



(12) SØKNAD

(19) NO

(21) 20121471

(13) A1

NORGE

(51) Int Cl.

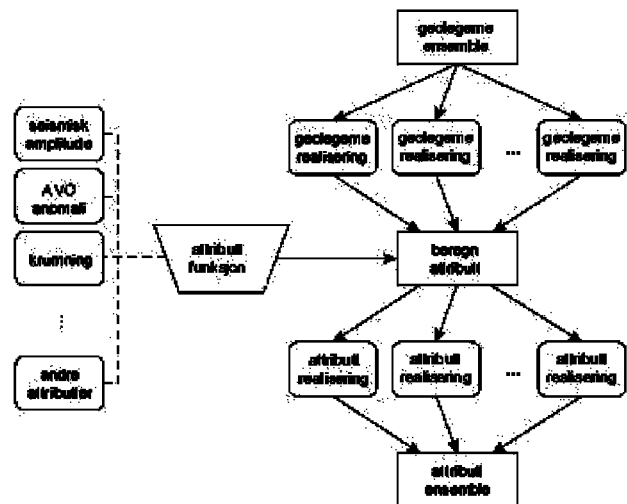
G01V 1/30 (2006.01)

## Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20121471	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2012.12.06	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2012.12.06	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2014.06.09		
(73)	Innehaver	Roxar Software Solutions AS, Postboks 112, 4065 STAVANGER, Norge		
(72)	Oppfinner	Garrett Leahy, Wesselsgate 58, 4008 STAVANGER, Norge		
(74)	Fullmektig	Protector Intellectual Property Consultants AS, Oscarsgate 20, 0352 OSLO, Norge		

(54) Benevnelse **Fremgangsmåte og system for presentasjon av seismisk informasjon**  
(57) Sammendrag

Den foreliggende oppfinnelsen angår et system til å avbilde geologiske formasjoner forbundet med seismiske studier omfattende undersøkelsesmidler for å innsamle informasjon fra geologiske trekk i et avbildet område, f eks gjennom seismiske undersøkelsesmetoder, der den innsamlede informasjonen lagres i tilknytning til en posisjon forbundet med den innsamlede informasjonen som gir en avbildning av området, hvor systemet også omfatter analysemidler til å oppnå attributtinformasjon forbundet med den innsamlede informasjonen i hver posisjon og å lagre attributtinformasjonen tilknyttet posisjonene for å frembringe et ensemble av attributtverdier forbundet med det avbildede området som er gjenstand for de seismiske studiene.



## Fremgangsmåte og system for presentasjon av seismisk informasjon

Denne oppfinnelsen angår en fremgangsmåte og et system for å presentere seismisk informasjon innsamlet fra geologiske formasjoner.

- 5 Seismiske studier representerer viktige virkemidler for å avbilde geologiske formasjoner, for eksempel for å finne hydrokarbonressurser eller vannreservoarer, ved å sende vibrasjoner inn i formasjonene og detektere deres refleksjoner og refraksjoner og i noen tilfeller transformasjoner fra trykkbølger til skjærbølger.
- 10 Disse studiene omfatter store mengder data og bruker komplekse algoritmer for å frembringe et tredimensjonalt kart av de geologiske formasjonene, hvor hvert punkt i kartet er beregnet basert på de seismiske data. Etter denne prosessen tolker operatørene kartet manuelt, og forsøker basert på sin kunnskap å finne lovende geologiske strukturer som muligens inneholder hydrokarboner eller andre ressurser.
- 15 Geofysisk tolkning gir konvensjonelt ett enkelt scenario for konfigurasjon av underjordiske berglegemer slik som forkastninger og horisonter, mens dataene generelt understøtter mange mulige tolkninger. Disse tolkningene brukes til sofistikerte analyser (attributtanalyse), hvor forskjellige egenskaper ved dataene utforskes, for eksempel amplituden til seismiske reflektorer.
- 20 Fordi konvensjonelle arbeidsflyter bare understøtter én enkelt modell av mange, resulterer attributtanalyse i bare en instans av mange. Generelt er det gjort mye arbeid for å redusere usikkerheten i dataene.
- Det er kjent flere publikasjoner som drøfter usikkerheten til attributtdata. Fournier m fl  
 25 (US5638269) beskriver en fremgangsmåte for å utlede geologiske egenskaper fra seismiske spordata (trace data). Denne fremgangsmåten baseres på å innhente kalibrering fra lokale geologiske data som målt i brønner og seismiske attributter innhentet fra data målt nær de gitte brønnene. Sammenhengen anvendes så på hele det seismiske volumet. Neelamani og Converse  
 (US 2011/0213556) beskriver en fremgangsmåte for å tolke geologiske trekk ved å bruke  
 30 attributter basert på curvelettransformasjoner av seismiske data. Mens forfatterne drøfter beregning av flere attributter basert på en gitt curvelettransformasjon. Zhou og Ahmed  
 (US2011/0213556) beskriver en fremgangsmåte for seismisk prosessering basert på attributter.

