



NORGE

[NO]

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 136121

(51) Int. Cl.² G 01 S 9/66, G 01 V 1/00,
G 01 V 1/28

(21) Patentsøknad nr. 2272/71

(22) Inngitt 16.06.71

(23) Løpedag 16.06.71

(41) Alment tilgjengelig fra 21.12.71

(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 12.04.77

(30) Prioritet begjært 18.06.70, USA, nr. 47415, 47416, 47235

(54) Oppfinnelsens benevnelse Fremgangsmåte til og anordning for seismisk undersøkelse.

(71)(73) Søker/Patenthaver WESTERN GEOPHYSICAL COMPANY OF AMERICA,
360 North Crescent Drive, Beverly Hills,
CA 90213, USA.

(72) Oppfinner CARL H. SAVIT, Houston, TX,
SHANG SHENG WU, Houston, TX,
EMIL J. MATEKER, JR., Houston, TX,
USA.

(74) Fullmektig Bryns Patentkontor A/S, Oslo.

(56) Anførte publikasjoner US patent nr. 3270316, 3292143
Geophysics, vol. 34, 4/69, p.p. 196-212

Ved seismisk undersøkelse av jorden ved hjelp av refleksjonsmetoden er det vanlig å tilveiebringe en seismisk forstyrrelse ved eller i nærheten av jordoverflaten (eller ved havet eller nær havoverflaten) og detektere og opptegne amplitudene av de reflekterte seismiske signaler ved hjelp av et nettverk av detektorer og oppteigningsapparater som er kjente innen teknikken.

Hittil er den informasjon som innebæres i amplituden av de reflekterte seismiske signaler, vært anvendt bare for å detektere, definere og beskrive vesentlige underjordiske grenseflater som forårsaker diskontinuitet av egenskapene mellom forskjellige bergformasjoner. Det vil si når amplituden av et seismisk signal er noe større enn amplituden av bakgrunnssignalene, er en slik uregelmessig amplitude bevis for

136121

refleksjon av seismiske bølger fra en grenseflate. En fortsettelse av en slik øket amplitude langs en linje etter hverandre beliggende stasjoner for undersøkelsen, tas som bevis for tilstedeværelsen av en grense omfattende en utstrakt grenseflate mellom to sjikt av forskjellige bergformasjoner.

Det er hittil ikke gjort noen forsøk på å bestemme sammensetningen av bergformasjonene. Iakttagelse og analyse av de seismiske signalene har bare vært gjort for å gi en orientering om sjiktkonfigurasjonen som bestemmes ved hjelp av kjennskap til beliggenheten og orienteringen av grenseflatene. Identifisering av bergartsammensetningen har således vært bundet til den informasjon man har kunnet få fra bergarter i dagen eller utborede kjerner. En kontinuitet når det gjelder bergartsammensetningen langs et sjikt bestemt med seismiske metoder har i alminnelighet vært antatt å gjelde.

Et bestemt sjikt er vanligvis kontinuerlig i en horisontal retning avhengig av avleiring eller formet på annen måte samtidig i sideretningen, dvs. i hovedsakelig horisontal utstrekning. Det er imidlertid avvikelser fra denne regel som er av spesiell stor interesse i forbindelse med seismiske undersøkelser, og det er vel kjent at økonomisk vesentlige ansamlinger av olje eller naturgass ofte er å finne i horisontale forandringer i bergartsammensetningene i et sjikt. Med andre ord er en tilstedeværelse side om side av underjordiske sjikt som består av forskjellige sammensetninger, et sjikt i nærheten av det andre, ofte vesentlig for slike ansamlinger. Således er en detektering av en endring i bergartsammensetningen, dvs. beskaffenheten av sjiktformasjonene, i et sjikt ved hjelp av anvendelse av reflekterte seismiske data et meget viktig ønskemål i forbindelse med seismiske undersøkelser av industriell art.

Med utgangspunkt i videnskapen, nemlig at en fysisk egenskap ved en bergart beror på dens sammensetning, er en dempning som et akustisk signal i form av en seismisk støtbølge påføres når den passerer et sjikt av en bergart, foreslås ifølge foreliggende oppfinnelse at fra reflekterte seismiske data fastslås et mål for dempningskoeffisienten som er karakteristisk for i det minste ett av de sjikt som passerer av en slik reflektert seismisk bølge, for derved å skille mellom bergarter ved måling av dempningskoeffisienten som utledes fra en forandring i amplitudene av de seismiske støtbølger. Med dempningskoeffisienten som definerer en karakteristisk egenskap ved en spesiell type sjikt, menes her forholdet mellom signalamplitudene før, respektivt

etter passering av sjiktet i en slik utstrekning at minskningen av amplituden er bestemmende for absorpsjonen av akustisk energi.

Fra disse forklaringer som vedrører oppfinnelsens grunntanke er det åpenbart at foreliggende oppfinnelse hovedsakelig baserer seg på den innsikt at fenomener ved dempning av akustisk energi kan anvendes ved seismiske undersøkelser. Således er den informasjon som oppnås fra en måling av dempningen en indikasjon på sammensetningen av det spesielle sjikt, hvis dempningskoeffisient er bestemt med en praktisk akseptabel sannsynlighet. Dette resultat må betraktes som et vesentlig fremskritt i teknologisk henseende når det gjelder seismiske undersøkelser fordi hittil har alle informasjoner som er oppnådd ved seismisk undersøkelse gått ut på utseende og utstrekning av underjordiske sjikt, men ikke sammensetningen av sjikt ved hjelp av de fremgangsmåter som anvender utrustning som er stasjonert på jordoverflaten.

Som en fortsettelse av analysen av foreliggende oppfinnelse vil det vise seg at det kan skilles mellom absolutt og relativ bestemmelse av sammensetningen i et sjikt. Da dempningskoeffisientene som er et forhold og derfor representerer en dimensjonsløs størrelse, representerer en spesiell egenskap hos en bestemt bergart, har man funnet det mulig å bestemme i det minst med tilstrekkelig nøyaktighet, om et spesielt sjikt hvis dempningskoeffisient er bestemt, er sammensatt av f. eks. skifer, sandsten, kalksten eller granitt. Når det gjelder relativ, dvs. sammenlignende bestemmelse av bergartsammensetning, tillater metoden ifølge oppfinnelsen bestemmelse av en endring av dempningskoeffisientene mellom målinger gjort på forskjellige steder på jordoverflaten når det gjelder koeffisientene for et sjikt på samme dybde under jordoverflaten, slik at en forandring i dempningskoeffisientene indikerer en horisontal sameksistens i vertikalt nærliggende geologiske seksjoner av spesielle sjiktsammensetninger, som f. eks. sameksistensen av sandsten og skifer, hvilket illustreres på tegningene og diskuteres nærmere i det følgende. Den praktiske verdi av dette vil fremgå når man tar i betraktning at vidstrakte underjordiske felt av olje eller naturgassopphopninger kan antas å eksistere med en viss sannsynlighet i områder av denne type. Ifølge utførelsesformen av foreliggende oppfinnelse der en forandring av dempningskoeffisientene bestemmes for å oppta de sideveis forløpende, dvs. horisontale nærliggende sameksisterende spesielle sammensetninger, vil en sammenlignende analyse lede til et ønsket resultat i form av en forutsigelse av tilstedeværelsen av oljefelt eller naturgassopphopninger med tilstrekke-

136121

lig stor sannsynlighet som kreves ved geologiske undersøkelser med industriell tilknytning.

