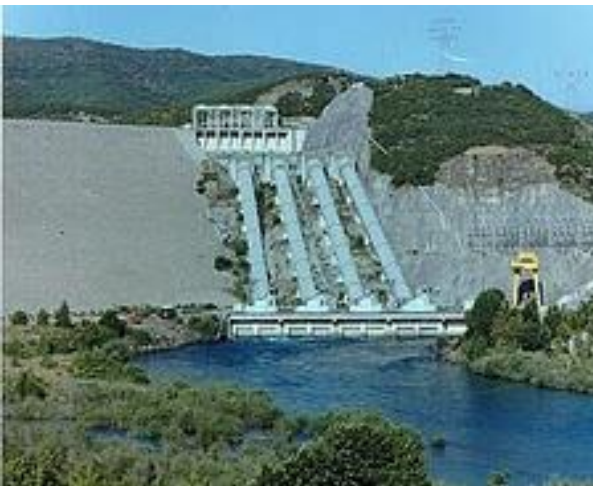


Ενέργεια και Περιβάλλον

Εισαγωγή στην ηλεκτρική ενέργεια



Ν. Μαμάσης και Ν. Κατσουλάκος

Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Αθήνα 2019

Διάρθρωση παρουσίασης

- **Ενέργεια**

(εισαγωγή, πηγές, μονάδες, ιστορία)

- **Ηλεκτρική ενέργεια**

(παραγωγή, ζήτηση, μεταφορά, διαχείριση)

Εισαγωγή

Ενέργεια: Η ικανότητα ενός φυσικού συστήματος να παράγει έργο. Το μέγεθος αυτό συνδέεται με κάθε μεταβολή στο φυσικό κόσμο. Η λέξη αναφέρεται πρώτη φορά από τον Αριστοτέλη (Ηθικά Νικομάχεια) με την έννοια της *«δραστηριότητας που απαιτείται για να γίνει πράξη η δυνατότητα (δύναμις)»*

Ισχύς: Ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας στη μονάδα του χρόνου

Μορφές ενέργειας

Μηχανική (δυναμική, κινητική)

Ηλεκτρομαγνητική (ηλεκτρική, μαγνητική)

Πυρηνική

Χημική

Θερμική-βιολογική

Θερμότητα-Ακτινοβολία

Πηγές ενέργειας

Ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ενέργεια σε ένα έτος είναι περίπου 14.000 μεγαλύτερη από την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας (ηλιακή σταθερά (1367 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 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 kcal ή 42 GJ ή $40 \cdot 10^6 \text{ Btu}$ ή 11.6 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^ο 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 cm³ 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 m² ενός τόπου που βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 40° είναι 42 MJ
- Η μέση ημερήσια ηλιακή ενέργεια Δεκεμβρίου στο εξωτερικό όριο της ατμόσφαιρας σε 1 m² ενός τόπου που βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 40° είναι 14 MJ

Ιστορία της ενέργειας

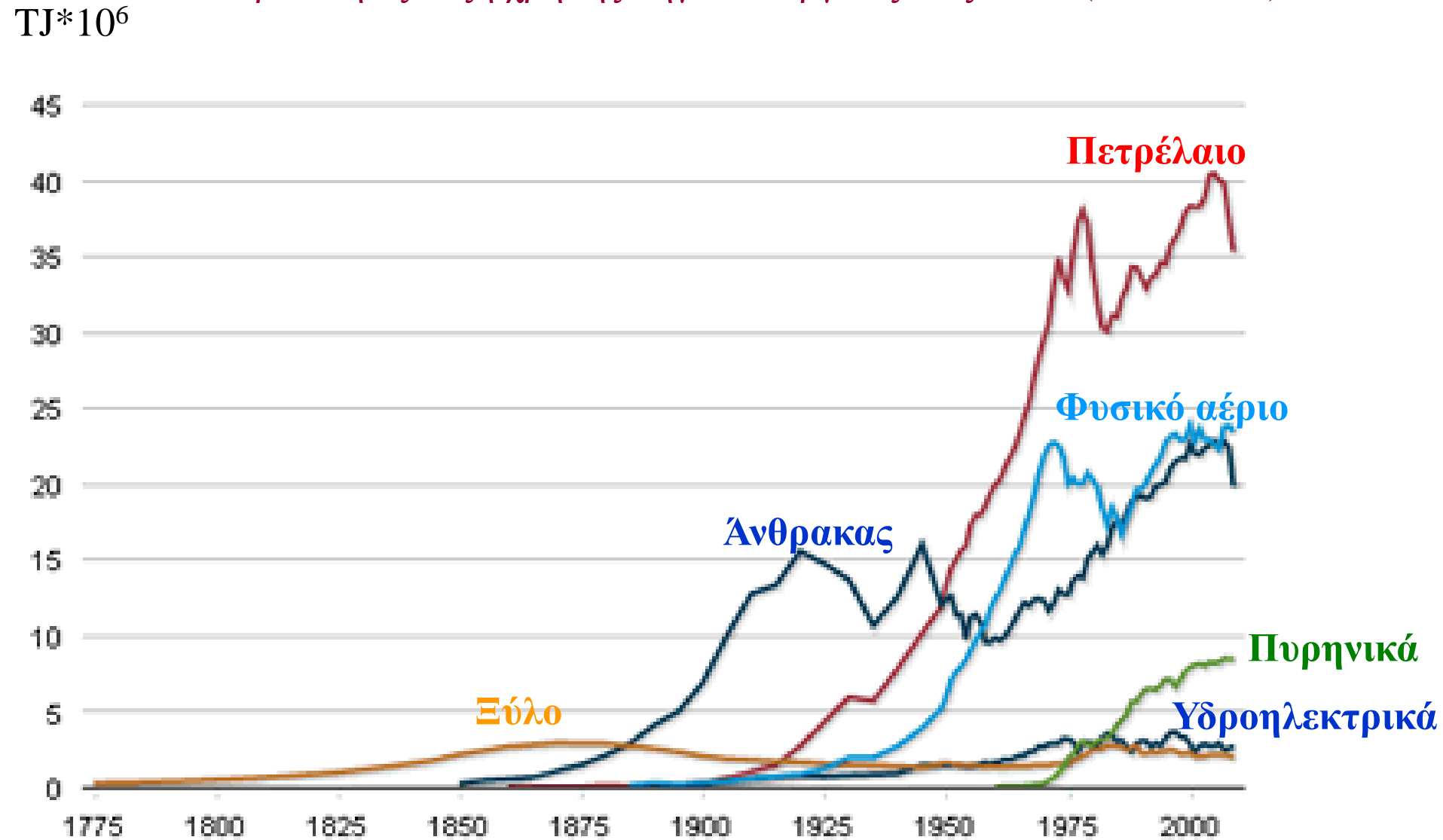
	Η ηλιακή ενέργεια είναι το βασικό συστατικό της ζωής στη Γη
100.000 έτη πριν	Καύση βιομάζας για κανονική χρήση φωτιάς
4 ^η -2 ^η χιλιετία π.Χ.	Αιολική ενέργεια για ναυσιπλοΐα (Μεσόγειος) Υδραυλική ενέργεια ποταμών για ναυσιπλοΐα (Μεσοποταμία) Καύση άνθρακα για θέρμανση και μαγείρεμα (Κίνα)
1 ^η χιλιετία π.Χ	Καύση φυσικού αερίου (Κίνα). Χρήση υδρόμυλων για άλεσμα δημητριακών (Ελλάδα)
1 ^η 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 ^{ος} αιώνας μ.Χ	Ανεμόμυλοι οριζοντίου άξονα (Ευρώπη)
16 ^{ος} αιώνας μ.Χ	Χρήση ανεμόμυλων στην για αποστράγγιση εδαφών (Ολλανδία)
17 ^{ος} αιώνας μ.Χ	Χρήση του άνθρακα σαν καύσιμο (Βρετανία). Ο άνθρακας γίνεται η κυρία πηγή ενέργειας τους επόμενους αιώνες

Ιστορία της ενέργειας

18 ^{ος} 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 ^{ος} αιώνας	Γίνεται η πρώτη γεώτρηση φυσικού αερίου στη Νέα Υόρκη (1820) Κατασκευάζεται γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος (1830) 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 ^{ος} 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)

Ανανεώσιμες

Ηλιακή

Αιολική

Υδραυλική

Βιομάζας

Γεωθερμική

Θαλάσσια (κυμάτων – παλιρροιών-ρευμάτων)

Βαθμός απόδοσης >80%

*Συμπαραγωγή
ηλεκτρισμού-θερμότητας*

Βαθμός απόδοσης >70%

Βαθμός απόδοσης >35-55%

Βαθμός απόδοσης 15-90%

Μεταφορές

Οικιακός

Βιομηχανία

Τριτογενής

Γεωργία-Αλιεία

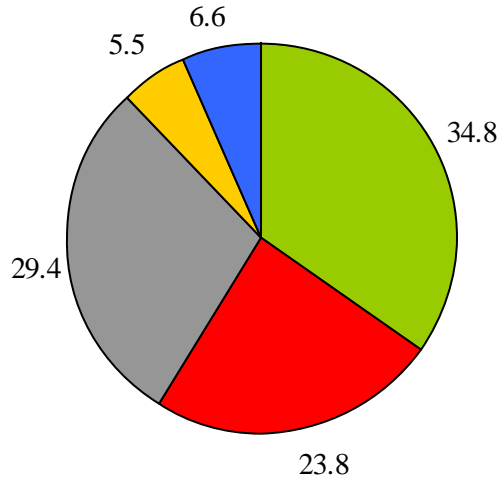
Βαθμός
απόδοσης

Ηλεκτρική ενέργεια

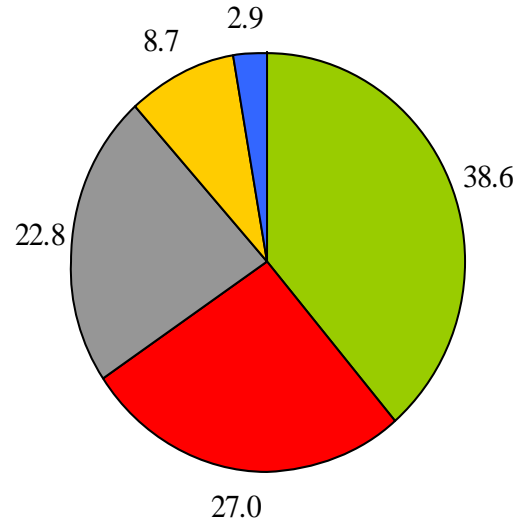
Παραγωγή-ζήτηση

Πρωτογενής ενέργεια- Κατανάλωση ανά καύσιμο το 2009

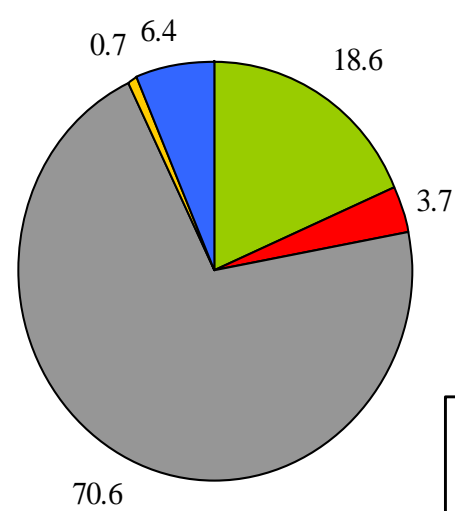
Κόσμος: 11164 Mtoe



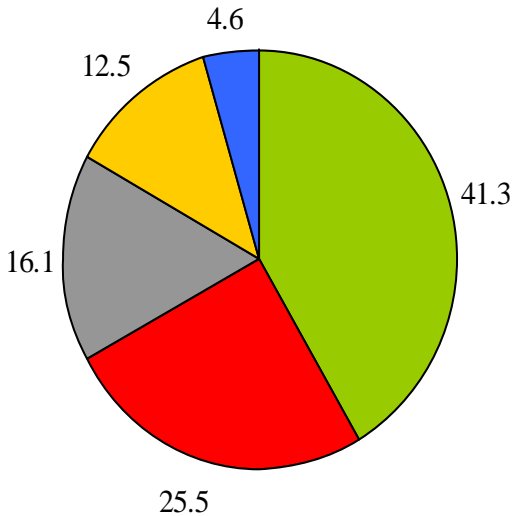
ΗΠΑ: 2182 Mtoe



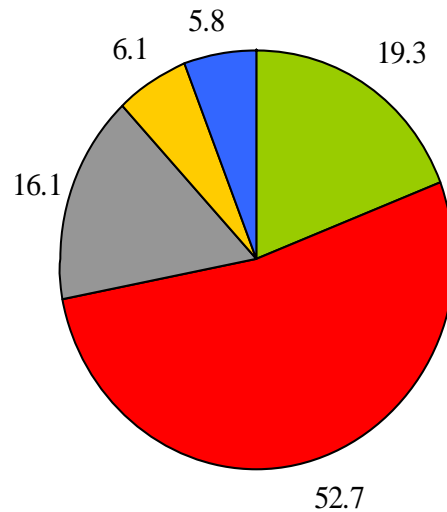
Κίνα: 2177 Mtoe



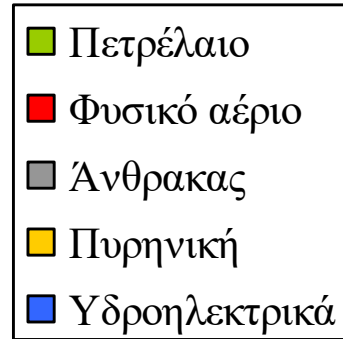
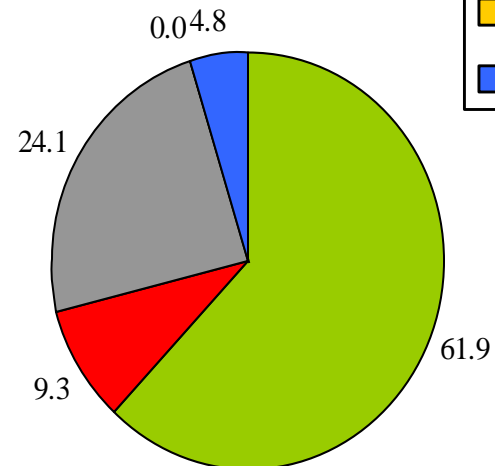
ΕΕ: 1623 Mtoe



Πρώην ΣΕ: 955 Mtoe



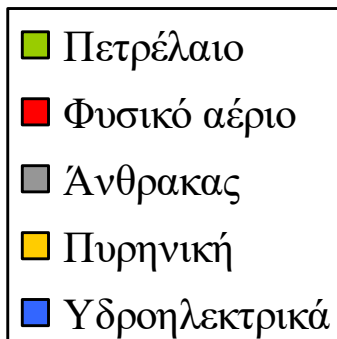
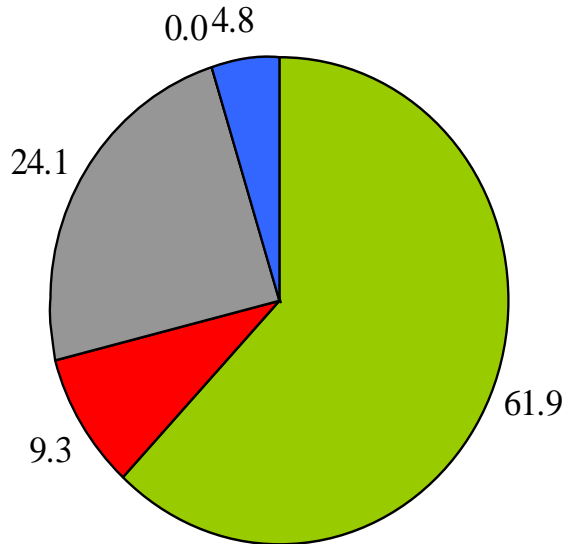
Ελλάδα: 32.7 Mtoe



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

Ορυκτά Καύσιμα

Στερεά καύσιμα

**Άνθρακας
(Coal)**

1 mt = 1000 kg

Βαθμός απόδοσης σε
θερμική ενέργεια: >80%

Υγρά καύσιμα

**Πετρέλαιο
(Oil)**

Πυκνότητα: 858 kg/m³

1 barrel = 159 lt = 136 kg

1 mt = 1.165 m³ = 7.33 barrels

Βαθμός απόδοσης σε
θερμική ενέργεια: 80%

Αέρια καύσιμα

**Φυσικό αέριο
Natural Gas (NG)**

1 m³ NG = 0.73 kg LNG

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

Βαθμός απόδοσης σε
θερμική ενέργεια: 95%

Θερμογόνος δύναμη

(MJ/kg)

Ανθρακίτης	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/m³)

Μεθάνιο	36-40
Φυσικό αέριο	37.7

Ορυκτά καύσιμα

Παραγωγή CO₂ από την καύση

Μοριακό βάρος άνθρακα (C): 12

Μοριακό βάρος οξυγόνου (O): 16

Μοριακό βάρος διοξειδίου του άνθρακα (CO₂): 44

*Για την καύση 1 kg C απαιτούνται 2*16/12 kg O₂ και εκλύονται 44/12 kg CO₂*

Η καύση 1 L πετρελαίου με:
θερμογόνο δύναμη 45 MJ/kg
με πυκνότητα περίπου 0.8 kg/L
και περιεκτικότητα 87% σε άνθρακα
έχει αποτέλεσμα:

Την καύση 0.69 kg C και απόδοση στο
περιβάλλον 2.5 kg CO₂
Την παραγωγή ενέργειας 36 MJ (10 kWh)
Την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 3.8
kWh (βαθμός απόδοσης 38%)

Αντιστοιχούν 0.7 kg CO₂ ανά kWh
ηλεκτρικής ενέργειας

Η καύση 1 kg Ελληνικού λιγνίτη με:
θερμογόνο δύναμη 8 MJ/kg
και περιεκτικότητα 19% σε άνθρακα
έχει αποτέλεσμα:

Την καύση 0.19 kg C και απόδοση στο
περιβάλλον 0.7 kg CO₂
Την παραγωγή ενέργειας 2.2 kWh
Την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 0.9
kWh (βαθμός απόδοσης 40%)

