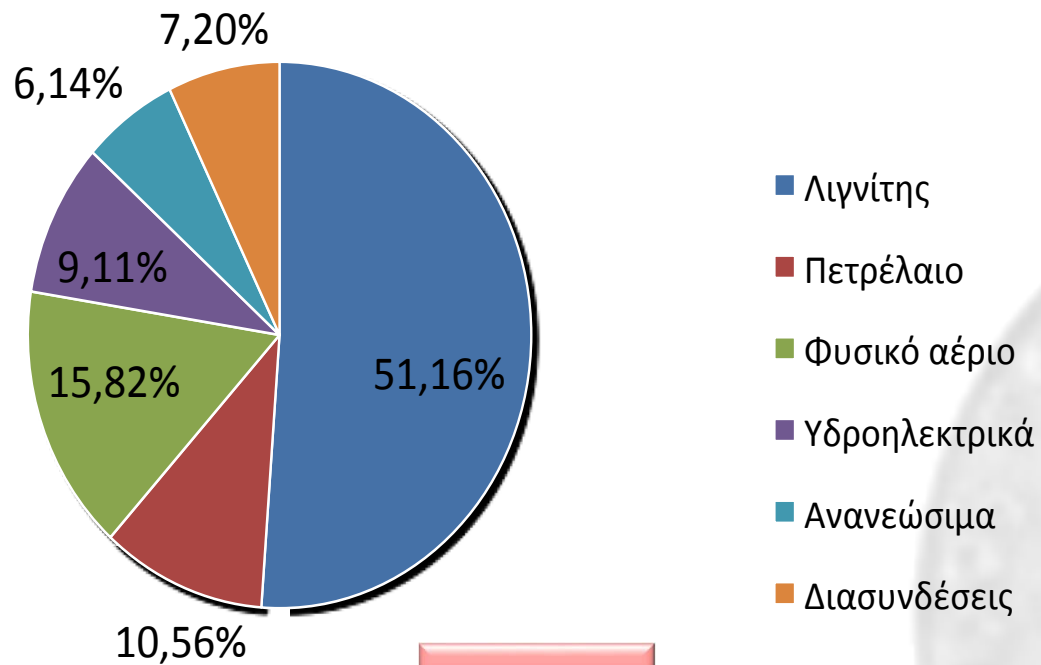
$\bar{T}_{\text{προσ.}}$ (διεργασία ατμού)

$\bar{T}_{\text{προσ}}$ (Αεριοστρόβιλος)