Ved en fremgangsmåte for seismisk undersøkelse for å bestemme grunnsjiktformasjonen ved anvendelse av et akustisk signal, som sendes gjennom sjiktet, og detektering av det reflekterte signal, hvor et mål for dempningen, avhengig av absorpsjonen av akustisk energi i sjiktet, bestemmes og utgjør en indikasjon på sjiktets sammensetning, har det ifølge oppfinnelsen vist seg hensiktsmessig å bestemme amplituden for ett og samme signal som reflekteres fra den øvre grenseflate av sjiktet og fra den nedre grenseflate av sjiktet og å sammenligne disse signalers amplituder for å oppnå et mål for dempningen avhengig av absorpsjonen av akustisk energi i sjiktet. Særlig i forbindelse med utførelsesformer hvor sammenlignende, dvs. relative, metoder anvendes ved bestemmelse av dempningskoeffisientene, oppnås et mål for dempningen i et sjikt fra minst to forskjellige på jordoverflaten beliggende steder over forskjellige horisontalt nærbeliggende geologiske deler, idet en forekomst av forskjellig sammensetning av sjiktene bestemmes når målet for dempningen er forskjellig.

Ytterligere egenskaper ved utførelsesformene som skal beskrives nærmere nedenfor i forbindelse med tegningene, omfatter justering av amplituden av de reflekterte signaler for å kompensere for geometrisk spredning og korrigerende av amplitudene av de reflekterte signaler i forbindelse med refleksjonskoeffisientene for den øvre og den nedre grenseflate, hvilket mest hensiktsmessig skjer ved divisjon av amplitudene av de respektive refleksjonskoeffisientene.

Ifølge et ytterligere trekk ved foreliggende oppfinnelse oppnås en utrustning for seismisk undersøkelse som har anordninger for å bestemme dempningen avhengig av absorpsjonen av akustisk energi i sjiktet. Dertil oppnås ifølge en praktisk utførelsesform av utrustningen et apparat som arbeider i samsvar med fremgangsmåten og er innrettet til å gi de ønskede resultater.

Ved en utførelsesform av anordningen ifølge oppfinnelsen omformes de detekterte signaler fra tidsplanet til et integral-transformasjonsplan over et bånd, dvs. et transformeringsvariabel-intervall, ved hjelp av en integraltransformasjon. Dempningskoeffisientene som er et mål for dempningen av de reflekterte seismiske signaler når de

passerer sjiktet, oppnås ved måling av forholdet mellom de transformerte signaler innen det valgte frekvensområde. Ifølge en foretrukket utførelsesform er integraltransformasjonen en Fourier-transformasjon, og det valgte frekvensbånd er begrenset til en enkelt frekvens.

Ifølge en ytterligere modifikasjon av foreliggende oppfinnelser detekteres de reflekterte seismiske signaler fra næreliggende stasjoner eller sidestasjoner, for å oppnå en referanse, dvs. en hjelpeamplitude-tidsregistrering. Denne opptegning omdannes til en refleksjonsfunksjon og den iaktatte opptegning divideres med refleksjonsfunksjonen for å oppnå en ønsket amplitudfunksjon. Logaritmen av amplitudfunksjonen som oppnås på denne måte, bestemmes deretter ved et antall forskjellige tidspunkter, og verdien for hver og en av logaritmene divideres siden med tilsvarende verdi for passeringstiden, slik at et mål for dempningskoeffisienten som er karakteristisk for sjiktet som passerer av de reflekterte seismiske signaler ved tilsvarende passeringstidspunkter, oppnås.

Oppfinnelsen skal forklares nærmere under henvisning til tegningene.

Fig. 1 viser skjematisk en typisk geologisk seksjon som underkastes en seismografisk undersøkelse.

Fig. 2 viser skjematisk en siffer-computer som er innrettet til å utføre matematiske operasjoner som gir et mål for dempningen av de seismiske signaler som passerer sjiktet i den geologiske seksjon på fig. 1.

Fig. 3 viser skjematisk en typisk geologisk seksjon som underkastes seismisk undersøkelse ifølge en annen utførelsesform av oppfinnelsen.

Fig. 4 viser skjematisk en siffer-computer som er innrettet til å utføre de matematiske operasjoner som er nødvendige for å oppnå et mål for dempningen av de seismiske signaler som passerer sjiktet ved den geologiske seksjon som er vist på fig. 3.

Fig. 5 viser et ytterligere geologisk sjikt som underkastes en seismografisk undersøkelse ifølge en ytterligere utførelsesform av oppfinnelsen.

Fig. 6 viser skjematisk en siffer-computer som er innrettet til å utføre de nødvendige matematiske operasjoner i samsvar med utførelsesformen på fig. 5.

Den dempning som et seismisk signal i form av en akustisk støtbølge får ved passering av et gitt bergsjikt defineres som en

136121

minskning av amplituden av det seismiske signal i en utstrekning som forårsakes av absorpsjonen av akustisk energi. Dette betyr at hver minskning forårsaket av andre fenomener enn energiabsorpsjon ikke ansees å tilhøre dempningen i den mening den er definert ifølge foreliggende beskrivelse. Et av disse fenomen som man må ta hensyn til er minskningen av amplituden som følge av geometrisk spredning. Med geometrisk spredning menes det fenomen at en lydbølge i form av et akustisk signal som frembringes i et punkt i et homogent, isotropisk medium, avgir en slik lydbølge i form av en ekspanderende sfærisk bølgefront hvis sentrum er det punkt hvor bølgen frembringes. Da mediet ikke tilfører noen energi til lydbølgen og når det teoretisk antas at mediet er absolutt elastisk slik at det ikke absorberer noen energi fra lydbølgen, vil den totale energi i lydbølgen være konstant. Da den sfæriske bølge imidlertid utbreder seg og den totale energi må være konstant under utbredelse over en økende, dvs. kontinuerlig økende flate, vil energien som passerer en enhetsflate av sfæren minske i et forhold som er omvendt forholdet til sfærens flate. En detektor som befinner seg på et bestemt sted vil derfor detektere en lydbølge hvis energinivå er omvendt proporsjonal med sfærens overflate. Da overflaten av sfæren er direkte proporsjonal med kvadratet av radien, medfører dette at størrelsen av energiinnholdet i signalet som skal detekteres, er omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden fra det punkt hvor bølgen frembringes til det punkt hvor detekteringen skjer.

Da mediet forutsettes homogent, vil avstanden som lydbølgen passerer være produktet av hastigheten av lyden i mediet og den tid som passeringen tar.

Energien E som opptrer i hver enhetsflate av den bølgefront som utbreder seg vil da være:

$$E = kt^{-2} \quad (1)$$

hvor t er et mål for utbredelsestiden og k er en proporsjonalitetskonstant.

Hvis det antas at mediet stadig er absolutt elastisk, men ikke homogent, vil dette forhold mellom energi og reell tid med god sannsynlighet antas å være en beskrivelse av den aktuelle geometriske spredningseffekt. På samme måte kan amplituden av lydbølgen i middelværdi antas å være proporsjonal med kvadraten av

energien slik at man får følgende formel:

$$A = k'/t \quad (2)$$

hvor A er amplituden av lydbølgen og k' er en annen proporsjonalitetskonstant. Dette forhold er velkjent og gjelder også når lydbølgen har vært utsatt for en speiling, dvs. en speilrefleksjon, forutsatt at refleksjonskoeffisienten er lik 1.

For tydelighetens skyld er følgende beskrivelse basert på en lydbølge som utbrer seg eller reflekteres fra en flate og som utbrer seg i en retning som er hovedsakelig vinkelrett på denne flate. Dette kalles for normalt innfall. En generalisering av ligningen og de metoder som er angitt nedenfor for anvendelsen hvis det ikke er normalt innfall, er vel kjente og skal ansees selvfølgelig for fagmannen på området.

I det tilfelle at bergsjiktet er sjikt i en virkelig geologisk seksjon, antas vanligvis at de individuelle sjikt er vertikalt homogene og har gradvis horisontale forandringer. Refleksjonskoeffisientene på flatene mellom sjiktene er aldri like 1, men har hovedsakelig mindre verdi som sjelden overskrider 0,1.

Det er således klart at lydbølgenes amplitude kommer til å minske ikke bare som følge av geometrisk spredning som nevnt ovenfor, men også av opptreden av to ytterligere typer av energitap. Den ene er energitap som følge av refleksjon og den andre er som følge av at bare en del av energien reflekteres, mens den resterende del omdannes fra en longitudinal akustisk bølge til en transversal akustisk bølge av ulik art. Disse tap som skyldes tilstandsendring er svært uvesentlige ved normalt innfall og kan beregnes ved ikke normalt innfall, på grunnlag av hastigheter og anvendelse av Poissons forhold.

