



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2014 00387

(22) Data de depozit: 25.11.2011

(41) Data publicării cererii:
30.12.2014 BOPI nr. 12/2014

(86) Cerere internațională PCT:
Nr. CA 2011/001308 25.11.2011

(87) Publicare internațională:
Nr. WO 2013/075206 30.05.2013

(71) Solicitant:
• ARCHON TECHNOLOGIES LTD.,
SUITE 1100, 332-6TH AVENUE S.W.,
CALGARY, ALBERTA, CA

(72) Inventatori:
• AYASSE CONRAD, 3931 POINT MCKAY
ROAD N.W., CALGARY, ALBERTA, CA

(74) Mandatar:
CABINET M.OPROIU - CONSILIERE ÎN
PROPRIETATE INTELLECTUALĂ S.R.L.,
STR.POPA SAVU NR.42, PARTER,
SECTOR 1, BUCUREȘTI

(54) PROCEDEU DE EXTRAȚIE A ȚIȚEIULUI PRIN ÎMPINGERA
LINIARĂ ÎN PUȚURI ORIZONTALE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de extracție a țițeiului dintr-un zăcământ, prin combustie subterană sau prin injecție de abur, sau a unui solvent gazos, prin niște sonde de injecție, și extracția țițeiului prin niște sonde de reacție. Procedeu conform invenției, în cazul extracției țițeiului prin combustie subterană, cuprinde injectarea inițială a unui gaz prin cel puțin o sondă orizontală, amplasată sus în formațiune, și extracția gazului de combustie și a țițeiului separate și drenate gravitațional prin alte sonde orizontale, paralele și decalate lateral, care sunt amplasate jos în formațiune, în care exploatarea zăcământului se face prin conversia secvențială a sondelor de producție în sonde de injecție, într-un mod de funcționare în care sondele orizontale sunt amplasate în linie dreaptă.

Revendicări: 25

Figuri: 13

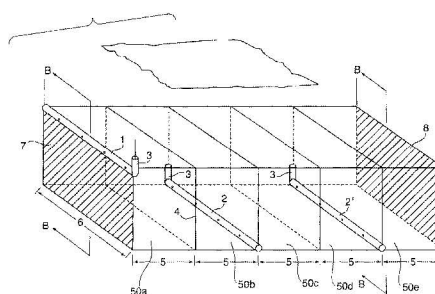


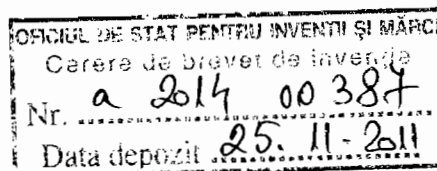
Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



PROCEDEU DE EXTRAȚIE A PETROLULUI CU SONDE ORIZONTALE AMPLASATE ÎN LINIE DREAPTĂ

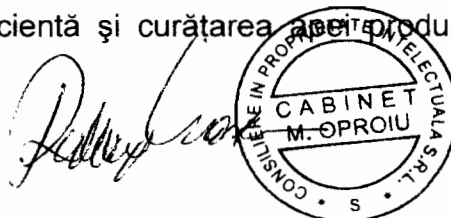
DOMENIUL INVENȚIEI



Prezenta invenție se referă la un procedeu de extracție a petrolului, și mai exact la un procedeu de extracție a petrolului din zăcăminte de hidrocarburi subterane, folosind sonde orizontale.

STADIUL TEHNICII ÎN DOMENIUL INVENȚIEI

Procedee de extracție a petrolului pe bază de aburi sunt utilizate în mod obișnuit pentru a recupera petrol vâscos și bitum rece. De exemplu, drenajul-gravitațional-stimulat-cu-abur (SAGD) și injectarea ciclică de abur sunt folosite pentru extracția de petrol vâscos și bitum rece. Când petrolul este mobil ca petrol nativ sau devine mobil prin unele pre-tratamente in situ, procedeele de stimulare cu abur pot fi de asemenea utilizate. Un dezavantaj serios al procedeelelor cu abur este ineficiența generării aburului la suprafață, deoarece o cantitate considerabilă de căldură generată de combustibil se pierde fără a furniza căldura utilă în zăcământ. Roger Butler, în cartea sa 'Thermal Recovery of oil and Bitumen', pag. 415, 416, estimează eficiența termică la fiecare etapă a procedeeului cu injecție de abur, după cum urmează: generator de abur, 75-85%; transmitere la sondă, 75-95%; flux descendent în sondă până la zăcământ, 80-95%; flux în zăcământ până la frontul de condensare, 25-75%. Este necesar să se mențină zăcământul între injector și frontul de condensare mobil la temperatura aburului, astfel încât transferul major de energie să poată avea loc de la condensarea aburului la suprafața petrolului. În concluzie, 50% sau mai mult din energia combustibilului poate fi pierdută înainte să ajungă căldura la suprafața petrolului. Costurile energetice bazate pe BTU în zăcământ sunt de 2,6 - 4,4 ori mai mici pentru injectarea de aer comprimat în comparație cu injectarea de abur. Multe alte dezavantaje apar cu procedeele de extracție a petrolului bazate pe folosirea aburului: gazele naturale pot să nu fie disponibile pentru arderea la cazanele de abur, apa proaspătă poate fi insuficientă și curățarea apei produse



pentru reciclarea la cazane este costisitoare. În rezumat, procedeele de extracție a petrolului pe bază de abur sunt ineficiente din punct de vedere termic, costisitoare și dăunătoare mediului.

Există multe sisteme de amplasare a sondelor care pot fi utilizate pentru extracția de petrol din zăcăminte subterane. Unele dintre acestea folosesc sonde verticale sau combină sonde verticale și orizontale. Exemple de procedee de aplicare a sistemelor de amplasare sunt sistemele de amplasare de sonde grupate în formă de 7 răsturnat care au fost utilizate pentru procedee bazate pe abur sau pe combustie și solvent, utilizând sonde verticale, și sistemul de amplasare de sonde orizontale dispuse în zigzag din brevetul US 5,273,111 care a folosit (dar s-a limitat la) un procedeu care utilizează injecția de abur.

Brevetul US 5,626,191 dezvăluie un procedeu repetitiv, numit cu injecție de aer "aval-către-amonte" (THAI^{TM1}), în care o sondă orizontală este transformată ulterior într-o sondă de injecție de aer pentru a ajuta la mobilizarea petrolului pentru extracția printr-o sondă orizontală adiacentă, care este apoi, de asemenea, transformată într-o sondă de injecție de aer, și procedeu este repetat.

Brevetul US 6,167,966 utilizează un procedeu de injecție a apei în zăcământ, folosind o combinație de sonde verticale și orizontale.

Brevetul US 4,598,770 (Shu și col., 1986) dezvăluie un procedeu de extracție a petrolului prin stimulare cu abur, în care sonde orizontale de injecție și sonde orizontale de producție sunt amplasate toate, în mod alternativ, în partea de jos a unui zăcământ. Procedee de combustie in situ nu sunt avute în vedere.

Joshi în Joshi, S.D., "A Review of Thermal oil Recovery Using Horizontal wells", *in Situ*, 11 (2 & 3), 211-259 (1987), dezvăluie un procedeu de extracție a petrolului Bazat pe abur, utilizând un sistem de amplasare de sonde de injecție și de producție orizontale alternante și decalate vertical. O preocupare majoră este pierderea mare de căldură la dislocarea acoperișului de rocă atunci când aburul este injectat în partea superioară a zăcământului.

Brevetul US 5,273,111 (Brannan și col., 1993) dezvăluie un procedeu de

THAITM este o marcă înregistrată de ARCHON Technologies Ltd., din Calgary, Alberta, pentru "Servicii de extracție de petrol, și anume, extracția de petrol din formațiuni subterane prin tehnici de combustie in-situ și metodologii și catalizatori de îmbunătățire"

amplasare a sondelor care folosesc abur pentru extracția de petrol mobil dintr-un zăcământ de petrol. Un sistem de sonde orizontale amplasate în linii paralele sunt utilizate cu injectoare de abur. Tronsoanele orizontale ale sondelor de injecție sunt plasate în zăcământ deasupra tronsoanelor orizontale ale sondelor de producție, cu tronsoanele orizontale ale sondelor de producție fiind forate în zăcământ într-un punct situat între baza zăcământului și mijlocul zăcământului. Aburul este injectat în mod continuu prin sondele de injecție de deasupra, în timp ce petrolul este extras prin sondele de producție de dedesubt. Procedeele de combustie in situ nu sunt menționate.

Brevetul US 5,803,171 (McCaffery și col., 1998) dezvăluie o îmbunătățire a brevetului lui Brennan în care este utilizată stimularea cu abur ciclic pentru a realiza o comunicare între injector și sonda productivă înainte de aplicarea injecției de abur în mod continuu. Procedeele de combustie in situ nu sunt menționate.

Brevetul US 7,717,175 (Chung și col., 2010) dezvăluie un procedeu pe bază de solvent, utilizând scheme de amplasare de sonde orizontale în care sunt amplasate sonde paralele, mai sus și mai jos în mod alternativ, într-un zăcământ, în care sondele superioare sunt utilizate pentru extracția de petrol subțiat cu solvent iar sondele inferioare, pentru injectarea de solvent. Amestecul petrol-solvent provocat de gravitație este produs de curgerea în contra-curent a petrolului și solventului. Sondele sunt prevăzute cu dispozitive de control al debitului pentru a realiza profiluri uniforme de injecție și de producție de-a lungul găurilor de sonde. Dispozitivele compensează căderea de presiune de-a lungul găurilor de sonde care poate provoca o distribuție neuniformă a fluidelor în gaura de sondă și reducerea eficienței extracției zăcământului. Procedeele de combustie in situ nu sunt menționate.

WO/2009/090477 (Xiai și Mauduit, 2009) dezvăluie procedeu de amplasare a sondelor cu combustie in situ, în care o serie de sonde verticale, care sunt finalizate în partea de sus sunt plasate între sonde de producție orizontale, care sunt amplasate de obicei deasupra unui strat acvifer. Acest aranjament de sonde se pretinde a fi utilizabil pentru producția de petrol în prezența unui strat acvifer.

Cererea de brevet US 2010/0326656 (Menard, 2010) dezvăluie un procedeu de amplasare a sondelor cu abur care implică utilizarea de sonde de injecție și de

producție orizontale alternative, în care zone izolate de ieșire și de pătrundere de fluid sunt create de-a lungul găurilor sondelor respective pentru a realiza o exploatare omogenă a zăcământului. Găurile sondelor alternative pot fi în același plan vertical sau alternând între partea inferioară și partea superioară a zăcământului, ca în brevetul US 5,803,171. Vaporii calzi sunt injectați în sondele superioare (de exemplu, Abur).

Eficiență îmbunătățită, timp scurtat la recuperarea investițiilor inițiale (adică, debite de extracție a petrolului inițial mai rapide, pentru a permite recuperarea într-un timp mai scurt a capitalului investit), și scăderea costurilor de capital inițial, în diferite stadii, sunt fiecare în domeniul procedeelor de mai sus, care pot fi îmbunătățite.

DESCRIEREA PE SCURT A INVENȚIEI

Un procedeu ideal de extracție a petrolului, pentru exploatarea de petrol dintr-un zăcământ subteran care are o eficiență de extracție ridicată, folosește un injectant gratuit (fără nici un cost) și disponibil la infinit, nu necesită combustibil achiziționat, generează căldură exact acolo unde este nevoie, la suprafața petrolului, și captează căldura din zăcământul în care a fost folosită o încălzire a unui zăcământ. În plus, un ritm ridicat al producției de petrol, în special în faza inițială de exploatare, este decisivă pentru viabilitatea și/sau profitabilitatea unui procedeu de extracție a petrolului.

Prezenta invenție, procedeu de amplasare în linie dreaptă a sondelor orizontale pentru extracția de petrol din zăcăminte subterane conținând hidrocarburi, are două avantaje față de configurația de amplasare "Sonde în Zigzag" pentru extracția de petrol, ultimul fiind un procedeu ne-public de extracție de petrol conceput de inventatorul celui de față și prezentat mai pe larg în cele ce urmează, care procedeu "Sonde în Zigzag" este în multe privințe el însuși o îmbunătățire, în anumite privințe și în anumite stadii, față de procedeele și configurațiile din stadiul tehnicii, menționate mai sus.

În mod specific, pentru o zonă exploatată volumetric comparabil și extracție cumulativă totală de petrol identică în ceea ce privește un zăcământ subteran (formațiune) conținând hidrocarburi, procedeul de amplasare în linie dreaptă a

sondelor orizontale (denumit în continuare "HWLD"), conform prezentei invenții, s-a demonstrat experimental, așa cum este prezentat în cele de față, că asigură o viteză inițială de extracție a petrolului mai mare decât procedeul cu "Sonde în Zigzag", prezentat în cele de față. Astfel, se poate obține o recuperare mai rapidă a capitalului investit inițial de către companiile petroliere care suportă cheltuieli mari în cursul lucrărilor de exploatare a zăcămintelor subterane. Acesta este un avantaj semnificativ, deoarece investițiile pentru exploatarea zăcămintelor de petrol sunt foarte mari, iar timpul în care se poate realiza o recuperare a investițiilor este adesea un aspect foarte real și substanțial de luat în considerare dacă investiția într-un astfel de proiect de capital este făcută vreodată într-un loc pentru prima dată.

În plus, procedeul de amplasare în linie dreaptă a sondelor orizontale, conform prezentei invenții, pentru o zonă exploatată comparabilă volumetric și o cantitate totală aproape identică de petrol recuperat, a fost demonstrat experimental că necesită mai puține sonde decât configurația de "Sonde în Zigzag" reducând, astfel, în mod semnificativ cheltuielile de investiții pentru o companie de petrol pentru a exploata și a produce petrol dintr-o formațiune subterană conținând hidrocarburi.

Prin urmare, cu titlu de rezumat general, într-o variantă extinsă a procedurii de extracție a petrolului HWLD, conform prezentei invenții, o primă sondă orizontală este forată la înălțime într-un zăcământ subteran care conține hidrocarburi, și un mediu, cum ar fi un gaz, este injectat în zăcământ prin perforații într-un liner de sondă prevăzut în această primă sondă orizontală. Petrolul, apa și gazul sunt co-extrase printr-o a doua sondă orizontală, vecină, paralelă, laterală, forată în partea de jos a zăcământului. Când debitul de petrol la a doua sondă orizontală (de producție) scade sub o limită economică, o a treia sondă orizontală paralelă este forată în partea de jos a zăcământului, distanțată lateral față de a doua sondă orizontală, și utilizată pentru extracția de petrol, în timp ce, în același timp, a doua sondă orizontală (inițial o sondă de producție) este transformată într-o sondă de injecție, și, astfel, gazele sunt de asemenea injectate în formațiune prin această a doua sondă orizontală, astfel încât frontul de combustie să fie alimentat în continuu cu gazul oxidant pentru a permite avansarea continuă a frontului de combustie și, astfel, încălzirea continuă a petrolului din fața frontului de combustie al fazei mobile,

care se scurge în jos și este colectat prin sondele orizontale forate în partea de jos a zăcământului din formațiunea vecină (sau cel puțin mai joasă) a frontului de combustie al fazei mobile. Etapele de forare în continuare de sonde separate, distanțate lateral, orizontale, paralele, jos în formațiune, și transformarea succesivă a sondelor de extracție 'epuizate' în sonde de injecție, pentru a recupera în continuare petrolul din sondele de producție rămase, se continuă pe o direcție substanțial liniară de-a lungul zăcământului pentru a exploata zăcământul într-o singură direcție ca un 'procedeu-de-amplasare-în-linie-dreaptă' care atinge o eficacitate înaltă de exploatare a zăcământului. Injecțantul, dacă este un gaz, poate fi un gaz solvent cum ar fi CO₂ sau hidrocarburi ușoare sau amestecuri ale acestora, abur sau un gaz oxidant, cum ar fi oxigen, aer sau amestecuri ale acestora. Alternativ, injecțantul poate fi orice amestec de solvenți, abur sau gaz oxidant. Un exemplu de realizare favorabil utilizează aburul ca injecțant și exemplul de realizare cel mai favorabil utilizează gaz oxidant ca mediu injectat.

Când procedeul utilizează ca injecțant un gaz oxidant și combustia în situ, îndeplinește cerințele comerciale de cheltuieli energetice relativ reduse și cheltuieli de exploatare reduse prin furnizarea unui procedeu nou și eficient de extracție a hidrocarburilor dintr-o formațiune subterană care conține petrol foarte fluid.

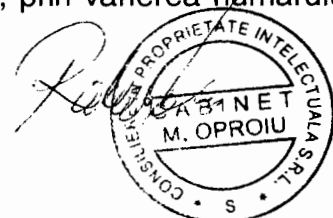
Distanța între sondele productive orizontale paralele și decalate, precum și lungimile sondelor, vor depinde de proprietățile specifice zăcământului și pot fi optimizate în mod corespunzător de către un inginer competent de exploatare a zăcământului. Distanța laterală dintre sondele orizontale poate fi de 25-200 de metri, de preferință 50-150 metri și cel mai preferabil 75-125 metri. Lungimea tronsoanelor sondelor orizontale poate fi de 50-2000 de metri, de preferință, de 200 - 1000 metri și, cel mai preferabil, de 400-800 metri.

Într-un zăcământ omogen folosind procedeul conform prezentei invenții, este benefic pentru exploatarea cu mare eficiență a zăcământului să se furnizeze injecțantul egal la fiecare perforație din linerul sondei de injecție și să se asigure debite egale de intrare a fluidului la fiecare perforație la fiecare perforație a linerului sondei de producție. Având în vedere că sondele orizontale au de obicei un "aval" la sfârșitul tronsonului orizontal, și un "amonte" unde tronsonul orizontal se îmbină cu

tronsonul vertical, într-o îmbunătățire a prezentei invenții, se preferă să se foreze sonde orizontale, astfel încât amonteale sondei de injecție (injecția) să fie vizavi de avalul sondei de producție (extracție) adiacentă distanțată lateral, astfel încât "scurtcircuitarea" gazului între sondele injectoare și productive să fie redusă la minimum. Scurtcircuitarea se produce, de altfel, deoarece punctul de cea mai înaltă presiune în sonda injectoare este la amonte, de unde, de obicei, se produce o cădere de presiune pe măsură ce injectantul este pompat sub presiune și curge de-a lungul piciorului orizontal de la amonte spre aval. În schimb, punctul de cea mai înaltă presiune la o sondă producătoare (de producție) este la aval, deoarece gazul și petrolul sunt extrase de obicei de la amonte. Prin urmare, este de preferat ca amonteale sondei injectoare să fie opus avalului sondei de producție adiacente, astfel încât gazul cu presiune înaltă (de obicei încălzit) să fie forțat să se deplaseze pe o distanță mai mare prin formațiune spre porțiunea cu presiune joasă de la amonteale sondei de producție adiacente.

Alternativ, ambele sonde de injecție și de producție pot fi situate cu porțiunile respective de amonte și de aval în poziție juxtapusă reciproc. În acest caz, este de preferat să se utilizeze tubinguri interne de injectare a gazului la avalul sondei de injecție, deplasând astfel sursa de înaltă presiune de la amonteale sondei de injecție spre avalul acesteia. În acest fel sursa de înaltă presiune va fi la un capăt al zăcământului opus amontelui cu presiune scăzută al sondei productive, forțând astfel gazul să se deplaseze pe o distanță mai lungă prin formațiune și, astfel, petrolul liber să fie colectat mai eficient în formațiune, astfel încât, să fie apoi deplasat și colectat prin zona de joasă presiune de la amonteale sondei productive. O astfel de configurație are avantajul de a necesita doar o singură locație de forare situată de aceeași parte a zăcământului, deoarece porțiunile verticale ale sondelor injectoare și ale sondelor productive vor fi toate de aceeași parte a zăcământului.

În plus față de utilizarea de configurații care transpun (inversează) porțiunile respective de amonte și de aval ale sondelor orizontale adiacente sau, alternativ, folosesc un tubing intern în sonda injectoare, distribuirea uniformă a gazelor pe lungimea sondei de injecție și colectarea uniformă a petrolului de-a lungul sondei productive pot fi obținute, sau îmbunătățite în continuare, prin varierea numărului și



mărimii perforațiilor de-a lungul linerului într-o sondă injectoare, pentru a echilibra căderea de presiune de-a lungul sondei. Un tubing perforat de corectare a căderii de presiune poate fi amplasat în interiorul linerului primar al sondei de injecție. Acest lucru are avantajul utilizării debitului de gaz în spațiul inelar pentru a contribui în continuare la distribuirea omogenă a gazului. Alternativ, sau în plus, metodologii similare pot fi aplicate în sondele productive pentru a colecta mai uniform petrolul fluid substanțial de-a lungul întregii lungimi a sondei productive, și a contribui la prevenirea "pătrunderii" injectantului gazos direct în sondele de producție.

Diametrul exterior al tronsoanelor linerului sondei orizontale poate fi de 4 țoli la 12 țoli, dar preferabil de 5-10 țoli și cel mai preferabil 7-9 țoli. Perforațiile din tronsoanele orizontale pot fi fante, filtre cu sârmă, obturatoare cu sită Facsrite^{™2} sau alte tehnologii care asigură gradul dorit de reținere a nisipului.

Gazul injectat poate fi orice gaz oxidant, incluzând dar fără a se limita la, aer, oxigen sau amestecuri ale acestora.

Este de dorit să se realizeze debite egale de injecție a gazului de-a lungul sondei de injecție și debite de producție de fluide egale de-a lungul sondei productive orizontale pentru a obține cea mai mare eficiență de exploatare a zăcământului și extracție uniformă. Debitul maxim la injectarea gazului va fi limitat de presiunea maximă de injectare a gazului, care trebuie menținută sub presiunea de fracturare a rocilor, și va fi afectat de lungimea sondelor orizontale, de permeabilitatea rocilor-rezervor, de saturațiile fluidelor și de alți factori.

Utilizarea unui simulator numeric, precum cel utilizat în Exemplele de mai jos, este benefică pentru confirmarea funcționalității și viabilității modelului conform prezentei invenții pentru un zăcământ specific, și a faptului că poate fi realizată cu ușurință de către inginerii de exploatare a zăcămintelor, specializați în domeniu.

Prin urmare, și în special, sub un prim aspect larg al procedului, conform prezentei invenții, un astfel de procedeu se referă la un procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, care cuprinde etapele de:

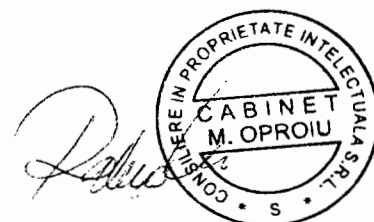
Facsrite[™] este o marcă neînregistrată a Absolute Completion Technologies pentru linere de sonde având înglobate în ele filtre pentru nisip



- (i) forarea unei prime sonde orizontale, situată relativ sus în respectivul zăcământ;
- (ii) forarea unei a doua sonde orizontale, situată relativ jos în respectivul zăcământ și aliniată substanțial paralel cu respectiva primă sondă orizontală;
- (iii) injectarea unui mediu cuprinzând un gaz, abur sau un lichid în respectivul zăcământ prin deschizături prevăzute în prima sondă orizontală menționată;
- (iv) extragerea petrolului care se scurge în jos, în respectivul zăcământ subteran, și curge prin respectiva a doua sondă orizontală, din respectiva a doua sondă orizontală;
- (v) forarea unei a treia sonde orizontale, relativ jos în respectivul zăcământ și substanțial paralelă cu respectivele prima și a doua sonde orizontale dar distanțată lateral față de acestea, distanțată lateral mai departe față de prima sondă orizontală decât față de a doua sondă orizontală;
- (vi) încetarea temporară sau permanentă a extracției de hidrocarburi din respectiva a doua sondă orizontală și procedarea la injectarea unui al doilea mediu cuprinzând un gaz, abur, sau un lichid în a doua sondă orizontală menționată; și
- (vii) extragerea petrolului care se scurge în jos, în respectivul zăcământ subteran, în cea de-a treia sondă orizontală, din respectiva a treia sondă orizontală.

Fiecare dintre respectivele a doua, a treia, și următoarele sonde orizontale forate ulterior sunt, de preferință, toate coplanare una cu cealaltă, dar nu cu prima sondă menționată, și distanțate lateral una față de cealaltă.

Pentru a face uz de aspectul de "amplasare în linie", conform invenției, și pentru a permite o exploatare a unui volum semnificativ de petrol din interiorul unui zăcământ conținând hidrocarburi de dimensiuni substanțiale, un astfel de procedeu cuprinde în continuare etape repetate suplimentar pentru a permite o "exploatare" progresivă într-o direcție în general liniară de-a lungul respectivei formațiuni, cuprinzând etapele suplimentare de:



forare succesivă de sonde orizontale în partea de jos a zăcământului respectiv, în mod substanțial paralele și substanțial coplanare cu a treia sondă orizontală dar distanțate lateral față de aceasta și unele față de altele; și

transformarea succesivă a penultimelor sonde, dintre sondele orizontale suplimentare menționate, din câte o sondă de producție în câte o sondă de injecție pentru injectarea respectivului gaz, abur, sau un lichid, astfel încât să determine petrolul din respectivul zăcământ să treacă din interiorul zăcământului menționat în jos într-o ultima dintre sondele suplimentare orizontale menționate.

Într-un exemplu de realizare preferat, primul mediu și al doilea mediu sunt unul și același mediu. Într-o altă variantă preferată, mediul este un gaz care este solubil în petrol. Alternativ, mediul este un gaz, și anume CO₂, hidrocarburi ușoare, sau amestecuri ale acestora.

În încă un exemplu de realizare preferat, un astfel de mediu cuprinde oxigen gazos, aer, sau amestecuri ale acestora, în scopul provocării combustiei in situ, și acest procedeu cuprinde în continuare, după etapa (iii), etapa de aprindere a hidrocarburilor din zăcământ într-o zonă din apropierea primei sonde orizontale, și extragerea petrolului și a produselor de ardere din formațiunea subterană prin cea de-a doua sondă și/sau simultan sau ulterior prin cea de-a treia sondă. Etapa de aprindere a hidrocarburilor și de extracție a petrolului și a produselor de ardere, prin intermediul celei de-a doua sonde orizontale și/sau a celei de-a treia sonde orizontale determină un front de combustie să se deplaseze lateral de la prima sondă orizontală menționată în direcția respectivelor a doua și a treia sonde orizontale, încălzind astfel petrolul în respectivul zăcământ și determinând petrolul menționat să se scurgă în jos pentru a fi colectat prin respectivele a doua și/sau a treia sonde orizontale.

Prin urmare, într-o cea mai preferată variantă de realizare a procedurii HWLD, conform prezentei invenții, de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, acest procedeu cuprinde:

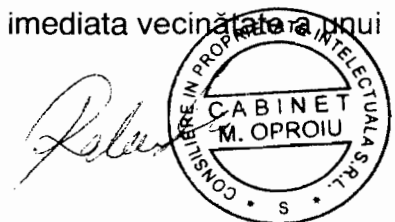
- (i) forarea unei prime sonde orizontale relativ sus în zăcământul menționat, având o multitudine de deschizături de-a lungul unei lungimi a respectivei prime sonde;



- (ii) forarea unei a doua sonde orizontale, situată relativ jos în respectivul zăcământ și substanțial paralelă cu respectiva primă sondă orizontală;
- (iii) injectarea unui gaz oxidant în prima sondă orizontală menționată și în respectivul zăcământ prin deschizăturile menționate ale acesteia, în scopul desfășurării combustiei in situ în respectivul zăcământ;
- (iv) aprinderea hidrocarburilor în zăcământul menționat;
- (v) extragerea petrolului care se scurge în jos, în respectivul zăcământ subteran, în cea de-a doua sondă orizontală menționată, din respectiva a doua sondă orizontală;
- (vi) forarea unei a treia sonde orizontale, relativ jos în respectivul zăcământ și substanțial paralelă cu a doua sondă orizontală menționată dar distanțată lateral față de aceasta, și distanțată lateral față de prima sondă orizontală de injecție menționată mai departe decât față de cea de-a doua sondă orizontală de injecție;
- (vii) încetarea temporară sau permanentă a extracției de hidrocarburi din a doua sondă orizontală menționată;
- (viii) injectarea gazului oxidant în a doua sondă orizontală menționată; și
- (ix) extragerea petrolului care se scurge în jos, în respectivul zăcământ subteran, în cea de-a treia sondă orizontală menționată, din respectiva a treia sondă orizontală.

În cazul în care se utilizează gaz oxidant ca mediu injectant, în scopul de a realiza o combustie in situ, inițierea combustiei (adică etapa (iv) de mai sus) poate fi realizată prin diferite mijloace bine cunoscute specialiștilor în domeniu, cum ar fi de preîncălzire a vecinătății găurii sondei de petrol cu fluide fierbinți, cum ar fi abur, sau injectarea de fluide inflamabile spontan, cum ar fi ulei de in, înainte de injectarea gazului oxidant. În acest caz, a fost injectat azot fierbinte (400°C) la un debit de 16.667 m³/zi timp de o lună înainte de trecerea la aer de 100°C. Aerul nu trebuie să fie încălzit la suprafață: acesta este încălzit prin acțiunea de comprimare.

Așa cum s-a menționat mai sus, pentru a se asigura că presiunea înaltă de la capetele unei astfel de sonde de injecție nu este situată în imediata vecinătate a unui

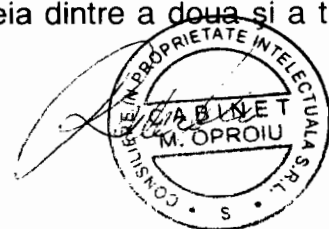


punct de cea mai joasă presiune (adică, porțiunea de amonte) a unei sonde productive adiacente, dând astfel naștere unei "scurtcircuitări" sau "pătrunderi" a gazului de înaltă presiune direct în porțiunea de amonte a sondei productive, într-o variantă de realizare preferată, etapa (iii) de injectare a unui gaz, abur, sau lichid în respectiva primă sondă orizontală, cuprinde etapa de injectare a respectivului gaz, abur sau lichid printr-un capăt al primei sonde orizontale, și etapa de extracție a petrolului prin cea de-a doua sondă orizontală menționată cuprinde etapa de extracție a respectivului petrol printr-un capăt al celei de-a doua sonde menționate, respectivul un capăt al celei de-a doua sonde fiind situat pe o parte a zăcământului menționat opusă părții acestuia în care se află respectivul un capăt al primei sonde orizontale. O astfel de configurație permite injectarea mai uniformă a unui astfel de gaz în formațiune și reduce (și, de preferință, evită) "pătrunderea" ("scurtcircuitarea") gazului de înaltă presiune din sonda injectoare direct în sonda productivă.

O astfel de abordare poate fi de asemenea adoptată nu numai în ceea ce privește prima și a doua sondă, ci și în ceea ce privește a doua sondă în raport cu a treia, și așa mai departe. De exemplu, în ceea ce privește configurația de dispunere a celei de-a doua sonde orizontale în raport cu a treia sondă, etapa menționată de injectare de gaz, abur, sau lichide în cea de-a doua sondă orizontală poate cuprinde etapa de injectare a gazului, aburului sau lichidului într-un capăt al celei de-a doua sonde orizontale situat pe o latură a respectivului zăcământ opusă unui capăt al celei de-a treia sonde orizontale de la care este colectat respectivul petrol. Cu alte cuvinte capetele proximale ale sondelor adiacente reciproc pot fi situate pe laturi opuse reciproc ale respectivului zăcământ.

Alternativ, primul capăt al fiecăreia dintre a doua sondă și a treia sondă poate fi situat pe aceeași parte a zăcământului. În acest caz, pentru a reduce sau a evita problema "pătrunderii", etapa menționată de injectare a gazului, aburului sau lichidului, în cea de-a doua sondă orizontală cuprinde injectarea gazului, aburului sau lichidului într-un al doilea capăt al celei de-a doua sonde menționate prin tubinguri, care tubinguri se extind prin interiorul celei de-a doua sonde orizontale în mod substanțial de la primul capăt până la al doilea capăt al respectivei a doua sonde.

Alternativ, în cazul în care un prim capăt al fiecăreia dintre a doua și a treia



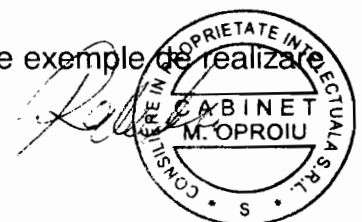
sonde orizontale sunt situate pe o aceeași parte a zăcământului menționat, etapa respectivă de injectare a gazului, aburului sau lichidului în cea de-a doua sondă orizontală menționată poate cuprinde injectarea gazului, aburului sau lichidului în respectivul prim capăt al celei de-a doua sonde, și etapa menționată de extracție a petrolului prin ce-a de-a treia sondă cuprinde extracția acestui petrol din respectivul al doilea capăt al celei de-a treia sonde prin tubinguri, tubingurile respective prelungindu-se prin interiorul celei de-a treia sonde menționate în mod substanțial de la primul capăt până la respectivul al doilea capăt al respectivei a treia sonde.

Alternativ, sau în plus, pentru a evita sau reduce "pătrunderea" gazului de înaltă presiune dintr-o sondă de injecție într-o sondă de producție, cum ar fi de la o primă sondă de injecție orizontală la cea de-a doua sondă atunci când această a doua sondă acționează ca sondă productivă, într-un exemplu de realizare, prima sondă orizontală are un liner în care este prevăzută respectiva multitudine de deschizături, și mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături, prevăzute în respectivul liner al primei sonde orizontale, crește progresiv de la un prim capăt la un al doilea capăt al respectivei prime sonde orizontale.

De asemenea, creșterea progresivă a mărimii deschizăturilor sau a numărului de deschizături pe toată lungimea linerelor sondelor în fiecare dintre sondele a doua, a treia, sau ulterioare, poate fi de asemenea utilizată. Într-un asemenea mod, prin care se asigură deschizături mai mari sau mai numeroase la un capăt al unei sonde decât la altul, presiunea (și, implicit, debitul) poate fi mai uniform pe lungimea sondei, sau chiar făcută mai mare la un capăt decât la celălalt, și furnizată unei sonde adiacente care utilizează în mod similar o variație progresivă într-o direcție opusă, scurtcircuitarea directă a gazului de la o sondă injectoare la o sondă productivă adiacentă putând fi redusă sau evitată. În schimb, fluxul încrucișat al gazelor prin formațiune este astfel indus pentru a furniza mai bine gazul (de obicei, la o temperatură ridicată) la mai mult petrol în formațiune, crescând astfel debitul de extracție a petrolului din formațiune.

