

WP4 – Training Program

P3 – Pompele de caldura pentru utilizarea energiei geotermale

Autor : Prof. Robert GAVRILIUC, Ph.D.

President of the ROMANIAN GEOEXCHANGE SOCIETY



PRINCIPIUL DE FUNCTIONARE AL POMPEI DE CALDURA CA MASINA TERMICA

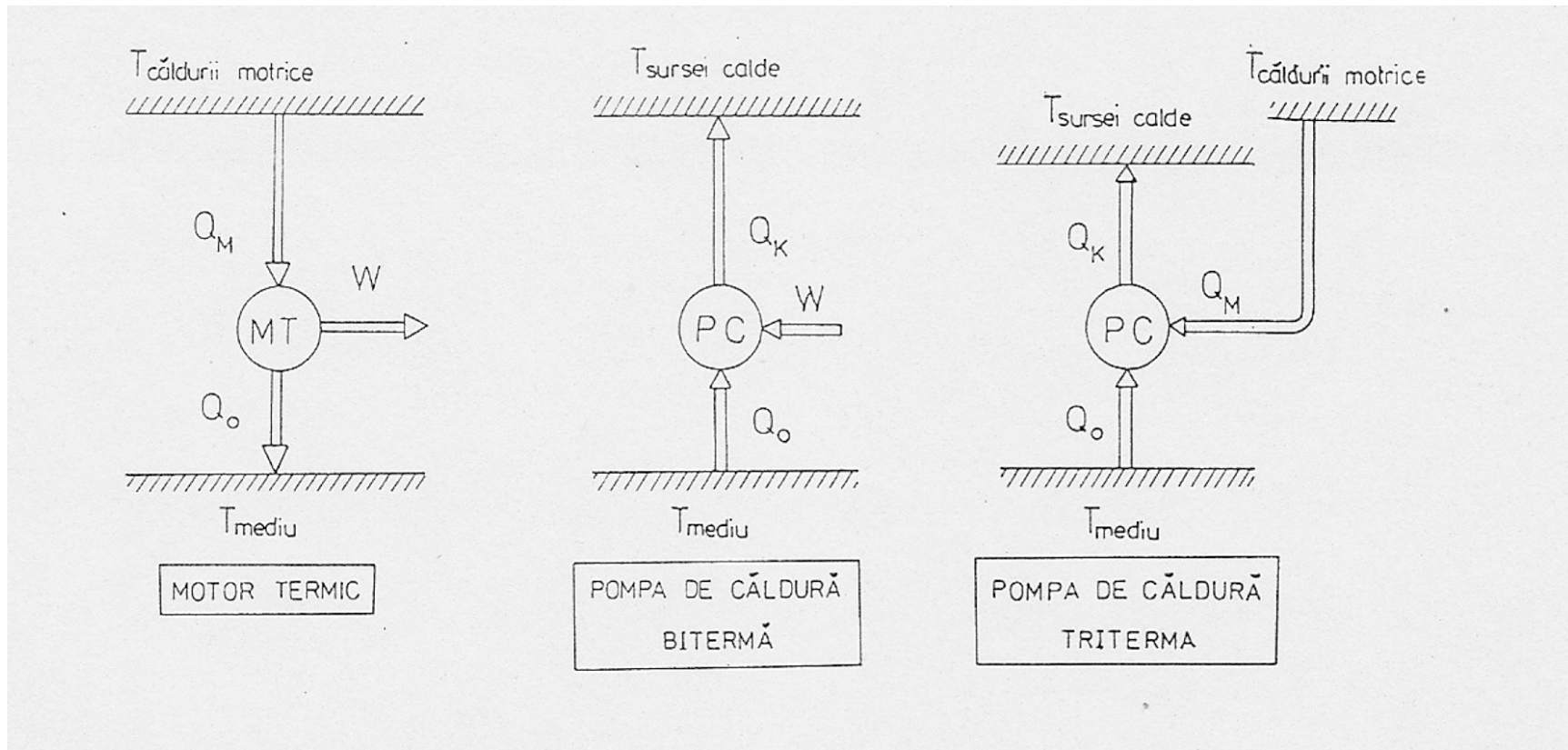
- Pompa de caldura este o masina termica ce preia o cantitate de caldura de la o sursa de temperatura scazuta si cedeaza o cantitate de caldura unei alte surse de temperatura mai ridicata, consumand pentru aceasta o anumita cantitate de energie. Energia consumata poate fi de natura diversa: mecanica, electrica, termica, solara, etc.
- Principiul de functionare a pompei de caldura a fost enuntat inca din anul 1852 de catre William Thomson (lord Kelvin). Acest principiu este identic cu cel al instalatiilor frigorifice, cu diferenta ca ciclul de functionare al pompei de caldura este situat deasupra nivelului de temperatura al mediului ambiant.