Ethvert annet energitap ved den reflekterte lydbølge ut over tapene som følge av geometrisk spredning, partiell refleksjon og tilstandsendring antas å skje ved passeringen av de enkelte bergartsjikt. Slike tap kalles for dempningstap og de relative tap er proporsjonale med veien som passerer. Proporsjonalitetskonstanten er dempningskoeffisienten som normalt angis i neper pr. meter, slik at:

$$dE/E = - (a) ds \quad (3)$$

hvor a er dempningskoeffisienten for bergsjikt og s er veien som

136121

passeres av bølgen i sjiktet.

Herav følger:

$$E = c \exp (-as) \quad (4)$$

hvor c er integreringskonstanten. Ved omdanning til amplitude og tidsvariabler får man sluttlig:

$$A = \exp (-\alpha t + \beta) \quad (5)$$

hvor α er proporsjonal med a og β er en konstant.

Dette forhold mellom størrelsene a og α tillater at det kan betraktes som dempningskoeffisienten. Da denne størrelse er en funksjon av akustisk frekvens, skulle den heller være en parameter enn en koeffisient. Hvis man imidlertid forutsetter at det normalt er en spesiell frekvens som er valgt, synes uttrykket dempningskoeffisient å være det gunstigste.

Således omfatter foreliggende oppfinnelse en fremgangsmåte til fra seismiske refleksjonsdata å tilveiebringe en oppfatning av verdien av dempningskoeffisienten i form av en verdi av størrelsen α for et bergsjikt mellom disse to grenseflater. Grunnleggende er her i samsvar med den utførelsesform som behandles nærmere i forbindelse med tegningene, å bestemme et forhold som utledes fra amplituden av to refleksjoner for et og samme seismiske signal og et og samme sted langs en undersøkelseslinje, men adskilt fra hverandre når det gjelder total passeringstid. Hvis således to refleksjoner detekteres og inntreffer på tidspunktene t_i og $t_i + 1$ og har amplitudene A_i og A_{i+1} , er forholdet:

$$A_{i+1}/A_i = \exp \alpha(t_i - t_{i+1}) \quad (6)$$

hvorfra man får:

$$\alpha_i = \frac{-1}{t_{i+1} - t_i} \ln (A_{i+1}/A_i) \quad (7)$$

Således kan dempningskoeffisienten α henføres til den del av den geologiske seksjon som ligger mellom de reflekterende flater som tilsvarende tidspunktene t_i og t_{i+1} og som utledes av de ideelle, dvs. teoretisk riktige størrelsene A_i og A_{i+1} og de noterte tidspunkter t_i og t_{i+1} .

I praksis er imidlertid de målte amplituder av refleksjonen på de to grenseflater ikke representative for amplitudene som skulle opptre uten geometrisk spredning og i det ideelle til-

felle av perfekt refleksjon. Det er derfor nødvendig at man tar hensyn til den geometriske spredning og refleksjonskoeffisientens verdi i ligning (7) må korrigeres.

Ved en ofte anvendte metode for seismisk undersøkelse opptegnes seismiske signaler med velkjente digitalmetoder "binary-gain", idet amplitudene av de detekterte seismiske signaler opptegnes i en kode som er av en type med flytende komma og således være i stand til å lagre de mottatte amplituder i full utstrekning.

Ved utøvelse av foreliggende oppfinnelse får man (i det minste tilnærmet til en konstant) den virkelige verdi av signalamplitudene. Det er å foretrekke å anvende "binary-gain"-opptegning og ikke noen automatisk volum- eller forsterkningskontroll. Selv anvendelse av programmert forsterkning bør unngås fordi feil lett kan opptre som følge av tilstedeværelsen av programmert forsterkning og derav følgelig anvendelse av tilbakestilling av forsterkningen.

Ved redigering av seismografiske data ifølge foreliggende oppfinnelse er det fordelaktig å opprettholde data med flytende komma (eller "binary-gain") i de forberedende trinn i behandlingen og anbringe bare en korreksjon for geometriskspredning, f.eks. ved å multiplisere alle amplitudene med refleksjonstiden.

Hvis det ikke forekommer noen forsterknings- eller amplitudekompensasjon med unntagelse for geometrisk spredning, kan det antas at de gjenstående amplitudeendringer må tilskrives dempninger, dvs. energiabsorpsjon og refleksjonskoeffisienter som er mindre enn 1.

For å minske virkningen av refleksjonskoeffisientene ved bergsjiktoverflater i samsvar med en foretrukket utførelsesform, anvendes i samsvar med en vel kjent metode ordinære metoder for å bestemme middelhastighetene for de seismiske signaler fra jordoverflaten til en rekke sjikt i det geologiske område. Det er klart at denne spesielle metode for å bestemme de seismiske signalers hastighet ikke utgjør noen del av oppfinnelsen. Slike analyser er f.eks. beskrevet i:

Dix, C. Hewit, 1952, Seismic Prospecting for Oil, New York, Harper & Brothers, p. 414,

Musgrave, Albert W. 1962, Applications of the Expanding Reflection Spread, GEOPHYSICS v. XXVII, no 6, p. 981 og

Taner, M. Turhan and Koehler, Fulton, 1969, Velocity

136121

spectra-digital computer derivation and applications of velocity functions, GEOPHYSICS, v. 34, no. 6, p. 859.

På fig. 1 er vist flatene 1, 2, 3, ... n i det geologiske området som er tilordnet tilsvarende vertikale refleksjonstider $t_1, t_2, \dots, t_n$ og tilsvarende intervallhastigheter $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ på venstre side av figuren. Dybden z for grenseflaten i under jordoverflaten er:

$$z_i = 1/2 t_i V_i \quad (8)$$

hvor V_i er middelhastigheten til flaten i .

Av ligning (8) følger da:

$$V_i = \frac{z_{i+1} - z_i}{1/2 (t_{i+1} - t_i)} = \frac{t_{i+1} V_{i+1} - t_i V_i}{t_{i+1} - t_i} \quad (9)$$

hvor V_i er intervallhastigheten i bergsjiktet som undersøkes og er definert mellom grenseflatene i og $i + 1$.

For å finne refleksjonskoeffisienten for grenseflaten i bestemmer man hastigheten V_{i-1} i sjiktet umiddelbart over grenseflaten i og hastigheten V_i i sjiktet umiddelbart under denne grenseflate. Refleksjonskoeffisienten R_i ved grenseflaten i er da:

$$R_i = \frac{\rho_i V_i - \rho_{i-1} V_{i-1}}{\rho_i V_i + \rho_{i-1} V_{i-1}} \quad (10)$$

hvor ρ_i er tettheten av sjiktet i som er sjiktet mellom grenseflatene i og $i + 1$.

I de fleste tilfeller er det adekvat å anta at de to tettheter ρ_{i-1} og ρ_i er like. Hvis imidlertid tilnærmede verider for ρ_{i-1} og ρ_i er tilgjengelige ved vanlig kunnskap om geologien i området, eller fra nærliggende borehull, eller på annen måte, kan slike tilnærmede verdier være fordelaktige og kan anvendes i ligningen (10) med de tidligere utledede verdier for V_i for å bestemme refleksjonskoeffisienten R_i .

