



(12) PATENT

(19) NO

(11) 337151

(13) B1

NORGE

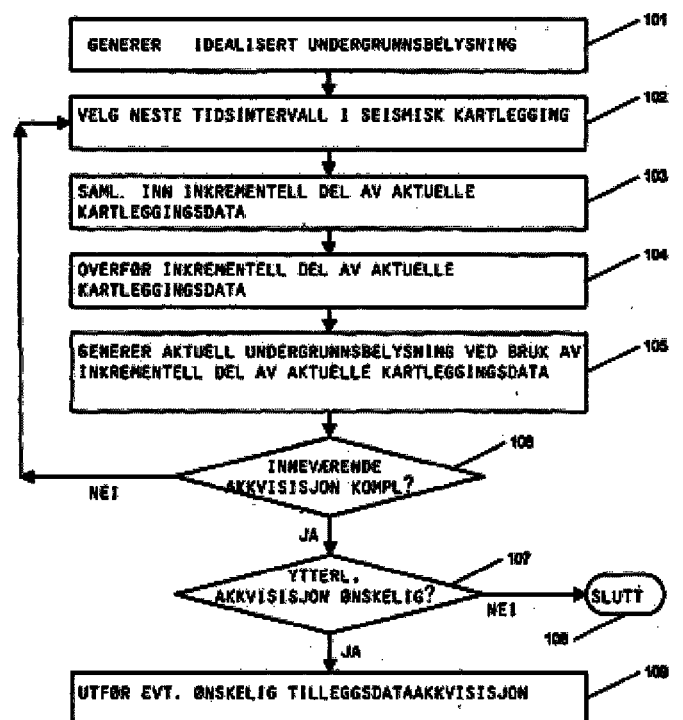
(51) Int Cl.

G01V 1/28 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20054786	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2004.09.08 PCT/US2004/29084
(22)	Inng.dag	2005.10.18	(85)	Videreføringssdag	2005.10.18
(24)	Løpedag	2004.09.08	(30)	Prioritet	2003.09.12, US, 10/662,106
(41)	Alm.tilgj	2005.10.18			
(45)	Meddelt	2016.02.01			
(73)	Innehaver	PGS Americas Inc, 738 Highway 6 South, Suite 500, US-TX77079 HOUSTON, USA			
(72)	Oppfinner	William B Pramik, 23115 Cable Terrace Drive, US-TX77494 KATY, USA Aloke K Mathur, 11738 Plumpoint Drive, US-TX77099 HOUSTON, USA Steven B Campbell, 13811 Overbrook, US-TX77077 HOUSTON, USA Andrew F Lubrano, 6306 Dew Bridge Drive, US-TX77479 SUGAR LAND, USA Sverre L Strandenæs, Nyveien 19B, 1369 STABEKK, Norge Andrew Samuel Long, 4 Karoo Street, AU-WA6151 SOUTH PERTH, Australia Jostein Lima, Rasmus Windernsvei 4, 0373 OSLO, Norge Barbara Janina Danielsen, Langhussenter 15, 1405 LANGHUS, Norge Christian Strand, Lindebergveien 79F, 1069 OSLO, Norge			
(74)	Fullmektig	Acapo AS, Postboks 1880 Nordnes, 5817 BERGEN, Norge			
(54)	Benevnelse	Seismisk kartlegging omfattende overvåkning for å ta avgjørelser med hensyn til utfyllende dekningsgrad			
(56)	Anførte publikasjoner	US 6182014 B1			
(57)	Sammendrag				

Under en seismisk kartlegging genereres idealisert undergrunnsbelysning (dekningsgrad) ved bruk av idealiserte kartleggingsdata. Deretter utføres de følgende tre trinnene i løpet av hvert av en sekvens av tidsintervaller under den seismiske kartleggingen. På første trinn samles en inkrementell del av aktuelle kartleggingsdata inn ved bruk av dataakkvisjonsutstyr i dataakkvisjonslokasjonen. På annet trinn overføres en inkrementell del av aktuelle kartleggingsdata fra dataakkvisjonslokasjonen til en databehandlingslokasjon. På tredje trinn genereres en inkrementell del av aktuell undergrunnsbelysning ved bruk av de inkrementelle delene av aktuelle kartleggingsdata, for inkrementelt å generere aktuell undergrunnsbelysning i databehandlingslokasjonen. Det bestemmes om tilleggsdataakkvisjon er ønskelig ved sammenlikning av den idealiserte undergrunnsbelysningen og den aktuelle undergrunnsbelysningen i databehandlingslokasjonen. Så utføres eventuell ønskelig tilleggsdataakkvisjon i dataakkvisjonslokasjonen før dataakkvisjonsutstyret forlater dataakkvisjonslokasjonen.



Denne oppfinnelsen vedrører generelt geofysisk prospektering. Mer spesielt vedrører oppfinnelsen seismisk dataakkvisisjon. Spesifikt er oppfinnelsen en fremgangsmåte for 3D seismisk akkvisisjon ved bruk av belysningsovervåkning i nær sanntid.

5 **Beskrivelse av teknikkens stilling**

Seismisk kartlegging er en fremgangsmåte for å bestemme strukturene til fjellformasjoner under jordens overflate. Seismiske kartlegginger utføres ved å generere seismiske signaler ved kilde lokasjoner og å motta de resulterende seismiske signalene i mottakerlokasjoner. Det seismiske signalet stråler ut fra kilden og sprer seg utover i et i hovedsak sfærisk mønster. Når signalet når grenseflater i undergrunnen mellom strata med ulike lydhastigheter eller ulik akustisk impedans, vil en del av energien bli reflektert fra grenseflaten, og en del av energien vil bli overført gjennom grenseflaten. For den reflekterte energien, vil strålebanen følge reglen om at innfallsvinkelen er lik refleksjonsvinkelen. Strålebanen til energien som går gjennom grenseflaten, vil endres i følge Snells lov.

Dersom jordoverflaten og alle reflekterende grenseflater i undergrunnen hovedsakelig er flate og parallelle med jordoverflaten, så kan man for seismiske signaler som er generert i en gitt lokasjon og detektert i en gitt mottakerlokasjon, anta at refleksjonslokasjonene vil være rett under midtpunktet mellom kilde- og mottakerlokasjonen. Følgelig, dersom seismiske signaler genereres i et jevnt utbredt mønster av kilde lokasjoner slik som et rektangulært rutenett av lokasjoner med uniform avstand mellom kilde lokasjoner i både langsgående ("in-line") og tversgående ("cross-line") retninger og dersom mottakerlokasjonene også er jevnt fordelt,

- så vil lokasjonene der de resulterende seismiske signalene blir reflektert fra en gitt reflekterende undergrunnsgrenseflate, også være jevnt fordelt, og den reflekterende grenseflaten vil være uniformt belyst. Slik det
- 5 brukes her, refererer uttrykket "belysning" til mengden signaler som reflekteres fra et utpekt område av en reflekterende undergrunnsgrenseflate, og detekteres av mottakerne.
- 10 Ofte er undergrunnsstrukturer av interesse verken parallelle med jordoverflaten eller flate. På grunn av uregelmessigheter i strukturen til dette legemet, vil de seismiske strålebanene som stråler ut fra de seismiske overflatekildene som beveger seg til dette legemet og så reflekteres til jordoverflaten, nå
- 15 jordoverflaten i et svært uregelmessig mønster slik at signalene som mottas av mottakerne som er plassert i et standard, regulært rutemønster som beskrevet ovenfor, tilsvarer en belysning av legemet som varierer mye fra en del av strukturen til en annen. For områder med svak belysning,
- 20 kan folden være utilstrekkelig til å avbilde slike lokasjoner tilfredsstillende. Slik det blir brukt her, refererer uttrykket "fold" til antallet mottatte seismiske datatraser som er representative for områdene som belyses.
- 25 Roy, J. med flere, U.S. Patent No. 6,560,565 B2 "Satellite-Based Seismic Mobile Information and Control System" som ble gitt ut 6. mai 2003, presenterer et sanntidssystem for data-innsamling, kvalitetskontroll og informasjonsfordeling, som omfatter feltutstyr, satellittutstyr og kontorutstyr som er
- 30 plassert et annet sted enn feltet. Det seismiske systemet anvender posisjonsdata som bestemmes vha GPS ("Global Positioning System"), som er integrert med IMU ("Inertial Measuring Unit") for, i nær sanntid, å bestemme om det