Ενεργειακό μείγμα της χώρας

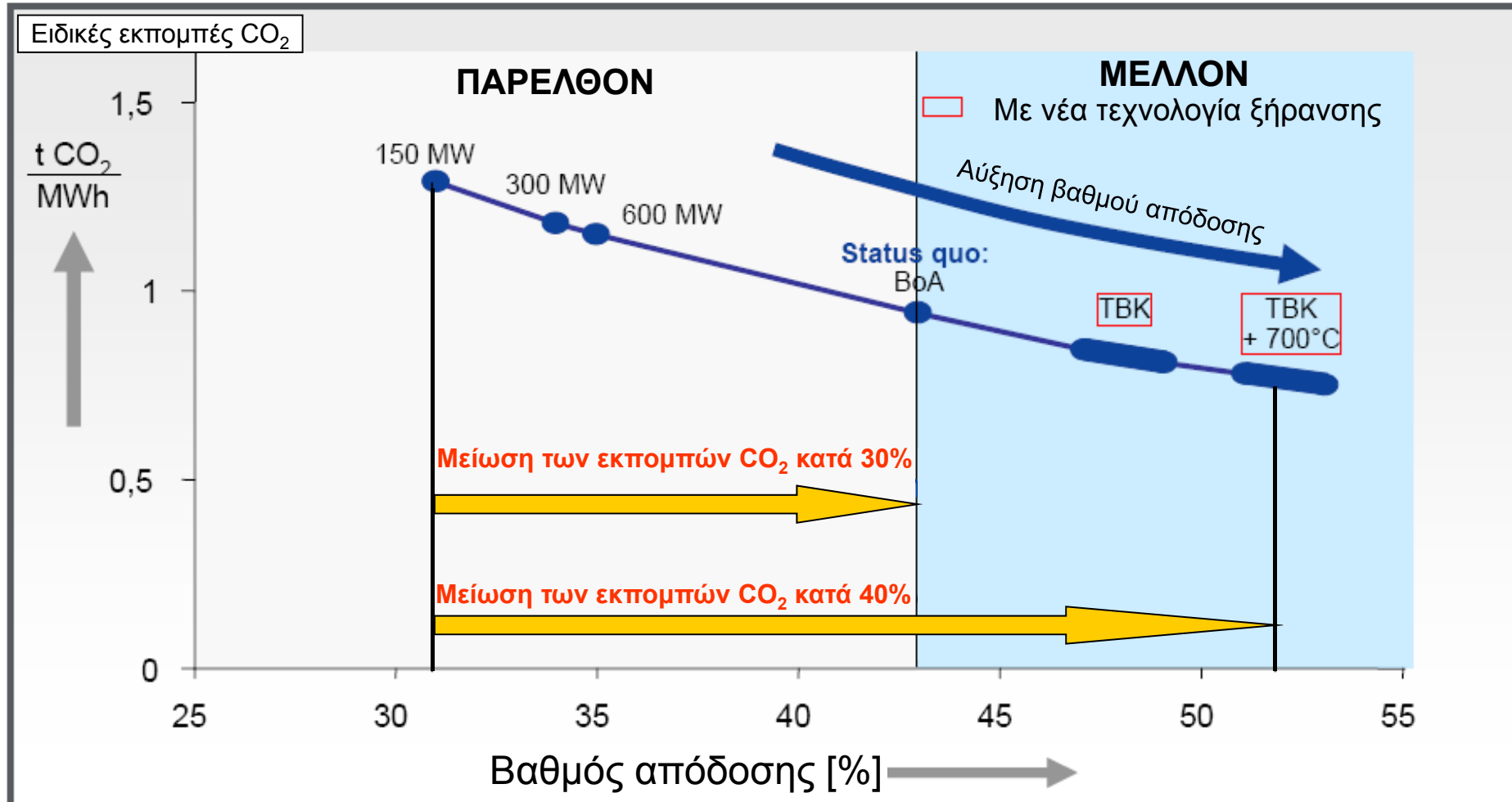


2011



Μείωση CO₂ με κατασκευή νέων λιγνιτικών σταθμών

Τεχνολογικός δρόμος προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με μειωμένες εκπομπές CO₂





Τεχνολογίες δέσμευσης CO₂ σε θερμικούς σταθμούς

Οι κυριότερες εμπορικές ή υπό ανάπτυξη τεχνολογίες δέσμευσης CO₂ σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες:

A) Παραγωγή καυσίμου που δεν περιέχει άνθρακα (δέσμευση προ της καύσης).

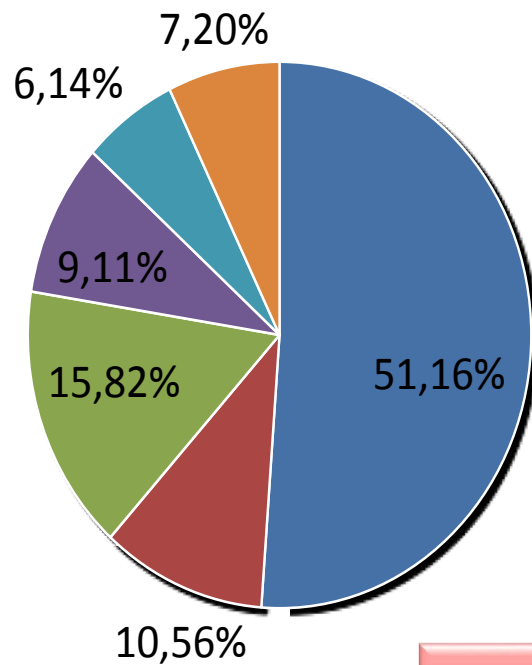
B) Καύση σε συνθήκες καθαρού οξυγόνου (oxyfuel)

Γ) Διαχωρισμός CO₂ από το καυσαέριο (δέσμευση μετά την καύση)



