



(12) PATENT

(19) NO

(11) 327389

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

E21B 47/00 (2006.01)

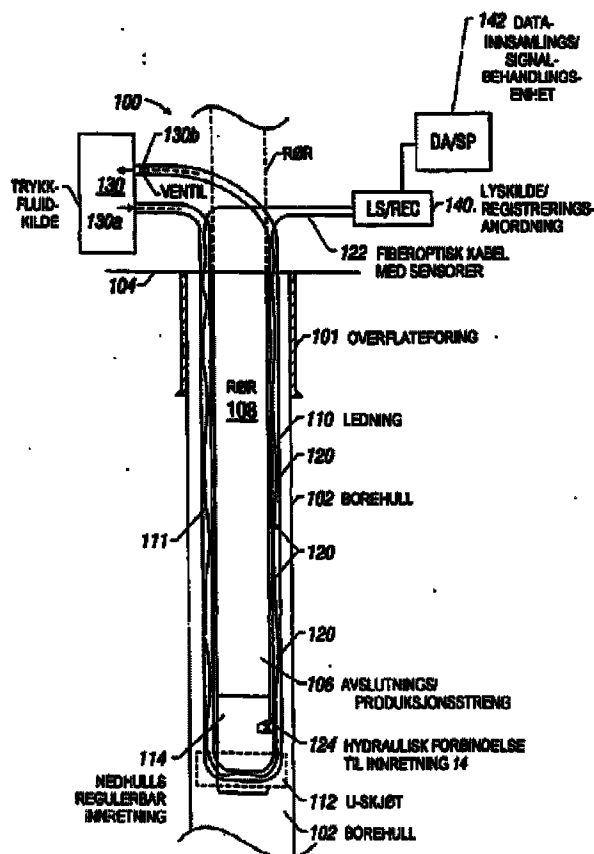
E21B 47/12 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20032268	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1998.05.01 PCT/US98/08823
(22)	Inng.dag	2003.05.20	(85)	Videreføringsdag	2003.05.20
(24)	Løpedag	1998.05.01	(30)	Prioritet	1997.05.02, US, 045354 1997.06.09, US, 048989 1997.07.09, US, 052042 1997.10.10, US, 062953 1998.02.02, US, 073425 1998.03.26, US, 079446
(41)	Alm.tilgj	1999.03.19			
(45)	Meddelt	2009.06.22			
(62)	Avdelt fra	19991350, med inndato 1999.03.19			
(73)	Innehaver	Sensor Highway Ltd, Gamma House, Enterprise Road, Chilworth Science Park, SO167NS SOUTHAMPTON, GB			
(72)	Oppfinner	Paulo Sergio Tubel, 118 East Placid Hill, TX77381 THE WOODLANDS, US Jeffrey J Lembcke, 16914 Scenic Lakes Way, Houston, TX 77095, US Kurt A Hickey, 1501 North 27th Street, OK74014 BROKEN ARROW, US John W Harrell, 5603 Springtown Lane, TX77379 SPRING, US Michael H Johnson, 3600 Arbor Creek Lane, TX75028 FLOWER MOUND, US			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO			

(54)	Benevnelse	Anordning og fremgangsmåte for overvåking og styring av nedhulls utstyr ved bruk av fiberoptikk		
(56)	Anførte publikasjoner	WO 9608635 A2		
(57)	Sammendrag			

Oppfinnelsen tilveiebringer en fremgangsmåte for å styre produksjonsoperasjoner ved bruk av fiberoptiske innretninger. En optisk fiber som bærer en fiberoptisk sensor blir ført ned i hullet for å gi informasjon om nedhullstilstander. Parametere angående de kjemikalier som brukes til overflatebehandlinger blir målt i sann tid og direkte, og disse målte parameterne blir brukt til å styre doseringen av kjemikalier inn i overflatebehandlingssystemet. Informasjonen blir også brukt til å styre nedhullsinnetninger som kan være en pakning, en strupeventil, en glidehylse, en perforeringsinnretning, en strømningsstyreventil, en avslutningsinnretning, et anker eller enhver annen innretning. Det er også sørget for styring av sekundære utvinningsoperasjoner direkte ved bruk av nedhullssensorene til å overvåke reservoartilstandene. Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer også en fremgangsmåte for generering av bevegelsesenergi i et borehull under anvendelse av optisk energi. Dette kan gjøres direkte eller indirekte, f eks. ved først å produsere elektrisk energi som så omformes til en annen energiform.



Foreliggende oppfinnelse vedrører generelt oljefelt-operasjoner, og mer spesielt nedhullsapparat som anvender fiberoptiske sensorer og bruk av slike til overvåkning av tilstanden til nedhullsutstyret, overvåkning av visse geologiske tilstander, reservoarovervåkning og hjelpeoperasjoner.

5 Det er blitt benyttet en rekke teknikker for overvåkning av borehull under avslutning og produksjon av brønner, reservoartilstander, for å anslå hydrokarbonmengder (olje og gass), driftsinnretninger nede i brønnen, og for å bestemme den fysiske tilstanden til borehullet og innretninger nede i dette.

Reservoarovervåkning innebærer vanligvis bestemmelse av visse nedhulls-
10 parametere i produserende brønner ved forskjellige posisjoner i én eller flere produserende brønner på et felt, vanligvis over langstrakte tidsperioder. Kabelsonder blir vanligvis anvendt til å frembringe slike målinger, noe som medfører transport av kabelsondene til brønnen, innføring av sondene i brønnene, stenging av produksjonen og måling over lange tidsperioder, samt behandling av de resulterende
15 data på overflaten. Seismiske fremgangsmåter hvor et antall sensorer blir anbrakt på jordoverflaten og en kilde anbrakt på overflaten eller nede i hullet, blir benyttet til å frembringe kart over undergrunnsstrukturer. Slike informasjoner blir benyttet til å oppdatere tidligere seismiske kart for å overvåke reservoar- eller felt-tilstandene. Oppdatering av eksisterende tredimensjonale seismiske kart over tid blir på områ-
20 det kalt firedimensjonalseismikk («4D seismikk»). De ovenfor beskrevne fremgangsmåter er meget kostbare. Kabelmetodene blir benyttet med forholdsvis store mellomrom og tilveiebringer dermed ikke kontinuerlig informasjon om brønnforholdene eller forholdene i de omgivende formasjoner.

Anbringelse av permanente sensorer i borehullet, slik som temperatursen-
25 sorer, trykksensorer, akselerometere og hydrofoner er blitt foreslått for å oppnå kontinuerlige brønn- og formasjons-informasjoner. En separat sensor blir benyttet for hver parametertype som skal bestemmes. For å oppnå slike målinger fra alle de utnyttbare segmenter i hvert borehull, som kan ha multilaterale borehull, krever anvendelse av et stort antall sensorer, noe som igjen krever en stor mengde
30 effekt, datainnsamlingsutstyr og forholdsvis stor plass i borehullet; dette kan være upraktisk og altfor kostbart.

Når informasjonen er tilveiebrakt, er det ønskelig å manipulere nedhullsinnretningene, slik som avslutnings- og produksjons-foringsrør. Tidligere kjente frem-

gangsmåter for utførelse av slike funksjoner beror på bruk av elektrisk drevne innretninger hvor signaler for drift av disse blir kommunisert gjennom elektriske kabler. På grunn av de barske driftsbetingelsene nede i et borehull, blir elektriske kabler utsatt for ødeleggelse. På grunn av lange elektriske veilengder for brønn-
5 innretninger blir i tillegg kabelmotstanden betydelig med mindre det benyttes store kabler. Dette er vanskelig å gjøre i det begrensede rom som er tilgjengelig i produksjonsrør. På grunn av den høye motstanden blir også kraftbehovet stort.

Et spesielt arrangement hvor drift av mange nedhullsinnretninger blir nødvendig, er ved sekundær utvinning. Injeksjonsbrønner er selvsagt blitt anvendt i
10 mange år for å skille restolje i en formasjon mot en produksjonsbrønn og øke utbyttet fra området. Et vanlig injeksjonsscenario er å pumpe damp ned i en injeksjonsbrønn og inn i formasjonen, noe som både varmer opp oljen i formasjonen og fremtvinger dens bevegelse ved dampspyling. I noen tilfeller er oppvarming ikke nødvendig siden restoljen er i flytende form, i visse situasjoner har imidlertid
15 oljen en viskositet som krever at den varmes opp for å flyte. Ved å anvende damp oppnår man således begge formål med en injeksjonsbrønn: 1) å tvinge restolje mot produksjonsbrønnen, og 2) å varme opp eventuelle oljeavsetninger med høy viskositet for å mobilisere slik olje til å strømme foran strømningsfronten mot produksjonsbrønnen.

20 Som kjent på området er en av de vanligste ulemper ved anvendelse av den ovenfor nevnte fremgangsmåte med hensyn til injeksjonsbrønner, et fenomen som vanligvis kalles «gjennombrudd» (break through). Gjennombrudd inntreffer når en del av strømningsfronten når produksjonsbrønnen. Når det skjer vil spylevannet som er igjen i reservoaret, vanligvis ha en tendens til å følge minste motstands vei og vil følge gjennombruddskanalen til produksjonsbrønnen. Ved dette
25 punkt slutter bevegelsen av den viskøse oljen. Nøyaktig når og hvor gjennombruddet vil inntreffe, avhenger av vann/olje-mobilitetsforholdet, litologien, porøsiteten og permeabiliteten til formasjonen, samt dennes dybde. Dessuten påvirker også andre geologiske forhold, slik som forkastninger og uregelmessigheter, også
30 spyleeffektiviteten på stedet.

Selv om omhyggelig undersøkelse av formasjonen av fagkyndige geologer kan gi en rimelig forståelse av dennes karakteristikk, og det dermed kan utledes et plausibelt scenario av den måte strømningsfronten vil bevege seg på, har det

hittil ikke vært kjent å overvåke nøyaktig posisjonen av strømningsfronten som en helhet eller som enkelte seksjoner av denne. Ved slik overvåkning av strømningsfronten er det mulig å dirigere større eller mindre strømning til forskjellige områder i reservoaret, etter behov, ved å regulere volumet og posisjonen for både injeksjon og produksjon for derved å styre den totale spyleeffektivitet. Ved omhyggelig styring av strømningsfronten kan den opprettholdes som en regulert, ikke-fingret profil. Ved å unngå for tidlig gjennombrudd blir spyleoperasjonen effektiv for en større del av det totale formasjonsvolum, og dermed blir effektiviteten av oljeproduksjonen forbedret.

I produksjonsbrønner blir kjemikalier ofte injisert nede i borehullet for å behandle de produserende fluider. Det kan imidlertid være vanskelig å overvåke og regulere slik kjemisk injeksjon i sann tid. Likeledes blir kjemikalier vanligvis benyttet på overflaten til å beholde de produserte hydrokarboner) dvs. for å bryte ned emulsjoner) og for å hindre korrosjon. Det kan imidlertid være vanskelig å overvåke og regulere slik behandling i sann tid.

Foreliggende oppfinnelse har til hensikt å fjerne de ovenfor beskrevne ulemper ved teknikkens stand og tilveiebringe apparatur og fremgangsmåte som anvender sensorer (slik som fiberoptiske sensorer), hvor hver sensor kan frembringe informasjon om mer enn én parameter for å utføre en rekke funksjoner. Sensorene er benyttet til å måle parametre angående den kjemiske introduksjonen i sanntid slik at det kjemiske behandlingssystemet kan overvåkes og styres nøyaktig.

Foreliggende oppfinnelse har til hensikt å fjerne de ovenfor beskrevne ulemper ved teknikkens stand og tilveiebringe apparatur og fremgangsmåte som anvender fiberoptiske sensorer, hvor hver sensor kan frembringe informasjon om mer enn én parameter for å utføre en rekke funksjoner. Sensorene kan være anbrakt langs enhver lengde av borehullet. Sensorsegmenter som hvert inneholder én eller flere sensorer, kan være koplet for å danne en aktiv seksjon som kan være anbrakt i foringsrøret for kontinuerlig overvåkning av borehullet. Sensorer kan være fordelt i et borehull eller flere borehull for å bestemme parametere av interesse. Hermetisk forseglede optiske fibre dekket med høytemperaturbestandige materialer er kommersielt tilgjengelige. Enkelt- eller multi-modussensorer kan være fremstilt langs lengden av slike optiske fibre. Slike sensorer innbefatter tem-

peratur-, trykk- og vibrasjons-sensorer. Slike sensorer kan motstå høye temperaturer i overkant av 250°C over lange tidsperioder, og har dermed vist seg å være nyttige til bruk i borehull. En optisk fiber er et spesialtilfelle av en optisk bølgeleder, og i de fleste anvendelser kan andre typer optiske bølgeledere, innbefattet de som inneholder et fluid, vanligvis benyttes istedenfor optiske fibre.

WO 96/08635 angir innføring ved styring av en ventil lokalisert innvendig i de hydrauliske ledning, idet ventilen blir brukt som en trykkbarriere i olje- eller gassbrønner mellom produksjonsrør og en hydraulisk stålstyleledning som inneholder én eller flere sensorer.

I et første aspekt tilveiebringer oppfinnelsen et apparat for overvåkning og styring av nedhulls utstyr, omfattende en hydraulisk ledning som strekker seg ned i et borehull for å levere fluid under trykk ned i hullet, og som er festet til en rørstreng og en fiberoptisk kabel anbrakt på innsiden av den hydrauliske ledning og som er i stand til å tilveiebringe målinger av en nedhullsparameter langs rørstrengen, idet apparatet er kjennetegnet ved en hydraulisk styrt innretning på rørstrengen og i fluidkommunikasjon med den hydrauliske ledning, hvor den hydraulisk styrte innretning er anbrakt utenfor den hydrauliske ledning, og den samme hydrauliske ledning opptar den fiberoptiske kabel og styrer den hydraulisk styrte innretning. Foretrukkede utførelsesformer av apparatet er angitt i de uselvstendige kravene 2-5.

I et andre aspekt tilveiebringer oppfinnelsen en fremgangsmåte for overvåkning av en nedhulls parameter og styring av en hydraulisk drevet innretning, idet fremgangsmåten omfatter å føre en hydraulisk ledning inn i borehullet og å tilveiebringe en fiberoptisk kabel for måling av en nedhulls parameter i den hydrauliske ledning, idet fremgangsmåten er kjennetegnet ved å tilveiebringe en hydraulisk styrt innretning utenfor den hydrauliske ledning, idet den hydrauliske ledning leverer fluid under trykk til den hydraulisk styrte innretning slik at den samme hydrauliske ledning opptar den fiberoptiske kabel og styrer den hydraulisk drevne innretning. Foretrukkede utførelsesformer av fremgangsmåten er angitt i de uselvstendige kravene 7-9.

Det beskrives også visse avslutnings- og produksjons-strenger som benytter fiberoptiske bølgelederbaserte sensorer og innretninger, samt også en frem-

gangsmåte for generering av elektrisk kraft nede i borehullet ved å benytte lysceller som er montert i borehullet.

Med apparatet i følge foreliggende oppfinnelse kan fiberoptiske sensorer benyttes til å ta målinger av tilstander nede i et produserende borehull. Målingene innbefatter temperatur- og trykk-målinger; strømningsmålinger vedrørende forekomsten av faststoffer og av korrosjon, skjell- og parafin-oppbygning; målinger av fluidnivåer; forskyvning; vibrasjon; rotasjon; akselerasjon; hastighet; kjemiske bestanddeler; stråling; pH-verdier; fuktighet; densitet; og av elektromagnetiske og akustiske bølgefelter. Disse målingene blir brukt til aktivering av en hydraulisk drevet innretning nede i hullet og til utsetting av en fiberoptisk sensorlinje som benytter en felles fluidledning. En hydraulisk returledning er anbrakt langs lengden av en avslutningsstreng. Den hydrauliske ledning er koplet til den hydraulisk drevne innretning på en måte slik at når fluid under trykk blir tilført ledningen, vil det aktivere innretningen. Strengen er anbrakt i eller blir ført inn i borehullet. En fiberoptisk kabel som inneholder et antall sensorer, blir tvunget inn i én ende av ledningen inntil den vender tilbake til overflaten ved den annen ende. Lyskilde- og signalbehandlingsutstyr er montert på overflaten. Fluidet blir levert under tilstrekkelig trykk til å aktivere innretningen når det er ønskelig. Den hydraulisk drevne innretning kan være en pakning, en strupeinnretning, en glidehylse, en perforeringsinnretning, en strømningsstyreventil, en avslutningsinnretning, en forankringsinnretning eller enhver annen innretning. De fiberoptiske sensorer som bæres av kabelen, kan innbefatte trykksensorer, temperatursensorer, vibrasjonssensorer og strømningsmålende sensorer.

Det beskrives også en fremgangsmåte for styring av produksjon fra et borehull. En produksjonsstreng som inneholder en elektrisk neddykkbar pumpe, er fortrinnsvis frembrakt på overflaten. En optisk fiber som bærer et antall fiberoptiske sensorer, er plassert langs en høyspenningslinje som leverer kraft til pumpen for å ta målinger langs borehullslengden. I en utførelsesform blir en del av fiberen som bærer valgte sensorer, satt ut under pumpen. Slike sensorer kan innbefatte en temperatursensor, en trykksensor og en strømningshastighetsmålende sensor. Disse sensorene erstatter effektivt den instrumentpakke som vanligvis er installert for pumpen.

I en anvendelse for å regulere injeksjonsbrønner tilveiebringer fremgangsmåten over betydelig mer informasjon til brønnoperatører for derved å forsterke oljeutvinningen til en hittil ukjent grad. Dette blir utført ved å tilveiebringe informasjon i sann tid om selve formasjonen og strømningsfronten ved å tilveiebringe permanente nedhullssensorer som er i stand til å avføle endringer i den spylte og ikke spylte formasjon og/eller strømningsfrontens progresjon. Fortrinnsvis vil det bli anvendt et antall sensorer for å tilveiebringe informasjon om diskrete deler av de sedimentlag som omgir injeksjonsbrønnen. Dette tilveiebringer et mer detaljert datasett vedrørende brønnen eller brønnene og de omgivende tilstander. Sensorene er fortrinnsvis tilkopleet en prosessor, enten nede i borehullet eller på overflaten, for informasjonsbehandling. I en foretrukket utførelsesform er sensorene dessuten tilkopleet dataprosessorer som også er tilkopleet sensorer i en produksjonsbrønn (som er maken til de som er beskrevet i US-patent nr. 5,597,042, som herved i sin helhet inntas som referanse) for å tillate produksjonsbrønnen å «tale» direkte til den relaterte injeksjonsbrønn eller de relaterte injeksjonsbrønner for å tilveiebringe en uhyre effektiv sanntidsoperasjon. Utsatte sensorer vil avføle temperatur, trykk, strømningshastighet, elektrisk og akustisk konduktivitet, densitet, og for å detektere forskjellige lysoverførings- og refleksjons-fenomener. Alle disse sensortypene er kommersielt tilgjengelige med forskjellige rekkevidder og følsomheter som kan velges av en vanlig fagmann på området avhengig av de spesielle forhold som man vet eksisterer ved en spesiell brønnoperasjon. Spesielle trykkmålinger vil også innbefatte trykk ved utgangsventilen eller utgangsventilene nede i injeksjonsbrønnen og ved den pumpen som kan være anbrakt nede i hullet eller på overflaten. Måling av trykket ved nøkkelposisjoner, slik som ved utløpet, oppstrøms for ventilen eller ventilene nær pumpen vil tilveiebringe informasjon om hastigheten, volumet, retningen, osv. som vannstrømningsfronten (eller et annet fluid) beveger seg med eller i. Store forskjeller i trykket fra høyere til lavere over en kort tidsperiode kan indikere et gjennombrudd. Trykk fra lavere til høyere over korte tidsperioder kan derimot indikere at strømningsfronten har truffet en barriere. Disse tilstandene er selvsagt velkjente for en fagmann på området, men har hittil vært langt mindre kjent siden det ikke har vært kjent noe virksomt system til måling av parameterne. Foreliggende oppfinnelse øker derfor produktiviteten siden den øker kunnskapen.

