

Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας

Αναστασία Μπένου
Διπλ. Μηχανολόγος Μηχανικός, MSc
Τμήμα Γεωθερμικής Ενέργειας
Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας (ΓΑΘ)

Αβαθής γεωθερμία: θερμότητα πετρωμάτων μικρού βάθους και επιφανειακών/υπόγειων υδάτων θερμοκρασίας $< 25^{\circ}\text{C}$

Θέρμανση/ψύξη και ζεστό νερό χρήσης στα κτίρια με αναστρέψιμη αντλία θερμότητας και με χρήση του υπεδάφους ως πηγή/αποδέκτη θερμότητας

Συστήματα ΓΑΘ

Μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης
σε σχέση με άλλα συστήματα
αντλιών θερμότητας



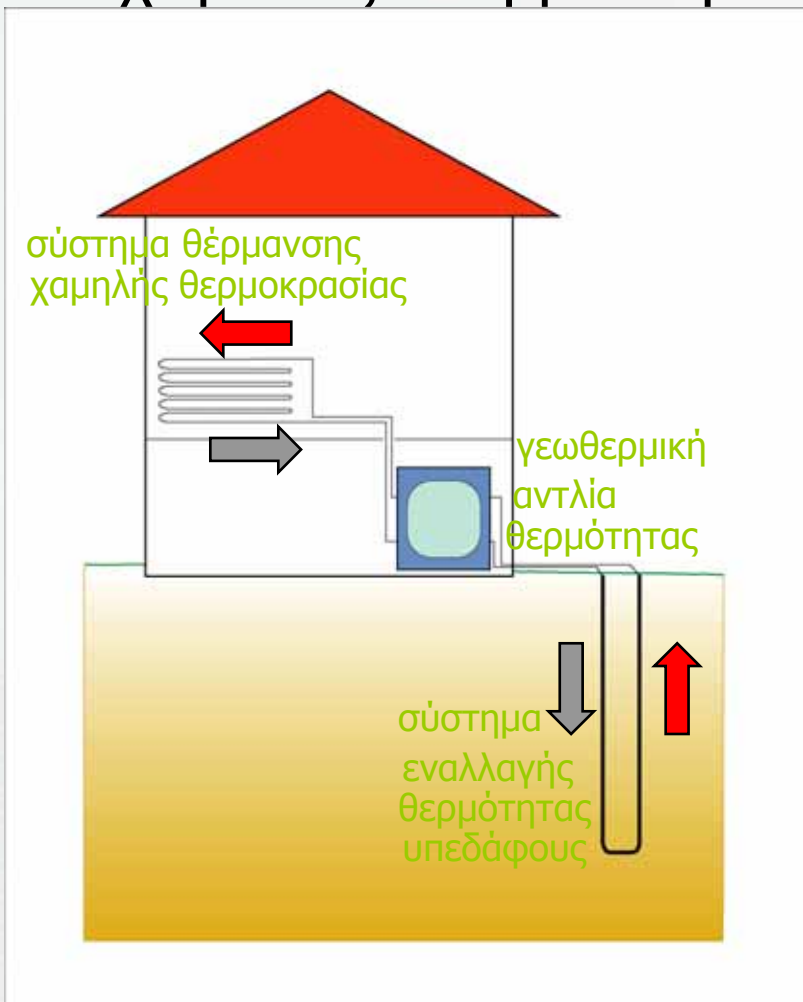
Υπέδαφος

Αμετάβλητη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια τους έτους

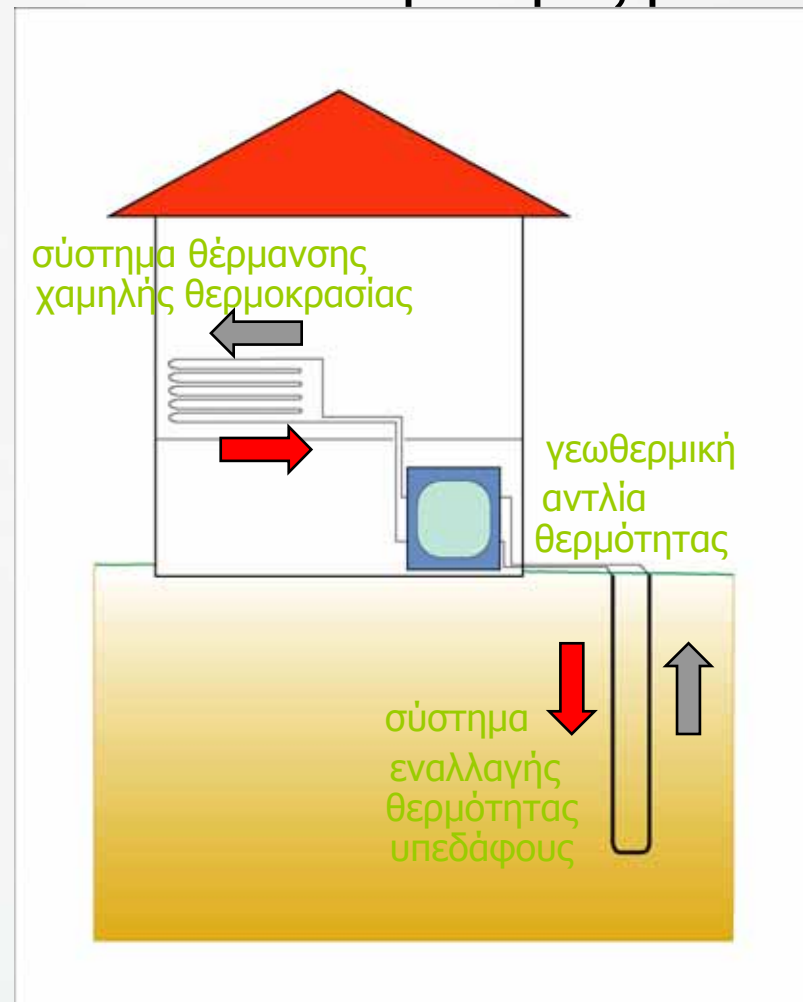
