

## CURSUL 6

### 6.1. CAROTAJUL MECANIC

#### Principiul carotajului mecanic

Carotajul mecanic este acea operațiune de forare a găurilor de sondă, în care materialul dintr-un anumit interval din crusta terestră este adus la suprafață intact, nefiind sfărâmat sub formă de detritus. Proba de rocă adusă la suprafață este aproape integrală și are formă cilindrică, numindu-se carotă.

Denumirea de carotaj vine din limba franceză, unde cuvântul "carotte" înseamnă morcov. De la forma de morcov a probelor s-a încetățenit denumirea de carotaj. În limba engleză operațiunea de carotaj se numește "Corring", iar carota are denumirea de "core"

Carota (eng. core) este o probă de rocă sub formă cilindrică extrasă din gaura de sondă cu tubul carotier.

Recuperarea întreagă a materialului din gaura de sondă are importanță deosebită în cercetarea geologică, în investigarea geomecanică a rocilor, în determinarea conținutului în fluide, în evaluarea proprietăților porozimetrice și permeabile ale rocilor, pentru punerea în valoare a zăcămintelor de substanțe minerale, etc.

#### Scurt istoric al carotajului mecanic

Preocupări pentru extragerea carotelor din găuri forate au existat din cele mai vechi timpuri, cum au fost cele din antichitate din China și Egipt

În 1862, în Elveția, compania Geo August Leschot a utilizat tuburi cu inserții de diamante pentru extragerea probelor. Folosind instalații de foraj acționate de motoare cu abur, în 1870 se executa carotaj mecanic continuu cu tuburi cu inserții de diamant.

În anul 1875, în Anglia se realizau lucrări de foraj prin carotaj mecanic, extrăgându-se carote de la adâncimea de 697.5 m. În România primele lucrări de forare prin carotaj mecanic s-au efectuat în anul 1925.

#### Tuburi carotiery utilizate în mod curent

Tubul carotier este echipamentul prin care carota este adusă din gaura de sondă la suprafață. Este constituit dintr-un cilindru metalic, care are la partea sa inferioară o sculă tăietoare denumită carotieră

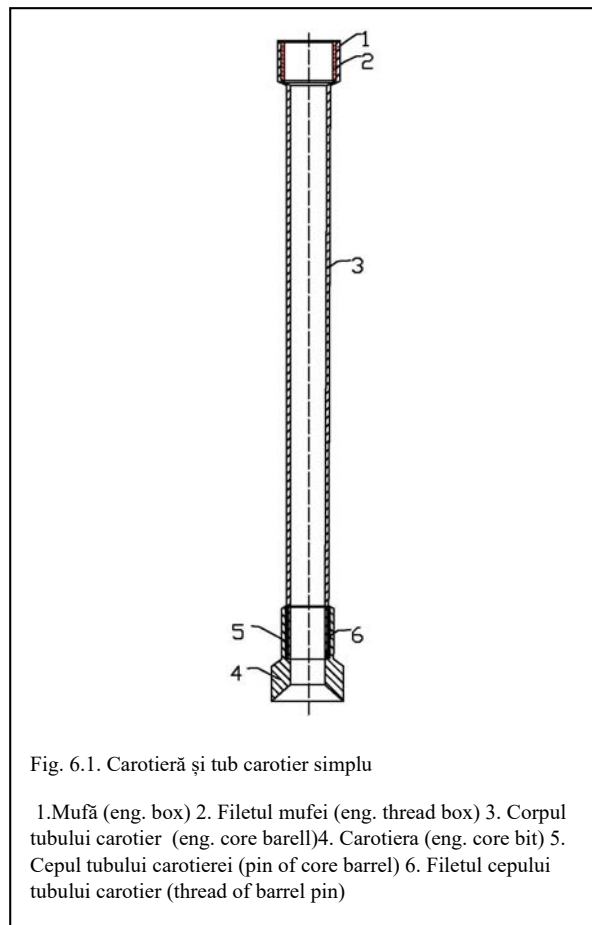


Fig. 6.1. Carotieră și tub carotier simplu

1. Mufă (eng. box) 2. Filetul mufei (eng. thread box) 3. Corpul tubului carotier (eng. core barrel) 4. Carotiera (eng. core bit) 5. Cepul tubului carotierei (pin of core barrel) 6. Filetul cepului tubului carotier (thread of barrel pin)

(eng. core bit) și care permite avansarea în timpul procesului de forare. La partea superioară are o piesă de tip reducere care constituie legătura cu prăjinile de foraj.

Tuburile carotiere pot fi:

- Tuburi carotiere simple;
- Tuburi carotiere duble
- Tuburi carotiere introductibile

### Tuburile carotiere simple

Au tubul carotier construit din oțel cu o anumită grosime de perete pentru a rezista în timpul procesului de execuție a operațiunilor de foraj. Poate avea lungimi de 3 – 6 m, iar în cazul găurilor de sondă de adâcime mare lungimea tuburilor carotiere poate crește la 26 – 28 m. Diametrul este variabil, în mod curent fiind tuburi carotiere cu diametre de 21.4 – 244.5 mm, dar sunt situații rare când acestea au diametre mai mari. Fluidul de foraj circulă în interiorul tubului prin spațiul dintre carotă și pereții interiori ai acestuia.

Un tub carotier simplu (fig. 6.1) este constituit din tubul propriu zis și carotieră. Carotierele sunt detașabile, ele de multe ori se recondiționează sau sunt înlocuite după ce s-au uzat. Fiind scule tăietoare carotierele se uzează mult mai rapid decât în cazul tuburilor. După natura rocilor care sunt întâlnite în timpul procesului de foraj se alege tipul de carotieră pentru realizarea operațiunilor. Astfel, pentru roci moi și semitari se utilizează carotiere cu lame în timp ce pentru rocile extratari se folosesc carotierele cu inserții de diamant.

Prin urmare carotierele pot fi:

- Carotiere cu lame
- Carotiere cu dinți dintr-un oțel mai dur
- Carotiere cu inserții din plăcuțe de vidia
- Carotiere cu role
- Carotiere cu alice
- Carotiere cu lame.

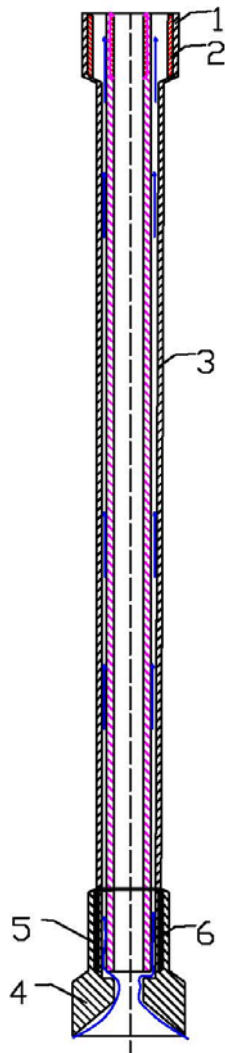


Fig. 6.2. Carotieră și tub carotier dublu

1. Mufă (eng. box) 2. Filetul mufei (eng. thread box) 3. Corpul tubului carotier (eng. core barrel) fix 4. Carotiera (eng. core bit) 5. Cepul tubului carotierei (pin of core barrel) 6. Filetul cepului tubului carotier (thread of barrel pin). De culoare roșie este tubul carotier mobil. Cu albastru circulația fluidului de foraj

### Tuburile carotiere duble

Tuburile carotiere duble sunt asemănătoare cu tuburile carotiere simple, numai că sunt construite (fig. 6.2 și fig. 6.3). din două tuburi concentrice. Tubul carotier dublu are un tub carotier și un tub portcarotă, prevăzut cu supapă de evacuare a fluidului de foraj. Acesta prezintă mai multe reducții de prindere la garnitura de foraj, la carotieră sau cap carotier și la reținătorul de probe.