Hvis refleksjonskoeffisienten ved grenseflaten i tas i betraktning vil de virkelige amplitude av de reflekterte signaler (korrigert for geometrisk spredning) være $S_i = R_i A_i$ der A_i i likhet med ovenfor er amplituden av det reflekterte signal korrigert både for geometrisk spredning og refleksjonskoeffisienten ved grenseflaten i . Derav følger at $A_i = S_i/R_i$ og ved å subtrahere i ligning (7) får man følgende ligning:

$$\alpha_i = \frac{-1}{t_i + 1 - t_i} \ln \frac{R_i S_i + 1}{R_i + 1 S_i} \quad (11)$$

Verdien av α ved et hvilket som helst sjikt mellom to grenseflater er således mulig å bestemme ved hjelp av de iaktatte verdier og kan anvendes ved analyse av seismogram fordi de inneholder informasjon om sammensetningen av sjiktet. Verdien α kan være representert i form av en registrering i likhet med en vanlig oppteigningsstasjon for seismografisk amplitudeoppteigning ved innsetning av de således utledede verdier for α i stedet for de vanlige registrerte amplitudeverdier. Beregningene kan alternativt gjøres (som velkjent innen teknikken) i den hensikt å oppnå andre mål for dempning som f.eks. logaritmisk dekrement. Dessuten kan dempningens verdi indikeres i forbindelse med andre verdier som nærmere beskrevet i norsk patentsøknad nr. 3264/70.

På fig. 1 er vist en seismisk kurve S i den geologiske seksjon som inneholder skifer, sandsten, sandskifer, skifer, sandsten og skifer, kalksten, granitt etc. og som er gjort på stedet L på jordoverflaten og samtidig vises en kurve S' for et annet sted L' på jordoverflaten. Fra disse seismografiske kurver S, S' ... langs undersøkelseslinjen 22 bestemmes dempningskoeffisienten for et spesielt sjikt, f.eks. sjiktet mellom grenseflaten i og i + 1 ifølge ligning (11). De matematiske operasjoner som er nødvendige ifølge de ovenstående ligninger, kan lett utføres med en computer 20 som vist på fig. 2. Inngangssignalene til computeren 20 er signaler som representerer verdien av størrelsene A_i , A_{i+1} , t_i , t_{i+1} , R_i , R_{i+1} . Alternativt kan disse beregninger utføres manuelt med en logaritmetabell.

Stort sett anvendes vanlige oppteigninger av amplitudekurvene for å bestemme underjordiske diskontinuiteter og for siden å utlede de seismiske kurver S, S' for steder langs undersøkelseslinjen 22. Av kurvene S, S' er det derfor mulig å utlede en bekreftelse av sameksistensen, en side om side beliggenhet, dvs. i hovedsakelig samme dyp, av sjiktsammensetninger med forskjellig karakter. Dette illustreres på fig. 1 ved hjelp av et eksempel, nemlig sjiktet mellom flaten i og i + 1 hvor flaten viser to forskjellige dempningskoeffisienter, i og med at kurvene S og S' indikerer en forandring fra sandsten til skifer. Det fremgår at amplituden l_8 av kurven S på stedet L er dempet i høyere grad enn den tilsvarende amplitude l_8' for kurven S' på stedet L', fordi sandstenssjiktet demper akustiske signaler mer enn et skifersjikt.

136121

Da de signaler som reflekteres fra grenseflaten i opprettholdt tilstand og som definerer et sjikt er relativt komplekse pulser som kan variere i utseende og lengde (avhengig av forskjellige forstyrrelseseffekter, multipel- og andre effekter som er velkjente for fagmannen innen området), er det temmelig vanskelig å bestemme de eksakte målte verdier for amplitudene som skal anvendes i ligningen (7).

I samsvar med den utførelsesform som er vist på fig. 3 og 4 unngås dette problem ved at de nødvendige forhold bestemmes i frekvensplanet i stedet for at amplitudene bestemmes i tidsplanet.

Dessuten har det vist seg at refleksjonskoeffisienten for et gitt geologisk sjikt ofte er temmelig konstant over en vidstrakt overflate. Denne egenskap ved refleksjonskoeffisienten kan særlig iakttas hvis den henføres til en bestemt konstant frekvens eller et smalt frekvensbånd i de reflekterte signaler. Dette er av spesiell verdi når man tar i betraktning at på grunn av en utjevnende effekt ved operasjon i frekvensplanet, er denne antagelse om like refleksjonskoeffisienter tillatt. Således kan for praktisk bruk en korleksjon av refleksjonskoeffisienten sløyfes.

For å gjøre effekten av varierende signaler når det gjelder utseende og lengde så liten som mulig, eller helt å unngå dette og å unngå behovet for å forutbestemme på noen måte effekten av refleksjonskoeffisientene ved amplitudemålinger, har man funnet at det var gunstig først å velge empirisk i vedlikeholdt tilstand reflekterende grenseflater fordi disse synes å være den øvre og nedre grenseflate for et sjikt hvis demping skal bestemmes. Derefter transformeres de seismiske signaler tilsvarende hver og en av disse reflekterende grenseflater fra tidsplanet til frekvensplanet. For hver grenseflate eller par grenseflater velges en gunstig frekvens eller et frekvensbånd tilsvarende den frekvens eller det bånd i hvilket den reflekterte energi hovedsakelig finnes i opprettholdt tilstand, hvilken energi representeres av en signalamplitude. Ligningen (7) anvendes sluttlig på amplitudene for de transformerte reflekterte signaler ved den valgte frekvens eller det valgte frekvensbånd.

Uttrykt på annen måte, hvis de reflekterte signaler som er korrigert for geometrisk spredning og som tilsvarer grenseflaten i , er $S_i(t)$ og defineres av intervallet $t = t_i$ til $t = t_i + 1$ og er lik null utenfor dette intervall, vil Fourier-transformasjonen

$F_i(\omega)$ for $S_i(t)$ være gitt ved formelen:

$$F_i(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \exp(i\omega t) S_i(t) dt \quad (12)$$

For enkelthets skyld er følgende beskrivelse gjort på grunnlag av det tilfelle at bare en enkelt frekvens velges.

Hvis den valgte frekvens for sjiktet i mellom grenseflatene i og $i+1$ er ω_i , er amplituden som skal anvendes i stedet for A_i i ligningen (7):

$$|F_i(\omega_i)|$$

Alternativt er det også mulig å anvende sinus eller cosinustransformasjon i stedet for den komplekse transformasjon i ligning (12). Andre integraltransformasjoner som Laplace transformasjon eller den spektrale tetthetsfunksjon kan likeledes anvendes eller man kan beregne energispektret.

Et ytterligere alternativ er å definere $S_i(t)$ som en periodisk funksjon med perioden T . Fourier-transformasjonen (12) blir da Fourier-rekken og valg av mulig frekvens ω_i er da nødvendigvis begrenset til grunnfrekvensen $1/T$ og dens harmoniske overtoner. En lignende begrensning har vanligvis ingen vesentlig ulempe fordi et stort antall frekvenser kan anvendes og dessuten er den utledede Fourier-transformasjon vanligvis beregnet ved sifferberegninger og presenteres som adskilte eksempler, slik at valget av frekvens nødvendigvis er begrenset selv om en kontinuerlig transformasjon anvendes.

Ifølge det som er nevnte ovenfor er et mål for dempningskoeffisienten gitt ved ligningen:

$$\alpha_i = \frac{-1}{t_{i+1} - t_i} \ln \frac{|F_{i+1}(\omega_i)|}{|F_i(\omega_i)|} \quad (13)$$

Det er klart at ligningen (13) også gjelder hvis $F_i(\omega_i)$ defineres som en adskilt eller kontinuerlig, begrenset eller uendelig integraltransformasjon av funksjonen $S_i(t)$ og at $S_i(t)$ kan avsluttes utenfor intervallet

$$t_i < t < t_i + T$$

på noen måte i samsvar med gyldigheten av den anvendte transformasjon.

Den ovenfor skisserte teknikk kan brukes i andre anvendelser hvor hensikten er å behandle refleksjonskoeffisienten

136121

på lignende måte som beskrevet ovenfor. Verdien som representerer dempningskoeffisienten er da:

$$\alpha = \frac{-1}{t_i + 1 - t_i} \ln \frac{R_i |F_i + 1(\omega_i)|}{R_i + 1 |F_i(\omega_i)|} \quad (14)$$

Verdien av α for hvilket som helst sjikt mellom to grenseflater kan således bestemmes fra observerte størrelser og kan anvendes for å illustrere på samme måte som ved ordinær opptegning av seismisk amplitude ved at verdiene substitueres slik for α i stedet for de konvensjonelle amplitudeverdier.

