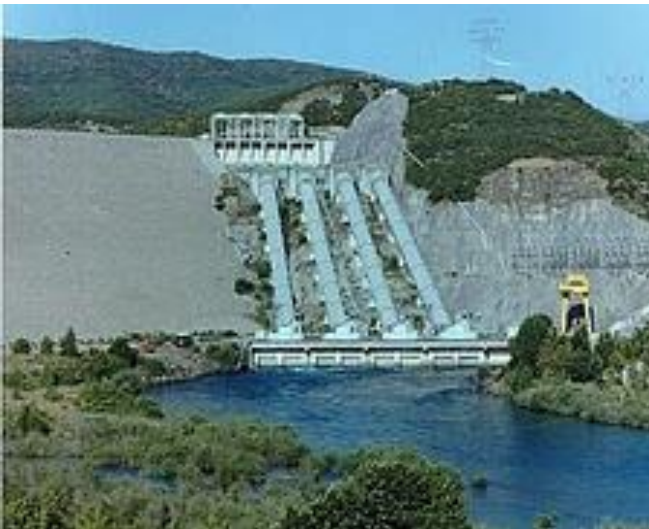


# Ανανεώσιμη Ενέργεια και Υδροηλεκτρικά Έργα

*Ενέργεια, ηλεκτρική ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια*



Νίκος Μαμάσης, Α. Ευστρατιάδης και Δ. Κουτσογιάννης  
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Αθήνα 2018

# Διάρθρωση παρουσίασης

- **Ενέργεια** (εισαγωγή, πηγές, μονάδες, ιστορία)
- **Ηλεκτρική ενέργεια** (παραγωγή, ζήτηση, μεταφορά, διαχείριση)
- **Υδροηλεκτρική ενέργεια** (χαρακτηριστικά, αντλησοταμίευση)

# Εισαγωγή

## Ισχύς και ενέργεια

Η λέξη ενέργεια αναφέρεται πρώτη φορά από τον Αριστοτέλη (Ηθικά Νικομάχεια) με την έννοια της «δραστηριότητας που απαιτείται για να γίνει πράξη η δυνατότητα (δύναμις)»

**Δύναμις (ισχύς)** είναι η δυνατότητα ένα αντικείμενο ή ένβιο ον να είναι κάτι

**Ενέργεια** είναι η πραγμάτωση της δυνατότητας  
η δραστηριότητα που απαιτείται για να γίνει πράξη η δυνατότητα

### Παράδειγμα από την ηλεκτρική ενέργεια

		Κλιματιστικό	Σταθμός παραγωγής
<b>Δυνατότητα</b>	<b>Εγκατεστημένη ισχύς:</b>	1 kW	1 MW
	Ωρες λειτουργίας (στη μέγιστη ισχύ):	3 hr	3000 hr
<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Ενέργεια Κατανάλωση/παραγωγή:</b>	3 kWh	3000 MWh=3 GWh

### Μορφές ενέργειας

Μηχανική (δυναμική, κινητική)

Θερμότητα-Ακτινοβολία

Χημική

Ηλεκτρομαγνητική (ηλεκτρική, μαγνητική)

Πυρηνική

Θερμική-βιολογική

# Πηγές ενέργειας

**Ηλιακή ακτινοβολία.** Η ηλιακή ενέργεια σε ένα έτος είναι περίπου 14.000 μεγαλύτερη από την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας (ηλιακή σταθερά ( $1367 \text{ W/m}^2$ )). Εκτός των άλλων η ενέργεια αυτή:

- (α) απορροφάται από τη γη και μετατρέπεται σε θερμότητα διατηρώντας τη θερμοκρασία περιβάλλοντος,
- (β) συντηρεί τον υδρολογικό κύκλο (εξάτμιση-βροχόπτωση),
- (γ) συντηρεί την κατακόρυφη μεταφορά (αιολική ενέργεια, ρεύματα), και
- (δ) συντηρεί την φωτοσύνθεση

**Βιομάζα.** Η πρώτη πηγή που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο πριν 400.000 έτη και προκάλεσε ‘τεχνολογική επανάσταση’.

**Ορυκτά καύσιμα.** Πρόκειται για τον άνθρακα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο που προέρχονται από τα λείψανα της αρχαίας χλωρίδας και πανίδας, καθώς και τα πυρηνικά. Είναι αποθηκευμένα για 600-300 εκατομμύρια έτη και η καύση τους παράγει ενέργεια τα τελευταία 300 έτη. Ο ρυθμός κατανάλωσης είναι πολλαπλάσιος από το ρυθμό δημιουργίας τους και στο μέλλον θα εξαντληθούν

**Πυρήνας της Γης.** Οι θερμικές, χημικές και ραδιενεργές πηγές που βρίσκονται στο εσωτερικό της γης προκαλούν ροή ενέργειας στην επιφάνεια (της τάξης των  $0.063 \text{ W/m}^2$ )

**Βαρύτητα.** Προέρχεται από τη σχετική θέση Γης, Ηλίου και Σελήνης και δημιουργεί τις παλίρροιες και τα θαλάσσια ρεύματα.

# Μονάδες

## Ενέργεια

**Calorie (cal):** Η ενέργεια που απαιτείται για να ανέβει η θερμοκρασία 1 gr νερού κατά 1 °C

*Στον ηλεκτρισμό χρησιμοποιούνται:*

**Joule (J):**  $1 \text{ N m} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$

$1 \text{ cal} = 4.187 \text{ J}$

**British thermal unit (Btu):**

$1 \text{ Btu} = 0.252 \text{ kcal}$

$$1 \text{ kWh} = 3.6 \text{ MJ} = 860 \text{ kcal} = 3412 \text{ Btu}$$

**Τα ορυκτά καύσιμα** μετρούνται σε τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (**TIOI**) ή **toe** (tones oil equivalent). Ακόμη  $1 \text{ barrel} = 159 \text{ lt} = 136 \text{ kg}$

1 toe προσεγγιστικά ισοδυναμεί με:

$10^6 \text{ kcal}$  ή  $42 \text{ GJ}$  ή  $40 \cdot 10^6 \text{ Btu}$  ή  $11.6 \text{ MWh}$

Ο βαθμός απόδοσης σε ηλεκτρική ενέργεια είναι κάτω από 40%

1 toe παράγει περίπου 4.4 MWh

## Ισχύς

**Ίππος (hP):** Η ισχύς ενός αλόγου όπως εκτιμήθηκε από τον James Watt τον 18<sup>ο</sup> συγκρίνοντας την ατμομηχανές.

**Watt (W):**  $1 \text{ N m s}^{-1} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3}$

$1 \text{ hP} = 746 \text{ W}$

$$W = J/s$$

$$W h = 3600 J$$

## Χαρακτηριστικά μεγέθη

- Καύση 1 kg και ενέργεια που αποδίδεται:

άνθρακας 34 MJ	λιγνίτης 10 MJ	βενζίνη 44 MJ
πετρέλαιο 42 MJ	φυσικό αέριο 47 MJ	ξύλο 15 MJ

- Η ημερήσια ενέργεια μεταβολισμού που χρειάζεται ένας άνθρωπος είναι περίπου 6-7.5 MJ (1400-1800 kcal). Η χημική ενέργεια που παίρνει από τις τροφές μετατρέπεται σε κινητική (κίνηση σώματος), δυναμική (σύσπαση μυών), θερμική (διατήρηση θερμοκρασίας) και ηλεκτρική (επικοινωνία εγκεφάλου με μέρη σώματος)
- Λαμπτήρας 100 W που λειτουργεί συνεχώς για μια ημέρα αποδίδει 2.4 kWh (8.6 MJ)
- Η ωριαία ενέργεια που χρειάζεται ένας άνθρωπος 75 kg ο οποίος τρέχει με 13 km/hr είναι περίπου 3.5 MJ (800 kcal)
- Κινητήρας αυτοκινήτου 1400 cm<sup>3</sup> είναι 56 kW και σε μία ώρα αποδίδει 200 MJ
- Κινητήρας ενός αεροπλάνου Boeing 707 είναι 21 MW και σε ένα δευτερόλεπτο αποδίδει 21 MJ
- Η μέση ημερήσια ηλιακή ενέργεια Ιουνίου στο εξωτερικό όριο της ατμόσφαιρας σε 1 m<sup>2</sup> ενός τόπου που βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 40° είναι 42 MJ
- Η μέση ημερήσια ηλιακή ενέργεια Δεκεμβρίου στο εξωτερικό όριο της ατμόσφαιρας σε 1 m<sup>2</sup> ενός τόπου που βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 40° είναι 14 MJ

# Ιστορία της ενέργειας

	Η ηλιακή ενέργεια είναι το βασικό συστατικό της ζωής στη Γη
100.000 έτη πριν	Καύση βιομάζας για κανονική χρήση φωτιάς
4 <sup>η</sup> -2 <sup>η</sup> χιλιετία π.Χ.	Αιολική ενέργεια για ναυσιπλοΐα (Μεσόγειος) Υδραυλική ενέργεια ποταμών για ναυσιπλοΐα (Μεσοποταμία) Καύση άνθρακα για θέρμανση και μαγείρεμα (Κίνα)
1 <sup>η</sup> χιλιετία π.Χ	Καύση φυσικού αερίου (Κίνα). Χρήση υδρόμυλων για άλεσμα δημητριακών (Ελλάδα)
1 <sup>η</sup> χιλιετία μ.Χ	Χρήση πετρελαίου σε λάμπες φωτισμού (Κίνα) Χρήση ρευμάτων στη ναυσιπλοΐα (Ειρηνικός) Ηλιακή ενέργεια για αφαλάτωση σε πλοία (Μεσόγειος) Εκτεταμένη χρήση υδρόμυλων (Ευρώπη) Ανεμόμυλοι κατακόρυφου άξονα για άλεσμα δημητριακών (Περσία, Μέση Ανατολή)
13 <sup>ος</sup> αιώνας μ.Χ	Ανεμόμυλοι οριζοντίου άξονα (Ευρώπη)
16 <sup>ος</sup> αιώνας μ.Χ	Χρήση ανεμόμυλων στην για αποστράγγιση εδαφών (Ολλανδία)
17 <sup>ος</sup> αιώνας μ.Χ	Χρήση του άνθρακα σαν καύσιμο (Βρετανία). Ο άνθρακας γίνεται η κυρία πηγή ενέργειας τους επόμενους αιώνες

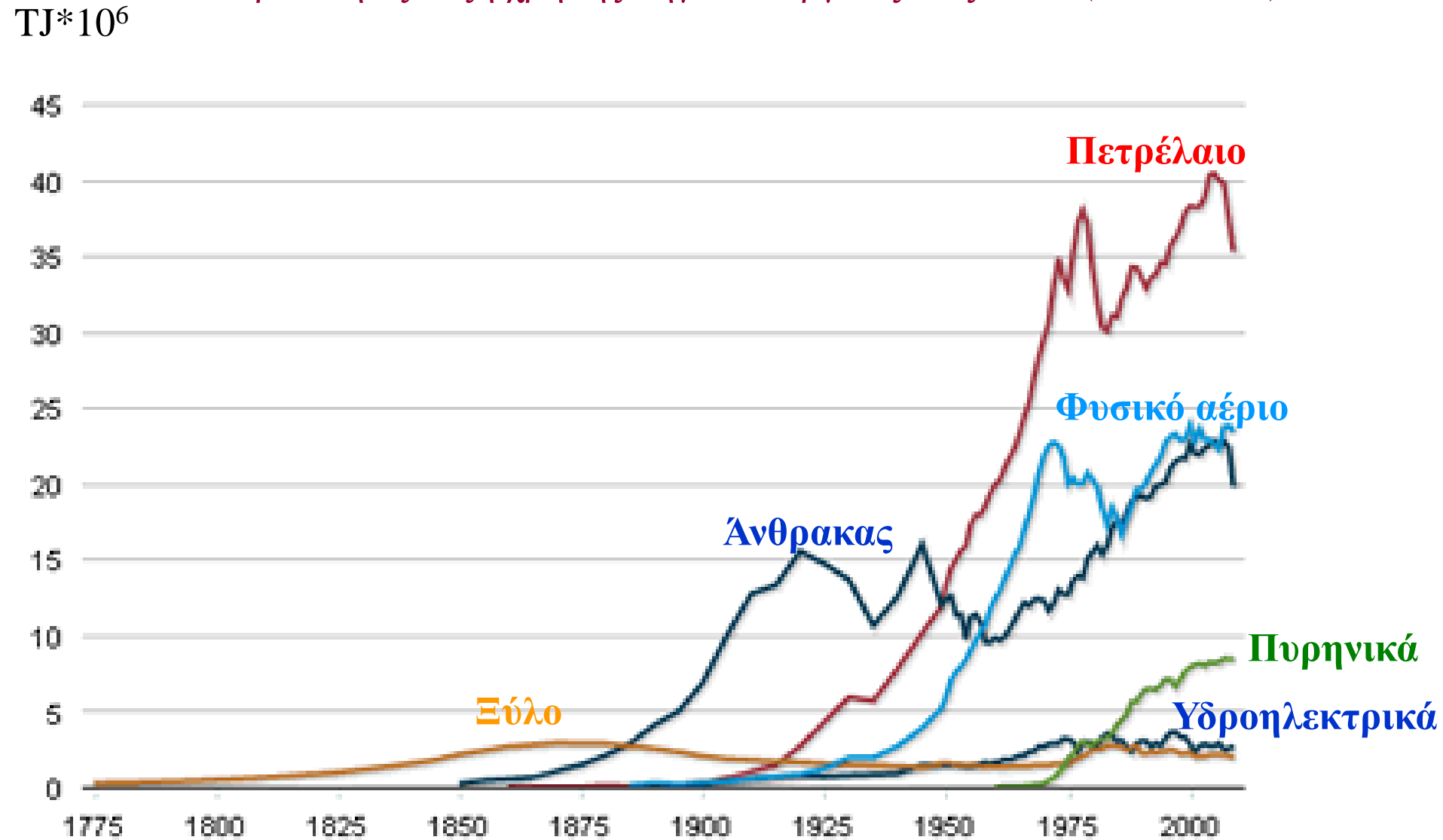
## Ιστορία της ενέργειας

18 <sup>ος</sup> αιώνας	Ο Ελβετός Horace de Saussure, ανακαλύπτει τον πρώτο ηλιακό συλλέκτη (1767) Ο Γάλλος μηχανικός Bernard Forest de Blidor εκδίδει πραγματεία για την εκμετάλλευση της υδροηλεκτρικής ενέργειας (1774)
19 <sup>ος</sup> αιώνας	Γίνεται η πρώτη γεώτρηση φυσικού αερίου στη Νέα Υόρκη (1820) <b>Κατασκευάζεται γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος (1830)</b> Γίνεται η πρώτη γεώτρηση πετρελαίου στην Pennsylvania-ΗΠΑ (1859) Κατασκευάζεται ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός στο Wisconsin-ΗΠΑ (1882) Κατασκευάζεται η πρώτη ανεμογεννήτρια στη Δανία (1892) Χρήση γεωθερμικής ενέργειας για τη θέρμανση κτηρίων στο Idaho-ΗΠΑ (1892)
20 <sup>ος</sup> αιώνας	Κατασκευάζονται οι πρώτοι ηλιακοί συλλέκτες (1908) Ανακάλυψη του μεγαλύτερου κοιτάσματος πετρελαίου στη Σαουδική Αραβία (1948) Φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται για την ενεργειακή τροφοδοσία δορυφόρων (1950) Τα πρώτα πυρηνικά εργοστάσια κατασκευάζονται στη Σοβιετική Ένωση και τις ΗΠΑ (1952) Γίνεται η πρώτη παγκόσμια ενεργειακή κρίση. Ξεκινάει το ενδιαφέρον για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και το φυσικό αέριο (1970)



# Ιστορία της ενέργειας

Χρονική εξέλιξη χρήσης πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ (1775-2009)



Πηγή: US Energy information administration-Annual energy review 2009

# Παραγωγή-ζήτηση

## Πηγές ενέργειας

## Ανάγκες

### Ορυκτά καύσιμα

Στερεά (Άνθρακας)  
Υγρά (Πετρέλαιο)  
Αέρια (Φυσικό Αέριο)  
Πυρηνικά (Ουράνιο)

Βαθμός απόδοσης >80%

*Συμπααραγωγή  
ηλεκτρισμού-θερμότητας  
Βαθμός απόδοσης >70%*

Μεταφορές  
Οικιακός  
Βιομηχανία  
Τριτογενής  
Γεωργία-Αλιεία

### Ανανεώσιμες

Ηλιακή  
Αιολική  
Υδραυλική  
Βιομάζας  
Γεωθερμική  
Θαλάσσια (κυμάτων –  
παλιρροιών-ρευμάτων)

Βαθμός  
απόδοσης  
>35-55%

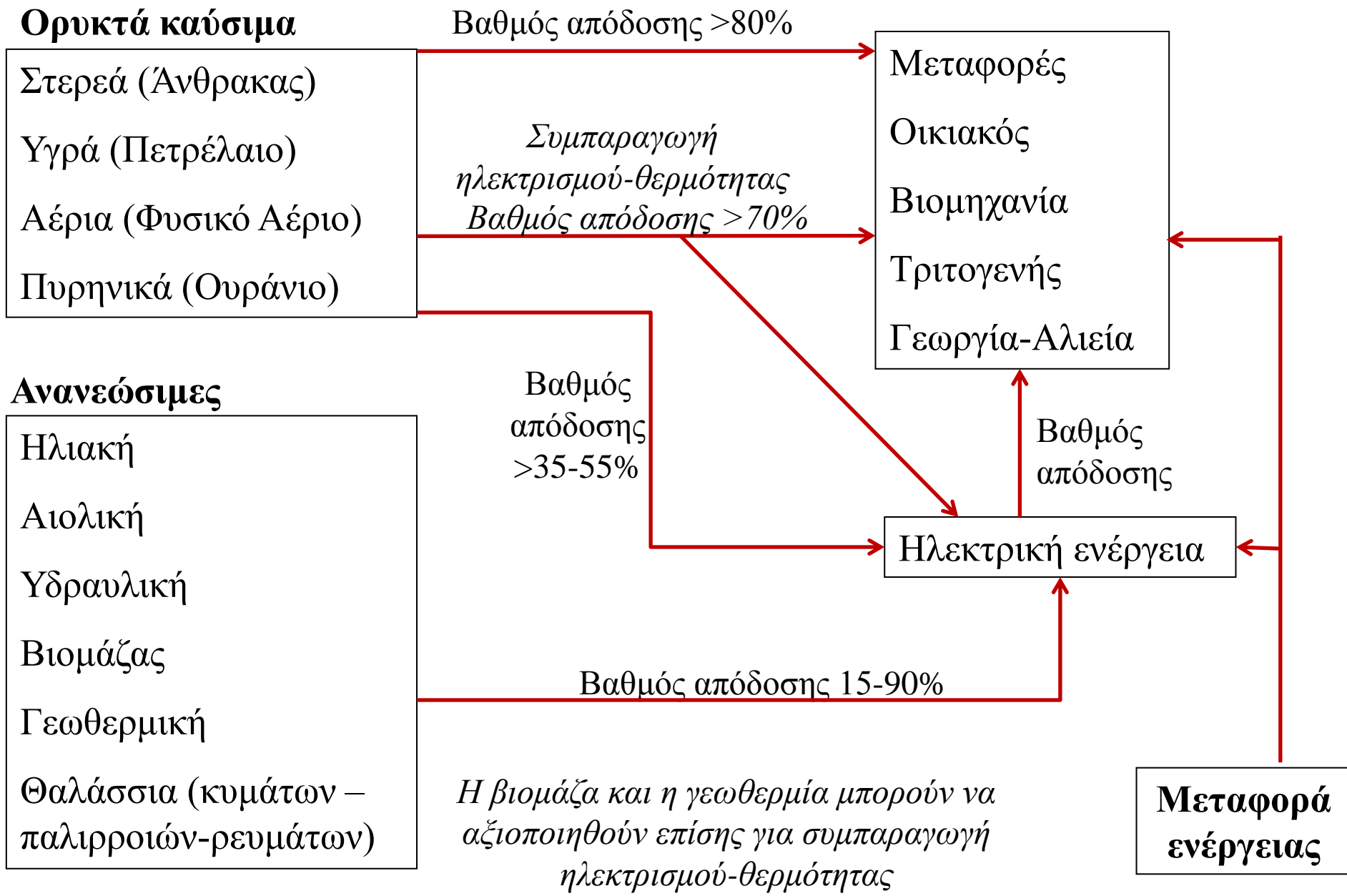
Βαθμός απόδοσης 15-90%

Ηλεκτρική ενέργεια

Βαθμός  
απόδοσης

*Η βιομάζα και η γεωθερμία μπορούν να  
αξιοποιηθούν επίσης για συμπααραγωγή  
ηλεκτρισμού-θερμότητας*