Uheldigvis krever denne en bølgeformmatchende algoritme for å redusere støy i de resulterende seismiske data. Ingen av disse fremgangsmåtene angår usikkerheten i attributten i seg selv,

5 Fernandez (US2011/0307438) omhandler en fremgangsmåte for å analysere data i systemer som har mange variabler (høydimensjonalt rom). Fremgangsmåten baseres på å redusere antall dimensjoner i rommet for å løse problemet mer effektivt. Usikkerhet som estimert i dette dokumentet representerer usikkerheten i rommet med færre/reduerte dimensjoner i stedet for usikkerheten knyttet til en attributt.

10 Rankin og Mitchel (20039) forsøker å isolere påvirkningen av tolkninger på seismisk attributt-analyse. De utfører en studie hvor seks uavhengige tolkere ble bedt om å tolke en enkelt spirformet revstruktur i seismiske data. En analyse av påvirkningen av variasjonen av tolkningsresultater på seismiske attributter som brukt til å utlede bergegenskaper utføres. Forfatterne foreslår i stedet at deres studium impliserer at flere tolkninger kan brukes til å  
15 generere sluttelements scenarier for risikovurdering, og at disse kan suppleres gjennom etterfølgende geologisk modellering. Denne studien er imidlertid deterministisk og tar ikke hensyn til sannsynligheten for at en gitt attributt opptrer gitt et område av tolkninger.

Flere forfattere presenterer fremgangsmåter for å innhentet fordelinger i etterkant fra  
20 simuleringer av underjordiske modeller som bruker bergfysiske sammenhenger (for eksempel Sylta 2008; Guillou m fl 2010; He m fl, 2011; Mukerji m fl 2001; Doyen og DenBoer, US5539704; Loures og Moraes, 2003). I disse tilfellene er det en innebygget og anerkjent usikkerhet knyttet til å relatere de seismiske data (amplitude og fase) til litologi og fluidinnhold basert på den fysiske responsen til bergene. Forfatterne bruker forskjellige teknikker til å utforske  
25 denne usikkerheten, og kombinerer fremovermodellering (simulering) og kjente sammenhenger til å finne fordelinger av predikerte litologiparametre. Uheldigvis krever disse fremgangsmåtene sofistikerte fremovermodeller, detaljert litologiiinformasjon fra eksisterende brønner, og viktigst, å ignorere usikkerhet i dataene og den fysiske responsen. De er derfor uegnet til å frembringe ensembler av geofysiske attributter for statistisk analyse.

30

Det er således et formål med den foreliggende oppfinnelsen å frembringe midler for å håndtere usikkerheten forbundet med de geofysiske data. Dette oppnås som angitt i de vedføyde patentkravene.

Den foreliggende løsningen gjør det således mulig for tolken å visualisere et antall forskjellige mulige geolegemer. Dette kan brukes til å sample modellrommet hvor attributtanalysen utføres, og å opprette et ensemble av geolegemer som tilfredsstiller dataene. Dette ensemblet kan brukes til å beregne attributter og frembringe en fordeling av mulige resultater og deres tilknyttede sannsynligheter.

Oppfinnelsen vil bli beskrevet nedenfor med henvisning til de vedføyde tegningene som illustrerer oppfinnelsen ved hjelp av eksempler.

Figur 1 illustrerer et flytdiagram for å illustrere implementasjonen av ensemblet – attributtinformasjonen inn i geolegemene ifølge oppfinnelsen

Figur 2 illustrerer den generaliserte arbeidsflyten til bruk av ensembleattributter i ressursuthenting

Figur 3a,b illustrerer den etterfølgende attributfordelingen og kumulative fordelingsfunksjonen.

Figur 4 illustrerer et eksempel på attributtensembler og utledete produkter.

Tolkning utføres generelt på seismiske data, og denne oppfinnelsen vedrører hovedsakelig tolkning av seismiske data. Denne oppfinnelsen er imidlertid generelt anvendelig ved tolkning av alle data eller avbildninger av undergrunnen.