Det vises nå til målingen av densitet som nevnt ovenfor, idet foreliggende oppfinnelse benytter fluiddensiteter til å overvåke strømningsfronten fra bakkan-
ten. Som man vil forstå fra den følgende detaljerte beskrivelse, tilveiebringer gren-
seflaten mellom strømningsfronten og hydrokarbonfluidet en akustisk barriere
5 hvorfra et signal kan reflekteres. Ved derved å generere akustiske signaler og
kartlegge refleksjonen, blir frontens profil generert i fire dimensjoner, dvs. tre di-
mensjoner over tid.

De fordelte sensorer ifølge oppfinnelsen er særlig anvendbare til overvåk-
ning og regulering av forskjellige kjemikalier som blir injisert i brønnen. Slike kje-
10 mikalier er nødvendige nede i hullet for å overvinne et stort antall kjente proble-
mer, slik som å forhindre skjelldannelse og ulike forbehandlinger av det fluid som
produseres. Et kjemisk injeksjonsovervåknings- og regulerings-system kan innbe-
fatte anbringelse av én eller flere sensorer nede i borehullet i produksjonssonen
for måling av de kjemiske egenskapene til det produserte fluid, samt for måling av
15 andre nedhullsparametere av interesse. Disse sensorene er fortrinnsvis basert på
fiberoptikk og er dannet av en solgel-matriks og tilveiebringer en høytemperatur,
pålitelig og forholdsvis billig indikator for den ønskede kjemiske parameter. De
kjemiske nedhullssensorene kan være tilknyttet et nettverk av fordelte fiberoptiske
sensorer anbrakt langs borehullet for måling av trykk, temperatur og/eller strøm-
20 ning. Regulatorer på overflaten og/eller nede i hullet mottar innmatninger fra de
flere nedhulls sensorer, og regulerer som reaksjon på dette injeksjonen av kjemi-
kalier inn i borehullet.

Parametere vedrørende de kjemikalier som benyttes til overflatebehandling
blir, målt i sann tid og direkte, og disse målte parametere blir brukt til å regulere
25 doseringen av kjemikalier inn i overflatebehandlingssystemet.

Det beskrives en fiberoptisk innretning (lysaktivert transduser) til generering
av mekanisk energi og fremgangsmåter for anvendelse av slik energi på brønn-
stedet. Innretningen inneholder et fluid som hurtig ekspanderer i et kammer ved
tilførsel av optisk energi. Ekspansjonen av fluidet beveger et stempel i kammeret.
30 Fluidet trekker seg sammen og stempelet blir skjøvet tilbake til sin utgangsstilling
ved hjelp av en kraftinnretning slik som en fjær. Prosessen blir så gjentatt for å
generere frem- og tilbakegående bevegelse av et organ festet til stempelet. Inn-
retninger er som en forbrenningsmotor hvor brennstoffet er et fluid i et forsegle

kammer som ekspanderer hurtig når lys med høy energi, slik som laserenergi, blir tilført fluidet. Den energi som genereres ved hjelp av den optiske innretningen blir benyttet til å drive en innretning i borehullet. Innretningen nede i borehullet kan være enhver passende innretning, innbefattet en ventil, en fluidreguleringsinnretning, en pakning, en glidehylse, en sikkerhetsventil, og et anker. Den bevegelsesenergi som genereres ved hjelp av de fiberoptiske innretningene kan benyttes til å drive en generator for å generere elektrisk kraft nede i hullet, idet denne kraften så blir benyttet til å lade batterier nede i hullet eller til direkte å drive en nedhulls innretning og/eller til å frembringe kraft til sensorer i borehullet. Et antall slike fiberoptiske innretninger kan benyttes til å øke den genererte energi. Innretningene kan også brukes som en pumpe for å regulere tilførselen av fluider og kjemikalier i borehullet.

Eksempler på de viktigste trekk ved oppfinnelsen er blitt oppsummert nokså generelt slik at den detaljerte beskrivelse av disse som følger, samt bidragene til det tekniske området, bedre kan forstås. Det er selvsagt ytterligere trekk ved oppfinnelsen som vil bli beskrevet i det følgende og som vil danne grunnlaget for de vedføyde patentkrav.

For å få en detaljert forståelse av foreliggende oppfinnelse skal det vises til den følgende detaljerte beskrivelse av den foretrukne utførelsesform som er gitt i forbindelse med de medfølgende tegninger, hvor like elementer er blitt gitt like henvisningstall, og hvor:

Fig. 1 viser en skjematisk illustrasjon i et sideriss av et multilateralt borehull og anbringelsen av fiberoptiske sensorer i dette;

Fig. 1A viser bruken av en robotinnretning til utsettelse av de fiberoptiske sensorer;

Fig. 2 er en skjematisk illustrasjon av et borehullssystem der en fluidledning langs en streng anbrakt i borehullet blir benyttet til aktivering av en hydraulisk drevet innretning og til utlegning av en fiberoptisk kabel som har et antall sensorer langs sin lengde i henhold til en foretrukket utførelsesform av foreliggende oppfinnelse;

Fig. 3 viser et skjematisk diagram av en produksjonsbrønn hvor en fiberoptisk kabel med sensorer blir benyttet til å bestemme tilstanden til innretninger

nede i borehullet og til å foreta målinger nede i hullet vedrørende slike innretninger og andre nedhullsparametere;

Fig. 4 er en skjematisk illustrasjon av et brønnsystem hvor en permanent installert elektrisk drevet innretning blir drevet ved hjelp av et system basert på
5 fiberoptikk;

Fig. 5 er en skjematisk representasjon av en injeksjonsbrønn som illustrerer et antall sensorer montert i denne;

Fig. 6 er en skjematisk representasjon som illustrerer både en injeksjonsbrønn som har sensorer og hvor en strømningsfront løper mellom brønnene;

10 Fig. 7 er en skjematisk representasjon i likhet med fig. 6, men illustrerer fluidtap gjennom utilsiktet sprekkdannelse;

Fig. 8 er en skjematisk representasjon av et injeksjons/produksjonsbrønnsystem hvor brønnene befinner seg på hver side av en forkastning;

Fig. 9 er en skjematisk illustrasjon av et kjemisk injeksjonsovervåkings- og regulerings-system som anvender et fordelt sensorarrangement og et nedhulls
15 sensorsystem for overvåkning av kjemikalier i samsvar med foreliggende oppfinnelse;

Fig. 10 er en skjematisk illustrasjon av et fiberoptisk sensorsystem for overvåkning av kjemiske egenskaper ved produserte fluider;

20 Fig. 11 er en skjematisk illustrasjon av en fiberoptisk solgel-indikatorsonde for bruk med sensorsystemet på fig. 10;

Fig. 12 er en skjematisk illustrasjon av et overflatebehandlingssystem i samsvar med foreliggende oppfinnelse;

25 Fig. 13 er en skjematisk skisse av et regulerings- og overvåkningssystem for overflatebehandlingssystemet på fig. 12;

Fig. 14 er en skjematisk illustrasjon av et brønnsystem hvor elektrisk kraft blir generert nede i hullet ved å bruke en lyscelle til drift av sensorer og innretninger nede i hullet;

30 Fig. 15A-15C viser kraftseksjonen i fiberoptiske innretninger for bruk i systemet på fig. 1;

Fig. 16 er en skjematisk illustrasjon av et borehull med en avslutningsstreng som har en fiberoptisk innretning til energigenerering for drift av en rekke innretninger nede i hullet;

Fig. 17A-17C viser visse utførelsesformer for å benytte de fiberoptiske innretninger til å produsere den ønskede energi.

De forskjellige konsepter ved foreliggende oppfinnelse vil bli beskrevet under henvisning til fig. 1-17, som viser skjematiske illustrasjoner av borehull som benytter fiberoptikk-baserte sensorer og driftsinnretninger.

Fig. 1 viser et eksempel på en hovedbrønn 12 som er boret fra jordoverflaten 14 og med laterale borehull 16 og 18 dannet fra hovedbrønnen 18. For forklaringenes skyld, og ikke som noen begrensning, er hovedbrønnen 18 delvis dannet i en produserende formasjon eller utvinningszone I og delvis i en ikkeproduserende eller tørr formasjon II. Det laterale borehull 16 strekker seg fra hovedbrønnen ved et tilslutningspunkt 22 inn i den produserende formasjon I, mens den laterale brønn 16 strekker seg fra hovedbrønnen 12 ved tilslutningspunktet 24 inn i en annen produserende formasjon III. For illustrasjonens skyld er brønnene her vist som om de er boret på land; oppfinnelsen kan imidlertid like godt anvendes i forbindelse med brønner til sjøs. Det skal bemerkes at alle de brønnkonfigurasjoner som er vist og beskrevet her, kun er for å illustrere foreliggende oppfinnelse og ikke er å betrakte som begrensninger for oppfinnelsen.

I én anvendelse er et antall fiberoptiske sensorer 40 anbrakt i brønnen 12. En enkelt eller et antall fiberoptiske strenger eller segmenter, hvor hvert segment inneholder et antall atskilte fiberoptiske sensorer 40, kan brukes for å installere det ønskede antall fiberoptiske sensorer 40 i brønnen 12. Som et eksempel viser fig. 1 to seriekoblede segmenter 41a og 41b som hver inneholder et antall atskilte fiberoptiske sensorer 40. En lyskilde og en detektor (LS/D) 46a koplet til en ende 49 av segment 41a, er anordnet i brønnen 12 for å sende lysenergi til sensorene 40 og for å motta signaler fra sensorene 40. En datainnsamlingsenhet (DA) 48a er anbrakt nede i borehullet for å styre driften av sensorene 40, behandle nedhulls sensorsignaler og data, og for å kommunisere med annet utstyr og innretninger, innbefattet innretninger i brønnene eller på overflaten, som vist på fig. 2-17.

Alternativt kan en lyskilde 46b og datainnsamlings- og behandlings-enheten 48b være anbrakt på overflaten 14. Likeledes kan de fiberoptiske strengene 45 være anbrakt i andre borehull i systemet, slik som borehullene 16 og 18. En enkelt lyskilde, slik som lyskilden 46a eller 46b, kan benyttes for alle fiberoptiske sensorer i de forskjellige borehull, slik som vist ved den prikkede linje 70. Alternativt kan

flere kilder og datainnsamlingsenheter benyttes nede i hullet, på overflaten, eller i kombinasjon. Siden den samme sensor kan ta forskjellige typer målinger, blir datainnsamlingsenheten 48a eller 48b programmert til å multiplekse målingene. Multipleksingsteknikker er velkjente på området og blir derfor ikke beskrevet i detalj her. Datainnsamlingsenheten 46a kan være programmert for å styre nedhullssensorene selvstendig eller ved mottakelse av kommandosignaler fra overflaten, eller en kombinasjon av disse måtene.

Sensorene 40 kan installereres i borehullene 12, 16 og 18 før eller etter installasjon av foringsrør i borehullene, slik som foringsrørene 52 som er vist installert i brønnen 12. Dette kan oppnås ved å forbinde strengene 41a og 41b langs innsiden av foringene 52. Ved en slik fremgangsmåte blir strengene 41a og 41b fortrinnsvis koplet ende mot ende på overflaten for å sikre korrekt forbindelse i koplignene 42. De fiberoptiske sensorene 40 og/eller strengene 41a og 41b kan utsettes eller installereres ved at de transporteres på oljerør eller andre kjente metoder. Alternativt kan de fiberoptiske sensorene transporteres og installereres ved hjelp av robotinnretninger. Dette er illustrert på fig. 1A hvor en robotinnretning 62 er vist med en sensorstreng 64 tilfestet. Robotinnretningen beveges ned gjennom brønnen 12 som har en foring 52, til den posisjon som er antydnet ved 62', ved utsetting av sensorstrengen i den posisjon som er antydnet ved 64'. I tillegg til å installere sensorer kan robotinnretningen 64 også utføre andre funksjoner, slik som å overvåke ytelsen til sensorene, og til å kommunisere med andre innretninger, slik som DA, LS/D og andre nedhulls innretninger som vil bli beskrevet nedenfor. Robotinnretningene kan også benyttes til å skifte ut en sensor, utføre reparasjoner og hente opp sensorene eller strengene til overflaten. Alternativt kan de fiberoptiske sensorene 40 være anbrakt i foringsrøret 52 på overflaten mens de enkelte foringsrørseksjoner (som typisk har en lengde på omkring førti fot) blir sammenføyset forut for innføring av rørseksjonene i borehullet. Prikkhuggingsteknikker for sammenføyning av foringsrør- eller produksjonsrør-seksjoner er velkjente på området og blir foretrukket fremfor rotasjonsskjøter, fordi prikkhugging vanligvis gir bedre innretting av endekoplingene 42, og også fordi den tillater operatører å teste og inspisere optiske forbindelser mellom segmenter med hensyn på toveis overføring av lysenergi gjennom hele strengen 41.

I systemet som er vist på fig. 1, er et antall fiberoptiske sensorer 40 installert i avstand fra hverandre i ett eller flere borehull, slik som borehullene 12, 16 og 18. Om ønsket kan hver fiberoptisk sensor operere i mer enn én modus for å tilveiebringe et antall forskjellige målinger. Lyskilden 46a og datadeteksjons- og innsamlings-systemet 48a er fortrinnsvis anbrakt nede i borehullet. Selv om hver fiberoptisk sensor 40 tilveiebringer målinger for flere parametere, er den forholdsvis liten sammenlignet med individuelle vanlig brukte enkeltmålingssensorer, slik som trykksensorer, strekkmålere, temperatursensorer, strømningsmåleinnretninger og akustiske sensorer. Dette gjør det mulig å ta et stort antall forskjellige typer målinger ved å benytte forholdsvis liten plass nede i hullet. Installering av datainnsamlings- og behandlings-innretninger eller enheter 48a nede i borehullet gjør det mulig å foreta et stort antall databeregninger og behandling nede i borehullet for derved å unngå behovet for overføring av store datamengder til overflaten. Installering av lyskilden 46a nede i hullet gjør det mulig å anbringe kilden 46a nær sensorene 40, noe som gjør det mulig å unngå overføring av lys over store avstander fra overflaten. Dataene fra innsamlingssystemet 48a nede i hullet kan sendes til overflaten ved hjelp av enhver egnet metode, innbefattet kabelforbindelser, elektromagnetisk telemetri og akustiske metoder. I visse anvendelser kan det likevel være ønskelig å anbringe lyskilden 46b og/eller datainnsamlings- og behandlings-systemet 46b på overflaten. I noen tilfeller kan det også være mer fordelaktig å delvis behandle dataene nede i borehullet og delvis på overflaten.

Det vises fremdeles til fig. 1 hvor ethvert antall andre sensorer, generelt betegnet her med henvisningstall 60, kan være anbrakt i ethvert av borehullene 12, 16 og 18. Slike sensorer kan innbefatte sensorer for å bestemme resistiviteten til fluider og formasjoner, gammastrålingssensorer og hydrofoner. Målingene fra de fiberoptiske sensorene 40 og sensorene 60 blir kombinert for å bestemme de forskjellige tilstander nede i borehullet. F.eks. kan strømningsmålinger fra produksjonszoner og resistivitetsmålingene kombineres for å bestemme vannmetning eller for å bestemme olje-, gass- og vann-innhold.

I en utførelsesform er de fiberoptiske sensorene permanent installert i borehullene på valgte steder. I en produksjonsbrønn tilveiebringer sensorene 40 kontinuerlig eller periodisk (slik de er programmert til) trykk- og/eller temperatur- og/eller fluidstrømnings-målinger. Slike målinger blir fortrinnsvis foretatt for hver

produksjonssone i hvert av borehullene. For å utføre visse typer reservoaranalyser er det nødvendig å kjenne temperaturen og trykkoppbygningshastighetene i borehullene. Dette krever måling av temperatur og trykk på valgte steder nede i hullet over lengre tidsperioder etter stengning av brønnen på overflaten. Ifølge tidligere kjente fremgangsmåter blir brønnen stengt, en kabelsonde blir transportert inn i brønnen og anbrakt ved en posisjon i borehullet. Sonden måler kontinuerlig temperaturen og trykket og kan tilveiebringe andre målinger, slik som strømningshastigheter. Disse målingene blir så benyttet til å utføre reservoaranalyse, som kan innbefatte bestemmelse av utstrekningen av de gjenværende hydrokarbonreserver i et felt, strømningskarakteristikkene til fluidet fra den produserende formasjon, vanninnhold, osv. Den ovenfor beskrevne teknikkens stand tilveiebringer ikke kontinuerlige målinger mens brønnen produserer, og krever spesielle kabelsonder som må transporteres inn i borehullet. Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer derimot målinger på stedet mens brønnen produserer. Informasjon om fluidstrømning fra hver sone blir brukt til å bestemme effektiviteten av hver produserende sone. Avtagende strømningshastigheter over tid indikerer problemer med strømningsreguleringsinnretningene, slik som sikter og glidehylser, eller tilstopning av perforeringene og bergmatriksen nær borehullet. Denne informasjonen blir brukt til å bestemme handlingsforløpet, som kan innbefatte ytterligere åpning eller lukking av glidehylser for å øke eller minske produksjonshastigheter, reparasjonsarbeid, slik som rense- eller utvidelsesoperasjoner, lukking av en spesiell sone, osv. Dette blir diskutert nedenfor under henvisning til fig. 2-13. Temperatur- og trykk-målingene blir brukt til kontinuerlig å overvåke hver produksjonssone og oppdatere reservoarmodeller. For å ta målinger som bestemmer temperatur- og temperaturoppbygningshastigheter, blir borehullene lukket og måleprosessen fortsetter. Dette krever ingen transport av kabelsonder til stedet, noe som kan være meget kostbart ved brønner til havs og brønner boret på fjerntliggende steder. Målinger og beregnede data på stedet kan videre kommuniseres til ett eller flere sentrale kontorer for logge- og reservoar-teknikere via satellitt. Denne kontinuerlige overvåkning av borehull gjør det mulig å handle forholdsvis raskt, noe som i betydelig grad kan forbedre hydrokarbonproduksjonen og brønnens levetid. De ovenfor beskrevne fremgangsmåter kan også benyttes i forbindelse med ikke-produserende soner, slik

som sone II, for å bidra til å lage modeller av reservoarer, for å bestemme virkningen av produksjon fra forskjellige brønner på feltet hvor borehullene bores.

Fig. 2 er et skjematisk diagram av et brønnsystem 100 i henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse. Systemet 100 innbefatter en brønn eller et borehull 102 med en overflateforing 101 installert en kort avstand fra overflaten 104. Etter at borehullet 102 er blitt boret til ønsket dybde, blir en avslutnings- eller produksjonsstreng 106 ført inn i borehullet 102. Strengen 106 innbefatter minst én nedhulls hydraulisk regulerbar innretning 114 som bæres av et rør 108, idet røret kan være et borerør, et spiralrør eller produksjonsrør. En fluidledning 110 som har en ønsket indre diameter 111 er anbrakt eller festet enten på utsiden av strengen 106 (som vist på fig. 2) eller på innsiden av strengen (ikke vist). Ledningen 110 er rutet til en ønsket posisjon på strengen 106 via en U-skjøt 112 for å tilveiebringe en glatt overgang for tilbakeføring av ledningen 110 til overflaten 104. En hydraulisk forbindelse 124 er tilveiebrakt fra ledningen 110 til innretningen 114 slik at fluid under trykk kan passere fra ledningen 110 til innretningen 114.

Etter at strengen 106 er blitt anbrakt eller installert ved en ønsket dybde i borehullet 102, blir en optisk fiber 122 pumpet inn i et innløp 130a under trykk ved hjelp av en fluidkilde 130.

Den optiske fiber 122 passerer gjennom hele lengden av ledningen 110 og vender tilbake til overflaten 104 via et utløp 130b. Fiberen 122 blir så optisk koplet til en lyskilde og en registreringsinnretning (eller detektor) (LS/REC) 140. En data-innsamlings/signalbehandlings-enhet (DA/SP) 142 behandler data/signaler mottatt via den optiske fiber 122 og styrer også driften av lyskilden og registreringsanordningen 140.