fastlagte koordinatsett til lokasjonen til feltet er innen spesifikasjonene i forhold til kvalitetskontrollparametere og med hensyn til et sett forhåndsplottkoordinater. En mobil enhet fastlegger sine koordinater og sender dem videre sammen med kvalitetskontrollparametere via satellittkommunikasjon og Internet til informasjons- og kontrollsenteret i kontorområdet, der en kunnskapsbase som inneholder fakta og ekspertregler, anvendes for å bestemme om de aktuelle koordinatene er tilstrekkelig nær de forhåndsplottede koordinatene gitt de assosierte kvalitetskontrollparametere. Ved mismatch utformes en løsning automatisk ved bruk av kunnskapsbasen for deretter å bli gransket og godkjent av menneskelige eksperter ved kontrollsenteret. En endelig avgjørelse sendes så til den mobile enheten i feltområdet via satellittkommunikasjon og Internet, før feltmannskapet forlater funnstedet. All informasjonen og aksjonene fordeles over Internet, til egnet personell innen gruppen som utfører arbeidet, så vel som til klienten og dennes underkontraktører for kvalitetskontroll. Følgelig kan personell i felten omposisjonere utstyret mens de fortsatt er på utplasseringsstedet for utstyret. Imidlertid korrigerer ikke Roy med flere for belyningsdekningen av targethorisontene.

Tradisjonelle metoder for å bestemme om en 3D (tredimensjonal) seismisk kartlegging har oppnådd tilstrekkelig datakvalitetsmessig dekning, har vært CMP ("Common MidPoint") multiplisitet eller foldanalyse. Denne analysen beregner plasseringene til midtpunktene og avvikene mellom hver kombinasjon av kilde og mottaker innen hele kartleggingsområdet. Disse beregningene segmenteres typisk i avviksrekker og deretter presenteres de grafisk. Dersom antall kombinasjoner av kilde og mottaker som faller innenfor en hvilken som helst rutenettlokasjon eller bin i kartleggingen, kommer under

visse kriterier, indikeres innfilldataakkvisisjon. Denne metoden beregner deknningen av 3D-akkvisisjonen i perspektiv av å oppnå uniform overflatedistribusjon av refleksjonspunkter og avvik over kartleggingsområdet. Denne metoden for foldanalyse har vist seg nyttig, men den kan ikke gi et tilstrekkelig bilde av undergrunnsbelysningen i en komplisert geologisk situasjon.

Det har vært kjent lenge at det er utilstrekkelig likhet mellom deknningen av 3D-akkvisisjon basert på overflateberegninger som beskrevet ifm teknikkens stilling, sammenliknet med seismisk belysning ved en antatt targethorisont. En nyttig redskap som kan benyttes i sammenheng med overflatedekningsberegningene, er en beregning av strålefølgingsbelysningsdekning av targethorisonten (eller flere targethorisonter). Strålefølgingsbelysningmodellering er blitt brukt for tilpasning av parametere for 3D-akkvisisjon og for analysen av 3D seismisk belysning etter at akkvisisjonsfasen er fullført. Det finnes verktøy og metoder som kan modellere den predikerte belysningen ved en targethorisont basert på idealiserte akkvisisjonsparametere, eller for å analysere deknningen som oppnås basert på navigasjons- eller lokasjonsdata registrert under akkvisisjonsfasen av en kartlegging. Strålefølgning gjennom en jordmodell kan gi et mer nøyaktig estimat av folddekning av undergrunn og gi et grunnlag for sammenlikning av kandidatgeometrier.

US patent nr. 6182014 B1 «Method and system for optimizing logistical operations in land seismic surveyes» gitt til Kenyon med flere omhandler en fremgangsmåte for å optimalisere logistikkoperasjoner for seismiske undersøkelser, omfattende at modellering og optimalisering av logistiske driftsproblemer ved seismiske undersøkelsesoperasjoner blir

implementert i et datamaskinprogram.

Campbell, S.B med flere, "Comparative ray-based illumination analysis", Soc. Of Exp. Geophys, Int'l. Exp. And 72nd Ann.

5 Mtg., Salt Lake City, Utah, Okt. 1-11, 2002, Exp. Abstracts, s. 41-44 presenterer en fremgangsmåte for targetingsbelysning med en modellbasert strålefølgning metode. Denne fremgangsmåten er videre beskrevet i U.S. Patentsøknad No. 10/155,158, Campbel, Steven B., "Targeted Geophysical Survey", levert inn 10 24. mai 2002 av en medoppfinner av den foreliggende søknaden og overdratt til søkeren i den foreliggende oppfinnelsen. Strålefølgning anvendes på et målområde som inneholder tenkt kilde- og mottakeroppsett i tette mønstre. Emersjonspunkter samles inn for alle kilder som bidrar og plottes som om de var 15 kilde/mottaker midtpunkter i et folddiagram. Diagrammet viser områder med høy frembrytende fold for mottakerne og viser derved mest effektiv plassering av mottakere. Strålefølgning kan anvendes igjen for kun mottakerplasseringene med høy emersjon og den hypotetiske tette oppstillingen av kilder. 20 Avgangspunkter blir nå samlet som kilde/mottaker midtpunkter og områder med høy avgangsfold viser den mest effektive plasseringen av kilder. Imidlertid diskuterer ikke Compbell med flere hvordan man kan korrigere belysningsdekningen av targethorisontene i sanntid eller nær sanntid.

25

Strålefølgning-belysningsmodellering fra aktuelle navigasjonsdata er en bedre tilnærming til i hvilken grad en undergrunns targethorisont er blitt belyst, enn konvensjonell overflatebasert, felles midtpunkt (CMP) dekningsanalyse. For at

30 resultatene av strålefølgning-belysningsmodelleringen skal være av nytte i planlegging og gjennomføring av innfillakkvisisjon, må de imidlertid være tilgjengelig i sanntid.

Strålefølgingsbelysningsresultatene må være tilgjengelige

nesten umiddelbart ved fullføring av dataakkvisisjon, eller enda bedre, mens akkvisisjonen av seismikkdata fortsatt foregår. Nylige forbedringer i overføringshastighet for data og i databasert beregningskapasitet, har gjort dette mulig.

5

Derfor finnes det et behov for en fremgangsmåte for å gi et forbedret datasett som kan brukes i analysen av innfill-avgjørelser under et prosjekt for seismisk 3D-akkvisisjon.

10 Derved finnes det et behov for en fremgangsmåte for å overvåke belysningen i seismisk 3D-akkvisisjon i sanntid. Et behov finnes for en fremgangsmåte for å samle inn og så analysere resultater fra undergrunnsbelysningsmodellering for å bestemme og bruke de foretrukne lokasjonene for innfillakkvisisjon, og predikere og evaluere resultatene av innfillakkvisisjonen, alt
15 i sanntid.

Kortfattet beskrivelse av oppfinnelsen

Oppfinnelsen går ut på en fremgangsmåte for seismisk 3D-akkvisisjon som anvender belysningsovervåkning i nær sanntid. Idealisert undergrunnsbelysning genereres ved bruk av
20 idealiserte kartleggingsdata. Deretter utføres de følgende tre trinnene i løpet av hver av en sekvens av tidsintervaller under den seismiske kartleggingen. Først samles en inkrementell del av de aktuelle kartleggingsdataene inn ved bruk av dataakkvisisjonsutstyr i dataakkvisisjonslokasjonen. Ved et
25 andre trinn overføres den inkrementelle delen av aktuelle kartleggingsdata fra dataakkvisisjonslokasjonen til data-prosesseringslokasjonen. Ved tredje trinn genereres en inkrementell del av aktuelle undergrunnsbelysning ved bruk av
30 den inkrementelle delen av aktuelle kartleggingsdata for å inkrementelt generere aktuell undergrunnsbelysning ved dataprosesseringslokasjonen. Det avgjøres om ytterligere dataakkvisisjon er ønskelig ved å sammenlikne den idealiserte

undergrunnsbelysningen og den aktuelle undergrunnsbelysningen i dataprosesseringslokasjonen. Deretter utføres ytterligere ønsket dataakkvisisjon i dataakkvisisjonslokasjoner før dataakkvisisjonsutstyret forlater dataakkvisisjonslokasjonen.

