

# ΜΥΘΟΙ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ



*Κείμενο - Επιμέλεια:  
Απ. Αρβανίτης, Γεωλόγος - Δρ Γεωθερμίας*

Αθήνα 2008

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |         |
|--|---------|
| ΜΥΘΟΙ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ  | Σελ. 2  |
| Μύθος 1 <sup>ος</sup> : Η γεωθερμική ενέργεια βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο και δεν είναι ευρύτερα διαδομένη.<br>Πραγματικότητα  | Σελ. 2  |
| Μύθος 2 <sup>ος</sup> : Η γεωθερμική ενέργεια δεν αποτελεί Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (Α.Π.Ε.).<br>Πραγματικότητα   | Σελ. 4  |
| Μύθος 3 <sup>ος</sup> : Η γεωθερμική ενέργεια έχει περιορισμένες δυνατότητες χρήσης (λουτρά, θερμοκήπια) και δεν προσφέρεται για ποικιλόμορφες επενδυτικές πρωτοβουλίες.<br>Πραγματικότητα   | Σελ. 5  |
| Μύθος 4 <sup>ος</sup> : Η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έχει δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μπορεί να προκαλέσει μόλυνση του περιβάλλοντος.<br>Πραγματικότητα   | Σελ. 15 |
| Μύθος 5 <sup>ος</sup> : Δεν υπάρχουν ιδιαίτερα περιβαλλοντικά οφέλη από την αξιοποίηση της γεωθερμίας και γενικότερα η γεωθερμική ενέργεια υστερεί σημαντικά σε σχέση με τις άλλες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.).<br>Πραγματικότητα | Σελ. 19 |
| Μύθος 6 <sup>ος</sup> : Η εξόρυξη και επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών και αλμολοιπών, μετά τη χρήση τους, μπορεί να μολύνει το πόσιμο νερό.<br>Πραγματικότητα   | Σελ. 22 |
| Μύθος 7 <sup>ος</sup> : Οι φυσικές γεωθερμικές εκδηλώσεις χρησιμοποιούνται κατά τη γεωθερμική αξιοποίηση και συνεπώς υπάρχει επέμβαση στο φυσικό περιβάλλον και διατάραξή του.<br>Πραγματικότητα   | Σελ. 22 |
| Μύθος 8 <sup>ος</sup> : Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας δεν είναι προσιτή για έναν μικροεπενδυτή και έχει πολύπλοκες, μεγάλες και χρονοβόρες γραφειοκρατικές διαδικασίες.<br>Πραγματικότητα   | Σελ. 23 |
| Ενδεικτική Βιβλιογραφία  | Σελ. 26 |

Φωτογραφία εξωφύλλου:

*Εντυπωσιακή γεώτρηση στο γεωθερμικό πεδίο Ακροποτάμου Ν. Καβάλας, που πρόσφατα (2002-2006) εντοπίστηκε από έρευνα του Ι.Γ.Μ.Ε., με ρευστά θερμοκρασίας μέχρι 90°C*

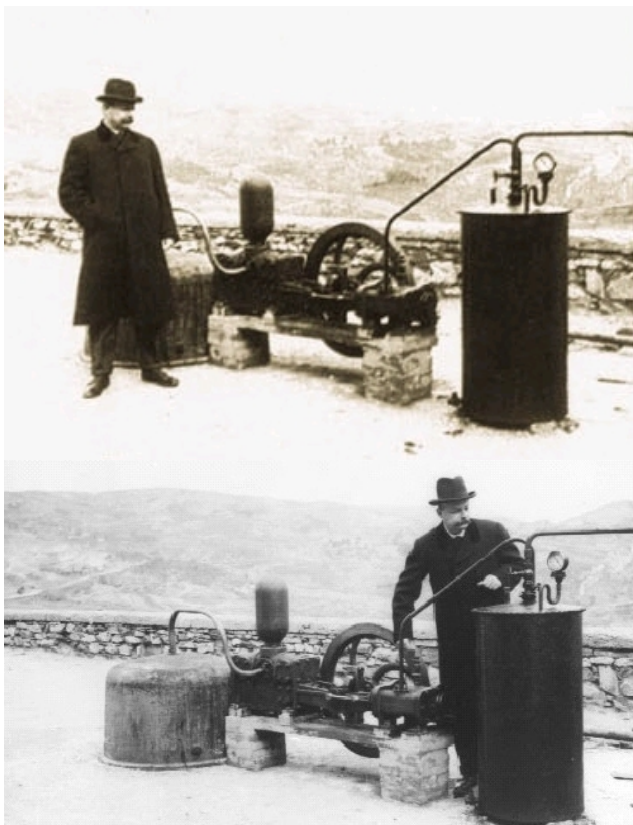
## ΜΥΘΟΙ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Ο μύθος, κατά τα κοινώς λεγόμενα, είναι αποκύημα της φαντασίας, κάτι μη αληθινό. Ένα εφεύρημα του νου γίνεται μύθος όταν επαναλαμβάνεται αρκετά συχνά. Υπήρξαν κάποιοι μύθοι γύρω από τη γεωθερμική ενέργεια, οι κυριότεροι από τους οποίους παρουσιάζονται στη συνέχεια, μαζί με την αλήθεια και την πραγματικότητα, που κανείς πια δεν μπορεί να αμφισβητήσει.

***Μύθος 1<sup>ος</sup>: Η γεωθερμική ενέργεια βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο και δεν είναι ευρύτερα διαδομένη.***

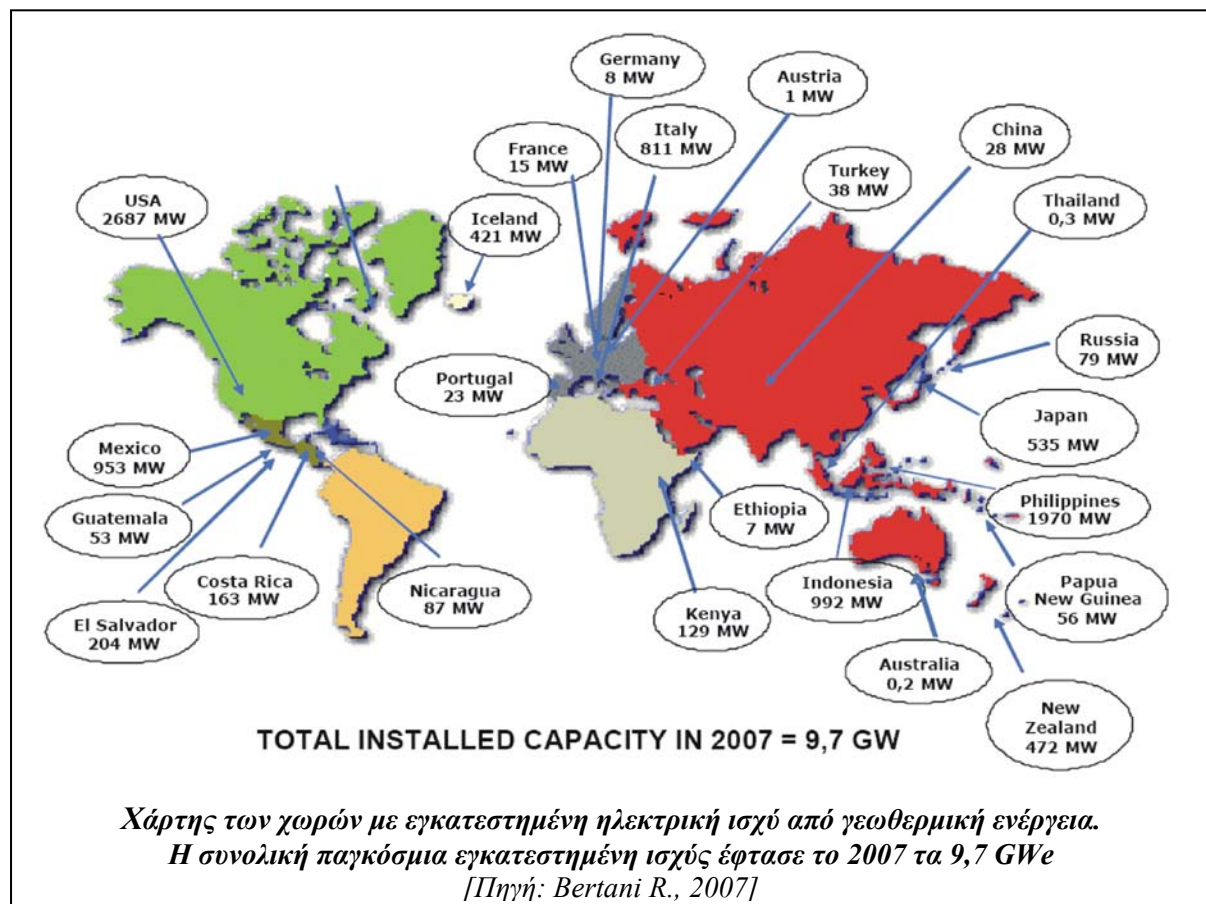
### ***Πραγματικότητα:***

Η γεωθερμική ενέργεια και τα θερμά νερά ήταν γνωστά και στην αρχαία Ελλάδα. Οι θερμές πηγές θεωρούνταν στην αρχαιότητα ότι είχαν θεραπευτικές ιδιότητες και γι' αυτό τα Ασκληπιεία και άλλοι ιεροί χώροι (π.χ. ναοί) βρίσκονταν κοντά σ' αυτές. Αυτό άλλωστε διαπιστώνεται τόσο από τα πρώτα κείμενα της αρχαίας Ελλάδας (Ομηρικά έπη) όσο και από μεταγενέστερα κείμενα των Ηρόδοτου, Πλούταρχου, Πausανία, Αριστοτέλη, Αθηναίου, Στράβωνα κ.ά. Ο ημίθεος Ηρακλής συνδέθηκε και με τα θερμά λουτρά και πολλές θερμές πηγές λέγονταν «Θέρμες του Ηρακλή». Σημαντικές είναι οι αναφορές του Ιπποκράτη (460-375 π.Χ.) για τις ευεργετικές επιδράσεις των θερμών νερών. Υπάρχουν πολλές παραστάσεις, κυρίως σε αγγεία, που συνδέουν τις θερμές πηγές με τη χρήση του νερού για ιαματικούς σκοπούς, ακόμη και για θρησκευτικούς. Η χρήση των φυσικών θερμών ρευστών ήταν γνωστή και στους αρχαίους ανατολικούς λαούς, στην Κίνα και την Ιαπωνία, με πληθώρα μαρτυριών στη μυθολογία και την ιστορία τους, καθώς και στους παλαιούς γηγενείς κατοίκους της Αμερικής πριν από χιλιάδες χρόνια. Οι Ετρούσκοι και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν τα θερμά νερά όχι μόνο για ιαματικούς σκοπούς αλλά και για τη θέρμανση οικιών. Ο Γαλινός (2<sup>ος</sup> αι. μ.Χ.), εκτός από τις συχνές αναφορές στα έργα του για την ευεργετική αξία των θερμών λουτρών, προσέφερε και φρούτα εκτός εποχής στους καλεσμένους του, τα οποία παρήγαγε προφανώς σε κάποια στοιχειώδη θερμοκήπια.