Den optiske fiber 122 innbefatter et antall sensorer 120 fordelt over dens lengde. Sensorene 120 kan innbefatte temperatursensorer, trykksensorer, vibrasjonssensorer eller enhver annen fiberoptisk sensor som kan anbringes på den fiberoptiske kabel 122. Sensorene 120 blir utformet i kabelen under fremstillingen av kabelen 122. Nedhullsretningen 114 kan være enhver nedhulls fluidaktivert innretning, og kan være en ventil, en glidehylse, en perforeringsinnretning, en pakning eller enhver annen hydraulisk aktivert innretning. Nedhullsinnretningen blir aktivert ved å levere fluid under trykk gjennom ledningen 110. Detaljer ved sensorarrangementet ble beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 1-1A.

Systemet 100 innbefatter således en hydraulisk styrelinje i ledningen 110 som befinner seg på en rørstreng 106. Styrelinjen 110 opptar den fiberoptiske kabel 122 over sin lengde og er forbundet med overflateinstrumenter 140 og 142 for fordelte målinger av nedhullsparametere langs sin lengde, slik som temperatur, trykk, osv. Ledningen 106 fører også fluid under trykk fra en trykkfluidkilde 130 for drift av den fluidaktiverte innretning 114, slik som en glidehylse, som er tilkople

5 trykk, osv. Ledningen 106 fører også fluid under trykk fra en trykkfluidkilde 130 for drift av den fluidaktiverte innretning 114, slik som en glidehylse, som er tilkople

10 ledningen 110. Ledningen 110 kan være anordnet nede i hullet langs rørstrengen 106 i en V-form eller en annen hensiktsmessig form. Den fluidaktiverte innretning 114 kan også være en strupeinnretning, en fluidstrømningsregulator, en pakning, en perforeringskanon eller en annen avslutnings- og/eller produksjons-innretning.

Under avslutningen av borehullet 102 gir sensorene 120 nyttige målinger vedrørende de tilknyttede nedhullsparametere og ledningen 106 blir brukt til å aktivere en nedhullsinnretning. Sensorene 120 fortsetter å gi informasjon om parameterne nede i hullet over tid, som diskutert ovenfor under henvisning til

15 fig. 1-1A.

En annen del av oppfinnelsen angår reguleringen av nedhullsinnretningene ved bruk av optiske fibre. Fig. 3 viser et skjematisk diagram av en produksjonsbrønn 202 som fortrinnsvis er forsynt med to neddykkbare elektriske pumper (ESP) 214, én for å pumpe olje/gass 206 til overflaten 203 og den annen for å pumpe eventuelt utskilt vann tilbake i en formasjon. Formasjonsfluidet 206 strømmer fra en produksjonssone inn i borehullet 202 via perforeringer 207. Pakninger 210a og 210b som er installert under og over ESP 214, tvinger fluidet 206 til å strø

20 pumpe eventuelt utskilt vann tilbake i en formasjon. Formasjonsfluidet 206 strømmer fra en produksjonssone inn i borehullet 202 via perforeringer 207. Pakninger 210a og 210b som er installert under og over ESP 214, tvinger fluidet 206 til å strø

25 strøkke til overflaten 203 via pumpene ESP 214. En olje/vann-separator 250 separerer oljen og vannet og leverer disse til de respektive pumper 214a-214b. En strupeinnretning 252 gir det ønskede mottrykk. En instrumentpakke 260 og en trykksensor er installert i pumpe

30 strøngen 214 for å måle relaterte parametere under produksjon. Foreliggende oppfinnelse benytter optiske fibre med innbakte sensorer til å tilveiebringe målinger av valgte parametere, slik som temperatur, trykk, vibrasjon, strømningshastighet, som beskrevet nedenfor. Pumpene 214 drives med en meget høy spenning som blir levert fra en høyspenningskilde 230 på overflaten via en høyspenningskabel 224. På grunn av den høye effekt som overføres over kabelen 224, blir elektriske sensorer vanligvis ikke anbrakt på eller langs siden av kabelen 224.

I en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse som er vist på fig. 4, er en fiberoptisk kabel 222 som inneholder sensorer 220 anbrakt langs kraftkabelen 224. Den fiberoptiske kabel 222 er forlenget til under pumpene 214 til sensorene i instrumentpakken 260 og for å kunne styre innretningene, om ønsket. I en utførelsesform måler sensorene 220 vibrasjon og temperatur for pumpen 214. Det er ønskelig å drive pumpen med en lav temperatur og uten for store vibrasjoner. Pumpens 214 hastighet blir justert for å holde en av eller begge disse parameterne under deres forutbestemte maksimalverdi eller innenfor deres respektive forutbestemte områder. De fiberoptiske sensorene blir brukt i denne anvendelsen til kontinuerlig eller periodisk å bestemme den fysiske tilstanden (helsen) til pumpen. Den fiberoptiske kabel 222 kan være forlenget eller utsatt under pumpen på installasjonstidspunktet for produksjonsstrengen 218 på den måte som er beskrevet i forbindelse med fig. 2. En slik utførelsesform kan benyttes for kontinuerlig å måle nedhullsparametere, overvåke helsen til nedhullsinnetninger og styre eller regulere nedhullsinnetninger.

Fig. 4 viser skjematisk et brønnsystem 400 hvor en permanent installert elektrisk drevet innretning blir drevet ved hjelp av et fiberoptikk-basert system. Systemet 400 innbefatter et borehull 402 og en elektrisk drevet innretning 404 installert ved en ønsket dybde, som kan være en glidehylse, en strupeinnretning, en strømningsreguleringsinnretning, osv. En elektrisk styreenhet 406 styrer driften av innretningen 404. Et produksjonsrør 410 som er installert over innretningen 404, tillater formasjonsfluid å strømme til overflaten 401. Under fremstillingen av strengen 411 som innbefatter innretningen 404 og røret 410, blir en ledning 422 fastspent langs lengden av røret 410 med klammeret 421. En optisk kopler 407 er anordnet ved den elektriske styreenhet 406 som kan passe sammen med en kopler matet gjennom ledningen 422.

Enten før eller etter plassering av strengen 410 i borehullet 402, blir en fiberoptisk 421 anbrakt i ledningen 422 slik at kopler 422a ved kabelens 421 ende vil bli tilkopledd kopleren 407 på styreenheten 406. En lyskilde 440 tilveiebringer lysenergien til fiberen 422. Et antall sensorer 420 kan være anbrakt langs fiberen 422 som beskrevet foran. En sensor som fortrinnsvis er anordnet på fiberen 422, bestemmer strømningshastigheten til formasjonsfluidet 414 som strømmer gjennom innretningen 404. Kommandosignaler sendt av DA/SP 442 for å aktivere innret-

ningen 404 via fiberen 422. Disse signalene blir detektert av styreenheten 406 som igjen driver innretningen 404. Denne fiberoptikken i den utørelsesform som er vist på fig. 4, blir brukt til å tilveiebringe toveis kommunikasjon mellom nedhullsinnretningene og sensorene og en overflateenhet, og til å drive nedhullsinnretningene.

En spesiell anvendelse av oppfinnelsen er ved styring av nedhullsinnretninger i seksundære utvinningsoperasjoner. Det vises til fig. 5 hvor en vanlig fagmann på området vil gjenkjenne en skjematisk representasjon av en injeksjonsbrønn 510. Man vil også gjenkjenne representasjonen av en strømningsfront 520 som stammer fra injeksjonsbrønnen og er ment å forplante seg mot en produksjonsbrønn. Denne er også representert på fig. 6 ifølge foreliggende oppfinnelse. Ifølge foreliggende oppfinnelse er minst én, og fortrinnsvis et antall sensorer 512 permanent anbrakt i injeksjonsbrønnen og er tilkopleet via den elektriske kablingen eller fiberoptisk kabling til en prosessor som enten kan være en permanent nedhullsprosessor eller en overflateprosessor. Systemet tilveiebringer umiddelbar sanntidsinformasjon vedrørende tilstanden til den fluidfronten som er blitt injisert inn i formasjonen ved hjelp av injeksjonsbrønnen. Ved omhyggelig overvåkning av parametere, slik som konduktiviteten, fluiddensiteten, trykk ved injeksjonsåpningene 514 eller ved pumpen 516 (som kan være anbrakt nede i borehullet, selv om den er vist på overflaten) lyd og fluorescens for biologisk aktivitet, kan man sikre betydelig informasjon om forplantningen av strømningsfronten, f.eks. om fronten har truffet en barriere eller om fronten kan ha blitt «fingret», noe som resulterer i et sannsynlig for tidlig gjennombrudd. Denne informasjonen er uhyre verdifull for operatøren når det gjelder forholdsregler for å hindre forekomster som ville være ødeleggende for effektiviteten av spyleoperasjonen. Forholdsregler innbefatter åpning eller lukking av strupeinnretninger eller andre ventiler i små steg eller fullstendig for å bremse spesielle injeksjonsområder eller øke hastigheten av spesielle injeksjonsområder for å gi den jevneste strømningsfront basert på de avfølte parametere. Disse forholdsreglene kan tas enten av personale på overflaten som dirigerer slike aktiviteter, eller automatisk på kommando fra en styreenhet/prosessor på overflaten til behandlingsenheten 514 nede i borehullet. De her påtenkte sensorene kan være i injeksjonsbrønnen eller i både injeksjonsbrønnen og pro-

duksjonsbrønnen. De blir anvendt på flere forskjellige måter til å oppnå informasjon, slik som antydnet ovenfor.

Reguleringen blir ytterligere forbedret i en alternativ utførelsesform ved å tilveiebringe en forbindelse mellom nedhullssensorer i produksjonsbrønnen og nedhullssensorene i injeksjonsbrønnen, samt en forbindelse til strømningsreguleringsverktøy i begge brønner. Ved å tilveiebringe de operative forbindelser til alle disse deler av systemet, kan brønnen i virkeligheten kjøre seg selv og tilveiebringe den mest effektive oljeutvinning basert på frembringelse og opprettholdelse av en uniform strømningsfront. En fagmann på området vil på dette punkt forstå at strømningsfronten kan reguleres fra begge sider av figur 2, dvs. injeksjonsbrønnen og produksjonsbrønnen, ved å åpne produksjonsbrønn-ventiler i områder hvor strømningsfronten sakker etter, mens ventiler lukkes i områder hvor strømningsfronten er kommet for langt frem.

Komplementært med dette vil fluidinjeksjonsventiler, f.eks. glide- eller rotasjons-hylser, osv., bli strupet eller lukket der hvor strømningsfronten går for fort og åpnet mer der hvor strømningsfronten går for sakte. Dette tilsynelatende komplekse sett med tilstander kan lett reguleres ved hjelp av systemet ifølge oppfinnelsen og avhjelper hurtig eventuelle uregelmessigheter i den tilsiktede strømningsprofil. Spyleeffektiviteten til damp- eller en annen fluid-front blir sterkt forbedret ved systemet ifølge oppfinnelsen. Alle de sensorene som er tenkt i produksjonsbrønnen og i injeksjonsbrønnen er fortrinnsvis permanent installerte nedhullssensorer som er tilkoplede prosessorer og med hverandre ved hjelp av elektrisk kabling eller fiber-optisk kabling.

I en annen utførelsesform av oppfinnelsen som er illustrert skjematisk på fig. 7, måler nedhullssensorer deformasjoner som induseres i formasjonen av det injiserte fluid. Deformasjon er en viktig parameter for å unngå overskridelse av formasjonsdelingstrykket eller sprekketrykket til formasjonen med det injiserte fluid. Ved å unngå åpning av eller utvidelse av naturlige eksisterende sprekker kan store uspylte områder av reservoaret unngås. Grunnen til at denne informasjonen er viktig for regulering av fluidtrykket for å unngå slik aktivitet, er at når trykk åpner sprekker eller nye sprekker blir skapt, er det en vei for meget mindre motstand for fluidet å strømme gjennom. Siden injeksjonsfluidet som nevnt tidligere vil følge minste motstandsvei, vil det generelt strømme i sprekke og rundt områder i re-

servoaret som bør spyles. Det er klart at dette i betydelig grad reduserer effektiviteten. Situasjonen blir på området vanligvis kalt en «kunstig høy permeabilitetskanal». En annen ulempe med en slik tilstand er det ukontrollerte tap av injiserte fluider. Dette er klart et tap av olje på grunn av redusert effektivitet av spylingen og kan i tillegg virke som et økonomisk sluk på grunn av tapet av kostbare fluider.

Fig. 7 illustrerer skjematisk den utførelsesform og den tilstand som er angitt ovenfor ved å illustrere en injeksjonsbrønn 550 og en produksjonsbrønn 560. Fluidet 552 er illustrert hvor det unnslipper via den utilsiktede sprekk fra formasjonen 554 inn i det overliggende gasstak-nivå 556 og det underliggende vannspeil 561, og det er klart for en vanlig fagmann på området at fluidet går tapt på dette stedet. Tilstanden blir unngått ved hjelp av oppfinnelsen ved å benytte trykksensorer for å begrense injeksjonsfluid-trykket som beskrevet ovenfor. Resten av fluidet 552 beveger seg fremover på den tilsiktede måte gjennom formasjonen 554. For å lett og pålitelig å bestemme de mekaniske spenninger i formasjonen 554, er akustiske sensorer 556 anbrakt i injeksjonsbrønnen 550 ved forskjellige punkter. Akustiske sensorer som er velegnet for den oppgaven som de skal utføre ifølge foreliggende oppfinnelse, er kommersielt tilgjengelige fra Systems Innovations, Inc., Spectris Corporation and Falmouth Scientific, Inc. De akustiske sensorer mottar lyder generert av mekaniske spenninger i formasjonen og som forplanter seg gjennom reservoarfluidene eller reservoarmatriksen til injeksjonsbrønnen. Vanligvis vil høyere lydnivåer indikere alvorlige mekaniske spenninger i formasjonen og bør generere reduksjon i trykket til det injiserte fluid, enten ved automatisk regulering eller ved regulering av en teknikk. Et datainnsamlingssystem 558 blir foretrukket for å gjøre systemet uhyre pålitelig, og systemet 558 kan være på overflaten hvor det er illustrert på den skjematiske tegning, eller det kan være nede i borehullet. Basert på mottatte akustiske signaler reduserer systemet ifølge oppfinnelsen, fortrinnsvis automatisk selv om manuell regulering også kan benyttes, trykket til det injiserte fluid ved å redusere pumpetrykket. Maksimal spyleeffektivitet blir dermed oppnådd.

I nok en annen utførelsesform av oppfinnelsen, som vist skjematisk på fig. 8, blir akustiske generatorer og mottakere brukt til å bestemme om en formasjon som er todelt av en forkastning, er tett langs forkastningen eller er permeabel

langs forkastningen. Det er velkjent for fagfolk på området at forskjellige lag i en formasjon som er todelt av en forkastning, kan ha visse soner som strømmer og visse soner som er tette; dette er vist på fig. 8. Det vises direkte til fig. 8 hvor injeksjonsbrønnen 570 benytter et antall sensorer 572 og akustiske generatorer 574 som fortrinnsvis veksler med økende dybde i borehullet. I produksjonsbrønnen 580 er et lignende arrangement av sensorer 572 og akustiske generatorer 574 anbrakt. Sensorene og generatorene er fortrinnsvis tilkoplede prosessorer som enten er nede i hullet eller på overflaten og som fortrinnsvis også er tilkoplede den tilsvarende produksjons- eller injeksjons-brønn. Sensorene 572 kan motta akustiske signaler som er naturlig generert i formasjonen, generert på grunn av det fluid som strømmer gjennom formasjonen fra injeksjonsbrønnen og til produksjonsbrønnen, og kan også motta signaler som er generert av signalgeneratorene 574. Når signalgeneratorene 574 genererer signaler, kan de reflekterte signaler som mottas av sensorene 572 over en tidsperiode, indikere avstanden og det akustiske volum som de akustiske signaler har forplantet seg gjennom. Dette er illustrert på området A på fig. 8 ved at forkastningslinjen 575 er tett mellom området A og B på figuren. Dette er bare vist for klarhetens skyld ved å anbringe sirkler 576 langs forkastningslinjen 575. De områder langs forkastningslinjen 575 som er permeable, er antydning med tverrstreker 577 gjennom forkastningslinjen 575. Siden det akustiske signal som er representert med piler og halvkurver og merket med henvisningstall 578, ikke kan forplante seg gjennom området C på tegningen som skiller området A fra området B på venstre side av tegningen, vil signalet bli kastet tilbake, og det kan så mottas ved hjelp av sensoren 572. Tidsforsinkelsen, antallet og intensiteten av refleksjoner og matematiske tolkninger som er vanlige på området, gir en indikasjon på trykktransmissivitet mellom disse to soner. I tillegg kan den trykktransmissiviteten bekreftes ved deteksjon av de akustiske signaler av sensorene 572 i produksjonsbrønnen 580. På tegningen er området direkte under området A, indikert som område E permeabelt til området B gjennom forkastningen 575 fordi området D i det området er permeabelt og vil tillate strømming av strømningsfronten fra injeksjonsbrønnen 570 gjennom forkastningslinjen 575 til produksjonsbrønnen 580. Akustiske sensorer og generatorer kan anvendes også her siden det akustiske signal vil forplante seg gjennom området D og derfor vil refleksjonsintensiteten til mottakerne 572 avta. Tidsforsinkelsen vil øke. Siden sensore-

ne og generatorene er tilkoplede en sentral prosessor enhet og med hverandre, er det en enkel operasjon å bestemme at signalet i virkeligheten forplantet seg fra én brønn til den annen og indikerer permeabilitet gjennom en spesiell sone. Ved å behandle den informasjon som de akustiske generatorer og sensorer kan tilveiebringe, kan injeksjons- og produksjons-brønnene kjøres automatisk ved å bestemme hvor fluider kan strømme og dermed åpne og lukke ventiler ved relevante posisjoner i injeksjonsbrønnen og produksjonsbrønnen for å spyle produksjonsfluid i en retning som er fordelaktig for strømming gjennom en permeabilitetssone langs forkastningen.

10 Annen informasjon kan også genereres ved hjelp av dette alternative system ifølge oppfinnelsen siden sensorene 572 tydelig er i stand til å motta ikke bare de genererte akustiske signaler, men naturlig forekommende akustiske bølgeformer som oppstår fra både strømmingen av de injiserte fluider fra injeksjonsbrønnen og fra de som oppstår inne i reservoarene som et resultat av både fluidinjeksjonsoperasjoner og samtidig drenering av reservoaret i resulterende produksjonsoperasjoner. Den foretrukne permanente utsettingstilstanden av sensorene og generatorene ifølge oppfinnelsen, tillater og sørger for målingene samtidig med pågående injeksjonsspyling og produksjonsoperasjoner. Forbedringer i både akustiske måleevner og signalbehandling under gjennomstømning av reservoaret, 20 representerer et betydelig teknologisk fremskritt ved at teknikkens stand krever stans i injeksjons/produksjons-operasjonene for å overvåke akustiske parametere nede i hullet. Som en fagmann på området vil innse, resulterer injeksjonsstansen i naturlig omfordeling av den aktive strømningsprofil som hovedsakelig skyldes gravitasjonsutskilling av fluider og entropifenomener som ikke er tilstede under aktive skylleoperasjoner. Dette forbedrer klart også muligheten for for tidlig gjennombrudd ettersom olje migrerer til den relative toppen av formasjonen og det injiserte fluid, vanligvis vann, migrerer til den relative bunn av formasjonen, så er det en betydelig mulighet at vannet i virkeligheten vil nå produksjonsbrønnen og dermed vil ytterligere pumping av damp eller vann bare løpe under oljelaget på toppen av 25 formasjonen og spylingen eller skyllingen av dette området vil deretter bli uhyre vanskelig.

I nok en annen utførelsesform av oppfinnelsen blir det brukt fiberoptikk (maken til de som er beskrevet i US-patentsøknad nr. 60/048,989, inngitt 9. juni

1997, som herved i sin helhet inntas som referanse til å bestemme mengden av og/eller forekomsten av bioforurensning i reservoaret ved å tilveiebringe et kultur-kammer i injeksjons- eller produksjons-brønnen, hvori lys av en forutbestemt bølgelengde kan injiseres ved hjelp av en fiberoptisk kabel og bestråle en prøve for å bestemme i hvilken grad bioforurensning kan ha inntruffet. Som en fagmann på området vil innse, vil forskjellige bioforurensende organismer ha evnen til å fluore- sere ved en gitt bølgelengde, og denne bølgelengden er når den er bestemt, nyttig for det ovenfor nevnte formål.

