



(12) PATENT

(19) NO

(11) 338552

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

G01N 23/06 (2006.01)

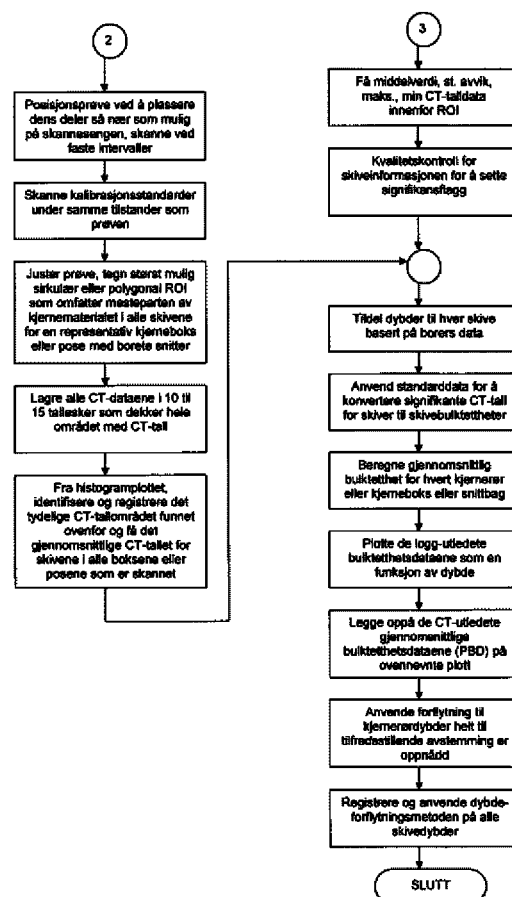
G01N 23/04 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20063438	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2004.01.26 PCT/US2004/02495
(22)	Inng.dag	2006.07.26	(85)	Videreføringsdag	2006.07.26
(24)	Løpedag	2004.01.26	(30)	Prioritet	2004.01.26, US, PCT/US04/02495
(41)	Alm.tilgj	2006.10.24			
(45)	Meddelt	2016.09.05			
(73)	Innehaver	Saudi Arabian Oil Company, R-3296, Administration Building, SA-31311 DHAHRAN, Saudi Arabia			
(72)	Oppfinner	Shameem Siddiqui, 770 Aflaj Lane, SA-31311 DHAHRAN, Saudi Arabia			
(74)	Fullmektig	Acapo AS, Postboks 1880 Nordnes, 5817 BERGEN, Norge			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte og anordning for dybdeavstemning ved å anvende databehandlet tomografi
(56)	Anførte publikasjoner	US 4542648 A US 5063509 A
(57)	Sammendrag	

For å kunne korrelere informasjon om en kjerneprøve tatt fra et borehull med informasjon som er utledet fra en original posisjon for kjerneprøven i borehullet, blir kjernen skannet ved å anvende elektronisk tomografi (CT) for å generere kjerneskiver som har første dybder tildelelig dertil basert på en boreregistrering. Kjerneskiene blir konvertert til første bulkthetsdata ved å anvende enten interesseområdestatistikk eller selektiv histogramstatistikk, som deretter blir sammenlignet med andre bulkthetsdata som oppnås fra logging ved respektive andre dybder for å oppnå en god avstemning mellom de første og andre dybdene.



Den foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte for dybdeforskyvning for å korrelere informasjon om en borkjerneprøve tatt fra et borehull med informasjon som utledes fra en original posisjon for kjerneprøven i borehullet, som angitt i det selvstendige krav.

5

Den foreliggende oppfinnelsen vedrører olje-/gassfeltboring, og mer bestemt en forbedret fremgangsmåte for å identifisere korrekte dybder på reservoarkjerneprøver som blir uthentet fra et borehull.

10 Bakgrunnen for oppfinnelsen

I boreoperasjoner for olje og gass er uthenting av sylindriske prøver av steinmasser, kjent som borkjerner, fra lokasjoner i undergrunnen vanlig. Kjerneprøvene blir studert for å få en bedre forståelse av oppbygningen av reservoarmaterialer og deres egenskaper for å lagre og å strøme olje, gass og vann.

15

En felles fremgangsmåte for å skaffe informasjon om reservoarmaterialegenskapene er å ta kontinuerlige målinger av brønnegenskapene for hver brønn ved å anvende elektriske, soniske, radioaktive og andre anordninger, en prosess som er kjent som logging. Dersom informasjonen i loggen for en bestemt dybde i brønnen kan kombineres med informasjonen som er utledet fra en kjerneprøve tatt ved den dybden, er det mulig med en bedre forståelse av reservoaret. For å ekstrahere betydningsfull data fra logger for dette formålet er det imidlertid vesentlig å være i stand til å tilpasse dybden som er registrert i loggen med kjerneprøven som er tatt ved den dybden.

25

Uheldigvis er ikke dette en enkel prosess. Generelt er dybden, hvorved en bestemt kjerneprøve blir tatt som registrert av borepersonell, utsatt for store feil, idet dybdene

blir beregnet ved å legge til lengder på individuelle borerør, som er utsatt for ulike ekspanderingskomprimeringslaster i borehullet. I tillegg bidrar den ufullstendige uthenting av kjerneprøver (dvs. at noen deler mangler pga mekanisk svikt og borefluidsirkulasjonsrelaterte utvaskinger), koblet med den gjeldende praktiseringen med "klumpdannelse" av alle ugjenvunnete lengder ved bunnen av hvert borkjernefat, som er et rør som oppbevarer borkjerner under boring, også til uvissheten i borkjernedybderegistreringen. Feilene eller uvisshetene kan føre til uriktig avstemming mellom logg og borkjernerdata, som resulterer i kostbare feil i reservoarytelsesberegninger.

En konvensjonell fremgangsmåte for å angripe dette problemet har vært gamma-skanning i petrofysiske laboratorier for å sammenligne borkjernedybdene med loggdybder. Mens gammaskanning er enkelt å benytte i sandsteinreservoarer er mangelen på vanlige markører som er tilstede i de typiske sand-/skifersekvenser og dårlige signaler gjør det vanskelig å oppnå tilfredsstillende dybdeavstemming i karbonatborkjerner.

I et annet aspekt for oljegassfeltboring har røntgenelektronisk tomografi av borkjerner blir anvendt for å måle for eksempel porøsitet, relativ permeabilitet, fluidmetning, romvekt og mineralogi. Prosessen gjør det mulig å se på innsiden av borkjernematerialer på en ikke-destruktiv måte for å visualisere uensarhet, litologivariasjoner og har blitt anvendt til å beregne slike kjerneparametere i nesten 20 år. Eksempler på patenter som beskriver anvendelsen av denne prosessen er US patentnr. 5.036.193, 4.868.751, 5.359.194, 5.984.023, 6.003.620 og 6.220.371 B1, samt 5.063.509 A.

US patentnr. 4.542.648 av Vinegar et al, er rettet mot anvendelse av en røntgenelektronisk aksial tomografi (CAT) skannemetode i en fremgangsmåte for å korrelere en borkjerneprøve med sin originale posisjon i et borehull. Denne fremgangsmåten anerkjenner at det er en sammenheng mellom bestemte kvantitative data (masse-attenueringskoeffisienter) som er generert av en typisk CT-skanner og romvekt ved generelt høye røntgenenergier. I én utførelse omfatter fremgangsmåten å konvolvare interpolerte tetthetsverdier som er utledet fra CT-målte gjennomsnittlige attenueringskoeffisienter med responsfunksjonen for loggeverktøyet for å generere konvolverte tetthetsverdier som er krysskorrelert med loggtetthetsverdiene for å oppnå den maksimale krysskorrelasjonsfunksjonen for korrelasjonsdybden. I en annen utførelse omfatter fremgangsmåten å konvolvare effektive atomnummer med

responsfunksjonen for verktøyet for å oppnå konvolverte effektive atomnummer som er krysskorrelerte med de fotoelektriske loggverdiene.

Imidlertid krever denne fremgangsmåten anvendelsen av komplisert matematikk, som gjør dens fremgangsmåte vanskelig for anvendelse av vanlige arbeidere for å beregne dybdeforskyvning. Dessuten er det vanskelig med denne fremgangsmåten å korrelere CT-dataene med tetthetslogger idet den avhenger av hva som var tilstede utenfor kjernematerialet.