PRINCIPIUL DE FUNCTIONARE AL POMPEI DE CALDURA CA MASINA TERMICA

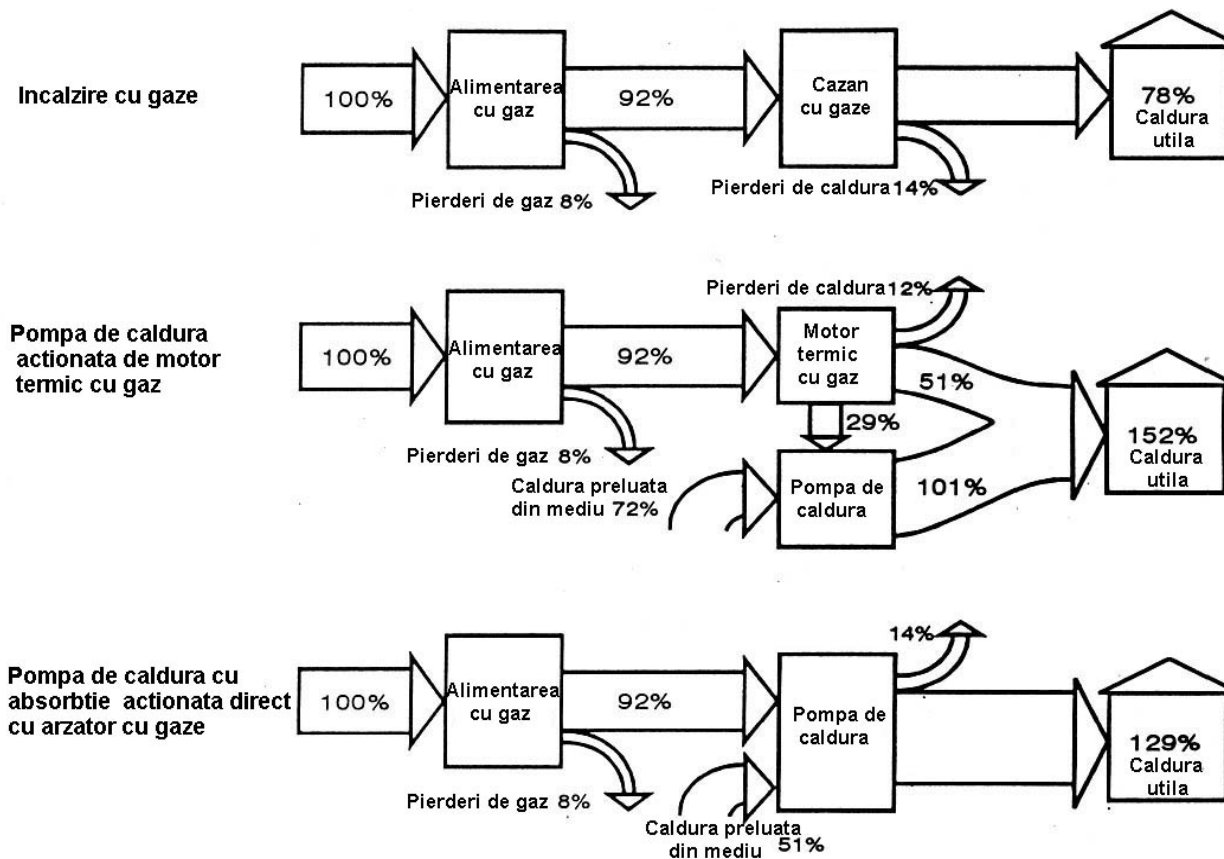
- Eficienta unei pompe de caldura, functionand in regim stationar si in anumite conditii de temperatura se defineste ca fiind raportul dintre cantitatea de caldura cedata consumatorului $|Q_k|$ si energia W consumata in acest scop. Notatia utilizata in termodinamica tehnica pentru aceasta marime este ε_{PC} - pentru a face distinctia fata de eficienta unei masini frigorifice (notata cu ε_{MF}). In ultimul timp, in locul notiunii de "eficienta a pompei de caldura" se utilizeaza foarte des sinonimul "coeficient de performanta", care se noteaza cu initialele cuvintelor din limba engleza - **COP** (**C**oefficient **o**f **P**erformance).

