

(19) DANMARK

(11) DK 174285 B1



(12) PATENTSKRIFT

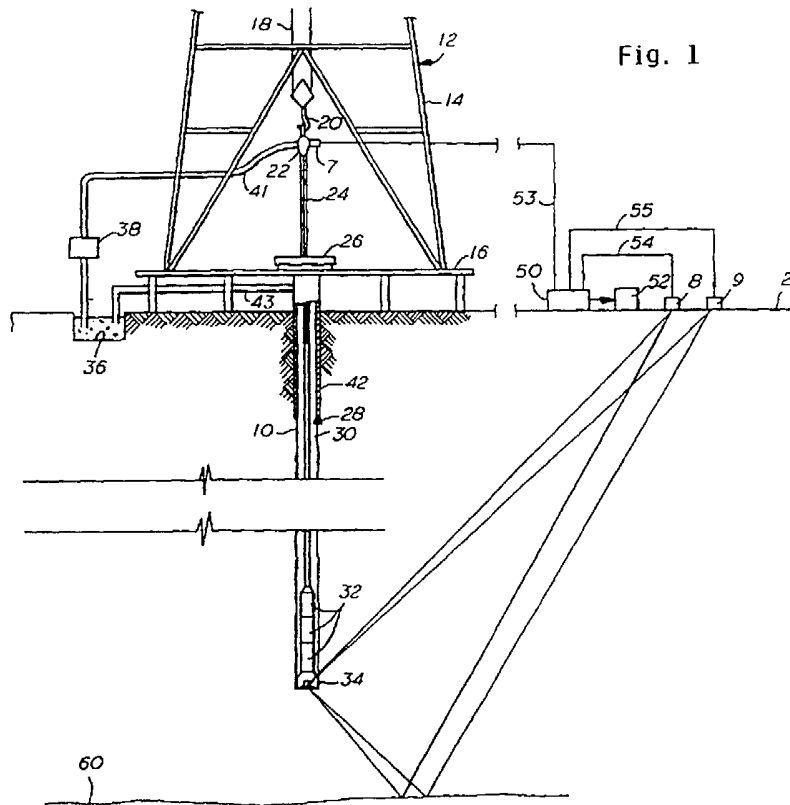
Patent- og  
Varemærkestyrelsen

---

- (51) Int.Cl.: **G 01 V 1/40**      **G 01 V 1/24**  
(21) Patentansøgning nr: **PA 1989 02650**  
(22) Indleveringsdag: **1989-05-31**  
(24) Løbedag: **1989-05-31**  
(41) Alm. tilgængelig: **1989-12-02**  
(45) Patentets meddelelse bkg. den: **2002-11-11**  
(30) Prioritet: **1988-06-01 US 201653**
- (73) Patenthaver: **Western Atlas International, Inc., 10205 Westheimer Road, Houston, Texas 77042, USA**  
(72) Opfinder: **James W. Rector, 1500 Altschul, Menlo Park, California 94025, USA**
- (74) Fuldmægtig: **Hofman-Bang Zacco A/S, Hans Bekkevolds Allé 7, 2900 Hellerup, Danmark**
- 

- (54) Benævnelse: **Fremgangsmåde til bestemmelse af akustiske svingningers forplantningshastighed i en borestang**
- (56) Fremdragne publikationer:  
**US A 4718048**
- (57) Sammendrag:

Den akustiske forplantningshastighed for en borestang i et borehul bestemmes ved på et første sted i borestangen at frembringe et akustisk signal og detektare dets ankomst på et andet sted. Det detekterede signal autokorrigeres, og optrædelsestidspunktet for de gentagne refleksioner i det registrerede autokorrelationsignal anvendes til bestemmelse af den akustiske hastighed.



Opfindelsen omhandler en fremgangsmåde til bestemmelse af akustiske svingningers forplantningshastighed i en borestang.