10 Kort beskrivelse av oppfinnelsen

Det er derfor et formål med den foreliggende oppfinnelsen å tilveiebringe en fremgangsmåte for å avstemme loggdybder til borkjernedybder som unngår det ovennevnte vanskeligheter i den kjente teknikken.

- 15 Det er et ytterligere formål med den foreliggende oppfinnelsen å tilveiebringe en fremgangsmåte for dybdeforskyvning for å tilveiebringe forbedrete resultater for avstemming av loggdybder til borkjernedybder.

- 20 Det er et mer spesifikt formål med den foreliggende oppfinnelsen å tilveiebringe en fremgangsmåte for dybdeforskyvning ved å anvende elektronisk tomografi (CT) for forbedrete resultater i avstemming av loggdybder til borkjernedybder.

- 25 De ovennevnte og andre formål blir oppnådd av den foreliggende oppfinnelsen, som i én utførelse, er rettet mot en fremgangsmåte for dybdeforskyvning for å korrelere informasjon om en borkjerneprøve som er tatt fra et borehull med informasjon som er utledet fra en original posisjon av en borkjerneprøve i borehullet. Fremgangsmåten omfatter trinnene å definere et antall skannelokasjoner ved valgte intervaller langs kjernen; å skanne kjernen ved hver skannelokasjon ved et enkelt energinivå under anvendelse av computed tomografi (CT) for å generere en respektiv
- 30 kjerneskiye for hver skannelokasjon, hvor hver skive omfatter CT-data ved den respektive skannelokasjonen og hver kjerneskiye ytterligere har en respektiv første dybde som tildeles basert på en borregistrering som er tatt under boring av borehullet; å generere spesifiserte statistikker for hver kjerneskiye, hvor den spesifiserte statistikk er enten interesseområdestatistikk eller selektiv histogram-
- 35 statistikk; å oppnå de standardiserte CT-talldatene ved CT-skanning av i det minste ett standard objekt i en samme tilstand som kjernen, hvori hvert standard objekt blir valgt fra gruppen omfattende kvarts, Macor, luft, vann og rene karbonatprøver med

kjente tettheter; å konvertere CT-dataene for hver kjerneskiye til første bulk-tetthetsdata i henhold til de standardiserte CT-talldata og den respektive spesifiserte statistikken; å sammenligne de første bulk-tetthetsdataene til andre bulk-tetthetsdata som oppnås fra logging ved respektive andre dybder langs borehullet; og å bestemme dybdeforskyvning som er egnet for å oppnå en god avstemming mellom de første og andre dybder.

Ifølge et fordelaktig formål med den foreliggende oppfinnelsen er interesse-områdestatistikkene sirkulære interesseområdestatistikker. I tilfellet hvor alle snitt omfatter brudd eller avbrutte deler kan interesseområdet være et mindre delområde av det sirkulære området som representerer snittet, slik som en mindre sirkel eller en polygon.

Ifølge et fordelaktig formål med den foreliggende oppfinnelsen refererer de selektive histogramstatistikkene til å beregne gjennomsnittlige CT-tall i den signifikante delen av det totale CT-tallhistogrammet som kun representerer bergmaterialet, for en prøve hvor ikke-berg materiale (luft) ikke er tilstede (slik som plugg hull, plugge-/platebelegget relatert manglende deler, eller gap mellom to tilgrensende borete kuttebruddstykker). Den signifikante delen av det totale CT-tallhistogrammet blir valgt ved å isolere CT-tallområdet som representerer toppen av høye CT-tall for den bimodale fordelingen av de totale CT-tallene i dette tilfellet. Ikke-materialet som er tilstede i dette tilfellet er representert ved toppen av lave CT-tall.

I en foretrukket utførelse omfatter konverteringstrinnet å generere statistiske CT-talldata for hvert borkjernesnitt basert på de respektive CT-dataene og interesse-område eller selektiv histogramstatistikk, å generere snittromvektdata for hvert borkjernesnitt basert på de respektive statistiske CT-talldataene og de standardiserte CT-talldataene, og å beregne minst én gjennomsnittlig romvekt over snittet basert på snittromvektdataene.

Overnevnte formål oppnås også med en anordning for dybdeforskyvning for å korrelere informasjon om en borkjerneprøve tatt fra et borehull med informasjon som utledes fra en original posisjon for kjerneprøven i borehullet, omfattende: utstyr innrettet til å definere et antall skannelokasjoner ved valgte intervaller langs kjernen; utstyr innrettet til å skanne kjernen ved hver skannelokasjon ved et enkelt energinivå under anvendelse av computed tomografi (CT) for å generere en respektiv kjerneskiye for hver skannelokasjon, hvor hver skive omfatter CT-data ved den respektive

skannelokasjonen og hver kjerneskiye ytterligere har en respektiv første dybde som tildeles basert på en boreregistrering som er tatt under boring av borehullet; utstyr innrettet til å generere spesifiserte statistikker for hver kjerneskiye, hvor den spesifiserte statistikk er enten interesseområdestatistikk eller selektiv histogram-statistikk; utstyr innrettet til å oppnå de standardiserte CT-talldataene ved CT-skanning av i det minste ett standard objekt i en samme tilstand som kjernen, hvori hvert standard objekt blir valgt fra gruppen omfattende kvarts, Macor, luft, vann og rene karbonatprøver med kjente tettheter; utstyr innrettet til å konvertere CT-dataene for hver kjerneskiye til første bulk-tetthetsdata i henhold til de standardiserte CT-talldata og den respektive spesifiserte statistikk; utstyr innrettet til å sammenligne de første bulk-tetthetsdataene til andre bulk-tetthetsdata som oppnås fra logging ved respektive andre dybder langs borehullet; og utstyr innrettet til å bestemme dybdeforskyvning som er egnet for å oppnå en god avstemming mellom de første og andre dybder.

Disse og andre formål, trekk og fordeler ved den foreliggende oppfinnelsen vil fremgå fra den følgende detaljerte beskrivelsen av de foretrukne utførelsene sammen med de etterfølgende figurer, hvor like henvisningstall viser til like elementer.

Kort beskrivelse av figurene

Figur 1 viser et flytdiagram over fremgangsmåten ifølge en foretrukket utførelse av den foreliggende oppfinnelsen.

Figur 2 viser en fortsetting av flytdiagrammet vist i figur 1.

Figur 3 viser et plott over pseudobulk-tetthetsverdiene (PBD) som er beregnet fra CT-data som blir plottet mot bulk-tetthetsloggen (ZDEN) for et kjernet intervall.

Figur 4 viser et antall ulike porøsitetologger som er plottet mot de CT-beregnete skiveporøsiteter.

Figur 5 viser et plott over de gjennomsnittlige PBD-verdiene for hvert kjernerør som er plottet mot bulk-tetthetsloggdataene (ZDEN).

Figur 6 viser de dybdeforskjøvet PBD-dataene som er plottet mot ZDEN-dataene.

Figur 7 viser de dybdeforskjøvet CT-beregnete porøsitetene (ved å anvende det andre alternativet) mot de fire porøsitetologgene i figur 3.

Figur 8 viser bulk-tetthetsdata skive for skive, som er forskjøvet ved å anvende det andre alternativet og plottet mot bulk-tetthetslogg-ZDEN.

Figur 9 viser en CT-generert tredimensjonal representasjon av en 3 ft borkjernedel som ble tettet (drillet for å ekstrahere mindre prøver) og plateformet (skjært langs lengden for geologiske studier) før skanning og hvor de selektive histogramstatistikkene basert på dybdetilpasningsteknikk har blitt anvendt.

Figur 10 viser det totale CT-talldistribusjonshistogrammet for borkjernen i figur 9, med to topper, hvor den til venstre, med lave CT-tall (med topp rundt -1000), representerer materialene som ikke er fjell, og den andre toppen til høyre, med et område mellom 1000 og 2500 CT-tall for alle skivene, representerer den faktiske fjellmassen.

Figur 11 viser histogrammet som kun representerer fjellmaterialet, med et område mellom 1000 og 2500 innenfor hvor det gjennomsnittlige CT-tallet blir beregnet og anvendt for omdannelse til bulk tettheter.

Figur 12 viser pseudobulk tetthetsdataene som blir generert av den selektive histogramstatistikkteknikken for 90 ft. borkjerne, som ble tettet og plateformet, anvendt for dybdetilpasning ved å sammenligne mot loggbulkdensitetsdata (RHOB, i dette tilfellet).