5 **Kortfattet beskrivelse av tegningene**

Oppfinnelsene og fordelene ved denne kan forstås lettere ved å referere til den følgende detaljerte beskrivelsen og de vedlagte tegningene der:

- 10 - FIG. 1 er et flytskjema som viser prosesseringstrinnene i en utførelse av oppfinnelsens fremgangsmåte for seismisk 3D-akkvisisjon ved bruk av belysningsovervåking i nær sanntid;
- FIG. 2 er et flytskjema som videre beskriver trinnet for 15 å generere idealisert undergrunnsbelysning, fra FIG. 1;
- FIG. 3 er et flytskjema som videre beskriver trinnet for å overføre en inkrementell del av aktuelle kartleggingsdata, fra FIG. 1;
- FIG. 4 er et flytskjema som videre beskriver trinnet for 20 å generere en inkrementell del av aktuelle undergrunnsbelysning, fra FIG. 1;
- FIG. 5 er et flytskjema som videre beskriver trinnet for å bestemme om tilleggsdataakkvisisjon er ønskelig; og
- FIG.6 er et flytskjema som videre beskriver trinnet for å 25 utføre eventuell ønskelig tilleggsdataakkvisisjon, fra FIG. 1.

Selv om oppfinnelsen vil bli beskrevet i sammenheng med sine foretrukne utførelser, vil man forstå at oppfinnelsen ikke er 30 begrenset til disse. Derimot er oppfinnelsen ment å dekke alle alternativer, modifikasjoner og ekvivalenter som kan omfattes av oppfinnelsens omfang slik den er definert i patentkravene.

Detaljert beskrivelse av oppfinnelsen

Oppfinnelsen går ut på en fremgangsmåte for seismisk 3D-akkvisisjon ved bruk av belysningsovervåking i nær sanntid. Oppfinnelsen bidrar til å gjøre beslutningsprosessen for innfillakkvisisjon mulig i nær sanntid under en seismisk kartlegging. Tidligere har tidsforsinkelsen mellom innsamling av seismikkdataene og behandling av seismikkdataene, hindret en avgjørelse angående behovet for seismisk tillegg-akkvisisjon i nær sanntid. Videre gir tiden som kreves for å sende de store mengdene av seismikkdata fra de steder hvor dataene samles inn til steder hvor dataene behandles, et tillegg til tidsforsinkelsen. Behandling av seismikkdata er fortsatt en krevende oppgave som bruker de største tilgjengelige datamaskinene. Slike datamaskiner er typisk plassert i de sentrale databehandlingsfasilitetene snarere enn i feltstasjoner for seismisk akkvisisjon.

Nå har imidlertid forbedringer i datamaskinteknologi økt prosesseringshastigheten for seismikkdata kraftig. I tillegg har forbedringer i datatransmisjon via satellitt som typisk er den eneste tilgjengelige kommunikasjonsformen fra fjerntliggende eller marine stasjoner for seismisk akkvisisjon, økt kommunikasjonshastigheten for seismikkdata. Ikke desto mindre ville det å samtidig overføre og behandle de store mengdene seismikkdata samlet under i en typisk seismisk 3D-kartlegging, ta for lang tid til at man ville være i stand til å ta beslutninger angående innfillakkvisisjon i nær sanntid. Av praktiske og økonomiske grunner defineres "nær sanntid" som før det seismiske akkvisjonsutstyret med tilhørende personell forlater lokasjonen for seismisk akkvisisjon for å reise til en annen jobb. Den foreliggende oppfinnelsen løser dette tidsproblemet ved å øke hastigheten på både data-kommunikasjons- og behandlingstrinnene til hastigheter som

tilsvarende datainnsamlingstrinnet. Den foreliggende oppfinnelsen gjør dette ved å overføre og behandle dataene inkrementelt etter hvert som de samles inn. Inkrementelle deler av seismikkdata kan overføres og prosesseres like raskt som de samles inn og deretter inkrementelt bli lagt til tidligere behandlede data for til slutt å generere et komplett behandlet datasett. Derved gjenstår kun at den siste inkrementelle datamengden overføres og behandles før de komplette behandlede dataene er tilgjengelig for den analysen som trengs for å ta avgjørelser angående tilleggsakkvisisjon.

I fremgangsmåten i følge oppfinnelsen genereres idealisert undergrunnsbelysning før eller under den seismiske kartleggingen, som et grunnleggende bilde av den predikerte undergrunnsdekningen. Idealisert undergrunnsbelysning genereres fortrinnsvis ved bruk av strålefølgingsbelysningsmodellering på idealiserte kartleggingsdata. Idealiserte kartleggingsdata har seismiske kilder og mottakere plassert i idealiserte konfigurasjoner slik som på et rutenett av rette linjer i uniform avstand. Aktuell undergrunnsbelysning genereres inkrementelt under den seismiske akkvisisjonsfasen av den seismiske kartleggingen. Den aktuelle undergrunnsbelysningen genereres fortrinnsvis ved å bruke strålefølgingsbelysningsmodellering på de aktuelle kartleggingsdataene, de aktuelle lokasjonene til de seismiske kildene og mottakerne under seismisk akkvisisjon. De aktuelle kartleggingsdataene samles inn inkrementelt i dataakkvisisjonslokasjonene, overføres inkrementelt fra dataakkvisisjonslokasjonen til dataprosesseringslokasjonen og behandles inkrementelt i dataprosesseringslokasjonen. Under, eller ved fullføringen av, den initiale fasen av den seismiske akkvisisjonen, sammenliknes den grunnleggende, idealiserte undergrunnsbelysningen og den aktuelle undergrunnsbelysningen

med hverandre og med overflatebaserte CMP dekningsdisplayer. Områder der de overflatebaserte CMP dekningsdisplayene viser komplett dekning, men der undergrunnsbelysningsresultatene viser mangelfull undergrunnsdekning, identifiseres. Målrettet belysningsanalyse brukes fortrinnsvis for å bestemme om og hvordan disse områdene kan belyses bedre. Bestemmelser angående Innfillakkvisisjon basert på disse sammenlikningsanalysene, slutføres deretter tidsnok til å overføre de resulterende direktivene til feltet før seismikkutstyret med tilhørende personell forlater kartleggingsområdet.

Videre skulle eventuelle beslutninger angående innfillakkvisisjon eller tilleggsakkvisisjon bli strålefølgingsmodellert ved bruk av ideell akkvisisjonsgeometri og idealiserte kartleggingsdata for å gi en prediksjon av dekingen som vil bli generert av innfillakkvisisjon. Etter tilleggsakkvisisjonen bør de resulterende kartleggingsdataene bli brukt for å modellere den oppnådde dekingen. Sammenlikninger mellom den predikerte og oppnådde dekingen gjøres på samme måte som beskrevet over.

FIG. 1 er et flytskjema som illustrerer behandlingstrinnene til en utførelse av fremgangsmåten i følge oppfinnelsen for seismisk 3D-akkvisisjon ved bruk av belysningsovervåking i nær sanntid. Flytskjemaet i FIG. 1 gir en oversikt over fremgangsmåten i følge oppfinnelsen. Ytterligere detaljer når det gjelder fremgangsmåten i følge oppfinnelsen, beskrives med referanse til flytskjemaene i FIG. 2-6. Oppfinnelsen er anvendbar for enhver type seismisk kartlegging, men vil bli illustrert med referanse til marinseismisk kartlegging ved bruk av tauede lyttekabler ("streamers").

