

Γεωθερμική Ενέργεια Έρευνα – Αξιοποίηση

Διδάσκοντες

Ομότιμος Καθηγητής Ιωάννης Διαμαντής
Δρ Υδρογεωλόγος Ιωάννης Γκιουγκής
και Συνεργάτες Υποψήφιοι Διδάκτορες

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
(ΑΠΕ, Εσωτερική θερμότητα, Δομή της γης, Ροή θερμότητας)
2. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ - ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΠΕΔΙΑ
3. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
4. ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ – ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ
5. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ – ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ
6. ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
7. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ
(Επικαθίσεις, Διαβρώσεις, Ποιότητα γεωθερμικού ρευστού)
8. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ
9. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
10. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ
11. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ
12. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΕΝΕΡΓΕΙΑ

```
graph TD; A(ΕΝΕΡΓΕΙΑ) --> B(Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)); B --> C(Γεωθερμική Ενέργεια);
```

The diagram consists of three vertically aligned ovals connected by downward-pointing arrows. The top oval is light blue and contains the word 'ΕΝΕΡΓΕΙΑ'. The middle oval is a darker blue and contains the text 'Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)'. The bottom oval is olive green and contains the text 'Γεωθερμική Ενέργεια'.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Γεωθερμική Ενέργεια



ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Το καύσιμο της Ζωής

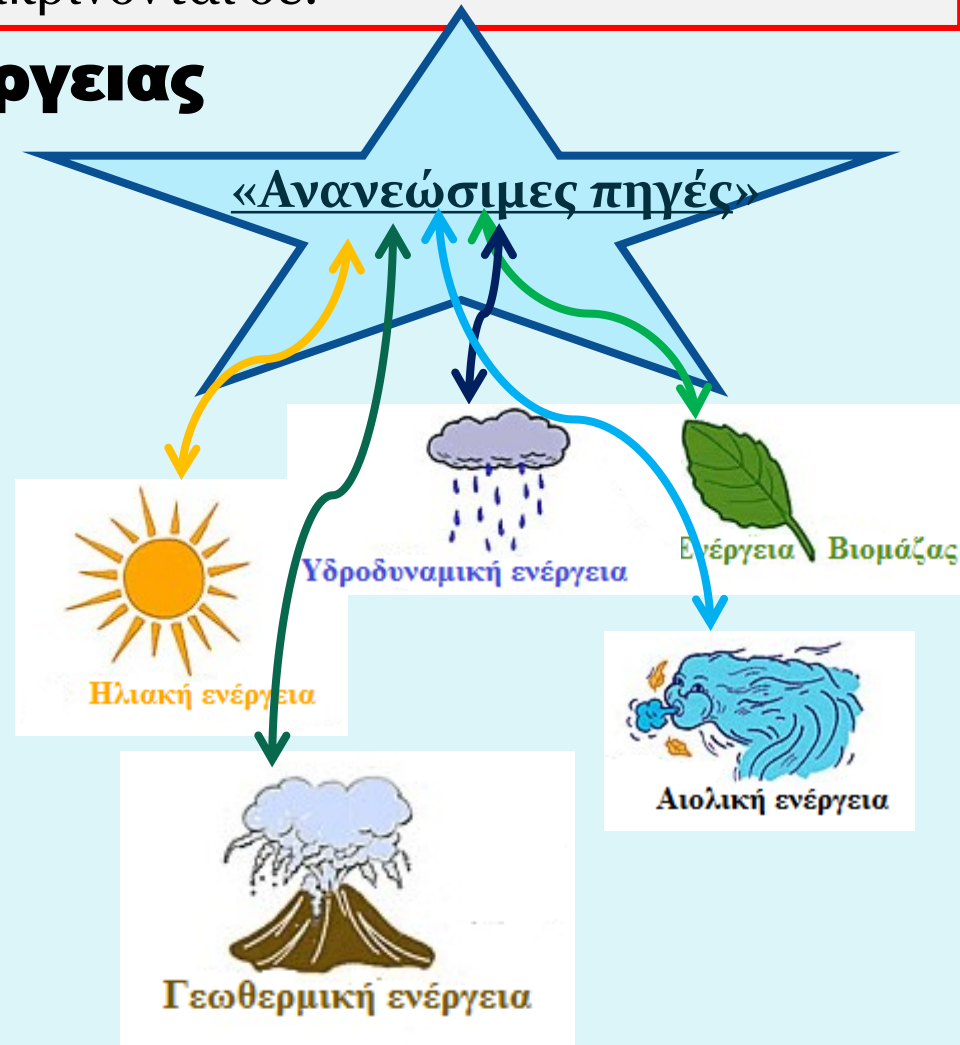
Η προσφερόμενη σήμερα ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο, που χρησιμοποιείται για διάφορες χρήσεις, προέρχεται από διάφορες πηγές οι οποίες διακρίνονται σε:

Πρωτογενείς πηγές Ενέργειας



Δευτερογενείς πηγές Ενέργειας

Ηλεκτρική
Θερμική
Υδρογόνο, Βενζίνη κ.α

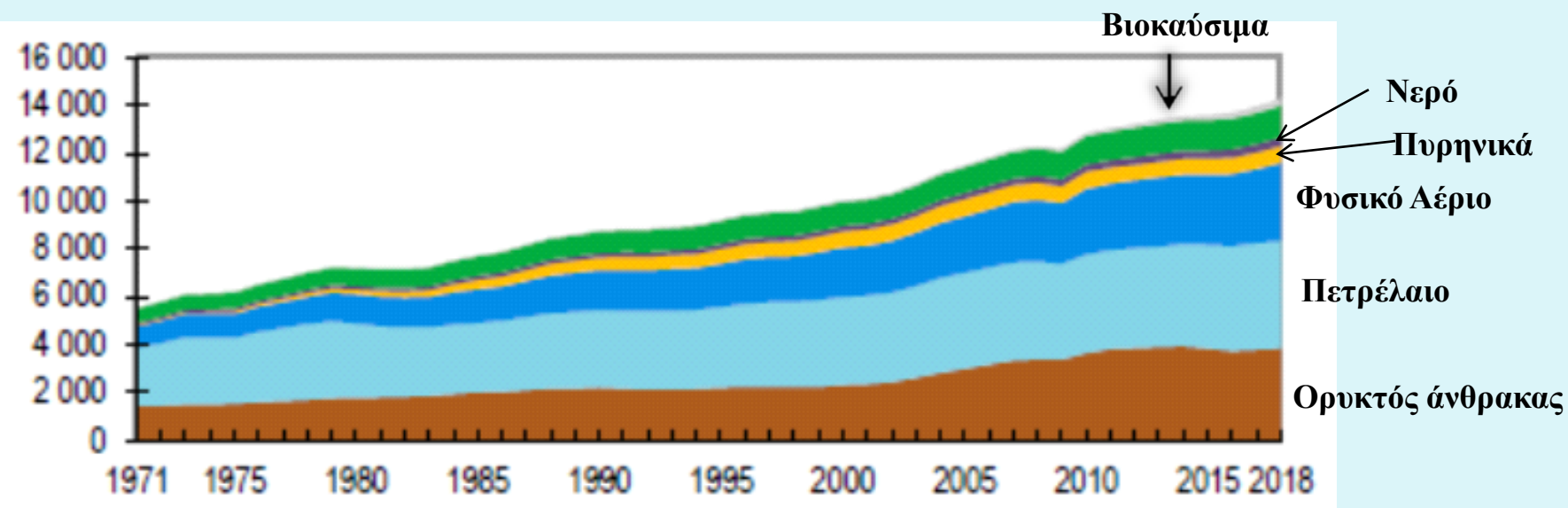


Εξέλιξη της παρεχόμενης παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας από διάφορες ενεργειακές πηγές

Τα τελευταία 50 χρόνια (1971-2019) έχει παρατηρηθεί μια ραγδαία αύξηση της παρεχόμενης ενέργειας από τις διάφορες πηγές.

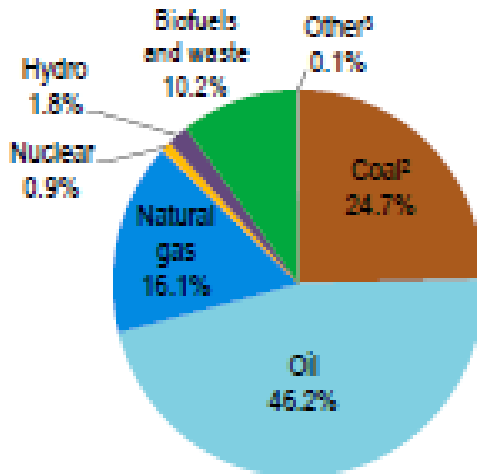
1971 --- 5.865 Mtoe

2019 --- 14.495 Mtoe.



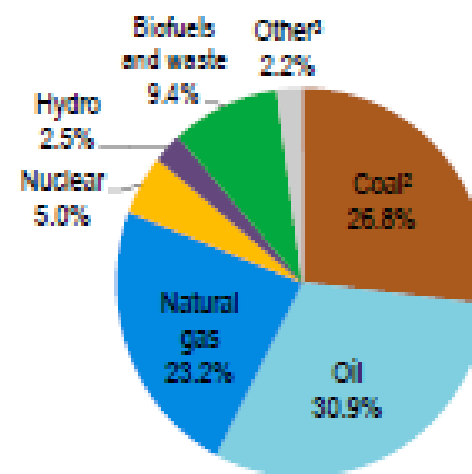
Εξέλιξη της παρεχόμενης παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας από διάφορες ενεργειακές πηγές

1971



5.856 Mtoe

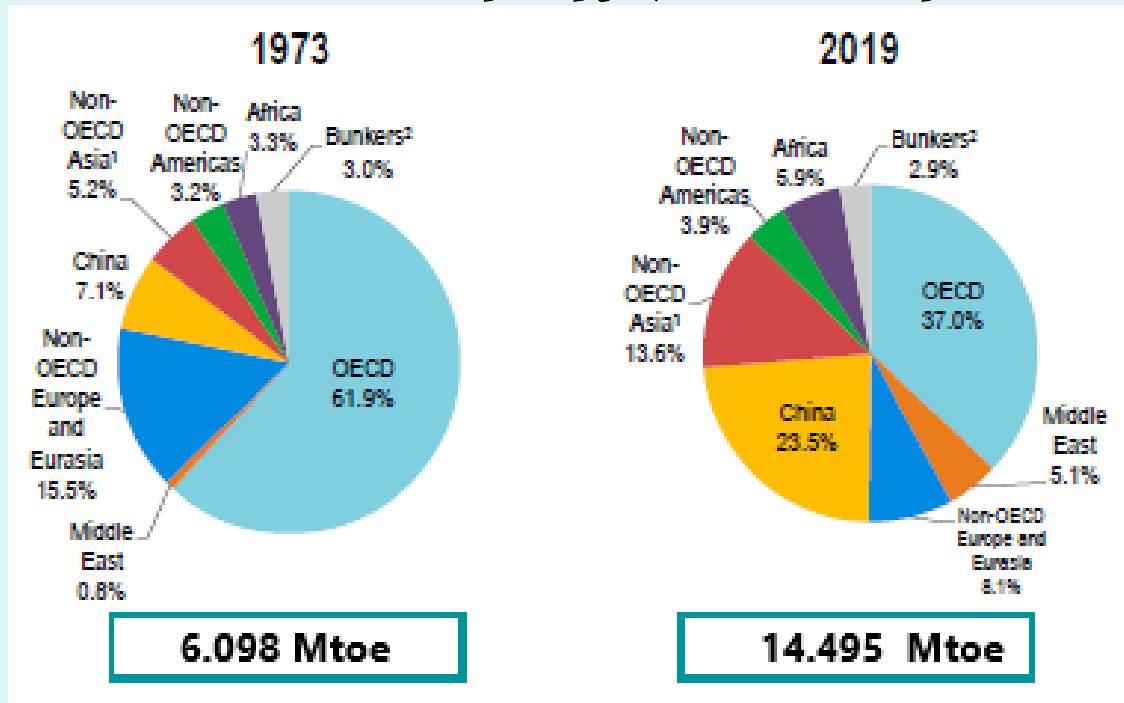
2019



14.495 Mtoe

Πηγή	1973	Mtoe	2018	Mtoe	2019	Mtoe
Πετρέλαιο	46,2%	2815	31,6%	4498	30,9%	4.478
Αέριο	16%	977	22,8%	3262	23,2%	3.365
Πυρηνικά	0,9%	55	4,9%	707	5,0%	727
Άνθρακας	24,5%	1502	26,9%	3838	26,8%	3.881
ΑΠΕ	12,4%	757	13,8%	1978	14,1%	2.044
Σύνολο	100%	6106	100%	14282	100%	14.495

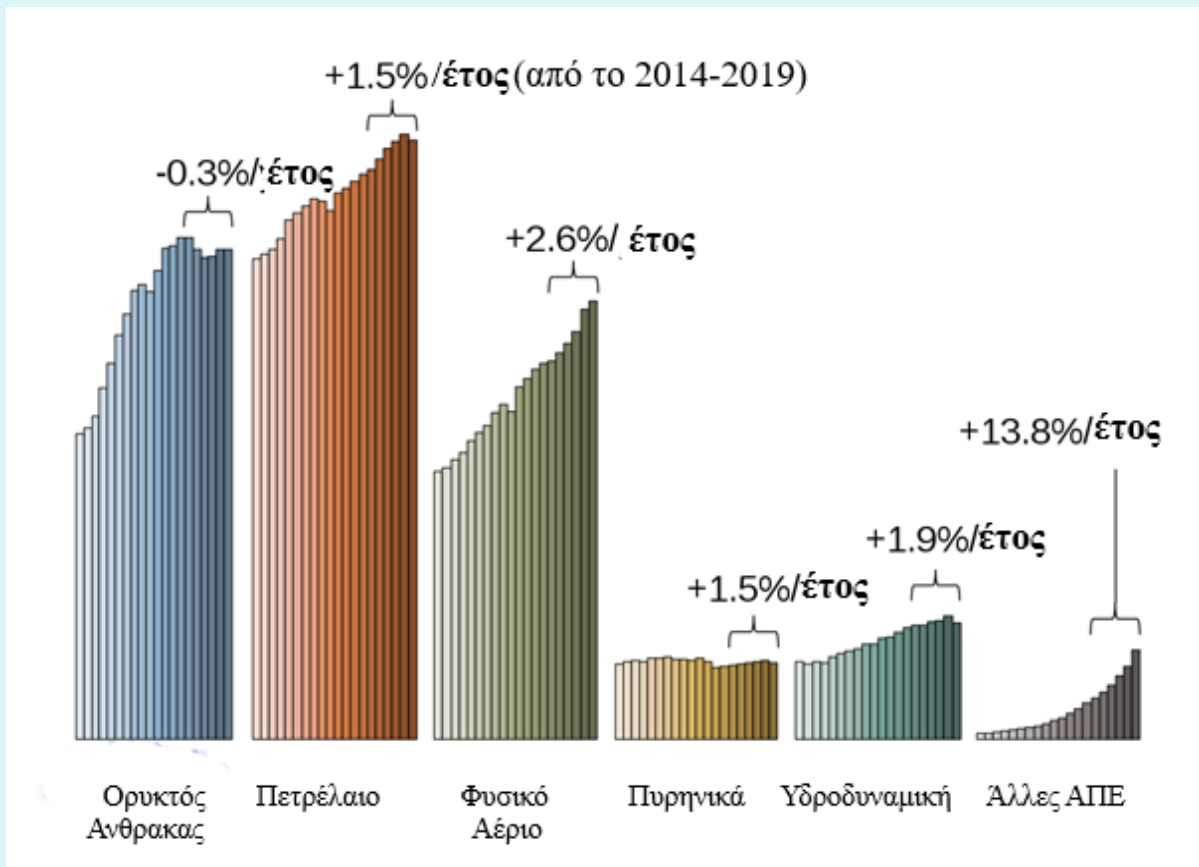
Ποσοστιαία κατανομή παρεχόμενης ενέργειας ανά περιοχές στο κόσμο



Η κατανάλωση ενέργειας είναι υπερβολικά υψηλή σε ορισμένες πλούσιες χώρες, αλλά εξακολουθεί να παραμένει σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες ή χώρες του τρίτου κόσμου.

Στις χώρες αυτές, η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας είναι απαραίτητη για την επίτευξη ανεκτού βιοτικού επιπέδου. Γι' αυτό αναμένεται ότι η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας θα μεγαλώσει, με ταχύτερο μάλιστα ρυθμό από ό,τι ο πληθυσμός.

