

## Ορισμός Γεωθερμίας



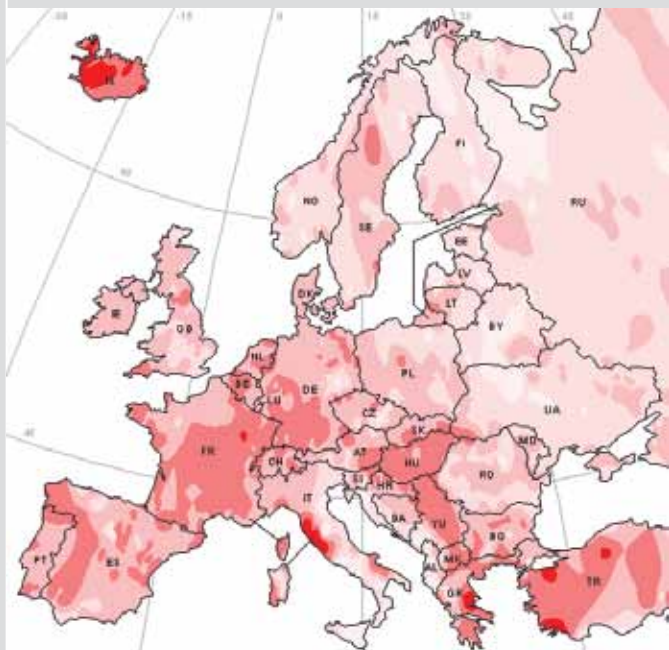
Ο όρος «ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ» είναι διεθνής και προέρχεται από τις λέξεις «Γαία» και «Θερμός». Συνακόλουθα, η γνώση και διατριβή στη θερμική δραστηριότητα του εσωτερικού της γης έχει σημαντικές ιστορικές καταβολές στον ελλαδικό χώρο. Οι Ελεάτες φιλόσοφοι (7ος π. Χ. αιώνας) καθώς και ο Ηράκλειτος (6ος π. Χ. αιώνας) θεωρούν ως κινητήρια δύναμη δημιουργίας το «πυρ» που ενθυλακώνεται στο εσωτερικό της γήινης μάζας. Ο Αριστοτέλης (4ος π.Χ. αιώνας) στη διατριβή του «Περί Μετεώρων» αναφέρει ότι εξαιτίας της εσωτερικής θερμότητας παράγεται άνεμος μέσα και έξω από τη μάζα της. Ο Αναξαγόρας (5ος π.Χ. αιώνας), όπως αναφέρει ο Αριστοτέλης, μιλούσε για αποκλεισμό θερμού αέρα, στα βάθη της γης («αιθέριος»). Άξιο αναφοράς είναι επίσης πως -σύμφωνα με εικασίες- οι χρησιμοί της Πυθίας στο Μαντείο των Δελφών ήταν αποτέλεσμα της έκθεσής της και σε γεωθερμικά αέρια που προέρχονταν από τοπικό ρήγμα. Επίσης, στην αρχαία Πομπηία το υψηλής θερμοκρασίας γεωθερμικό νερό είχε χρησιμοποιηθεί στη θέρμανση των κτιρίων. Από την άλλη, οι Θερμοπύλες (θερμές πύλες) χαρακτηρίστηκαν έτσι από πηγές θερμότητας που βρίσκονταν στο υπέδαφός τους. Στην Ελλάδα υπάρχουν 56 θερμές πηγές. Οι ιαματικές πηγές στα Θερμά Σαμοθράκης, γνωστές από την αρχαιότητα για τη μεγάλη τους θεραπευτική αξία, κρύβουν ένα τεράστιο γεωθερμικό πεδίο και μία από τις παλαιότερες χρήσεις γεωθερμίας στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, είναι τα θερμά λουτρά της Θέρμης, ίσως από τα πρώτα ιαματικά λουτρά της αρχαιότητας.

## Γεωθερμική Ενέργεια

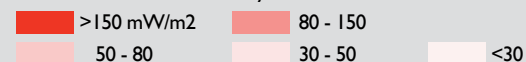
Γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης και εμπεριέχεται σε φυσικά επιφανειακά ή υπόγεια ρευστά με τη μορφή ατμών, θερμών νερών ή μίγματα νερών και ατμών ή και αερίων. Γεωθερμική είναι και η ενέργεια των θερμών "ξηρών" πετρωμάτων ή των λιωμένων μαγματικών υλικών.