På trinn 101 genereres idealisert undergrunnsbelysning ved bruk av idealiserte kartleggingsdata. Den foretrukne fremgangsmåten for å generere idealisert undergrunnsbelysning, er strålefølging-belysningsmodellering anvendt ved bruk av
5 idealiserte kilde- og mottakerlokasjoner i en dataakkvisisjonslokasjon. Den fortrukne fremgangsmåten beskrives videre i diskusjonen med referanse til flytskjemaet i FIG. 2 under.

På trinn 102 velges et tidsintervall under en seismisk
10 kartlegging. Fortrinnsvis velges en sekvens av tidsintervaller på en systematisk måte på forhånd for den inneværende periode av seismisk kartlegging. Til å begynne med er den inneværende perioden den initiale seismiske overvåkingen slike denne ble planlagt. Dersom det bestemmes at tilleggsinnfyllakkvisisjon
15 behøves, tilsvarer den inneværende perioden tilleggsinnfyllakkvisisjonen. Sekvensen av tidsintervaller velges fortrinnsvis på regulært planlagte stoppunkter i den seismiske kartleggingen som starter med begynnelsen av aktuell dataakkvisisjon i feltet, og som fortsetter inntil slutten av
20 feltakkvisisjon. I tilfellet marinseismisk kartlegging f eks, vil sekvensen av tidsintervaller typisk bli valgt slik at den omfatter hver enkelt seilelinje i den seismiske kartleggingen. Fremgangsmåten i følge oppfinnelsen er imidlertid fleksibel nok til å tilpasse tidsintervallene til uforutsette hendelser
25 under seismiske kartleggingen, slik som utstyrfeil eller dårlig vær.

På trinn 103 samles en inkrementell del av aktuelle kartleggingsdata inn i tidsintervallet valgt på trinn 102. Den
30 inkrementelle datainnsamlingen bruker dataakkvisisjonsutstyr med tilhørende personell i en dataakkvisisjonslokasjon. De aktuelle kartleggingsdataene omfatter koordinatdata for de aktuelle lokasjonene til seismikk-kilde og -mottaker for den

pågående seismiske kartleggingen.

Eksempelvis, men ikke for å begrense, la oss se på tilfellet marinseismisk kartlegging. Mens et fartøy samler inn seismiske data, skaffer man seg lokasjonsinformasjon fra de forskjellige posisjoneringssystemene om bord i fartøyet. Disse systemene omfatter, men er ikke begrenset til, hovedmottakerne for GPS-navigasjon, supplementære GPS-mottakere ved de seismiske kildene og, i noen tilfeller, akterbøyene og det akustiske posisjoneringssystemet under vann som opererer mellom fartøyets skrog, kildeoppstillingene og hele lengden av hver lyttekabel som bærer seismiske mottakere. Denne lokasjonsinformasjonen konverteres til lokasjonene til kildene og mottakerne, som samles inn, behandles, forfines, og typisk legges ut i standard SEG (Society of Exploration Geophysics) P1-90 format.

På trinn 104 overføres den inkrementelle delen av aktuelle kartleggingsdata som ble samlet inn på trinn 103, fra dataakkvisisjonslokasjonen til en databehandlingslokasjon. Denne kommunikasjonen finner sted i løpet av tidsintervallet som ble valgt på trinn 102. Trinnet for å overføre en inkrementell del av aktuelle kartleggingsdata beskrives videre under med referanse til flytskjemaet i FIG. 3.

På trinn 105 genereres en inkrementell del av aktuell undergrunnsbelysning ved bruk av de inkrementelle delene av de aktuelle kartleggingsdataene som ble samlet inn på trinn 103 og overført på trinn 104. Denne genereringen finner sted i databehandlingslokasjonen i løpet av tidsintervallet som ble valgt på trinn 102. Denne inkrementelle genereringen i deler vil, når den er fullført ved å gå syklisk gjennom trinnene fra 102 til 106, generere den aktuelle undergrunnsbelysningen i

sin helhet. Den foretrukne fremgangsmåten for å generere aktuell undergrunnsbelysning er strålefølging-belysningsmodellering anvendt ved bruk av den inkrementelle delen av aktuelle kartleggingsdata. Denne foretrukne fremgangsmåten beskrives videre i diskusjonen med referanse til flytskjemaet i FIG. 4 under.

På trinn 106 bestemmes det om den aktuelle perioden av seismisk kartlegging er fullført. Dersom svaret er nei, den inneværende perioden seismisk kartlegging er ikke fullført, så går prosessen tilbake til trinn 102 for å velge et annet tidsintervall og samle inn mer seismikkdata. Dersom svaret er ja, den inneværende perioden seismisk kartlegging er fullført, fortsetter prosessen på trinn 107.

15

På trinn 107 bestemmes det om ytterligere dataakkvisisjon er ønskelig etter at den inneværende perioden dataakkvisisjon er fullført på trinnene fra 102 til 106. Bestemmelsen blir tatt ved å sammenlikne den idealisert undergrunnsbelysningen som ble generert på trinn 101 og den aktuelle undergrunnsbelysningen som ble inkrementelt generert på trinn 105. Bestemmelsen blir tatt i databehandlingslokasjonen. Dersom svaret er nei, ingen tilleggsdataakkvisisjon er ønskelig, så fortsetter prosessen fra trinn 108 til slutten. Dersom svaret er ja, tilleggsdataakkvisisjon er ønskelig, fortsetter prosessen til trinn 109. Trinnet for å bestemme om tilleggsdataakkvisisjon er ønskelig, beskrives videre under med referanse til flytskjemaet i FIG. 5.

På trinn 109 utføres eventuell tilleggsdataakkvisisjon som det er bestemt på trinn 107 at er ønskelig. Tilleggsdataakkvisisjonen utføres i dataakkvisisjonslokasjonen, derfor må beslutningen og instruksjonene sendes fra databehandlings-

lokasjonen tilbake til dataakkvisisjonslokasjonen før dataakkvisisjonsutstyret med tilhørende personell forlater dataakkvisisjonslokasjonen. Trinnet for å utføre eventuell ønskelig tilleggsdataakkvisisjon, beskrives videre under med referanse til flytskjemaet i FIG. 6.

FIG. 2 er et flytskjema som beskriver videre trinn for å generere idealisert undergrunnsbelysning som diskutert ovenfor med referanse til trinn 101 in FIG. 1.

10

På trinn 201 samles overflatedata inn for det interessante området for seismisk kartlegging. Overflatedata omfatter tredimensjonale koordinater som gir lokasjonen til alle interessante overflater. Overflatedataene kan omfatte, men er ikke begrenset til, jordens overflate, vannoverflaten, havbunnen, interessante targethorisonter og forkastninger.

15

De tredimensjonale koordinatene som brukes på dette og de videre trinnene, er typisk standard kartesiske koordinater med x og y som gir horisontal, eller lateral, lokasjonskoordinater og z som gir vertikal, eller dybde, koordinat. X- og y-koordinatene velges ofte slik at de tilsvarer henholdsvis langsgående ("in-line") og tversgående ("cross-line") koordinater for den seismiske kartleggingen. Alternativt tilsvarer x- og y-koordinatene koordinater i den virkelige verden slik som UTM ("Universal Transverse Mercator") koordinater som brukt i kart fra "U.S. Geological Survey". I hvert tilfelle kan det være at koordinatene må transformeres til og fra interne koordinater brukt i datamaskinprogramvare på prosesseringstrinnene som diskuteres under.

20

25

30

På trinn 202 samles hastighetsdata inn for det interessante området for seismisk kartlegging. Hastighetsdataene samles

fortrinnsvis inn i form av en hastighetskube, et tredimensjonalt rutenett av koordinatpunkter og hastighetsverdier. Overflatedataene på trinn 201 og jordmodellhastighetsdataene kan genereres fra hvilke som helst passende datakilder. For

5 eksempel, men ikke begrensende, kan overflate- og hastighetsdataene genereres fra kombinasjoner av slike kilder som brønnloggingsdata, tyngdekraftdata, magnetiske data og seismiske data.