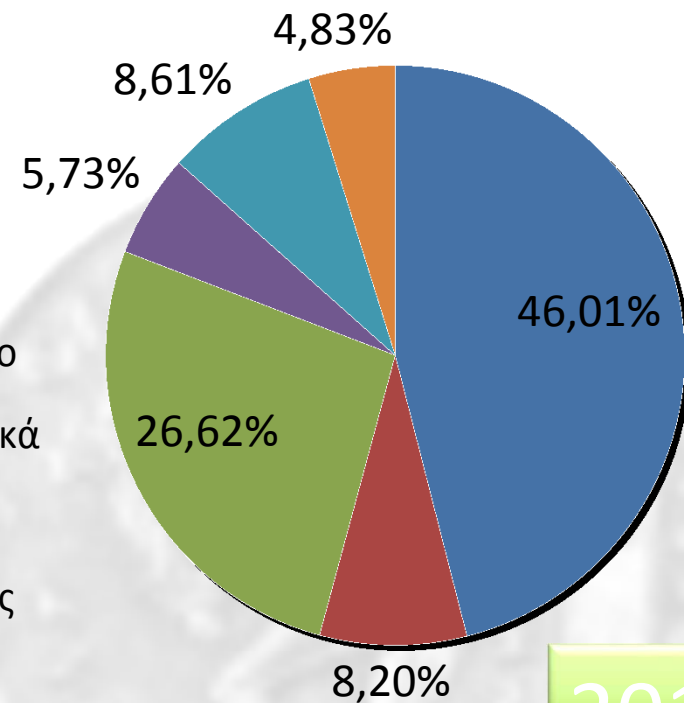


Ενεργειακό μείγμα της χώρας



2011

- Λιγνίτης
- Πετρέλαιο
- Φυσικό αέριο
- Υδροηλεκτρικά
- Ανανεώσιμα
- Διασυνδέσεις