- $$\varepsilon_{PC} = \frac{|Q_k|}{W} = \text{COP}$$

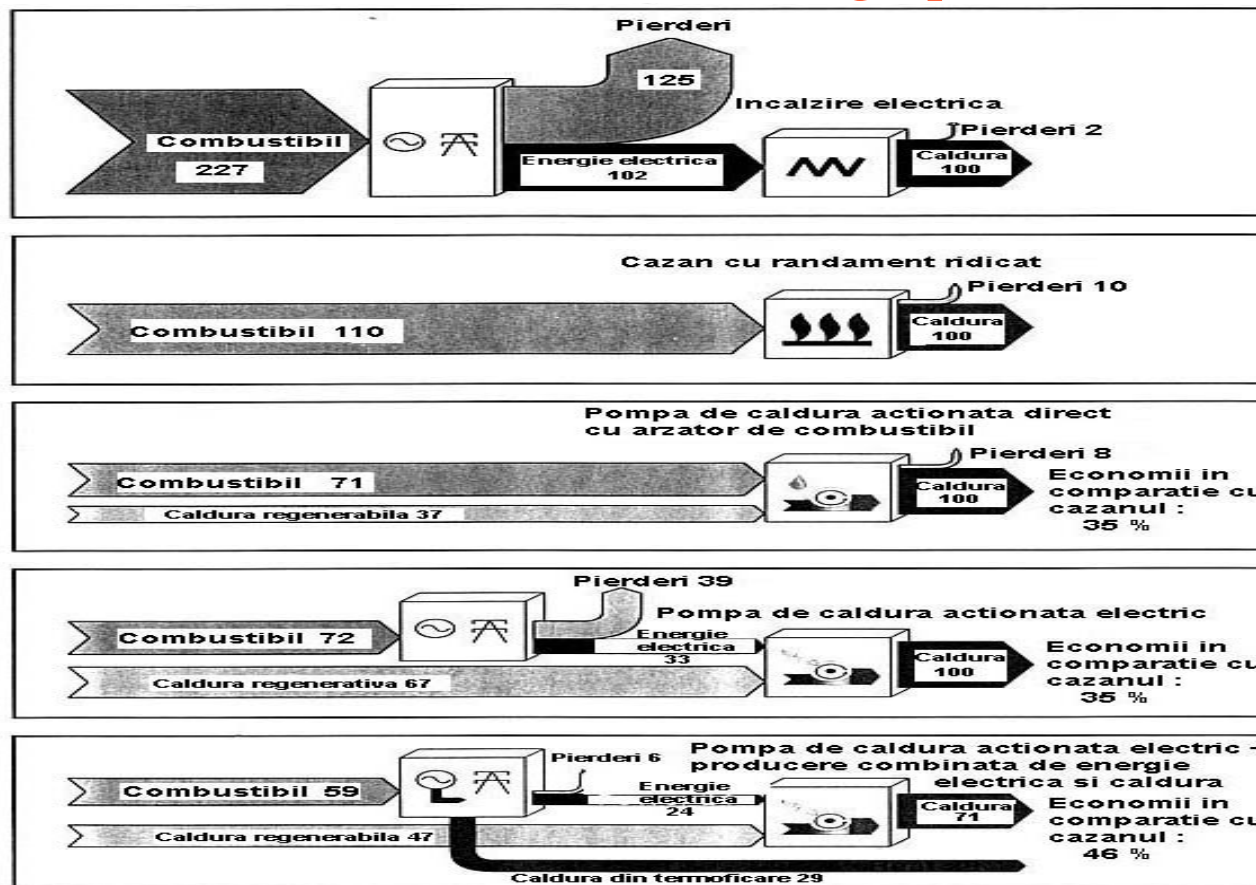
PRINCIPIUL DE FUNCTIONARE AL POMPEI DE CALDURA CA MASINA TERMICA



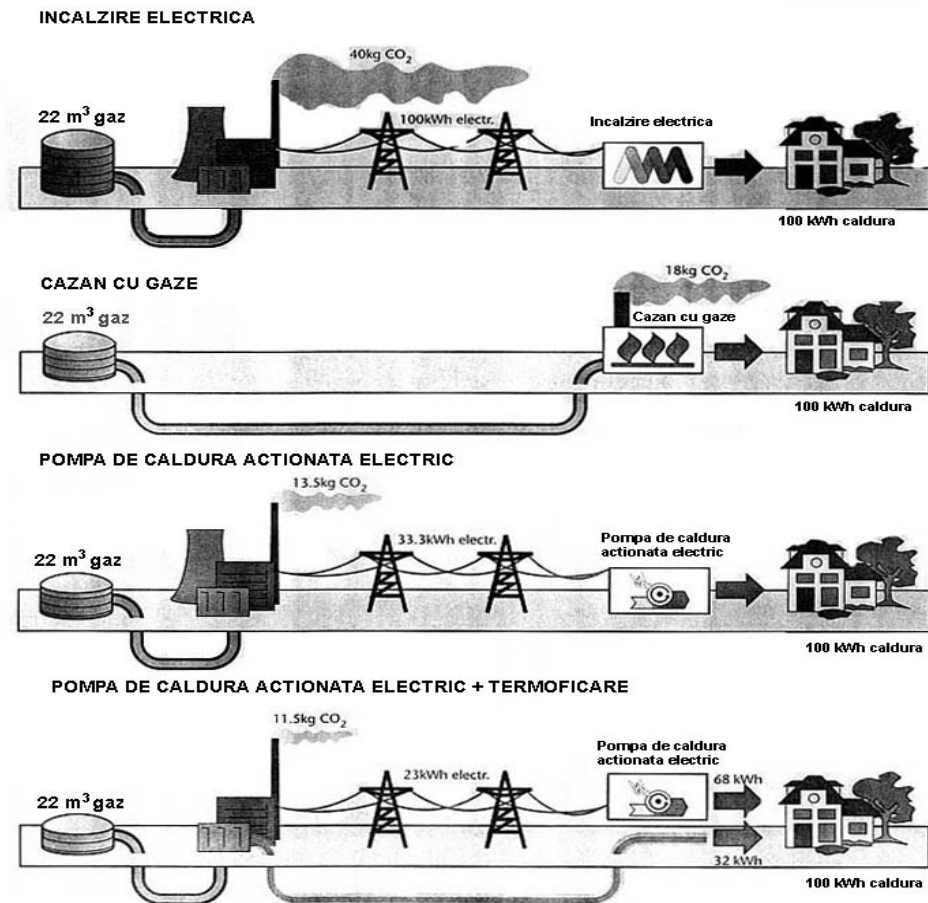
ANALIZA ENERGETICA A SISTEMELOR TERMICE CU POMPE DE CALDURA - Consumul de energie primara



ANALIZA ENERGETICA A SISTEMELOR TERMICE CU POMPE DE CALDURA - Consumul de energie primara