Detaljert beskrivelse av foretrukne utførelser

Elektronisk tomografi (CT), og mer bestemt røntgenelektronisk tomografi, er en velkjent teknikk i mange applikasjoner, hvor en prøve blir beskutt med røntgenstråler og resultantsignalene blir behandlet for å tilveiebringe et samsvarende bilde av prøven som indikerer bestemte ønskede karakteristikk. Generelt produserer et CT-skannesystem en fremvisning eller bilde av en karakteristikk distribusjon i et tverrsnitt eller diagonalt snitt av prøven, for eksempel en borkjerne. Energi fra røntgenstrålen blir sendt gjennom et prøvesnitt og faller på en detektor. Etter at et ønsket antall skanninger er fullført for hvert prøvesnitt blir det neste prøvesnittet plassert innen banen for røntgenstrålene. Signalene fra detektoren blir deretter prosessert og sendt til en fremvisningsenhet eller registreringssystem. Det ovennevnte US-patentnr. 4.542.648 tilveiebringer en omtale av CT, som er referert til heri. Fordi denne teknikken er velkjent, vil den ikke bli videre beskrevet heri.

Som indikert ovenfor vedrører den foreliggende oppfinnelsen anvendelsen av CT-skanning for dybdeavstemning av borkjerner til drillelogger eller "ledningstråd" informasjon. CT-skanningene på disse borkjernene fra vertikale brønner produserer høykvalitetsbilder av hele den kjernede delen i en finere fordeling enn brønnlogger. Ved å anvende en teknikk som involverer kvalitativ sortering av de ulike CT-skivene og deres interesseområdebaserte statistikker eller selektive histogramstatistikker,

kan betydningsfulle pseudobulkthetslogger genereres. Disse loggene kan deretter plasseres side-ved-side med bulkthetslogger for å bestemme hvordan dybdene for ett datasett bør forskyves for å avstemme dybdene eller de andre datasettene i samsvar med en etablert standard for bra avstemming, dvs. de krevde dybdeforskyvningene.

Ifølge de foretrukne utførelsene er den foreliggende oppfinnelsen rettet mot en fremgangsmåte som anvender data som blir produsert av en røntgen CT-skanner på preserverte eller ikke-preserverte borkjerneprøver for å generere pseudobulkthetslogger som deretter blir plassert side-ved-side med bulkthetslogger som blir generert av ledningstrådmeter for å beregne dybdeforskyvningen som behøves. Fremgangsmåten involverer generelt de følgende trinn (som hver kan omfatte et antall tilleggstrinn).

1) Å generere flere kalibreringstabeller eller (avhengig av skannere) for alle mulige størrelser for kjernen som skal skannes. De beste resultatene blir oppnådd ved å anvende et solid kunstig (et sylinderformet objekt som anvendes for kalibrering) laget av et homogent materiale med grov tetthet i nærheten av fjellet som skal skannes (for eksempel Maçor for karbonater, Kvarts for sandstein) med en diameter som er betydelig større enn røret som rommer eksempelkjernen. Det bør være flere kalibrasjonstabeller (eller disker, avhengig av skanneren) tilgjengelig for ulike kombinasjoner av røntgenspenning (fortrinnsvis 120, 130 og 140kV), røntgenampere (for eksempel 50, 100, 125, 200 mA) og røntgenstråletykkelser (2mm, 5mm, 10mm, etc.).

2) Å motta kjerner fra feltet eller kjernelager (typisk enten preservert i saltlake inni PVC-kjernerør eller fiberglass eller aluminiumsstykker, eller upreservert i plastikk- eller metallekser), og fordelaktig i omtrent 3 ft. deler. Å identifisere behovet for støtte og å sentrere på posisjonstabellen for kjernen som skal undersøkes.

3) Å plassere prøven på skannebordet (eller "sofaen") og ta skanninger med ulike energitykkelsekombinasjoner ved å endre kalibrasjonstabeller eller disker, og å teste hvilken kombinasjon som gir de beste bildene, dvs. uten stråleforherdelsesartefaktet som er vanlig i CT-skanning.

4) Å selektere en mulig analyseteknikk basert på tilstanden på prøven – å anvende en ROI-statistikkbasert teknikk for hele borkjerner og pluggen som er hele, med veldig få sprekker, og å anvende en selektiv histogrambasert teknikk for prøver som er tett og/eller plateformet eller for borete snitt i prøveposen.

- 5) Justere og forflytte borkjernen til én ende av kjerneboksen ved tilting (for en preservert kjerne, på en maskin uten alternativet pilot-skan) eller ved å forflytte til én side av prøveesken (for en upreservert kjerne). Skann ved en høy røntgenenergi, fordelaktig 120, 130 eller 140 kV, ved vanlige intervaller, fordelaktig 2 tommer, å
5 starte ved et fast merke i nærheten av toppdybden av kjernen i røret eller esken, fordelaktig 3 tommer fra toppdybden, som resulterer i omtrent 16 skiver per borkjernerør eller – eske. Hver kjerne-”skive” er en 3D-rekonstruksjon av CT-dataene ved én skannelokasjon. Fullstendig skanning av alle kjernerørene eller – eskene ved den samme tilstanden.
- 10 6) Å skanne ulike kalibrasjons-”standarder” (vanligvis Kvarts, Macor, luft, vann og rene karbonater og rene sandsteinprøver med kjente tettheter) i den samme tilstanden som kjernen. Formålet er å generere bulk tetthet vs. CT-tallforhold for de kjente standardene.
- 15 7) Å overføre rådata til en bildeprosesseringsarbeidsstasjon med programvare som er i stand til justering, interesseområdestatistikker (ROI), histogramanalyser, og stråleforherdelseskorreksjon, så vel som konvensjonelle korreksjonsmetoder etter nødvendighet.
- 20 8) Juster borkjernen mellom de første og siste skivene med programvaren, tegn sirkulær ROI og lagre statistiske data på CT-tallmidlene, standardavvik minimum, maksimum, etc.
- 25 9) Å foreta kvalitetskontrollsjekk av hver ”skive” for å finne om den inneholder brudd, sprekker, eller om den forruten dette er ufullstendig innenfor ROIen. Marker skiver med slike problemer med et signifikansflagg for å utelukke dem fra videre beregninger.
- 30 10) For prøver som kvalifiserer for selektiv histogramstatistikk (tettete og plateformete prøver, borete snitter, etc.), anvendes total CT-talldistribusjonsdata på én av de representative kjernepluggene for å identifisere det signifikante CT-tallområdet som representerer bergartene. Deretter anvend det området og histogramanalyse (typisk 10 til 15 beholdere) for å få gjennomsnittlige CT-tall ved
35 hver skivelokasjon for alle prøvene som er skannet.
- 11) Å overføre statistiske datafiler til et regneark og tildel dybder til hver ”skive” basert på borers registrering.
- 12) Å konvertere de gjennomsnittlige CT-talldataene til bulk tetthet ved å sammenligne disse dataene med bulk tetthet vs. CT-tall-teknikker som anses som
35 ”standarder”.

13) Å ta de gjennomsnittlige bulk tetthetene over hver rørlengde (eller ta to gjennomsnitt dersom to tydelige tetthetstrender eksisterer innenfor et rør eller boks), og plott bulk tetthetene sammen med deres loggduplikater.

14) Å bestemme og anvende den egnete dybdeforskyvningen til borers dybde helt til det er en bra likhet mellom de to settene. For formålet å faktisk forflytte dataene, er det mulig å anvende enten manuell forflytting eller den konvensjonelle forskyvnings egenskapen som er tilgjengelig i logganalyseprogramvaren, slik som GEOLOG.

15) Å registrere og anvende dybdeforskyvningsmetoden for alle skivedybder. Å presentere data i rapportene for fremtidig anvendelse.

Figur 1 og 2 viser flytdiagrammer over den oppfinneriske fremgangsmåten.

Prøveresultater blir oppnådd ved de oppfinneriske fremgangsmåter som nå skal omtales.

Figur 3 viser pseudo-bulk tetthetsverdier (PBD) som er beregnet fra CT-dataene plottet bulk tetthetsloggen (ZDEN) for kjerneintervallet. Resultatene viser en god total likhet mellom de to settene med uavhengige data.