I konvensjonell seismisk tolkning tar brukeren sikte på å avbilde horisonter og forkastninger i undergrunnen. Dette oppnås ved at brukeren ser på seismiske data og markerer et punkt ("plukk") hvor en refleksjon av seismisk energi kan indikere forekomsten av en impedansekontrast ("horisont") i jorden. Diskontinuiteter i horisonter kan gjengi strukturell deformasjon og kan tolkes som forkastninger. Forkastninger plukkes tilsvarende til horisonter, hvor punktet markeres det tolkeren antar at forkastningen krysser en horisont.

Mår avbildningen er fullført, brukes samlingen av geolegemer (horisonter, forkastninger osv) til å bygge en modell av undergrunnen som illustrert i figur 1. Dette trinnet ifølge oppfinnelsen omfatter analyse av en eller flere "attributter" knyttet til én eller flere geolegemer. For eksempel er en typisk attributt i seismiske data en avbildning av refleksjonsamplituden som følger en bestemt horisont. Andre attributter kan være tykkelsen (i tid eller dybde) av et bestemt intervall mellom to horisonter, amplitude mot forskyvning (AVO – amplitude vs offset), krumning osv. Disse attributtene er avgjørende ved leting etter hydrokarboner ettersom de kan gi spor med

hensyn til geologi, miljø ved deponi (environment of deposition), og selv fluidinnhold i porøse formasjoner.

Videre gir konvensjonelle arbeidsflyter på sitt beste én enkelt modell ("beste estimat") for undergrunnsstrukturen. Uheldigvis er det en utbredt oppfatning at det er usikkerhet innebygget i dataene. For eksempel er det med konvensjonell seismisk båndbredde umulig å bestemme grensesnittplasseringer i tid til mer enn  $\sim 1/30$  sekunder. Dette kan overføres til usikkerheter i den endelige strukturmodellen, og derfor i attributtanalysen. Disse usikkerhetene fanges ikke opp av konvensjonelle arbeidsflyter.

10

Fremgangsmåten som beskrives her antar at usikkerhetsinformasjon kan samles inn og pares med en tolket geolegeme, der geolegemet er definert som en horisont, forkastning osv i den geologiske formasjonen. Vi foreslår at usikkerheten knyttet til gitte målinger brukes til å genererer et ensemble av geolegemes, hvor hver individuelle realisasjon av et geolegeme utledes fra basistolkningen utsatt for den målte usikkerhetsparameteren. Dermed oppnås et attributtensemble som omfatter et antall mulige realisasjoner av geolegemet.

15

Dette betraktes så som grunnlagsdata for Ensemble Attributt Analyse som vist i figur 2.

Generering av et slikt ensemble læres av mange forfattere i teknikkens stilling, for eksempel i optimeringslitteraturen (dvs Monte Carlo-simulering, genetisk optimering osv), og det forutsettes at et slikt ensemble kan genereres underlagt ethvert antall beskrankninger (dvs regularisering, data feiltilpasning, demping osv). Ensembleer kan imidlertid også oppnås på andre måter. Disse kan omfalle flere tolkninger av samme egenskap av flere (eller den samme) tolkere(n), som anvender forskjellige forutsetninger og holdninger inn i tolkningene (som drøftet av Rankin og Mitchell, 2003). Alternativt: i seismisk tolkning utføres ofte datamaskinassistert plukking av geolegemes ("autosporing", eng. "auto-tracking"). Disse egenskapene krever et såpunkt og parametrisering etter implementering. Et ensemble av tolkede horisonter kan genereres ved å variere autosporingsparametrene mens såpunktet opprettholdes. Gitt et ensemble, brukes hver bestemt realisasjon av et geolegeme eller en samling av geolegemes til å frembringe en attributtverdi ifølge en konstruert, skreddersydd algoritme. Samlingen av attributtverdier representerer derfor også et ensemble. Fordelingen av attributtverdier knyttet til dette ensemblet blir så analysert for å oppnå en etterfølgende fordeling av attributtverdier som illustrert i figur 3a, 3b.