Απεικόνιση της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας για την περίοδο 2000-2019 ανά πρωτογενή πηγή ενέργειας, με έμφαση στη διαγραφόμενη ετήσια τάση από το 2014-2019

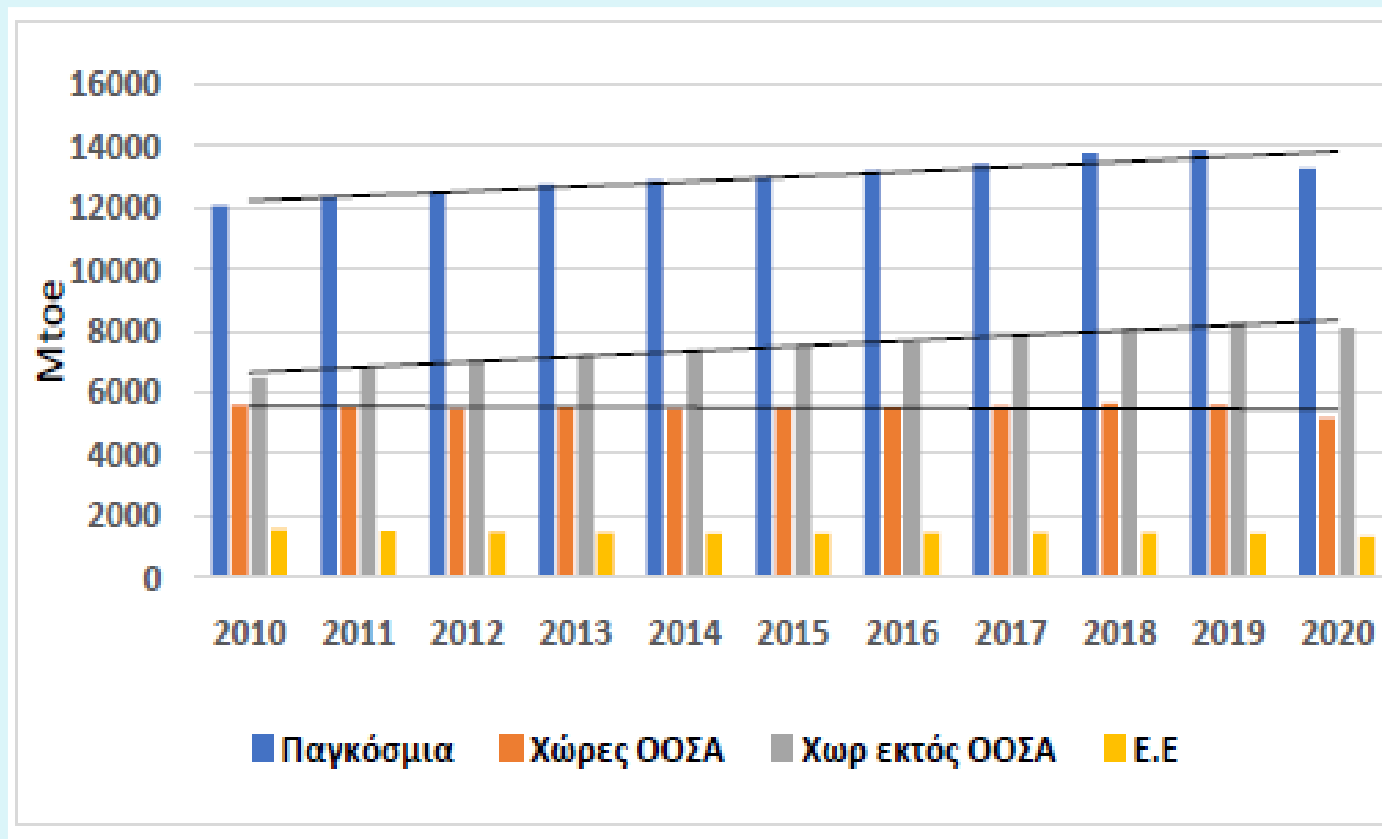


χαρακτηριστικό της εικόνας για τη τελευταία πενταετία, είναι η αρνητική αυξητική τάση του άνθρακα, η περιορισμένη αυξητική τάση του πετρελαίου, η σχετικά μεγαλύτερη του φυσικού αερίου και τέλος

η αλματώδης ετήσια αύξηση των ΑΠΕ

Εξέλιξη και τάση της προσφερόμενης ενέργειας για τη χρονική περίοδο 2010-2020

- ✓ παγκοσμίως (αυξητική πορεία)
- ✓ στις χώρες του ΟΟΣΑ (πτωτική πορεία)
- ✓ στις υπόλοιπες χώρες (εκτός ΟΟΣΑ) (αυξητική πορεία), καθώς και
- ✓ στις χώρες τις Ε.Ε. (πτωτική πορεία)

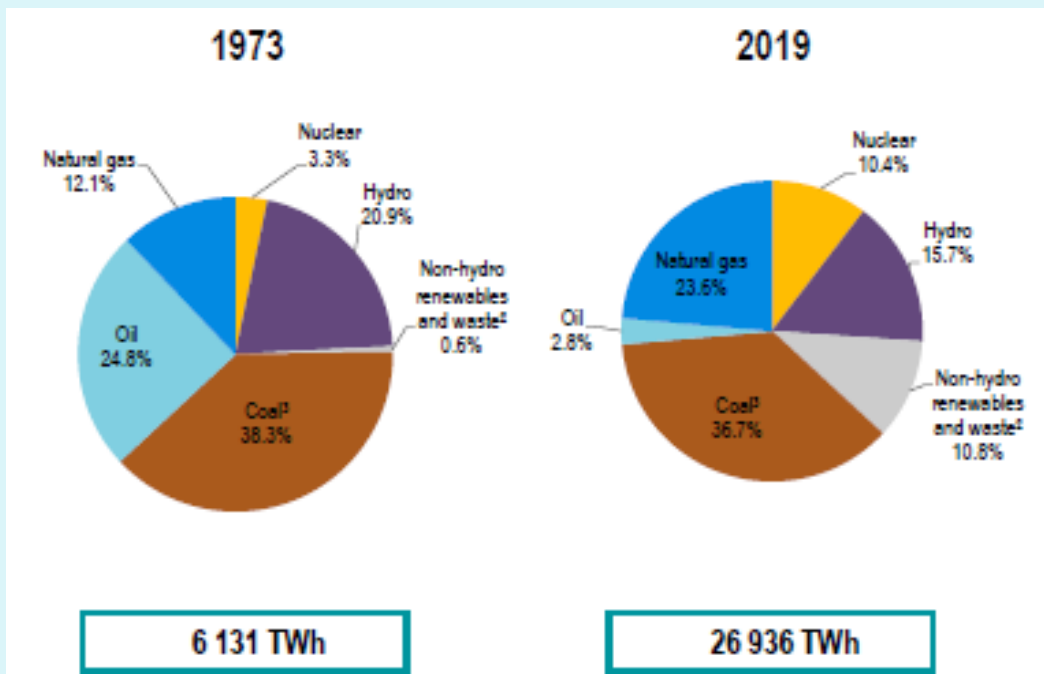


Παγκόσμια ποσοστιαία κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορες πρωτογενείς πηγές για τα έτη 1973 και 2019.

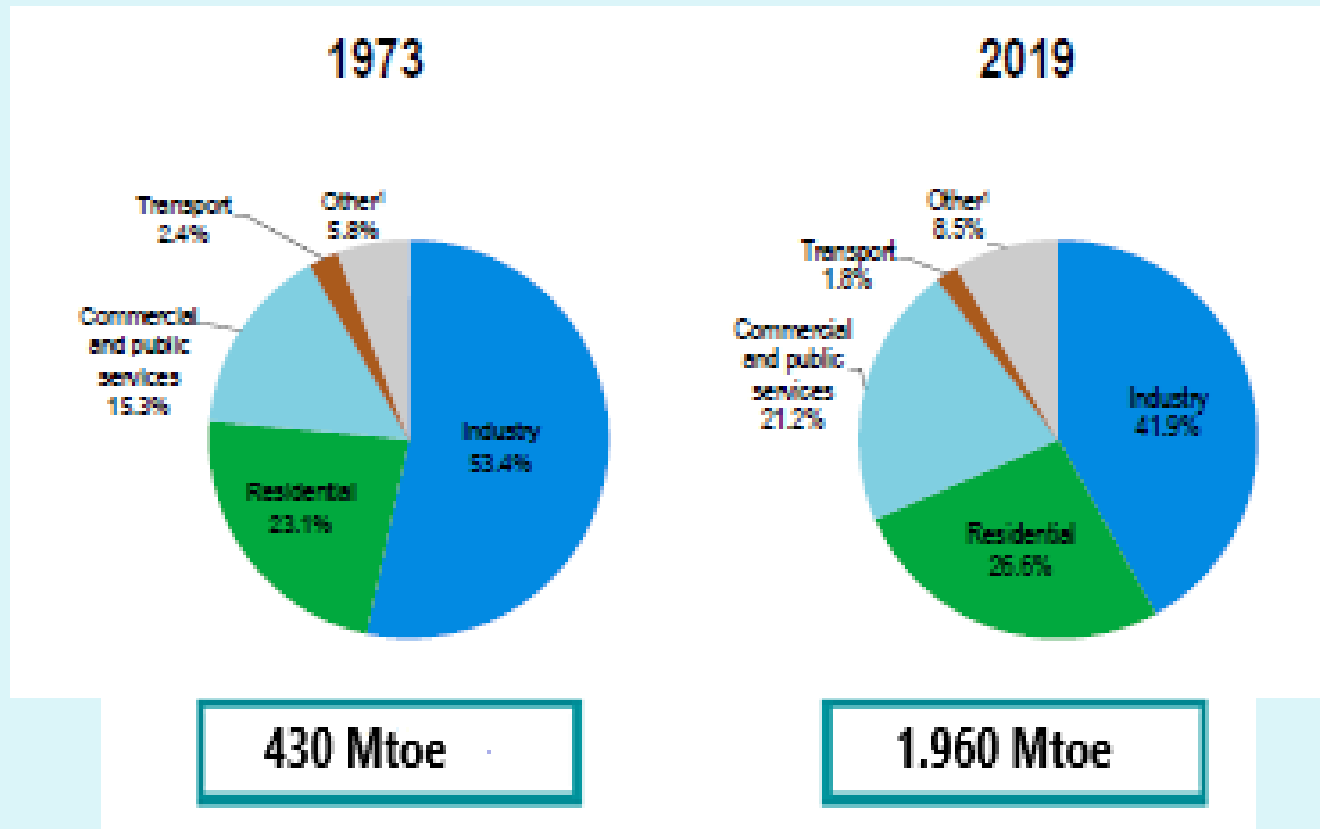
Από τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια, όπως έχει προαναφερθεί, ένας μέρος μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Χαρακτηριστικό της εικόνας είναι ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από διάφορες πηγές, στο αναφερόμενο χρονικό διάστημα (1973-2019) έχει υπερτετραπλασιαστεί.

Χαρακτηριστικό επίσης είναι ότι: α) ο ορυκτός άνθρακας καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος αυτής της παραγωγής και κατέχει σταθερό ποσοστό στη διάρκεια του χρονικού διαστήματος, β) το πετρέλαιο παρουσιάζει σημαντική πτώση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (από 24,8% το 1973 κατέληξε 1,9% το 2019)



Παγκόσμια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορες χρήσεις για τα έτη 1973, 2019



Η Ηλεκτρική Ενέργεια διατίθεται σε διάφορους τομείς

Βιομηχανία	53,4%	το 1973	σε 41,9%	το 2019
Νοικοκυριά	23,1%	..	σε 26,1%	..
Δημόσιες και ιδιωτικές υπηρεσίες	15,3%	..	σε 21,2%	..
Μεταφορές	2,4%	..	σε 1,8%	..
Αγροτικές Ιχθυοπαραγωγικές κ.α.	5,8%	..	σε 8,5%	..

Στην Ελλάδα, οι επιλογές της εθνικής ενεργειακής πολιτικής υπαγορεύονται, σε βασικές κατευθύνσεις, από τις αποφάσεις της ΕΕ.

Κύριος καθοδηγητικός παράγοντας της πολιτικής της Ελλάδας για την ενέργεια και το κλίμα, από την προηγούμενη δεκαετία, είναι με βάση τις οδηγίες της Ε.Ε. η δέσμευση για μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, η οποία συνοδεύεται από υποχρεώσεις αύξησης της διείσδυσης των ΑΠΕ και βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας, έτσι ώστε μέχρι το 2050 να έχει επιτευχθεί κλιματική ουδετερότητα.

Σήμερα, δυο είναι τα βασικά χαρακτηριστικά του τομέα ενέργεια στη χώρα μας:

α) Ότι η Ελλάδα παραμένει μια οικονομία που στηρίζεται στα ορυκτά καύσιμα (άνθρακας, πετρέλαιο και φυσικό αέριο) και έχει μεγάλη εξάρτηση από εισαγωγές πρωτογενούς ενέργειας.

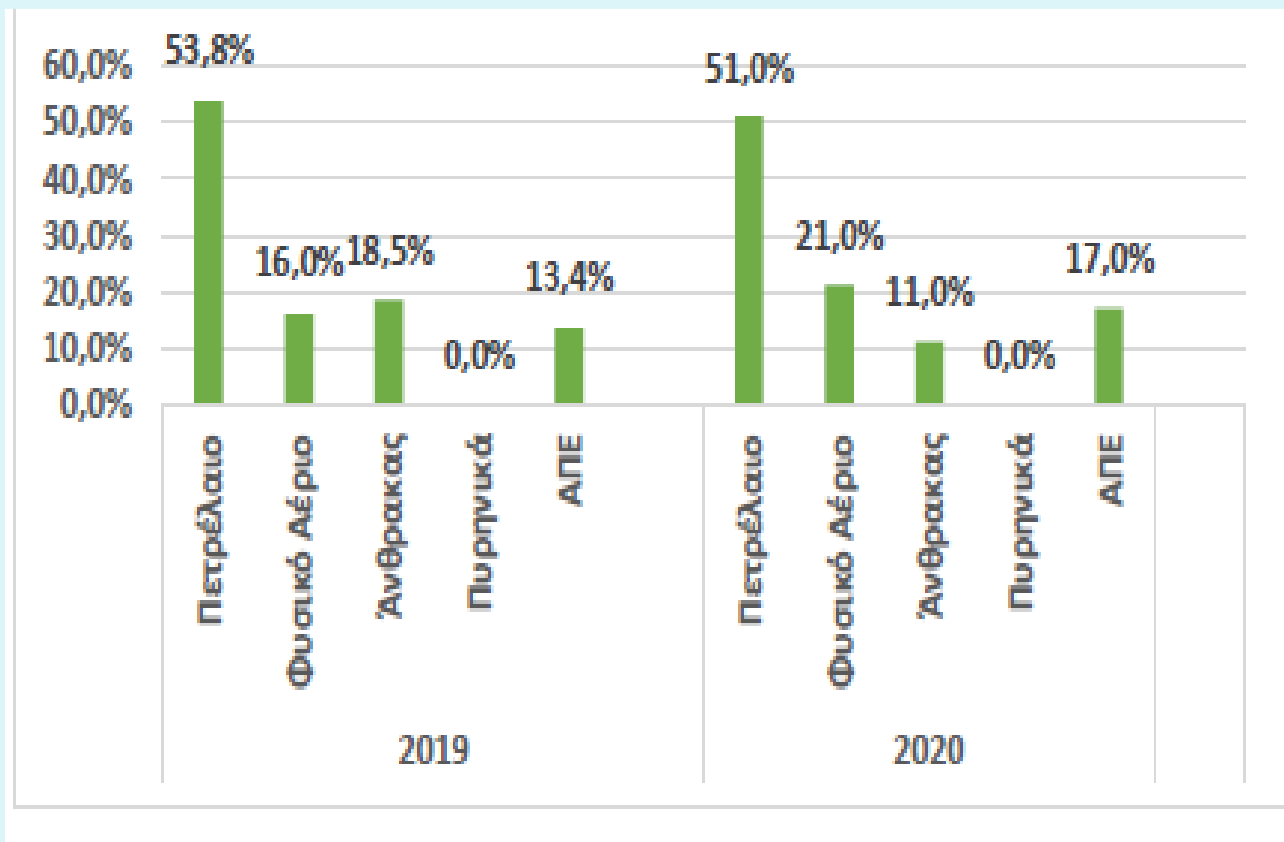
β) Το 36,7% της ενέργειας που παράγεται στη χώρα, καταναλώνεται για μεταφορές, το 24,3% για οικιακή κατανάλωση, το 22,8% στη βιομηχανία και το 13% στο εμπόριο και τις υπηρεσίες.

Επίσης, οι αδυναμίες του ενεργειακού συστήματος είναι

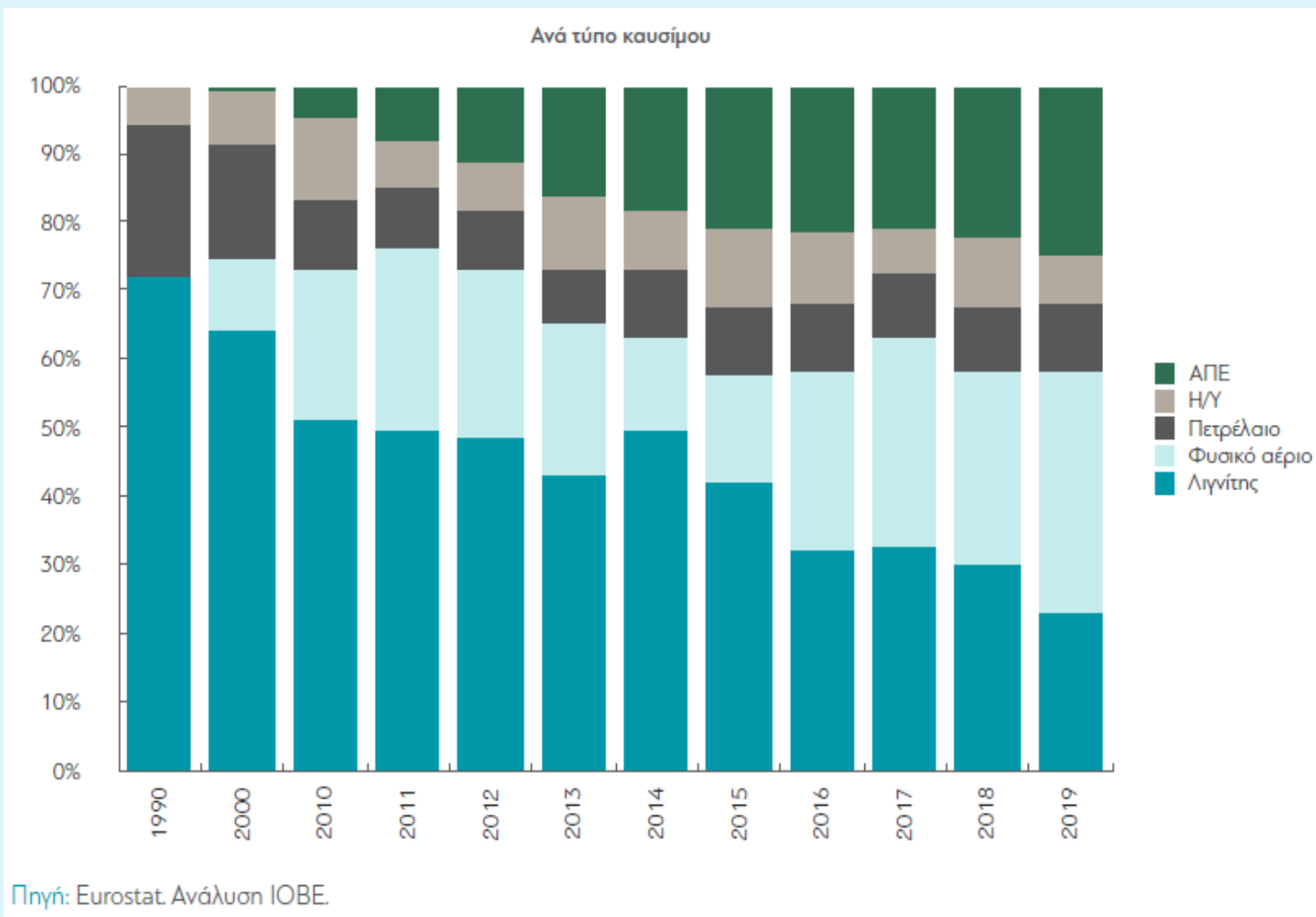
α) Η υψηλή ενεργειακή εξάρτηση από το εξωτερικό και

β) Η υψηλή εξάρτηση από Ορυκτά καύσιμα

Ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας, από πρωτογενείς πηγές ενέργειας στην Ελλάδα για τα έτη 2019,2020