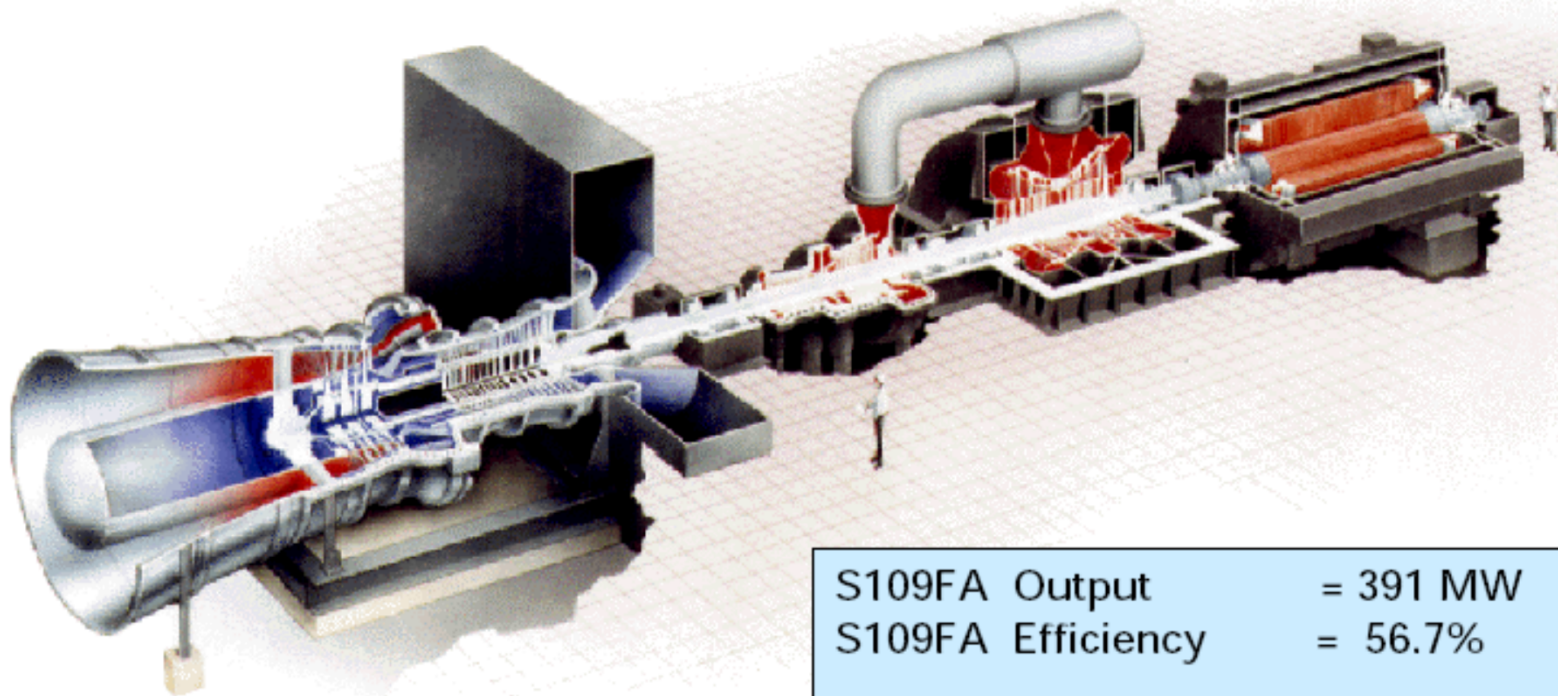


2012

Φυσικό αέριο: Το εθνικό καύσιμο της Ελλάδας!!!!



GE S109FA Single Shaft Combined Cycle System

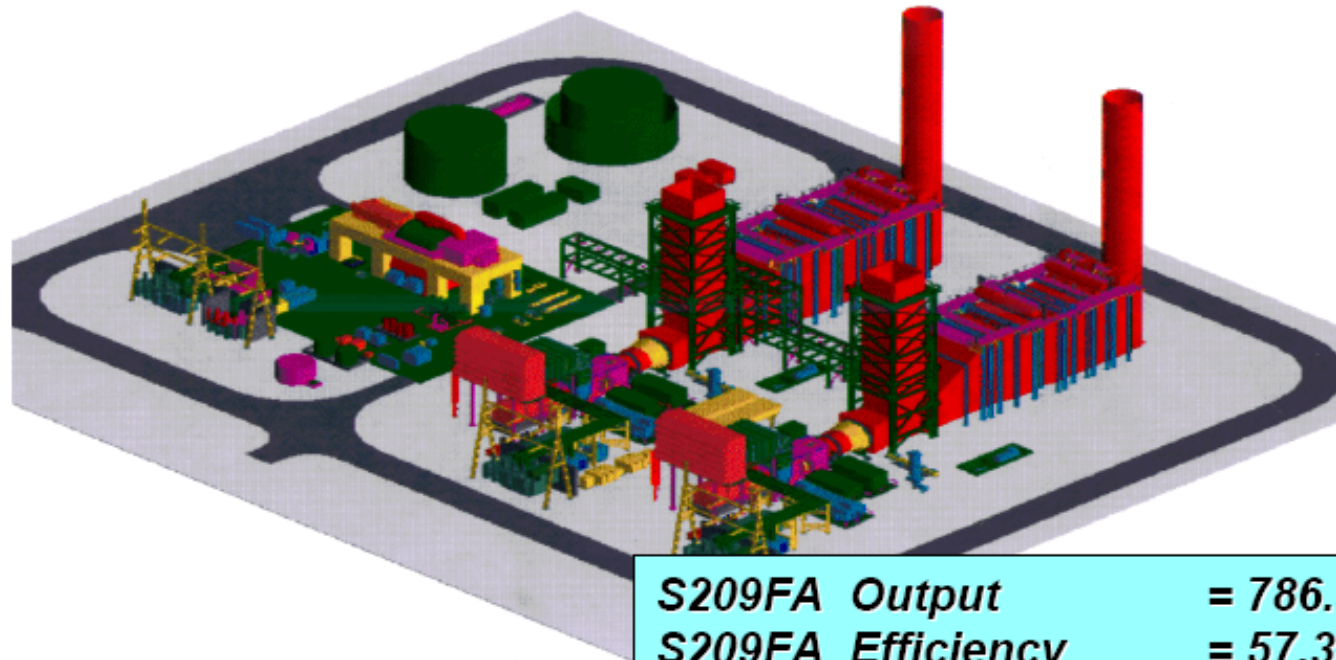


S109FA Output	= 391 MW
S109FA Efficiency	= 56.7%
9FA GT Firing Temp.	= 1327°C
9FA GT Exhaust Temp.	= 611°C
9FA GT Exhaust Flow	= 643 kg/sec
9FA GT Pressure Ratio	= 15.4:1