20

25

30

- Anta for eksempel en seismisk amplitudeuttrekking slik den utføres på et ensemble av mulige horisontkonfigurasjoner. For en enkelt seismisk sporing velges den seismiske amplituden til sporingen på stedet hvor hver horisont krysser sporingen. Dette gir en mengde (ensemble) av seismiske amplituder knyttet til ensemblene av horisont konfigurasjoner. Dette ensemblet representerer den etterfølgende fordelingen av seismiske amplituder ved denne sporingen, og kan analyseres statistisk, for eksempel kan en sannsynlighetsfordeling plottes som viser den relative sannsynligheten for en gitt seismisk amplitude som samples av ensemblet (figur 3a).
- 10 Denne etterfølgende fordelingen kan også integreres for å oppnå en kumulativ sannsynlighetsfordeling av seismiske amplituder som vist i figur 3b. Den kumulative sannsynlighetsfordelingen gjør det mulig å bestemme seismisk amplitude P10, P50 og P90 (eller PX), det vil si den seismiske amplituden slik at 10%, 50% eller 90% av de mulige horisontkonfigurasjonene i ensemblet overstiger denne verdien. Denne analysen kan automatiseres og utvides til hele området av interesse (sammensatt av mange individuelle seismiske sporinger), som gir fordelinger og kumulative fordelinger ved hver romlig lokasjon (figur 4). På denne måten kan det oppnås et kart for å beskrive amplitudeverdier P10, P50, P90 over et helt prospekt. Disse kan fremvises til bruk i hydrokarbonletinger eller tilsvarende.
- 20 Den etterfølgende fordelingen av attributtverdier kan brukes til å genererer romlige avbildninger med utpekte sannsynligheter. For eksempel kan man avbilde refleksjonsamplituden P50 knyttet til en gitt horisont, det vil si medianamplituden av refleksjoner for alle punkt i rommet. Man kunne like enkelt avbilde refleksjonsamplituden P90 (90% konfidens at amplituden overstiger denne verdien), eller faktisk en hver fritt valgt sannsynlighet.
- 25 Mer sofistikerte arbeidsflyter kan tenkes. For eksempel kan man beregne amplitude mot forskyvningsattributter, AVO (amplitude-vs-offset) attributter (amplituder for seismiske volumer utledet fra undermengder av skuddforskyvninger) ved å kombinere horisontreflektivitetsattributter beskrevet ovenfor fra to forskjellige seismiske volumer. Denne analysen gir så sannsynligheten for at en gitt AVO-anomali overstiger en gitt terskel. Denne typen informasjon kan være av betydelig verdi når det anslås geologisk risiko knyttet til et gitt hydrokarbonprospekt.
- 30

De viktige aspektene ved oppfinnelsen kan dermed defineres som en fremgangsmåte og/eller system for attributtanalyse, hvor et ensemble av avbildninger av geologiske trekk brukes til å oppnå et ensemble av attributtverdier, hvor de geologiske trekkene omfatter underjordiske horisonter og/eller forkastninger. Et ensemble av avbildninger kan deretter oppnås fra flere tolkninger av dataene, som hver for seg bruke fremgangsmåter som hver for seg selv er kjente, f eks statistisk analyse. Ensemblet av avbildninger oppnås ved sample et modellrom som indikert av usikkerhet forbundet med en gitt måling, f eks som indikerer et geolegeme eller en del av et geolegeme, der attributtverdien utledes fra seismiske data, for eksempel amplitudeattributter, isochoreattributter eller annen mulig metrikk.

10

Mens den foretrukne utførelsesformen av oppfinnelsen viser spesifikt til analyse av attributter generert fra seismiske data, bør det være klart for en gjennomsnittlig ararbeider i energibransjen eller andre utvinningsbransjer at oppfinnelsen også kan anvendes på andre geofysiske data (eller hvilke som helst underjordiske kart eller modeller), inkludert men ikke begrenset til, gravitetsdata, magnetiske data, magnetotelluriske data eller kontrollerte elektromagnetiske data. Underjordiske kart frembrakt ved å interpolere brønndata, kjernedata eller andre geologiske data kan også vurderes.

15

Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen kan brukes til hydrokarbonleting/detektering hvor et ensemble av attributtverdier brukes til å estimere en etterfølgende sannsynlighetsfordeling av attributtverdier bruk til å fjerne risiko fra prospekter. Beregningene utføres med assistanse av en datamaskin med tilknytter lagringsmaskinvare som er kjent i seg selv, og som er forsynt med egnet programvare.

