



(12) PATENT

(19) NO

(11) 333785

(13) B1

NORGE

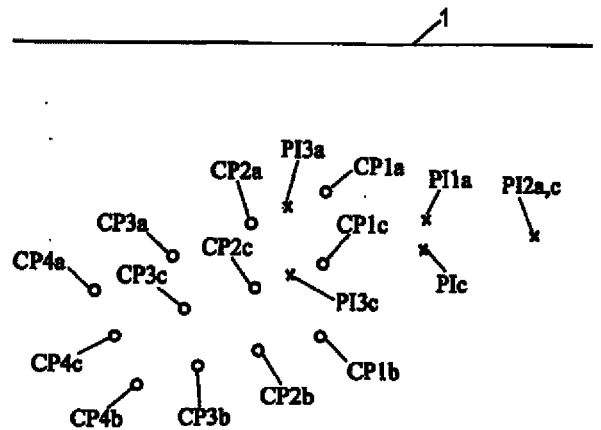
(51) Int Cl.  
G01V 11/00 (2006.01)

### Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20025100	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	2002.10.24	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	2002.10.24	(30)	Prioritet	2001.10.26, GB, 0125713
(41)	Alm.tilgj	2003.04.28			
(45)	Meddelt	2013.09.16			
(73)	Innehaver	Statoil ASA, Forusbeen 50, 4035 STAVANGER, Norge			
(72)	Oppfinner	Torgeir Torkildsen, Stubbanvegen 1 C, 7037 TRONDHEIM, Norge			
(74)	Fullmektig	Acapo AS, Postboks 1880 Nordnes, 5817 BERGEN, Norge			

(54)	Benevnelse	<b>Fremgangsmåte for å kombinere romlige geologiske modeller</b>
(56)	Anførte publikasjoner	EP 1045259 A1 WO 00/48022 A1
(57)	Sammendrag	

Det er tilveiebragt en fremgangsmåte for å kombinere første (fig. 1) og andre (fig. 2) modeller av et felles område av et rom, slik som et område av jorden under overflaten (1), for å danne en tredje modell (fig. 4). Felles punkter (CP1a-CP4a, CP1b-CP4b) har forskjellige posisjoner i de første og andre modeller. En forutbestemt korrelasjon finnes mellom posisjonene til de felles punkter (CP1a-CP4a) i den første modell og posisjonene av punkter av interesse (PI1a-PI3a) i den første modell. Posisjonene (CP1c-CP4c) for de felles punkter i den tredje modell, blir utledet fra posisjonene til de felles punkter i de første og andre modeller. Posisjonene (PI1c-PI3c) i den tredje modell for punktene av interesse, blir utledet fra posisjonene (CP1c-CP4c) for de felles punkter i den tredje modell og fra den forutbestemte korrelasjon.



Foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte for å kombinere minst to modeller av et felles romområde for å danne en resulterende modell. En slik fremgangsmåte kan for eksempel benyttes til å forbedre en geologisk modell av et område under  
5 leting etter hydrokarbonreserver.

For å lete etter og styre utnyttelsen av hydrokarbonreserver slik som olje og gass, er det kjent å konstruere geologiske modeller av undergrunnen utfra målinger fremskaffet ved hjelp av forskjellige teknikker. Disse teknikkene  
10 innbefatter seismiske undersøkelser og bruken av magnetometre og gravitasjonsmålinger. Slike geologiske modeller gir informasjon om den geologiske strukturen til jorden under overflaten eller under havbunnen og gjør det mulig å identifisere potensielt kommersielt utnyttbare hydrokarbon-  
15 reserver. Slike modeller blir også brukt til å styre boringen av brønnhull for å teste med hensyn på den aktuelle forekomst av hydrokarboner, eller for å bli brukt som produksjonsbrønner forutvinning av identifiserte hydrokarbonreserver.

De målinger som fremskaffes ved hjelp av slike teknikker,  
20 er beheftet med unøyaktigheter, for eksempel som et resultat av unøyaktigheter i måleinstrumentene eller måleteknikkene som inngår, eller på grunn av unøyaktigheter som er et resultat av mindre enn perfekt kunnskap om geologien. Modeller fremskaffet ved hjelp av forskjellige måleteknikker er beheftet med  
25 unøyaktigheter ved forskjellige nivåer slik at forskjellige modeller av det samme området forutsier forskjellige lokaliseringer av geologiske formasjoner.

Det er kjent å gjøre bruk av geologiske modeller under boring av en brønn og å foreta målinger under boreprosessen.  
30 Målinger tatt under boring er generelt forholdsvis nøyaktige mens usikkerhetene til posisjonen i geologiske modeller er forholdsvis stor. Når en brønn blir boret og en grense eller grenseflate mellom forskjellige bergartslag blir detektert, blir således brønnmålingen brukt til å korrigere posisjonen  
35 til grensen i den geologiske modell som brukes til å styre boringen. Korreksjonen som tilveiebringes ved hjelp av slike

teknikker, er imidlertid svært begrenset og dreier seg om å korrigere posisjonen, slik som dybden, til den grensen som er blitt påtruffet og eventuelt fremskaffelse av den identiske korreksjon av punkter i et lite område i nærheten av bor-

5 kronen.

EP 1045259 (US 6662147) presenterer en inversjonsteknikk for å forbedre de fysiske karakteristikene av et heterogent medium. Videre presenterer WO 00/48022 parametrisk modelleringssteknikk for undergrunn som bruker målingsdata for

10 å danne en modell av et undergrunnsområde.

I henhold til et første aspekt ved oppfinnelsen er det tilveiebragt en fremgangsmåte for å kombinere minst to modeller av et felles romområde for å danne en resulterende modell, i hvilken posisjonene og de posisjonsmessige usikkerheter for minst et felles punkt i de minst to modeller, er

15 kjent, omfattende å utlede en posisjon og en posisjonsmessig usikkerhet i den resulterende modell av det minst ene felles punkt fra posisjonene og de posisjonsmessige usikkerheter for

det minst ene felles punkt i de minst to modeller.

20 De posisjonsmessige usikkerheter kan være representert som varianser og kovarianser.

Det felles område kan være et område av jorden.

Hver av de minst to modeller kan være en fysisk modell basert på målinger. En første av de minst to modeller kan være

25 en geologisk modell, for eksempel basert på minst én av seismiske målinger, magnetometermålinger og gravitasjons-

målinger. En annen av de minst to modeller kan være basert på informasjon fra borehullslogging.

30 Det minst ene felles punkt kan omfatte et antall felles punkter.

Et forutbestemt posisjonsmessig forhold kan eksistere mellom posisjonen til minst et punkt av interesse i en eller den første av de minst to modeller og posisjonen til det minst ene felles punkt i den første modell og posisjonen av det

35 minst ene punkt av interesse i den resulterende modell kan utledes fra posisjonen av det minst ene felles punkt i den

resulterende modell og fra det forutbestemte posisjonsmessige forhold.

Det minst ene punkt av interesse kan omfatte et antall punkter av interesse. Det forutbestemte posisjonsmessige forhold kan være representert som en korrelasjon. Som et alternativ kan det forutbestemte posisjonsmessige forhold være representert som kovarianser.

Det forutbestemte posisjonsmessige forhold kan være en funksjon av posisjon. Det forutbestemte posisjonsmessige forhold kan være en avtagende funksjon av avstand mellom det minst ene felles punkt og det minst ene punkt av interesse. Det forutbestemte posisjonsmessige forhold kan være en avtagende funksjon av målestøy mellom det minst ene felles punkt og det minst ene punkt av interesse.

Et ytterligere forutbestemt posisjonsmessig forhold kan finnes mellom posisjonen til det minst ene felles punkt i en eller den annen av de minst to modeller og posisjonen til minst et ytterligere punkt av interesse i den annen modell, idet fremgangsmåten omfatter å utlede en posisjon i den tredje modell av det minst ene ytterligere punkt av interesse fra posisjonen til det minst ene felles punkt i den tredje modell og fra det ytterligere, forutbestemte posisjonsmessige forhold.

Posisjonene til det minst ene felles punkt i de minst to modeller kan være forskjellige fra hverandre. Posisjonen til det minst ene felles punkt i den resulterende modell kan være den samme som posisjonen til det minst ene felles punkt i en eller den annen av de minst to modeller.