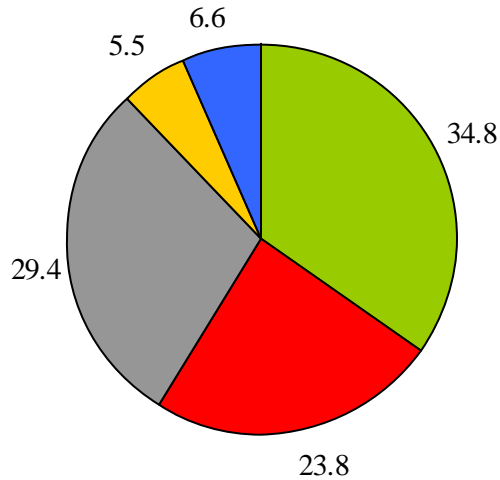
**Μεταφορά  
ενέργειας**



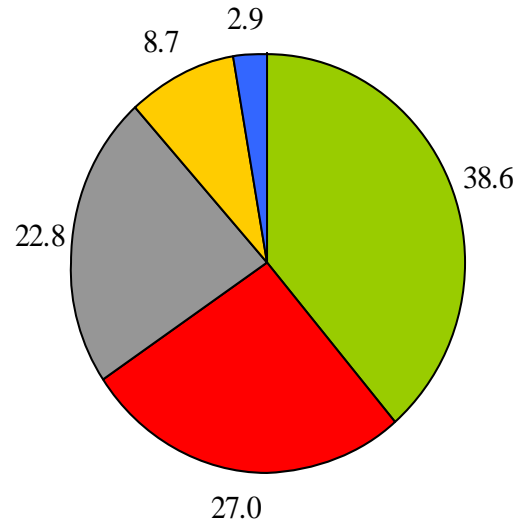
# Παραγωγή-ζήτηση

## Πρωτογενής ενέργεια- Κατανάλωση ανά καύσιμο το 2009

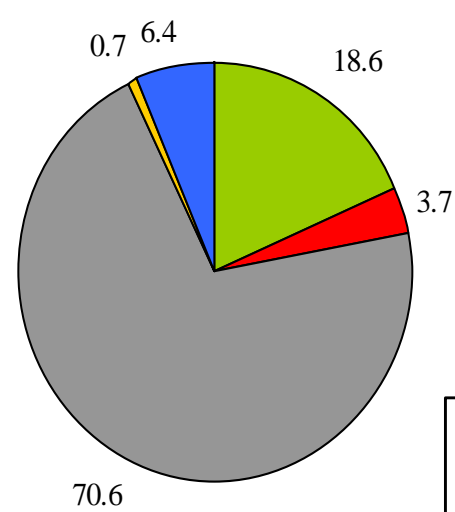
Κόσμος: 11164 Mtoe



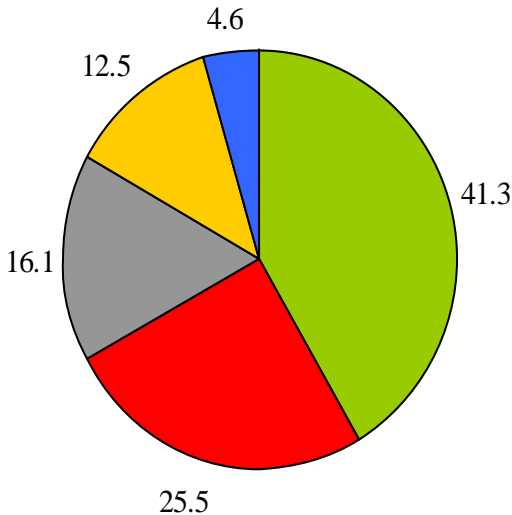
ΗΠΑ: 2182 Mtoe



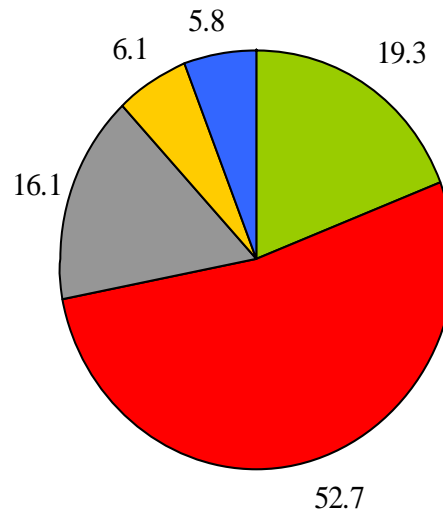
Κίνα: 2177 Mtoe



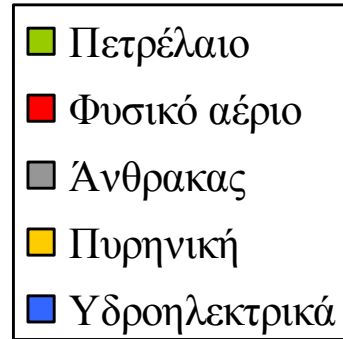
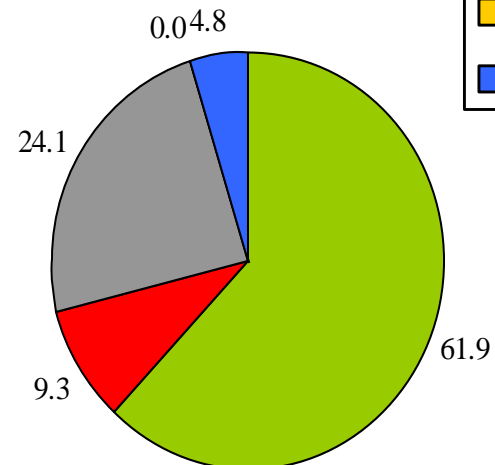
ΕΕ: 1623 Mtoe



Πρώην ΣΕ: 955 Mtoe



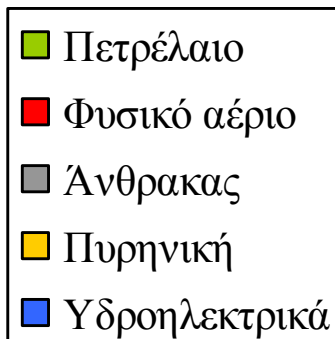
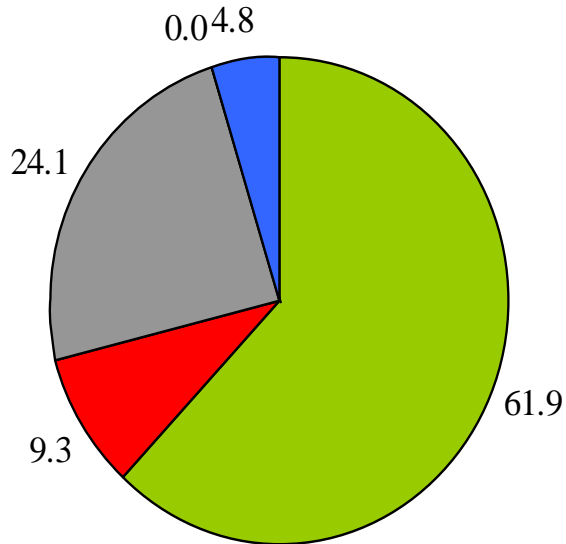
Ελλάδα: 32.7 Mtoe



# Παραγωγή-ζήτηση

## Ενεργειακή παραγωγή και ζήτηση ανά τομέα (Ελλάδα 2009)

Σύνολο: 32.7 Mtoe



### Πρωτογενής (ΜΤΠΠ-Mtoe)

Μεταφορές 9.2 (45 %)

Οικιακός 4.8 (24%)

Βιομηχανία 3.5 (17%)

Τριτογενής 2.1 (10%)

Γεωργία-Αλιεία 0.9 (4)%

Σύνολο 20.5 Mtoe

Ηλεκτρική ενέργεια: 52.5 TWh

Σύνολο 12.2 Mtoe

Ηλεκτρική ενέργειας από  
ανανεώσιμες πηγές: 2.8 TWh

Σύνολο ζήτησης ηλεκτρικής  
ενέργειας: 55.3 TWh

# Παραγωγή

- Ποιοί είναι οι διαθέσιμοι ενεργειακοί πόροι;
- Είναι δυνατόν να ελεγχθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο χρόνο;
- Πόσο γρήγορα μπορούν να τροφοδοτήσουν το ηλεκτρικό δίκτυο σε αιχμές ζήτησης;
- Μπορεί η ηλεκτρική ενέργεια να αποθηκευτεί για μεταγενέστερη χρήση;
- Το έργο πρέπει να κατασκευαστούν;
- Ποιο είναι το κόστος κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας;
- Ποιές είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις;
- Ποια είναι η γεωπολιτική στη ευρύτερη περιοχή σχετικά με τη μεταφορά καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας;

# Ορυκτά Καύσιμα

## Στερεά καύσιμα

**Άνθρακας  
(Coal)**

1 mt = 1000 kg

Βαθμός απόδοσης σε  
θερμική ενέργεια: >80%

## Υγρά καύσιμα

**Πετρέλαιο  
(Oil)**

Πυκνότητα: 858 kg/m<sup>3</sup>

**1 barrel = 159 lt = 136 kg**

1 mt = 1.165 m<sup>3</sup> = 7.33 barrels

Βαθμός απόδοσης σε  
θερμική ενέργεια: 80%

## Αέρια καύσιμα

**Φυσικό αέριο  
Natural Gas (NG)**

1 m<sup>3</sup> NG = 0.73 kg LNG

**Υγροποιημένο φυσικό  
αέριο-Liquified Natural  
Gas (LNG)**

Βαθμός απόδοσης σε  
θερμική ενέργεια: 95%

## Θερμογόνος δύναμη

(MJ/kg)

Άνθρακίτης	33-34
Λιθάνθρακας	31-32
Λιγνίτης	19-21
Λιγνίτης (Ελλ.)	8.5
Τύρφη	15-16
Βιομάζα	10-15

Βενζίνη	42-46
Ελαφρύ πετρέλαιο	41-44
Βαρύ πετρέλαιο	40-43

(MJ/m<sup>3</sup>)

Μεθάνιο	36-40
Φυσικό αέριο	37.7

# Ορυκτά Καύσιμα

## Ενέργεια

Ποσότητα καυσίμου που αντιστοιχεί σε ενέργεια 1 toe (42 GJ)  
από καύση (θεωρείται βαθμός απόδοσης 100%)

Καύσιμο	Θερμογόνος δύναμις	Ποσότητα
Ανθρακίτης	33 (MJ/kg)	1.27 tn
Λιγνίτης	15 (MJ/kg)	2.80 tn
Ξύλο	14 (MJ/kg)	3.00 tn
Diesel	45 (MJ/kg)	0.93 tn
Πετρέλαιο	43 (MJ/kg)	0.98 tn
Φυσικό αέριο	43 (MJ/m <sup>3</sup> )	977 m <sup>3</sup>
Βενζίνη	38 (MJ/lt)	1105 lt
Ουράνιο235	80 (TJ/kg)	0.532 gr

Ο βαθμός απόδοσης των ορυκτών καυσίμων στην παραγωγή ενέργειας είναι μεγαλύτερος από 70% αλλά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 35-50%.

## Ανανεώσιμες πηγές

### *Πως θα παράξουμε ηλεκτρική ενέργεια 3.4 GWh/y από ανανεώσιμες πηγές*

- Ανεμογεννήτρια με εγκατεστημένη ισχύ 2 MW (διάμετρος περίπου 80 m) μπορεί να παράξει 4 to 7 GWh/y
- Φωτοβολταϊκά με εγκατεστημένη ισχύ 2 MW (επιφάνεια πλαισίων περίπου 14 στρέμματα), μπορεί να παράξουν 3 με 5 GWh/y
- Εγκατάσταση βιομάζας. 3000 tn υπολλειμμάτων ξύλου περιέχουν 1000 toe θερμικής ενέργειας και μπορούν να παράξουν 4.4 MWh ηλεκτρικής ενέργειας
- Σε ένα γεωθερμικό πεδίο με εγκατάσταση 1 MW μπορεί να παράξει 5 με 7 GWh/y
- Μια ημερήσια παλίρροια 7 μέτρων με μια κατάλληλη εγκατάσταση 4 MW μπορεί να παράξει περίπου 6 GWh/y
- Υδροηλεκτρικός σταθμός of 7 hm<sup>3</sup> volume of water per year from 210 m or 30 hm<sup>3</sup> volume of water per year from 50 m) μπορεί να παράξει 3.4 GWh/y



# Σύγκριση

Σύγκριση διαφόρων πηγών ενέργειας για την παραγωγή: (α) ενέργειας **10 kWh** και (β) **3.3 toe**  
(ετήσια ανά κάτοικο κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην Ελλάδα)

Πηγή	(α)	(β)
Ενέργεια σε kW	10 kWh	38.4 MWh
Ισοδύναμο πετρέλαιο	0.86 kgr	3.3 tn
Μαζούτ	0.92 kgr	3.5 tn
Φυσικό αέριο	0.7 m <sup>3</sup>	2688 m <sup>3</sup>
Υγροποιημένου φυσικό αέριο	0.51 kgr	1.96 tn
Ανθρακίτης	1.12 kgr	4.3 tn
Λιγνίτης	1.88 kgr	7.2 tn
Λιγνίτη Πτολεμαΐδας	5.9 kgr	22.7 tn
Ουράνιο 235	0.45 mg	1.7 gr
$X$ m <sup>2</sup> φωτοβολταϊκού στην Αθήνα σε $\Psi$ χρόνο	<b>10 m<sup>2</sup> για 2.5 ημέρες</b>	<b>265 m<sup>2</sup> για 1 έτος</b>
Ξηρή βιομάζα	2.15 kg	8.25 tn
Την πτώση $X$ m <sup>3</sup> νερού από ύψος $\Psi$ m	<b>450 m<sup>3</sup> από 10 m</b>	<b>170*10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> από 100 m</b>
Συνεχής λειτουργία ανεμογεννήτριας διαμέτρου 4 m για $X$ χρόνο με ταχύτητα ανέμου 8 m/s	1 hr	160 ημέρες

# Ηλεκτρική ενέργεια

Ο σύγχρονος κόσμος βασίζει την επιβίωση και την ευημερία του στην ηλεκτρική ενέργεια, που έχει ως βασικό πλεονέκτημα την ευκολία μετατροπής σε άλλες μορφές ενέργειας

- Μια από τις τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις της ύλης είναι η **ηλεκτρομαγνητική**.
- Υπεύθυνο για την αλληλεπίδραση αυτή είναι το **ηλεκτρικό φορτίο**, το οποίο αποτελεί ιδιότητα των υποατομικών σωματιδίων.
- Μια ροή ηλεκτρικού φορτίου αποτελεί το **ηλεκτρικό ρεύμα**, το οποίο διακρίνεται σε: (α) συνεχές (DC), το οποίο έχει σταθερή κατεύθυνση, και (β) εναλλασσόμενο (AC), το οποίο αλλάζει συνεχώς κατεύθυνση.
- Η ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η **ηλεκτρική ενέργεια**
- Ο κύριος τρόπος για να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα έγκειται στην περιστροφή ενός πηνίου εντός μαγνητικού πεδίου (Νόμος Ηλεκτρομαγνητικής Επαγωγής – Faraday).

**Συνεπώς αυτό που απαιτείται είναι να παραχθεί μηχανικό έργο, το οποίο θα αξιοποιηθεί για την περιστροφή του πηνίου**

- Στους σταθμούς που βασίζονται σε ορυκτά, πυρηνικά και βίο-καύσιμα, το μηχανικό έργο προκύπτει, μέσω παραγωγής ατμού, ο οποίος οδηγείται σε στρόβιλο, που με τη σειρά του κινεί την ηλεκτρογεννήτρια.
- Στα αιολικά, τα υδροηλεκτρικά και τα συστήματα αξιοποίησης της κυματικής και παλιρροιακής ενέργειας, η ηλεκτρογεννήτρια κινείται από ρεύμα κάποιου ρευστού.

# Πηγές ηλεκτρικής ενέργειας

## ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

- ✓ Στερεά καύσιμα (λιθάνθρακας, λιγνίτης)
- ✓ Υγρά καύσιμα (diesel, μαζούτ)
- ✓ Αέρια καύσιμα (φυσικό αέριο)
- ✓ Ραδιενεργά υλικά (ουράνιο, πλουτόνιο)

*Τα ορυκτά καύσιμα έχουν σχηματιστεί πριν από εκατοντάδες εκατομμύρια έτη και βρίσκονται αποθηκευμένα στο υπέδαφος. Τα αποθέματα είναι πεπερασμένα και η εκμετάλλευσή τους εξαρτάται από οικονομικούς παράγοντες*

## ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ

- ✓ Αιολική
- ✓ Ηλιακή
- ✓ Υδροηλεκτρική
- ✓ Γεωθερμία
- ✓ Βιομάζα (βιοαέριο, σκουπίδια)
- ✓ Θαλάσσια ενέργεια (κύματα, ρεύματα, παλίρροιες)

*Οι ανανεώσιμες πηγές είναι διαχρονικές, αλλά συνδεδεμένες με φυσικά φαινόμενα που παρουσιάζουν τυχειότητα. Οι μορφές αυτές δεν αποδεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα, τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα.*

## ΜΕΤΑΦΟΡΑ

## ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗ

# Καταλληλότητα περιοχών για παραγωγή ενέργειας

## Ενεργειακό δυναμικό

Ορυκτά καύσιμα

Αιολικό δυναμικό

Ηλιοφάνεια

Υδατοπτώσεις

Γεωθερμικό πεδίο

Βιομάζα

Θαλάσσια ενέργεια

## Χαρακτηριστικά περιοχής

Φυσικό περιβάλλον

Ακραία φυσικά φαινόμενα (σεισμός, πλημμύρες)

Πυκνότητα πληθυσμού

Τουρισμός

Τεχνολογική ανάπτυξη

Αποδοχή κοινωνίας

**Το ενεργειακό μείγμα κάθε χώρας εξαρτάται από παράγοντες όπως:**

τα γεωλογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά

οι διαθέσιμοι τοπικοί ενεργειακοί πόροι

το διεθνές περιβάλλον (γεωπολιτική) και η ενεργειακή πολιτική

# Ενεργειακό μίγμα στην Ελλάδα

## Ορυκτά καύσιμα

- **Λιγνίτης:** Σημαντικά εγχώρια κοιτάσματα, αποτελεί τη βάση του συστήματος
- **Λιθάνθρακας:** Εισαγόμενο καύσιμο με σχετικά σταθερές τιμές, καλύτερο από το λιγνίτη
- **Πετρέλαιο:** Εισαγόμενο καύσιμο
- **Φυσικό αέριο:** Εισαγόμενο καύσιμο, με καλές περιβαλλοντικές επιδόσεις

## Ανανεώσιμες πηγές

- **Αιολικά:** Μεγάλη πυκνότητα ισχύος, μπορούν να συνδυαστούν, ιδανικά για κάλυψη ενεργειακών αναγκών νησιών περιορίζοντας το πετρέλαιο
- **Υδροηλεκτρικά:** Σημαντική πηγή ενέργειας με πολλά πλεονεκτήματα. Επιβάλλεται η περεταίρω ανάπτυξή τους
- **Φωτοβολταϊκά – Ηλιοθερμικά:** Επιδοτούμενη ενέργεια. Δυστυχώς διείσδυσαν σε μεγάλο βαθμό στο ενεργειακό μίγμα της χώρας.
- **Βιομάζα:** Σημαντική ενεργειακή πηγή, με πολλά πλεονεκτήματα
- **Γεωθερμία:** Σημαντική πηγή σε συγκεκριμένες περιοχές της Ελλάδας. Η εκμετάλλευση της παρουσιάζει προβλήματα

# Ενεργειακό μιγμα

## Συντελεστής δυναμικότητας (ΣΔ)-Capacity factor (CF)

$$\text{Συντελεστής δυναμικότητας (ΣΔ) ενεργειακού έργου για μια χρονική περίοδο} = \frac{\text{Ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε στη χρονική περίοδο}}{\text{Η ηλεκτρική ενέργεια που θα παραγόταν αν το έργο δούλευε συνεχώς στη χρονική περίοδο σε πλήρη ισχύ}}$$

### Παράδειγμα

Εγκατεστημένη ισχύς: **1 MW**      Χρονική περίοδος: 1 έτος (8760 hr)

**Δυνητική ηλεκτρική ενέργεια: 1 MW\*8760 hr=8760 MWh**

**Παραχθείσα ηλεκτρική ενέργεια: 4380 MWh**

**CF: 4380/8760=0.5**

Για ένα ενεργειακό έργο δεδομένης ισχύος η δυνητική ηλεκτρική ενέργεια είναι σταθερή. Ο ΣΔ εξαρτάται από την ηλεκτρική ενέργεια που τελικά παράχθηκε από το έργο

- Στα θερμοηλεκτρικά έργα ο ΣΔ ενός έτους μπορεί να σχεδιαστεί υπολογίζοντας τις ώρες λειτουργίας του έργου και την εκάστοτε χρησιμοποιούμενη ισχύ. Θεωρητικά ο ΣΔ μπορεί να είναι 1 για μια χρονική περίοδο αν τροφοδοτείται συνεχώς με καυσίμο. Ετήσιοι ΣΔ μεγαλύτεροι από 0.8 είναι συνηθισμένοι.
- Ο ΣΔ ενός αιολικού έργου εξαρτάται από τη δίαιτα των ταχυτήτων ανέμου της χρονικής περιόδου. Μια ανεμογεννήτρια μπορεί να παράξει την εγκατεστημένη ισχύ για ταχύτητες μεταξύ 12-25 m/s. Σε μεγαλύτερες ταχύτητες η λειτουργία διακόπτεται και σε μικρότερες παράγεται ένα ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος. Οι συνηθισμένοι ΣΔ σε αιολικά έργα είναι της τάξης 0.3-0.4
- Ο ΣΔ ενός έργου ηλιακής ενέργειας περιορίζεται από τις ώρες ηλιοφάνειας. Δεδομένου ότι η δυνητική ηλιοφάνεια είναι 50% των συνολικών ωρών υπάρχει το φυσικό όριο 0.5 για τον ΣΔ. Λαμβάνοντας υπόψη τη μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω των γωνιών του ηλίου και τις ώρες με νέφωση ο ΣΔ είναι συνήθως 0.2-0.3.
- Στα υδροηλεκτρικά έργα χωρίς ταμιεύτηρα η παραγόμενη ενέργεια εξαρτάται από την υδρολογική δίαιτα του ποταμού. Ο ΣΔ μπορεί να «σχεδιαστεί» λαμβάνοντας υπόψη το εύρος των παροχών εκμετάλλευσης

# Ενεργειακό μίγμα

Ακατοίκητο νησί της Μεσογείου πρόκειται να αποικιστεί από περίπου 10000 κατοίκους και σχεδιάζεται το ενεργειακό μίγμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ενεργειακές πηγές του νησιού που εξετάζονται είναι:

## *Κοίτασμα λιγνίτη.*

Η θερμογόνο δύναμη είναι 10 MJ/kg, ενώ τα αποθέματα εκτιμώνται σε  $5 \cdot 10^6$  tn

## *Ορεινή λίμνη.*

Η μέση ετήσια εισροή εκτιμάται σε 20 hm<sup>3</sup> ενώ υπάρχει δυνατότητα πτώσης του νερού από ύψος 400 m

## *Αιολική ενέργεια.*

Εκτίμηση του αιολικού δυναμικού δείχνει ότι οι ανεμογεννήτριες θα έχουν συντελεστή δυναμικότητας 0.3

## *Ηλιακή ενέργεια.*

Η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία στο έδαφος εκτιμάται σε 1825 kWh/m<sup>2</sup>/year.