Tubul portcarotă poate fi fix sau mobil atunci când legătura cu tubul carotier fix este realizată prin intermediul unor rulmenți. Acest tip de tub carotier se utilizează pentru reținerea probelor din roci moi.

### Tuburi carotiere introductibile sau tuburi carotiere amovibile

Sunt acele tuburi carotiere în care tubul portcarotă se lansează de la suprafața terenului prin interiorul prăjinilor de foraj. Se utilizează atât în situația în care carotajul se execută pe intervale mari, mici sau în cazul carotajului mecanic intermitent. Are avantajul aducerii carotei la suprafață, fără a extrage garniturii de foraj. Operația de extragere tubului carotier din interiorul prăjinilor se efectuează prin lansare cu cablu a unui dispozitiv numit coruncă.

Corunca este o piesă de prindere a echipamentelor din interiorul găurilor de sondă cum ar fi prăjinile de foraj rămase sau rupte (eng. fishing socket for hollow rods), pentru extracția tubingului de extracție (eng. tubing spear), pentru diferite instrumentații în timpul forajului (eng. jar bumper) sau coruncă pentru desprinderea diferitelor accesorii din interiorul găurii de sondă (eng. releasing socket).

Carotierele introductibile au o construcție specială, iar în interiorul prăjinilor de foraj se lansează prin împingere cu fluid de foraj.

Carotierele introductibile nu pot fi utilizate la:

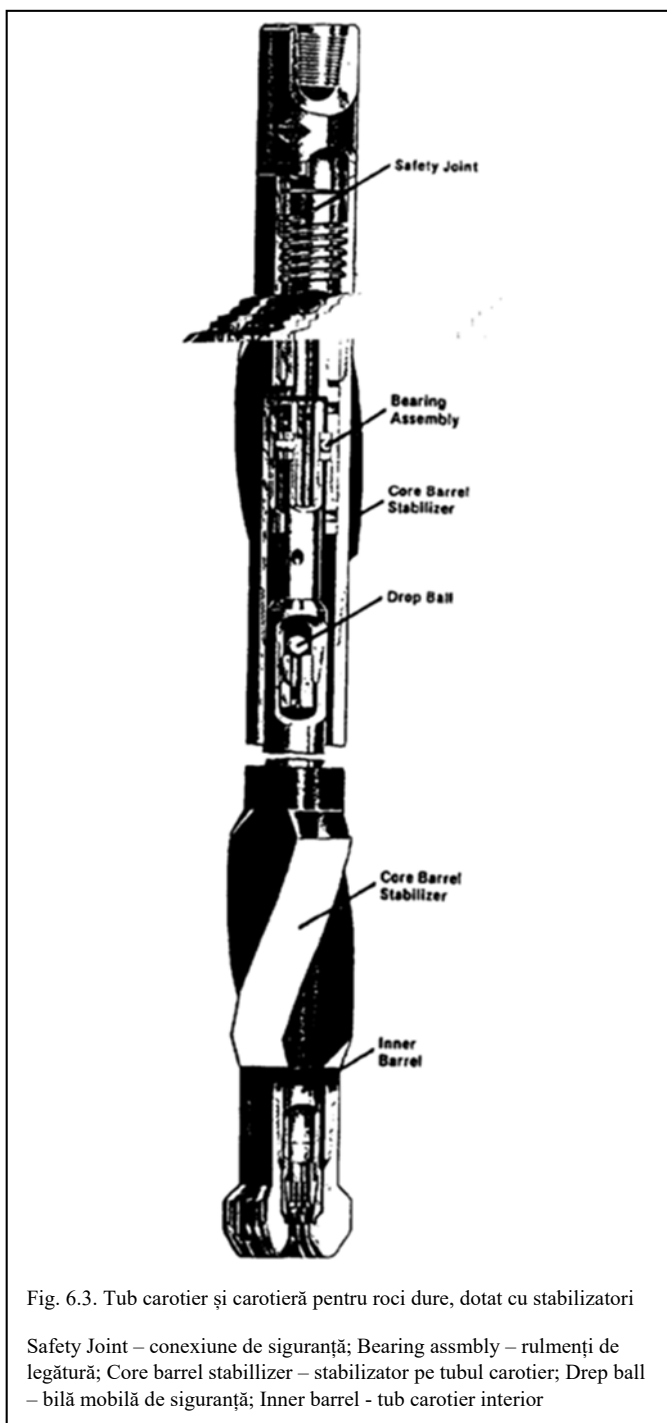
- forajele cu înclinare mare;
- Forajele verticale ascendente;
- Forajele orizontale

Carotierele introductibile au eficiență maximă atunci când forajele au adâncimi cuprinse între 100 și 1 500 de m, iar diametrele carotei sunt foarte mici. Aceste echipamente au un recuperaj bun.

### Tuburi carotiere speciale

Sunt echipamente speciale pentru extragerea carotelor orientate și pentru extragerea carotelor din pereții găurii de sondă.

Carotierele pentru extragerea carotelor orientate sunt echipamente speciale formate din două sau trei tuburi concentrice prevăzute cu dispozitive pentru măsurarea orientării carotei.



Carotierele pentru extragerea carotelor din pereții găurii de sonde, denumite carotiere laterale sau ciupitoare laterale sunt construite dintr-un corp central, pe care sunt inserate ciupitoarele ce au forma unor păhărele. Aceste dispozitive sunt împinse prin diverse metode, cum ar fi exercitarea de suprasarcină sau cel mai frecvent prin explozie, după care sunt extrase la suprafață cu proba recoltată.