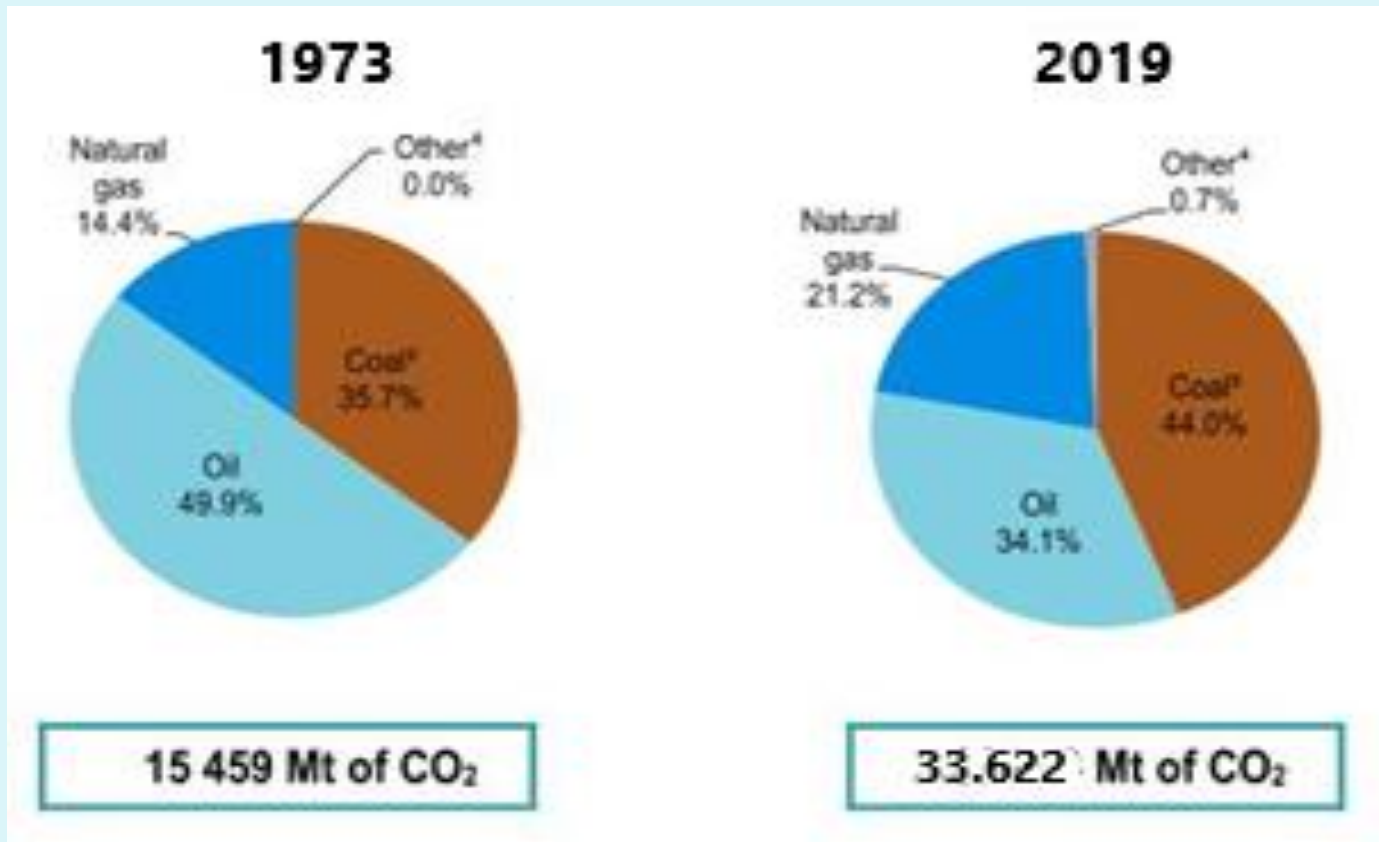
Εξέλιξη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, 1990-2019



Εξέλιξη των εκπομπών CO₂ και αερίων του θερμοκηπίου

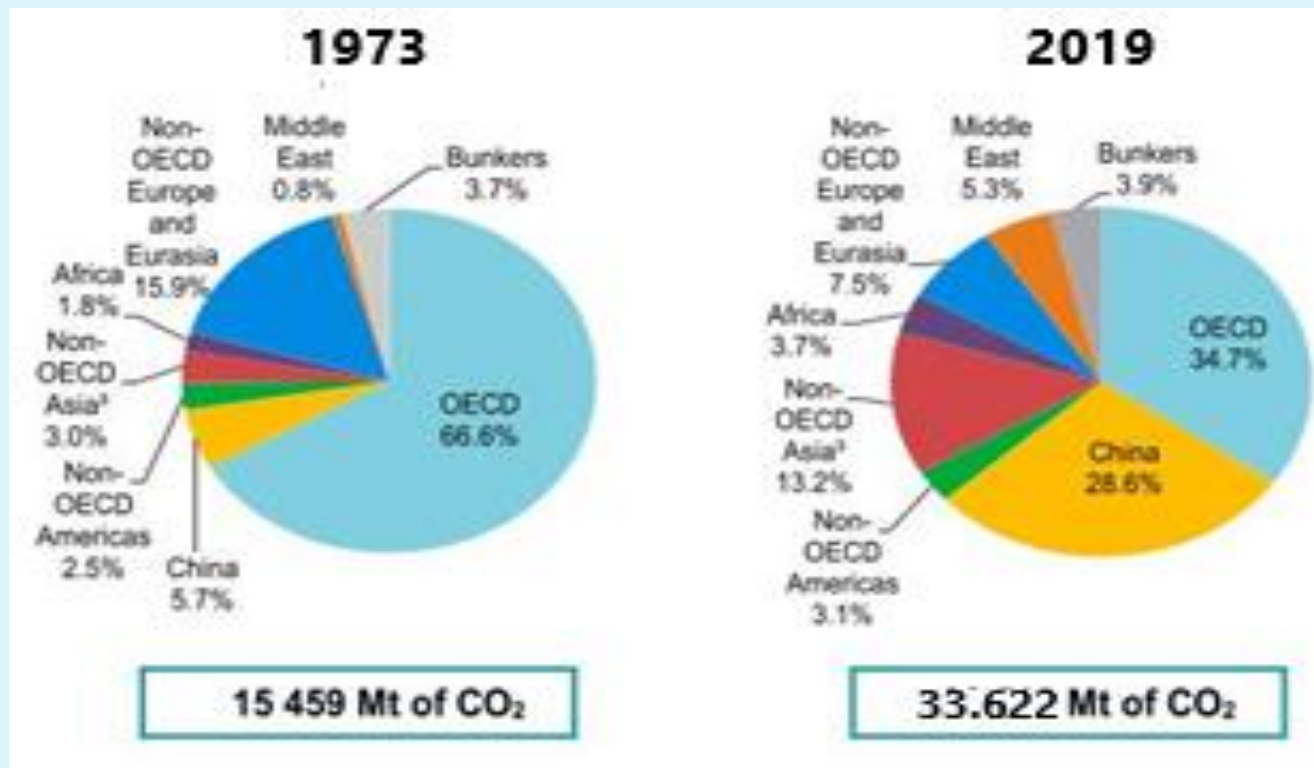
- Η αναφορά σε επιβάρυνση του περιβάλλοντος, αφορά τις αυξανόμενες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου.
- Σύμφωνα με την επιστημονική κοινότητα η αλλαγή στις κλιματικές συνθήκες οφείλεται στις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων που εκπέμπονται κατά την καύση των υδρογονανθράκων.
- Σκοπός λοιπόν της Συμφωνία των Παρισίων το Δεκέμβριο του 2015, η οποία θεωρείται μία παγκόσμια συμφωνία για την αντιμετώπιση της Κλιματικής Αλλαγής, είναι η μείωση των εκπομπών CO₂ και η διατήρηση της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη στα επίπεδα των 2°C, από το έτος αναφοράς το 1990, που αποτελεί το επίπεδο ασφαλείας για να αποφευχθούν οι πλέον αρνητικές συνέπειες την κλιματικής αλλαγής.
- Έτσι λοιπόν αν δεν ληφθούν μέτρα ελαχιστοποίησης των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα θα υπάρξουν δυσμενείς εξελίξεις στο κλίμα με την άνοδο της θερμοκρασίας και επιπτώσεις στην παγκόσμια οικονομία.
- Δεδομένου ότι το 60% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου προέρχονται από δραστηριότητες που σχετίζονται με την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, είναι φανερό ότι η εξέλιξη του ενεργειακού τομέα θα επηρεάσει πολύ σοβαρά το ζήτημα του περιβάλλοντος.
- Η αναγκαιότητα περιορισμού της κατανάλωσης ενέργειας προκύπτει από τα στοιχεία διάφορων πηγών, όπου φαίνεται παγκοσμίως η συνεχώς αυξανόμενη εκπομπή CO₂ και αφετέρου η συνεχώς μειούμενη για τις χώρες της Ε.Ε, η οποία οφείλεται κατά βάση στις διάφορες κατά διαστήματα οδηγίες της Ε.Ε και οι οποίες προσπαθούν να περιορίσουν την κατανάλωση της ενέργειας, στις χώρες αυτές, όπου συμπεριλαμβάνεται και η Ελλάδα.

Παγκόσμια εξέλιξη των εκπομπών CO₂ από διάφορες πρωτογενείς ενεργειακές πηγές για τη χρονική περίοδο 1973-2019



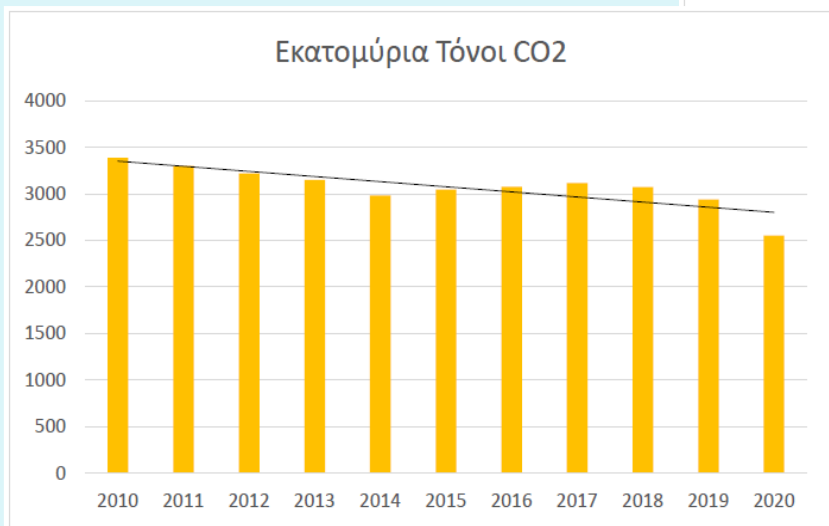
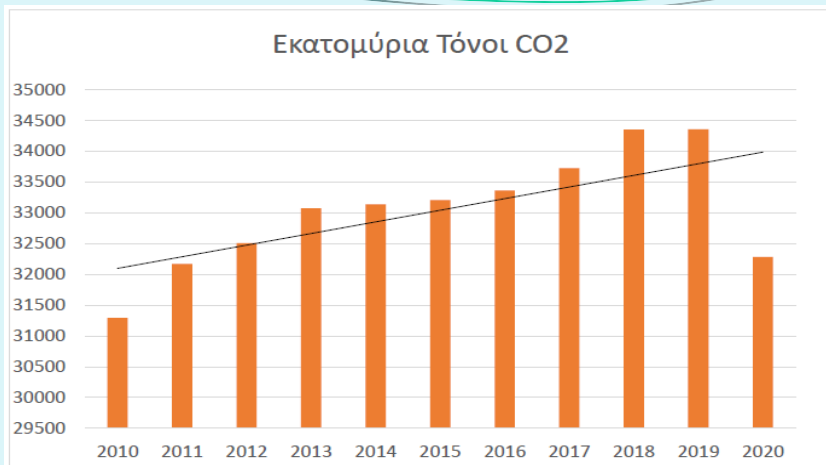
Διακρίνεται στο διάστημα 1973- 2018, ο υπερδιπλασιασμός των εκπομπών

Παγκόσμια εξέλιξη των εκπομπών CO₂ από διάφορες πρωτογενείς ενεργειακές πηγές για τη χρονική περίοδο 1973-2019, σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές

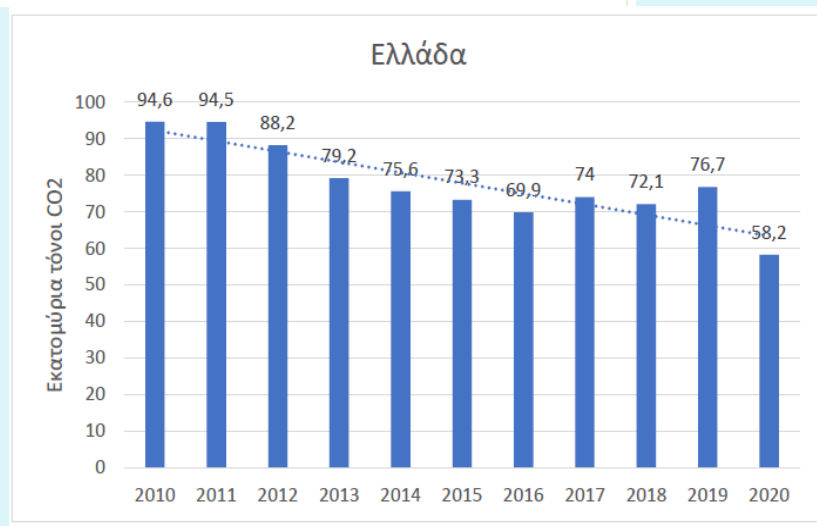


Εξέλιξη - τάση των εκπομπών CO₂ για τη χρονική περίοδο 2010-2020

Παγκοσμίως



Στις χώρες της Ε.Ε.



Στην Ελλάδα

Η μείωση των εκπομπών στις χώρες της Ε.Ε/ χαρακτηρίζει τη σχετική συμμόρφωση αυτών στις διάφορες παγκόσμιες συμφωνίες για την αντιμετώπιση της Κλιματικής Αλλαγής,

Συναντήσεις και εκθέσεις της διεθνούς κοινότητας (ΟΗΕ) για την εξέταση των «παγκόσμιων περιβαλλοντικών και αναπτυξιακών αναγκών»

Πραγματοποιήθηκαν

1^η στη **Στοκχόλμη το 1972** στα πλαίσια της διάσκεψης για το Ανθρώπινο Περιβάλλον.

2^η Το **1987** στην έκθεση με τίτλο «*Our Common Future*» (*Το κοινό μας μέλλον*), έθεσε τους δικούς της προβληματισμούς γύρω από την προστασία του περιβάλλοντος και την **αιιφορική** ή αλλιώς **βιώσιμη ανάπτυξη**.

Εκεί έδωσε τον ορισμό-ορόσημο της βιώσιμης ανάπτυξης ως ακολούθως:

“Ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες”

3^η το **1992** στις διασκέψεις κορυφής του ΟΗΕ για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη **στο Ρίο ντε Τζανέιρο και στο Γιοχάνεσμπουργκ**, υπήρξε η κρίσιμη καμπή που έθεσε τις βάσεις για πολλές διεθνείς συμφωνίες γύρω από την προστασία του περιβάλλοντος, όπως το σχέδιο δράσης για τη βιώσιμη ανάπτυξη, τη σύμβαση-πλαίσιο για τις κλιματικές μεταβολές κ.α

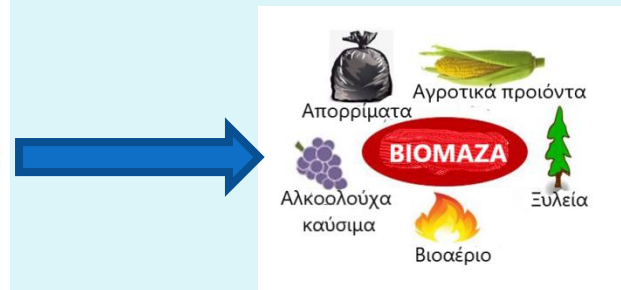
4^η **1997** στη **σύνοδο του Κιότο** με την υπογραφή Πρωτοκόλλου για τις κλιματικές αλλαγές (Λευκή βίβλος), από το σύνολο σχεδόν όλων των κρατών της γης.

5^η Η Συμφωνία των Παρισίων τον Δεκέμβριο του **2015**, μία παγκόσμια συμφωνία για την αντιμετώπιση της Κλιματικής Αλλαγής, αναγκάζει τις χώρες και τις ενεργειακές εταιρείες να τροποποιήσουν τα προγράμματά τους με σκοπό την μείωση των εκπομπών CO₂.

Στο πλαίσιο των διεθνών διασκέψεων σε συνέχεια της Λευκής Βίβλου του 1997 για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η **Ευρωπαϊκή Ένωση** εξέδωσε διάφορες οδηγίες

- οδηγία **2001/77/ΕΚ**. για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, που αποτελεί τον οδηγό με τα μέτρα που απαιτούνται για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στον ευρωπαϊκό χώρο
- **οδηγία 2009/28/ΕΚ** αναθεώρησε την προηγούμενη και έθεσε ως στόχο ότι, ένα υποχρεωτικό μερίδιο της τάξης του 20% της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ πρέπει, έως το 2020, να καλύπτεται από ΑΠΕ,
- ενώ το 2018 τέθηκε σε ισχύ η τελευταία αναθεωρημένη έως σήμερα οδηγία (ΕΕ) **2018/2001** για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η οποία θέτει ως στόχο να καλύπτεται έως το 2030 το 32% της κατανάλωσης τελικής ενέργειας από ΑΠΕ.