SCURTĂ PREZENTARE A DESENELOR

În desenele anexate, care ilustrează unul sau mai multe exemple de realizare



ilustrative, și, care nu trebuie interpretate ca limitând invenția la aceste realizări descrise:

Fig.1 prezintă o vedere schematică în perspectivă a unui zăcământ subteran conținând hidrocarburi cu o configurație de "sonde în zigzag", cuprinzând o multitudine de sonde de injecție orizontale situate la înălțime în zăcământ și o multitudine de sonde de producție orizontale, distanțate în mod alternativ, situate la nivel inferior în zăcământ;

Fig.1a prezintă o vedere schematică în perspectivă similară a unui zăcământ subteran conținând hidrocarburi cu configurația de "sonde în zigzag", pentru a ilustra modelul utilizat în Exemplul 1 de simulare pe calculator, și, cu care s-au obținut rezultatele testelor experimentale (linia "B") din **Fig.5**;

Fig. 2 (i) - (iii) sunt vederi în secțiunea A-A din **Fig.1**, la diferite intervale de timp, care arată o variație a procedurii cu Sonde în Zigzag producătoare de petrol, care pot utiliza opțional o linie de extracție de petrol în direcția săgeții "Q";

Fig.3 prezintă o vedere schematică în perspectivă a unui zăcământ subteran conținând hidrocarburi cu configurația de sonde de extracție amplasate în linie dreaptă ("HWLD), conform prezentei invenții, având o primă sondă orizontală situată la nivel superior în zăcământ, și o multitudine de sonde de producție orizontale distanțate, situate la nivel inferior în zăcământ;

Fig. 4a (i) - (iii) sunt vederi în secțiunea B-B din **Fig.3**, la intervale de timp succesive, care prezintă un procedeu de extracție a petrolului utilizând o astfel de configurație de "sonde orizontale amplasate în linie dreaptă", ilustrând procedeu de realizare a unei linii de sonde de extracție a petrolului în direcția "Q";

Fig. 4b (i) - (iii) sunt vederi în secțiunea B-B din **Fig.3**, la intervale de timp succesive, care prezintă un procedeu modificat de extracție a petrolului utilizând o astfel de configurație de "sonde orizontale amplasate în linie dreaptă", ilustrând procedeu de realizare a unei linii de sonde de extracție a petrolului în direcția "Q";

Fig. 4c (i) - (iv) sunt vederi în secțiunea B-B din **Fig.3**, la intervale de timp succesive, care prezintă o altă variantă de procedeu de extracție a petrolului utilizând o astfel de configurație de "sonde orizontale amplasate în linie dreaptă", ilustrând etapele de realizare a unei linii de sonde de extracție a petrolului în direcția "Q";

Fig. 5 este un grafic de extracție a petrolului cumulativ în timp (ani), comparând extracția de petrol cumulativ prin procedeul de extracție cu "sonde în zigzag", ilustrat în **Fig.1** și **2** (linia "B" din **Fig. 5**), cu extracția de petrol cumulativ obținut prin procedeul cu "sonde amplasate în linie orizontală" conform prezentei invenții ilustrat în **Fig 4b (i) - (iii)**, pentru un zăcământ având configurația și locațiile sondelor orizontale din **Fig. 11** (linia "A" din **Fig. 5**);

Fig.6 prezintă o vedere schematică în perspectivă a unui zăcământ subteran conținând hidrocarburi cu configurația de "sonde orizontale amplasate în linie dreaptă", conform prezentei invenții, similar cu cel din **Fig.3**;

Fig.7 prezintă o vedere a unei dispunerii modificate în paralel, a sondelor de injecție (de producție) orizontale distanțate reciproc dar adiacente reciproc, din **Fig. 6**, ilustrând două astfel de sonde orizontale adiacente reciproc, în care, într-o altă variantă este folosit un tubing pentru a furniza un mediu cum ar fi un gaz oxidant la un capăt de "aval" (adică distal) al sondei orizontale de injecție;

Fig. 8 prezintă o vedere a unei modificări a dispunerii, în paralel, a sondelor de injecție (de producție) orizontale distanțate reciproc dar adiacente reciproc, din **Fig. 6**, ilustrând două astfel de sonde orizontale adiacente reciproc, în care o altă variantă de tubing este folosit pentru recuperarea petrolului de la un capăt de "aval" (adică distal) al sondei orizontale de producție;

Fig. 9 prezintă o vedere a unei alte modificări a dispunerii, în paralel, a sondelor de injecție (de producție) orizontale distanțate reciproc dar adiacente reciproc, din **Fig. 6**, ilustrând două astfel de sonde orizontale adiacente reciproc, în care deschizăturile acestora sunt mai dese și mai numeroase către capătul de "aval" (adică distal) al fiecăreia dintre aceste sonde orizontale;

Fig. 10 prezintă o vedere a unei modificări alternative a dispunerii, în paralel, a sondelor de injecție (de producție) orizontale distanțate reciproc dar adiacente reciproc, din **Fig. 6**, ilustrând două astfel de sonde orizontale adiacente reciproc în care deschizăturile acestora sunt mai largi către capătul de "aval" (adică distal) al fiecăreia dintre aceste sonde orizontale;

Fig.11 prezintă o vedere schematică în perspectivă a unui zăcământ subteran conținând hidrocarburi similar cu cel din **Fig.6**, ilustrând o configurație modificată de

"sonde orizontale amplasate în linie dreaptă" conform prezentei invenții, și, care configurație a produs rezultatele testelor experimentale (linia "A") din **Fig. 5**;

Fig.12 prezintă o vedere a unei modificări a dispunerii, în paralel, a sondelor de injecție (de producție) orizontale adiacente reciproc, din **Fig. 11**, ilustrând două astfel de sonde orizontale adiacente reciproc, în care deschizăturile acestora sunt mai largi către capătul de "aval" (adică distal) al fiecăreia dintre aceste sonde orizontale; și

Fig.13 prezintă o vedere a unei modificări a dispunerii, în paralel, a sondelor de injecție (de producție) orizontale adiacente reciproc, din **Fig. 11**, ilustrând două astfel de sonde orizontale adiacente reciproc, în care deschizăturile acestora sunt mai numeroase și mai dese către capătul de "aval" (adică distal) al fiecăreia dintre aceste sonde orizontale.

PREZENTARE DETALIATĂ A EXEMPLELOR DE REALIZARE PREFERATE

Fig. 1 și **1a** ilustrează un zăcământ/formațiune subteran(ă) **22** conținând hidrocarburi, exploatat(ă) cu "sonde în zigzag" (denumite în continuare configurație de "Sonde în Zigzag"), care nu face parte din invenția revendicată în cele de față, dar care face obiectul unei alte cereri a subsemnatului inventator, această altă cerere fiind folosită de obicei cu prezenta invenție.

Într-o astfel de configurație de "Sonde în Zigzag", sonde de injecție orizontale paralele **1**, **1'** și **1"**, fiecare cu câte o lungime **6**, sunt amplasate paralel în relație echidistantă una cu cealaltă, toate situate în partea de sus a unei porțiuni conținând hidrocarburi **20** a unui zăcământ/formațiune subteran(ă) **22** de grosime **4**, situat(ă) sub nivelul suprafeței solului **24**. Sonde orizontale de producție, paralele, distanțate, **2**, **2'** și **2"**, de lungime similară **6**, sunt amplasate în partea de jos a zăcământului **22**, respectiv, la jumătatea distanței dintre sondele respective de injecție **1**, **1'** și **1"**, pentru a realiza un sistem de amplasare de sonde în zigzag, paralele și distanțate lateral, și sondele orizontale de injectare a gazului **1**, **1'** și **1"** alternând cu sondele de producție directe **2**, **2'** și **2"**, așa cum se arată în **Fig. 1** și **1a**..

Zăcământul conținând hidrocarburi **22**, prezentat în **Fig. 1**, are două și jumătate sonde de injecție **1**, **1'** și **1"** (sonda de injecție de margine **1**

producție de margine 2" constituind, fiecare, câte o jumătate de sondă) pentru un total de cinci sonde orizontale în sistemul de amplasare a sondelor. Efectuarea repetată de trei ori a procedurii din **Fig. 1** necesită cincisprezece sonde orizontale, așa cum se arată în **Fig. 1a**.

Distanța laterală 5 dintre sondele de injecție 1, 1' și 1" și sondele de producție 2, 2' și 2" este, de preferință, uniformă.

Într-un exemplu de realizare preferat, prezentat în **Fig. 1, 1a**, tronsoanele verticale 8 ale sondelor de injecție orizontale 1, 1' și 1" sunt prevăzute la capetele opuse comparativ cu tronsoanele verticale 9 ale sondelor de producție 2, 2' și 2". Tronsoanele verticale 8 ale sondelor de injecție orizontale 1, 1' și 1" sunt decalate cu lățimea sondelor 6 față de tronsoanele verticale 9 ale sondelor de producție. Acest lucru este pentru a minimiza scurtcircuitarea injecției de gaz în sondele de producție 1, 1' și 1", așa cum s-a explicat mai sus. Sistemul de amplasare prezentat poate fi extins la infinit plecând de la fața 3 și/sau de la fața 6, după cum se dorește, pentru a acoperi un volum specific al zăcământului de petrol 22. De exemplu, pentru un zăcământ liniar sistemul de amplasare s-ar putea extinde pe lățimea zăcământului. În fazele suplimentare de exploatare a zăcământului 22, sunt plasate rețele suplimentare adiacente la prima rețea, și așa mai departe, exploatând în cele din urmă întregul zăcământ 22.

Cu referire la **Fig. 1**, într-un exemplu de realizare preferat al invenției, sonde de injecție 1, 1' și 1" și sonde de producție 2, 2' și 2" orizontale, care sunt forate în același timp, posedă fiecare tronsoane de liner 30 situate în fiecare dintre sondele orizontale 1, 1' și 1" și 2, 2' și 2", care sunt prevăzute cu deschizături 24, din care un mediu, cum ar fi un gaz oxidant, aer, oxigen singur sau în combinație cu dioxid de carbon sau cu abur, abur singur, sau un diluant cum ar fi un diluant de hidrocarburi, sau combinații ale acestora, poate fi injectat în porțiunea conținând hidrocarburi 20 printr-o sondă de injecție 1, 1' și 1" și, prin care, petrolul poate fi lăsat să curgă pentru a se colecta într-o sondă de producție orizontală 2, 2' și 2". În cazul sondelor de producție orizontale 2, 2' și 2", astfel de linere 30 și deschizăturile 24 prevăzute în acestea pot fi sub formă de linere prevăzute cu fante, filtre cu sârmă, obturatoare cu sită Facsrite[™], sau combinații ale acestora, pentru a reduce fluxul de gaze și de alte

substanțe nedorite, cum ar fi reziduurile de foraj, din formațiunea **22** în sondele de producție **2**, **2'** și **2''**.

În configurația de "Sonde în Zigzag" din **Fig. 1, 1a, & 2**, un mediu cum ar fi un gaz oxidant, aer, oxigen singur sau în combinație cu dioxid de carbon sau cu abur, abur singur, sau un diluant cum ar fi un diluant de hidrocarburi, sau combinații ale acestora, este injectat în formațiunea **22** prin deschizăturile prevăzute în sondele de injecție orizontale **1**, **1'** și **1''**, pentru a produce fluidizarea petrolului în porțiunea conținând petrol **20** a formațiunii **22**. Un astfel de petrol curge în jos prin formațiunea **22** și este colectat prin sondele colectoare orizontale **2**, **2'** și **2''**.

Procedeu cu Sonde în Zigzag, într-o variantă de realizare, poate utiliza alternativ o configurație de sonde forate în linie dreaptă, precum procedeu prezentat în **Fig. 2 (i) - (iii)**, în care sunt implementate trei faze. În acest sens, **Fig. 2** prezintă vederi în secțiunea A-A din **Fig. 1**, la intervalele respective de timp succesive **(i)**, **(ii)**, și **(iii)**, care prezintă un procedeu de amplasare în linie dreaptă a sondelor de extracție a petrolului în direcția "**Q**", folosind o astfel de configurație de "Sonde în Zigzag". În mod specific, așa cum se vede din prima fază [**fig. 2 (i)**], mai întâi sunt forate sonda de injecție **1** și sondele de producție **2** și **2'**, și este începută producția de la sondele de producție **2** și **2'**. Apoi, într-o a doua fază [**Fig. 2 (ii)**], sunt forate o a treia sondă de injecție **1''** și o a treia sondă de producție **2''**, și este începută injecția și, respectiv, producția la sondele avute în vedere pentru acest lucru. Într-o a treia fază, sunt forate o a patra sondă de injecție **1'''** și o a patra sondă de producție **2'''**, cu încetarea extracției de la sonda de producție **2** și începerea injecției și producției la sondele de injecție **1'''** și, respectiv, de producție **2'''**. Procedeu poate fi continuat la infinit, așa cum se vede în **Fig.1a**, până se ajunge la un capăt al zăcământului **22**.

Alternativ, așa cum s-a menționat mai sus, un astfel de procedeu cu "Sonde în Zigzag" poate consta pur și simplu în forarea simultană a unui număr stabilit de sonde de injecție (de exemplu, cum ar fi trei sonde **1**, **1'** și **1''**) și a unui număr corespunzător de sonde de producție (de exemplu, cum ar fi trei sonde **2**, **2'** și **2''**), astfel încât să producă "sistemul" de sonde în zigzag **1**, **1'** și **1''** și **2**, **2'** și **2''**, prezentat în **Fig. 1**. Un astfel de sistem poate fi repetat dacă este necesar, așa cum se arată în **Fig. 1a**. Acest procedeu a fost utilizat în Exemple (prezentate mai jos).

pentru compararea configurației HWLD și procedeul cu configurație de Sonde în Zigzag, folosind forarea simultană a cinci sonde, așa cum s-a prezentat mai sus.

Fig. 3, 6, și Fig. 4a-4c prezintă un aranjament/configurație alternativ(ă) de sonde (**Fig. 3, 6**) și procedeul (**Fig. 4a-4c**) de extracție a petrolului dintr-un zăcământ **22**, și anume, configurația de sonde orizontale de extracție în linie dreaptă ("HWLD") și, respectiv, procedeul, conform prezentei invenții, pentru a exploata o porțiune care conține petrol **20**, dintr-un zăcământ **22**, cu o grosime **4**, o lățime **6**, și care cuprinde o multitudine de tronsoane **50a-50o**, fiecare cu o lungime **5**, poziționate consecutiv începând de la planul **7** și avansând spre dreapta paginii, așa cum este prezentat în **Fig. 3 și 6**.

Într-un astfel de procedeu și configurație HWLD, o primă sondă de injecție orizontală **1** este forată în partea de sus a porțiunii care conține petrol **20**, din zăcământul **22**, de-a lungul marginii **7**, și o a doua sondă orizontală paralelă **2** este forată în partea de jos a porțiunii care conține petrol **20**, din zăcământul **22**, distanțată lateral față de prima sondă de injecție **1**.

Sondele orizontale **2** și **2'** au porțiuni verticale **3** la fiecare dintre porțiunile lor respective de amonte **42** care se extind până la suprafața **24**. Distanța care separă planurile **7** și **8** reprezintă marginile volumului de petrol exploatat din porțiunea care conține petrol **20** din zăcământul **22** într-o primă etapă a procedurii conform prezentei invenții.

În exemplul de realizare a procedurii HWLD prezentat în **Fig. 11**, poziția tronsonului vertical **3** al primei sonde de injecție **1** este decalată cu lungimea sondei **6** față de tronsoanele verticale **3** ale sondelor de producție **2** și **2'**. Acest lucru este pentru a minimiza scurtcircuitarea gazului de injecție în sondele de producție, conform explicațiilor de mai sus. Sistemul prezentat poate fi extins la infinit pornind de la fața **7** și/sau fața **8**, după dorință, pentru a acoperi un volum specific al zăcământului de petrol **22**. De exemplu, pentru un zăcământ liniar s-ar putea extinde pe lățimea zăcământului. În fazele suplimentare de exploatare a zăcământului **22**, așa cum este prezentat de exemplu în **Fig. 6**, sunt forate sonde suplimentare **2''**, **2'''**, **2^{iv}**, decalate lateral față de sonda orizontală forată anterior **2'**, astfel încât, în cele din urmă, să se exploateze întregul zăcământ **22**, pe toată lungimea acestuia.

Fig. 4a-c, și anume, în diferite sub-faze alternative (i), (ii), (iii) și (iv) ale acestora, arată fiecare petrolul rezidual în porțiunea conținând petrol **20** care a rămas după fiecare sub-fază a procedurii conform prezentei invenții, în porțiunea hașurată.

Într-o primă fază a procedurii conform prezentei invenții [identică cu fiecare dintre diversele procedee prezentate în **Fig. 4a(i), Fig. 4b(i), și Fig. 4c(i)**], gazul este injectat în sonda orizontală **1** și petrolul este extras prin a doua sondă orizontală **2**. Într-o a doua fază a procedurii conform prezentei invenții [prezentată în **Fig. 4a, Fig. 4b, și Fig. 4c ca etapa (ii)**], o a treia sondă orizontală **2'** este forată în partea de jos a porțiunii conținând petrol **20** a zăcământului **22**, paralelă cu sonda orizontală **2** dar distanțată lateral de aceasta, și distanțată lateral mai departe față de prima sondă **1** decât față de sonda **2**, și este realizată extracția de petrol prin sonda **2'**. Atunci când debitul de petrol care este extras din a doua sondă orizontală **2** scade sub o limită economică, extracția din această sondă **2** este oprită, și sonda **2** este apoi utilizată pentru injecție de gaz, așa cum se arată în **Fig. Fig. 4a (ii), Fig. 4b (ii), și Fig. 4c (ii)**. Injecția de gaze prin sonda **1** poate continua în timpul acestei faze, sau poate înceta după cum se arată în etapa (ii) din **Fig. 4 a-c**.

Într-o variantă preferată, în care capetele verticale **3** ale sondelor de producție **2, 2'** sunt de aceeași parte a zăcământului **22**, așa cum se arată în **Fig.3**, injecția de gaz în a doua sondă orizontală **2** în timpul acestei a doua faze se face, de preferință, printr-un tubing interior **40** care se extinde de la un capăt proximal (din amonte) **42** al sondei a treia **2'** până la capătul distal (din aval) **44** al sondei **2'**, un capăt deschis al acestuia fiind la capătul distal **44** așa cum se arată în **Fig. 7**. Alternativ, în cazul în care injecția de gaz în a doua sondă **2** se face numai printr-un capăt proximal **42** al sondei de injecție **2'** (adică fără tubingul **40** în sonda de injecție **2** în timpul injectării), atunci, tubul interior **40** poate fi, în schimb, prevăzut adiacent cu a treia sondă **2'**, atunci când această sondă **2'** este acționată ca sondă de producție și, astfel, petrolul este extras din porțiunea de aval **44** a acestei a treia sondă **2'** prin acest tub **40**, așa cum se arată în **Fig. 8**. Așa cum s-a explicat mai sus, fiecare dintre configurațiile alternative din **Fig. 7** și **Fig. 8** ajută la evitarea "pătrunderii" sau "scurtcircuitării gazului sub presiune de la sonda de injecție **2** direct

la sonda de producție 2', atunci când este utilizată o configurație ca cea prezentată în **Fig 3** în care fiecare dintre porțiunile verticale 3 ale sondelor de producție 2, 2' și 2'' sunt fiecare de aceeași parte a zăcământului 22. Așa cum s-a menționat mai sus, în această a doua fază, o nouă a treia sondă paralelă 2' este forată în partea de jos a zăcământului și plasată direct în producție [a se vedea **Fig. 4a (ii)**, **Fig. 4b (ii)** și **Fig. 4c(ii)**]. În timpul acestei a doua faze, o a patra sondă orizontală 2'' poate fi forată, așa cum se arată în **Fig. 4a (ii)**, și producția inițiată de la această sondă 2'' precum și de la sonda 2'. Alternativ, în timpul acestei faze poate fi efectuată numai forarea sondei 2'', iar producția de la sonda 2'' efectuându-se în timpul celei de-a treia faze (prezentată mai jos) și așa cum se arată în **Fig. 4c (iii)** și **(iv)**.

Fig. 4a(iii), **4b(iii)**, și **4c(iii)** arată fiecare, faze terțe ușor diferite ale procedurii conform prezentei invenții.

În ceea ce privește exemplul de realizare a procedurii prezentat în **Fig. 4 (b) (iii)**, atunci când rata de extracție a petrolului de la a treia sondă 2' care este produs în etapa **(ii)** scade sub un nivel prestabilit, se întreprinde o fază de tragere în jos în care gazul este injectat din nou în sonda 1. Sonda 2 este transformată înapoi pentru a funcționa ca sondă de producție, și sondele 2 și 2' sunt utilizate ca sonde de producție pentru un timp, pentru a extrage tot petrolul rămas.

Ulterior, poate fi forată a patra sondă 2'', și poate fi repetat un procedeu similar, în care o fostă sondă de producție (sonda 2') este convertită într-o sondă de injecție 2', și producția este începută de la a patra sondă 2'', în timp ce gazul continuă să fie injectat prin sonda 1.

Alternativ, cu privire la a treia fază ilustrată în etapa **(iii)** din **Fig. 4a**, injecția de gaz la sonda 1 este oprită, gazul fiind injectat în zăcământul 22 numai prin această sondă 2' care, după cum s-a menționat mai sus, este transformată dintr-o sondă de producție într-o sondă de injecție. A patra sondă 2'', funcționează ca sondă de producție.

Alternativ, așa cum se arată în **Fig. 4c (iii)**, injectarea de gaz în sonda 1 poate fi reinstaurată, pentru a se scurge complet tot petrolul din sondele de deasupra 2 și 2'', și, forată o a patra sondă 2''. Numai după aceea, când producția de la sondele 2 și 2'' este epuizată sau substanțial epuizată, sonda 2' este transformată într-o sondă de

injecție și gazul este furnizat ulterior în formațiune prin sonda 2' și producția este începută de la sonda 2", așa cum se arată în Fig. 4c(iii).

Așa cum s-a menționat mai sus, în cazul în care porțiunile verticale 3 ale sondelor 2, 2', 2", 2"', și 2^{iv} sunt toate situate pe aceeași parte a zăcământului 22 (a se vedea Fig. 6) și nu pe părțile alternative ale zăcământului 22, în scopul de a reduce "pătrunderea" între o sondă colectoare/productivă adiacentă reciproc și o sondă de injecție adiacentă reciproc, pot fi folosite tubinguri în modul descris mai sus și așa cum este prezentat în Fig. 7 sau 8.

Ca o configurație alternativă pentru reducerea sau evitarea problemei de "pătrundere" sau scurtcircuitare între o sondă de injecție și sonde de producție reciproc adiacente 2, 2', 2", 2"', 2^{iv} având porțiunile verticale respective 3 ale acestor sonde pe aceeași parte a zăcământului 22, așa cum se arată în Fig. 6, și pentru a injecta mai uniform mediul gazos, cum ar fi gaz oxidant, abur, dioxid de carbon, diluanți de hidrocarburi (sub formă fie gazoasă fie lichidă), într-un exemplu de realizare, prezentat în Fig. 9, numărul de deschizături 24 poate fi crescut progresiv pe lungimea sondei orizontale 2, și, în mod similar, pe lungimea unei sonde reciproc adiacente 2', avansând de la capetele proximale 42 spre capetele distale 44 ale fiecăreia dintre respectivele sonde 2, 2', 2", 2"', 2^{iv}, și așa mai departe.

Alternativ, de asemenea pentru a injecta mai uniform mediul gazos, cum ar fi gaz oxidant, abur, dioxid de carbon, diluanți de hidrocarburi (sub formă fie gazoasă fie lichidă) pe întreaga lungime a unei sonde de injecție (de exemplu 2') și, de asemenea, pentru a colecta mai uniform petrolul pe întreaga lungime a unei sonde colectoare reciproc adiacentă (de exemplu 2"), într-un exemplu de realizare, prezentat în Fig. 10, mărimea deschizăturilor 24 poate fi făcută din ce în ce mai mare pe lungimea fiecăreia dintre sondele 2, 2', 2", 2"', 2^{iv}, și așa mai departe și, în mod similar, pe lungimea unei sonde reciproc adiacente 2', crescând progresiv în zona de la capetele proximale 42 către capetele distale 44 ale fiecăreia dintre sondele 2, 2', 2", 2"', 2^{iv}.

Invers, porțiunile verticale 3 ale sondelor adiacente reciproc 2, 2', 2", 2"', 2^{iv}, și așa mai departe, pot fi situate pe părțile opuse respective ale zăcământului 22, așa cum se arată în Fig. 11, pentru a injecta mai uniform mediul gazos, cum ar fi gaz



oxidant, abur, dioxid de carbon, diluanți de hidrocarburi (sub formă fie gazoasă fie lichidă), și pentru a colecta petrolul printr-o sondă adiacentă. Pentru a promova și chiar a realiza mai bine injectarea uniformă de aer și/sau colectarea de petrol, acolo unde sunt utilizate sonde adiacente pentru a injecta aer prin una, și, respectiv, pentru a colecta petrol de la cealaltă, într-o altă variantă de realizare, prezentată în **Fig. 12**, numărul de deschizături **24** prevăzute în fiecare dintre aceste sonde poate fi crescut progresiv pe lungimea fiecărei sonde orizontale (de exemplu, a sondei **2**), și, în mod similar, pe lungimea unei sonde reciproc adiacente (de exemplu, a sondei **2'**), avansând de la capetele proximale **42** spre capetele distale **44** ale fiecăreia dintre sondele **2, 2', 2'', 2''', 2^{iv}**, și așa mai departe.

Alternativ, într-un exemplu de realizare prezentat în **Fig. 13**, mărimea deschizăturilor **24** poate fi făcută din ce în ce mai mare pe lungimea fiecăreia dintre sondele **2, 2', 2'', 2''', 2^{iv}**, și așa mai departe, și, în mod similar, pe lungimea unei sonde reciproc adiacente **2'**, crescând progresiv în zona de la capetele proximale **42** spre capetele distale **44**, ale fiecăreia dintre respectivele sonde **2, 2', 2'', 2''', 2^{iv}**, pentru a obține același rezultat de distribuire mai uniformă a presiunii pe toată lungimea fiecăreia dintre sondele respective **2, 2', 2'', 2''', 2^{iv}**.

EXEMPLE

În scopul de a face o comparație directă a performanțelor configurației "Sonde în Zigzag", prezentată în **Fig. 1, 1a, și Fig. 2**, cu procedeul HWLD conform prezentei invenții, prezentat în **Fig. 3, Fig. 4b, și Fig. 6, și Fig. 11**, s-au folosit tehnici de modelare și simulare pe calculator, așa cum se va prezenta mai pe larg în cele ce urmează.

În mod specific, simularea numerică extinsă pe calculator a diferitelor Sisteme de amplasare de Sonde în Zigzag și HWLD, folosind un procedeu de combustie in situ pentru extracția petrolului mobil dintr-un zăcământ omogen, a fost efectuată folosind Simulatorul Termic STARS™ 2010.12 furnizat de Computer Modelling Group, din Calgary, Alberta, Canada. Zăcământul de simulare folosit în Exemple conținea bitum la temperatură ridicată (54,4°C), cu permeabilitate mare a rocii.

În fiecare dintre configurațiile simulate de amplasare a sondelor, Sonde în

Zigzag (**Fig. 1, 1a, și Fig. 2**) și configurația de sonde HWLD (**Fig. 11, Fig. 4b**), porțiunea care conține petrol **20**, din zăcământul **22**, este exploatată în trei faze .

În mod specific, pentru fiecare dintre Configurațiile de Sonde în Zigzag, prezentate în **Fig. 1**, întregul volum din **Fig. 1** a fost exploatat de trei ori, câte o dată pentru fiecare dintre cele trei faze. Acest lucru necesită un total de cincisprezece sonde orizontale, așa cum se arată în **Fig. 1A**.

Pentru procedeul HWLD, într-o primă fază, care este prezentată în **Fig. 3 și Fig. 4b**, este exploatată numai o parte din volumul total al zăcământului, dar după efectuarea a două etape suplimentare, în final este exploatat același volum al zăcământului **22** (și anume, 20m x 100m x (50mx 15 blocuri) = 1.500. 000 m³), la fel ca în procedeul cu Configurația de Sonde în Zigzag, dar necesitând un total de numai 7,5 sonde orizontale, spre deosebire de cincisprezece sonde pentru Configurația de Sonde în Zigzag care este prezentată în **Fig. 1a**.

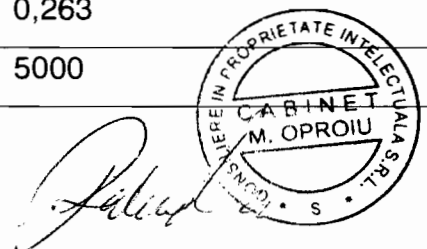
Reacțiile folosite pentru simulări de combustie cu aer:

1. 1,0 Petrol → 0,42 Upgrade(C₁₆H₃₄) + 1,3375 CH₄ + 29,6992 Cocs
2. 1,0 Petrol + 13,24896 O₂ → 5,949792 H₂O + 6,0 CH₄ + 9,5 CO₂ + 0,5 CO/N₂ + 27,3423 Cocs
3. 1,0 Cocs + 1,2575 O₂ → 0,565 H₂O + 0,95 CO₂ + 0,05 CO/N₂

Tabelul 1 de mai jos prezintă proprietățile zăcământului simulat, proprietățile petrolului și de control ale sondelor pentru fiecare dintre Configurația Sonde Decalate în Zigzag și configurația HWLD:

Tabelul 1

Proprietăți Zăcământ		
Parametru	Unități	Valoare
Grosime Zăcământ	m	20
Porozitate	%	30
Saturație de ulei	%	80
Saturația de apă	%	20
Fracțiune molară a gazelor	fracțiune	0,263
Permeabilitate H. (Orizontală)	mD	5000

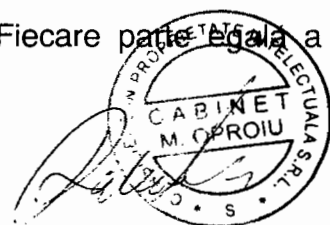


Permeabilitate V. (Verticală)	mD	3400
Temperatură zăcământ	°C	54,4
Presiune zăcământ	kPa	3000
Compresibilitate rocă	/kPa	3,5E-5
Conductivitate	J/m.d.C	1,5E+5
Capacitate Încălzire Rocă	J/m ³ -C	2,35E+6
Proprietăți Petrol		
Densitate	Kg/m ³	1009
Vâscozitate, țitei mort @ 20 C.	cP	77,000
Vâscozitate, in situ	cP	1139
Greutate moleculară medie petrol	AMU	598
Greutate moleculară medie Upgrade	AMU	224
Fracțiune molară de petrol	Fracțiune	0,737
Compresibilitate	/kPa	1,06E+3
Sondele au fost controlate folosind următorii parametri:		
Presiune maximă de injecție a aerului	kPa	7000
Lungime sondă orizontală	m	100
BHP (Presiune de fund) Sondă Productivă, minimă	kPa	2600
Rată totală a injecției de aer	Sm ³ /d	50.000

Transmisibilitatea sondelor de producție de petrol a fost variată monoton de-a lungul sondei de la 1,0 la aval la 0,943 la amonte, în scopul de a îmbunătăți eficiența exploatării.

Exemplul 1 – Configurație de Sonde în Zigzag

Pentru configurația de Sonde în Zigzag, porțiunea conținând petrol **20** din zăcământul **22** care cuprinde blocuri de caroiaj **50a-50o**, prezentată în **Fig. 1A**, a fost împărțită în trei părți egale constând, fiecare, din câte cinci blocuri de caroiaj **50a-e**, **50 f-j**, și **50k-o**, așa cum se arată în **Fig. 1**. Fiecare parte egală a fost



exploatătă succesiv în câte trei etape separate dar succesive, fiecare etapă durând câte 5 ani, folosind sondele din **Fig. 1**, pe o perioadă de 15 ani. Volumul total de zăcământ exploatat pe durata de aplicare a procedurii, de 15 ani, este de 1.500.000 m³.

Pentru Configurația de Sonde în Zigzag, prezentată în **Fig. 1**, pentru o primă parte din cele trei părți, s-a folosit modelul cu 2,5 sonde de injecție **1**, **1'** și **1"**, și 2,5 sonde de producție **2**, **2'** și **2"**, forate toate în același timp, pentru un total de cinci sonde. Grosimea zăcământului **4** a fost de 20m și decalarea sondelor a fost de 50m pentru fiecare bloc de caroiaj **50a-50o**. Debitul de injecție de aer au fost de 10.000 m³/zi pentru sonda **1** și de câte 20.000 m³/zi pentru fiecare dintre sondele de injecție **1'** și **1"**, pentru un total de 50.000 m³/zi pentru model.

Pentru simularea pe calculator a configurației de Sonde în Zigzag, prima fază este cuprinsă în blocurile de caroiaj **50a-50e**. Un al doilea model cuprinde un model identic (blocurile de caroiaj **50f-50j**), simulat ca exploatat timp de încă 5 ani și, într-o a treia fază (blocurile de caroiaj **50k-50o**), s-a inclus un alt model identic, care a fost simulat ca fiind exploatat pe durata ultimilor 5 ani. Volumul zăcământului din fiecare parte a fost de 500.000 m³ pentru un câmp cu un volum total de exploatare de 1.500.000 m³ (adică, 3x100mx250mx20m) timp de 15 de ani. Factorul final de extracție a petrolului a fost de 79% din petrolul primar din locație. Un rezumat al rezultatelor este prezentat în **Tabelul 2** și **Fig. 5**.

Exemplul 2 – Configurație de Sonde HWLD

Pentru procedul HWLD care a fost simulat folosind simularea pe calculator, și așa cum este ilustrat în **Fig. 4b**, într-o primă fază (**Fig. 4b(i)**) s-a prevăzut o sondă de injecție orizontală **1**, situată la înălțime în formațiune, și o sondă orizontală **2** situată la partea inferioară a zăcământului **22**, ambele fiind amplasate de-a lungul unei laturi a porțiunii care conține petrol **20**, a zăcământului **22**.

În **Fig. 4b** și **Fig. 11**, reprezentând configurația HWLD și procedul conform prezentei invenții, lungimile sondelor **6** au fost fiecare de câte 100m, grosimea zăcământului, **4**, a fost de 20m și decalarea sondelor a fost de 100m. Volumul total al zăcământului extras în perioada de exploatare de 15 ani a fost, astfel, de asemenea,



1.500.000 m³.

Debitul de injecție a aerului a fost de 16.667 m³/zi pentru fiecare dintre injectoare pentru un total de 50.000 m³/zi pe durata Fazei 1.

Într-o a doua fază [Fig. 4b(ii)], după 5 ani, ritmul producției de petrol per sondă productivă a scăzut la 13 m³/zi, care a fost considerată nerentabilă, și a fost efectuată o a doua fază [Fig. 4b(ii)], și anume sonda productivă inițială 2 a fost transformată, după cum se arată în Fig. 4b(ii), într-un injector de aer pentru injectarea de abur la 270°C timp de 2 săptămâni, pentru a evacua petrolul din gaura de sondă, și apoi a fost injectat aer prin tubingul din gaura de sondă cu 26.000 m³/zi. În același timp, a fost forată o a doua sondă productivă 2', așa cum se arată în Fig.4b.

După 5 ani, a fost începută o fază de extracție finală (Fig. 4b(iii)), cu injecție de aer de 7.333 m³/zi în sonda injectoare inițială 1, în timp ce amândouă sondele productive 2 și 2' au fost puse în funcțiune. Volumul exploatat de pe tot câmpul (adică, 3x100mx250mx20m) a fost de 1.500.000 m³ timp de 15 ani. Factorul final de extracție a petrolului a fost de 79% din petrolul primar din locație.

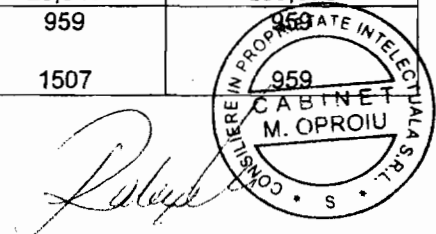
COMPARAȚIE ȘI AVANTAJE DEMONSTRATE

Un rezumat al rezultatelor comparative ale fiecăruia dintre Exemplele 1 și 2 este prezentat în Tabelul 2 de mai jos.

Tabelul 2.

		Faza 1 [Fig.4b(i)]	Faza 2 [Fig.4b(ii)]	Faza 3 [Fig.4b(iii)]	Total
Durată (ani)		5	5	5	15
# Sonde Noi la fiecare Fază	Zigzag*	5	5	5	15
	HWLD	4.5	3.0	0	7.5
Debit Aer, m ³ /d x 10 ³	Zigzag*	50	50	50	-
	HWLD	50	78	22	-
Aer Cumulativ, m ³ x 10 ⁶	Zigzag*	91.25	91.25	91.25	274
	HWLD	91.25	142.35	40.15	274
Petrol Cumulativ, m ³	Zigzag*			95,126	285,378
	HWLD			26,646	285,570
Raport Cumulativ Aer-Petrol, m ³ /m ³	Zigzag*	959	959	959	959
	HWLD	685	1133	1507	959

* Nu fac parte din invenția revendicată în cele de față



Diferențele semnificative și importante din cele două procedee sunt prezentate în gri.