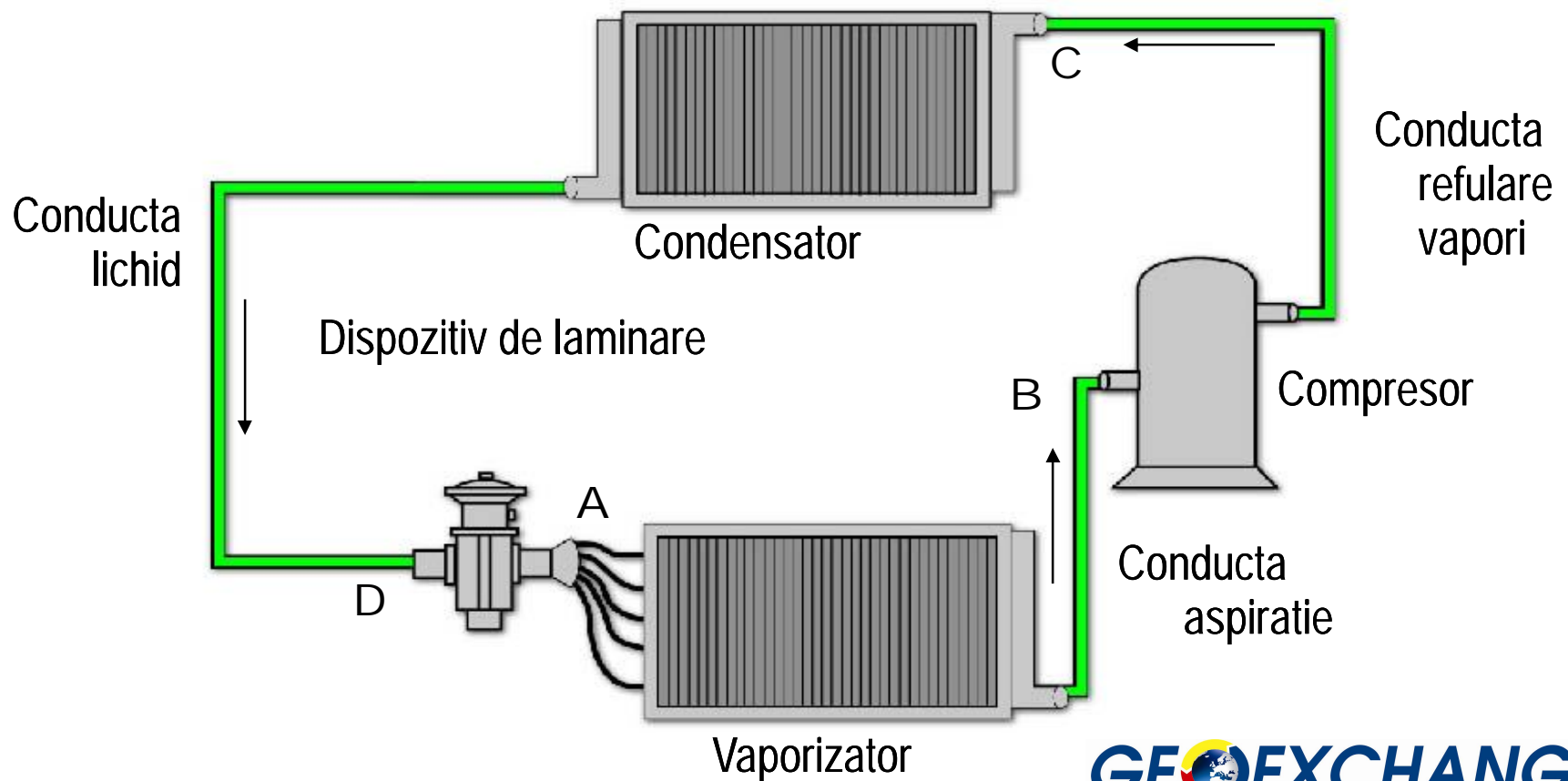


ANALIZA ENERGETICA A SISTEMELOR TERMICE CU POMPE DE CALDURA - Emisiile de CO₂



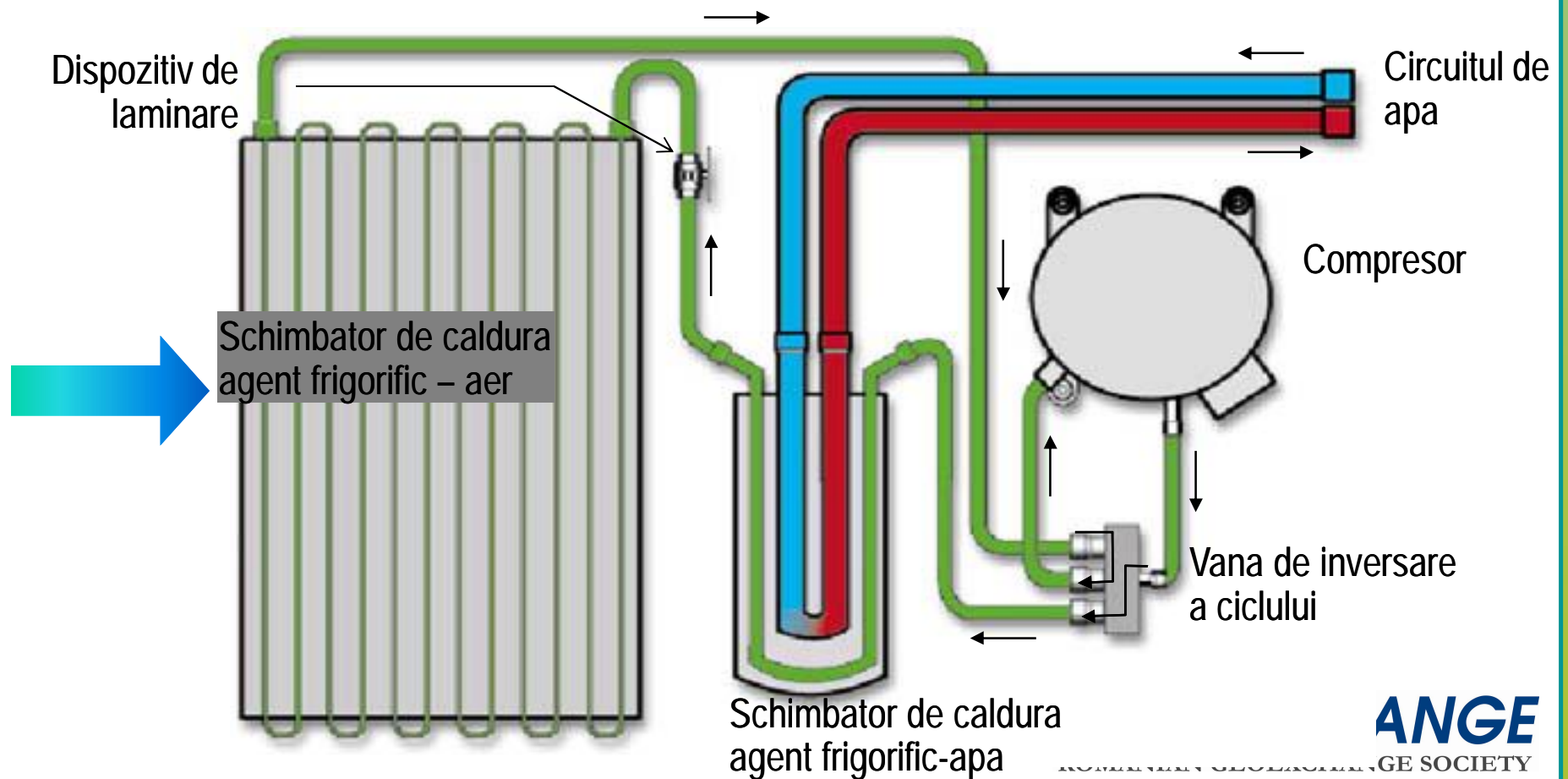
CICLURI TERMODINAMICE DE FUNCTIONARE A POMPELOR DE CALDURA

Pompa de caldura cu comprimare mecanica de vapori



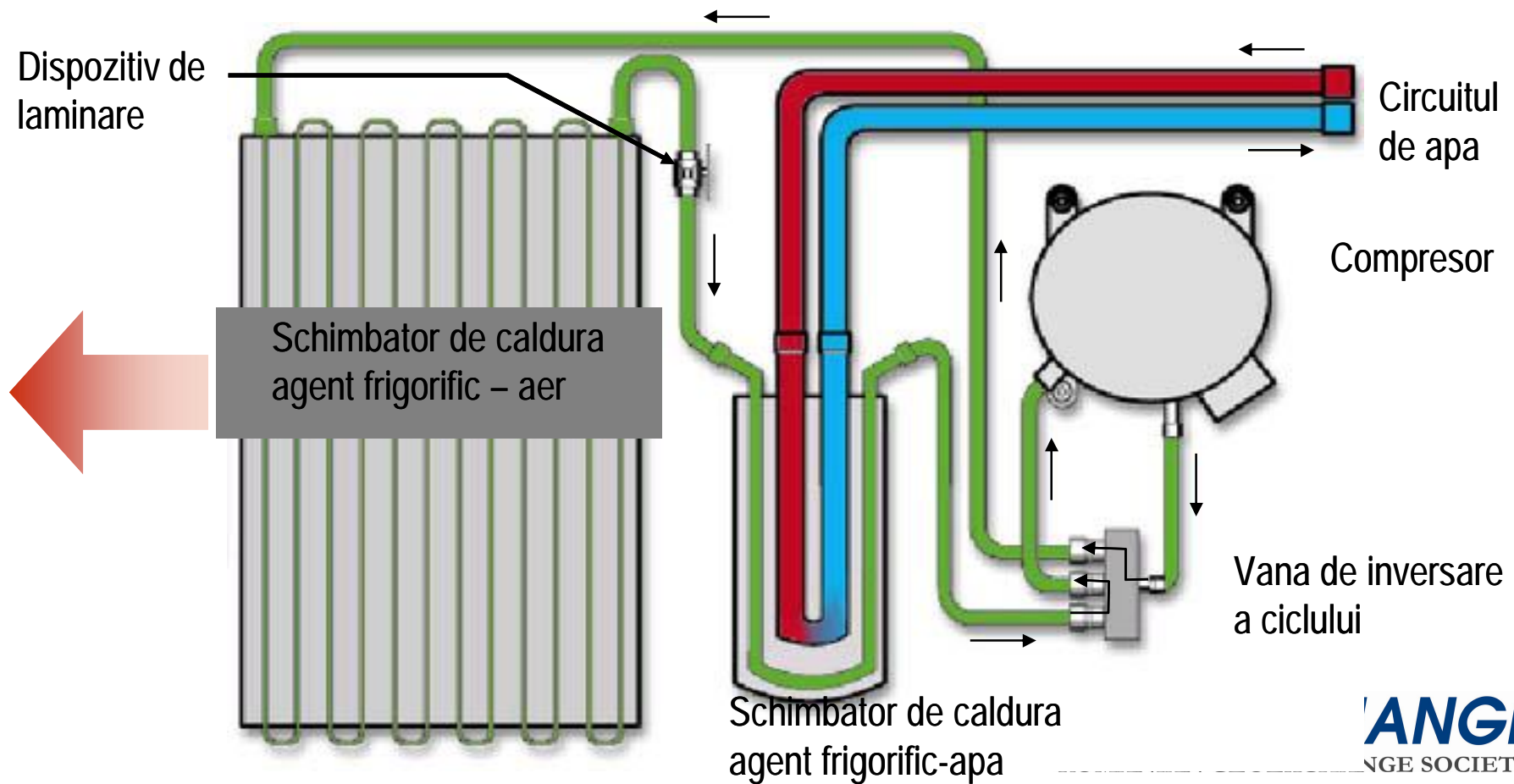
CICLURI TERMODINAMICE DE FUNCTIONARE A POMPELOR DE CALDURA

Pompa de caldura in modul de racire



CICLURI TERMODINAMICE DE FUNCTIONARE A POMPELOR DE CALDURA

Pompa de caldura in modul de incalzire



CLASIFICAREA POMPELOR DE CALDURA

Criteriul "Modul de realizare a ciclului de functionare si forma de energie de antrenare utilizata"

- **Pompe de caldura cu comprimare mecanica** de vapori sau gaze, prevazute cu compresoare (cu piston, turbocompressoare, compresoare elicoidale, etc.) antrenate de motoare electrice sau termice (motor Otto, Diesel sau cu turbina cu gaze).
- **Pompe de caldura cu comprimare cinetica**, prevazute cu compresoare cu jet (ejectoare) si care utilizeaza energia cinetica a unui jet de abur. Datorita randamentelor foarte scazute ale ejectoarelor si al consumului ridicat de abur de antrenare, acest tip de pompe de caldura este din ce in ce mai putin utilizat.

CLASIFICAREA POMPELOR DE CALDURA