### Clasificarea metodelor de carotaj mecanic

Metodele de carotaj mecanic pot fi clasificate după mai multe criterii cum ar fi:

- a) În funcție de continuitatea extragerii carotelor
- b) După sistemul de foraj
- c) După tipul de fluid de foraj utilizat
- d) După modul de circulație a fluidului de foraj

#### a) Carotajul mecanic după continuitatea extragerii probelor

Poate fi (fig. 6. 4):

- carotaj mecanic continuu pe întreaga adâncime a găurii de sondă;
- carotaj mecanic continuu pe un interval din gaura de sondă;
- carotaj mecanic continuu pe mai multe intervale din gaura de sondă sau carotaj mecanic intermitent;
- carotaj mecanic punctiform

#### b) Carotajul mecanic după sistemul de foraj

Pot fi incluse următoarele tipuri:

- Foraj rotativ (rotary) cu cu sistemul de carotare manuală sau mecanizat
- Foraj percutant cu sistemul de carotare manuală sau mecanizat
- Foraj vibrator
- Foraj mixt cu subsistemele roto – percutant și roto – vibrator

#### c) Carotajul mecanic după tipul de fluid de foraj

- Carotaj mecanic cu fluide de foraj pe bază de argilă
- Carotaj mecanic în sistem uscat
- Carotaj mecanic cu aer, cu apă, cu fluide speciale cum ar fi ceață, spumă, apă aerată, noroaie aerate

#### d) Carotajul mecanic după modul de circulație a fluidului de foraj

- Cu circulație directă
- Cu circulație inversă, care poate fi cu prăjini simple sau prăjini duble

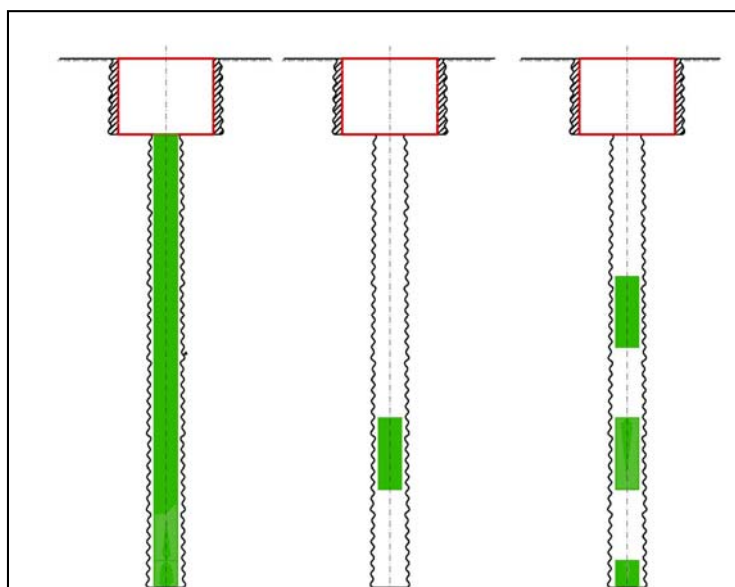
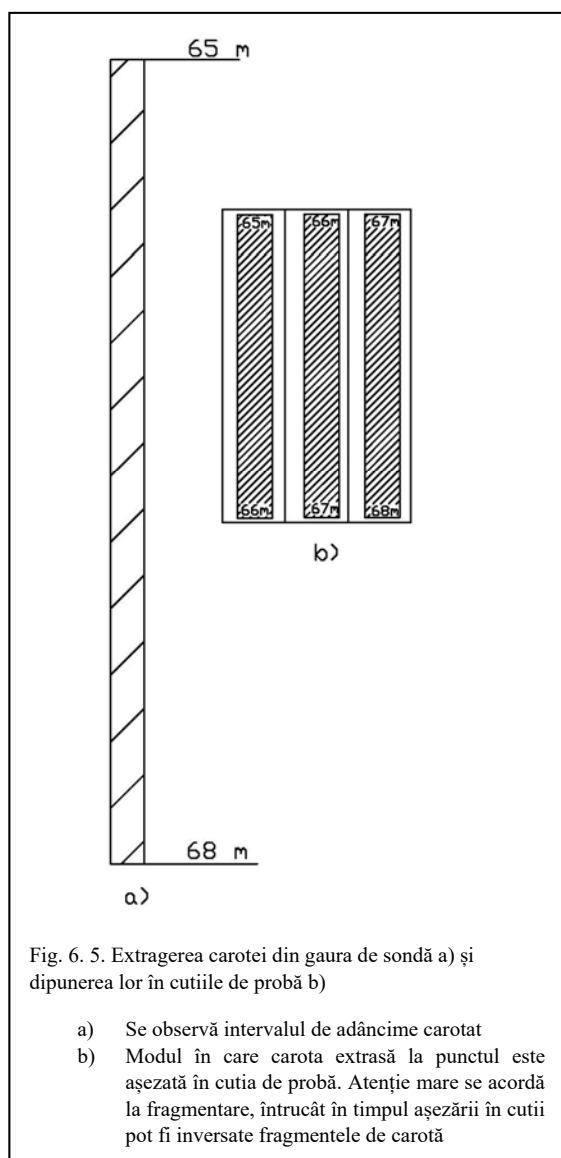


Fig. 6.4. Tipuri de carotaj mecanic după continuitatea extragerii probelor

Stânga – carotaj mecanic continuu pe întreaga gaură de sondă. Centru – carotaj mecanic numai pe un interval de adâncime. Dreapta – carotaj mecanic pe mai multe intervale de adâncime sau carotaj mecanic intermitent

## 6.2. INVESTIGAREA GEOLOGICĂ ȘI GEOFIZICĂ A GĂURILOR DE SONDĂ

### 6.2.1. Investigarea geologică a găurilor de sondă



Investigarea geologică a găurilor de sondă constă într-o succesiune de operații prin care se asigură cunoașterea geologică în interiorul scoarței terestre ca urmare a execuției lucrărilor de foraj. În mod practic etapele investigării geologice constau în:

- Extragera probelor din gaura de sondă (carote și/sau probe de detritus care se mai numesc și probe de sită);
- Curățarea și aranjarea probelor în ordinea extragerii și în funcție de adâncime;
- Descrierea la gura sondei a probelor de detritus și a carotelor extrase
- Stabilirea intervalelor de probare pentru analize de laborator și alte tipuri de analize
- Probarea potrivit programelor stabilite
- Corelarea și interpretarea geologică a rezultatelor

#### Extragerea probelor din gaura de sondă (carote și / sau probe de sită)

În cazul extragerii probelor din gaura de sondă importanță deosebită au intervalele de adâncime de unde provin probele. Probele se așează în ordinea extragerii din gaura de sondă.

În cazul carotelor se marchează cu rigurozitate adâncimea de proveniență, adică intervalul de adâncime pe care s-a executat operațiunea de carotaj mecanic, care este succesiunea extragerii în interiorul intervalului știut fiind faptul că lăzile de probe au de regulă dimensiuni mult mai mici decât lungimea carotelor extrase. Astfel, este marcată

partea superioară și baza carotei dispuse în lada de probe, precum și succesiunea dispunerii acestora în lăzile de probe.

Tot în cazul carotajului mecanic continuu se urmărește recuperajul potrivit formulei:

$$R_{\%} = \frac{L_r}{L_c} * 100 \quad (6.1)$$

$R_{\%}$  - reprezintă recuperajul în procente

$L_c$  – lungimea intervalului carotat (m);

$L_r$  – lungimea recuperată a carotei

De cele mai multe ori lungimea recuperată este inferioară lungimii carotate, acest aspect depinzând de gradul de recuperare al anumitor categorii de roci, de adaptarea regimului de foraj, cum ar fi viteza de rotație, apăsarea pe sapă și în special modul de circulație a fluidului de foraj. În multe dintre situații recuperajul reprezintă condiția esențială de acceptanță a lucrării, mai ales în cazul explorării pentru substanțe minerale utile sau al unor lucrări ingineresti de mare acuratețe.