Fremgangsmåten kan omfatte og generere en av eller den annen av de minst to modeller progressivt og utforme den resulterende modell på forekomsten i den annen modell av et første av de felles punkter. Fremgangsmåten kan omfatte og erstatte en av eller den første av de minst to modeller med den tidligere dannede resulterende modell og utforme en ny resulterende modell hver gang et ytterligere av de felles punkter opptrer i den annen modell. Minst en del av den nye resulterende modell som inneholder minst ett felles punkt som

tidligere har opptrådt, kan være uendret når den nye resulterende modell blir utformet. Det ytterligere av de felles punkter kan være i en overflate, og den minst ene uendrede del kan være et volum avgrenset av overflaten.

5 Den første modell kan være en geologisk modell og den annen modell kan være generert under boring av et brønnhull. Overflaten kan være en grense mellom forskjellige lag, og forekomsten av det ytterligere av de felles punkter kan indikeres når borehullet gjennomtrenger grensen.

10 I henhold til et ytterligere aspekt ved oppfinnelsen er det tilveiebragt et dataprogram for å programmere en datamaskin til å utføre en fremgangsmåte i henhold til det første aspekt ved oppfinnelsen, et medium som inneholder et slikt program og en datamaskin programmert med et slikt program.

15 Oppfinnelsen vil bli nærmere beskrevet ved hjelp av et eksempel under henvisning til de vedføyde tegninger, hvor: Fig. 1 er et diagram som illustrerer en første modell av et område av jorden;

fig. 2 er et diagram som illustrerer en annen modell av det samme område av jorden;

20 fig. 3 er et diagram av det samme område av jorden som illustrerer hvordan de første og andre modeller blir kombinert;

fig. 4 er et diagram over en modell av det samme området av jorden fremskaffet fra de modeller som er vist på fig. 1 og 2;

25 fig. 5 er et diagram som illustrerer en annen første modell og et borehull; og

fig. 6 er et diagram som illustrerer justering av den første modell på fig. 1 for å danne en tredje modell.

30 Selv om foreliggende oppfinnelse kan brukes til å kombinere romlige modeller av enhver type, vil bruken av denne teknikken til å kombinere forskjellige modeller av det samme området av jorden bli beskrevet i det følgende ved hjelp av et eksempel og uten tap av generalitet.

35 Fig. 1 illustrerer en første modell av et område av jorden, for eksempel fremskaffet fra en seismisk undersøkelse. Tegningen viser et tverrsnitt hvor grensene mellom

forskjellige geologiske lag er vist. En grense 2 blir skåret av ytterligere grenser 3 til 6, og skjæringspunktene er indikert som felles punkter CP1a til CP4a. Likeledes blir en grense 7 skåret av en annen grense 8 ved et første punkt av interesse PI1a. En ytterligere grense 9 blir skåret av nok en annen grense 10 ved et annet punkt av interesse PI2a. Et tredje punkt av interesse som ligger på grensen 2 mellom de felles punkter CP1a og CP2a er antydnet ved PI3a.

10 Posisjonene til alle de felles punkter CP1a til CP4a og punktene av interesse PI1a til PI3a er bestemt ved behandling av de seismiske data som er fremskaffet under seismiske undersøkelser av området. Posisjonene til hvert av disse punktene i forhold til et referansepunkt blir spesielt bestemt ved hjelp av behandlingen, og disse er posisjonene til

15 punktene i den første modellen. Den teknikk som benyttes til å generere den første modell har imidlertid iboende unøyaktigheter og usikkerheter, slik at posisjonene til de forskjellige punkter i jorden generelt er forskjellige fra posisjonene i den første modell. Ved generering av den første

20 geologiske modell fra de seismiske data, betyr utilstrekkelig kjennskap til strukturen og egenskapene til området i jorden at forskjellige antagelser må forutsettes. De spesielle måleteknikker som benyttes under de seismiske undersøkelser har også iboende unøyaktigheter i likhet med enhver måle-

25 teknikk. Usikkerhetene i posisjonene til de forskjellige punkter i den første modell blir beregnet og tilordnet de respektive punkter.

Det er også mulig å tildele korrelasjonsverdier mellom hver av de felles punkter CP1a til CP4a og hvert av punktene

30 av interesse PI1a til PI3a. Som beskrevet i det følgende kan disse korrelasjonene uttrykkes som kovarianser. Punktet PI1a av interesse blir således antatt å være forholdsvis nær de felles punkter CP1a til CP4a og med forholdsvis liten støy, slik som uidentifiserte refleksjoner, mellom disse. Posisjonen

35 til punktet PI1a av interesse er derfor korrelert med posisjonene til punktene CP1a til CP4a av interesse med en middels grad av korrelasjon.

Punktet PI2a av interesse er meget lenger vekk fra de felles punkter CP1a til CP4a og, selv om det for tydelighetens skyld ikke er vist, blir det antatt at den mellomliggende posisjon av området av jorden er vist i den første modell med en forholdsvis kompleks struktur, for eksempel med mange uidentifiserte refleksjoner. Korrelasjonen mellom posisjonen til punktet PI2a av interesse og hvert av de felles punkter CP1a til CP4a er derfor meget lav, og blir for eksempel antatt å være null i den første modell.

10 Punktet PI3a av interesse er lokalisert på grensen 2, som også inneholder de felles punkter CP1a til CP4a. Det er derfor en meget høy korrelasjon mellom de forskjellige punkter på grensen 2, og for illustrasjonens skyld blir det antatt at denne korrelasjonen har den maksimale verdi lik 1.

15 Selv om disse spesielle punktene av interesse er blitt illustrert på fig. 1, kan ethvert punkt inne i den første modell og virkelig hvert punkt i den første modell kan betraktes som et punkt av interesse. En verdi av korrelasjonen mellom hvert punkt i modellen og hvert av de felles punkter CP1a til CP4a kan således tilordnes basert på forskjellige teknikker som ikke utgjør noen del av foreliggende oppfinnelse.

20 Fig. 2 illustrerer en annen modell av det samme området av jorden under overflaten 1. Den annen modell kan for eksempel ha blitt fremskaffet ved å behandle data oppnådd ved hjelp av magnetiske målinger eller gravitasjonsmålinger av området. Den annen modell identifiserer også grensene 2 til 6 og gjør det mulig å bestemme posisjonene i den annen modell av felles punkter CP1b til CP4b. På grunn av unøyaktigheter og usikkerheter i den spesielle teknikk som brukes til å frembringe den annen modell, er posisjonene til de felles punkter CP1b til CP4b utsatt for unøyaktigheter som kan beregnes og som blir tilskrevet disse punktene.

35 De felles punkter CP1b til CP4b i den annen modell som er vist på fig. 2, svarer henholdsvis til de felles punkter CP1a til CP4a i den første modell og til de samme fysiske punkter i vedkommende område av jorden. Hvis teknikkene som brukes til å

fremskaffe de to modellene var perfekte slik at det ikke var noen unøyaktigheter eller usikkerheter i posisjonene til de felles punkter, så ville derfor posisjonene til de felles punkter CP1b til CP4b som bestemt i den annen modell, være  
5 identiske med posisjonene til de felles punkter CP1a til CP4a som er bestemt i den første modell. Som vist på fig. 3, på grunn av unøyaktighetene og usikkerhetene i de første og andre modeller, gir imidlertid de to modellene generelt forskjellige posisjoner for de tilsvarende par med felles punkter. Den  
10 foreliggende teknikk kombinerer den første og den annen modell for å frembringe en resulterende eller tredje modell som representerer en mer nøyaktig modell av det samme område av jorden, og som spesielt anbringer de felles punkter og  
15 disse punktene inne i jorden. Teknikken innebærer hovedsakelig å utlede posisjonen til hvert felles punkt ut fra posisjonene og usikkerhetene til de tilsvarende felles punkter i de to modeller.

De tilhørende posisjonsmessige usikkerheter blir beregnet  
20 for den første modell og er generelt mindre enn for hver av de første og andre modeller. Fig. 3 illustrerer et eksempel hvor usikkerhetene i posisjonsdataene i de to modeller er omtrent de samme. De resulterende felles punkter CP1c til CP4c i den tredje modell er således omtrent midtveis mellom de  
25 tilsvarende par av felles punkter i de første og andre modeller. Hvis de usikkerheter som er tilknyttet posisjonsdataene i en modell var meget lavere enn i den annen modell, så ville de felles punkter i den tredje modell være nærmere de felles punkter i den ene modell. Det er også mulig for  
30 posisjonsdataene i en av modellene å være meget mer nøyaktige enn i den annen modell slik at posisjonsdataene i den mest nøyaktige modell blir antatt å ha null usikkerhet. I et slikt tilfelle er posisjonene i de felles punkter i den tredje modell de samme som i den mest nøyaktige modell.