Αντιστοιχούν 0.8 kg CO₂ ανά kWh
ηλεκτρικής ενέργειας

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 ³	2688 m ³
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
<i>X m² φωτοβολταϊκού στην Αθήνα σε Ψ χρόνο</i>	<i>10 m² για 2.5 ημέρες</i>	<i>265 m² για 1 έτος</i>
Ξηρή βιομάζα	2.15 kg	8.25 tn
Την πτώση <i>X m³</i> νερού από ύψος <i>Ψ m</i>	<i>450 m³ από 10 m</i>	<i>170*10³ m³ από 100 m</i>
Συνεχής λειτουργία ανεμογεννήτριας διαμέτρου 4 m για <i>X</i> 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

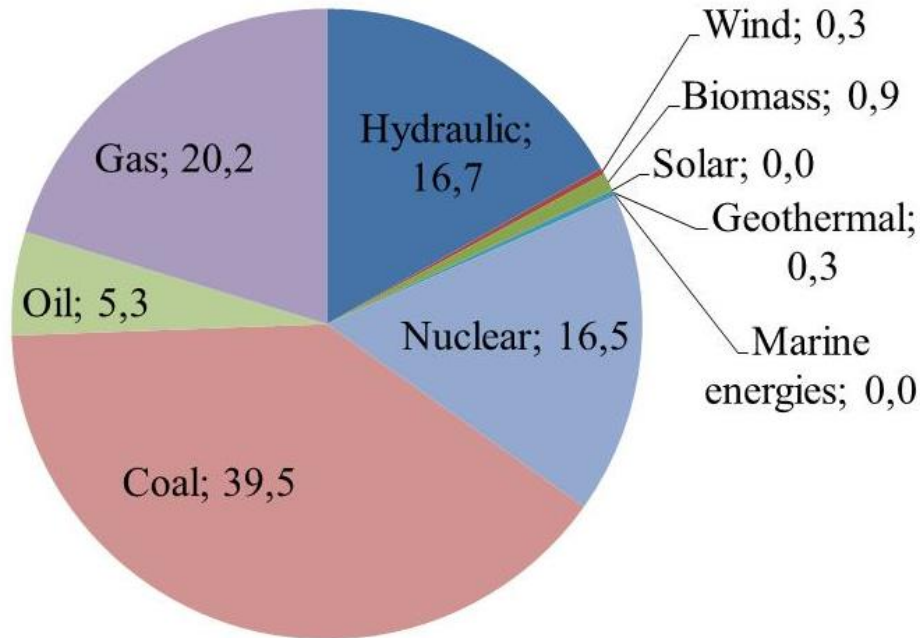
Ανανεώσιμες πηγές

- **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

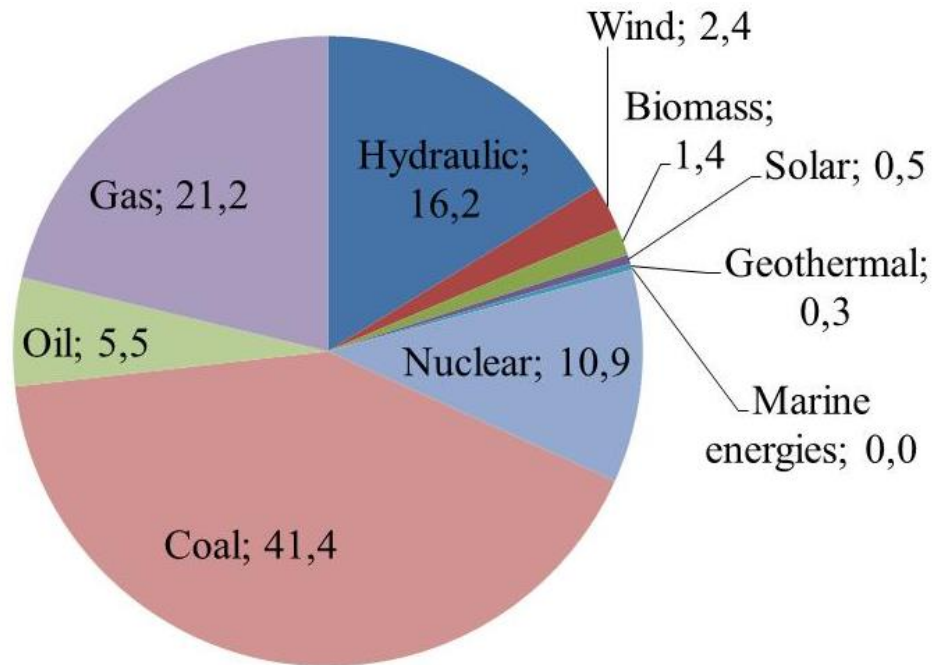
Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Ενεργειακό μίγμα της παγκόσμιας ηλεκτρικής παραγωγής (%)

2002



2012



Σύνολο: 16174 TWh

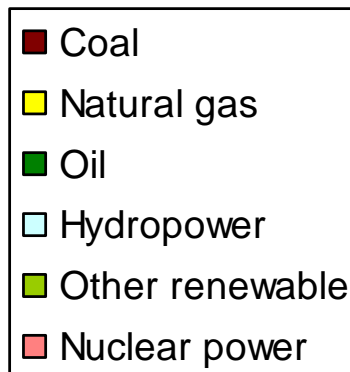
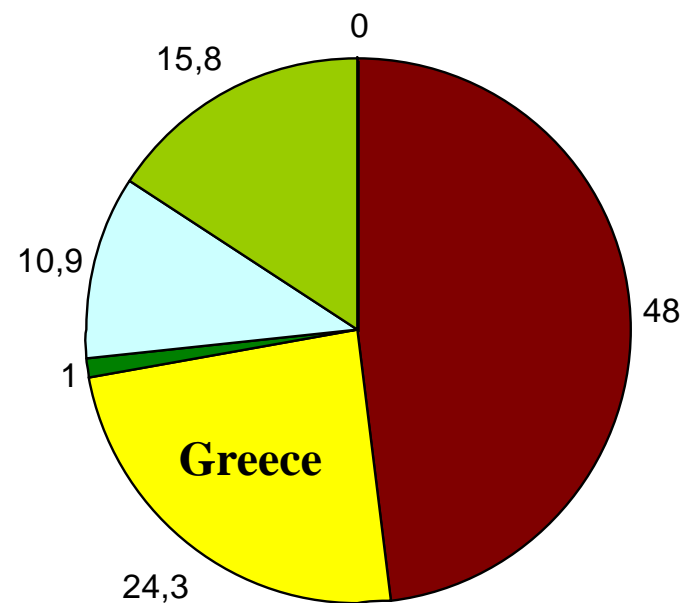
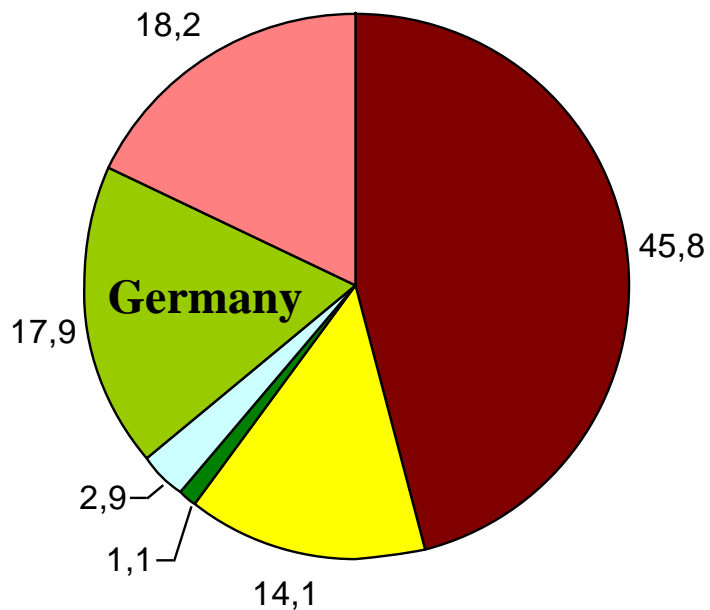
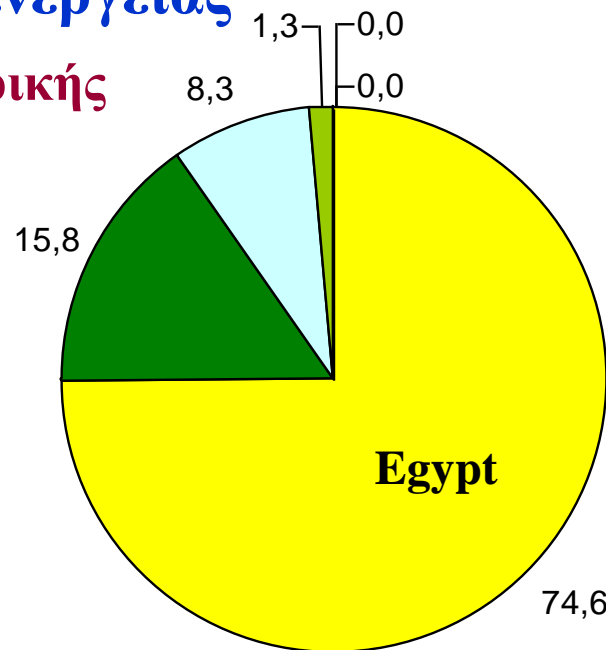
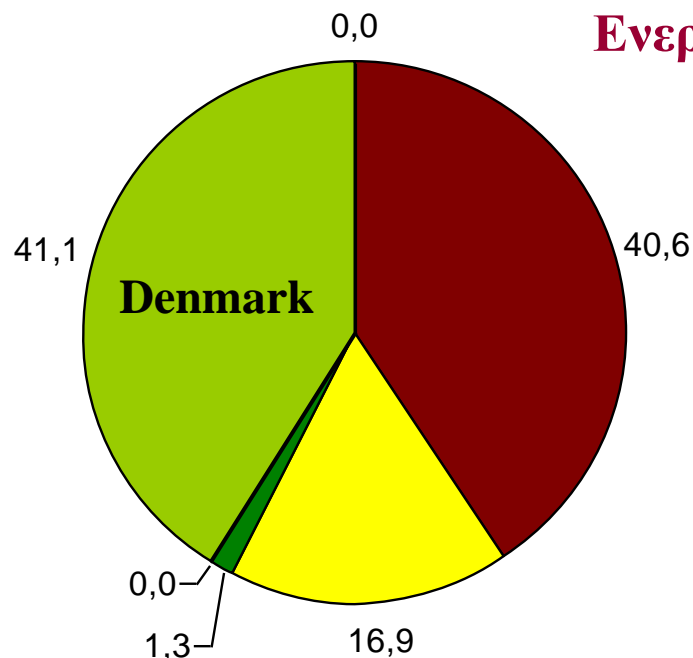
Ανανεώσιμες: 2959 TWh (18.3%)
Πυρηνική: 2661 TWh (16,5%)
Ορυκτά καύσιμα: 10514 TWh (65.2%)

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)
Λιγνιτικές Μονάδες				
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>
Πετρελαϊκές Μονάδες				
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>
Μονάδες Φυσικού Αερίου Συνδασμένον Κύκλου (ΜΣΚ)				
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
ΚΟΡΙΝΘΟΣ POWER	ΘΗΣ Αγ. Θεοδώρων	ΜΣΚ Αγ. Θεοδώρων	436,6	433,5
ELPEDISON ENERΓΕΙΑΚΗ	ΘΗΣ Θίσβης	ΜΣΚ Θίσβης	421,6	410
PROTERGIA	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>
Ατμοστροβιλικές Μονάδες Φυσικού Αερίου				
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>
Κατανομόμενες Μονάδες ΣΗΘΥΑ				
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)

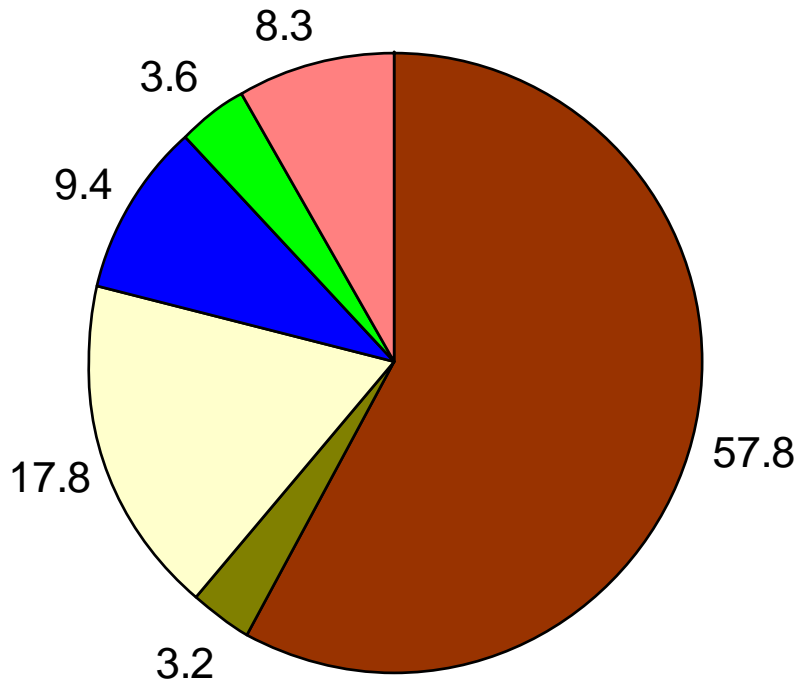
ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΓΚΑΤΕ-ΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
ΔΕΗ	Άγρας	Άγρας I, II	2x25	2x25
ΔΕΗ	Ασώματα	Ασώματα I, II	2x54	2x54
ΔΕΗ	Εδεσσαίος	Εδεσσαίος	19	19
ΔΕΗ	Θησαυρός	Θησαυρός I-III	3x128	3x128
ΔΕΗ	Καστράκι	Καστράκι I-IV	4x80	4x80
ΔΕΗ	Κρεμαστά	Κρεμαστά I-IV	4x109.3	4x109.3
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
ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ			3017.7	3017.7

Πηγή: ΑΔΜΗΕ, Μελέτη επάρκειας ισχύος 2013-2020

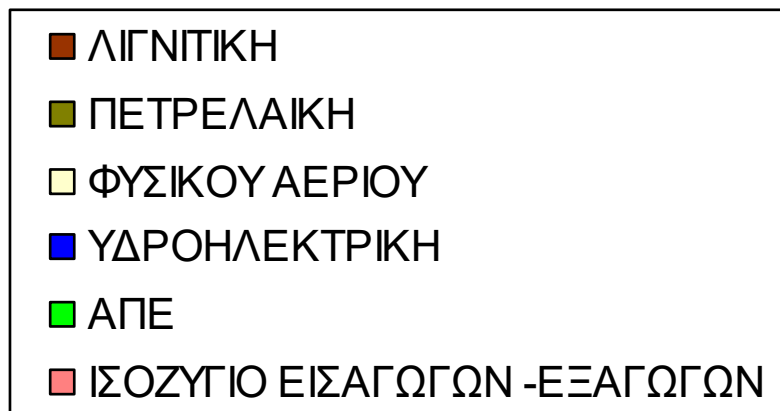
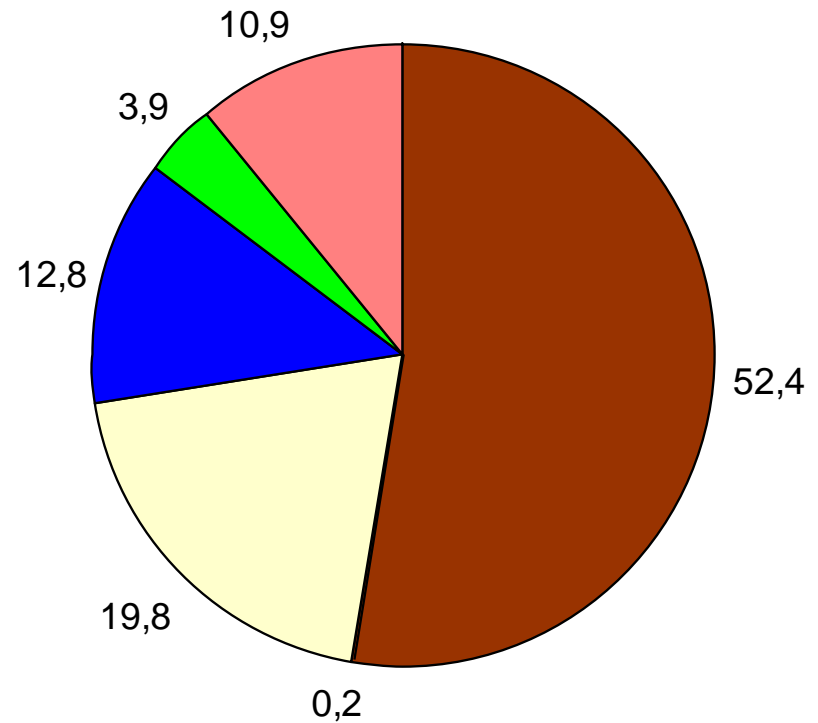
Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Ανάλυση παραγωγής στην Ελλάδα