Συστήματα ΓΑΘ

αρχή λειτουργίας

χειμώνας - θέρμανση



καλοκαίρι - ψύξη



Λειτουργία συστήματος ΓΑΘ



- Σύστημα εναλλαγής θερμότητας εδάφους
- Γεωθερμική αντλία θερμότητας (ΓΑΘ)
- Σύστημα θέρμανσης χαμηλής θερμοκρασίας

Σύστημα εναλλαγής θερμότητας εδάφους

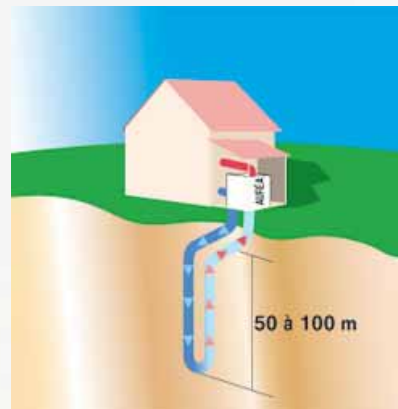
- Κλειστό σύστημα / γεωεναλλάκτες θερμότητας
- Ανοιχτό σύστημα

Κλειστό κύκλωμα εναλλαγής θερμότητας *γεωεναλλάκτες*

**οριζόντιοι
γεωεναλλάκτες**



**κατακόρυφοι
γεωεναλλάκτες**



Οριζόντιοι γεωεναλλάκτες

Πλαστικές σωληνώσεις σε οριζόντια διάταξη

- Βάθος: 1,2-2m
- Υλικό: πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (PE-HD)
- Διάμετρος σωλήνωσης: 25mm ή 32mm
- Κάλυψη σωληνώσεων με άμμο και φερτά υλικά