În special, **Fig. 5** prezintă Extractia de Petrol Cumulat de-a lungul timpului pentru fiecare dintre configurația de Sonde în Zigzag (linia cu triunghiuri 'B') și configurația de sonde HWLD (linia cu pătrate 'A').

Referitor la **Tabelul 2** și **Fig. 5**, HWLD pentru extracția de petrol fluid este avantajoasă față de procedeul cu Sonde în Zigzag, chiar și într-un zăcământ omogen pentru cel puțin următoarele două motive.

În primul rând, sunt necesare doar jumătate din numărul de sonde orizontale (7,5 sonde, în comparație cu 15 sonde) pentru același volum de aer comprimat și ratele cumulative de petrol sunt substanțial mai mari pe cea mai mare parte a duratei de aplicare a procedeeului.

În al doilea rând, extracția petrolului cumulativ prin procedeul HWLD în comparație cu procedeul cu Sonde în Zigzag este la început mai mare, rezultând o recuperare inițială mai rapidă a investiției. În mod specific, în acest sens, așa cum se poate vedea din **Fig. 5**, în cele de față, la sfârșitul Fazei 1 (la 5 ani), petrolul cumulativ (133.278m^3) este cu 40% mai mult decât cel realizat inițial prin procedeul cu Sonde în Zigzag (95.126m^3). La sfârșitul Fazei 2 (la 10 ani) petrolul recuperat cumulativ folosind procedeul HWLD este cu 30% mai mult (125.646m^3 în comparație cu cantitățile recuperate folosind procedeul cu Sonde în Zigzag prezentat mai sus (95.126m^3). Deoarece procedeul cu HWLD este un procedeu de extracție în linie dreaptă, fluidele din zăcământ curg într-o singură direcție, ceea ce îmbunătățește exploatarea zăcământului din zăcăminte cu eterogenitate laterală.

Domeniul de aplicare al revendicărilor nu trebuie limitat la variantele de realizare preferate prezentate în exemplele de mai înainte, ci trebuie să se acorde cea mai largă interpretare în conformitate cu descrierea ca un întreg, și revendicările nu trebuie limitate la variantele de realizare preferate sau exemplificate ale invenției.

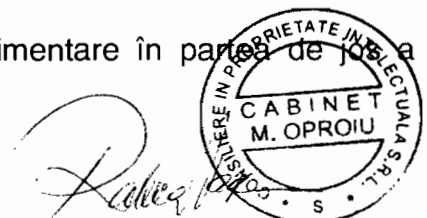
REVEDICĂRI

1. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, cuprinzând etapele de:

- (i) forarea unei prime sonde orizontale, situată relativ sus în respectivul zăcământ;
- (ii) forarea unei a doua sonde orizontale, situată relativ jos în respectivul zăcământ și aliniată substanțial paralel cu respectiva primă sondă orizontală;
- (iii) injectarea unui mediu cuprinzând un gaz, abur sau un lichid în respectivul zăcământ prin niște deschizături prevăzute în prima sondă orizontală menționată;
- (iv) extragerea petrolului, care se scurge în jos în respectivul zăcământ subteran și se varsă în a doua sondă orizontală, din respectiva a doua sondă orizontală;
- (v) forarea unei a treia sonde orizontale, relativ jos în respectivul zăcământ și substanțial paralelă cu respectivele prima și a doua sonde orizontale dar distanțată lateral față de acestea, distanțată lateral mai departe față de prima sondă orizontală decât față de cea de-a doua sondă orizontală;
- (vi) încetarea temporară sau permanentă a extracției de hidrocarburi din a doua sondă orizontală menționată;
- (vii) procedarea la injectarea unui al doilea mediu cuprinzând un gaz, abur, sau un lichid în a doua sondă orizontală menționată; și
- (ix) extragerea petrolului care se scurge în jos în respectivul zăcământ subteran în cea de-a treia sondă orizontală, din respectiva a treia sondă orizontală

2. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, pentru exploatarea unui volum substanțial de petrol din interiorul unui zăcământ conținând hidrocarburi prin înaintarea într-o direcție în general liniară de-a lungul respectivei formațiuni, cuprinzând etape suplimentare repetate incluzând:

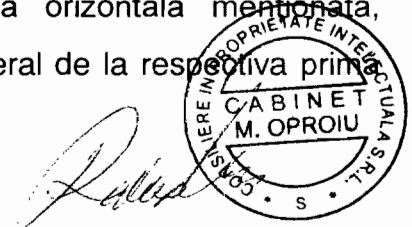
forarea succesivă de sonde orizontale suplimentare în partea de jos a



zăcământului respectiv, în mod substanțial paralele cu, și substanțial coplanare cu respectiva a treia sondă orizontală dar distanțate lateral față de aceasta și unele de altele; și

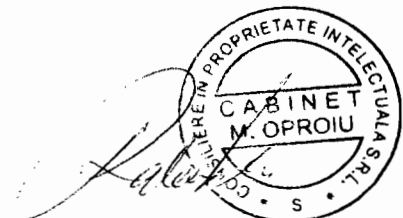
transformarea succesivă a penultimelor sonde, dintre sondele orizontale suplimentare menționate, din câte o sondă de producție în câte o sondă de injecție pentru injectarea respectivului gaz, abur, sau un lichid, astfel încât să determine petrolul din zăcământ să se scurgă din interiorul zăcământului menționat, în jos, în ultima dintre respectivele sonde suplimentare orizontale.

3. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care primul mediu menționat și al doilea mediu menționat sunt unul și același mediu.
4. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 3, în care primul mediu menționat cuprinde oxigen gazos, aer, sau amestecuri ale acestora, în scopul efectuării combustiei in situ, procedeul menționat cuprinzând în continuare, după etapa (iii), etapa de aprindere a hidrocarburilor menționate din zăcământul menționat într-o zonă din apropierea primei sonde orizontale menționate, și extragerea produselor de ardere și a petrolului menționat din formațiunea subterană menționată prin a doua sondă menționată și/sau a treia sondă menționată.
5. Procedeu conform revendicării 1, în care primul mediu menționat și al doilea mediu menționat este un gaz solubil în petrol.
6. Procedeu conform revendicării 4, în care gazul constă în CO₂, hidrocarburi ușoare, sau amestecuri ale acestora.
7. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 4, în care etapa menționată de aprindere a hidrocarburilor menționate și de extragere a produselor de ardere prin a doua sondă orizontală menționată și/sau a treia sondă orizontală menționată, determină un front de combustie să se deplaseze lateral de la respectiva primă



sondă orizontală în direcția respectivelor a doua și a treia sonde orizontale, încălzind astfel petrolul din zăcământul menționat, și determinând respectivul petrol să se scurgă în jos pentru colectare prin respectivele a doua și/sau a treia sonde orizontale.

8. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care respectiva etapă (iii) de injectare a unui gaz, abur sau lichid în respectiva primă sondă orizontală, cuprinde etapa de injectare a respectivului gaz, abur, sau lichid într-un capăt al primei sonde orizontale menționate, și, etapa menționată de extracție a petrolului de la a doua sondă orizontală menționată cuprinde etapa de extracție a petrolului menționat de la un capăt al celei de-a doua sonde menționate, respectivul un capăt al celei de-a doua sonde menționate fiind situat pe o parte a zăcământului menționat opusă părții acestuia în care se află respectivul un capăt al primei sonde orizontale menționate.
9. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care etapa (vi) de injectare a respectivului gaz, abur, sau lichid în respectiva a doua sondă orizontală, cuprinde injectarea respectivului gaz, abur, sau lichid într-un capăt al celei de-a doua sonde orizontale menționate care este situat pe o parte a zăcământului menționat opusă unui capăt al respectivei a treia sonde orizontale de la care este colectat respectivul petrol.
10. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care respectiva etapa (vi) de injectare a gazului, aburului, sau lichidului în cea de-a doua sondă orizontală menționată cuprinde injectarea respectivului gaz, abur, sau lichid într-un prim capăt al respectivei a doua sonde orizontale, respectivul prim capăt al celei de-a doua sonde orizontale menționate fiind situat pe aceeași parte a zăcământului pe care este situat un prim capăt al celei de-a treia sonde orizontale menționate de la care este colectat respectivul petrol.



11. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care petrolul menționat este colectat de la un prim capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale, respectivul prim capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale fiind situat pe o aceeași parte a zăcământului menționat, și etapa (vi) de injectare a respectivului gaz, abur sau lichid în cea de a doua sondă orizontală cuprinde injectarea respectivului gaz, abur sau lichid într-un al doilea capăt al respectivei a doua sonde prin tubinguri, care tubinguri se extind în mod substanțial de la primul capăt menționat până la al doilea capăt menționat ale respectivei a doua sonde.
12. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care, un prim capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale este situat pe o aceeași parte a zăcământului menționat, și menționata etapa (vi) de injectare a gazului, aburului, sau lichidului în cea de-a doua sondă orizontală menționată cuprinde injectarea respectivului gaz, abur, sau lichid în respectivul prim capăt al celei de-a doua sonde orizontale menționate, și menționata etapă de extracție a petrolului de la a treia sondă menționată cuprinde extracția petrolului respectiv de la un al doilea capăt al respectivei a treia sondă prin tubinguri, respectivele tubinguri se extind în mod substanțial de la primul capăt până la al doilea capăt al respectivei a treia sondă.
13. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care, fiecare dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale are câte un capăt distal și câte un capăt proximal, capătul menționat proximal al celei de-a doua sonde orizontale și capătul proximal al celei de-a treia sonde orizontale fiind situate pe părțile laterale opuse reciproc ale zăcământului menționat.
14. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care respectiva primă sondă orizontală

are o multitudine de deschizături de-a lungul întregii sale lungimi, și etapa de injectare a unui gaz, abur sau lichid în respectiva sondă orizontală cuprinde etapa de injectare a respectivului gaz, abur, sau lichid în zăcământul menționat prin deschizăturile menționate ale respectivei prime sonde.

15. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 14, în care respectiva primă sondă orizontală are un liner în care este prevăzută respectiva multitudine de deschizături, și, în care, mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături, prevăzute în respectivul liner al primei sonde orizontale, crește progresiv de la un prim capăt la un al doilea capăt al respectivei prime sonde orizontale, iar gazul menționat, aburul sau lichidul este injectat în respectivul prim capăt al acestei prime sonde.
16. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care, fiecare dintre respectivele a doua sondă orizontală și a treia sondă orizontală, au câte o multitudine de deschizături în acestea, în care mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături crește progresiv de la un prim capăt până la un al doilea capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale.
17. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 10, în care, respectiva a doua sondă orizontală are o multitudine de deschizături în aceasta, în care mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături crește progresiv de la un prim capăt până la un al doilea capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale.
18. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 10, în care, respectiva a treia sondă orizontală are o multitudine de deschizături în aceasta, în care mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături crește progresiv de la respectivul



prim capăt până la un al doilea capăt al acesteia.

19. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 10, în care, fiecare dintre respectivelor a doua sondă orizontală și a treia sondă orizontală, au câte o multitudine de deschizături în acestea, în care mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături crește progresiv de la un prim capăt al acestora până la un al doilea capăt al acestora.
20. Procedeu conform revendicării 1, care mai include în continuare, după etapa (v) sau (vi), etapa de încetare a injectării respectivului gaz, abur, sau lichid în respectiva primă sondă orizontală atunci când extracția de petrol din a doua sondă orizontală menționată a scăzut până la o fracțiune predeterminată dintr-o rată maximă de extracție.
21. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care, prima sondă orizontală menționată are o multitudine de deschizături de-a lungul întregii sale lungimi, și etapa menționată de injectare a unui gaz, abur sau lichid în respectiva sondă orizontală cuprinde etapa de injectare a respectivului gaz, abur, sau lichid în zăcământul menționat prin deschizăturile menționate ale respectivei prime sonde orizontale.
22. Procedeu de amplasare în linie dreaptă a a sondelor pentru extracția petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, cuprinzând etapele de:
- (i) forarea unei prime sonde orizontale relativ sus în zăcământul menționat, având o multitudine de deschizături în aceasta;
 - (ii) forarea unei a doua sonde orizontale, situată relativ jos în respectivul zăcământ și substanțial paralelă cu prima sondă orizontală menționată;
 - (iii) injectarea unui gaz oxidant în prima sondă orizontală menționată și în respectivul zăcământ prin deschizăturile menționate ale acesteia, în scopul efectuării combustiei in situ în respectivul zăcământ;
 - (iv) aprinderea hidrocarburilor în zăcământul menționat;

- (v) extragerea petrolului, care se scurge în jos în respectivul zăcământ subteran în a doua sondă orizontală menționată, din respectiva a doua sondă orizontală;
- (vi) forarea unei a treia sonde orizontale relativ jos în zăcământul menționat și substanțial paralelă cu a doua sondă orizontală menționată dar distanțată lateral față de aceasta și distanțată lateral mai departe față de prima sondă orizontală menționată de injecție decât față de respectiva a doua sondă orizontală de injecție;
- (vii) încetarea temporară sau permanentă a extracției de hidrocarburi din a doua sondă orizontală menționată, și transformarea respectivei a doua sondă într-o sondă de injecție;
- (viii) injectarea gazului oxidant menționat în respectiva a doua sondă orizontală; și
- (ix) extragerea petrolului, care se scurge în jos în respectivul zăcământ subteran în a treia sondă orizontală menționată, din respectiva a treia sondă orizontală;
- (x) forarea succesivă de sonde orizontale suplimentare în partea de jos a respectivului zăcământ, substanțial paralele și substanțial coplanare cu respectiva a treia sondă orizontală dar distanțate lateral față de aceasta și una față de cealaltă; și
- (xi) transformarea succesivă a penultimelor sonde, dintre respectivele sonde orizontale suplimentare, din câte o sondă de producție în câte o sondă de injecție pentru injectarea respectivului gaz, abur, sau un lichid, astfel încât să determine petrolul din respectivul zăcământ să se scurgă din interiorul zăcământului menționat în jos în ultima dintre respectivele sonde orizontale suplimentare.

23. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 22, în care un volum de gaz, abur sau lichid injectat în respectivul zăcământ subteran este aproximativ egal cu volumul petrolului extras din respectivele sonde orizontale situate în partea inferioară a zăcământului.



REVENDICĂRI AMENDATE

1. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, fără a utiliza sondă sau sonde de ventilație, cuprinzând etapele de:

- (i) forarea unei prime sonde orizontale, situată relativ sus în respectivul zăcământ;
- (ii) forarea unei a doua sonde orizontale, situată relativ jos în respectivul zăcământ și aliniată substanțial paralel cu respectiva primă sondă orizontală;
- (iii) injectarea unui mediu cuprinzând un gaz, abur sau un lichid în respectivul zăcământ prin prima sondă orizontală menționată;
- (iv) extragerea petrolului, care se scurge în jos în respectivul zăcământ subteran și se varsă în a doua sondă orizontală, din respectiva a doua sondă orizontală;
- (v) forarea unei a treia sonde orizontale, relativ jos în respectivul zăcământ și substanțial paralelă cu respectivele prima și a doua sonde orizontale dar distanțată lateral față de acestea, distanțată lateral mai departe față de prima sondă orizontală decât față de cea de-a doua sondă orizontală;
- (vi) încetarea temporară sau permanentă a extracției de hidrocarburi din a doua sondă orizontală menționată;
- (vii) procedarea la injectarea unui al doilea mediu cuprinzând un gaz, abur, sau un lichid în a doua sondă orizontală menționată; și
- (ix) extragerea petrolului care se scurge în jos în respectivul zăcământ subteran în cea de-a treia sondă orizontală, din respectiva a treia sondă orizontală

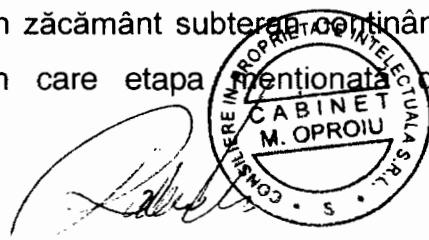
2. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, pentru exploatarea unui volum substanțial de petrol din interiorul unui zăcământ conținând hidrocarburi prin înaintarea într-o direcție în general liniară de-a lungul respectivei formațiuni, cuprinzând etape suplimentare repetate incluzând:



forarea succesivă de sonde orizontale suplimentare în partea de jos a zăcământului respectiv, în mod substanțial paralele cu, și substanțial coplanare cu respectiva a treia sondă orizontală dar distanțate lateral față de aceasta și unele de altele; și

transformarea succesivă a penultimelor sonde, dintre sondele orizontale suplimentare menționate, din câte o sondă de producție în câte o sondă de injecție pentru injectarea respectivului gaz, abur, sau un lichid, astfel încât să determine petrolul din zăcământ să se scurgă din interiorul zăcământului menționat, în jos, în ultima dintre respectivele sonde suplimentare orizontale.

3. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care primul mediu menționat și al doilea mediu menționat sunt unul și același mediu.
4. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 3, în care primul mediu menționat cuprinde oxigen gazos, aer, sau amestecuri ale acestora, în scopul efectuării combustiei in situ, procedeul menționat cuprinzând în continuare, după etapa (iii), etapa de aprindere a hidrocarburilor menționate din zăcământul menționat într-o zonă din apropierea primei sonde orizontale menționate, și extragerea produselor de ardere și a petrolului menționat din formațiunea subterană menționată prin a doua sondă menționată și/sau a treia sondă menționată.
5. Procedeu conform revendicării 1, în care primul mediu menționat și al doilea mediu menționat este un gaz solubil în petrol.
6. Procedeu conform revendicării 4, în care gazul constă în CO₂, hidrocarburi ușoare, sau amestecuri ale acestora.
7. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 4, în care etapa menționată de



aprindere a hidrocarburilor menționate și de extragere a produselor de ardere prin a doua sondă orizontală menționată și/sau a treia sondă orizontală menționată, determină un front de combustie să se deplaseze lateral de la respectiva primă sondă orizontală în direcția respectivelor a doua și a treia sonde orizontale, încălzind astfel petrolul din zăcământul menționat, și determinând respectivul petrol să se scurgă în jos pentru colectare prin respectivele a doua și/sau a treia sonde orizontale.

8. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care respectiva etapă (iii) de injectare a unui gaz, abur sau lichid în respectiva primă sondă orizontală, cuprinde etapa de injectare a respectivului gaz, abur, sau lichid într-un capăt al primei sonde orizontale menționate, și, etapa menționată de extracție a petrolului de la a doua sondă orizontală menționată cuprinde etapa de extracție a petrolului menționat de la un capăt al celei de-a doua sonde menționate, respectivul un capăt al celei de-a doua sonde menționate fiind situat pe o parte a zăcământului menționat opusă părții acestuia în care se află respectivul un capăt al primei sonde orizontale menționate.
9. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care etapa (vi) de injectare a respectivului gaz, abur, sau lichid în respectiva a doua sondă orizontală, cuprinde injectarea respectivului gaz, abur, sau lichid într-un capăt al celei de-a doua sonde orizontale menționate care este situat pe o parte a zăcământului menționat opusă unui capăt al respectivei a treia sonde orizontale de la care este colectat respectivul petrol.
10. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care respectiva etapa (vi) de injectare a gazului, aburului, sau lichidului în cea de-a doua sondă orizontală menționată cuprinde injectarea respectivului gaz, abur, sau

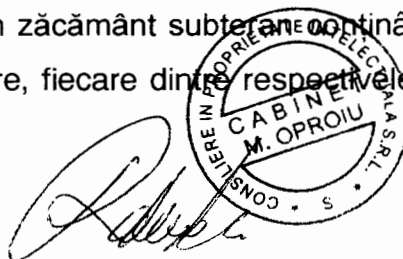


lichid într-un prim capăt al respectivei a doua sonde orizontale, respectivul prim capăt al celei de-a doua sonde orizontale menționate fiind situat pe aceeași parte a zăcământului pe care este situat un prim capăt al celei de-a treia sonde orizontale menționate de la care este colectat respectivul petrol.

11. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care petrolul menționat este colectat de la un prim capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale, respectivul prim capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale fiind situat pe o aceeași parte a zăcământului menționat, și etapa (vi) de injectare a respectivului gaz, abur sau lichid în cea de a doua sondă orizontală cuprinde injectarea respectivului gaz, abur sau lichid într-un al doilea capăt al respectivei a doua sonde prin tubinguri, care tubinguri se extind în mod substanțial de la primul capăt menționat până la al doilea capăt menționat ale respectivei a doua sonde.

12. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care, un prim capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale este situat pe o aceeași parte a zăcământului menționat, și menționata etapa (vi) de injectare a gazului, aburului, sau lichidului în cea de-a doua sondă orizontală menționată cuprinde injectarea respectivului gaz, abur, sau lichid în respectivul prim capăt al celei de-a doua sonde orizontale menționate, și menționata etapă de extracție a petrolului de la a treia sondă menționată cuprinde extracția petrolului respectiv de la un al doilea capăt al respectivei a treia sondă prin tubinguri, respectivele tubinguri se extind în mod substanțial de la primul capăt până la al doilea capăt al respectivei a treia sondă.

13. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care, fiecare dintre respectivele a



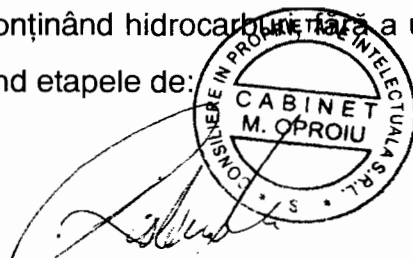
doua și a treia sonde orizontale are câte un capăt distal și câte un capăt proximal, capătul menționat proximal al celei de-a doua sonde orizontale și capătul proximal al celei de-a treia sonde orizontale fiind situate pe părțile laterale opuse reciproc ale zăcământului menționat.

14. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care respectiva a doua sondă orizontală este deplasată lateral și decalată lateral față de prima sondă orizontală menționată.
15. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 14, în care respectiva primă sondă orizontală are un liner în care este prevăzută respectiva multitudine de deschizături, și, în care, mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături, prevăzute în respectivul liner al primei sonde orizontale, crește progresiv de la un prim capăt la un al doilea capăt al respectivei prime sonde orizontale, iar gazul menționat, aburul sau lichidul este injectat în respectivul prim capăt al acestei prime sonde.
16. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care, fiecare dintre respectivele a doua sondă orizontală și a treia sondă orizontală, au câte o multitudine de deschizături în acestea, în care mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături crește progresiv de la un prim capăt până la un al doilea capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale.
17. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 10, în care, respectiva a doua sondă orizontală are o multitudine de deschizături în aceasta, în care mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături crește progresiv de la un prim capăt până la un al doilea capăt al fiecăreia dintre

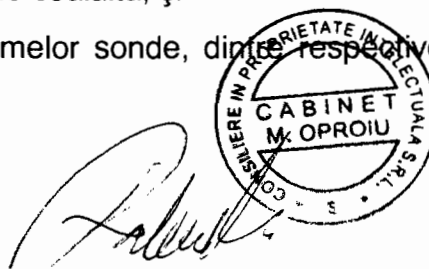


respectivele a doua și a treia sonde orizontale.

18. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 10, în care, respectiva a treia sondă orizontală are o multitudine de deschizături în aceasta, în care mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături crește progresiv de la respectivul prim capăt până la un al doilea capăt al acesteia.
19. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 10, în care, fiecare dintre respectivele a doua sondă orizontală și a treia sondă orizontală, au câte o multitudine de deschizături în acestea, în care mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături crește progresiv de la un prim capăt al acestora până la un al doilea capăt al acestora.
20. Procedeu conform revendicării 1, care mai include în continuare, după etapa (v) sau (vi), etapa de încetare a injectării respectivului gaz, abur, sau lichid în respectiva primă sondă orizontală atunci când extracția de petrol din a doua sondă orizontală menționată a scăzut până la o fracțiune predeterminată dintr-o rată maximă de extracție.
21. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care, prima sondă orizontală menționată are o multitudine de deschizături de-a lungul întregii sale lungimi, și etapa menționată de injectare a unui gaz, abur sau lichid în respectiva sondă orizontală cuprinde etapa de injectare a respectivului gaz, abur, sau lichid în zăcământul menționat prin deschizăturile menționate ale respectivei prime sonde orizontale.
22. Procedeu de amplasare în linie dreaptă a sondelor pentru extracția petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, fără a utiliza sondă sau sonde de ventilație, cuprinzând etapele de:

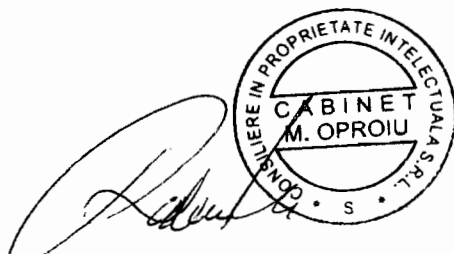


- (i) forarea unei prime sonde orizontale relativ sus în zăcământul menționat, având o multitudine de deschizături în aceasta;
- (ii) forarea unei a doua sonde orizontale, situată relativ jos în respectivul zăcământ și substanțial paralelă cu prima sondă orizontală menționată;
- (iii) injectarea unui gaz oxidant în prima sondă orizontală menționată și în respectivul zăcământ prin deschizăturile menționate ale acesteia, în scopul efectuării combustiei in situ în respectivul zăcământ;
- (iv) aprinderea hidrocarburilor în zăcământul menționat;
- (v) extragerea petrolului, care se scurge în jos în respectivul zăcământ subteran în a doua sondă orizontală menționată, din respectiva a doua sondă orizontală;
- (vi) forarea unei a treia sonde orizontale relativ jos în zăcământul menționat și substanțial paralelă cu a doua sondă orizontală menționată dar distanțată lateral față de aceasta și distanțată lateral mai departe față de prima sondă orizontală menționată de injecție decât față de respectiva a doua sondă orizontală de injecție;
- (vii) încetarea temporară sau permanentă a extracției de hidrocarburi din a doua sondă orizontală menționată, și transformarea respectivei a doua sonde într-o sondă de injecție;
- (viii) injectarea gazului oxidant menționat în respectiva a doua sondă orizontală; și
- (ix) extragerea petrolului, care se scurge în jos în respectivul zăcământ subteran în a treia sondă orizontală menționată, din respectiva a treia sondă orizontală;
- (x) forarea succesivă de sonde orizontale suplimentare în partea de jos a respectivului zăcământ, substanțial paralele și substanțial coplanare cu respectiva a treia sondă orizontală dar distanțate lateral față de aceasta și una față de cealaltă; și
- (xi) transformarea succesivă a penultimelor sonde, din respecti-



sonde orizontale suplimentare, din câte o sondă de producție în câte o sondă de injecție pentru injectarea respectivului gaz, abur, sau un lichid, astfel încât să determine petrolul din respectivul zăcământ să se scurgă din interiorul zăcământului menționat în jos în ultima dintre respectivele sonde orizontale suplimentare.

23. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 22, în care un volum de gaz, abur sau lichid injectat în respectivul zăcământ subteran este aproximativ egal cu volumul petrolului extras din respectivele sonde orizontale situate în partea inferioară a zăcământului.



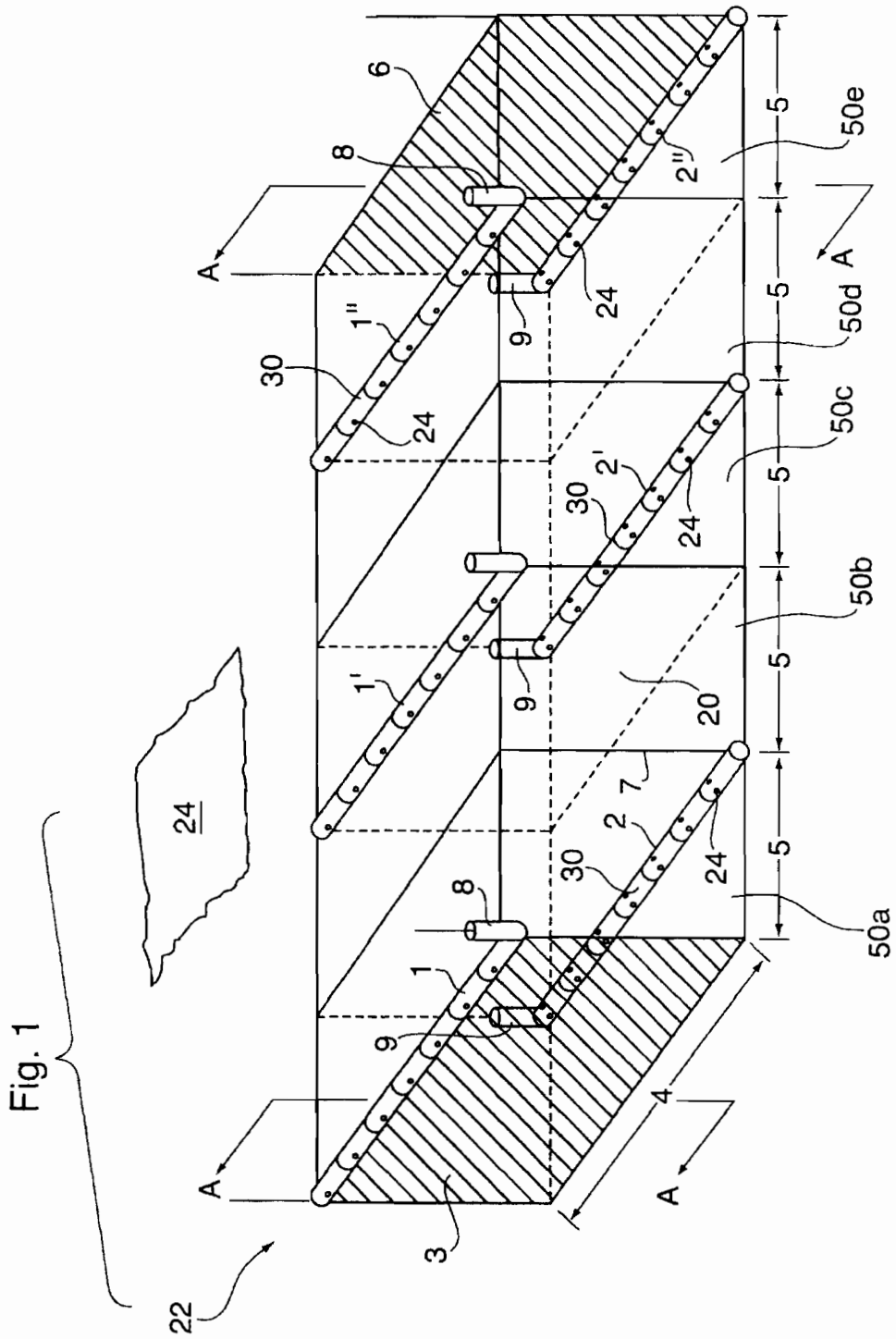
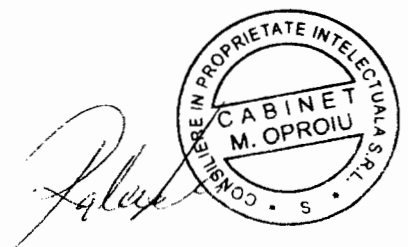
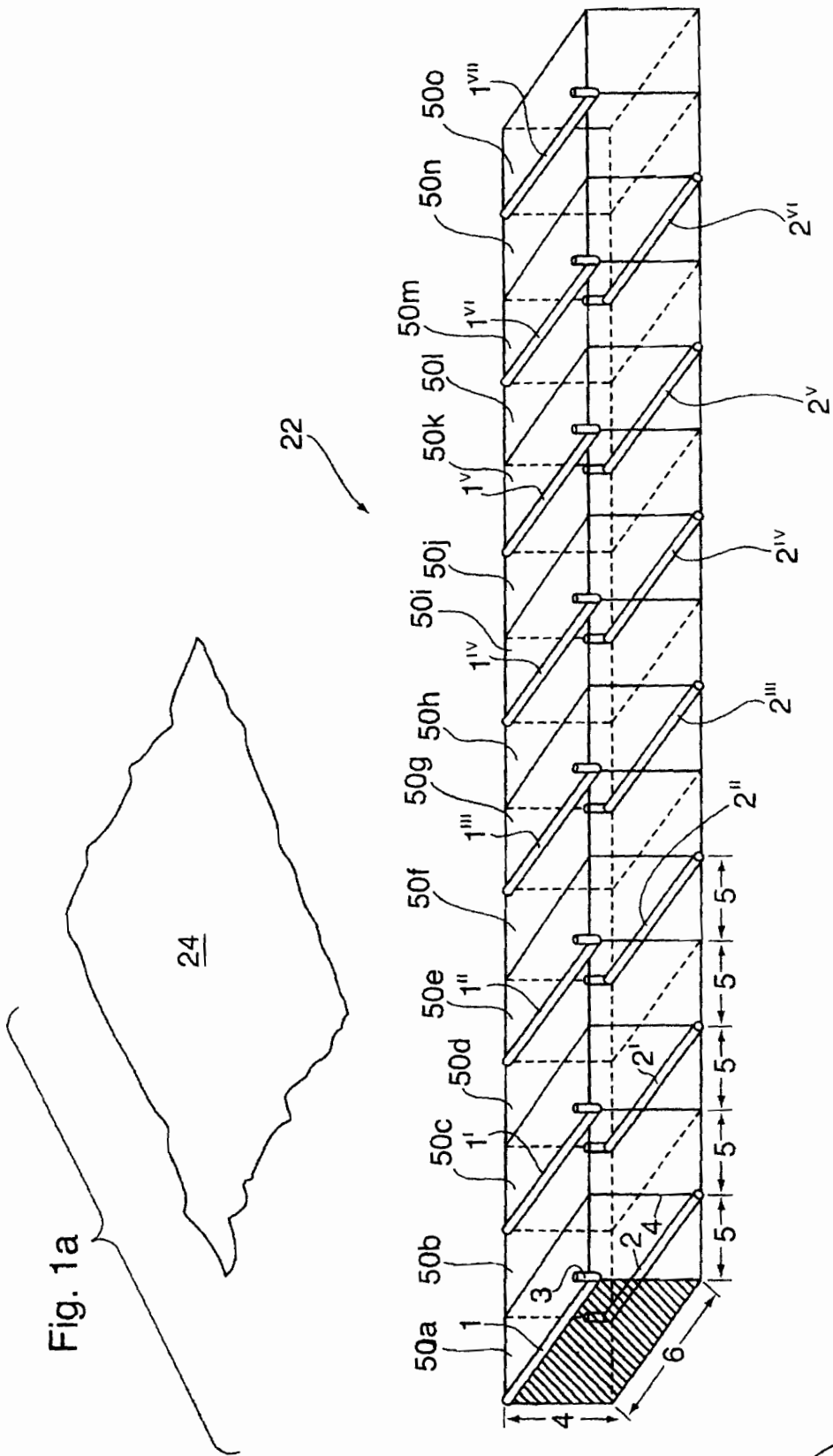


Fig. 1

PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

1/16

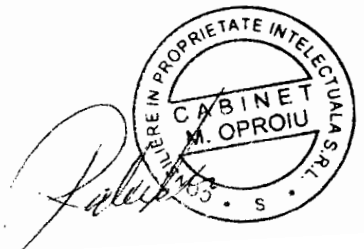




PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

2/16

37



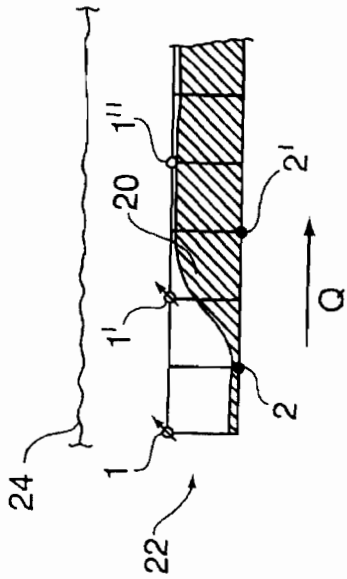


Fig. 2 (i)