Beregningene kan alternativt gjøres for å oppnå andre mål på dempningen som f.eks. det logaritmiske dekrement.

På fig. 3 er vist geologiske seksjoner som omfatter skifer, sandsten, sandskifer, sandsten og skifer, kalksten, granitt etc. og her frembringes et seismisk signal S i punktet L på jordoverflaten og et annet seismisk signal S' for punktet L' på jordoverflaten. Fra disse seismiske signaler S, S' langs undersøkelseslinjen 22 er det mulig å bestemme dempningskoeffisienten for det spesielle sjikt mellom grenseflaten i og grenseflaten i + 1 eller grensene i samsvar med ligning (13).

De nødvendige matematiske operasjoner ifølge ligningene ovenfor kan utføres på en bestemt måte ved hjelp av en computer 20 som er vist på fig. 4. Inngangssignalene til computeren 20 er $A_i, A_{i+1}, t_i, t_{i+1}$. Alternativt kan disse beregninger gjøres for hånd ved hjelp av en trigonometrisk tabell eller en logaritmetabell.

Således anvendes de vanlige opptegninger av amplituden for først å bestemme underjordiske grenser og derefter for å oppnå tilsvarende seismiske kurver S og S' for undersøkelseslinjen 22. Fra disse kurver er det derfor mulig å oppnå bekreftelse på tilstedeværelsen av forskjelligheter i bergarts sammensetningen, som er karakteristisk for nærliggende geologiske seksjoner, såsom mellom grenseflatene i og i + 1, hvilket viser en forandring fra sandsten til skifer. Man ser at amplituden for den transformerte funksjon

$$|F_i + 1(\omega_i)|$$

for kurven S ved stedet L er dempet i større utstrekning enn den tilsvarende amplitude for den transformerte funksjon

$$|F'_i + 1(\omega_i)|.$$

for kurven S' for stedet l', fordi sandsten demper bølgene mere enn skifer.

Dessuten endrer i en virkelig geologisk seksjon, størrelsen α sin verdi avhengig av bergarten. Således kan generelt for en virkelig geologisk seksjon, dempningskoeffisienten ansees å variere kontinuerlig med dybden og dermed også med den tid som går med for passering av det seismiske signal. Således kan man skrive ligning (5) på følgende form:

$$A(t) = \exp \{ - \alpha (t) + \beta \} \quad (15)$$

En ytterligere utførelsesform av oppfinnelsen omfatter derfor en fremgangsmåte til fra seismiske refleksjonsdata å beregne verdien av dempningskoeffisienten α som en funksjon av passeringstiden. Fundamentalt skjer en slik bestemmelse ved omforming av en seismisk refleksjonsamplitudeopptegning på et gitt sted langs undersøkelseslinjen for å danne det som tilsvarer det som angis i ligning (15) ved anvendelse av en egnet amplitude-tid-opptegning i en nærliggende stasjon, hvilken opptegning stammer fra samme seismiske forstyrrelse eller en foregående eller etterfølgende seismisk forstyrrelse.

Hvis en slik oppdanning gjøres med en idealisert amplitude $A(t_i)$ på tidspunktet t_i får man den tilsvarende dempningskoeffisient for sjiktet i i en rekke av adskilte eksempler i samsvarende med følgende ligning:

$$\alpha(t_i) = -\frac{1}{t_i} \ln |A(t_i)| \quad (16)$$

Derfor kan dempningskoeffisienten α anvendes på det spesielle sjikt som passerer av de seismiske signaler ved passeringstiden t_i og kan utledes fra den ideelle størrelse $A(t_i)$ og den observerte tid t_i . Denne beregning kan gjentas for alle de forskjellige verdier for passeringstiden under opptegningen, for å utlede en kurve som viser forandringer av verdien for dempningskoeffisienten α som funksjon av passeringstiden. En forandring i dempningskoeffisienten er således et varsel om tilstedeværelse av en grenselinje mellom to nærliggende sjikt på samme dyp.

Imidlertid er i praksis de observerbare amplituder av refleksjonene fra de to grenseflater ikke representative for amplitudene som skal utledes ved manglende geometrisk spredning og i det idealiserte tilfelle av perfekt refleksjon. Det er derfor

136121

nødvendig å korrigere både for geometrisk spredning og refleksjonskoeffisientens verdi når ligning (16) anvendes.

For å minske virkningen av de forskjellige refleksjonskoeffisienter fra amplitudeopptegningen som er korrigert for geometrisk spredning foreslås ved en utførelsesform ifølge oppfinnelsen at refleksjonsfunksjonen bestemmes som en funksjon av passeringstiden. Ifølge tidligere kjent teknikk, A.J. Hermont in Geophysics (1969), Volume 39, nr. 2, s. 196-212, foreslås til dette formål anvendelse av et syntetisk seismogram konstruert med utgangspunkt i kontinuerlige hastighetsmålinger i et borehull. Dette forslag har den ulempe at det ikke foreligger noe borehull på de fleste steder hvor undersøkelse skjer ved hjelp av refleksjonsmetoden. Selv når slike hastighetsdata er tilgjengelige, er ufullstendig kunnskap om bølgeformen eller bølgeformene som anvendes, hindrende for å kunne konstruere et tilstrekkelig brukbart syntetisk seismogram for anvendelse for en større undersøkelsesflate.

Ifølge en utførelsesform er en referanse, dvs. en hjelpeamplitude-tid-opptegning gjort i en nærliggende stasjon, hvilken opptegning skjer fortrinnsvis samtidig (dvs. fra samme seismiske forstyrrelse) og anbringes på den observerte amplitude-tid-opptegning (korrigert for geometrisk spredning) fra hvilken dempningskoeffisienten α bestemmes. Refleksjonsfunksjonen konstrueres fra denne hjelpeamplitude-tid-opptegning. Denne refleksjonsfunksjon anvendes siden for å omdanne de observerte amplitude-tid-opptegninger til en form som er egnet for anvendelse i ligningen (16). Det er klart at denne ekstra opptegning kan gjøres fra en separat seismisk forstyrrelse hvis forskjellen i tilført energi er tilstrekkelig målt eller hvis en kilde anvendes for gjentatt frembringelse av samme mengde (eller tilnærmet) energi i hvert tilfelle, som f.eks. eksplosjonen av en gasshylse som ofte anvendes ved marine undersøkelser og som går under varebetegnelsen AQUAPULSE.

Hvis

$$Y(t) = A_0 \exp \{ - \alpha_y(t)t \} R_y(t) \quad (17)$$

representerer en observerte amplitude-tid-opptegning (korrigert for geometrisk spredning) hvor $Y(t)$ er den observerte amplitudefunksjon, A_0 er begynnelsesamplituden og $\alpha_y(t)$ er dempningskoeffisienten som skal bestemmes som en funksjon av de forskjellige

sjikt i den passerte geologiske seksjon og $R_y(t)$ er refleksjonsfunksjonen.

Hvis

$$X(t) = A_0 \exp \{ -\alpha_x(t)t \} R_x(t) \quad (18)$$

representerer hjelpeamplitude-tid-opptegning (korrigert for geometrisk spredning) hvor $X(t)$ er referanseamplitudedefunksjonen, α_x er refleksjonskoeffisienten og $R_x(t)$ er referanserefleksjonsfunksjonen, idet ordet referanse indikerer en opprinnelse fra hjelpestasjonen som også er kalt referansestasjonen. For å finne refleksjonsfunksjonen $R_x(t)$ fra ligning (18) behøver man bare en hensiktsmessig verdi for α_x . Dette kan oppnås ved å danne absoluttverdiene for $X(t)$ og ta den naturlige logaritme av disse absoluttverdier og notere at maksimalverdien for logaritmen av disse absoluttverdier tilnærmet danner en rett linje gitt ved:

$$\ln |X(t)|_{\max} = -\alpha_x t + c \quad (19)$$

og hvorm helningen av linjen er α_x . Således er logaritmene for disse maksima for absoluttverdiene (eller en serie punkter rundt hvert maksimum) egnet til i det minste ifølge kvadratmetoden å tilpasses (eller ved hjelp av en annen hensiktsmessig beregningsmåte) for å oppnå den beste rette linje hvor α_x kan oppnås.