Κατακόρυφοι γεωεναλλάκτες

Πλαστικές σωληνώσεις σε κατακόρυφη διάταξη εντός γεωτρήσεων

- Υλικό σωλήνωσης: πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (PE-HD)
- Διάμετρος σωλήνωσης: 25mm, 32mm ή 40mm

Γεώτρηση:

- Βάθος: έως 100-120m
- Διάμετρος: 100-180mm
- Υλικό πλήρωσης: μίγμα μπετονίτη, τσιμέντου και άμμου

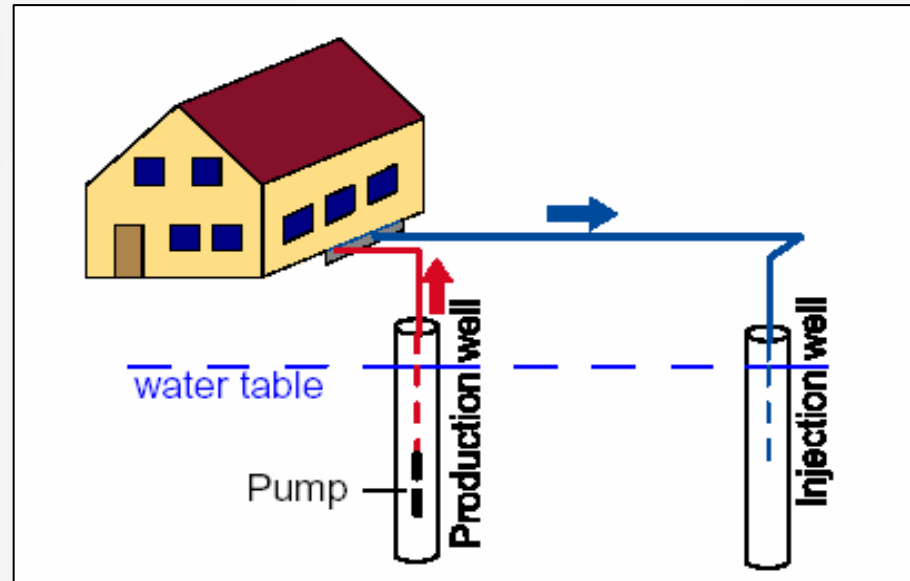


Σύστημα εναλλαγής θερμότητας εδάφους

- Κλειστό σύστημα/γεωεναλλάκτες θερμότητας
- **Ανοιχτό σύστημα**

Ανοικτό κύκλωμα εναλλαγής θερμότητας

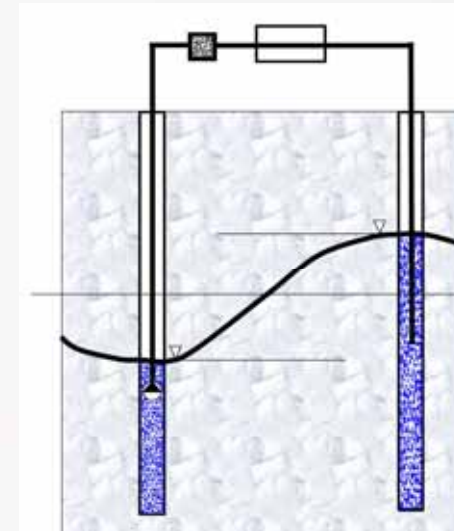
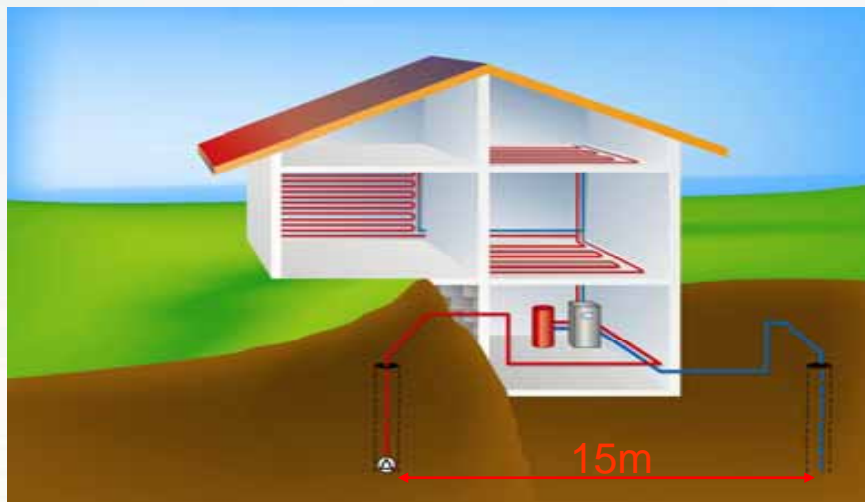
υδρογεωτρήσεις



