



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **300029**

(13) B1

(51) Int Cl⁶ G 01 V 9/00

Patentstyret

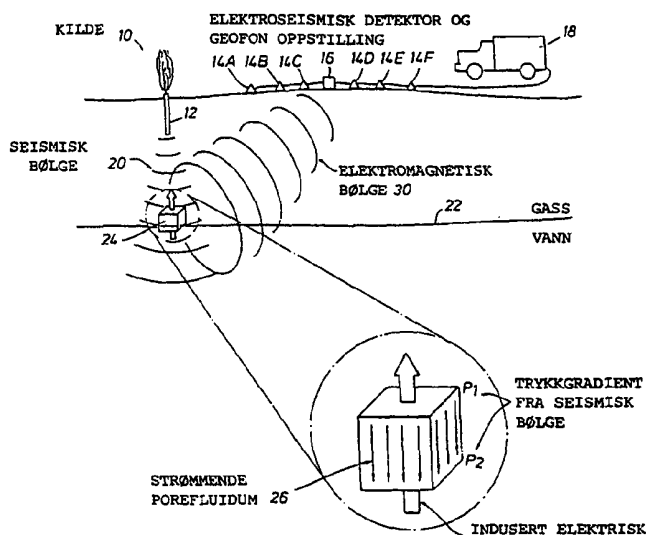
(21) Søknadsnr	895069	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	15.12.89	(85) Videreføringsdag	
(24) Løpedag	15.12.89	(30) Prioritet	21.12.88, US, 287882
(41) Alm. tilgj.	22.06.90		
(45) Meddelt	17.03.97		

(73) Patenthaver	Exxon Production Research Co, P.O. Box 2189, Houston, TX 77252-2189, US
(72) Oppfinner	Arthur Howard Thompson, Houston, TX, US
(74) Fullmektig	Oslo Patentkontor AS, 0306 OSLO

(54) **Benevnelse** **Elektroseismisk undersøkelse**

(56) **Anførte publikasjoner** US 3392327, US 3524129, US 3621380, US 4692905, US 4742402, US 4774469

(57) **Sammendrag** Ved elektroseismisk undersøkelse for detektering av enten nærværet av to ikke-blandbare fluida som er tilstede i en porøs underjordisk formasjon eller nærværet av en bergartformasjon med høy permeabilitet som innbefatter en ialt vesentlig vandig fase deri, frembringer et seismisk støt en akustisk bølgefront (20) som resulterer i et forbedret elektromagnetisk signal (30) når det møter den ene eller andre type av ovenfor beskrevne formasjoner. Dette resulterende forbedrede elektromagnetiske signal er detekterbart (elektroseismisk detektor (16) som en indikasjon av en sannsynlig hydrokarbonavsetning, hvorved gis ytterligere datainformasjon med konvensjonelle seismiske data til den geofysiske undersøgeren.



Den foreliggende oppfinnelse vedrører innhenting av elektroseismiske data og nærmere bestemt innhenting av slike data ved utviklingen og deteksjonen av elektromagnetiske bølger.

5

Det meste av seismiske undersøkelser skjer ved utviling av akustiske bølger fra en eller flere seismiske kilder som er plassert på eller nær jordens overflate. Disse akustiske bølger er kjent for å bli reflektert av grense-
10 sjikt eller diskontinuiteter i de underjordiske formasjoner for derved å bli returnert til jordens overflate for å bli detektert av en eller flere passende plasserte seismiske eller akustiske detektorer, vanligvis geofoner. Det er kjent at visse av de reflekterte bølger er såkalte skjærbølger (s-bølger) og andre av de reflekterte bølger
15 er såkalte kompresjonsbølger (p-bølger) som avviker fra hverandre i sine respektive refleksjonsvinkler og de akustiske vibrasjonsmessige retninger av partiklene i de lagdelte formasjoner gjennom hvilke bølgene passerer. I
20 særlig grad beveger begge bølgetyper seg i grunntrekk med lydhastigheten og dempes av formasjonene gjennom hvilke de passerer på den samme måte som lydbølger i det samme frekvensområde, hvilke er i lavfrekvensområdet for relativt dyp undersøkelse ettersom det er velkjent at de
25 høyere frekvenser i stor grad dempes av formasjonsmediene.

30

Forsøk er blitt gjort tidligere ved å anvende en plan for seismisk undersøkelse som anvendt andre fenomener enn akustisk deteksjon med geofoner som nettopp beskrevet. Eksempelvis ble det så tidlig som i 1936 patentert en fremgangsmåte av L.W. Blau et al., US patent 2 054 067, som anvendte resistansmodulasjon nær jordens overflate som skyldes en seismisk eksplosjon til å bevirke en de-
35 tekterbar elektromagnetisk respons. I grunntrekk blir formasjonene nær overflaten lagdelt i lag som har forskjellige tettheter. En seismisk eksplosjon ville bevirke

hvert lag av dens bestemte bestanddelsstruktur til å
modulere i henhold til sin tetthet, dvs. sin porøsitets-
konstruksjon. Således er det detekterte elektromagnetiske
feltpå et bestemt sted, som er proporsjonalt med resis-
tansmodulasjonen innenfor feltet, en indikasjon på hvor
5 tykke de respektive lag av de forskjellige tettheter er
på det bestemte sted. Teknikken som er beskrevet i US
patent 2 054 067 ble ikke i stor grad kommersialisert,
omenn i det hele tatt, sannsynligvis fordi det var bruk-
10 bart kunn på grunne dybder i nærheten av overflaten og
ikke nyttig på noen vesentlig dybde hvor majoriteten av
interesse er i olje- og gassundersøkelse. Dette tidlige
arbeid av Blau et al. ble rettet mot målingen av den
seismisk induserte resistansmodulasjonen av formasjonen
15 ved å føre en elektrisk strøm gjennom (eller å påtrykke
en spenning på) jorden og så måle modulasjonen av strøm-
men (eller modulasjonen av den resulterende spenning).
Slik det vil være åpenbart, er denne metode destinktivt
forskjellig fra den prosedyre som er beskrevet nedenfor,
20 i grunnleggende trekk på grunn av at ingen strøm tilføres
formasjonen eller jordoverflaten.

En annen teknikk som er blitt anvendt med hensyn til
deteksjonen av visse mineralavsetninger, anvender en
25 kontinuerlig bølgeseismisk kilde som induserer en spenn-
ing i avsetningen på grunn av den piezoelektriske effekt.
I et slikt tilfelle forvrenger den seismiske bølge en
piezoelektrisk formasjon som kvarts, som så polariseres
og utsender en elektromagnetisk bølge. Ingen fluider er
30 involvert. Slike teknikker anvender relativt høye frek-
venser og er derfor begrenset til en kort gjennomtreng-
ningsdybde og er dessuten nyttige for å detektere kun de
begrensede typer av avsetninger som oppviser en piezoel-
ekektrisk effektkarakteristikk.

35 Et av de mest interessante forsøk for å utvikle en alter-
nativ teknikk til den standard seismisk akustisk teknikk

er beskrevet i US patent 2 354 659, W.O. Bazhaw et al., utstedt 1. august 1944. I henhold til denne prosedyre ville en seismisk eksplosjon nedad møte et fluidumslag i den underjordiske formasjon som er plassert under et gasslag og bevirke fluidumet til hurtig å stige oppad inn i det antatt porøse gasslag. Når den relativt sakte setting av fluidumet (olje og vann) skjer, induserer denne sakte nedadrettede fluidumsbevegelse en strøمندring i banen mellom to elektroder som er innleiret i jordens overflate og forbundet med en passende elektronisk forsterker og registrator. Dersom ingen væske er til stede, er det ikke noen strøمندring. Dersom væske er til stede, er det en endring avhengig av de respektive parametre for fluidumet og formasjonen. Slik endring kan måles som en dc spenning for en betydelig tidsperiode etter eksplosjonen inntil likevektstilstand er oppnådd. Selv om teknikken er forskjellig fra prosedyren ifølge Blau et al., involverer teknikken en prosedyre som er nyttig på kun meget grunne dybder og derfor liten, omenn noen, praktisk kommersiell anvendelse. Dette skyldes at (1) dc spenningen ikke vil forplante seg som en elektromagnetisk bølge og derfor kun er nyttig på grunne dybder, og (2) meget lave frekvenser, i alt vesentlig dc, har meget lange bølgelengder, hvilket betyr at det er meget dårlig dybdeoppløsning. Det vil ses at i motsetning til dette, beholder den fremgangsmåte som er beskrevet nedenfor frekvenskarakteren for en seismisk bølge.

Ifølge oppfinnelsen er det tilveiebrakt en fremgangsmåte for elektro-seismisk undersøkelse vedrørende nærværet av hydrokarbonavsetninger ved detektering av to ikke-blandbare fluider som forekommer i en porøs underjordisk formasjon, som er karakterisert ved at den omfatter:

å initiere et seismisk støt ved en kilde lokasjon slik at dersom den akustiske bølgefront derfra møter et område av underjordisk formasjon som inneholder minst to ikke-blandbare fluider i et felles porerom, så vil det

fremskaffes et elektromagnetisk signal som har sin opprinnelse i den dipolare bevegelse i nevnte område og beveger seg fra området med lysets hastighet, og

5 å detektere det elektromagnetiske signal som en indikasjon på nærværet av sannsynlige hydrokarbonavsetninger i nærheten av nevnte område.

Et ytterligere aspekt ved oppfinnelsen fremgår av det vedføyde patentkrav 17.

10 Den grunnleggende fysiske prosess som kreves for elektro-seismisk undersøkelse eller ESP når den foreliggende oppfinnelse realiseres, er at seismisk energi kan omdannes til elektromagnetisk energi av betydelig verdi. Selv
15 om det er flere mulige teoretiske omformingsmekanismer som kan bevirke den observerte hendelse slik som resistansmodulasjon, omtalt ovenfor, spontane potensialer og elektrokapillaritet, blir mekanisme som best forklarer søkerens operasjoner og er nyttig for anvendelsen av
20 fremgangsmåten som er beskrevet, betegnet som "strømningspotensiale". Denne omformingsmodus for seismisk til elektromagnetisk energi synes å være den teori som er den mest effektive for analysering av hva som skjer med fluidumsbevegelse som er til stede i en porøs litologisk formasjon og som er mest uttalt når det er nærvær av mist
25 to ikke-blandbare fluider, slik som olje og vann eller gass og vann. Fenomenet eksisterer også i nærvær av en litologisk struktur som har høy permeabilitet hvor der det er porevann i strukturen. I grunntrekk, i henhold til
30 denne teori, er det en molekylær kjemisk bindingstiltrekning mellom fluidumet og den porøse overflate av den faste formasjon, hvilken binding forvrenses eller brytes ved den hurtige bevegelse av fluidumet ved kontakt ved en akustisk bølgefront, hvorved induseres på en dipolmåte en
35 elektromagnetisk respons. M.A. Biot beskrev fluidumsbevegelsen som ledsager en seismisk trykkgradient i dokumenter publisert av Journal of the Acoustical Society of

America i 1956 og 1962 på hhv. s. 168 i volum 28 og s. 1254 i volum 34. Andre, slik som J.O. Bockris og A.K.N. Reddy, har eksperimentert med strømningspotensialet og rapportert omtrentlig i 1973 om deres funn, men hittil er effekten ikke blitt anvendt for elektroseismisk undersøkelse slik som angitt videre her.

Derfor kan den fremgangsmåte som er omtalt her realiseres ved å anvende "strømningspotensial"-effekten ved elektroseismiske undersøkelser for indusering av et detekterbart elektromagnetisk felt som er i stand til direkte å avsløre nærværet av to ikke-blandbare fluider, slik som olje og vann eller gass og vann, eller nærværet av et fluidum i porerummet i en formasjon som har høy permeabilitet.

Elektroseismisk undersøkelse skiller seg fra operasjonen av en elektromagnetisk geofon, som avføler nærværet av en reflektert seismisk eller akustisk bølge på jordens overflate. Selv om elektromagnetiske geofoner først ble undersøkt forut for 1950, førte deres operasjoner ikke til elektroseismisk undersøkelse.

Det er en vesentlig forskjell som kan gjøres mellom ESP data og seismiske data. Seismiske data avslører kun strukturell informasjon relatert til den elastiske kontrast mellom to forskjellige litologiske regioner. Ingen informasjon avsløres om hva slags type av bergart som er til stede eller hva som er i porerommet av regionen som er under undersøkelse. På den annen side virker ESP hvor det er mobilt, ledende vann i porerommet i formasjonen som undersøkes, eller hvor ikke-blandbare fluider er til stede, eksempelvis en blanding av vann og hydrokarbon. Det er derfor klart at ESP ikke er et spesielt tilfelle av seimologi, men er grunnleggende forskjellig. Det faktum at ESP er følsom overfor typen av porefluidum, er kilden til dens nytte.

Derfor er den fremgangsmåte som er omtalt her i stand til å detektere på en forbedret måte nærværet av mobilt, ledende vann i porerommet av en litologisk formasjon som undersøkes, eller nærværet av en blanding av vann og hydrokarbon.

Den teknikk som er beskrevet her er for den elektroseismiske deteksjon av nærværet av to ikke-blandbare fluider som er til stede i en porøs underjordisk formasjon eller nærværet av vann i porerommet av en formasjon som har høy permeabilitet. Prosedyren involverer å initiere et seismisk støt, slik som ved dynamitteksplasjon, dunking eller lignende på vanlig måte ved hjelp av en eller flere kilder som er plassert på eller nær jordens overflate. Alternativt kan den seismiske kilde plasseres enten i et relativt grunt eller endog et dypt (dvs. formasjonsgjennomtrengende) brønnhull. Den seismiske eller akustiske bølgefront som frembringes derved forplanter seg gjennom den underjordiske formasjon inntil den møter nærværet av en av de detekterbare formasjon som er beskrevet ovenfor. Ved en slik formasjon vil fluidumet eller nevnte fluidier innenfor bergartens porerom bevege seg vesentlig, hvorved bevirkes eller induseres en elektromagnetisk respons ved hjelp av "strømningspotensial"-effekten. I to-fluidumstilfellet vil fluider av vesentlig volum bli hurtig forflyttet med hensyn til den porøse bergartformasjon, hvorved skapes en øyeblikkelig i overveiende grad dipol i den ledende fluidumskomponent nærmest den faste overflate. I det enkeltledede fluidumstilfelle, vil fluidum av vesentlig volum bli hurtig forflyttet med hensyn til den porøse bergartformasjon, hvilket også skaper en øyeblikkelig, i overveidende grad vertikal dipol hvor det ledende fluidum tiltrekkes det faste. Den elektromagnetiske stråling som kommer fra denne dipol, er effektivt en bølge som sender gjennom den underjordiske formasjon tilbake til jordens overflate ved lyshastigheten gjennom det litologiske materiale mellom refleksjonspunktet og deteksjonspunktet.

På overflaten reagerer en passende detektor på det elektromagnetiske felt. Passende detektorer er hovedsakelig elektroniske detektorer, selv om magnetiske avfølere også kunne anvendes. Det er blitt oppdaget at den mest enkle og mest følsomme avføler er i form av to stavlignende elektroder atskilt med en avstand på ca. 4,6-610 metere, idet stavene drives inn i jordens overflate til en passende dybde for å kunne bli innleiret i det første grunnvannsspeil under overflaten. Den aktuelle separasjon avhenger av (1) elektrisk støy generert på elektrodekontakten med bakken, (2) miljømessig støy, (3) signalstyrke og (4) dybde av formasjonen som er av interesse. Feltet induserer en målbar potensialforskjell eller spenning, som er detekterbar og forsterkes og eventuelt registreres på vanlig måte.

Oppfinnelsen skal bedre forstås ved å referere, i eksemplets form, til de velagte tegninger.

Figur 1 er et tverrsnittriss av en typisk prosedyremessig anordning av komponenter som illustrerer en foretrukken utførelsesfor for oppfinnelsen.

Figur 2 er et delvis tverrsnittriss av en porøs formasjon som er egnet for elektromagnetisk eksitering ved hjelp av en seismisk bølgefront, som illustrerer "strømningspotensial"-effekten.

Figur 3 er en skjematisk fremstilling av en annen foretrukken løsning der kilden er plassert nær bunnen av et relativt grunt brønnhull.

Figur 4 er en skjematisk fremstilling over rørbølgefronten som beveger seg opp et brønnhull fra en kildedannende hendelse og de elektromagnetiske responser som skjer på grunn av dette.

Figur 5 er en visuell fremstilling over feltregistrerte elektromagnetiske data som skyldes en fysisk anordning av komponenter som vist på figur 4.

- 5 Figur 6 er et forenklet elektrisk skjema over en passende elektromagnetisk detektor for bruk ved en foretrukken utførelsesform for den foreliggende oppfinnelse.

10 Idet det nå vises til tegningene og først til figur 1, er en typisk foretrukket løsning for bruk ved utførelse av den foreliggende oppfinnelse vist. En kilde er plassert på eller nær jordens overflate, som også kan være innenfor et grunt brønnhull 12. Atskilt fra kilden befinner seg detektorer som er egnet for detektering av seismiske
15 refleksjoner. Disse innbefatter en geofonoppstilling som består av geofoner 14A-F for detektering av de normale akustiske refleksjoner som er velkjente innefor teknikken
20 go en passende elektro-seismisk detektor 16, som er mer fullstendig beskrevet her. Både geofondetektoroppstillingen og den elektro-seismiske detektor kan forbindes med en registrator som er plassert i en registreringsvogn 18.

Kilden 10 kan være en enkel dynamittkilde, en akustisk "dunker", eller en mer komplisert kilde, etter ønske.
25 Generelt, når den aktiveres, kommer imidlertid seismisk eller akustisk energier fra som seismisk bølge 20 gjennom den underjordiske litologi under kildestedet. For diskusjonens formål finnes det på figur 1 et område av formasjonen der et gasslag er i kontakt med et vannlag.
30 Grensesjiktet mellom disse to lag identifiseres på tegningen med henvisningstall 22. Formasjonen hvor disse ikke-blandbare fluider finnes, er formasjonen som er detekterbar i henhold til den fremgangsmåte som er beskrevet her. Et segment 24 av denne detekterbare forma-
35 sjon er vist i et eksplodert bilde. For hensiktsmessighets skyld er dette segment av formasjonen vist som en tre-dimensjonal kubus.

Selve formasjonen er porøs slik det er tydeligere vist på figur 2. Dette betyr at det er massige bergarter 23 som er anbrakt spredt overalt med kanal-lignende porerom 25. På grunn av at gass og vann ikke blander seg, vil vannet komme til ro og fylle rom 25 under gasssjiktlinjen 22 og gass fyller rom 25 over den linjen. Der det finnes vann er det en elektrokjemisk binding mellom vannet, den tyngre av gass og vann fluidene, og de faste bergartdelene 23. Dette er vist ved "+" symbolene i fluidumsdelen og "-" symbolene i den faste del av formasjonen.

Fortegnet av det elektriske felt eller feltpolaritetsretningen avhenger av overflateladningen på det faste og måten fluidumet siler ut den ladningen. I leirer er ladningen typisk som vist på figur 2. I karbonater kunne imidlertid ladningen gjerne omstues, dvs. med "+" ladningen på det faste.

Når en akustisk seismisk bølge 20 stater mot formasjonen i den viste region av formasjonen, etableres en trykkgradient på dybde P_1 og dybde P_2 som skyver ned på vannet, startende på vannoverflaten, og som passerer nedad gjennom fluidumet i en i alt vesentlig vertikal retning som bevirker fluidumet til å bevege seg nedad. Dette er vist ved strømmende porefluidumspiler 26 på figur 1. Det vil ses at denne nedadbevegelse har virkningen av å separere de elektrokjemiske bindinger, hvorved effektivt etableres en i alt vesentlig vertikal dipol hvor bindingene forvrenses eller brytes. Denne dipol er ikke akkurat i området nær vannoverflaten eller grensesjiktet 22, men overalt på dybden av formasjonen hvor den illustrerte litologi eksisterer. Således illustreres et vertikalt elektrisk felt 28 i en oppad vertikal retning ved støtpunktet som har en kraft eller styrke av betydelig verdi. Polariteten av dette felt er negativt-til-positivt i en progressiv oppadretning, i eksempelet på figur 1.

Som beskrevet ovenfor, vil vanligvis den første ankomst av den seismiske bølge forflytte fluidumet nedad. Imidlertid, slik det er beskrevet i det etterfølgende med hensyn til eksempelet på figur 4, kunne den første ankomst svare til oppadbevegelse. Dessuten, etter den første ankomst roer fluidumet seg og beveger seg i motsatt retning. Imidlertid beveger fluidumet seg generelt i retning av trykkgradienten, som er motsatt den lære som er gitt av Bazhaw i US patent 2 354 659.

Det er åpenbart at et elektrisk felt 28 genereres når porene over linje 22 enten fylles med en gass eller når disse porer inneholder en blanding av gass eller væske. Når det er to væsker, slik som olje og vann, er hastigheten av nedadbevegelse for de to fluider lik, men kun den ledende væskes bevegelse genererer et elektrisk felt slik at på linjen hvor de to fluider møtes, vil det oppstå en diskontinuitet i det elektriske felt.

Det elektriske felt 28 frembringer en tilsvarende elektromagnetisk bølge 30 som utgår vekk fra den støtutsatte region som nettopp er beskrevet. En elektromagnetisk bølge, i motsetning til en reflekterende akustisk bølge, beveger seg, på lyshastigheten med hensyn til den eksisterende litologiske formasjon. Selvfølgelig, dersom det er en vanlig seismisk reflekterende grense, vil akustiske refleksjoner oppstå, og vil bli detektert av geofonoppstillingen, også på konvensjonell måte. Deteksjonen av den elektromagnetiske bølge vil imidlertid skje nær det er fluidum i en porøs formasjon som har høy permeabilitetssubstans, eller hvor det er to ikke-blandbare fluider i en formasjon.

Når det er to fluider til stede, beveger begge fluider seg med omtrentlig samme hastighet. Betydningen av to fluider er noe subtil og gjenkjennelsen av hvilke effekter dette har er ikke blitt lagt merke til tidligere, slik

at det vitenskapelige fremskritt som er beskrevet her, kun er mulig først nå. Når det er en grense mellom to fluider (f.eks. en gass-vann kontakt), er grenset et plan på hvilket seismisk energi reflekteres, og en del av den energi omdannes til fluidumsbevegelse. ESP-signalet er stort på grunn av den seismiske energiomforming.

Når det er to fluider i samme porestruktur (dvs. små dråper av olje i vann eller bobler av gass i vann), vil en hvilken som helst fluidumsbevegelse føre til et stort elektrisk felt på grunn av at forvrengningen av formen av den lille dråpen eller boblen bidrar til det elektriske felt. Dette er den "elektrokapillære" effekt som er tidligere nevnt. Liksom strømningspotensialet, har denne elektrokapillære effekt vært kjent innenfor elektrokjemien i mange år, men dens betydning for ESP er ikke blitt anerkjent.

Idet det nå vises til figur 3, er det vist en alternativ plassering av en kilde 10, som er vist i et brønnhull og ved en distanse nær bunnen av en 152,4 meters brønn. Dette sted er under gass/vannlinjen 22. En geofon 14 som er plassert nær åpningen av brønnhullet på jordens overflate vil detektere den akustiske bølgeform som bevirkes ved aktivisering av kilden. Den akustiske bølge som beveger seg opp brønnhullet, refereres til som en "rør"bølge. Den akustiske bølge som treffer regionen definert av linje 22, vil frembringe en elektromagnetisk respons som tidligere beskrevet, og er detekterbar ved hjelp av en passende detektor 16.

Slik som mer fullstendig vist på figur 4, kan flere betingelser eksistere i brønnhullet og i litologien nær brønnhullet som resulterer i en elektromagnetisk respons og er detekterbar på den måte som er vist på figur 3. En grafisk fremstilling over elektrisk respons som skyldes effekten av den fysiske anordning på figur 4, er vist på

figur 5. Ved posisjon 50 antas det at det er en vandig saltholdig væske i en formasjon med høy permeabilitet. Støtet av det akustiske trykk fra den seismiske kilde 10 vil resultere i en utadrettet fluidumsbevegelse på det punkt, som omsettes til en detekterbar elektromagnetisk respons.

På linje 52 er det et gasslag, som likeledes eksiteres av støtet fra den akustiske p-bølge. Igjen er det en elektromagnetisk bølgerespons til dette, som er detekterbar på overflaten.

Ved punkt 54 nås overflaten av fluidumet i borehullet av rørbølgen og igjen frembringer en utadrespons inn i formasjonen som resulterer i elektromagnetiske responser på linjer 56 og 58 (som respektive betegner toppoverflater av respektive grunnvannsspeil) tilsvarende linje 22, hvor to ikke-blandbare fluider møtes. Ved å overvåke begge de akustiske bølger og de elektromagnetiske bølger, er det mulig å bestemme hva som har skjedd på hvert nivå. Man bør minnes at de akustiske bølger beveger seg med lydhastigheten og de elektromagnetiske bølger beveger seg med lyshastigheten, hvilket gjør det åpenbart når det har vært en elektromagnetisk respons til en akustisk bølgefront. Således er den elektromagnetiske deteksjon av kilden ved munningen av brønnhullet vist med vertikale linjer 51 på figur 5, idet linjene er vertikale ettersom den elektromagnetiske bølge beveger seg opp brønnhullet med lyshastigheten. Linje 53 på figur 5 er den elektromagnetiske respons til ESP signalet som genereres når en akustisk rørbølge beveger seg nedad i brønnen, støter mot brønnens bunn, og bevirker nedadstrømning av fluidum i formasjonen.

De elektromagnetiske responser til fluidumsoverflaten 54 er vist ved linje 55, til formasjon 56 ved linje 57, til formasjon 58 ved linje 59, og til gasslaglinje 52 ved

linje 61 på figur 5. I eksempeleksperimentet som skapte
responsen vist på figur 5, var den seismiske kilde i
brønnen et plasteksplosiv med vekt lik 19 g. Den typiske
signalrespons på Figur 5 bevirket en spenning av flere
5 titalls mikrovolt til å opptre over antennen, som var 4,6
m lang.

Linjene trukket på figur 5 er nyttige for fortolkning
ettersom deres helninger er et mål på den seismiske hast-
10 ighet. Som angitt på figuren er linjene 53, 55, 57 og 59
knyttet til rørbølger i brønnhullet. Det er velkjent at
rørbølger i en formasjon som vist i eksempelet har en
hastighet lik 1372 m/sek. I motsetning til dette svarer
linje 61 til seismisk forplantning i formasjonen som
15 omgir brønnhullet, hvor det er velkjent at den karakter-
istiske kompresjonsbølges hastighet er 1738 m/sek. Linje
61 har en helning lik 1738 m/sek.

Figur 6 illustrerer en enkel løsning for elektromagnetisk
20 deteksjon. Det vil bemerkes at en detektor lett kan lages
ved hjelp av atskilte rørelektroder 60 og 62 av rustfritt
stål, fortrinnsvis drevet til en dybde for å nå grunn-
vannsspeilet. Andre metallrør, slik som kobber eller bly,
kan også anvendes. På tegningen antas det at grunnvanns-
25 speilet er på 4,6 m, hvorved elektroder som er 6,1 m
lange er adekvate. Deteksjon er imidlertid mulig med
elektroder som ikke drives inn i grunnvannsspeilet. De to
elektroder er plassert typisk 4,6-610 m fra hverandre. De
to elektroder er forbundet, valgfritt i serie med et
30 batteri gjennom en primærspole 64 i en transformator. Den
andre spole 66 som er koblet dertil, er koblet gjennom
passende smalbåndfiltre for å fjerne strøppfangnings-
frekvenser til forsterker 70. Eksempelvis, dersom det er
en kraftlinje i nærheten, er smalbåndfiltre 68 på 60 Hz
35 ønskelig. Forsterkeren kan kobles til en fremviser 71, en
registrerende datamaskin 72 eller lignende etter ønske.
Dette utstyr er normalt plassert i en nærliggende vogn

eller annet passende ly.

5 Selv om eksempelvis kun en type av elektromagnetisk detektor er vist, kan en hvilken som helst passende elektrisk eller magnetisk detektor som er i stand til å detektere de elektromagnetiske bølger som skapes som omtalt her, bli anvendt. Dessuten kan en kilde plasseres på et dypt nivå hvor den er innenfor regionen hvor elektromagnetisk eksitering skjer, slik det er beskrevet her.

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for elektroseismisk undersøkelse ved-
rørende nærværet av hydrokarbonavsetninger ved detekter-
ing av to ikke-blandbare fluider som forekommer i en
porøs underjordisk formasjon,
k a r a k t e r i s e r t v e d at fremgangsmåten
omfatter:

å initiere et seismisk støt ved en kildelokas-
jon slik at dersom den akustiske bølgefront derfra møter
et område av underjordisk formasjon som inneholder minst
to ikke-blandbare fluider i et felles porerom, så vil det
fremskaffes et elektromagnetisk signal som har sin opp-
rinnelse i den dipolare bevegelse i nevnte område og
beveger seg fra området med lysets hastighet, og

å detektere det elektromagnetiske signal som en
indikasjon på nærværet av sannsynlige hydrokarbonavset-
ninger i nærheten av nevnte område.

2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at de to ikke-bland-
bare fluider er separert i stor grad, slik at det grunn-
ere parti av porerommet er hovedsakelig fylt med gass-
fluidum og det dypere parti av porerommet er hovedsakelig
fylt med vanndig fluidum, idet opprinnelsen av de elek-
tromagnetiske signaler er i området for kontakt mellom
det grunnere fluidumfylte parti og det dypere fluidumfyl-
te parti av porerommet.

3. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at de to ikke-bland-
bare fluider er hovedsakelig separert, slik at det grunn-
ere parti av porerommet er hovedsakelig fylt med væske-
formet hydrokarbonfluidum og det dypere parti av porerom-
met er hovedsakelig fylt med vanndig fluidum, samtidig
som opprinnelsen til de elektromagnetiske signaler er i
området for kontakt mellom det grunnere fluidumfylte

parti og det dypere fluidumfylte parti av porerommet.

4. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det foreligger et
5 tredje fluidum sammen med de to ikke-blandbare fluider,
idet det tredje fluidum kan blandes med én av de to ikke-
blandbare fluider.
5. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
10 k a r a k t e r i s e r t v e d at det seismiske støt
initieres ved eller nær jordoverflaten.
6. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det seismiske støt
15 initieres ved en nedhulls lokasjon fra innsiden av en
brønn som strekker seg hovedsakelig under jordflaten.
7. Fremgangsmåte som angitt i krav 6,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det seismiske støt
20 initieres ved en lokasjon fra innsiden av en brønn som
trenger gjennom området for den porøse underjordiske
formasjon.
8. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
25 k a r a k t e r i s e r t v e d at de ikke-blandbare
fluider innbefatter en gass og en væske.
9. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at de ikke-blandbare
30 fluider innbefatter en vanndig komponent og en hovedsake-
lig hydrokarbonkomponent.
10. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at frekvensen for
35 seismiske støt ligger i et område på omtrentlig 1-500 Hz
og at frekvensen for det elektromagnetiske signal ligger
i et område på sammenlignbart omtrentlig 1-500 Hz.

11. Fremgangsmåte som angitt i hvilket som helst av de foregående krav,

k a r a k t e r i s e r t v e d at frekvensen av det seismiske støt er et område av omtrentlig 1-100 Hz, og
5 frekvensen av det elektromagnetiske signal er i et område omtrentlig sammenlignbart 1-100 Hz.

12. Fremgangsmåte som angitt i hvilket som helst av de foregående krav,

10 k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektromagnetiske signal detekteres magnetisk.

13. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,

15 k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektromagnetiske signal detekteres elektrisk.

14. Fremgangsmåte som angitt i krav 13,

k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektromagnetiske signal detekteres elektrisk under anvendelse av to
20 elektroder som er innleiret i jordens overflate og spenningen mellom disse detekteres når den elektromagnetiske signalbølgefront møter de respektive elektroder.

15. Fremgangsmåte som angitt i krav 14,

25 k a r a k t e r i s e r t v e d at elektrodene er innleiret til en dybde som trenger inn i det første grunnvannspeil som eksisterer under jordens overflate.

16. Fremgangsmåte som angitt i krav 13,

30 k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektromagnetiske signal detekteres elektrisk under anvendelse av to elektroder som er atskilt fra hverandre på forskjellige dygder i et brønnhull, idet hver av nevnte elektroder trenger inn i jordens litologiske formasjon som er hos-
35 liggende nevnte brønnhull.

17. Fremgangsmåte for elektroseismisk undersøkelse for

nærværet av hydrokarbonavsetninger ved detektering av et legeme av fjell med høy permeabilitet plassert under jordens overflate og omfattende en hovedsakelig vanndig fase i porerommet for fjellet,

5 k a r a k t e r i s e r t v e d at fremgangsmåten omfatter følgende trinn:

å initiere et seismisk støt ved en kildelokasjon slik at dersom den akustiske bølgefront derfra møter et fjellelement med høy permeabilitet som inneholder et porefluidum med hovedsakelig vanndig fase i porerommet av fjellet, vil det frembringes et elektromagnetisk signal som har sin opprinnelse fra den dipolare bevegelse i nevnte legeme og beveger seg fra legemet ved lysets hastighet, og

15 å detektere det elektromagnetiske signal som en indikasjon på nærværet av sannsynlige hydrokarbonavsetninger i nærheten av fjellet med permeabilitet.

18. Fremgangsmåte som angitt i krav 17,
20 k a r a k t e r i s e r t v e d at det seismiske støt initieres ved eller nær jordoverflaten.

19. Fremgangsmåte som angitt i krav 17,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det seismiske støt
25 initieres ved en nedhulls lokasjon fra innsiden av en brønn som strekker seg hovedsakelig under jordflaten.

20. Fremgangsmåte som angitt i krav 19,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det seismiske støt
30 initieres ved en lokasjon fra innsiden av en brønn som trenger gjennom området for den porøse underjordiske formasjon.

21. Fremgangsmåte som angitt i krav 17,
35 k a r a k t e r i s e r t v e d at porefluidet er hovedsakelige saltvann.

22. Fremgangsmåte som angitt i krav 17,
k a r a k t e r i s e r t v e d at porefluidet er
hovedsakelige saltvann med mindre mengder oppløst gass-
komponent.

5

23. Fremgangsmåte som angitt i krav 17,
k a r a k t e r i s e r t v e d at porefluidet er
hovedsakelige saltvann med en mindre komponent av hydro-
karbonvæske oppløst deri.

10

24. Fremgangsmåte som angitt i krav 17,
k a r a k t e r i s e r t v e d at frekvensen for
seismiske støt ligger i et område på omtrentlig 1-500 Hz
og at frekvensen for det elektromagnetiske signal ligger
i et område på sammenlignbart omtrentlig 1-500 Hz.

15

25. Fremgangsmåte som angitt i krav 17,
k a r a k t e r i s e r t v e d at frekvensen av det
seismiske støt er et område av omtrentlig 1-100 Hz, og
frekvensen av det elektromagnetiske signal er i et område
omtrentlig sammenlignbart 1-100 Hz.

20

26. Fremgangsmåte som angitt i krav 17,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektromagnet-
iske signal detekteres magnetisk.

25

27. Fremgangsmåte som angitt i krav 17,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektromagnet-
iske signal detekteres elektrisk.

30

28. Fremgangsmåte som angitt i krav 27,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektromagnet-
iske signal detekteres elektrisk under anvendelse av to
elektroder som er innleiret i jordens overflate og spenn-
ingen mellom disse detekteres når den elektromagnetiske
signalbølgefront møter de respektive elektroder.

35

29. Fremgangsmåte som angitt i krav 28,
k a r a k t e r i s e r t v e d at elektrodene er
innleiret til en dybde som trenger inn i det første
grunnvannspeil som eksisterer under jordens overflate.

5

30. Fremgangsmåte som angitt i krav 27,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektromagnet-
iske signal detekteres elektrisk under anvendelse av to
elektroder som er atskilt fra hverandre på forskjellige
dygder i et brønnhull, idet hver av nevnte elektroder
trenger inn i jordens litologiske formasjon som er hos-
liggende nevnte brønnhull.

10

31. Fremgangsmåte som angitt i krav 17,
k a r a k t e r i s e r t v e d at fjellet med høy
permeabilitet har en hydraulisk permeabilitet som er
større enn 0,1 millidarcy.

15

32. Fremgangsmåte som angitt i krav 17,
k a r a k t e r i s e r t v e d at fjellet med høy
permeabilitet har en hydraulisk permeabilitet større enn
100 millidarcy.

20

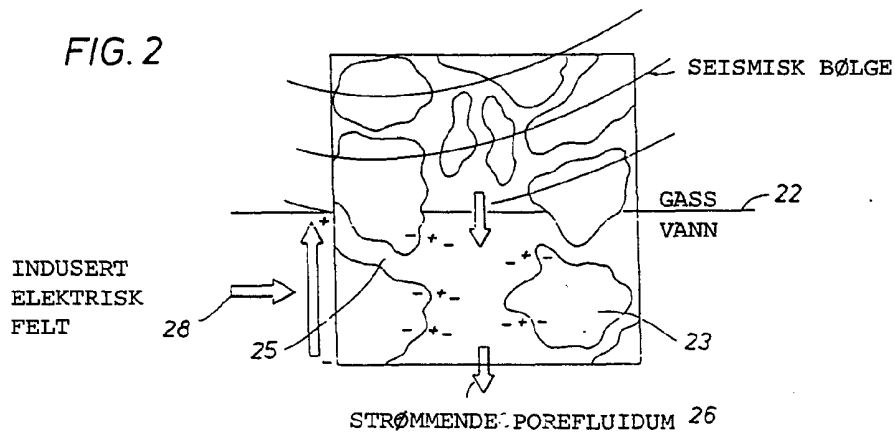
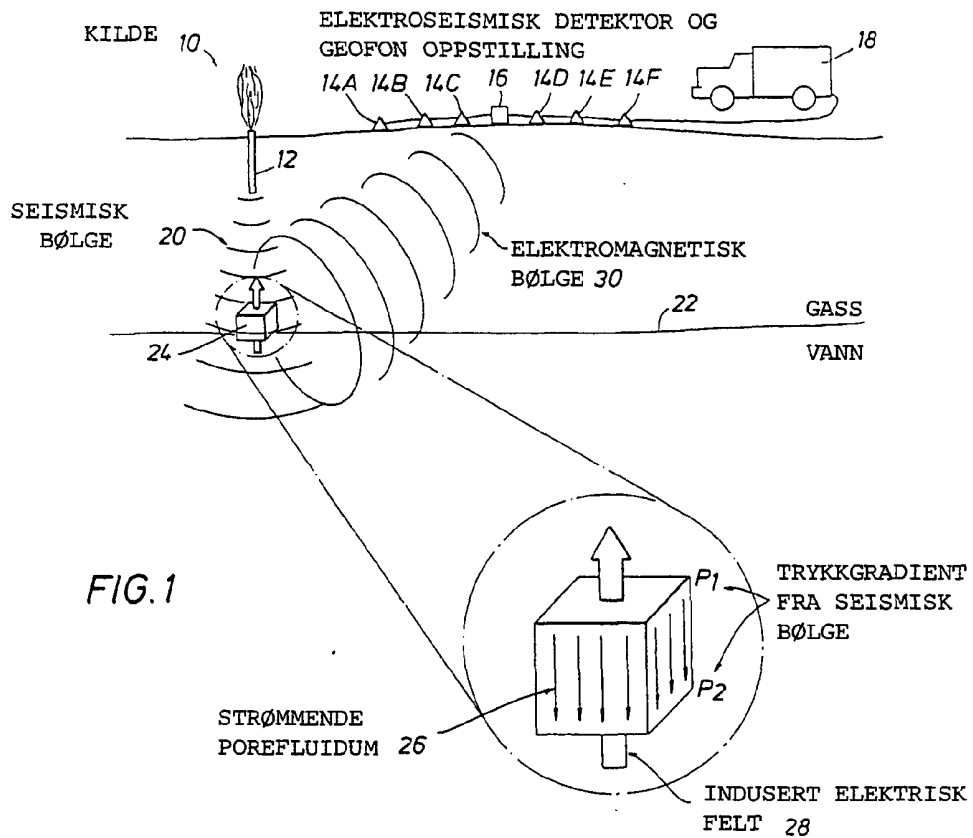


FIG. 3

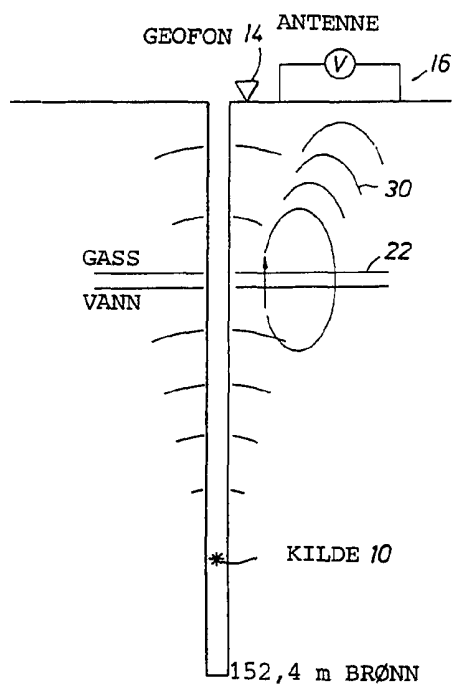


FIG. 4

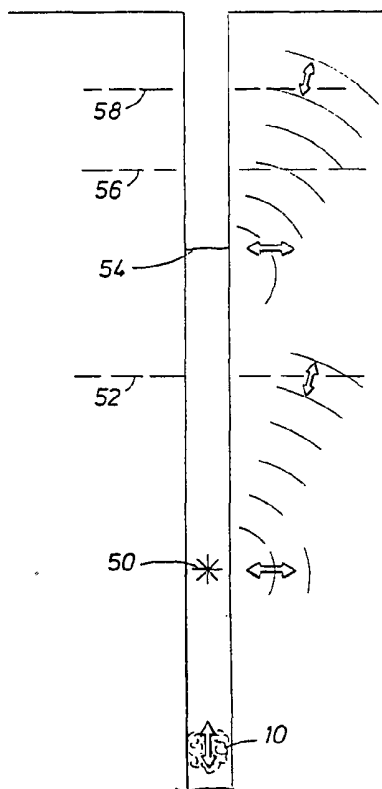


FIG. 6