În cazul probelor de detritus, marcarea adâncimii de proveniență este deficil de realizat, întrucât circulația fluidului de foraj și a detritusului este continuă. În cazul găurilor de sondă cu adâncime mare, dar și acelor mai puțin adânci, atunci când detritusul ajunge la suprafață nu corespunde în acel moment cu adâncimea la care se găsește talpa sondei. Prin urmare, sosirea de la talpa sondei la suprafața a fluidului de foraj și implicit a detritusului cărat necesită un timp de parcurgere. Această întârziere depinde de debitul de circulație a fluidului, de geometria găurii de sondă, de diametrul garniturii de foraj, etc. În urma celor enunțate, calcularea adâncimii (ecuația 6.2, fig. 6. 5) de proveniență a probelor de detritus depinde de cunoașterea debitului de lucru al pompelor de noroi, de configurația geometrică a găurii de sondă și a garniturii de foraj și de intervalul de timp dintre ultima oprire a operațiilor de foraj și sosirea la gura sondei a detritusului.

$$H = \frac{4Q_{pp}}{\pi (D_g^2 - D_{prj}^2)} * \Delta t \quad (6.2)$$

în care :

$H$  – adâncimea de la care provine proba de detritus (m);

$Q_{pp}$  – debitul de lucru al pompelor care circulă fluidul de foraj

$D_g$  – Diametrul găurii de sondă (m)

$D_{prj}$  – diametrul prăjinilor de foraj (m)

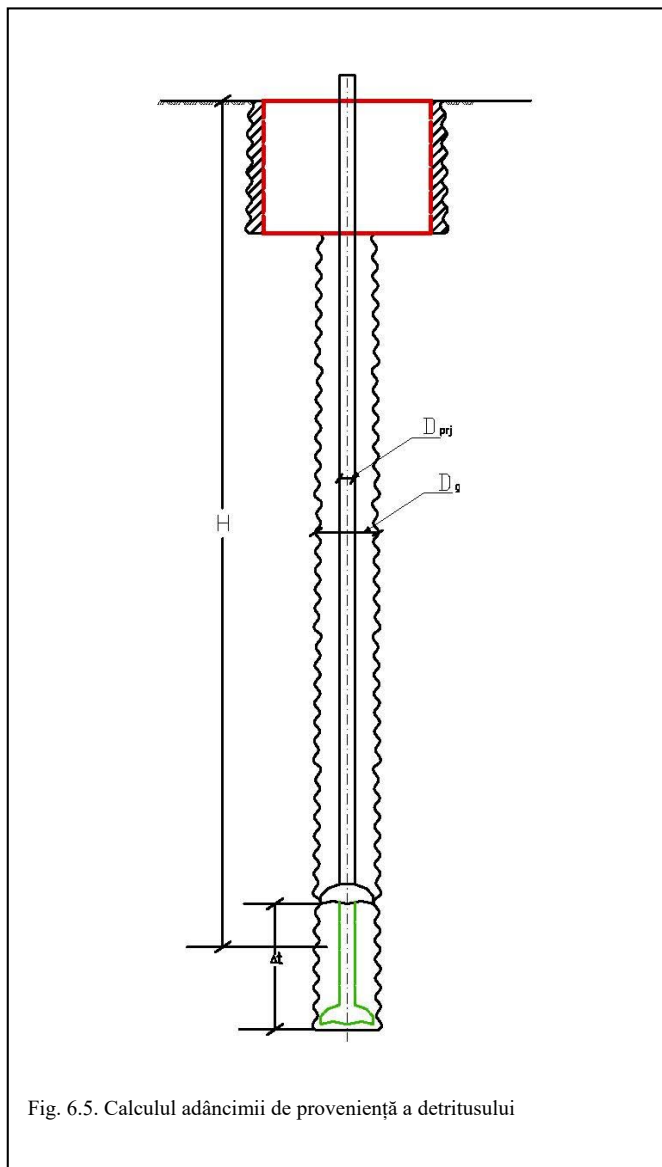


Fig. 6.5. Calculul adâncimii de proveniență a detritusului

$\Delta t$  – intervalul de timp scurs de la ultima oprire a forajului, până în momentul în care proba ajunge la zi

### **Curățarea și aranjarea probelor în ordinea extragerii din gaura de sondă**

În cazul carotajului mecanic în care se utilizează fluid de foraj, probele se curăță de manșoanele de fluid de foraj și se aranjează în lăzi în ordinea extragerii, punându-se etichetele adecvate cum ar fi intervalul carotat, succesiunea dispunerii în cutia de probă, etc.

În cazul probelor de detritus, acestea se curăță de fluidul de foraj și de alte impurități și de asemenea se pun în cutii speciale, marcându-se adâcimea și intervalele de timp.

### **Descrierea la gura sondei a probelor de detritus și a carotelor extrase**

După extragerea din gaura de sondă, curățarea și aranjarea carotelor și a detritusului urmează descrierea litologică a acestora. Operațiunea descrierii are importanță covârșitoare în investigarea geologică a găurilor de sondă și în linii generale constă în:

- Luare în considerare a intervalelor de proveniență a probelor, fără a introduce erori
- Analiza stării carotelor și a detritusului, dacă este contaminat sau nu cu fluid de foraj sau alte impurități
- Evaluarea recuperajului, în cazul carotajului mecanic continuu și a estimării intervalelor unde s-au produs pierderile
- Efectuarea descrierii litologice preliminare prin observarea directă a probelor
- Alte observații directe

Descrierea litologică a probelor include printre altele:

- Tipul litologic de rocă
- Culoarea
- Granulația dacă este cazul
- Plasticitatea dacă este cazul
- Fisurația și tectonizarea dacă este cazul
- Prezența sau absența fosilelor
- Conținutul în fluide dacă este cazul
- Prezența sau absența fenomenelor de dizolvare
- Gradul de alterare
- Alte observații în funcție de obiectivul urmărit prin execuția găurii de sondă

### **Stabilirea intervalelor de probare pentru probe de laborator și alte tipuri de analize**

Pe baza datelor de cunoaștere și în funcție de obiectivul urmărit, personalul geologic este acela care decide asupra intervalelor ce urmează a fi probate, a modului de prelevare și de conservare a probelor, a prelucrării preliminare a acestora, a transportului și a tipului de analize ce urmează a se efectua.

Intervalele de probare se stabilesc după cunoașterea amănunțită a succesiunii litologice traversată de lucrările de forare a găurii de sondă.