I en annen utførelsesform av oppfinnelsen blir strømningsfronten overvåket fra «baksiden» ved å anvende sensorer installert i injeksjonsbrønnen. Sensorene som er tilstrekkelig illustrert på fig. 5 og 6, tilveiebringer akustiske signaler som er reflektert fra vann/olje-grenseflaten og gir dermed et nøyaktig bilde i et tidsøyeblikk av den tredimensjonale strømningsfront. Ved å ta bilder i fire dimensjoner, dvs. tre dimensjoner over sann tid, tilveiebringes et nøyaktig format av densitetsprofilen til formasjonen som skyldes den fremadskridende strømningsfront. En spesiell profil og den relative fremadgående bevegelse av fronten kan således bestemmes nøyaktig ved hjelp av densitetsprofil-forandringene. Det er selvsagt mulig å begrense sensorene og de akustiske generatorene til injeksjonsbrønnen for et slikt system, imidlertid er det mer å foretrekke også å innføre sensorer og akustiske generatorer i produksjonsbrønnen som fronten beveger seg mot, for derved å muliggjøre en øyeblikkelig dobbelkontroll av fluidfrontens profil. Dvs. at akustiske generatorer i produksjonsbrønnen vil reflektere et signal fra olje/vann-grenseflaten og vil tilveiebringe en like nøyaktig tredimensjonal fluidfront-indikator. Indikatorene fra begge sider av fronten bør stemme overens og dermed gi en uhyre pålitelig indikasjon på posisjon og profil.

Det vises nå til fig. 9 hvor de fordelte fiberoptiske sensorer av den type som er beskrevet ovenfor, også er velegnet for bruk i en produksjonsbrønn hvor kjemikalier blir injisert i denne, og hvor det er et resulterende behov for overvåkning av en slik kjemikalie-injeksjonsprosess for å optimalisere bruken og virkningen av de injiserte kjemikalier. Kjemikalier må ofte pumpes ned i en produksjonsbrønn for å hindre skjelldannelse, parafiner og lignende samt for andre kjente behandlingsanvendelser og forbehandling av de fluider som produseres. Ofte, som vist på fig. 9, blir kjemikalier innført i et ringrom 600 mellom produksjonsrørstrengen 602 og

foringsrøret 604 i en brønn 606. Den kjemiske injeksjon (vist skjematisk ved 608) kan utføres på en rekke forskjellig kjente måter, slik som i forbindelse med en neddykkbar pumpe (som f.eks. vist i US-patent 4,582,131) som tilhører foreliggende søker og herved inntas som referanse) eller ved hjelp av en hjelpeledning 5 tilknyttet en kabel som brukes med en elektrisk neddykkbar pumpe (som f.eks. vist i US-patent nr. 5,528,824, som tilhører søkeren og herved inntas som referanse).

I henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse er én eller flere bunnhullsensorer 610 anbrakt i produksjonssonen for avføling av en rekke parametere i forbindelse med produksjonsfluidet og/eller vekselvirkningen mellom de 10 injiserte kjemikalier og produksjonsfluidet. Bunnhullsensorene 610 vil derfor avføle parametere vedrørende de kjemiske egenskapene til det produserte fluid, slik som det potensielle joneinnhold, det kovalente innhold, pH-nivået, oksygennivåene, organiske avsetninger og lignende målinger. Sensorene 610 kan også måle fysiske egenskaper tilknyttet produksjonsfluidet og/eller vekselvirkningen 15 mellom de injiserte kjemikalier og produksjonsfluidet, slik som olje/vann-kuttet, viskositeten og faststoffandel. Sensorene 610 kan også tilveiebringe informasjon vedrørende parafin og skall-oppbygning, H₂S-innhold og lignende.

Bunnhullsensorene 610 kommuniserer fortrinnsvis med og/eller er tilknyttet et antall fordelte sensorer 612 som er anbrakt langs i det minste en del av bore- 20 hullet (f.eks. fortrinnsvis innsiden av produksjonsrøret) for måling av trykk, temperatur og/eller strømningshastighet, som diskutert ovenfor i forbindelse med fig. 1. Foreliggende oppfinnelse er fortrinnsvis også tilknyttet et overflatestyre- og overvåknings-system 614 og én eller flere kjente overflatesensorer 615 for avføling av parametere vedrørende det produserte fluid; og mer spesielt for avføling og over- 25 våkning av effektiviteten av behandlingen med de injiserte kjemikalier. Sensorene 615 som er tilknyttet overflatesystemet 614, kan avføle parametere vedrørende innholdet og mengden av f.eks. hydrogensulfid, hydrater, parafiner, vann, faststoffer og gass.

Den produksjonsbrønnen som er vist på fig. 9, er fortrinnsvis tilknyttet et 30 såkalt «intelligent» nedhulls styre- og overvåknings-system som kan innbefatte en nedhulls datastyrt regulator 618 og/eller det før nevnte styre- og overvåknings-system 614 på overflaten. Dette styre- og overvåknings-systemet er av den type som er beskrevet i US-patent nr. 5,597,042 som tilhører foreliggende søker og

som herved i sin helhet inntas som referanse. Som beskrevet i US-patent nr. 5,597,042 er sensorene i de «intelligente» produksjonsbrønnene av denne type tilknyttet datamaskiner nede i hullet og/eller styreenheter på overflaten som mottar informasjon fra sensorene, og som basert på denne informasjon innleder en eller annen form for regulering for å forsterke eller optimalisere produksjonseffektiviteten for brønnen eller på annen måte påvirke produksjonen av fluider fra formasjonen. I den foreliggende oppfinnelse vil datamaskinene nede i hullet og/eller på overflaten 614, 618 overvåke effektiviteten av behandlingen med de injiserte kjemikalier, og basert på den avføyte informasjon vil styredatamaskinen innlede en eller annen endring i måten, mengden eller typen kjemikalier som injiseres. I systemet i foreliggende oppfinnelse kan sensorene 610 og 612 være tilkopleet et fjerntliggende sted eller være på stedet.

I en foretrukket utførelsesform av foreliggende oppfinnelse omfatter bunnhullsensorene fiberoptiske kjemiske sensorer. Slike fiberoptiske kjemiske sensorer benytter fortrinnsvis fiberoptiske sonder som brukes som en sampelgrenseflate for å tillate lys fra den optiske fiber og vekselvirke med væske- eller gass-strømmen og vende tilbake til et spektrometer for måling. Sondene er vanligvis sammensatt av solgel-indikatorer. Solgel-indikatorer muliggjør direkte måling og styring i sann tid ved bruk av indikatormaterialer som er innestengt i en porøs, solgel-avledet glassmatriks. Tynne filmer av dette materialet er belagt på optiske komponenter av forskjellige sondeutførelser for å lage sensorer for prosess- og miljø-målinger. Disse sondene gir øket følsomhet for kjemiske bestanddeler basert på karakteristikkene til den spesielle indikator. F.eks. kan solgel-prober med stor nøyaktighet måle pH for et materiale, og solgel-sonder kan også måle spesifikt kjemisk innhold. Solgel-matriksen er porøs, og størrelsen av porene blir bestemt av hvordan glasset prepareres. Solgel-prosessen kan styres for å skape en solgel-indikatorsammensetning med porer som er små nok til å stenge inne en indikator i matriksen, men store nok til å tillate ioner av spesiell kjemisk interesse å passere fritt inn og ut og reagere med indikatoren. Et eksempel på en egnet solgel-indikator for bruk sammen med foreliggende oppfinnelse, er vist på fig. 10 og 11.

Det vises til fig. 10 og 11 hvor en sonde er vist ved 616, tilkopleet en fiberoptisk kabel 618 som igjen er forbundet både med en lyskilde 620 og et spektrometer 622. Som vist på fig. 11 innbefatter sonden 616 et sensorhus 624 tilkopleet en

linse 626. Linsen 626 har et solgel-belegg 628 som er tilpasset for å måle en spesiell nedhullsparameter, slik som pH, eller som er valgt for å detektere forekomsten, fraværet eller mengden av spesielle kjemikalier, slik som oksygen, H₂S eller lignende. Festet til og i avstand fra linsen 626 er et speil 630. I bruk blir lys fra den 5 fiberoptiske kabel 618 samlet av linsen 626 hvoretter lyset passerer gjennom solgel-belegget 628 og sampelrommet 632. Lyset blir så reflektert av speilet 630 og tilbakeført til den fiberoptiske kabel. Lys overført ved hjelp av den fiberoptiske kabel blir målt ved hjelp av spektrometeret 622. Spektrometret 622 (samt lyskilden 620) kan være anbrakt enten på overflaten eller et eller annet sted nede i hullet.

10 Basert på spektrometermålingene vil en styredatamaskin 614, 616 analysere målingen, og basert på denne analysen vil kjemikalie-injeksjonsapparatet 608 endre mengden (dosering og konsentrasjon), hastigheten eller typen kjemikalium som blir injisert nede i hullet inn i brønnen. Informasjon fra kjemikalieinjeksjonsapparatet vedrørende den gjenværende mengde med kjemikalium, kjemikaliets kvalitetsnivå og lignende, vil også bli sendt til styredatamaskinene. Styredatamaskinen kan også basere sin styringsbeslutning på innmatning mottatt fra 15 en overflatesensor 615 vedrørende effektiviteten av den kjemiske behandling på det produserte fluid, forekomsten og konsentrasjonen av eventuelle urenheter eller uønskede biprodukter, o.l.

20 I tillegg til bunnhullsensorene 610 som er sammensatt av de fiberoptiske sensorer av solgel-typen, kan også de fordelte sensorer 612 langs produksjonsrøret 602 innbefatte fiberoptiske kjemiske sensorer (solgel-indikatorer) av den type som er diskutert ovenfor. På denne måte kan kjemikalieinnholdet i produksjonsfluidet overvåkes etterhvert som det strømmer opp gjennom produksjonsrøret hvis 25 det er ønskelig.

Den permanente anbringelse av sensorene 610, 612 og styresystemet 617 nedhulls i brønnen fører til et betydelig fremskritt på området og muliggjør fjernstyrte injeksjoner av kjemikalier i sann tid inn i brønnen uten behov for kabelinnretninger eller andre inngrep i brønnen.

30 I henhold til foreliggende oppfinnelse er det tilveiebrakt et nytt styre- og overvåkningssystem for bruk i forbindelse med et behandlingssystem for håndtering av produserte hydrokarboner på et oljefelt. Det vises til fig. 12 hvor et typisk behandlingssystem på overflaten som benyttes til å behandle produsert fluid på

oljefelter, er vist. Som kjent innbefatter det fluid som produseres fra brønnen, en kombinasjon av emulsjon, olje, gass og vann. Etter at disse brønnfluidene er produsert til overflaten, befinner de seg i en rørledning kjent som «samleledning». Samleledningen kan variere i lengde fra noen fot til flere tusen fot. Samleledningen er vanligvis koplet direkte til en rekke tanker og behandlingssystemer som er ment å separere vann i emulsjon fra olje og gass. I tillegg er det meningen at oljen og gassen skal separeres for transport til raffineriet.

De produserte fluider som strømmer i samleledningen og de forskjellige separeringsteknikkene som virker på disse produserte fluider, fører til alvorlige korrosjonsproblemer. For tiden blir måling av korrosjonshastigheten på de forskjellige metallkomponentene i behandlingssystemet, slik som rørledningen og tankene, utført ved hjelp av et antall sensorteknikker som innbefatter vekttapprøvestykker, elektriske resistanssonder, elektrokjemiske/lineære polariseringsteknikker, elektrokjemiske støyteknikker og AC-impedansteknikker. Selv om disse sensorene er nyttige til måling av korrosjonshastigheten til et metallkar eller ledningsnett, gir disse sensorene ikke noe informasjon vedrørende selve kjemikaliene, dvs. konsentrasjonen, karakteriseringen eller andre parametere ved kjemikalier som er innført behandlingssystemet. Disse kjemikaliene blir innført av en rekke grunner, innbefattet korrosjonsbeskyttelse og emulsjonsnedbrytning samt skall-, voks-, asfalt-, bakterie- og hydrat-styring.

I samsvar med et viktig trekk ved foreliggende oppfinnelse blir sensorer benyttet i kjemiske behandlingssystemer av den type som er beskrevet på fig. 12, som overvåker selve kjemikaliene i motsetning til virkningene av kjemikaliene (f.eks. korrosjonshastigheten). Slike sensorer gir operatøren av behandlingssystemet en forståelse i sann tid av den kjemikaliemengde som innføres, transporten av vedkommende kjemikalium gjennom systemet, konsentrasjonen av kjemikaliet i systemet, og lignende parametere. Eksempler på egnede sensorer som kan brukes til å detektere parametere vedrørende de kjemikalier som beveger seg gjennom behandlingssystemet, innbefatter den fiberoptiske sensor som er beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 10 og 11, samt andre kjente sensorer, slik som de som er basert på en rekke teknologier innbefattet ultrasonisk absorpsjon og refleksjon, laseroppvarmet kavitetspektroskopi (LIMS), røntgenfluorescensspektroskopi, nøytronaktiveringsspektroskopi, trykkmåling, mikrobølge eller

millimeterbølge radar-refleksjonsevne eller absorpsjon, og andre optiske og akustiske (f.eks. ultrasoniske eller sonar) metoder. En egnet mikrobølgesensor for avføling av fuktighet og andre bestanddeler i de inngående og utgående faststoff- og væske-fasestrømmene er beskrevet i US-patent nr. 5,455,516 som i sin helhet
5 herved inntas som referanse. Et eksempel på et egnet apparat for avføling under anvendelse av LIBS er beskrevet i US-patent nr. 5,379,103 som herved i sin helhet inntas som referanse. Et eksempel på et egnet apparat for avføling av LIMS er LASMA Laser Mass Analyzer som er tilgjengelig fra Advanced Power Technologies, Inc., Washington, D.C. Et eksempel på en egnet ultrasonisk sensor er
10 beskrevet i US-patent nr. 5,148,700 (hvis innhold i sin helhet herved inntas som referanse). En egnet kommersielt tilgjengelig akustisk sensor blir solgt av Entech Design, Inc., Denton, Texas, under varemerket MAPS[®]. Fortrinnsvis blir sensoren drevet ved et stort antall frekvenser og signalstyrker. Egnede millimeterbølge radarteknikker som benyttes i forbindelse med foreliggende oppfinnelse, er beskrevet i kapittel 15, Principles and Applications of Millimeter Wave Radar, redigert av
15 N. C. Currie og C. E. Brown, Artec House, Norwood, MA, 1987. Den ultrasoniske teknologi som er referert ovenfor, kan logisk utvides til millimeterbølge-innretninger.

Selv om sensorene kan anvendes i et system som vist på fig. 12 på en rekke forskjellige steder, indikerer pilene som er nummerert fra 700 til 716 de posisjoner hvor informasjon vedrørende kjemikalieinnføringen vil være spesielt nyttig.
20

Det vises nå til fig. 13 hvor behandlingssystemet som er vist på fig. 12 er vist generelt ved 720. I henhold til foreliggende oppfinnelse vil kjemikaliesensorene (dvs. 700-716) i sann tid avføle parametere (f.eks. konsentrasjon og klassifikasjon) vedrørende de innførte kjemikalier og levere den avfølte informasjon til en styreenhet 722 (fortrinnsvis en datamaskin eller en mikroprosessor-basert styreenhet). Basert på denne avfølte informasjon som overvåkes av styreenheten 722, vil styreenheten instruere en pumpe eller en annen måleinnretning 724 til å opprettholde, variere eller på annen måte endre mengden av kjemikalium og/eller ty-
25 pen av kjemikalium som tilføres behandlingssystemet 720 på overflaten. Det leverte kjemikalium fra tanker 726, 726' og 726'' kan selvsagt omfatte ethvert egnet behandlingskjemikalium, slik som de kjemikalier som brukes til å behandle korrosjon, nedbrytning av emulsjoner, osv. Eksempler på egnede korrosjonshindrende
30

midler innbefatter langkjede-aminer eller aminidiazoliner. Egnede kommersielt tilgjengelige kjemikalier innbefatter Cronox[®] som er et korrosjonshindrende middel solgt av Baker Petrolite, en avdeling av Baker-Hughes, Incorporated, Houston, Texas.

5 I samsvar med styre- og overvåkningssystemet på fig. 13, basert på informasjon levert av de kjemiske sensorer 700-716, kan således korrigerende forholdsregler tas for å variere injeksjonen av kjemikallet (det korrosjonshindrende middel, emulsjonsnedbrytningsmidlene, osv.) i systemet. Injeksjonspunktet for disse kjemikaliene kan være hvor som helst oppstrøms for den posisjon som avfø-

10 les, slik som det sted hvor korrosjonen blir avfølt. Dette injeksjonspunktet kan selvsagt innbefatte injeksjoner nede i hullet. I forbindelse med et korrosjonshindrende middel virker midlene ved at de danner en beskyttende film på metallet og dermed hindrer vann og korrosive gasser fra å korrodere metalloverflaten. Andre overflatebehandlingskjemikalier innbefatter emulsjonsnedbrytere som

15 bryter ned emulsjonen og letter vannfjerning. I tillegg til å fjerne eller bryte ned emulsjoner blir kjemikalier også innført for å bryte ut og/eller fjerne faststoffer, voks, osv. Vanligvis blir kjemikalier innført for å tilveiebringe det som er kjent som et basissediment og vann (B. S. og W.) på mindre enn 1%.

I tillegg til parameterne vedrørende innføringen av kjemikalier som avføles

20 ved hjelp av de kjemiske sensorer 700-716, kan overvåknings- og styresystemet ifølge foreliggende oppfinnelse også anvende kjente korrosjonsmåle-innretninger, samt innbefatte strømningshastighet-, temperatur- og trykk-sensorer. Disse andre sensorene er skjematisk vist på fig. 13 ved 728 og 730. Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer således et middel for måling av parametere vedrørende innføringen

25 av kjemikalier i et system i sann tid og direkte. Som nevnt innbefatter disse parameterne kjemiske konsentrasjoner og kan også innbefatte slike kjemiske egenskaper som potensialinnhold, kovalentinnhold, pH-nivå, oksygennivåer, organiske avsetninger og lignende målinger. Likeledes kan olje/vann-kutt, viskositet og faststoff-andel måles såvel som parafin- og skall-oppbygning, H₂S-innhold og

30 lignende.

Et annet aspekt ved oppfinnelsen er evnen til å overføre optisk energi ned i hullet og omforme den til en annen energiform som er egnet for drift av nedhulls innretninger. Fig. 14 viser et borehull 802 med en produksjonsstreng 804 som har

én eller flere elektrisk drevne eller optisk drevne innretninger, generelt betegnet her med henvisningstall 850, og én eller flere nedhullssensorer 814. Strengen 804 innbefatter batterier 812 som tilveiebringer elektrisk kraft til innretningene 850 og sensorene 814. Batteriene blir ladet ved å generere energi nede i borehullet ved hjelp av turbiner (ikke vist) eller ved å levere kraft fra overflaten via en kabel (ikke vist).

I foreliggende oppfinnelse er det tilveiebrakt en lyscelle 810 i strengen 804 som er koplet til en optisk fiber 822 som er tilknyttet én eller flere sensorer 820. En lyskilde 840 på overflaten frembringer lys til lyscellen 810 som genererer elektrisitet som lader batteriene 812 nede i hullet. Lyscellen 810 drypplader fortrinnsvis batteriene. Ved mange anvendelser blir innretningene nede i hullet, slik som innretningene 850 sjelden aktivert. Dryppladning av batteriene kan være tilstrekkelig og dermed eliminere bruken av andre kraftgenererende innretninger. I anvendelser som krever større kraftforbruk kan lyscellen brukes i forbindelse med andre kraftgenerator-innretninger.

Hvis innretningen 850 er optisk aktivert, er fiberen 822 alternativt tilkopledd til innretningen 850 som vist med den prikkede linje 822a og blir aktivert ved levering av optiske pulser fra overflateenheten 810. I den utførelsesform som er vist på fig. 14, blir således en fiberoptisk innretning benyttet til å generere elektrisk energi nede i borehullet, som så blir brukt til å lade en kilde, slik som et batteri, eller drive en innretning. Fiberen 822 blir også brukt til å frembringe toveis kommunikasjon mellom DA/SP 842 og sensorer og innretninger nede i borehullet.