**Θεωρώντας:** Εγκατεστημένη ισχύ **1.5 KW/c** και απαιτούμενη ετήσια ενέργεια **6 MWh/c** έχουμε:

Συνολική ισχύς συστήματος: **15 MW**      Ζητούμενη ετήσια ενέργεια: **60 GWh**

**Ζητούμενος συντελεστής δυναμικότητας (capacity factor):  $60 \text{ GWh} / (15 \text{ MW} \cdot 8760 \text{ hr}) = 0.46$**

**Χαρακτηριστικά κάθε ενεργειακής πηγής για επιλογή εγκατάστασης ισχύος 5 MW**

## *Κοίτασμα λιγνίτη*

Συνολική θερμική ενέργεια:  $10 \text{ MJ/kg} \cdot 5 \cdot 10^9 \text{ kg} = 50 \cdot 10^9 \text{ MJ}$

Θεωρώντας το συντελεστή απόδοσης του θερμοηλεκτρικού σε 0.35 έχουμε:

Συνολική ηλεκτρική ενέργεια:  $17.5 \cdot 10^9 \text{ MJ} = 4.86 \cdot 10^3 \text{ GWh}$

Επιλέγοντας συντελεστή δυναμικότητας του θερμοηλεκτρικού 60% έχουμε:

Ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια:  $5 \text{ MW} \cdot 8.760 \cdot 0.6 = 26,28 \text{ GWh}$

Έτη εξάντλησης κοιτάσματος: 185

## *Ορεινή λίμνη*

Θεωρώντας συντελεστή απόδοσης του υδροηλεκτρικού σε 80% έχουμε:

Ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια:  $0.8 \cdot 20 \text{ hm}^3 \cdot 400 \text{ m} / 367 = 17,44 \text{ GWh}$

Ετήσιες ώρες λειτουργίας:  $17440 \text{ MWh} / 5 \text{ MW} = 3488$

Συντελεστής δυναμικότητας: 0.40

## *Αιολική ενέργεια*

Ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια:  $5 \text{ MW} \cdot 0.3 \cdot 8760 = 13,14 \text{ GWh}$

## *Ηλιακή ενέργεια*

Θεωρώντας φωτοβολταϊκά πλαίσια εμβαδού 8 m<sup>2</sup>/kW και συντελεστή απόδοσης 12% έχουμε:

Ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια:  $5000 \text{ kW} \cdot 8 \text{ m}^2/\text{kW} \cdot 1825 \text{ kWh/m}^2 \cdot 0.12 = 8.76 \text{ GWh}$

Συντελεστής δυναμικότητας: 0.20

# Ενεργειακό μίγμα-Επιλογές

## Ζητούμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια;

Εξαρτάται από: (α) πληθυσμό, (β) είδος δραστηριοτήτων, (γ) κλιματολογικές συνθήκες, (δ) οικονομικά μεγέθη, (ε) υποδομές και (ζ) κοινωνικές και πολιτικές συνθήκες

## Συντελεστής δυναμικότητας του συνολικού συστήματος;

Εξαρτάται από: (α) ωριαία αιχμή ζήτησης, (β) επιθυμητές ώρες λειτουργίας θερμικών σταθμών, (γ) συμμετοχή των ΑΠΕ και (δ) επιθυμητό επίπεδο ασφαλείας

**Ενεργειακό μίγμα;** Εξαρτάται από: (α) διαθέσιμους ενεργειακούς πόρους, (β) διεθνές περιβάλλον –γεωπολιτική, (γ) τεχνολογικό επίπεδο και (δ) ενεργειακή πολιτική

**60 GWh**

- Συνεχής και πλήρης λειτουργία του συστήματος ( $\Sigma\Delta=1$ ) απαιτεί εγκατεστημένη ισχύ **6.8 MW**
- Στην αιχμή μπορεί να ζητηθεί το 150% της μέσης ωριαίας ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύς θα πρέπει να είναι **10.2 MW** (αντιστοιχεί σε  $\Sigma\Delta=0.67$ )
- Εγκατεστημένη ισχύς **15 MW** (με την πρόσθεση αιολικών-ηλιακών) αντιστοιχεί σε  $\Sigma\Delta= 0.46$

## Πηγές

**Κοίτασμα λιγνίτη:** Ηλεκτρική ενέργεια ~ **5 TWh** (1 MWh/tn):

Επιλέγοντας τα έτη εξάντλησης κοιτάσματος σε **100** έχουμε

παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ~ **50 GWh/y**

Επιλέγοντας συντελεστή δυναμικότητας του θερμοηλεκτρικού **60%** έχουμε εγκατεστημένη ισχύ **9.5 MW**

**Ορεινή λίμνη:** Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ~ **17.5 GWh/y**

Είναι η μόνη από τις πηγές που μπορεί να αντιμετωπίσει αιχμές ζήτησης.

Επιλέγοντας συντελεστή δυναμικότητας **20%** έχουμε εγκατεστημένη ισχύ **9.5 MW**

**Αιολική ενέργεια.** Μια ανεμογεννήτρια ισχύος **3 MW** (διάμετρος ~ 90 m) μπορεί να έχει

παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ~ **8 GWh/y**

**Ηλιακή ενέργεια.** Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ισχύος **3 MW** (πλαίσια εμβαδού ~ 24000 m<sup>2</sup>) μπορεί

να έχει παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ~ **5 GWh/y**



# Ενεργειακό μίγμα

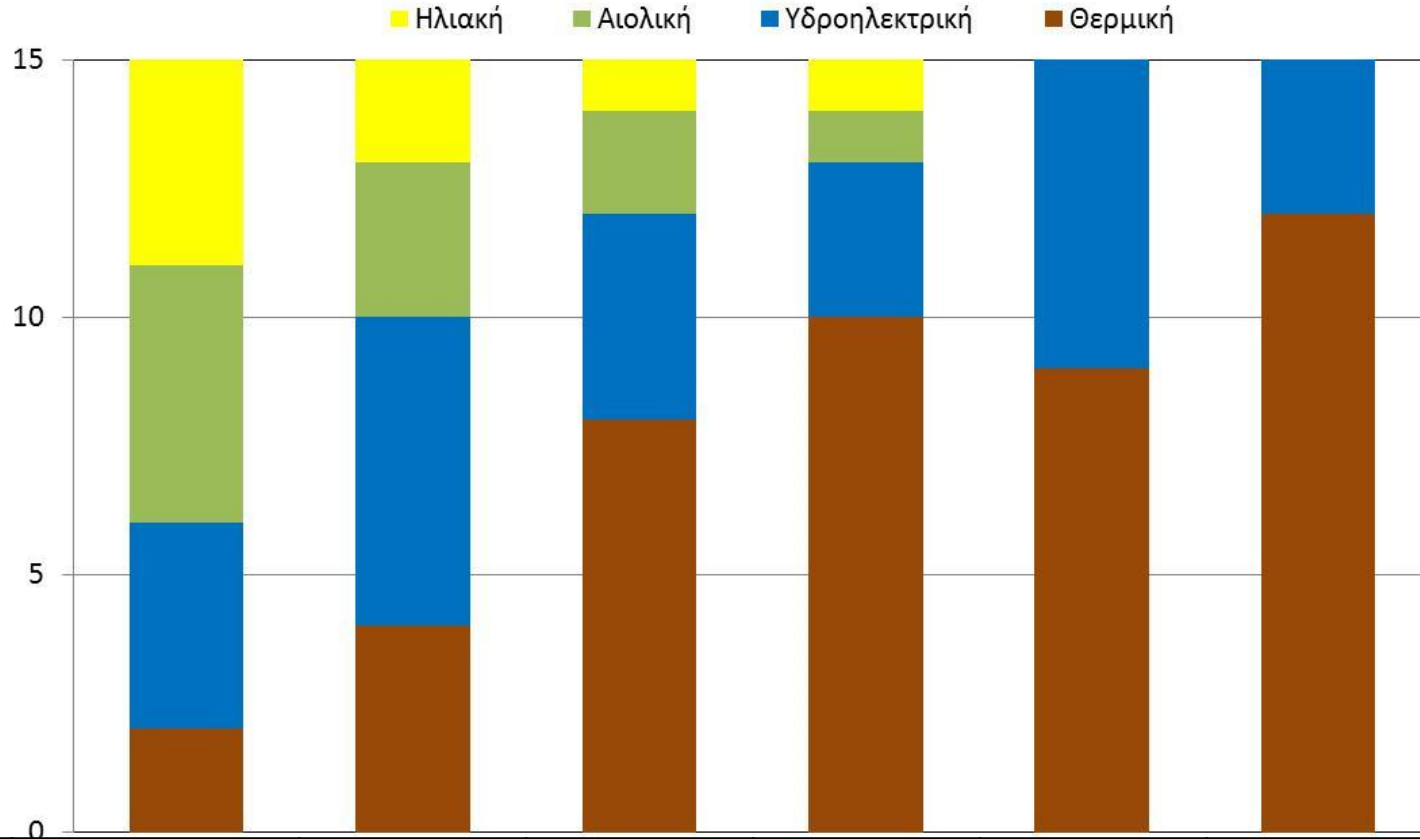
## Συνδυασμοί με συνολική ισχύ 15 MW

Ζητούμενη ετήσια  
ενέργεια: **60 GWh**

Ζητούμενος συντελεστής  
δυναμικότητας: **0.46**

Συντελεστές δυναμικότητας  
Θερμικού: **0.60**  
Αιολικού: **0.30**  
Ηλιακού: **0.20**  
Υδροηλεκτρικού: **0.33-0.66**

Συντελεστές απόδοσης  
Θερμικού: **0.35**  
Ηλιακού: **0.12**  
Υδροηλεκτρικού: **0.80**

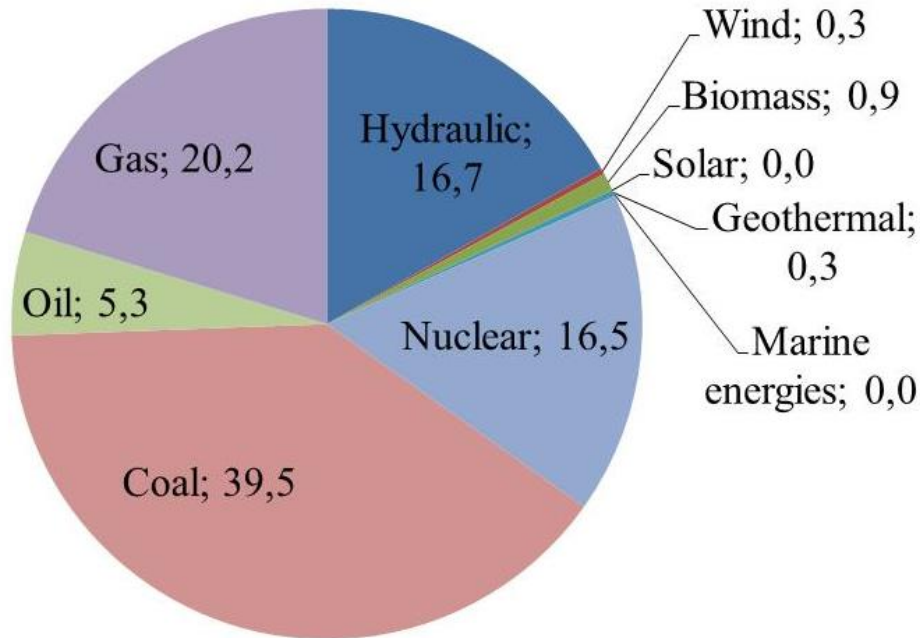


Παραγόμενη ετήσια ενέργεια (GWh)	48,100	49,852	66,496	74,380	64,744	80,512
Συντελεστής δυναμικότητας	0,37	0,38	0,51	0,57	0,49	0,61
Ποσοστό κάλυψης ενέργειας (%)	80	83	111	124	108	134
Έτη εξάντλησης κοιτάσματος	462	231	116	92	103	77
Ώρες λειτουργίας υδροηλεκτρικού	4360	2907	4360	5813	2907	5813

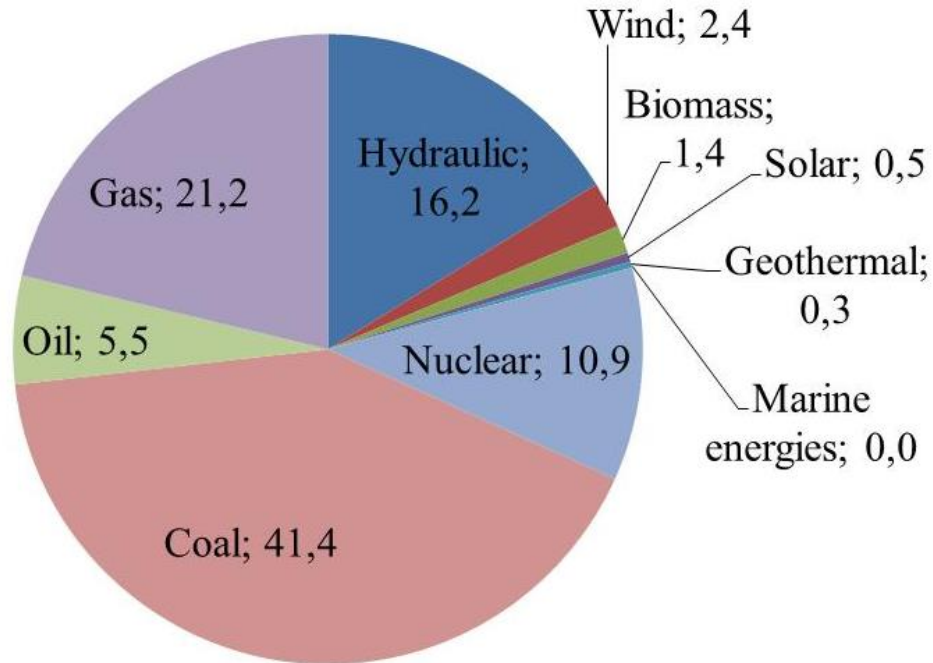
# Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Ενεργειακό μίγμα της παγκόσμιας ηλεκτρικής παραγωγής (%)

2002



2012



**Σύνολο: 16174 TWh**

Ανανεώσιμες: 2959 TWh (18.3%)

Πυρηνική: 2661 TWh (16,5%)

Ορυκτά καύσιμα: 10514 TWh (65.2%)

**Σύνολο: 22616 TWh**

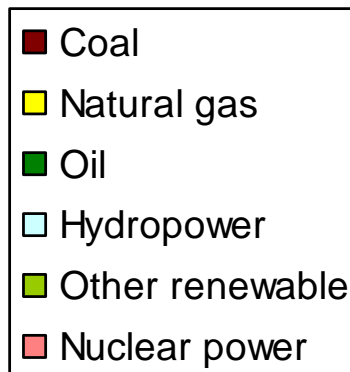
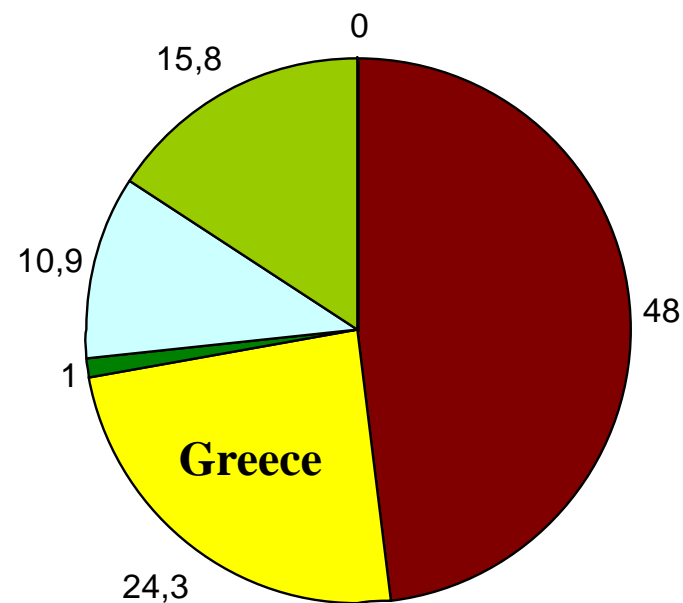
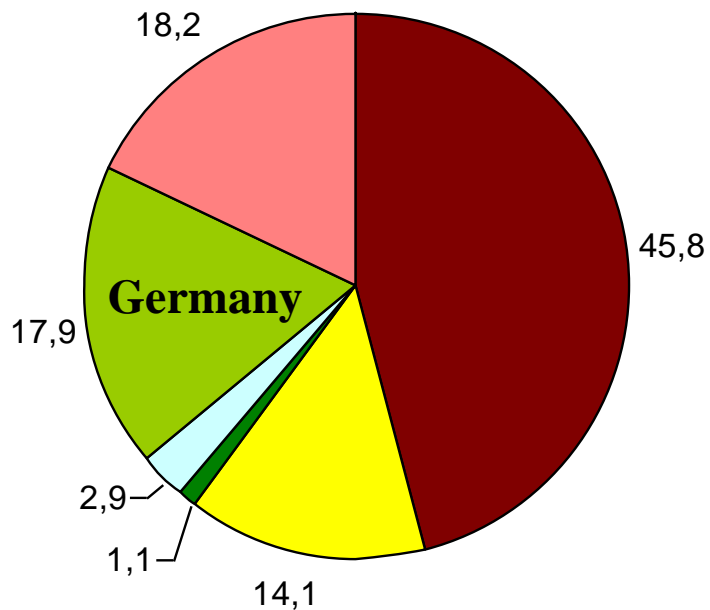
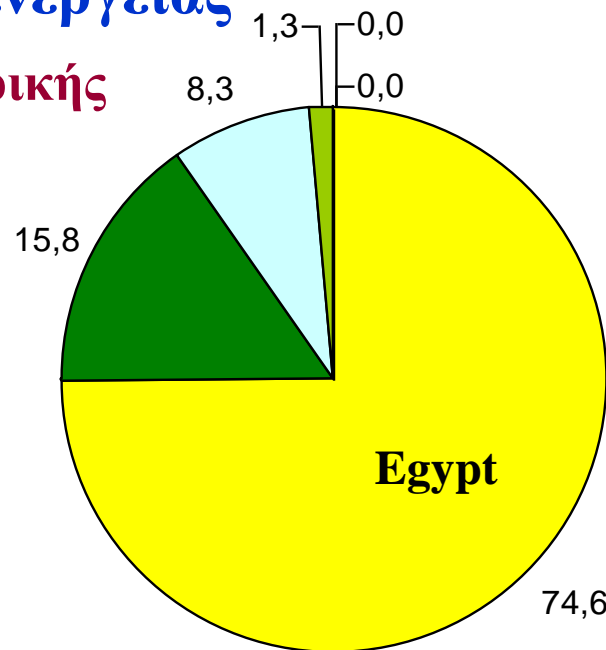
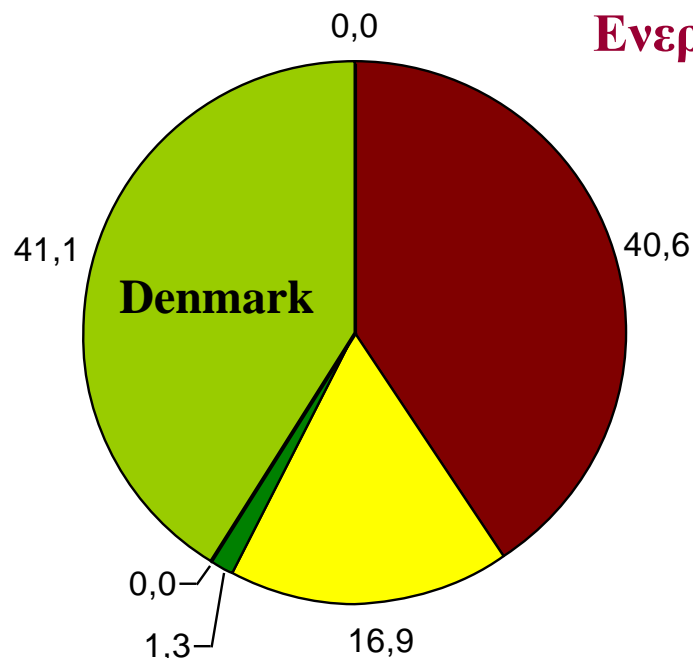
Ανανεώσιμες: 4699 TWh (20.8%)

Πυρηνική: 2463 TWh (10.9%)

Ορυκτά καύσιμα: 15394 TWh (68.3%)

# Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

## Ενεργειακό μίγμα ηλεκτρικής παραγωγής (%)



# Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

## Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2006 (TWh)

Οι 10 χώρες με τη  
μεγαλύτερη παραγωγή

United States	3.892
China	2.859
Russia	985
Japan	983
Germany	549
Canada	530
India	517
France	447
Brazil	402
S. Korea	369

67% της παγκόσμιας παραγωγής

Οι 10 χώρες με τη  
μικρότερη παραγωγή

Comoros	0,0186
Montenegro	0,0186
São Tomé and Príncipe	0,0167
Falkland Islands (Islas Malvinas)	0,0149
Kiribati	0,0093
Turks and Caicos Islands	0,0093
Saint Helena	0,0074
Niue	0,0037
Johnston Atoll	0,0020
Gaza Strip	0,0002