***Larderello (Ιταλία), 1904:  
Η πρώτη επιτυχημένη  
προσπάθεια παραγωγής  
ηλεκτρικής ενέργειας,  
με τη χρήση φυσικών ατμών,  
που έβγαιναν με πίεση  
[Πηγές:  
Geothermal Education Office,  
([www.geothermal.marin.org](http://www.geothermal.marin.org))  
και International Geothermal  
Association ([iga.igg.cnr.it/geo/  
geoenergy.php](http://iga.igg.cnr.it/geo/geoenergy.php))]***

Στη σύγχρονη εποχή, η πρώτη βιομηχανική αξιοποίηση της γεωθερμίας πραγματοποιήθηκε στο Larderello της Ιταλίας, όπου από τις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα χρησιμοποιούνταν υπέρθερμος ατμός για την παραγωγή βορικού οξέος και για τη θέρμανση κτιρίων. Στην ίδια περιοχή, το 1904, έγινε η πρώτη επιτυχημένη προσπάθεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με τη χρήση φυσικών ατμών, που έβγαιναν με πίεση. Σήμερα λειτουργούν στην περιοχή μονάδες ηλεκτροπαραγωγής εγκατεστημένης ισχύος > 540 MWe. Η πρώτη συστηματική αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών για θέρμανση χώρων, θερμοκηπίων και κτιρίων ξεκίνησε τη δεκαετία του 1920 στην Ισλανδία. Σήμερα το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού της Ισλανδίας (και ολόκληρη η πρωτεύουσα Reykjavík) θερμαίνονται με γεωθερικά ρευστά, ενώ υπάρχει και πλήθος άλλων εφαρμογών (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανση θερμοκηπίων και πισινών, υδατοκαλλιέργειες, ξήρανση ορυκτών κ.ά.). Το παράδειγμα της Ισλανδίας μιμήθηκαν πολλές χώρες της Ευρώπης, της Αμερικής αλλά και της Ασίας. Σήμερα, ο αριθμός των χωρών που έχουν εμπλακεί στη γεωθερμική ενέργεια με εκμετάλλευση της θερμότητας ξεπερνά τις 60. Στην ηλεκτροπαραγωγή, εκτός από την Ιταλία, έχουν εμπλακεί η Ν. Ζηλανδία, οι Η.Π.Α., η Ιαπωνία, το Μεξικό, οι Φιλιππίνες, η Ινδονησία και αρκετές χώρες της Κεντρικής Αμερικής αλλά και της Αφρικής (Κένυα). **Η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς έφτασε το 2007 τα 9.732 MWe** (σε 24 συνολικά χώρες) από 3.887 MWe που ήταν το 1980, 5.832 MWe το 1990 και 7.972 MWe το 2000. **Στην Ευρώπη**, 6 χώρες (Ιταλία, Ισλανδία, Γαλλία, Πορτογαλία, Αυστρία, Γερμανία) με **ηλεκτροπαραγωγή από τη γεωθερμία** έχουν εγκατεστημένη ισχύ **1.045 MWe**, ενώ σε 32 χώρες με **εφαρμογές άμεσων χρήσεων** (αξιοποίηση της θερμότητας στη θέρμανση θερμοκηπίων και κτιριακών εγκαταστάσεων, υδατοκαλλιέργειες, ξηραντήρια, λουτροθεραπεία, βιομηχανικές χρήσεις, κ.α.) η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φτάνει τα **12.480 MWt** (στοιχεία 2007). Στην **Ελλάδα**, παρά το πλούσιο γεωθερμικό δυναμικό, δεν λειτουργεί καμία εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής, ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς σε άμεσες χρήσεις είναι μόλις **94 MWt**, συμπεριλαμβανομένων και των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, οι οποίες έχουν εγκατεστημένη ισχύ 20 MWt (στοιχεία 2007).



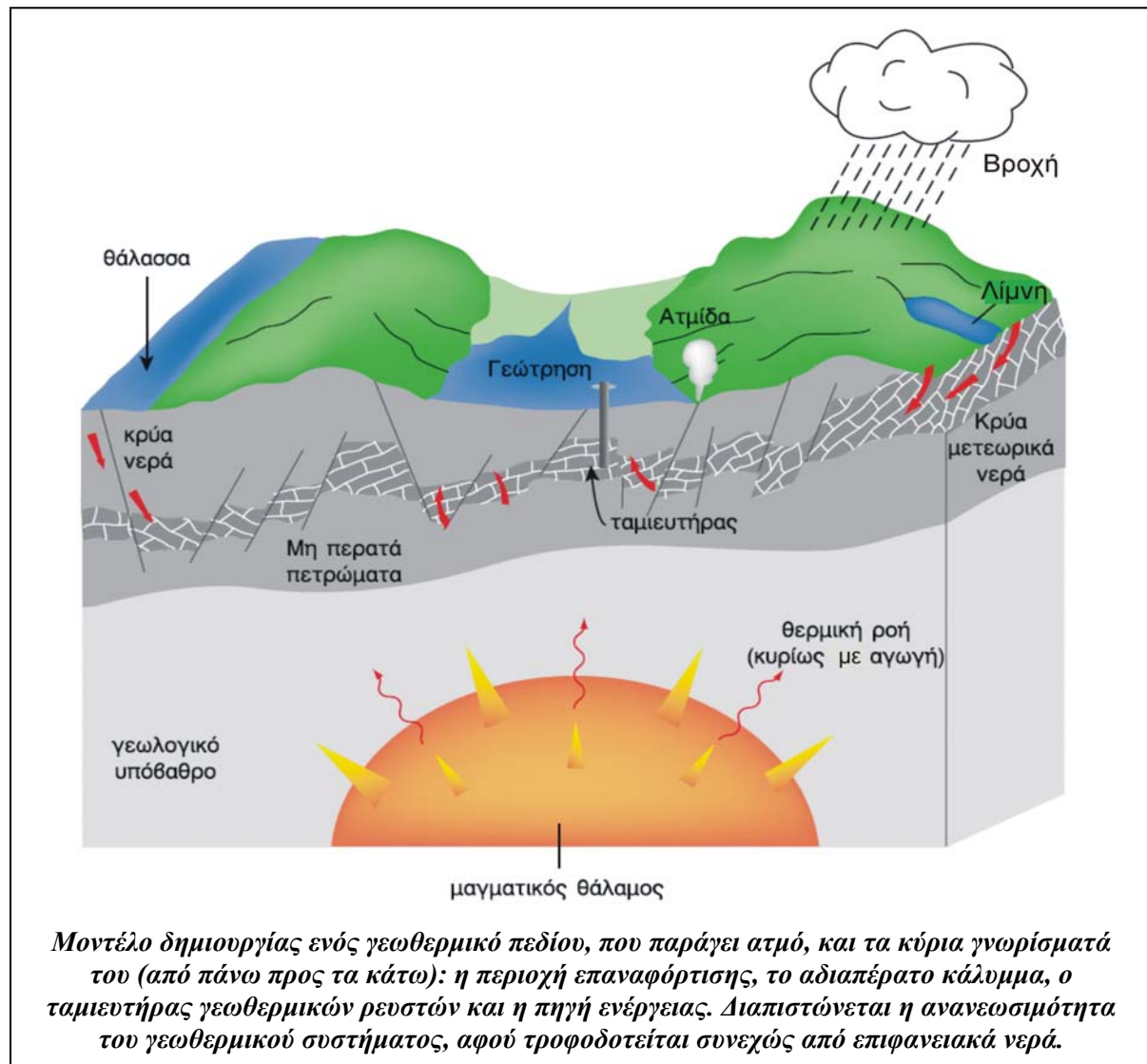


**Μύθος 2<sup>ος</sup>: Η γεωθερμική ενέργεια δεν αποτελεί Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (Α.Π.Ε.).**

**Πραγματικότητα:**

Η επιστημονική κοινότητα ταξινομεί συνήθως τη γεωθερμία στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Αν και αυτή η ταξινόμηση ισχύει από δεκαετίες, συχνά διατυπώνονται κάποια ερωτηματικά. Υπάρχει και η άποψη ότι με αυστηρά επιστημονικά κριτήρια η γεωθερμική ενέργεια δεν αποτελεί πάντα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Μία έννοια συνδεδεμένη με την «ανανεωσιμότητα» ενός ενεργειακού πόρου είναι η «αιεφορία». Η ανανεωσιμότητα αποτελεί ιδιότητα του ενεργειακού πόρου, ενώ η αιεφορία περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται οποιοσδήποτε φυσικός πόρος και σχετίζεται με την ορθολογική διαχείριση των πόρων, τη διάθεσή τους σε προσιτό κόστος στον άνθρωπο και χαρακτηρίζεται από κάποια μορφή ισορροπίας. Ανανεωσιμότητα ενός ενεργειακού πόρου σημαίνει ότι η οποιαδήποτε ποσότητα που λαμβάνεται από το συγκεκριμένο πόρο, η ίδια ποσότητα αναπληρώνεται κατά το ίδιο χρονικό διάστημα.

Η γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που προέρχεται από τη θερμότητα του εσωτερικού της Γης και αυτή η θερμότητα είναι βασικά απεριόριστη. Σύμφωνα με τη σημερινή επιστημονική γνώση, το εσωτερικό της Γης είναι πάρα πολύ ζεστό (1.000-3.000°C στον μανδύα και > 4.000°C στον πυρήνα) και θα συνεχίσει να είναι και στο μέλλον. Ο ρυθμός και η δυνατότητα πλήρους ενεργειακής επαναφόρτισης ενός γεωθερμικού συστήματος αποτελεί το κρίσιμο κριτήριο στην ταξινόμηση ενός πόρου ως ανανεώσιμου ή όχι.



Τα γεωθερμικά πεδία τροφοδοτούνται βασικά με μετεωρικά νερά (βροχή, χιόνι) ή άλλα επιφανειακής προέλευσης νερά (θαλάσσια, λιμναία, ποτάμια), που κατεισδύουν στο εσωτερικό της Γης και κυκλοφορούν υπογείως, θερμαίνονται, εμπλουτίζονται σε άλατα και αέρια και μπαίνουν στο διαρκή κύκλο μεταφοράς θερμότητας. Μέσα στον ταμιευτήρα, όπου η κυκλοφορία είναι πιο γρήγορη και εύκολη, συγκεντρώνονται νερά κάτω από συνθήκες αυξημένης πίεσης και θερμοκρασίας, που θερμαίνονται με συναγωγή αλλά και αγωγή. Ο ταμιευτήρας προστατεύεται από στεγανό γεωλογικό κάλυμμα, που εμποδίζει τη διάχυση της θερμικής ενέργειας στην επιφάνεια. Κάποιος βαθμός τοπικής εξάντλησης των πόρων στο συγκεκριμένο πεδίο/ταμιευτήρα μπορεί να συμβεί κατά την αξιοποίηση του πόρου, όταν ο ταμιευτήρας των γεωθερμικών ρευστών δεν «επικοινωνεί» με την επιφάνεια του εδάφους, παρά μόνο σε πολύ μακρινή απόσταση και ο ρυθμός επανατροφοδοσίας και θέρμανσης των ρευστών δεν είναι ίσος με το ρυθμό άντλησης αυτών. Σε μερικούς μόνο θερμοούς και εγκλωβισμένους ταμιευτήρες μέσα σε βαθιές ιζηματογενείς λεκάνες η ενεργειακή επαναφόρτιση ελέγχεται από την αγωγή θερμότητας και είναι μια αργή διαδικασία. Υπάρχει βέβαια και η ακραία περίπτωση των εντελώς κλειστών ταμιευτήρων (κυρίως σε βαθιές ιζηματογενείς λεκάνες), οπότε η εκμετάλλευση με άντληση θα μπορούσε να οδηγήσει κάποια στιγμή στην πρακτική εκκένωση του ταμιευτήρα (όπως γίνεται με τους ταμιευτήρες των υδρογονανθράκων).