Således kan refleksjonsfunksjonene $R_x(t)$ eller $R_x(t)/A_0$ bestemmes av ligningen (14), nemlig:

$$R_x(t) = X(t) \exp(-\alpha_x t) \quad (20)$$

Det skal bemerkes at hvis det er nødvendig med flere enn en verdi for α_x for å oppnå den beste forutsigelse om $R_x(t)$ kan funksjonen

$$\ln |X(t)|_{\max}$$

inndeles i intervaller for på best måte å passe inn i hvert intervall som beskrevet ovenfor for derved å bestemme α_x for hvert intervall for anvendelse i en hensiktsmessig ligning av den type som er angitt ved ligning (20).

Da referanse-, dvs. hjelpeamplitude-tid-opptegningen fra hvilken $R_x(t)$ bestemmes stammer fra en nærliggende mottagerstasjon beliggende inntil den observerte amplitude-tid detektering, kan man anta at $R_x(t) = R_y(t)$ slik at ligning (17) gir følgende

136121

ligning:

$$A_R(t) = \frac{Y(t)}{R_X(t)} = \exp \{ - \alpha_Y(t) t \} \quad (21)$$

hvor $A_R(t)$ er den ønskede amplitudedefunksjon for anvendelse i ligning (16). Da denne prosess utføres med digitale seismiske data på adskilte tidpunkter gir dette arbeidsligningen:

$$\alpha(t_i) = - \frac{1}{t_i} \ln |A_R(t_i)| \quad (22)$$

En verdi for α for hvert enkelt tidspunkt t_i bestemmes således fra observerte størrelser og kan anvendes ved gjengivelse i likhet med de ved vanlige oppteigningsstasjoner av seismiske amplituder ved substitusjon av de således oppnådde verdier for α for vanlige amplituder. Beregningene kan alternativt utføres for å oppnå andre mål på dempning, f.eks. det logaritmiske dekrement.

På fig. 5 er vist en geologisk seksjon 10 som inneholder flere underjordiske sjikt 12 som sandsten, kalksten, granitt etc. Akustiske signaler får passere seksjonen 10 fra minst en overføringsstasjon 15. De tilsvarende reflekterte seismiske signaler fra de reflekterende flater eller grensesjikt 14 detekteres i en observasjonsstasjon 16 for å frembringe en amplitude-tid-opptegning $Y(t)$. Ved referanse- eller hjelpestasjonen 24 som fortrinnsvis er beliggende umiddelbart inntil observasjonsstasjonen 16, detekteres også de reflekterte seismiske signaler fra de reflekterte flater 14 for å oppnå en ytterligere amplitude-tid-opptegning $X(t)$. Denne ytterligere amplitude-tid-opptegning omdannes senere til referanse- eller den ytterligere refleksjonsfunksjon $R_X(t)$. Den observerte amplitude-tid-opptegning divideres med refleksjonsfunksjonen for å utlede den ønskede amplitudedefunksjon $A_R(t)$.

Logaritmen til den ønskede amplitude-tid-funksjonen bestemmes for et antall forskjellige passeringstider t_i . Verdien av hver logaritme divideres med tilsvarende verdi av passeringstiden t_i for å oppnå et mål for dempningskoeffisienten $\alpha(t)$ som kan anvendes på det sjikt i den geologiske seksjon 10 som passerer av signalet på tidspunktet t_i .

De forskjellige matematiske operasjoner som er nødvendig for ligningene ovenfor kan lett utføres på en computer 20 som vist på fig. 6. Inngangssignalene til computeren 20 er $Y(t)$, $X(t)$ og t_i og utgangssignalet er $\alpha(t_i)$. Beregningene kan også utføres for hånd under anvendelse av logaritmetabeller og andre standardtabeller.

Den ovenfor beskrevne fremgangsmåte er særlig anvendbar ved den velkjente fremgangsmåte hvor seismiske støtbølger frembringes på samme dyp av meget nær hverandre beliggende utløsningsstasjoner. Observasjonsstasjonen 15 og referansestasjonen 16 kan være stasjonær som ligger nær hverandre i samme opptegningsdetektorgruppe eller nær hverandre beliggende detektorgrupper. De beste resultater oppnås når observasjonsstasjonen og hjelpestasjonen eller ekstrastasjonen ligger så nær hverandre som mulig.

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte til seismisk undersøkelse for å bestemme grunnsjiksformasjonen ved anvendelse av et akustisk signal som sendes gjennom sjiktet og detektering av det reflekterte signal, hvor et mål for dempning av signalet, avhengig av akustisk energi i sjiktet, bestemmes og utgjør en indikasjon på sjiktets sammensetning, k a r a k t e r i s e r t v e d at amplituden (A) for et og samme signal som reflekteres fra den øvre grenseflate av sjiktet og fra den nedre grenseflate av sjiktet bestemmes, og at en sammenligning av disse signalamplituder gir et mål for dempningen.
2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at et mål for dempningen bestemmes for minst to forskjellige punkter (L,L') på jordoverflaten over forskjellige, nær hverandre beliggende områder av sjiktet, for å bestemme forskjellig sammensetning av sjiktet når målet for dempningen er forskjellig.
3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at amplitudene (A) av de reflekterte signalene justeres for å kompensere for geometrisk spredning.
4. Fremgangsmåte ifølge krav 1, 2 eller 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at amplitudene (A) korrigeres for refleksjonskoeffisienten for den øvre grenseflate og den nedre grenseflate.
5. Fremgangsmåte ifølge krav 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at korreksjonene utføres ved divisjon av amplitudene (A) med de respektive refleksjonskoeffisienter.
6. Fremgangsmåte ifølge et av kravene 1-5, k a r a k t e r i s e r t v e d at tider (t) som bestemmer ankomsten av de reflekterte signaler (S) bestemmes, at også den naturlige logaritme til forholdet mellom amplitudene (A) bestemmes og at de så-

ledes oppnådde logaritmer divideres med forskjellen mellom ankomsttidene.

7. Fremgangsmåte ifølge krav 2 og 6, k a r a k t e r i s e r t v e d at sammenligningen av den resulterende verdi av logaritmen divideres med forskjellen mellom ankomsttidene som bestemmes for et punkt på jordoverflaten og sammenlignes med tilsvarende resulterende verdi som bestemmes for et annet punkt på jordoverflaten, for å oppnå et mål for forskjellen i dempningsegenskapene i sjiktet under de nevnte punkter på jordoverflaten.

8. Fremgangsmåte ifølge et av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at amplitudene (A) for hvert signal som reflekteres fra den øvre grenseflate av sjiktet og fra den nedre grenseflate av sjiktet og som reflekteres fra den nedre grenseflate, transformeres fra tidsplanet til et integraltransformasjonsplan, for derved å danne to adskilte, transformerte signaler som så sammenlignes for å oppnå et mål for dempningen i avhengighet av absorpsjonen av akustisk energi i sjiktet.

9. Fremgangsmåte ifølge krav 2 og 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at et variasjonsintervall for transformasjonsvariable bestemmes, innenfor hvilket intervall en vesentlig og vedvarende reflektert energi detekteres fra i det minste to forskjellige, på jordoverflaten beliggende punkter (L,L') som ligger over forskjellige nær hverandre beliggende geologiske deler av sjiktet, og at operasjonen med de transformerte signaler således bestemmes for denne verdi eller dette intervall av den transformasjonsvariable.

10. Fremgangsmåte ifølge krav 8 eller 9, k a r a k t e r i s e r t v e d at amplitudene (A) av de reflekterte signalene justeres for å kompensere for geometrisk spredning før transformeringen foretas.

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 nevnte intervall for de transformasjonsvariable er et frekvensbånd.

12. Fremgangsmåte ifølge krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at det nevnte intervall er begrenset til en enkelt frekvens.