0.0006 % της παγκόσμιας παραγωγής

# Θερμικοί σταθμοί συνδεδεμένοι στο ελληνικό σύστημα (2013)

# Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΓΚΑΤ/ΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
<b>Λιγνιτικές Μονάδες</b>				
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος I	300	274
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος II	300	274
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος III	310	283
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος IV	310	283
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος V	375	342
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αμυνταίου	Αμύνταιο I	300	273
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αμυνταίου	Αμύνταιο II	300	273
ΔΕΗ	ΑΗΣ Καρδιάς	Καρδιά I	300	275
ΔΕΗ	ΑΗΣ Καρδιάς	Καρδιά II	300	275
ΔΕΗ	ΑΗΣ Καρδιάς	Καρδιά III	306	280
ΔΕΗ	ΑΗΣ Καρδιάς	Καρδιά IV	306	280
ΔΕΗ	ΑΗΣ Λιπτόλ	Λιπτόλ I	33	30
ΔΕΗ	ΑΗΣ Λιπτόλ	Λιπτόλ II	10	8
ΔΕΗ	ΑΗΣ Μεγαλόπολης A	Μεγαλόπολη III	300	255
ΔΕΗ	ΑΗΣ Μεγαλόπολης B	Μεγαλόπολη IV	300	256
ΔΕΗ	ΑΗΣ Μελίτης	Μελίτη I	330	289
ΔΕΗ	ΑΗΣ Πτολεμαΐδας	Πτολεμαΐδα II	125	116
ΔΕΗ	ΑΗΣ Πτολεμαΐδας	Πτολεμαΐδα III	125	116
ΔΕΗ	ΑΗΣ Πτολεμαΐδας	Πτολεμαΐδα IV	300	274
<i>Σύνολο ισχύος Λιγνιτικών Μονάδων:</i>			<i>4930</i>	<i>4456</i>
<b>Πετρελαϊκές Μονάδες</b>				
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αλιβερίου	Αλιβέρι III	150	144
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αλιβερίου	Αλιβέρι IV	150	144
ΔΕΗ	ΑΗΣ Λαυρίου	Λαύριο I	130	123
ΔΕΗ	ΑΗΣ Λαυρίου	Λαύριο II	300	287
<i>Σύνολο ισχύος Πετρελαϊκών Μονάδων:</i>			<i>730</i>	<i>698</i>
<b>Μονάδες Φυσικού Αερίου Συνδασμένον Κύκλου (ΜΣΚ)</b>				
ΔΕΗ	ΑΗΣ Κομοτηνής	ΜΣΚ Κομοτηνής	484,6	476,3
ΔΕΗ	ΑΗΣ Λαυρίου	Λαύριο III («Μικρή ΜΣΚ»)	176,5	173,4
ΔΕΗ	ΑΗΣ Λαυρίου	Λαύριο IV («Μεγάλη ΜΣΚ»)	560	550,2
ΔΕΗ	ΑΗΣ Λαυρίου	Λαύριο V («Νέα ΜΣΚ»)	385,2	377,6
ELPEDISON ENERΓΕΙΑΚΗ	ΘΗΣ ΕΝΘΕΣ	ΜΣΚ ΕΝΘΕΣ	395	389,4
ΗΡΩΝ II ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΘΗΣ ΗΡΩΝ II	ΜΣΚ ΗΡΩΝ II	432	422,1
KOPINΘOS POWER	ΘΗΣ Αγ. Θεοδώρων	ΜΣΚ Αγ. Θεοδώρων	436,6	433,5
ELPEDISON ENERΓΕΙΑΚΗ	ΘΗΣ Θίσβης	ΜΣΚ Θίσβης	421,6	410
PROTERΓΙΑ	ΘΗΣ Αγ. Νικολάου	ΜΣΚ Αγ. Νικολάου	444,5	432,7
<i>Σύνολο ισχύος Μονάδων Φ4 Συνδασμένον Κύκλου:</i>			<i>3736</i>	<i>3665,2</i>
<b>Ατμοστροβιλικές Μονάδες Φυσικού Αερίου</b>				
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου	Αγ. Γεώργιος VIII	160	151
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου	Αγ. Γεώργιος IX	200	188
ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ	ΘΗΣ ΗΡΩΝ	3 μονάδες	148,5	147,8
<i>Σύνολο ισχύος Ατμοστροβιλικών Μονάδων Φ4:</i>			<i>508,5</i>	<i>486,8</i>
<b>Κατανομόμενες Μονάδες ΣΗΘΥΑ</b>				
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΝ	ΘΗΣ Αλουμινίου	3 μονάδες	334	334
<i>Σύνολο ισχύος Κατανομόμενων Μονάδων ΣΗΘΥΑ:</i>			<i>334</i>	<i>334</i>
<i>Σύνολο ισχύος Θερμοηλεκτρικών Σταθμών:</i>			<i>10238,5</i>	<i>9640</i>

# Υδροηλεκτρικοί σταθμοί συνδεδεμένοι στο σύστημα (2009)

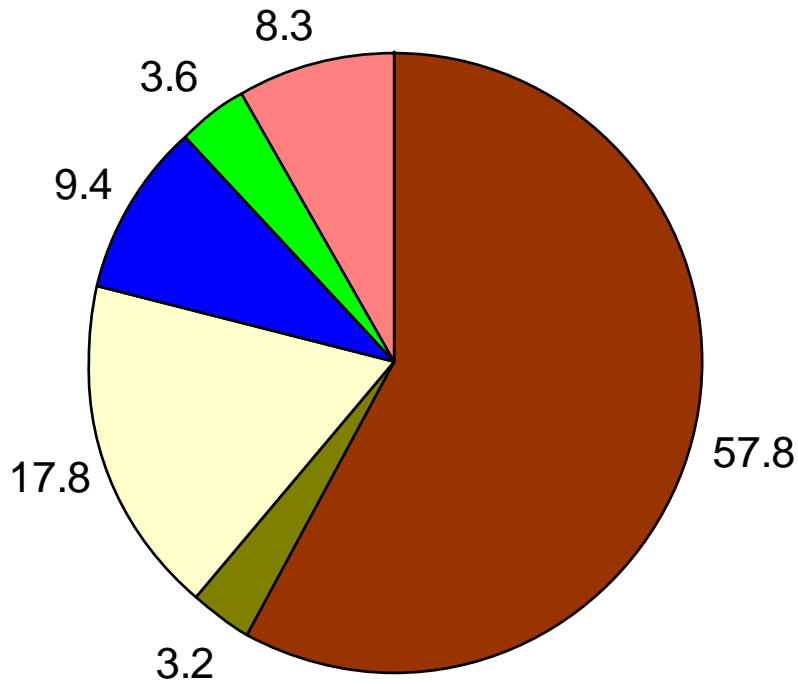
ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΓΚΑΤΕ-ΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
ΔΕΗ	Άγρας	Άγρας I, II	2x25	2x25
ΔΕΗ	Ασώματα	Ασώματα I, II	2x54	2x54
ΔΕΗ	Εδεσσαίος	Εδεσσαίος	19	19
ΔΕΗ	Θησαυρός	Θησαυρός I-III	3x128	3x128
ΔΕΗ	Καστράκι	Καστράκι I-IV	4x80	4x80
ΔΕΗ	Κρεμαστά	Κρεμαστά I-IV	4x109.3	4x109.3
ΔΕΗ	Λάδονας	Λάδονας I, II	2x35	2x35
ΔΕΗ	Πηγές Αώου	Πηγές Αώου I, II	2x105	2x105
ΔΕΗ	Πλαστήρας	Πλαστήρας I-III	3x43.3	3x43.3
ΔΕΗ	Πλατανόβρυση	Πλατανόβρυση I, II	2x58	2x58
ΔΕΗ	Πολύφυτο	Πολύφυτο I-III	3x125	3x125
ΔΕΗ	Πουρνάρι I	Πουρνάρι I, I-III	3x100	3x100
ΔΕΗ	Πουρνάρι II	Πουρνάρι II, I-II Πουρνάρι II, III	2x16 1.6	2x16 1.6
ΔΕΗ	Στράτος	Στράτος I, II	2x75	2x75
ΔΕΗ	Σφηκιά	Σφηκιά I-III	3x105	3x105
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ</b>			<b>3017.7</b>	<b>3017.7</b>

Πηγή: ΑΔΜΗΕ, Μελέτη επάρκειας ισχύος 2013-2020

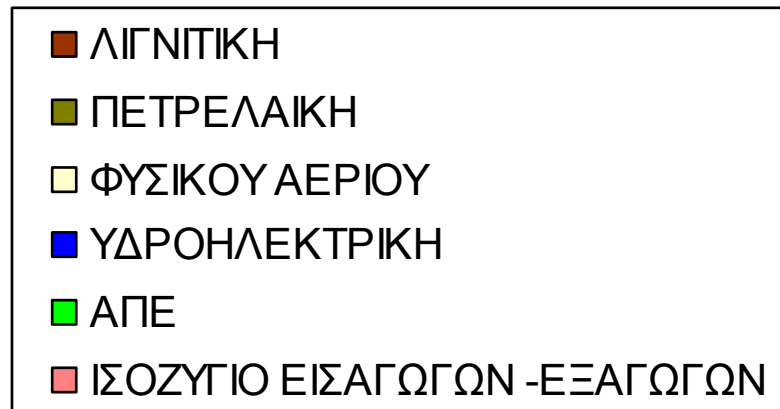
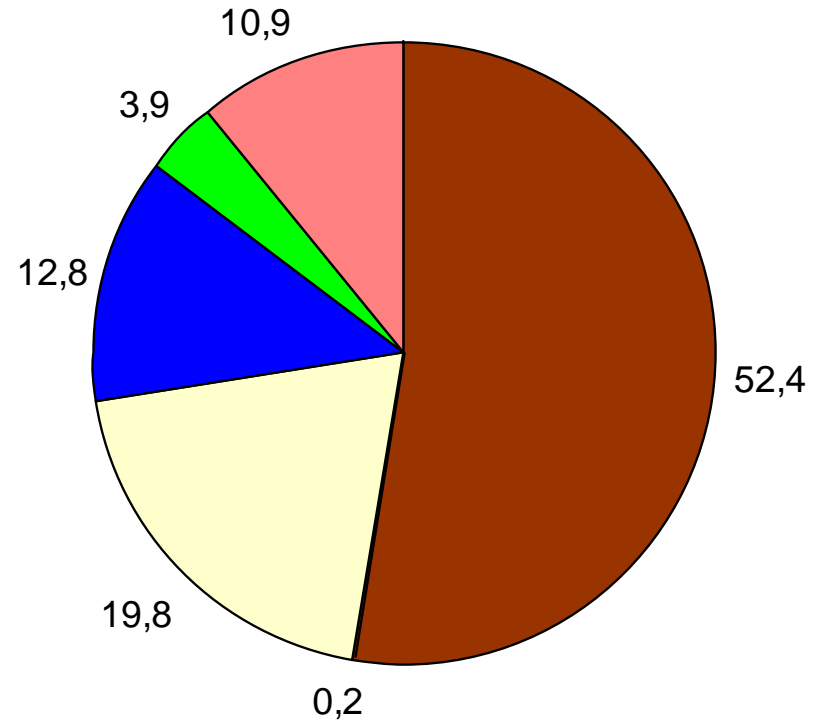
# Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

## Ανάλυση παραγωγής στην Ελλάδα

2009



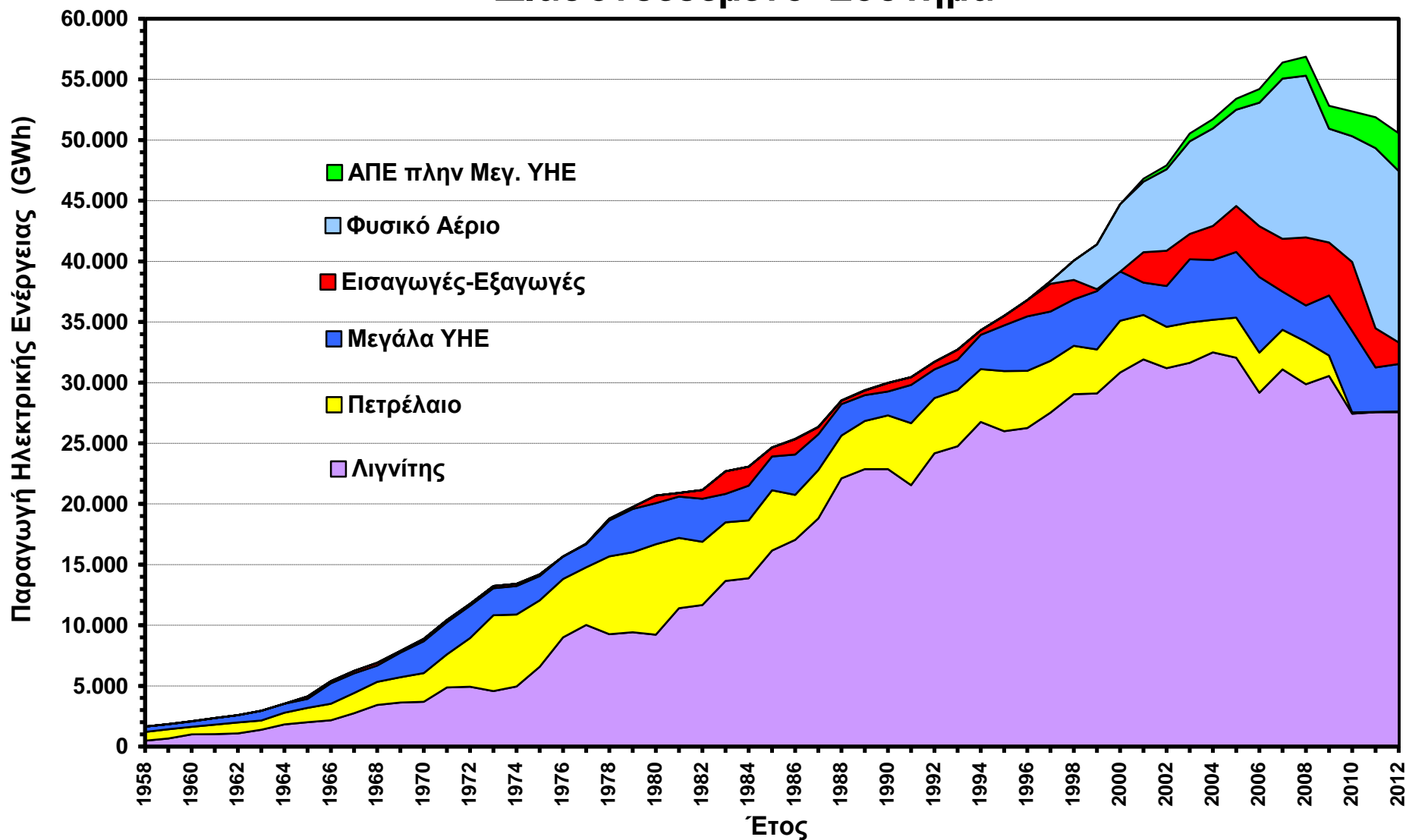
2010



# Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Χρονική εξέλιξη παραγωγής (1958-2012) σε GWh

## Διασυνδεδεμένο Σύστημα

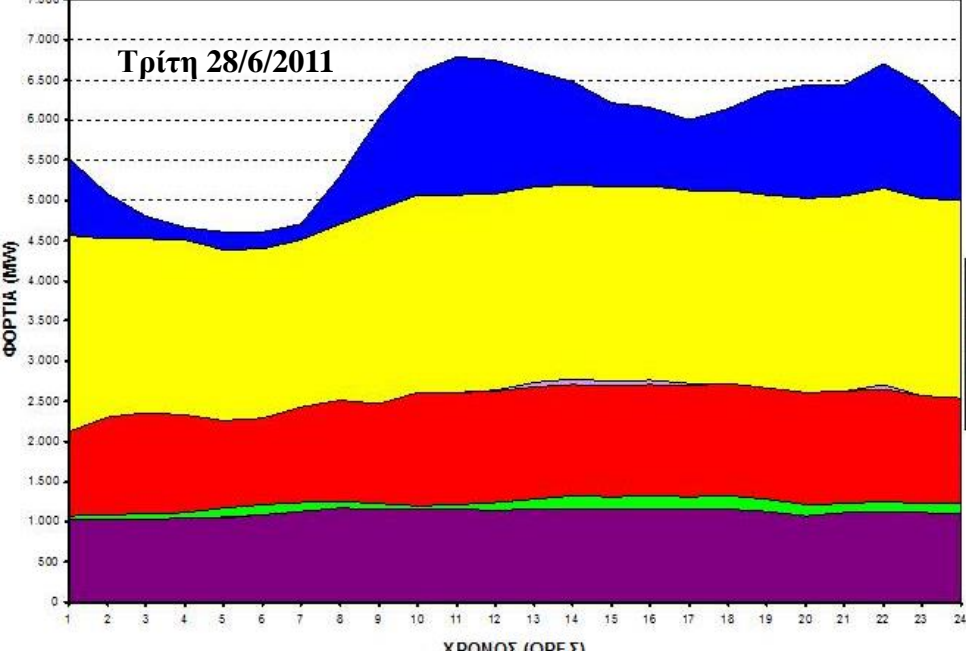
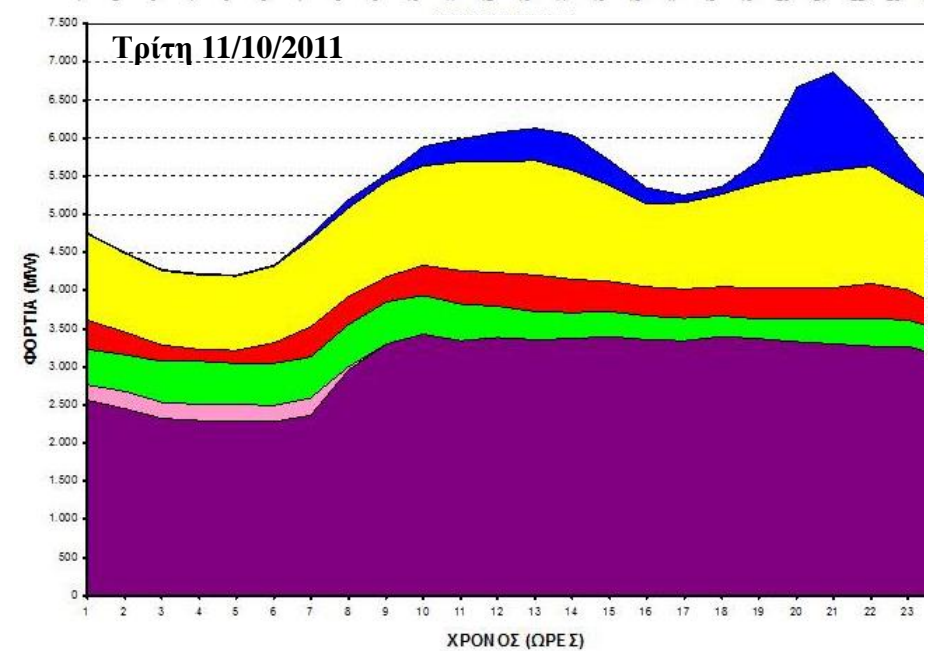
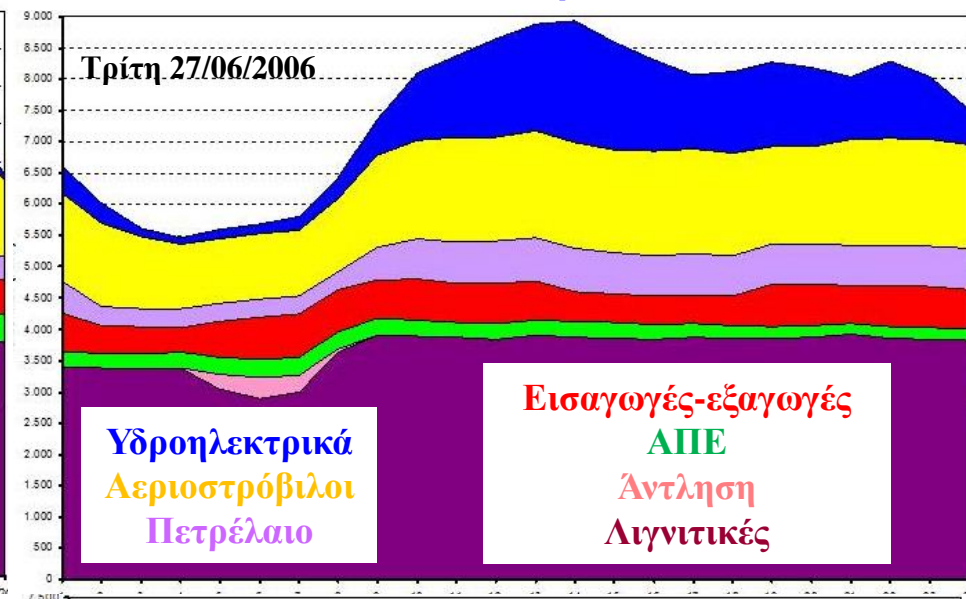
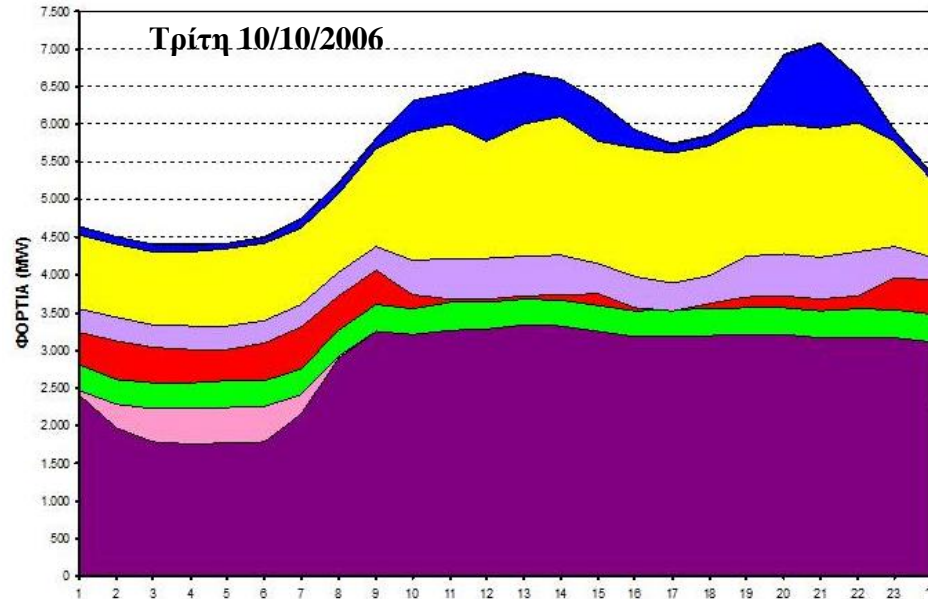


# Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Διασυνδεδεμένο Σύστημα: Ωριαία παραγωγή MWh στην ημέρα

Φθινόπωρο

Καλοκαίρι





# Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

## Παράγοντες διαμόρφωσης ζήτησης

Η ζήτηση ενέργειας από ένα σύστημα (π.χ. κράτος-νησί) εξαρτάται από:

- Τον πληθυσμό (κάτοικοι-επισκέπτες, μετανάστες)
- Το είδος των δραστηριοτήτων (βιομηχανία)
- Τις κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου)
- Διάφορα οικονομικά μεγέθη (τιμή ενέργειας, μέσο εισόδημα, ΑΕΠ κλπ)
- Υποδομές (δίκτυα μεταφοράς, κατοχή οικιακών συσκευών κλπ)
- Κοινωνικές συνθήκες (καταναλωτικές συνήθειες, ημέρες και ώρες που γίνονται διάφορες δραστηριότητες)
- Πολιτικές συνθήκες (εξοικονόμηση ενέργειας, περιβαλλοντικοί περιορισμοί)

# Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

## Κατανάλωση (kWh ανά κάτοικο ανά έτος)

Χώρα	2005	2006	2007
Iceland	27.987	31.328	36.853
Norway	25.083	24.100	24.980
Finland	16.120	17.177	17.162
Canada	17.319	16.724	16.995
Luxembourg	15,681	16,414	16,315
Kuwait	15.345	16.311	16.198
United Arab Emirates	13.759	14.622	16.165
Sweden	15.440	15.231	15.238
Bahrain	11.622	12.527	14.153
United States	13.701	13.582	13.652

Χώρα	2005	2006	2007
Haiti	36	37	30
Ethiopia	34	38	40
Benin	75	74	72
Nepal	79	80	80
Tanzania	69	69	82
Sudan	79	85	90
Cambodia	55	75	94
Myanmar	81	92	94
Togo	102	102	96
Congo	91	94	97