λίμνη, θάλασσα, ποτάμι κ.λπ.

Ανοικτό κύκλωμα εναλλαγής θερμότητας

- χημική ανάλυση του ρευστού
- για αποφυγή επικαθίσεων εντός της ΓΑΘ
 - φίλτρο
 - εναλλάκτης θερμότητας τιτανίου



Λειτουργία συστήματος ΓΑΘ

- 
- Σύστημα εναλλαγής θερμότητας εδάφους
 - Γεωθερμική αντλία θερμότητας (ΓΑΘ)
 - Σύστημα θέρμανσης χαμηλής θερμοκρασίας

Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (ΓΑΘ)

- Αναστρέψιμη αντλία θερμότητας – θέρμανση/ψύξη
- Αντλία θερμότητας νερού-νερού
- Χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος



Απόδοση ΓΑΘ

- **COP** – συντελεστής ενεργειακής απόδοσης αποδιδόμενη ενέργεια προς ηλεκτρική κατανάλωση
- **SPF** - εποχιακός συντελεστής απόδοσης απόδοση συστήματος κατά την περίοδο θέρμανσης/ψύξης

Λειτουργία συστήματος ΓΑΘ

- Σύστημα εναλλαγής θερμότητας εδάφους
- Γεωθερμική αντλία θερμότητας (ΓΑΘ)
- Σύστημα θέρμανσης χαμηλής θερμοκρασίας

Συστήματα θέρμανσης χαμηλής θερμοκρασίας

- Ενδοδαπέδιο ή ενδοτοιίχιο σύστημα θέρμανσης
- Μονάδες fan-coils



Ενδεικτικές αποδόσεις συστημάτων ΓΑΘ

- **SPF → 3.5 – 5.0**
γεωεναλλάκτης & ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης
- **SPF → 4.0 – 6.5**
υδρογεώτρηση & ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης

Εφαρμογές συστημάτων ΓΑΘ

- Δημαρχείο Πυλαίας, Θεσσαλονίκη
- Μονοκατοικία στο Rudelzhausen, *Γερμανία*
- Μονοκατοικία στο Gosau, *Αυστρία*
- Πολυτεχνείο της Βαλένθια, *Ισπανία*

Δημαρχείο Πυλαίας, Θεσσαλονίκη

Ψύξη & θέρμανση γραφείων (2500m²)

- **Κλειστό σύστημα:**
21 κατακ. γεωεναλλάκτες
βάθους 80m έκαστος
- **11 ΓΑΘ** συνολικής
ικανότητας $P=265\text{kW}_{\text{th}}$
 $P=280\text{kW}_{\text{c}}$
- **Μονάδες fan-coils & μια**
κεντρική κλιματιστική
μονάδα
- $\text{COP}_h=4, \text{COP}_c=3.5$



Μονοκατοικία στο Rudelzhausen, Γερμανία

Θέρμανση & ζεστό νερό χρήσης για κατοικία (340m²)