10 På trinn 203 genereres en 3D-jordmodell for det interessante området for seismisk kartlegging. Jordmodellen genereres fra overflatedata som er samlet inn på trinn 201 og hastighetsdata som er samlet inn på trinn 202. Modellen genereres for å gi rimelige tilnærminger til den geologiske strukturen i området

15 for seismisk kartlegging.

På trinn 204 genereres idealiserte kartleggingsdata for seismisk kartlegging. De idealiserte kartleggingsdataene omfatter koordinatdata for lokasjonene til seismiske kilder og

20 mottakere i en idealisert forhåndsplotkartlegging. Typisk har den idealiserte forhåndsplotkartleggingen idealisert akkvisisjonsgeometri med kilder og mottakere plassert i et regulært rutenett av rette linjer med uniform avstand.

25 Som et eksempel, men ikke begrensende, omfatter de idealisert kartleggingsdataene i tilfellet marinseismisk kartlegging, perfekte navigasjonsdata og perfekte fartøykonfigurasjonsdata. Perfekte data innebærer perfekt skuddinnretting, perfekt lyttekabelavstand og ingen lyttekabelvinkling eller -drift.

30 Navigasjonsdataene vil omfatte start- og sluttlokasjonene til hver seilelinje i kartleggingen, asimut til seilelinjen og seilelinjens retning langs den asimuten. Fartøyskonfigurasjonsdataene ville omfatte antallet lytte-

kabler og lengden av disse, avstanden mellom lyttekabler, avstanden mellom mottakere langs lyttekablene, avstanden mellom fartøyet og kildesenteret og avstanden mellom kildesenteret og de første mottakerne.

5

På trinn 205 anvendes strålefølging-belysningsmodellering i området for seismisk kartlegging ved bruk av 3D-jordmodellen generert på trinn 203 og de idealiserte kartleggingsdataene som ble generert på trinn 204. Strålefølging-belysnings-
10 modelleringen anvendes ved bruk av idealiserte lokasjoner for kilder og mottakere i en dataakkvisisjonslokasjon. I tilfellet marinseismisk kartlegging, for eksempel, kan kilde lokasjonene være i senter av hydrofonoppstillingene i de tauede lyttekablene. Dataakkvisisjonslokasjonen vil være et område
15 som omfatter seilelinjene for de tauede luftkanonoppstillingene og de tauede hydrofonoppstillingene.

Strålefølging-belysningsmodelleringen genererer idealisert undergrunnsbelysning for senere sammenlikning med den aktuelle
20 undergrunnsbelysningen. Den idealiserte undergrunnsbelysningen som genereres kan omfatte, men er ikke begrenset til, slike målbare seismiske karakteristiske egenskaper som undergrunnsfold; avviksfordeling; minimum, maksimum og gjennomsnittlig innfallsvinkel for refleksjon; minimum og
25 maksimum avvik; og undergrunnsfold for nære, midlere og fjerne avviksområder. Den idealiserte undergrunnsbelysningen kan presenteres for sammenliknende analyse i enhver passende kombinasjon av idealiserte undergrunnsbelysningsdisplayer.

30 FIG. 3 er et flytskjema som beskriver videre trinnet for å overføre en inkrementell del av aktuelle kartleggingsdata som diskutert ovenfor med referanse til trinn 104 i FIG. 1.

På trinn 301 er den inkrementelle delen av aktuelle kartleggingsdata valgbart desimert dersom dette er nødvendig for kommunikasjon på trinn 303 under. Legg merke til at dersom den valgbare kompresjonen på trinn 302 under, er tilstrekkelig for kommunikasjon på trinn 303 under, kan desimeringen være unødvendig.

På trinn 302 er de valgbart desimerte kartleggingsdataene fra trinn 301 valgbart komprimerte dersom dette er nødvendig på trinn 301 under. Legg merke til at dersom den valgbare desimeringen på trinn 301 ovenfor er tilstrekkelig for kommunikasjonen på trinn 303 under, så kan komprimering være unødvendig. Standard UNIX komprimeringsmetoder kan oppnå komprimeringsforhold på omtrent 20:1. Kommersielt tilgjengelige programvarepakker (for eksempel NAVCOM som man kan få lisens til fra firmaet Øedegaard A/S) oppnår data-komprimeringsforhold i overkant av 30:1. Disse komprimeringsforholdene ble funnet tilstrekkelige til å overføre typiske aktuelle kartleggingsdata via satellittkommunikasjonslink uten desimering.

På trinn 303 overføres de valgbart komprimerte kartleggingsdataene fra trinn 302 til prosesseringsfasilitetene som analyserer dataene. De valgbart komprimerte dataene overføres fortrinnsvis ved bruk av satellittkommunikasjonslink eller Internet. I det marinseismiske kartleggingseksemplet er den vanlige praksisen å generere en unik P1-90 fil for hver seilelinje i den marinseismiske kartleggingen for å minimalisere mulighetene for transkripsjonsfeil i behandlingen. Overføring av så store datafiler over en satellittdrevet forbindelse krever vanligvis enten datadesimering eller -komprimering.

De valgbart komprimerte kartleggingsdataene overføres fortrinnsvis i nær sanntid hurtig nok til at nok en periode av innfillakkvisisjon kan bli analysert, tatt bestemmelser angående, overført til feltet og startet, mens kartleggings-
5 utstyret fortsatt er i området for seismisk kartlegging.

På trinn 304 kan de kartleggingsdataene fra trinn 303 som ble overført, valgbart avdesimeres dersom de er valgbart desimert på trinn 301 over. Typisk gjøres avdesimering vha
10 interpolasjon. Interpolasjon er imidlertid en tilnærming og de originale dataene blir ikke gjenvunnet. Derfor er ikke dette trinnet foretrukket.

På trinn 305 blir de valgbart avdesimerte kartleggingsdataene
15 fra trinn 304 valgbart dekomprimert dersom de ble valgbart komprimert på trinn 302 over.

På trinn 306 blir de valgbart dekomprimerte kartleggings-
dataene fra trinn 305 valgbart reformatert om nødvendig til et
20 format som er kompatibelt med programvaren som brukes til strålefølgning-belysningsmodellering på trinn 307 under. Hensikten med den valgbare reformateringen er i hovedsak i datamaskinsimuleringene å reprodusere posisjonene til seismikkildene og mottakerne som observeres i feltet.

25

FIG. 4 er et flytskjema som beskriver videre trinnet for å generere en inkrementell del av aktuell undergrunnsbelysning som diskutert ovenfor med referanse til trinn 105 i FIG. 1.

30 På trinn 401 anvendes strålefølgning-belysningsmodellering ved bruk av 3D jordmodellen som ble generert på trinn 203 i FIG. 2, og den inkrementelle delen av aktuelle kartleggingsdata som ble samlet inn på trinn 104 i FIG. 1.

På trinn 402 genereres en inkrementell del kun av aktuell undergrunnsbelysning fra strålefølgning-belysningsmodelleringen på trinn 401. Denne inkrementelle genereringen av aktuell
5 undergrunnsbelysning muliggjør overvåking i nær sanntid av seismisk akkvisisjon siden generering kan gjøres i løpet av samme tidsrom som den neste inkrementelle delen av aktuelle kartleggingsdata samles inn på trinn 103 i FIG. 1. Den
10 aktuelle undergrunnsbelysningen kan være de samme målbare seismiske egenskapene som ble generert for den idealiserte undergrunnsbelysningen og diskutert på trinn 205 i FIG. 2. Den aktuelle undergrunnsbelysningen kan presenteres for sammenliknende analyse i enhver passende kombinasjon av aktuelle undergrunnsbelysningsdisplayer.

15

På trinn 403 blir den inkrementelle delen av aktuell undergrunnsbelysning som genereres på trinn 402, tilføyd til de inkrementelle delene av aktuell undergrunnsbelysning, som ble generert tidligere. Derved tilføyes den aktuelle
20 undergrunnsbelysningen som ble generert i inneværende periode av inkrementell seismikkakkvisisjon, til belysningsresultatene som ble generert i alle tidligere perioder av trinn 102-105 i FIG. 1. Den aktuelle undergrunnsbelysningen føyes til i et format som passer for display og analyse.