For denne figuren er bulk tettheten tatt ved 6 tommers intervall og dataene ble utjevnet, hvorved ingen utjevning ble anvendt for CT-dataene tatt ved 2 tommers intervaller. Spredningen som kan ses i de CT-utledete PBD-verdiene er felles i objekter for skalaen som anvendes. Konsentrasjonen med datapunkter i figur 3 viser at det kan være nødvendig med noe forskyvning for å tilpasse loggdybden med de registrerte kjernedybdene (borers dybder).

Figur 4 viser et antall ulike porøsitetologger som er plottet mot de CT-utledete skiveporøsiteter. Porøsitetologgene omfatter nøytronporøsitet (NPHI), tetthetsporøsitet (DPHI), middelvei for nøytron- og tetthetsporøsiteter (PHI-ND) og kvadratisk middelvei porøsiteter (PHI-RMSD).

Figur 5 viser et plott over de gjennomsnittlige PBD-verdiene for hvert kjernerør plottet mot bulk tetthetsdata (ZDEN). Som kan ses fra figur 5 kan spredningen som vises i figur 3 fjernes betydelig ved å ta de gjennomsnittlige PBD-verdiene med de gjennomsnittlige dybdene på kjernerøret. Figuren viser også behovet for å forflytte dybdene for å få en god tilpasning mellom de logg-utledete og CT-utledete bulk tetthetsverdiene.

For å bestemme den egnete dybdeforskyvningen ble en dybdeforskyvningsmetode anvendt hvor ulike forskyvninger ble forsøkt å tilpasse de CT-utledete bulk-tetthets-dataene med bulk-tetthetsloggdataene. Forskyvningen ble kun påført de CT-utledete dataene. De følgende figurene viser dybdetilpasningsmetoden og dens resultater.

Figur 6 viser de dybdeforflyttede PBD-dataene plottet mot ZDEN-dataene. Maksimalforskyvningen i brønnen for denne illustrasjonen var 20 ft, som er mindre enn den totale lengden med ugjenvunnete kjerner fra kjerneintervallet, som var 24,4 ft.

Figur 7 viser de dybdeforflyttede CT-utledete porøsitetene plottet mot fire porøsitetlogger. Dybdeforskyvningen som anvendes fremgår å ha gjort en mye bedre avstemming mellom porøsiteter utledet fra CT- og loggkilder.

Figur 8, med skive-for-skive bulk-tetthetsdata som er forflyttet ved å anvende dybdeforskyvningsmetoden og plottet mot bulk-tetthetsloggen (ZDEN), styrker konklusjonen med en bedre avstemming.

Figur 9 viser en CT-generert tredimensjonal representasjon av en 3 ft. kjernedel som ble tett (boret for å ekstrahere mindre prøver) og plateformet (skjært langs lengden for geologiske studier) før skanning og hvor den selektive histogramstatistikkbaserte dybdetilpasningsteknikken har blitt anvendt.

Figur 10 viser det totale CT-talldistribusjonshistogrammet for kjernen som vises i figur 9, med to topper, hvor den til venstre, med lave CT-tall (med topp rundt -1000), representerer materialer som ikke er bergarter, og den andre toppen til høyre, med et område mellom 1000 og 2500 CT-tall for alle skivene, representerer det faktiske bergartmaterialet.

Figur 11 viser histogrammet som kun representerer fjellmassen, med et område mellom 1000 og 2500 som det gjennomsnittlige CT-tallet blir beregnet i mellom og anvendt for omdannelse til bulk-tettheter.

Figur 12 viser pseudo-bulk-tettheten som blir generert av den selektive histogramstatistikkteknikken for 90 ft. kjerner som ble tett og plateformet, og anvendt for dybdetilpasning ved å sammenligne mot loggbulk-tetthetsdata (RHOB i dette tilfellet).

- Det har vist seg at den CT-baserte dybdeilpasningsteknikken i samsvar med den foreliggende oppfinnelsen fungerer spesielt fordelaktig i brønner som bores i karbonatreservoarer, men denne teknikken kan også anvendes fordelaktig i andre
- 5 reservoartyper, slik som sandsteinreservoarer. Teknikken har vært vellykket i å finne dybdeilpasning for uregelmessigformete kjemprøver, prøver som har blitt tett og plateformet og til og med for borete snitter fra karbonatformasjoner. Teknikken her tilsvarende effektiv i rene sandsteinformasjoner.
- 10 Mens det omtalte systemet og anordningen har blitt nærmere vist og beskrevet med hensyn til de foretrukne utførelsene, skal det forstås av fagpersoner at ulike modifikasjoner i form og detalj kan gjøres uten å gå utenfor oppfinnelsens omfang. Følgelig skal modifikasjoner slik som de som er foreslått ovenfor, men ikke begrenset dertil, tas i betraktning under oppfinnelsens omfang, som skal bestemmes
- 15 ved å henvise til de etterfølgende krav.

Patentkrav

1. Fremgangsmåte for dybdeforskyvning for å korrelere informasjon om en borkjerneprøve tatt fra et borehull med informasjon som utledes fra en original posisjon for kjerneprøven i borehullet, omfattende trinnene:
 - å definere et antall skannelokasjoner ved valgte intervaller langs kjernen,
 - å skanne kjernen ved hver skannelokasjon ved et enkelt energinivå under anvendelse av computed tomografi (CT) for å generere en respektiv kjerneskiye for hver skannelokasjon, hvor hver skive omfatter CT-data ved den respektive skannelokasjonen og hver kjerneskiye ytterligere har en respektiv første dybde som tildeles basert på en boreregistrering som er tatt under boring av borehullet,
 - å generere spesifiserte statistikker for hver kjerneskiye, hvor den spesifiserte statistikk er enten interesseområdestatistikk eller selektiv histogramstatistikk,
 - å oppnå de standardiserte CT-talldataene ved CT-skanning av i det minste ett standard objekt i en samme tilstand som kjernen, hvori hvert standard objekt blir valgt fra gruppen omfattende kvarts, Macor, luft, vann og rene karbonatprøver med kjente tettheter,
 - å konvertere CT-dataene for hver kjerneskiye til første bulk-tetthetsdata i henhold til de standardiserte CT-talldata og den respektive spesifiserte statistikken,
 - å sammenligne de første bulk-tetthetsdataene til andre bulk-tetthetsdata som oppnås fra logging ved respektive andre dybder langs borehullet, og
 - å bestemme dybdeforskyvning som er egnet for å oppnå en god avstemming mellom de første og andre dybder.
2. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t den spesifiserte statistikken er interesseområdestatistikk.
3. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t den spesifiserte statistikken er selektiv histogramstatistikk.
4. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t hver kjerneskiye omfatter en 3D-rekonstruksjon av CT-dataene ved de respektive skannelokasjonene.
5. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t skannetrinnene blir utført ved å anvende høyenergi røntgen-CT.

6. Fremgangsmåte i samsvar med krav 5, k a r a k t e r i s e r t v e d a t høyenergi-CT blir utført hovedsakelig ved en valgt én av 120kV, 130kV og 140kV,
7. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t den
5 spesifiserte statistikken er sirkulær interesseområdestatistikk.
8. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t konverteringstrinnene omfatter trinnene:
å generere skivebulkthetsdata for hver kjerneskiye, og
10 å beregne minst én gjennomsnittlig bulkthet over kjernen basert på skivebulkthetsdata.
9. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t konverteringstrinnene omfatter trinnene:
15 å generere statistiske CT-talldata for hver kjerneskiye basert på de respektive CT-dataene og spesifisert statistikk,
å generere skivebulkthetsdata for hver kjerneskiye basert på de respektive statistiske CT-talldataene og de standardiserte CT-talldataene, og
å beregne minst én gjennomsnittlig bulkthet over kjernen basert på
20 skivebulkthetsdataene.
10. Fremgangsmåte i samsvar med krav 9, k a r a k t e r i s e r t v e d a t den spesifiserte statistikken er interesseområdestatistikk.
- 25 11. Fremgangsmåte i samsvar med krav 9, k a r a k t e r i s e r t v e d a t den spesifiserte statistikken er selektiv histogramstatistikk.
12. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t bestemmelsestrinnene omfatter trinnene:
30 å plote de første bulkthetsdataene mot de første dybdene og de andre bulkthetsdataene mot de andre dybdene på det samme plottet, og
å forskyve én av de første bulkthetsdataene og de andre bulkthetsdataene med hensyn til den andre av de første bulkthetsdataene og de andre bulkthetsdataene helt til en god avstemming mellom de første og andre dybdene
35 blir oppnådd.