Fig. 15 er en skjematisk illustrasjon av et brønnsystem 900 som benytter de energiprodukerende fiberoptiske innretninger i henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse. Systemet 900 innbefatter et borehull 902 med en overflateforing 901 installert i en forholdsvis kort dybde 904a fra overflaten 904. Etter at borehullet 902 er blitt boret til en ønsket dybde, blir en avslutnings- eller produksjons-streng 906 ført inn i borehullet 902. En fiberoptisk energigenererende innretning 920 anbrakt i strengen 906 genererer mekanisk energi. Virkemåten til den fiberoptiske innretning 920 blir beskrevet under henvisning til fig. 15a-15c.

Den fiberoptiske innretning 920A som er vist på fig. 15A inneholder et tett kammer 922a som inneholder en gass 923 som vil ekspandere hurtig når optisk energi, slik som laserenergi, blir tilført gassen 923. Et stempel 924a anbrakt i inn-

retningen 920A, beveger seg utover når gassen 923 ekspanderer. Når den optiske energi ikke leveres til gassen 923, tvinger en fjær 926a eller en annen egnet innretning som er koplet til en stempelstang 925a, stempelet 926a tilbake til dets utgangsstilling. Gassen 923 blir periodisk ladet med den optiske energi som transporteres til innretningen 920a via en optisk leder eller fiber 944. Fig. 15B viser den optiske innretning 920B hvor en fjær 926b er anbrakt inne i kammeret 921 for å tvinge stempelet 924b tilbake til sin utgangsstilling.

Det vises tilbake til fig. 15 hvor den utadgående bevegelse av organet 925 i innretningen 920 forårsaker åpning av en ventil 930 for å tillate brønnfluidet 908 ved det hydrostatiske trykk å komme inn gjennom en åpning 932. Ventilen 930 er koplet til en hydraulisk drevet innretning 935 på en måte som tillater fluidet 908, som er under trykk, å komme inn i innretningen 935 via åpningen 932. I utførelsesformen på fig. 15 styrer dermed den fiberoptiske innretning 920 strømmingen av fluidet 908 ved det hydrostatiske trykk til den hydraulisk drevne innretning 935. Innretningen 935 kan være en pakning, en fluidventil, en sikkerhetsventil, en perforeringsinnretning, et anker, en glidehylse, osv. Driften av innretningen 920 blir fortrinnsvis styrt fra overflaten 904 idet en lyskilde LS 940 tilveiebringer den optiske energi til innretningen 908 via fiberen 944. Én eller flere sensorer 927 kan være anordnet for å oppnå tilbakemelding vedrørende operasjonene nede i hullet. Sensorene 927 tilveiebringer målinger vedrørende fluidstrømmingen, kraft tilført ventilen 930, trykk nede i hullet, temperaturer nede i hullet osv. Signalene fra sensorene 927 kan behandles nede i hullet eller sendes til datainnsamlings- og behandlingseenheten 942 på overflaten via fiberen 944.

En alternativ utførelsesform av en lysaktivert transduser for bruk til regulering av fluidstrømning er vist på fig. 15C. Innretningen 950 innbefatter en fotoelektrisk celle 960 og en bimorf-celle 970 for en fluidventil. Optisk energi fra en optisk fiber 944 blir tilkopleet ved hjelp av en optisk leder 946 til en fotoelektrisk celle 960. Den fotoelektriske celle 960 produserer ved lyseksitering, en elektrisk strøm som transporteres av ledningen 962 til en bimetall-strimmel (bimorft-element) 964. Strømpassasje gjennom bimetall-strimmelen får den til å bøye seg til posisjon 964' og bevege en kule 980 som hviler i et ventilsete 976. Bevegelse av kulen 980 bort fra setet 980' gjør det mulig for et fluid 982 å strømme gjennom innløpsåpningen 972 i fluidventilen med bimorf-elementcellen 970 og utløpsåpningen 974. Andre

arrangementer av bimetallstrimmelen og ventilarrangementet vil være velkjente for fagkyndige på området. Dette illustrerer utstyr hvor optisk energi først blir omformet til elektrisk energi og så til mekanisk bevegelse.

I nok en annen utførelsesform av oppfinnelsen (ikke vist) blir den optiske energi brukt til å endre de fysiske egenskapene til et fotofølsomt materiale, slik som en gel, som er innbefattet i en strømningsreguleringsinnretning. Siler som har en grusfylling er vanlig brukt i olje- og gass-produksjonen til å sile ut partikkelstoff. I en utførelsesform av oppfinnelsen blir en fotofølsom gel brukt som pakningsmaterialet i silen. Aktivering av gelen ved hjelp av optisk energi, endrer gelens fysiske karakteristikk og krystalliserer den delvis. Dette gjør det mulig å justere størrelsen av partikler som kan strømme gjennom silen.

Fig. 16 viser et brønnsystem 1000 hvor fiberoptiske innretninger 1020 blir brukt til å drive én eller flere nedhulls innretninger og hvor trykkfluid blir levert gjennom en ledning som også fører den optiske fiber til innretningene 1020 fra overflaten 904. En ventil 1030 blir drevet av den fiberoptiske innretning 920 på den måte som er beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 15. Trykkfluid 1032 fra en kilde 1045 blir levert til ventilen 1030 via en ledning 1010. Den optiske fiber 1044 blir pumpet gjennom ledningen 1010 fra overflaten. Alternativt kan ledningen 1010 som inneholder fiberen 1044, være sammensatt på overflaten og ført inn i borehullet med strengen 1006. For å drive innretningen 1035 blir den fiberoptiske innretning 920 operert, og fluidet 1032 som er under trykk, blir kontinuerlig levert til ventilen 1030 via ledningen 1010, som aktiverer eller innstiller innretningen 1035. Andre nedhulls innretninger 1050b, 1050c, osv., kan være anbrakt i strengen 1006 eller i borehullet 1002. Hver slik innretning benytter separate fiberoptiske innretninger 920 og kan benytte en felles ledning 1010 for den optiske fiber 1044 og/eller for trykkfluidet 1032.

Fig. 17A viser en utførelsesform som anvender flere fiberoptiske innretninger 1020a-1020c til å generere rotasjonskraft. Innretningene 1120a-1120c er maken til de innretninger 920 som er beskrevet ovenfor. Lysenergi blir fortrinnsvis tilveiebrakt til slike innretninger via en felles optisk fiber 1144. Kilden 940 driver innretningene 1020a-1020c i en spesiell rekkefølge med en forutbestemt faseforskjell. Et adressesystem (ikke vist) kan brukes til å adressere innretningene ved hjelp av signaler generert for slike innretninger. Stempelarmene 1127a-1127c er

koplet til en kamaksel 1125 på henholdsvis stedene 1125a-1125c, som roterer i retningen 1136 for å tilveiebringe rotasjonskraft. Rotasjonskraften kan benyttes til ethvert ønsket formål, slik som til drift av en pumpe eller en generator for å generere elektrisk kraft.

5 Fig. 17b-17c viser en utførelsesform hvor de fiberoptiske innretninger blir brukt til å pumpe fluid. De fiberoptiske innretninger 1182a på fig. 17B inneholder en avfyringssylinder 1184a og en annen sylinder 1184b. Den annen eller hydrauliske sylinder inneholder en utløpsåpning 1183b. Egned fluid blir levert til den hydrauliske sylinder via innløpsåpningen 1183a. Når innretningen 1182a blir avfyrt,
10 bevegtes stempelet 1186 nedover og blokkerer innløpsporten 1183a og forskyver samtidig fluidet 1186 fra sylinderen 1184b via utløpsåpningen 1183b. Fjæren 1185 tvinger stempelet 1186 tilbake til sin utgangsstilling og avdekker innløpsåpningen, inntil neste avfyring av innretningen 1182a. På denne måten kan innretningen 1182a benyttes til å pumpe fluid. Strømningshastigheten blir styrt ved avfyrings-
15 frekvensen og størrelsen av fluidkammeret 1184b.

 Fig. 17C viser to fiberoptiske innretninger 382b og 382c (maken til innretningen 382a) koplet i serie for å pumpe et fluid. I denne utførelsesformen, når innretningen 382b blir aktivert, føres fluid 390 fra kanalene 391 i anordningen 382 inn i kammeret 391b i innretningen 382c via ledning 392. En én-veis tilbakeslagsventil
20 tillater fluidet å strømme bare i retning mot innretningen 382c. Aktivert av innretningen 382c fører fluidet fra kammeret 391b via ledning 394 til neste trinn.

 Selv om den foregående beskrivelse er rettet mot de foretrukne utførelsesformer av oppfinnelsen, vil forskjellige modifikasjoner være opplagte for fagfolk på området. Det er ment at alle variasjoner innenfor rammen av de vedføyde patent-
25 krav, skal omfattes av den foregående beskrivelse.

PATENTKRAV

1. **Apparat for overvåkning og styring av nedhulls utstyr, omfattende en hydraulisk ledning (110, 1010) som strekker seg ned i et borehull for å levere fluid**
5 **under trykk ned i hullet, og som er festet til en rørstreng (108, 1006) og en fiberoptisk kabel (122, 1044) anbrakt på innsiden av den hydrauliske ledning (110, 1010)**
 og som er i stand til å tilveiebringe målinger av en nedihullsparemeter langs
 rørstrengen (108, 1006); k a r a k t e r i s e r t v e d :
 - en hydraulisk styrt innretning (114, 1035) på rørstrengen (108, 1006) og i fluid-
10 kommunikasjon med den hydrauliske ledning (110, 1010), hvor den hydraulisk
 styrte innretning (114, 1035) er anbrakt utenfor den hydrauliske ledning (110,
 1010), og
 - den samme hydrauliske ledning (110, 1010) opptar den fiberoptiske kabel (122,
 1044) og styrer den hydraulisk styrt innretning (114, 1035).
- 15
2. **Apparat ifølge krav 1,**
 k a r a k t e r i s e r t v e d at den hydrauliske ledning (110, 1010) er en returled-
 ning som strekker seg fra et sted på overflaten til den hydraulisk drevne innretning
 (114, 1035).
- 20
3. **Apparat ifølge krav 1,**
 k a r a k t e r i s e r t v e d at den hydraulisk drevne innretning (114, 1035) er
 valgt fra en gruppe bestående av en strømningsreguleringsinnretning, en pakning,
 en strupeventil, en perforeringsinnretning, et anker, en avslutningsinnretning og
25 **en produksjonsinnretning.**
4. **Apparat ifølge krav 1,**
 k a r a k t e r i s e r t v e d at parameteren nede i hullet er én av følgende tem-
 peratur, trykk, vibrasjon, akustisk måling, fluidstrømning og en fluidegenskap.

5. **Apparat ifølge krav 1,**

karakterisert ved at den fiberoptiske kabel (122, 1044) omfatter minst én av temperatursensor, trykksensor, akustisk sensor, strømningsmålesensor og vibrasjonssensor.

5

6. **Fremgangsmåte for overvåkning av en nedhulls parameter og styring av en hydraulisk drevet innretning (114, 1035), idet fremgangsmåten omfatter å føre en hydraulisk ledning (110, 1010) inn i borehullet og å tilveiebringe en fiberoptisk ka-**

10

bel (122, 1044) for måling av en nedhulls parameter i den hydrauliske ledning (110, 1010), idet fremgangsmåten er karakterisert ved: å tilveiebringe en hydraulisk styrt innretning (114, 1035) utenfor den hydrauliske ledning (110, 1010), idet den hydrauliske ledning leverer fluid under trykk til den hydraulisk styrt innretning (114, 1035) slik at den samme hydrauliske ledning (110, 1010) opp-

15

7. **Fremgangsmåte ifølge krav 6,**

karakterisert ved at den hydraulisk styrt innretning (114, 1035) blir valgt fra en gruppe bestående av en strømningsreguleringsinnretning, en pakning, en strupeventil, en perforeringsinnretning, et anker, en avslutningsinnretning og en produksjonsinnretning.

20

8. **Fremgangsmåte ifølge krav 6,**

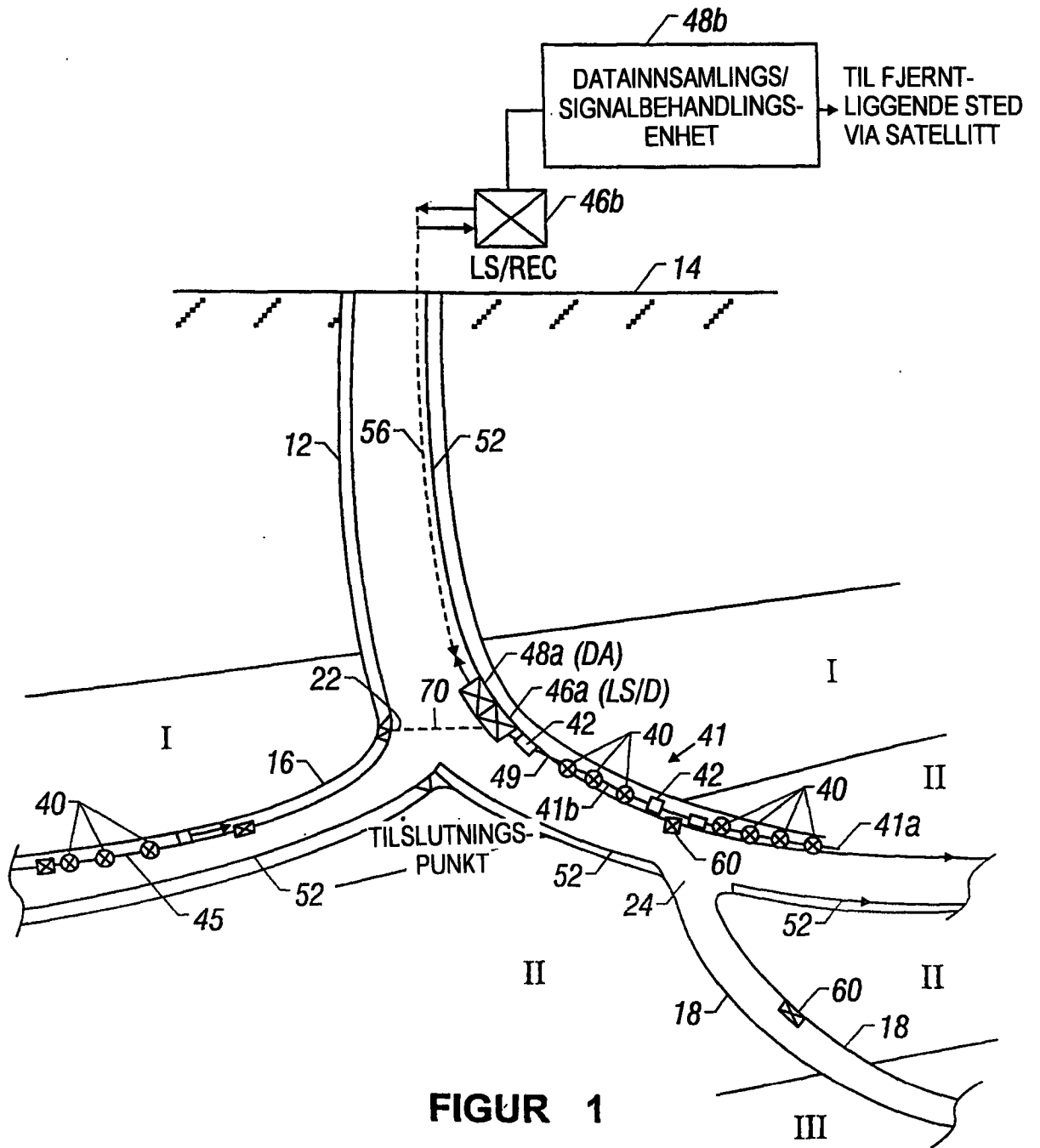
karakterisert ved at parameteren nede i hullet er én av følgende temperatur, trykk, vibrasjon, akustisk måling, fluidstrømning og en fluidegenskap.

25

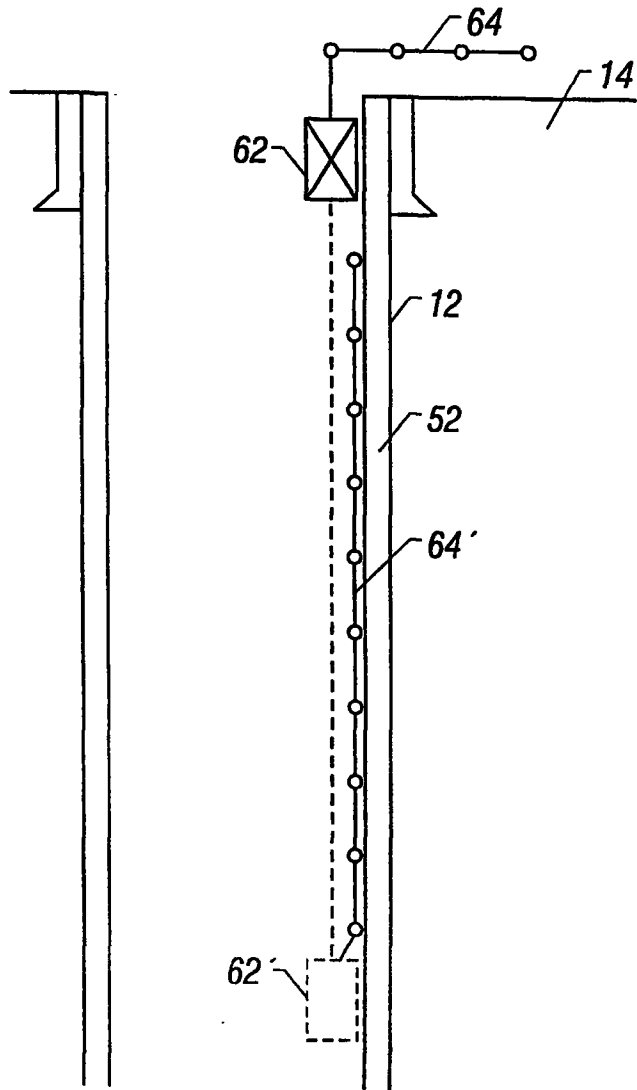
9. **Fremgangsmåte ifølge krav 6,**

karakterisert ved at den fiberoptiske kabel (122, 1044) omfatter minst én av temperatursensor, trykksensor, akustisk sensor, strømningsmålesensor og vibrasjonssensor.