Η γη είναι θερμή στο εσωτερικό της, όπως αποδεικνύουν οι φυσικές επιφανειακές θερμές αμίδες, τα θερμά νερά και τα αέρια, τα *geysers*, οι φηαιστειακές εκρήξεις, κ.λ.π.. Από μετρήσεις προέκυψε ότι η θερμοκρασία αυξάνει σταθερά με το βάθος. Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας με το βάθος ονομάζεται "γεωθερμική βαθμίδα" και η μέση τιμή της στα πρώτα χιλιόμετρα της γης ανέρχεται σε 30°C/km. Με τον όρο "θερμική ροή" χαρακτηρίζεται η θερμότητα που μεταδίδεται από το εσωτερικό προς την επιφάνεια της γης σε συνάρτηση με τον χρόνο. Ο μέσος όρος της θερμικής ροής υπολογίζεται σε 60 mW/m<sup>2</sup> (χιλιοστά Watt /m<sup>2</sup>).

"Γεωθερμικές περιοχές" είναι θεωρητικά εκείνες που για διαφορετικές αιτίες έχουν θερμική ροή και επομένως, γεωθερμική βαθμίδα ανώτερη από τις μέσες τιμές της γήινης. Οι περισσότερες από τις περιοχές αυτές βρίσκονται κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών. Δεν αρκεί όμως μόνο η



Geothermal Heat-Flow Density



θερμική ανωμαλία για τη δημιουργία γεωθερμικών κοιτασμάτων ή γεωθερμικών πεδίων. Χρειάζονται και άλλες ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες, όπως η ύπαρξη γεωθερμικών ρευστών σε όχι μεγάλα βάθη, με ικανοποιητική θερμοκρασία, καλά έως αποδεκτά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και σε αξιόλογη ποσότητα.

## Γεωθερμικά πεδία

Με τον όρο "γεωθερμικά πεδία" εννοούνται περιοχές στις οποίες η θερμική ενέργεια της Γης είναι επαρκώς συγκεντρωμένη και σε μικρά σχετικά βάθη, ώστε να δημιουργεί μία εκμεταλλεύσιμη ενεργειακή πηγή. Τα γεωθερμικά πεδία ταξινομούνται με βάση τα γεωλογικά, υδρολογικά και θερμικά χαρακτηριστικά τους.

Ένα γεωθερμικό πεδίο συγκροτείται από τρία κύρια στοιχεία (Dickson M. H. & Fanelli 3M., 1990) : μια θερμή πηγή, έναν ταμιευτήρα (*reservoir*) και τα ρευστά που είναι τα μέσα του, τα οποία περιέχουν και μεταφέρουν τη θερμότητα. Τις περισσότερες φορές είναι απαραίτητη και η παρουσία ενός καλύμματος, με πετρώματα αδιαπέρατα ή με πολύ χαμηλή διαπερατότητα, τα οποία υπέρκεινται του ταμιευτήρα και αποτρέπουν τη διαφυγή των θερμών ρευστών του ταμιευτήρα με γρήγορη μεταφορά προς την επιφάνεια. Πάντως, η απώλεια θερμότητας με αγωγή δεν αποτρέπεται από το αδιαπέρατο κάλυμμα. Εντούτοις, η ποσότητα θερμότητας που άγεται είναι πολύ μικρότερη από αυτήν που θα χάνονταν μέσω διαφυγής του ρευστού (Gurta, 1980).

Ο ταμιευτήρας σχηματίζεται από θερμά και υδροπερατά πετρώματα, από τα οποία η θερμότητα μπορεί να αποσπασθεί μέσω των ρευστών που κυκλοφορούν. Σε πολλές, αλλά όχι σε όλες τις περιπτώσεις, ο ταμιευτήρας συνδέεται με κάποια επιφανειακή περιοχή τροφοδοσίας, που ανανεώνει το σύνολο ή μέρος των ρευστών.

### Ταξινόμηση των Γεωθερμικών Συστημάτων

Το πιο συνηθισμένο κριτήριο για την ταξινόμηση των γεωθερμικών πεδίων βασίζεται στην ενθαλπία των γεωθερμικών ρευστών. Με βάση την ενθαλπία, τα γεωθερμικά πεδία χαρακτηρίζονται ως χαμηλής, μέσης και υψηλής ενθαλπίας. Λαμβάνοντας υπόψη διάφορα όρια θερμοκρασίας υπάρχουν διάφορες ταξινομήσεις, οι οποίες φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Ταξινόμηση γεωθερμικών πεδίων με βάση την ενθαλπία (Dickson & Fanelli, 1990).