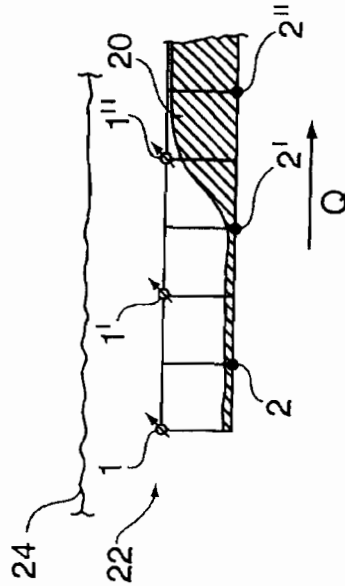


Fig. 2 (ii)

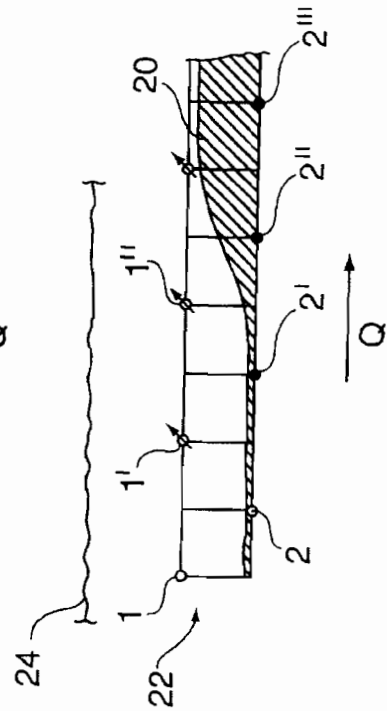
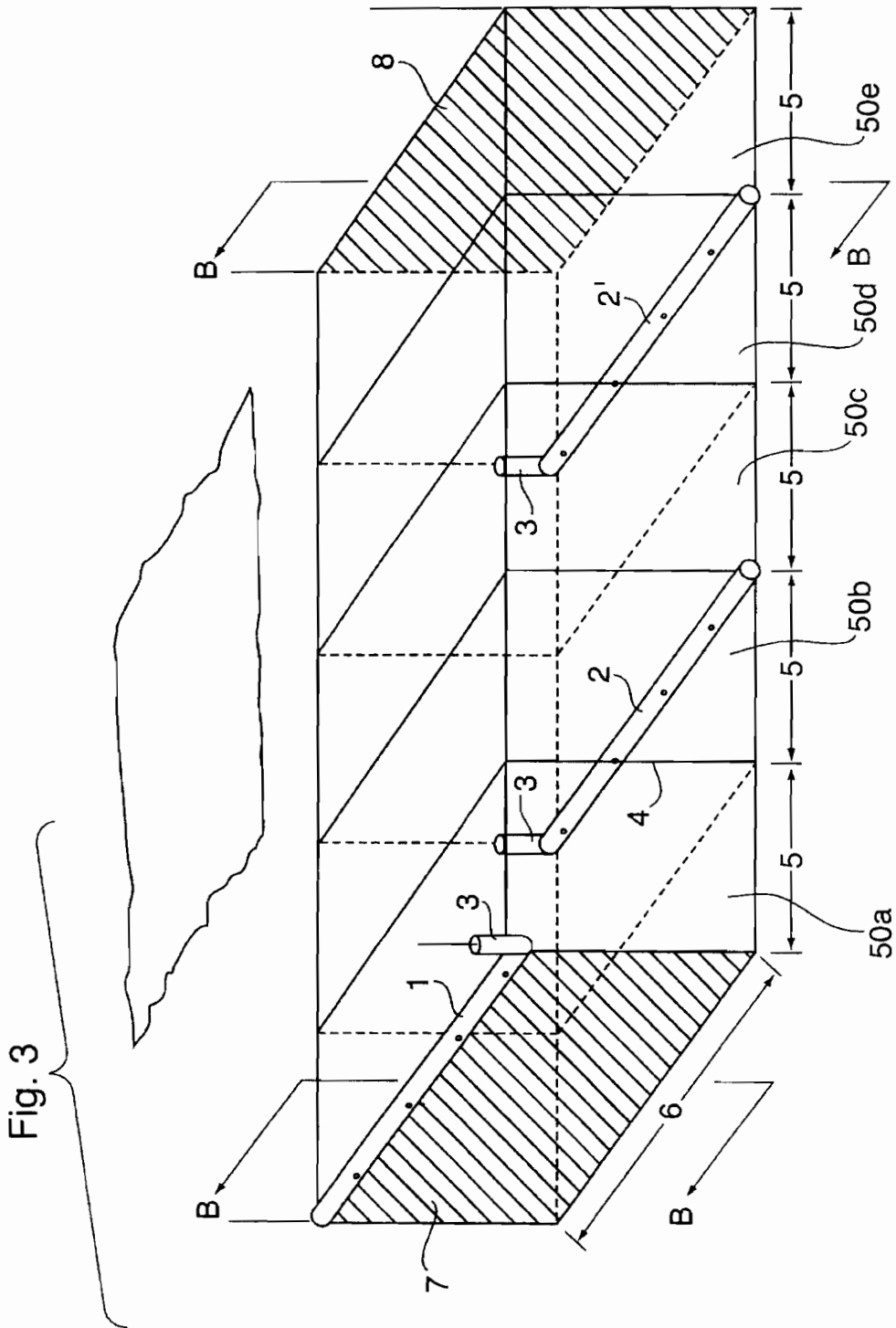


Fig. 2 (iii)

Legendă

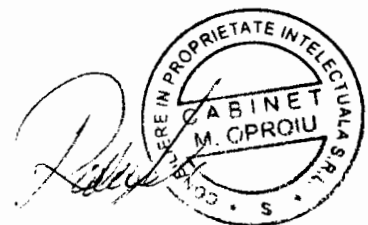
- ☞ Sondă injectoare activă
- Sondă productivă activă
- Sondă inactivă





PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

4/16



- Legendă
- ∅ Sondă injectoare activă
 - Sondă productivă activă
 - Sondă inactivă

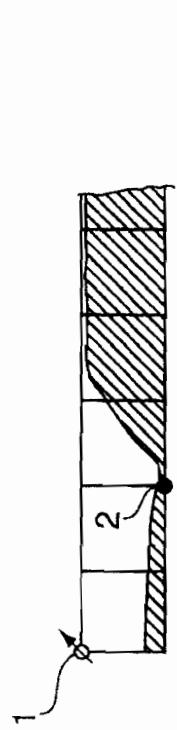


Fig. 4a (i)

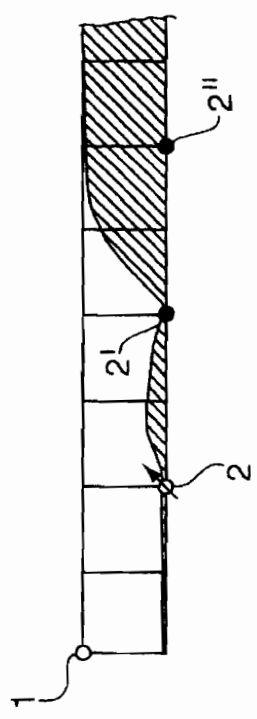


Fig. 4a (ii)

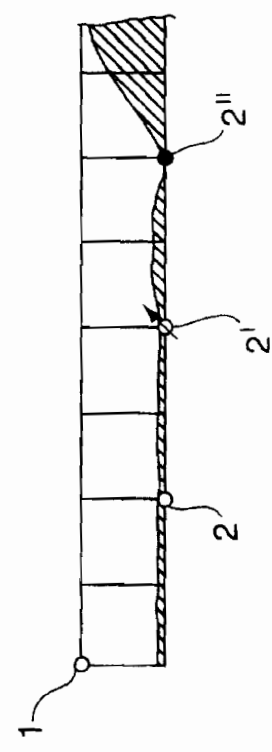
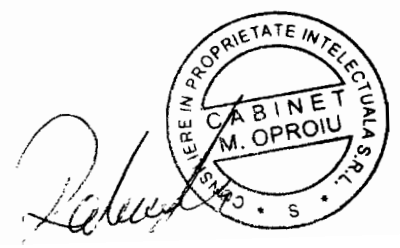


Fig. 4a (iii)



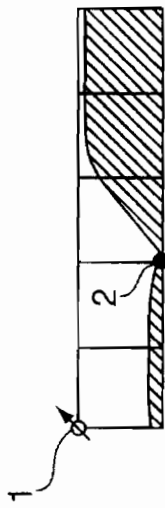


Fig. 4b (i)

Legendă

- ∅ Sondă injectoare activă
- Sondă productivă activă
- Sondă inactivă

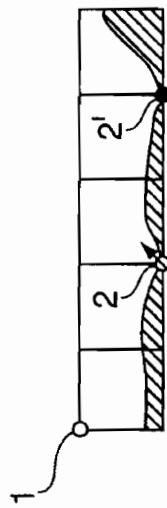


Fig. 4b (ii)

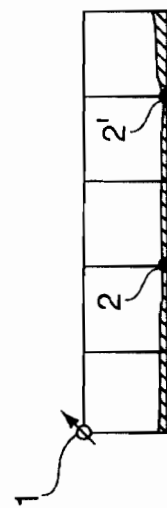
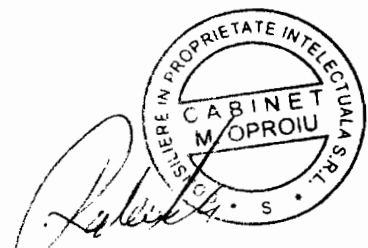


Fig. 4b (iii)



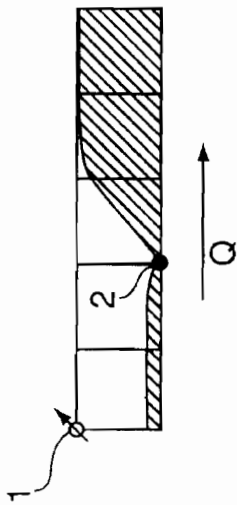


Fig. 4c (i)

Legendă

- ∅ Sondă injectoare activă
- Sondă productivă activă
- Sondă inactivă

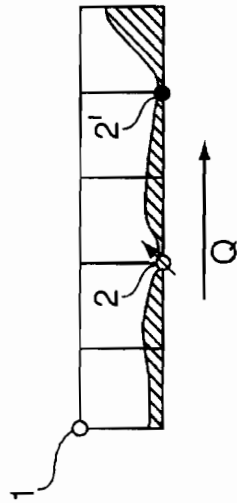


Fig. 4c (ii)

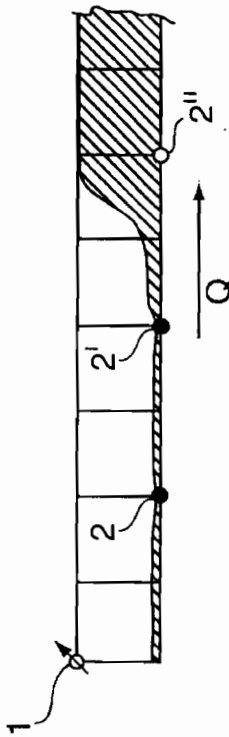


Fig. 4c (iii)

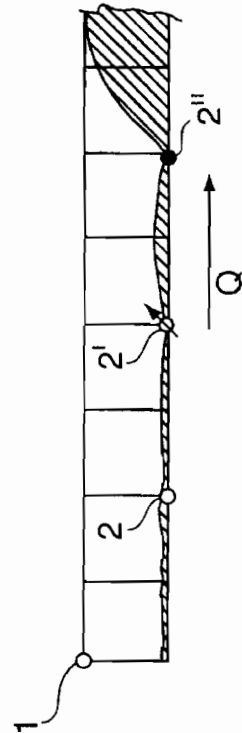
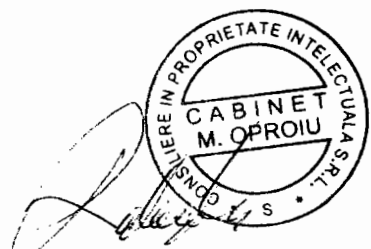


Fig. 4c (iv)



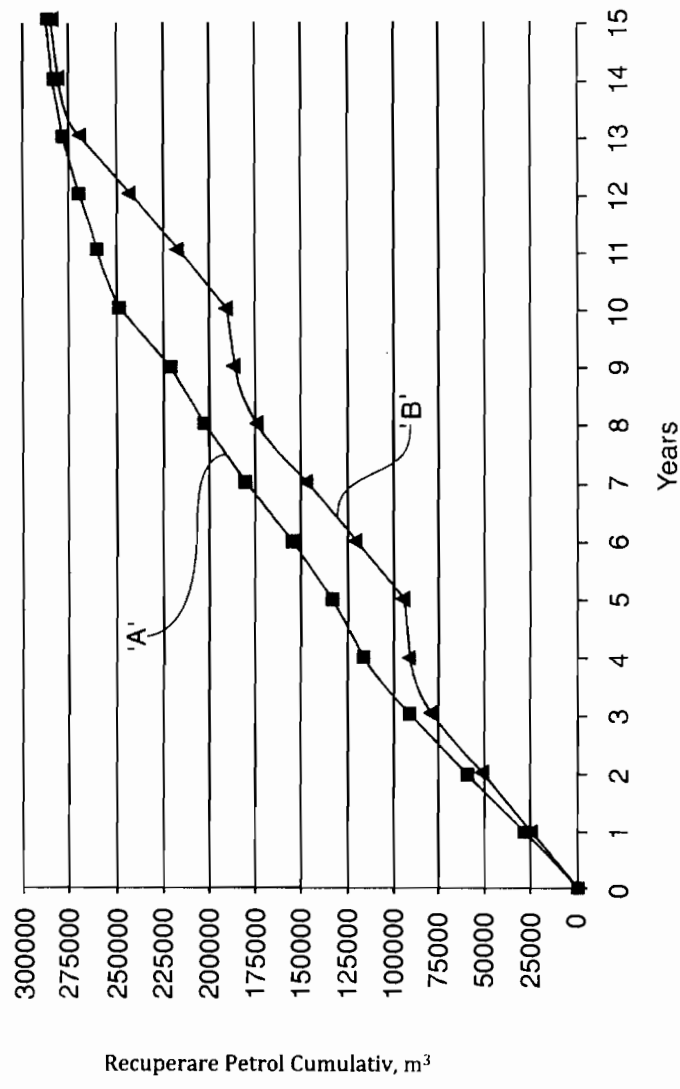


Fig. 5

Recuperare Petrol Cumulativ, m³

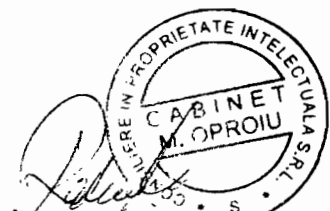
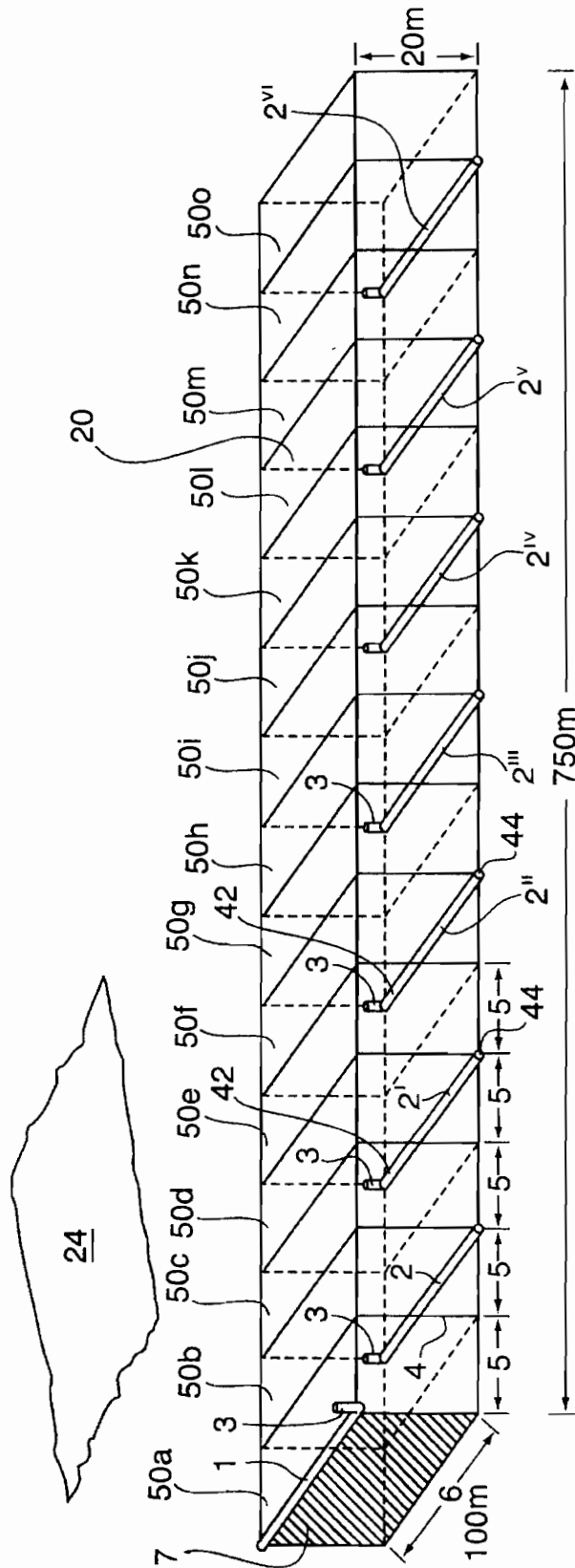
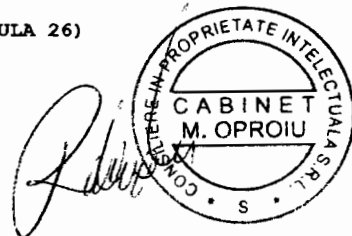


Fig. 6



PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)



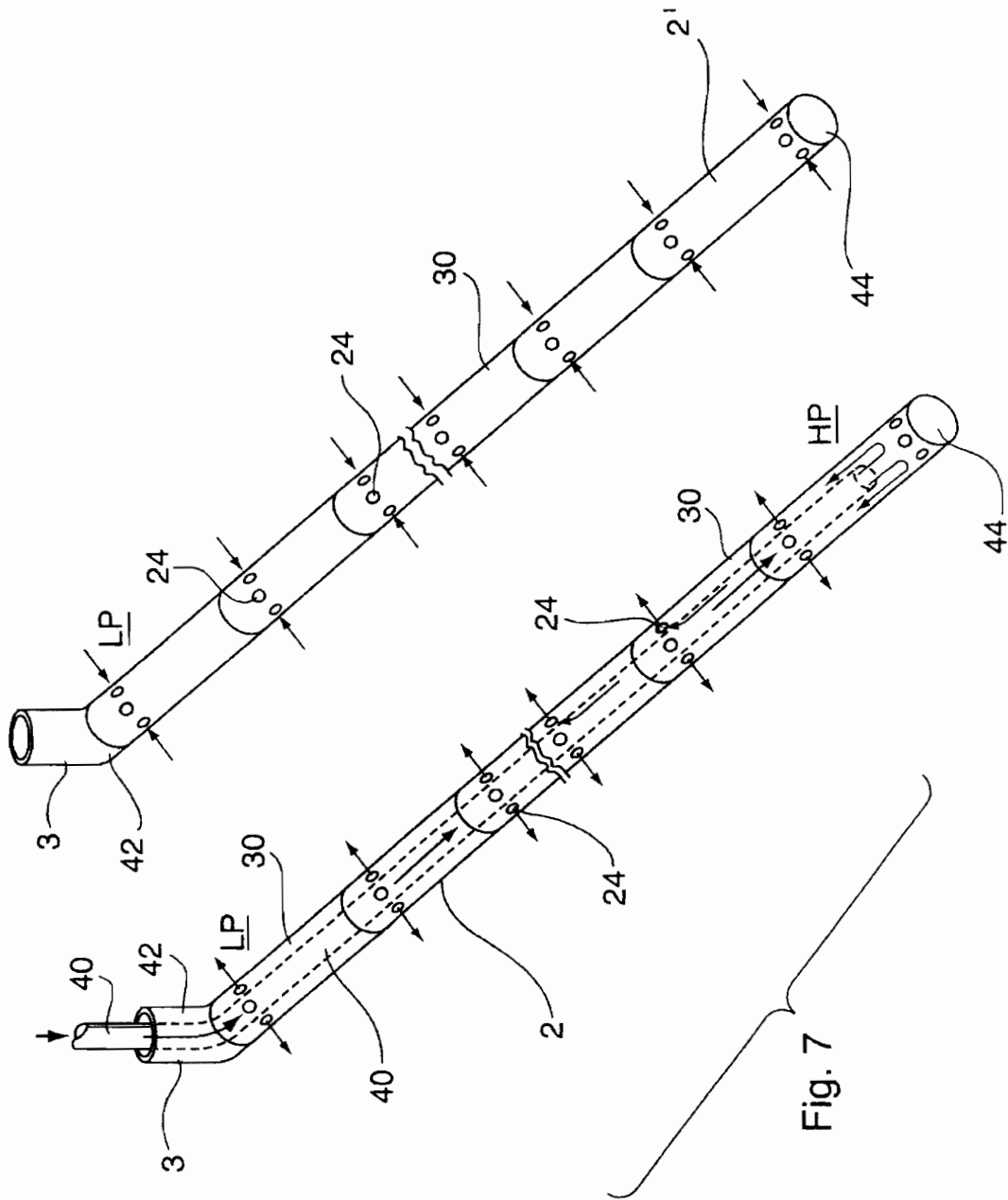


Fig. 7



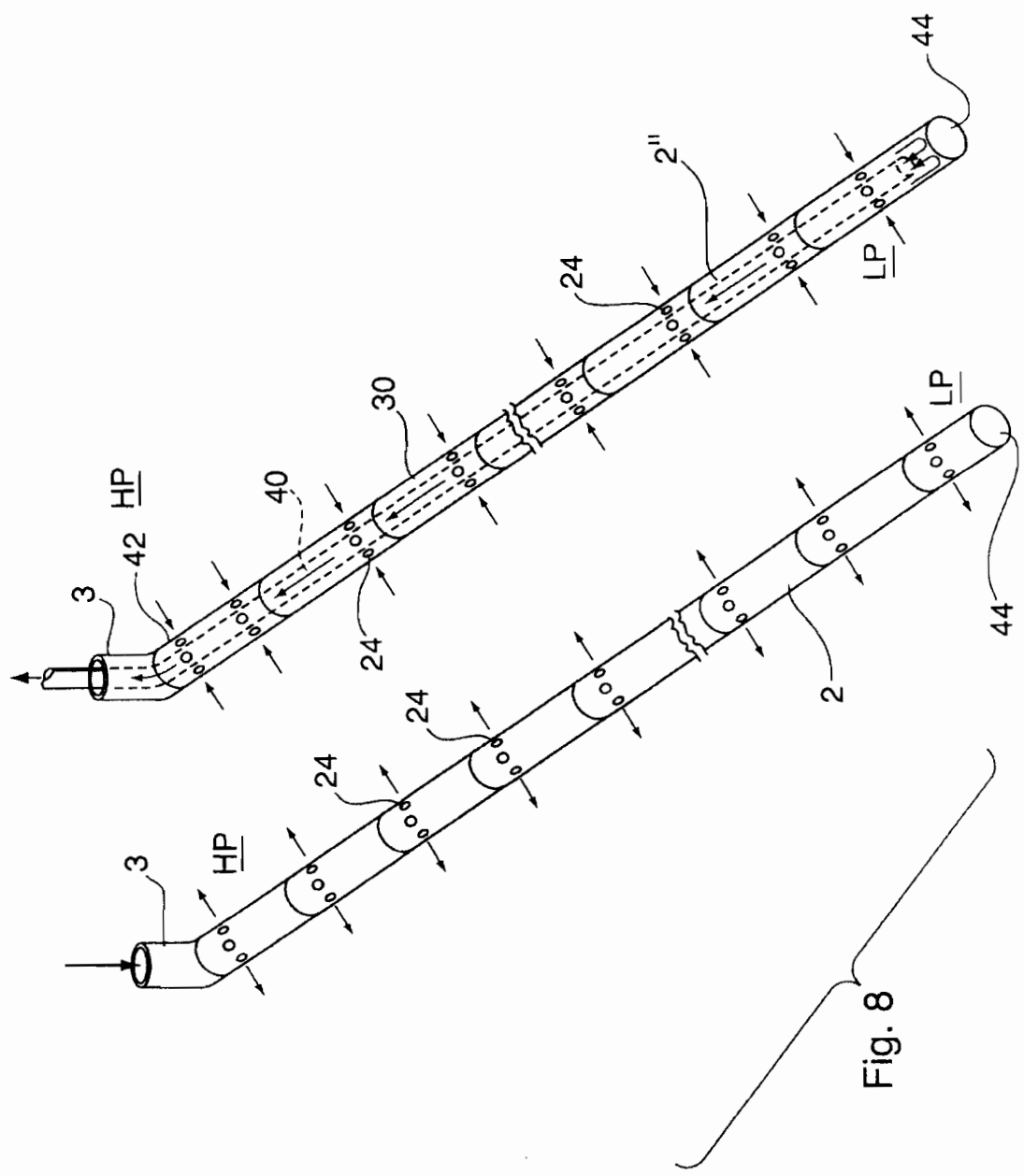
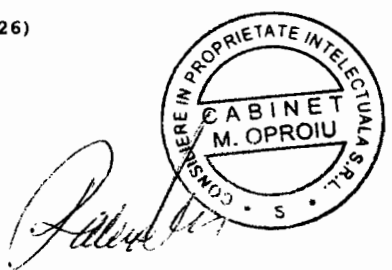


Fig. 8



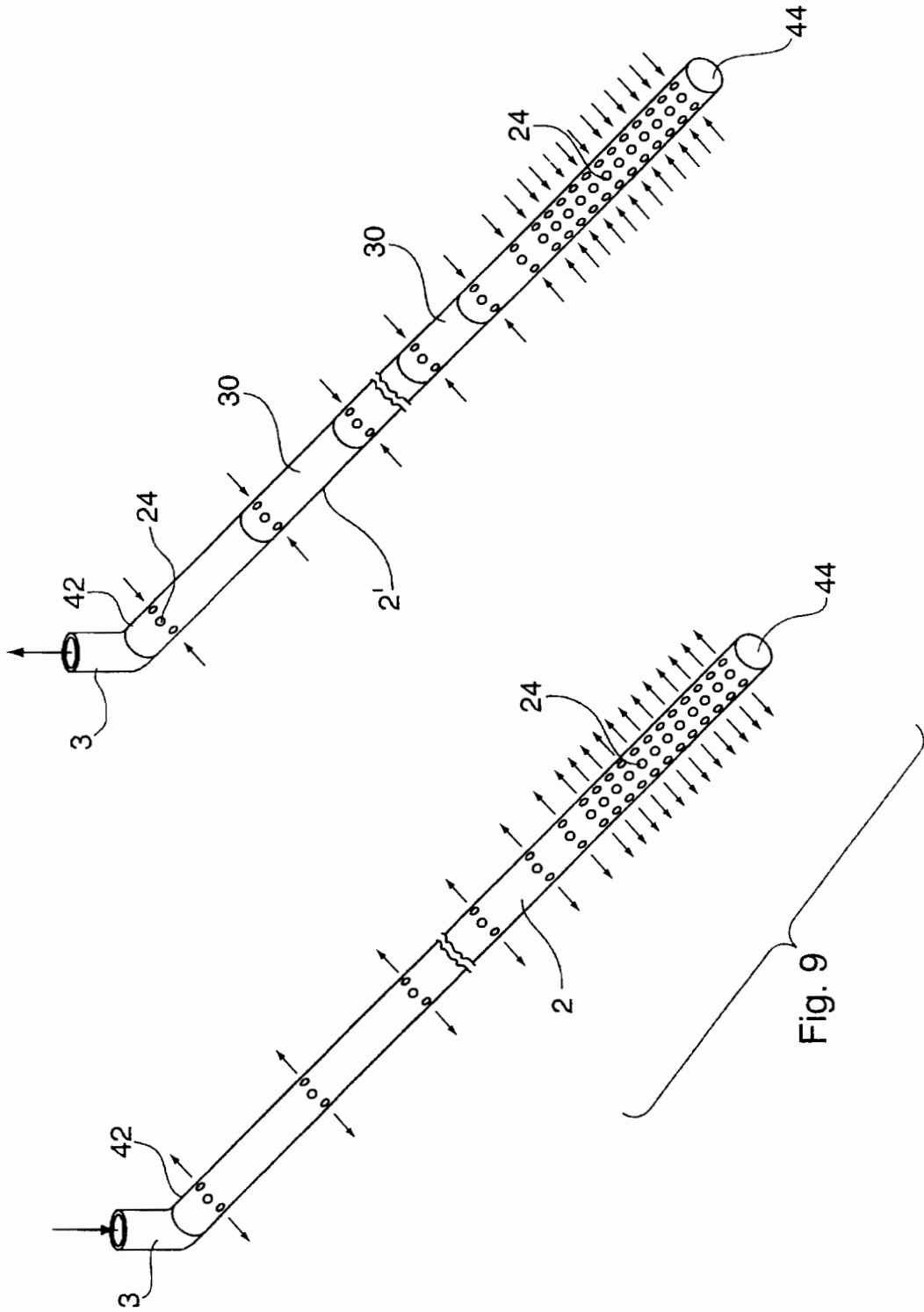
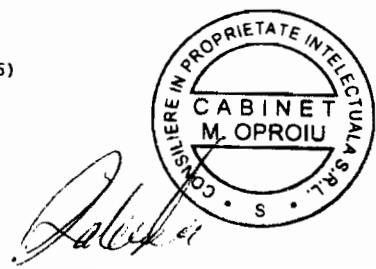


Fig. 9



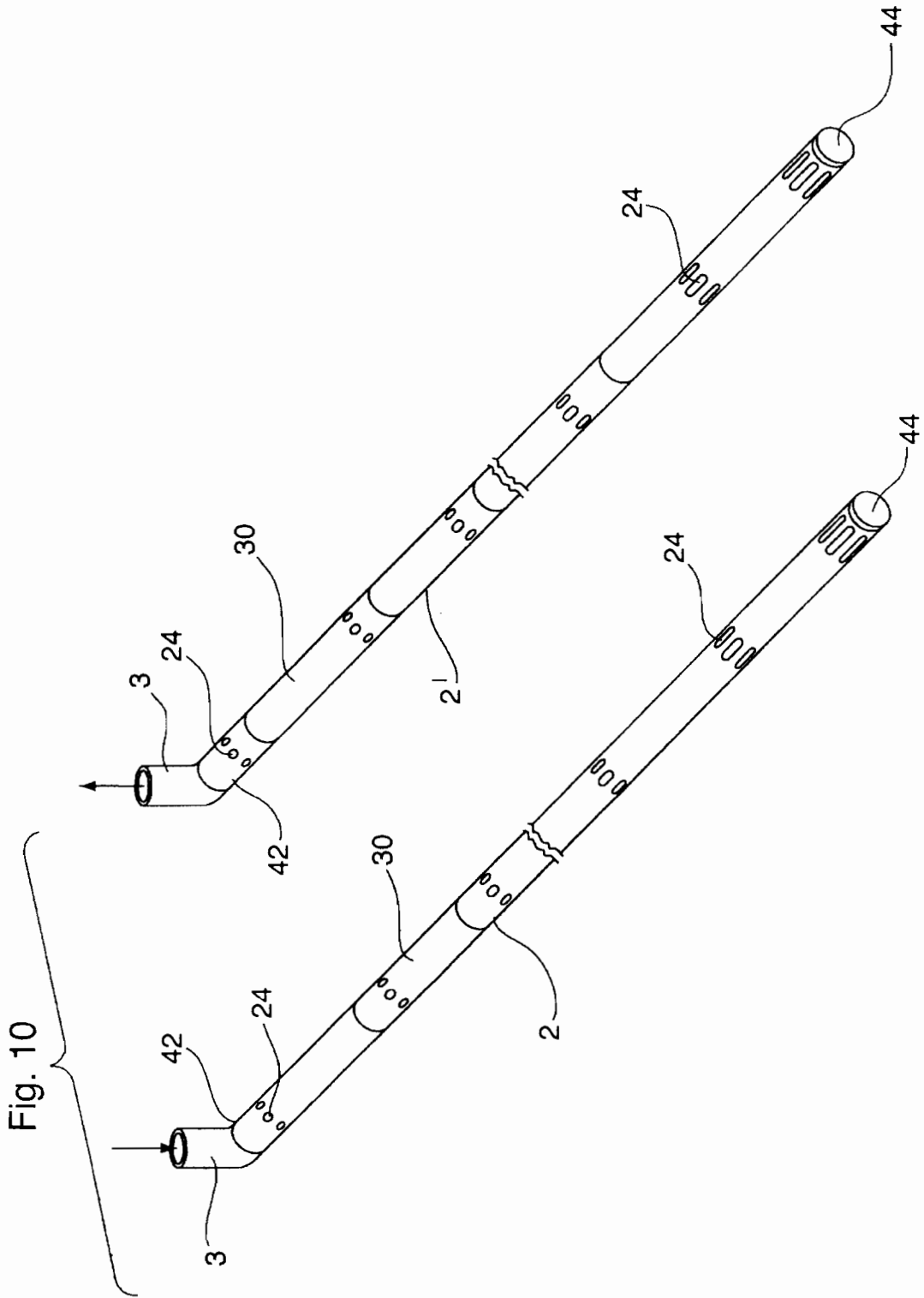
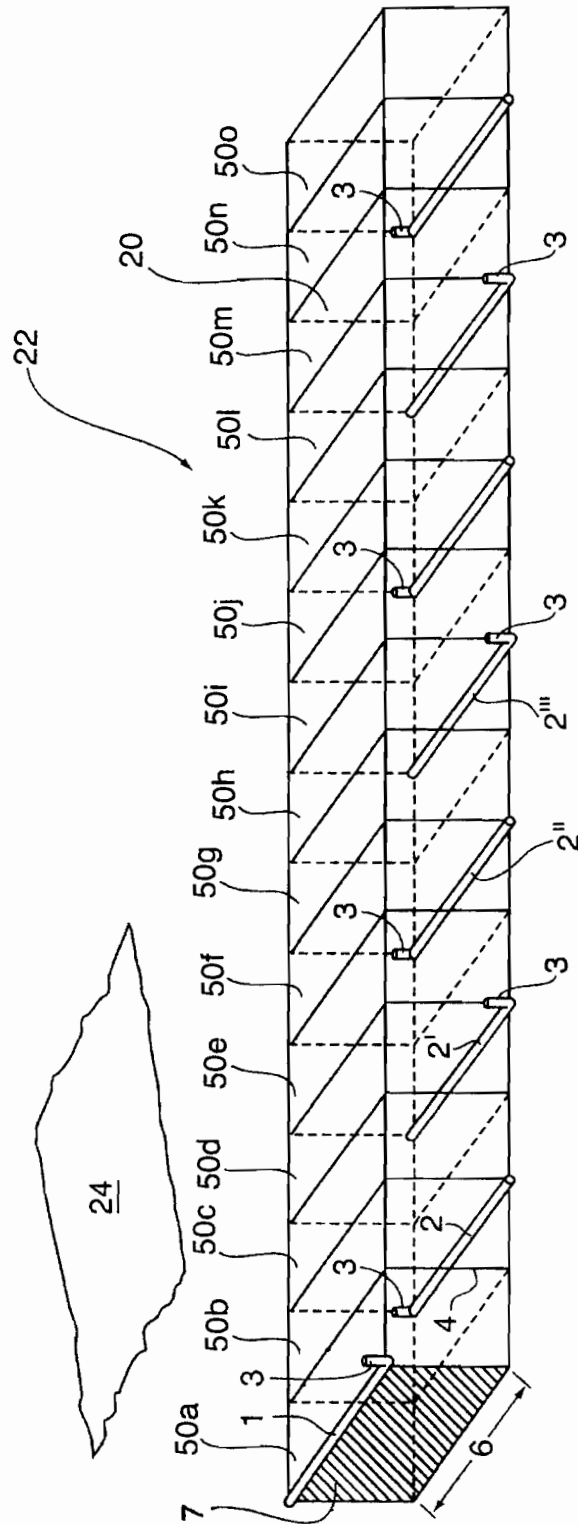
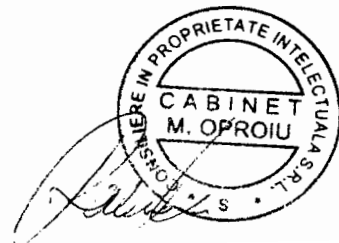