13. Fremgangsmåte i samsvar med krav 12, k a r a k t e r i s e r t v e d a t forskyvningstrinnet blir utført ved å anvende manuell forskyvning.

14. Anordning for dybdeforskyvning for å korrelere informasjon om en

5 borkjerneprøve tatt fra et borehull med informasjon som utledes fra en original posisjon for kjerneprøven i borehullet, omfattende:

utstyr innrettet til å definere et antall skannelokasjoner ved valgte intervaller langs kjernen,

10 utstyr innrettet til å skanne kjernen ved hver skannelokasjon ved et enkelt energinivå under anvendelse av computed tomografi (CT) for å generere en respektiv kjerneskiye for hver skannelokasjon, hvor hver skive omfatter CT-data ved den respektive skannelokasjonen og hver kjerneskiye ytterligere har en respektiv første dybde som tildeles basert på en borregistrering som er tatt under boring av borehullet,

15 utstyr innrettet til å generere spesifiserte statistikker for hver kjerneskiye, hvor den spesifiserte statistikk er enten interesseområdestatistikk eller selektiv histogramstatistikk,

20 utstyr innrettet til å oppnå de standardiserte CT-talldataene ved CT-skanning av i det minste ett standard objekt i en samme tilstand som kjernen, hvori hvert standard objekt blir valgt fra gruppen omfattende kvarts, Macor, luft, vann og rene karbonatprøver med kjente tettheter,

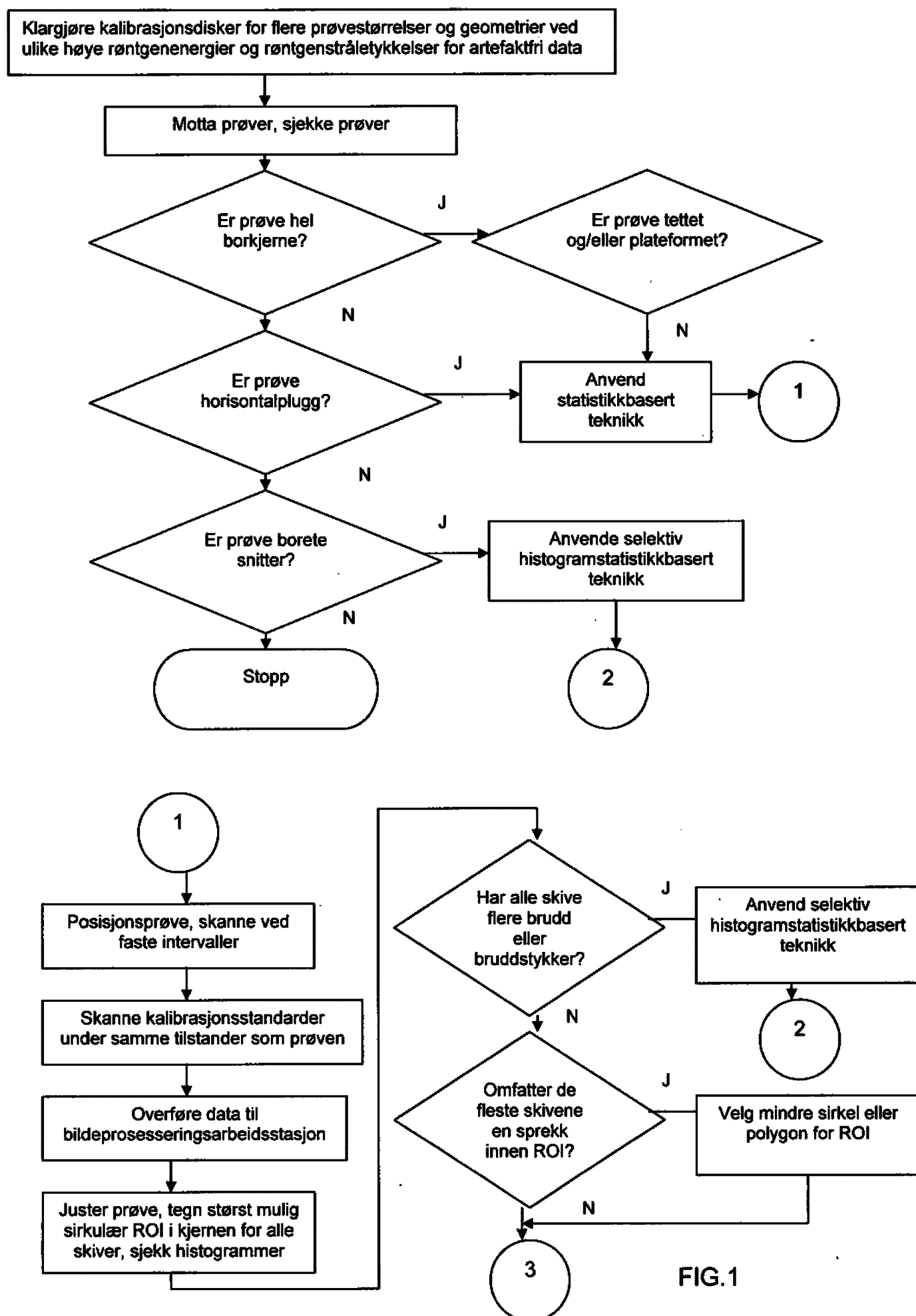
utstyr innrettet til å konvertere CT-dataene for hver kjerneskiye til første bulk-tetthetsdata i henhold til de standardiserte CT-talldata og den respektive spesifiserte statistikk,

25 utstyr innrettet til å sammenligne de første bulk-tetthetsdataene til andre bulk-tetthetsdata som oppnås fra logging ved respektive andre dybder langs borehullet, og

utstyr innrettet til å bestemme dybdeforskyvning som er egnet for å oppnå en god avstemming mellom de første og andre dybder.

30

15. Anordning i samsvar med krav 14, k a r a k t e r i s e r t v e d å omfatte utstyr innrettet til å utføre fremgangsmåten i følge et eller flere av kravene 2-13.