13. Fremgangsmåte ifølge et av kravene 8-12, k a r a k t e r i s e r t v e d at integraltransformasjonen er en Fouriertransformasjon.

14. Fremgangsmåte ifølge krav 13, k a r a k t e r i s e r t

v e d at Fourier-transformasjonen er en Fourier-rekke.

15. Fremgangsmåte ifølge et av kravene 8-14, k a r a k t - e r i s e r t v e d at den nevnte integraltransformasjon er en Laplace-transformasjon.

16. Fremgangsmåte ifølge et av kravene 8-12, k a r a k t - e r i s e r t v e d at integraltransformasjonen er den spektrale tetthetsfunksjon.

17. Fremgangsmåte ifølge et av kravene 8-16, k a r a k t - e r i s e r t v e d at tidspunktene (t) for ankomst av de reflekterte signaler (S) og den naturlige logaritme for forholdet mellom de transformerte signalamplituder (A) bestemmer og at den således oppnådde logaritme divideres med forskjellen mellom ankomsttiden.

18. Fremgangsmåte ifølge krav 2 og 17, k a r a k t e r i - s e r t v e d sammenligning av den resulterende verdi av logaritmen dividert med forskjellen mellom ankomsttiden, hvilken verdi bestemmes for et på jordoverflaten beliggende punkt (L), med den tilsvarende resulterende verdi som bestemmes for et fra dette punkt avvikende punkt (L') på jordoverflaten, for å oppnå et mål for forskjellen i dempning eller dempningsegenskaper for sjiktet under vedkommende punkter.

19. Fremgangsmåte ifølge et av de foregående krav, k a - r a k t e r i s e r t v e d at amplitudene (A) bestemmes både ved en observasjonsstasjon og en hjelpestasjon for et og samme signal som reflekteres fra den forskjellige grenseflate mellom sjiktene, for å oppnå en amplitude-tid-opptegning av den reflekterte akustiske energi og en hjelpeopptegning av denne og omdanning av hjelpeamplitude-tid-opptegningen som fåes fra hjelpestasjonen, til en refleksjonsfunksjon ved sammenligning av signalamplitudene (A) fra hjelpeopptegningen, hvilke signaler reflekteres fra den øvre grenseflate og den nedre grenseflate fra forskjellige sjikt, og operasjon med nevnte amplitude-tid-opptegning som fåes fra observasjonsstasjonen, i den nevnte refleksjonsfunksjon for derved å utlede en amplitude-tids-funksjon og fra denne å bestemme en funksjon av dempningskoeffisientene som funksjon av signalenes passeringstid, for derved å oppnå et mål for dempningen i avhengighet av absorpsjonen av akustisk energi i hvert sjikt mellom hvert par reflekterende flater, hvilket mål for dempningen som derved oppnås indikerer sjiktets sammensetning.

136121

20. Fremgangsmåte ifølge krav 19, k a r a k t e r i s e r t v e d at amplitude-tid-opptegningen som utledes ved observasjonsstasjonen, divideres med refleksjonsfunksjonen.
21. Fremgangsmåte ifølge krav 19 eller 20, k a r a k t e r i s e r t v e d at en funksjon av dempningskoeffisienten bestemmes ved å utlede logaritmen av amplitude-tids-funksjonen for et antall forskjellige, tydelige passeringstider for det reflekterte signal.
22. Fremgangsmåte ifølge krav 21, k a r a k t e r i s e r t v e d at verdien av hver logaritme divideres med verdien av tilsvarende passeringstid.
23. Fremgangsmåte ifølge et av kravene 19-22, k a r a k t e r i s e r t v e d at hjelpestasjonen er beliggende nær observasjonsstasjonen.
24. Anordning for utførelse av fremgangsmåten ifølge et av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d en innretning for å bestemme et mål for dempningen basert på absorpsjonen av akustisk energi i sjiktet, omfattende hjelpemidler for å bestemme amplituden (A) av et og samme signal som reflekteres fra den øvre og den nedre grenseflate av sjiktet, og hjelpemidler for å sammenligne disse signalamplituder for derved å utlede et mål for dempningen basert på absorpsjon av akustisk energi i sjiktet, hvilken dempning indikerer sjiktets sammensetning.
25. Anordning ifølge krav 24, k a r a k t e r i s e r t v e d hjelpemidler for justering av amplitudene (A) av de reflekterte signaler for kompensering av geometrisk spredning.
26. Anordning ifølge krav 24 eller 25, k a r a k t e r i s e r t v e d hjelpemidler for korreksjon av amplitudene (A) av de reflekterte signaler med hensyn til refleksjonskoeffisienten ved den øvre og nedre grenseflate.
27. Anordning ifølge krav 26, k a r a k t e r i s e r t v e d at hjelpemidlene for korreksjon av amplitudene (A) arbeider med dividering av amplitudene med de respektive refleksjonskoeffisienter.
28. Anordning ifølge et av kravene 24-27, k a r a k t e r i s e r t v e d hjelpemidler for å bestemme ankomsttidene (t) for de reflekterte signaler (S), hjelpemidler for å bestemme

den naturlige logaritme av forholdet mellom signalamplitudene, og hjelpemidler for å dividere logaritmen med forskjellen mellom ankomsttidene.

29. Anordning ifølge krav 28, k a r a k t e r i s e r t v e d hjelpemidler for sammenligning av de resulterende verdier for logaritmen dividert med forskjellen mellom ankomsttidene for forskjellige punkter på jordoverflaten for derved å utlede et mål, for forskjellen i dempningssegenskapene i sjiktet under vedkommende punkter på jordoverflaten.

30. Anordning ifølge et av kravene 23-29, k a r a k t - e r i s e r t v e d hjelpemidler for å bestemme amplitudene (4) av samme signal som reflekteres fra den øvre og nedre grenseflate av sjiktet, hjelpemidler for å omdanne hvert signal som representerer en amplitude (A) fra tidsplanet til integraltransformasjonsplanet for derved å danne to forskjellige transformerte signaler, og hjelpemidler for sammenligning av de transformerte signaler for å utlede et mål for dempningen basert på absorpsjon av akustisk energi i sjiktet.

31. Anordning ifølge krav 30, k a r a k t e r i s e r t v e d hjelpemidler for å bestemme intervallet for en transformasjonsvariabel svarende til detektering av vedvarende reflektert energi fra de to nevnte, forskjellige punkter (L,L') på jordoverflaten som ligger over forskjellige, horisontale, geologisk nær hverandre beliggende deler av sjiktet, og bearbeidning av de transformerte signaler ved den verdi eller det intervall av de transformasjonsvariable som bestemmes på denne måte.

32. Anordning ifølge krav 30 eller 31, k a r a k t e r i - s e r t v e d hjelpemidler for å justere amplitudene (A) av de reflekterte signaler, for kompensering av geometrisk spredning for transformeringen.

33. Anordning ifølge krav 30,31 eller 32, k a r a k t - e r i s e r t v e d hjelpemidler for å bestemme ankomsttidene (t) for de reflekterte signaler (S) for også å bestemme den naturlige logaritme av forholdet mellom de transformerte signalamplituder (A) og divisjon av logaritmen med forskjellen mellom ankomsttidene.

34. Anordning ifølge krav 33, k a r a k t e r i s e r t v e d hjelpemidler for sammenligning av de resulterende verdier av logaritmen dividert med forskjellen mellom ankomsttidene for

et punkt (L) på jordoverflaten, med de tilsvarende resulterende verdier for et annet punkt (L') på jordoverflaten, for å utlede et mål for forskjellen av dempningsegenskapene for sjiktet under de nevnte punkter.