2009



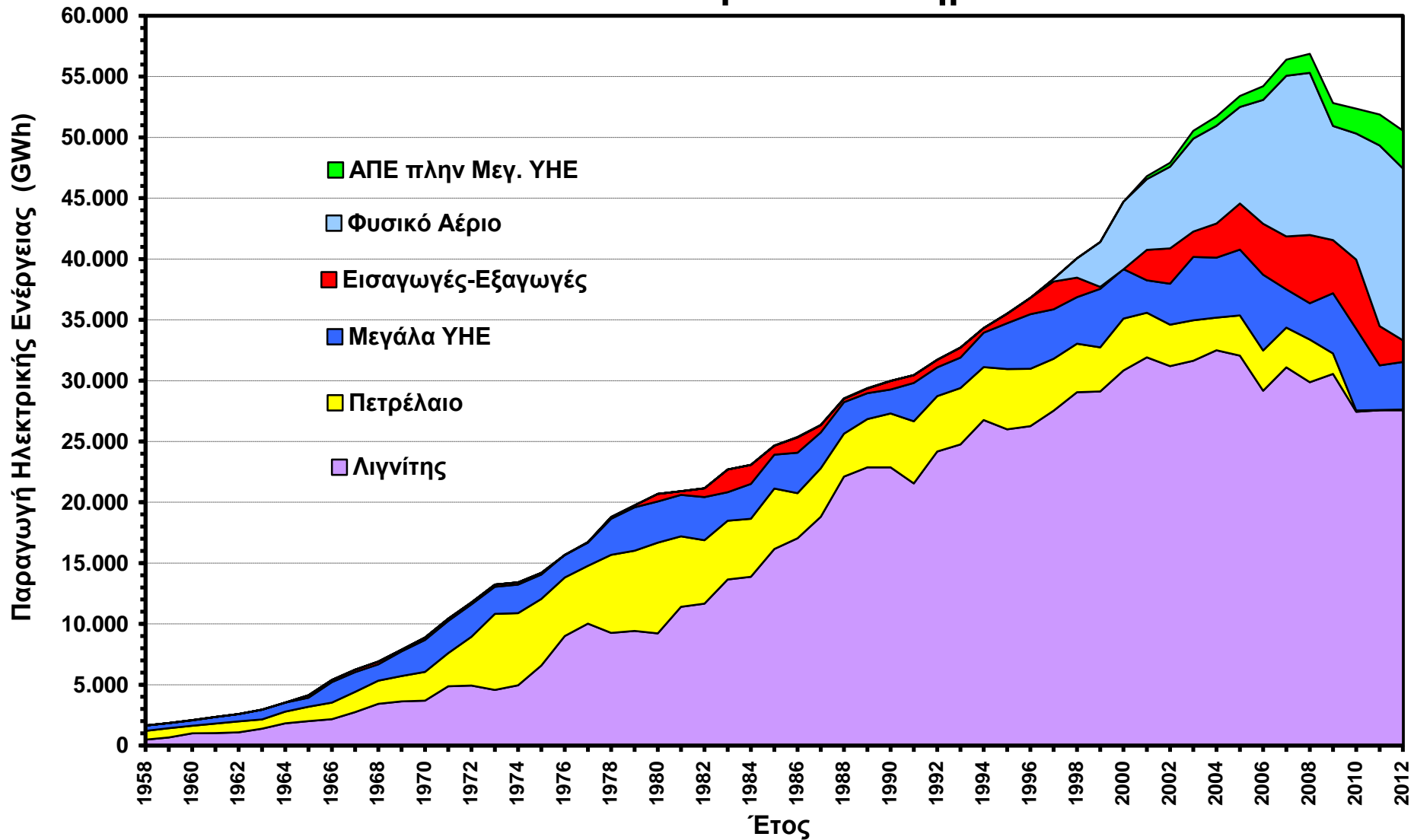
2010



Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Χρονική εξέλιξη παραγωγής (1958-2012) σε GWh

Διασυνδεδεμένο Σύστημα

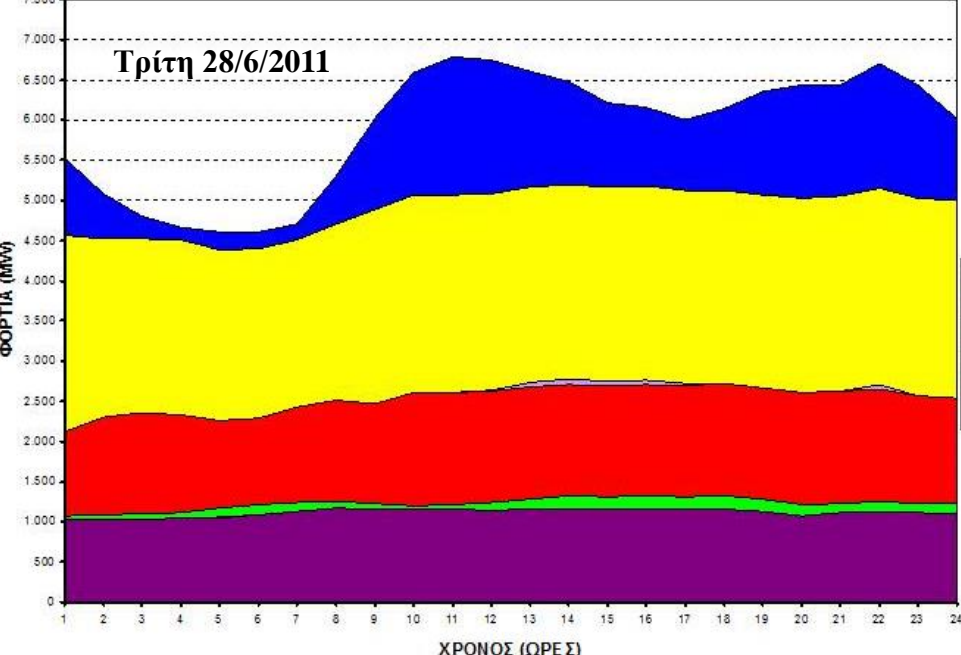
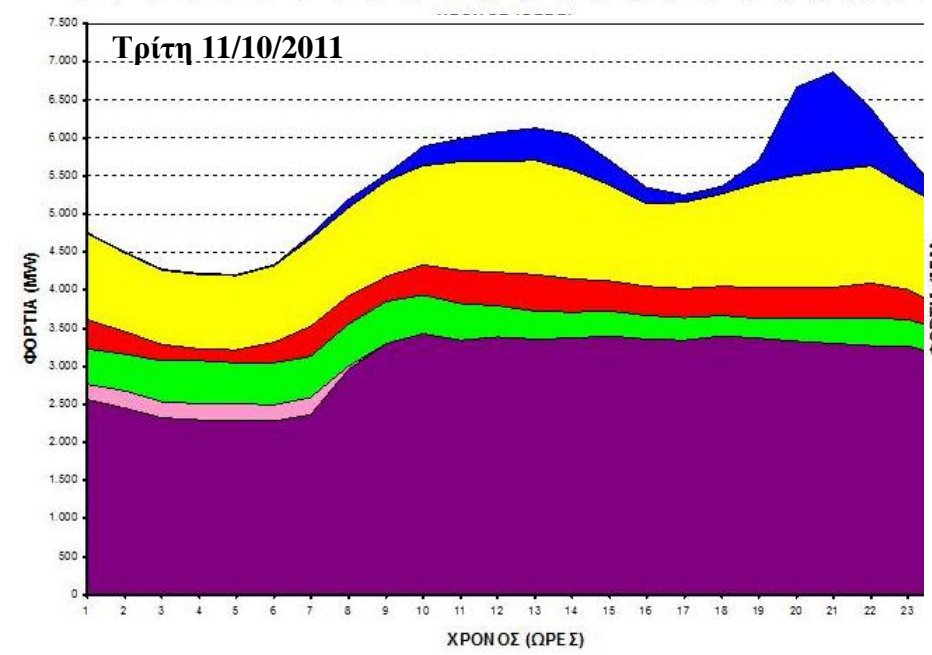
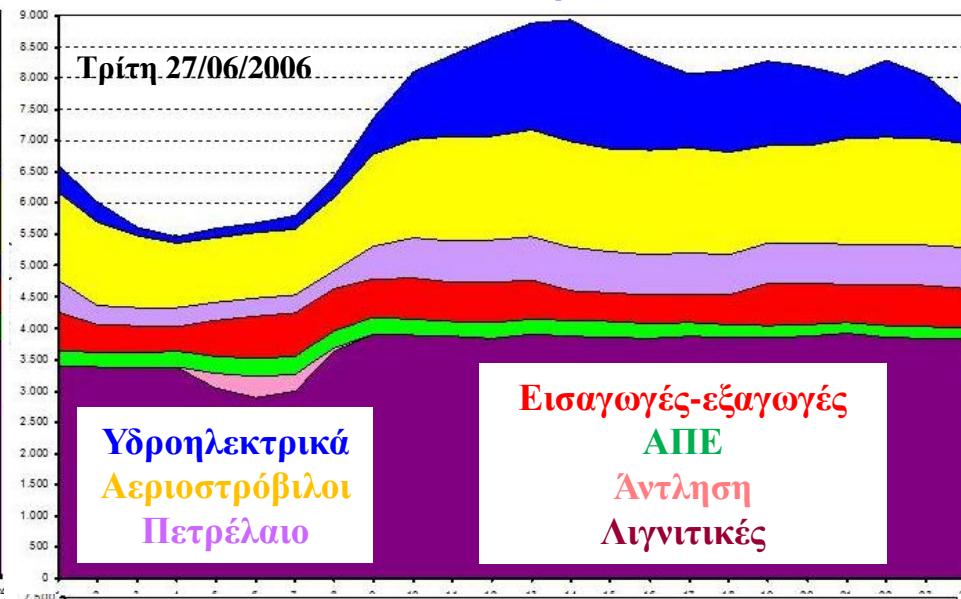
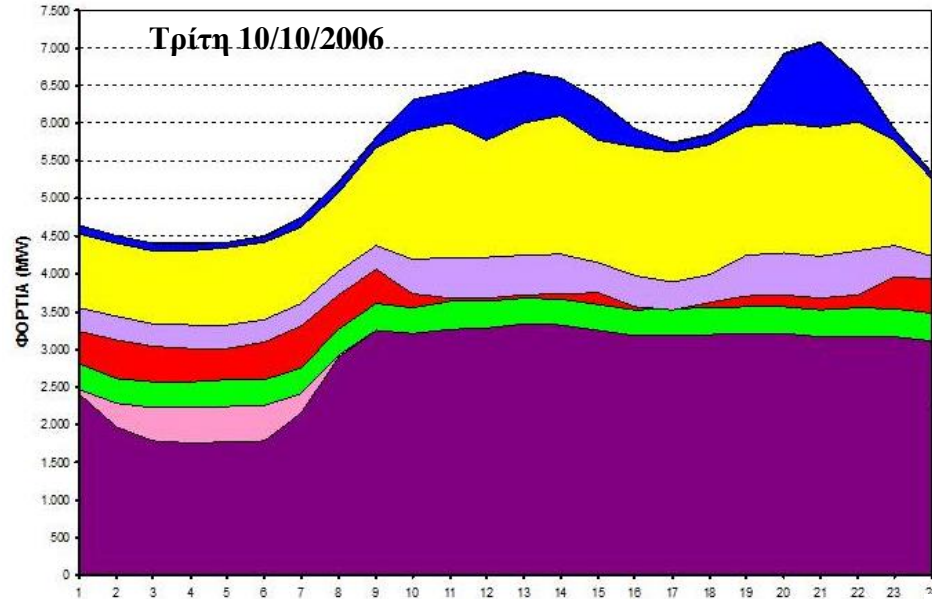


Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

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

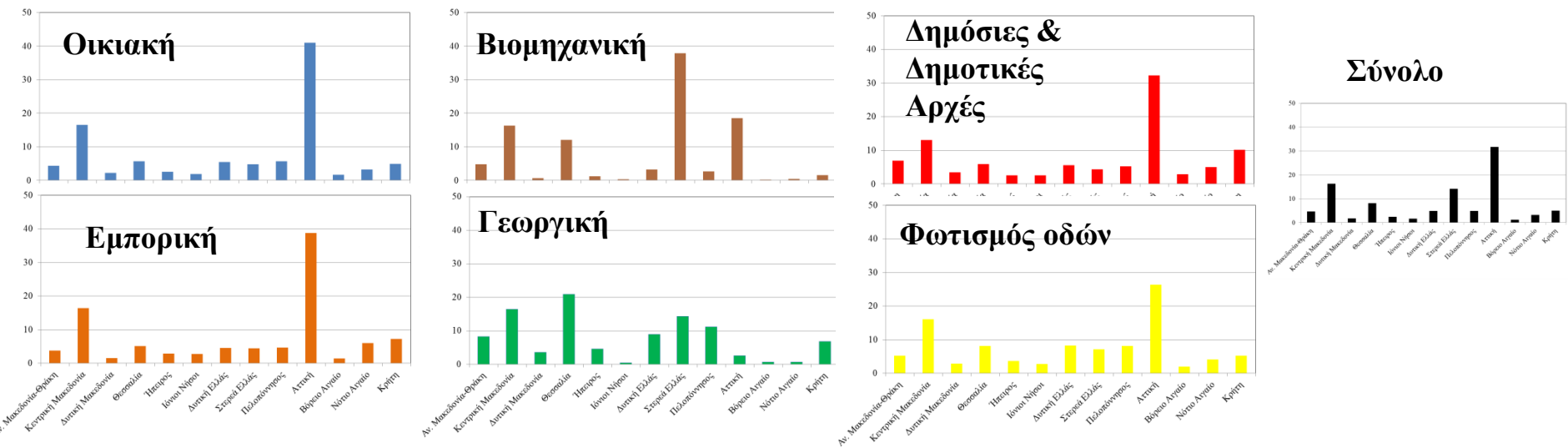
Ελλάδα **5.242** **5.372** **5.628**

Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

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

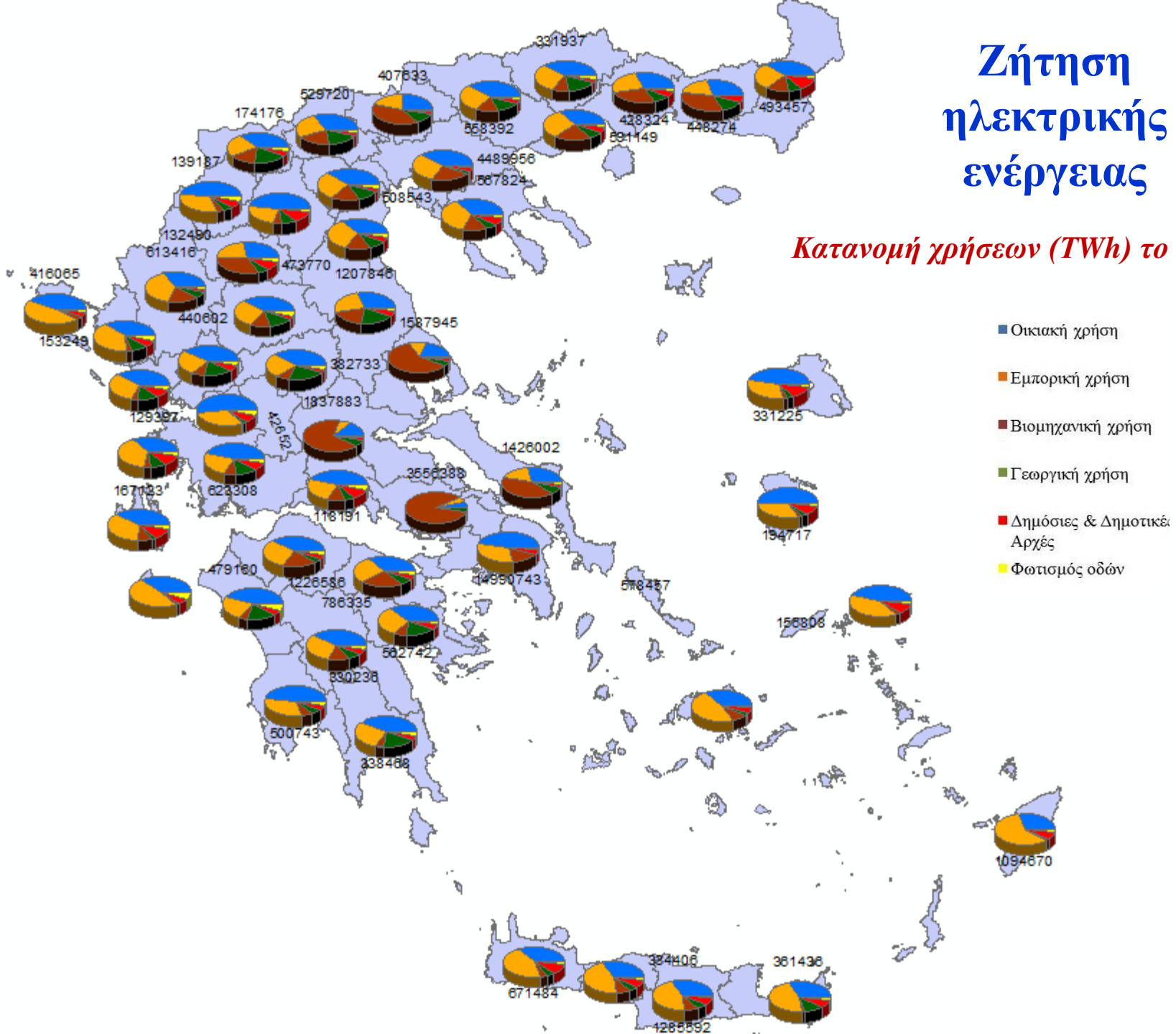
	Σύνολο	Οικιακή χρήση	Εμπορική χρήση	Βιομηχανική χρήση	Γεωργική χρήση	Δημόσιες & Δημοτικές Αρχές	Φωτισμός οδών
Αν. Μακεδονία-Θράκη	2,4	0,8	0,6	0,7	0,2	0,1	0,0
Κεντρική Μακεδονία	8,3	2,9	2,4	2,3	0,4	0,3	0,1
Δυτική Μακεδονία	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
Θεσσαλία	4,2	1,0	0,7	1,7	0,6	0,1	0,1
Ήπειρος	1,2	0,4	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)