Criteriul "Modul de realizare a ciclului de functionare si forma de energie de antrenare utilizata" – continuare

- **Pompe de caldura cu comprimare termochimica sau cu absorbtie**, care consuma energie termica, electrica sau solara.
 - Pompe de caldura cu absorbtie de tipul I (temperatura sursei catre care se cedeaza caldura are valoarea maxima de circa 100 °C, ceea ce limiteaza utilizarea lor in aplicatiile de temperatura ridicata)
 - Pompe de caldura cu absorbtie de tipul II (denumite si transformatoare de caldura), pot atinge temperaturi ridicate (de pana la 150 °C), dar realizeaza diferente mici de temperatura (de circa 40 °C), ceea ce determina aceleasi probleme la nivelul sursei ca in cazul pompelor de caldura cu recomprimare de vapori si ciclu deschis. O a doua restrictie consta in aceea ca fluxul de caldura provenit de la sursa de caldura motrice trebuie sa fie mai mare decat fluxul de caldura cedat sursei calde. Ele prezinta avantajul de a utiliza caldura recuperabila cu un pret scazut (cel putin atunci cand nu sunt actionate prin arderea directa a unui combustibil) si nu poseda parti constructive in miscare (mobile).

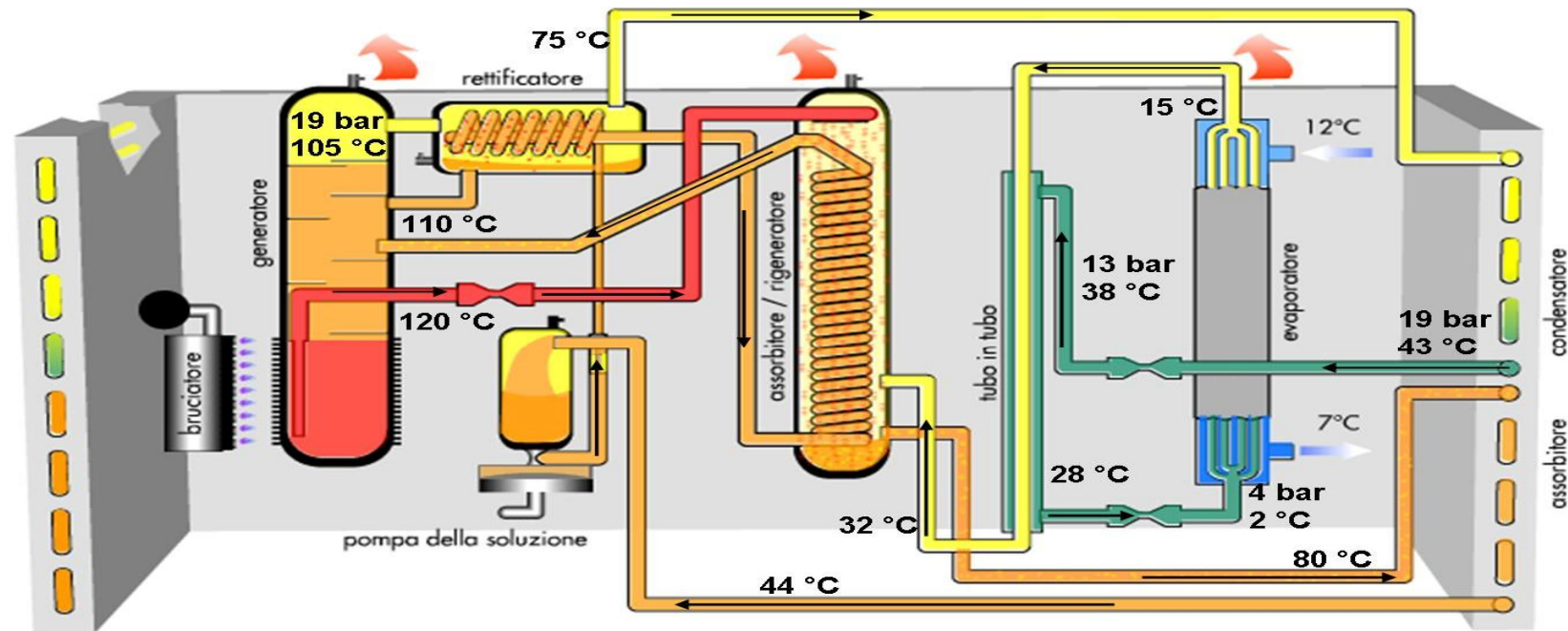
CLASIFICAREA POMPELOR DE CALDURA Pompa de caldura cu absorbtie in solutie NH3-H2O