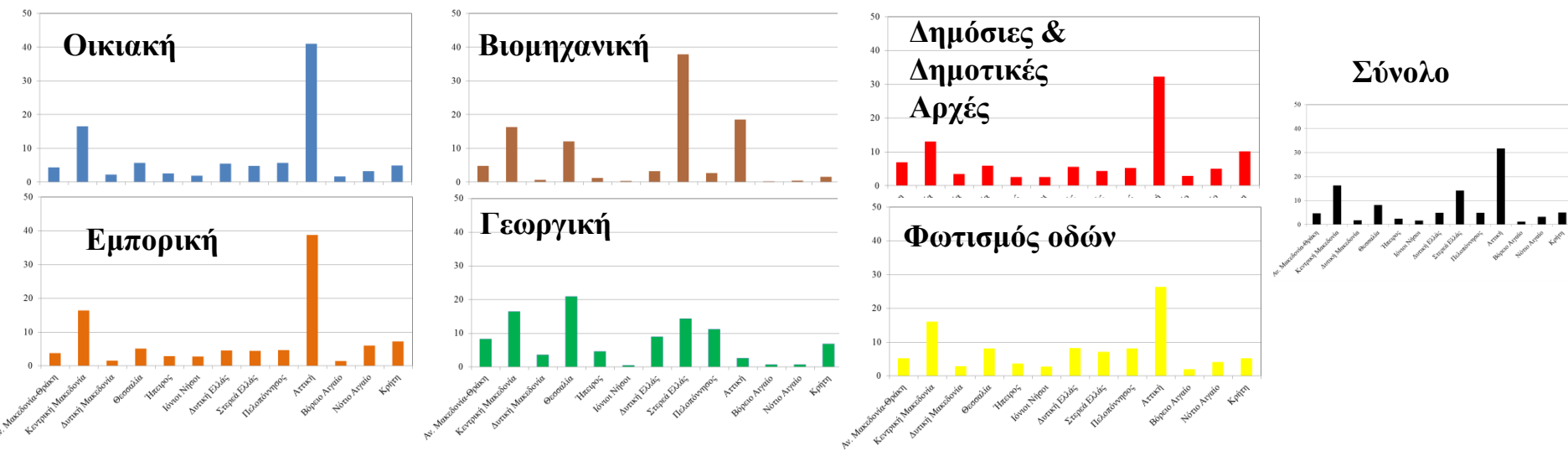
**Ελλάδα**                      **5.242**                      **5.372**                      **5.628**

# Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

*Ηλεκτρική ενέργεια (TWh) ανά περιφέρεια και χρήση (μέσες τιμές περιόδου 2002-2012)*

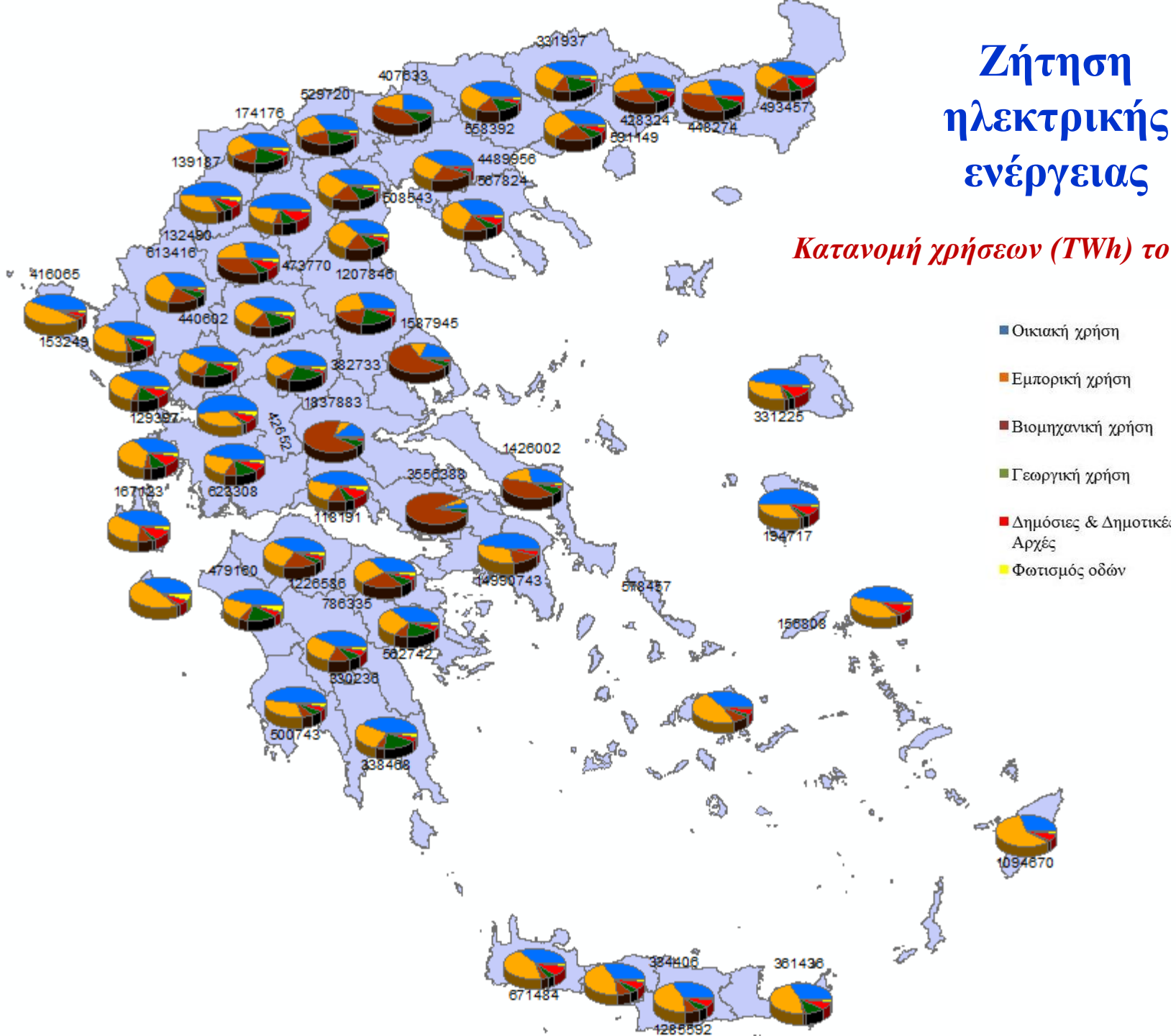
	Σύνολο	Οικιακή χρήση	Εμπορική χρήση	Βιομηχανική χρήση	Γεωργική χρήση	Δημόσιες & Δημοτικές Αρχές	Φωτισμός οδών
Αν. Μακεδονία-Θράκη	2,4	0,8	0,6	0,7	0,2	0,1	0,0
Κεντρική Μακεδονία	8,3	2,9	2,4	2,3	0,4	0,3	0,1
Δυτική Μακεδονία	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
Θεσσαλία	4,2	1,0	0,7	1,7	0,6	0,1	0,1
Ήπειρος	1,2	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0
Ιόνιοι Νήσοι	0,9	0,3	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0
Δυτική Ελλάς	2,5	1,0	0,7	0,5	0,2	0,1	0,1
Στερεά Ελλάς	7,3	0,8	0,6	5,2	0,4	0,1	0,1
Πελοπόννησος	2,5	1,0	0,7	0,4	0,3	0,1	0,1
Αττική	16,2	7,2	5,6	2,6	0,1	0,6	0,2
Βόρειο Αιγαίο	0,6	0,3	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
Νότιο Αιγαίο	1,6	0,6	0,9	0,1	0,0	0,1	0,0
Κρήτη	2,5	0,9	1,0	0,2	0,2	0,2	0,0
Σύνολο	51,2	17,5	14,4	13,8	2,7	2,0	0,8

*Ηλεκτρική ενέργεια (%) ανά περιφέρεια και χρήση (μέσες τιμές περιόδου 2002-2012)*



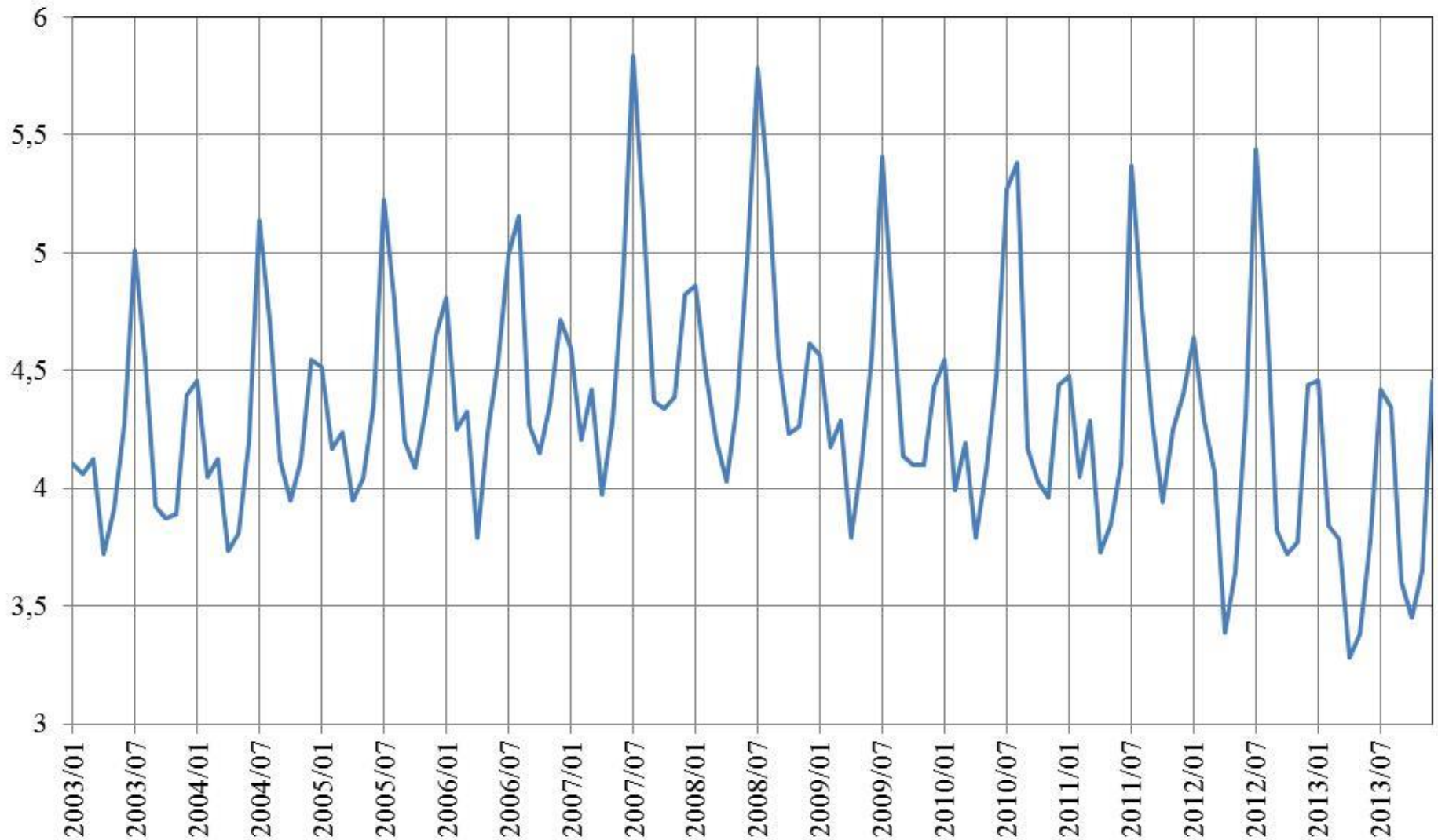
# Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

*Κατανομή χρήσεων (TWh) το 2011*



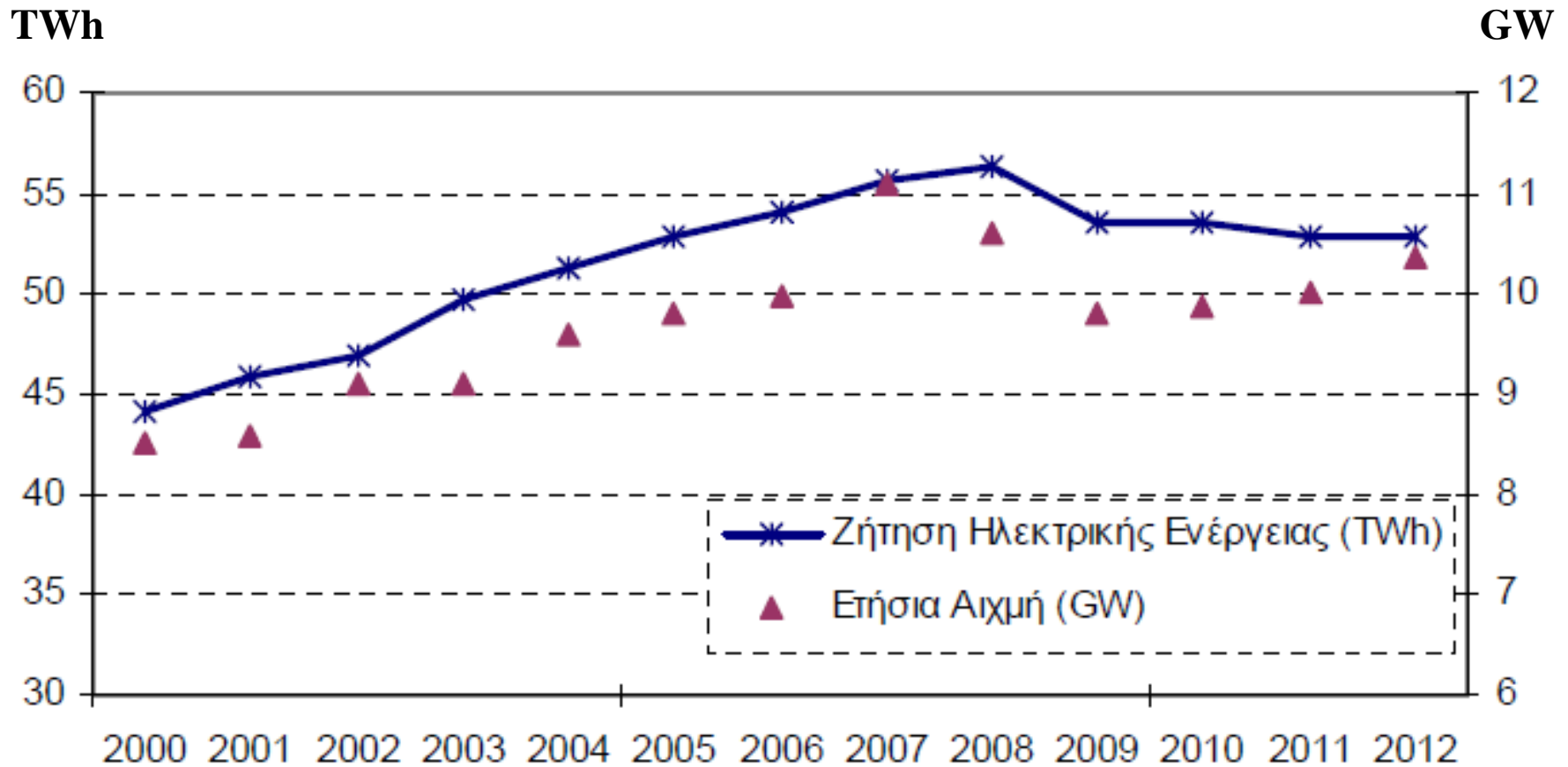
# Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

Εξέλιξη μηνιαίας ζήτησης (TWh) τα έτη 2003-2013



# Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

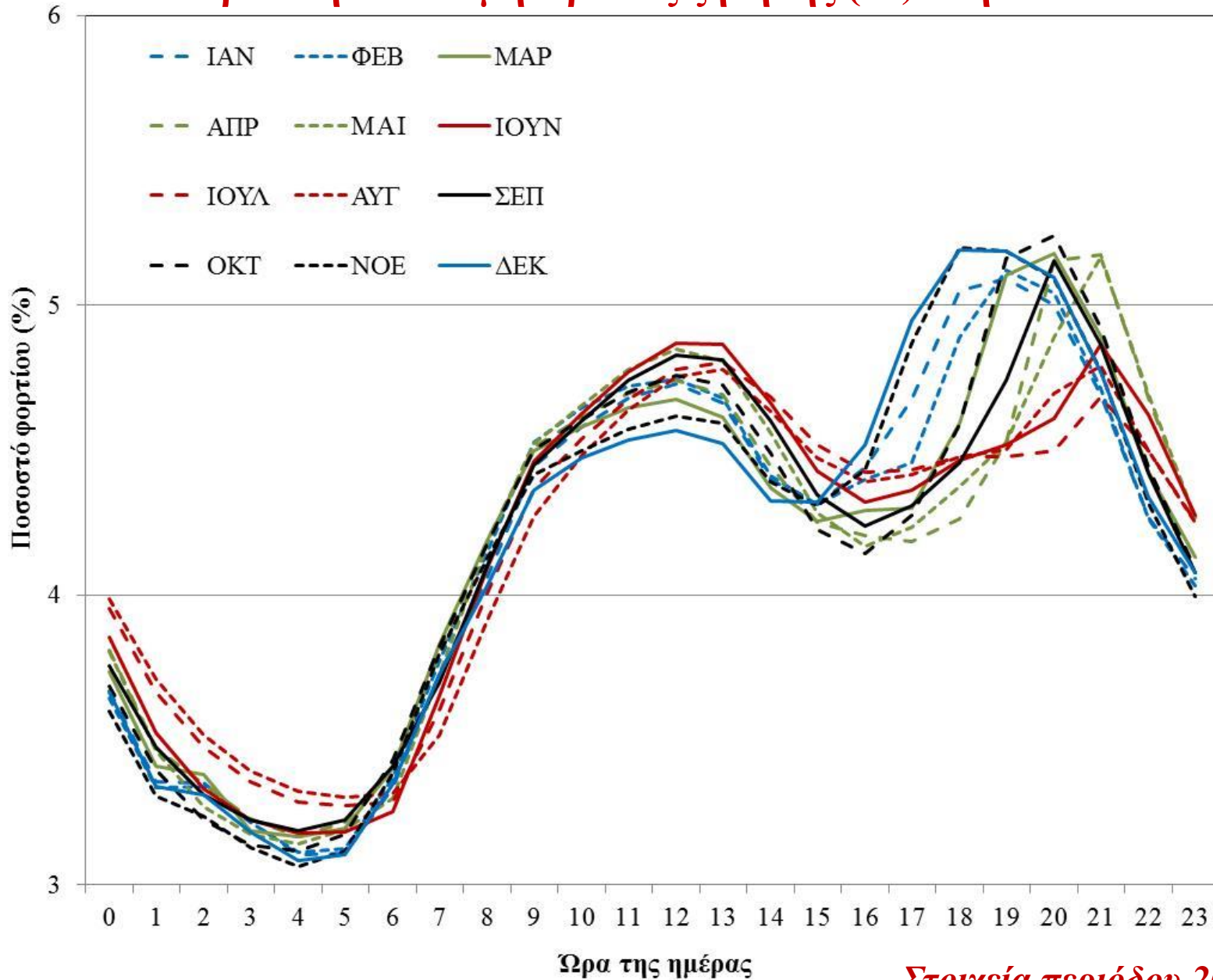
*Ετήσια ζήτηση (TWh) και ωριαία αιχμή (GW) για την περίοδο 2000-2012*



*Πηγή: ΑΔΜΗΕ, ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2013 – 2020, Οκτώβριος 2013*

# Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

## Χρονική κατανομή ωριαίας ζήτησης (%) στην Ελλάδα



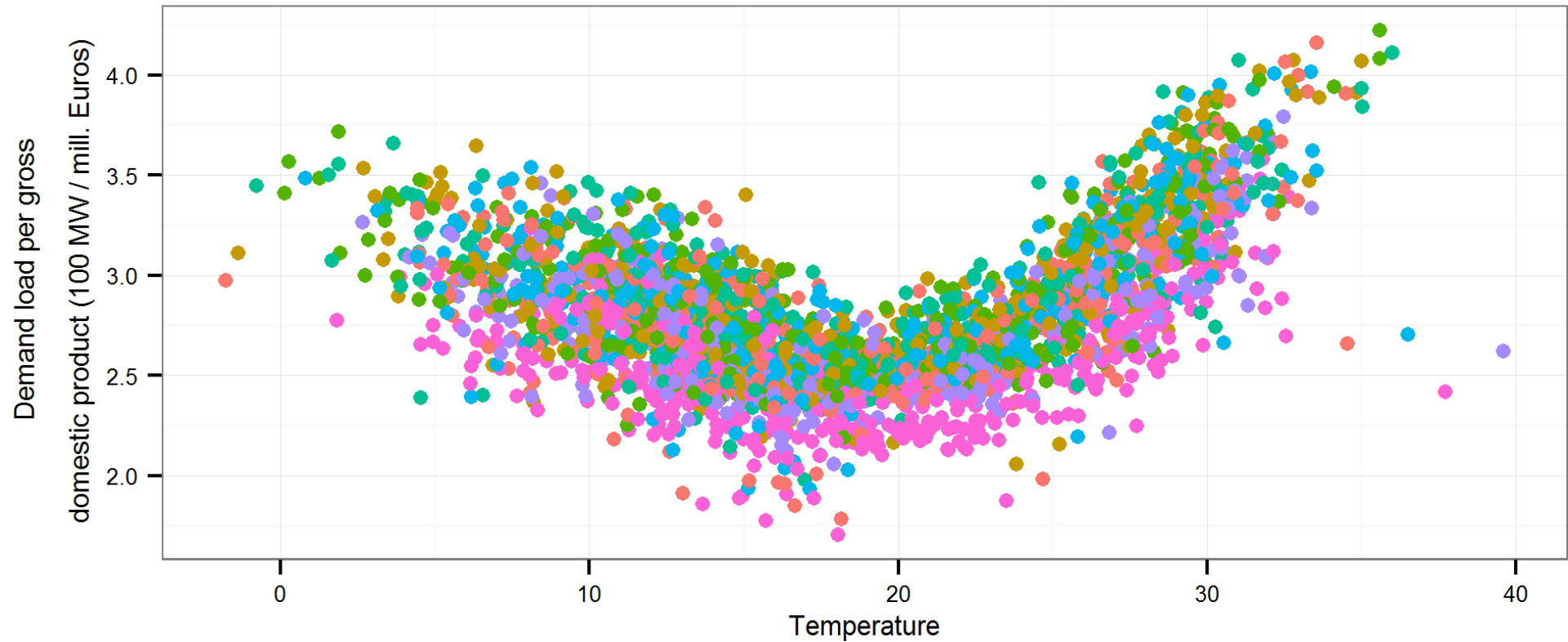
Στοιχεία περιόδου 2002-2012

# Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

## Συσχέτιση ζήτησης με τη θερμοκρασία (2003-2013)

Monthly mean demand load per gross domestic product  
of hydrological year compared to temperature