Fig. 11



PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

14/16



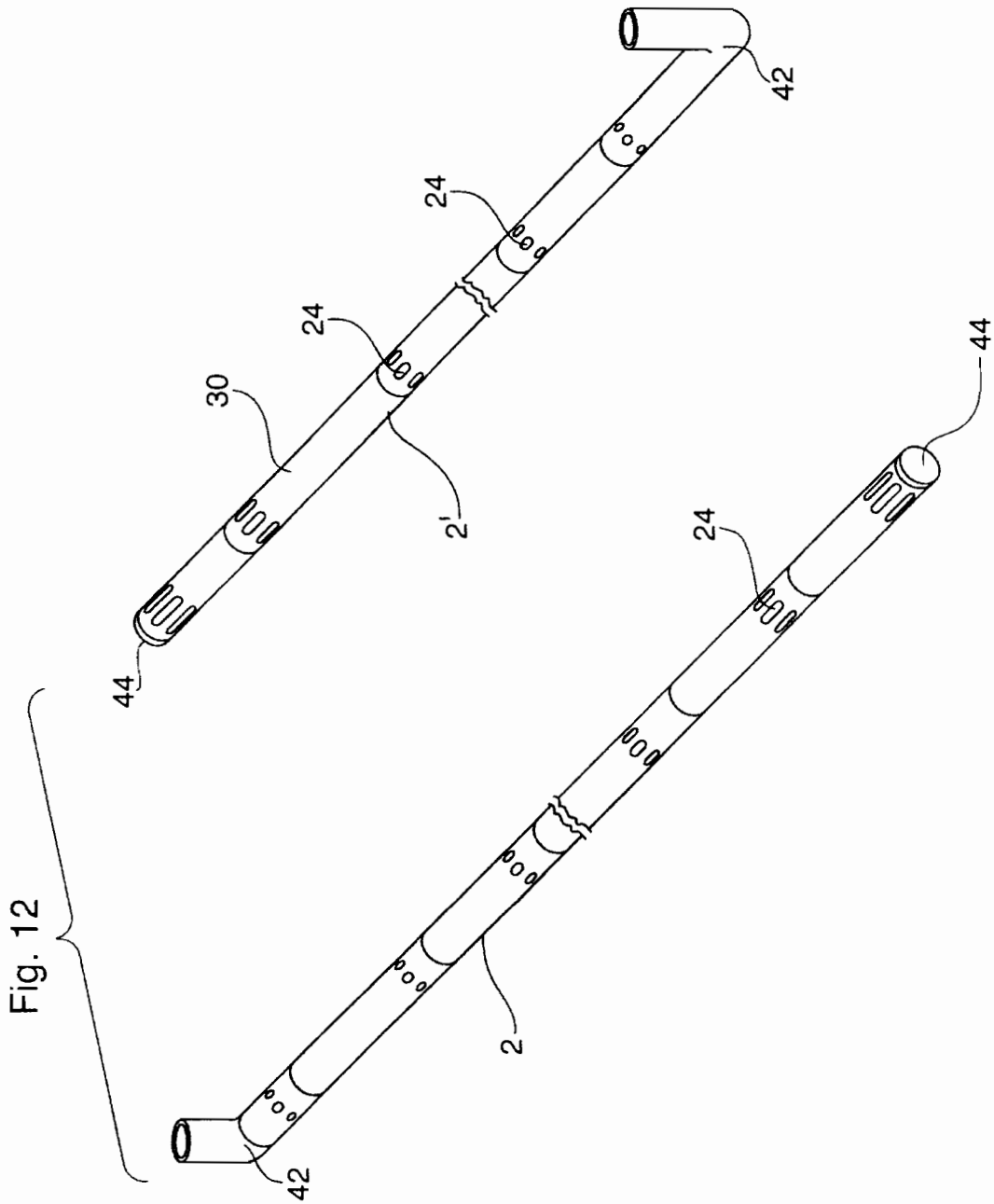


Fig. 12

PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

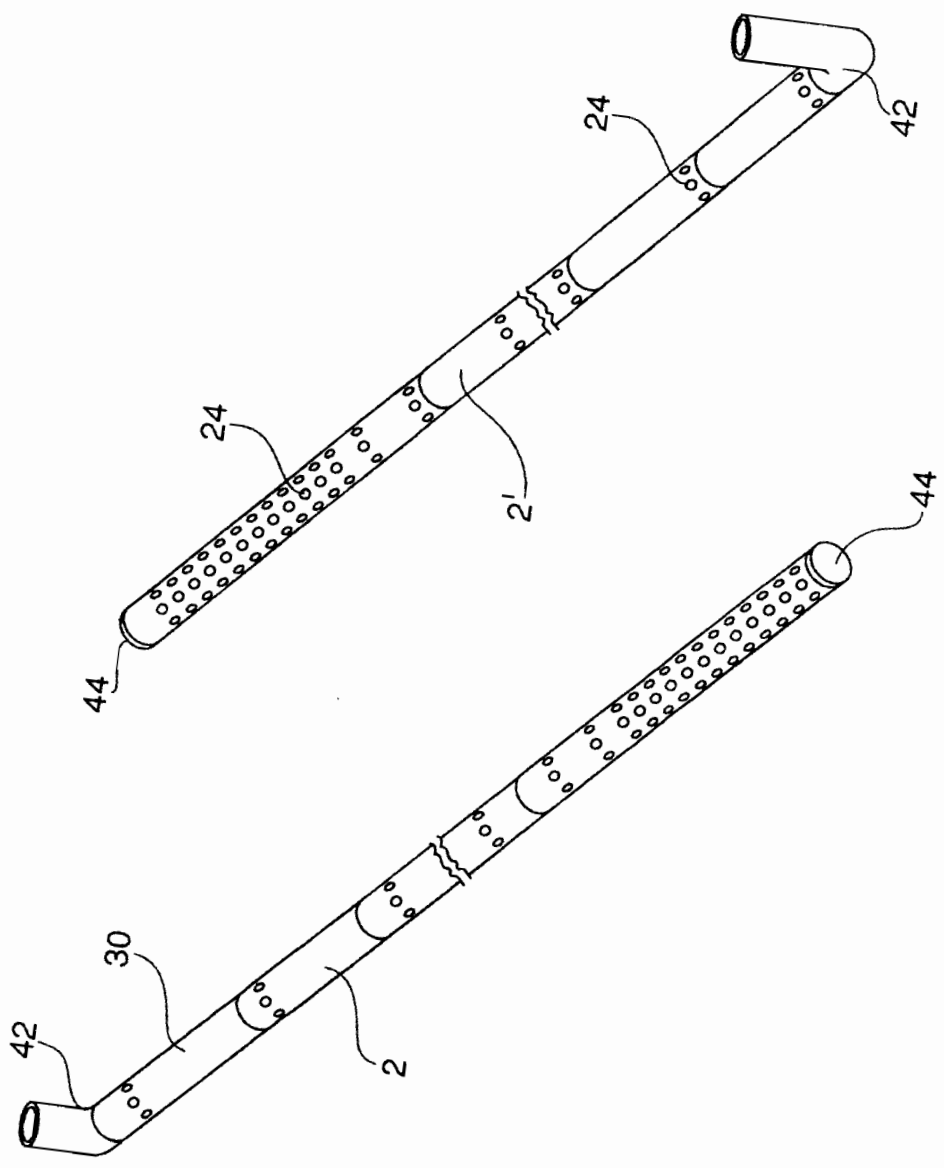
15/16

50

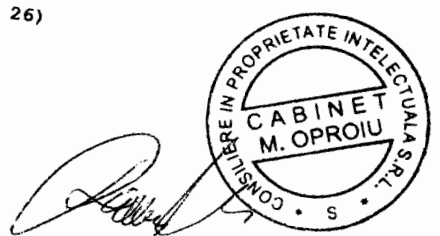


2014-00387-
2.5-11-2011

Fig. 13



PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)
16/16



PROCEDEU DE EXTRAȚIE A PETROLULUI CU EXPLOATARE ÎN LINIE DREAPTĂ DIN SONDE ORIZONTALE

DOMENIUL INVENȚIEI

Prezenta invenție se referă la un procedeu de extracție a petrolului, și mai exact la un procedeu de extracție a petrolului din zăcăminte de hidrocarburi subterane, folosind sonde orizontale.

STADIUL TEHNICII ÎN DOMENIUL INVENȚIEI

Procedee de extracție a petrolului pe bază de aburi sunt utilizate în mod obișnuit pentru a recupera petrol vâscos și bitum rece. De exemplu, drenajul-gravitațional-stimulat-cu-abur (SAGD) și injectarea ciclică de abur sunt folosite pentru extracția de petrol vâscos și bitum rece. Când petrolul este mobil ca petrol nativ sau devine mobil prin unele pre-tratamente in situ, procedeele de stimulare cu abur pot fi de asemenea utilizate. Un dezavantaj serios al procedeelelor cu abur este ineficiența generării aburului la suprafață, deoarece o cantitate considerabilă de căldură generată de combustibil se pierde fără a furniza căldura utilă în zăcământ. Roger Butler, în cartea sa 'Thermal Recovery of oil and Bitumen', pag. 415, 416, estimează eficiența termică la fiecare etapă a procedeelelor cu injecție de abur, după cum urmează: generator de abur, 75-85%; transmitere la sondă, 75-95%; flux descendent în sondă până la zăcământ, 80-95%; flux în zăcământ până la frontul de condensare, 25-75%. Este necesar să se mențină zăcământul între injector și frontul de condensare mobil la temperatura aburului, astfel încât transferul major de energie să poată avea loc de la condensarea aburului la suprafața petrolului. În concluzie, 50% sau mai mult din energia combustibilului poate fi pierdută înainte să ajungă căldura la suprafața petrolului. Costurile energetice bazate pe BTU în zăcământ sunt de 2,6 - 4,4 ori mai mici pentru injectarea de aer comprimat în comparație cu injectarea de abur. Multe alte dezavantaje apar cu procedeele de extracție a petrolului bazate pe folosirea aburului: gazele naturale pot să nu fie disponibile pentru arderea la cazanele de abur, apa proaspătă poate fi insuficientă și curățarea apei produse

pentru reciclarea la cazane este costisitoare. În rezumat, procedeele de extracție a petrolului pe bază de abur sunt ineficiente din punct de vedere termic, costisitoare și dăunătoare mediului.

Există multe sisteme de amplasare a sondelor care pot fi utilizate pentru extracția de petrol din zăcăminte subterane. Unele dintre acestea folosesc sonde verticale sau combină sonde verticale și orizontale. Exemple de procedee de aplicare a sistemelor de amplasare sunt sistemele de amplasare de sonde grupate în formă de 7 răsturnat care au fost utilizate pentru procedee bazate pe abur sau pe combustie și solvent, utilizând sonde verticale, și sistemul de amplasare de sonde orizontale dispuse în zigzag din brevetul US 5,273,111 care a folosit (dar s-a limitat la) un procedeu care utilizează injecția de abur.

Brevetul US 5,626,191 dezvăluie un procedeu repetitiv, numit cu injecție de aer "aval-către-amonte" (THAI^{TM1}), în care o sondă orizontală este transformată ulterior într-o sondă de injecție de aer pentru a ajuta la mobilizarea petrolului pentru extracția printr-o sondă orizontală adiacentă, care este apoi, de asemenea, transformată într-o sondă de injecție de aer, și procedeu este repetat.

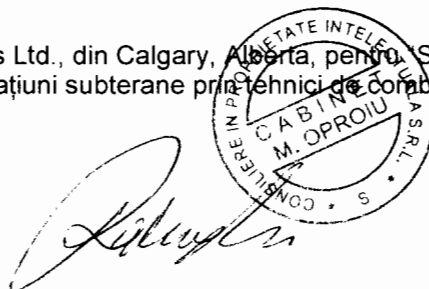
Brevetul US 6,167,966 utilizează un procedeu de injecție a apei în zăcământ, folosind o combinație de sonde verticale și orizontale.

Brevetul US 4,598,770 (Shu și col., 1986) dezvăluie un procedeu de extracție a petrolului prin stimulare cu abur, în care sonde orizontale de injecție și sonde orizontale de producție sunt amplasate toate, în mod alternativ, în partea de jos a unui zăcământ. Procedee de combustie in situ nu sunt avute în vedere.

Joshi în Joshi, S.D., "A Review of Thermal oil Recovery Using Horizontal wells", *in Situ*, 11 (2 & 3), 211-259 (1987), dezvăluie un procedeu de extracție a petrolului Bazat pe abur, utilizând un sistem de amplasare de sonde de injecție și de producție orizontale alternante și decalate vertical. O preocupare majoră este pierderea mare de căldură la dislocarea acoperișului de rocă atunci când aburul este injectat în partea superioară a zăcământului.

Brevetul US 5,273,111 (Brannan și col., 1993) dezvăluie un procedeu de

THAITM este o marcă înregistrată de ARCHON Technologies Ltd., din Calgary, Alberta, pentru Servicii de extracție de petrol, și anume, extracția de petrol din formațiuni subterane prin tehnici de combustie in-situ și metodologii și catalizatori de îmbunătățire"



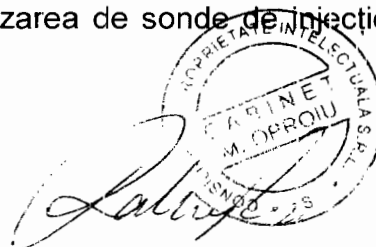
amplasare a sondelor care folosesc abur pentru extracția de petrol mobil dintr-un zăcământ de petrol. Un sistem de sonde orizontale amplasate în linii paralele sunt utilizate cu injectoare de abur. Tronsoanele orizontale ale sondelor de injecție sunt plasate în zăcământ deasupra tronsoanelor orizontale ale sondelor de producție, cu tronsoanele orizontale ale sondelor de producție fiind forate în zăcământ într-un punct situat între baza zăcământului și mijlocul zăcământului. Aburul este injectat în mod continuu prin sondele de injecție de deasupra, în timp ce petrolul este extras prin sondele de producție de dedesubt. Procedeele de combustie in situ nu sunt menționate.

Brevetul US 5,803,171 (McCaffery și col., 1998) dezvăluie o îmbunătățire a brevetului lui Brennan în care este utilizată stimularea cu abur ciclic pentru a realiza o comunicare între injector și sonda productivă înainte de aplicarea injecției de abur în mod continuu. Procedeele de combustie in situ nu sunt menționate.

Brevetul US 7,717,175 (Chung și col., 2010) dezvăluie un procedeu pe bază de solvent, utilizând scheme de amplasare de sonde orizontale în care sunt amplasate sonde paralele, mai sus și mai jos în mod alternativ, într-un zăcământ, în care sondele superioare sunt utilizate pentru extracția de petrol subțiat cu solvent iar sondele inferioare, pentru injectarea de solvent. Amestecul petrol-solvent provocat de gravitație este produs de curgerea în contra-curent a petrolului și solventului. Sondele sunt prevăzute cu dispozitive de control al debitului pentru a realiza profiluri uniforme de injecție și de producție de-a lungul găurilor de sonde. Dispozitivele compensează căderea de presiune de-a lungul găurilor de sonde care poate provoca o distribuție neuniformă a fluidelor în gaura de sondă și reducerea eficienței extracției zăcământului. Procedeele de combustie in situ nu sunt menționate.

W0/2009/090477 (Xiai și Mauduit, 2009) dezvăluie procedeu de amplasare a sondelor cu combustie in situ, în care o serie de sonde verticale, care sunt finalizate în partea de sus sunt plasate între sonde de producție orizontale, care sunt amplasate de obicei deasupra unui strat acvifer. Acest aranjament de sonde se pretinde a fi utilizabil pentru producția de petrol în prezența unui strat acvifer.

Cererea de brevet US 2010/0326656 (Menard, 2010) dezvăluie un procedeu de amplasare a sondelor cu abur care implică utilizarea de sonde de injecție și de



producție orizontale alternative, în care zone izolate de ieșire și de pătrundere de fluid sunt create de-a lungul găurilor sondelor respective pentru a realiza o exploatare omogenă a zăcământului. Găurile sondelor alternative pot fi în același plan vertical sau alternând între partea inferioară și partea superioară a zăcământului, ca în brevetul US 5,803,171. Vaporii calzi sunt injectați în sondele superioare (de exemplu, Abur).

Eficiență îmbunătățită, timp scurtat la recuperarea investițiilor inițiale (adică, debite de extracție a petrolului inițial mai rapide, pentru a permite recuperarea într-un timp mai scurt a capitalului investit), și scăderea costurilor de capital inițial, în diferite stadii, sunt fiecare în domeniul procedeele de mai sus, care pot fi îmbunătățite.

DESCRIEREA PE SCURT A INVENȚIEI

Un procedeu ideal de extracție a petrolului, pentru exploatarea de petrol dintr-un zăcământ subteran care are o eficiență de extracție ridicată, folosește un injectant gratuit (fără nici un cost) și disponibil la infinit, nu necesită combustibil achiziționat, generează căldură exact acolo unde este nevoie, la suprafața petrolului, și captează căldura din zăcământul în care a fost folosită o încălzire a unui zăcământ. În plus, un ritm ridicat al producției de petrol, în special în faza inițială de exploatare, este decisivă pentru viabilitatea și/sau profitabilitatea unui procedeu de extracție a petrolului.

Prezenta invenție, procedeu de extracție a petrolului cu exploatare în linie dreaptă din sonde orizontale din zăcăminte subterane conținând hidrocarburi, are două avantaje față de configurația de amplasare "Sonde în Zigzag" pentru extracția de petrol, ultimul fiind un procedeu ne-public de extracție de petrol conceput de inventatorul celui de față și prezentat mai pe larg în cele ce urmează, care procedeu "Sonde în Zigzag" este în multe privințe el însuși o îmbunătățire, în anumite privințe și în anumite stadii, față de procedeele și configurațiile din stadiul tehnicii, menționate mai sus.

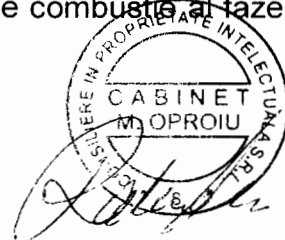
În mod specific, pentru o zonă exploatată volumetric comparabil și extracție cumulativă totală de petrol identică în ceea ce privește un zăcământ subteran (formațiune) conținând hidrocarburi, procedeul cu exploatare în linie dreaptă din



sonde orizontale (denumit în continuare "HWLD"), conform prezentei invenții, s-a demonstrat experimental, așa cum este prezentat în cele de față, că asigură o viteză inițială de extracție a petrolului mai mare decât procedeul cu "Sonde în Zigzag", prezentat în cele de față. Astfel, se poate obține o recuperare mai rapidă a capitalului investit inițial de către companiile petroliere care suportă cheltuieli mari în cursul lucrărilor de exploatare a zăcămintelor subterane. Acesta este un avantaj semnificativ, deoarece investițiile pentru exploatarea zăcămintelor de petrol sunt foarte mari, iar timpul în care se poate realiza o recuperare a investițiilor este adesea un aspect foarte real și substanțial de luat în considerare dacă investiția într-un astfel de proiect de capital este făcută vreodată într-un loc pentru prima dată.

În plus, procedeul cu exploatare în linie dreaptă cu sonde orizontale, conform prezentei invenții, pentru o zonă exploatată comparabilă volumetric și o cantitate totală aproape identică de petrol recuperat, a fost demonstrat experimental că necesită mai puține sonde decât configurația de "Sonde în Zigzag" reducând, astfel, în mod semnificativ cheltuielile de investiții pentru o companie de petrol pentru a exploata și a produce petrol dintr-o formațiune subterană conținând hidrocarburi.

Prin urmare, cu titlu de rezumat general, într-o variantă extinsă a procedurii de extracție a petrolului HWLD, conform prezentei invenții, o primă sondă orizontală este forată la înălțime într-un zăcământ subteran care conține hidrocarburi, și un mediu, cum ar fi un gaz, este injectat în zăcământ prin perforații într-un liner de sondă prevăzut în această primă sondă orizontală. Petrolul, apa și gazul sunt co-extrase printr-o a doua sondă orizontală, vecină, paralelă, laterală, forată în partea de jos a zăcământului. Când debitul de petrol la a doua sondă orizontală (de producție) scade sub o limită economică, o a treia sondă orizontală paralelă este forată în partea de jos a zăcământului, distanțată lateral față de a doua sondă orizontală, și utilizată pentru extracția de petrol, în timp ce, în același timp, a doua sondă orizontală (inițial o sondă de producție) este transformată într-o sondă de injecție, și, astfel, gazele sunt de asemenea injectate în formațiune prin această a doua sondă orizontală, astfel încât frontul de combustie să fie alimentat în continuu cu gazul oxidant pentru a permite avansarea continuă a frontului de combustie și, astfel, încălzirea continuă a petrolului din fața frontului de combustie al fazei mobile,



care se scurge în jos și este colectat prin sondele orizontale forate în partea de jos a zăcământului din formațiunea vecină (sau cel puțin mai joasă) a frontului de combustie al fazei mobile. Etapele de forare în continuare de sonde separate, distanțate lateral, orizontale, paralele, jos în formațiune, și transformarea succesivă a sondelor de extracție 'epuizate' în sonde de injecție, pentru a recupera în continuare petrolul din sondele de producție rămase, se continuă pe o direcție substanțial liniară de-a lungul zăcământului pentru a exploata zăcământul într-o singură direcție ca un "procedeu-cu-exploatare-în-linie-dreaptă" care atinge o eficacitate înaltă de exploatare a zăcământului. Injectantul, dacă este un gaz, poate fi un gaz solvent cum ar fi CO₂ sau hidrocarburi ușoare sau amestecuri ale acestora, abur sau un gaz oxidant, cum ar fi oxigen, aer sau amestecuri ale acestora. Alternativ, injectantul poate fi orice amestec de solvenți, abur sau gaz oxidant. Un exemplu de realizare favorabil utilizează aburul ca injectant și exemplul de realizare cel mai favorabil utilizează gaz oxidant ca mediu injectat.

Când procedeul utilizează ca injectant un gaz oxidant și combustia în situ, îndeplinește cerințele comerciale de cheltuieli energetice relativ reduse și cheltuieli de exploatare reduse prin furnizarea unui procedeu nou și eficient de extracție a hidrocarburilor dintr-o formațiune subterană care conține petrol foarte fluid.

Distanța între sondele productive orizontale paralele și decalate, precum și lungimile sondelor, vor depinde de proprietățile specifice zăcământului și pot fi optimizate în mod corespunzător de către un inginer competent de exploatare a zăcământului. Distanța laterală dintre sondele orizontale poate fi de 25-200 de metri, de preferință 50-150 metri și cel mai preferabil 75-125 metri. Lungimea tronsoanelor sondelor orizontale poate fi de 50-2000 de metri, de preferință, de 200 - 1000 metri și, cel mai preferabil, de 400-800 metri.

Într-un zăcământ omogen folosind procedeul conform prezentei invenții, este benefic pentru exploatarea cu mare eficiență a zăcământului să se furnizeze injectantul egal la fiecare perforație din linerul sondei de injecție și să se asigure debite egale de intrare a fluidului la fiecare perforație la fiecare perforație a linerului sondei de producție. Având în vedere că sondele orizontale au de obicei un "aval" la sfârșitul tronsonului orizontal, și un "amonte" unde tronsonul orizontal se îmbină cu



tronsonul vertical, într-o îmbunătățire a prezentei invenții, se preferă să se foreze sonde orizontale, astfel încât amonteale sondei de injecție (injecția) să fie vizavi de avalul sondei de producție (extracție) adiacentă distanțată lateral, astfel încât "scurtcircuitarea" gazului între sondele injectoare și productive să fie redusă la minimum. Scurtcircuitarea se produce, de altfel, deoarece punctul de cea mai înaltă presiune în sonda injectoare este la amonte, de unde, de obicei, se produce o cădere de presiune pe măsură ce injectantul este pompat sub presiune și curge de-a lungul piciorului orizontal de la amonte spre aval. În schimb, punctul de cea mai înaltă presiune la o sondă producătoare (de producție) este la aval, deoarece gazul și petrolul sunt extrase de obicei de la amonte. Prin urmare, este de preferat ca amonteale sondei injectoare să fie opus avalului sondei de producție adiacente, astfel încât gazul cu presiune înaltă (de obicei încălzit) să fie forțat să se deplaseze pe o distanță mai mare prin formațiune spre porțiunea cu presiune joasă de la amonteale sondei de producție adiacente.

Alternativ, ambele sonde de injecție și de producție pot fi situate cu porțiunile respective de amonte și de aval în poziție juxtapusă reciproc. În acest caz, este de preferat să se utilizeze tubinguri interne de injectare a gazului la avalul sondei de injecție, deplasând astfel sursa de înaltă presiune de la amonteale sondei de injecție spre avalul acesteia. În acest fel sursa de înaltă presiune va fi la un capăt al zăcământului opus amontelui cu presiune scăzută al sondei productive, forțând astfel gazul să se deplaseze pe o distanță mai lungă prin formațiune și, astfel, petrolul liber să fie colectat mai eficient în formațiune, astfel încât, să fie apoi deplasat și colectat prin zona de joasă presiune de la amonteale sondei productive. O astfel de configurație are avantajul de a necesita doar o singură locație de forare situată de aceeași parte a zăcământului, deoarece porțiunile verticale ale sondelor injectoare și ale sondelor productive vor fi toate de aceeași parte a zăcământului.

În plus față de utilizarea de configurații care transpun (inversează) porțiunile respective de amonte și de aval ale sondelor orizontale adiacente sau, alternativ, folosesc un tubing intern în sonda injectoare, distribuirea uniformă a gazelor pe lungimea sondei de injecție și colectarea uniformă a petrolului de-a lungul sondei productive pot fi obținute, sau îmbunătățite în continuare, prin varierea numărului și



mărimii perforațiilor de-a lungul linerului într-o sondă injectoare, pentru a echilibra căderea de presiune de-a lungul sondei. Un tubing perforat de corectare a căderii de presiune poate fi amplasat în interiorul linerului primar al sondei de injecție. Acest lucru are avantajul utilizării debitului de gaz în spațiul inelar pentru a contribui în continuare la distribuirea omogenă a gazului. Alternativ, sau în plus, metodologii similare pot fi aplicate în sondele productive pentru a colecta mai uniform petrolul fluid substanțial de-a lungul întregii lungimi a sondei productive, și a contribui la prevenirea "pătrunderii" injectantului gazos direct în sondele de producție.

Diametrul exterior al tronsoanelor linerului sondei orizontale poate fi de 4 țoli la 12 țoli, dar preferabil de 5-10 țoli și cel mai preferabil 7-9 țoli. Perforațiile din tronsoanele orizontale pot fi fante, filtre cu sârmă, obturatoare cu sită Facsrte^{tm2} sau alte tehnologii care asigură gradul dorit de reținere a nisipului.

Gazul injectat poate fi orice gaz oxidant, incluzând dar fără a se limita la, aer, oxigen sau amestecuri ale acestora.

Este de dorit să se realizeze debite egale de injecție a gazului de-a lungul sondei de injecție și debite de producție de fluide egale de-a lungul sondei productive orizontale pentru a obține cea mai mare eficiență de exploatare a zăcământului și extracție uniformă. Debitul maxim la injectarea gazului va fi limitat de presiunea maximă de injectare a gazului, care trebuie menținută sub presiunea de fracturare a rocilor, și va fi afectat de lungimea sondelor orizontale, de permeabilitatea rocilor-rezervor, de saturațiile fluidelor și de alți factori.

Utilizarea unui simulator numeric, precum cel utilizat în Exemplele de mai jos, este benefică pentru confirmarea funcționalității și viabilității modelului conform prezentei invenții pentru un zăcământ specific, și a faptului că poate fi realizată cu ușurință de către inginerii de exploatare a zăcămintelor, specializați în domeniu.

Prin urmare, și în special, sub un prim aspect larg al procedului, conform prezentei invenții, un astfel de procedeu se referă la un procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, care cuprinde etapele de:

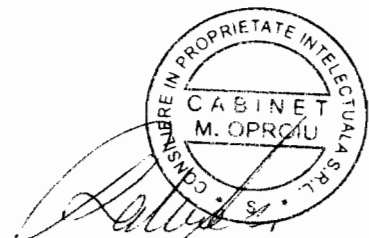
FacsrteTM este o marcă neînregistrată a Absolute Completion Technologies pentru linere de sonde având înglobate în ele filtre pentru nisip



- (i) forarea unei prime sonde orizontale, situată relativ sus în respectivul zăcământ;
- (ii) forarea unei a doua sonde orizontale, situată relativ jos în respectivul zăcământ și aliniată substanțial paralel cu respectiva primă sondă orizontală;
- (iii) injectarea unui mediu cuprinzând un gaz, abur sau un lichid în respectivul zăcământ prin deschizături prevăzute în prima sondă orizontală menționată;
- (iv) extragerea petrolului care se scurge în jos, în respectivul zăcământ subteran, și scurge prin respectiva a doua sondă orizontală, din respectiva a doua sondă orizontală;
- (v) forarea unei a treia sonde orizontale, relativ jos în respectivul zăcământ și substanțial paralelă cu respectivele prima și a doua sonde orizontale dar distanțată lateral față de acestea, distanțată lateral mai departe față de prima sondă orizontală decât față de a doua sondă orizontală;
- (vi) încetarea temporară sau permanentă a extracției de hidrocarburi din respectiva a doua sondă orizontală și procedarea la injectarea unui al doilea mediu cuprinzând un gaz, abur, sau un lichid în a doua sondă orizontală menționată; și
- (vii) extragerea petrolului care se scurge în jos, în respectivul zăcământ subteran, în cea de-a treia sondă orizontală, din respectiva a treia sondă orizontală.

Fiecare dintre respectivele a doua, a treia, și următoarele sonde orizontale forate ulterior sunt, de preferință, toate coplanare una cu cealaltă, dar nu cu prima sondă menționată, și distanțate lateral una față de cealaltă.

Pentru a face uz de aspectul de "exploatare în linie dreaptă", conform invenției, și pentru a permite o exploatare a unui volum semnificativ de petrol din interiorul unui zăcământ conținând hidrocarburi de dimensiuni substanțiale, un astfel de procedeu cuprinde în continuare etape repetate suplimentar pentru a permite o "exploatare" progresivă într-o direcție în general liniară de-a lungul respectivei formațiuni, cuprinzând etapele suplimentare de:



forare succesivă de sonde orizontale în partea de jos a zăcământului respectiv, în mod substanțial paralele și substanțial coplanare cu a treia sondă orizontală dar distanțate lateral față de aceasta și unele față de altele; și

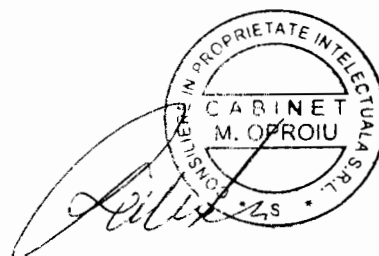
transformarea succesivă a penultimelor sonde, dintre sondele orizontale suplimentare menționate, din câte o sondă de producție în câte o sondă de injecție pentru injectarea respectivului gaz, abur, sau un lichid, astfel încât să determine petrolul din respectivul zăcământ să treacă din interiorul zăcământului menționat în jos într-o ultima dintre sondele suplimentare orizontale menționate.

Într-un exemplu de realizare preferat, primul mediu și al doilea mediu sunt unul și același mediu. Într-o altă variantă preferată, mediul este un gaz care este solubil în petrol. Alternativ, mediul este un gaz, și anume CO₂, hidrocarburi ușoare, sau amestecuri ale acestora.

În încă un exemplu de realizare preferat, un astfel de mediu cuprinde oxigen gazos, aer, sau amestecuri ale acestora, în scopul provocării combustiei in situ, și acest procedeu cuprinde în continuare, după etapa (iii), etapa de aprindere a hidrocarburilor din zăcământ într-o zonă din apropierea primei sonde orizontale, și extragerea petrolului și a produselor de ardere din formațiunea subterană prin cea de-a doua sondă și/sau simultan sau ulterior prin cea de-a treia sondă. Etapa de aprindere a hidrocarburilor și de extracție a petrolului și a produselor de ardere, prin intermediul celei de-a doua sonde orizontale și/sau a celei de-a treia sonde orizontale determină un front de combustie să se deplaseze lateral de la prima sondă orizontală menționată în direcția respectivelor a doua și a treia sonde orizontale, încălzind astfel petrolul în respectivul zăcământ și determinând petrolul menționat să se scurgă în jos pentru a fi colectat prin respectivele a doua și/sau a treia sonde orizontale.

Prin urmare, într-o cea mai preferată variantă de realizare a procedurii HWLD, conform prezentei invenții, de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, acest procedeu cuprinde:

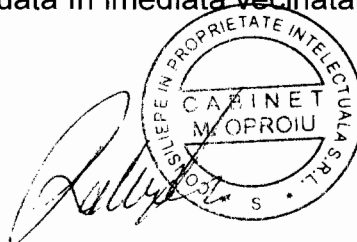
- (i) forarea unei prime sonde orizontale relativ sus în zăcământul menționat, având o multitudine de deschizături de-a lungul unei lungimi a respectivei prime sonde;



- (ii) forarea unei a doua sonde orizontale, situată relativ jos în respectivul zăcământ și substanțial paralelă cu respectiva primă sondă orizontală;
- (iii) injectarea unui gaz oxidant în prima sondă orizontală menționată și în respectivul zăcământ prin deschizăturile menționate ale acesteia, în scopul desfășurării combustiei in situ în respectivul zăcământ;
- (iv) aprinderea hidrocarburilor în zăcământul menționat;
- (v) extragerea petrolului care se scurge în jos, în respectivul zăcământ subteran, în cea de-a doua sondă orizontală menționată, din respectiva a doua sondă orizontală;
- (vi) forarea unei a treia sonde orizontale, relativ jos în respectivul zăcământ și substanțial paralelă cu a doua sondă orizontală menționată dar distanțată lateral față de aceasta, și distanțată lateral față de prima sondă orizontală de injecție menționată mai departe decât față de cea de-a doua sondă orizontală de injecție;
- (vii) încetarea temporară sau permanentă a extracției de hidrocarburi din a doua sondă orizontală menționată;
- (viii) injectarea gazului oxidant în a doua sondă orizontală menționată; și
- (ix) extragerea petrolului care se scurge în jos, în respectivul zăcământ subteran, în cea de-a treia sondă orizontală menționată, din respectiva a treia sondă orizontală.

În cazul în care se utilizează gaz oxidant ca mediu injectant, în scopul de a realiza o combustie in situ, inițierea combustiei (adică etapa (iv) de mai sus) poate fi realizată prin diferite mijloace bine cunoscute specialiștilor în domeniu, cum ar fi de preîncălzire a vecinătății găurii sondei de petrol cu fluide fierbinți, cum ar fi abur, sau injectarea de fluide inflamabile spontan, cum ar fi ulei de in, înainte de injectarea gazului oxidant. În acest caz, a fost injectat azot fierbinte (400°C) la un debit de 16.667 m³/zi timp de o lună înainte de trecerea la aer de 100°C. Aerul nu trebuie să fie încălzit la suprafață: acesta este încălzit prin acțiunea de comprimare.