Astfel, personalul cu calificare geologică stabilește:

- Intervalele de probare

- Modul de prelevare și conservare a probelor (parfinare, probă tulburată, probă izolată, altă metodă, etc)
- Întocmirea borderourilor al probelor care va conține: data prelevării, locul prelevării (ex.: forajul nr...., coordonatele punctului de prelevare), adâncimile de unde s-au prelevat probele, deviația găurii de sondă, ce analize se solicită (de ex: mineralogică și petrografică, fizico – chimică, fizico – mecanică, paleontologică (macro și micropaleontologică), conținut în fluide și alte tipuri de analize.

### **Probarea potrivit programelor stabilite**

După stabilirea intervalelor de probare, această operație este realizată de către personalul calificat și autorizat a executa asemenea lucrări. Probarea se va efectua conform procedurilor și standardelor, respectând normele de securitate și igienă a muncii. În corectitudinea operației de probare se are în vedere protejarea probelor spre nu fi contaminate și impurificate, în așa fel încât să nu fie influențat rezultatul analizelor, să nu fie induse erori referitoare la locul probării, etc.

### **Corelarea și interpretarea geologică a rezultatelor**

Aceasta este ultima etapă a investigării geologice asupra găurii de sondă și constă în analiza întregului set de date rezultat în urma etapelor descrise anterior. Mai mult datele de cunoaștere se vor corela cu rezultatele investigațiilor geofizice de sondă, cu descrierile litologice preliminare și se vor corecta, urmând a fi incluse noi informații din analizele de laborator. Rezultatul final este reprezentat de sinteza întregului volum de informații dispus sub formă grafică și descris cu acuratețe. În esență, aceste informații reprezintă baza întocmirii lucrărilor geologice.

#### **6.2.2. Investigarea geofizică a găurilor de sondă**

În literatura de specialitate din limba română, investigarea geofizică a găurilor de sondă se mai numește și *carotaj geofizic*. În literatura de specialitate din limba engleză, investigarea geofizică a găurilor de sondă este cunoscută sub denumirea de *geophysical well logging*.

Prima măsurătoare a unui parametru fizic într-o gaură de sondă de mică adâncime a fost efectuată de către Lord Kelvin în anul 1869. Primele măsurători geofizice sistematice și cu aparatură performantă au fost măsurătorile de carotaj electric (E log) și au fost realizate în anul 1927 de către frații Schlumberger. În continuare aceștia au pus la punct o multitudine de măsurători geofizice în gaura de sondă ce au constat în măsurători electrice, termice, acustice, de variație a diametrului găurii de sondă, măsurători chimice și de radioactivitate.

#### **Funcțiile investigării geofizice a găurii de sondă**

Măsurătorile proprietăților fizice ale scoarței terestre în găurile de sondă constau în:

- Determinarea rezistivității aparente a formațiunilor geologice influențate de prezența fluidului de foraj;
- Determinarea rezistivității reale a rocilor și a fluidelor pe care acestea le conțin
- Determinarea porozității formațiunilor geologice
- Măsurarea radioactivității naturale și a celei induse a formațiunilor geologice
- Evaluarea conținutului în argilă a diverselor formațiuni geologice
- Determinarea variației diametrului găurilor de sondă
- Măsurarea temperaturii formațiunilor geologice



- Măsurarea vitezei de curgere a fluidelor în gaura sondă
- Evaluarea conținutului în gaze
- Măsurarea înclinării stratelor și a deviației găurilor de sondă

În linii generale principalele metode de investigare geofizică a găurilor de sondă sunt:

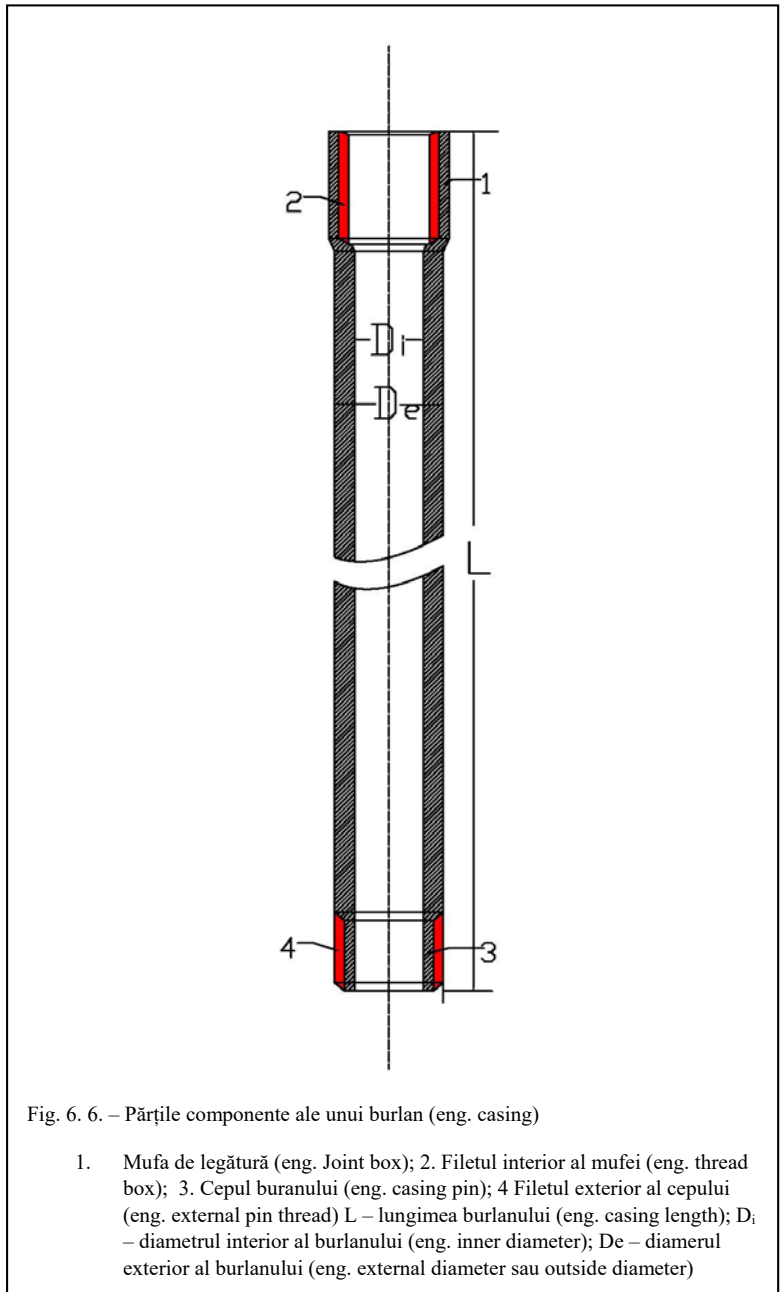
Carotajul electric (eng. electrical well logging)

Metodele electrice de investigare geofizică a găurilor de sondă sunt reprezentate de potențialul spontan (PS), rezistivitatea aparentă ( $\rho_a$ ), rezistivitatea reală ( $\rho_r$ ) și laterolog sau rezistivitatea cu dispozitivul lateral.