25

FIG. 5 er et flytskjema som beskriver videre trinn for å bestemme om tilleggsdataakkvisisjon er ønskelig, som diskutert ovenfor med referanse til trinn 107 i FIG. 1.

30 På trinn 501 genereres overflatebaserte CMP dekningsdisplayer for det interessante området for seismisk kartlegging. Disse konvensjonelle CMP dekningsdisplayene er velkjente innen fagområdet seismikkprosessering.

På trinn 502 sammenliknes CMP dekningsdisplayene som genereres på trinn 501, den idealiserte undergrunnsbelysningen som genereres ved strålefølging-belysningsmodellering på trinn 205 i FIG. 2 og den aktuelle undergrunnsbelysningen som genereres ved strålefølging-belysningsmodellering på trinn 401. Disse sammenlikningene kan være visuelle, beregningsmessige, analytiske eller annet, og de kan omfatte seismisk prosessering, bildebehandling, mønstergjenkjenning, bildeanalyse eller enhver annen fremgangsmåte som er kjent inne fagområdet seismisk prosessering.

På trinn 503 identifiseres områder med utstrekkelig undergrunnsdekning fra sammenlikningen av undergrunnsdekning og idealisert og aktuell undergrunnsbelysning på trinn 402.

På trinn 504 bestemmes det om ytterligere innfillakkvisisjon er ønskelig basert på om områder med utilstrekkelig undergrunnsdekning er identifisert på trinn 503. Dersom svaret er nei, da er ingen ytterligere akkvisisjon ønskelig, og da fortsetter prosessen til trinn 505 og til avslutningen. Dersom svaret er ja, da er ytterligere akkvisisjon ønskelig, og da forsetter prosessen til trinn 506.

På trinn 506 fortsetter prosessen til trinn 601 i FIG. 6.

FIG. 6 er et flytskjema som beskriver videre trinn for å utføre eventuell ønskelig tilleggsdataakkvisisjon som diskutert over, med referanse til trinn 108 i FIG. 1.

30

På trinn 601 bestemmes nye kartleggingsdata for å korrigere områder hvor man på trinn 503 i FIG. 5 har identifisert at det er utilstrekkelig undergrunnsdekning. Den foretrukne

fremgangsmåten for å bestemme de nye kartleggingsdataene, er målrettet belyningsanalyse som blir beskrevet mer fullstendig nedenfor. Alternativt kunne de nye kartleggingsdataene bestemmes ved reversert strålefølging eller enhver

5 fremgangsmåte kjent innen fagområdet seismisk prosessering eller modellering.

Den foretrukne fremgangsmåten for målrettet belyningsanalyse er beskrevet i Campbell's U.S. Patentsøknad No. 10/155,158,
10 "Targeted Geophysical Survey" som er diskutert over. Den foretrukne fremgangsmåten er en fremgangsmåte for å planlegge en seismisk kartlegging basert på en modell av undergrunnsformasjoner, som omfatter generering av en datamaskin-simulering av en seismisk kartlegging som har kilder og
15 mottakere plassert i utvalgte lokasjoner i forhold til modellen; utføring av strålefølging fra kilde lokasjoner for å estimere propagasjonsstrålebaner til seismiske signaler som stråler ut fra kilde lokasjoner; bestemmelse av lokasjoner for emersjonspunkter hvor strålebaner som når jordoverflaten etter
20 refleksjon fra et undergrunnsområde av interesse, konsentreres og utvikling av en seismisk kartlegging der mottakerposisjoner er konsentrert i lokasjoner hvor emersjonspunktene er konsentrert. I tillegg, for å forbedre belyningen av undergrunnsmaal av interesse, omfatter den fortrukne
25 fremgangsmåten videre anvendelse av en modell av undergrunnen for å bestemme overflatelokasjoner som har en høy konsentrasjon av emersjonslokasjoner for seismiske signaler som reflekteres fra undergrunnsmaalet, og for posisjonering av seismikkottakere i lokasjoner som har en høy konsentrasjon av
30 emersjonslokasjoner.

På trinn 602 anvendes strålefølging-belysningsmodellering i det seismiske kartleggingsområdet ved bruk av den 3-

dimensjonale jordmodellen som ble generert på trinn 203 i FIG. 2 og de nye kartleggingsdataene som ble bestemt på trinn 601. Strålefølgning-belysningsmodelleringen genererer oppfølgende undergrunnsbelysning som svarer til den idealiserte

5 undergrunnsbelysningen og den aktuelle undergrunnsbelysningen som ble diskutert på respektivt trinn 101 og 105 i FIG. 1. Den oppfølgende undergrunnsbelysningen kan bli presentert for sammenliknende analyse i enhver passende kombinasjon av oppfølgende undergrunnsbelysningsdisplayer.

10

På trinn 603 overføres de nye kartleggingsdataene fra trinn 601 til feltet. De nye kartleggingsdataene overføres fortrinnsvis i nær sanntid, dvs raskt nok til at den neste perioden med innfillakkvisisjon kan begynne mens

15 kartleggingsutstyret med tilhørende personell fortsatt er i området for seismisk kartlegging.

20

På trinn 604, returene til trinn 102 i FIG. 1, for å velge en annen sekvens av tidsintervaller i løpet av en annen periode

av den seismiske kartleggingen og utføre en seismisk innfillakkvisisjon ved bruk av nye kartleggingsdata som bestemt på trinn 601.

25

Derved fullføres den seismiske kartleggingen etter eventuelle perioder med tilleggsakkvisisjon, som har vist seg nødvendige ved sammenlikninger i nær sanntid av idealiserte og aktuelle belysningsdisplayer av belysningsresultater, og som er gjort virksomme vha applikasjonen for målrettet belysningsanalyse i nær sanntid. Innfillakkvisisjon utføres før det seismiske

30 utstyret med tilhørende personell forlater området for seismisk kartlegging fordi innfillakkvisisjonsanalysen gjennomføres og bestemmelse tas og overføres i nær sanntid.

Krav

1. Fremgangsmåte for seismisk akkvisisjon, omfattende generering av idealisert undergrunnsbelysning ved bruk av
 5 idealiserte kartleggingsdata;
 utførelse av følgende i hvert av en sekvens av tidsintervaller under en seismisk kartlegging:

- innsamling av en inkrementell del av aktuelle
 10 kartleggingsdata ved bruk av dataakkvisisjonsutstyr i en dataakkvisisjonslokasjon;
- overføring av den inkrementelle delen av aktuelle
 kartleggingsdata fra dataakkvisisjonslokasjonen til en databehandlingslokasjon;
- generering av en inkrementell del av aktuell
 15 undergrunnsbelysning ved bruk av de inkrementelle delene av aktuelle kartleggingsdata; og
- tilføyning av den inkrementelle delen av aktuell
 20 undergrunnsbelysning til tidligere genererte deler av aktuell undergrunnsbelysning fra tidligere tidsintervaller, for å generere aktuell undergrunnsbelysning inkrementelt ved databehandlingslokasjonen;

bestemmelse av om tilleggsdataakkvisisjon er ønskelig ved sammenlikning av den idealiserte undergrunnsbelysningen og den aktuelle undergrunnsbelysningen i databehandlingslokasjonen;
 25 og
 utførelse av eventuell ønsket tilleggsdataakkvisisjon før dataakkvisisjonsutstyret forlater dataakkvisisjonslokasjonen.

2. Fremgangsmåte i følge krav 1, der trinnet for generering av
 30 idealisert undergrunnsbelysning omfatter:

- generering av en tredimensjonal jordmodell; og
- anvendelse av strålefølging-belysningsmodellering ved

bruk av den nevnte tredimensjonale jordmodellen og de idealiserte kartleggingsdataene.

3. Fremgangsmåte i følge krav 2, der trinnet for generering av
5 en tredimensjonal jordmodell omfatter:

- bestemmelse av overflatedata;
- bestemmelse av hastighetsdata; og
- generering av en tredimensjonal jordmodell ved bruk av overflatedata og hastighetsdata.