Weekday ● Monday ● Tuesday ● Wednesday ● Thursday ● Friday ● Saturday ● Sunday





# Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας

Καύσιμη ύλη- Νερό-  
Αέρας-Ήλιος

Σταθμός παραγωγής

Γεννήτρια

Μετασχηματιστής

Σύστημα μεταφοράς  
ηλεκτρικής ενέργειας (δίκτυο  
υψηλής και υπερύψηλης τάσης)

Υποσταθμός

Δίκτυο διανομής ηλεκτρικής  
ενέργειας (μέσης και χαμηλής  
τάσης)

Κατανάλωση



- Στους **σταθμούς παραγωγής ηλεκτρισμού**, παράγεται από την **ηλεκτρογεννήτρια** ηλεκτρικό ρεύμα με μία ορισμένη τιμή τάσης (6.6 kV)
- Η τάση μέσω **μετασχηματιστών** ανυψώνεται σε υψηλές (66 και 150 kV) και υπερυψηλές τιμές (400 kV) ώστε να μειωθούν οι απώλειες μεταφοράς
- Με το **Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας** (το δίκτυο υψηλής και υπερυψηλής τάσης) η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται προς τους **υποσταθμούς**.
- Στους **υποσταθμούς** η τιμή της τάσης υποβιβάζεται για να διανεμηθεί στους καταναλωτές
- Με το **Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας** (μέσης και χαμηλής τάσης), η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από τους υποσταθμούς στους καταναλωτές
- Στον οικιακό τομέα η τιμή της τάσης του ηλεκτρικού ρεύματος είναι 230V

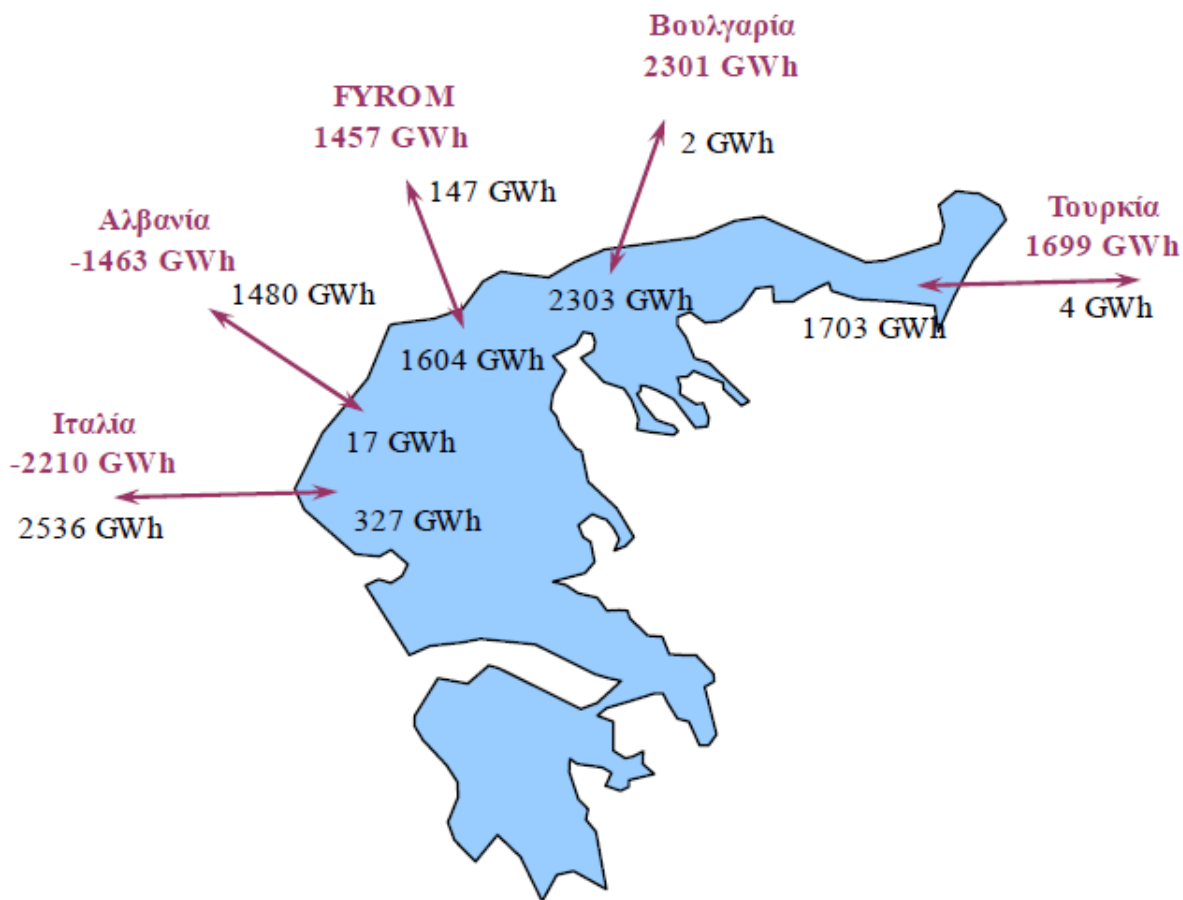
# Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας

- Κύριο χαρακτηριστικό του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος είναι η μεγάλη συγκέντρωση σταθμών παραγωγής στο βόρειο τμήμα της χώρας (Δυτική Μακεδονία, περιοχή Πτολεμαΐδας), ενώ το κύριο κέντρο κατανάλωσης βρίσκεται στο Νότιο (περιοχή Αττικής).
- Δεδομένου ότι και οι διεθνείς διασυνδέσεις με Βουλγαρία και ΠΓΔΜ είναι στο Βορρά, υπάρχει μεγάλη γεωγραφική ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και φορτίων.
- Το γεγονός αυτό οδηγεί στην ανάγκη μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων ισχύος κατά το γεωγραφικό άξονα Βορρά – Νότου, η οποία εξυπηρετείται κυρίως από έναν κεντρικό κορμό 400kV αποτελούμενο από τρεις γραμμές μεταφοράς 400kV διπλού κυκλώματος. Οι γραμμές αυτές συνδέουν το κύριο κέντρο παραγωγής (Δυτική Μακεδονία) με τα ΚΥΤ που βρίσκονται περίξ της ευρύτερης περιοχής της Πρωτεύουσας.
- Η μεγάλη γεωγραφική ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης είχε οδηγήσει στο παρελθόν σε σημαντικά προβλήματα τάσεων.
- Η ένταξη νέων μονάδων παραγωγής στο Νότιο Σύστημα αναμένεται να διαφοροποιήσει σημαντικά αυτή τη γεωγραφική ανισορροπία στο άμεσο μέλλον.



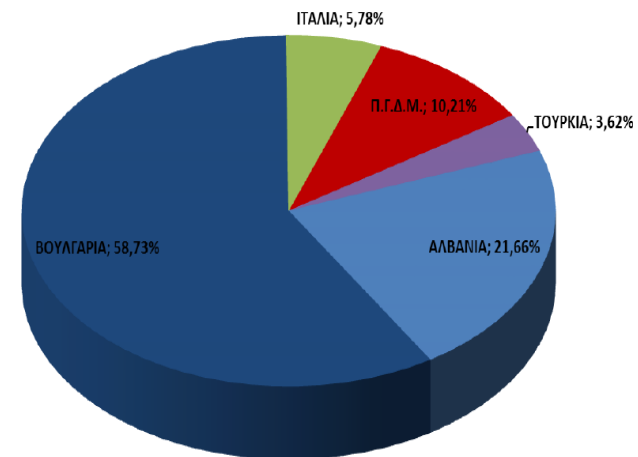
# Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας

2012

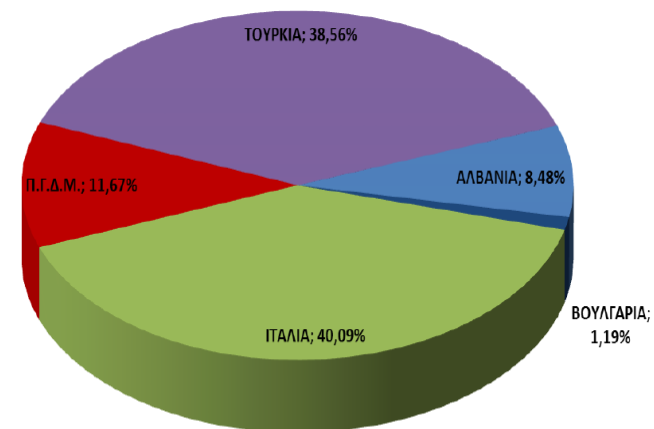


Ελλάδα-10/2013

## Εισαγωγές



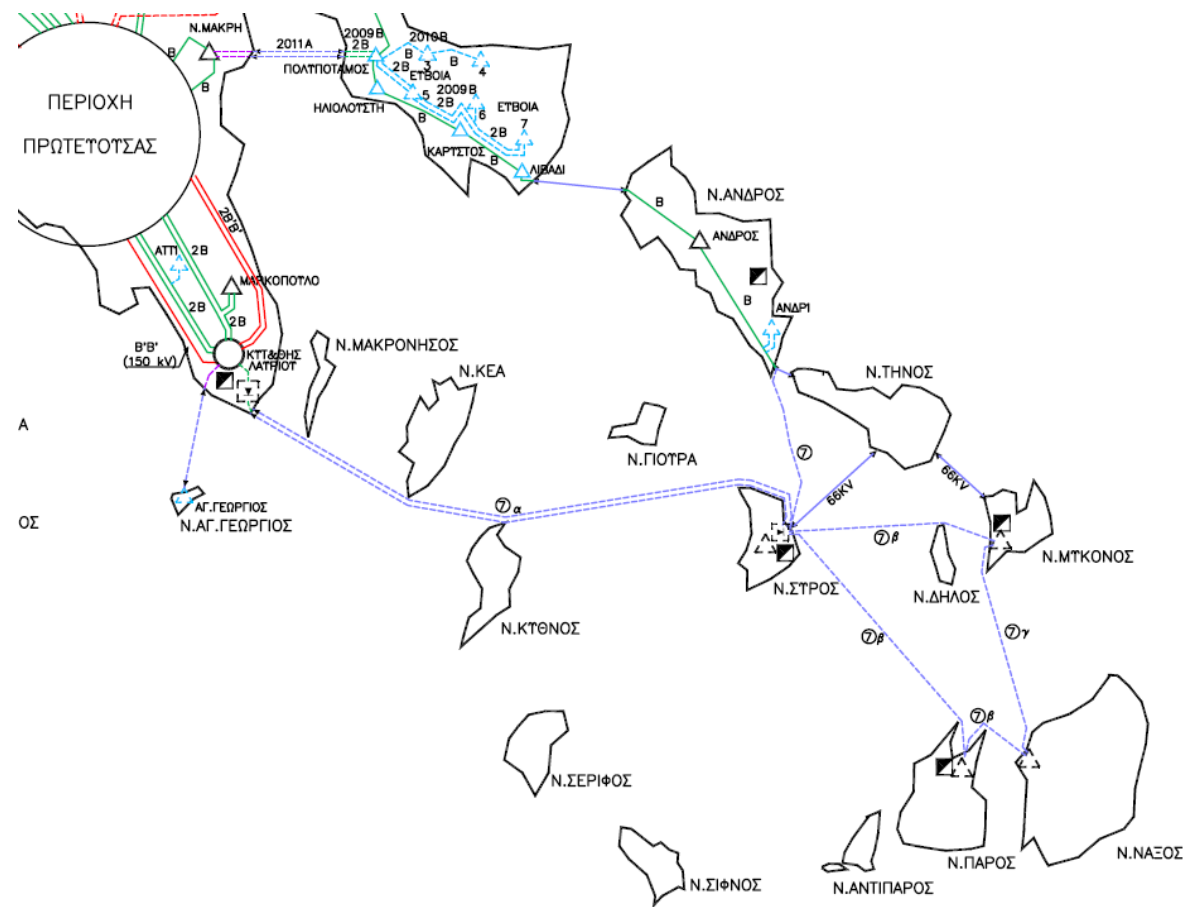
## Εξαγωγές



# Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας

## Διασύνδεση νησιών με υποβρύχιους αγωγούς

## Αυτόνομα-μη διασυνδεδεμένα νησιά

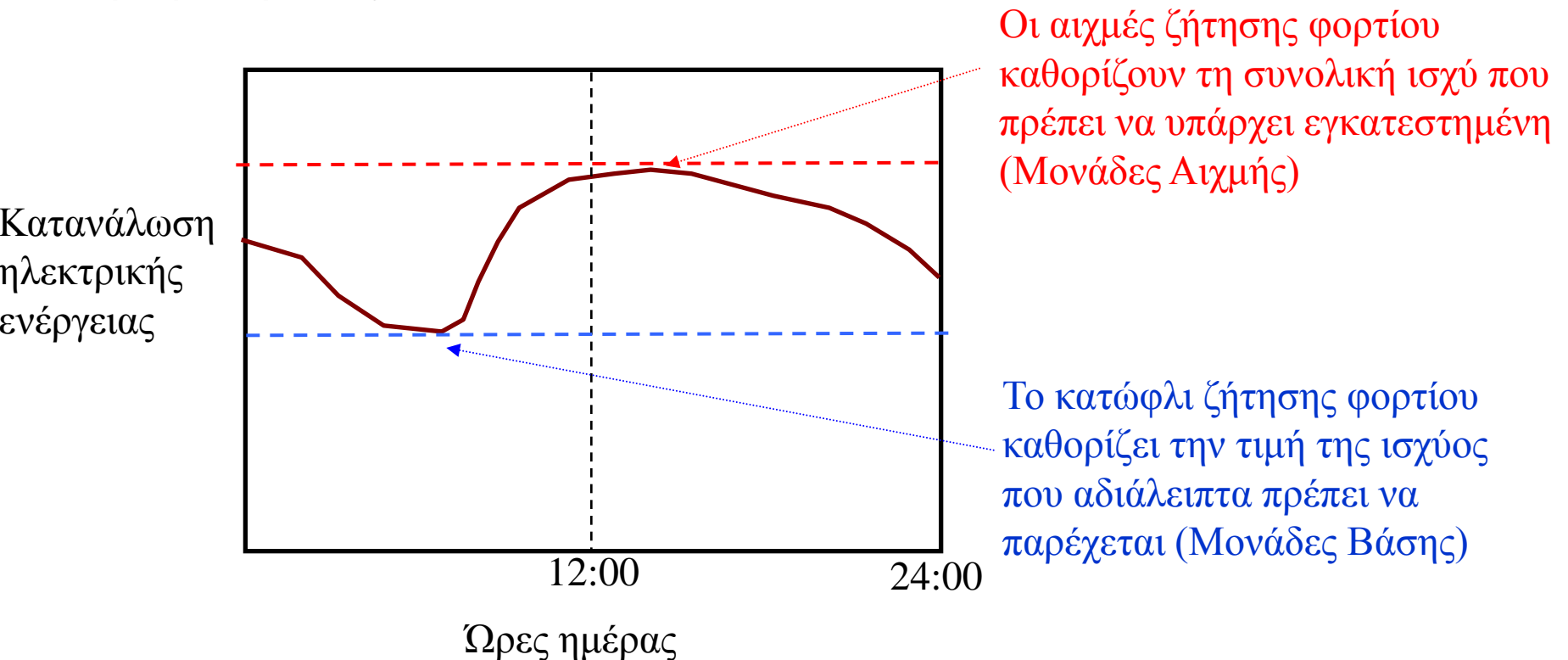


- Μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ χειμώνα-καλοκαιριού και ημέρας-νύχτας
- Τοπικοί πετρελαϊκοί σταθμοί
- Ευαίσθητα δίκτυα
- Υψηλό κόστος παραγόμενης ενέργειας
- Εξάρτηση από την τιμή του πετρελαίου

# Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας

Η τροφοδότηση του ηλεκτρικού δικτύου με ενέργεια, έχει δύο βασικούς περιορισμούς:

- Το δίκτυο πρέπει συνεχώς να τροφοδοτείται με ακριβώς τόση ενέργεια όση καταναλώνεται για αυτό και η παραγωγή πρέπει να μεταβάλλεται συνεχώς.
- Ο χρόνος ενεργοποίησης και μεταβολής του φορτίου των σταθμών παραγωγής είναι διαφορετικός. Η τάξη μεγέθους του χρόνου αυτού είναι ημέρες για τους λιγνιτικούς, ώρες για τους σταθμούς φυσικού αερίου και λεπτά για τους υδροηλεκτρικούς.



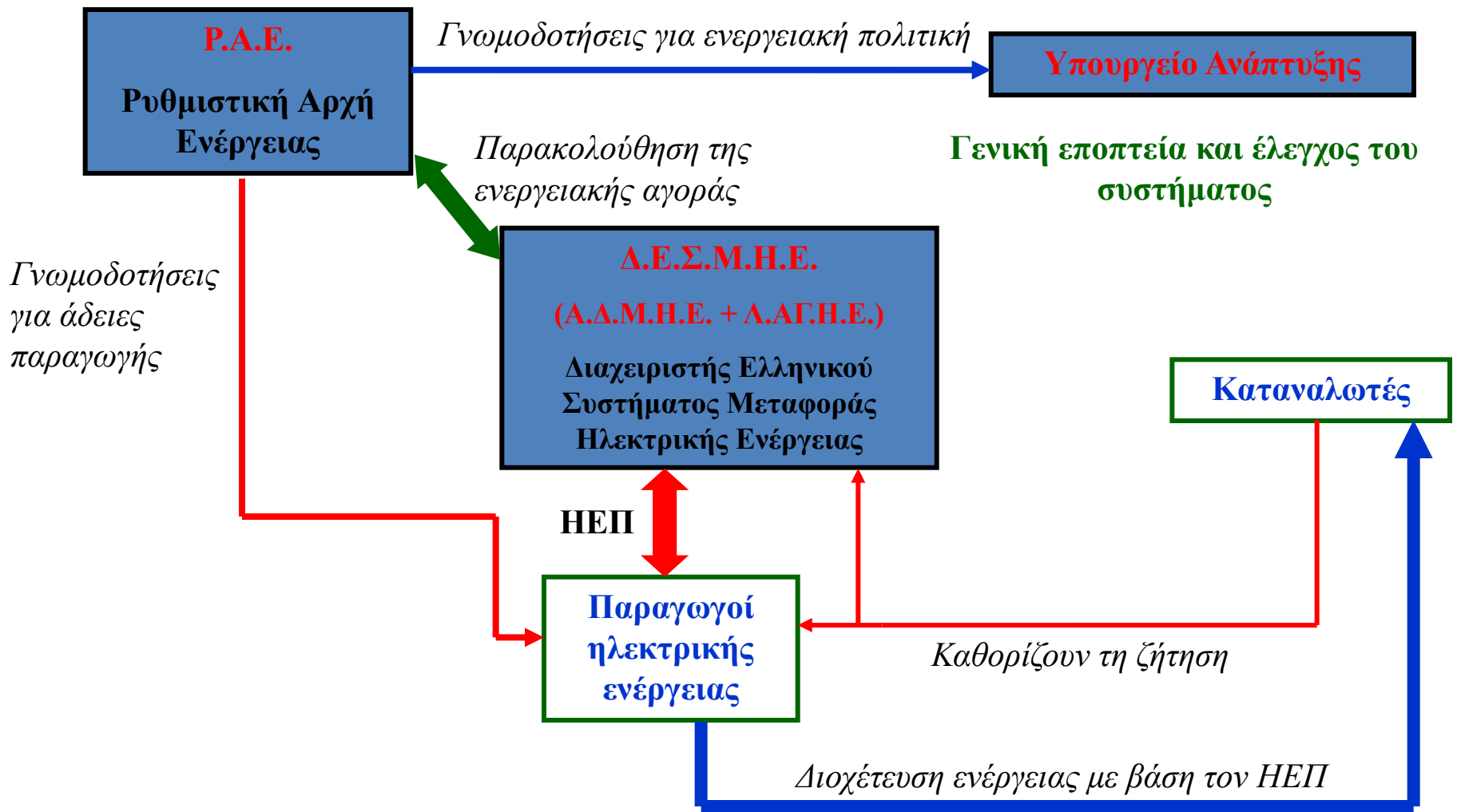
## Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας

Η μεταβολή της παραγωγής ώστε να ισούται με την κατανάλωση πραγματοποιείται με την παρακάτω διαδικασία:

- Όταν η ΔΕΗ προγραμματίζει την παραγωγή ενέργειας για τους *επόμενους μήνες*, με βάση την προηγούμενη εμπειρία για το ποια είναι η κατανάλωση κάθε μήνα, καθώς και τις διεθνείς τιμές ενέργειας, κάνει διεθνείς συμφωνίες για *αγορά ή πώληση ενέργειας*. Έτσι, άλλους μήνες αγοράζει ενέργεια και άλλους μήνες πουλά ενέργεια, πράγμα που επηρεάζει το ενεργειακό ισοζύγιο.
- Όταν προγραμματίζει την παραγωγή ενέργειας για τις *επόμενες μέρες*, με βάση την προηγούμενη εμπειρία και την πρόγνωση του καιρού, μπορεί να μεταβάλλει την «ενέργεια βάσης», δηλαδή την ελάχιστη ισχύ της ημέρας, αυξομειώνοντας την ισχύ των *λιγνιτικών σταθμών*.
- Όταν προγραμματίζει την παραγωγή για τις *επόμενες ώρες*, μπορεί να μεταβάλλει την ισχύ *μικρών θερμοηλεκτρικών σταθμών*, ιδιαίτερα σταθμών φυσικού αερίου, που έχουν σχετικά γρήγορη απόκριση.
- Η ρύθμιση της παραγωγής ενέργειας ώστε να προσαρμόζεται στην κατανάλωση *από λεπτό σε λεπτό* γίνεται μεταβάλλοντας την παραγωγή των *υδροηλεκτρικών σταθμών*, που έχουν απόκριση λίγων λεπτών.
- Τέλος, με τη χρήση *αεριοστροβίλων* επιτυγχάνεται η κάλυψη των αιχμών σε *χρονική κλίμακα λεπτού*.

# Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας

## Λειτουργία ενεργειακής αγοράς στην Ελλάδα

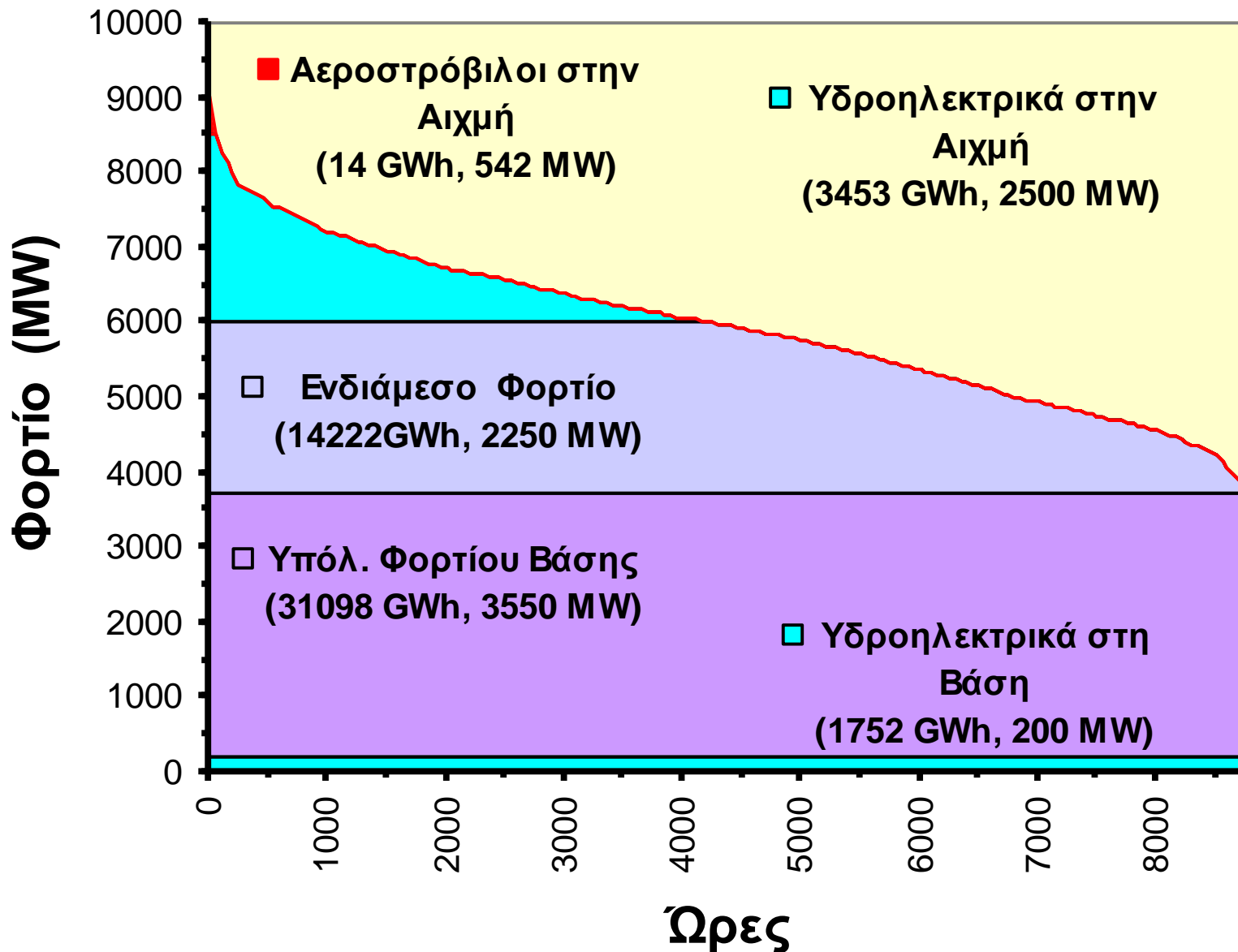


Με βάση τη ζήτηση κάθε μέρα μέχρι τις 12.00 γίνεται ο Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός (ΗΕΠ), με στόχο την ελάχιστη δαπάνη. Ο ΔΕΣΜΗΕ (που έχει ήδη διαχωριστεί στους Α.Δ.Μ.Η.Ε. + Α.ΑΓ.Η.Ε.) καταstrώνει το πρόγραμμα, κατανέμει το φορτίο και υπολογίζει την οριακή τιμή συστήματος

# Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας

## Διασυνδεδεμένο Σύστημα

### Καμπύλη Διαρκείας Φορτίου (2003)





# Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας

## Συμμετοχή των ΑΠΕ

- Η αιολική και η ηλιακή ενέργεια έχουν την ιδιαιτερότητα ότι δεν παράγονται όταν το σύστημα τις χρειάζεται, αλλά όταν οι καιρικές συνθήκες είναι κατάλληλες. Επομένως εισάγουν επιπλέον πολυπλοκότητα στο (ήδη περίπλοκο) σύστημα διαχείρισης της ενέργειας, αφού ο διαχειριστής πρέπει επιπλέον να αυξομειώνει την παραγόμενη ενέργεια από τους άλλους σταθμούς ακολουθώντας την αυξομείωση της παραγόμενης αιολικής και ηλιακής ενέργειας.
- Για να συμμετάσχει η αιολική ενέργεια κατά 20% στο ενεργειακό ισοζύγιο, χρειάζονται ανεμογεννήτριες εγκατεστημένης ισχύος περίπου 3 GW. Σήμερα η συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς είναι περίπου 1.3 GW, αλλά αφορά και τα νησιά που δεν συνδέονται με το ηπειρωτικό δίκτυο.
- Μελέτη του ΕΜΠ\* καταλήγει στο συμπέρασμα ότι αυτό δεν είναι εφικτό χωρίς την αλλαγή υποδομών αφού η ΔΕΗ δεν θα μπορεί να διαχειριστεί την ενέργεια, καθώς η νομοθεσία την υποχρεώνει να αγοράζει όλη την παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ ανεξάρτητα από το αν τη χρειάζεται.
- Για να μπορέσει λοιπόν να αυξηθεί η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χρειάζονται σημαντικές επεμβάσεις όπως η κατασκευή υδροηλεκτρικών έργων με δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας, και η δρομολόγηση διεθνών συμφωνιών για ανταλλαγή ενέργειας προσαρμοζόμενη σε πραγματικό χρόνο.

\* Ε. Διαλυνάς, Ν. Χατζηαργυρίου, Σ. Παπαθανασίου, και Κ. Βουρνάς, Μελέτες ορίων αιολικής διείσδυσης, Εργαστήριο Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2007

# Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

## Το Πακέτο 20-20-20 για την Ελλάδα

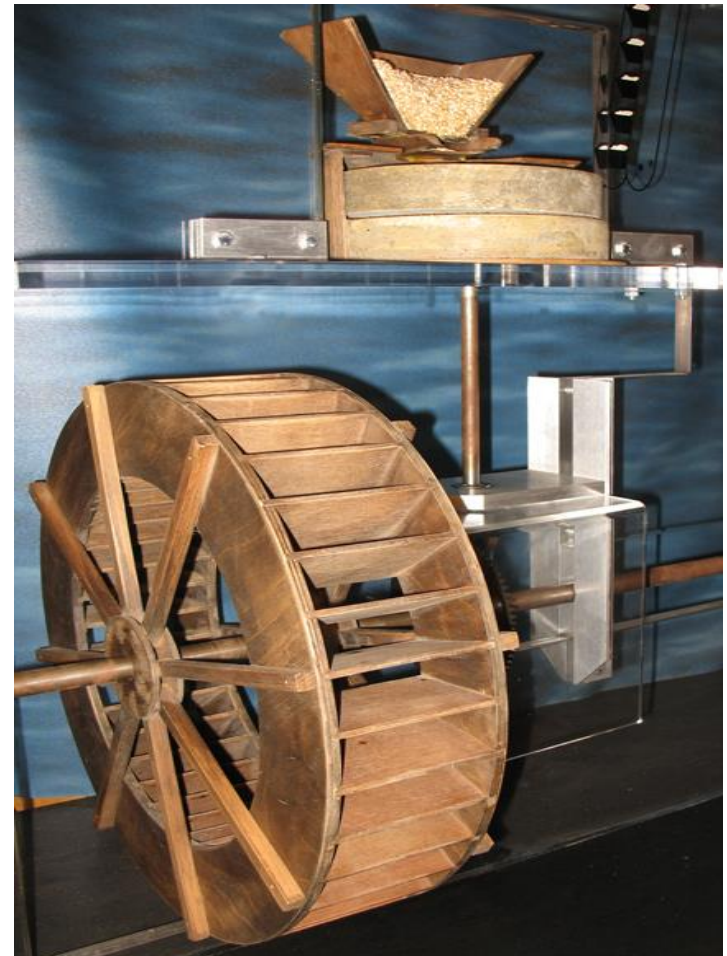
- ΑΠΕ: 18% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας υποχρεωτικά μέχρι το 2020 (Οδηγία 2009/28/ΕΚ)
- Υποχρεωτικός στόχος 10% μέχρι το 2020 για βιοκαύσιμα
- Εξοικονόμηση 20% πρωτογενούς ενέργειας μέχρι το 2020
- Έμφαση στην δημοπράτηση - Ηλεκτρισμός δεν παίρνει κανένα δικαίωμα δωρεάν
- Τομείς εκτός 2003/87/ΕΚ, μείωση κατά 4% των εκπομπών του 2005 (66.7 Mt) μέχρι το 2020
- Τομείς εντός 2003/87/ΕΚ όπως όλα τα ΚΜ, μείωση κατά 1.74% ετησίως

**Πηγή:** Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.  
Επιτροπή 20-20-20, 21/62010

# Υδροηλεκτρική ενέργεια

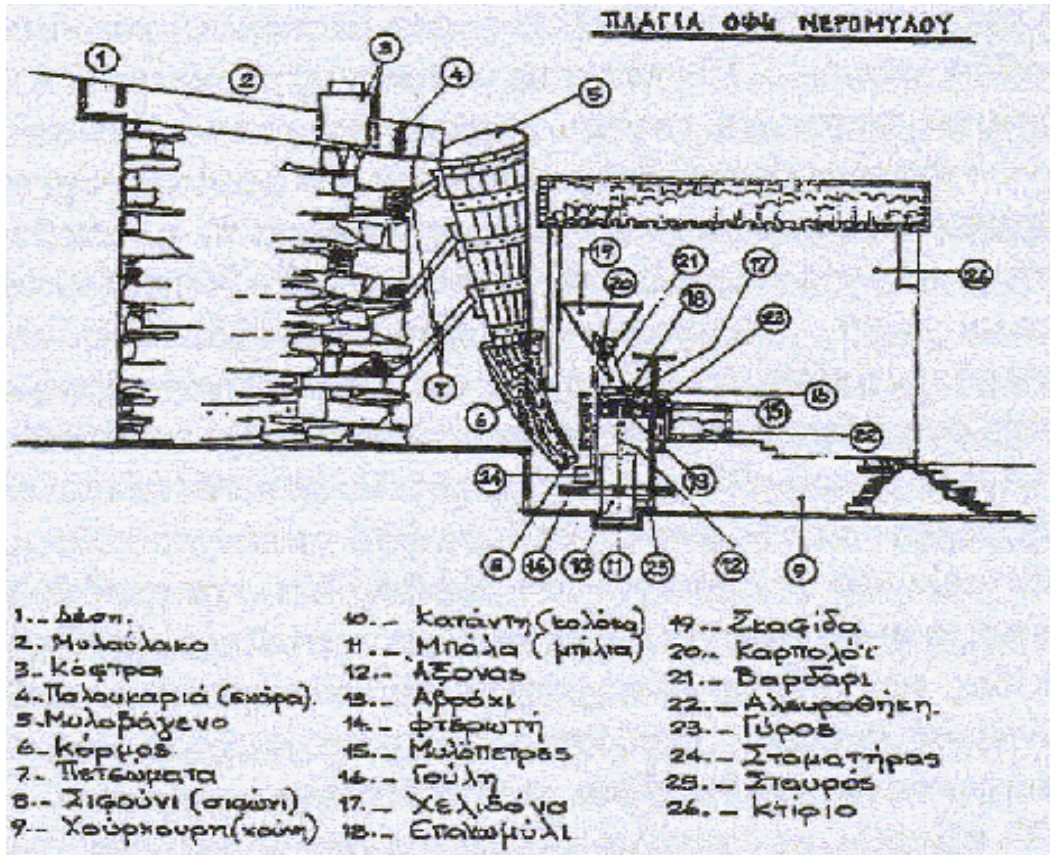
**Υδροηλεκτρική ενέργεια** ονομάζεται η ενέργεια του νερού το οποίο, μέσω υδατοπτώσεων κινεί υδροστροβίλους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας πραγματοποιούνταν από την αρχαιότητα μέσω των υδρόμυλων για το άλεσμα των δημητριακών και την κοπή ξυλείας (υδροπρίονα)



# Υδροηλεκτρική ενέργεια

## Υδροτροχοί



<http://egaleo.freesevers.com/merh.htm>

# Υδροηλεκτρική ενέργεια

## Μηχανισμοί ανύψωσης νερού

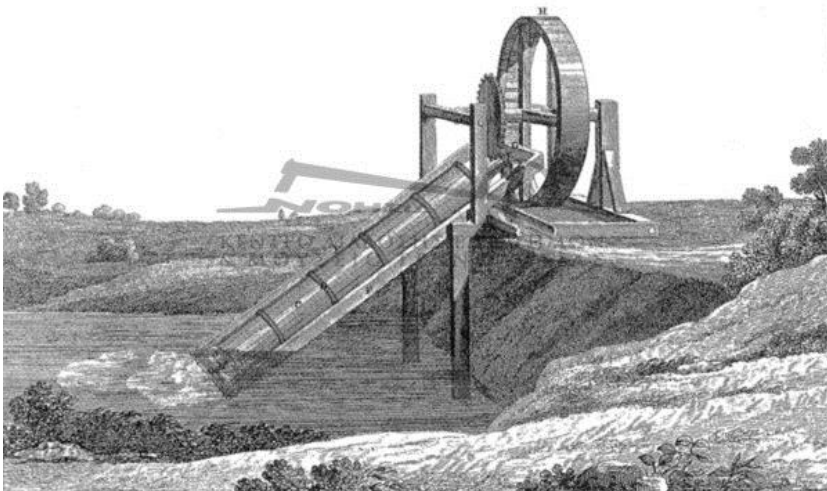
### Shaduf



### Noria



### Κοιλίας Αρχιμήδη



# Υδροηλεκτρική ενέργεια

## Συνιστώσες υδροηλεκτρικού σταθμού (ΥΗΣ)

Προσομοίωση –  
βελτιστοποίηση  
υδρολογικού συστήματος

### 1. Φυσικό σύστημα

#### Όγκος απορροής ( $hm^3$ )

Καμπύλη διάρκειας παροχών  
Οικολογική παροχή

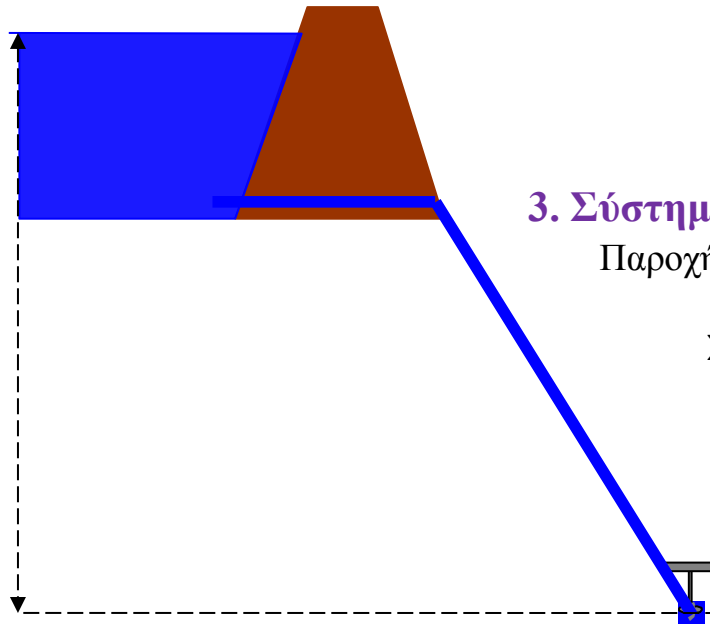
#### Καθαρό ύψος πτώσης (m)

Υψομετρική διαφορά (m)  
Απώλειες συστήματος  
προσαγωγής  
Λειτουργία ταμιευτήρα

### 2. Έργα ταμίευσης

Χωρητικότητα  
Όγκος φερτών  
Υπερχειλίσσεις

#### Διαθέσιμος όγκος ( $hm^3$ )



### 3. Σύστημα προσαγωγής

Παροχή λειτουργίας  
Διάμετρος  
Συναφή έργα  
Απώλειες

Προσομοίωση –  
βελτιστοποίηση  
έργων εκμετάλλευσης

### 5. Συνολική βελτιστοποίηση υδροενεργειακού συστήματος

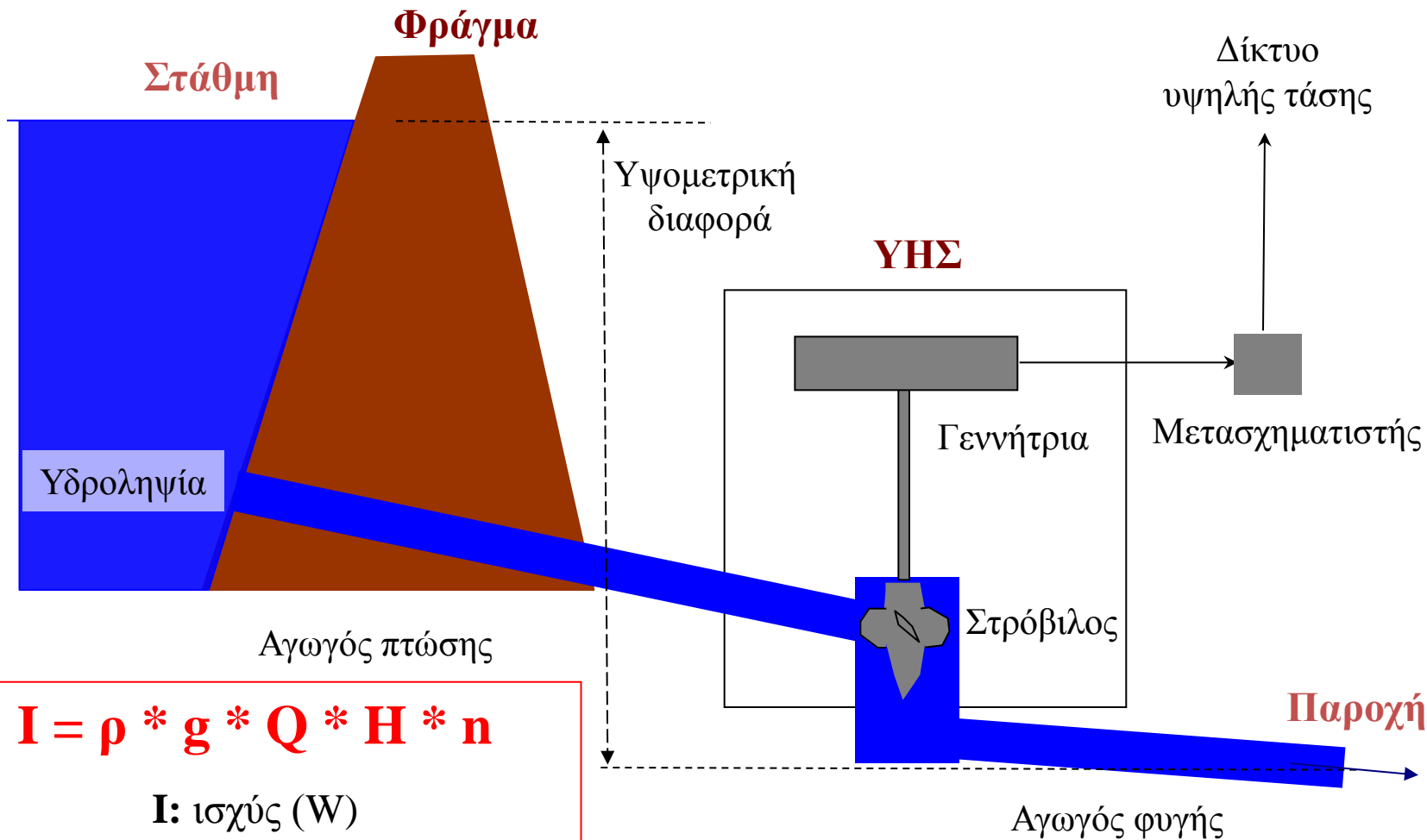
Λειτουργικοί περιορισμοί  
Οικονομική ανάλυση

### 4. Υδροηλεκτρικός σταθμός

Συνολική ενέργεια (kWh)  
Ώρες λειτουργίας στο έτος (hr)  
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW)  
Αριθμός και τύπος στροβίλων  
Γεννήτριες-μετασχηματιστές  
Συντελεστές απόδοσης

# Χαρακτηριστικά υδροηλεκτρικών έργων

## Συνιστώσες υδροηλεκτρικού σταθμού (ΥΗΣ)



$$I = \rho * g * Q * H * n$$

**I:** ισχύς (W)

**$\rho$ :** πυκνότητα νερού 1000 kg/m<sup>3</sup>

**g:** επιτάχυνση βαρύτητας 9.81 m/s<sup>2</sup>

**Q:** παροχή m<sup>3</sup>/s

**H:** υψομετρική διαφορά m

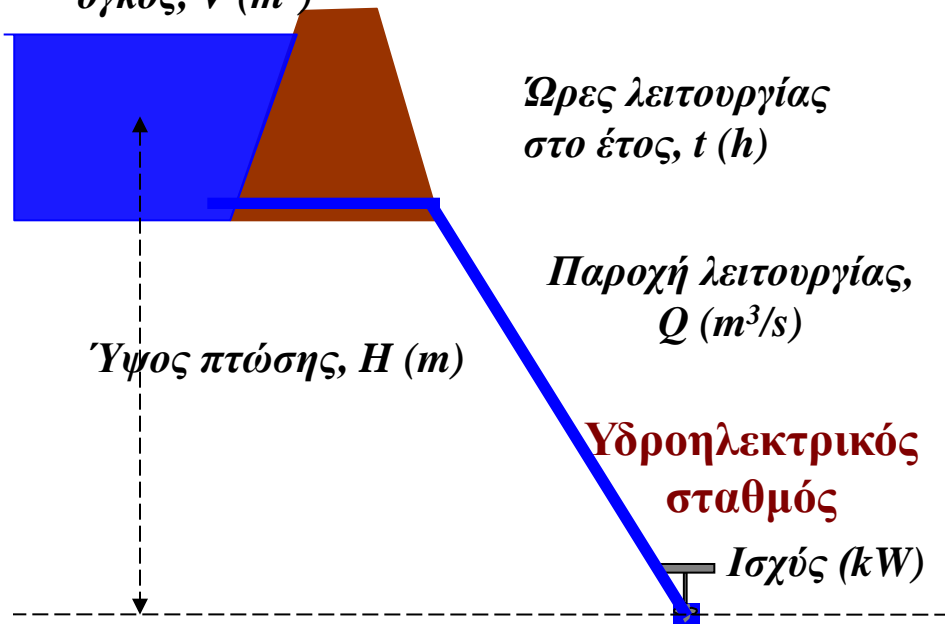
**n:** συνολικός βαθμός απόδοσης 85 %

$$I \text{ (kW)} = 9.81 * Q \text{ (m}^3\text{/s)} * H \text{ (m)} * n$$

## Ταμιευτήρας

Ετήσιος εκμεταλλεύσιμος

όγκος,  $V$  ( $m^3$ )