Potențialul spontan (Spontaneous potential) PS

Se execută în gaură liberă și măsoară schimbarea de polaritate a cîmpului electric al pământului. Pe baza interpretării geologice a măsurătorilor fizice oferite de această metodă se determină:

- Sucesiunea litologică traversată de foraj
- Grosimea stratelor
- Conținutul în argilă
- Unele proprietăți fizice și chimice ale formațiunilor geologice



Rezistivitatea aparentă (dispozitivul scurt – eng. Short Normal Resistivity)

Măsurătorile se execută în gaură liberă, iar interpretarea geologică a datelor pune în evidență:

- Litologia formațiunilor traversate
- Grosimea stratelor
- Conținutul în argilă

Rezistivitatea reală (dispozitivul lung – eng. Long Normal Resistivity)

Măsurătorile de rezistivitate cu dispozitivul lung se execută de asemenea în gaură liberă, iar interpretarea rezultatelor evidențiază:

- Litologia formațiunilor traversate în timpul procesului de foraj
- Grosimea stratelor geologice
- Conținutul în argilă

- Porozitatea totală a formațiunilor geologice
- Porozitatea efectivă a formațiunilor geologice

*Rezistivitatea – dispozitivul lateral (laterolog- eng. lateral 6 ft.)*

Investigațiile se execută în gaură de sondă netubată. Această metodă a carotajului electric pune în evidență:

- Litologia formațiunilor geologice traversate
- Conținutul în argilă

#### Cavernometria (eng. Caliper log)

Este o operație geofizică care se execută atât în gaură de sondă netubată cât și în cele tubate. Interpretarea rezultatelor scote în evidență:

- Variația diametrului găurilor de sondă și a volumelor acestora
- Aprecierea cantităților și luarea unor decizii tehnice în ceea ce privește construcția puțurilor forate cum ar fi cantitățile de ciment necesar, volumele de materiale filtrante, poziția centrilor, etc
- Verificarea integrității puțurilor tubate, în special verificarea integrității coloanelor

#### Carotajul radioactiv

Investigarea geofizică a găurilor de sondă prin metode radioactive include următoarele operații:

- Carotajul gamma natural,
- Carotajul gamma – gamma
- Carotajul neutron – gamma
- Carotajul neutron – neutron

#### *Carotajul gamma natural (eng. gamma ray log)*

Operația se execută în găuri de sondă netubate, dar poate fi executată și în găuri de sondă tubate. Măsurătorile geofizice în cuprinsul acestei metode măsoară radioactivitatea naturală a rocilor, iar interpretarea rezultatelor evidențiază:

- Litologia formațiunilor traversate
- Grosimea stratelor geologice
- Conținutul în argilă

#### *Carotajul gamma – gamma (eng. Density log)*

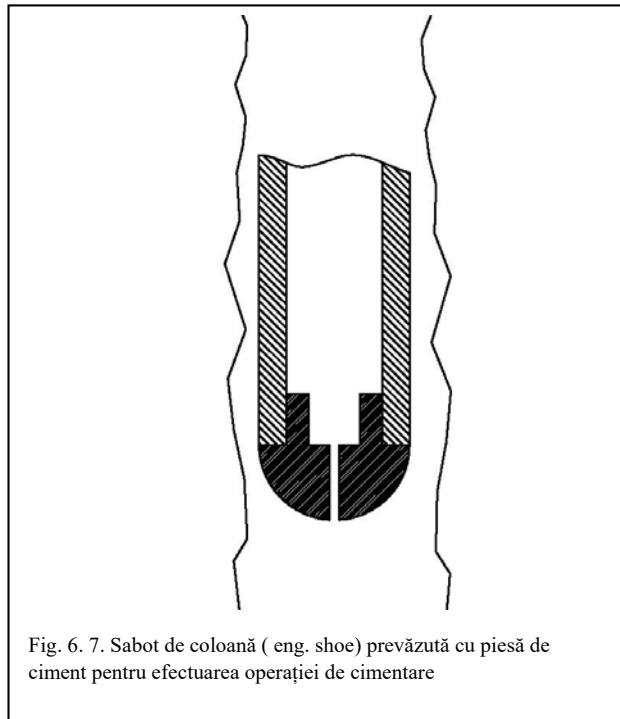
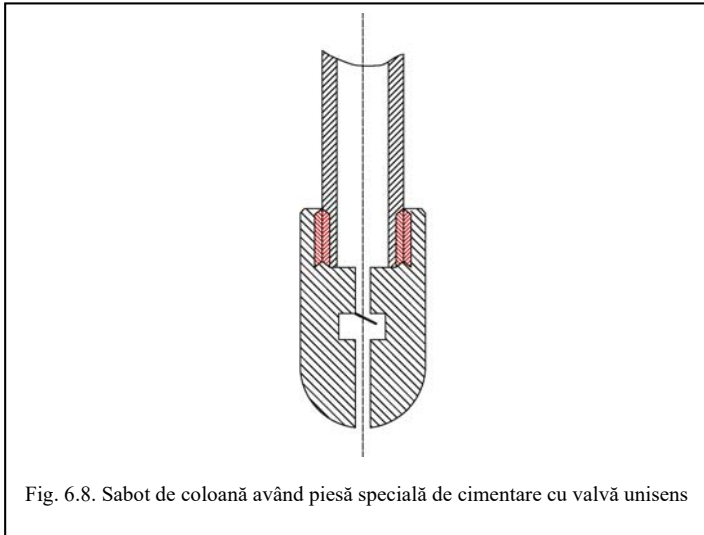


Fig. 6. 7. Sabot de coloană ( eng. shoe) prevăzută cu piesă de ciment pentru efectuarea operației de cimentare



Este o metodă a carotajului radioactiv executată în gaura de sondă, în care rocile sunt bombardate cu o radiație gamma, iar răspunsul recepționat este tot o radiație gamma. Această operație geofizică mai poartă denumirea de carotaj de densitate. Interpretarea rezultatelor pune în evidență următoarele:

- Litologia formațiunilor geologice
- Densitatea stratelor geologice

*Carotajul neutron – gamma (eng. gamma ray - neutron log)*

În cuprinsul acestei investigații rocile sunt bombardate de la o sursă cu o radiație neutronică, iar răspunsul este o radiație gamma. Intensitatea răspunsului este invers proporțională cu prezența atomilor de hidrogen. Interpretarea rezultatelor se concretizează în:

- Aprecierea litologiei rocilor traversate de foraj
- Determinarea porozității formațiunilor geologice

*Carotajul neutron - neutron sau carotajul neutronic (eng. neutron – neutron log)*