GA-ACF 60.2

STANDARD

AROBIA
COSCIENZA ECOLOGICA

Ciclo termodinamico di funzionamento



DOMENII DE UTILIZARE A POMPELOR DE CALDURA

- Pompele de caldura reversibile utilizate pentru incalzirea si conditionarea aerului in cladiri.
- Pompe de caldura folosite ca termocompresoare in industria chimica - utilizate in domeniul instalatiilor de distilare, rectificare, congelare, uscare, etc.
- Pompe de caldura destinate industriei energetice - utilizate pentru incalzirea camerelor de comanda, sursa de caldura fiind, spre exemplu, apa de racire a condensatoarelor sau caldura evacuată de la generatoarele si transformatoarele electrice.
- Pompe de caldura utilizate pentru recuperarea caldurii din resursele energetice secundare - valorificarea caldurii evacuate prin condensatoarele instalatiilor frigorifice sau a energiei apelor geotermale.
- Pompe de caldura folosite in industria de prelucrare a laptelui - acestea sunt utilizate simultan pentru racirea laptelui si prepararea apei calde.

Proprietatile subsolului

Testul de raspuns termic

Definitivarea unui proiect cu pompe de caldura cu sursa termica pamantul are 3 faze principale

- ➡ Studiul "din birou"
- ➡ Autorizatii si permise
- ➡ Analizarea terenului

Studiul „din birou”

Necesita:

- Stabilirea conditiilor si a structurii solului
- Identificarea unor posibile probleme geologice ce pot apare in timpul procesului de foraj si de excavatii
- A NU se confunda cu proiectarea retelelor de puturi si a colectoarelor geotermale

Studiul „din birou”

In cadrul evaluarii “din birou” se vor analiza urmatoarele:

- Identificarea retelelor de utilitati subterane
 - Retele de apa
 - Retele de gaz
 - Retele electrice
 - Retele de telecomunicatii
 - Rezervoare subterane ingropate
 - Tuneluri
 - Site-uri arheologice
- Identificarea retelelor de utilitati exterioare, cum ar fi liniile telefonice si/sau liniile electrice aeriene ⇒ stabilirea distantelor minime de lucru a echipamentelor de foraj

Studiul „din birou”

- Structura geologica din zona
- Prezenta unuia sau a mai multor straturi acvifere
 - Posibilitatea contaminarii straturilor
 - Aparitia fenomenului artezian
- Probleme de vecinatate ce pot afecta sursa noastra de caldura
 - Foraje de extractie apa
 - Alte sisteme schimbatoare de caldura cu pamantul
 - Infrastructura
 - Rezervatii naturale, zone de interes stiintific
- Riscul afectarii infrastructurii locale datorita
 - Umflarii terenului in urma inghetului
 - Dilatari termice
 - Compactarii solului in urma extractiei de apa

Autorizatii si permise

- Acceptul proprietarului de a fora, dar si de a da acces pe teren a echipamentelor de forat si de excavat
- Acceptul companiilor de utilitati din zona
- Acceptul Regiei Nationale Apele Romane

Directiva europeana 2000/60/EC sau WFD (Water Framework Directive) specifica:

"Poluare" înseamnă introducerea directă sau indirectă, ca rezultat al activității umane, de substanțe sau căldură în aer, apă sau sol, care pot fi dăunătoare pentru sănătatea umană sau pentru calitatea ecosistemelor acvatice sau a ecosistemelor terestre care depind direct de ecosistemele acvatice, care duce la deteriorarea bunurilor materiale sau deteriorând sau afectând negativ domeniul agrementului sau alte utilizări legitime ale mediului.

Autorizatii si permise

In tara noastra, este nevoie de autorizatie de foraj pentru:

- Sistemele inchise
- Sistemele deschise

Suplimentar, pentru sistemele deschise trebuie autorizatii suplimentare pentru

- Injectarea in sol a apei extrase, conditionata de
 - Temperatura °C
 - Debit
 - Calitate apa
- Deversarea intr-o retea publica de utilitati, pe baza de contract

Analizarea terenului

Executia unui put de proba inaintea definitivarii proiectului :

- Oferă informații privind structura litologică
- Oferă informații privind panzele freatice precum și calitatea lor
- Oferă informații privind caracteristicile termice ale solului

Pe un put de proba se pot face următoarele teste:

- Test hidraulic – pentru determinarea capacității de extracție apă din sol (în cazul unui sistem cu sursă deschisă)
- TRT Testarea răspunsului termic – pentru determinarea caracteristicilor termice ale solului (în cazul unui sistem cu sursă închisă)