35 Den annen modell som er vist på fig. 2, tilveiebringer ingen posisjonsmessige data omkring punktene PI1a til PI3a av interesse i den tredje modell. Som beskrevet i det foregående,

er imidlertid disse punkter av interesse korrelert i posisjon til forskjellige grader med de felles punkter i den første modell, og denne korrelasjonen blir brukt til å utlede posisjoner for punktene av interesse i den tredje modellen.

5 Som nevnt foran kan hvert punkt som ikke er et felles punkt i vedkommende område av jorden, behandles som et punkt av interesse slik at denne teknikken gjør det mulig å fremskaffe en mer nøyaktig modell av hele området. For enkelhets skyld vil bare de tre punktene PI1a til PI3a av interesse bli  
10 betraktet.

Som beskrevet i det ovenstående blir punktet PI3a av interesse antatt å ha fullstendig korrelasjon med de felles punkter CP1a til CP4a i den første modell. Dette blir benyttet ved generering av den tredje modell slik at det tilsvarende  
15 punkt PI3c av interesse som er vist på fig. 3, blir posisjonert mellom de felles punkter CP1c og CP2c slik at det relativt til disse felles punkter blir posisjonert i likhet med posisjonen av punktet PI3a av interesse relativt til de felles punkter CP1a og CP2a i den første modell. Som  
20 illustrert på fig. 3 betyr dette en translasjon i forhold til posisjonen i den første modell, men som vist på fig. 3, er translasjonen forskjellig fra den for hvert av de felles punkter. Den foreliggende teknikk gjør det mulig å flytte strukturer eller delområder ved hjelp av translasjoner,  
25 rotasjoner og skalaendringer. Den linje som forbinder de felles punkter i den første modell og som ender ved de felles punkter CP1a og CP4a blir såldes translatert, rotert svakt, og redusert svakt i lengde for å danne den tilsvarende linje i den tredje modell. Den tilsvarende linje i den annen modell  
30 blir likeledes translatert, svakt rotert og svakt øket i lengde for å danne den tilsvarende linje i den tredje modell.

Punktet PI1a av interesse i den første modell blir antatt å ha omtrent en 50% korrelasjon med de felles punkter CP1a til CP4a. De tilsvarende punkter av interesse PIC i den tredje  
35 modell, blir generert ved "ekstrapolering" av transformasjonen av de felles punkter, men ved å "redusere" den aktuelle forskyvning mellom de to modellene i samsvar med den delvise

korrelasjon. Punktet PI2a av interesse blir imidlertid antatt å ha null korrelasjon med de felles punkter, slik at dets posisjon PI2c i den tredje modell er den samme som dets posisjon PI2a i den første modell.

5           Fig. 4 illustrerer den tredje modell med de felles punkter CP1c til CP4c og punktene PI1c til PI3c av interesse i de posisjoner som svarer til fig 3. Ved å bruke informasjonen i de første og andre modeller, blir den tredje modell generert og representerer en mer nøyaktig modell av strukturen og geologien til vedkommende område av jorden. Spesielt er 10 posisjonene til de forskjellige punkter i den tredje modell vesentlig nærmere de aktuelle fysiske posisjoner av disse punkter i jorden.

Denne teknikken kan brukes til å kombinere forskjellige 15 modeller som tidligere er blitt fremskaffet for det samme område av jorden, for eksempel ved å bruke forskjellige undersøkelsesteknikker og/eller forskjellige behandlingsteknikker. Ved å forbedre kunnskapen om jordens struktur, kan en slik teknikk brukes til å dirigere letingen etter verdifulle reserver, slik som hydrokarbonreserver, mer nøyaktig. En 20 annen form av den samme teknikk kan imidlertid brukes under den aktuelle boring av et borehull for test- eller produksjons-formål. Den første modell kan for eksempel være som illustrert på fig. 1 og representere geologien til vedkommende område av jorden under overflaten 1, fremskaffet fra 25 seismiske undersøkelser. Den annen modell er fremskaffet i sann tid under boringsprosessen, for eksempel fra posisjonsmålingsutstyr ved eller nær borkronen som kan være tilstede for å styre boreoperasjonen. Posisjonen til borkronen i forhold til den geologi som er avdekket i den første modell, 30 kan også i det minste delvis være bestemt i samsvar med det avfallsmaterialet som fjernes ved hjelp av boreoperasjonen. En forholdsvis nøyaktig bestemmelse kan spesielt fremskaffes for posisjonen av hver grense mellom geologiske lag. Den 35 foreliggende teknikk kan brukes til å forbedre styringen av boreoperasjonen for å forbedre sjansene til å treffe et spesielt boremaal, slik som toppen av et hydrokarbonreservoar.

Ved bruk av denne teknikken blir den annen modell konstruert etter hvert som boringen skrider frem. Når borkronen skjærer eller ankommer et felles punkt som kan identifiseres i den første modell, slik som gjennomtrengning av et spesielt lag, kan den mer nøyaktige posisjonsinformasjon fra den annen modell brukes til å oppdatere eller forbedre den første modell for å generere en tredje modell. Hvis for eksempel borehullet passerer gjennom grensen 3 som er vist på fig. 1, vil posisjonen, i det minste i boreretningen, av grensen eller overflaten 3, være kjent med meget større grad av nøyaktighet enn i den første modell. Denne forbedrede posisjonsinformasjon i den annen modell blir således brukt til å generere en tredje modell ved å gjøre bruk av den allerede kjente korrelasjon i den første modellen, for å forbedre posisjonsdataene i den første modell for å generere den tredje modell.

Hver gang borkronen ankommer et felles punkt, slik som en annen grense mellom geologiske lag, kan en ytterligere tredje modell genereres fra den nye posisjonsinformasjonen i den annen modell og fra den tidligere genererte tredje modell som iterativt blir brukt som den første modell. Den tidligere genererte tredje modell som nå brukes som den første modell, kan imidlertid oppdateres bare i visse delområder av vedkommende område av jorden. Slik oppdatering for å generere en ny tredje modell kan for eksempel bare finne sted "foran" posisjonen til borkronen slik at de felles punkter som allerede er blitt lokalisert i den annen modell under boringen, ikke blir forskjøvet, men beholder sine posisjoner i den nye tredje modell. Hver grense som allerede er blitt skåret av borehullet, beholder spesielt sin posisjon i den nye tredje modell fordi den forbedrede posisjonsinformasjon som er fremskaffet ved samtidsgenereringen av den annen modell, bare er relevant for de nedre lag eller grenser og ikke forbedrer posisjonsinformasjonen til de tidligere felles punkter. Et volum av det området som avgrenses av en ny gjennomskåret grense og som inneholder de tidligere lokaliserte felles punkter, beholder således sin struktur i den nye tredje

modell. Dette kan for eksempel oppnås ved å tilskrive null korrelasjon til alle punkter i volumet i forhold til nye felles punkter.

5 Kovariansmatriser for borehull og geologiske modell-  
posisjoner kan utledes ved å beregne virkningene fra alle  
relevante feilkilder, slik som sensorer, driftsmessig og  
miljømessige effekter, behandlingsteknikker og tolkning. Hvert  
element i kovariansmatrisen er avhengig av forholdene mellom  
10 feilkildene og koordinatene, og av feilkilde-karakteristikk-  
ene, slik som om feilen er tilfeldig eller systematisk. Enhver  
egnet teknikk kan brukes, men utgjør ingen del av foreliggende  
oppfinnelse. Egnede kjente teknikker innbefatter den som er  
beskrevet i "wellbore portion accuracy analysed by a new and  
15 general method", T. Torkildsen, J. Bang, O.H. Inderhang og M.  
Pollard, IADC 1997 Warsaw Conferende, hvis innhold herved  
inkorporeres ved referanse.

Selv om de ovennevnte eksempler er blitt beskrevet for  
det tilfelle hvor de første og de andre modeller blir  
kombinert for å danne en tredje modell, er den foreliggende  
20 teknikk ikke begrenset til dette. Den foreliggende teknikk kan  
således brukes til å kombinere to eller flere enn to modeller  
for å tilveiebringe en resulterende modell.