35. Anordning ifølge et av kravene 23-24, k a r a k t e r i s e r t v e d hjelpemidler for både ved en observasjonsstasjon og en hjelpestasjon, å bestemme amplitudene (A) for et og samme signal som reflekteres fra de forskjellige grenseflater mellom sjiktene for å utlede en amplitude-tid-opptegning av reflektert akustisk energi og en hjelpeopptegning av denne, hjelpemidler for å omdanne amplitude-tid-opptegningene fra hjelpestasjonen til en refleksjonsfunksjon ved sammenligning av signalamplitudene (A) for hjelpeopptegningen, hvilke signaler reflekteres fra den øvre grenseflate og den nedre grenseflate av forskjellige sjikt, hjelpemidler for behandling av amplitude-tid-opptegningene ved observasjonsstasjonen ved hjelp av den nevnte refleksjonsfunksjon for derved å utlede en amplitude-tids-funksjon, og hjelpemidler for av amplitude-tids-funksjonen å bestemme en funksjon av dempningskoeffisientene som en funksjon av passeringstiden for signalene, for å utlede et mål for dempningen basert på absorpsjon av akustisk energi i hvert sjikt mellom par av grenseflater, hvilket mål av dempningen indikerer sjiktens sammensetning.

36. Anordning ifølge krav 35, k a r a k t e r i s e r t v e d at hjelpemidlene for påvirkning av amplitude-tid-opptegningene ved observasjonsstasjonen omfatter hjelpemidler for divisjon av refleksjonsfunksjonene.

37. Anordning ifølge krav 35 og 36, k a r a k t e r i s e r t v e d at hjelpemidlene for å bestemme funksjonen av dempningskoeffisientene omfatter hjelpemidler for å utlede logaritmen av amplitude-tids-funksjonene for et antall tydelige passeringstider for de reflekterte signaler.

38. Anordning ifølge krav 37, k a r a k t e r i s e r t v e d hjelpemidler for divisjon av verdien av hver logaritme med verdien av den tilsvarende passeringstid.

39. Anordning ifølge et av kravene 35-38, k a r a k t e r i s e r t v e d at hjelpestasjonen ligger i nærheten av observasjonsstasjonen.

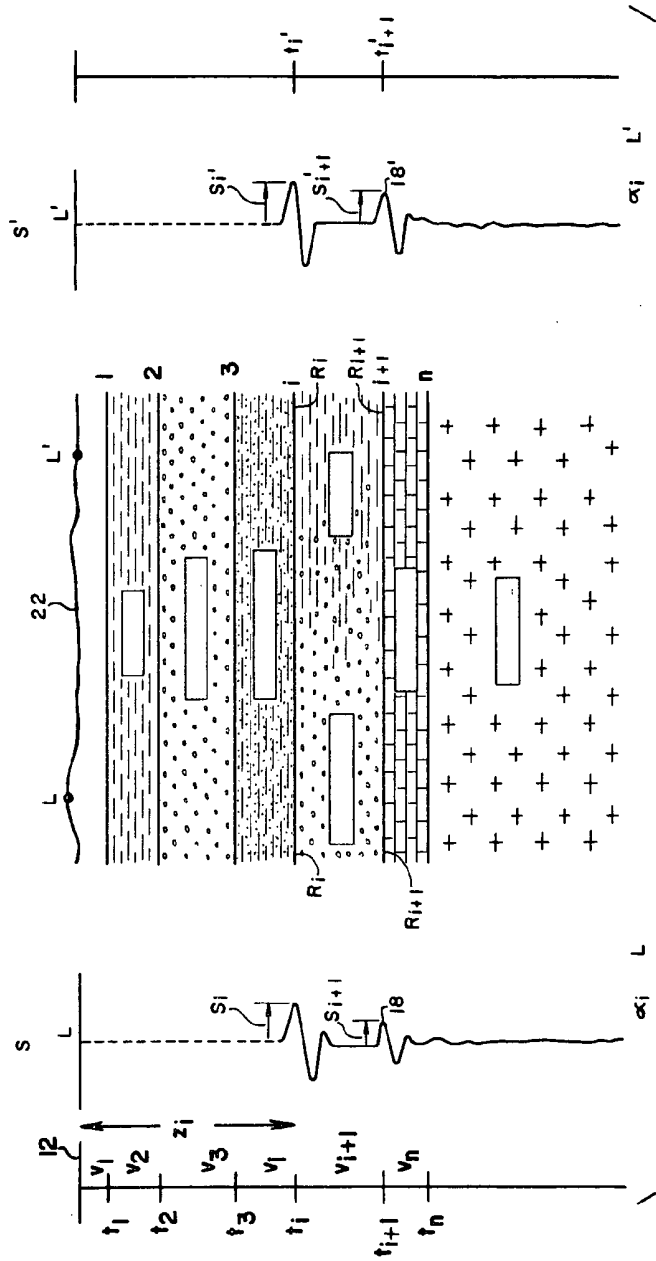


FIG. 1

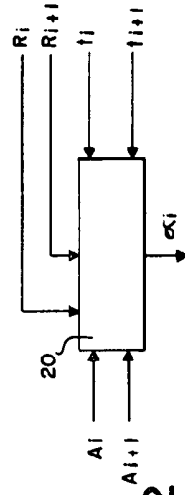


FIG. 2

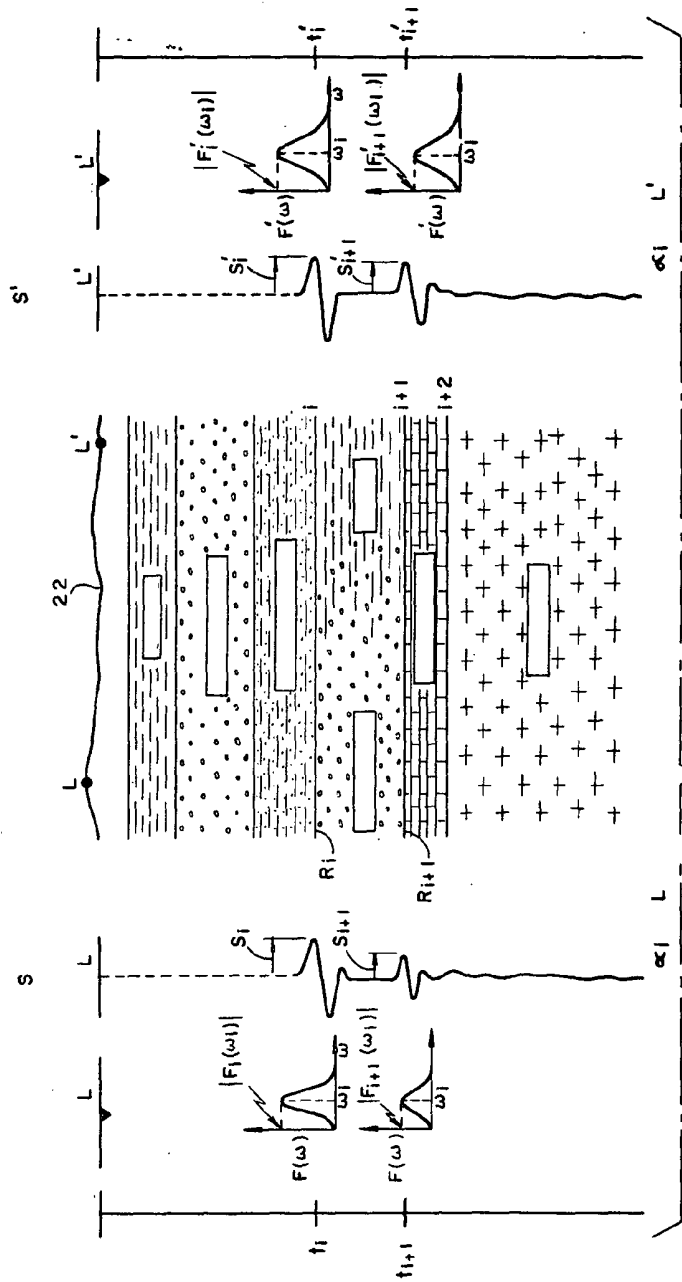


FIG. 3

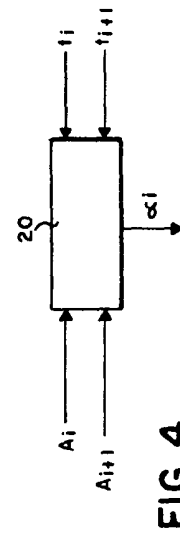


FIG. 4