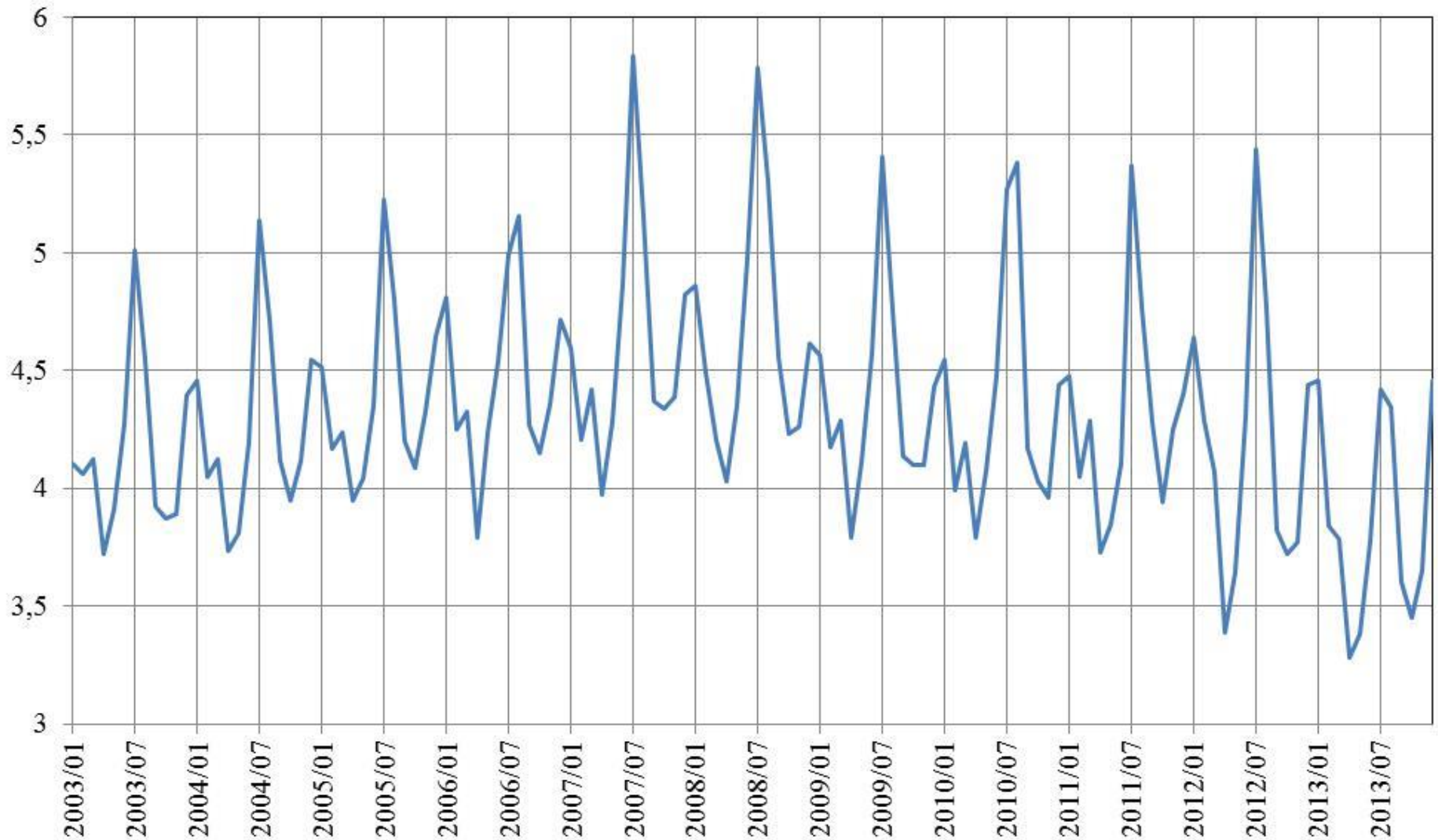
Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

Κατανομή χρήσεων (TWh) το 2011



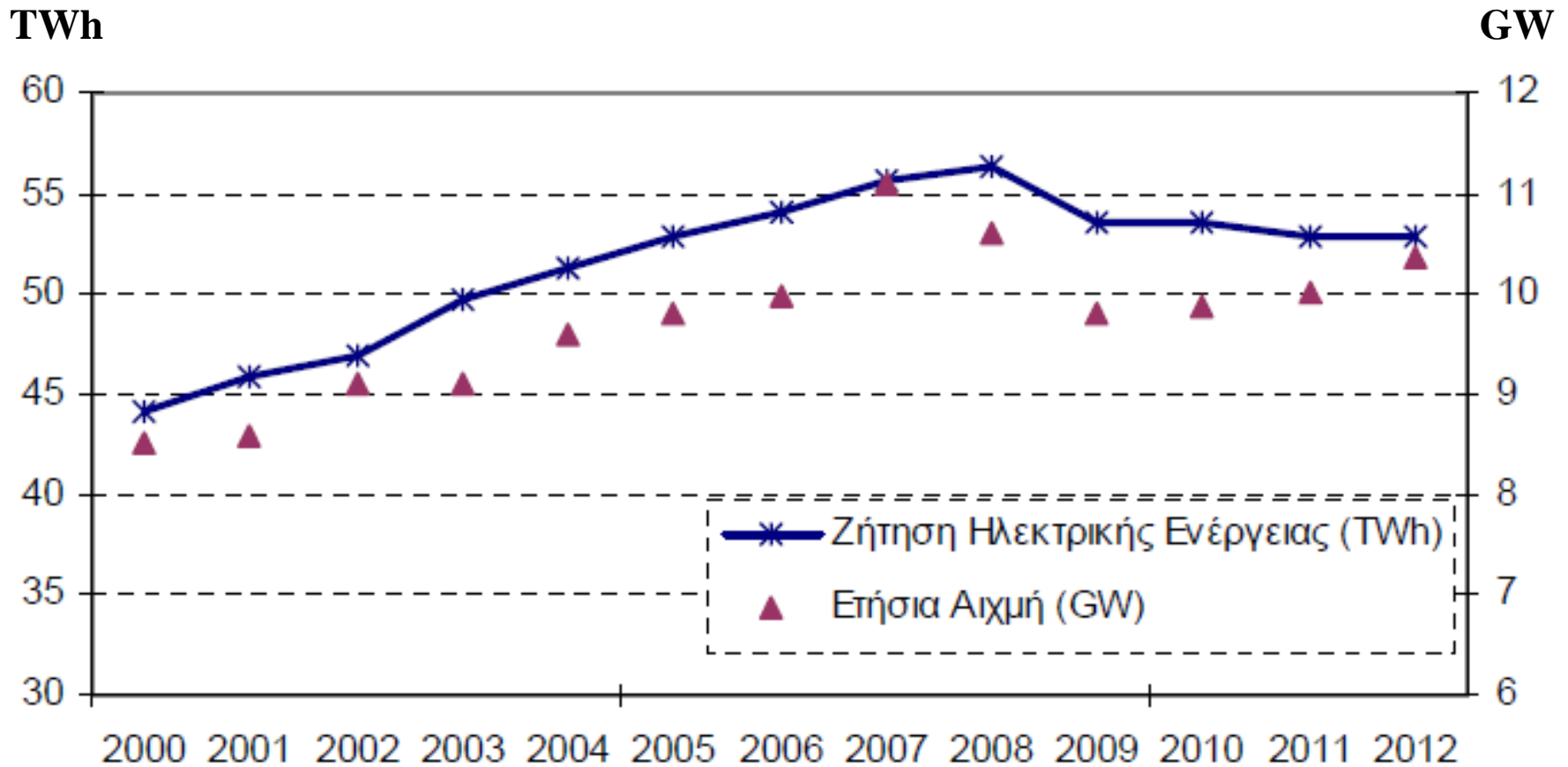
Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

Εξέλιξη μηνιαίας ζήτησης (TWh) τα έτη 2003-2013



Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

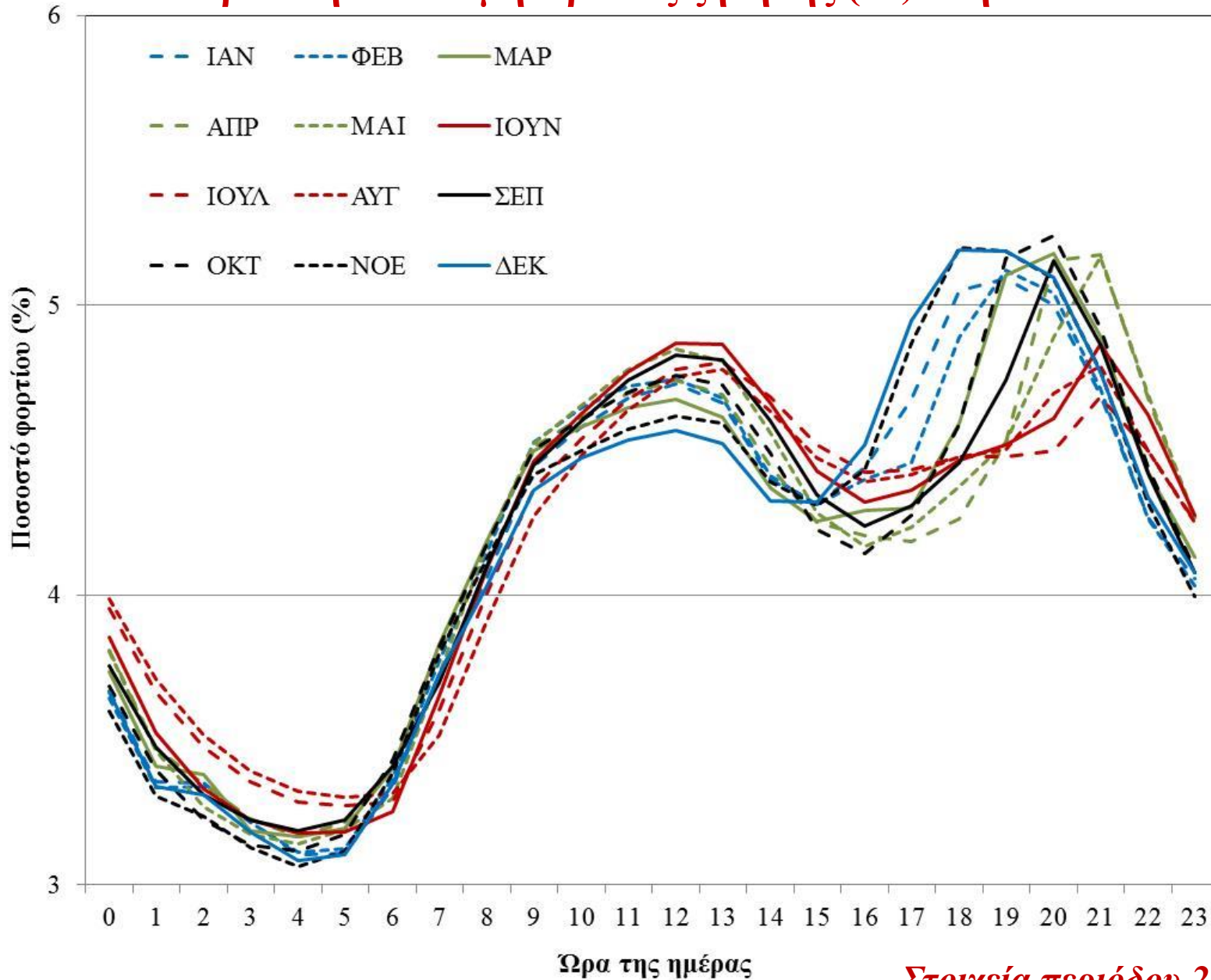
Ετήσια ζήτηση (TWh) και ωριαία αιχμή (GW) για την περίοδο 2000-2012



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

Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

Χρονική κατανομή ωριαίας ζήτησης (%) στην Ελλάδα



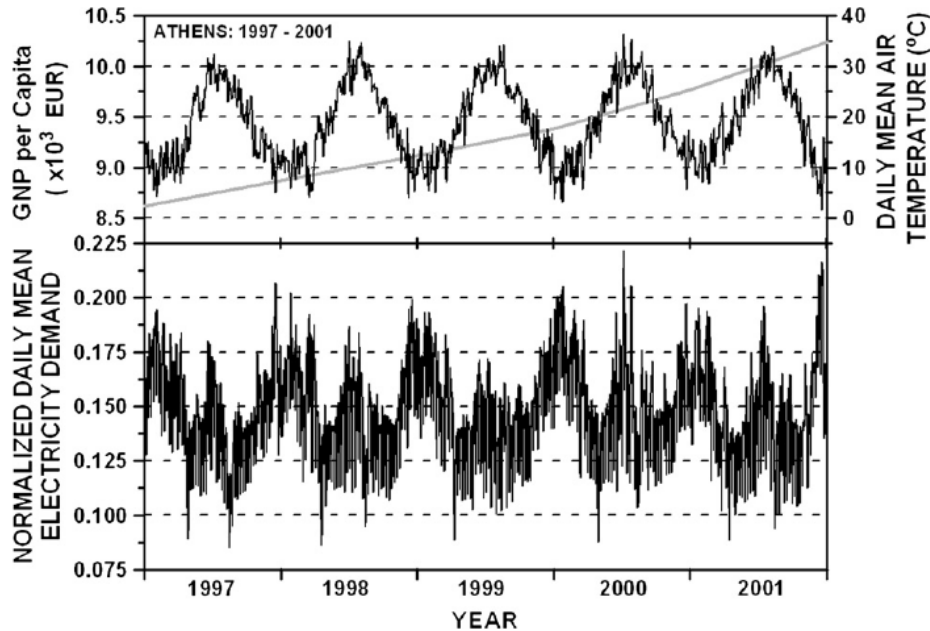
Στοιχεία περιόδου 2002-2012

Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

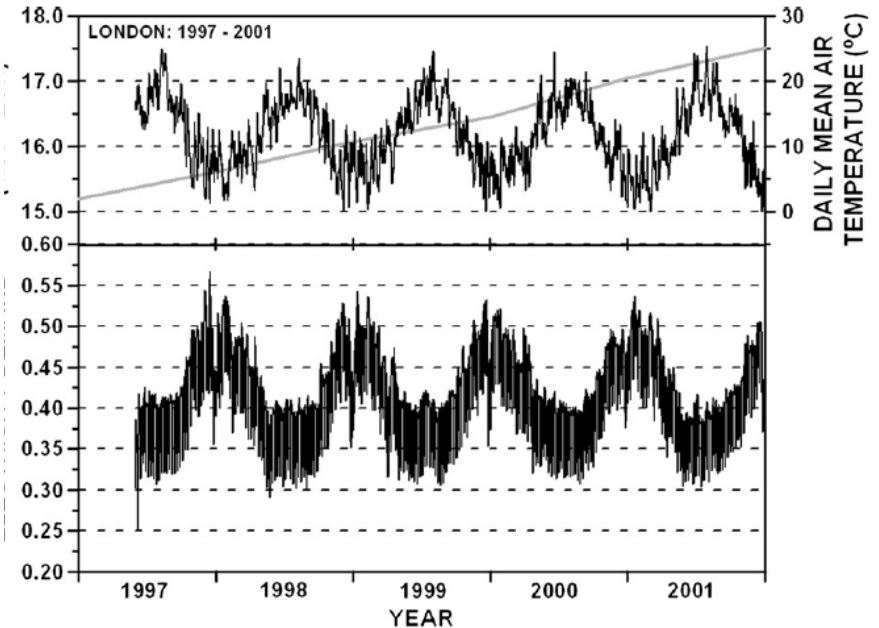
Συσχέτιση ημερήσιας θερμοκρασίας και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας

Η ζήτηση έχει σταθμιστεί ώστε να αφαιρεθεί η ανοδική τάση που οφείλεται στην αύξηση του ΑΕΠ

Αθήνα



Λονδίνο



- Υπάρχει εποχιακή διακύμανση με τους χειμωνιάτικους μήνες να απαιτείται περισσότερη ενέργεια
- Η Αθήνα (όπως και άλλες μεσογειακές πόλεις) παρουσιάζει δεύτερη αιχμή τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω της ενέργειας για ψύξη

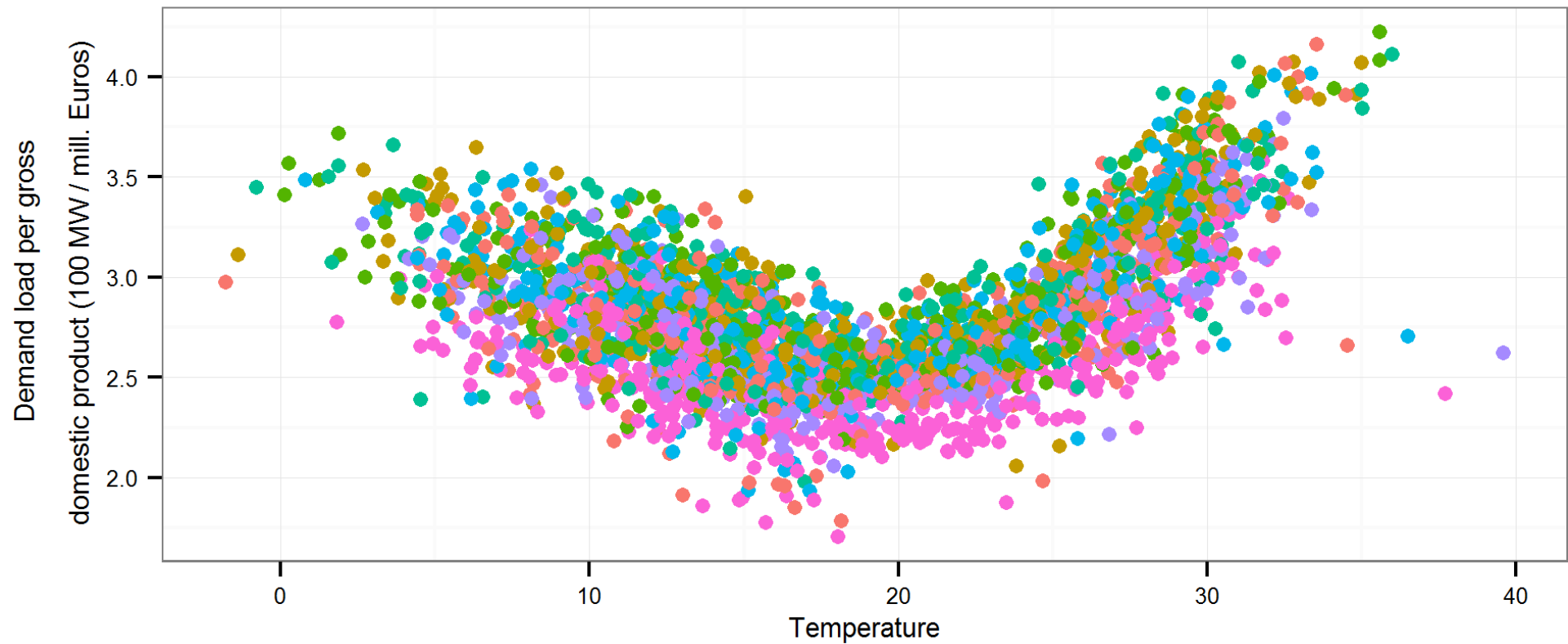
Πηγή: Factors affecting electricity demand in Athens, Greece and London, UK: A comparative assessment. B.E. Psiloglou, C. Giannakopoulos, S. Majithia, M. Petrakis, Energy 34 (2009) 1855–1863

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

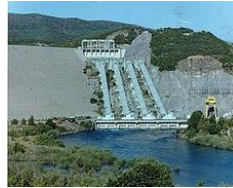
Μετασχηματιστής

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 Νότο (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.