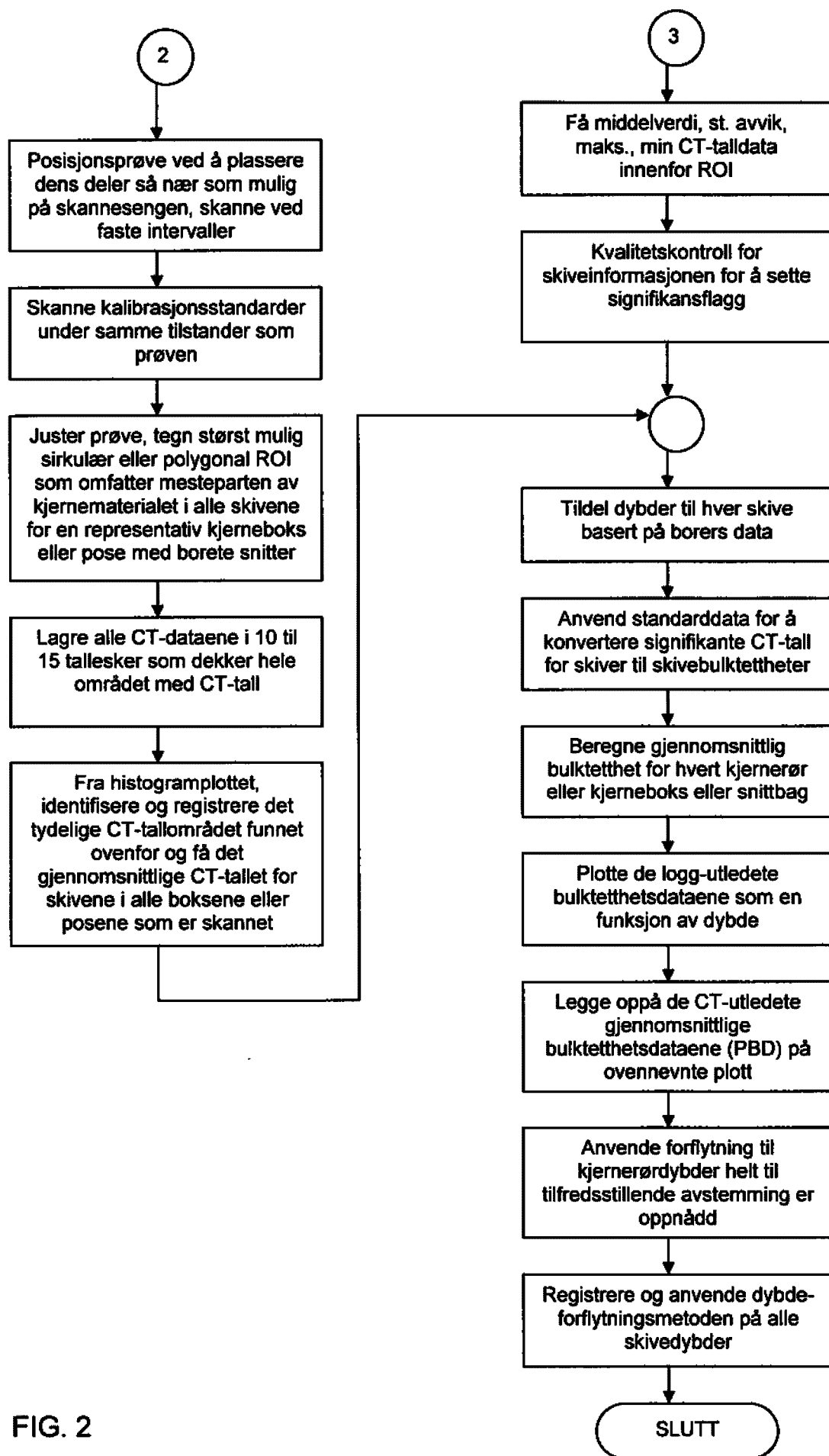


FIG. 2

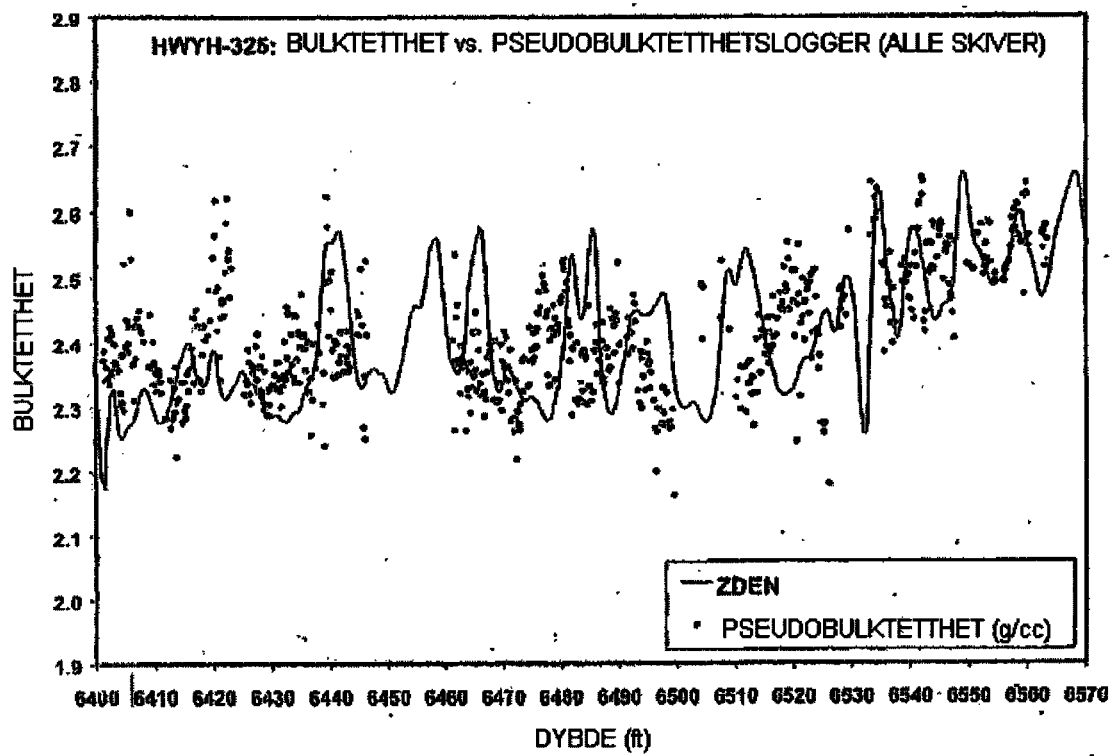


FIG. 3

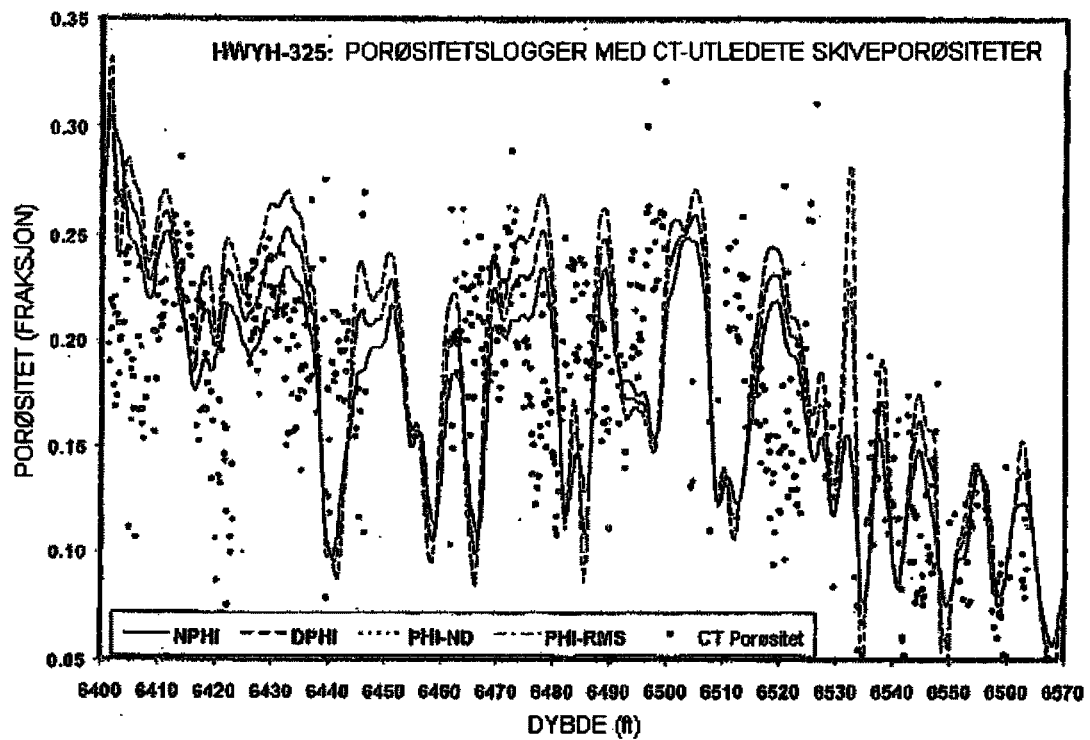


FIG. 4

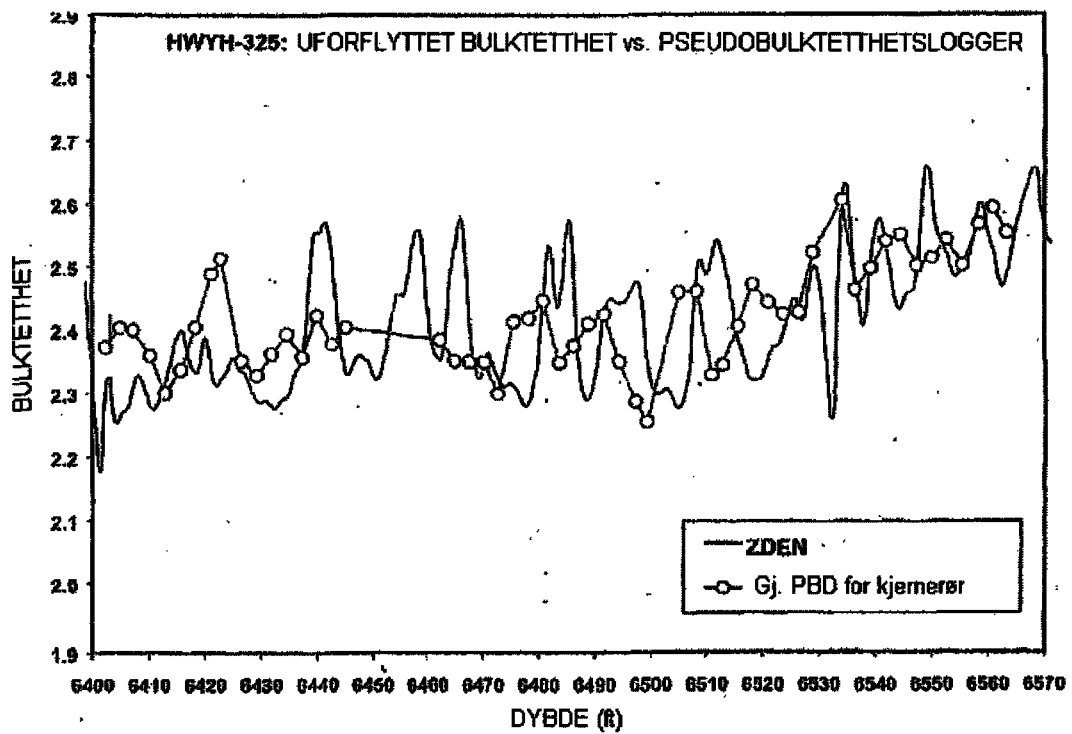