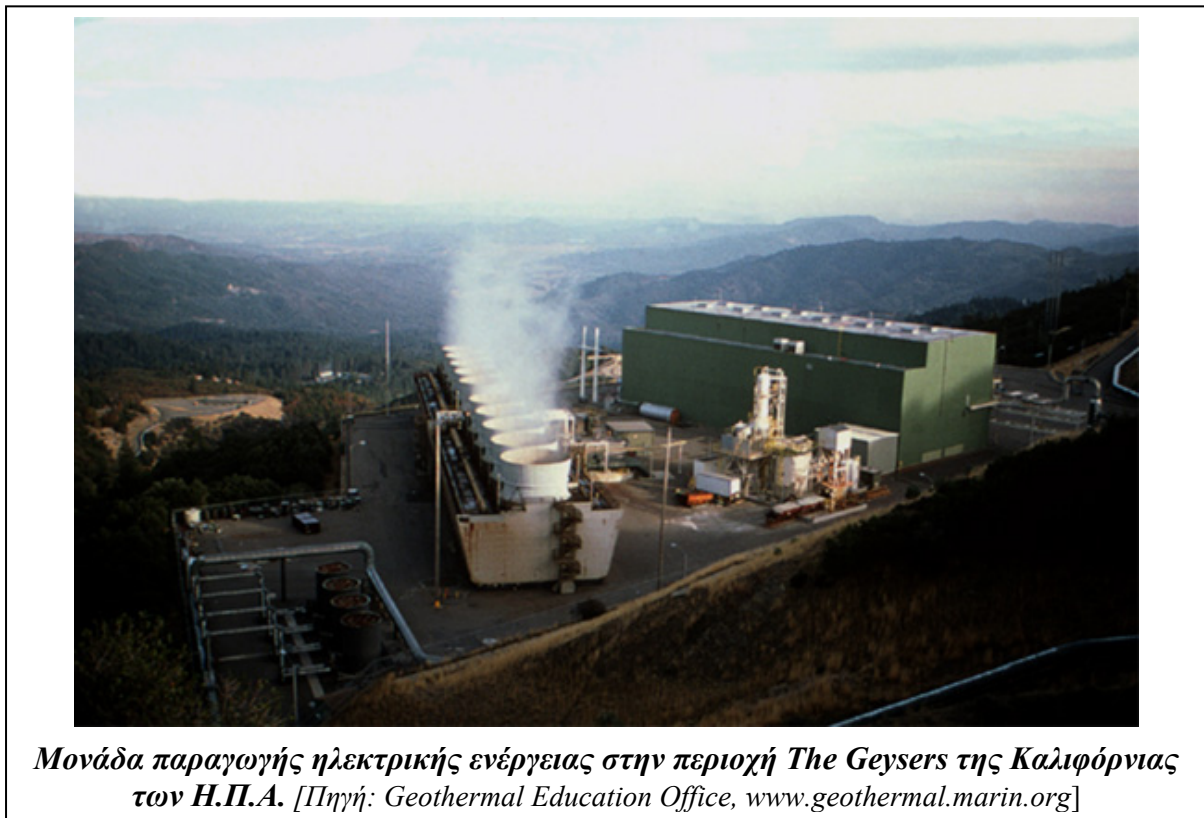
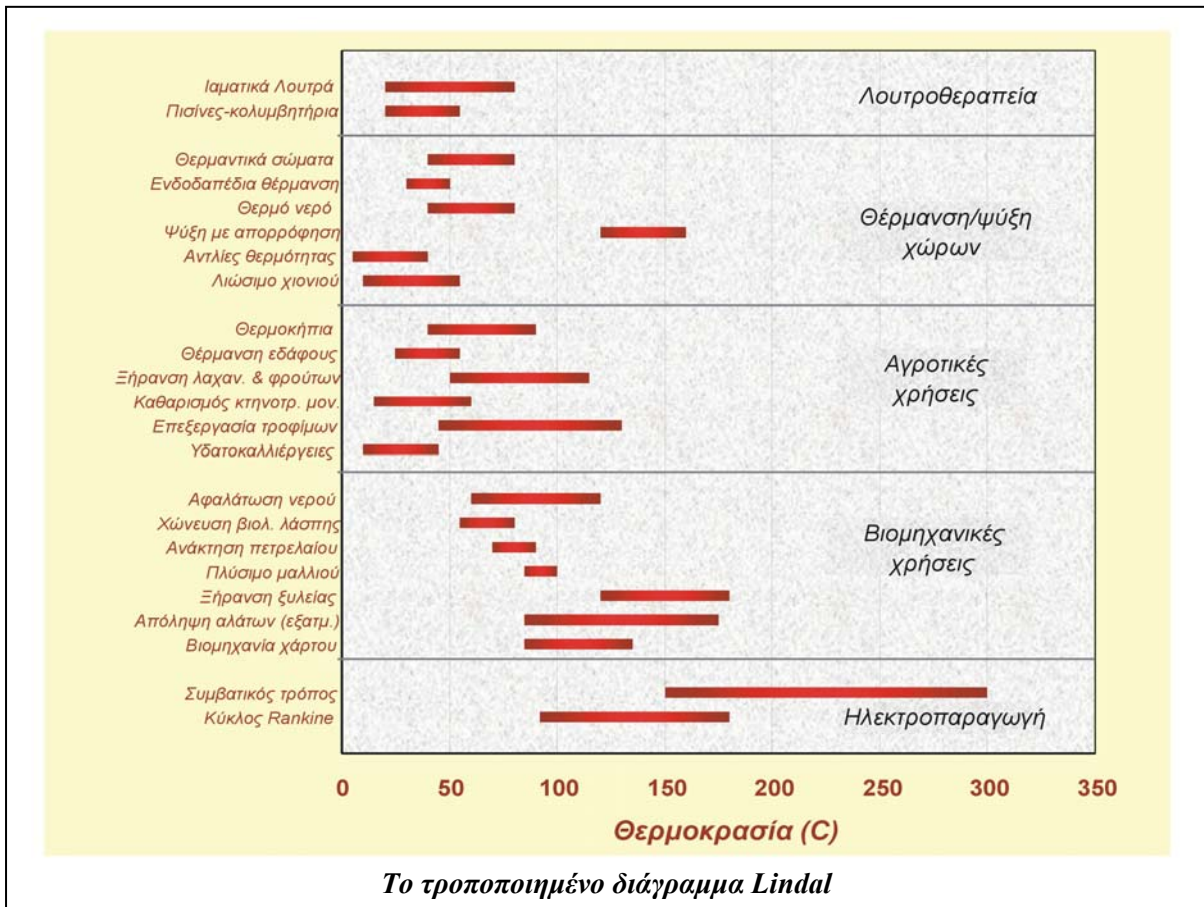
Τα πιο συνηθισμένα συστήματα είναι τα υδροθερμικά, όπου τα φυσικά υπόγεια θερμά ρευστά, τα οποία συγκεντρώνονται σε έναν ή περισσότερους ταμιευτήρες, θερμαίνονται από μία εστία θερμότητας και με τη βοήθεια γεωτρήσεων έρχονται στην επιφάνεια και γίνονται αντικείμενο αξιοποίησης. Είναι τα κύρια συστήματα που αξιοποιούνται σήμερα. Κατά την εκμετάλλευση των υδροθερμικών συστημάτων, η επανατροφοδοσία της ενέργειας επιτυγχάνεται με τη φυσική αναπλήρωση του νερού στον ταμιευτήρα, στο ίδιο περίπου χρονικό διάστημα στο οποίο γίνεται η παραγωγή των ρευστών. Αυτό σημαίνει ότι το υπόγειο νερό ή ο ατμός που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή για την κάλυψη θερμικών αναγκών (άμεσες χρήσεις γεωθερμίας), **με την κατάλληλη διαχείριση**, δεν θα ελαττωθούν, επειδή η κατείδυση θα συνεχίσει να επανατροφοδοτεί τους γεωθερμικούς ταμιευτήρες. **Αρκεί να μη γίνεται υπεράντληση. Η επαναδιοχέτευση των ρευστών, μετά τη χρήση τους, με άλλες γεωτρήσεις και σε ικανοποιητικές αποστάσεις μπορεί να αντικαταστήσει πλήρως την ποσότητα και την πίεση των ρευστών του ταμιευτήρα.** Συνεπώς, **οι γεωθερμικοί πόροι μπορεί να θεωρηθούν ως ανανεώσιμοι** στην κλίμακα χρόνου των τεχνολογικών και κοινωνικών συστημάτων και δε χρειάζονται μεγάλους γεωλογικούς χρόνους (περιόδους) για αναγέννηση, όπως γίνεται με τα αποθέματα των συμβατικών καυσίμων.

**Μύθος 3<sup>ος</sup>: Η γεωθερμική ενέργεια έχει περιορισμένες δυνατότητες χρήσης (λουτρά, θερμοκήπια) και δεν προσφέρεται για ποικιλόμορφες επενδυτικές πρωτοβουλίες.**

#### **Πραγματικότητα:**

Οι χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα οικονομικών δραστηριοτήτων και εφαρμογών ανάλογα με τη θερμοκρασία και την ποιότητα των ρευστών. Μάλιστα μπορούν να διακριθούν σε ηλεκτρικές και άμεσες χρήσεις. Στις άμεσες χρήσεις γίνεται απευθείας εκμετάλλευση της θερμότητας των ρευστών (χωρίς να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια). Οι κυριότερες χρήσεις της γεωθερμίας παρουσιάζονται συνοπτικά στο τροποποιημένο διάγραμμα Lindal. Το διάγραμμα αυτό είναι ενδεικτικό, γεγονός που σημαίνει ότι οι δυνατότητες χρήσεις δεν περιορίζονται μόνο σ' αυτές που αναφέρονται στο διάγραμμα ούτε τα θερμοκρασιακά όρια που τίθενται είναι πολύ αυστηρά.

Γεωθερμικά ρευστά με θερμοκρασία > 150°C (υψηλής ενθαλπίας) χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ οι άμεσες χρήσεις καλύπτουν όλη την κλίμακα των θερμοκρασιών. Όμως, με κατάλληλη διαδικασία, όπως είναι ο λεγόμενος «δυναδικός κύκλος» (ή κύκλος Rankine με οργανικό ρευστό), είναι δυνατή η ηλεκτροπαραγωγή και με τη χρησιμοποίηση ρευστών χαμηλότερης θερμοκρασίας (85-150°C). Στην Ελλάδα υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο με ρευστά υψηλής ενθαλπίας όσο και με τον δυναδικό κύκλο.







*Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο Larderello της Ιταλίας  
[Πηγή: Geothermal Education Office, [www.geothermal.marin.org](http://www.geothermal.marin.org)]*



*Μονάδα ξήρανσης γης διατόμων στην Ισλανδία*



Οι κυριότερες άμεσες εφαρμογές της γεωθερμίας, όπου γίνεται αξιοποίηση της θερμότητας των ρευστών, μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες: θέρμανση χώρων, αγροτικές χρήσεις, υδατοκαλλιέργειες, βιομηχανικές χρήσεις, λουτροθεραπεία και αντλίες θερμότητας. Στις περισσότερες γεωθερμικές εφαρμογές απαιτείται η μεταφορά της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών σε ένα ρευστό λειτουργίας (κυρίως γλυκό νερό ή και αέρας) μέσω εναλλακτών θερμότητας και χρησιμοποιείται η αποκτημένη πλέον θερμότητα αυτού του ρευστού λειτουργίας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα εφαρμογών, ανά κατηγορία.



*Σωλήνες γεωθερμικού νερού μπορούν να τοποθετηθούν κάτω από πεζοδρόμια και δρόμους για αντιπαγετική προστασία κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όπως σ' αυτό το πεζοδρόμιο στο Klamath Falls (Oregon, Η.Π.Α.).  
[Πηγή: Geothermal Education Office, [www.geothermal.marin.org](http://www.geothermal.marin.org)]*



*Ξενοδοχειακή-Θερμαλιστική μονάδα στο Αφιόν Καραχισάρ της Τουρκίας. Η γεωθερμική ενέργεια, από γεώτρηση 49°C, αξιοποιείται τόσο στον τομέα του ιαματικού τουρισμού και της αναψυχής (πισίνες) όσο και στη θέρμανση του υπερπολυτελούς ξενοδοχείου.*



*Θέρμανση θερμοκηπίου με λουλούδια σε γλάστρες στο Σιδηρόκαστρο Ν. Σερρών με χρήση γεωθερμικής ενέργειας*

Θέρμανση χώρων:

- Θέρμανση κτιρίων με εναλλάκτες θερμότητας αέρα-νερού ή νερού-νερού
- Θέρμανση χώρων κολυμβητηρίων και πισίνας
- Αντιπαγετική προστασία δρόμων, πεζοδρομίων, πλατειών, χώρων στάθμευσης κλπ.
- Τηλεθέρμανση οικισμών

Αγροτικές χρήσεις:

- Θέρμανση θερμοκηπίων (θερμοκρασίες που απαιτούνται: 40-130°C)
- Εήρανση δημητριακών (θερμοκρασίες: 40-80°C)
- Εήρανση λαχανικών, φρούτων και καρπών (θερμοκρασίες: 40-70°C)
- Εήρανση αγροτικών προϊόντων, όπως μηδικής, καπνού, βαμβακιού
- Θέρμανση εδάφους (θερμοκρασίες: 25-40°C)
- Υπεδάφια θέρμανση για πρωίμηση σπαραγγιών
- Θέρμανση πτηνοτροφικών και κτηνοτροφικών μονάδων και ποιμνιοστασίων
- Επεξεργασία γάλακτος (θερμοκρασίες: 70-120°C)
- Συντήρηση τροφίμων - παραγωγή ψύξης (θερμοκρασίες: 90-150°C)
- Καλλιέργεια μανιταριών (θερμοκρασίες: 20-60°C)
- Καθαρισμός κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών μονάδων