20

Hydrokarbonproduksjonen som benytter fremgangsmåten kan utføres ved å gjennomføre en underjordisk undersøkelse, tolke undersøkelsene på en slik måte at det frembringes et ensemble av avbildninger, å frembringe et ensemble av attributtverdier fra avbildningene, å bore en brønn minst delvis basert på ensemblet av attributtverdier og produsere hydrokarboner fra brønnen. På denne måten kan målingene i boreprosessen brukes til å justere attributtene i ensemblet og derved korrigere eller justere modellen av geolegemene.

30

For å oppsummere angår den foreliggende oppfinnelsen altså et system som avbilder geologiske formasjoner forbundet med seismiske studier. Systemet omfatter undersøkelsesmidler for å innsamle informasjon fra geologiske trekk i et avbildet område, f eks gjennom seismiske

undersøkelsesmetoder, analyse av prøver frembrakt av elektromagnetiske studier osv.

Undersøkelsesmidlene kan være direktekoblede sensorer eller målemidler men vil vanligvis være forhåndslagret informasjon, f eks innsamlet under en seismisk undersøkelse. Informasjonen er lagret i tilknytning til posisjonene som er forbundet med den innsamlede informasjonen som frembringer en avbildning av området. Systemet omfatter også analysemidler for å innhente attributtinformasjon forbundet med den innsamlede informasjonen i hver posisjon og å lagre denne attributtinformasjonen tilknyttet posisjonene for å frembringe et ensemble av attributtverdier forbundet med det avbildede området som er gjenstand for de seismiske studiene.

10 Attributtverdiene kan angå beregnet usikkerhet i den innsamlede informasjonen og også kjente geologiske trekk inkludert underjordiske horisonter og/eller forkastninger.

Et ensemble av avbildninger kan så oppnås fra flere tolkninger av dataene, og dermed frembringe et antall alternative representasjoner av de geologiske egenskapene. Ensemblene av avbildninger oppnås gjennom sampling av modellrom som indikert av usikkerhet i en gitt måling.

Attributtverdiene kan utledes fra seismiske data, for eksempel amplitudeattributter, isochoreattributter eller annen mulig metrikk og/eller fra andre geofysiske data eller modeller, for eksempel tetthetsmodeller eller resistivitetsmodeller.

Systemet ifølge den foretrukne utførelsesformen av oppfinnelsen kan altså baseres på en gitt gruppe eller mengde av mulige romlige posisjoner som beskriver et underjordisk trekk, eller midler til å generere en slik mengde, omfattende en algoritme for å beregne eller bestemme egenskapen eller attributten gitt et individuelt estimat av trekkets posisjon, estimerer av egenskapen ved hver romlig posisjon frembrakt av mengden av posisjoner knyttet til et gitt trekk, og påfølgende bruk av dette egenskapestimatets fordelinger i underjordisk avbildning.

Systemet kan fordelaktig brukes til å produsere hydrokarboner ved å utføre en underjordisk undersøkelse hvor fremgangsmåten omfatter å utføre en underjordisk undersøkelse; å tolke undersøkelsen på en slik måte at det frembringes et ensemble av avbildninger; å frembringe et ensemble av attributtverdier fra de nevnte avbildningene, å bore en brønn minst delvis basert på ensemblet av attributtverdier og å produsere hydrokarboner fra brønnen.



**Patentkrav**

1. System til å avbilde geologiske formasjoner forbundet med seismiske studier omfattende undersøkelsesmidler for å innsamle informasjon fra geologiske trekk i et avbildet område, f eks  
5 gjennom seismiske undersøkelsesmetoder, der den innsamlede informasjonen lagres i tilknytning til en posisjon forbundet med den innsamlede informasjonen som gir en avbildning av området, hvor systemet også omfatter analysemidler til å oppnå attributtinformasjon forbundet med den innsamlede informasjonen i hver posisjon og å lagre attributtinformasjonen tilknyttet posisjonen efor å frembringe et ensemble av attributtverdier forbundet med det avbildede området som er  
10 gjenstand for de seismiske studiene.
2. System ifølge krav 1, hvor minst én av attributtverdiene angår beregnet usikkerhet i den innsamlede informasjonen
- 15 3. System ifølge krav 1, hvor de geologiske trekkene inkluderer underjordiske horisonter og/eller forkastninger.
4. System ifølge krav 1, hvor et ensemble av avbildninger oppnås fra flere tolkninger av dataene.  
20
5. System ifølge krav 4, hvor ensemblet av avbildninger oppnås gjennom sampling av modellrom som indikert av usikkerhet i en gitt måling.
6. System ifølge krav 1, hvor attributtverdiene utledes fra seismiske data, for eksempel  
25 amplitudeattributter, isochoreattributter eller annen mulig metrikk.
7. System ifølge krav 1, hvor attributtverdiene er utledet fra geofysiske data eller modeller, for eksempel tetthetsmodeller eller resistivitetsmodeller.  
30
8. System ifølge krav 1, hvor egenskapen og romlige posisjoner som beskriver et underjordisk trekk, omfattende beregningsmidler til å bestemme egenskapen eller attributten gitt et individuelt estimat av trekkets posisjon, estimerer av egenskapen ved hver romlig posisjon