FIG. 5

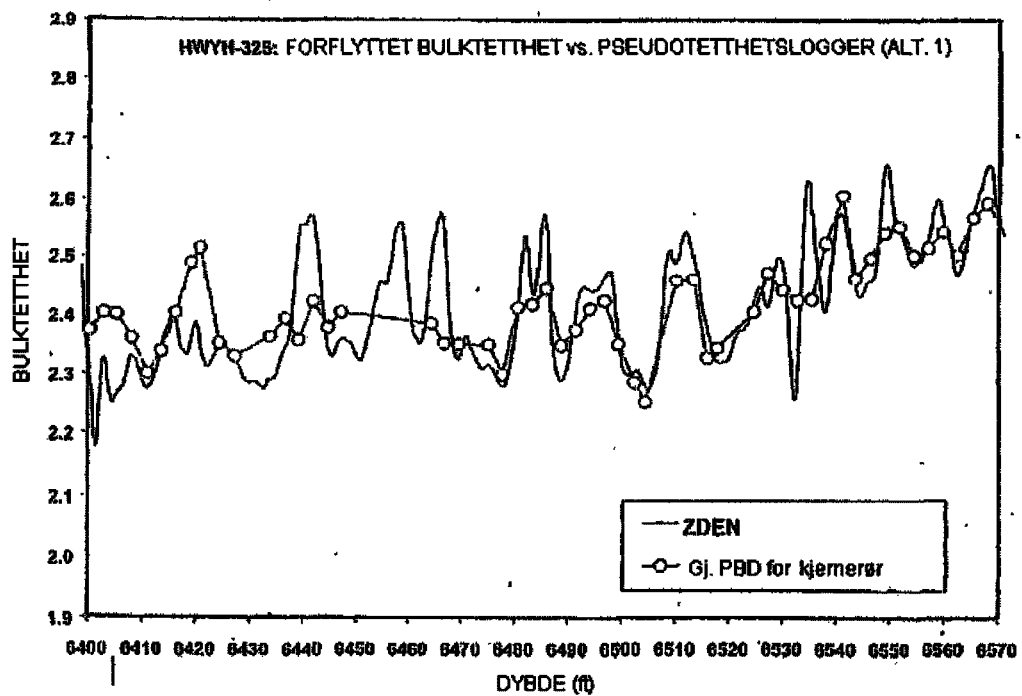


FIG. 6

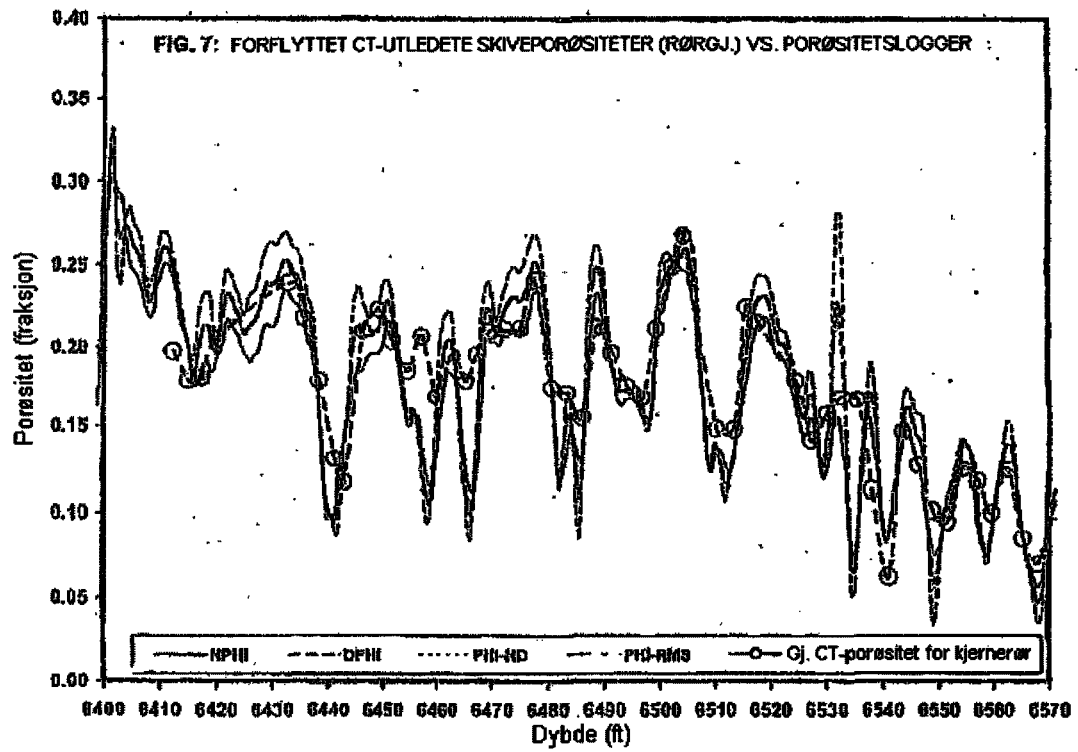


FIG. 7

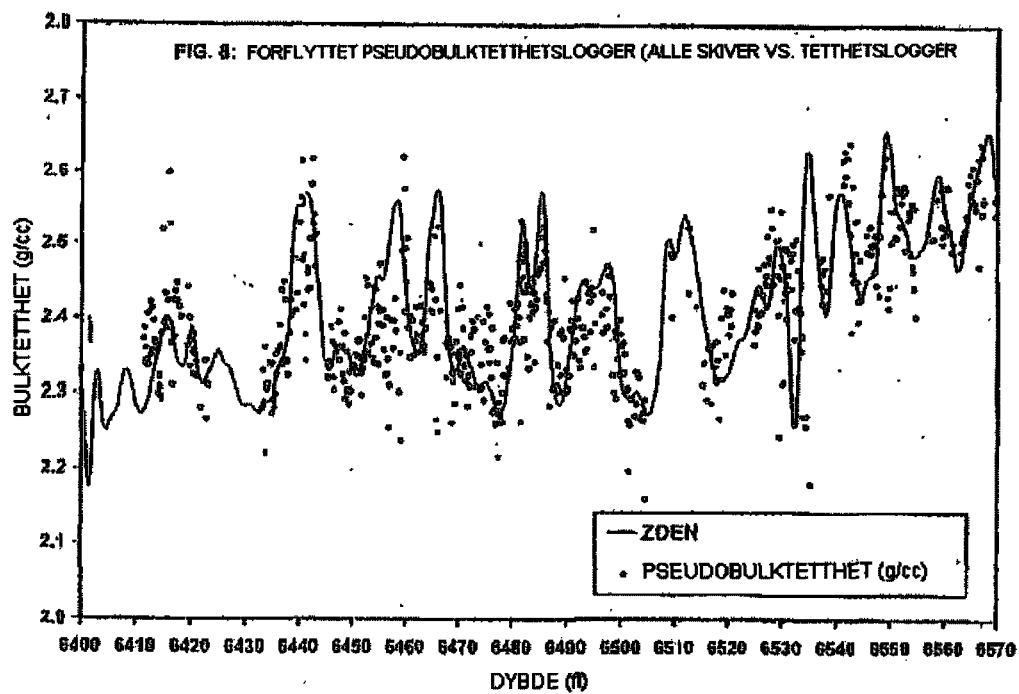


FIG. 8