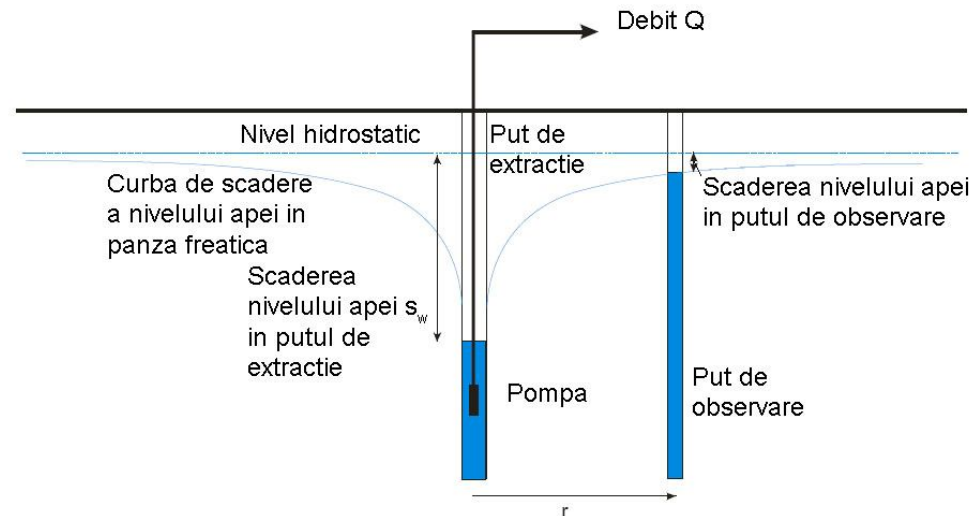
Testul hidraulic

Are drept scop determinarea:

- Capacitatii de extractie
- Transmitivitatii hidraulice
- Conductivitatii hidraulice

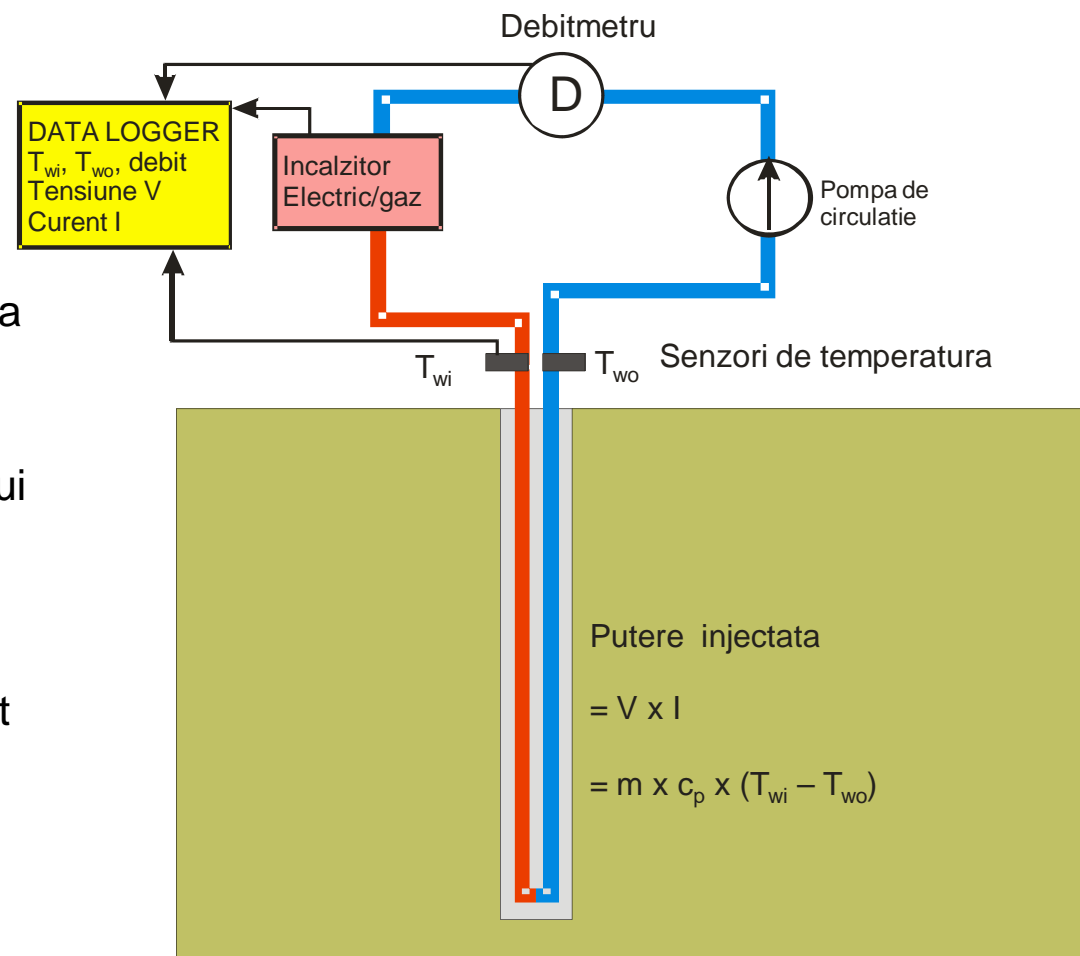
Se realizeaza prin

- Masurarea nivelului hidrostatic
- Extractia unui debit constant de apa intr-un interval de timp
- Masurarea scaderii nivelului de apa s_w pana la nivelul hidrodinamic pentru fiecare valoare a debitului de extractie
- Ideal sa se foloseasca un al doilea foraj de observare aflat la distanta r de putul de proba



TRT Testul de Raspuns Termic

- Se face in cazul schimbatoarelor de caldura in circuit inchis
- Se face prin injectarea sau extragerea unui flux constant de energie pe unitatea de lungime [m]
- Se determina raspunsul solului prin masurarea diferentei de temperatura ΔT
- Ne ajuta sa determinam
 - Conductivitatea termica a solului λ
 - Rezistenta termica a putului R_b
- Suplimentar, ofera informatii contractorului privind nivelul de efort pentru executarea si echiparea forajului



Forajul

- Intrebări pe care trebuie să și le pună specialistul:
 - Metoda cea mai adecvată de foraj
 - Diametru optim
 - Materiale folosite (tevi, material de cimentare, etc)
 - Metode de etansare
 - Estimare costuri ⇒ fezabilitate tehnico-economică
 - Riscurile forajului
- Primul pas în procesul de dimensionare a unui sistem cu pompă de căldură cu sursă de căldură pământul este de a defini tipologia circuitului:
 - Analiza diferitelor alternative posibile, în funcție de condițiile geologice și hidrogeologice
 - Excluderea variantelor non-fezabile