frembrakt av mengden av posisjoner knyttet til et gitt trekk, og påfølgende bruk av egenskapsestimatenes fordelinger i underjordisk avbildning.

9. System ifølge krav 8, omfattende midler for å generere et generert en mengde en mengde  
5 av de romlige posisjonene som beskriver et underjordisk trekk.

10. Fremgangsmåte for å bruke et system ifølge krav 1 til å produsere hydrokarboner  
omfattende: å utføre en underjordisk undersøkelse å tolke undersøkelsen på en slik måte at det  
frembringes et ensemble av avbildninger; å frembringe et ensemble av attributtverdier fra de  
10 nevnte avbildningene, å bore en brønn minst delvis basert på ensemblet av attributtverdier; og å  
produsere hydrokarboner fra brønnen.

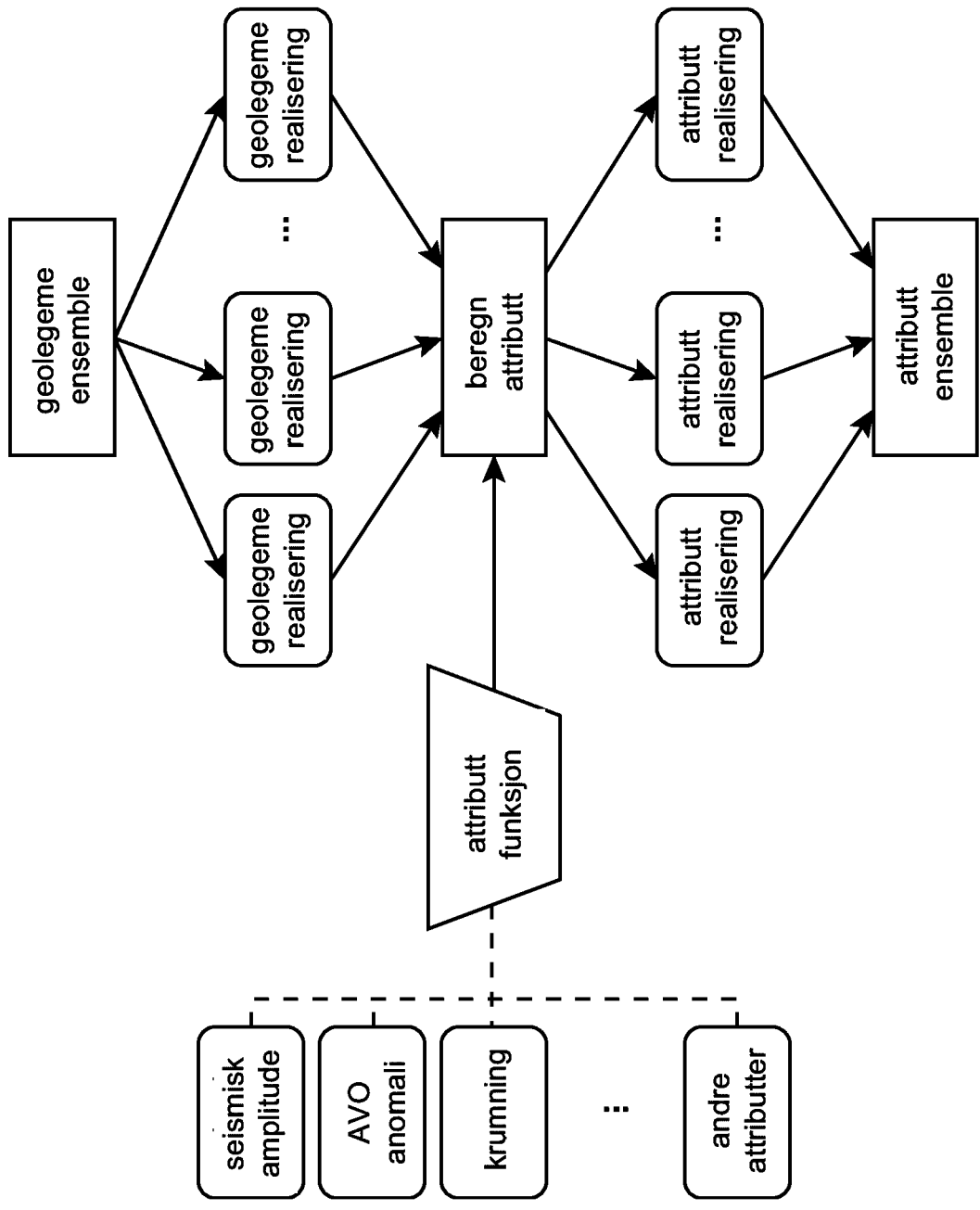


Fig. 1

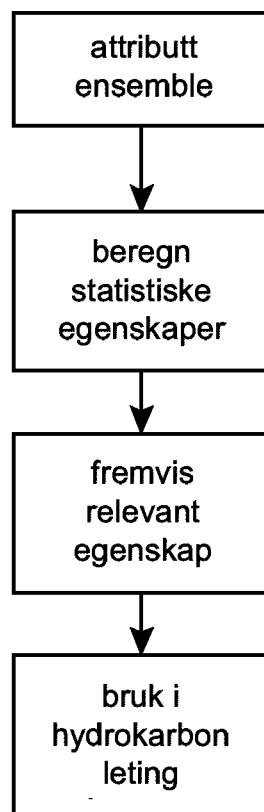


Fig. 2

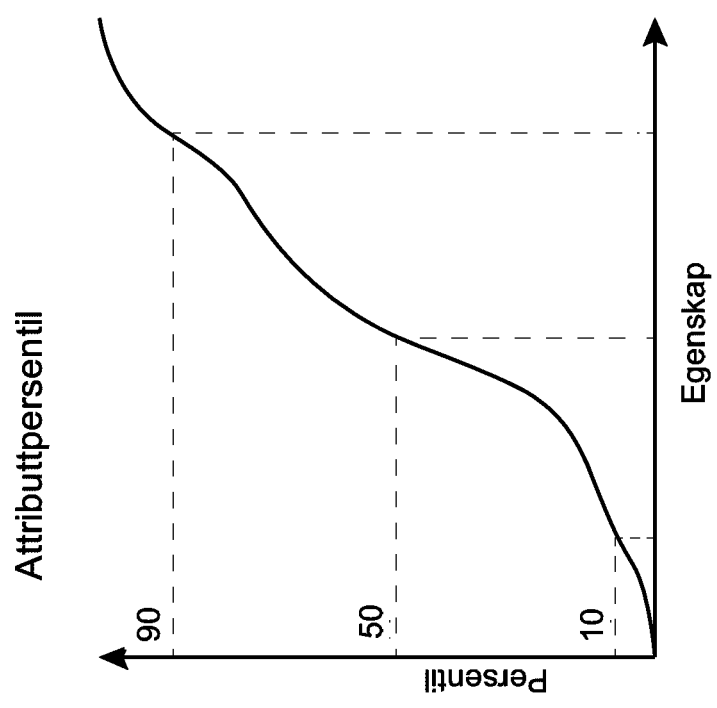


Fig. 3b

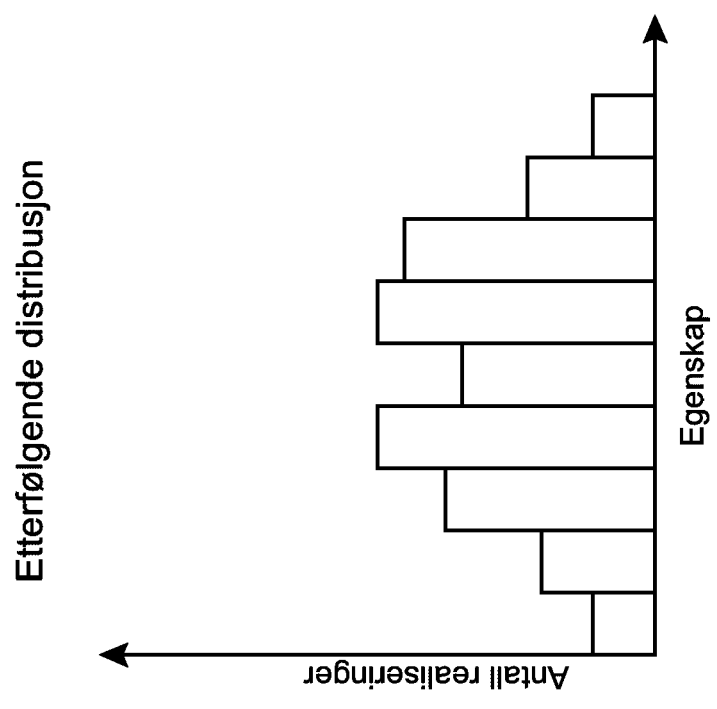


Fig. 3a

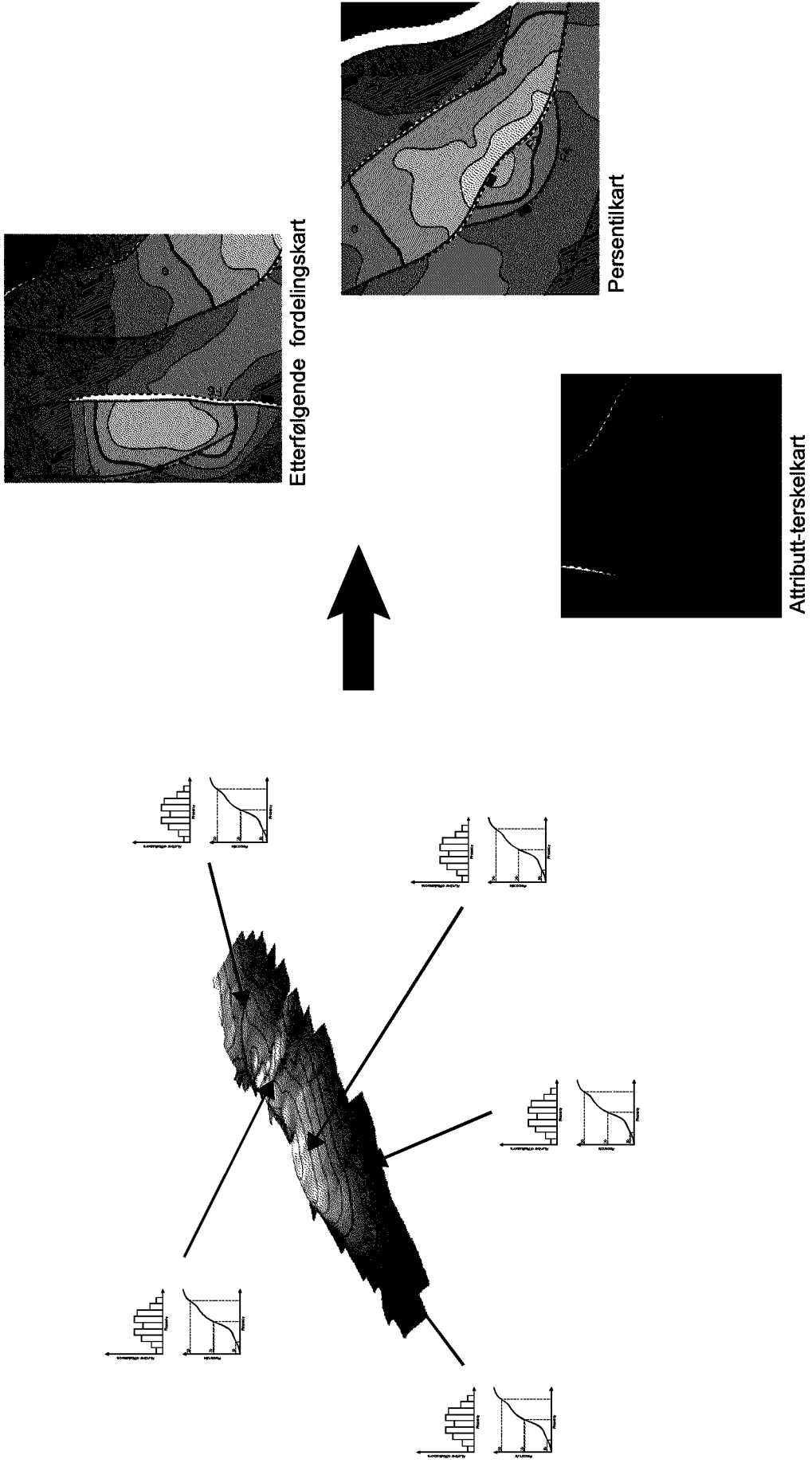


Fig. 4