Γεωθερμικά Πεδία	Πεδία Χαμηλής Ενθαλπίας	Πεδία Μέσης Ενθαλπίας	Πεδία Υψηλής Ενθαλπίας
Κατά Muffler & Cataldi, 1978	<90°C	90 - 150°C	>150°C
Κατά Hochstein, 1990	<125°C	125 - 225°C	>225°C
Κατά Benderitter & Corny, 1990	<100°C	100 - 200°C	100-200°C
Κατά Haenel, Rybach & Stegena, 1988	<150°C	-	<150°C

Επεκτείνοντας την ευρύτερη έννοια της γεωθερμίας, αναφέρεται και η εκμετάλλευση της ενέργειας που συσσωρεύεται σε μικρά βάθη του φλοιού της γης (σχεδόν επιφανειακά) και ονομάζεται ΑΒΑΘΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ. Με αυτό τον όρο χαρακτηρίζεται η ενέργεια των γεωλογικών σχηματισμών και των ρευστών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται ως γεωθερμικό δυναμικό. Σε γενικές γραμμές, ο όρος προσδιορίζει θερμοκρασίες γεωλογικών σχηματισμών, υπογείων και επιφανειακών ρευστών μικρότερες από 25°C. Χαρακτηριστικό πλεονέκτημα της αβαθούς γεωθερμίας είναι η σταθερότητα της θερμοκρασίας του εδάφους καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, ανεξαρτήτως από τις κλιματολογικές μεταβολές.

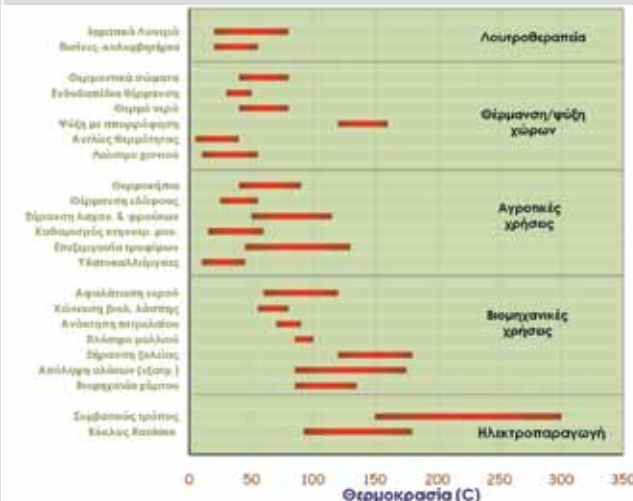


Μέση θερμοκρασία υπεδάφους για βάθος 10m-150m

Η αβαθής γεωθερμία που βρίσκεται σε βάθος μέχρι 100 έως 150 μέτρων εφαρμόζεται στην ελληνική επικράτεια, σε περιοχές όπου δε χαρακτηρίζονται ως γεωθερμικό δυναμικό, και μπορεί να αξιοποιηθεί για τη θέρμανση και ψύξη/δροορισμό κτιρίων.

### Χρήσεις της Γεωθερμικής Ενέργειας

Συνολικά, οι χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας είναι πολλαπλές και άμεσα εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή τη θερμοκρασία του υπεδάφους.



Η Ελλάδα, χάρη στις γεωλογικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν, κατέχει ένα αξιόλογο δυναμικό στη γεωθερμική ενέργεια. Παρά το γεγονός ότι οι γεωθερμικές πηγές στον ελληνικό χώρο είναι καλά μελετημένες, εντούτοις μόνο η άμεση χρήση της, όπως επί παραδείγματι σε θερμοκηπία, έχει μέχρι στιγμής αξιοποιηθεί. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν επίσης επαρκή γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα, οι άμεσες χρήσεις της γεωθερμίας στην Ελλάδα επικεντρώνονται κυρίως στην θέρμανση των θερμοκηπίων, στην ιχθυοτροφία, στην καλλιέργεια σπιρουλίνας καθώς και στην αποξήρανση λαχανικών και φρούτων. Προς το παρόν δεν παράγεται στην Ελλάδα ηλεκτρική ενέργεια παρά την ύπαρξη πολλών γεωθερμικών πεδίων υψηλής ενθαλπίας στο ηφαιστειακό ενεργό τόξο του Αιγαίου πελάγους. Επιπλέον, σε ορισμένες άλλες περιοχές (όπως η Λέσβος, η Χίος και η Σαμοθράκη) είναι δυνατό να εγκατασταθούν μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού μέσω δυαδικού κύκλου Organic Rankine Cycle (ORC). Η κατανομή χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Χρήση	Εγκατεστημένη ισχύς (MWth)
Άμεση θέρμανση χώρων	1.5
Θέρμανση θερμοκηπίων-εδάφους	35
Ξήρανση αγροτικών προϊόντων	0.3
Υδατοκαλλιέργειες	9.5
Ιαματικά λουτρά	39
<b>Υποσύνολο</b>	<b>85</b>
Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας	90
<b>Σύνολο</b>	<b>175</b>