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)



Η διαρκώς αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση ως συνέπεια της βιομηχανικής ανάπτυξης και της ανόδου του βιοτικού επιπέδου των λαών έχει προκαλέσει:

- ✓ τις ενεργειακές κρίσεις, η πρώτη στις αρχές του 1970 και η δεύτερη το 1979,
- ✓ τις υψηλές τιμές των υγρών καυσίμων
- ✓ τη βαθμιαία εξάντληση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων
- ✓ τη συνεχιζόμενη περιβαλλοντική επιβάρυνση του πλανήτη

Και αποτελούν την αιτία για την όξυνση του ενεργειακού προβλήματος και την αναζωογόνηση του ενδιαφέροντος για τις

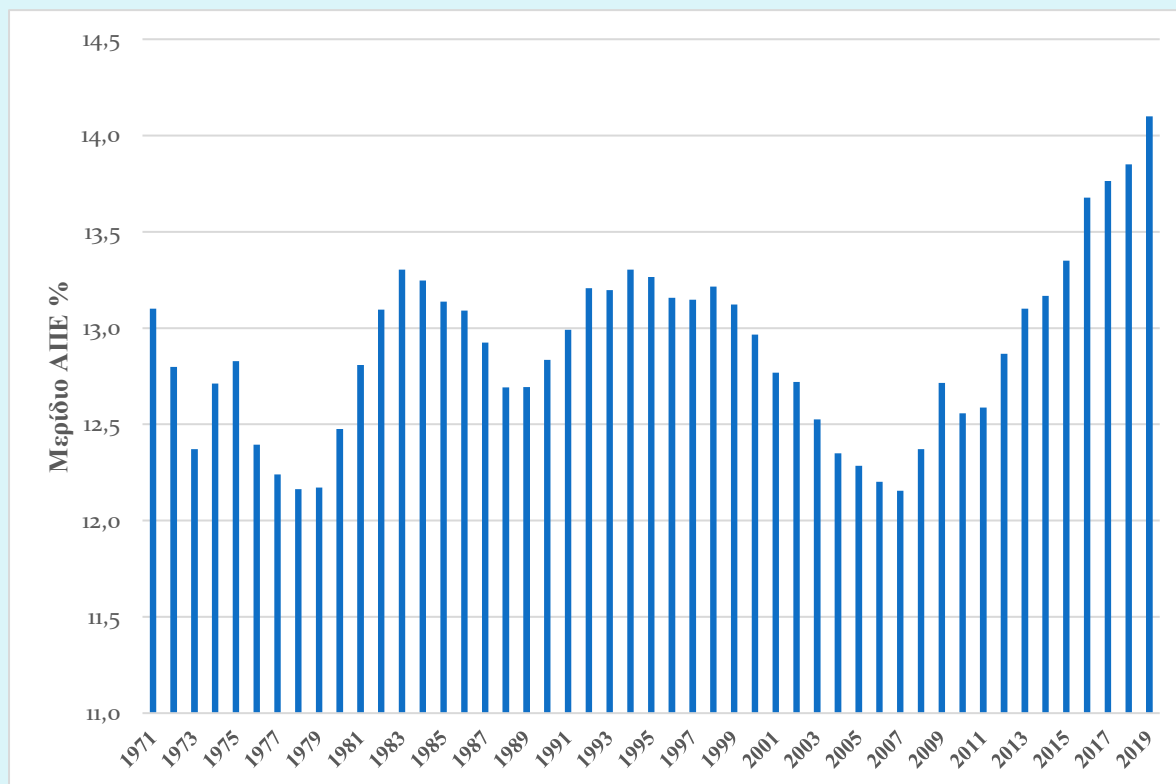
ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Στη δεκαετία του 1860 και του 1870, υπήρχαν ήδη φόβοι ότι ο πολιτισμός θα εξαντληθεί από ορυκτά καύσιμα και έγινε αισθητή η ανάγκη για μια καλύτερη συνεχόμενη πηγή. Το 1873 ο Γάλλος καθηγητής Augustine Mouchot προέβλεψε

«Θα φτάσει η ώρα που η βιομηχανία της Ευρώπης θα πάψει να βρίσκει αυτούς τους φυσικούς πόρους, τόσο απαραίτητους γι 'αυτήν. Οι πηγές πετρελαίου και τα ανθρακωρυχεία δεν είναι ανεξάντλητες αλλά μειώνονται γρήγορα σε πολλά μέρη. Θα επιστρέψει λοιπόν ο άνθρωπος στη δύναμη του νερού και του ανέμου; ή θα μεταναστεύσει εκεί που η πιο ισχυρή πηγή θερμότητας στέλνει τις ακτίνες της σε όλους; Η ιστορία θα δείξει τι θα έρθει ».

Καθηγητής Augustine Mouchot Παρίσι 1874

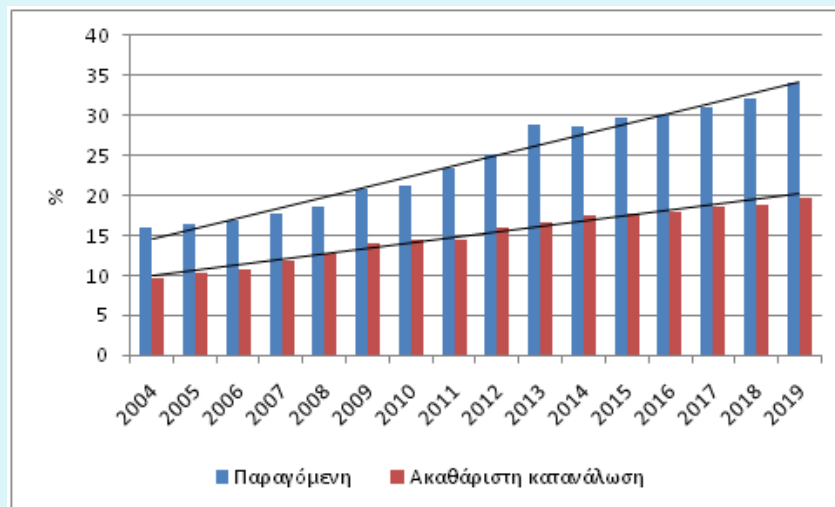
Μερίδιο (%) των ΑΠΕ στη προσφερόμενη παγκόσμια ενέργεια για τη περίοδο 1971-2019



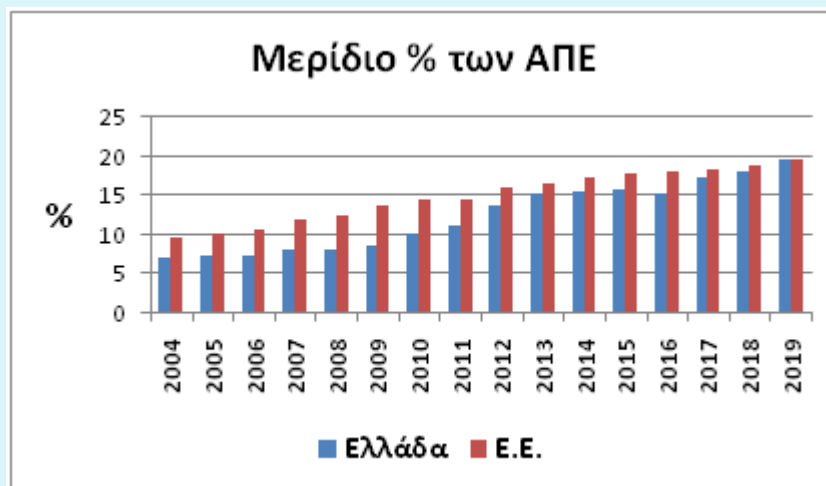
Αναλυτικότερα, ως **ακαθάριστη ενέργεια** (πρωτογενής παραγόμενη ενέργεια) εννοείται η διαθέσιμη ενέργεια, η οποία περιλαμβάνει τις πρωτογενείς πηγές ενέργειας (φυσικοί ενεργειακοί πόροι) που χρησιμοποιούνται στη διάρκεια του έτους (στερεά καύσιμα, πετρέλαιο, φυσικό αέριο και την ισοδύναμη ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ (υδροηλεκτρικούς σταθμούς, ηλιακά θερμικά και φωτοβολταϊκά συστήματα, αιολικές μονάδες, βιομάζα και γεωθερμία).

Από αυτή αφαιρούνται οι απώλειες ενέργειας κατά τις διαδικασίες μετατροπής, μεταφοράς και διανομής ενέργειας προς τους τελικούς καταναλωτές, καθώς και η ενέργεια που καταναλώνεται στον τομέα ενέργειας (διαδικασίες μετατροπής). Προκύπτει η ενέργεια που είναι **διαθέσιμη για κατανάλωση**

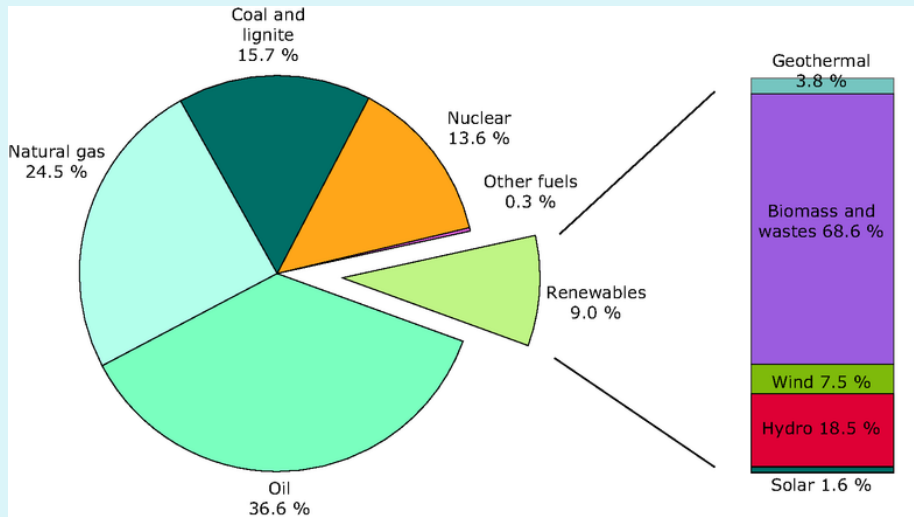
Μερίδιο παραγόμενης και της τελικής κατανάλωσης ενέργειας από ΑΠΕ στην Ε.Ε.



Μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, 2004-2019 στην Ε.Ε. και στην Ελλάδα (% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας)

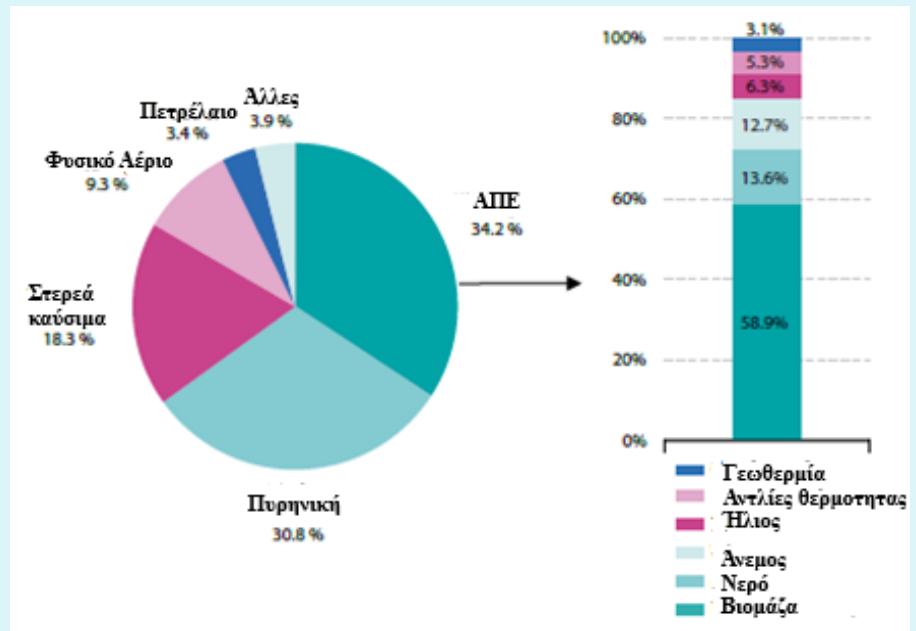


Παραγόμενη πρωτογενή ενέργεια στην Ε.Ε. 2009 & 2018



2009

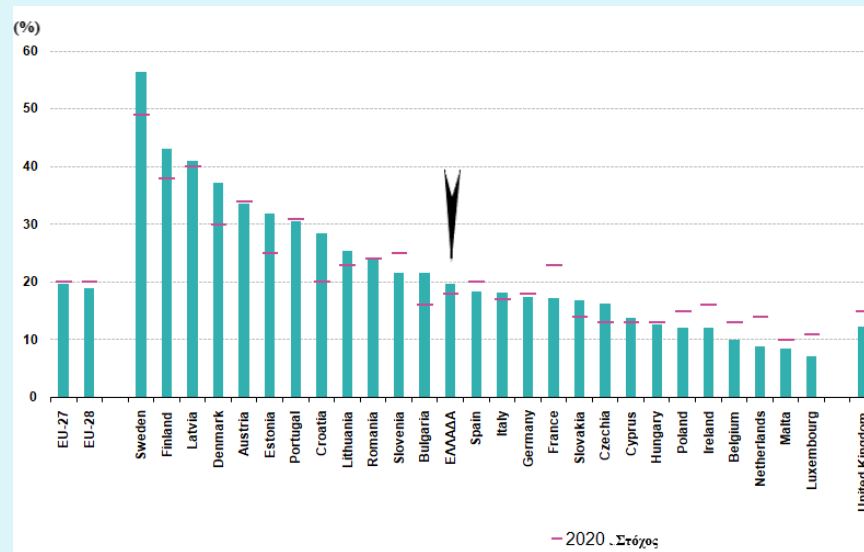
2018



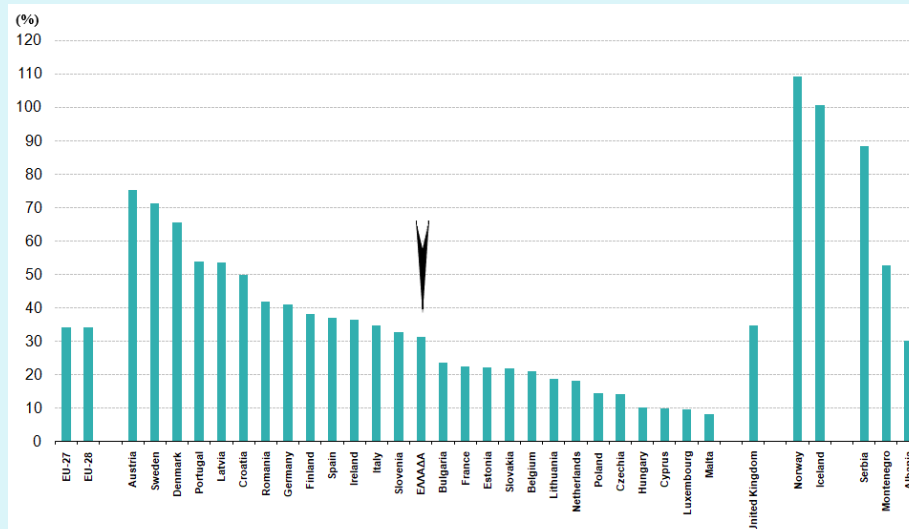
Στην Ελλάδα, οι εθνικοί στόχοι για τις ΑΠΕ, σύμφωνα με τον Ν.3851/2010 με τον οποίο ενσωματώθηκαν τα προβλεπόμενα στην Οδηγία, είχαν καθοριστεί ως εξής:

- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%, δηλαδή σε υψηλότερο ποσοστό από την υποχρέωση που έθετε η Οδηγία για τη χώρα (18%).
- Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.

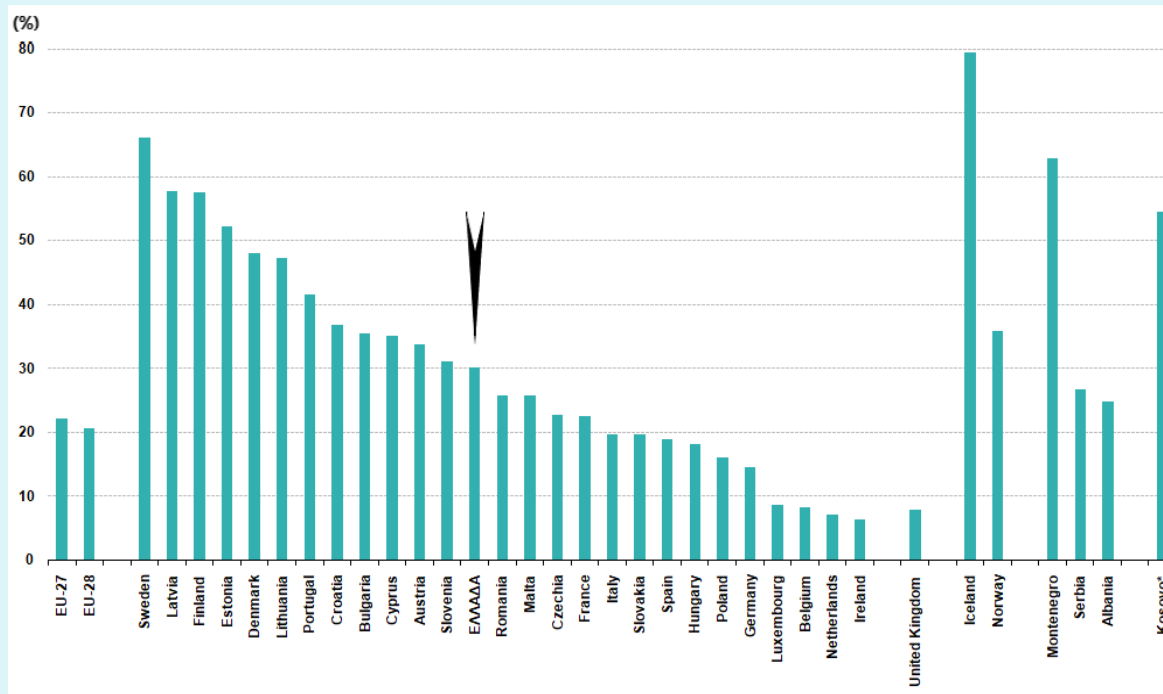
Μερίδιο ΑΠΕ ως προς την ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας στις χώρες της ΕΕ-27 το 2019 και με το στόχο του 2020 (σε %)



Ποσοστό κάλυψης της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ
Στόχος 40% 2019 (2019 - 33,3%)

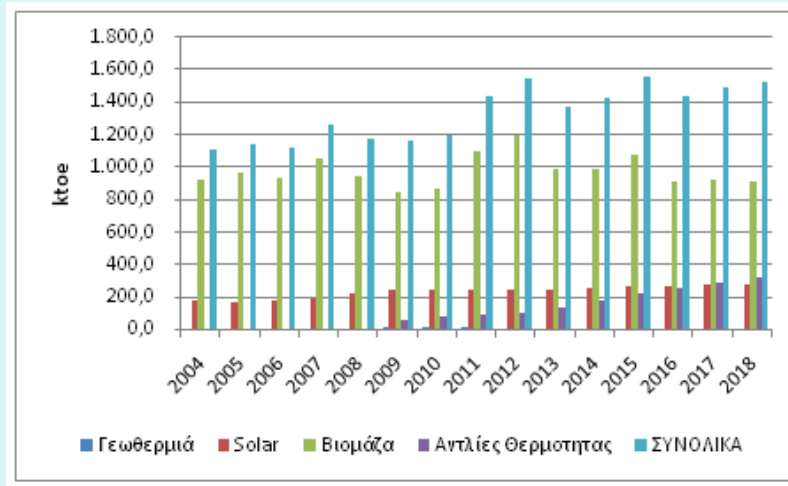


Απεικόνιση του ποσοστού κάλυψης για θέρμανση και ψύξη από ΑΠΕ για το έτος 2019 σε Ευρωπαϊκές χώρες

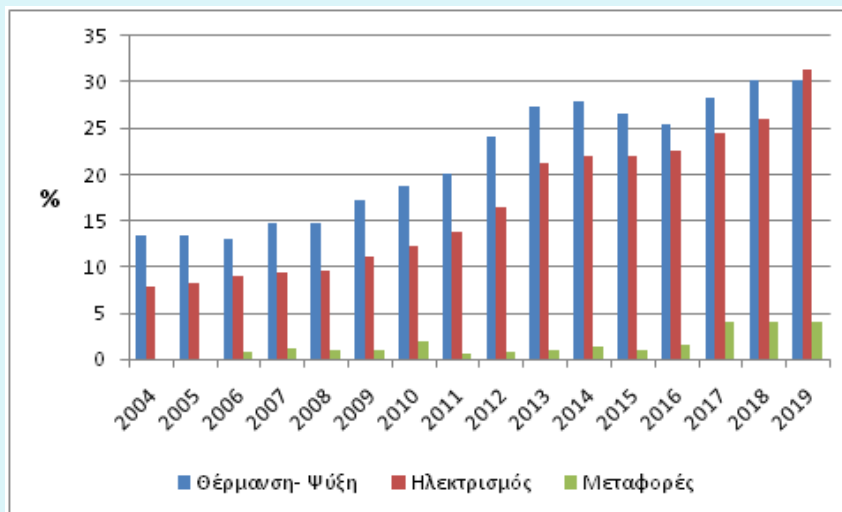


Η Ελλάδα με βάση το στόχο του Ν.3851/2010 έχει ορίσει για το 2020 το 20%. Η Ελλάδα φαίνεται πως καλύπτει ένα σημαντικό ποσοστό για θέρμανση και ψύξη από ΑΠΕ (30%) μεγαλύτερο από τη μέση τιμή της Ε.Ε. 27 (22,1%). Στην επίτευξη αυτού του στόχου η βιομάζα παίζει ένα κυρίαρχο ρόλο (σχ.1.38). Ακολουθεί η ηλιακή ενέργεια και τα τελευταία χρόνια οι αντλίες θερμότητας δείχνουν μια ανοδική πορεία και έχουν ξεπεράσει την ηλιακή ενέργεια.