- **Ανοιχτό σύστημα:** 2 γεωτρήσεις-
1 παραγωγική, 1 επανεισαγωγής
- **1 ΓΑΘ** $P=14.7\text{kW}_{\text{th}}$
- **Ενδοδαπέδιο & ενδοτοιχίο**
σύστημα θέρμανσης
- $\text{COP}_h=5.51$, $\text{SPF}_h=4.57$



Μονοκατοικία στο Gosau, Γερμανία

θέρμανση & ζεστό νερό χρήσης για κατοικία (240m²)

- **Κλειστό σύστημα:**
οριζόντιοι γεωεναλλάκτες
συνολικής έκτασης 260m²
- **2 ΓΑΘ** (απευθείας εκτόνωσης):
11.3kW-θέρμανση & 2.8kW-
ζεστό νερό χρήσης
- **Ενδοδαπέδιο & επιτοίχιο**
σύστημα θέρμανσης
- **SPF_h = 4.78**



Πολυτεχνείο της Βαλένθια, Ισπανία

θέρμανση/ψύξη ενός κτιρίου (250m²)

- Κλειστό σύστημα:
6 Κατακόρυφοι γεωεναλλάκτες
βάθους 50m έκαστος
- 1 ΓΑΘ: $P=19.3\text{kW}_{\text{th}}$ &
 $P=15.9\text{kW}_{\text{c}}$
- Μονάδες fan-coils
- $\text{SPF}_h=3.46$, $\text{SPF}_c=4.36$



Οικονομικά στοιχεία

- **Κόστος υλικών και εργασίας για τους κατακόρυφους γεωεναλλάκτες: 45ευρώ/m**
 - Κόστος υλικών: σωλήνες PE, υλικό πλήρωσης, υγρό με αντιψυκτικό και συλλέκτες (κολεκτέρ)
 - Κόστος εργασιών: διάνοιξη γεωτρήσεων & τροφοδότηση υλ. πλήρωσης
- **Κόστος υλικών και εργασίας για το οριζόντιο τμήμα των γεωεναλλακτών: 2,5ευρώ/m + 400ευρώ**
- **Κόστος εργασιών & λοιπά εξαρτήματα μηχανοστασίου: 4.000ευρώ (εξαιρούνται ΓΑΘ, δοχείο αδρανείας, boiler)**
- **Κόστος ΓΑΘ**
Ενδεικτικά 10-40kW: 7.000 – 12.000ευρώ
- **Κόστος συντήρησης συστήματος ΓΑΘ: 400ευρώ ετησίως (οικίες)**

Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας

- Θερμική απαίτηση 20kW_{th}
- 3 κατακόρυφοι γεωεναλλάκτες – 90m βάρους (συνολικά 270m)
- Κόστος εγκατάστασης συστήματος ΓΑΘ 26.150ευρώ
- Κόστος συντήρησης συστήματος ΓΑΘ 400ευρώ ετησίως

Συγκρίνοντας το σύστημα ΓΑΘ με συμβατικό σύστημα (πετρέλαιο + ηλ.ενέργεια) – ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας $\sim 65\%$

Νομοθετικό Πλαίσιο για συστήματα ΓΑΘ

Απόφαση Δ9Β,Δ/Φ166/ΟΙΚ 18508/5552/207
ΦΕΚ Β' 1595/25.10.2004

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 γεωθερμικό δυναμικό

Νομοθετικό Πλαίσιο για συστήματα ΓΑΘ

- Όροι, προϋποθέσεις, απαιτούμενα δικαιολογητικά και οι διαδικασίες έκδοσης της απαιτούμενης άδειας
- Έκδοση άδειας από τη Διεύθυνση ή Τμήμα Βιομηχανίας και Ορυκτού Πλούτου της **Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης** που υπάγεται το ακίνητο

Νομοθετικό Πλαίσιο για συστήματα ΓΑΘ

- **Γεωλογική & Μηχανολογική μελέτη**
- **Στοιχεία & δικαιολογητικά για το οικόπεδο και την οικοδομή**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