Η αύξηση χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας σε σχέση με το 2004 είναι 135%. Η αύξηση αυτή οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στην ανάπτυξη εφαρμογών γεωθερμικών αντλιών

θερμότητας. Παρόλα αυτά, η ανάπτυξη της αβαθούς γεωθερμίας στην Ελλάδα δεν μπορεί να συγκριθεί με αυτή της υπόλοιπης Ευρώπης, όπου πλέον οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι μια ευρέως δοκιμασμένη τεχνολογία, καταλαμβάνοντας συνεχώς και μεγαλύτερα κομμάτια της αγοράς θέρμανσης / ψύξης. Για παράδειγμα, η εγκατεστημένη ισχύς σε Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας στη Σουηδία είναι πάνω από 4.000 MW, στη Γερμανία πάνω από 2.000 MW και στην Ελβετία πάνω από 1.000 MW, όταν στην χώρα μας είναι μόλις 90 MW.

Οι δυνατότητες λοιπόν που προσφέρει η τεχνολογική εξέλιξη και η ραγδαία άνοδος των τιμών των συμβατικών καυσίμων, καθιστούν τη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, και πιο συγκεκριμένα της γεωθερμίας, μία εφικτή και εναλλακτική λύση, ειδικά έναντι των συμβατικών τρόπων θέρμανσης σε αγροτικό, οικιακό, βιομηχανικό, δημόσιο και ιδιωτικό τομέα.

### Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και Γεωθερμία



Η ακατάπαυστη κατανάλωση ενέργειας χωρίς φειδώ στον κτιριακό και βιομηχανικό τομέα, επιβάλλει την προσθήκη νέων ρυπογόνων μονάδων παραγωγής ενέργειας στο σύστημα και συνεχίζει την αύξηση των εκπομπών ρύπων, διογκώνοντας τις παγκόσμιες ανησυχίες για τις κλιματικές αλλαγές και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Η σταδιακή μείωση των αποθεμάτων του πετρελαίου και η ανοδική πορεία της τιμής του, που σύμφωνα με εκτιμήσεις θα συνεχιστεί, είναι πιθανό να σηματοδοτήσει την αρχή του τέλους μίας εποχής που η ανάπτυξη στηρίχθηκε στη φθηνή και «απεριόριστη» ενέργεια των ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων. Τα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων του πλανήτη μας (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο) δεν είναι ανανεώσιμα και σε προβλέψιμο χρονικό διάστημα θα εξαντληθούν, με συνέπεια την αύξηση της τιμής του πετρελαίου που έχει ήδη συμπαράσσει το φυσικό αέριο και τον άνθρακα.

Σε συνδυασμό, με τις έντονες ενεργειακές απαιτήσεις, ειδικά των αναδυόμενων οικονομιών – εκτιμήσεις για τα επόμενα 15 χρόνια κάνουν λόγο για αύξηση της ενεργειακής ζήτησης κατά 2,2% το χρόνο, εντείνουν το κλίμα αβεβαιότητας για το ενεργειακό και περιβαλλοντικό μέλλον του πλανήτη.

Ο επανασχεδιασμός λοιπόν της παγκόσμιας ενεργειακής πολιτικής και μηχανισμών με γνώμονα το περιβάλλον, τίθεται ως ζήτημα προτεραιότητας. Η επιτακτική αυτή ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση ενέργειας, οδήγησε την επιστήμη στην έρευνα και την εκμετάλλευση ήπιων μορφών ενέργειας, όπως είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).

Σύμφωνα με άρθρο του τμήματος της Γεωθερμίας του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) στο Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας (Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη, 2004), οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας, τόσο σε Ευρωπαϊκό, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, ομαδοποιούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
- Χρήση της Θερμότητας
- Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας (ΓΑΘ)