Εξέλιξη της συνολικής πραγματικής συνεισφορά από ΑΠΕ για θέρμανση και ψύξη και η κατανομή της στις διάφορες πηγές (τεχνολογίες) ΑΠΕ στην Ελλάδα



Μερίδιο (%) σε διάφορους τομείς κατανάλωσης ενέργειας από τη συνολική κατανάλωση ενέργεια από ΑΠΕ



Μειονεκτήματα

Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτόν το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.

Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.

Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους, αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.

Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.

Πλεονεκτήματα ΑΠΕ

Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.

Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.

Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.

Είναι ευέλικτες εφαρμογές, που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.

Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.

Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Η Ελλάδα μέσα στο διεθνές και ευρωπαϊκό περιβάλλον

Η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα προικισμένη με όλες τις μορφές ΑΠΕ.

- ❖ Η χώρα απολαμβάνει υψηλή ηλιακή ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και στο μεγαλύτερο τμήμα της η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερο από 2.700 ώρες το χρόνο.
- ❖ Αρκετές περιοχές της ηπειρωτικής και νησιωτικής Ελλάδας έχουν σταθερούς και δυνατούς ανέμους σε συνεχή βάση.
- ❖ Λόγω της μορφολογίας του εδάφους, σε πολλά σημεία της ενδοχώρας, κυρίως στη Δυτική Ελλάδα, υπάρχουν κατάλληλες συνθήκες, που ευνοούν τη δημιουργία μικρών αλλά και μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων.
- ❖ Παράλληλα, η Ελλάδα ως χώρα κυρίως γεωργική, διαθέτει αρκετά αποθέματα βιομάζας κατάλληλα για την παραγωγή ενέργειας (π.χ. αιθανόλη από ζαχαρότευτλα).
- ❖ Τέλος, είναι προικισμένη και με την ενέργεια του υπεδάφους, τη γεωθερμία, εφόσον σε πολλές περιοχές της χώρας υπάρχουν εξακριβωμένα πεδία υψηλής αλλά και χαμηλής ενθαλπίας.

Παρά το γεγονός ότι, η Ελλάδα είναι πλούσια σε όλες τις μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, εντούτοις, η αξιοποίησή τους, με λίγες εξαιρέσεις, παραμένει ακόμη σε εμβρυακό στάδιο, συγκρινόμενη με άλλες χώρες αλλά και με αυτές τις ίδιες τις δυνατότητες της χώρας.

Χωρίς υπερβολή, η ανάπτυξη των ΑΠΕ μέσα στα επόμενα χρόνια μπορεί να θεωρηθεί ως υπ' αριθμόν ένα πρόκληση στον τομέα της ενέργειας τόσο για το κράτος, όσο και για τους ιδιώτες.

Γεωθερμική ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια η οποία θεωρείται «ως η μεγάλη αγνοούμενη στην Ελλάδα» και για την οποία θα αναφερθούμε αναλυτικά στα επόμενα μαθήματα

☐ Με τον όρο γεωθερμική ενέργεια, εννοούμε

το τμήμα της γήινης θερμότητας που βρίσκεται αποθηκευμένο με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού ή σε μίγμα των παραπάνω, ή θερμών – ξηρών πετρωμάτων σε ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες.

☐ Η ενέργεια αυτή βρίσκεται

συνήθως περιορισμένη σε μία γεωθερμική περιοχή ή πεδίο με συγκεκριμένα επιφανειακά όρια **«Γεωθερμικό πεδίο»**.

Η εκμετάλλευση της ενέργειας αυτής
(είτε για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος είτε για άμεσες χρήσεις)

είναι εφικτή μόνο υπό την προϋπόθεση ότι οι γεωλογικές συνθήκες, σε συνδυασμό με το θερμικό φορτίο,
εξασφαλίζουν ένα συγκριτικό οικονομικό αποτέλεσμα.

Η Γεωθερμική Ενέργεια είναι μία καθαρή, ανανεώσιμη πηγή ενέργειας επειδή η θερμότητα που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης είναι ουσιαστικά απεριόριστη.

Η πηγή της γεωθερμικής ενέργειας, η θερμότητα της Γης, είναι διαθέσιμη
24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο.

Αντιθέτως, η ηλιακή και η αιολική ενέργεια εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των ημερησίων και εποχιακών διακυμάνσεων και των εναλλαγών του καιρού.

Γι' αυτούς τους λόγους, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας είναι σταθερά πιο αξιόπιστη από πολλές άλλες μορφές ηλεκτρικής ενέργειας, από τη στιγμή που αξιοποιείται ο πόρος,.

Η θερμότητα που ρέει συνεχώς από το εσωτερικό της Γης υπολογίζεται ότι αντιστοιχεί σε **42 εκατομμύρια MW** ηλεκτρικής ενέργειας (Heatbalance των Stacey & Loper, 1988). «Σημειώνεται ότι **ένα MW** μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες περίπου 1.000 σπιτιών».

Η θερμική ενέργεια της γης βρίσκεται σε αφθονία και είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αλλά είναι πολύ διεσπαρμένη, σπανίως συγκεντρώνεται και συχνά βρίσκεται σε βάθη πολύ μεγάλα για να μπορεί να είναι αξιοποιήσιμη.

Μέχρι σήμερα η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έχει περιοριστεί σε περιοχές όπου οι γεωλογικές συνθήκες επιτρέπουν.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της γεωθερμίας είναι αρκετά μικρές και εύκολα ελεγχόμενες.

Στην άμεση χρήση της θερμότητας από γεωθερμικό ζεστό νερό, οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι αμελητέες.

Η οικονομική πτυχή της χρήσης των θερμών υδάτων εξακολουθεί να αποτελεί περιορισμό όσον αφορά την ευρύτερη διάδοσή τους στον τομέα της παραγωγής ενέργειας.

Στην πραγματικότητα, το οικονομικό όφελος προέρχεται από τη χρήση τους για μεγάλη χρονική περίοδο κατά τη διάρκεια των ετών με χαμηλό λειτουργικό κόστος σε σχέση με την αρχική επένδυση που μπορεί να είναι σημαντική.

Γεωθερμία στην Ελλάδα

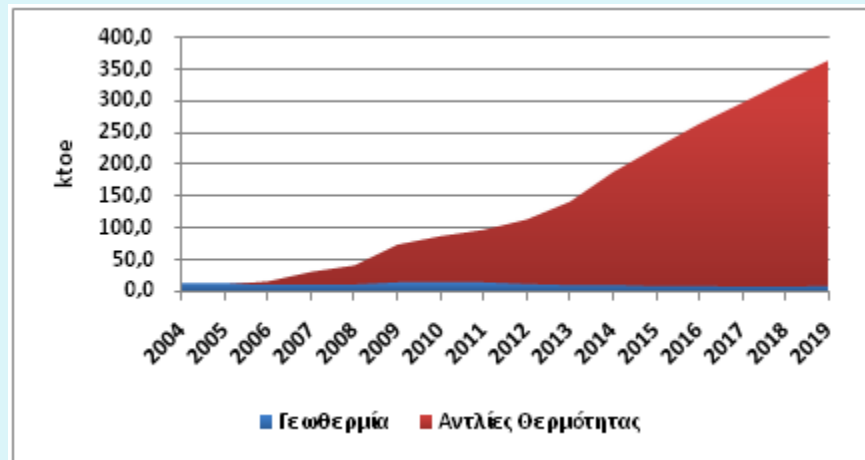
Η Ελλάδα, λόγω των κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών, διαθέτει πλούσιο γεωθερμικό δυναμικό και θεωρείται από τις πλέον ευνοημένες χώρες παγκοσμίως.

Έως σήμερα, σε 30 περιοχές σε όλη τη χώρα έχουν εντοπιστεί γεωθερμικά πεδία τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για άμεσες χρήσεις, σε διάφορους παραγωγικούς τομείς όπως:

- στον πρωτογενή τομέα, στη γεωργία και τις ιχθυοκαλλιέργειες, με τη μείωση του ενεργειακού κόστους,
- στη μεταποίηση καθώς και
- στη θέρμανση κατοικιών, σχολείων και νοσοκομείων.

Εντούτοις, παρά τη μεγάλη σημασία που έχει η ανάπτυξη της Γεωθερμίας, ως Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (ΑΠΕ), τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο, μόνο ένα μικρό μέρος του διαθέσιμου δυναμικού αξιοποιείται σήμερα, κυρίως για ιαματικό τουρισμό (υπολογίζεται στο 10%). Υπάρχουν αρκετά προβλήματα και περιορισμοί στο να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά η γεωθερμική ενέργεια.

Εξέλιξη της γεωθερμίας στην Ελλάδα για τη περίοδο 2004-2019



Εξέλιξη της εκμετάλλευσης της αβαθούς γεωθερμίας με τις αντλίες θερμότητας στην προσφερόμενη θερμική ενέργεια για διάφορες εφαρμογές με βάση τις GWh από 2006 μέχρι και 2019



Γεωθερμία (Geothermics)

Ο όρος αυτός αναφέρεται στη μελέτη

- της γήινης ροής θερμότητας,
- τις συνθήκες κατανομής των θερμοκρασιών στο υπέδαφος,
- τον μηχανισμό της κυκλοφορίας των υπόγειων θερμών ρευστών σε συνδυασμό με τις γεωλογικές συνθήκες, καθώς και τα φυσικο-χημικά χαρακτηριστικά τους,
- τον εντοπισμό και την αξιολόγηση των γεωθερμικών πεδίων με κατάλληλες παραγωγικές γεωτρήσεις.

Γεωθερμικά ρευστά :

τα μέσα μεταφοράς της γήινης θερμότητας, είναι:

- ✓ το ζεστό νερό ή
- ✓ ζεστό νερό και αέρια (κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο κλπ.) ή
- ✓ ζεστό νερό με ατμούς ή
- ✓ ατμοί.

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία, κάθε ρευστό που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και έχει θερμοκρασία πάνω από 30°C χαρακτηρίζεται ως "γεωθερμικό ρευστό".

Θερμότητα εσωτερικού της γης (Γηγενής Θερμότητα)

Ενδείξεις της Γηγενούς θερμότητας

Από τα λιωμένα πετρώματα (μάγματα), θερμοκρασίας μέχρι και 1200°C , τα οποία φθάνουν στην επιφάνεια με τις ηφαιστειακές εκρήξεις



Άλλες γεωθερμικές ενδείξεις της Γηγενούς θερμότητας



- ✓ υδροθερμικές εκρήξεις,
- ✓ οι θερμοπίδακες υπέρθερμου νερού (geysers),
- ✓ οι ατμίδες,
- ✓ τα θερμά εδάφη,
- ✓ οι θερμές πηγές και
- ✓ οι λεκάνες ιλύος.

Οι υδροθερμικοί ή φρεατικοί κρατήρες,

οι οποίοι σχηματίζονται ύστερα από «έκρηξη» υπέρθερμων γεωθερμικών ρευστών που βρίσκονται εγκλωβισμένα σε μικρό βάθος υπό πίεση, και τα οποία ανατινάζουν τα υπερκείμενα πετρώματα.



Οι θερμές πηγές (hot springs)

είναι φυσικές έξοδοι ζεστού νερού, κάτω από ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες, με θερμοκρασία που προσεγγίζει το σημείο ζέσεως του νερού.



Θέρμες Ξάνθης



Πολιχνίτου Λέσβου



Θερμοπυλών



Αποθέσεις ανθρακικών αλάτων από θερμές πηγές με το σχηματισμό εντυπωσιακών διαστάσεων

Οι θερμοπίδακες (geysers)

αποτελούν ειδική περίπτωση ζεουσών θερμών εκδηλώσεων και δημιουργούνται από την κυκλοφορία υπέρθερμων υπόγειων νερών σε μικρό βάθος



Οι ατμίδες (fumaroles)

είναι αναδύσεις υπέρθερμων ατμών και αερίων, που βγαίνουν από ρωγμές ή τρύπες του εδάφους χωρίς πίεση, αλλά με εντυπωσιακή σταθερότητα.

Σχηματίζονται όταν η παροχή του νερού είναι περιορισμένη και το νερό εξατμίζεται προτού φτάσει στην επιφάνεια της γης.

Εκπέμπουν υδρόθειο ή διοξείδιο του άνθρακα.



Οι λεκάνες ιλύος (mud pools)

σχηματίζονται όταν δεν υπάρχει μεγάλη ροή και πίεση του νερού μιας θερμής πηγής, ώστε να μεταφέρει μακριά τα αργιλοπυριτικά σωματίδια που συμπαρασύρονται από το νερό.



Τα θερμά εδάφη (hot grounds)

σχηματίζονται συνήθως από τη θερμική αγωγή των πετρωμάτων (μη περατών γεωλογικών σχηματισμών), που παρεμβάλλονται μεταξύ μερικών σημείων της επιφάνειας της γης και των υποκείμενων αβαθών και πολύ θερμών ρευστών

ΓΗΓΕΝΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Η προέλευση της θερμότητας της γης

✓ Από τη διάσπαση των ραδιενεργών ισοτόπων του ουρανίου, του θορίου, του καλίου και άλλων στοιχείων

✓ Από τις διεργασίες που οδήγησαν στη δημιουργία της, δηλαδή έχει αστρική προέλευση. Το εσωτερικό της γης ήταν πάντα θερμό, και μάλιστα πολύ θερμότερο στην αρχική του κατάσταση, και δεν πρόλαβε να κρυώσει ακόμη

Γεωθερμική βαθμίδα

είναι ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της γης ανά μονάδα μήκους, η μέση τιμή της είναι $3^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ και χαρακτηρίζεται ως κανονική γεωθερμική βαθμίδα.

Σε ιζηματογενείς λεκάνες $10^{\circ}\text{C} / 1000\text{ m}$

σε ηφαιστειακές περιοχές μπορεί να φτάσει $300^{\circ}\text{C} / 1000\text{ m}$.

Συνήθως η μέση γεωθερμική βαθμίδα είναι $2.5\text{-}3^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$.

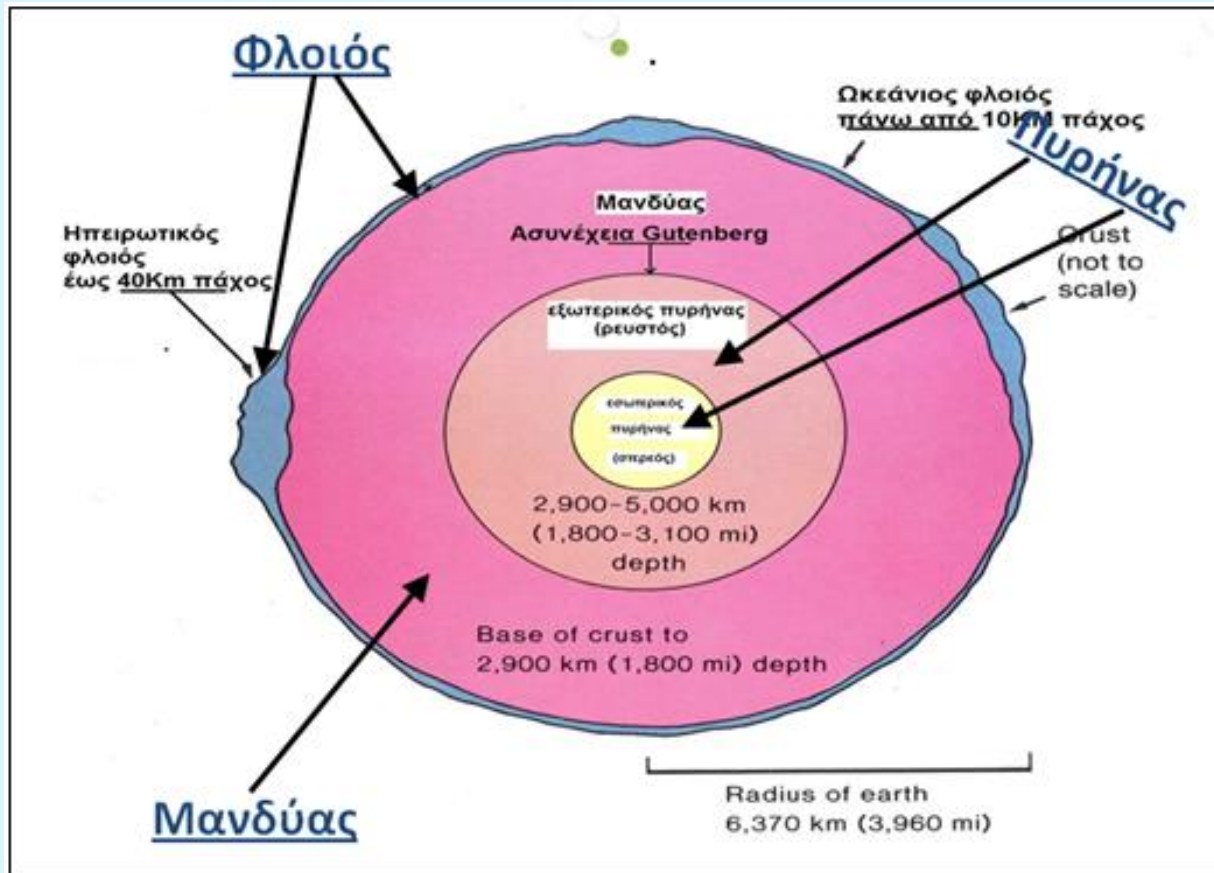
Η συγκεντρωμένη στο εσωτερικό της γης θερμότητα, μεταφέρεται κοντά στην επιφάνειά της μέσω γεωλογικών φαινομένων

Το σημαντικότερο από τα γεωλογικά φαινόμενα είναι αυτό της κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών



Φλοιός – Μανδύας – Πυρήνας

Τρεις ευδιάκριτες ζώνες της γης με **βάση της ασυνέχειες**



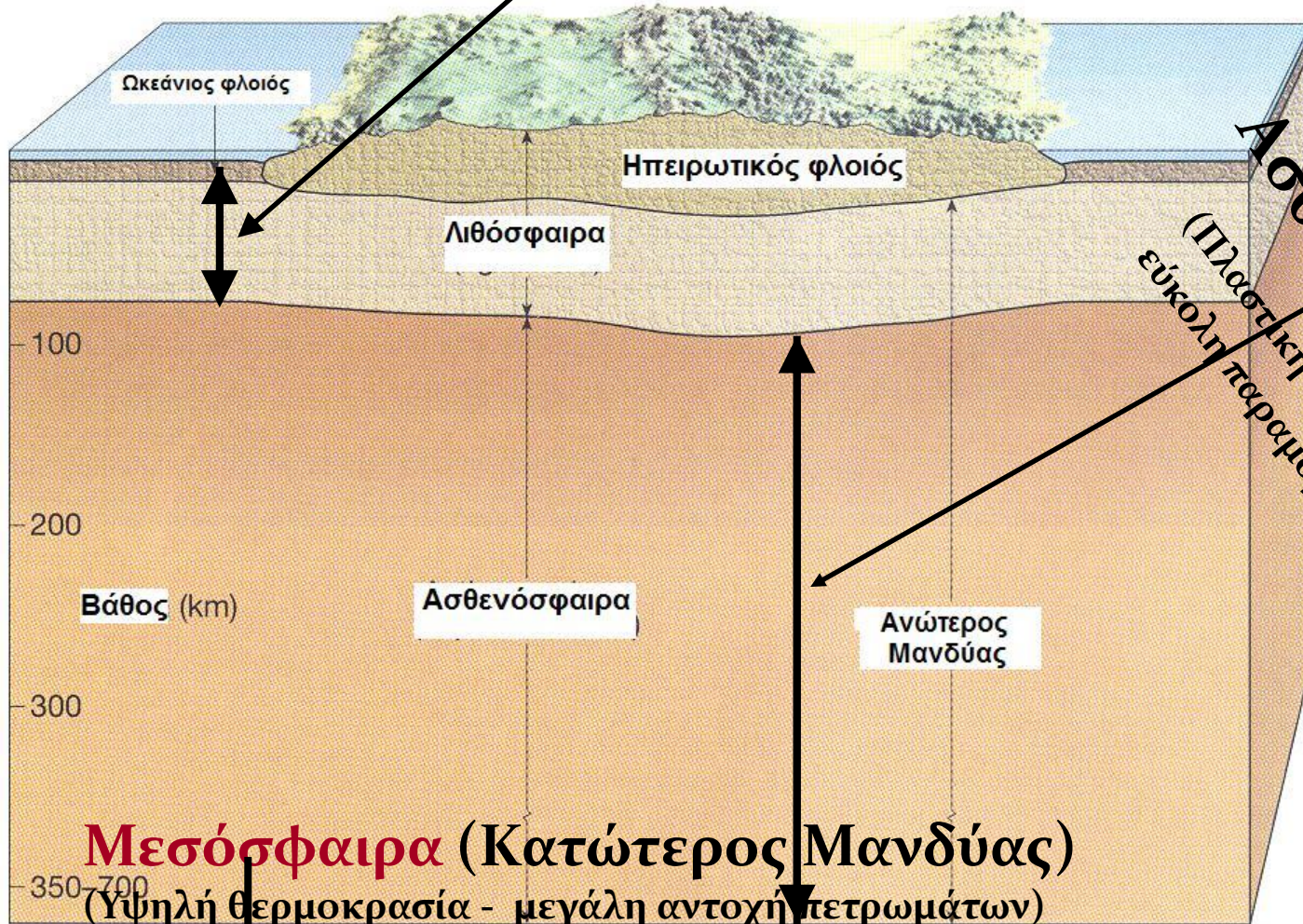
Φλοιός αποτελείται κυρίως υλικά χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας, με αποτέλεσμα η θερμότητα να συγκρατείται στο εσωτερικό της.

Λιθόσφαιρα-Ασθενόσφαιρα-Μεσόσφαιρα -

(περιοχές με βάση την κατάσταση του υλικού δηλ. την πίεση και την θερμοκρασία)

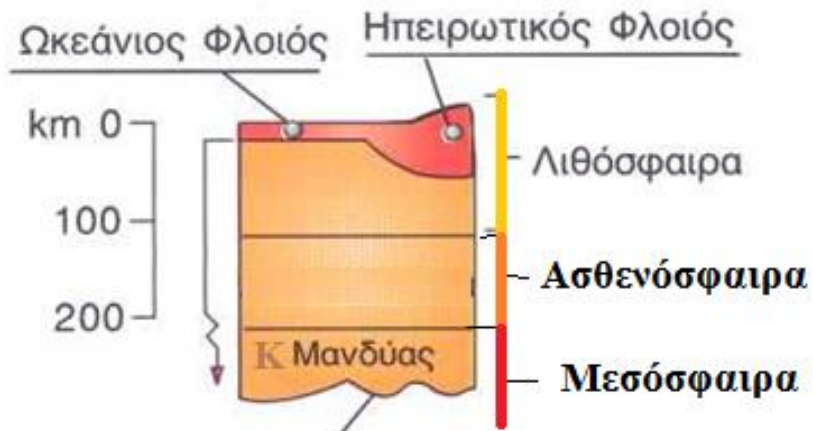
Λιθόσφαιρα (φλοιός + ανώτερος μανδύας)

(Ψυχρό και άκαμπτο τμήμα)

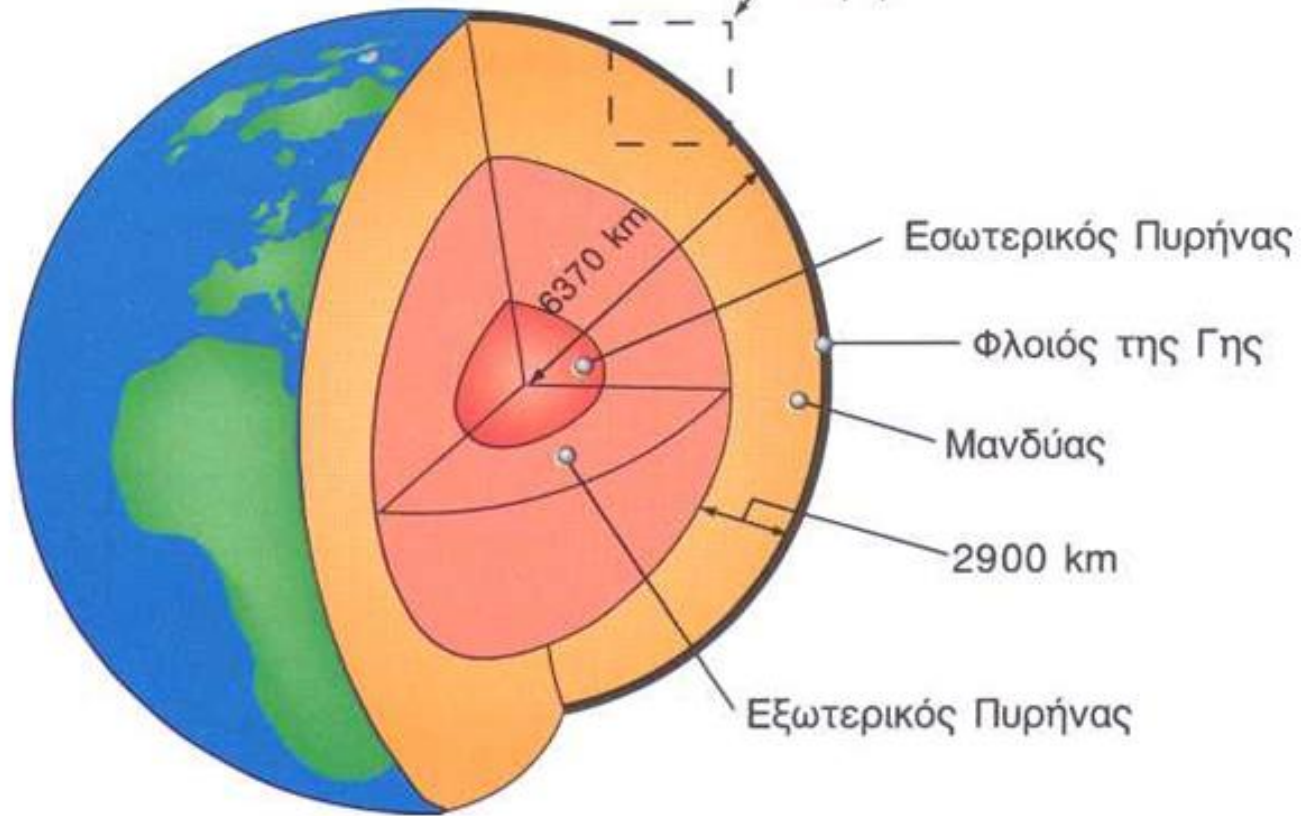


Ασθενόσφαιρα
(Πλαστική κατάσταση - εύκολη παραμόρφωση)

Μεσόσφαιρα (Κατώτερος Μανδύας)
(Υψηλή θερμοκρασία - μεγάλη αντοχή πετρωμάτων)

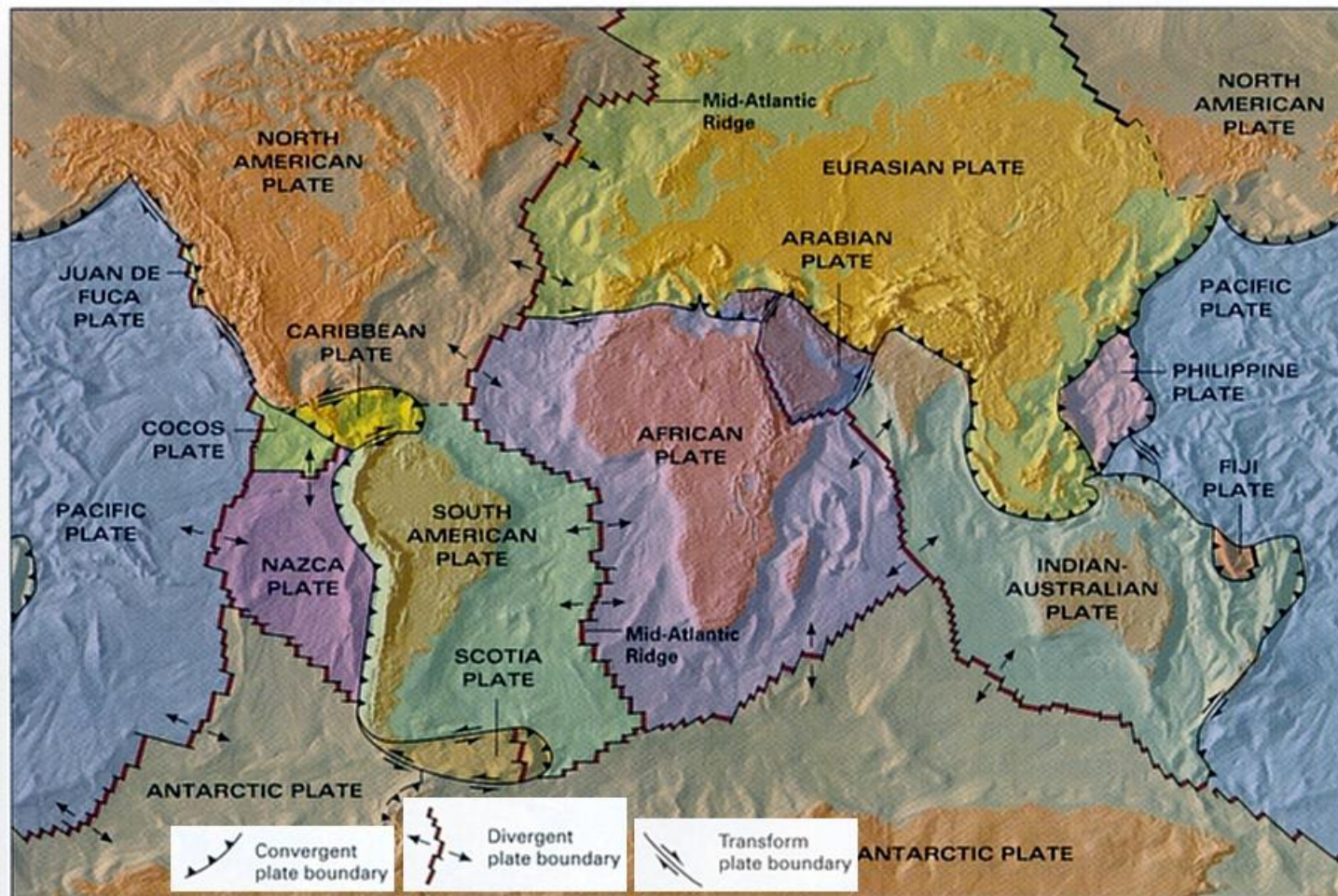


Τομή



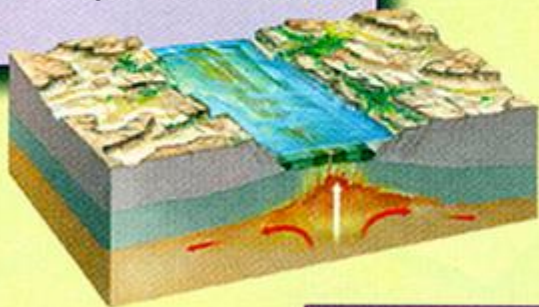
Η λιθόσφαιρα δεν είναι συμπαγής,
χωρίζεται σε 7 μεγάλες συμπαγείς τεκτονικές πλάκες
καθώς και σε αρκετές μικρότερες, που ονομάζονται

Λιθοσφαιρικές πλάκες Όρια Τεκτονικών πλακών



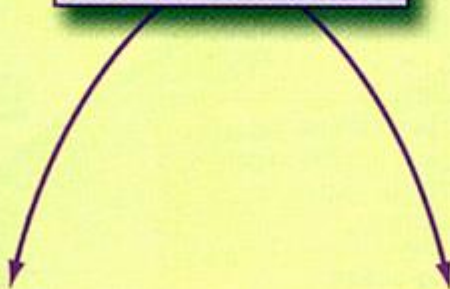
Απόκλιση πλακών

Απομάκρυνση πλακών και σχηματισμός νέου υλικού στο πυθμένα των ωκεανών



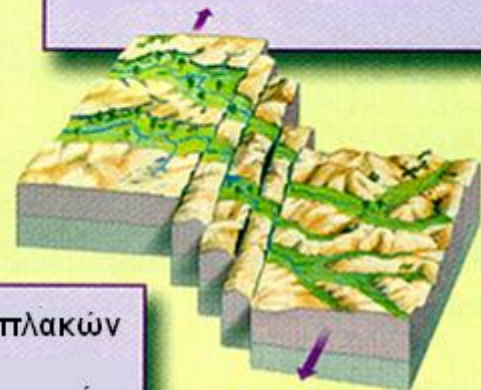
Σύγκλιση πλακών

Μετακίνηση της μιας πλάκας προς την άλλη. Καταστροφή πλακών



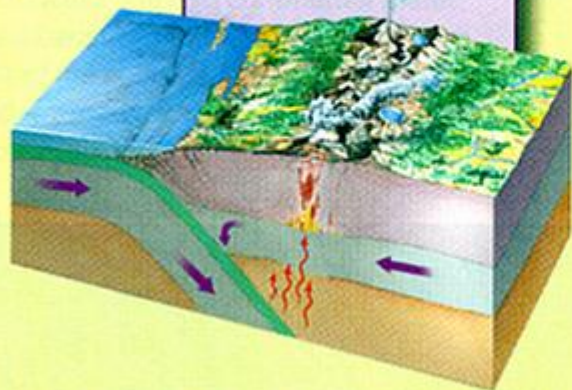
Εφαπτομενική κίνηση

Εφαπτομενική ολίσθηση των πλακών σε αντίθετες κατευθύνσεις. Πρόκληση σεισμών.



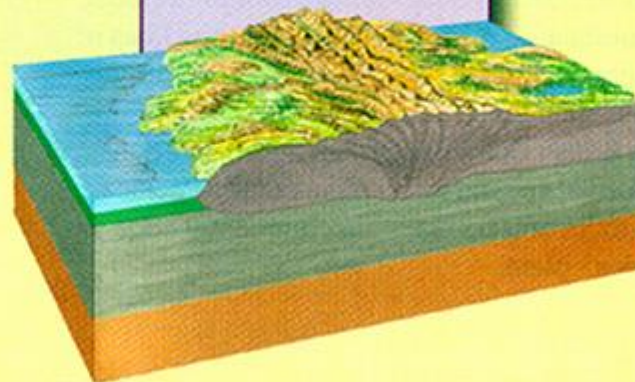
Βύθιση πλακών

Η ωκεάνια πλάκα βυθίζεται κάτω από την ηπειρωτική. Δημιουργία ηφαιστείων. Πρόκληση σεισμών

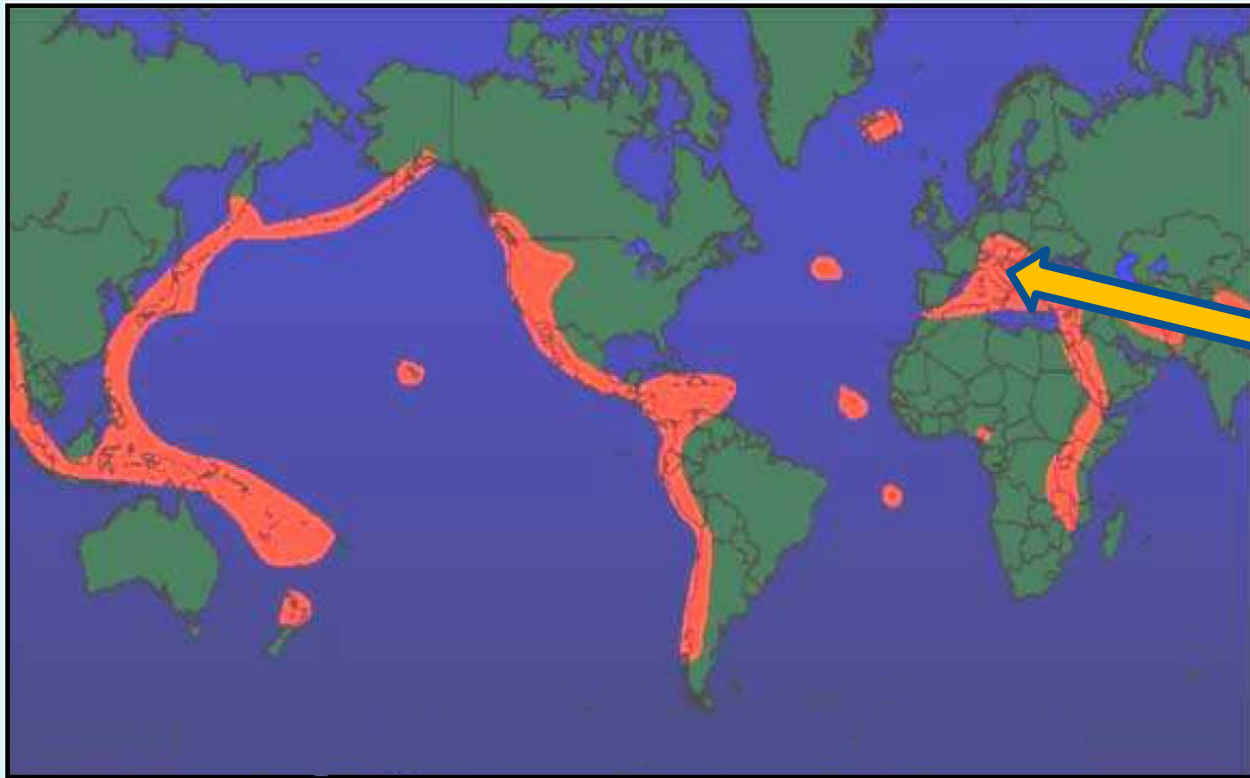


Σύγκρουση πλακών

Σύγκρουση ηπειρωτικών πλακών. Δημιουργία οροσειρών π.χ. Ημαλάια

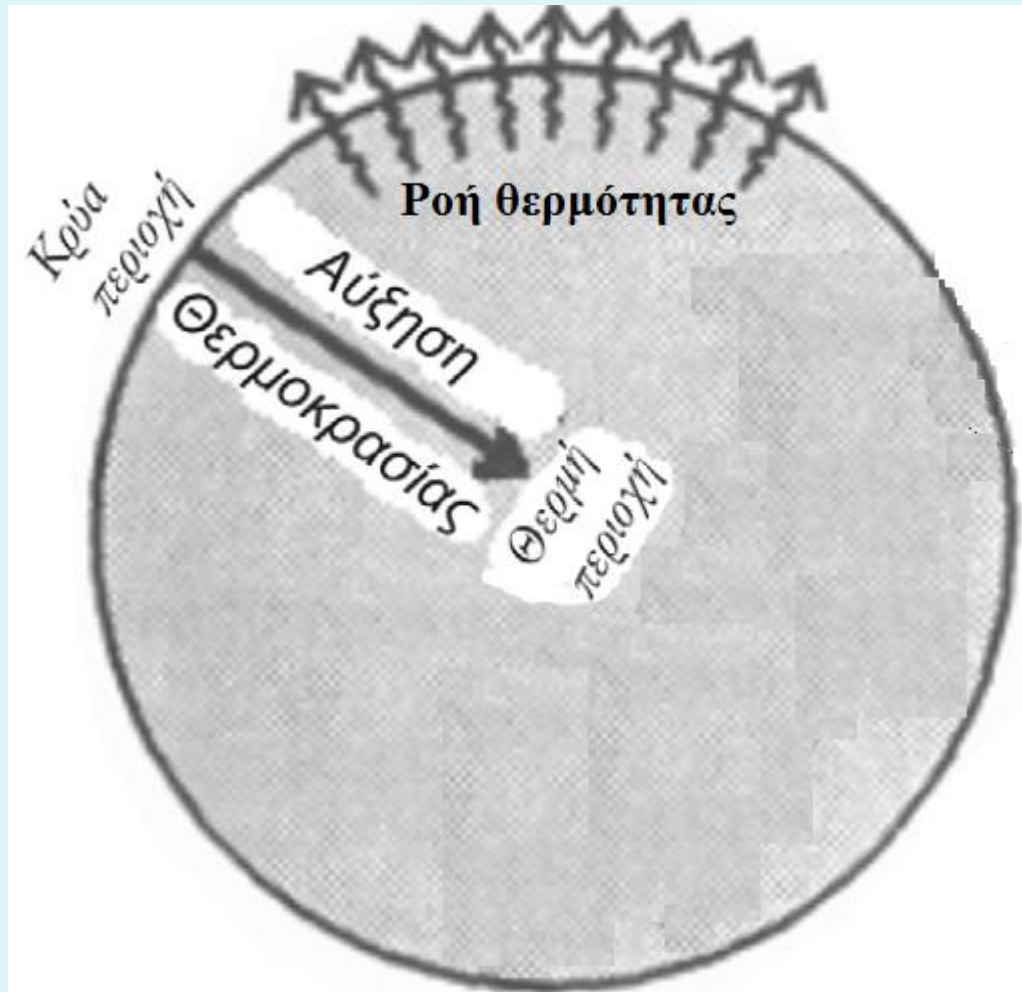


Η γεωθερμική βαθμίδα της γης, τουλάχιστον στα πρώτα **10 km** που μπορούμε να ελέγξουμε άμεσα, κυμαίνεται από **5 μέχρι 70°C/km**, με μέση τιμή τους **30°C/km**. Οι περιοχές που διαθέτουν γεωθερμική βαθμίδα μεγαλύτερη από τη μέση γήινη είναι πολλές στον πλανήτη μας και οι περισσότερες βρίσκονται στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών (περιοχές με **θετική γεωθερμική ανωμαλία**)



Θετική γεωθερμική ανωμαλία χαρακτηρίζεται η ύπαρξη τοπικά μιας αυξημένης θερμικής ροής (μεγαλύτερης της μέσης γήινης των $1,43 \mu\text{cal}/\text{cm}^2$) με συνέπεια την εμφάνιση μεγαλύτερων τιμών στη γεωθερμική βαθμίδα σε σχέση με την κανονική.

Ροή Θερμότητας

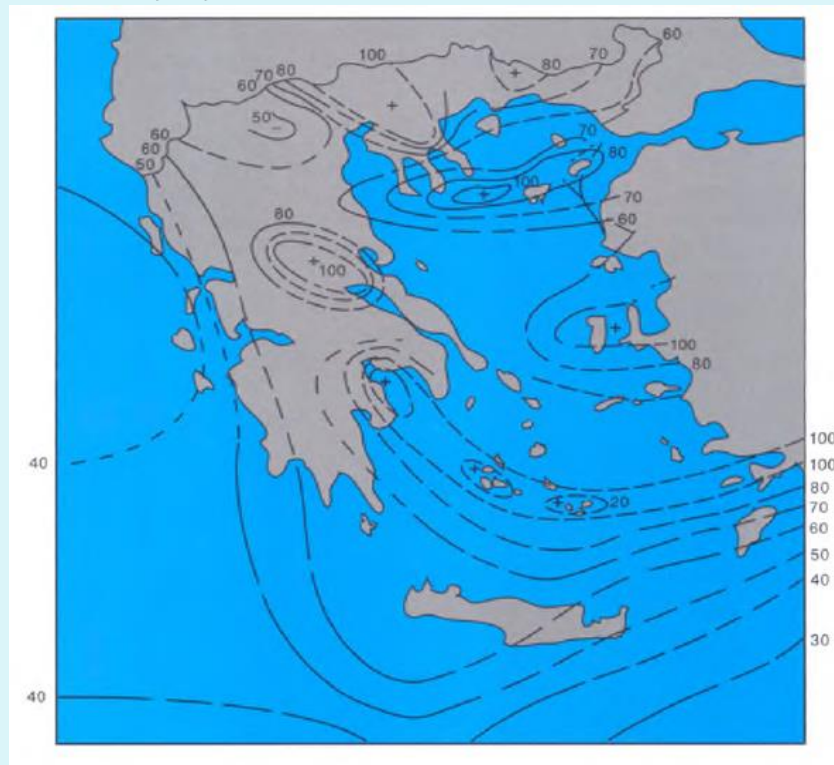


Ροή Θερμότητας

Η ροή θερμότητας που προσδιορίζεται στο φλοιό της γης (με βάση τον φυσικό νόμο η θερμότητα μεταδίδεται από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σημείο), εξαρτάται από

- ❑ τη θερμική αγωγιμότητα των πετρωμάτων και από
- ❑ τη γεωθερμική βαθμίδα και αποτελεί το γινόμενο τους
- μονάδες μέτρησης θερμικής ροής mW/m^2
- ✓ η παγκόσμια μέση ροή θερμότητας είναι **80 mW/m^2**
- ✓ Στο σύνολο της Ευρώπης, η μέση θερμική ροή εκτιμήθηκε σε **62 mW/m^2**

**Προκαταρκτικός χάρτης θερμικής ροής Ελλάδας, σε $m W/m^2$
(Fytikas and Kolios, 1979)**



Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας

1. Αγωγή

Αν μέσα σε ένα συνεχές, ομογενές μέσο υπάρχει μία διαφορά θερμοκρασίας, τότε θα υπάρχει ροή θερμότητας χωρίς καμία ορατή κίνηση της ύλης. Μια τέτοια ροή θερμότητας ονομάζεται αγωγή.

2. Συναγωγή ή ρεύματα μεταφοράς (υγρά ή αέρια)

Η συναγωγή αναφέρεται στη ροή θερμότητας που σχετίζεται με την κίνηση ενός ρευστού.

Η συναγωγή μπορεί να είναι φυσική ή εξαναγκασμένη.

στη φυσική ή ελεύθερη συναγωγή η κίνηση των ρευστών προκαλείται από την ίδια τη διαφορά θερμοκρασίας, λόγω διαφορών πυκνότητας.

Στην εξαναγκασμένη συναγωγή το ρευστό κινείται κατά μήκος μιας επιφάνειας από κάποιον εξωτερικό παράγοντα, όπως είναι μία αντλία ή ο άνεμος.

3. Ακτινοβολία

Όλα τα σώματα, στερεά, υγρά ή αέρια, έχουν την ικανότητα να εκπέμπουν θερμότητα με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Από την άλλη μεριά, όλα τα σώματα απορροφούν ενέργεια ακτινοβολίας.

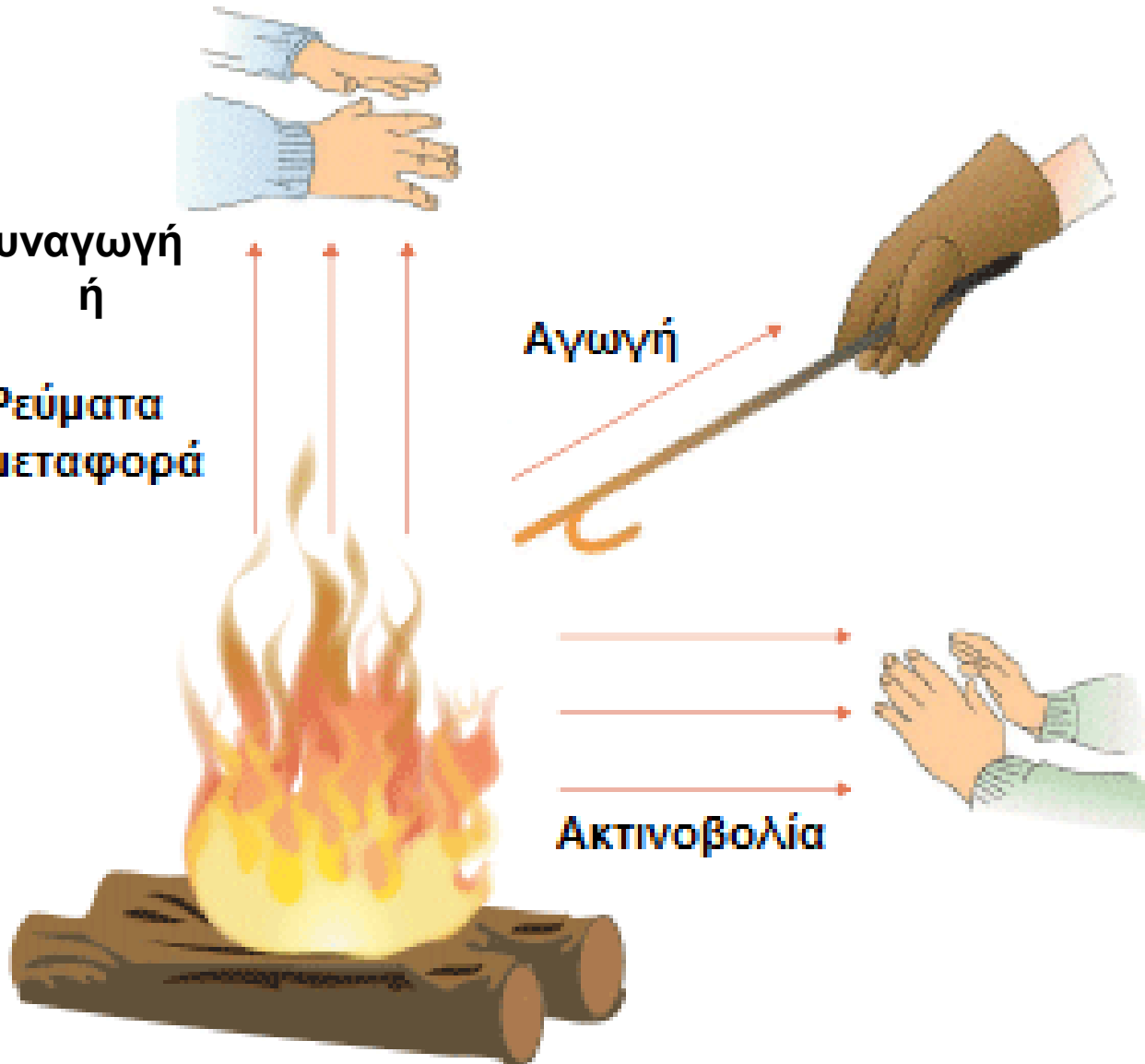
Σε αντίθεση με τους προηγούμενους μηχανισμούς μετάδοσης της θερμότητας, μετάδοση με ακτινοβολία μπορούμε να έχουμε και στο απόλυτο κενό.

Συναγωγή
ή

Ρεύματα
μεταφορά

Αγωγή

Ακτινοβολία



Ευνοϊκές γεωθερμικές συνθήκες

Στη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για τη Γεωθερμία συντελούν ορισμένα γεωδυναμικά και άλλα γεωλογικά-τεκτονικά φαινόμενα,

Τα οποία διευκολύνουν τη ροή θερμότητας προς την επιφάνεια και τη συσσώρευση με τη μορφή εγκλωβισμένων θερμών ρευστών κοντά σ' αυτήν, σε σημεία δηλαδή που μπορούμε πρακτικά να προσεγγίσουμε.

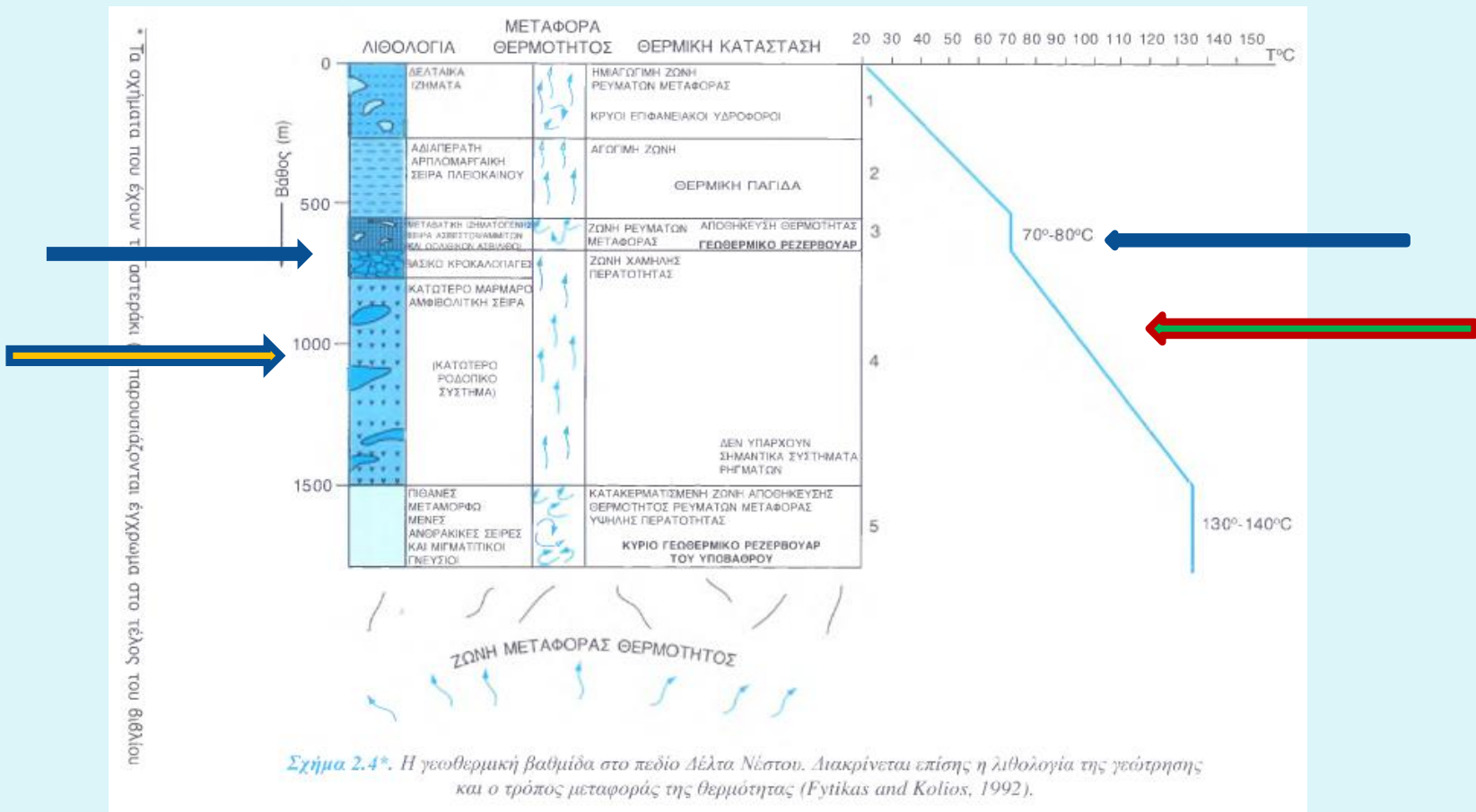
Έτσι, πιο εύκολα και πιο οικονομικά φτάνουμε εκεί με γεωτρήσεις και φέρνουμε τα θερμά ρευστά στην επιφάνεια της γης προς εκμετάλλευση.

➤ Χρειαζόμαστε λοιπόν **θετικές ανωμαλίες θερμότητας**, σε συνδυασμό με ορισμένα ευνοϊκά γεωλογικά στοιχεία

✓ Πρωτεύοντα ρόλο παίζουν τα γεωδυναμικά αίτια, που συνδέονται με την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών, όπου πολλές φορές δημιουργείται εκλέπτυνση του φλοιού και, επομένως, θετική μεταβολή της γεωθερμικής βαθμίδας, και τούτο προφανώς επειδή έχουμε μεγάλες σχετικά θερμοκρασίες σε μικρότερα βάθη.

✓ Επίσης περιοχές των μεγάλων ή μικρότερων **τεκτονικών ηπειρωτικών βυθισμάτων**, όπως είναι πολλά τεκτονικά βυθίσματα της ανατολικής και βόρειας Ελλάδας (περιλαμβανομένης και της αντίστοιχης περιοχής του κεντρικού και βόρειου Αιγαίου).

➤ Οι θερμικές ανωμαλίες σε αυτές τις περιπτώσεις δεν είναι πολύ μεγάλες, επειδή δεν έχουμε συνήθως μετακίνηση μαγματικών υλικών, αλλά διευκόλυνση ανόδου βαθύτερων ρευστών μέχρι την επιφάνεια της γης ή κοντά σε αυτήν.



- ❖ Όπου παρεμβάλλονται πετρώματα διαφορετικής αγωγής, η θερμική ροή μεταβάλλεται συνήθως μειώνεται.
- ❖ Αντίθετα, η θερμοκρασία στους υδροφόρους λόγω συναγωγής παραμένει σχεδόν σταθερή εξαιτίας των μεταφορικών ρευμάτων συναγωγής,

Συμπεράσματα

- Το ποσό της αποθηκευμένης θερμότητας στο φλοιό της γης είναι τεράστιο.
- Αν μπορέσουμε να αξιοποιήσουμε με οικονομικό τρόπο μόνον το 0,1% των γεωθερμικών αυτών πόρων, μπορεί να καλυφθούν ίσως όλες οι ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας.
- Ο μεγαλύτερος περιορισμός στην αξιοποίηση αυτού του ενεργειακού πόρου είναι το κόστος της ανόρυξης των βαθιών γεωτρήσεων.
- Επομένως, οι περιοχές όπου μπορούν να αξιοποιηθούν καλύτερα οι γεωθερμικοί πόροι είναι
- Οι περιοχές που παρουσιάζουν υψηλή γεωθερμική βαθμίδα, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το βάθος των απαιτούμενων γεωτρήσεων.

Ιστορική αναδρομή της θερμικής ενέργειας

Τα ηφαίστεια και οι θερμές εκδηλώσεις ήταν γνωστά από τους προϊστορικούς χρόνους, στα οποία η Μυθολογία μας αφιέρωσε ένα θεό, τον Ήφαιστο. Αντίστοιχα, και σε άλλους πολιτισμούς (Αφρική, Χαβάη, Ιαπωνία, Αμερική προ του Κολόμβου) είναι συχνή η θεοποίηση των ηφαιστειών.

Οι θερμές πηγές θεωρούνταν από την αρχαιότητα ότι είχαν θεραπευτικές και υπερφυσικές ιδιότητες, και γι' αυτό το λόγο τα Ασκληπιεία αλλά και άλλοι ιεροί χώροι, βρίσκονταν κοντά σε θερμές πηγές. Π.Χ. Ο ναός της Αρτέμιδας στη Λέσβο είναι κτισμένος επάνω στο χώρο όπου αναβλύζουν και σήμερα θερμές πηγές. Υπάρχουν πολλές παραστάσεις, κυρίως σε αγγεία, που συνδέουν τις θερμές πηγές με τη χρήση του νερού για ιαματικούς σκοπούς, ακόμα και για θρησκευτικούς.

Τα φυσικά λοιπόν θερμά ρευστά χρησιμοποιήθηκαν από πολύ παλιά, κυρίως για τις θεραπευτικές τους ιδιότητες, σπάνια για τις ενεργειακές δυνατότητες τους. Οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις επέτρεψαν, κατά τον προηγούμενο κυρίως αιώνα, την απόληψη της γεωθερμικής θερμότητας.

Στη σύγχρονη εποχή

Σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης ζωής οι πρακτικές εφαρμογές προηγούνται της επιστημονικής έρευνας και της τεχνολογικής ανάπτυξης. Η γεωθερμία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα του φαινομένου αυτού.

Αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχόμενου των γεωθερμικών ρευστών γινόταν ήδη από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα.

Εκείνη την περίοδο, στην Τοσκάνη της Ιταλίας, και συγκεκριμένα στην περιοχή του Larderello, λειτουργούσε μια χημική βιομηχανία για την παραγωγή βορικού οξέος από τα βοριούχα θερμά νερά που ανέβλυζαν από φυσικές πηγές ή αντλούνταν από ρηχές γεωτρήσεις.

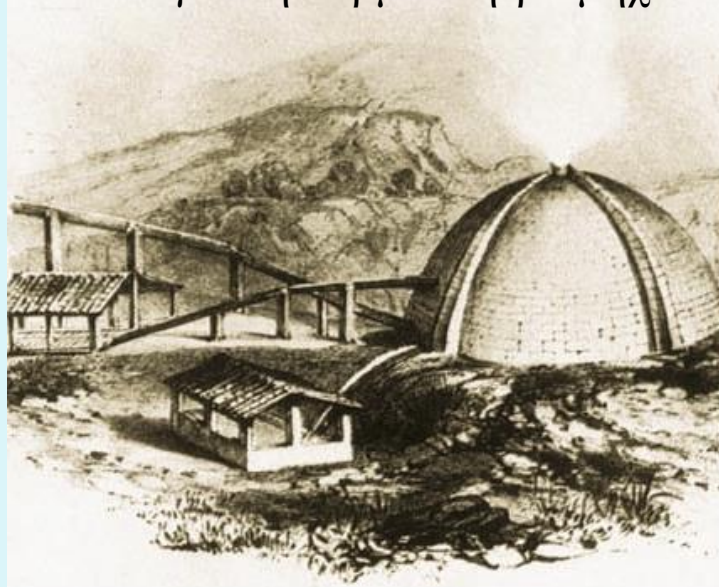


Η παραγωγή του βορικού οξέος γινόταν με εξάτμιση των βοριούχων νερών μέσα σε σιδερένιους «λέβητες», χρησιμοποιώντας ως καύσιμη ύλη ξύλα από τα κοντινά δάση.

Το 1827, ο Francesco Larderello, ιδρυτής της βιομηχανίας αυτής, αντί να καίγονται ξύλα από τα διαρκώς αποψιλούμενα δάση της περιοχής, ανέπτυξε ένα σύστημα για τη χρήση της θερμότητας των βοριούχων ρευστών στη διαδικασία εξάτμισης

Ανάμεσα στο 1850 και 1875, οι εγκαταστάσεις του Larderello κατείχαν το μονοπώλιο παραγωγής βορικού οξέος στην Ευρώπη.

Μεταξύ του 1910 και του 1940, στην περιοχή αυτή της Τοσκάνης ο χαμηλής πίεσης ατμός άρχισε να χρησιμοποιείται για τη θέρμανση βιομηχανικών κτιρίων, κατοικιών και θερμοκηπίων.

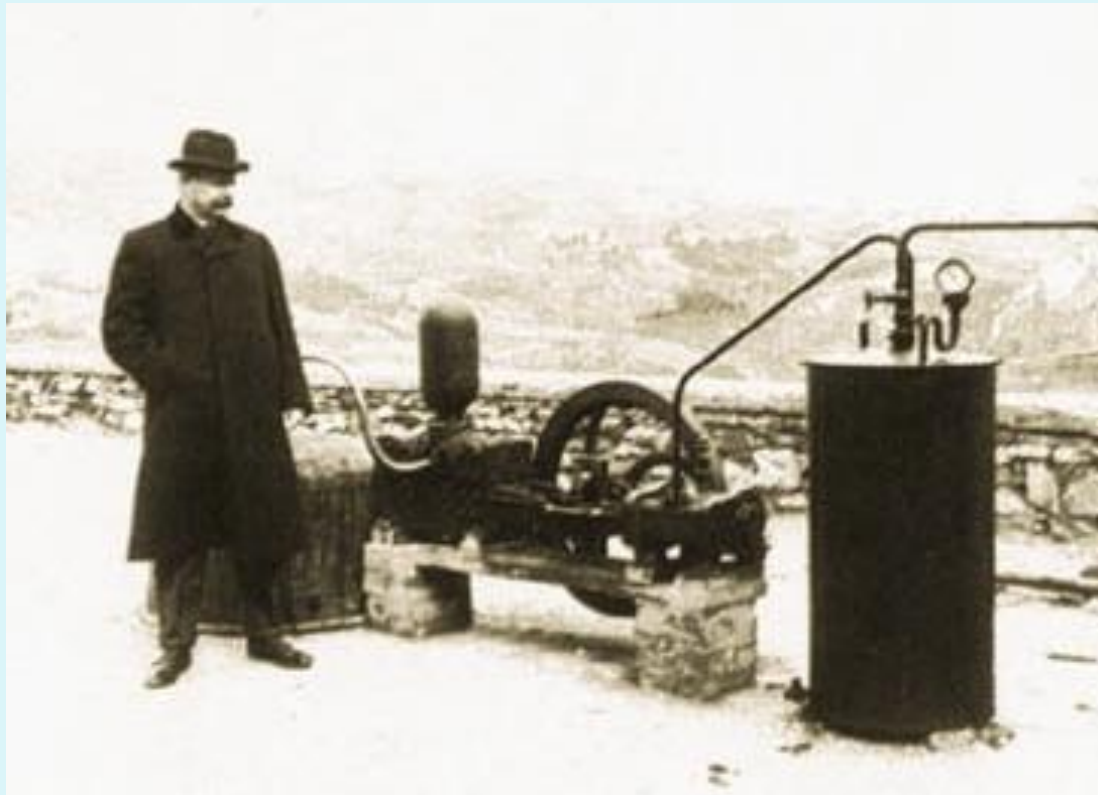


Η καλυμμένη «λιμνούλα» (covered lagoon), που χρησιμοποιούνταν κατά το πρώτο μισό του 19^{ου} αιώνα στην περιοχή του Larderello, για τη συλλογή των βοριούχων υδάτων και την παραγωγή βορικού οξέος

Στη σύγχρονη εποχή,

Το 1904, έγινε η πρώτη πετυχημένη προσπάθεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με τη χρήση των φυσικών ατμών που έβγαιναν με πίεση.

Η επιτυχία της αυτής πειραματικής προσπάθειας έδωσε μια ξεκάθαρη ένδειξη για τη βιομηχανική αξία της γεωθερμικής ενέργειας και σηματοδότησε την έναρξη μιας μορφής εκμετάλλευσης, που επρόκειτο έκτοτε να αναπτυχθεί σημαντικά



Η μηχανή που χρησιμοποιήθηκε στο Larderello το 1904 κατά την πρώτη πειραματική απόπειρα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικό ατμό. Διακρίνεται επίσης ο εφευρέτης της, πρίγκηπας Piero Ginori Conti.

Σύγχρονες εγκαταστάσεις παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Γεωθερμία στο Larderello



Σύντομα, πολλές χώρες ακολούθησαν το παράδειγμα της Ιταλίας.

✓ **το 1919** κατασκευάστηκαν οι πρώτες γεωθερμικές γεωτρήσεις στο Berru της Ιαπωνίας,

✓ **το 1921** ακολούθησαν εκείνες στο The Geysers της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ.

✓ **το 1958** ένα μικρό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τέθηκε σε λειτουργία στη Νέα Ζηλανδία,

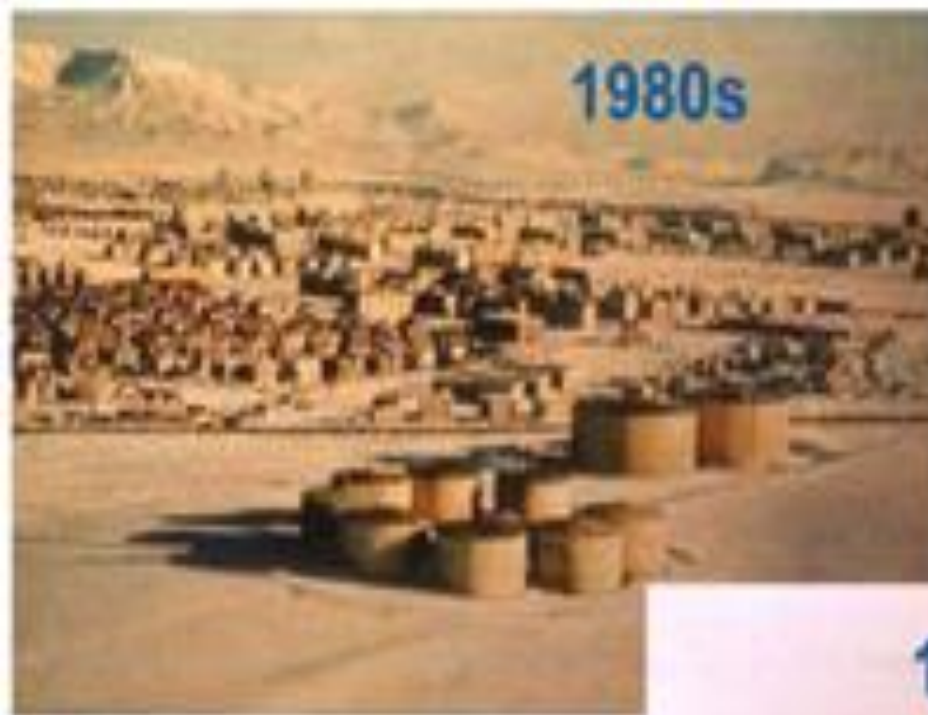
✓ ένα άλλο στο Μεξικό **το 1959**,

✓ στις ΗΠΑ **το 1960** και ακολούθησαν πολλά άλλα σε διάφορες χώρες.

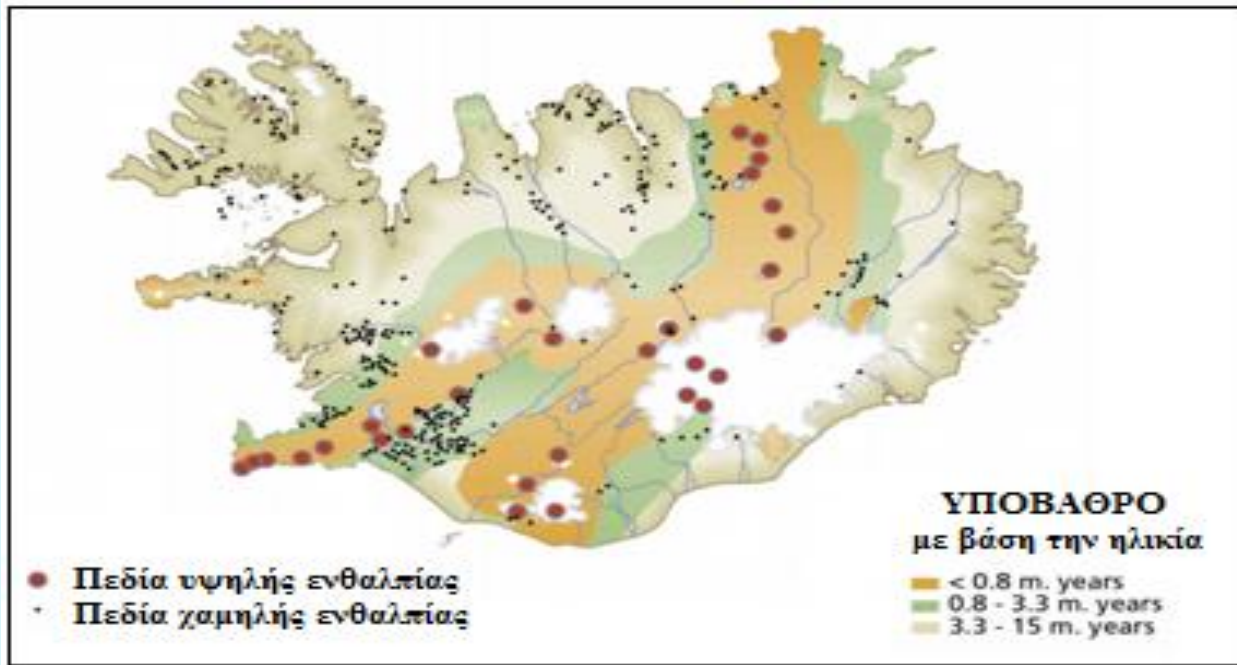
□ (Το 1942, η εγκατεστημένη γεωθερμο-ηλεκτρική ισχύς ανερχόταν στα 127.650 kWe. Σήμερα ξεπερνά τα 15.000 MWe)

❖ Η πρώτη συστηματική αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών για θέρμανση χώρων, θερμοκηπίων και κτηρίων ξεκίνησε στη δεκαετία του 1920 στην **Ισλανδία**.

❖ Σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού της Ισλανδίας (και ολόκληρη η πόλη του Reykjavik) θερμαίνονται με γεωθερμικά ρευστά



- ❑ Συγχρόνως, υπάρχουν ποικίλες άλλες εφαρμογές, όπως
 - ✓ παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος,
 - ✓ θέρμανση θερμοκηπίων και πισίνων (ονομαστή είναι η μεγάλη σε έκταση πισίνα Blue Lagoon στο Grindavík, η οποία θεωρείται ότι έχει και ιαματικές ιδιότητες),
 - ✓ χρήση των νερών στην ιχθυοκαλλιέργεια,
 - ✓ ξήρανση γης διατόμων κ.ά.,



❑ Το παράδειγμα της Ισλανδίας μιμήθηκαν και πολλές άλλες χώρες της Ευρώπης, αλλά και της Ασίας και της Αμερικής. Σήμερα ο αριθμός των χωρών που έχουν εμπλακεί ουσιαστικά στη γεωθερμική έρευνα και εκμετάλλευση για θερμικούς σκοπούς ξεπερνά τις 60, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ που υπερβαίνει τα **15000 MWt**

Μετά το 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε ελκυστική σε πολλές χώρες, επειδή ήταν ανταγωνιστική ως προς άλλες μορφές ενέργειας. Επιπλέον, η ενέργεια αυτή δε χρειαζόταν να εισαχθεί από άλλες χώρες, όπως συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα ενώ σε πολλές περιπτώσεις αποτελούσε τον μοναδικό διαθέσιμο εγχώριο ενεργειακό πόρο

Στην Ευρώπη

- Υπάρχουν 28 «γεωθερμικά» ενεργές χώρες με εφαρμογές άμεσων χρήσεων
- και 5 χώρες με γεωθερμική ηλεκτροπαραγωγή (Ιταλία, Ισλανδία, Γαλλία, Αυστρία και Πορτογαλία), με εγκατεστημένη ισχύ 971 MWe και παραγωγή 5635 GWh το χρόνο ηλεκτρικής ενέργειας

Σήμερα

Ενώ το δυναμικό της γεωθερμικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο (αλλά και στην Ελλάδα) είναι σημαντικό, υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί στο να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά αυτό το δυναμικό. Αυτοί οι περιορισμοί μπορεί να είναι

- ✓ τεχνικής φύσεως (διάβρωση, δημιουργία επικαθίσεων),
- ✓ περιβαλλοντικής φύσεως (κυρίως εκπομπές υδροθείου),
- ✓ νομοθετικής και
- ✓ οικονομικής φύσεως.

Οι οικονομικοί περιορισμοί παίζουν σπουδαίο ρόλο σε κάθε προσπάθεια αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας. Γενικά, είναι πιθανότερη η αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών όταν αυτά βρίσκονται κοντά σε

βιομηχανικές, αστικές ή αγροτικές περιοχές, ή όταν υπάρχουν ανάγκες θέρμανσης καθόλη τη διάρκεια του έτους.