*Γεωθερμικό ξηραντήριο τομάτας τύπου σήραγγας στο Ν. Εράσμιο της Ξάνθης*



- Άρδευση με απορριπτόμενο γεωθερμικό νερό (μόνον όταν είναι πολύ καλής ποιότητας)



*Υπεδάφια θέρμανση για προώθηση σπαραγγιών στο Ν. Εράσμιο Ξάνθης*



*Αντιπαγετική προστασία και θέρμανση τεχνητών λιμνών ιχθυοκαλλιέργειας στο Πόρτο Λάγος Ξάνθης*



#### Υδατοκαλλιέργειες:

- Καλλιέργεια και ανάπτυξη διαφόρων ειδών ψαριών (χέλια, λαβράκια, τσιπούρες, γατόψαρα), θαλάσσιων μαλακόστρακων (γαρίδες), ερπετών, μικροφυκών κ.ά. (θερμοκρασίες που απαιτούνται: 15-35°C)



**Καλλιέργεια του μικροφύκου *Spirulina* με τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας στη Νιγρίτα Σερρών**

#### Βιομηχανικές χρήσεις:

- Αφαλάτωση νερού (π.χ. αφαλάτωση θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού σε νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές με έντονο πρόβλημα επάρκειας γλυκού νερού)
- Χώνευση βιολογικής λάσπης και λυμάτων
- Ξήρανση γης διατόμων (στην Ισλανδία, με ατμό θερμοκρασίας 170°C)
- Πλύσιμο και λεύκανση μαλλιών (στη Ν. Ζηλανδία)



**Μονάδα ανάκτησης CO<sub>2</sub> από γεωθερμικά ρευστά στο Haedarendi της Ισλανδίας**  
[Πηγή: “Geothermal Development and Research in Iceland”, National Energy Authority and Ministries of Industry and Commerce, 2006]

- Παραγωγή απεσταγμένου νερού (στη Ν. Ζηλανδία)
- Πλύσιμο και ξήρανση μαλλιού
- Ανάκτηση πετρελαίου (π.χ. στο Καζακστάν)
- Εξόρυξη ουρανίου (Τέξας, Η.Π.Α.), επεξεργασία χαλκού (Ν. Μεξικό, Η.Π.Α.), διαχωρισμός χρυσού (Νεβάδα, Η.Π.Α.), ορυχεία (Σιβηρία)
- Ξήρανση ξυλείας
- Απόληψη και ανάκτηση διαφόρων αλάτων και στοιχείων
- Ανάκτηση διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

#### Λουτροθεραπεία

- Ιαματικά Λουτρά και spa (λουτροθεραπεία, ποσιθεραπεία, εισπνοθεραπεία, θαλασσοθεραπεία)
- Πισίνες αναψυχής



**Πισίνες, ανοικτές και κλειστές, με γεωθερμικό νερό σε Ιαπωνία, Η.Π.Α. και Ευρώπη**  
 [Πηγή: Geothermal Education Office, [www.geothermal.marin.org](http://www.geothermal.marin.org)]

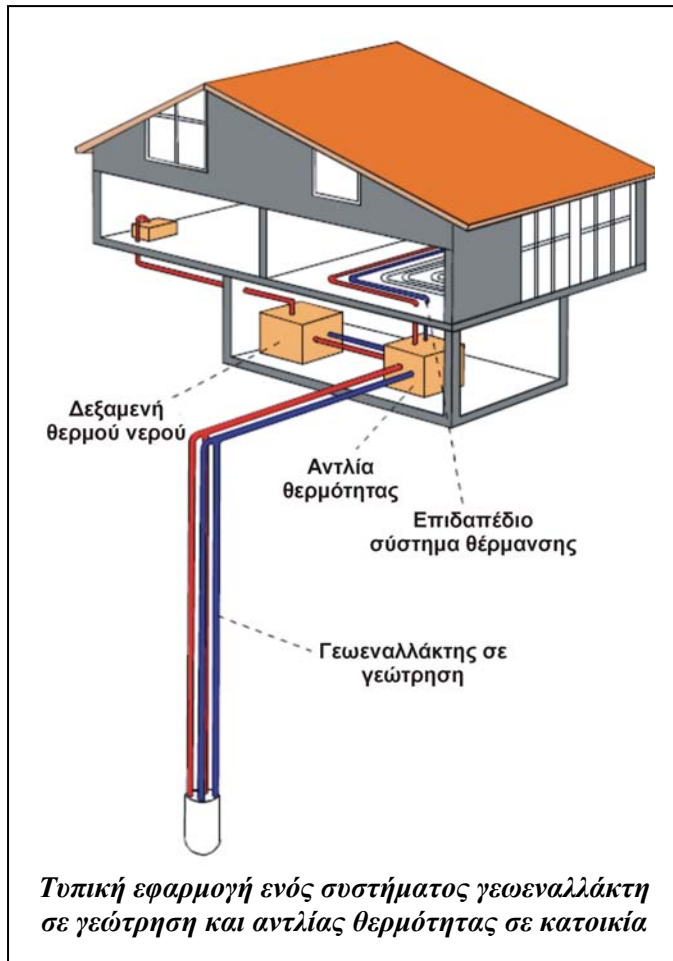
Στην Ελλάδα υπάρχει σημαντικός αριθμός γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας (θερμοκρασίας 25-90°C) σε όλη τη χώρα, με ρευστά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές άμεσες εφαρμογές.

#### Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας – Αβαθής γεωθερμία

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι συσκευές που αξιοποιούν την ενέργεια του υπεδάφους λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης ή του νερού από μικρά βάθη ή και επιφανειακά (θερμοκρασίες <25°C), και είτε την αυξάνουν κατά τη διάρκεια του χειμώνα, προσφέροντας θέρμανση στο εσωτερικό των κτιρίων, είτε την ελαττώνουν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, προσδίδοντας δροσισμό και ψύξη. Κατ' αυτόν τον τρόπο παρέχουν αποδοτική θέρμανση, ζεστό νερό και κλιματισμό. Τα συστήματα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας αποτελούνται από τρία (3) μέρη: (α) το *γεωεναλλάκτη* [σύστημα σωληνώσεων, που τοποθετείται μέσα στο έδαφος, το οποίο λαμβάνει τόσο τη θερμότητα του εδάφους ή του νερού όσο και το νερό από την επιφάνεια ή από κάποια υδρογεώτρηση], (β) την *αντλία θερμότητας*, η οποία αυξάνει ή μειώνει τη θερμοκρασία, ανάλογα με τις ανάγκες και (γ) το *σύστημα μεταφοράς και διανομής της θερμότητας* στο κτίριο, δηλ. το σύστημα θέρμανσης ή/και ψύξης (αεραγωγοί ή επιδαπέδια ή fan coils). Στις αντλίες θερμότητας, που λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια, ο συντελεστής απόδοσης COP (που προσδιορίζει την απόδοση θέρμανσης) κυμαίνεται από 1,5 έως 5. Τα περισσότερα συστήματα αντλιών θερμότητας έχουν COP 3-5 και βέβαια όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του τόσο



περισσότερο οικονομική γίνεται η χρήση της αντλίας. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μία (1) μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται θερμότητα 1,5-5 μονάδων. Συγκριτικά μπορεί να αναφερθεί ότι ένας καυστήρας ορυκτών καυσίμων μπορεί να είναι 78-95% αποδοτικός, ενώ μια γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι 150-500%. Οι γεωθερμικές αντλίες αποτελούν μία καθιερωμένη και αξιόπιστη τεχνολογία, ελαττώνουν τις δαπάνες για θέρμανση και κλιματισμό κατά 25-75%, μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και προστατεύουν το περιβάλλον. Υπάρχουν διάφορα είδη γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, σχεδιασμένα για τις αντίστοιχες εφαρμογές. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ανάπτυξη των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας σε χώρες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης (Γερμανία, Σουηδία, Ελβετία, κ.ά.). Μέχρι το Νοέμβριο του 2007 είχαν καταγραφεί στην Ελλάδα πάνω από 200 εφαρμογές γεωθερμικών αντλιών θερμότητας με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 20 MW<sub>t</sub> και παρουσιάζουν μία γρήγορη ανάπτυξη, πιθανότατα και λόγω των διατάξεων της υφιστάμενης νομοθεσίας, δηλ. της Υπουργικής Απόφασης Υπ. Αρ. Δ9Β,Δ/Φ.166/ΟΙΚ 18508/5552/207 (Φ.Ε.Κ.1595/τ.Β/25-10-2004). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, εκτός από τη θέρμανση κατοικιών, είναι εφικτή και οικονομική σε θερμοκήπια, κτηνοτροφικές και πτηνοτροφικές μονάδες, ιχθυοκαλλιέργειες, κ.α.



**Χρήση συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (τοποθέτηση οριζόντιο κλειστού κυκλώματος γεωεναλλάκτη) για την κάλυψη θερμικών αναγκών μονοκατοικίας 220 m<sup>2</sup> στην περιοχή Αγγελοχωρίου Θεσ/νίκης (στάδιο κατασκευής και ανάπτυξης)**



# Χρήσεις Γεωθερμικής Ενέργειας

Τυπικές Χρήσεις Γεωθερμικής Ενέργειας σε διαφορετικές θερμοκρασίες



© Geothermal Education Office 2004 - www.geothermal.marin.org

\*Γεωθερμικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ανανεώσιμου Υδρογόνου

\*\*Η απαιτούμενη θερμοκρασία ρυθμίζεται με την ανάμειξη με κρύο νερό

**Μύθος 4<sup>ος</sup>: Η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έχει δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μπορεί να προκαλέσει μόλυνση του περιβάλλοντος.**

**Πραγματικότητα:**

Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται καθαρή μορφή ενέργειας, ιδιαίτερα όταν συγκρίνεται με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, με αμελητέες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εκμετάλλευσή της. Όταν αυτές υπάρχουν, μπορεί να είναι κατά περίπτωση οι εξής: εκπομπές μη συμπεκνούμενων αερίων, θερμική και χημική ρύπανση από επιφανειακή διάθεση αλμολοίπων - πολφού διάτρησης, θόρυβος, επιφανειακές οχλήσεις, χρήσεις γης. Επειδή το θέμα των επιπτώσεων της γεωθερμίας στο περιβάλλον πήρε στην Ελλάδα τεράστιες διαστάσεις, εξαιτίας της παραπληροφόρησης που αναπτύχθηκε στην περίπτωση της Μήλου, επιβάλλεται να διευκρινισθούν αναλυτικά κάποια πράγματα. Δίνονται αναλυτικές απαντήσεις και εξετάζονται όλα τα ενδεχόμενα, ώστε να μην υπάρχει το παραμικρό ίχνος αμφιβολίας και σκεπτικισμού για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της γεωθερμικής ενέργειας.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της γεωθερμίας εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του γεωθερμικού πεδίου, το είδος και το μέγεθος των εφαρμογών και τη φυσιογνωμία της περιοχής εκμετάλλευσης.

Τα **γεωθερμικά ρευστά υψηλής ενθαλπίας** (θερμοκρασία >150°C), που χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ανέρχονται υπό πίεση, μέσω βαθιών γεωτρήσεων και αποτελούνται από μίγμα φυσικού ατμού και αερίων, με ή χωρίς νερό. Ο ατμός περιέχει

ουσιαστικά μόνο νερό στην αέρια φάση.

Τα μη συμπεκνώσιμα αέρια, που μπορεί να περιέχονται στα γεωθερμικά ρευστά υψηλής ενθαλπίας, είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το υδρόθειο (H<sub>2</sub>S), το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), το ραδόνιο (Rn), η αμμωνία (NH<sub>3</sub>), ενώ δεν εκπέμπονται σχεδόν καθόλου οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>). Τα γεωθερμικά αέρια μπορεί να περιέχουν ίχνη υδραργύρου (Hg), ατμούς βορίου (B) και κάποιους υδρογονάνθρακες.

Οι εκπομπές του CO<sub>2</sub> από γεωθερμικές μονάδες είναι κατά πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες εκπομπές

*Μέσες εκπομπές επιβλαβών αερίων από διάφορες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (σε kg/MWh παραγόμενης ενέργειας)*

| Μορφή ενέργειας | CO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | SO <sub>x</sub> |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Άνθρακας        | 1042            | 4,4             | 11,8            |
| Πετρέλαιο       | 839             | 12,4            | 1,6             |
| Φυσικό αέριο    | 453             | 1,4             | 0,0             |
| Γεωθερμία*      | 95              | 0,3             | 0,1             |
| Φωτοβολταϊκά    | 135             | 0,3             | 0,4             |
| Βιομάζα         | 20              | 1,8             | 0,5             |

Στα φωτοβολταϊκά περιλαμβάνονται και οι εκπομπές από τον κύκλο ζωής της τεχνολογίας

\* Για τη γεωθερμία είναι η μέση τιμή για τις κλασικές μονάδες, ενώ οι μονάδες δυαδικού κύκλου έχουν μηδενικές εκπομπές

των ατμοηλεκτρικών μονάδων και συγκρίνονται ευνοϊκά με τις εκπομπές (έμμεσες ή άμεσες) από άλλες Α.Π.Ε. Οι γεωθερμικές μονάδες νέας γενιάς εκπέμπουν λιγότερο από 0,5 kg CO<sub>2</sub> ανά MWh, συγκρινόμενες με τα περίπου 1.000 kg CO<sub>2</sub> ανά MWh που εκπέμπονται από ατμοηλεκτρικούς σταθμούς που χρησιμοποιούν άνθρακα. Το CO<sub>2</sub> μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιομηχανικό παραπροϊόν. Για περαιτέρω περιορισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> μπορεί να εφαρμοσθεί η λεγόμενη υγρή επανεισαγωγή των αερίων στον ταμιευτήρα (το CO<sub>2</sub> διαλύεται στο θερμό αλμολοίπο, το οποίο στη συνέχεια επανεισάγεται στον ταμιευτήρα με κατάλληλες γεωτρήσεις).

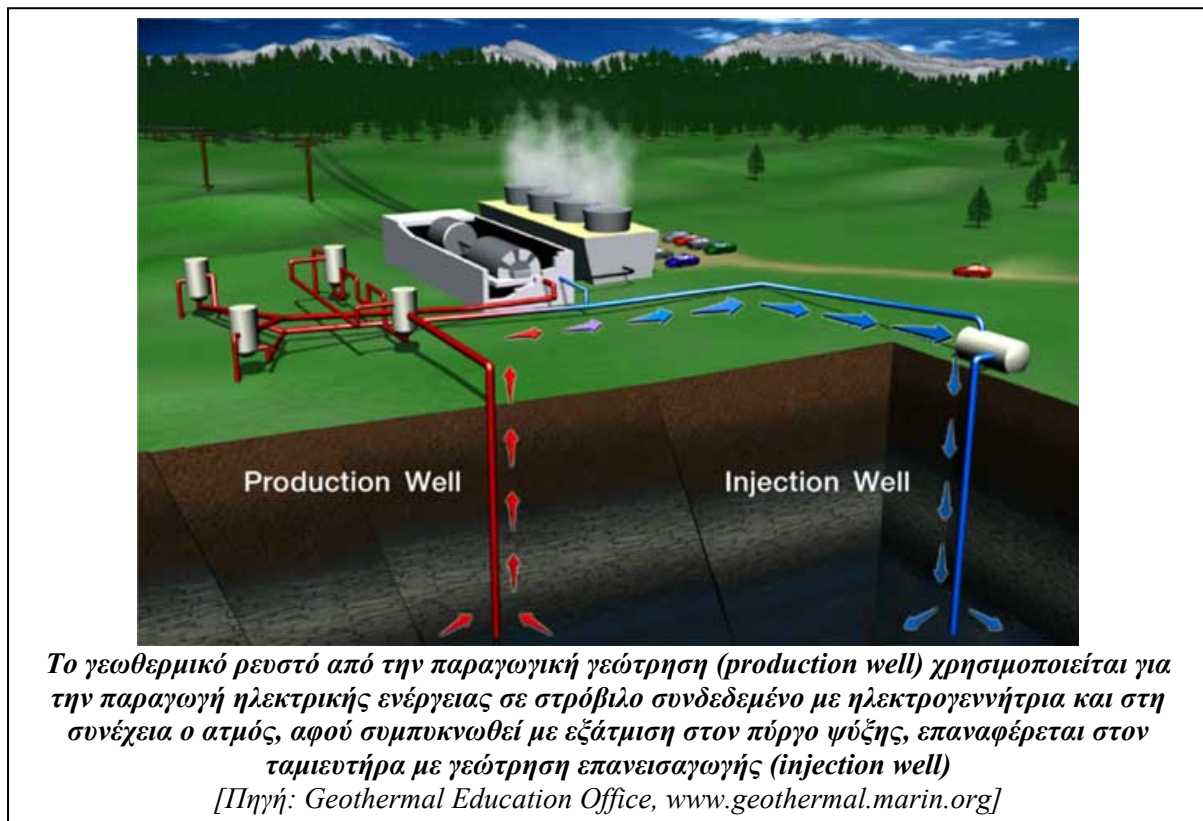
Το υδρόθειο (H<sub>2</sub>S), λόγω της έντονης οσμής του (γίνεται αντιληπτό από τον άνθρωπο ακόμη και σε συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,03 ppmv) και της σχετικής τοξικότητάς του, είναι υπεύθυνο για τις προκαταλήψεις που έχουν δημιουργηθεί κατά της γεωθερμίας. Θα πρέπει όμως να τονισθεί ότι υπάρχει πληθώρα τεχνικών δέσμευσης του H<sub>2</sub>S και σχετική τεχνολογία (διεργασία Stretford, καύση και έκπλυση του παραγόμενου SO<sub>2</sub>, χρήση χημικών ενώσεων του σιδήρου, καταλυτική οξείδωση με H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> κ.ά.) για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Το ραδόνιο βρίσκεται σε χαμηλές ή μηδαμινές συγκεντρώσεις και δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα, αφού από φυσικές πηγές εκπέμπονται καθημερινά πολύ μεγαλύτερες ποσότητες.

Το υδροχλώριο, όπου και όταν βρεθεί, απομακρύνεται κατάλληλα. Οξείδια του θείου δεν εκπέμπονται από τις γεωθερμικές χρήσεις. Κατόπιν οξείδωσης του  $H_2S$  μπορεί να υπάρχουν ελάχιστες μέχρι μηδενικές εκπομπές  $SO_2$ , σε αντίθεση με τις μονάδες των συμβατικών καυσίμων. Η αμμωνία απαντάται σε μικρές ποσότητες και σε ορισμένου τύπου μονάδες. Ο υδράργυρος είναι ελάχιστος ή δεν υπάρχει καθόλου. Το βόριο μπορεί να παρασυρθεί σε πολύ μικρές ποσότητες στην αέρια φάση, ενώ το μεθάνιο, όπου και όταν ανιχνευθεί, μπορεί να διαχωρισθεί και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο.

Ως βέλτιστη πρακτική για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τις εκπομπές αερίων από μία γεωθερμική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνιστάται η **ολική επανεισαγωγή** των γεωθερμικών ρευστών στον ταμιευτήρα. Πρέπει να τονισθεί ότι τα γεωθερμικά ρευστά δεν παράγουν αιωρούμενα σωματίδια, ούτε τέφρα, ούτε καπνό.

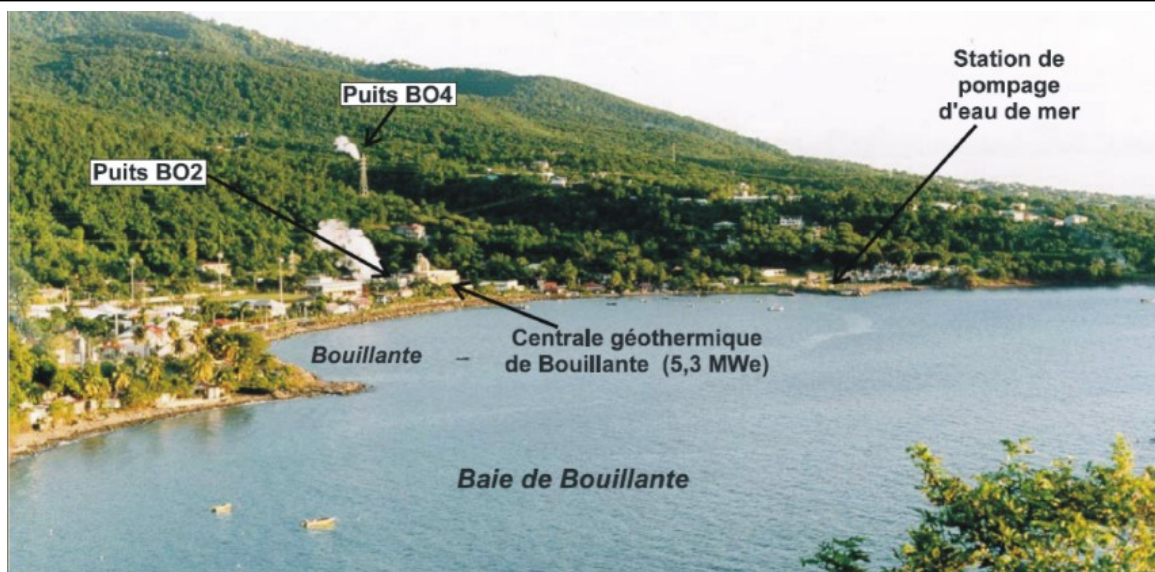
Μια άλλη ανησυχία από την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας υψηλής ενθαλπίας είναι η διάθεση των γεωθερμικών ρευστών μετά τη χρήση τους, τα οποία είναι επιβαρυνμένα σε άλατα (γι' αυτό ονομάζονται και αλμόλοιπα) και θα μπορούσαν να προκαλέσουν χημική και θερμική ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων ταμιευτήρων, εδάφους-υπεδάφους κ.λπ. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται και αυτό ριζικά με την **ολική επανεισαγωγή** στον ταμιευτήρα ή εναλλακτικά με τη διαδοχική χρήση σε εφαρμογές μικρότερων θερμοκρασιακών απαιτήσεων για εξοικονόμηση ενέργειας και εκμετάλλευση του θερμικού φορτίου των ρευστών και στη συνέχεια επανεισαγωγή στον ταμιευτήρα.



Ο θόρυβος στις γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι μεγαλύτερος από το θόρυβο που προκαλείται στις συμβατικές μονάδες. Στο στάδιο κατασκευής των γεωτρήσεων και της μονάδας ο θόρυβος είναι μία προσωρινή κατάσταση, που αντιμετωπίζεται με τη χρήση σιγαστήρων κρούσης και ωτασπίδων, ενώ κατά τη διάρκεια της λειτουργίας των γεωθερμικών εγκαταστάσεων ο θόρυβος μπορεί να προέρχεται από τις αντλητικές εγκαταστάσεις, τους ατμοστρόβιλους και τους παροδικούς καθαρισμούς των σωλήνων και αντιμετωπίζεται με την τοποθέτηση μόνιμων εγκαταστάσεων σιγαστήρων και άλλων συσκευών μείωσής του.

Οι επιφανειακές οχλήσεις περιορίζονται στο στάδιο κατασκευής των γεωτρήσεων και των μονάδων και σταματούν μετά το πέρας των τεχνικών εργασιών, την απομάκρυνση των μηχανημάτων και την αποκατάσταση του χώρου. Οι οχλήσεις λόγω εκσκαφών ή διάνοιξης νέων δρόμων δεν αποτελούν ιδιαιτερότητα της γεωθερμίας.





*Οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο Bouillante της Γουαδελούπης (Γαλλικές Αντίλλες) σε παράκτια περιοχή, μέσα σε ένα καταπράσινο περιβάλλον, χωρίς περιβαλλοντική ενόχληση [Πηγή: Varet J., 2006]*



*Blue Lagoon στην Ισλανδία: Δημιουργήθηκε από τα γεωθερμικά «απόβλητα», δηλ. τα θερμά νερά μιας γειτονικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και αποτελεί έναν πολύ σημαντικό τουριστικό πόλο έλξης*

Από τις γεωθερμικές εγκαταστάσεις η έκταση της γης που επηρεάζεται συνήθως δεν υπερβαίνει τα 2,5 στρέμματα. Η «οπτική επιβάρυνση» των εγκαταστάσεων είναι μικρή έως αμελητέα και αντιμετωπίζεται με την προσεκτική επιλογή της τοποθεσίας κατασκευής της μονάδας, την υιοθέτηση της βέλτιστης πρακτικής - τεχνολογίας με γνώμονα τη διατήρηση του τοπίου και το σεβασμό στην ιδιαίτερη φυσιογνωμία μιας περιοχής και με αποκατάσταση του χώρου μετά το πέρας των γεωτρήσεων. Οι σωλήνες μεταφοράς των γεωθερμικών ρευστών είναι συνήθως υπόγειοι και άρα

μη ορατοί. Μπορούν να μειωθούν στο ελάχιστο με πολλές κεκλιμένες γεωτρήσεις στην ίδια πλατεία (ίδιο κεντρικό σημείο).

Η αφαίρεση μεγάλων ποσοτήτων νερού ή ατμού από ένα γεωθερμικό πεδίο με πορώδεις ταμιευτήρες μπορεί να προκαλέσει κατά περίπτωση καθιζήσεις λίγων εκατοστών (cm) μέχρι μερικών μέτρων (m). Κάτι τέτοιο, όμως, μπορεί να συμβεί και κατά την εξόρυξη πετρελαίου ή φυσικού αερίου καθώς και από την άντληση νερού για ύδρευση ή άρδευση. Οι καθιζήσεις μπορούν να αποφευχθούν με την **επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών** στον ταμιευτήρα.



*Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία στο Imperial Valley (Η.Π.Α.) δίπλα σε παραγωγικό χωράφι [Πηγή: Geothermal Education Office, [www.geothermal.marin.org](http://www.geothermal.marin.org)]*

Η υπεράντληση γεωθερμικών ρευστών από τον ταμιευτήρα μπορεί να προκαλέσει πτώση στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, γεγονός που έχει ως πιθανό αποτέλεσμα τη μίξη ρευστών από διάφορους ταμιευτήρες, εξαφάνιση ατμών και ατμοπιδάκων και διαφοροποίηση της επιφανειακής δραστηριότητας. Όλες αυτές οι ενδεχόμενες συνέπειες μπορούν να αντιμετωπισθούν με σωστό προγραμματισμό των αντλήσεων και επανεισαγωγή των ρευστών στον ταμιευτήρα.

Με την επανεισαγωγή των ρευστών στον ταμιευτήρα, την υπερβολική άντληση και την εισπίεση ρευστών σε περιοχές θερμών ξηρών πετρωμάτων υπάρχει πιθανότητα πρόκλησης μικροσεισμών στην περιοχή. Πρόκειται για σπάνια φαινόμενα και δεν εμπνέουν καμιά ανησυχία γιατί δεν προκαλούνται σεισμοί μεγέθους μεγαλύτερου των 3 βαθμών της κλίμακας Richter. Παράλληλα όμως, συμβάλλουν στην «ανακούφιση» της συσσωρευμένης σεισμικής ενέργειας σε μια περιοχή και στην αποτροπή ενός μεγαλύτερου σεισμού, επειδή τα περισσότερα γεωθερμικά πεδία συνδέονται με την παρουσία ενεργών ρηγμάτων και άρα βρίσκονται σε σεισμογενείς περιοχές. Εξάλλου, αντίστοιχα φαινόμενα μικροσεισμών παρατηρούνται κατά την εισαγωγή νερού σε ταμιευτήρες πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την αξιοποίηση **γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας** (θερμοκρασίας 25-90°C) σε διάφορες άμεσες εφαρμογές (όπως θέρμανση χώρων, αγροτικές χρήσεις, λουτροθεραπεία, παγοπροστασία, υδατοκαλλιέργειες, παροχή ζεστού νερού χρήσης κλπ) είναι πολύ ήπια έως αμελητέα. Τα ρευστά αυτά έχουν περιορισμένη ή μηδενική περιεκτικότητα σε μη συμπυκνώσιμα αέρια, εκτός από την περίπτωση όπου υπάρχουν ορισμένες ποσότητες CO<sub>2</sub>, το οποίο όμως μπορεί να ανακτηθεί ως χρήσιμο παραπροϊόν. Ιδιαίτερα προβλήματα καθιζήσεων ή δημιουργίας μικροσεισμικότητας δεν έχουν καταγραφεί σε πεδία χαμηλής ενθαλπίας.

Επιπτώσεις από τη γεωθερμία στο έδαφος ή το υπέδαφος μπορεί να υπάρξουν κατά τη διάτρηση από την απόθεση υγρών ή στερεών αποβλήτων, όπως ο πολφός διάτρησης, που είναι πολτός με μπεντονίτη (φυσικό προϊόν χωρίς ιδιαίτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον). Αλλά και αυτή η πρόσκαιρη περιβαλλοντική όχληση αντιμετωπίζεται με την προσωρινή αποθήκευση σε δεξαμενές ή φρεάτια σε χώρο παρακείμενο της γεώτρησης, όπου γίνεται εξάτμιση του νερού και καθίζηση του στερεού κλάσματος ως φυσικού στερεού υπολείμματος, απόλυτα συμβατού και φιλικού προς το περιβάλλον.

Πιθανή θερμική ή χημική ρύπανση μπορεί να προέλθει από τη μη κατάλληλη διάθεση των υγρών - στερεών αποβλήτων και τις διαρροές κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων, προκαλώντας θερμική επιβάρυνση (αφού η θερμοκρασία των αποβαλλόμενων ρευστών είναι 30-35°C) και επίδραση στη βλάστηση της περιοχής (ανάπτυξη θερμοφίλων φυτών) και στα οικοσυστήματα των επιφανειακών αποδεκτών. Μπορεί να αντιμετωπιστεί με τον καλό σχεδιασμό των γεωτρήσεων και την επανεισαγωγή των ρευστών στο γεωθερμικό ταμειυτήρα.

Το κύριο περιβαλλοντικό πρόβλημα από τα ρευστά χαμηλής ενθαλπίας εντοπίζεται στη διάθεση των νερών μετά την απόληψη της θερμότητάς τους. Τα ρευστά αυτά περιέχουν συνήθως αβλαβή διαλυμένα άλατα, των οποίων η περιεκτικότητα κυμαίνεται από 500 μέχρι 30.000 mg/l, αν και στην Ελλάδα παρατηρούνται αρκετά υψηλότερες περιεκτικότητες σε νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές, εξαιτίας της συμμετοχής του θαλασσινού νερού στην τροφοδοσία των γεωθερμικών συστημάτων. Επίσης, η περιεκτικότητά τους σε τοξικά και επιβλαβή συστατικά (As, H<sub>2</sub>S, B, βαρέα μέταλλα, κλπ) είναι μικρή έως αμελητέα και, επειδή συνήθως βρίσκονται κάτω από τα επιτρεπτά όρια για τη διάθεσή τους σε φυσικούς επιφανειακούς αποδέκτες, συχνά διατίθενται σε λίμνες, χειμάρρους, ποταμούς και θάλασσα. Όμως η βέλτιστη πρακτική είναι η **επανεισαγωγή τους στον ταμειυτήρα**.

Θόρυβος προκαλείται μόνο στο στάδιο των τεχνικών εργασιών-αντλήσεων και είναι παρόμοιος με αυτόν που προκαλείται από οποιαδήποτε άλλη τεχνική κατασκευή. Είναι προσωρινός και εντός των επιτρεπτών ορίων, ενώ στη φάση λειτουργίας της μονάδας είναι μηδαμινός. Ακόμη και αυτή η προσωρινή ακουστική επιβάρυνση αντιμετωπίζεται με τη χρήση ωτασπίδων και ενδεχομένως ειδικών σιγαστήρων κρούσης.

Από την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας επηρεάζεται μικρή έκταση γης. Οι επιφανειακές οχλήσεις, λόγω των τεχνικών έργων, παύουν μετά των πέρας αυτών και την αποκατάσταση του χώρου. Η οπτική επιβάρυνση λόγω παρουσίας της γεωθερμικής μονάδας είναι σχεδόν ανύπαρκτη (υπόγειες σωληνώσεις - αρμονία με το μοντέλο χρήσης της περιοχής).

Η **αβαθής γεωθερμία**, η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση, με τη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, της θερμικής κατάστασης που παρουσιάζεται σε μικρά βάθη (αφορά θερμοκρασίες χαμηλότερες των 25°C) έχει μηδενικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις πρόκειται για κλειστό κύκλωμα κυκλοφορίας αέρα - νερού. Δεν παράγονται κανενός είδους ρύποι. Υπάρχουν μόνο προσωρινές οχλήσεις κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των τεχνικών εργασιών, ενώ στο τέλος υπάρχει πλήρης αποκατάσταση του τοπίου και απουσιάζει οποιαδήποτε εξωτερική μονάδα.

Από όλα όσα λεπτομερώς αναφέρθηκαν προηγουμένως προκύπτει ότι:

- **Υπάρχει σημαντικό συγκριτικό περιβαλλοντικό πλεονέκτημα της γεωθερμίας σε σχέση με τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.**
- **Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι λιγοστές και αντιμετωπίσιμες.**
- **Η επανεισαγωγή των ρευστών στον ταμειυτήρα, όπως προβλέπει και επιβάλλει η σχετική Νομοθεσία, είναι η καλύτερη λύση για την ελαχιστοποίηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.**

**Μύθος 5<sup>ος</sup>: Δεν υπάρχουν ιδιαίτερα περιβαλλοντικά οφέλη από την αξιοποίηση της γεωθερμίας και γενικότερα η γεωθερμική ενέργεια υστερεί σημαντικά σε σχέση με τις άλλες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.).**

**Πραγματικότητα:**

Η γεωθερμική ενέργεια, σε οποιαδήποτε μορφή, παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Συγκρινόμενη με τις άλλες Α.Π.Ε., η γεωθερμία



δεν υστερεί σε περιβαλλοντικά οφέλη. Αυτό έρχεται σε προφανή αντίθεση με την εντύπωση που κυριαρχεί ότι ορισμένες Α.Π.Ε. (π.χ. φωτοβολταϊκά, αιολική ενέργεια) δεν επιβαρύνουν καθόλου το περιβάλλον. Η εντύπωση αυτή μεταβάλλεται όταν κανείς συνυπολογίσει τις επιπτώσεις οποιασδήποτε μορφής ενέργειας σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής της τεχνολογίας καθώς και την επιβάρυνση στο περιβάλλον από τη λειτουργία των μονάδων. Π.χ. στα φωτοβολταϊκά συστήματα θα πρέπει να υπολογιστεί και η επιβάρυνση στο περιβάλλον τόσο από την κατασκευή των στοιχείων όσο και από την απόσυρση και την ασφαλή διάθεσή τους, όταν κλείσει ο κύκλος λειτουργίας τους. Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η οπτική όχληση, η οποία για τη γεωθερμία είναι περιορισμένη, σε αντίθεση με τους τεράστιους όγκους των ανεμογεννητριών στα αιολικά πάρκα.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη της γεωθερμίας και τα πλεονεκτήματά της σε σχέση με άλλες Α.Π.Ε. συνοψίζονται στα ακόλουθα:

(α) Συνεχής παροχή ενέργειας. Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη 24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο, σε αντίθεση με άλλες Α.Π.Ε. (αιολική, ηλιακή, κύματα), οι οποίες δεν μπορούν να παρέχουν συνεχώς ενέργεια και η χρήση τους προϋποθέτει αξιόπιστες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας.

Οι γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν *συντελεστή αξιοποίησης μέχρι και 90%*, ενώ ο συντελεστής αξιοποίησης μιας υδροηλεκτρικής μονάδας ανέρχεται μέχρι 70% και για τις ηλιακές και αιολικές μονάδες κυμαίνεται μεταξύ 20 και 35%. Η γεωθερμία παρουσιάζει και *υψηλό δείκτη διαθεσιμότητας* (ποσοστό του χρόνου στον οποίο λειτουργεί η μονάδα στην ονομαστική της ισχύ) της τάξης του 90%. Για τις άμεσες χρήσεις της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας (θερμική χρήση) ο δείκτης λειτουργίας είναι αρκετά μικρότερος και αντιστοιχεί με τη ζήτηση της γεωθερμικής ενέργειας. Τέλος, με την αβαθή γεωθερμία και την εφαρμογή συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι δυνατός ο συνδυασμός θέρμανσης το χειμώνα και ψύξης το καλοκαίρι και άρα η χρήση της σε όλη τη διάρκεια του έτους.