Πηγή: General Electric



STAG 209FA Multi-Shaft CC Plant



<i>S209FA Output</i>	<i>= 786.9 MW</i>
<i>S209FA Efficiency</i>	<i>= 57.3%</i>
<i>1x D11 Steam Turbine</i>	<i>= 125 bar / 566°C</i>

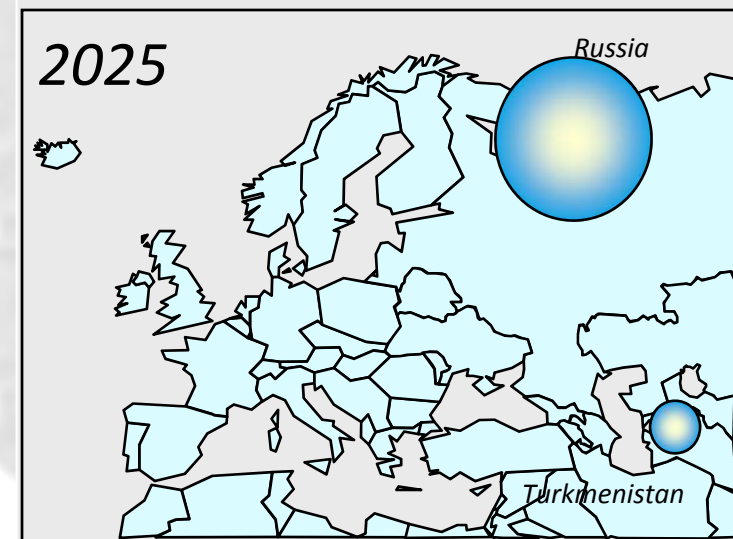
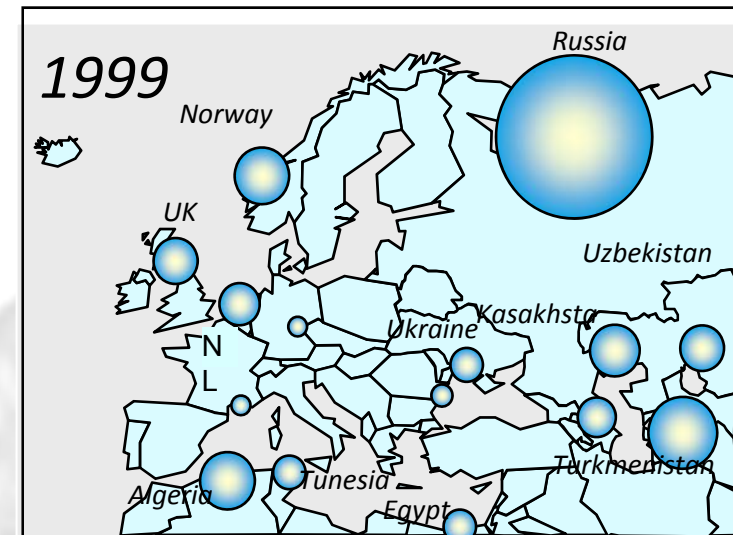
*Packaged for Low Installation Cost
High Availability; State-of-the-art Performance*