Den foreliggende teknikk kan også anvendes der hvor det  
ikke er noen punkter av interesse å ta i betraktning. I et  
25 slikt tilfelle blir teknikken anvendt på de felles punkter, og  
den resulterende modell har tilsvarende felles punkter hvis  
posisjoner er mer nøyaktig kjent enn i de opprinnelige  
modeller. Når posisjonene til hvert av i det minste noen av de  
felles punkter er forskjellige i de forskjellige opprinnelige  
30 modeller, blir posisjonen til det eller hvert tilsvarende  
felles punkt i den resulterende modell utledet fra posisjonene  
og de posisjonsmessige usikkerhetene for de felles punkter i  
de opprinnelige modeller. Posisjonen av hvert felles punkt  
skal derfor være nærmere den virkelige posisjon, og graden av  
35 posisjonsmessig usikkerhet er generelt mindre enn i hver av de  
opprinnelige modeller.

Det kan være anvendelser av teknikken hvor posisjonene til hvert felles punkt i de opprinnelige modeller er de samme. I et slikt tilfelle kan teknikken likevel anvendes, og posisjonene til de felles punkter i den resulterende modell vil være uendret. De posisjonsmessige usikkerheter i den resulterende modell er imidlertid generelt mindre enn i den opprinnelige modell slik at den resulterende modell representerer et forbedret estimat av det fysiske området.

Selv om eksemplene ovenfor refererer til et tilfelle hvor der er en korrelasjon mellom punktene av interesse og de felles punkter i den første modell, er den foreliggende teknikk ikke begrenset til slik korrelasjon ved bestemmelse av posisjonene til punktene av interesse i den tredje eller den resulterende modell. Ethvert forutbestemt posisjonsmessig forhold mellom posisjonene i den første modell (eller en hvilken som helst modell) og de felles punkter kan således benyttes, og det forutbestemte posisjonsmessige forhold kan benyttes til å frembringe forbedrede estimater av posisjonene til punktene av interesse i den tredje eller den resulterende modell. Som beskrevet mer detaljert i det følgende, kan det forutbestemte, posisjonsmessige forhold uttrykkes i form av varianser og kovarianser.

I de foregående eksempler har den første "geologiske" modell blitt beskrevet som fremskaffet fra seismiske undersøkelser. Den geologiske modell kan imidlertid være utledet fra andre data og kan være en hvilken som helst modell som representerer geofysiske egenskaper for vedkommende område av jorden. Slike modeller innbefatter petrofysiske modeller, reservoarmodeller og stratigrafiske modeller.

Når alle de opprinnelige modeller som skal brukes ved utledning av den resulterende modell er referert til de samme koordinatakser, er det ikke nødvendig å utføre koordinattransformasjoner for å kombinere modellene. I de tilfeller hvor forskjellige koordinatsystemer er benyttet i forskjellige modeller, innebærer den foreliggende teknikk imidlertid å utføre koordinattransformasjon slik at modellene kan

kombineres for å danne den resulterende modell. Dette blir beskrevet mer detaljert i det følgende.

### Definisjoner og notasjoner

5 Den følgende detaljerte beskrivelse av foreliggende framgangsmåte benytter et hovedkoordinatsystem som er høyre-rettet og ortogonalt med den horisontale x-akse i nord-retningen, y-aksen i øst-retningen og z-aksen i den vertikale nedadrettede retning. Posisjonen til et punkt blir matematisk representert som:

$$X_i^T = (x_i y_i z_i)$$

Flere punkter blir representert i en felles vektor:

$$15 \quad X^T = (x_1 y_1 z_1 x_2 y_2 z_2 \dots x_n y_n z_n)$$

$$X^T = (X_1^T X_2^T \dots X_n^T)$$

Et sekundært, høyre-rettet ortogonalt koordinatsystem  $U$  er direkte forbundet med planet til en geologisk markør.  $u$ -aksen er langs fallretningen i planet og  $v$ -aksen er den horisontale akse i planet (til høyre sett langs fallretningen).  $w$ -aksen er perpendikulær til fallplanet. Posisjonen til et punkt i dette koordinatsystemet er for eksempel representert som:

$$25 \quad U_i^T = (u_i v_i w_i)$$

### Transformasjoner

Ved å bruke notasjonen

$\beta_i$  = fallvinkel (positiv eller negativ)

30  $\alpha_i$  = azimut for fallvinkelretningen

er den ortogonale transformasjon fra  $X$  til  $U$  og omvendt, som uttrykt nedenfor:

35

$$U_i = \Delta U_i + R_i \cdot X = \begin{pmatrix} u_i \\ v_i \\ w_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta u_i + r u_i \cdot X \\ \Delta v_i + r v_i \cdot X \\ \Delta w_i + r w_i \cdot X \end{pmatrix}$$

$$X_i = \Delta X_i + R_i^{-1} \cdot U_i = \Delta X_i + R_i^T \cdot U_i$$

5 hvor

$$R_i = \begin{pmatrix} \cos \alpha_i \cdot \cos \beta_i & \sin \alpha_i \cdot \cos \beta_i & \sin \beta_i \\ -\sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ -\cos \alpha_i \cdot \sin \beta_i & -\sin \alpha_i \cdot \sin \beta_i & \cos \beta_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r u_i \\ r v_i \\ r w_i \end{pmatrix}$$

10 og  $\Delta U_i$  er posisjonen til  $X$ -systemets origo i  $U$ -systemet og  $\Delta X_i$  er posisjonen av  $U$ -systemets origo i  $X$ -systemet. Derfor er

$$\Delta U_i = -R_i \cdot \Delta X_i$$

### Usikkerheter

15

#### Kovarians-notasjon

Kovariansmatrisen for en posisjon blir uttrykt som:

$$20 \quad \sum_{x_i} = \begin{pmatrix} \text{Var}(x_i) & \text{Cov}(x_i, y_i) & \text{Cov}(x_i, z_i) \\ \text{Cov}(y_i, x_i) & \text{Var}(y_i) & \text{Cov}(y_i, z_i) \\ \text{Cov}(z_i, x_i) & \text{Cov}(z_i, y_i) & \text{Var}(z_i) \end{pmatrix}$$

For en multippel posisjonsvektor gir dette

25

$$\sum_X = \begin{pmatrix} \sum_{X_1} & \sum_{X_1 X_2} & \cdots & \sum_{X_1 X_n} \\ \sum_{X_2 X_1} & \sum_{X_2} & \cdots & \sum_{X_2 X_n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \sum_{X_n X_1} & \sum_{X_n X_2} & \cdots & \sum_{X_n} \end{pmatrix}$$

**Feilforplantning**

Hvis  $U_i$  er en lineær funksjon av  $X_i$  lik den ortogonale transformasjon:

$$5 \quad U_i = \Delta U_i + R_i \cdot X_i$$

så er

$$\sum U_i = R_i \cdot \sum X_i \cdot R_i^T \quad \text{og} \quad \sum X_i = R_i^T \cdot \sum U_i \cdot R_i$$

10 For en multippelpunktvektor:

$$\sum U = R \cdot \sum X \cdot R^T \quad \text{og} \quad \sum X = R^T \cdot \sum U \cdot R$$

hvor

15

$$R = \begin{pmatrix} R_1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & R_2 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & R_3 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

20 Fremgangsmåten er basert på å forbinde de forskjellige systemer ved hjelp av felles punkter identifisert i begge systemer. Ligningene demonstrerer fremgangsmåten for å kombinere to modeller/systemer betegnet  $W$  og  $G$ .

Vi introduserer nå følgende koordinatvektorer vedrørende de felles punkter:

25

$XW_1$  - felles punkter i system/modell  $W$

$XG_1$  - felles punkter i system/modell  $G$

30  $XL$  - relative posisjoner fra sensor i  $W$  til gjenkjent geologisk markør i  $G$ , dvs. resultat fra et loggeverktøy som avføler fjerntliggende geologiske markører, resistivitet, akustiske reflektorer, osv.

De ovennevnte vektorer har den samme dimensjon. En ideell tilpasning mellom posisjonene i de to systemene, gir:

35

$$XW_1 + XL = XG_1$$

Denne ligningen uttrykker også hovedbegrensningen som forbinder de to systemene med hverandre. Når geologiske markører blir observert direkte, for eksempel i en brønn,  $X_L=0$ .