Așa cum s-a menționat mai sus, pentru a se asigura că presiunea înaltă de la capetele unei astfel de sonde de injecție nu este situată în imediata vecinătate a unui

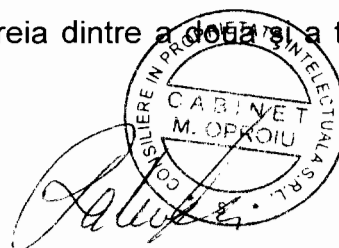


punct de cea mai joasă presiune (adică, porțiunea de amonte) a unei sonde productive adiacente, dând astfel naștere unei "scurtcircuitări" sau "pătrunderi" a gazului de înaltă presiune direct în porțiunea de amonte a sondei productive, într-o variantă de realizare preferată, etapa (iii) de injectare a unui gaz, abur, sau lichid în respectiva primă sondă orizontală, cuprinde etapa de injectare a respectivului gaz, abur sau lichid printr-un capăt al primei sonde orizontale, și etapa de extracție a petrolului prin cea de-a doua sondă orizontală menționată cuprinde etapa de extracție a respectivului petrol printr-un capăt al celei de-a doua sonde menționate, respectivul un capăt al celei de-a doua sonde fiind situat pe o parte a zăcământului menționat opusă părții acestuia în care se află respectivul un capăt al primei sonde orizontale. O astfel de configurație permite injectarea mai uniformă a unui astfel de gaz în formațiune și reduce (și, de preferință, evită) "pătrunderea" ("scurtcircuitarea") gazului de înaltă presiune din sonda injectoare direct în sonda productivă.

O astfel de abordare poate fi de asemenea adoptată nu numai în ceea ce privește prima și a doua sondă, ci și în ceea ce privește a doua sondă în raport cu a treia, și așa mai departe. De exemplu, în ceea ce privește configurația de dispunere a celei de-a doua sonde orizontale în raport cu a treia sondă, etapa menționată de injectare de gaz, abur, sau lichide în cea de-a doua sondă orizontală poate cuprinde etapa de injectare a gazului, aburului sau lichidului într-un capăt al celei de-a doua sonde orizontale situat pe o latură a respectivului zăcământ opusă unui capăt al celei de-a treia sonde orizontale de la care este colectat respectivul petrol. Cu alte cuvinte capetele proximale ale sondelor adiacente reciproc pot fi situate pe laturi opuse reciproc ale respectivului zăcământ.

Alternativ, primul capăt al fiecăreia dintre a doua sondă și a treia sondă poate fi situat pe aceeași parte a zăcământului. În acest caz, pentru a reduce sau a evita problema "pătrunderii", etapa menționată de injectare a gazului, aburului sau lichidului, în cea de-a doua sondă orizontală cuprinde injectarea gazului, aburului sau lichidului într-un al doilea capăt al celei de-a doua sonde menționate prin tubinguri, care tubinguri se extind prin interiorul celei de-a doua sonde orizontale în mod substanțial de la primul capăt până la al doilea capăt al respectivei a doua sonde.

Alternativ, în cazul în care un prim capăt al fiecăreia dintre a doua și a treia



sonde orizontale sunt situate pe o aceeași parte a zăcămintului menționat, etapa respectivă de injectare a gazului, aburului sau lichidului în cea de-a doua sondă orizontală menționată poate cuprinde injectarea gazului, aburului sau lichidului în respectivul prim capăt al celei de-a doua sonde, și etapa menționată de extracție a petrolului prin ce-a de-a treia sondă cuprinde extracția acestui petrol din respectivul al doilea capăt al celei de-a treia sonde prin tubinguri, tubingurile respective prelungindu-se prin interiorul celei de-a treia sonde menționate în mod substanțial de la primul capăt până la respectivul al doilea capăt al respectivei a treia sonde.

Alternativ, sau în plus, pentru a evita sau reduce "pătrunderea" gazului de înaltă presiune dintr-o sondă de injecție într-o sondă de producție, cum ar fi de la o primă sondă de injecție orizontală la cea de-a doua sondă atunci când această a doua sondă acționează ca sondă productivă, într-un exemplu de realizare, prima sondă orizontală are un liner în care este prevăzută respectiva multitudine de deschizături, și mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături, prevăzute în respectivul liner al primei sonde orizontale, crește progresiv de la un prim capăt la un al doilea capăt al respectivei prime sonde orizontale.

De asemenea, creșterea progresivă a mărimii deschizăturilor sau a numărului de deschizături pe toată lungimea linerelor sondelor în fiecare dintre sondele a doua, a treia, sau ulterioare, poate fi de asemenea utilizată. Într-un asemenea mod, prin care se asigură deschizături mai mari sau mai numeroase la un capăt al unei sonde decât la altul, presiunea (și, implicit, debitul) poate fi mai uniform pe lungimea sondei, sau chiar făcută mai mare la un capăt decât la celălalt, și furnizată unei sonde adiacente care utilizează în mod similar o variație progresivă într-o direcție opusă, scurtcircuitarea directă a gazului de la o sondă injectoare la o sondă productivă adiacentă putând fi redusă sau evitată. În schimb, fluxul încrucișat al gazelor prin formațiune este astfel indus pentru a furniza mai bine gazul (de obicei, la o temperatură ridicată) la mai mult petrol în formațiune, crescând astfel debitul de extracție a petrolului din formațiune.

SCURTĂ PREZENTARE A DESENELOR

În desenele anexate, care ilustrează unul sau mai multe exemple de realizare



ilustrative, și, care nu trebuie interpretate ca limitând invenția la aceste realizări descrise:

Fig.1 prezintă o vedere schematică în perspectivă a unui zăcământ subteran conținând hidrocarburi cu o configurație de "sonde în zigzag", cuprinzând o multitudine de sonde de injecție orizontale situate la înălțime în zăcământ și o multitudine de sonde de producție orizontale, distanțate în mod alternativ, situate la nivel inferior în zăcământ;

Fig.1a prezintă o vedere schematică în perspectivă similară a unui zăcământ subteran conținând hidrocarburi cu configurația de "sonde în zigzag", pentru a ilustra modelul utilizat în Exemplul 1 de simulare pe calculator, și, cu care s-au obținut rezultatele testelor experimentale (linia "B") din **Fig.5**;

Fig. 2 (i) - (iii) sunt vederi în secțiunea A-A din **Fig.1**, la diferite intervale de timp, care arată o variație a procedurii cu Sonde în Zigzag producătoare de petrol, care pot utiliza opțional o linie de extracție de petrol în direcția săgeții "Q";

Fig.3 prezintă o vedere schematică în perspectivă a unui zăcământ subteran conținând hidrocarburi cu configurația exploatare în linie dreaptă din sonde orizontale ("HWLD), conform prezentei invenții, având o primă sondă orizontală situată la nivel superior în zăcământ, și o multitudine de sonde de producție orizontale distanțate, situate la nivel inferior în zăcământ;

Fig. 4a (i) - (iii) sunt vederi în secțiunea B-B din **Fig.3**, la intervale de timp succesive, care prezintă un procedeu de extracție a petrolului utilizând o astfel de configurație "exploatare în linie dreaptă din sonde orizontale", ilustrând procedeu de realizare a unei linii de sonde de extracție a petrolului în direcția "Q";

Fig. 4b (i) - (iii) sunt vederi în secțiunea B-B din **Fig.3**, la intervale de timp succesive, care prezintă un procedeu modificat de extracție a petrolului utilizând o astfel de configurație "exploatare în linie dreaptă din sonde orizontale", ilustrând procedeu de realizare a unei linii de sonde de extracție a petrolului în direcția "Q";

Fig. 4c (i) - (iv) sunt vederi în secțiunea B-B din **Fig.3**, la intervale de timp succesive, care prezintă o altă variantă de procedeu de extracție a petrolului utilizând o astfel de configurație "exploatare în linie dreaptă din sonde orizontale", ilustrând etapele de realizare a unei linii de sonde de extracție a petrolului în direcția "Q";

Fig. 5 este un grafic de extracție a petrolului cumulativ în timp (ani),

comparând extracția de petrol cumulativ prin procedeul de extracție cu "sonde în zigzag", ilustrat în **Fig.1** și **2** (linia "B" din Fig. 5), cu extracția de petrol cumulativ obținut prin procedeul cu "exploatare în linie dreaptă din sonde orizontale" conform prezentei invenții ilustrat în **Fig 4b (i) - (iii)**, pentru un zăcământ având configurația și locațiile sondelor orizontale din **Fig. 11** (linia "A" din **Fig. 5**);

Fig.6 prezintă o vedere schematică în perspectivă a unui zăcământ subteran conținând hidrocarburi cu configurația "exploatare în linie dreaptă din sonde orizontale", conform prezentei invenții, similar cu cel din **Fig.3**;

Fig.7 prezintă o vedere a unei dispunerii modificate în paralel, a sondelor de injecție (de producție) orizontale distanțate reciproc dar adiacente reciproc, din **Fig. 6**, ilustrând două astfel de sonde orizontale adiacente reciproc, în care, într-o altă variantă este folosit un tubing pentru a furniza un mediu cum ar fi un gaz oxidant la un capăt de "aval" (adică distal) al sondei orizontale de injecție;

Fig. 8 prezintă o vedere a unei modificări a dispunerii, în paralel, a sondelor de injecție (de producție) orizontale distanțate reciproc dar adiacente reciproc, din **Fig. 6**, ilustrând două astfel de sonde orizontale adiacente reciproc, în care o altă variantă de tubing este folosit pentru recuperarea petrolului de la un capăt de "aval" (adică distal) al sondei orizontale de producție;

Fig. 9 prezintă o vedere a unei alte modificări a dispunerii, în paralel, a sondelor de injecție (de producție) orizontale distanțate reciproc dar adiacente reciproc, din **Fig. 6**, ilustrând două astfel de sonde orizontale adiacente reciproc, în care deschizăturile acestora sunt mai dese și mai numeroase către capătul de "aval" (adică distal) al fiecăreia dintre aceste sonde orizontale;

Fig. 10 prezintă o vedere a unei modificări alternative a dispunerii, în paralel, a sondelor de injecție (de producție) orizontale distanțate reciproc dar adiacente reciproc, din **Fig. 6**, ilustrând două astfel de sonde orizontale adiacente reciproc în care deschizăturile acestora sunt mai largi către capătul de "aval" (adică distal) al fiecăreia dintre aceste sonde orizontale;

Fig.11 prezintă o vedere schematică în perspectivă a unui zăcământ subteran conținând hidrocarburi similar cu cel din **Fig.6**, ilustrând o configurație modificată de "sonde orizontale amplasate în linie dreaptă" conform prezentei invenții, și, care

configurație a produs rezultatele testelor experimentale (linia "A") din **Fig. 5**;

Fig.12 prezintă o vedere a unei modificări a dispunerii, în paralel, a sondelor de injecție (de producție) orizontale adiacente reciproc, din **Fig. 11**, ilustrând două astfel de sonde orizontale adiacente reciproc, în care deschizăturile acestora sunt mai largi către capătul de "aval" (adică distal) al fiecăreia dintre aceste sonde orizontale; și

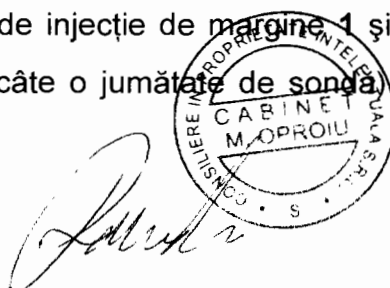
Fig.13 prezintă o vedere a unei modificări a dispunerii, în paralel, a sondelor de injecție (de producție) orizontale adiacente reciproc, din **Fig. 11**, ilustrând două astfel de sonde orizontale adiacente reciproc, în care deschizăturile acestora sunt mai numeroase și mai dese către capătul de "aval" (adică distal) al fiecăreia dintre aceste sonde orizontale.

PREZENTARE DETALIATĂ A EXEMPLELOR DE REALIZARE PREFERATE

Fig. 1 și **1a** ilustrează un zăcământ/formațiune subteran(ă) **22** conținând hidrocarburi, exploatat(ă) cu "sonde în zigzag" (denumite în continuare configurație de "Sonde în Zigzag"), care nu face parte din invenția revendicată în cele de față, dar care face obiectul unei alte cereri a subsemnatului inventator, această altă cerere fiind folosită de obicei cu prezenta invenție.

Într-o astfel de configurație de "Sonde în Zigzag", sonde de injecție orizontale paralele **1**, **1'** și **1''**, fiecare cu câte o lungime **6**, sunt amplasate paralel în relație echidistantă una cu cealaltă, toate situate în partea de sus a unei porțiuni conținând hidrocarburi **20** a unui zăcământ/formațiune subteran(ă) **22** de grosime **4**, situat(ă) sub nivelul suprafeței solului **24**. Sonde orizontale de producție, paralele, distanțate, **2**, **2'** și **2''**, de lungime similară **6**, sunt amplasate în partea de jos a zăcământului **22**, respectiv, la jumătatea distanței dintre sondele respective de injecție **1**, **1'** și **1''**, pentru a realiza un sistem de amplasare de sonde în zigzag, paralele și distanțate lateral, și sondele orizontale de injectare a gazului **1**, **1'** și **1''** alternând cu sondele de producție directe **2**, **2'** și **2''**, așa cum se arată în **Fig. 1** și **1a**..

Zăcământul conținând hidrocarburi **22**, prezentat în **Fig. 1**, are două și jumătate sonde de injecție **1**, **1'** și **1''** (sonda de injecție de margine **1** și sonda de producție de margine **2''**) constituind, fiecare, câte o jumătate de sondă, pentru un

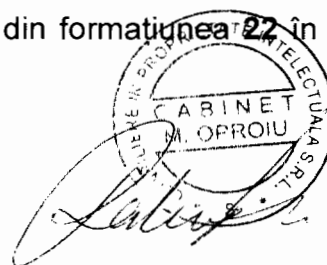


total de cinci sonde orizontale în sistemul de amplasare a sondelor. Efectuarea repetată de trei ori a procedurii din **Fig. 1** necesită cincisprezece sonde orizontale, așa cum se arată în **Fig. 1a**.

Distanța laterală **5** dintre sondele de injecție **1, 1' și 1''** și sondele de producție **2, 2' și 2''** este, de preferință, uniformă.

Într-un exemplu de realizare preferat, prezentat în **Fig. 1, 1a**, tronsoanele verticale **8** ale sondelor de injecție orizontale **1, 1' și 1''** sunt prevăzute la capetele opuse comparativ cu tronsoanele verticale **9** ale sondelor de producție **2, 2' și 2''**. Tronsoanele verticale **8** ale sondelor de injecție orizontale **1, 1' și 1''** sunt decalate cu lățimea sondelor **6** față de tronsoanele verticale **9** ale sondelor de producție. Acest lucru este pentru a minimiza scurtcircuitarea injecției de gaz în sondele de producție **1, 1' și 1''**, așa cum s-a explicat mai sus. Sistemul de amplasare prezentat poate fi extins la infinit plecând de la fața **3** și/sau de la fața **6**, după cum se dorește, pentru a acoperi un volum specific al zăcământului de petrol **22**. De exemplu, pentru un zăcământ liniar sistemul de amplasare s-ar putea extinde pe lățimea zăcământului. În fazele suplimentare de exploatare a zăcământului **22**, sunt plasate rețele suplimentare adiacente la prima rețea, și așa mai departe, exploatând în cele din urmă întregul zăcământ **22**.

Cu referire la **Fig. 1**, într-un exemplu de realizare preferat al invenției, sonde de injecție **1, 1' și 1''** și sonde de producție **2, 2' și 2''** orizontale, care sunt forate în același timp, posedă fiecare tronsoane de liner **30** situate în fiecare dintre sondele orizontale **1, 1' și 1''** și **2, 2' și 2''**, care sunt prevăzute cu deschizături **24**, din care un mediu, cum ar fi un gaz oxidant, aer, oxigen singur sau în combinație cu dioxid de carbon sau cu abur, abur singur, sau un diluant cum ar fi un diluant de hidrocarburi, sau combinații ale acestora, poate fi injectat în porțiunea conținând hidrocarburi **20** printr-o sondă de injecție **1, 1' și 1''** și, prin care, petrolul poate fi lăsat să curgă pentru a se colecta într-o sondă de producție orizontală **2, 2' și 2''**. În cazul sondelor de producție orizontale **2, 2' și 2''**, astfel de linere **30** și deschizăturile **24** prevăzute în acestea pot fi sub formă de linere prevăzute cu fante, filtre cu sârmă, obturatoare cu sită Facsrith[™], sau combinații ale acestora, pentru a reduce fluxul de nisip și de alte substanțe nedorite, cum ar fi reziduurile de foraj, din formațiunea **22** în sondele de



producție 2, 2' și 2".

În configurația de "Sonde în Zigzag" din **Fig. 1, 1a, & 2**, un mediu cum ar fi un gaz oxidant, aer, oxigen singur sau în combinație cu dioxid de carbon sau cu abur, abur singur, sau un diluant cum ar fi un diluant de hidrocarburi, sau combinații ale acestora, este injectat în formațiunea **22** prin deschizăturile prevăzute în sondele de injecție orizontale **1, 1' și 1"**, pentru a produce fluidizarea petrolului în porțiunea conținând petrol **20** a formațiunii **22**. Un astfel de petrol curge în jos prin formațiunea **22** și este colectat prin sondele colectoare orizontale **2, 2' și 2"**.

Procedeu cu Sonde în Zigzag, într-o variantă de realizare, poate utiliza alternativ o configurație de sonde forate în linie dreaptă, precum procedeu prezentat în **Fig. 2 (i) - (iii)**, în care sunt implementate trei faze. În acest sens, **Fig. 2** prezintă vederi în secțiunea A-A din **Fig. 1**, la intervalele respective de timp succesive **(i), (ii), și (iii)**, care prezintă un procedeu de amplasare în linie dreaptă a sondelor de extracție a petrolului în direcția "**Q**", folosind o astfel de configurație de "Sonde în Zigzag". În mod specific, așa cum se vede din prima fază [**fig. 2 (i)**], mai întâi sunt forate sonda de injecție **1** și sondele de producție **2 și 2'**, și este începută producția de la sondele de producție **2 și 2'**. Apoi, într-o a doua fază [**Fig. 2 (ii)**], sunt forate o a treia sondă de injecție **1"** și o a treia sondă de producție **2"**, și este începută injecția și, respectiv, producția la sondele avute în vedere pentru acest lucru. Într-o a treia fază, sunt forate o a patra sondă de injecție **1'''** și o a patra sondă de producție **2'''**, cu încetarea extracției de la sonda de producție **2** și începerea injecției și producției la sondele de injecție **1'''** și, respectiv, de producție **2'''**. Procedeu poate fi continuat la infinit, așa cum se vede în **Fig.1a**, până se ajunge la un capăt al zăcământului **22**.

Alternativ, așa cum s-a menționat mai sus, un astfel de procedeu cu "Sonde în Zigzag" poate consta pur și simplu în forarea simultană a unui număr stabilit de sonde de injecție (de exemplu, cum ar fi trei sonde **1, 1' și 1"**) și a unui număr corespunzător de sonde de producție (de exemplu, cum ar fi trei sonde **2, 2' și 2"**), astfel încât să producă "sistemul" de sonde în zigzag **1, 1' și 1"** și **2, 2' și 2"**, prezentat în **Fig. 1**. Un astfel de sistem poate fi repetat dacă este necesar, așa cum se arată în **Fig. 1a**. Acest procedeu a fost utilizat în Exemple (prezentate mai jos), pentru compararea configurației HWLD și procedeu cu configurație de Sonde în



Zigzag, folosind forarea simultană a cinci sonde, așa cum s-a prezentat mai sus.

Fig. 3, 6, și Fig. 4a-4c prezintă un aranjament/configurație alternativ(ă) de sonde (**Fig. 3, 6**) și procedeul (**Fig. 4a-4c**) de extracție a petrolului dintr-un zăcământ **22**, și anume, configurația exploatare în linie dreaptă din sonde orizontale ("HWLD") și, respectiv, procedeul, conform prezentei invenții, pentru a exploata o porțiune care conține petrol **20**, dintr-un zăcământ **22**, cu o grosime **4**, o lățime **6**, și care cuprinde o multitudine de tronsoane **50a-50o**, fiecare cu o lungime **5**, poziționate consecutiv începând de la planul **7** și avansând spre dreapta paginii, așa cum este prezentat în **Fig. 3 și 6**.

Într-un astfel de procedeu și configurație HWLD, o primă sondă de injecție orizontală **1** este forată în partea de sus a porțiunii care conține petrol **20**, din zăcământul **22**, de-a lungul marginii **7**, și o a doua sondă orizontală paralelă **2** este forată în partea de jos a porțiunii care conține petrol **20**, din zăcământul **22**, distanțată lateral față de prima sondă de injecție **1**.

Sondele orizontale **2** și **2'** au porțiuni verticale **3** la fiecare dintre porțiunile lor respective de amonte **42** care se extind până la suprafața **24**. Distanța care separă planurile **7** și **8** reprezintă marginile volumului de petrol exploatat din porțiunea care conține petrol **20** din zăcământul **22** într-o primă etapă a procedurii conform prezentei invenții.

În exemplul de realizare a procedurii HWLD prezentat în **Fig. 11**, poziția tronsonului vertical **3** al primei sonde de injecție **1** este decalată cu lungimea sondei **6** față de tronsoanele verticale **3** ale sondelor de producție **2** și **2'**. Acest lucru este pentru a minimiza scurtcircuitarea gazului de injecție în sondele de producție, conform explicațiilor de mai sus. Sistemul prezentat poate fi extins la infinit pornind de la fața **7** și/sau fața **8**, după dorință, pentru a acoperi un volum specific al zăcământului de petrol **22**. De exemplu, pentru un zăcământ liniar s-ar putea extinde pe lățimea zăcământului. În fazele suplimentare de exploatare a zăcământului **22**, așa cum este prezentat de exemplu în **Fig. 6**, sunt forate sonde suplimentare **2''**, **2'''**, **2^{iv}**, decalate lateral față de sonda orizontală forată anterior **2'**, astfel încât, în cele din urmă, să se exploateze întregul zăcământ **22**, pe toată lungimea acestuia.

Fig. 4a-c, și anume, în diferite sub-faze alternative **(i)**, **(ii)**, **(iii)** și **(iv)** ale

acestora, arată fiecare petrolul rezidual în porțiunea conținând petrol **20** care a rămas după fiecare sub-fază a procedurii conform prezentei invenții, în porțiunea hașurată.

Într-o primă fază a procedurii conform prezentei invenții [identică cu fiecare dintre diversele procedee prezentate în **Fig. 4a(i), Fig. 4b(i), și Fig. 4c(i)**], gazul este injectat în sonda orizontală **1** și petrolul este extras prin a doua sondă orizontală **2**. Într-o a doua fază a procedurii conform prezentei invenții [prezentată în **Fig. 4a, Fig. 4b, și Fig. 4c** ca **etapa (ii)**], o a treia sondă orizontală **2'** este forată în partea de jos a porțiunii conținând petrol **20** a zăcămintului **22**, paralelă cu sonda orizontală **2** dar distanțată lateral de aceasta, și distanțată lateral mai departe față de prima sondă **1** decât față de sonda **2**, și este realizată extracția de petrol prin sonda **2'**. Atunci când debitul de petrol care este extras din a doua sondă orizontală **2** scade sub o limită economică, extracția din această sondă **2** este oprită, și sonda **2** este apoi utilizată pentru injecție de gaz, așa cum se arată în **Fig. Fig. 4a (ii), Fig. 4b (ii), și Fig. 4c (ii)**. Injecția de gaze prin sonda **1** poate continua în timpul acestei faze, sau poate înceta după cum se arată în etapa **(ii)** din **Fig. 4 a-c**.

Într-o variantă preferată, în care capetele verticale **3** ale sondelor de producție **2, 2'** sunt de aceeași parte a zăcămintului **22**, așa cum se arată în **Fig.3**, injectarea de gaz în a doua sondă orizontală **2** în timpul acestei a doua faze se face, de preferință, printr-un tubing interior **40** care se extinde de la un capăt proximal (din amonte) **42** al sondei a treia **2'** până la capătul distal (din aval) **44** al sondei **2'**, un capăt deschis al acestuia fiind la capătul distal **44** așa cum se arată în **Fig. 7**. Alternativ, în cazul în care injecția de gaz în a doua sondă **2** se face numai printr-un capăt proximal **42** al sondei de injecție **2'** (adică fără tubingul **40** în sonda de injecție **2** în timpul injectării), atunci, tubul interior **40** poate fi, în schimb, prevăzut adiacent cu a treia sondă **2'**, atunci când această sondă **2'** este acționată ca sondă de producție și, astfel, petrolul este extras din porțiunea de aval **44** a acestei a treia sondă **2'** prin acest tub **40**, așa cum se arată în **Fig. 8**. Așa cum s-a explicat mai sus, fiecare dintre configurațiile alternative din **Fig. 7** și **Fig. 8** ajută la evitarea "pătrunderii" sau "scurtcircuitării gazului sub presiune de la sonda de injecție **2** direct la sonda de producție **2'**, atunci când este utilizată o configurație ca cea prezentată

în **Fig 3** în care fiecare dintre porțiunile verticale **3** ale sondelor de producție **2**, **2'** și **2''** sunt fiecare de aceeași parte a zăcământului **22**. Așa cum s-a menționat mai sus, în această a doua fază, o nouă a treia sondă paralelă **2'** este forată în partea de jos a zăcământului și plasată direct în producție [a se vedea **Fig. 4a (ii)**, **Fig. 4b (ii)** și **Fig. 4c(ii)**]. În timpul acestei a doua faze, o a patra sondă orizontală **2''** poate fi forată, așa cum se arată în **Fig. 4a (ii)**, și producția inițiată de la această sondă **2''** precum și de la sonda **2'**. Alternativ, în timpul acestei faze poate fi efectuată numai forarea sondei **2''**, iar producția de la sonda **2''** efectuându-se în timpul celei de-a treia faze (prezentată mai jos) și așa cum se arată în **Fig. 4c (iii)** și **(iv)**.

Fig. 4a(iii), **4b(iii)**, și **4c(iii)** arată fiecare, faze terțe ușor diferite ale procedurii conform prezentei invenții.

În ceea ce privește exemplul de realizare a procedurii prezentat în **Fig. 4 (b) (iii)**, atunci când rata de extracție a petrolului de la a treia sondă **2'** care este produs în etapa **(ii)** scade sub un nivel prestabilit, se întreprinde o fază de tragere în jos în care gazul este injectat din nou în sonda **1**. Sonda **2** este transformată înapoi pentru a funcționa ca sondă de producție, și sondele **2** și **2'** sunt utilizate ca sonde de producție pentru un timp, pentru a extrage tot petrolul rămas.

Ulterior, poate fi forată a patra sondă **2''**, și poate fi repetat un procedeu similar, în care o fostă sondă de producție (sonda **2'**) este convertită într-o sondă de injecție **2'**, și producția este începută de la a patra sondă **2''**, în timp ce gazul continuă să fie injectat prin sonda **1**.

Alternativ, cu privire la a treia fază ilustrată în etapa **(iii)** din **Fig. 4a**, injecția de gaz la sonda **1** este oprită, gazul fiind injectat în zăcământul **22** numai prin această sondă **2'** care, după cum s-a menționat mai sus, este transformată dintr-o sondă de producție într-o sondă de injecție. A patra sondă **2''**, funcționează ca sondă de producție.

Alternativ, așa cum se arată în **Fig. 4c (iii)**, injectarea de gaz în sonda **1** poate fi reinstabilită, pentru a se scurge complet tot petrolul din sondele de deasupra **2** și **2''**, și, forată o a patra sondă **2''**. Numai după aceea, când producția de la sondele **2** și **2''** este epuizată sau substanțial epuizată, sonda **2'** este transformată într-o sondă de injecție și gazul este furnizat ulterior în formațiune prin sonda **2'** și producția este



începută de la sonda **2''**, așa cum se arată în Fig. **4c(iii)**.

Așa cum s-a menționat mai sus, în cazul în care porțiunile verticale **3** ale sondelor **2**, **2'**, **2''**, **2'''**, și **2^{iv}** sunt toate situate pe aceeași parte a zăcământului **22** (a se vedea Fig. **6**) și nu pe părțile alternative ale zăcământului **22**, în scopul de a reduce "pătrunderea" între o sondă colectoare/productivă adiacentă reciproc și o sondă de injecție adiacentă reciproc, pot fi folosite tubinguri în modul descris mai sus și așa cum este prezentat în Fig. **7** sau **8**.

Ca o configurație alternativă pentru reducerea sau evitarea problemei de "pătrundere" sau scurtcircuitare între o sondă de injecție și sonde de producție reciproc adiacente **2**, **2'**, **2''**, **2'''**, **2^{iv}** având porțiunile verticale respective **3** ale acestor sonde pe aceeași parte a zăcământului **22**, așa cum se arată în Fig. **6**, și pentru a injecta mai uniform mediul gazos, cum ar fi gaz oxidant, abur, dioxid de carbon, diluanți de hidrocarburi (sub formă fie gazoasă fie lichidă), într-un exemplu de realizare, prezentat în Fig. **9**, numărul de deschizături **24** poate fi crescut progresiv pe lungimea sondei orizontale **2**, și, în mod similar, pe lungimea unei sonde reciproc adiacente **2'**, avansând de la capetele proximale **42** spre capetele distale **44** ale fiecăreia dintre respectivele sonde **2**, **2'**, **2''**, **2'''**, **2^{iv}**, și așa mai departe.

Alternativ, de asemenea pentru a injecta mai uniform mediul gazos, cum ar fi gaz oxidant, abur, dioxid de carbon, diluanți de hidrocarburi (sub formă fie gazoasă fie lichidă) pe întreaga lungime a unei sonde de injecție (de exemplu **2'**) și, de asemenea, pentru a colecta mai uniform petrolul pe întreaga lungime a unei sonde colectoare reciproc adiacentă (de exemplu **2''**), într-un exemplu de realizare, prezentat în Fig. **10**, mărimea deschizăturilor **24** poate fi făcută din ce în ce mai mare pe lungimea fiecăreia dintre sondele **2**, **2'**, **2''**, **2'''**, **2^{iv}**, și așa mai departe și, în mod similar, pe lungimea unei sonde reciproc adiacente **2'**, crescând progresiv în zona de la capetele proximale **42** către capetele distale **44** ale fiecăreia dintre sondele **2**, **2'**, **2''**, **2'''**, **2^{iv}**.

Invers, porțiunile verticale **3** ale sondelor adiacente reciproc **2**, **2'**, **2''**, **2'''**, **2^{iv}**, și așa mai departe, pot fi situate pe părțile opuse respective ale zăcământului **22**, așa cum se arată în Fig. **11**, pentru a injecta mai uniform mediul gazos, cum ar fi gaz oxidant, abur, dioxid de carbon, diluanți de hidrocarburi (sub formă fie gazoasă fie



lichidă), și pentru a colecta petrolul printr-o sondă adiacentă. Pentru a promova și chiar a realiza mai bine injectarea uniformă de aer și/sau colectarea de petrol, acolo unde sunt utilizate sonde adiacente pentru a injecta aer prin una, și, respectiv, pentru a colecta petrol de la cealaltă, într-o altă variantă de realizare, prezentată în **Fig. 12**, numărul de deschizături **24** prevăzute în fiecare dintre aceste sonde poate fi crescut progresiv pe lungimea fiecărei sonde orizontale (de exemplu, a sondei **2**), și, în mod similar, pe lungimea unei sonde reciproc adiacente (de exemplu, a sondei **2'**), avansând de la capetele proximale **42** spre capetele distale **44** ale fiecăreia dintre sondele **2, 2', 2'', 2''', 2^{iv}**, și așa mai departe.

Alternativ, într-un exemplu de realizare prezentat în **Fig. 13**, mărimea deschizăturilor **24** poate fi făcută din ce în ce mai mare pe lungimea fiecăreia dintre sondele **2, 2', 2'', 2''', 2^{iv}**, și așa mai departe, și, în mod similar, pe lungimea unei sonde reciproc adiacente **2'**, crescând progresiv în zona de la capetele proximale **42** spre capetele distale **44**, ale fiecăreia dintre respectivele sonde **2, 2', 2'', 2''', 2^{iv}**, pentru a obține același rezultat de distribuire mai uniformă a presiunii pe toată lungimea fiecăreia dintre sondele respective **2, 2', 2'', 2''', 2^{iv}**.

EXEMPLE

În scopul de a face o comparație directă a performanțelor configurației "Sonde în Zigzag", prezentată în **Fig. 1, 1a, și Fig. 2**, cu procedeul HWLD conform prezentei invenții, prezentat în **Fig. 3, Fig. 4b, și Fig. 6, și Fig. 11**, s-au folosit tehnici de modelare și simulare pe calculator, așa cum se va prezenta mai pe larg în cele ce urmează.

În mod specific, simularea numerică extinsă pe calculator a diferitelor Sisteme de amplasare de Sonde în Zigzag și HWLD, folosind un procedeu de combustie in situ pentru extracția petrolului mobil dintr-un zăcământ omogen, a fost efectuată folosind Simulatorul Termic STARS™ 2010.12 furnizat de Computer Modelling Group, din Calgary, Alberta, Canada. Zăcământul de simulare folosit în Exemple conținea bitum la temperatură ridicată (54,4°C), cu permeabilitate mare a rocii.

În fiecare dintre configurațiile simulate de amplasare a sondelor, Sonde în Zigzag (**Fig. 1, 1a, și Fig. 2**) și configurația de sonde HWLD (**Fig. 11, Fig. 4b**),

porțiunea care conține petrol **20**, din zăcământul **22**, este exploatată în trei faze .

În mod specific, pentru fiecare dintre Configurațiile de Sonde în Zigzag, prezentate în **Fig. 1**, întregul volum din **Fig. 1** a fost exploatat de trei ori, câte o dată pentru fiecare dintre cele trei faze. Acest lucru necesită un total de cincisprezece sonde orizontale, așa cum se arată în **Fig. 1A**.

Pentru procedeul HWLD, într-o primă fază, care este prezentată în **Fig. 3** și **Fig. 4b**, este exploatată numai o parte din volumul total al zăcământului, dar după efectuarea a două etape suplimentare, în final este exploatat același volum al zăcământului **22** (și anume, 20m x 100m x (50mx 15 blocuri) = 1.500. 000 m³), la fel ca în procedeul cu Configurația de Sonde în Zigzag, dar necesitând un total de numai 7,5 sonde orizontale, spre deosebire de cincisprezece sonde pentru Configurația de Sonde în Zigzag care este prezentată în **Fig. 1a**.