10

4. Fremgangsmåte i følge krav 1, der de idealiserte kartleggingsdataene omfatter idealiserte kilde- og mottakerlokasjoner for den seismiske kartleggingen.

15 5. Fremgangsmåte i følge krav 1, der de aktuelle kartleggingsdataene omfatter aktuelle kilde- og mottakerlokasjoner fra den seismiske kartleggingen.

6. Fremgangsmåte i følge krav 1, der trinnet for å samle inn
20 inkrementelle deler av aktuelle kartleggingsdata omfatter:

- valg av en sekvens av tidsintervaller som spenner over den seismiske kartleggingen; og
- innsamling av de inkrementelle delene av aktuelle kartleggingsdata i løpet av hvert av tidsintervallene i
25 sekvensen.

7. Fremgangsmåte i følge krav 1, der trinnet for overføring av en inkrementell del av aktuelle kartleggingsdata bruker en satellittkommunikasjonslink.
30

8. Fremgangsmåte i følge krav 1, der trinnet for å overføre en inkrementell del av aktuelle kartleggingsdata videre omfatter:

- komprimering av den inkrementelle delen av aktuelle kartleggingsdata;
- overføring av komprimerte kartleggingsdata; og
- dekomprimering av de overførte kartleggingsdataene.

5

9. Fremgangsmåte i følge krav 1, der trinnet for å overføre en inkrementell del av aktuelle kartleggingsdata, videre omfatter:

- desimering av den inkrementelle delen av aktuelle kartleggingsdata;
- overføring av de desimerte kartleggingsdataene; og
- avdesimering av kartleggingsdataene som er overført.

10

10. Fremgangsmåte i følge krav 1, der trinnet for å overføre en inkrementell del av aktuelle kartleggingsdata videre omfatter:

15

- reformatering av de overførte kartleggingsdataene for strålefølging-belysningsmodellering.

11. Fremgangsmåte i følge krav 1, der trinnet for å overføre en inkrementell del av aktuelle undergrunnsbelysning omfatter:

20

- anvendelse av strålefølging-belysningsmodellering ved bruk av den tredimensjonale jordmodellen og den inkrementelle delen av aktuelle kartleggingsdata.

25

12. Fremgangsmåte i følge krav 1, der trinnet for å bestemme om tilleggsdataakkvisisjon er ønskelig omfatter:

30

- generering av overflatebasert CMP dekningsdisplayer;
- sammenlikning av de overflatebasert CMP dekningsdisplayene, den idealiserte undergrunnsbelysningen og den aktuelle undergrunnsbelysningen; og

- identifisering av områder med utilstrekkelig undergrunnsdekning ut fra sammenlikningen.

13. Fremgangsmåte i følge krav 12, der trinnet for å utføre
5 eventuell ønskelig tilleggsdataakkvisisjon videre omfatter:

- anvendelse av strålefølging-belysningsmodellering ved bruk av den tredimensjonale jordmodellen og de idealiserte kartleggingsdataene for å generere ny undergrunnsbelysning;

10

14. Fremgangsmåte i følge krav 1, der trinnet for å utføre
eventuell ønskelig tilleggsdataakkvisisjon videre omfatter:

- anvendelse av målrettet belysningsanalyse i områdene med utilstrekkelig undergrunnsdekning for å generere nye
15 kartleggingsdata;

15. Fremgangsmåte i følge krav 14, der trinnet for å utføre
eventuell ønskelig tilleggsdataakkvisisjon videre omfatter:

- overføring av de nye kartleggingsdataene til
20 dataakkvisisjonslokasjonen; og
- utføring av seismisk innfillakkvisisjon ved bruk av nye kartleggingsdata.