I tillegg innfører vi:

$XW_2$  - andre punkter av interesse i systemet/modellen  $W$

$XG_2$  - andre punkter av interesse i systemet/modellen  $G$

10

Alle koordinatvektorene er anordnet som dette:

$$X = \begin{pmatrix} XW_1 \\ XW_2 \\ XG_1 \\ XG_2 \\ XL \end{pmatrix}$$

15

med den tilsvarende kovariansmatrise, som er logisk inndelt i delmatriser, slik som denne:

$$\Sigma_X = \begin{pmatrix} \sum_{XW_1} & \sum_{XW_1, XW_2} & \sum_{XW_1, XG_1} & \sum_{XW_1, XG_2} & 0 \\ \sum_{XW_1, XW_2}^T & \sum_{XW_2} & \sum_{XW_2, XG_1} & \sum_{XW_2, XG_2} & 0 \\ \sum_{XW_1, XG_1}^T & \sum_{XW_2, XG_1}^T & \sum_{XG_1} & \sum_{XG_1, XG_2} & 0 \\ \sum_{XW_1, XG_2}^T & \sum_{XW_2, XG_2}^T & \sum_{XG_1, XG_2}^T & \sum_{XG_2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sum_{XL} \end{pmatrix}$$

20

0-matrisene antas å være utvilksomme. Noen av de andre ikke-symmetriske matrisene kan også være lik 0; de blir imidlertid holdt forskjellige fra null for å muliggjøre generalitet.

25

**Minste kvadraters løsning**

Ved å bruke en generalisert minste kvadraters metode blir de nye vektor- og kovarians-matriser beregnet på denne måten:

$$\hat{X} = (I - \sum_X \cdot C_1^T \cdot (C_1 \cdot \sum_X \cdot C_1^T)^{-1} \cdot C_0) \cdot X$$

$$\begin{aligned} 5 \quad \sum_{\hat{X}} &= \left( I + \sum_X \cdot C_1^T \cdot (C_1 \cdot \sum_X \cdot C_1^T)^{-1} \cdot C_0 \cdot \sum_X \cdot C_0^T \cdot (C_1 \cdot \sum_X \cdot C_1^T)^{-1} \cdot C_1 \right) \cdot \sum_X \\ &\quad - \left( \sum_X \cdot C_0^T \cdot (C_1 \cdot \sum_X \cdot C_1^T)^{-1} \cdot C_1 + \sum_X \cdot C_1^T \cdot (C_1 \cdot \sum_X \cdot C_1^T)^{-1} \cdot C_0 \right) \cdot \sum_X \end{aligned}$$

10 Den minste kvadraters løsning resulterer i en optimalisert binding mellom de to systemene, og punkter utenfor de felles punkter blir flyttet korrekt i henhold til deres korrelasjon med forbindingspunktene.

15  $C_1$  og  $C_0$  matrisene er avhengige av hvilke egenskaper som skal oppnås. De følgende løsninger A og B er eksempler på realiseringer av to klart ønskede egenskaper. Måten modellene er konstruert på og måten dataene er organisert på, gjør det imidlertid mulig å innføre en annen ønsket oppførsel.

20 Datamaskinarbeidet kan reduseres drastisk ved å utlede optimaliserte algoritmer:

- å bruke forenklede algoritmer for multiplikasjon med enhetsmatriser,
- å utelate multiplikasjoner med null-matriser;
- å redusere dimensjonen til den matrise som skal

25 inverteres;

- å benytte kvadratiske former av uttrykket.

**Løsning A**

30 Denne løsningen gir den midlere posisjon for de felles punkter i de to systemer. De andre punktene vil i begge systemene motta koordinatendringer gjennom korrelasjonen.

$C_1$  og  $C_0$ -matrisene er identiske:

$$C_1 = C_0 = \begin{pmatrix} D & 0 & -D & 0 & D \end{pmatrix}$$

$D$  har en form og dimensjon avhengig av tilknytnings-egenskapene.

### 3-dimensjonal tilknytning

- 5 Den tredimensjonale tilknytning representerer den situasjon hvor punkter kan identifiseres og gjenkjennes i alle retninger ( $x, y, z$ ). Matrisen  $D$  blir enhetsmatrisen.

$$D=1$$

$$C_1 = C_0 = \begin{pmatrix} I_{3n \times 3n} & 0_{3n \times 3k} & -I_{3n \times 3n} & 0_{3n \times 3l} & I_{3n \times 3n} \end{pmatrix}$$

10 hvor

$I$  - enhetsmatrise (kvadratisk)

$0$  - null-matrise

$n$  - antall felles punkter, dvs. antall punkter i vektorene  $XW_1$ ,  $XG_1$  og  $XL$

15  $k$  - antall punkter i  $XW_2$

$l$  - antall punkter i  $XG_2$

### 1-dimensjonal tilknytning

- 20 Dette tilfellet inntreffer når overflater blir identifisert. Tilknytningen er i kraft bare for  $w$ -retningen (perpendikulær til overflaten), og  $D$ -matrisen omfatter koeffisienter fra transformasjonen fra  $X$ -koordinatsystemet til  $U$ -koordinatsystemet.

25

$$D = \begin{pmatrix} rw_1 & 0 & .. & 0 \\ & rw_2 & .. & 0 \\ .. & .. & .. & \\ 0 & 0 & .. & rw_n \end{pmatrix}$$

Alle delmatriser i  $D$  har dimensjoner i forholdet 1:3. Da er:

$$C_1 = C_0 = \begin{pmatrix} D & 0 & -D & 0 & D \\ n \cdot 3n & n \cdot 3k & n \cdot 3n & n \cdot 3l & n \cdot 3n \end{pmatrix}$$

## 5 Løsning B

I noen situasjoner kan det være ønskelig å holde ett av systemene uberørt. Dette betyr at det andre systemet blir transformert inn i det første systemet gjennom de felles punkter. Hvis det forutsettes at  $W$ -systemet skal holdes fast, så blir  $C$ -matrisene:

$$C_1 = \begin{pmatrix} D & 0 & -D & 0 & D \\ I & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I \end{pmatrix}$$

$$C_0 = \begin{pmatrix} D & 0 & -D & 0 & D \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

20

Dimensjonene er fremdeles bestemt av antallet punkter i de forskjellige koordinatvektorer:

$$C_1 = \begin{pmatrix} D & 0 & -D & 0 & D \\ qn \cdot 3n & qn \cdot 3k & qn \cdot 3n & qn \cdot 3l & qn \cdot 3n \\ I & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3n \cdot 3n & 3n \cdot 3k & 3n \cdot 3n & 3n \cdot 3l & 3n \cdot 3n \\ 0 & I & 0 & 0 & 0 \\ 3k \cdot 3n & 3k \cdot 3k & 3k \cdot 3n & 3k \cdot 3l & 3k \cdot 3n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I \\ 3n \cdot 3n & 3n \cdot 3k & 3n \cdot 3n & 3n \cdot 3l & 3n \cdot 3n \end{pmatrix}$$

25

hvor

$qn=n$  for 1-dimensjonal tilknytning

og

$qn=3n$  for 3-dimensjonal tilknytning

Dimensjonene i  $C_0$  er analoge med de i  $C_1$ .

5

### Relative usikkerheter

Den relative usikkerhet mellom ethvert par med punkter i X-vektoren blir bestemt av den generelle formel:

$$10 \quad \sum_{\Delta x} = B \cdot \sum_{\hat{X}} \cdot B^T$$

hvor B har formen:

15

$$B = \begin{pmatrix} 0 & \dots & I_{33} & 0 & \dots & -I_{33} & 0 & \dots \end{pmatrix}$$

20 Enhetsmatrisene er anbragt logisk på det høyre sted i henhold til punktene av interesse.

### Eksempel

#### Tilknytning av geologisk modell til borehull

25 Dette er et tilfelle som vanligvis løses ved hjelp av løsning B. Den geologiske (G) modell blir transformert inn i posisjonene til borehullet (W).

30 Den geologiske modell er geometrisk sammensatt av et antall plan (geologiske grenser). Hver grense er representert av et punkt i planet og fallvinkelen, samt azimut i fallretningen. Når vi gjenkjenner en geologisk markør (grense) i borehullet, har vi bare den informasjon at vi er i grenseplanet; ikke hvor. Dette betyr matematisk at vi har en 1-dimensjonal tilknytning istedenfor en 3-dimensjonal tilknytning.

35 Fig. 5 illustrerer et tilfelle hvor en brønn blir boret for å treffe et mål 20 ved en geologisk markør 21. Borehullet 22 vil imidlertid krysse en geologisk markør 23 før målet 20 er nådd. Dette gir muligheten til å få styring på posisjonene

i den geologiske modell som funksjon av posisjonene i borehullet før den kritiske fase (treffing av målet) begynner. Posisjonsavvikene ved markøren 23 i de to systemene, blir videre benyttet til å forbedre posisjonene og deres nøyaktigheter i den geologiske modell.