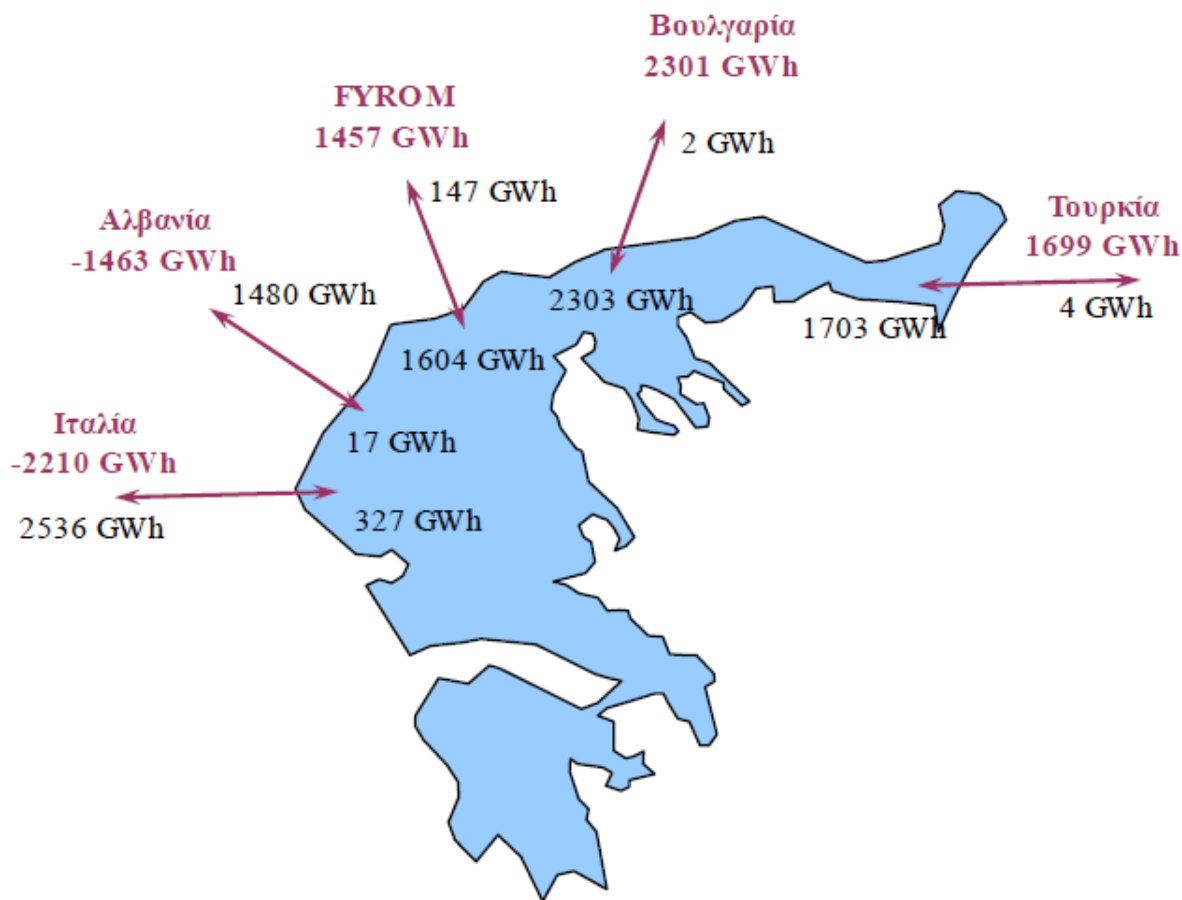
➤ Η μεγάλη γεωγραφική ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης είχε οδηγήσει στο παρελθόν σε σημαντικά προβλήματα τάσεων.

➤ Η ένταξη νέων μονάδων παραγωγής στο Νότιο Σύστημα αναμένεται να διαφοροποιήσει σημαντικά αυτή τη γεωγραφική ανισορροπία στο άμεσο μέλλον.



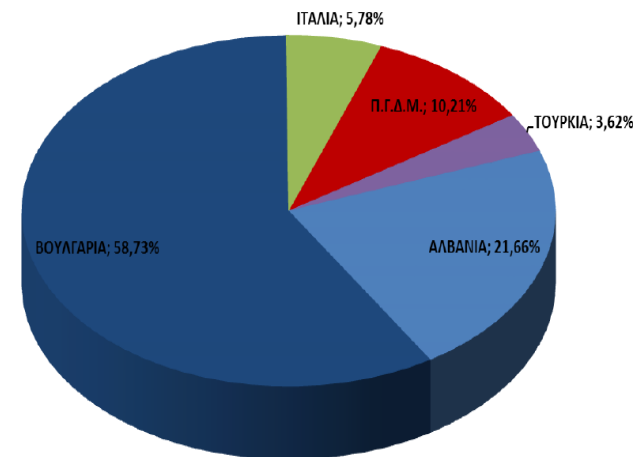
Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας

2012

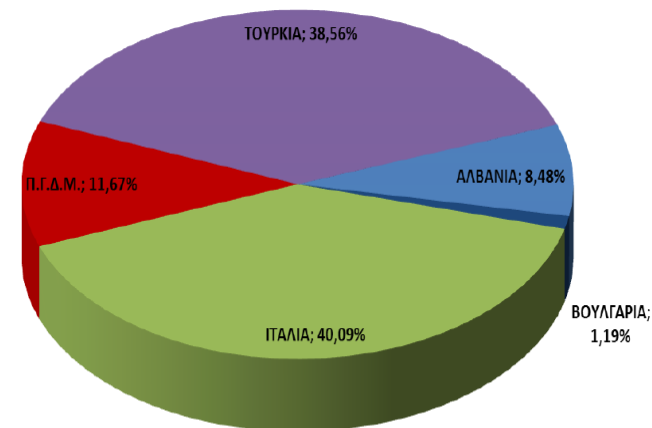


Ελλάδα-10/2013

Εισαγωγές



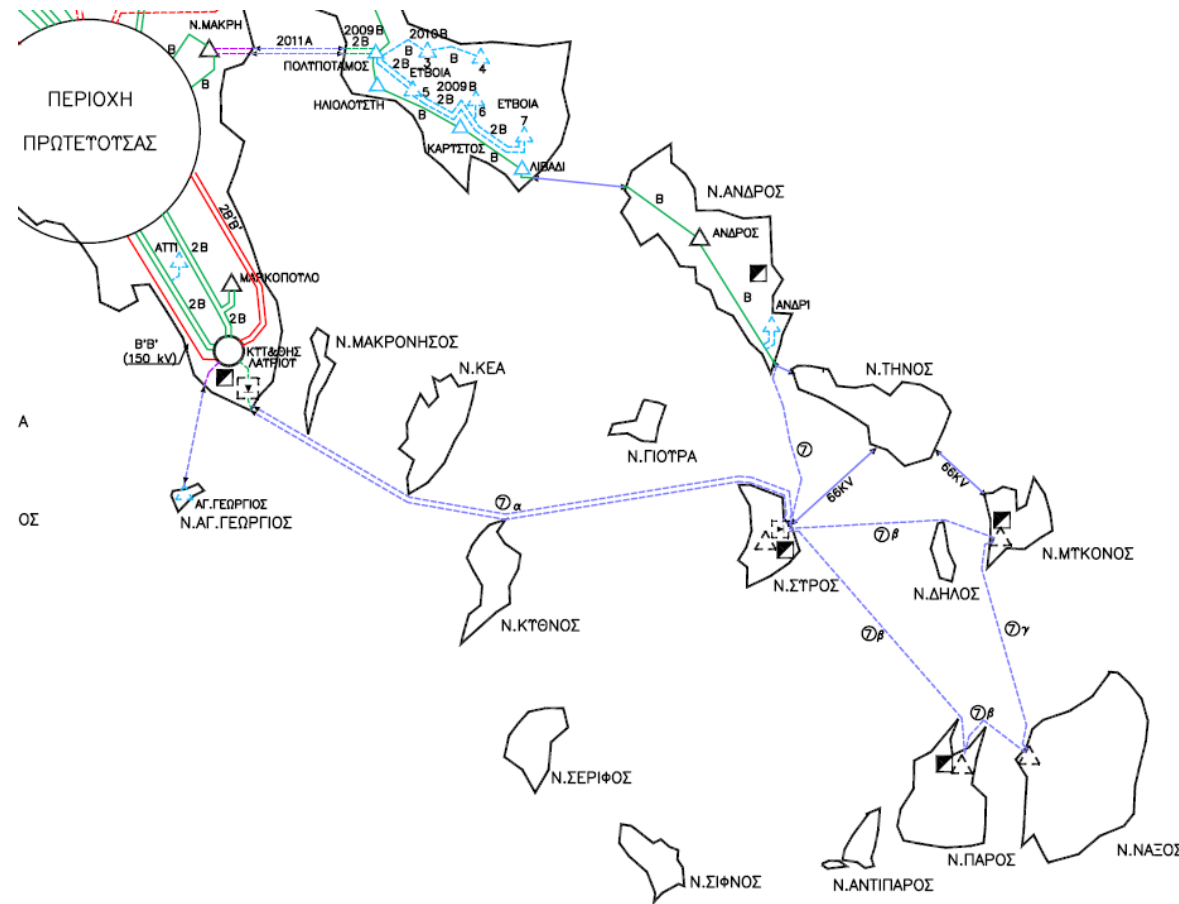
Εξαγωγές



Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας

Διασύνδεση νησιών με υποβρύχιους αγωγούς

Αυτόνομα-μη διασυνδεδεμένα νησιά

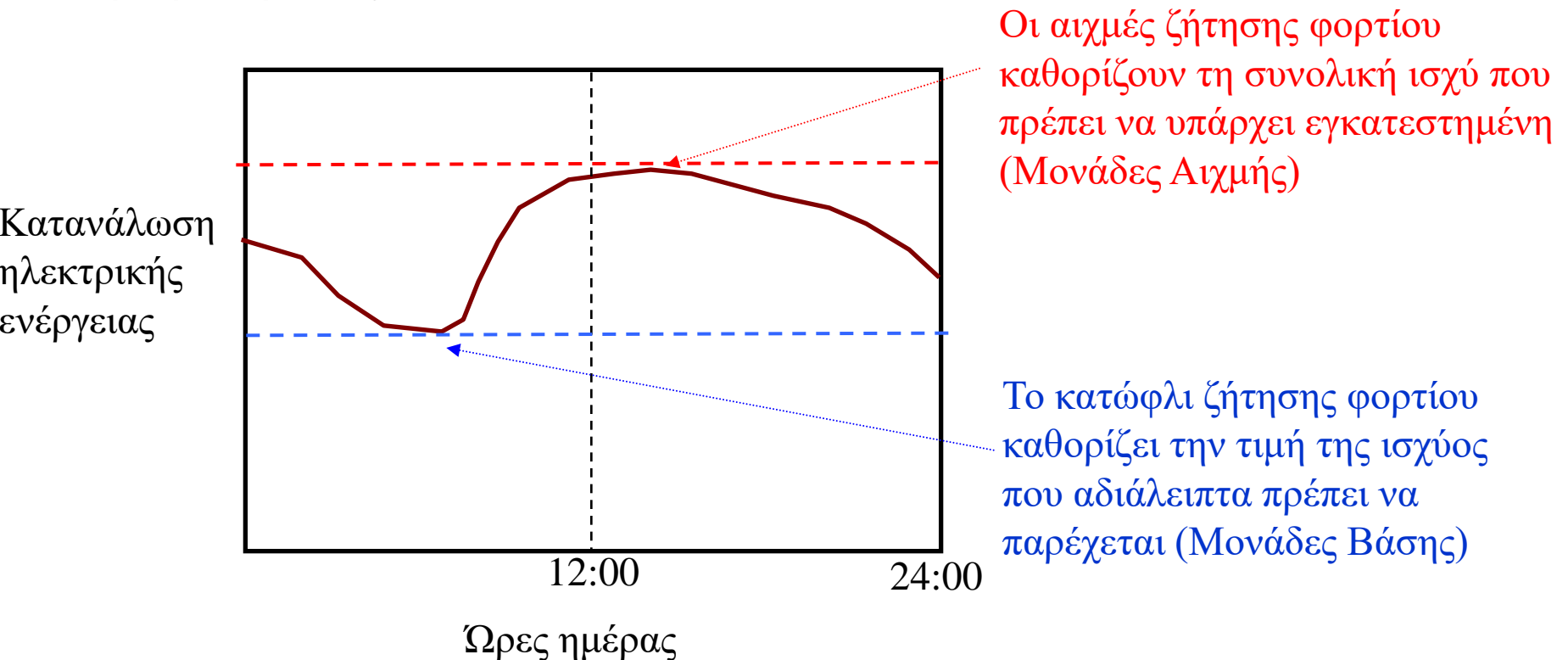


- Μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ χειμώνα-καλοκαιριού και ημέρας-νύχτας
- Τοπικοί πετρελαϊκοί σταθμοί
- Ευαίσθητα δίκτυα
- Υψηλό κόστος παραγόμενης ενέργειας
- Εξάρτηση από την τιμή του πετρελαίου

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.



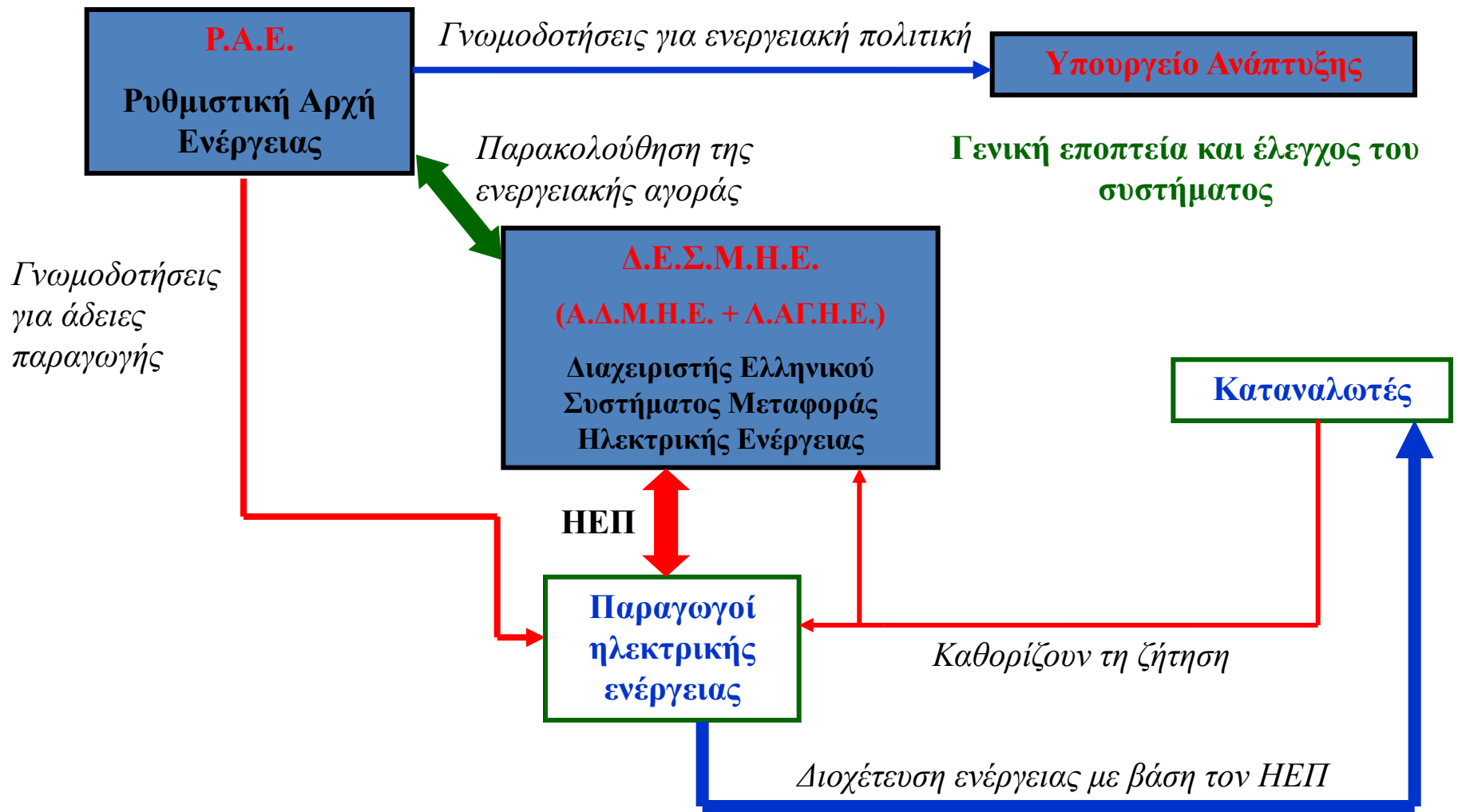
Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας

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

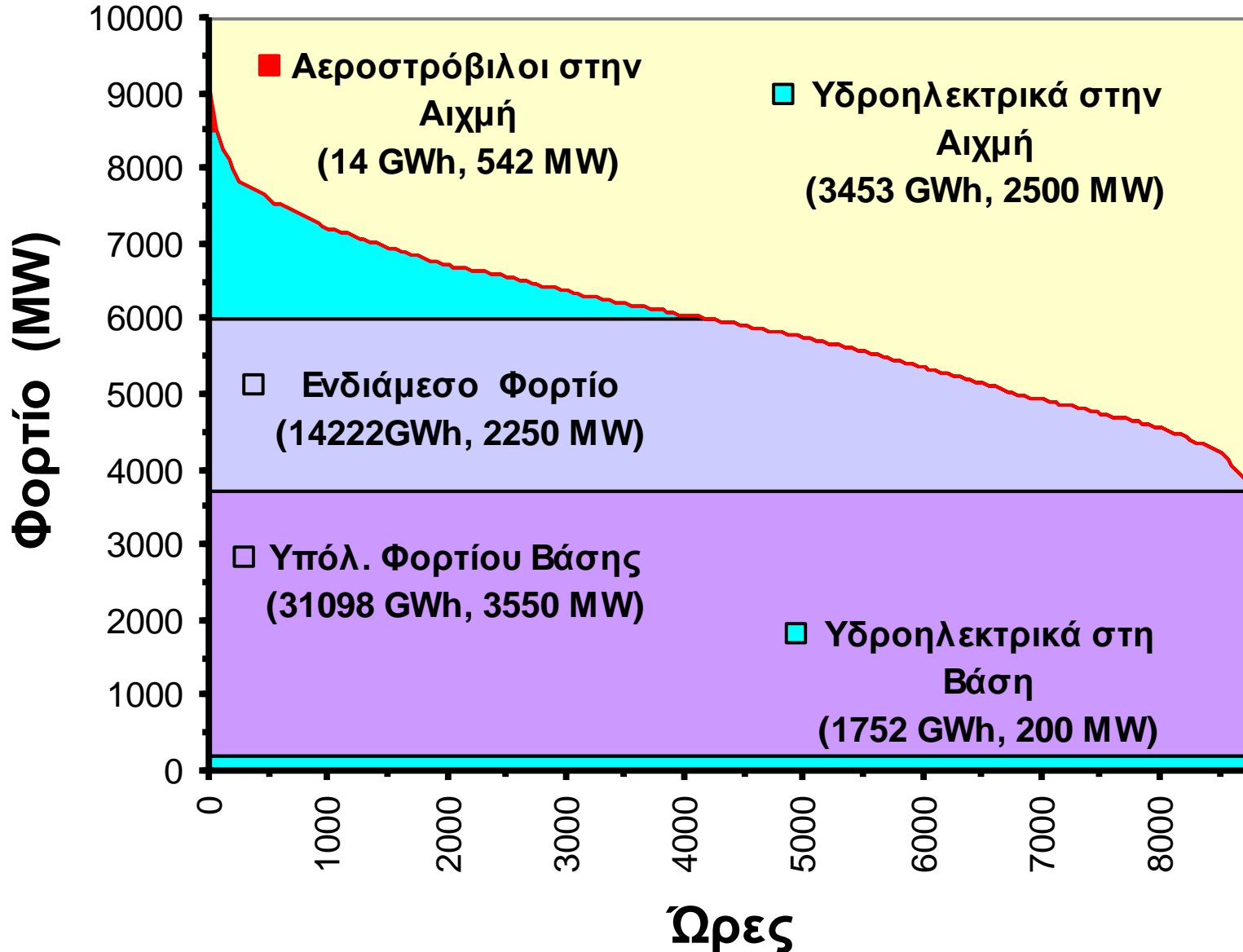


Με βάση τη ζήτηση κάθε μέρα μέχρι τις 12.00 γίνεται ο Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός (ΗΕΠ), με στόχο την ελάχιστη δαπάνη. Ο ΔΕΣΜΗΕ (που έχει ήδη διαχωριστεί στους Α.Δ.Μ.Η.Ε. + Α.ΑΓ.Η.Ε.) καταstrώνει το πρόγραμμα, κατανέμει το φορτίο και υπολογίζει την οριακή τιμή συστήματος

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, καθόσον μάλιστα 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

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 hm³ 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/m²/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 m²/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 m²) μπορεί

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

Ενεργειακό μίγμα

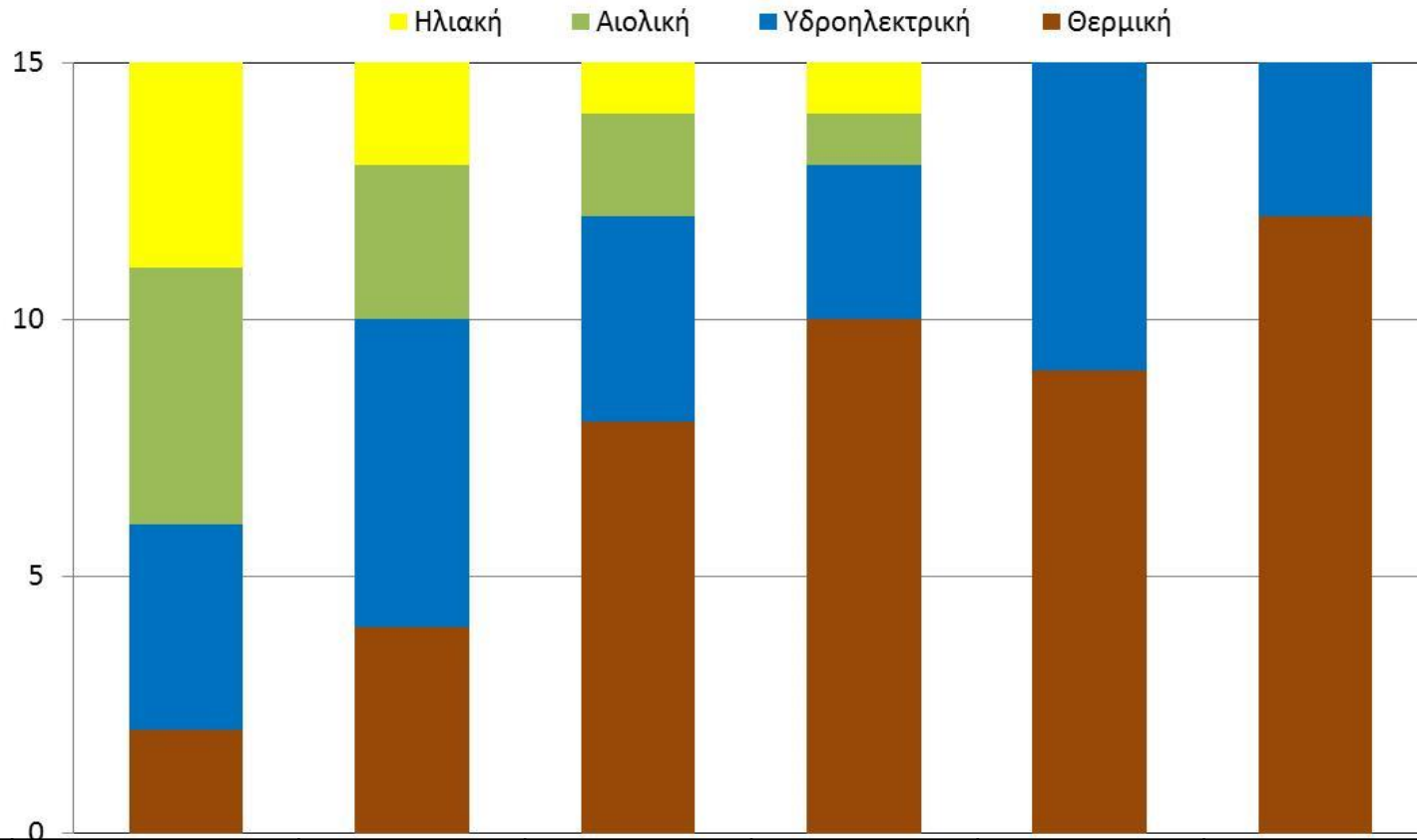
Συνδυασμοί με συνολική ισχύ 15 MW

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**

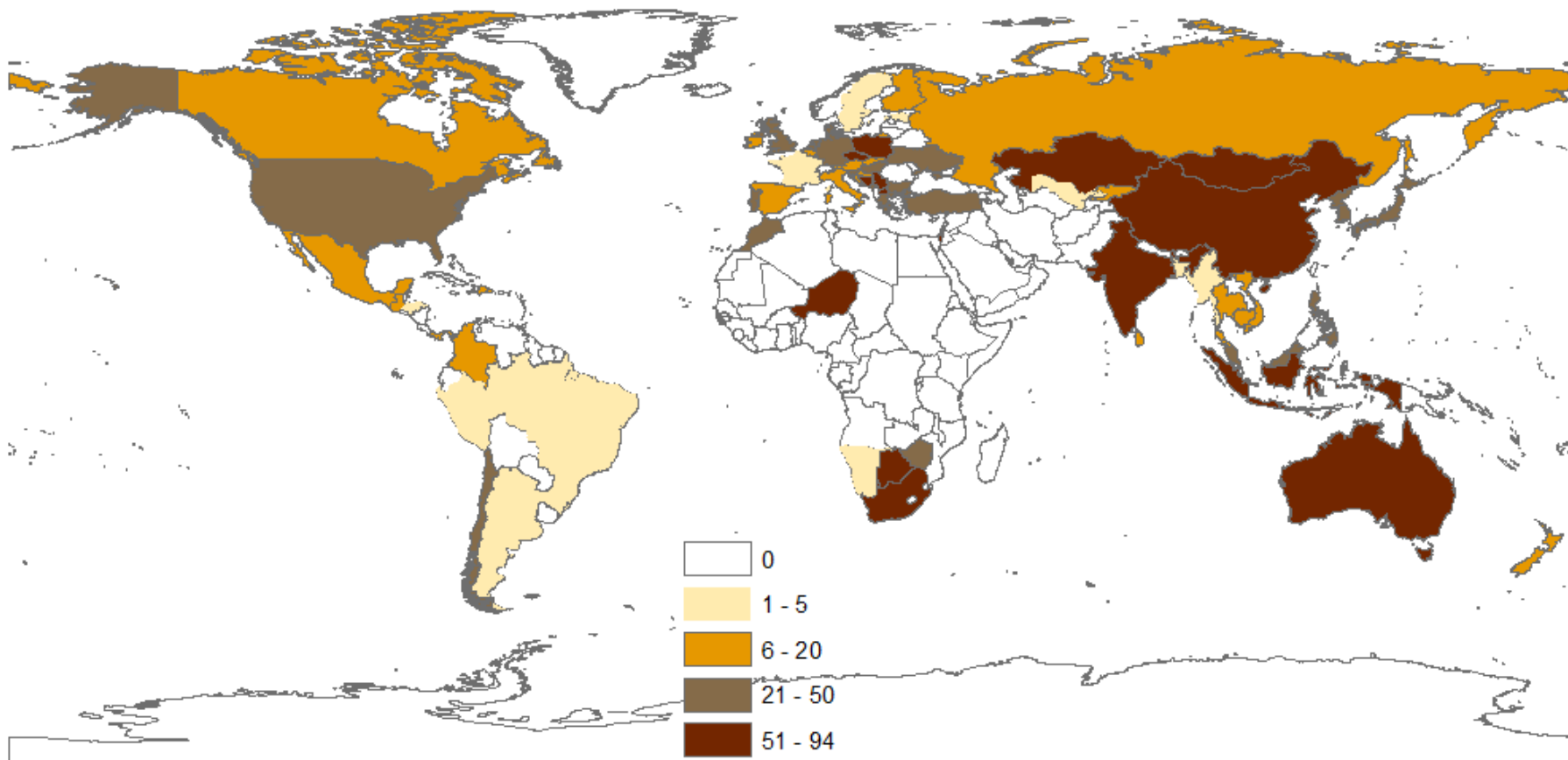
Συντελεστές απόδοσης
Θερμικού: **0.35**
Ηλιακού: **0.12**
Υδροηλεκτρικού: **0.80**



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

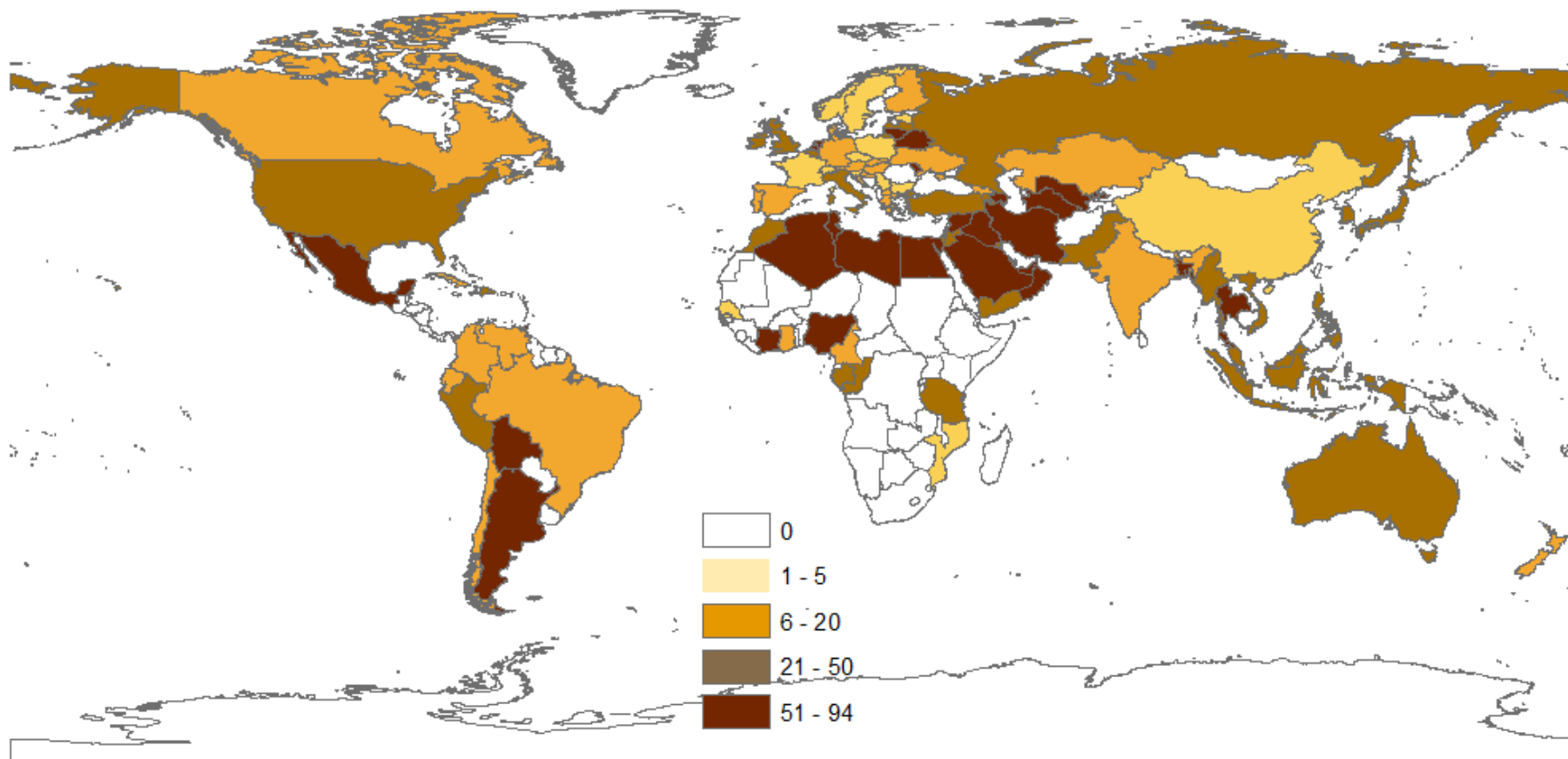
Συμμετοχή στην ηλεκτροπαραγωγή το 2013 (%)

Άνθρακας



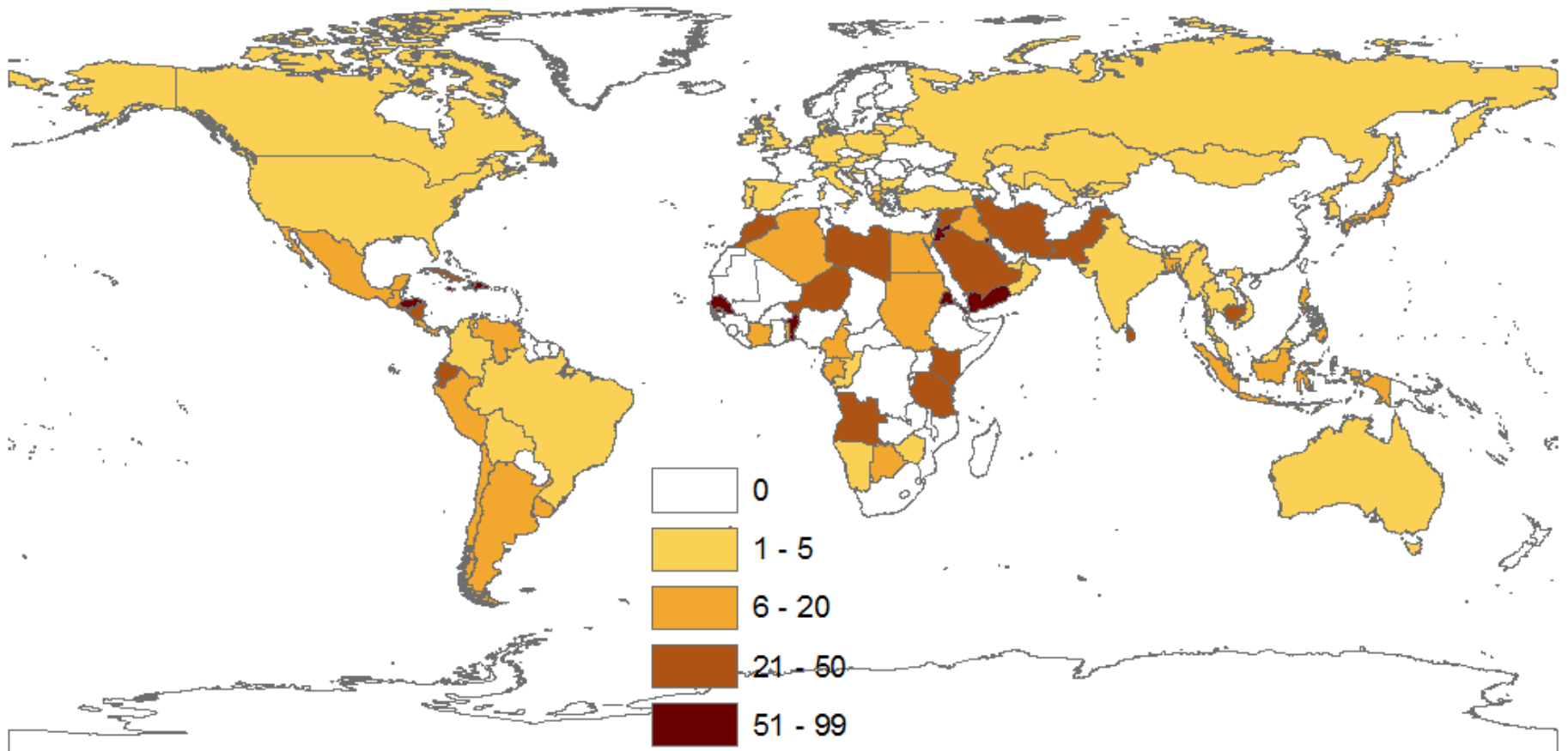
Συμμετοχή στην ηλεκτροπαραγωγή το 2013 (%)