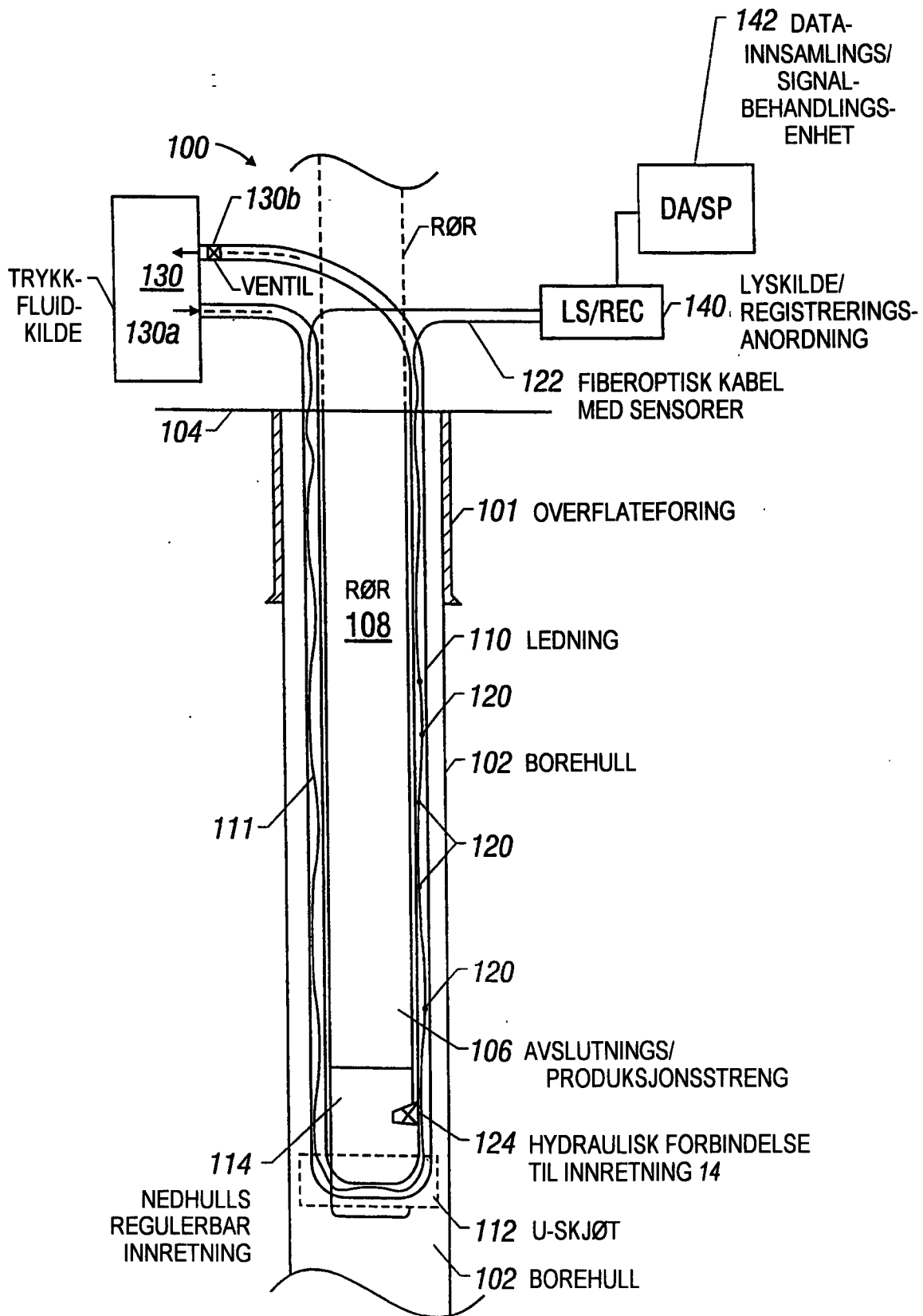
30



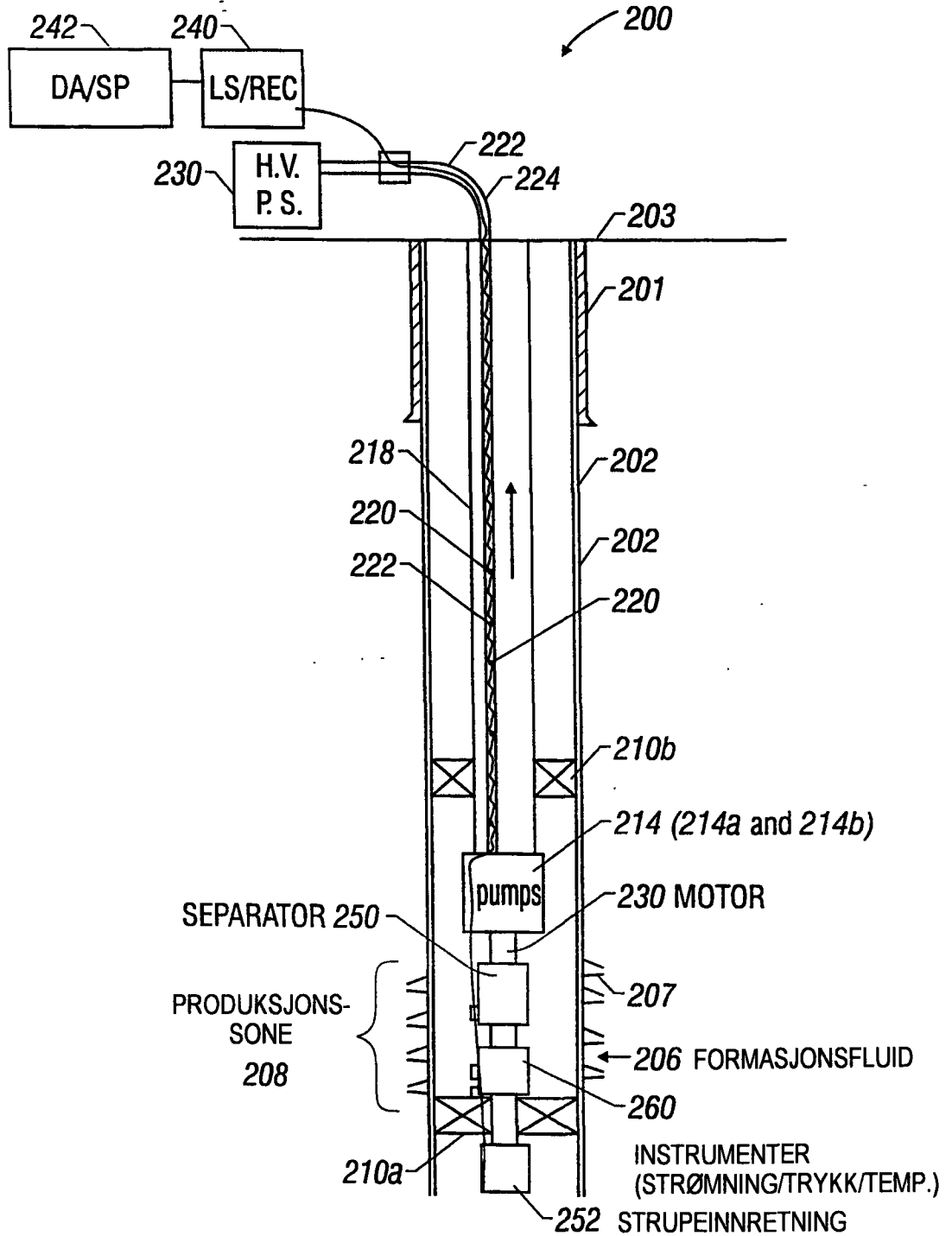
FIGUR 1



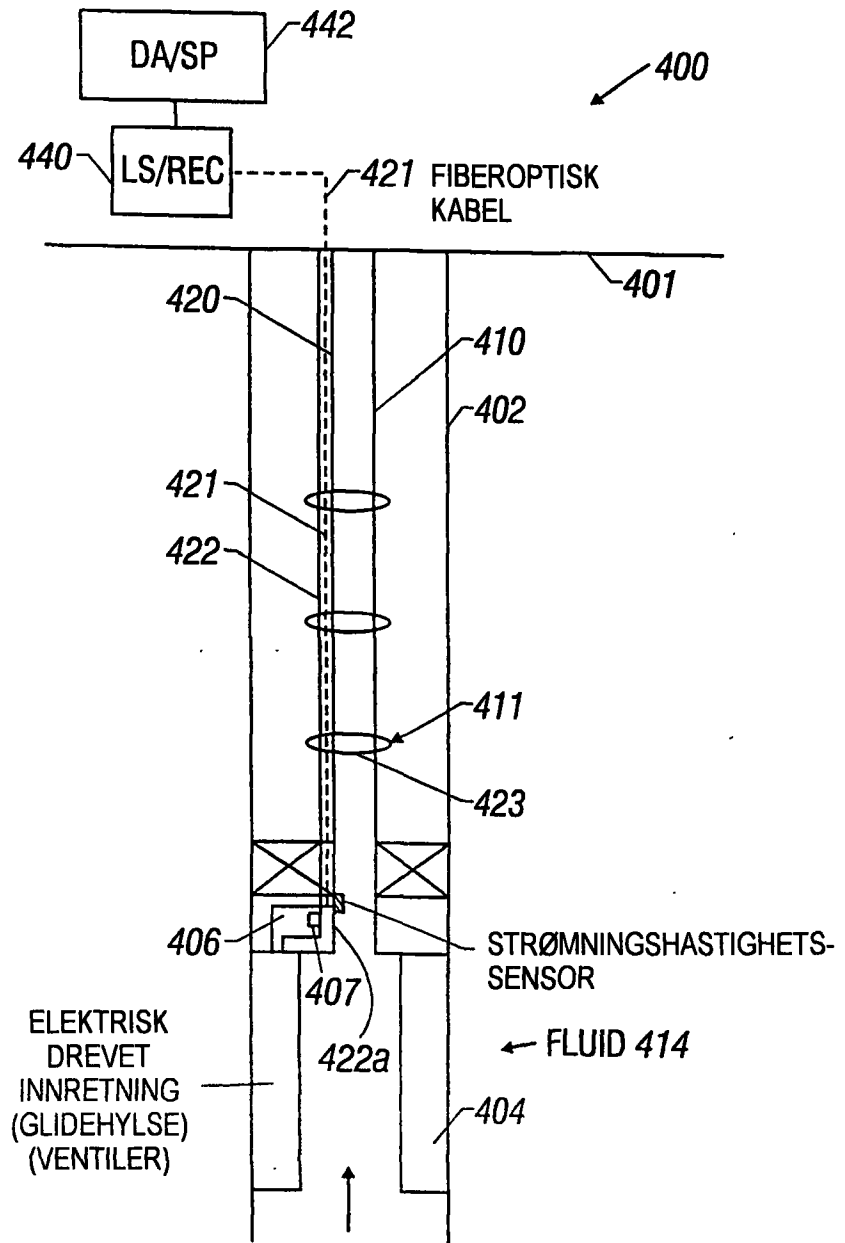
FIGUR 1A



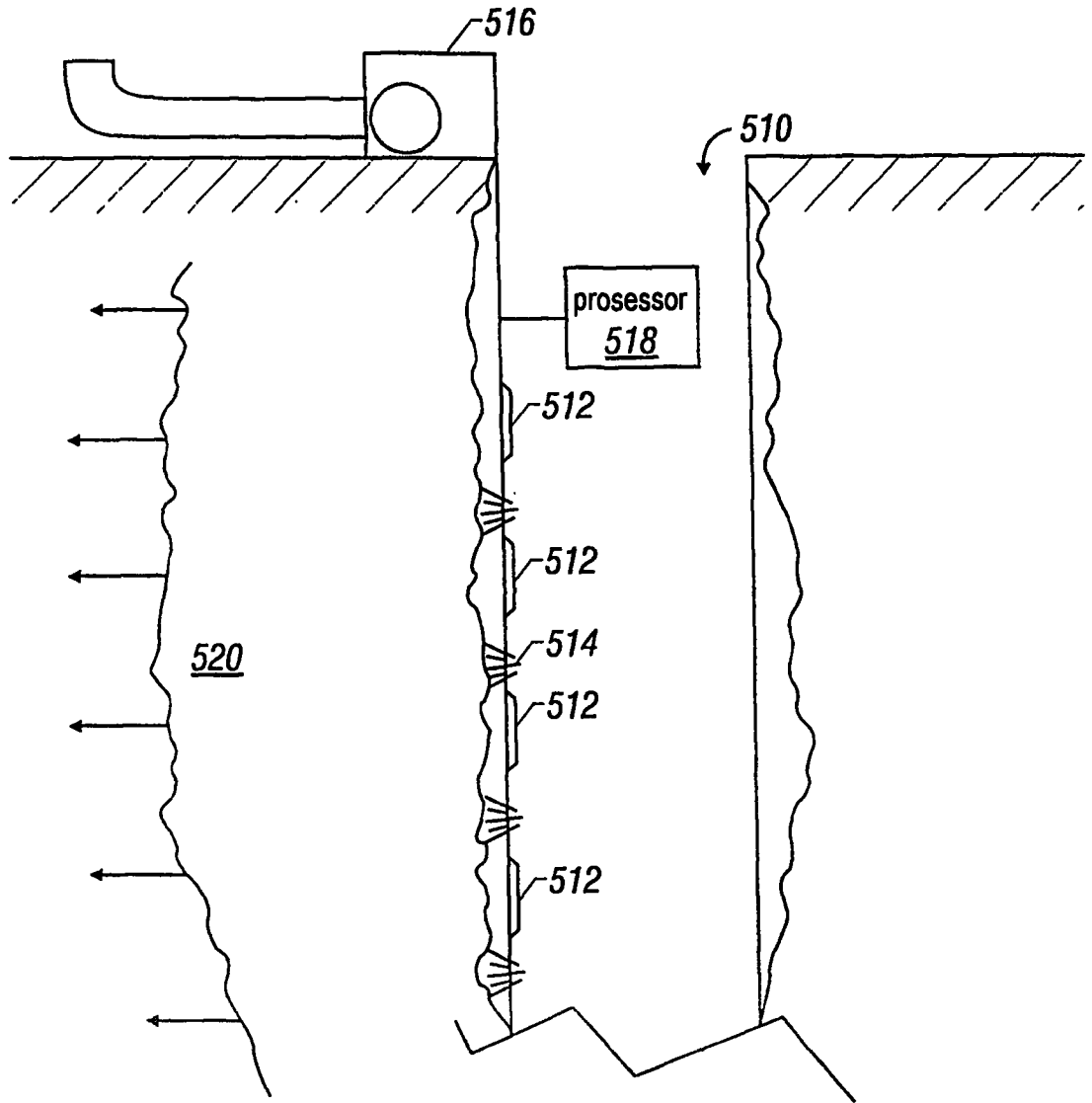
FIGUR 2



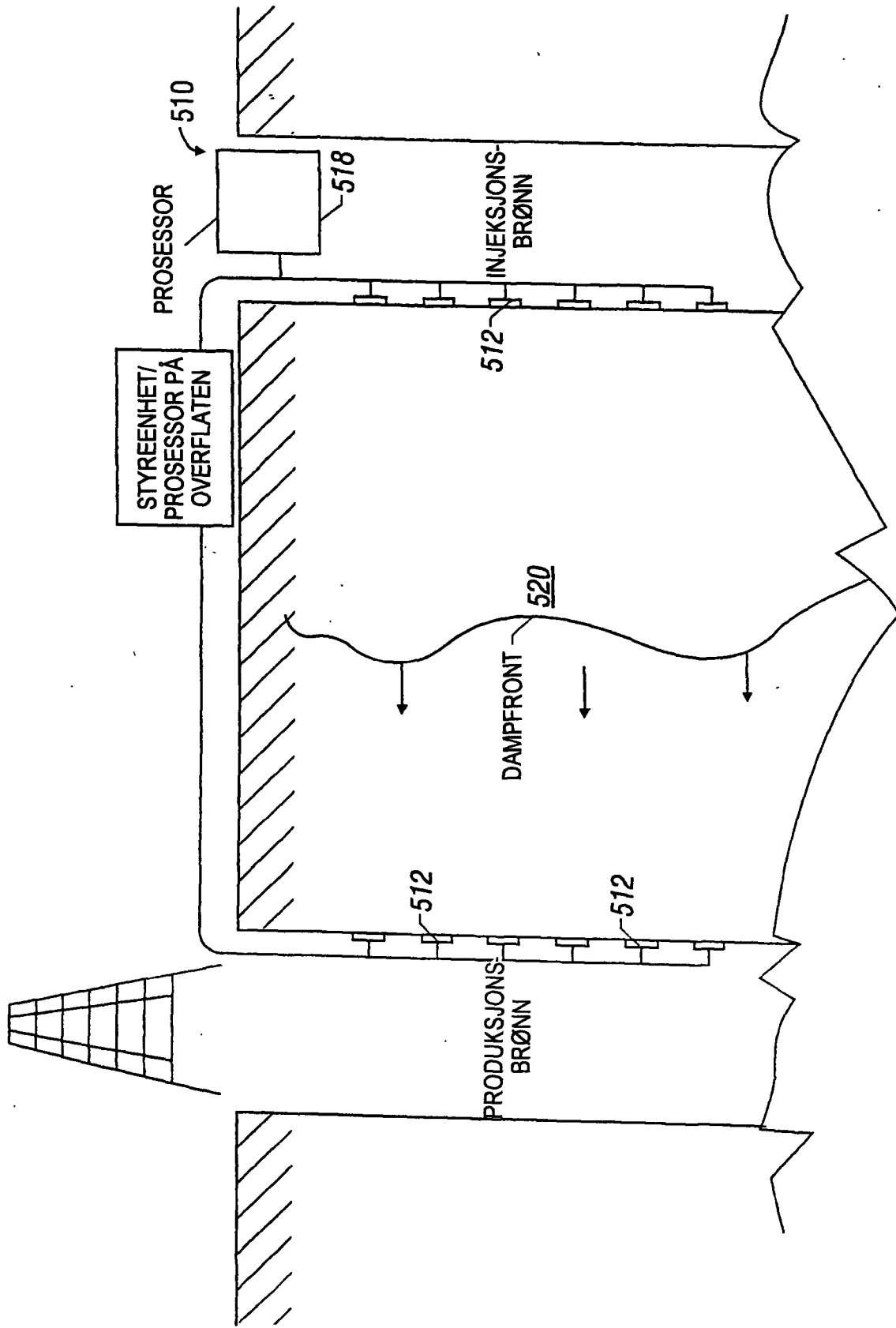
FIGUR 3



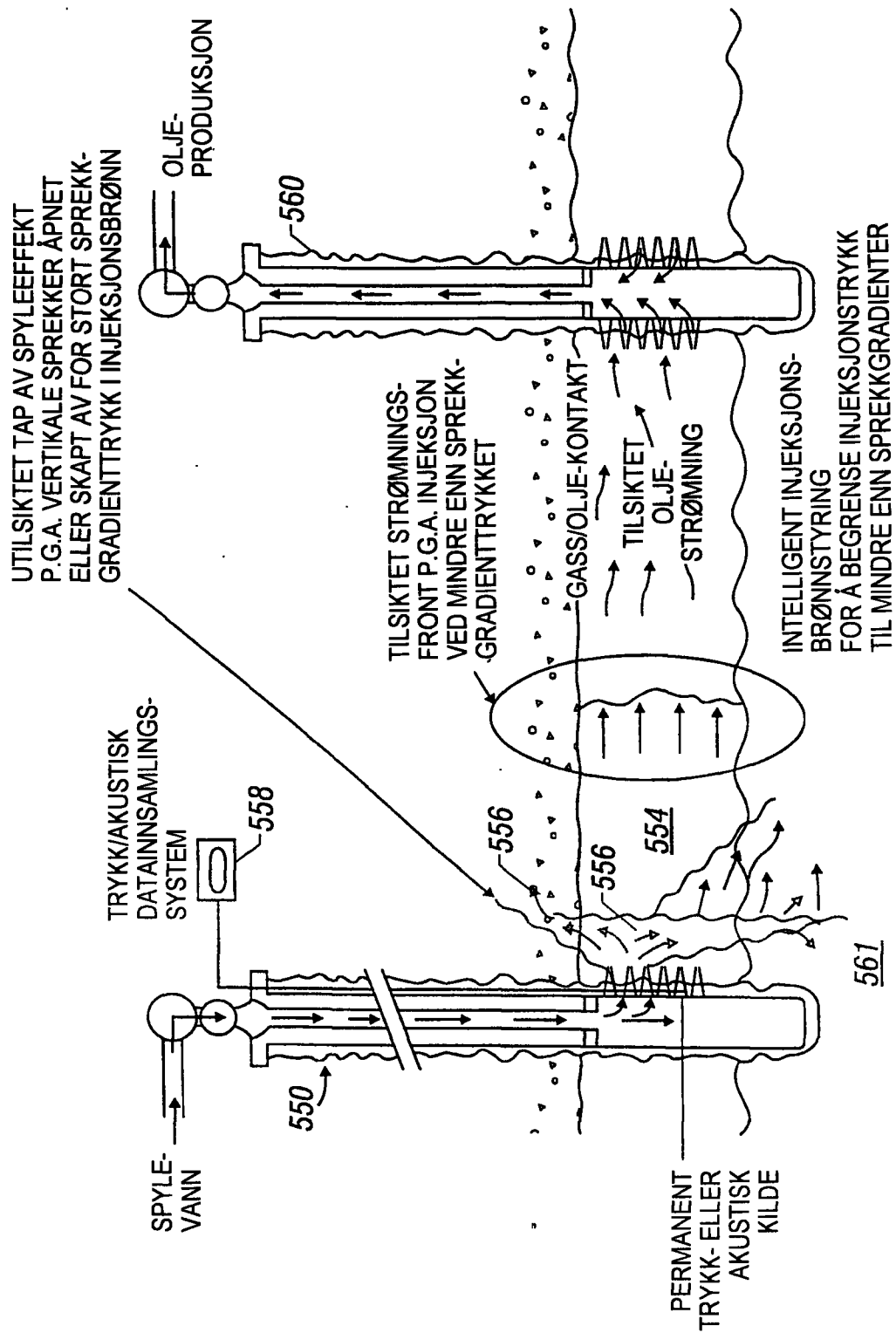
FIGUR 4



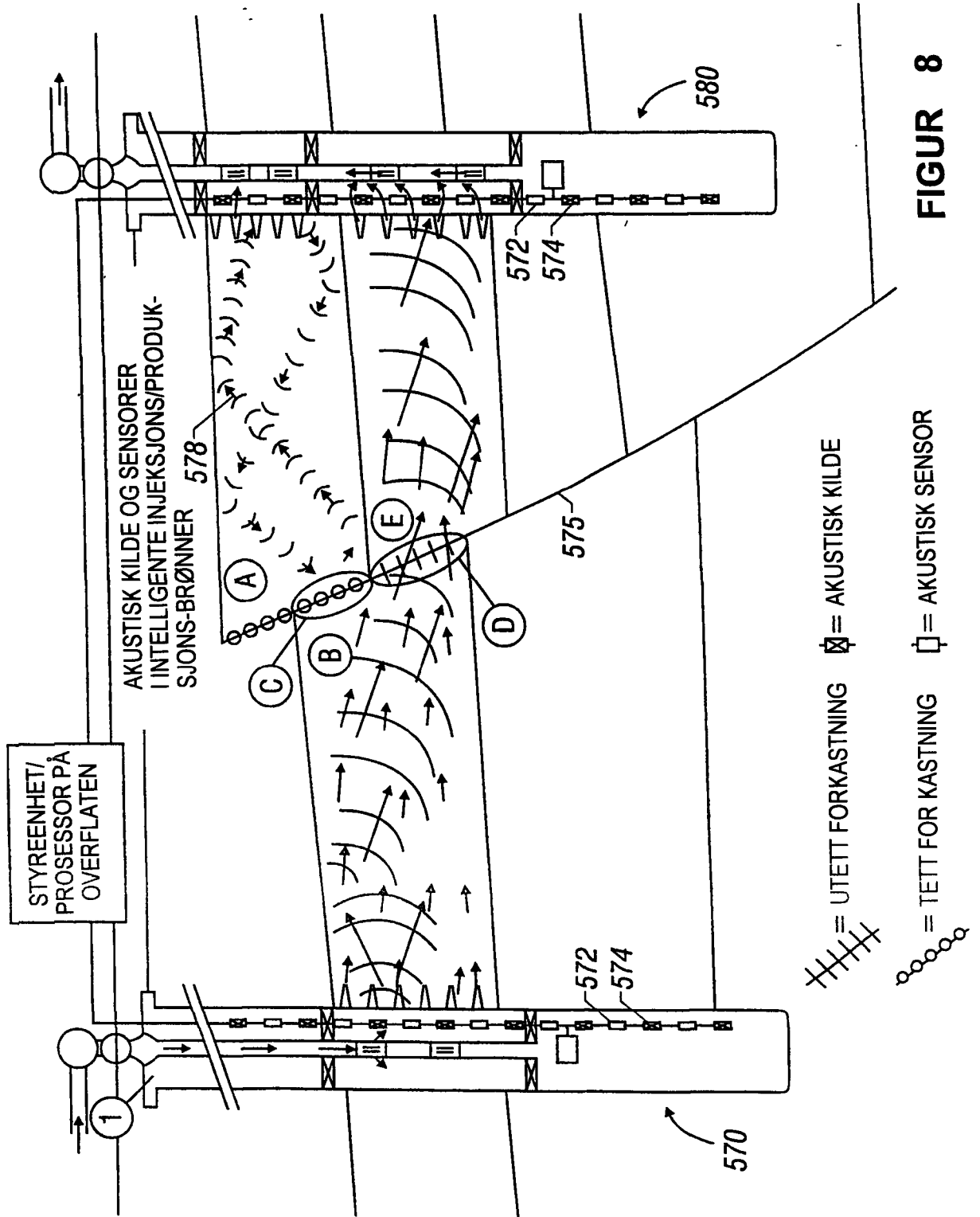
FIGUR 5



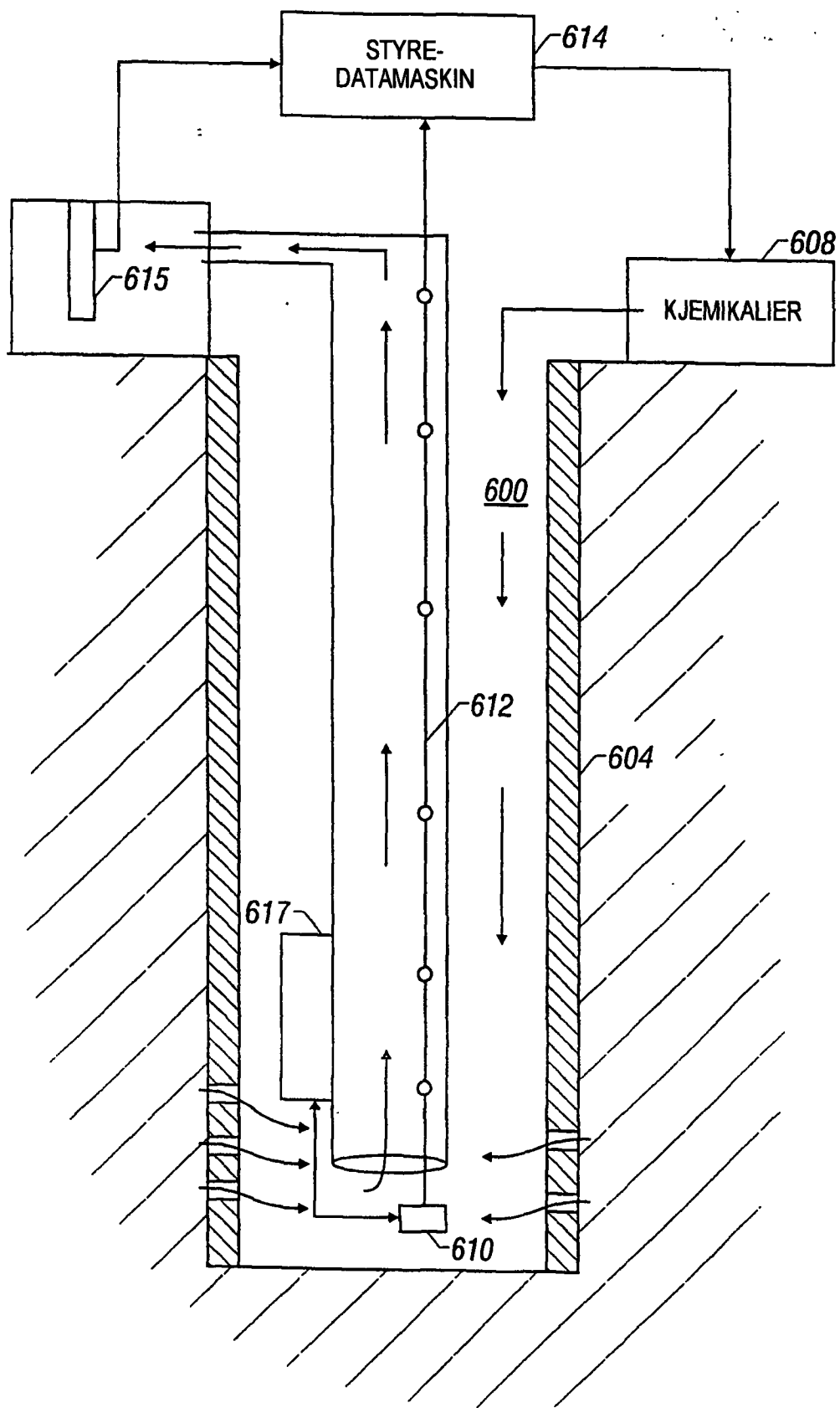
FIGUR 6



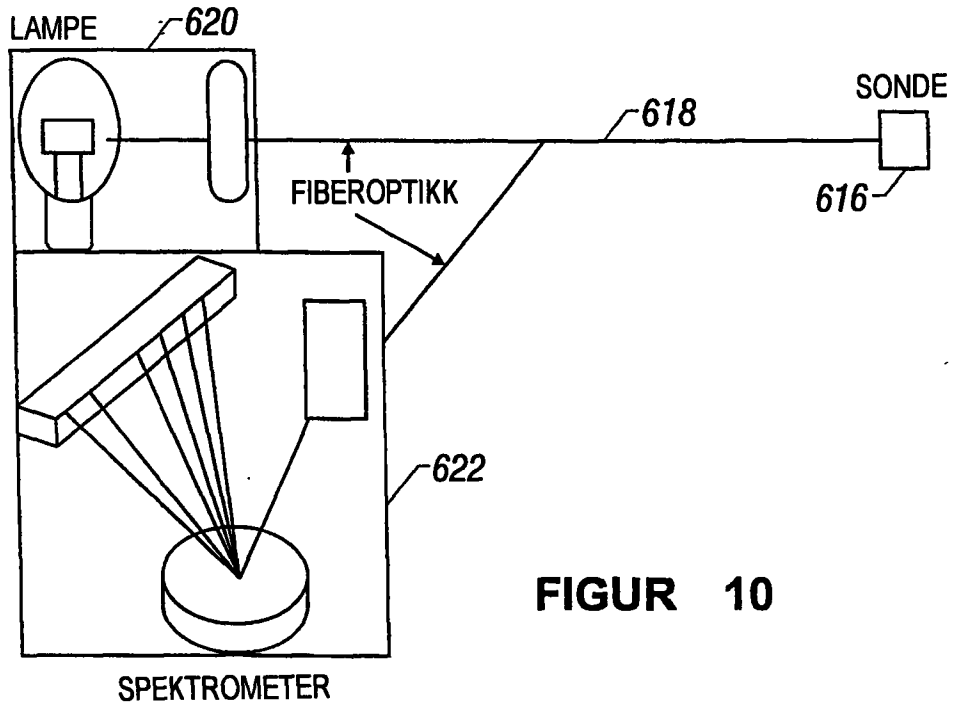
FIGUR 7



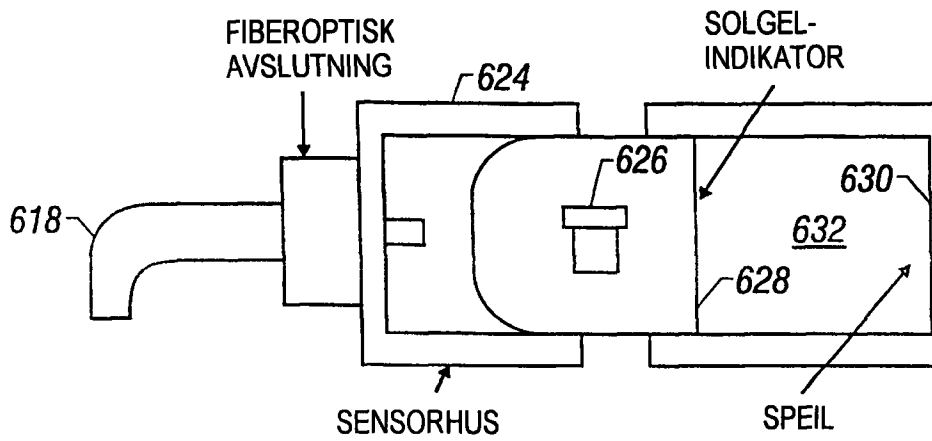
10/19



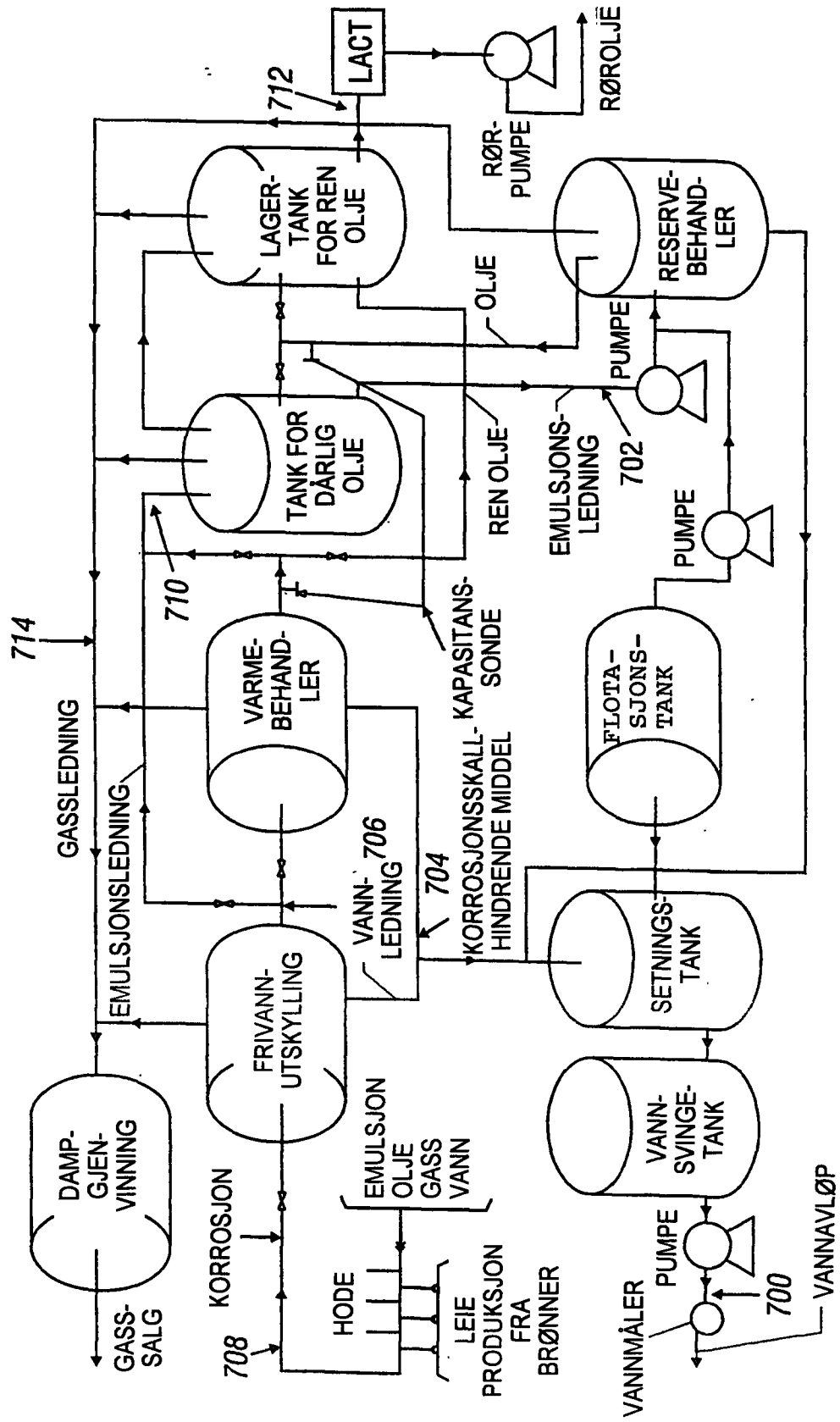
FIGUR 9



FIGUR 10

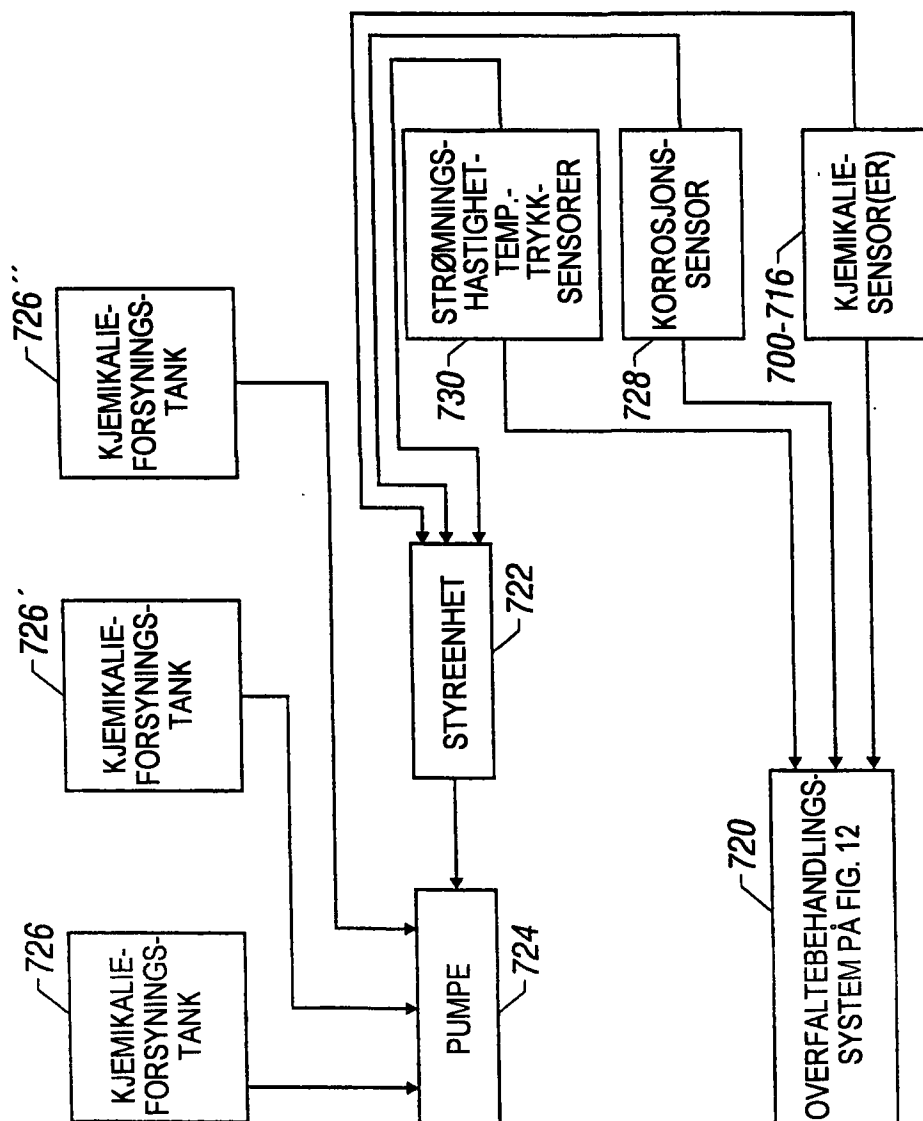


FIGUR 11

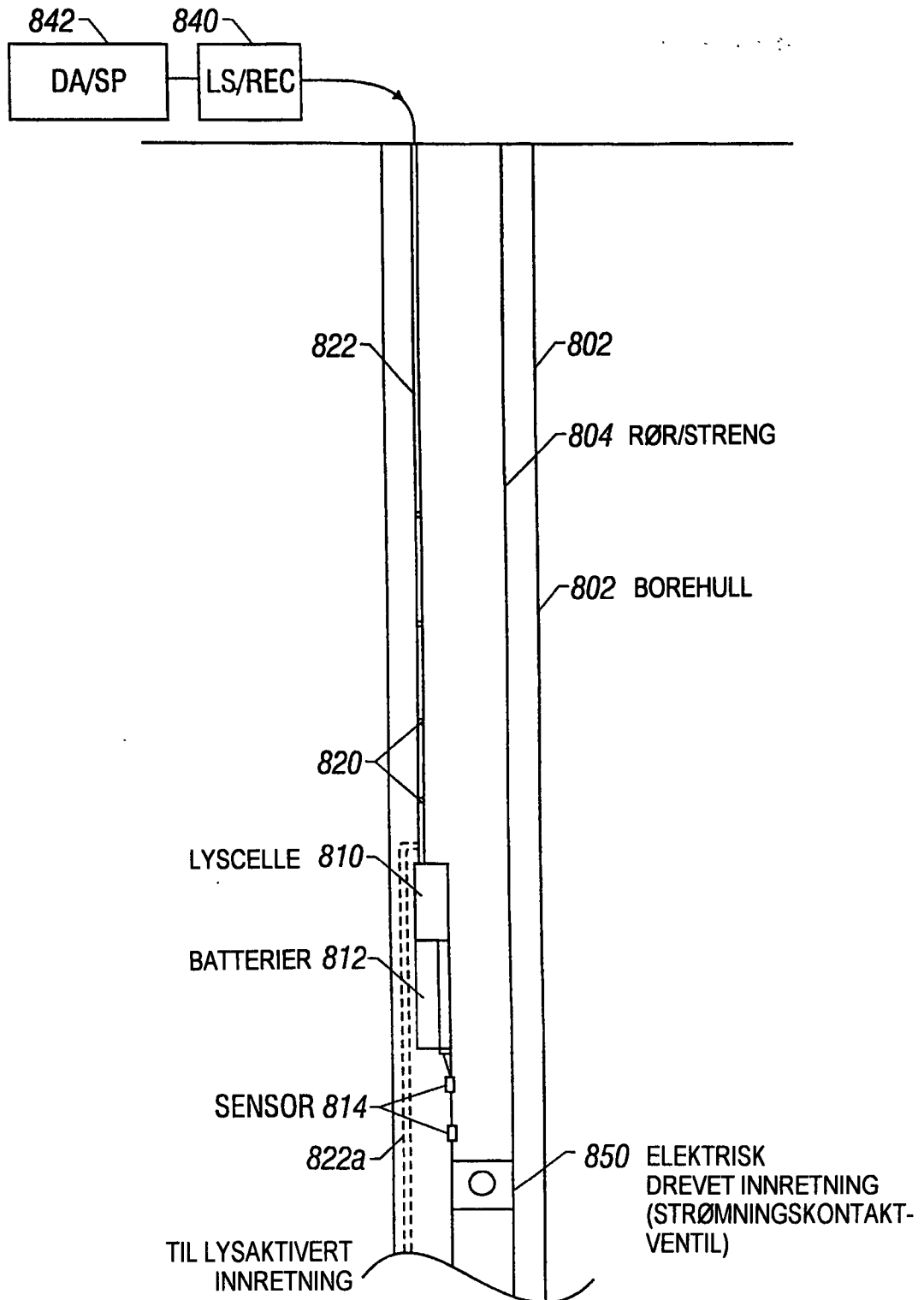


FIGUR 12

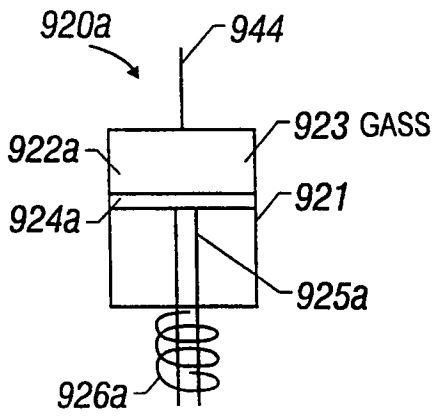
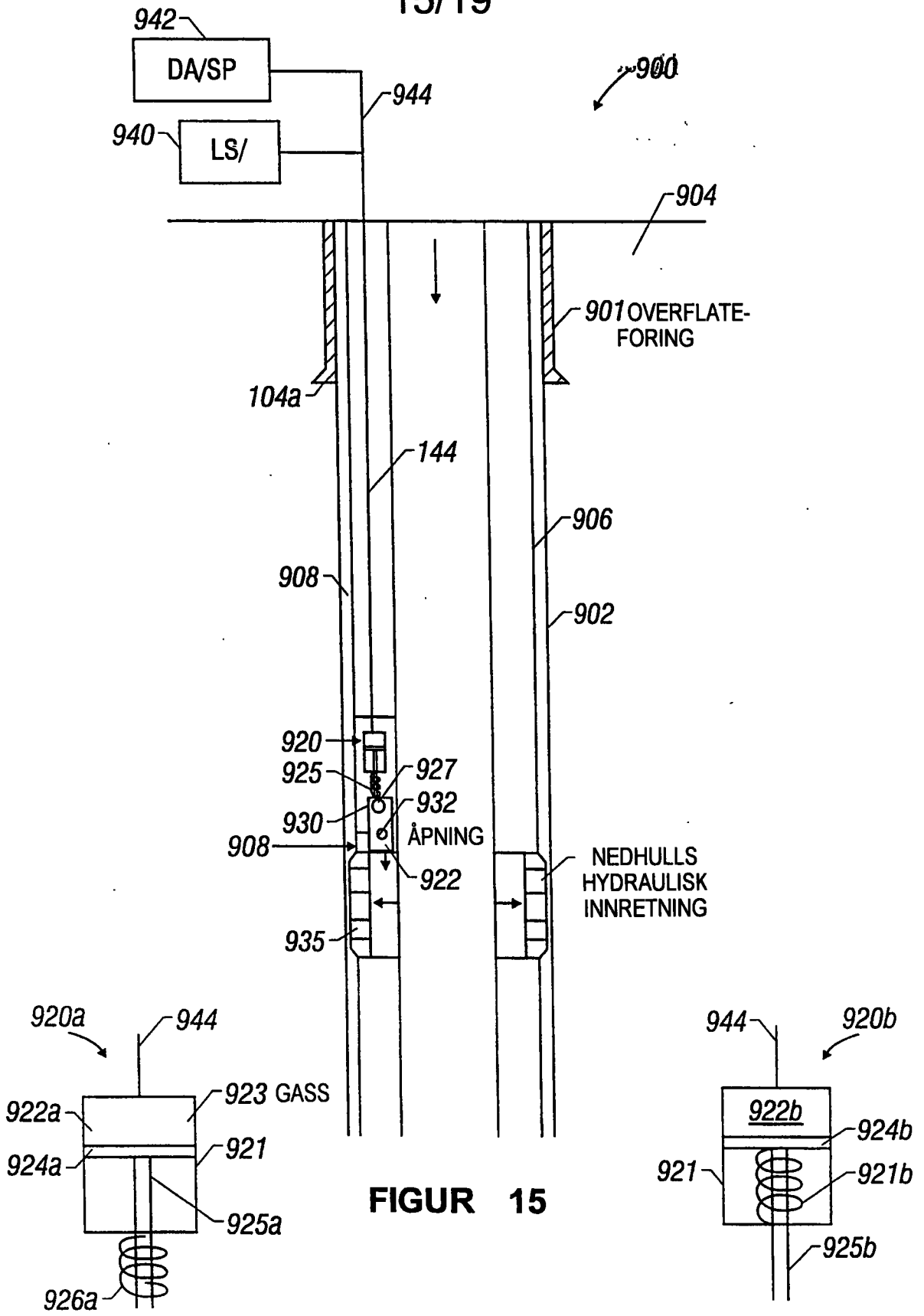
OLJE I VANN



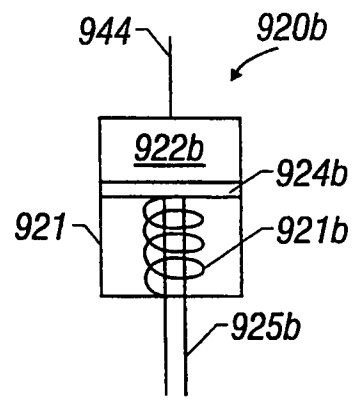
FIGUR 13



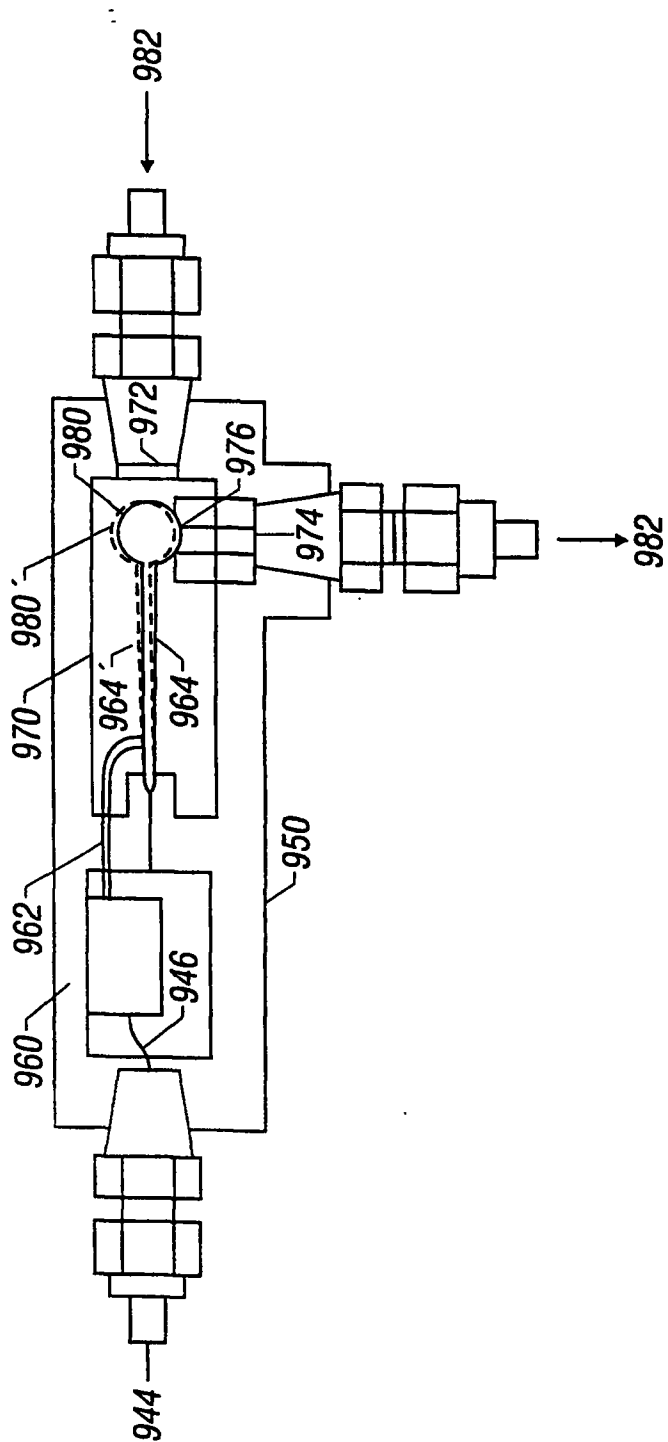
FIGUR 14



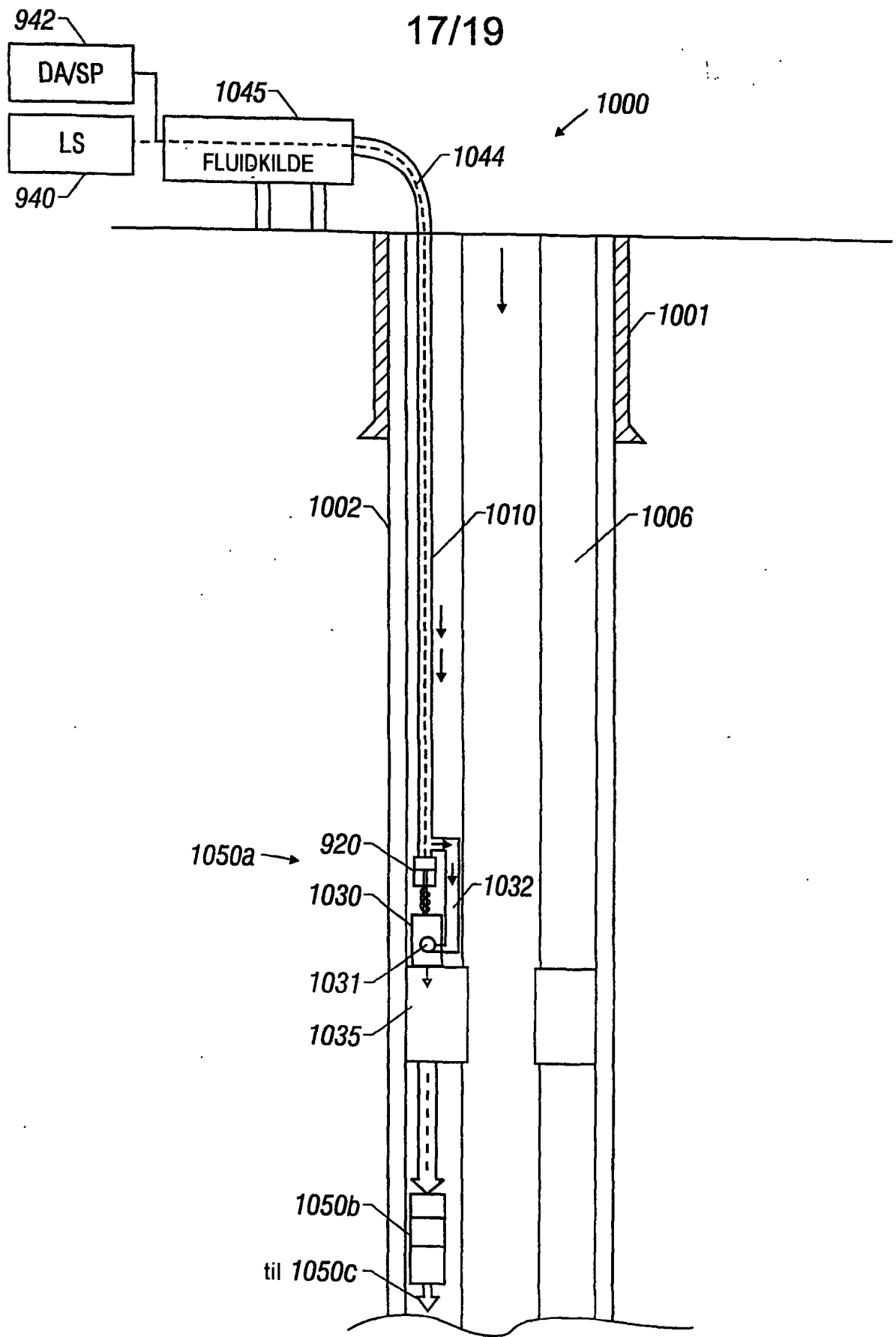
FIGUR 15A



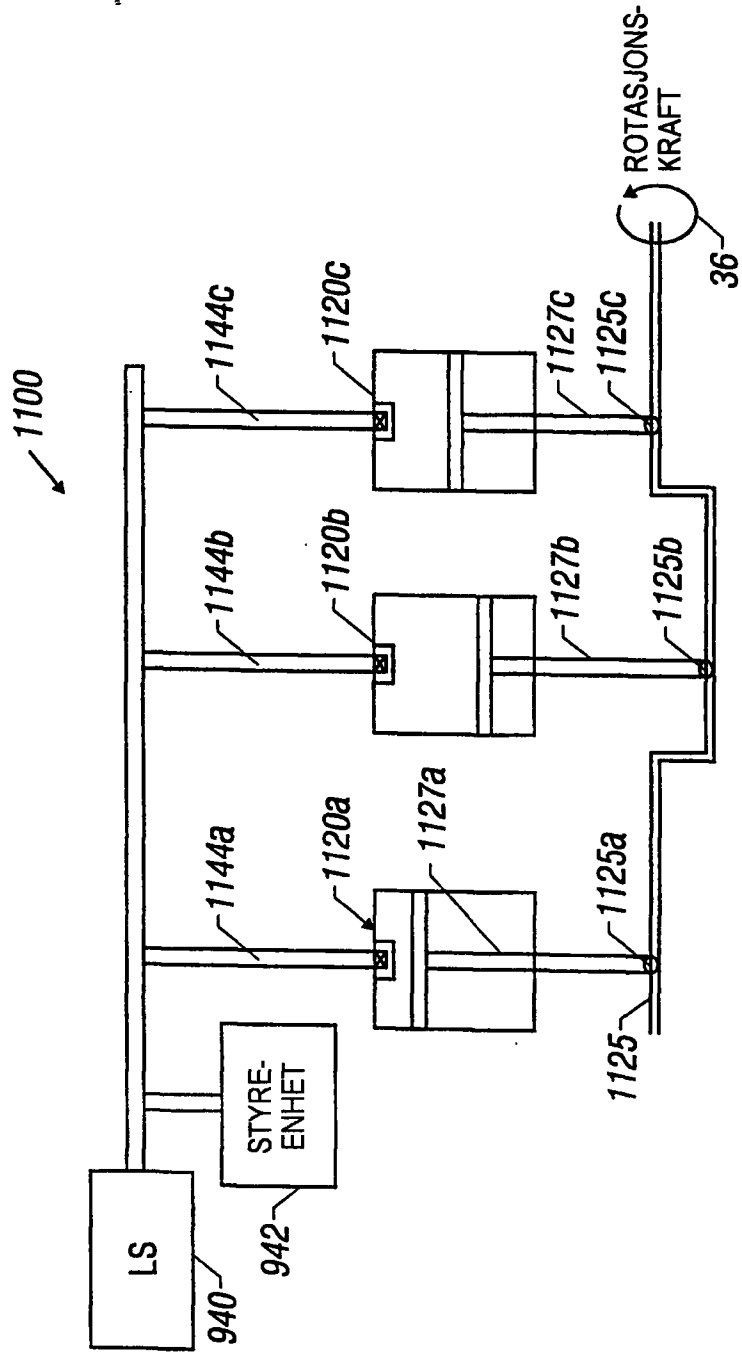
FIGUR 15B



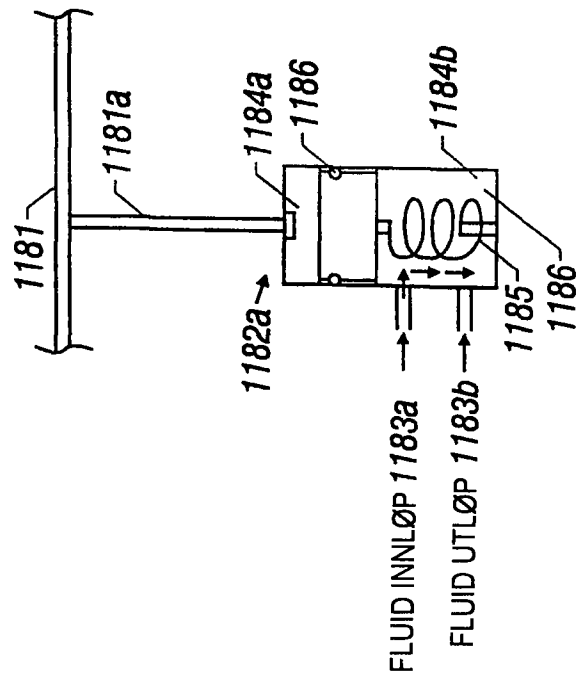
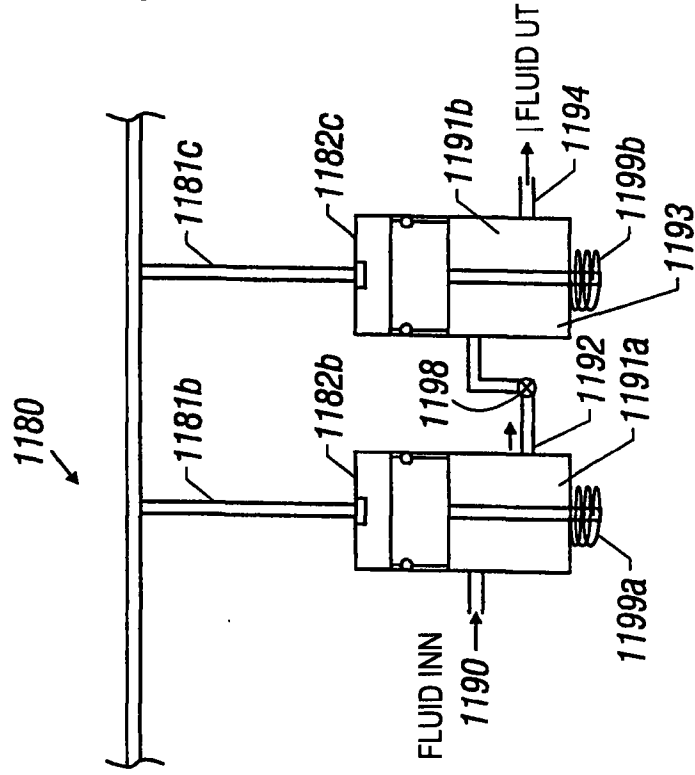
FIGUR 15C



FIGUR 16



FIGUR 17A



FIGUR 17B

FIGUR 17C