Det følgende numeriske eksempel er forenklet for bare å håndtere øst- og vertikal-koordinatene. L-vektoren og dens effekt er dessuten fjernet i dette beregningseksemplet.

Den geologiske markør 23 (fallvinkel=  $-3,0^\circ$ ) blir nådd ved en borehullsposisjon som er 20m og 60m fra de tilsvarende koordinater i den geologiske modell.

Samlokaliseringen fører til at de geologiske markører 23 og 21 henholdsvis flyttes  $(-12,85, -60,37)$  og  $(-13,55, -65,50)$ . Koordinatene for målet 20 ved den geologiske markør 21 (og de tilhørende borehullskoordinater) skal derfor endres slik at de blir identiske med nye koordinater for den geologiske markør 21. (Det skal bemerkes at selve koordinatene ikke blir identiske for borehullet og geologiske modeller ved den geologiske markør 23. Overflaten til den geologiske markør går imidlertid gjennom den aktuelle borehullsposisjon).

Samlokaliseringen medfører videre at standardavvikene for den relative posisjon mellom geologien og borehullet avtar fra 106,65m til 106,11m i øst-retningen og avtar fra 53,45m til 6,29m i vertikal-retningen. Hovedforbedringen i vertikalretningen forårsakes av tilknytningsretningen som er nær vertikal ( $3^\circ$  bøyning).

		Koordinater			Standardavvik		
		Før samlokalisering	Etter samlokalisering	Differanse	Før samlokalisering	Etter samlokalisering	Differanse
Borehull	E_1	1000.00	1000.00	0.00	11.00	11.00	0.00
	V_1	2410.41	2410.41	0.00	4.92	4.92	0.00
	E_2	1453.15	1453.15	0.00	11.52	11.52	0.00
	V_2	2621.72	2621.72	0.00	5.66	5.66	0.00
Geologi	E_1	1020.00	1007.15	12.85	98.63	98.09	0.54

## 22

	V_1	2470.41	2410.03	60.37	48.94	7.03	41.90
	E_2	1453.15	1439.61	13.55	106.03	105.47	0.56
	V_2	2621.72	2556.22	65.50	53.15	8.03	45.11
Diffe- ranse	E_1	20.00	7.15	12.85			
	V_1	60.00	-0.37	60.37			
geologi - borehull	E_2	0.00	-13.55	13.55	106.65	106.11	0.54
	V_2	0.00	-65.50	65.50	53.45	6.29	47.16

Fig. 6 illustrerer det opprinnelig planlagte borehull 22 og det nye borehull 22' etter revidering av posisjonsdataene som følger skjæringen med markøren 23. Den reviderte posisjon av de første og andre markører er vist ved 23' og 21', og den reviderte posisjon av målet ved 20'.

Matrisen  $C_1$  er:

0.05	1.00	0.00	0.00	-0.05	-1.00	0.00	0.00
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00

10

Kovariansmatrisen før samlokalisering er:

	W_E_1	W_V_1	W_E_2	W_V_2	G_E_1	G_V_1	G_E_2	G_V_2
W_E_1	120.90	-9.63	123.60	- 12.17	0.00	0.00	0.00	0.00
W_V_1	-9.63	24.21	-11.99	27.21	0.00	0.00	0.00	0.00
W_E_2	123.60	- 11.99	132.74	- 15.22	0.00	0.00	0.00	0.00
W_V_2	-12.17	27.21	-15.22	32.08	0.00	0.00	0.00	0.00
G_E_1	0.00	0.00	0.00	0.00	9727.74	0.00	10251.68	0.00
G_V_1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2394.76	0.00	2598.00
G_E_2	0.00	0.00	0.00	0.00	10251.68	0.00	11241.63	0.00
G_V_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2598.00	0.00	2824.85

Kovariansmatrisen etter samlokalisering er:

	W_E_1	W_V-1	W_E_2	W_V_2	G_E_1	G_V_1	G_E_2	G_V_2
W_E_1	120.90	-9.63	123.60	-12.17	-0.69	-3.26	-0.73	-3.54
W_V_1	-9.63	24.21	-11.99	27.21	4.99	23.44	5.26	25.43
W_E_2	123.60	-11.99	132.74	-15.22	-1.16	-5.45	-1.22	-5.91
W_V_2	-12.17	27.21	-15.22	32.08	5.59	26.28	5.90	28.51
G_E_1	-0.69	4.99	-1.16	5.59	9621.45	-	10139.67	-
G_V_1	-3.26	23.44	-5.45	26.28	-499.28	49.44	-526.18	53.64
G_E_2	-0.73	5.26	-1.22	5.90	10139.67	-	11123.59	-
G_V_2	-3.54	25.43	-5.91	28.51	-541.66	53.64	-570.83	64.55

- 5 En slik fremgangsmåte kan være karakterisert ved:
- Kjernemetoden er punktbasert (3-dimensjonal), det vil si celler i en gitterbelagt geologisk modell.
  - Minste kvadraters estimering som understøtter både ukorrelerte og korrelerte observasjoner med forskjellige vektorer.
- 10
- Fleksibel med hensyn til tilknytningsmekanismer ved å bruke passende begrensninger.
  - Geologiske modeller beskrevet ved hjelp av soner mellom geologiske grenser (geologiske markører) blir omformulert til den punktbaserte måte før anvendelse av den generelle metodologi.
- 15
- Korrelasjonsegenskaper blir representert av kovarianser istedenfor separate parametre.
- 20 Typiske anvendelser innbefatter:
- Kombinasjoner av hvilke som helst geologiske og/eller petrofysiske modeller til en felles og forent modell.
  - Oppdatering av geologiske modeller med loggeinformasjon (deteksjon av markører) som blir målt i et borehull.
- 25
- Beregning av relative posisjoner og usikkerheter med det formål å treffe olje/gass-reservoarsoner.

Det som oppnås ved å bruke fremgangsmåten, kan beskrives ved:

- Samlokalisering av all geologisk/petrofysisk informasjon i en forenet modell på den mest optimale måte. Resultatet er en modell med de totalt laveste posisjonsusikkerheter.
- Optimalisering av boreprogram og innsikting av olje/gass-reservoarer, det vil si å øke treffsannsynlighetene.

## P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for å danne en enhetsmodell av et felles område av et rom  
5 k a r a k t e r i s e r t v e d å  
tilveiebringe en første modell av det felles området av et rom, der den første modellen innbefatter minst ett punkt som representerer et trekk i det felles området av et rom, der punktet har en kjent posisjon og posisjonsmessig usikkerhet i  
10 forhold til den første modellen;  
tilveiebringe en annen modell av et felles område av et rom, der den annen modell innbefatter minst ett punkt som representerer trekket i det felles området av et rom, der punktet har en kjent posisjon og posisjonsmessig usikkerhet i  
15 forhold til den annen modell; og  
kombinere minst den første modellen og den annen modell av det felles området av et rom for å danne en resulterende modell ved å utlede en posisjon og en posisjonsmessig usikkerhet i den resulterende modell av minst ett punkt som  
20 representerer trekket fra posisjonene og de posisjonsmessige usikkerhetene til det minst ene punktet fra den første modellen som representerer trekket, og det minst ene punktet fra den annen modell som representerer trekket.
- 25 2. Fremgangsmåte ifølge krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at de posisjonsmessige usikkerheter er representert som varianser og kovarianser.
3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2,  
30 k a r a k t e r i s e r t v e d at det felles område er et område av jorden.
4. Fremgangsmåte ifølge noen av de foregående krav,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at hver av de minst to  
35 modeller er en fysisk modell basert på målinger.

5. Fremgangsmåte ifølge krav 4 når det er avhengig av krav 3,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at en første av de minst to modeller er en geologisk modell.
- 5
6. Fremgangsmåte ifølge krav 5,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at den geologiske modell er basert på minst en av seismiske målinger, magnetometermålinger og gravitasjonsmålinger.
- 10
7. Fremgangsmåte ifølge krav 5 eller 6,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at en annen av de minst to modeller er basert på informasjon fra borehullslogging.
- 15
8. Fremgangsmåte ifølge noen av de foregående krav,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det minst ene punkt som representerer trekket, omfatter et antall punkter .
- 20
9. Fremgangsmåte ifølge noen av de foregående krav,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at et forutbestemt posisjonsmessig forhold finnes mellom posisjonen til minst et punkt av interesse i en av eller den første av de minst to modeller og posisjonen til det minst ene punkt som representerer trekket, i den første modell og posisjonen for
- 25
- det minst ene punktet av interesse i den resulterende modell blir utledet fra posisjonen til det minst ene punkt som representerer trekket, i den resulterende modell og fra det forutbestemte posisjonsmessige forhold.
- 30
10. Fremgangsmåte ifølge krav 9,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det minst ene punkt av interesse omfatter et antall punkter av interesse.
- 35
11. Fremgangsmåte ifølge krav 9 eller 10,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det forutbestemte posisjonsmessige forhold er representert som en korrelasjon.