METODA DE FORAJ

Cu percutie

Avantaje

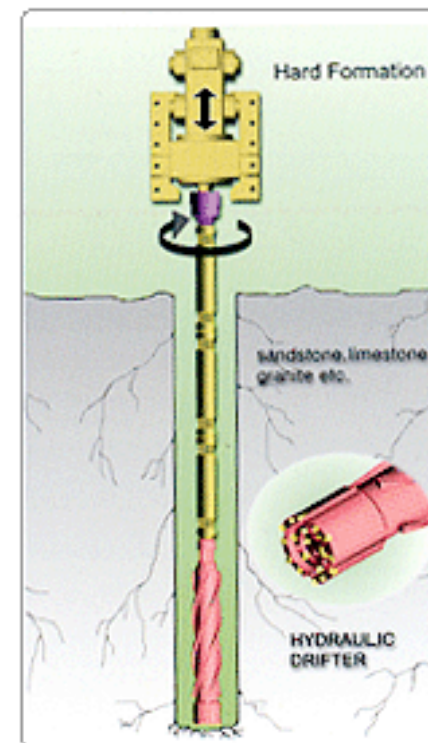
- poate sapa prin orice formatiune, inclusiv prin cele cu crapaturi mari si caverne care pot da probleme la folosirea altei metode de foraj

Dezavantaje

- Rata scazuta de penetrare, de obicei <10 m pe zi.
- costuri cu mult peste limita de fezabilitate a sistemelor de bucla inchisa

Utilizarea sa in practica:

- Pentru sistemul cu bucla deschisa, constructia de puturi de mare adâncime, cu un randament ridicat in acvifere neconsolidate sau zone carstice
- Pentru Piloni de energie; forare in zonele cu bolovanis in constructii de piloti in situ



METODA DE FORAJ

Rotativ

- Consta in transmiterea unui cuplu, cu o masa de rotatie sau un cap de rotatie, pentru un sistem de tevi filetate (prajini foraj) prevazute cu o sapa la vârful.



Cu roto-percutie

- Sunt in prezent cele mai folosite metode pentru forajele geotermice
- Instrumentul de foraj este un ciocan pneumatic sau un ciocan hidraulic, care sparge prin lovire
- Detritusul este evacuat cu ajutorul noroiului de foraj sau a aerului comprimat.



EFICIENTA ENERGETICA

Sisteme in circuit inchis

- Metoda de foraj determina diametrul de foraj. In practica, un diametru de foraj marit duce la o crestere importanta a rezistivitatii termice in foraj in fiecare situatie in care materialul de umplere are conductivitate termica mai mica decat cea a solului. Ca o consecinta, un gradient de temperatura superior este necesar pentru a transmite acelasi fluxul de caldura ca in cazul unui foraj cu diametrul mai mic, oferind astfel rezultate mai slabe.

Sisteme in circuit deschis

- In sisteme deschise cu pompare de apa subterana si re-injectare, o decizie proasta in ceea ce priveste metoda de foraj ar putea duce, printre alte consecinte, la deteriorarea formatiunilor purtatoare, la reducerea debitului specific si la micșorarea nivelului dinamic. Acest lucru ar crește presiunea de pompare si consumul de energie.

ESTIMAREA COSTURILOR

Factorii determinanti in ceea ce privesc costurile de foraj:

- Adancimea si diametrul
- tipul formatiunii / necesitatea tubajului auxiliar
 - Consolidate: calcar, gresii, sisturi bituminoase
 - Neconsolidate: nisip, pietris, noroi, bolovani
- Duritatea formatiunilor / abrazivitatea
- Gradul de fracturare (falii, fisuri, micrifisuri)
- Ape subterane: nivel piezometric si debit
- Suprafata disponibila
- Programarea activitatii in timp: sapaturi, piloni, etc
- Interferentele dintre subcontractori
- Pregatirea terenului de forare
- Detritus si / sau managementul noroiului de foraj
- Depozitarea deseurilor

Evaluarea riscurilor

Cinci categorii de risc legate de:

1. Securitatea si sanatatea santier-ului
2. Riscul de mediu: afectarea panzelor de apa, riscurile de poluare incrucisare, contaminarea nedorite intre diferitele acvifere
3. Riscul energie: - lipsa proiect, executie inadecvata, sub/supra evaluare energetica, performanta scazuta, confort redus
4. Riscul economic: costul inadecvat / rata de beneficiu, in conformitate cu debitul randament, calitate proasta a alimentarii cu apa
5. Risc geotehnic: daune structurale asupra unor fundatii, cai ferate, drumuri.

Pentru proiectele mari, se recomanda sa se faca un foraj de proba care sa asigure un control hidrogeologic adecvat, ca prima etapa a proiectului. Acest foraj va fi tubat pentru TRT, si se va face tot posibilul pentru determinarea litologiei, rata de penetrare, acvifere, pozitia acestora, debitul apelor subterane, necesitatea tubarii auxiliare precum si alte informatii, astfel incât sa se poata alege metoda de foraj optima si sa poata fi evaluate costurile.

Forajul

Proiectantul trebuie sa aiba cunostinte despre:

- Principalele metode de foraj, avantajele si dezavantajele zonei si domeniul de aplicare pentru fiecare tehnologie.
- Costurile asociate cu fiecare sistem si posibilele riscuri asociate cu o proiectare proasta sau malpraxis.

Riscurile unei proiectari proaste sau malpraxis se pot dovedi importante:

1. Siguranta si integritatea campului de puturi
2. Risc de mediu: afectarea apei freatic, poluarea incrucisata, amestecul intre acvifere diferite.
3. Riscul energetic: lipsa proiectului, executie proasta, sub sau supradimensionare, performanta scazuta, confort redus
4. Riscul economic: raport cost/beneficiu slab, debit scazut sub valoarea de proiect, calitate proasta a apei
5. Risc geotehnic: daune structurale, fundatii, cai ferate, drumuri.

In majoritatea circuitelor de schimb geotermic, forajul este o variabila principala in costurile de executie. Prin urmare, reducerea costurilor prin aplicarea unor tehnologii de foraj pe cat posibil avansate, ar avea un efect multiplicator asupra instalatiilor de energie geotermala.

VA MULTUMESC PENTRU ATENTIE!



Visit regeocities.eu !

Contact

ROMANIAN GEOEXCHANGE SOCIETY

66 Pache Protopopescu Street, 021414 Bucharest 2, ROMANIA

E-mail: info@geoexchange.ro / robertgavriliuc@yahoo.com /
robertgavriliuc@geoexchange.ro