## Μέση ετήσια παροχή λειτουργίας

$$Q \text{ (m}^3/\text{h)} = V(\text{m}^3) / t(\text{h})$$

$$Q \text{ (m}^3/\text{h)} = Q(\text{m}^3/\text{s}) * 3600$$

$$Q \text{ (m}^3/\text{s}) * t(\text{h}) = V(\text{m}^3) / 3600$$

## Υπολογισμός ετήσιας ενέργειας

$$E \text{ (kWh)} = g * n * H \text{ (m)} * Q \text{ (m}^3/\text{s)} * t(\text{h})$$

$$E \text{ (kWh)} = \frac{g * n * H \text{ (m)} * V(\text{m}^3)}{3600}$$

$$E \text{ (kWh)} \approx \frac{n * H \text{ (m)} * V(\text{m}^3)}{367}$$

## Ισχύς (I) και Ενέργεια (E)

$$I = \rho * g * n * H * Q$$

I: ισχύς (W)

$\rho$ : πυκνότητα νερού  $1000 \text{ kg/m}^3$

$g$ : επιτάχυνση βαρύτητας  $9.81 \text{ m/s}^2$

$n$ : συνολικός βαθμός απόδοσης %

$$I \text{ (kW)} = g * n * H \text{ (m)} * Q \text{ (m}^3/\text{s)}$$

$$E \text{ (kWh)} = I \text{ (kW)} * t \text{ (hr)}$$

## Παράδειγμα (με βάση τα δεδομένα ΥΗΣ Πλαστήρα)

Ετήσιος διατιθέμενος όγκος :  $150 \text{ hm}^3$

Υψος πτώσης:  $580 \text{ m}$

Συνολικός βαθμός απόδοσης:  $0.85$

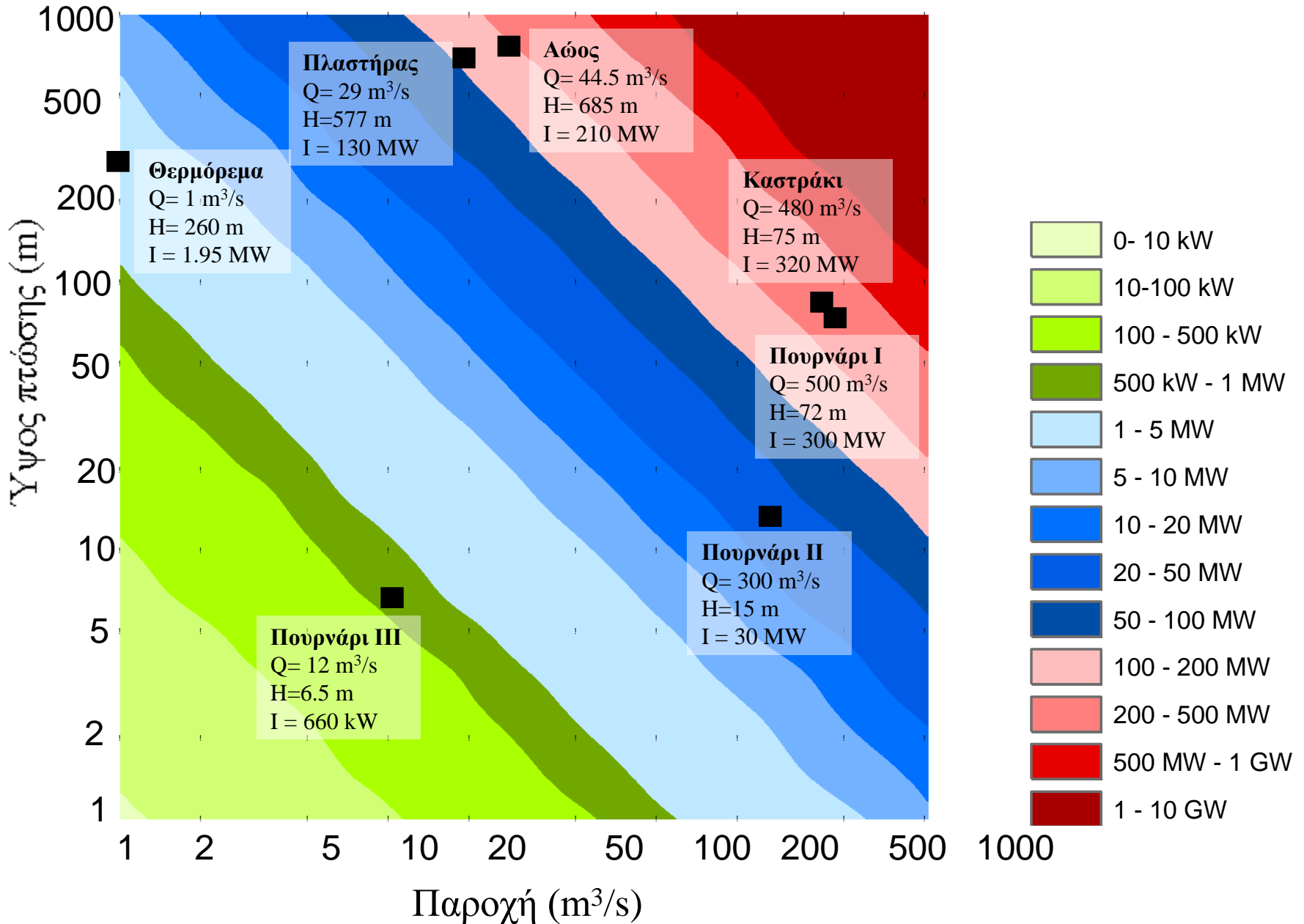
Δυνητική ετήσια ενέργεια:  $201.5 \text{ GWh}$

Ώρες λειτουργίας	Ποσοστό χρόνου λειτουργίας	Παροχή λειτουργίας ( $m^3/s$ )	Απαιτούμενη εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
1500	0,17	27,8	134,3
3000	0,34	13,9	67,2
4500	0,51	9,3	44,8
8760	1,00	4,8	23,0



# Μεγάλα και Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα

## Θεωρητική ισχύς (kW)



# Υδροηλεκτρική ενέργεια

## Υδροηλεκτρικά έργα με δυνατότητα αποθήκευσης της ενέργειας

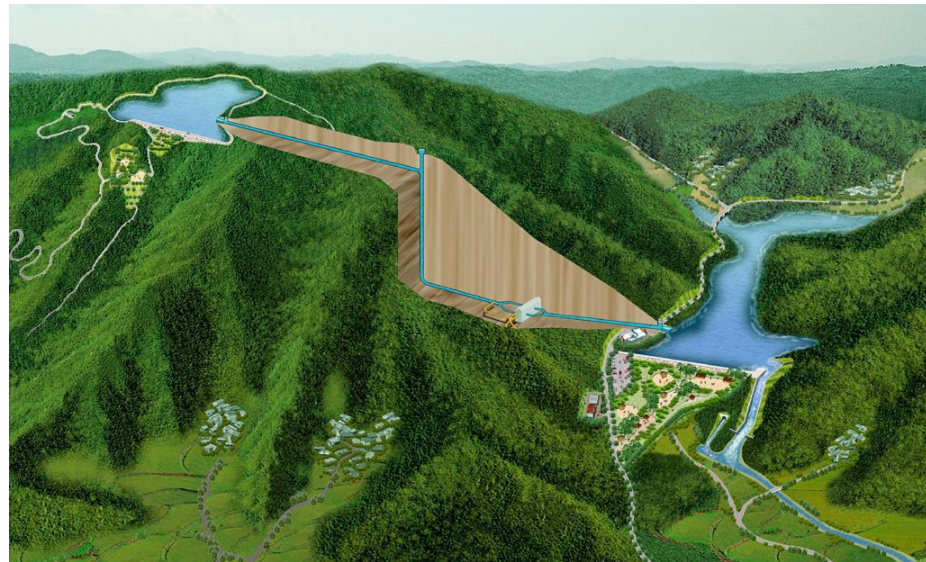
### Okinawa

Λειτουργήσε το 1999 στο νησί Okinawa της Ιαπωνίας. Το πρώτο έργο άντλησης-ταμίευσης στον κόσμο που χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό. Έχει ισχύ 30 MW, μέγιστο ύψος πτώσης 140 m και μέγιστη παροχή 26 m<sup>3</sup>/s



### Kazunogawa

Ολοκληρώθηκε το 2001 στην περιοχή Yamnashi-Ken της Ιαπωνίας, ισχύος 1600 MW. Αποτελείται από 2 ταμιευτήρες χωρητικότητας 19.2 και 18.4 hm<sup>3</sup> που έχουν υψομετρική διαφορά 685 m.



# Υδροηλεκτρική ενέργεια

## Τα 4 μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα του κόσμου

**Tucuruí , Βραζιλία  
8.37 GW (1984)**



**Guri (Simón Bolívar),  
Βενεζουέλα, 10.2 GW (1986)**

**Itaipu, Βραζιλία-Παραγουάη  
14 GW (2004)**



**Three Gorges, Κίνα  
18-22.5 GW (2011)**

# Υδροηλεκτρική ενέργεια

## Η υδροηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα

### Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ



- Στη Δυτική και Βόρεια Ελλάδα υπάρχει ιδιαίτερα πλούσιο δυναμικό υδατοπτώσεων, λόγω της διαμόρφωσης λεκανών απορροής με έντονες κλίσεις και των σημαντικών βροχοπτώσεων.
- Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 3060 MW.
- Η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας είναι 4000-5000 GWh.
- Η μέση συνεισφορά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 8-10%.
- Η ενέργεια που προέρχεται από ΥΗΣ καλύπτει ηλεκτρικά φορτία αιχμής.
- Τα τρία μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα είναι στα Κρεμαστά (437 MW), στο Θησαυρό (384 MW) και στο Πολύφυτο (375 MW).
- Υπάρχει μεγάλη δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης υδροηλεκτρικών σταθμών.

# Υδροηλεκτρική ενέργεια

## 25 υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ σε λειτουργία

### 16 ΜΕΓΑΛΑ ΥΗ ΕΡΓΑ

(έτος ένταξης-ωφέλιμος όγκος  
ταμειυτήρα hm<sup>3</sup>)

- ΛΟΥΡΟΣ (1954-0,035)
- ΑΓΡΑΣ (1954- 3,8)
- ΛΑΔΩΝΑΣ (1955- 46,2)
- ΠΛΑΣΤΗΡΑΣ (1960- 300)
- ΚΡΕΜΑΣΤΑ (1966- 2805)
- ΚΑΣΤΡΑΚΙ (1969- 53)
- ΕΔΕΣΣΑΙΟΣ (1969- 0,46)
- ΠΟΛΥΦΥΤΟ (1974- 1020)
- ΠΟΥΡΝΑΡΙ (1981- 303)
- ΑΣΩΜΑΤΑ (1985-10)
- ΣΦΗΚΙΑ (1985-16)
- ΣΤΡΑΤΟΣ (1989-11)
- ΠΗΓΕΣ ΑΩΟΥ (1990-145)
- ΘΗΣΑΥΡΟΣ (1997-570)
- ΠΟΥΡΝΑΡΙ II (1999- 3,6)
- ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ (1999- 12)

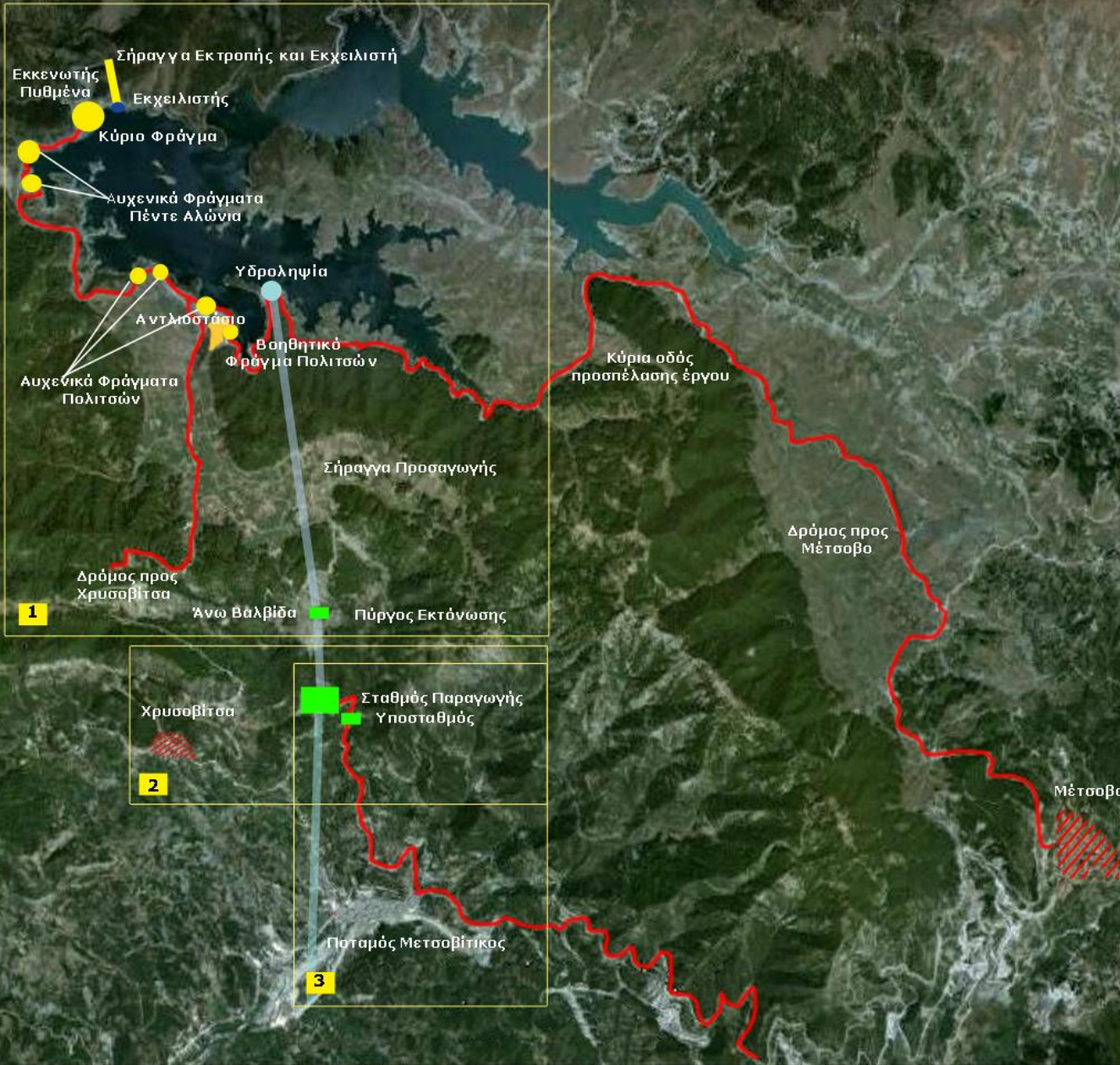
### 11 ΜΙΚΡΑ ΥΗ ΕΡΓΑ

- ΓΛΑΥΚΟΣ (1927)
- ΒΕΡΜΙΟ (1929)
- ΑΓΙΑ ΚΡΗΤΗΣ (1929)
- ΑΛΜΥΡΟΣ ΚΡΗΤΗΣ (1931)
- ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΕΡΡΩΝ (1931)
- ΓΚΙΩΝΑ (1988)
- ΣΤΡΑΤΟΣ II (1988)
- ΜΑΚΡΟΧΩΡΙ (1992)
- ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ (2008)
- ΣΜΟΚΟΒΟ (2008)
- ΠΑΠΑΔΙΑ (2010)

# Υδροηλεκτρική ενέργεια

## ΥΗΕ Πηγών Αώου (210 MW)

Λειτουργεί με εκτροπή των νερών από τον ποταμό Αώο (εκβάλλει στην Αδριατική), στον Μετσοβίτικο (παραπόταμο του Αράχθου)



# Υδροηλεκτρική ενέργεια

## ΥΗΕ Πηγών Αώου

### ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ

#### Κύριο φράγμα

Όγκος:	3.200.000 m <sup>3</sup>
Υψόμετρο στέψης:	1.349 m
Μήκος στέψης:	300 m
Πλάτος στέψης:	10 m
Ύψος πάνω από τη θεμελίωση:	77 m

#### Αυχενικά φράγματα

Όγκος:	900.000 m <sup>3</sup>
Υψόμετρο στέψης:	1.349 m
Μήκος στέψης:	130 m έως 280 m
Πλάτος στέψης:	10 m
Ύψος πάνω από τη θεμελίωση:	12 m έως 30 m

#### Βοηθητικό φράγμα Πολιτσών

Όγκος:	500.000 m <sup>3</sup>
Υψόμετρο στέψης:	1.349 m
Μήκος στέψης:	235 m
Πλάτος στέψης:	10 m
Ύψος πάνω από την θεμελίωση:	40 m

#### Εκχειλιστής

Θέση: Δεξιά αντέρευση του κύριου φράγματος  
Τύπος: Κεκλιμένη σήραγγα διαμέτρου 4m και μήκους 60 m που ενώνεται με το κατάντη τμήμα του πώματος της σήραγγας εκτροπής.  
Τεχνικά εισόδου: άνω τοξωτά θυροφραγματα 8,5m x 3,8m  
Υψόμετρο στέψης: 1.303, 60 m  
Παροχή: 160 m<sup>3</sup>/sec

#### Εκκενωτής

Θέση: Δεξιά αντέρευση του κυρίως φράγματος  
Τύπος: Μεταλλικός αγωγός, διαμέτρου 2,5 m, σκυροδετημένος και εγκυβωτισμένος στο σώμα του φράγματος  
Υψόμετρο πυθμένα εισόδου: 1.305 m  
Υψόμετρο πυθμένα εξόδου: 1.275,5 m  
Παροχή: 80 m<sup>3</sup>/sec  
Ρύθμιση Λειτουργίας: Ένα θυρόφραγμα υψηλής πίεσης και μια βαλβίδα διασποράς στο έργο εξόδου.

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

#### Υδροληψία

Τύπος: Κατακόρυφη με σχάρες  
Μέσα εμφράξεως: ασκοί εμφράξεως  
Υψόμετρο πυθμένα: 1.306, 5 m

#### Φρέαρ θυροφράγματος

Θέση: 100 m κατάντη της υδροληψίας  
Διάμετρος (εσωτ): 3,5 με 5,40 m  
Ύψος: 40 m  
Μέσα εμφράξεως: θυροφράγμα και ασκοί εμφράξεως

#### Αγωγός Προσαγωγής

##### Σήραγγα Προσαγωγής

Διάμετρος εσωτ: 3,5 m  
Μήκος: 2.990 m  
Επένδυση: Σκυρόδεμα μέχρι τον πύργο ανάπασης (εκτόνωσης)  
Παροχή: 44,5 m<sup>3</sup>/sec

##### Άνω βαλβίδα

Διάμετρος: 3m  
Τύπος: Πεταλούδα

##### Πύργος Εκτόνωσης

Διάμετρος εσωτ: 7 m  
Ύψος: 90 m  
Επένδυση: Σκυρόδεμα

#### Κεκλιμένος αγωγός

Διάμετρος εσωτ: 3 m  
Μήκος: 650 m  
Επένδυση: Μεταλλική επένδυση σκυροδετημένη περιφερειακά

#### Κατακόρυφος αγωγός

Θέση: 1.700 m ΒΑ της Χρυσοβίτσας  
Διάμετρος εσωτ: 2,8 m  
Ύψος: 440 m  
Επένδυση: Μεταλλική επένδυση σκυροδετημένη περιφερειακά

### Σταθμός Παραγωγής

#### Σταθμός Παραγωγής

Θέση: 1.700 m ΒΑ Χρυσοβίτσας  
Τύπος: Υπόγειος  
Αριθμός μονάδων: 2

#### Στρόβιλοι

Τύπος: PELTON κατακόρυφου τύπου μιας ταχύτητας  
Ονομαστική ισχύς: 120 MW  
Εγκαταστημένη ισχύς: 105 MW  
Αριθμός στροφών: 428 σπ/μπμ  
Ύψος πτώσης: 685 m

#### Γεννήτριες

Τύπος κατακόρυφου άξονα  
Ονομαστική Ισχύς: 122 MW & συντελεστής ισχύος 0,9  
Τάση - Συχνότητα: 15,75 KV - 50 Hz

#### Μετασχηματιστές

Δύο τριφασικοί  
Ονομαστική ισχύς: 122 MW  
Τάσεις (υψηλή - χαμηλή): 161/17, 5 KW  
Συχνότητα: 50 Hz

#### Υποσταθμός 150/20 KV

Θέση: Τοποθετημένος σε επίχωμα περίπου 200 m από την είσοδο της σήραγγας προσπέλασης  
Εισερχόμενες γραμμές: 2 των 150 KV  
Εξερχόμενες γραμμές: 3 των 50 KV

#### Σήραγγα φυγής

Θέση: Ανατολικά της Χρυσοβίτσας, με έργο εξόδου στην κοίτη του ποταμού Μεταβίτικου  
Διάμετρος (εσωτ) πεταλοειδούς διατομής: 4,7 m  
Μήκος μέχρι το έργο εξόδου: 2.900m  
Παροχή: 46,5 m<sup>3</sup>/sec

- Μεγαλύτερη πτώση υδάτων (685 m)
- Τα περισσότερα φράγματα (επτά)
- Η υψηλότερη τεχνητή λίμνη στην Ελλάδα (1.343 m)
- Ο βαθύτερος υπόγειος σταθμός παραγωγής (130 m)
- Αντληση υδάτων για προσθήκη στον ταμιευτήρα (οροπέδιο Πολιτσών)
- Η χαμηλότερη θερμοκρασία νερών
- Μεγαλύτερος εκκενωτής πυθμένα (παροχή 80 m<sup>3</sup>/sec)
- Ο μόνος ΥΗΣ ο οποίος εκτρέπει διασυνοριακό ποτάμι (Αώο) προς τον Άραχθο