Πηγή: General Electric



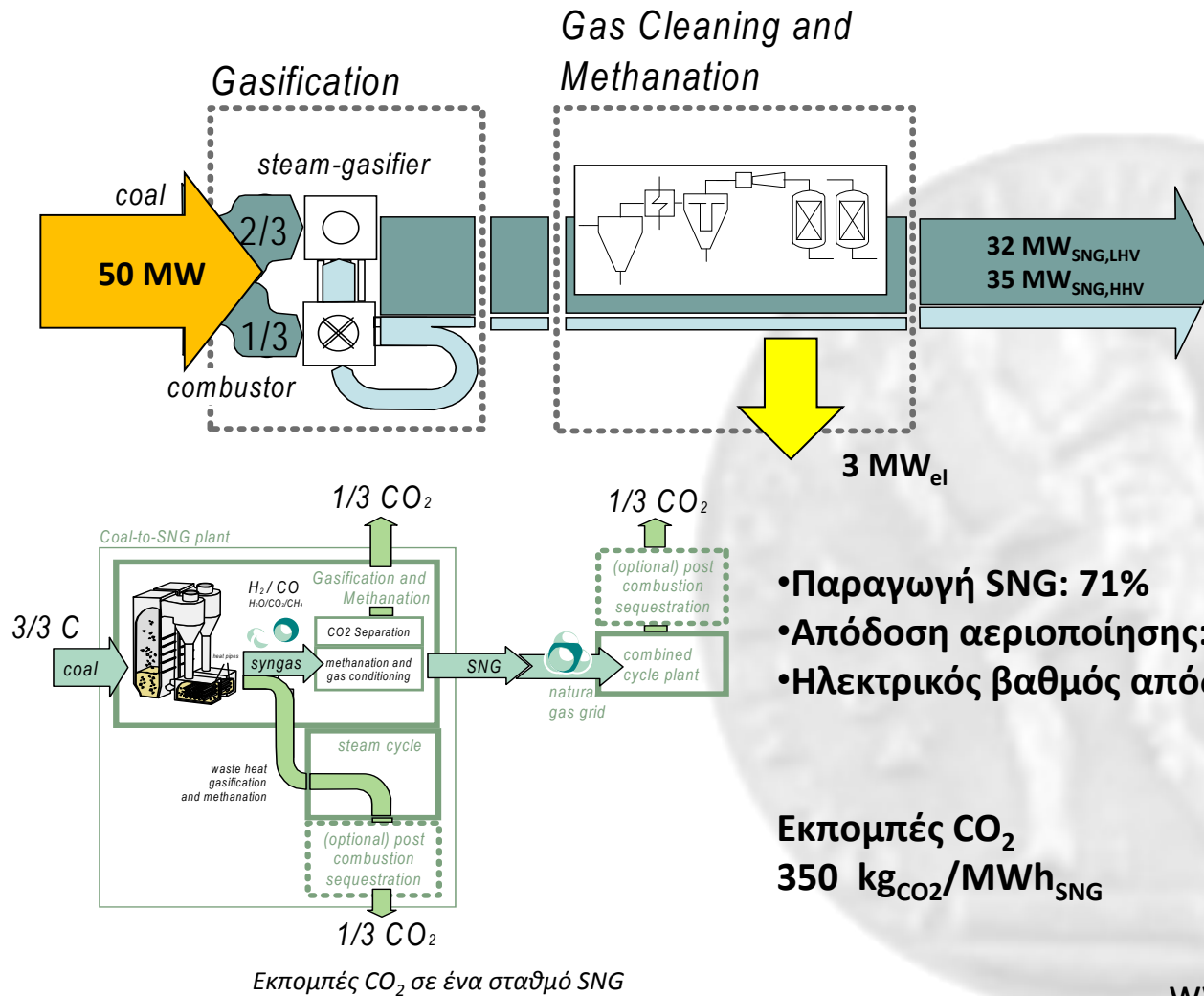
Μελλοντικά συστήματα αξιοποίησης λιγνίτη

- Ο ρόλος του λιγνίτη σε μελλοντικά ενεργειακά συστήματα θα εξαρτάται σημαντικά από τις τεχνολογικές επιλογές
- Αναβάθμιση του λιγνίτη σε υποκατάστατο φυσικού αερίου «Substitute Natural Gas» SNG:
Μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 30%
- Επιλογές δέσμευση και αποθήκευσης
- ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ





Παράδειγμα: CO₂freeSNG



- Παραγωγή SNG: 71%
- Απόδοση αεριοποίησης: 75%
- Ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης: 6-7%

Εκπομπές CO₂
350 kg_{CO2}/MWh_{SNG}

www.co2freesng20.eu





Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας!