Φυσικό αέριο



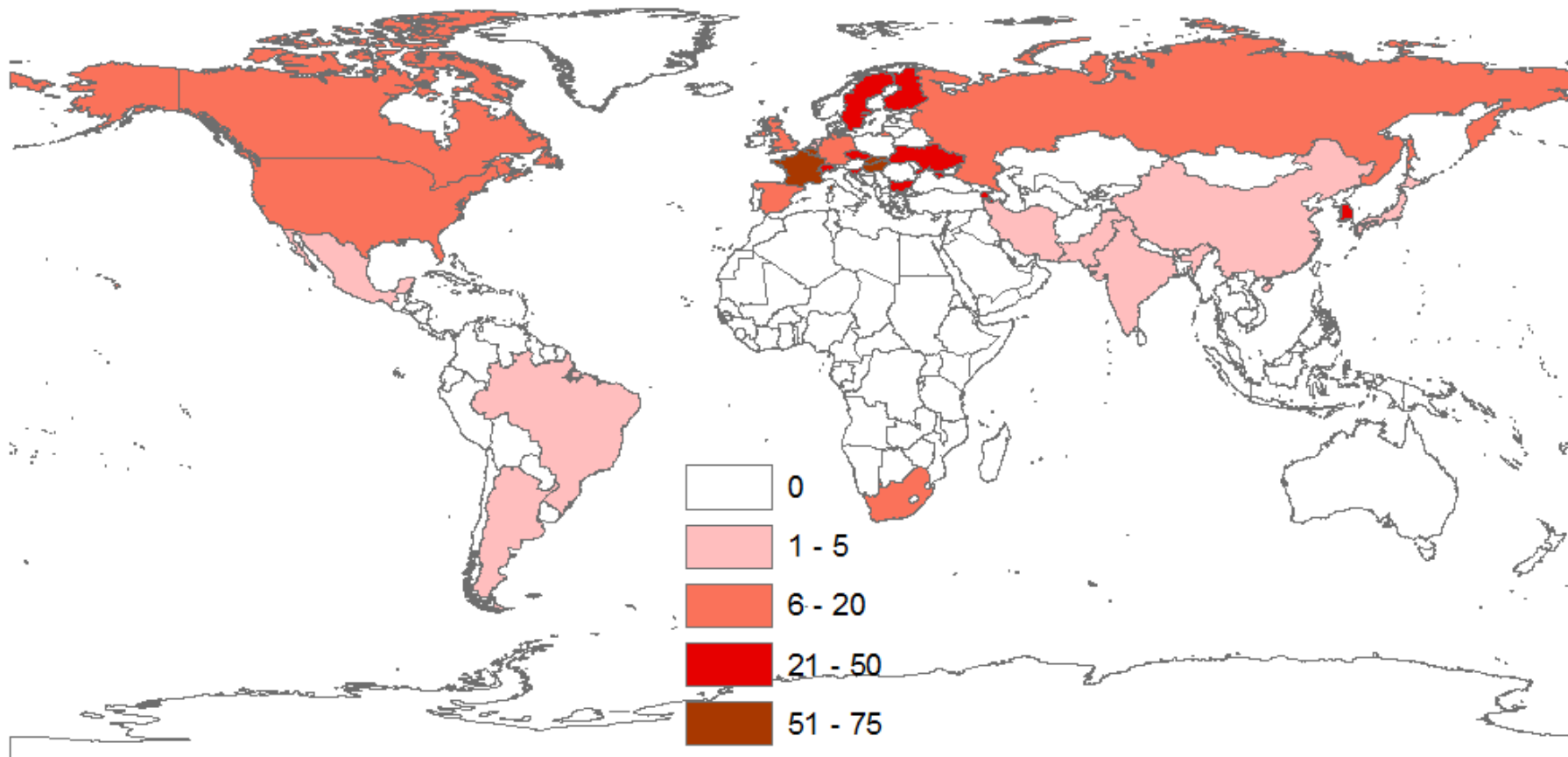
Συμμετοχή στην ηλεκτροπαραγωγή το 2013 (%)

Πετρέλαιο



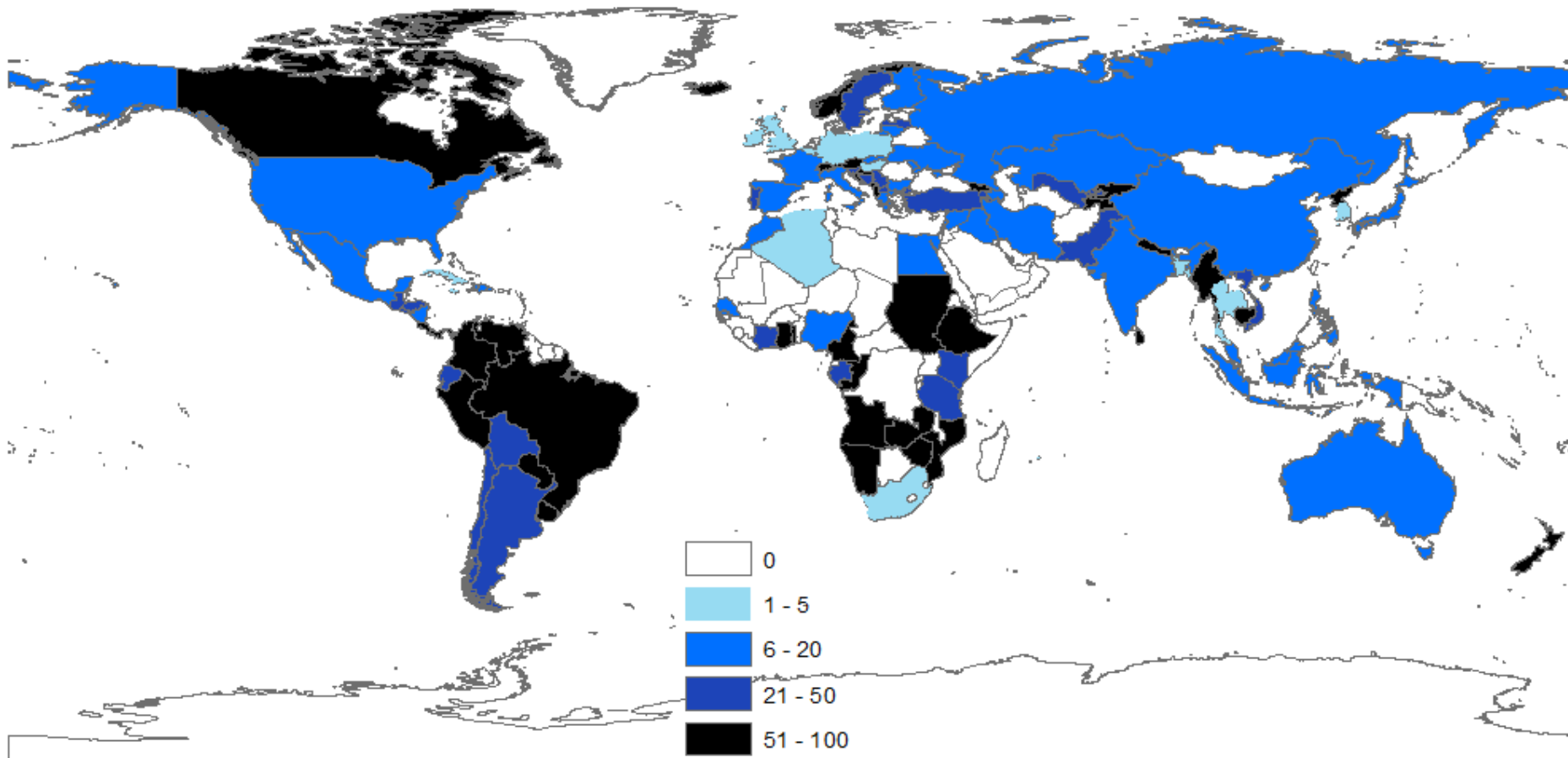
Συμμετοχή στην ηλεκτροπαραγωγή το 2013 (%)

Πυρηνικά



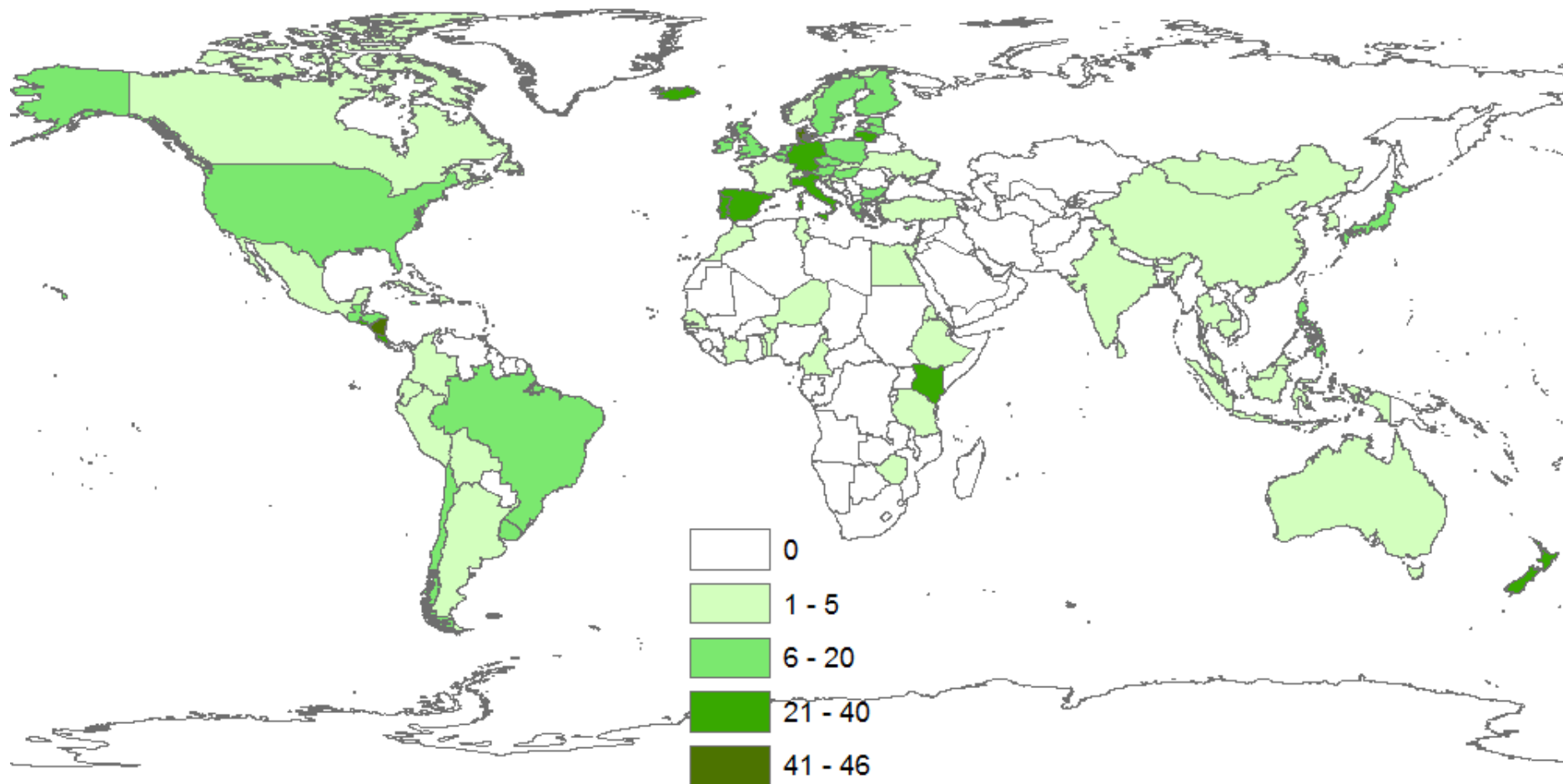
Συμμετοχή στην ηλεκτροπαραγωγή το 2013 (%)

Υδροηλεκτρικά

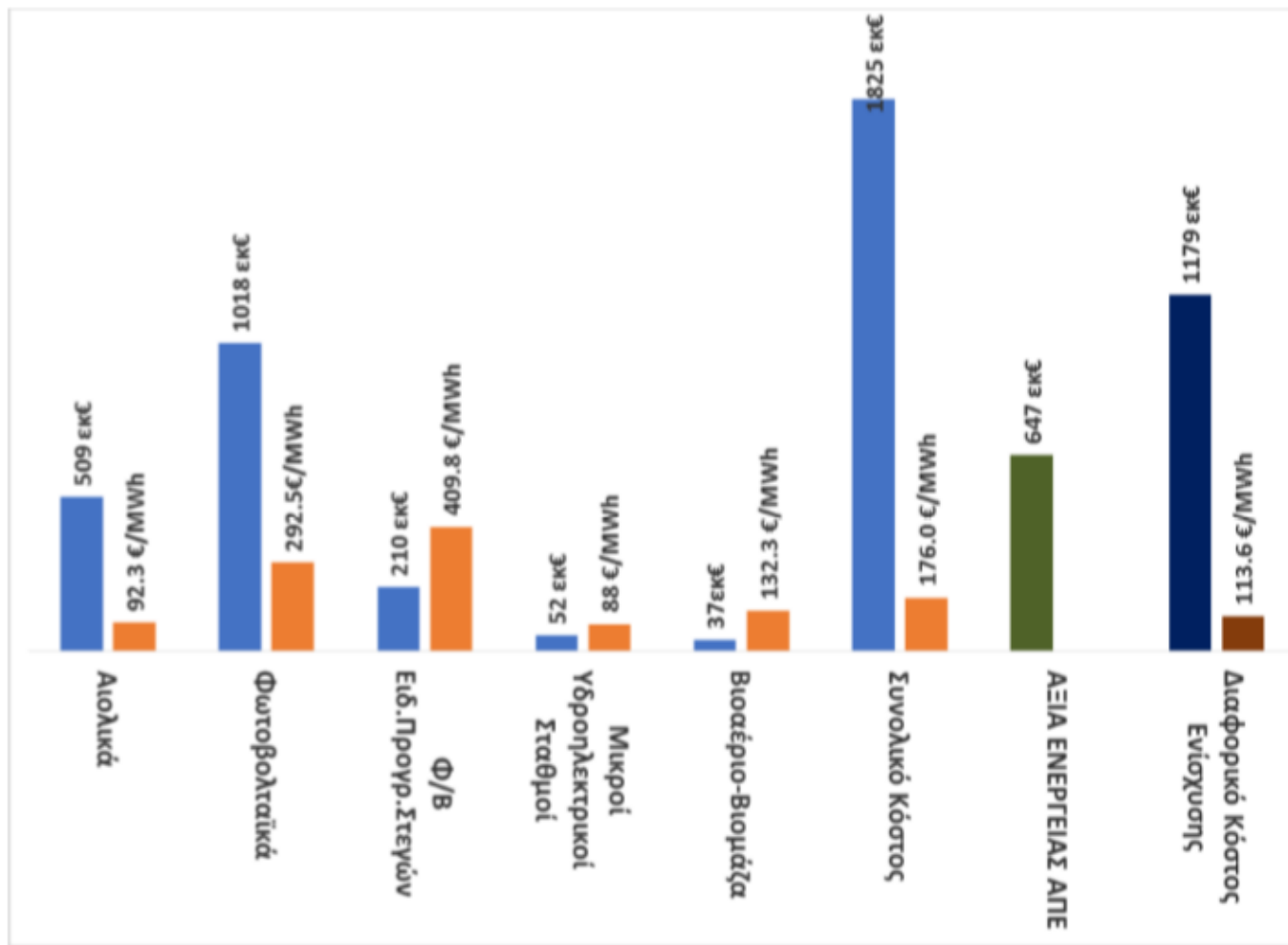


Συμμετοχή στην ηλεκτροπαραγωγή το 2013 (%)

Ανανεώσιμες



Κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

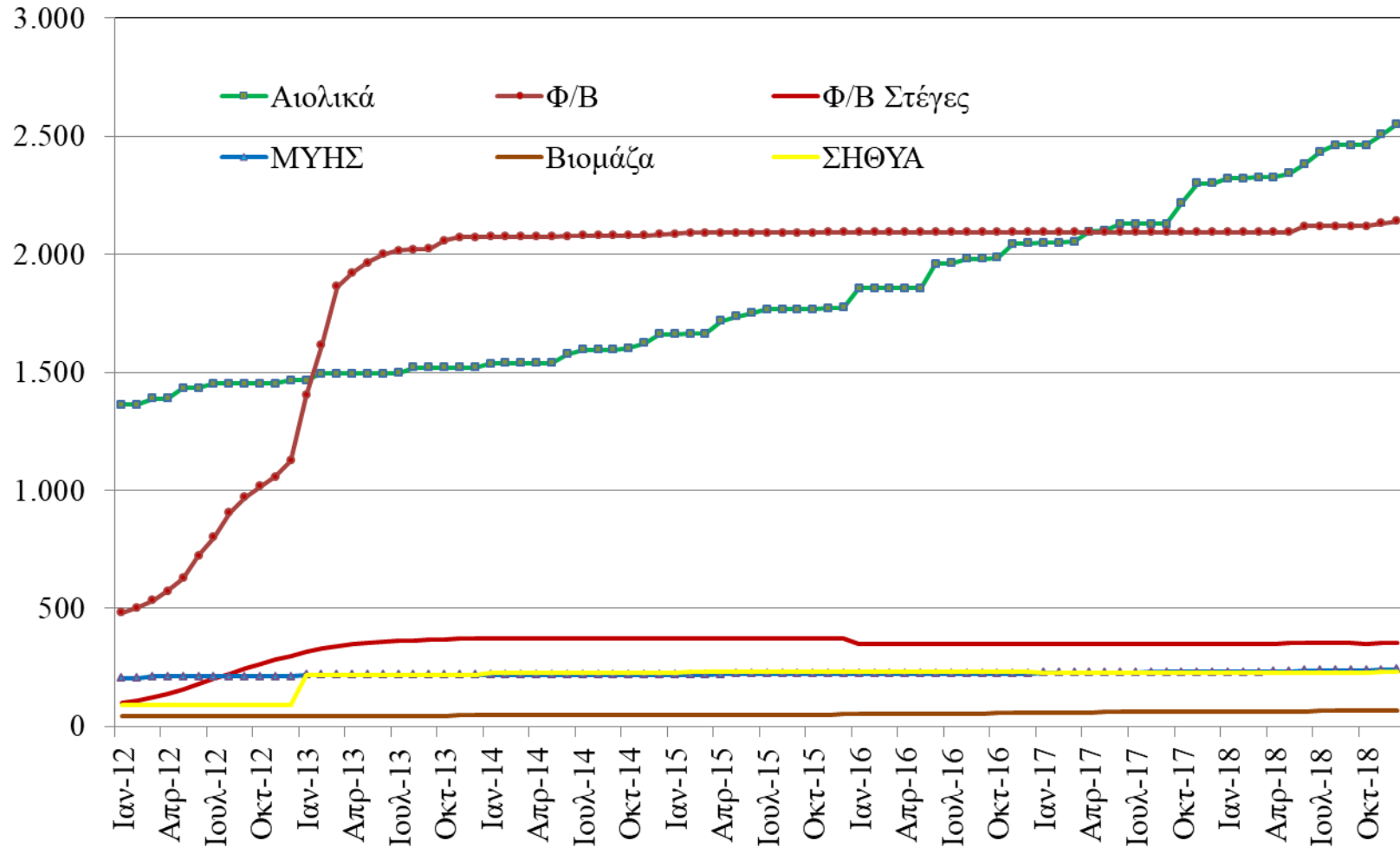


Διάγραμμα 11: Συνολικό και ανηγμένο κόστος ηλεκτροπαραγωγής ανά τεχνολογία ΑΠΕ και ανηγμένο κόστος ενίσχυσης των ΑΠΕ για το έτος 2017.