5 Det er kendt at aktivere en lydkilde ved jordoverfladen og at anbringe detektorer i visse bestemte dybdepositioner i borehuller hængende i bærekabler. Fra U.S.A.-patentskrift nr. 4,718,048 er det kendt at anbringe en detektor nær ved toppen af borestangen til at registrere et referencesignal og at anbringe feltdetektorer på bestemte steder i omegnen af borehullet. Det af borekronen frembragte signal vandrer op gennem borestangen til referencedetektoren og forplantes også fra borekronen op til feltdetektorerne og ned til reflekterende underjordiske grænseflader og tilbage til feltdetektorerne. Ved at korrelere det af referencedetektoren detekterede signal med 10 det af feltdetektorerne detekterede signal kan man bestemme forplantningstiderne for den energi, der vandrer fra borekronen til feltdetektorerne, hvis man vel at mærke kender borestangens akustiske hastighed. Almindeligvis kender man den akustiske hastighed for de metaller, af hvilke borestangen består, så at den akustiske hastighed kan beregnes ret nøjagtigt uden aktuel måling af hastigheden i borehullet. Imidlertid kan borerørets aktuelle akustiske hastighed variere lidt som følge af temperaturforskelle og trykforskelle nede i borehullet og som følge 20 af dimensionsforskelle og metalbestandforskelle for borerøret. Derfor er det ønskeligt at kunne måle den aktuelle hastighed af det akustiske signal i borestangen.

30 Dette opnås ifølge opfindelsen ved en fremgangsmåde af den omhandlede art, der er ejendommelig ved de i krav 1's kendetegnende del angivne arbejdsstrin. Der frembringes et akustisk signal ved et første sted langs borestangen, hvilket signal detekteres ved et andet sted. Det detekterede signal autokorreleres, og optrædelsestidspunkterne for flervejsrefleksionerne i det registrerede autokorre- 35

lationssignal anvendes til bestemmelse af den akustiske hastighed. Det akustiske signal frembringes af borekronen ved bunden af borehullet, og signalet detekteres af en detektor, der er anbragt nær ved toppen af borehullet.

5

I en første udførelsesform for opfindelsen autokorreleres det detekterede signal, tidsforskellen mellem den autokorrelerede spidsværdi og en spidsværdi resulterende fra en flervejsrefleksion måles, og borestangshastigheden bestemmes ud fra forholdet mellem den dobbelte længde af borerøret mellem det modtagne punkt og startpunktet for flervejsrefleksionen og forplantningstiden for refleksionen. I en anden udførelsesform for opfindelsen gentages arbejdsstrinene med frembringelse af og modtagelse af signalerne et antal gange med borekronen anbragt i kendte tiltagende dybder, og hastigheden bestemmes ud fra de registrerede autokorrelationssignaler svarende til forholdet mellem den dobbelte ændring af afstanden fra modtagelsespunktet til punktet for flervejsrefleksionen og ændringen i optrædelsestidspunktet for flervejsspidsværdien.

10

15

20

Opfindelsen forklares nærmere nedenfor i forbindelse med tegningen, hvor:

25

Figur 1 viser et apparat til udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen,

30

Figur 2 viser autokorrelerede spor for referencedetektor-signalet, og

Figur 3 viser den multiple refleksionsvej.

35

Figur 1 viser et hul 10, der skal bores i jorden ved hjælp af en roterbar borerig 12. Boreriggen 12 omfatter et konventionelt krantårn 14 med en sokkel 16, hejseværk 18, krog 20, drejeled 22, kelly 24, drejebor 26 og en bo-

restang 28 bestående af et borerør 30 fastgjort til den nederste ende af kellyen 24 og til den øverste ende af en række boreringe 32, som bærer en borekrone 34. Borevæske strømmer fra en slambrønd 36 gennem en slampumpe 38 og en tilgangsledning 41 til drejeleddet 22. Boreslammet strømmer ned gennem kellyen, borestangen og boreringene og gennem (ikke viste) dyser i borekronens nederste overflade. Boreslammet strømmer tilbage gennem et ringformet rum 42 mellem borestangens yderflade og borehullets inderflade til jordoverfladen, hvor det strømmer tilbage til slambrønden 36 gennem en returledning 43.

En referencedetektor 7 er monteret på det øverste parti af borestangen 28. I en særlig foretrukken udførelsesform er referencedetektoren 7 monteret på drejeleddet 22. Normalt er der monteret et antal feltdetektorer, såsom geofoner 8 og 9 på passende steder på jordoverfladen 2. Detektoren 7 og geofonerne 8 og 9 er indbyrdes forbundne ved hjælp af ledere 53-55 eller ved fjernmåling til en forstærker 50, der er forbundet med et registreringsapparat 52. I en foretrukken udførelsesform kan detektoren 7 være et accelerometer.

Borekronens 34 stødpåvirkninger på klippematerialet på bunden af borehullet 10 frembringer elastiske bølger, der forplantes lodret opad gennem borestangen og radialt udad i jordlagene. Borestangvejen har en ringe dæmpning for akustisk energi på grund af stålaterialet, og derfor er det af detektoren 7 modtagne signal repræsentativt for de af borekronen 34 i jordlagene udsendte vibrationer. Signaler udsendt i jorden vil vandre opad til feltdetektorerne og vil også reflekteres fra underjordiske grænseflader, såsom en grænseflade 60 under borekronen, og tilbage til feltdetektorerne. Normalt bestemmes transmissionstiden for signalet fra borekronen til feltdetektorerne ved at krydskorrelere det af detektoren 7 detekterede signal med de af feltdetektorerne detekterede signaler.

For at kunne bestemme signaltransmissionstiden til felt-  
detektorerne skal den akustiske transmissionstid fra bo-  
rekronen til referencedektoren bestemmes. Normalt frem-  
stilles borerør i standardlængder, så at afstanden mellem  
5 borekronen og referencedektoren kan bestemmes ved at  
tælle antallet af de til borestangen tilføjede borerørs-  
sektioner. Derefter kan transmissionstiden beregnes, når  
man kender den akustiske hastighed. Opfindelsen opfatter  
en fremgangsmåde til en sådan hastighedsbestemmelse.

10 Figur 2 viser et antal spor i form af autokorrelerede  
signaler registreret af referencedektoren med borekro-  
nen beliggende i dybder voksende fra 1300 m til 1600 m.  
Som bekendt optræder den maksimale spidsværdi for en au-  
15 tokorrelationsfunktion ved  $t = 0$ .

Figur 2 viser ekstra spidsværdier mellem ca. 0,48 og 0,6 s  
og mellem 0,94 og 1,2 s, og en mindre fremtrædende spids-  
værdi mellem ca. 1,4 og 1,7 s. Disse ekstra spidsværdier  
20 resulterer fra gentagne refleksioner af borekronesigna-  
let. Når et akustisk signal vandrer gennem borestangen,  
vil en del af signalet blive reflekteret fra steder, hvor  
borestangens diameter ændres. Når signalet når toppen af  
borestangen, reflekteres signalet nedad igen gennem bore-  
25 stangen som følge af den bratte diskontinuitet ved  
grænsefladen mellem borerøret og drejeleddet. Stedet for  
den maksimale refleksion af den nedad vandrende energi  
vil normalt være det punkt, hvor borerøringene er fastgjort  
til borerøret. Når signalet når frem til grænsefladen  
30 mellem borerøret og borerøringene, reflekteres en del af  
signalet opad igen i borerøret. Dette første refleksions-  
signal optræder på de registrerede autokorrelations-  
signaler på figur 2 som et multiplum af første orden. En  
del af signalet bliver reflekteret en anden og en tredje  
35 gang fra toppen af borestangen og fra grænsefladen mellem  
borerøret og borerøringene og optræder som multipla af anden  
orden og tredje orden på den autokorrelerede registre-

ring.

Figur 3 viser transmissionsvejen for de gentagne reflektioner. En del af den akustiske energi, der passerer grænsefladen mellem borerøret og boreringen, reflekteres også fra bunden af borestangen tilbage til overfladen, og et antal andre diskontinuitetspunkter i borestangen kan reflektere en del af energien, men stedet for den maksimale energirefleksion er normalt grænsefladen mellem borerøret og boreringen.

Tidsforløbet mellem tidspunktet  $t = 0$  for autokorrelationsfunktionen og multiplumspidsværdien af første orden repræsenterer det akustiske signals tovejs forplantningstid mellem de øverste og nederste refleksionssteder, som typisk er toppen af borestangen og grænsefladen mellem borerøret og boreringen, så at den akustiske hastighed kan bestemmes ud fra forholdet:

$$\text{hastighed} = \frac{2d}{t},$$

hvor  $d$  er afstanden fra toppen af borestangen til grænsefladen mellem borestangen og boreringen, og  $t$  er optrædelsestidspunktet på autokorrelationssporet. Multiplumspidsværdierne af anden og tredje orden kan naturligvis anvendes på tilsvarende måde, idet

$$\text{for multiplum af anden orden er hastigheden} = \frac{4d}{t},$$

$$\text{for multiplum af tredje orden er hastigheden} = \frac{6d}{t}.$$

I en anden udførelsesform for opfindelsen kan ændringen i optrædendet af de multiple spidsværdier ved ændring af dybden for borekronen anvendes til at foretage beregningerne. Når dybden af borehullet vokser, vokser også afstanden til toppen af borestangen fra den nederste reflekterende grænseflade tillige med tidsforsinkelsen for returneringen af de gentagne refleksioner. Følgende forhold kan anvendes til bestemmelse af hastigheden:

$$\text{for multiplum af første orden er hastigheden} = \frac{2\delta d}{\delta t},$$

$$\text{for multiplum af anden orden er hastigheden} = \frac{4\delta d}{\delta t},$$

$$\text{for multiplum af tredje orden er hastigheden} = \frac{6\delta d}{\delta t},$$

hvor  $\delta d$  er ændringen af borestangens længde og  $\delta t$  er ændringen af optrædelsestidspunktet for den gentagne refleksion. Ud fra eksemplet på figur 2 kan hastigheden beregnes ud fra multiplet af første orden som værende ca.:

$$\frac{2(1600-1300) \text{ m}}{0,6 - 0,48 \text{ s}} = 5000 \text{ m/s.}$$

Den her som første udførelsesform for opfindelsen beskrevne fremgangsmåde tilvejebringer den gennemsnitlige akustiske hastighed for hele længden af borestangen mellem punktet for den nederste signalfleksion (normalt grænsefladen mellem borerøret og boreringen) og detektorens anbringelsessted. Typisk kan hastigheden i øvrige partier af borestangen (typisk boreringene og borekronen) antages at have samme hastighed som det parti af borestangen, gennem hvilket den multiple refleksionsbølge er vandret, uden at indføre en væsentlig fejl.

Den som den anden udførelsesform for opfindelsen beskrev-  
ne fremgangsmåde tilvejebringer den akustiske hastighed i  
en given zone af borestangen. Foretages der målinger ved  
i det væsentlige hele borehullets længde, kan gennem-  
5 snitshastigheden for i det væsentlige hele borestangens  
længde måles ved hjælp af fremgangsmåden ifølge den anden  
udførelsesform for opfindelsen, der også er særlig veleg-  
net til at måle intervalhastigheden.

10 Da resultaterne ved brug af de to udførelsesformer for  
opfindelsen skal være i det væsentlige de samme, kan de  
to udførelsesformer begge anvendes til at kontrollere mu-  
lige målefejl.

15

20

25

30

35

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

-----

1. Fremgangsmåde til bestemmelse af akustiske svingningers forplantningshastighed i en borestang, k e n d e t e g n e t ved, at den omfatter:

frembringelse af et akustisk signal ved den nederste ende af borestangen,

10 detektering af det akustiske signal ved den øverste ende af borestangen,

autokorrelering af det detekterede signal til frembringelse af et autokorrelationssignal, og

15 anvendelse af optrædelsestidspunktet for et flervejsrefleksionssignal i autokorrelationssignalet til bestemmelse af de akustiske svingningers forplantningshastighed i borestangen.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at det akustiske signal frembringes ved rotation af en ved den nederste ende af borestangen anbragt borekrøne.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at det akustiske signal detekteres på et drejeled, der er anbragt ved toppen af borestangen.

30 4. Fremgangsmåde ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at borestangen omfatter et borerør og mindst én borering, der er forbundet med den nederste ende af borerøret, samt at refleksionssignalet resulterer fra refleksion i det væsentlige ved toppen af borestangen og ved grænsefladen mellem borerøret og boreringen.

5. Fremgangsmåde til bestemmelse af akustiske svingningers forplantningshastighed i en borestang, k e n d e t e g n e t ved, at den omfatter følgende arbejdsstrin:

5 frembringelse af et akustisk signal ved den nederste ende af borestangen,

detektering af det akustiske signal ved den øverste ende af borestangen,

10 autokorrelering af det detekterede signal til frembringelse af et autokorrelationsignal,

15 måling af tidsforskellen mellem autokorrelationens maksimale spidsværdi og en flervejsspidsværdi af autokorrelations-signalet, hvilken flervejsspidsværdi resulterer fra refleksioner fra et øverste punkt og et nederste punkt af borestangen, og

20 anvendelse af et forhold mellem længden af borestangen mellem det øverste og det nederste refleksionspunkt og den målte tidsforskel til beregning af hastigheden.

25 6. Fremgangsmåde ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at det akustiske signal frembringes ved rotation af en borekrone, der er anbragt ved nederste ende af borestangen.

30 7. Fremgangsmåde ifølge krav 6, k e n d e t e g n e t ved, at borestangen omfatter et borerør og mindst én borering, der er forbundet med den nederste ende af borerøret, samt at flervejsrefleksionssignalet resulterer fra refleksioner ved i det væsentlige toppen af borestangen og grænsefladen mellem borerøret og boreringen.

35 8. Fremgangsmåde ifølge krav 7, k e n d e t e g n e t ved, at flervejsrefleksionssignalet af første orden an-

vendes til bestemmelse af hastigheden ud fra forholdet

$$\text{hastighed} = \frac{2d}{t},$$

5 hvor  $d$  er afstanden mellem to refleksionspunkter langs borestangen og  $t$  er tidsforsinkelsen mellem autokorrelationens maksimale spidsværdi i autokorrelationssignalet og et flervejsrefleksionssignal af første orden.

10 9. Fremgangsmåde ifølge krav 7, kendt tegnet ved, at et flervejsrefleksionssignal af anden orden anvendes til bestemmelse af hastigheden ud fra forholdet

$$\text{hastighed} = \frac{4d}{t},$$

15 hvor  $d$  er afstanden mellem to refleksionspunkter langs borestangen og  $t$  er tidsforsinkelsen mellem autokorrelationens maksimale spidsværdi i autokorrelationssignalet og et flervejsrefleksionssignal af anden orden.

20 10. Fremgangsmåde ifølge krav 7, kendt tegnet ved, at et flervejsrefleksionssignalet af tredje orden anvendes til bestemmelse af hastigheden ud fra forholdet

$$\text{hastighed} = \frac{6d}{t},$$

25 hvor  $d$  er afstanden mellem to refleksionspunkter langs borestangen og  $t$  er tidsforsinkelsen mellem autokorrelationens maksimale spidsværdi i autokorrelationssignalet  
30 og et flervejsrefleksionssignal af tredje orden.

11. Fremgangsmåde til bestemmelse af akustiske svingningers intervalforplantningshastighed i en borestang i et borehul, k e n d e t e g n e t ved, at den omfatter følgende arbejdsstrin:

5

(a) frembringelse af et akustisk signal ved den nederste ende af borestangen,

10

(b) detektering af det akustiske signal ved den øverste ende af borestangen,

15

(c) gentagelse af trin (a) og (b) ved frembringelse af signalet i et antal dybder, idet borestangens længdediffrerens ved disse dybder er kendt,

20

(d) autokorrelering af de detekterede akustiske signaler til frembringelse af autokorrelationssignaler,

(e) bestemmelse af hastigheden ud fra et forhold mellem borestangens længdeændring og ændringen af optrædelsestidspunktet for en flervejsspidsværdi i autokorrelations-signalerne.

25

12. Fremgangsmåde ifølge krav 11, k e n d e t e g n e t ved, at det akustiske signal frembringes ved rotation af en borekrone, der er anbragt ved den nederste ende af borestangen.

30

13. