



(12) **PATENT**

(19) **NO**

(11) **330788**

(13) **B1**

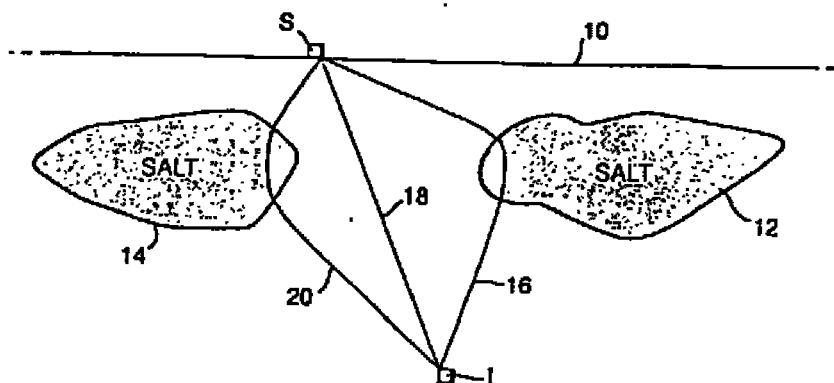
NORGE

(51) Int Cl.
G01V 1/28 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20000564	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1998.08.12 PCT/GB1998/02428
(22)	Inng.dag	2000.02.03	(85)	Videreføringsdag	2000.02.03
(24)	Løpedag	1998.08.12	(30)	Prioritet	1997.08.15, GB, 9717409
(41)	Alm.tilgj	2000.02.03			
(45)	Meddelt	2011.07.18			
(73)	Innehaver	Schlumberger Holdings Ltd, P O Box 71, Craigmuir Chambers, VG- ROAD TOWN, TORTOLA, De britiske jomfruøyene			
(72)	Oppfinner	David Edvard Nichols, 2736 Nottingham Street, US-TX77005 HOUSTON, USA			
(74)	Fullmektig	Onsagers AS, Postboks 6963 St Olavs Plass, 0130 OSLO, Norge			
(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte for å prosessere seismiske data			
(56)	Anførte publikasjoner	MOSER, T. J. Shortest path calculation of seismic rays, Geophysics, Vol. 56, NO. 1 (JANUARY 1991); P. 59-67, 12 FIGS. , FISCHER, R. at al. Shortest path ray tracing with sparse graphs, Geophysics, Vol. 58, NO. 7 (JULY 1993); P. 987-996, 9 FIGS.			
(57)	Sammendrag				

Oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte for å prosessere seismiske data, som er mindre følsom for konsekvensene av multiple forplantningsveier. Det kan finnes tre veier (16, 18, 20) mellom en seismisk kilde (S) og et avbildningspunkt (I). Signaler i veier (16 og 20) blir avbøyet av saltlegemer. Hvis det også fantes tre veier mellom en seismisk mottaker og avbildningspunktet (I), ville det være ni mulige permutasjoner av utgående og returnerende signalveier for avbildningspunktet (I), og å ta hensyn til alle disse veiene ville være uoverkommelig. I samsvar med den foreliggende oppfinnelsen velges strålevei som resulterer fra de korteste utgående og returnerende veiene for etterfølgende prosessering (slik som prestakk dybdemigrasjon etc.). Gangtidkurvene assosiert med stråleveiene som har kortest strålelengde er stykkevis kontinuerlige og vil mer sannsynlig være assosiert med mer av energien enn både første ankomst og ankomsten med maksimal amplitude, og medvirker således til effektiv analyse av de seismiske data.



Den foreliggende oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte for å prosessere seismiske data.

Seismiske data samles inn for å analysere lag under jordas overflate, spesielt for leting etter hydrokarboner. Seismiske data for å analysere strukturer under
 5 overflaten kan samles inn på land, eller over vann, ved bruk av sjøgående fartøyer. For å fremskaffe dataene, er det tilveiebrakt en seismisk kilde som kan omfatte eksplosiver (på land) eller en impuls av komprimert luft eller luftkanoner (til sjøs). De seismiske datasignalene som reflekteres av de ulike lagene nedenfor overflaten av jorda er kjent som traser, og blir avfølt av et stort antall, typisk hundrevis, av
 10 sensorer slik som geofoner på land og hydrofoner til sjøs. De reflekterte signalene blir registrert, og resultatene blir analysert for å avlede en indikasjon av lagformasjoner under overflaten. Slike indikasjoner kan så benyttes for å vurdere sannsynligheten for hydrokarbonforekomster.

Analysen av resultatene, for å avlede en indikasjon av lagformasjoner er imidlertid
 15 ikke likefrem. Spesielt der materialene i lagene under overflaten av jorda varierer lateralt, kan det finnes mer enn en signalvei mellom den seismiske kilden og et punkt nedenfor overflaten som reflekterer signaler. Typisk vil dette også være tilfelle for returveien mellom refleksjonspunktet og en respektiv seismisk sensor, slik som en geofon eller en hydrofon. Dersom det betraktes et tilfelle av tre ulike
 20 veier i hver retning, vil det finnes ni ulike rundturruter (engelsk: roundtrip routes) som et signal kan vandre fra den seismiske kilden til den seismiske sensoren fra et enkelt refleksjonspunkt. Kosteffektiv analyse som benytter alle disse mulige veiene er umulig, så det er behov for måter å forenkle prosessen på.

I «Green's Functions for 3D Pre-stack Depth Migration» publisert i EAGE 57
 25 Conference and Technical Exhibition i Glasgow, Scotland 29. mai til 2. juni 1995, er de følgende to tidligere kjente teknikkene for å redusere denne kompleksiteten beskrevet. Det vil forstås at signalene som resulterer fra et enkelt refleksjonspunkt generelt vil ankomme geofonen til ulike tider og med ulike amplituder, avhengig av avstanden av den tilbakelagte veien og lydforplantningskarakteristikkene for lagene
 30 under overflaten som lydbølgene har passert gjennom. Følgelig finnes det et antall «stråleveier» (engelsk: «ray paths») gjennom området under overflaten av jorda som angår et signal reflektert av et enkelt refleksjonspunkt. En foreslått løsning til kompleksiteten av de tallrike stråleveiene er å velge et såkalt første ankommende signal. Dette vil være det ankomstsignalet (eller «ankomsten») som samsvarer med
 35 det seismiske signalet som utbrer seg raskest. En ulempe med denne teknikken er imidlertid at det første ankommende signalet sjelden er det sterkeste signalet og ofte inneholder for lite energi til å tilveiebringe pålitelig og nøyaktig analyse. Fremgangsmåtene for å beregne vandringstid for første ankommende har imidlertid en tendens til å være billigere og enklere enn andre fremgangsmåter.

Noen av disse fremgangsmåtene er vanligvis (og forvirrende) omtalt som «korteste vei»- fremgangsmåter, selv om de i virkeligheten beregner en vei for korteste vandringstid, heller enn en korteste fysisk strålelengdevei. Artikler som beskriver denne typen fremgangsmåte kan også finnes i Geophysics, Volume 56, No. 1, 5 Januar 1991, T.J.Moser, «Shortest path calculation of seismic rays», sidene 59-67; Geophysics, Volume 58, No. 7, July 1993, Robert Fischer et al., «Shortest path ray tracing with sparse graphs», sidene 987-996; og Geophysics, Volume 59, No. 7, July 1994, T.J. Moser, «Migration using the shortest-path method», sidene 1110-1120. Henvisninger til beregningsprosessen for korteste vandringstid-strålevei 10 (snarere enn korteste strålelengde-strålevei) kan finnes i disse artiklene på henholdsvis side 59, sammendrag, linje 4; side 987, kolonne 2, linje 20; og side 1111, kolonne 2, linje 37.

En annen tidligere kjent teknikk er å velge den ankomsten som har den største amplituden. Valget av denne ankomsten er imidlertid ikke nødvendigvis likefrem, 15 fordi modellen av området under overflaten generelt bare vil være omtrentlig. Ankomsten med maksimal amplitude vil bare tilveiebringe den beste enkle ankomsten så lenge estimatene for amplituden er korrekte. En annen vanskelighet med ankomstene med maksimal amplitude er at valget av ankomst kan veksle raskt frem og tilbake mellom grener. Forbedringer ved bruk av maksimal amplitude- 20 ankomst fremfor bruken av første ankomst har imidlertid blitt observert i den førstnevnte referansen fra tidligere kjent teknikk angitt ovenfor.

Det er en hensikt med den foreliggende oppfinnelsen å tilveiebringe en fremgangsmåte for å prosessere seismiske data som forbedrer ulempene ved disse tidligere kjente teknikkene.

25 I samsvar med den foreliggende oppfinnelsen er det tilveiebrakt en fremgangsmåte for å prosessere seismiske data ved bruk av en seismisk energiforplantningsmodell (engelsk: energy propagation model) av området under overflaten, omfattende: å tilordne seismisk kilde, seismisk mottaker og refleksjonspunktlokasjoner til forplantningsmodellen; å identifisere alternative stråleveier som stammer fra den 30 seismiske kildelokasjonen, å reflektere ved refleksjonspunktlokasjonen, og å terminere ved den seismiske mottakerlokasjonen; å velge en strålevei som har en korteste strålelengde; og å utnytte den valgte stråleveien i etterfølgende seismisk prosessering.

35 Det har blitt innsett at anvendelse av kriteriet med korteste stråleveilengde praktisk talt aldri vil resultere i et signal med lav amplitude. Selv om den fysiske lengden av strålen vil variere som respons på endringer i hastighetsmodellen, er den fysiske strålelengden mindre følsom for slike endringer enn estimatet for amplituden er. Årsaken til dette er at amplitude er relatert til krumningen av strålene. Således kan små feil i strålelengdene produsere store feil i amplitudene. På den annen side er

strålelengden en integralstørrelse (integralet av buelengden langs strålen), slik at den er relativt ufølsom overfor små perturbasjoner i stråleveien. Med andre ord er det mindre sannsynlig at valget av en bestemt stråle skal veksle raskt ved bruk av teknikken i den foreliggende oppfinnelsen, enn ved maksimal amplitude-teknikk.

- 5 Dette tilveiebringer en mye mer pålitelig antakelse som etterfølgende prosessering skal baseres på, enn noen av de tidligere kjente teknikker.

Ytterligere foretrukkede trekk ved den foreliggende oppfinnelsen fremgår av de etterfølgende uselvstendige krav.

- 10 Den foreliggende oppfinnelsen vil nå bli beskrevet som eksempel med henvisning til de vedføyde tegninger, hvor:

Figur 1 viser en seismisk kilde og et flertall av seismiske mottakere anordnet over et antall lag i jorda under overflaten;

Figur 2 viser en enkel kildelokasjon og en enkel avbildningslokasjon med flere stråleveier mellom dem;

- 15 Figur 3 viser en todimensjonal seismisk avbildning av avstand som funksjon av dybde for en bestemt seismiske modell som bruker det seismiske signalet som har den første ankomsten (dvs. den korteste gangtidveien);

- 20 Figur 4 viser en seismisk avbildning av avstand som funksjon av dybde for den seismiske modellen som bruker det seismiske signalet som har den maksimale amplitudeankomsten; og

Figur 5 viser en seismisk avbildning av avstand som funksjon av dybde for den seismiske modellen som bruker ankomst assosiert med den stråleveien som har den korteste stråleveilengden.

- 25 I figur 1 er en seismisk kilde S, f.eks. en eksplosiv, anbrakt på overflaten av jorda sammen med et flertall av geofoner R1 til R5. Typisk vil det være hundrevis av geofoner anordnet i en todimensjonal eller tredimensjonal oppstilling over overflaten av jorda. For enkelhets skyld er bare fem geofoner R1 til R5 vist. Seismiske signalveier («stråleveier») er vist med stiplede linjer mellom kilden S og geofonene R1 til R5 via lag under overflaten L1, L2 og L3. Stråleveiene er vist å reflekteres fra et antall horisonter H1, H2 og H3. For klarhets skyld er bare noen av
- 30 stråleveiene vist.

- 35 Fordi de seismiske signalene vil gå med ulike hastigheter i lagene (typisk vil forplantningshastigheten øke med økende dybde), er det ikke likefrem å lokalisere horisontene H1, H2 og H3. Dataene fra hver horisont er generelt adskilt, og en seismisk energiforplantningsmodell (dvs. et estimat av de akustiske hastighetene i området under overflaten) for området under overflaten som skal analyseres, blir

anvendt for å avlede et estimat for det virkelige reflekterende (eller «avbildende») punkt på en horisont under overflaten. Prosessen med prestakk-dybdemigrering (engelsk: prestack depth migration) innbefatter samtidig å legge sammen multiple sampler for å øke signal-støyforholdet for dataene (tilsvarende en konvensjonell «stakking»-prosedyre), å flytte seismiske hendelser for å kompensere for offset-avstanden mellom kilde og mottaker (tilsvarende konvensjonell «normal move-out correction»-prosedyre) og å flytte seismiske hendelser for å kompensere for hellende seismiske reflektorer (tilsvarende en konvensjonell «migrerings»-prosedyre). Prestakk-avbildning av seismiske data blir vanligvis implementert ved bruk av en integralformulering i tid-rom-domenet.

Selv om uttrykket «refleksjonspunkt» benyttes gjennom denne søknaden, kan dette uttrykket mer fullstendig forstås å være et «avbildningspunkt», dvs. en lokasjon under overflaten illuminert av den aktuelle stråleveien. Tilsvarende vil stråleveien fra kilden til avbildningspunktet og fra avbildningspunktet til mottakeren ha en brå endring i retninger ved avbildningspunktet. Selv om denne endringen i retning blir omtalt som å være en «refleksjon» gjennom denne søknaden, kan den også anses for å være «spredt» (engelsk: «scattered») ved avbildningspunktet. Den seismiske energiforplantningsmodellen behøver ikke innbefatte noen forutsetninger angående reflektorfall- (hellings-) vinkler i nærheten av avbildningspunktet, og den «nedadgående» strålen fra kilden til avbildningspunktet må ikke nødvendigvis ha en seismisk reflektor-innfallsvinkel som er lik og motstående den seismiske reflektor-innfallsvinkelen for den «oppadgående» strålen fra avbildningspunktet til mottakeren.

Avbildningen ved ethvert punkt blir beregnet fra et integral over en overflate i prestakk-dataene. Integralet kan skrives på følgende generiske form:

$$\text{Image}(x_i) = \iint W \text{Data}(x_s, x_r, t_s + t_r) dS dR$$

hvor x_i , x_s og x_r er avbildnings-, kilde- og mottakerlokasjonene, $W(x_i, x_s, x_r)$ er en (eventuelt kompleks og sekvensavhengig) vekt som er en funksjon av kilde-, mottaker- og avbildningslokasjonene, og $t_s(x_i, x_s)$ og $t_r(x_i, x_r)$ er gangtidene fra henholdsvis kilden og mottakeren til avbildningspunktet. Gangtidene og vektfunksjonene avhenger av en modell som er et estimat av egenskaper for området under overflaten. Integralet blir beregnet over alle kilde- og mottakerkoordinater. Gangtidene definerer en trajektor i dataene som integralet foretas over.

Gangtidene kan beregnes med mange metoder (f.eks. endelig differens-metoder, gitter-gangtid-approksimasjonsmetoder, strålesporing (engelsk: ray-tracing)). De fleste av disse metodene løser en høyfrekvensapproksimasjon til bølgeligningen som dekobler løsningen til to deler, først å løse ikonalligningen (engelsk: the

eikonal equation) for gangtidene og deretter å løse transportligningen for amplitudene. Ikonalligningen er en ligning som resulterer fra asymptotisk utvidelse av bølgeligningen. Det er en ulineær differensialligning som er tilfredsstilt av gangtidene. Alle metodene beregner enten eksplisitt eller implisitt stråleveien som er den veien energien vandrer langs mellom kilde eller mottaker og avbildningspunktet.

Når den foreliggende oppfinneriske fremgangsmåten benyttes, er det foretrukket å benytte en strålesporende (engelsk: ray-tracing) fremgangsmåte. Strålesporende fremgangsmåter beregner ofte selv vandringsavstander idet de velger alternative stråleveier eller tilveiebringer resultater som tillater vandringsavstandene for de ulike stråleveiene å bli enkelt beregnet.

I en kompleks modell av området under overflaten er det imidlertid flere stråleveier som forbinder kilden til mottakeren, og dette betyr at gangtidfunksjonene vil være multivaluert (engelsk: multivalued). Figur 2 viser et eksempel på en kompleks modell som gir opphav til multivaluerte gangtider. En seismisk kilde S blir benyttet for å analysere en avbildning I ved et punkt under overflaten 10 av jorda. Det finnes imidlertid to saltlegemer 12, 14 anordnet på hver side av den direkte veien 18 mellom kilden S og avbildningen I. Saltlegemene 12 og 14 avbøyer de seismiske strålene og tilveiebringer to ytterligere veier 16, 20 mellom kilden S og avbildningen I. De to saltlegemene produserer således avbøyde stråleveier fra kilden til avbildningspunktet i tillegg til den direkte stråleveien som ikke går gjennom saltet.

Når gangtiden er multivaluert, er den korrekte måten å evaluere integralet på å summere over alle grener av gangtidfunksjonene. Dersom det imidlertid finnes tre veier fra kilden S til avbildningen I og tre fra avbildningen til mottakeren, så finnes det 9 grener det skal summeres over. 3-D prestakk-dybdemigrasjon er allerede dyr. En 9-dobbel økning i beregningskompleksitet vil sterkt forlenge analysen og således øke kostnaden vesentlig. Idet antall veier øker, øker kompleksiteten tilsvarende.

Hvis vi ikke benytter resultatene fra alle grenene, må vi gjøre et utvalg av hvilken gren eller hvilke grener som skal benyttes. Valget bør gi en integrasjonstrajektor som følger signifikant energi i det spredte bølgefeltet og en som gir en god approksimasjon til det kontinuerlige integralet. Dersom integralet er utført som en vektet sum over samlede data, betyr dette at trajektoren bør være i det minste stykkevis kontinuerlig.

En tidligere kjent teknikk som er kort omtalt ovenfor, er å benytte den første ankomst, fordi den er enklere å beregne, og den er garantert å være en kontinuerlig funksjon. Det har imidlertid blitt påpekt at den første ankomsten kan inneholde svært lite energi, og således ikke alltid være et brukbart valg.

- Figur 3 viser en post-analyse seismisk avbildning hvor den horisontale aksens viser en avstand (i meter) langs overflaten fra startpunktet for undersøkelsen. Den vertikale aksens viser dybden (i meter) under overflaten av i dette tilfellet et vannlag som strekker seg til 1829 m. Gangtidene som ble benyttet for å bygge opp denne
- 5 avbildningen ble frembrakt ved bruk av en endelig-differensløsning for den velkjente ikonalligningen. Prestakk-migrasjonen ble utført ved bruk av den første ankomst til den seismiske mottakeren. I denne figuren kan det bemerkes at mange av trekkene er noe uklare. Spesielt finnes det to lag i avbildningen lokalisert
- 10 henholdsvis ved omlag 5182 m og 8230 m. Klarheten for disse lagene er svært dårlig, og det finnes signifikante deler av avbildningen av disse lagene hvor laget ikke er tydelig i det hele tatt. Dette er spesielt tilfelle i det øvre laget (5128 m) ved avstander av omlag 10058 m til 15240 m fra startpunktet for undersøkelsen, og i det nedre laget (ved 8230 m) mellom omlag 9144 m og 14326 m, fra startpunktet for undersøkelsen. Det finnes to store saltlegemer, den første lokalisert ved mellom
- 15 1829 m og 4267 m i dybde og mellom 3048 m og 11278 m fra startpunktet for undersøkelsen. Det andre saltlegemet er lokalisert mellom om lag 1829 m og 3048 m i dybde og mellom omlag 13716 m og 22860 m fra startpunktet for undersøkelsen. Som beskrevet ovenfor med henvisning til figur 2, kan saltlegemene være ansvarlig for avbøyde stråleveier, og dette kan resultere i lave energinivåer i
- 20 den første ankomsten. Avbildningene av lagene i denne modellen er således dårlig definert. I tillegg er de gitterlignende trekkene ved en avstand mellom omlag 12192 m og 18288 m og en dybde mellom omlag 2743 m og 5182 m dårlig definert. Analysen basert på den første ankomsten tilveiebringer også dårlig oppløsning for disse relativt små trekkene.
- 25 En annen tidligere kjent teknikk har vært å velge ankomsten med den maksimale amplituden. Dette er den beste enkle ankomst å benytte så lenge amplitudeestimatene er korrekte. Den tidligere siterte henvisningen viser forbedringer i prestakkkdybdeavbildning når maksimal amplitude-gangtider beregnet ved strålesporing benyttes.
- 30 Figur 4 viser en seismisk avbildning som dekker den samme avstand og dybde og som er avledet fra den samme seismiske modellen som avbildningen vist i figur 3. I dette tilfellet ble ankomsten med maksimal amplitude valgt for prestakkmigrasjon og etterfølgende stakking. Ved å sammenligne med figur 3, kan det sees at nesten hvert trekk i avbildningen er skarpere. De to horisontale lagene ved omlag
- 35 henholdsvis 5182 m og 8230 m har også blitt rekonstruert nokså mye klarere enn i avbildningen basert på den første ankomst. Imidlertid er de delene av de to lagene som ble identifisert i omtalen av den tidligere avbildningen fortsatt rekonstruert noe uklart. Spesielt er det nedre laget (8230 m) rekonstruert noe vagt over området mellom omlag 9754 m - 13411 m fra startpunktet for undersøkelsen. I tillegg er det

lille gitteret av trekk som er arrangert ved en avstand mellom omlag 12192 m og 18288 m vesentlig klarere.

Dessverre er amplitudene beregnet i den asymptotiske approksimasjonen ikke nødvendigvis en god approksimasjon til amplitudene for det endelige
 5 frekvensbølgefeltet. Høyfrekvensamplitudene er mye mer følsomme for den fine detalj i hastighetsmodellen enn bølgefeltet med endelig båndbredde. Dette har to virkninger. For det første kan valget av ankomst veksle raskt fra en gren til en annen, og for det andre er valget av gren svært følsomt for endringer i modellen. Siden vi generelt bare har en tilnærmet modell, kan valget være svært ulikt valget
 10 som kunne gjøres i den sanne modellen. Dette kompromitterer klart nøyaktigheten av analysen.

For å forbedre disse ulempene tilveiebringer den foreliggende oppfinnelsen et nytt kriterium for å velge signalgangtidene som skal benyttes for avbildning. Gangtiden som velges, er den som er assosiert med strålen som har kortest fysisk lengde.
 15 Denne strålen er ofte ankomsten med høyest amplitude, men dette er ikke garantert. Mer viktig er det nesten aldri en første ankomst av lav amplitude assosiert med avbøyet energi. I tillegg er kriteriet med fysisk lengde mye mer stabilt med hensyn til små fluktuasjoner i hastighetsmodellen eller overfor endringer i modellen, fordi det er en integralstørrelse som omtalt ovenfor.

I motsetning til gangtiden for første ankomst, er gangtiden fra korteste stråle ikke en kontinuerlig funksjon. Den er imidlertid stykkevis kontinuerlig. I tillegg, fordi den er mer stabil, har den en tendens til å bestå av noen få store stykker med veldefinerte grenser mellom. I motsetning til dette har resultatet ved bruk av maksimale amplituder en tendens til å bli en trajektor som er mye mer
 25 «oppstykket», bestående av mange små segmenter med hurtig veksling frem og tilbake mellom grener.

Selv om en kontinuerlig funksjon er ønskelig, har den stykkevis kontinuerlige funksjonen som er tilveiebrakt ved korteste stråle andre fordeler (f.eks. er den assosiert med mer av energien).

Figur 5 viser en ytterligere avbildning samsvarende med dem i figur 3 og figur 4, og som er avledet fra den samme seismiske modellen. I dette tilfellet har imidlertid prestakk-migrasjonen blitt utført ved bruk av korteste strålelengde, i stedet for strålen som samsvarer med den første ankomst eller ankomsten med maksimal amplitude. Ved sammenligning med figur 3 kan det enkelt sees at avbildningen som
 35 er tilveiebrakt ved bruk av korteste stråle-prestakkmigrasjon resulterer i en mye klarere avbildning enn valget av den første ankomst. Forbedringen av denne avbildningen sammenlignet med den som er avledet ved bruk av ankomsten med maksimal amplitude, er ikke så markert, men en forbedring finnes likevel. Spesielt

er rekonstruksjonen av lagene ved omlag henholdsvis 5182 m og 8230 m forbedret. Rekonstruksjonen av det øvre laget har forbedret klarhet, spesielt mellom omlag 9754 m og 15240 m fot fra startpunktet av undersøkelsen. Det er en enda klarere forbedring sammenlignet med avbildningen vist i figur 4 i tilfelle av det nedre laget (ved 8230 m). Delen av dette laget mellom omlag 9144 m og 13106 m fra startpunktet av undersøkelsen har distinkt forbedret klarhet. Kontinuiteten av begge disse lagene nedenfor mellomrommet mellom saltlegemene er svært forbedret. Fordelene ved å bytte fra ankomsten med maksimal amplitude til ankomsten med korteste vei er ikke så stor som å bytte fra første ankomst, men det er generelt klart at avbildningen overalt er enten like god eller forbedret.

I alle de migrerte seksjonene vist i figurene 3 til og med 5 er avbildningene av de kurvede hendelsene nedenfor 6096 m artefakter som skyldes multirefleksjonsankomster, og bør overses.

De valgte stråleveiene er benyttet i prestakk-dybdemigrasjon for to hovedformål, for å etablere en ankomsttid for akustisk puls og for å beregne et estimat for amplituden for ankomsten. Disse verdiene kan f.eks. benyttes for å bestemme hvilket inngangssampel fra en seismisk trase oppnådd ved den bestemte mottakerlokasjonen og assosiert med en akustisk puls fra den bestemte kildelokasjonen som vil bli benyttet for å beregne utgangssampelen assosiert med avbildningspunktet, såvel som vekten som vil bli anvendt på inngangssampelet.

Selv om figurene 3, 4 og 5 viser todimensjonale tverrsnitt av området under overflaten, har de blitt frembrakt ved bruk av et tredimensjonalt sett av seismiske data. Prestakk-dybdemigrasjonsalgoritmen benyttet for å fremkalle disse snittene er en sann tredimensjonal fremgangsmåte som ikke forutsetter at den akustiske energien overført fra kilden til mottakeren går i vertikalplanet som forbinder disse punktene, eller at avbildningspunktene må befinne seg i vertikalplanet. Denne betraktningen av energi «utenfor planet» både øker kvaliteten av den seismiske avbildningen som oppnås, og øker kompleksiteten ved korrekt prosessering av dataene.

Den valgte stråleveien kan også benyttes for å oppdatere den seismiske energiforplantningsmodellen av området under overflaten (dvs. hastighetsmodellen).

Selv om de seismiske data som er benyttet for å demonstrere fremgangsmåten i oppfinnelsen har vært konvensjonelle trykk-trykk-modus- (engelsk: pressure-pressure, P-P-mode) seismiske data, kan den fremgangsmåten i oppfinnelsen benyttes på identisk måte med trykk-til-skjær-modus (engelsk: pressure-shear, P-S-mode) seismiske data (såvel som skjær-skjær-(S-S-) modus og andre seismiske energioverføringsmoduser) ganske enkelt ved å tilveiebringe en seismisk

energiforplantningsmodell av området under overflaten som tar hensyn til disse alternative seismiske energioverføringsmodusene.

PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte for å prosessere seismiske data ved bruk av en seismisk energiforplantningsmodell av et område under overflaten, hvor nevnte fremgangsmåte omfatter trinnene:
 - 5 - å tilordne seismisk kilde, seismisk mottaker og refleksjonspunktlokasjoner til nevnte forplantningsmodell,
 - å identifisere et flertall av alternative stråleveier konsistent med nevnte forplantningsmodell som stammer fra nevnte seismiske kildelokasjon, å reflektere ved den nevnte refleksjonspunktlokasjon og å terminere ved nevnte seismiske mottakerlokasjon,
 - 10 k a r a k t e r i s e r t v e d at fremgangsmåten videre omfatter
 - å velge en strålevei som har en korteste strålelengde fra nevnte flertall av alternative stråleveier, og
 - å utnytte nevnte valgte strålevei i etterfølgende seismisk prosessering.
- 15 2. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte trinn med å velge en strålevei omfatter å beregne vandringsavstander for hver av nevnte alternative stråleveier og å sammenligne nevnte beregnede vandringsavstander for å bestemme hvilken av nevnte alternative stråleveier som har kortest vandringsavstand.
- 20 3. Fremgangsmåte i samsvar med et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte flertall av alternative stråleveier er identifisert ved en strålesporende prosedyre.
4. Fremgangsmåte i samsvar med et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte forplantningsmodell er tredimensjonal og
 - 25 at nevnte flertall av alternative stråleveier ikke er koplanare.
5. Fremgangsmåte i samsvar med et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte valgte strålevei benyttes for å beregne en akustisk puls-ankomsttid.
6. Fremgangsmåte i samsvar med et hvilket som helst av de foregående krav,
 - 30 k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte valgte strålevei benyttes for å estimere en ankomstamplitude.
7. Fremgangsmåte i samsvar med et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte valgte strålevei benyttes for å velge et
 - 35 sampel fra en seismisk trase oppnådd ved nevnte seismiske mottakerlokasjon assosiert med en akustisk puls fra nevnte seismiske kildelokasjon, idet nevnte sampel benyttes for å frembringe en avbildning av nevnte refleksjonspunkt.

8. Fremgangsmåte i samsvar med krav 7,
k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte valgte strålevei benyttes for å beregne en
vekt som skal benyttes for nevnte sampel.
- 5 9. Fremgangsmåte i samsvar med et hvilket som helst av de foregående krav,
k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte forplantningsmodell modellerer trykk-
trykk- (P-P-) modus seismisk energitransmisjon i det geologiske området under
overflaten.
- 10 10. Fremgangsmåte i samsvar med et hvilket som helst av kravene 1 - 8,
k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte forplantningsmodell modellerer trykk-
skjær- (P-S-) modus seismisk energitransmisjon i det geologiske området under
overflaten.

Fig.1.

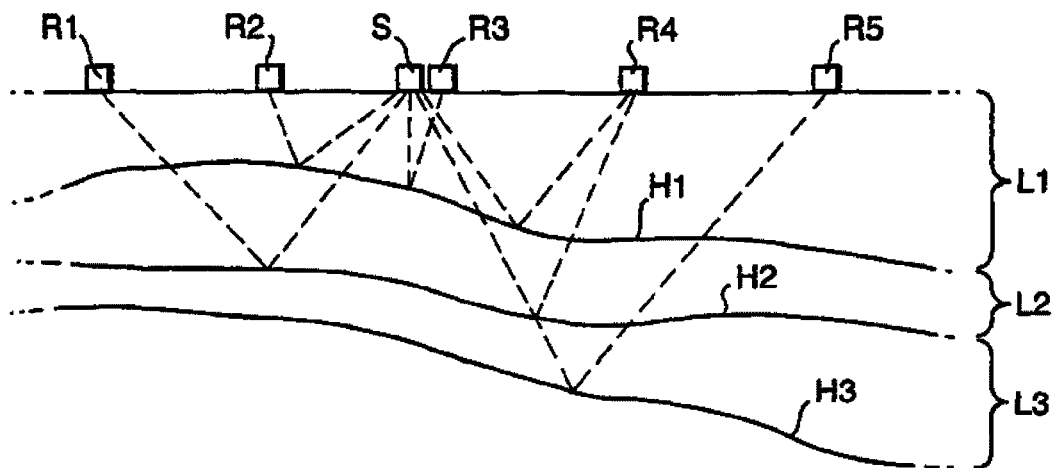


Fig.2.

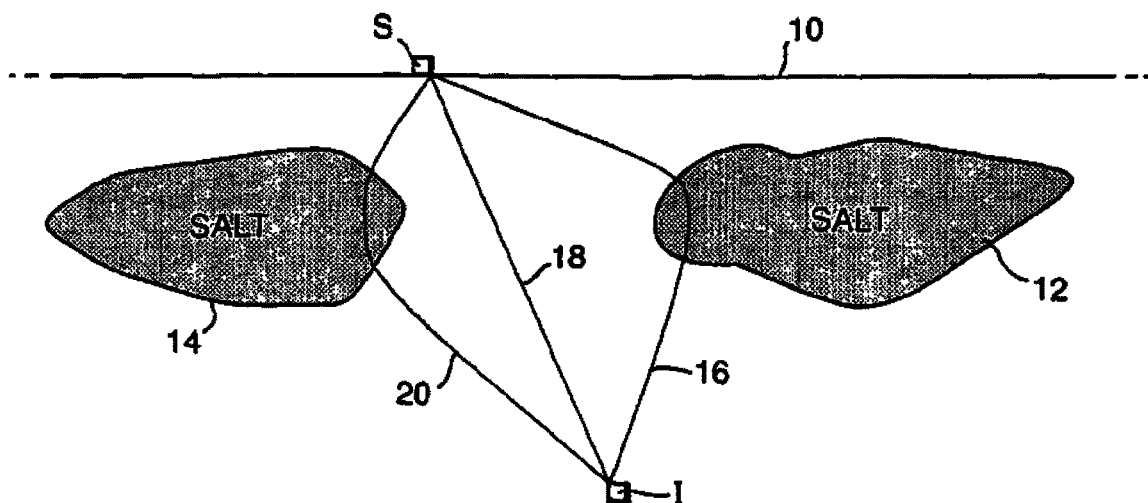


Fig.3.

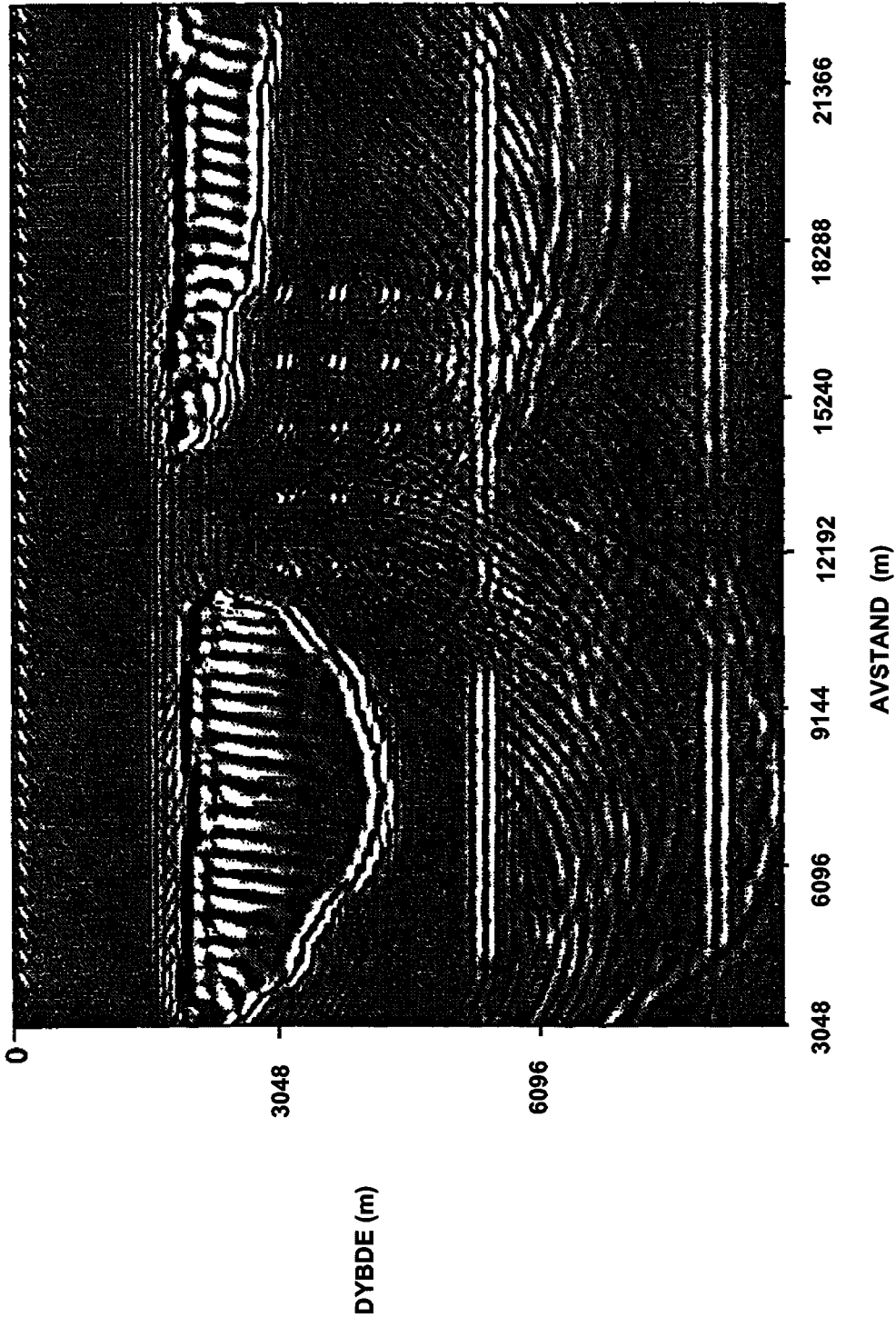


Fig.4.

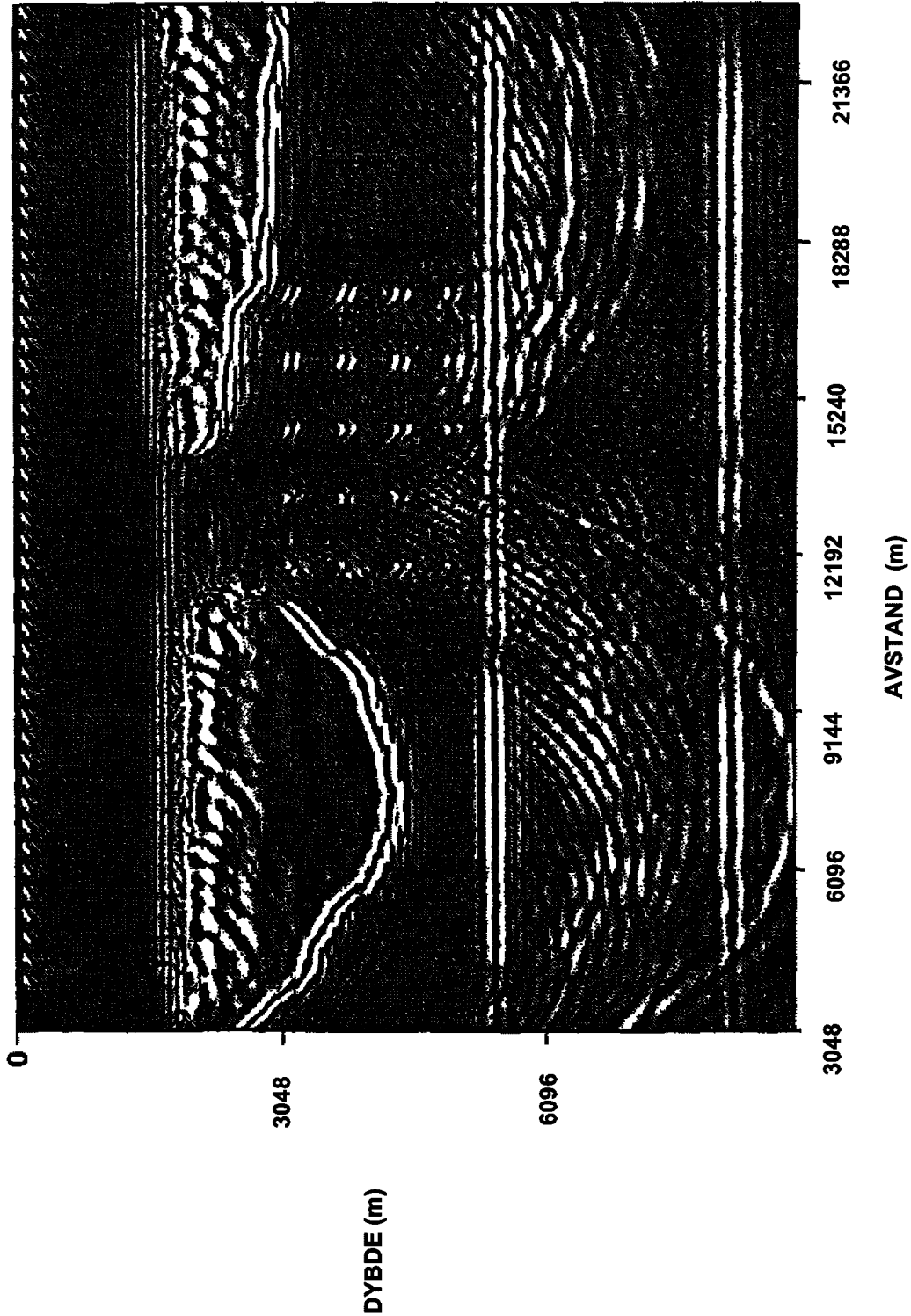


Fig.5.