(β) Μικρό λειτουργικό κόστος. Αν και το κόστος παγίων είναι σημαντικά αυξημένο σε σχέση και με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, το λειτουργικό κόστος των γεωθερμικών μονάδων είναι σχεδόν μηδαμινό ή αρκετά μικρότερο από τις άλλες μορφές ενέργειας, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.

(γ) Σπάνιες ή πολύ μικρές εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα. Είναι πολύ μικρότερες από αυτές που προκύπτουν από την καύση των συμβατικών καυσίμων. Δεν εκπέμπονται καθόλου σωματίδια.

| <b>Απαιτήσεις σε έκταση γης για διάφορες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (σε m<sup>2</sup> ανά παραγόμενη GWh για 30 χρόνια)</b> |  |
|---|--|
| <b>Μορφή ενέργειας</b>  | <b>Απαιτούμενη έκταση γης (σε m<sup>2</sup>)</b> |
| Άνθρακας*   | 3.640  |
| Βιοαέριο  | 3.600  |
| Ηλιακά - θερμικά  | 3.560  |
| Φωτοβολταϊκά  | 3.237  |
| Αιολική   | 1.335  |
| Γεωθερμία   | 404  |

\* περιλαμβάνει και την εξόρυξη των καυσίμων

(δ) Απαίτηση για μικρή χρήση γης, πολύ μικρότερης από αυτή που απαιτούν ηλιακά, φωτοβολταϊκά και αιολικά συστήματα. Δεν απαιτούν αποθηκευτικούς χώρους, όπως συμβαίνει με άλλες Α.Π.Ε. (βιομάζα, υδροηλεκτρικά) και με τα συμβατικά καύσιμα.

(ε) Μικρή κυκλοφοριακή επιβάρυνση. Από τη στιγμή αποπεράτωσης της κατασκευής της γεωθερμικής μονάδας δεν απαιτείται μεταφορά υλικών ή καυσίμων, σε αντίθεση με τις μονάδες συμβατικών καυσίμων, στις οποίες υπάρχει πάντα ο κίνδυνος ατυχημάτων (ανάφλεξη καυσίμων, διαρροές κλπ) και επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από την κίνηση των μεταφορικών μέσων.

(στ) Αξιόπιστη και ασφαλής ενεργειακή πηγή. Η γεωθερμική ενέργεια παράγεται 24 ώρες την ημέρα, με γνωστή και καθιερωμένη τεχνολογία.

(ζ) Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης μιας χώρας ή μιας περιοχής, με τον περιορισμό της εισαγωγής συμβατικών ορυκτών καυσίμων.

(η) Τοπική παροχή ενέργειας. Η ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας σε μια περιοχή οδηγεί στην οικονομική ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής, αφού παρέχει φθηνή ενέργεια και δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας. Δημιουργούνται κατ' αυτόν τον τρόπο τοπικά, αυτόνομα, ενεργειακά κέντρα.

(θ) Συμβολή στην επίτευξη των στόχων της Λευκής Βίβλου της Ε.Ε. και του Πρωτοκόλλου του Κιότο, με τον περιορισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων.



*Πάνω: Φωτογραφία του Reykjavik το 1932, όταν τα κτίρια θερμαίνονταν με συμβατικά καύσιμα.*

*Κάτω: Σήμερα, το Reykjavik είναι από η πιο καθαρή πόλη στον κόσμο, αφού το σύνολο των κτιρίων θερμαίνεται από τα γεωθερμικά νερά.*

*Η διαφορά στην ατμόσφαιρα είναι εμφανής.*

*[Πηγή: Geothermal Education Office, [www.geothermal.marin.org](http://www.geothermal.marin.org)]*

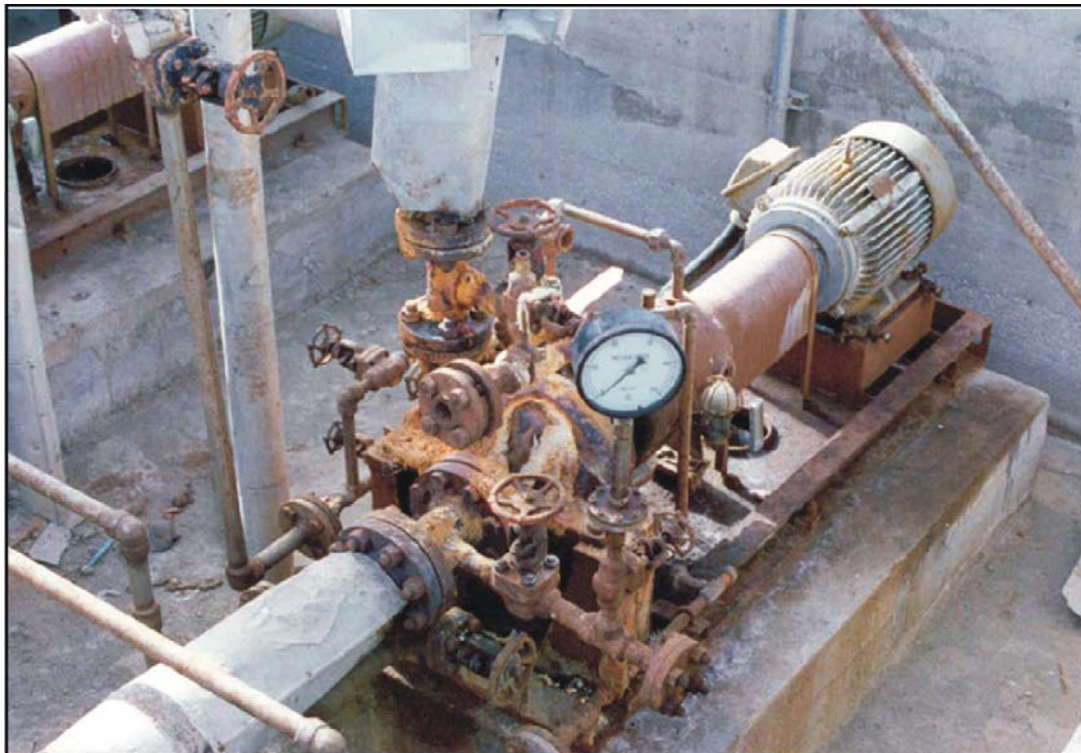
Την καθαρότερη ατμόσφαιρα πρωτεύουσας του κόσμου έχει το Ρέικιαβικ (Reykjavik) της Ισλανδίας, που θερμαίνεται εξ ολοκλήρου με γεωθερμικά ρευστά.

Επίσης, το Παρίσι θερμαίνεται σε ένα τμήμα του με γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας 70°C από γεωτρήσεις που έγιναν ακόμη και στις όχθες του Σηκουάνα, με επαναδιοχέτευση των ρευστών στον ταμιευτήρα.

***Μύθος 6<sup>ος</sup>: Η εξόρυξη και επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών και αλμολοίπων, μετά τη χρήση τους, μπορεί να μολύνει το πόσιμο νερό.***

***Πραγματικότητα:***

Η μόλυνση των υπόγειων νερών μπορεί να αποφευχθεί απολύτως αν τα γεωθερμικά ρευστά, μετά την χρήση τους, επανεισάγονται στους ίδιους γεωθερμικούς ταμιευτήρες από όπου αντλήθηκαν, με κατάλληλες γεωτρήσεις που έχουν σημαντικού πάχους σωλήνωση και τσιμεντώση γύρω από αυτή, για την αποτροπή οποιασδήποτε μόλυνσης ενόσω τα γεωθερμικά ρευστά επανεισάγονται στον ταμιευτήρα. Μόλις τα γεωθερμικά ρευστά επιστρέψουν στον ταμιευτήρα, θερμαίνονται ξανά και συνεπώς μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Σήμερα, όλες οι γεωθερμικές εκμεταλλεύσεις θέτουν ως αναγκαία προϋπόθεση την επανεισαγωγή των ρευστών στον ταμιευτήρα.



*Αντλίες επανεισαγωγής των αλμολοίπων (μονάδα υψηλής ενθαλπίας)  
[Πηγή: Φυτίκας & Ανδρίτσος, 2004]*

***Μύθος 7<sup>ος</sup>: Οι φυσικές γεωθερμικές εκδηλώσεις χρησιμοποιούνται κατά τη γεωθερμική αξιοποίηση και συνεπώς υπάρχει επέμβαση στο φυσικό περιβάλλον και διατάραξή του.***

***Πραγματικότητα:***

Οι φυσικές γεωθερμικές εκδηλώσεις, όπως πηγές, θερμοπίδακες κλπ., είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την αναγνώριση και τη συστηματική έρευνα περιοχών γεωθερμικού ενδιαφέροντος. Όμως συνήθως δεν αξιοποιούνται ενεργειακά, παρά μόνο για ιαματικούς και θεραπευτικούς



σκοπούς. Και σ' αυτήν την περίπτωση η ανάδειξη του χώρου των πηγών με την κατασκευή κατάλληλων έργων υποδομής μπορεί να αναβαθμίσει την περιοχή, με σεβασμό πάντα στη φυσιογνωμία και τα φυσικά χαρακτηριστικά της. Για ενεργειακή εκμετάλλευση δεν χρησιμοποιούνται συνήθως οι φυσικές εκδηλώσεις αλλά κατασκευάζονται παραγωγικές γεωτρήσεις, οι οποίες φέρνουν στην επιφάνεια τα υπόγεια γεωθερμικά ρευστά για πολλαπλές χρήσεις.

***Μύθος 8<sup>ος</sup>: Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας δεν είναι προσιτή για έναν μικροεπενδυτή και έχει πολύπλοκες, μεγάλες και χρονοβόρες γραφειοκρατικές διαδικασίες.***

***Πραγματικότητα:***

Η αξιοποίηση και εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών σε μια περιοχή προϋποθέτει την αναγνώριση της περιοχής ως γεωθερμικού πεδίου (βεβαιωμένου ή πιθανού) και την εκμίσθωσή του, κατόπιν προκήρυξης διαγωνισμού και στη συνέχεια τη διαχείρισή του. Πράγματι, η όλη διαδικασία είναι πολύπλοκη και δεν προσφέρεται για έναν μικρό επενδυτή ή αγρότη.

Αντίθετα, ο επενδυτής - χρήστης μπορεί να αξιοποιήσει τη γήινη θερμότητα εύκολα, άμεσα, χωρίς πολύπλοκες διαδικασίες, χωρίς εκμισθώσεις, με τη χρήση και εφαρμογή των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας τόσο για την θέρμανση και ψύξη κατοικιών όσο και για αγροτικές εφαρμογές, όπως θερμοκήπια, κτηνοτροφικές και πτηνοτροφικές μονάδες, ιχθυοκαλλιέργειες, κ.ά. Οι διαδικασίες είναι απλές, με μικρό αριθμό δικαιολογητικών (11 στον αριθμό), που υποβάλλονται για την έκδοση της σχετικής άδειας στη Διεύθυνση ή στο Τμήμα Βιομηχανίας και Ορυκτού Πλούτου της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης, όπου βρίσκεται το ακίνητο. Όλα τα παραπάνω προβλέπονται από την Υπουργική Απόφαση Υπ. Αρ. Δ9Β,Δ/Φ.166/ΟΙΚ.18508/5552/207 (Φ.Ε.Κ.1595/τ.Β/25-10-2004), σχετικά με τις «Άδειες εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται ως γεωθερμικό δυναμικό». Μέχρι το Νοέμβριο του 2007 είχαν καταγραφεί στην Ελλάδα πάνω από 200 εφαρμογές γεωθερμικών αντλιών θερμότητας συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 20 MW<sub>t</sub> και παρουσιάζουν γρήγορη ανάπτυξη, πιθανότατα λόγω των διατάξεων της υφιστάμενης νομοθεσίας,

*Με όσα αναφέρθηκαν λεπτομερώς παραπάνω, καταβλήθηκε μία προσπάθεια να αναιρεθούν κάποιοι μύθοι γύρω από τη γεωθερμική ενέργεια, που δεν έχουν όμως σχέση με την πραγματικότητα και ενδεχομένως υπάρχουν λόγω ελλειπών ή κακής ενημέρωσης και παραπληροφόρησης.*

***Μέσα από την παρουσίαση της πραγματικότητας καταδεικνύεται περίτρανα ότι Η ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΓΝΩΣΤΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ, ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΜΙΑ ΕΥΡΕΩΣ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΔΙΑΔΕΛΟΜΕΝΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Α.Π.Ε.), ΜΕ ΠΛΗΘΩΡΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ (ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ – ΑΜΕΣΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ), ΜΕ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΚΑΙ ΠΑΝΤΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΙΜΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ, ΕΙΝΑΙ ΦΙΛΙΚΗ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΗ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΜΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΝΑ ΥΣΤΕΡΕΙ ΚΑΘΟΛΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΑΛΛΕΣ Α.Π.Ε.***

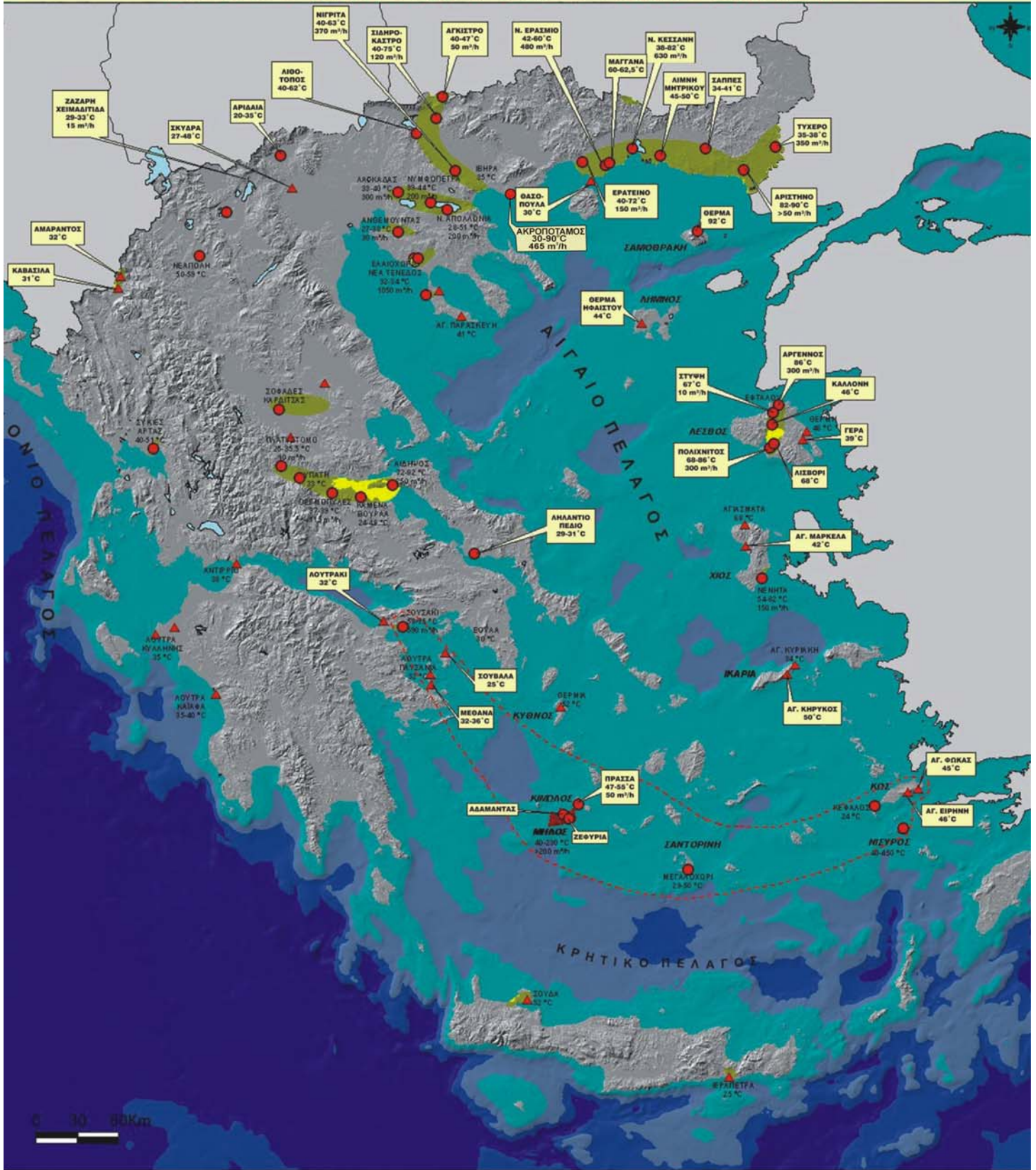
*Η ενέργεια αυτή, με την αποβολή των προκαταλήψεων του παρελθόντος, μπορεί να τύχει βέλτιστης αξιοποίησης και να συντελέσει τα μέγιστα στην ανάπτυξη, ιδιαίτερα της περιφέρειας και της υπαίθρου, όπου αυτή βρίσκεται σε ευνοϊκές συνθήκες βάθους, θερμοκρασίας, πίεσης, ποσότητας και χημικής σύστασης των ρευστών. Η γεωθερμική ενέργεια σ' αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί.*



***Πάνω: Ανάπτυξη οριζόντιου κυκλώματος γεωεναλλάκτη για εγκατάσταση συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας σε μικρή κατοικία στη Σκόπελο.  
Κάτω: Η αντλία θερμότητας που τοποθετήθηκε για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ψύξης αυτής της κατοικίας. Είναι χαρακτηριστικός ο μικρός όγκος που καταλαμβάνει.***



# ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ



**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

- Γεωθερμικές περιοχές υψηλής ενθαλπίας
- Γεωθερμικές περιοχές χαμηλής ενθαλπίας
- Περιοχή με δεδομένα γεωτρήσεων
- ▲ Περιοχή με επιφανειακά μόνο εμφανίσεις
- ΤΥΧΕΡΟ  
35-38 °C  
350 m³/h  
Περιοχή θερμοκρασία Παροχή
- Ηφαιστειακό τόξο

**ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ**  
**ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ & ΘΕΡΜΟΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ**





## ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- [1] Andritsos N., Dalampakis P. & Kolios N. (2002), “Use of Geothermal Energy for Tomato Drying”, *GeoHeat Center Quarterly Bulletin, Vol. 24 (1), p. 9-13.*
- [2] Andritsos N., Dalabakis P., Karydakis G., Kolios N. & Fytikas M. (2007), “Update and Characteristics of Low-Enthalpy Geothermal Applications in Greece”, *Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007), I.G.A.-European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG, 7 pp*
- [3] Antics M. & Sanner B. (2007), “Status of Geothermal Energy Use and Resources in Europe”, *Proceedings European Geothermal Congress 2007, Unterhaching, Germany (30 May-1 June 2007). 8 pp*
- [4] Arvanitis A., Sotiroudis T., Nerantzis E., Fournadzhieva S. & Koultziakis E. (2004), “Mass culture of the microalga *Spirulina* using geothermal fluids in Greece – Antioxidant activities of *Spirulina* powder extracts”, *Proceedings of the International Conference on Geothermal Energy Applications in Agriculture, May 2004, Athens, Greece, 6 pp.*
- [5] Bertani R. (2007), “World Geothermal Generation”, *Proceedings European Geothermal Congress 2007, Unterhaching, Germany (30 May-1 June 2007), 11 pp.*
- [6] Bjornsson Sveinbjorn (2006), “Geothermal Development and Research in Iceland”, *National Energy Authority and Ministries of Industry and Commerce, Reykjavik, Iceland, 40 pp*
- [7] Curtis R. (2007), “Geothermal heat pumps - their role in global cooling”, *Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007), I.G.A.-European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG, 7 pp*
- [8] Dalabakis P. & Kolios N. (2006), “Asparagus early season production using low enthalpy geothermal energy”, *EUROASPER 2006.*
- [9] Geothermal Education Office, [www.geothermal.marin.org](http://www.geothermal.marin.org)
- [10] International Geothermal Association, [iga.igg.cnr.it/index.php](http://iga.igg.cnr.it/index.php)
- [11] Kagel A., Bates D. & Gawell K. (2007), “A Guide to Geothermal Energy and the Environment”, *Geothermal Energy Association, Washington D.C., U.S.A., 86 pp.*
- [12] Kolios N., Fytikas M., Arvanitis A., Andritsos N. & Koutsinos S. (2007) “Prospective Medium Enthalpy Geothermal Resources in Sedimentary Basins of Northern Greece”, *Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007), I.G.A.-European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG, 11 pp.*
- [13] Lund J., Sanner B., Rybach L., Curtis R. & Hellström et al. (2004), “Geothermal (Ground-Source) Heat Pumps - A world overview”, *Geo-Heat Center Quarterly Bulletin, Vol. 25/3, p.1-10*
- [14] Lund J.W. & Chiasson A. (2007), “Examples of Combined Heat and Power Plants Using Geothermal Energy”, *Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007), I.G.A.-European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG, 7 pp*
- [16] Stefansson, V. (2000), “The renewability of geothermal energy”, *Proceedings of the World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan (May-June 2000), pp. 883-888*
- [17] Varet J. (2006), “Energy and climate change issues: earth science solutions”, *Geoscience for a sustainable Earth BRGM – EuroGeoSurveys, Bucharest, Romania, September 2006.*

### Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

- [1] Ανδρίτσος Ν., Αρβανίτης Α., Δαλαμπάκης Π., Κολιός Ν., Κουτσίνοσ Σ. & Φυτίκας Μ. (2005) «Απόψεις για την ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων της χώρας», *Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου «Η εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας: Προοπτικές και Προτεραιότητες προς το Στόχο του 2010» (23-25 Φεβρουαρίου 2005), Μονάδα Ανανεώσιμων Ενέργειακών Πόρων Ε.Μ.Π. & Κ.Α.Π.Ε, Αθήνα, σελ. 311-317.*
- [2] Ανδρίτσος Ν., Αρβανίτης Α., Κολιός Ν. & Κουτσίνοσ Σ. (2006), «Εφαρμογή των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας σε σύστημα μιας γεώτρησης και η συμβολή τους στην εξοικονόμηση ενέργειας», *Πρακτικά 8<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου του Ι.Η.Τ. για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας (Θεσ/νίκη 29-31/3/2006), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, σελ. 525-530*

- [3] Ανδρίτσος Ν. (2007), «Χρήσεις γεωθερμίας, προβλήματα, λύσεις και προοπτικές», *Ημερίδα με θέμα «Αξιοποίηση γεωθερμικών εφαρμογών θέρμανσης - ψύξης και εξοικονόμησης ενέργειας» (11/12/2007), Θεσσαλονίκη.*
- [4] Αρβανίτης Α. & Τσεκούρα Αικ. (2007), «Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας για οικιακές εγκαταστάσεις», *Περιοδικό «ENERGY point», Τεύχος 5 (Οκτώβριος 2007), σελ. 56-59, Αθήνα.*
- [5] Μενδρινός Δ. & Καρύτσας Κ. (2005), «Ηλεκτροπαραγωγή από Γεωθερμία Χαμηλής Ενθαλπίας <150°C», *Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου «Η Εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας: Προοπτικές και Προτεραιότητες προς το Στόχο του 2010» (23-25 Φεβρουαρίου 2005), Αθήνα, σελ. 307-310.*
- [6] Φυτίκας Μ., Κολιός Ν. & Δαλαμπάκης Π. (1996), «Γεωθερμία: Η Θερμική Ενέργεια της Γης», *Περιοδικό «ΕΝΕΡΓΕΙΑ», τεύχος 18, σελ. 29-47.*
- [7] Φυτίκας Μ. & Ανδρίτσος Ν. (2004), «Γεωθερμία», *Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 416 σελ.*
- [8] Χατζηγιάνη Γ. & Αρβανίτης Α. (2007), «Συστήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας», *Περιοδικό «Περιβάλλον & ENGINEERING 2007», Ετήσια Έκδοση για την Τεχνολογία Προστασίας του Περιβάλλοντος, Εκδόσεις ΜΕΛΕΩΝ - Τεχνικές Κλαδικές Εκδόσεις, σελ. 280-286, Αθήνα.*