12. Fremgangsmåte ifølge krav 9 eller 10,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det forutbestemte  
posisjonsmessige forhold er representert som kovarianser.
- 5 13. Fremgangsmåte ifølge noen av kravene 9-12,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det forutbestemte  
posisjonsmessige forhold er en funksjon av posisjon.
14. Fremgangsmåte ifølge krav 13,  
10 k a r a k t e r i s e r t v e d at det forutbestemte  
posisjonsmessige forhold er en avtagende funksjon av avstand  
mellom det minst ene punkt som representerer trekket, og det  
minst ene punkt av interesse.
- 15 15. Fremgangsmåte ifølge krav 13 eller 14,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det forutbestemte  
posisjonsmessige forhold er en avtagende funksjon av målestøy  
mellom det minst ene punkt som representerer trekket, og det  
minst ene punkt av interesse.
- 20
16. Fremgangsmåte ifølge et av kravene 9-15,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det finnes et  
ytterligere forutbestemt posisjonsmessig forhold mellom  
posisjonen til det minst ene punkt som representerer trekket,  
25 i en av eller den annen av de to minst modeller og posisjonen  
til minst et ytterligere punkt av interesse i den annen  
modell, idet fremgangsmåten omfatter å utlede en posisjon i  
den tredje modell av det minst ene ytterligere punkt av  
interesse fra posisjonen til det minst ene punkt som  
30 representerer trekket, i den tredje modell og fra det  
ytterligere forutbestemte posisjonsmessige forhold.
17. Fremgangsmåte ifølge noen av kravene 9-16,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at posisjonen til det minst  
35 ene punkt som representerer trekket, i den resulterende modell  
er den samme som posisjonen til det minst ene punkt som

representerer trekket, i en av eller den annen av de minst to modeller.

18. Fremgangsmåte ifølge noen av de foregående krav,  
5 k a r a k t e r i s e r t v e d å generere en av eller den annen av de minst to modeller progressivt og danne den resulterende modell ved forekomsten i den annen modell av en første av de punkter som representerer trekket.
- 10 19. Fremgangsmåte ifølge krav 18,  
k a r a k t e r i s e r t v e d å erstatte en av eller den første av de minst to modeller med den tidligere utformede resulterende modell og utforme en ny resulterende modell hver gang et ytterligere av de punkter som representerer trekket  
15 opptrer i den annen modell.
20. Fremgangsmåte ifølge krav 19,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at minst endel av den nye resulterende modell inneholder minst et punkt som  
20 representerer trekket, som tidligere har opptrådt, som er uendret når den nye resulterende modell er utformet.
21. Fremgangsmåte ifølge krav 20,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det ytterligere ene av  
25 de punkter som representerer trekket, er i en overflate, og at den minst ene uendrede del er et volum avgrenset av overflaten.
22. Fremgangsmåte ifølge et av kravene 18-21,  
30 k a r a k t e r i s e r t v e d at den første modell er en geologisk modell, og at den annen modell blir generert under boring av et borehull.
23. Fremgangsmåte ifølge krav 22 når det er avhengig av krav  
35 21,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at overflaten er en grense mellom forskjellige lag, og at forekomsten av det ytterligere

av de punkter som representerer trekket, indikeres når borehullet gjennomtrenger grensen.

24. Dataprogram for programmering av en datamaskin til å  
5 utføre en fremgangsmåte som angitt i noen av de foregående krav.
25. Medium som inneholder et program ifølge krav 24.
- 10 26. Datamaskin programmert med et program ifølge krav 24.