Reacțiile folosite pentru simulări de combustie cu aer:

- 1,0 Petrol \rightarrow 0,42 Upgrade(C₁₆H₃₄) + 1,3375 CH₄ + 29,6992 Cocs
- 1,0 Petrol + 13,24896 O₂ \rightarrow 5,949792 H₂O + 6,0 CH₄ + 9,5 CO₂ + 0,5 CO/N₂ + 27,3423 Cocs
- 1,0 Cocs + 1,2575 O₂ \rightarrow 0,565 H₂O + 0,95 CO₂ + 0,05 CO/N₂

Tabelul 1 de mai jos prezintă proprietățile zăcământului simulat, proprietățile petrolului și de control ale sondelor pentru fiecare dintre Configurația Sonde Decalate în Zigzag și configurația HWLD:

Tabelul 1

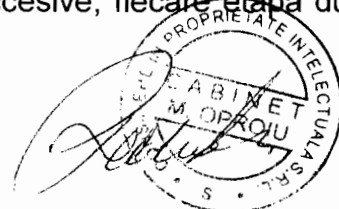
Proprietăți Zăcământ		
Parametru	Unități	Valoare
Grosime Zăcământ	m	20
Porozitate	%	30
Saturație de ulei	%	80
Saturația de apă	%	20
Fracțiune molară a gazelor	fracțiune	0,263
Permeabilitate H. (Orizontală)	mD	5000
Permeabilitate V. (Verticală)	mD	3400

Temperatură zăcământ	°C	54,4
Presiune zăcământ	kPa	3000
Compresibilitate rocă	/kPa	3,5E-5
Conductivitate	J/m.d.C	1,5E+5
Capacitate Încălzire Rocă	J/m3-C	2,35E+6
Proprietăți Petrol		
Densitate	Kg/m ³	1009
Vâscozitate, țitei mort @ 20 C.	cP	77,000
Vâscozitate, in situ	cP	1139
Greutate moleculară medie petrol	AMU	598
Greutate moleculară medie Upgrade	AMU	224
Fracțiune molară de petrol	Fracțiune	0,737
Compresibilitate	/kPa	1,06E+3
Sondele au fost controlate folosind următorii parametri:		
Presiune maximă de injecție a aerului	kPa	7000
Lungime sondă orizontală	m	100
BHP (Presiune de fund) Sondă Productivă, minimă	kPa	2600
Rată totală a injecției de aer	Sm ³ /d	50.000

Transmisibilitatea sondelor de producție de petrol a fost variată monoton de-a lungul sondei de la 1,0 la aval la 0,943 la amonte, în scopul de a îmbunătăți eficiența exploatării.

Exemplul 1 – Configurație de Sonde în Zigzag

Pentru configurația de Sonde în Zigzag, porțiunea conținând petrol **20** din zăcământul **22** care cuprinde blocuri de caroiaj **50a-50o**, prezentată în **Fig. 1A**, a fost împărțită în trei părți egale constând, fiecare, din câte cinci blocuri de caroiaj **50a-e**, **50 f-j**, și **50k-o**, așa cum se arată în **Fig. 1**. Fiecare parte egală a fost exploatată succesiv în câte trei etape separate dar succesive, fiecare etapă durând



câte 5 ani, folosind sondele din **Fig. 1**, pe o perioadă de 15 ani. Volumul total de zăcământ exploatat pe durata de aplicare a procedurii, de 15 ani, este de 1.500.000 m³.

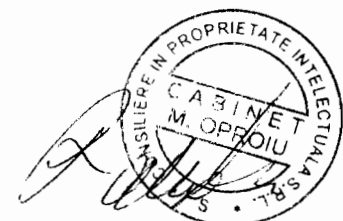
Pentru Configurația de Sonde în Zigzag, prezentată în **Fig. 1**, pentru o primă parte din cele trei părți, s-a folosit modelul cu 2,5 sonde de injecție **1**, **1'** și **1''**, și 2,5 sonde de producție **2**, **2'** și **2''**, forate toate în același timp, pentru un total de cinci sonde. Grosimea zăcământului **4** a fost de 20m și decalarea sondelor a fost de 50m pentru fiecare bloc de caroiaj **50a-50o**. Debitul de injecție de aer au fost de 10.000 m³/zi pentru sonda **1** și de câte 20.000 m³/zi pentru fiecare dintre sondele de injecție **1'** și **1''**, pentru un total de 50.000 m³/zi pentru model.

Pentru simularea pe calculator a configurației de Sonde în Zigzag, prima fază este cuprinsă în blocurile de caroiaj **50a-50e**. Un al doilea model cuprinde un model identic (blocurile de caroiaj **50f-50j**), simulat ca exploatat timp de încă 5 ani și, într-o a treia fază (blocurile de caroiaj **50k-50o**), s-a inclus un alt model identic, care a fost simulat ca fiind exploatat pe durata ultimilor 5 ani. Volumul zăcământului din fiecare parte a fost de 500.000 m³ pentru un câmp cu un volum total de exploatare de 1.500.000 m³ (adică, 3x100mx250mx20m) timp de 15 de ani. Factorul final de extracție a petrolului a fost de 79% din petrolul primar din locație. Un rezumat al rezultatelor este prezentat în **Tabelul 2** și **Fig. 5**.

Exemplul 2 – Configurație de Sonde HWLD

Pentru procedeul HWLD care a fost simulat folosind simularea pe calculator, și așa cum este ilustrat în **Fig. 4b**, într-o primă fază (**Fig. 4b(i)**) s-a prevăzut o sondă de injecție orizontală **1**, situată la înălțime în formațiune, și o sondă orizontală **2** situată la partea inferioară a zăcământului **22**, ambele fiind amplasate de-a lungul unei laturi a porțiunii care conține petrol **20**, a zăcământului **22**.

În **Fig. 4b** și **Fig. 11**, reprezentând configurația și procedeul HWLD conform prezentei invenții, lungimile sondelor **6** au fost fiecare de câte 100m, grosimea zăcământului, **4**, a fost de 20m și decalarea sondelor a fost de 100m. Volumul total al zăcământului extras în perioada de exploatare de 15 ani a fost, astfel, de asemenea, 1.500.000 m³.



Debitul de injecție a aerului a fost de 16.667 m³/zi pentru fiecare dintre injectoare pentru un total de 50.000 m³/zi pe durata Fazei 1.

Într-o a doua fază [Fig. 4b(ii)], după 5 ani, ritmul producției de petrol per sondă productivă a scăzut la 13 m³/zi, care a fost considerată nerentabilă, și a fost efectuată o a doua fază [Fig. 4b(ii)], și anume sonda productivă inițială 2 a fost transformată, după cum se arată în Fig. 4b(ii), într-un injector de aer pentru injectarea de abur la 270°C timp de 2 săptămâni, pentru a evacua petrolul din gaura de sondă, și apoi a fost injectat aer prin tubingul din gaura de sondă cu 26.000 m³/zi. În același timp, a fost forată o a doua sondă productivă 2', așa cum se arată în Fig.4b.

După 5 ani, a fost începută o fază de extracție finală (Fig. 4b(iii)), cu injecție de aer de 7.333 m³/zi în sonda injectoare inițială 1, în timp ce amândouă sondele productive 2 și 2' au fost puse în funcțiune. Volumul exploatat de pe tot câmpul (adică, 3x100mx250mx20m) a fost de 1.500.000 m³ timp de 15 ani. Factorul final de extracție a petrolului a fost de 79% din petrolul primar din locație.

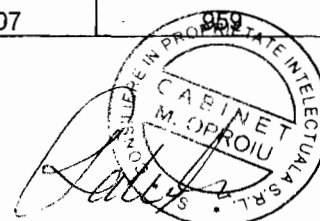
COMPARATIE ȘI AVANTAJE DEMONSTRATE

Un rezumat al rezultatelor comparative ale fiecăruia dintre Exemplele 1 și 2 este prezentat în Tabelul 2 de mai jos.

Tabelul 2.

		Faza 1 [Fig.4b(i)]	Faza 2 [Fig.4b(ii)]	Faza 3 [Fig.4b(iii)]	Total
Durată (ani)		5	5	5	15
# Sonde Noi la fiecare Fază	Zigzag*	5	5	5	15
	HWLD	4.5	3.0	0	7.5
Debit Aer, m ³ /d x 10 ³	Zigzag*	50	50	50	-
	HWLD	50	78	22	-
Aer Cumulativ, m ³ x 10 ⁶	Zigzag*	91.25	91.25	91.25	274
	HWLD	91.25	142.35	40.15	274
Petrol Cumulativ, m ³	Zigzag*			95,126	285,378
	HWLD			26,646	285,570
Raport Cumulativ Aer-Petrol, m ³ /m ³	Zigzag*	959	959	959	959
	HWLD	685	1133	1507	

* Nu fac parte din invenția revendicată în cele de față



Diferențele semnificative și importante din cele două procedee sunt prezentate în gri.

În special, **Fig. 5** prezintă Extracția de Petrol Cumulat de-a lungul timpului pentru fiecare dintre configurația de Sonde în Zigzag (linia cu triunghiuri 'B') și configurația de sonde HWLD (linia cu pătrate 'A').

Referitor la **Tabelul 2** și **Fig. 5**, HWLD pentru extracția de petrol fluid este avantajoasă față de procedeul cu Sonde în Zigzag, chiar și într-un zăcământ omogen pentru cel puțin următoarele două motive.

În primul rând, sunt necesare doar jumătate din numărul de sonde orizontale (7,5 sonde, în comparație cu 15 sonde) pentru același volum de aer comprimat și ratele cumulative de petrol sunt substanțial mai mari pe cea mai mare parte a duratei de aplicare a procedeeului.

În al doilea rând, extracția petrolului cumulativ prin procedeul HWLD în comparație cu procedeul cu Sonde în Zigzag este la început mai mare, rezultând o recuperare inițială mai rapidă a investiției. În mod specific, în acest sens, așa cum se poate vedea din **Fig. 5**, în cele de față, la sfârșitul Fazei 1 (la 5 ani), petrolul cumulativ (133.278m^3) este cu 40% mai mult decât cel realizat inițial prin procedeul cu Sonde în Zigzag (95.126m^3). La sfârșitul Fazei 2 (la 10 ani) petrolul recuperat cumulativ folosind procedeul HWLD este cu 30% mai mult (125.646m^3 în comparație cu cantitățile recuperate folosind procedeul cu Sonde în Zigzag prezentat mai sus (95.126m^3). Deoarece procedeul cu HWLD este un procedeu de extracție în linie dreaptă, fluidele din zăcământ curg într-o singură direcție, ceea ce îmbunătățește exploatarea zăcământului din zăcăminte cu eterogenitate laterală.

Domeniul de aplicare al revendicărilor nu trebuie limitat la variantele de realizare preferate prezentate în exemplele de mai înainte, ci trebuie să se acorde cea mai largă interpretare în conformitate cu descrierea ca un întreg, și revendicările nu trebuie limitate la variantele de realizare preferate sau exemplificate ale invenției.

REVENDICĂRI

1. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, cuprinzând etapele de:

- (i) forarea unei prime sonde orizontale, situată relativ sus în respectivul zăcământ;
- (ii) forarea unei a doua sonde orizontale, situată relativ jos în respectivul zăcământ și aliniată substanțial paralel cu respectiva primă sondă orizontală;
- (iii) injectarea unui mediu cuprinzând un gaz, abur sau un lichid în respectivul zăcământ prin niște deschizături prevăzute în prima sondă orizontală menționată;
- (iv) extragerea petrolului, care se scurge în jos în respectivul zăcământ subteran și se varsă în a doua sondă orizontală, din respectiva a doua sondă orizontală;
- (v) forarea unei a treia sonde orizontale, relativ jos în respectivul zăcământ și substanțial paralelă cu respectivele prima și a doua sonde orizontale dar distanțată lateral față de acestea, distanțată lateral mai departe față de prima sondă orizontală decât față de cea de-a doua sondă orizontală;
- (vi) încetarea temporară sau permanentă a extracției de hidrocarburi din a doua sondă orizontală menționată;
- (vii) procedarea la injectarea unui al doilea mediu cuprinzând un gaz, abur, sau un lichid în a doua sondă orizontală menționată; și
- (ix) extragerea petrolului care se scurge în jos în respectivul zăcământ subteran în cea de-a treia sondă orizontală, din respectiva a treia sondă orizontală

2. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, pentru exploatarea unui volum substanțial de petrol din interiorul unui zăcământ conținând hidrocarburi prin înaintarea într-o direcție în general liniară de-a lungul respectivei formațiuni, cuprinzând etape suplimentare repetate incluzând:

forarea succesivă de sonde orizontale suplimentare în partea de jos a



zăcământului respectiv, în mod substanțial paralele cu, și substanțial coplanare cu respectiva a treia sondă orizontală dar distanțate lateral față de aceasta și unele de altele; și

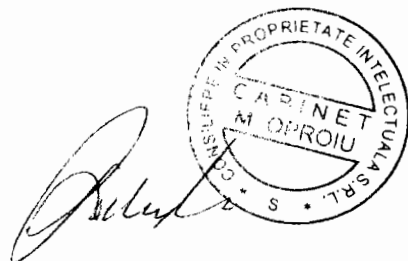
transformarea succesivă a penultimelor sonde, dintre sondele orizontale suplimentare menționate, din câte o sondă de producție în câte o sondă de injecție pentru injectarea respectivului gaz, abur, sau un lichid, astfel încât să determine petrolul din zăcământ să se scurgă din interiorul zăcământului menționat, în jos, în ultima dintre respectivele sonde suplimentare orizontale.

3. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care primul mediu menționat și al doilea mediu menționat sunt unul și același mediu.
4. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 3, în care primul mediu menționat cuprinde oxigen gazos, aer, sau amestecuri ale acestora, în scopul efectuării combustiei in situ, procedeul menționat cuprinzând în continuare, după etapa (iii), etapa de aprindere a hidrocarburilor menționate din zăcământul menționat într-o zonă din apropierea primei sonde orizontale menționate, și extragerea produselor de ardere și a petrolului menționat din formațiunea subterană menționată prin a doua sondă menționată și/sau a treia sondă menționată.
5. Procedeu conform revendicării 1, în care primul mediu menționat și al doilea mediu menționat este un gaz solubil în petrol.
6. Procedeu conform revendicării 4, în care gazul constă în CO₂, hidrocarburi ușoare, sau amestecuri ale acestora.
7. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 4, în care etapa menționată de aprindere a hidrocarburilor menționate și de extragere a produselor de ardere prin a doua sondă orizontală menționată și/sau a treia sondă orizontală menționată, determină un front de combustie să se deplaseze lateral de la respectiva primă



sondă orizontală în direcția respectivelor a doua și a treia sonde orizontale, încălzind astfel petrolul din zăcământul menționat, și determinând respectivul petrol să se scurgă în jos pentru colectare prin respectivele a doua și/sau a treia sonde orizontale.

8. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care respectiva etapă (iii) de injectare a unui gaz, abur sau lichid în respectiva primă sondă orizontală, cuprinde etapa de injectare a respectivului gaz, abur, sau lichid într-un capăt al primei sonde orizontale menționate, și, etapa menționată de extracție a petrolului de la a doua sondă orizontală menționată cuprinde etapa de extracție a petrolului menționat de la un capăt al celei de-a doua sonde menționate, respectivul un capăt al celei de-a doua sonde menționate fiind situat pe o parte a zăcământului menționat opusă părții acestuia în care se află respectivul un capăt al primei sonde orizontale menționate.
9. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care etapa (vi) de injectare a respectivului gaz, abur, sau lichid în respectiva a doua sondă orizontală, cuprinde injectarea respectivului gaz, abur, sau lichid într-un capăt al celei de-a doua sonde orizontale menționate care este situat pe o parte a zăcământului menționat opusă unui capăt al respectivei a treia sonde orizontale de la care este colectat respectivul petrol.
10. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care respectiva etapa (vi) de injectare a gazului, aburului, sau lichidului în cea de-a doua sondă orizontală menționată cuprinde injectarea respectivului gaz, abur, sau lichid într-un prim capăt al respectivei a doua sonde orizontale, respectivul prim capăt al celei de-a doua sonde orizontale menționate fiind situat pe aceeași parte a zăcământului pe care este situat un prim capăt al celei de-a treia sonde orizontale menționate de la care este colectat respectivul petrol.



11. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care petrolul menționat este colectat de la un prim capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale, respectivul prim capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale fiind situat pe o aceeași parte a zăcământului menționat, și etapa (vi) de injectare a respectivului gaz, abur sau lichid în cea de a doua sondă orizontală cuprinde injectarea respectivului gaz, abur sau lichid într-un al doilea capăt al respectivei a doua sonde prin tubinguri, care tubinguri se extind în mod substanțial de la primul capăt menționat până la al doilea capăt menționat ale respectivei a doua sonde.
12. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care, un prim capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale este situat pe o aceeași parte a zăcământului menționat, și menționata etapa (vi) de injectare a gazului, aburului, sau lichidului în cea de-a doua sondă orizontală menționată cuprinde injectarea respectivului gaz, abur, sau lichid în respectivul prim capăt al celei de-a doua sonde orizontale menționate, și menționata etapă de extracție a petrolului de la a treia sondă menționată cuprinde extracția petrolului respectiv de la un al doilea capăt al respectivei a treia sondă prin tubinguri, respectivele tubinguri se extind în mod substanțial de la primul capăt până la al doilea capăt al respectivei a treia sondă.
13. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care, fiecare dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale are câte un capăt distal și câte un capăt proximal, capătul menționat proximal al celei de-a doua sonde orizontale și capătul proximal al celei de-a treia sonde orizontale fiind situate pe părțile laterale opuse reciproc ale zăcământului menționat.
14. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care respectiva primă sondă orizontală

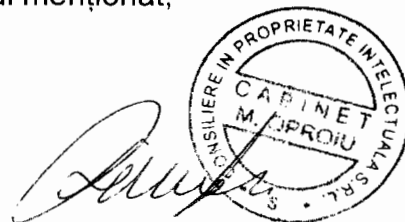
are o multitudine de deschizături de-a lungul întregii sale lungimi, și etapa de injectare a unui gaz, abur sau lichid în respectiva sondă orizontală cuprinde etapa de injectare a respectivului gaz, abur, sau lichid în zăcământul menționat prin deschizăturile menționate ale respectivei prime sonde.

15. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 14, în care respectiva primă sondă orizontală are un liner în care este prevăzută respectiva multitudine de deschizături, și, în care, mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături, prevăzute în respectivul liner al primei sonde orizontale, crește progresiv de la un prim capăt la un al doilea capăt al respectivei prime sonde orizontale, iar gazul menționat, aburul sau lichidul este injectat în respectivul prim capăt al acestei prime sonde.
16. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care, fiecare dintre respectivele a doua sondă orizontală și a treia sondă orizontală, au câte o multitudine de deschizături în acestea, în care mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături crește progresiv de la un prim capăt până la un al doilea capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale.
17. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 10, în care, respectiva a doua sondă orizontală are o multitudine de deschizături în aceasta, în care mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături crește progresiv de la un prim capăt până la un al doilea capăt al fiecăreia dintre respectivele a doua și a treia sonde orizontale.
18. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 10, în care, respectiva a treia sondă orizontală are o multitudine de deschizături în aceasta, în care mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături crește progresiv de la respectivul



prim capăt până la un al doilea capăt al acesteia.

19. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 10, în care, fiecare dintre respectivele a doua sondă orizontală și a treia sondă orizontală, au câte o multitudine de deschizături în acestea, în care mărimea respectivelor deschizături sau numărul acestor deschizături crește progresiv de la un prim capăt al acestora până la un al doilea capăt al acestora.
20. Procedeu conform revendicării 1, care mai include în continuare, după etapa (v) sau (vi), etapa de încetare a injectării respectivului gaz, abur, sau lichid în respectiva primă sondă orizontală atunci când extracția de petrol din a doua sondă orizontală menționată a scăzut până la o fracțiune predeterminată dintr-o rată maximă de extracție.
21. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 1, în care, prima sondă orizontală menționată are o multitudine de deschizături de-a lungul întregii sale lungimi, și etapa menționată de injectare a unui gaz, abur sau lichid în respectiva sondă orizontală cuprinde etapa de injectare a respectivului gaz, abur, sau lichid în zăcământul menționat prin deschizăturile menționate ale respectivei prime sonde orizontale.
22. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, cu exploatare în linie dreaptă, cuprinzând etapele de:
- (i) forarea unei prime sonde orizontale relativ sus în zăcământul menționat, având o multitudine de deschizături în aceasta;
 - (ii) forarea unei a doua sonde orizontale, situată relativ jos în respectivul zăcământ și substanțial paralelă cu prima sondă orizontală menționată;
 - (iii) injectarea unui gaz oxidant în prima sondă orizontală menționată și în respectivul zăcământ prin deschizăturile menționate ale acesteia, în scopul efectuării combustiei in situ în respectivul zăcământ;
 - (iv) aprinderea hidrocarburilor în zăcământul menționat;



- (v) extragerea petrolului, care se scurge în jos în respectivul zăcământ subteran în a doua sondă orizontală menționată, din respectiva a doua sondă orizontală;
- (vi) forarea unei a treia sonde orizontale relativ jos în zăcământul menționat și substanțial paralelă cu a doua sondă orizontală menționată dar distanțată lateral față de aceasta și distanțată lateral mai departe față de prima sondă orizontală menționată de injecție decât față de respectiva a doua sondă orizontală de injecție;
- (vii) încetarea temporară sau permanentă a extracției de hidrocarburi din a doua sondă orizontală menționată, și transformarea respectivei a doua sondă într-o sondă de injecție;
- (viii) injectarea gazului oxidant menționat în respectiva a doua sondă orizontală; și
- (ix) extragerea petrolului, care se scurge în jos în respectivul zăcământ subteran în a treia sondă orizontală menționată, din respectiva a treia sondă orizontală;
- (x) forarea succesivă de sonde orizontale suplimentare în partea de jos a respectivului zăcământ, substanțial paralele și substanțial coplanare cu respectiva a treia sondă orizontală dar distanțate lateral față de aceasta și una față de cealaltă; și
- (xi) transformarea succesivă a penultimelor sonde, dintre respectivele sonde orizontale suplimentare, din câte o sondă de producție în câte o sondă de injecție pentru injectarea respectivului gaz, abur, sau un lichid, astfel încât să determine petrolul din respectivul zăcământ să se scurgă din interiorul zăcământului menționat în jos în ultima dintre respectivele sonde orizontale suplimentare.

23. Procedeu de extracție a petrolului dintr-un zăcământ subteran conținând hidrocarburi, conform revendicării 22, în care un volum de gaz, abur sau lichid injectat în respectivul zăcământ subteran este aproximativ egal cu volumul petrolului extras din respectivele sonde orizontale situate în partea inferioară a zăcământului.

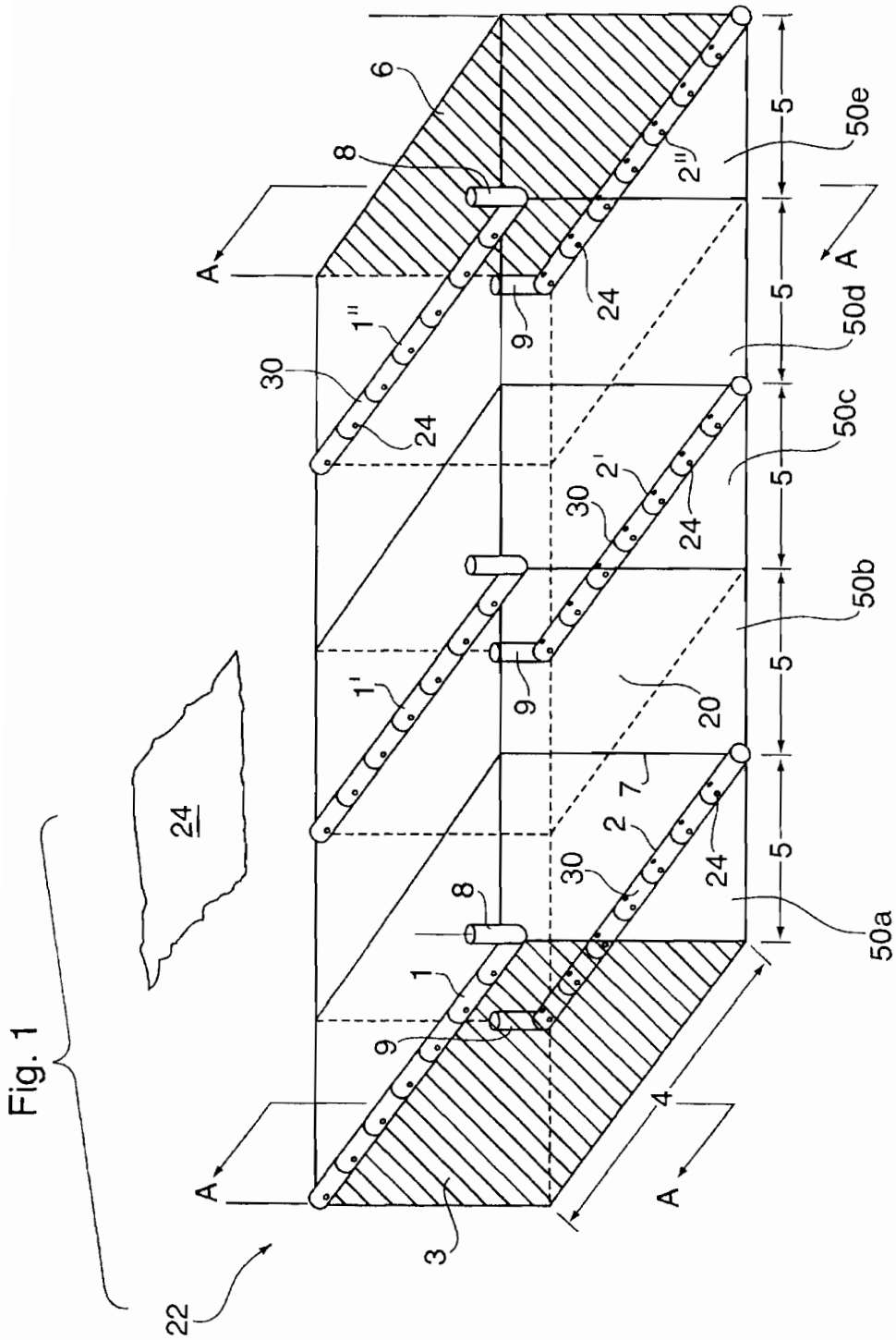


Fig. 1

PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

1/16



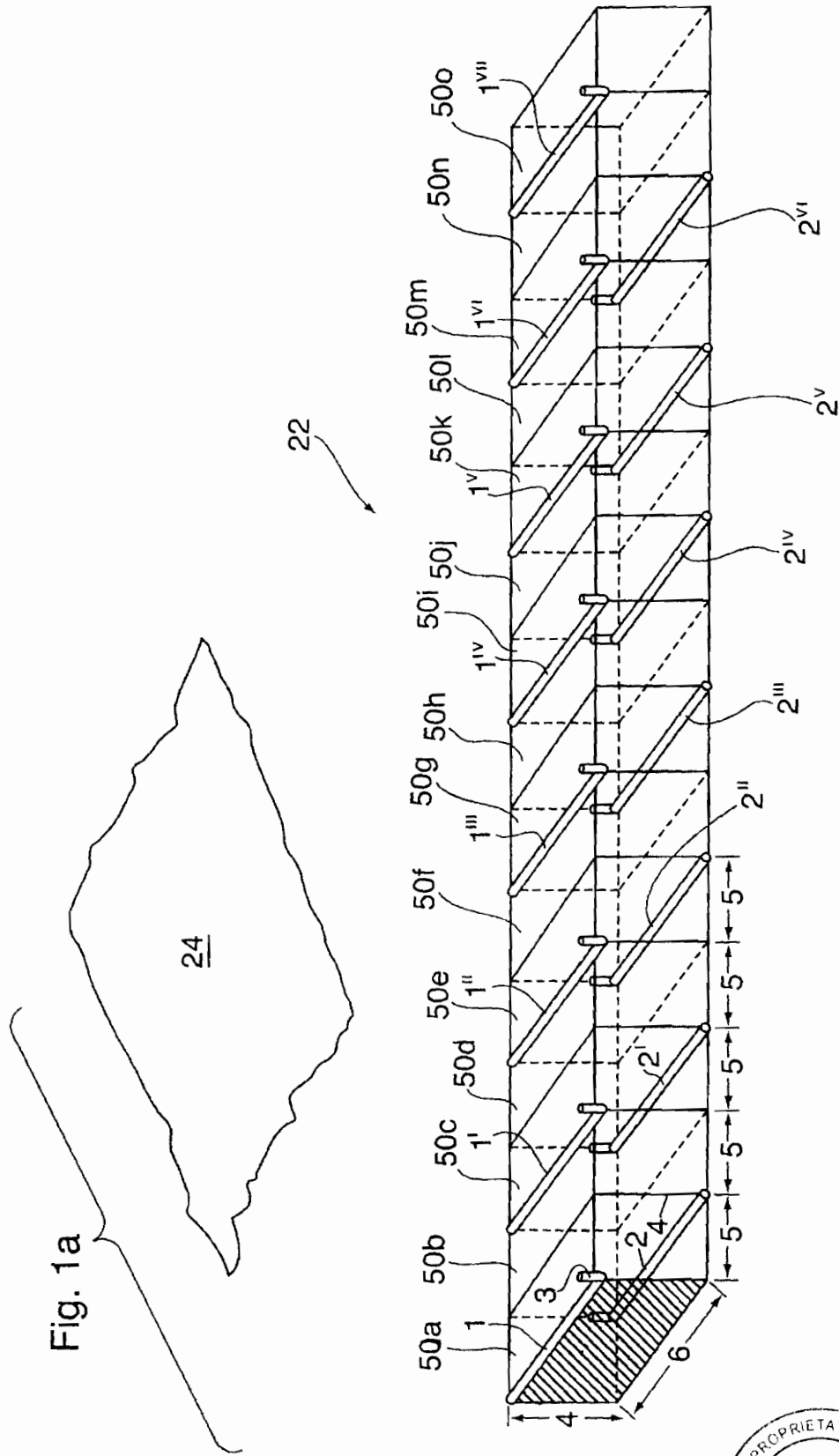
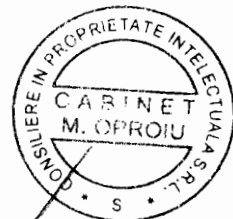


Fig. 1a

PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

2/16

37



[Handwritten signature]

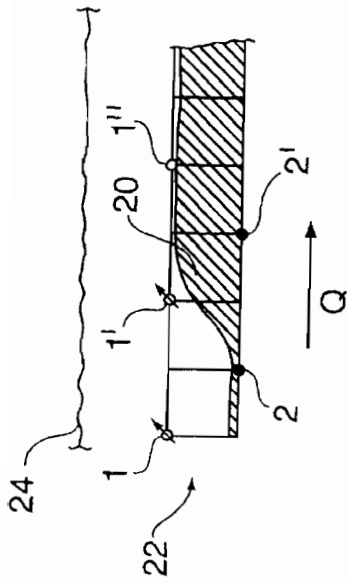


Fig. 2 (i)

Legendă

- ☐ Sondă injectoare activă
- Sondă productivă activă
- Sondă inactivă

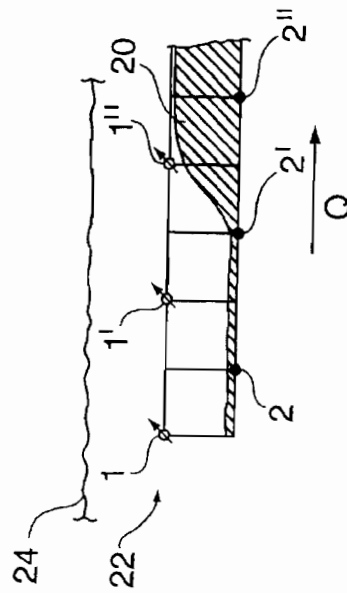


Fig. 2 (ii)

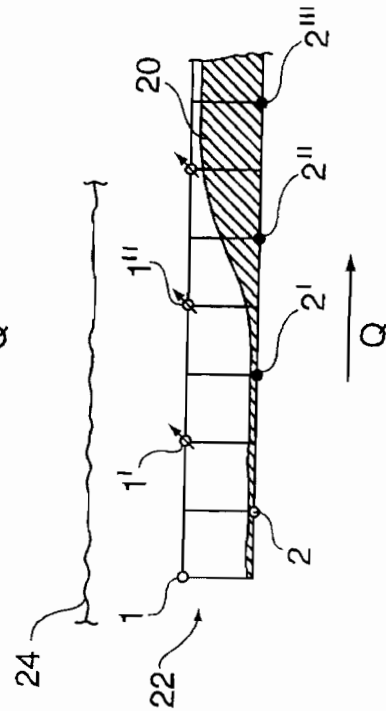
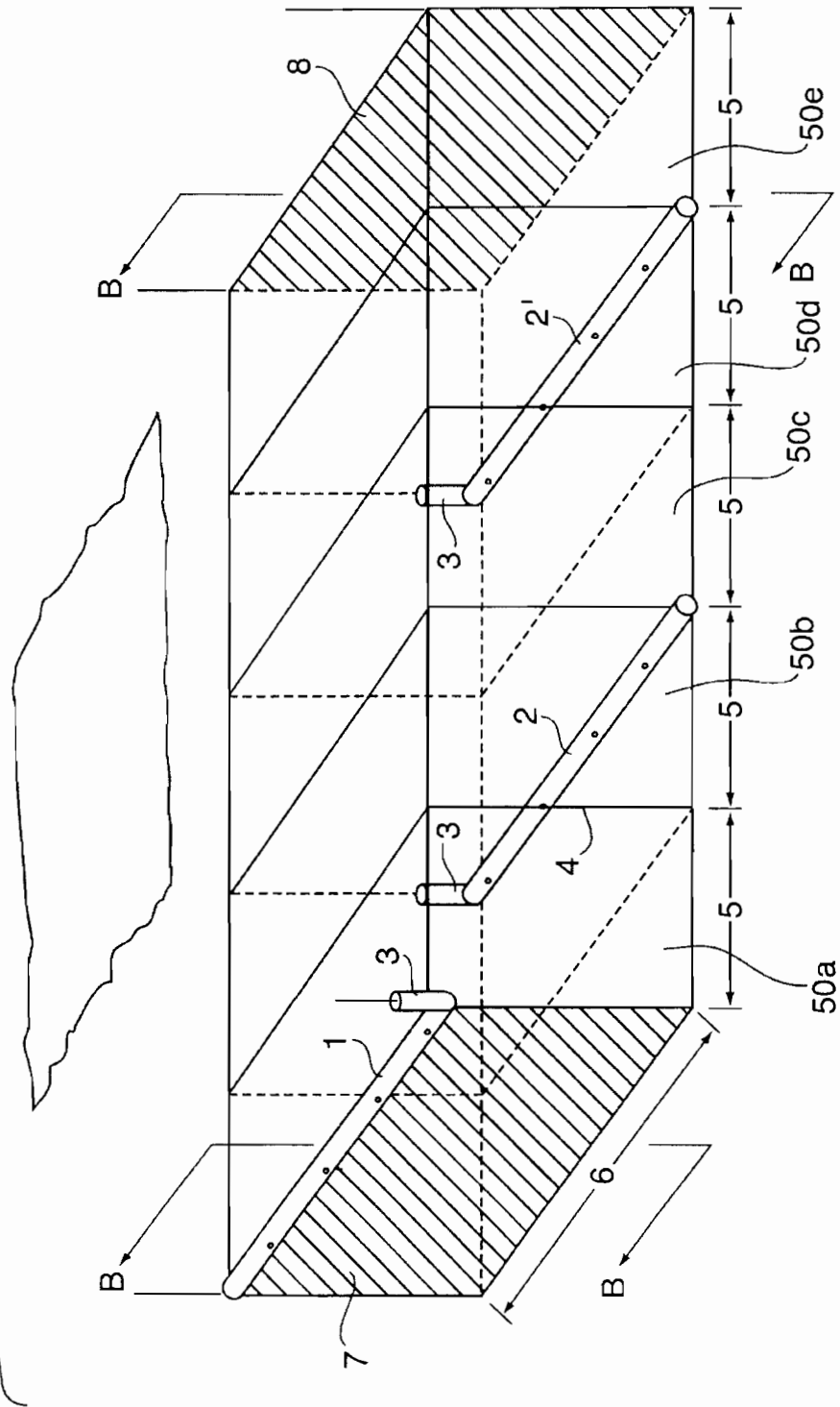


Fig. 2 (iii)



Fig. 3



PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

4/16



- Legendă
- ∅ Sondă injectoare activă
 - Sondă productivă activă
 - Sondă inactivă

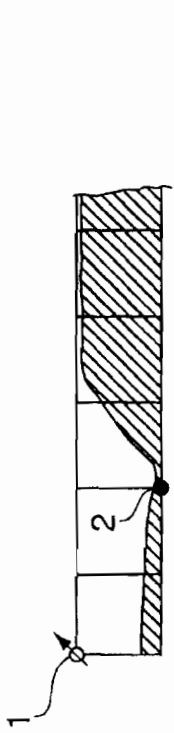


Fig. 4a (i)

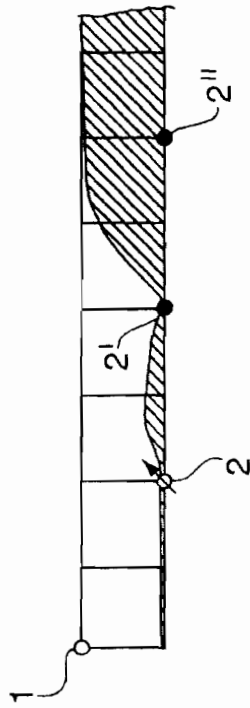


Fig. 4a (ii)

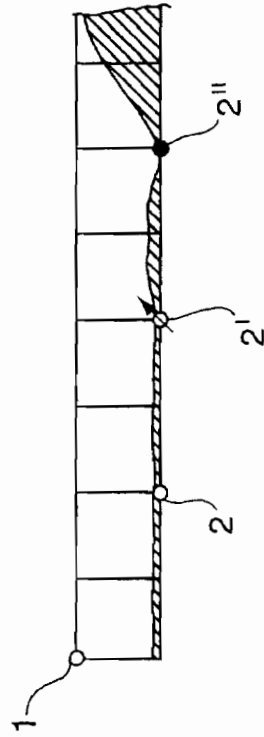
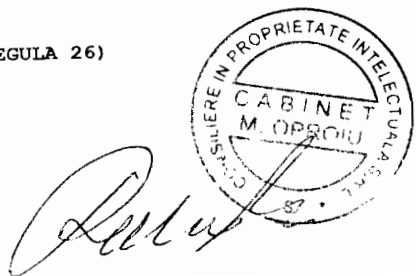


Fig. 4a (iii)



Legendă

- ∅ Sondă injectoare activă
- Sondă productivă activă
- Sondă inactivă

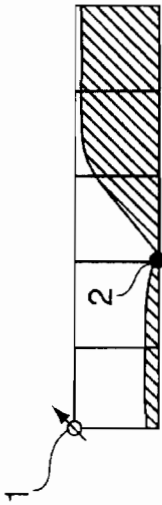


Fig. 4b (i)

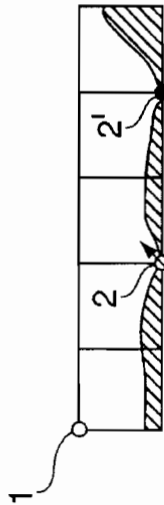


Fig. 4b (ii)

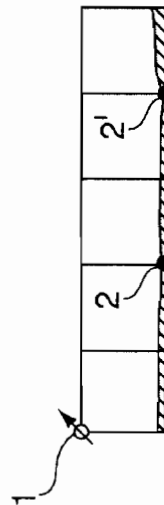


Fig. 4b (iii)



Legendă

- ∅ Sondă injectoare activă
- Sondă productivă activă
- Sondă inactivă

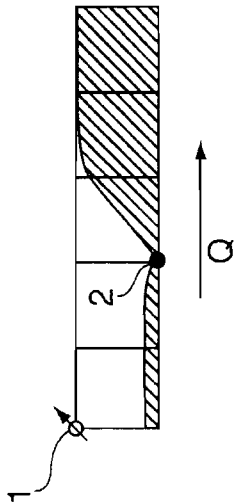


Fig. 4c (i)

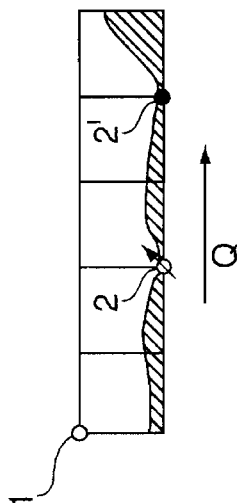


Fig. 4c (ii)

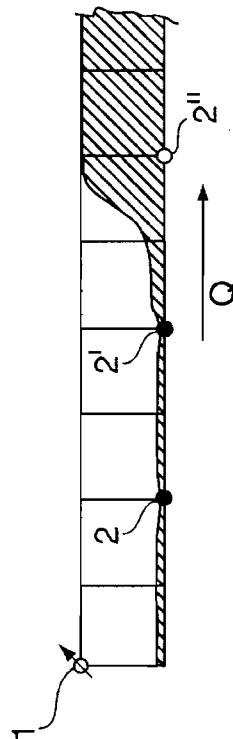


Fig. 4c (iii)

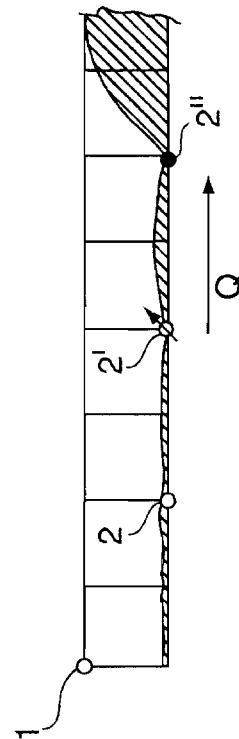
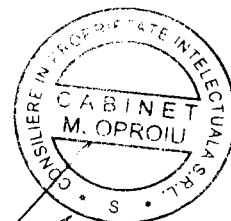


Fig. 4c (iv)

PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

7/16

[Handwritten signature]



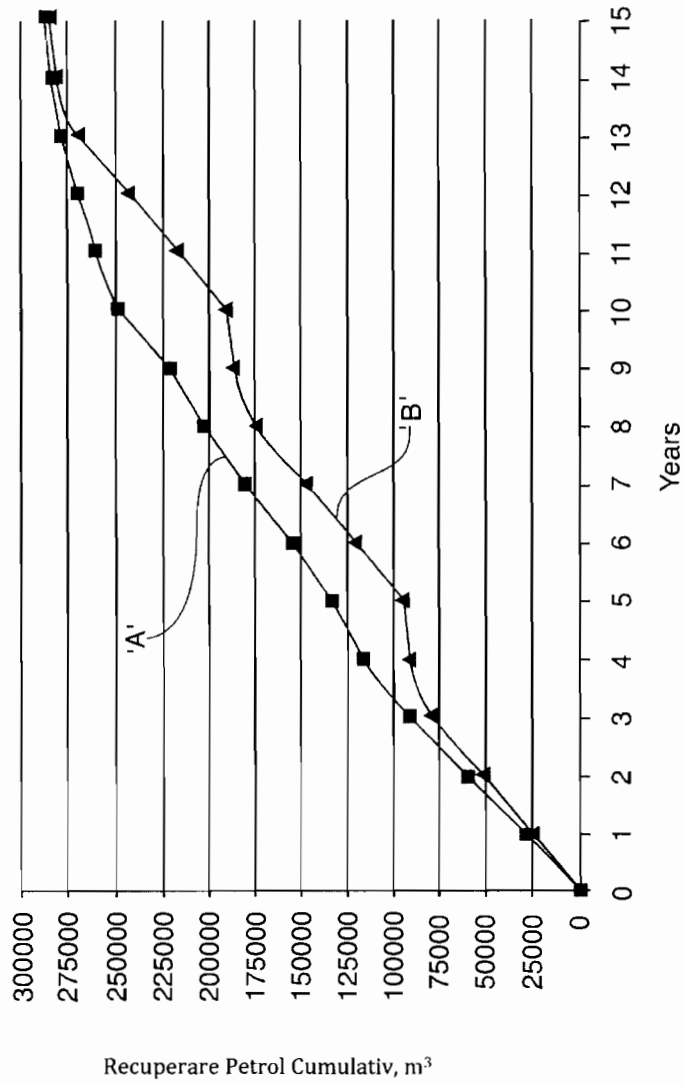


Fig. 5

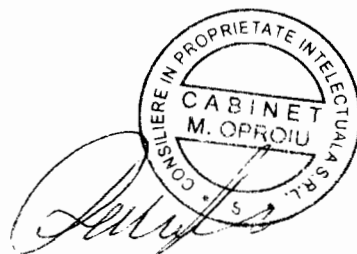
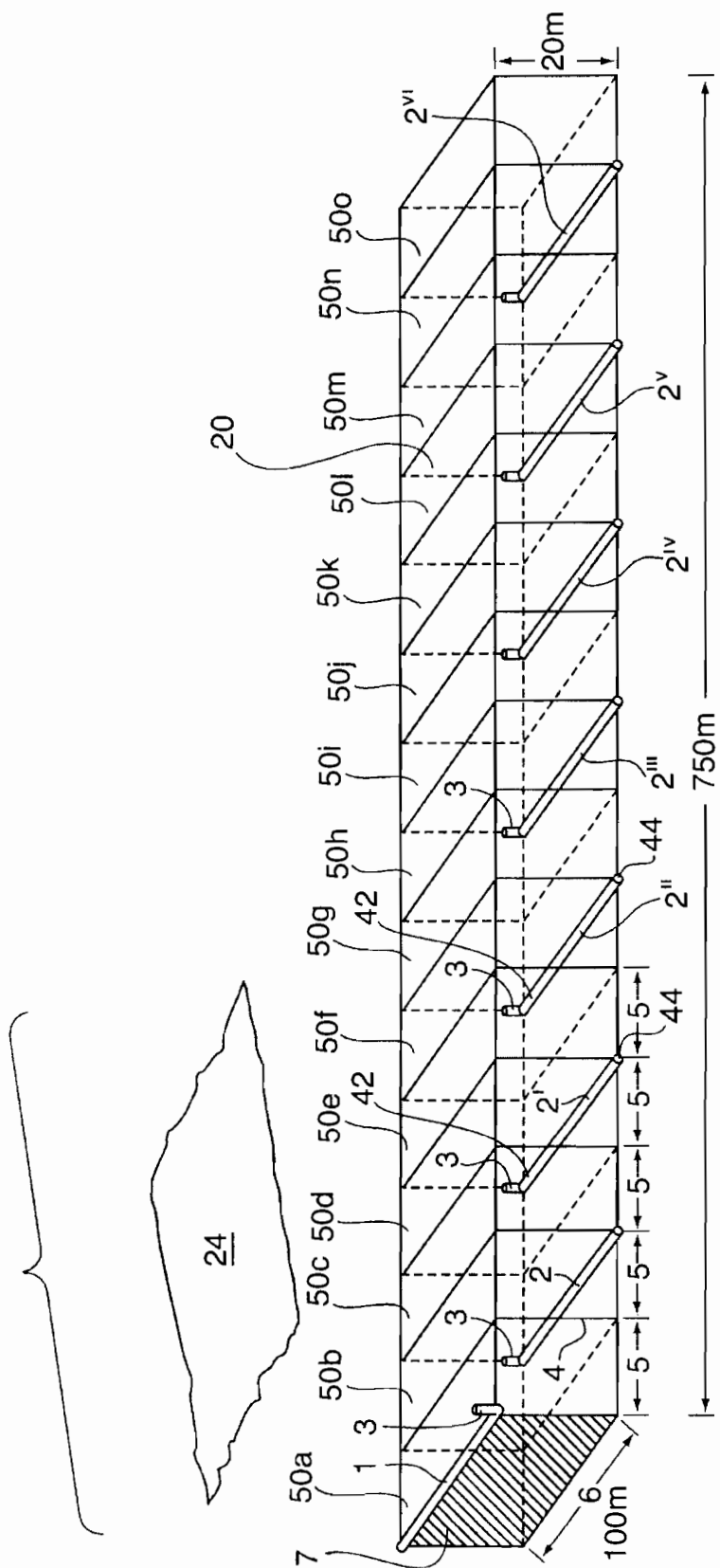


Fig. 6

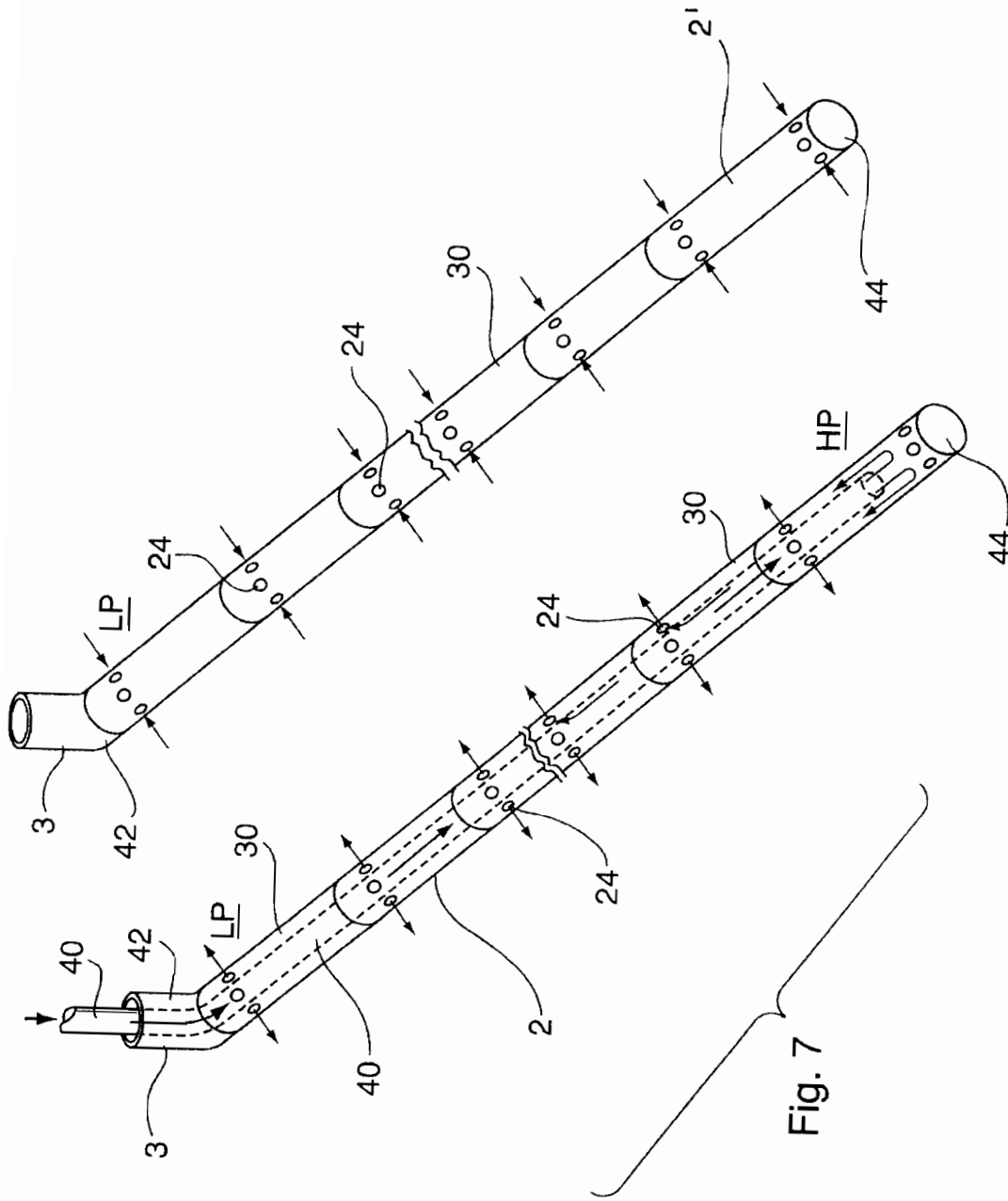


PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

9/16

A handwritten signature or scribble is located at the bottom of the page, overlapping the page number and the stamp.





PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

10/16



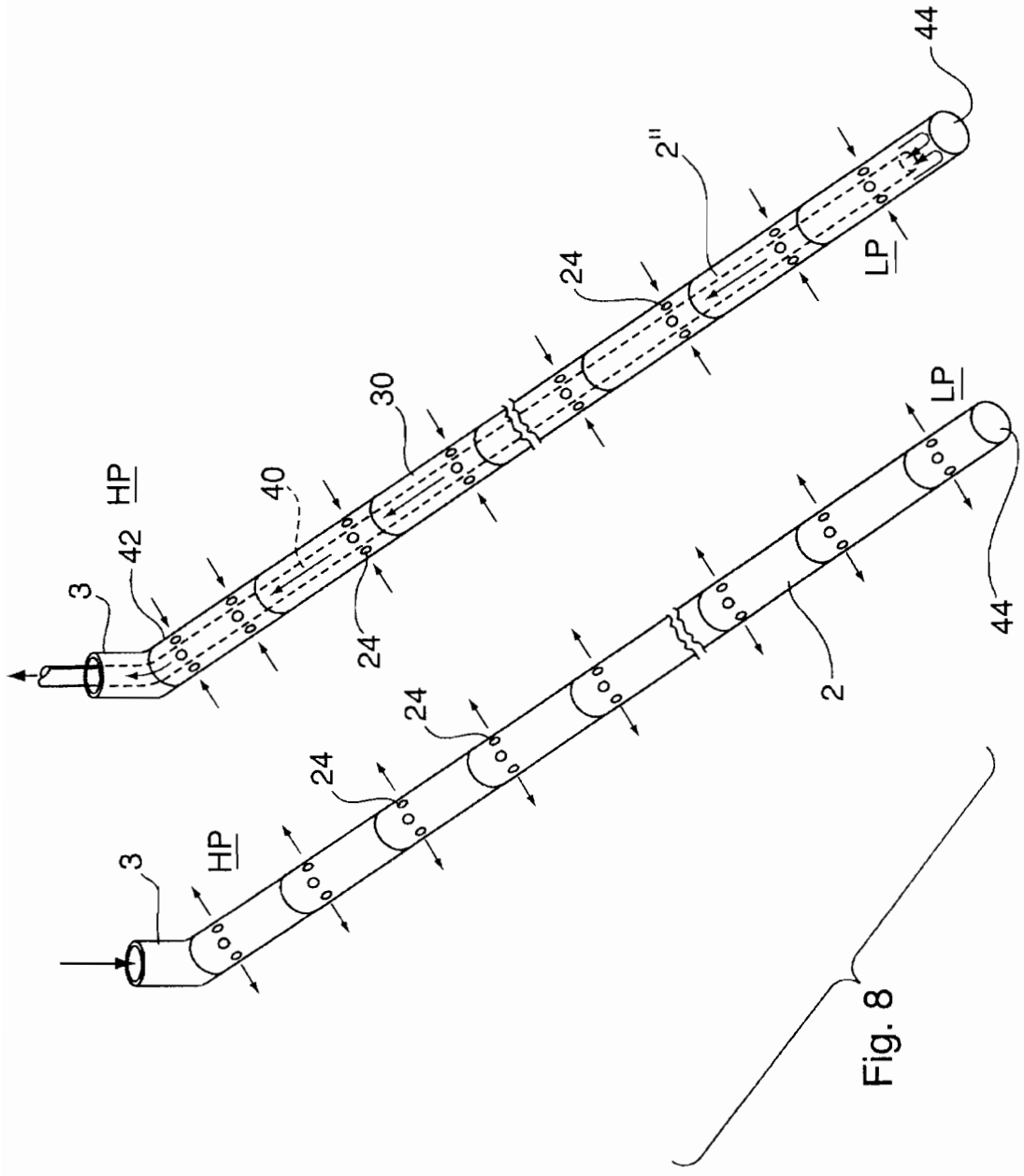
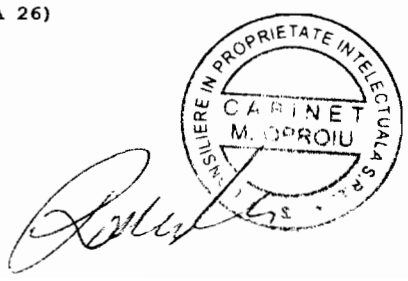
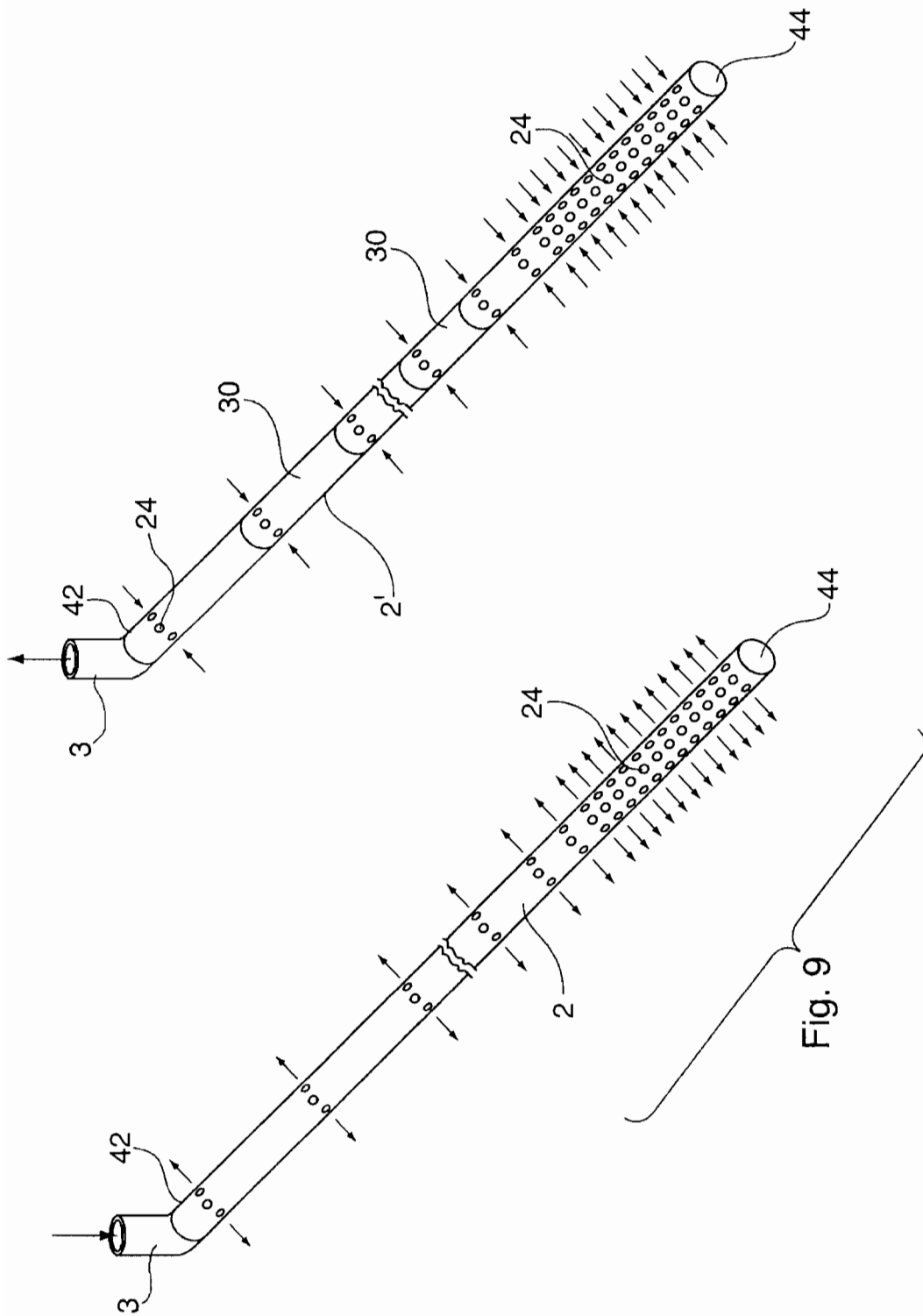
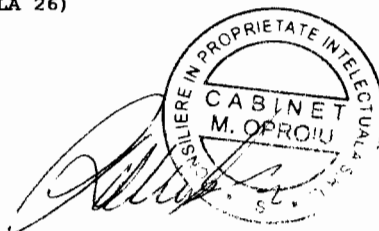


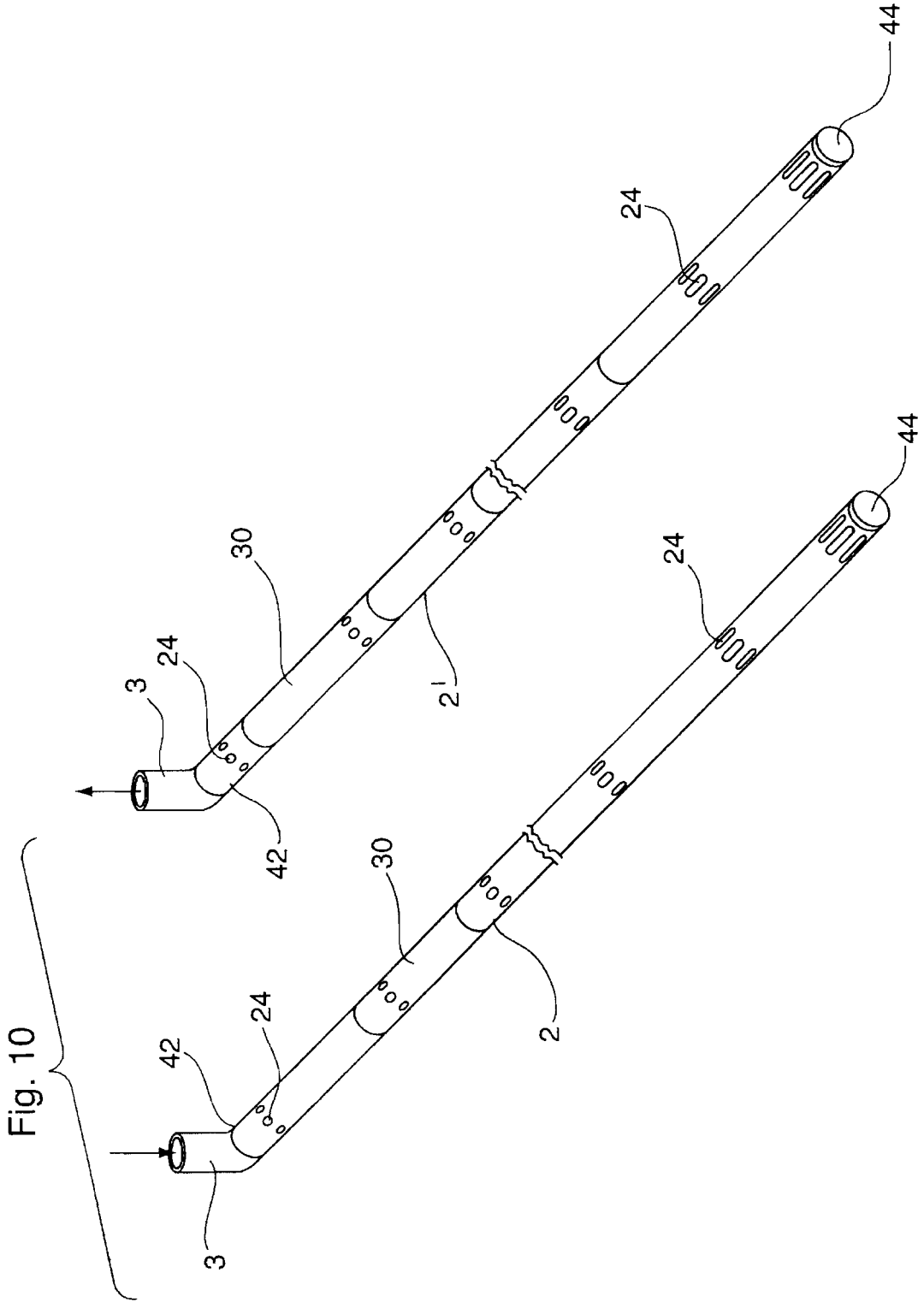
Fig. 8





PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)
12/16





PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)
13/16

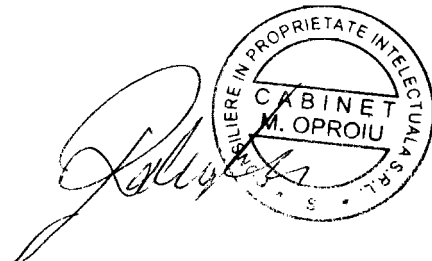
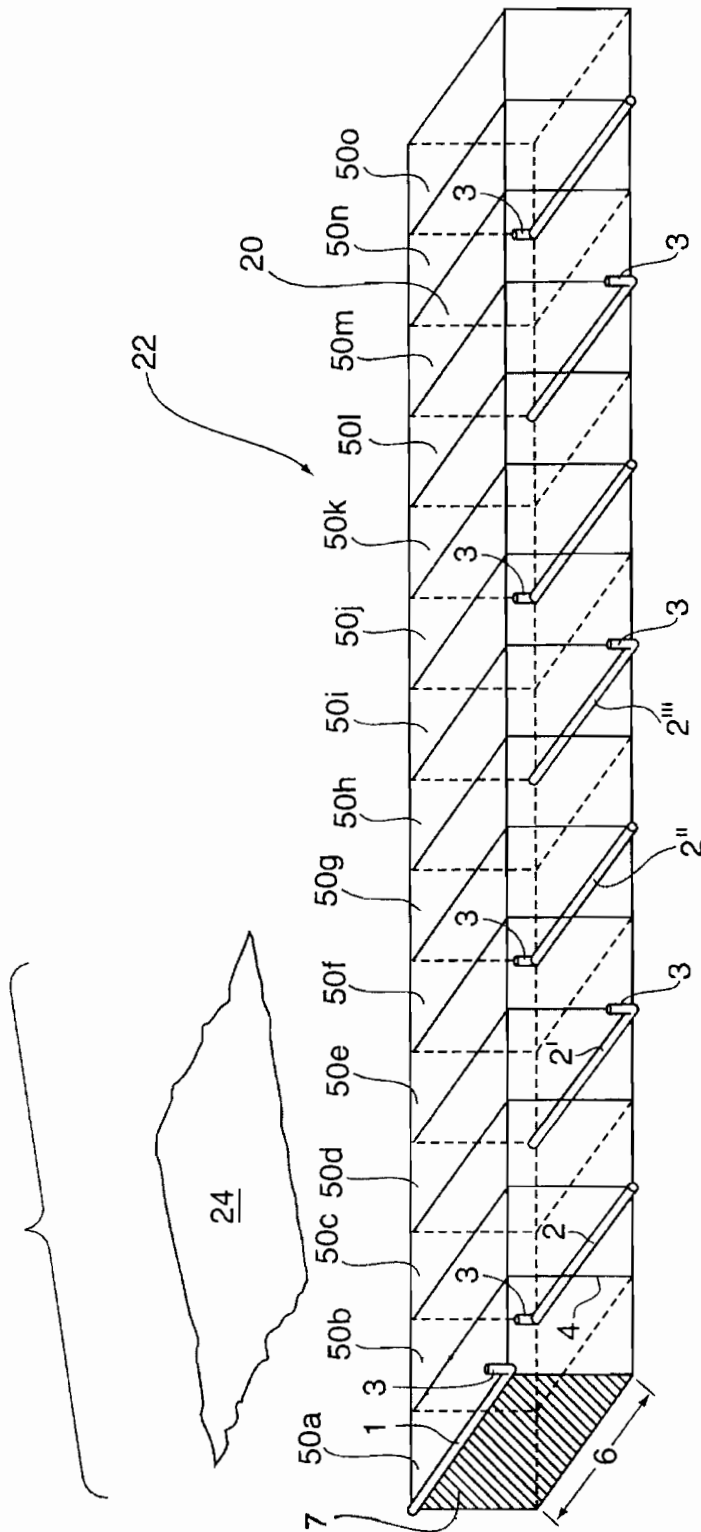
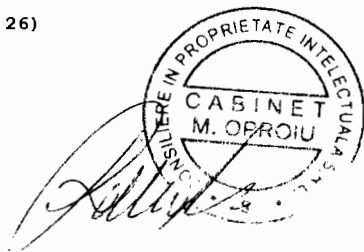


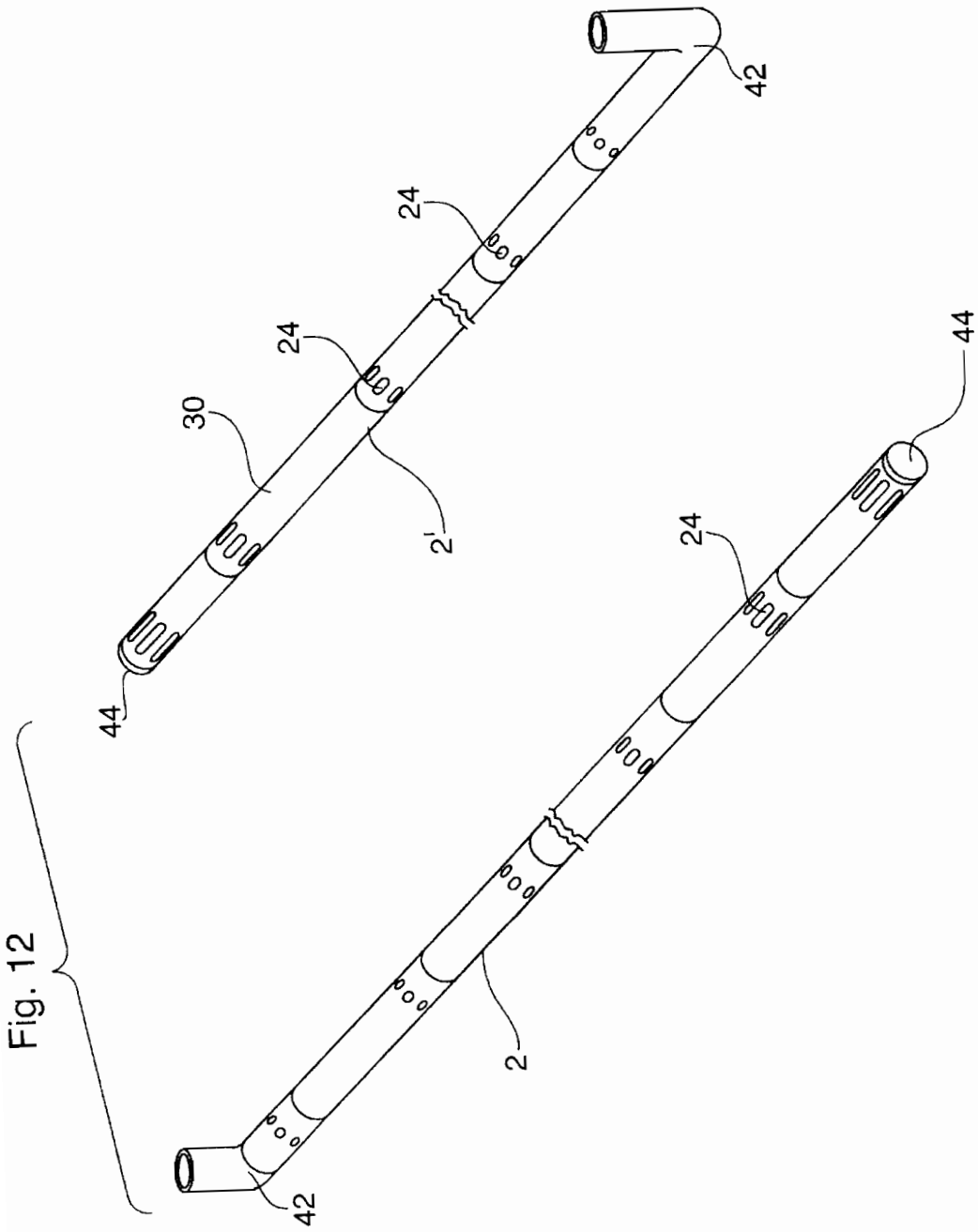
Fig. 11



PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

14/16





PAGINĂ DE ÎNLOCUIRE (REGULA 26)

15/16

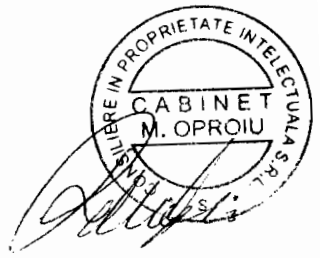




Fig. 13