1/4

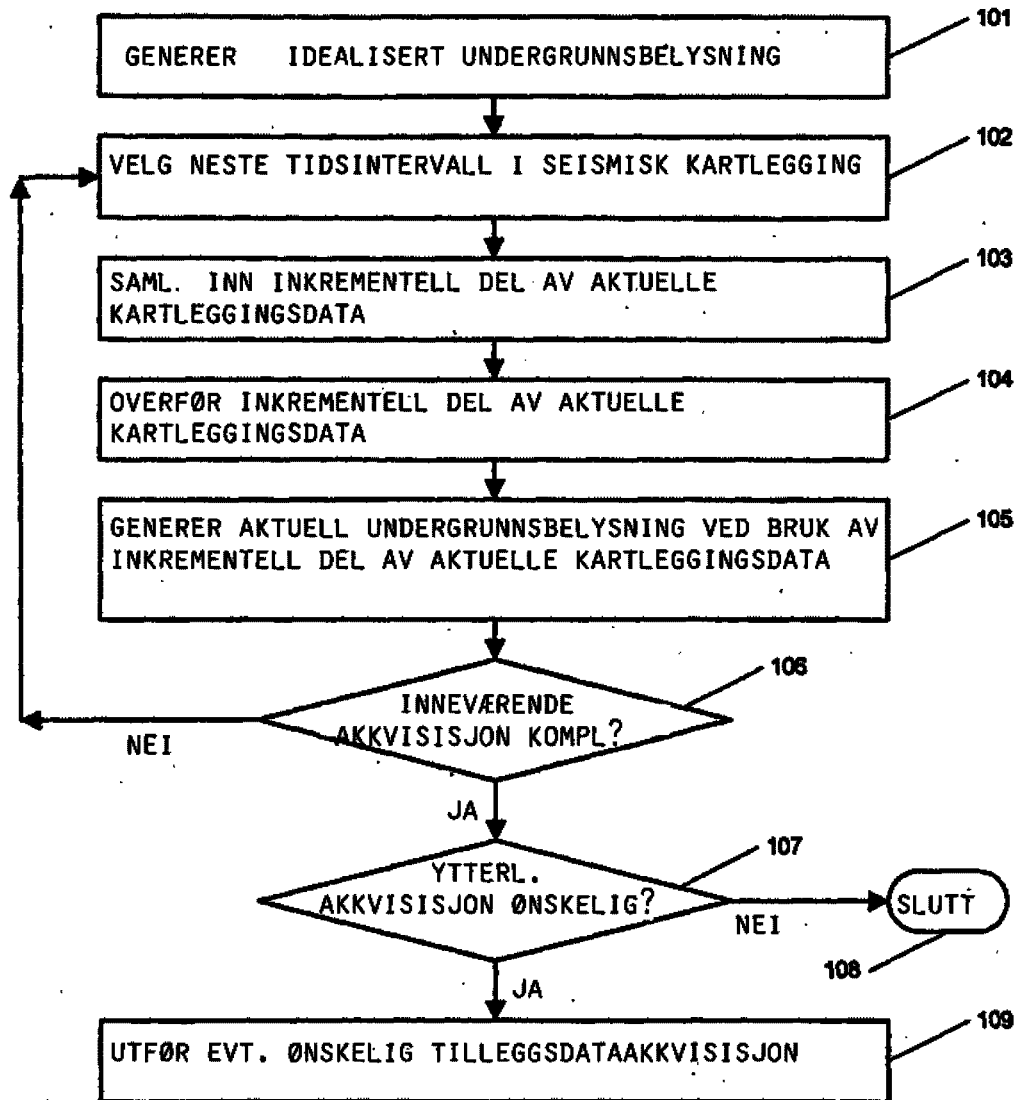


FIG. 1

2/4

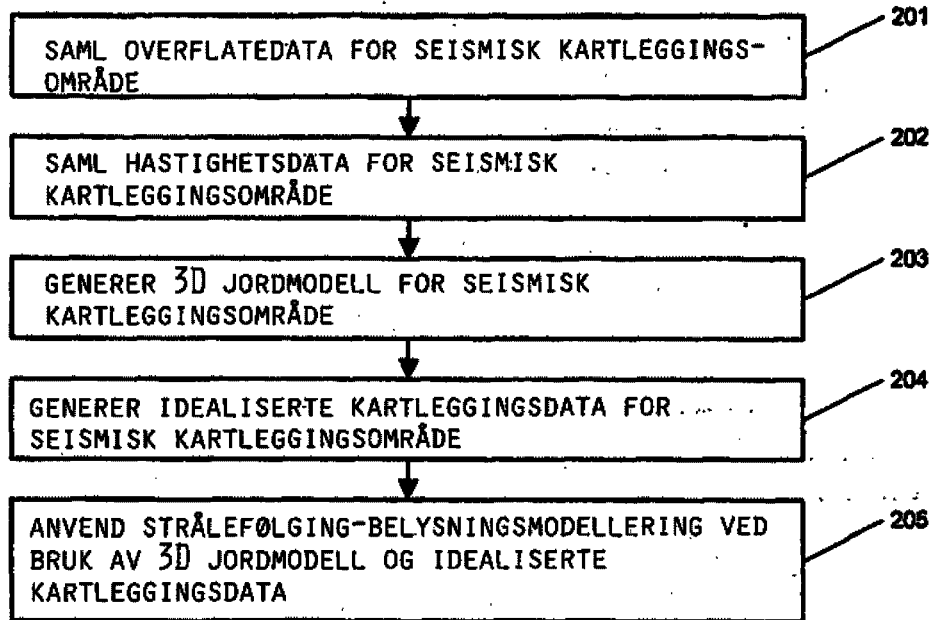


FIG. 2

3/4

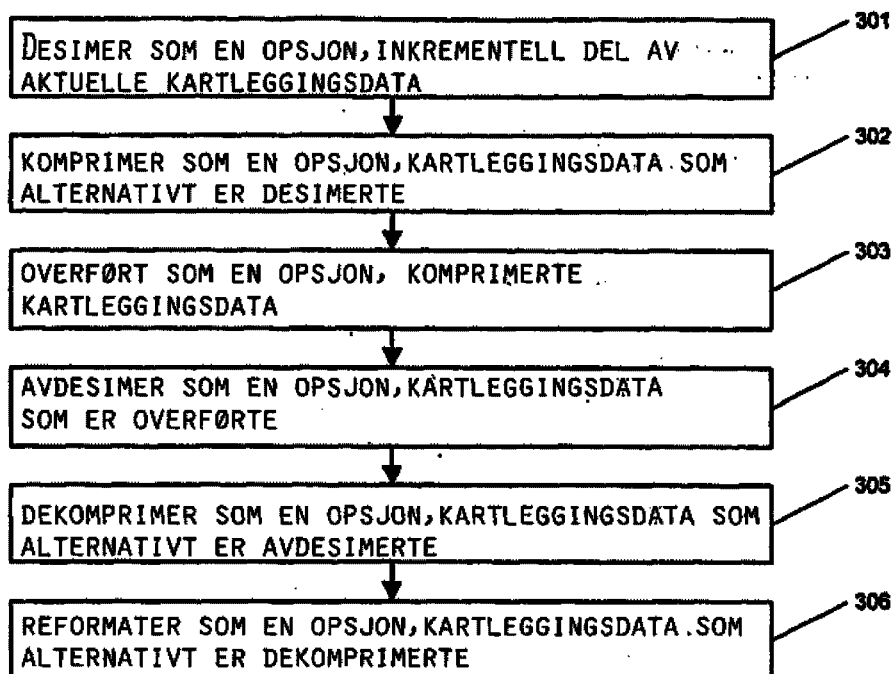


FIG. 3

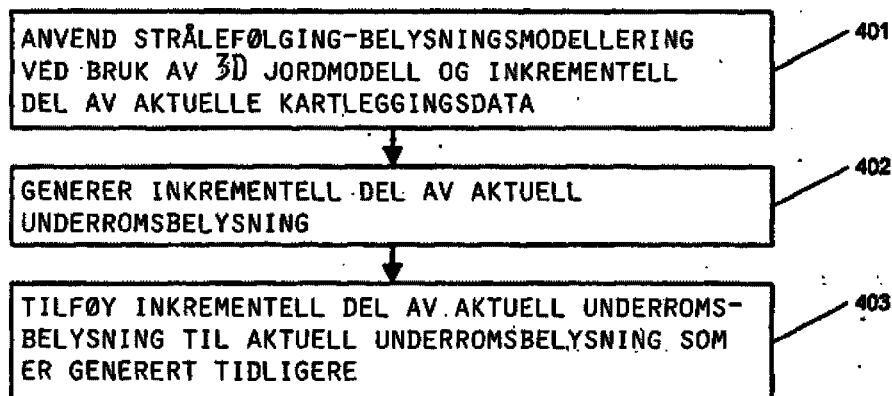


FIG. 4

4/4

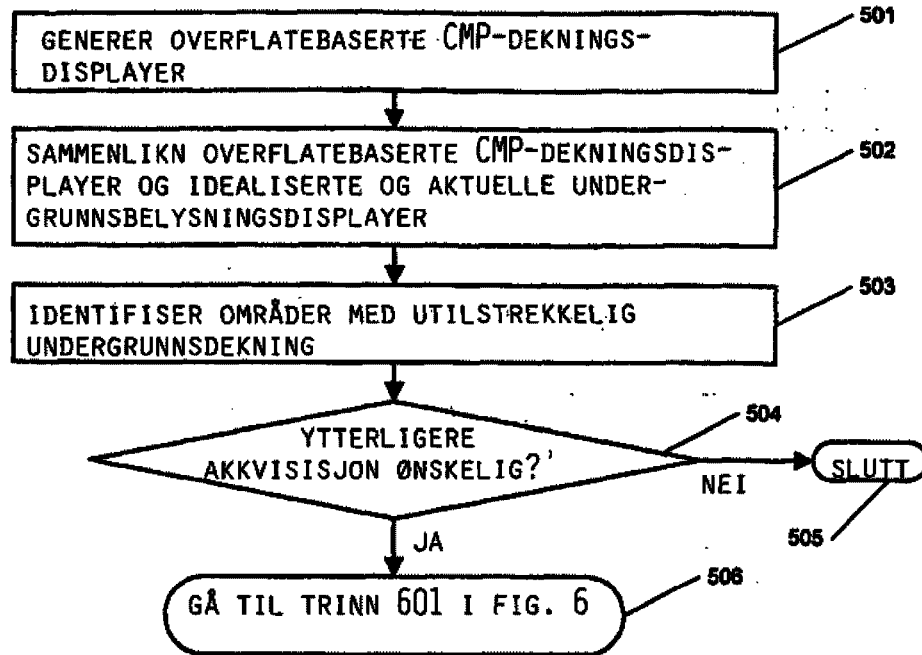


FIG. 5

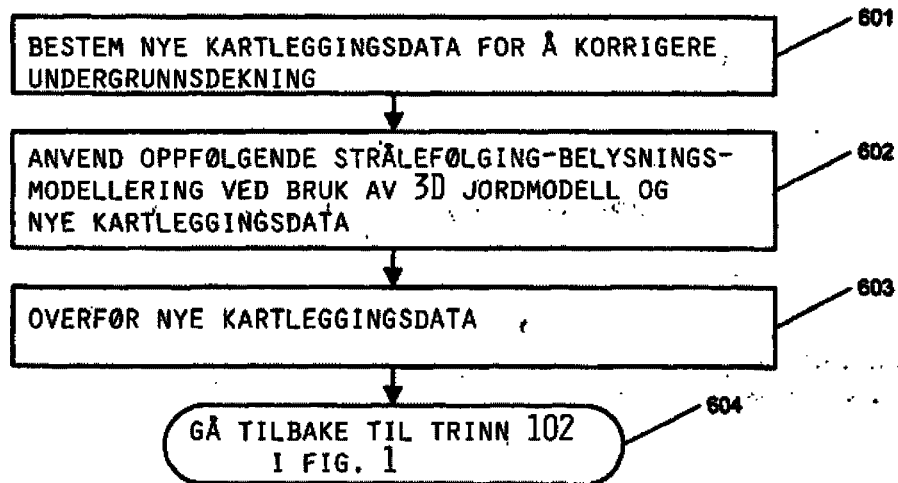


FIG. 6