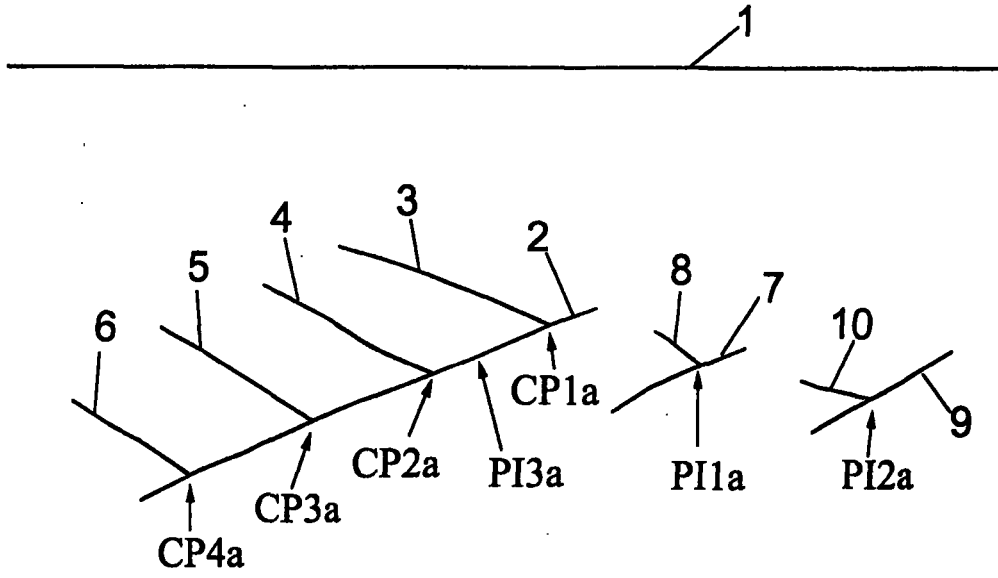


Fig.1

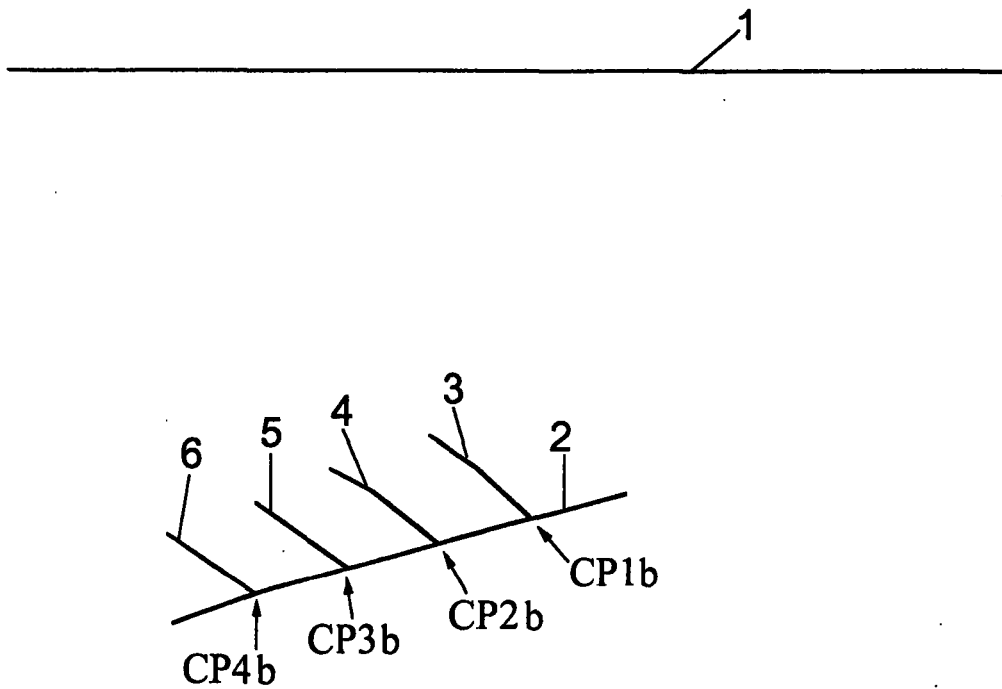


Fig.2

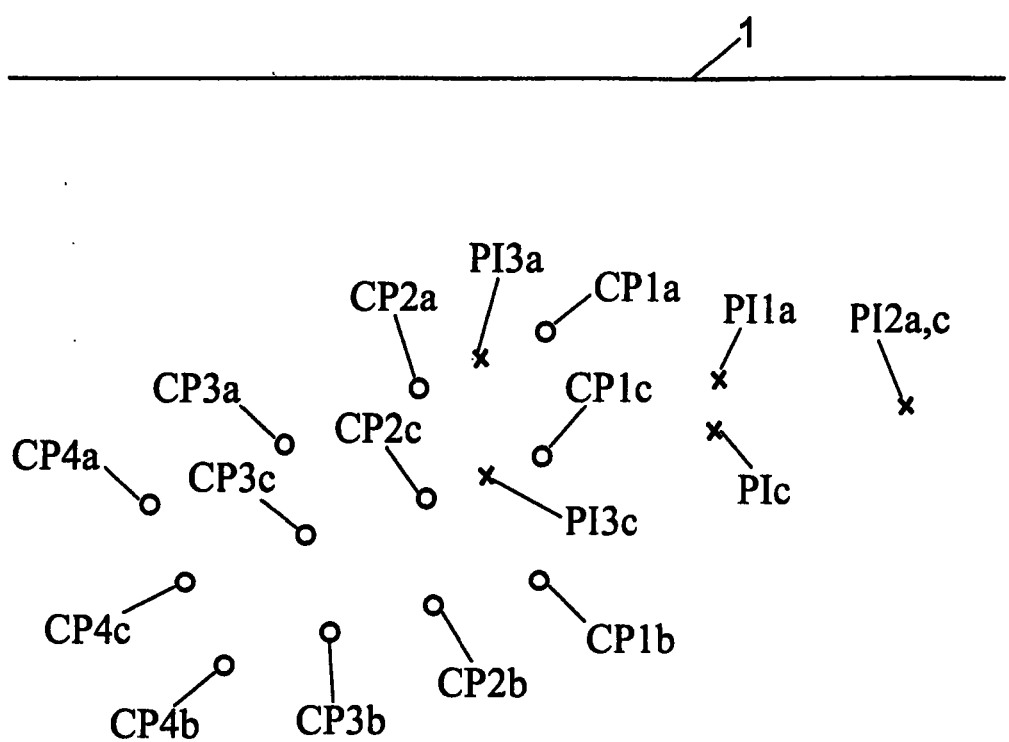


Fig.3

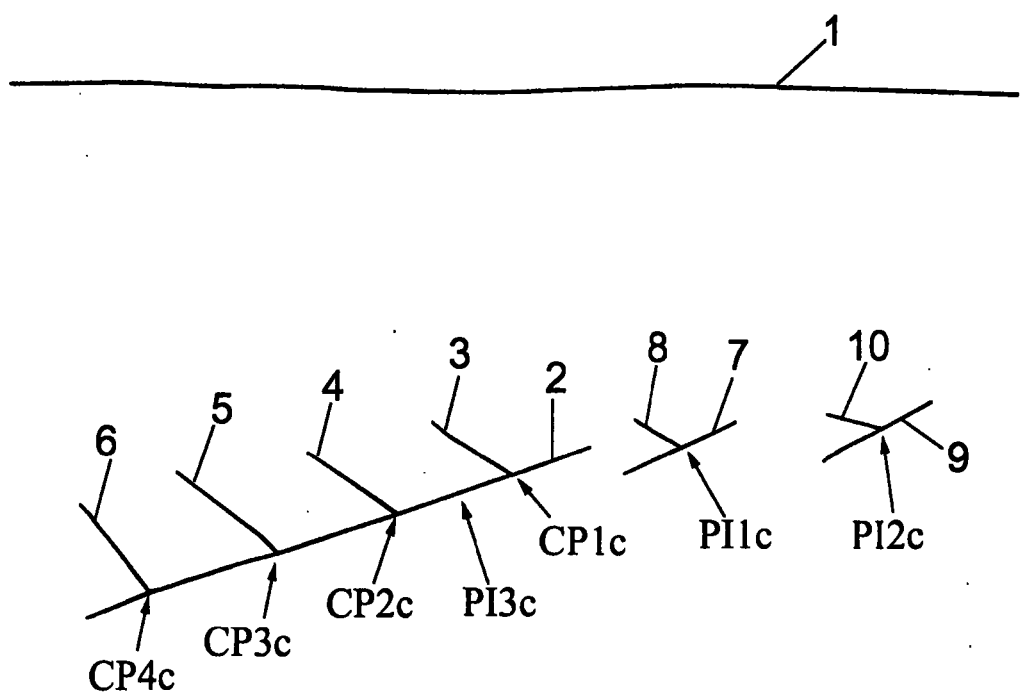


Fig.4

3/3

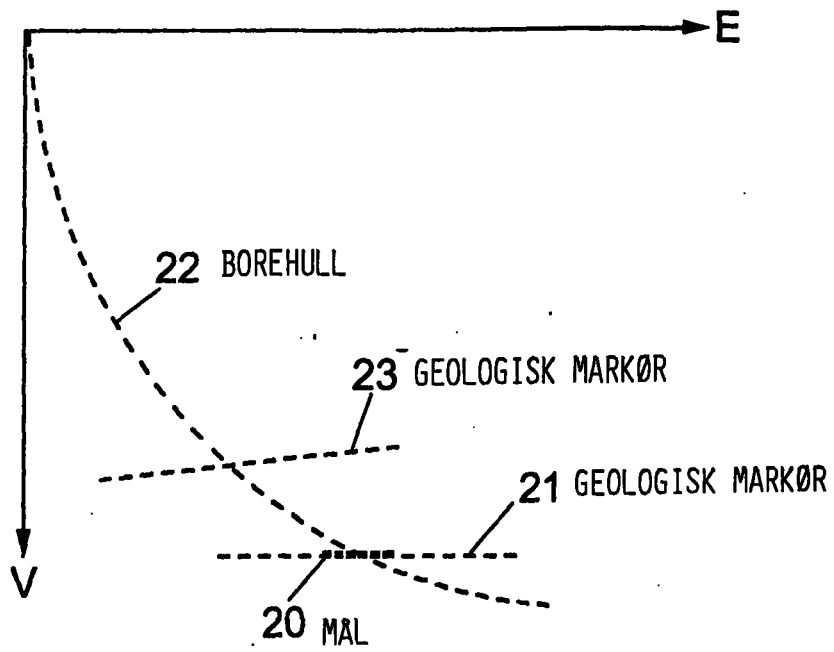


Fig.5

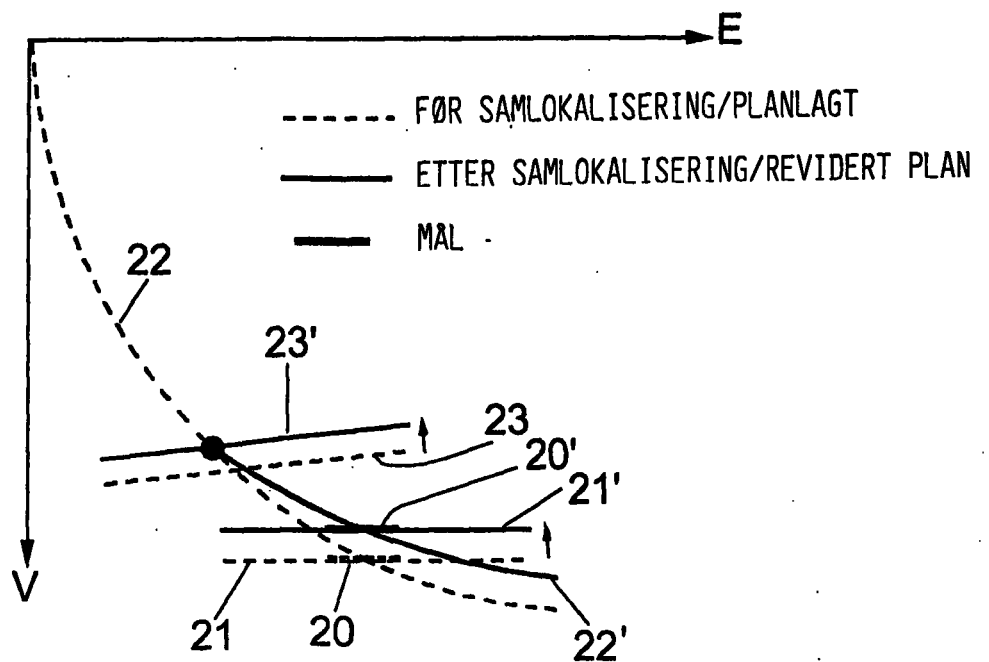


Fig.6