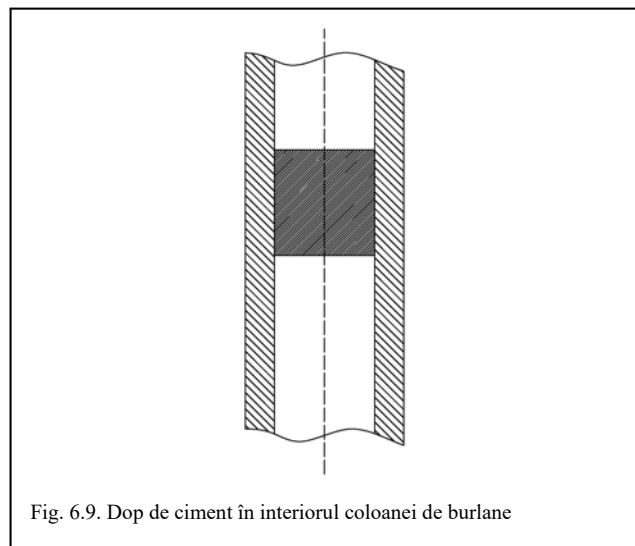
Această metodă constă în bombardarea formațiunilor geologice cu o radiație neutronică, iar răspunsul captat de aparatura de investigare este tot o radiație neutronică. Interpretarea rezultatelor este focalizată pe:

- Determinarea porozității
- Determinarea conținutului în fluide din porii rocilor

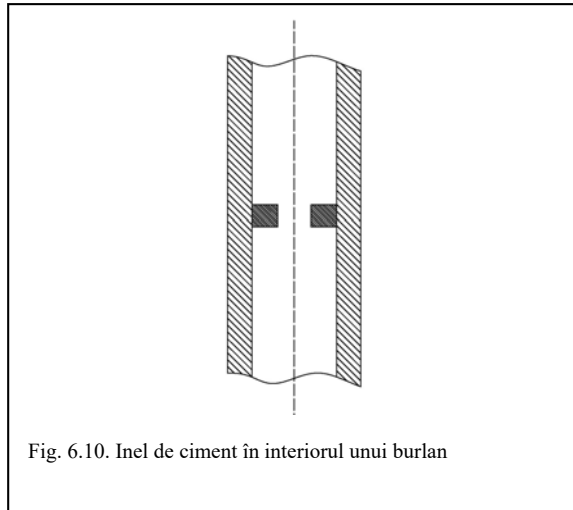
*Carotajul termic sau termometria (eng. temperature log)*

Este o metodă geofizică de investigare a găurilor de sondă și a puțurilor forate (gaură de sondă tubată). Măsoară variația temperaturii în intervalele de adâncime investigate. Interpretarea rezultatelor se regăsește în:

- Evidențierea variațiilor de temperatură în lungul găurii de sondă
- Sursa migrării fluidelor în gaura de sondă
- Corectitudinea cimentării spațiului inelar dintre pereții găurii de sondă și exteriorul coloanelor tubate



*Carotajul acustic (eng. sonic log)*



Carotajul acustic reprezintă o metodă geofizică executată atât în gaură liberă cât și în găurile tubate. Interpretarea rezultatelor scoate în evidență:

- Litologia formațiunilor traversate;
- Porozitatea totală a rocilor
- Cimentarea spațiilor inelare dintre pereții găurii de sondă și coloanele tubate. Carotajul sonic pentru verificarea cimentării se mai numește și CBL ( eng. Cement Bond Log)

Flowmetria (eng. Flowmeter log)

Aceasta este o investigație ce poate fi realizată atât în găuri tubate, cât și gaură liberă. Constă în măsurarea parametrilor curgerii fluidelor din găurile de sonde și din puțurile forate. Interpretarea rezultatelor se cuantifică în:

- Evidențierea sursei migrării fluidelor în gaura de sondă
- Determinarea vitezei de curgere a fluidelor în gaura de sondă

Pandajmetria (eng. Deepmeter log)

Este acea metodă geofizică prin care se măsoară în clinarea stratelor în gaura de sondă. Interpretarea măsurătorilor are drept rezultat final:

- Determinarea direcției și înclinării stratelor geologice

Carotajul de deviație (eng. Directional survey)

Prin această metodă se pune în evidență deviația găurilor de sondă în timpul procesului de forare. Este executat atât în gaură liberă, cât și în gaură tubată.

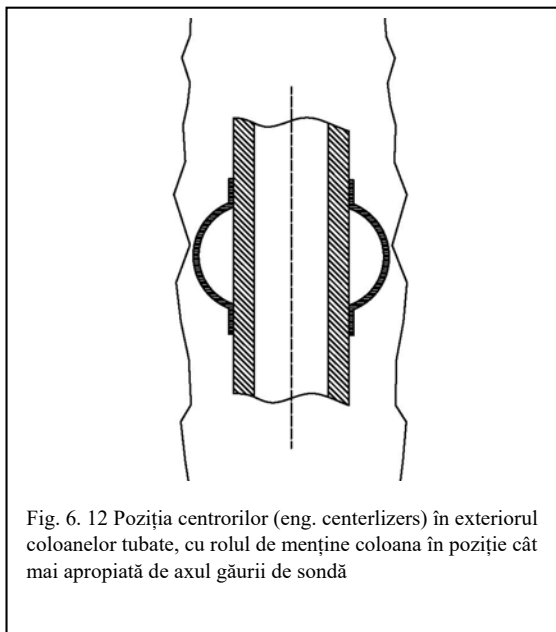
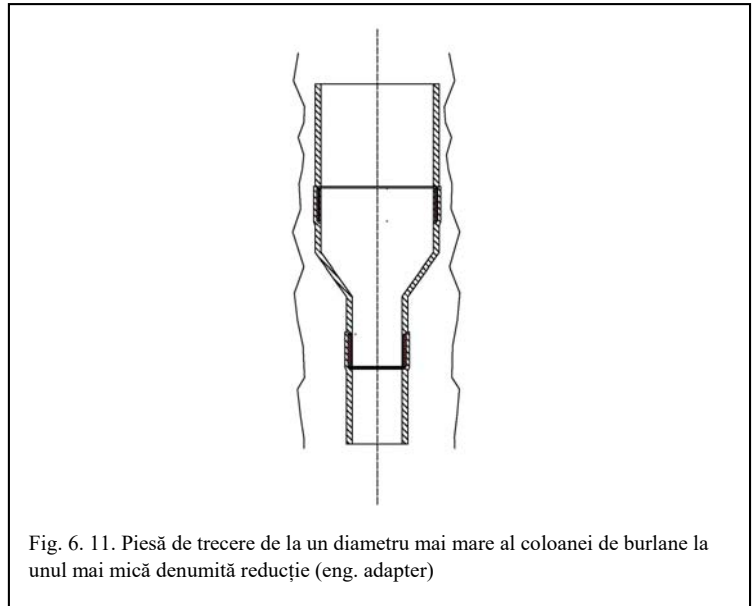
## CONSTRUCȚIA PUȚURILOR FORATE

### CONSTRUCTION OF THE WELLS

Execuția puțurilor forate presupune o succesiune de faze care de regulă se execută fără întrerupere. Fazele determinante în procesul de construcție sunt următoarele:

1. Proiectarea geologică și tehnică
2. Alegerea amplasamentului

3. Aducerea echipamentelor și a celei mai mari părți dintre materialele necesare
4. Pregătirea locației pentru începerea lucrărilor de foraj
5. Forarea găurilor de sondă inclusiv carotajul mecanic dacă este cazul
6. Investigarea geologică a găurilor de sondă în cursul procesului de foraj, alegerea intervalelor de probare, prelevarea probelor, analiza probelor, etc. și luarea deciziilor adecvate pentru continuarea sau oprirea lucrărilor de foraj, inclusiv alte decizii referitoare la procesul de foraj
7. După forarea găurii de sondă urmează operațiunile de investigare geofizică
8. Având rezultatele investigațiilor geologice și geofizice se realizează programul de construcție al puțului care include următoarele etape:
  - 8.1. Instalarea coloanelor de burlane sau tuburi, inclusiv a coloanelor filtrante dacă este cazul
  - 8.2. Cementarea spațiilor inelare dintre coloanele tubate și pereții găurilor de sondă sau umplerea spațiilor inelare cu materiale filtrante și cimentare în cazul puțurilor de apă sau a celor de cercetare hidrogeologică
  - 8.3. Punerea în producție a puțurilor forate. Punerea în producție în cazul puțurilor de petrol și dezvoltarea în cazul puțurilor de apă
  - 8.4. Curățarea și pregătirea pentru testare a puțurilor



- 8.5. Testarea hidrodinamică a puțurilor
- 8.6. Punerea în exploatare a puțurilor
9. În cazul forajelor de cercetare geologică sau altor lucrări de forare agăurilor de sondă care nu necesită tubare și alte operații specifice, după finalizarea lucrărilor și a investigațiilor se procedează pentru protecția mediului geologic la cimentarea lucrării de foraj de la talpă la suprafață. În cazul puțurilor tubate care sunt în conservare acestea sunt protejate, sunt închise cu diferite sisteme, cele cu presiuni ridicate au prevenitoare de erupție, etc.
10. În oricare dintre situații după finalizarea lucrărilor de forare și de construcție a puțurilor forate, locațiile sunt curățate și readuse la stadiul existent înainte de începerea operațiilor.

## TUBAREA GĂURILOR DE SONDĂ

Tubarea găurilor de sondă constă în operațiunea de instalare a coloanelor formate din burlane sau după caz a coloanelor formate din burlane și filtre, în scopul consolidării acestor lucrări, a desfășurării activităților specifice de testare și exploatare și pentru izolarea formațiunilor geologice între ele.

În ceea ce privește exploatarea prin intermediul puțurilor forate pot fi puse în producție și valorificate nu numai substanțele minerale fluide (apă, petrol, gaze combustibile și necombustibile), dar și substanțe minerale solide cum este cazul sării, sulfului sau cărbunilor care sunt transformate în fluide prin dizolvare sau gazeificare.

### **1. Funcțiile tubării găurilor de sondă**

Amplasarea coloanelor de burlane în găurilor de sondă are importanță deosebită din următoarele motive:

- evită prăbușirea pereților găurii de sondă
- izolează diferite tronsoane din crusta terestră, pentru a testa sau exploata numai zona care prezintă interes
- izolează unele zone din crustă pentru a evita contaminarea acesteia în urma activităților de testare sau de exploatare
- contribuie la cimentarea anumitor intervale din adâncime sau a spațiilor inelare
- asigură captarea fluidelor din roci
- reprezintă calea de transport a fluidelor din rocile colectoare înspre suprafață
- constituie suport pentru fixarea altor coloane mai adâci
- au rolul fixării preventivoarelor de erupție în vederea controlării presiunilor înalte și foarte înalte a fluidelor din sondă

### **2. Componentele coloanelor de burlane**

Coloane tubate sunt constituite din îmbinarea burlanelor (eng. casing). Luat ca element separat un burlan în cea mai mare dintre situații se compune din corpul burlanului care este de formă cilindrică și este constituit (fig. 6. 6) din diferite materiale cum ar fi oțel carbon, oțel inoxidabil, plastic de diferite categorii, azbociment, etc. Piese de îmbinare ale unui burlan sunt reprezentate de mufe (eng. box) și de cepuri (eng. pin). În afară de calitatea materialului din care sunt formate burlanele mai au și diferite grosimi de perete (diferența dintre diametrul exterior și cel interior) care se aleg în funcție de rezistența care trebuie să o suporte la diferite presiuni laterale, la compresiune și tracțiune, alte acțiuni mecanice, etc.



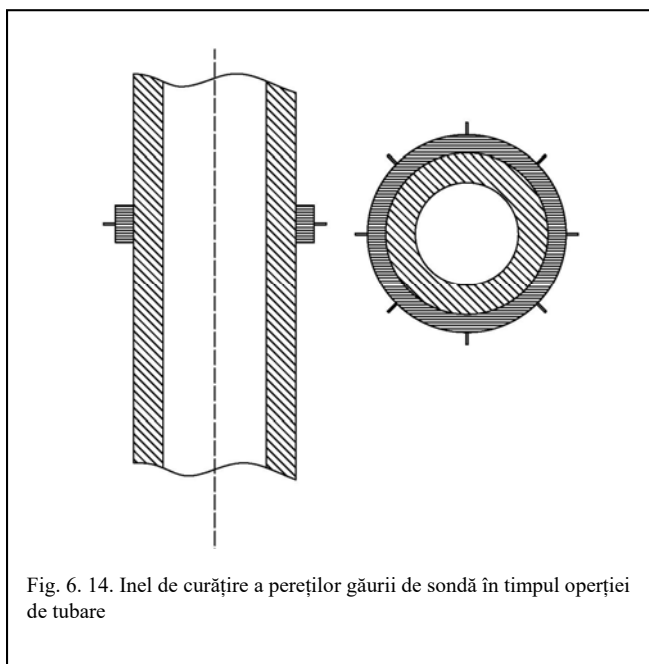


Fig. 6. 14. Inel de curățire a pereților găurii de sondă în timpul opoerției de tubare

Partea finală a coloanei tubate poartă denumirea de sabot sau șiu (eng. shoe). Acesta poate fi din ciment prevăzut cu un orificiu pentru cimentare (fig. 6.7), pot avea piese speciale de cimentare cu valve unisens (fig. 6.8), poate fi burlan deschis, iar cimentarea se realizează prin țevi introduse în spațiul inelar dintre burlane sau sabotul poate fi de tipul burlanelor închise de regulă sub formă conică, etc.

În interiorul lor, burlanele pot avea diferite piese cum sunt dopurile de ciment (fig. 6. 9), inelele de ciment (fig. 6.10) sau diferite packere pentru testarea și probarea separată a diferitelor intervale de adâncime, etc.

Pe aceeași coloană tubată, diametrul poate varia. Astfel trecerea de la un diametru la alt diametru se realizează prin intermediul unor

piese de trecere (fig. 6. 11) numite reducții (eng. adapters).

În exteriorul lor burlanele mai pot avea atașate piese ajutătoare cum sunt (fig. 6. 12 și 6. 13) centrorii (eng. centralisers.) sau (fig. 6.14) inelele de curățire a găurii de sondă (eng. outside ring)