Πηγή: Εθνικό Σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα, 2018

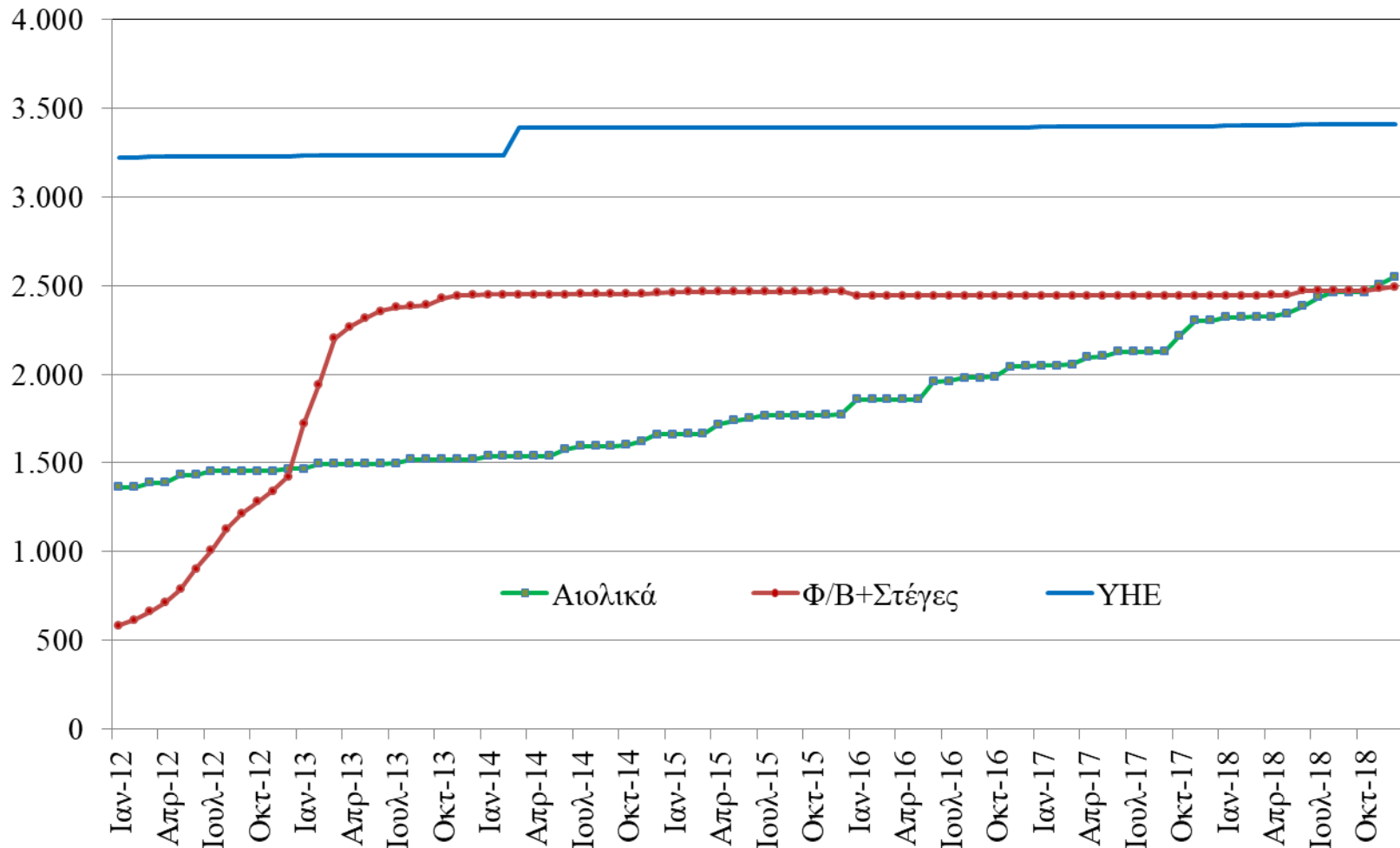
Διείσδυση των ΑΠΕ κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης

Χρονική εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (MW)



Διείσδυση των ΑΠΕ κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης

Χρονική εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος αιολικών, ηλιακών και ΥΗΣ (MW)

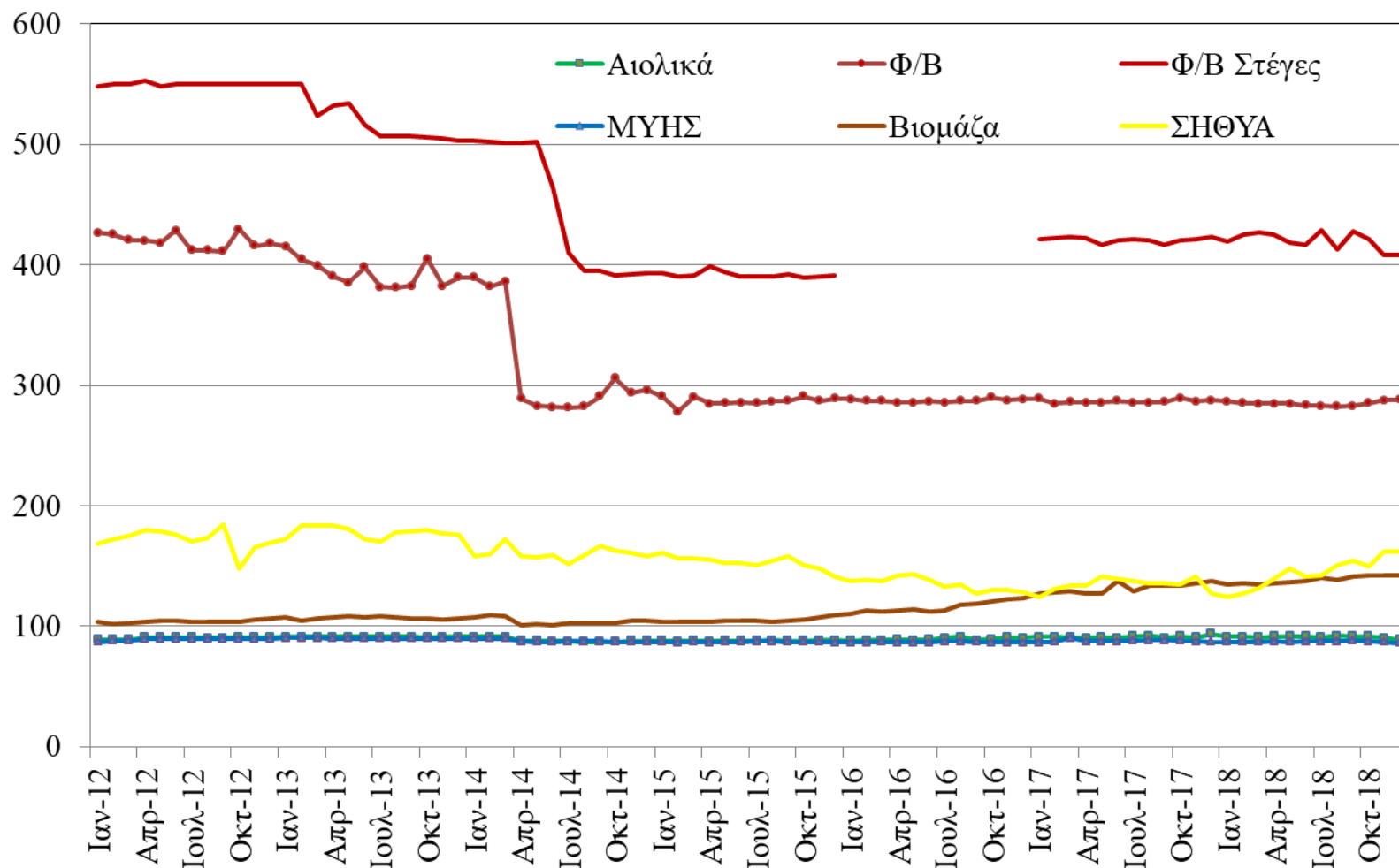


Πηγή δεδομένων : Μηνιαία Δελτία Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ,

<http://www.lagie.gr/systima-eggyimenon-timon/ape-sithya/miniaia-deltia-eidikoy-logariasmoy-ape-sithya/>

Διείσδυση των ΑΠΕ κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης

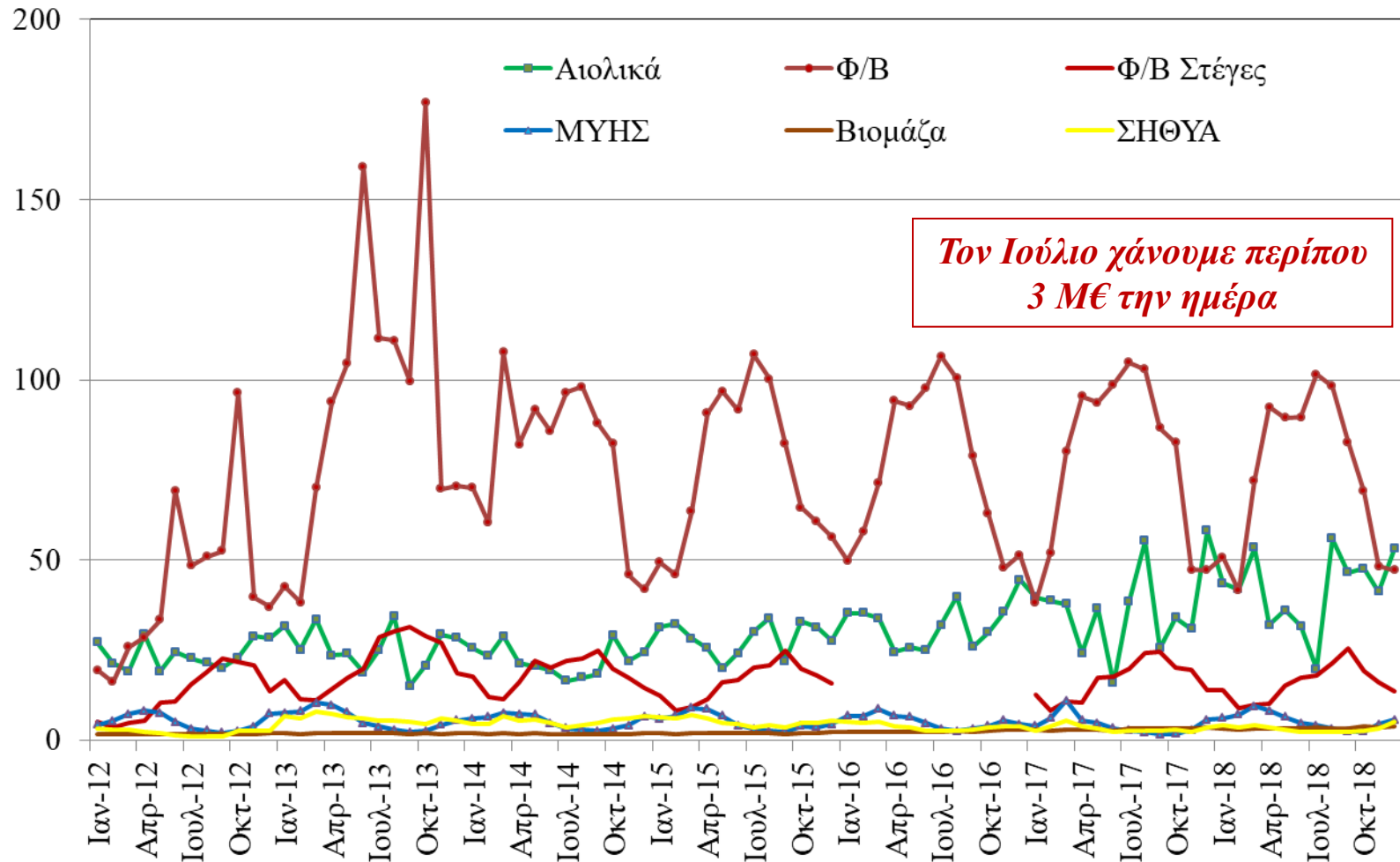
Χρονική εξέλιξη κόστους ανηγμένου κόστους ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (€/MWh)



Πηγή δεδομένων : Μηνιαία Δελτία Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ,
<http://www.lagie.gr/systima-eggyimenon-timon/ape-sithya/miniaia-deltia-eidikoy-logariasmoy-ape-sithya/>

Διείσδυση των ΑΠΕ κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης

Χρονική εξέλιξη συνολικού κόστους ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (Μ€/month)



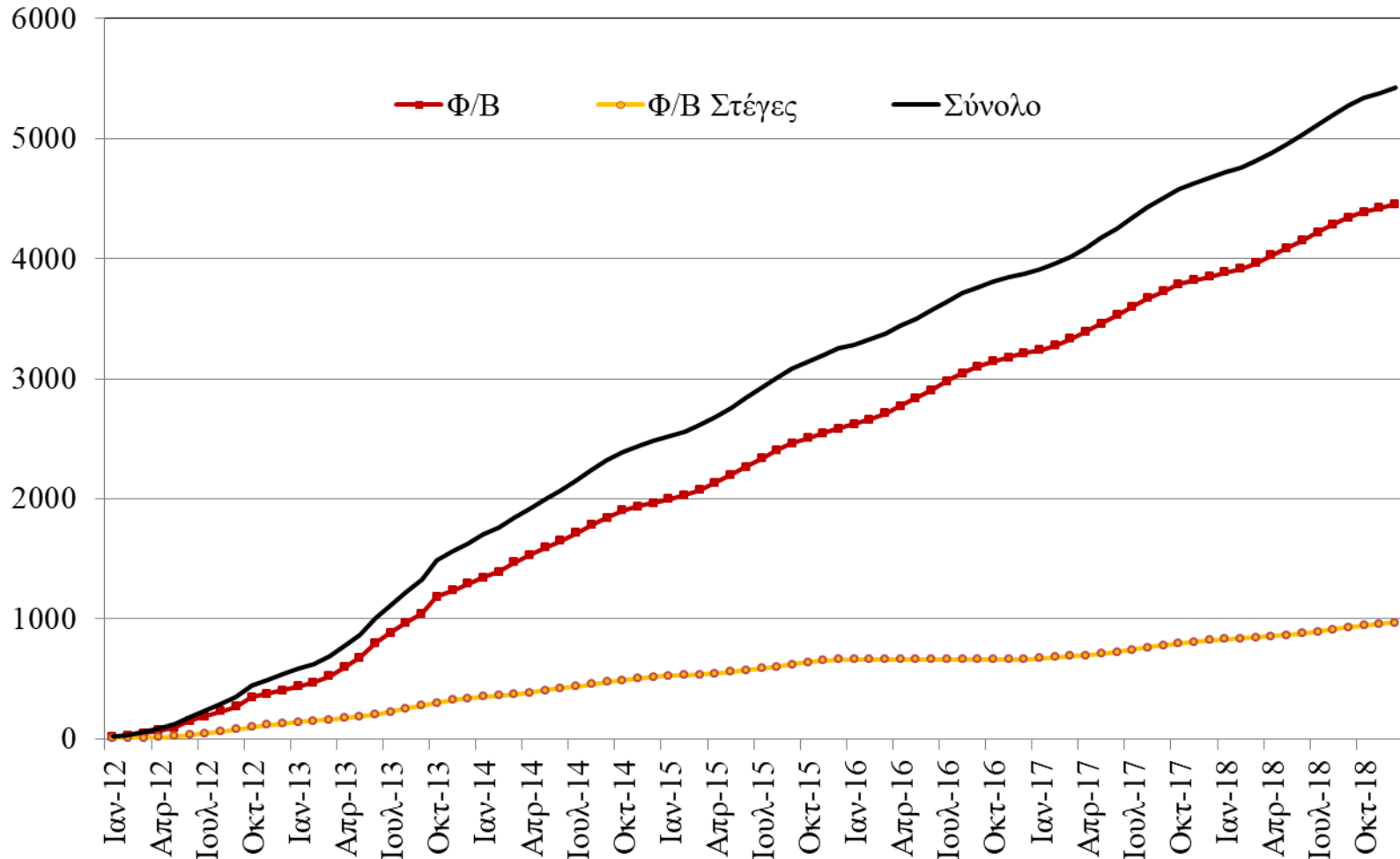
Πηγή δεδομένων : Μηνιαία Δελτία Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ,

<http://www.lagie.gr/systima-eggyimenon-timon/ape-sithya/miniaia-deltia-eidikoy-logariasmoy-ape-sithya/>

Διείσδυση των ΑΠΕ κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης

Χρονική εξέλιξη αθροιστικού υπερβάλλοντος* κόστους ενέργειας από ηλιακά (Μ€)

* Διαφορά κόστους θεωρώντας αποζημίωση ΑΠΕ 90 €/MWh



Πηγή δεδομένων : Μηνιαία Δελτία Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ,

<http://www.lagie.gr/systema-eggyimenon-timon/ape-sithya/miniaia-deltia-eidikoy-logariasmoy-ape-sithya/>