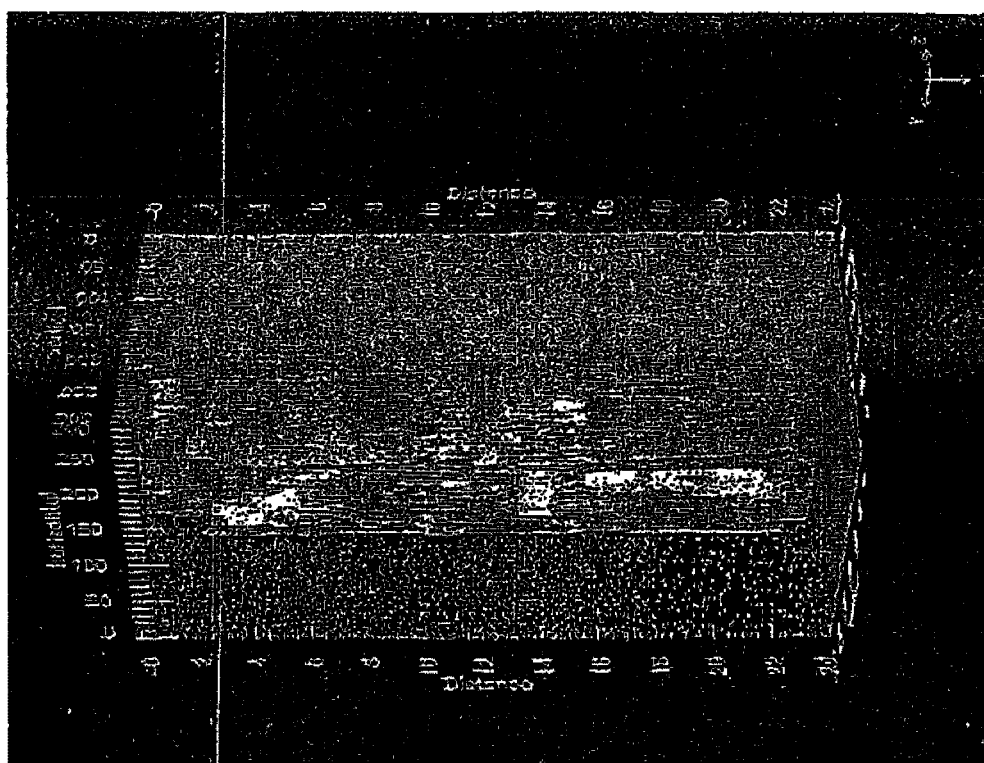


FIG. 9

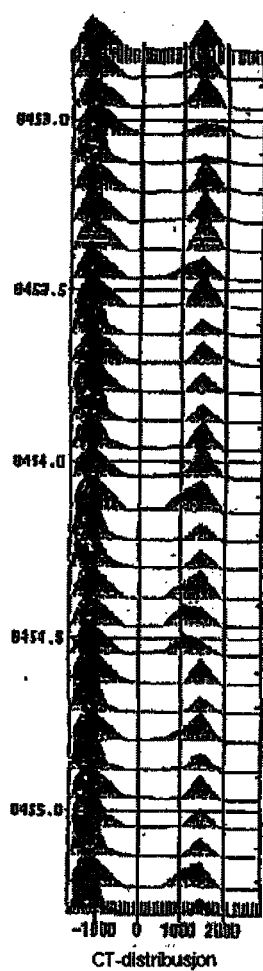


FIG. 10

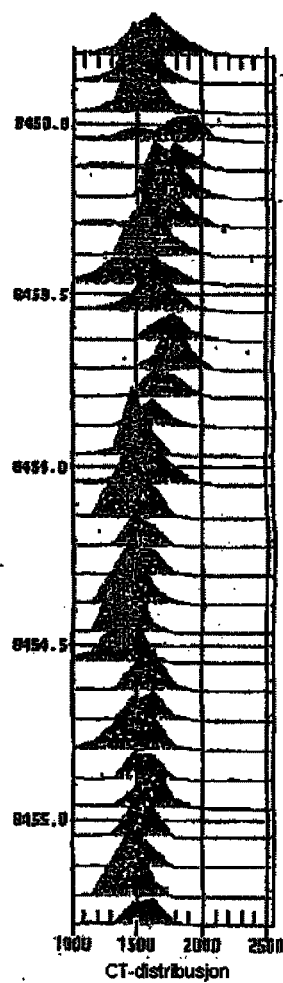


FIG. 11

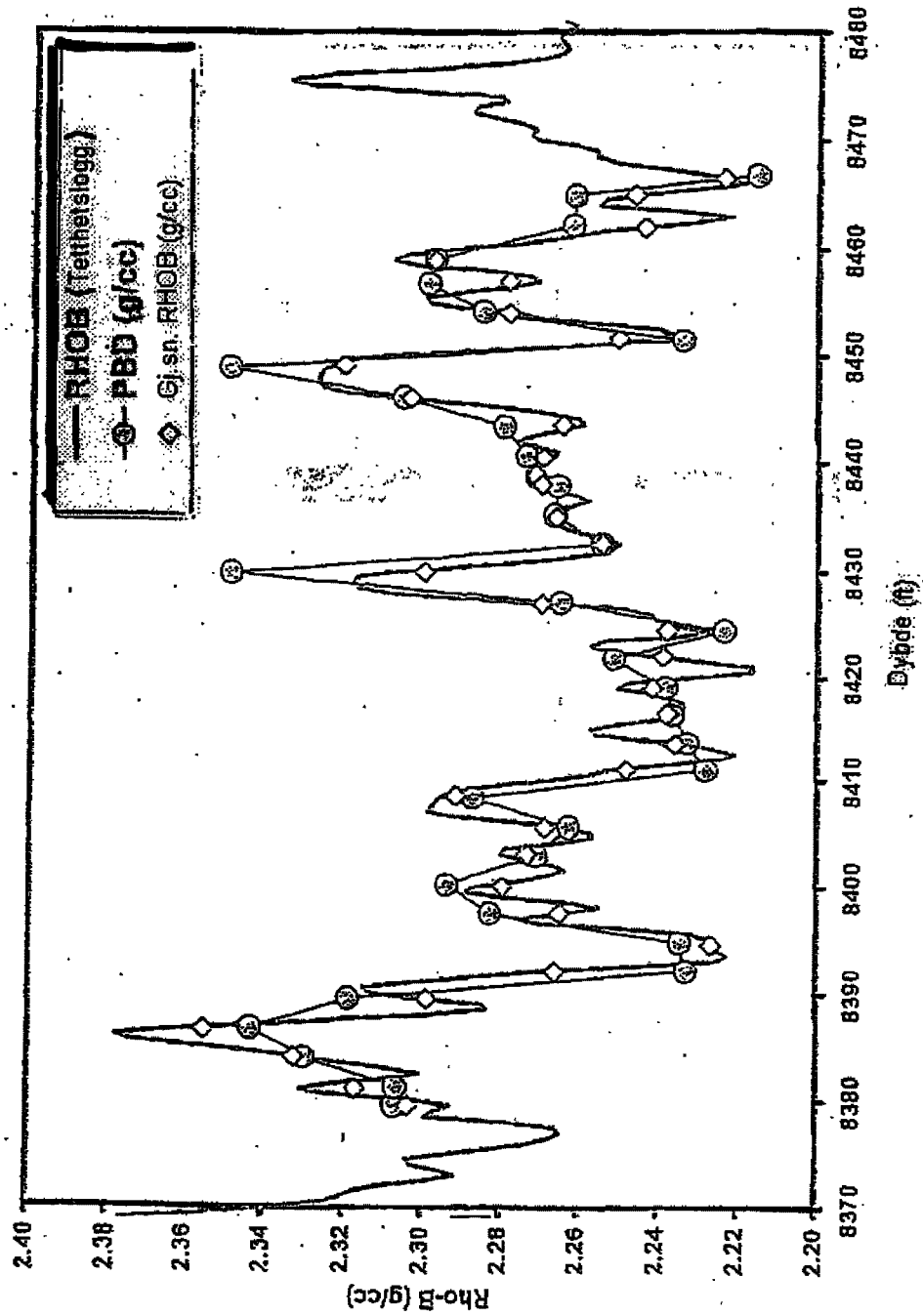


Fig. 12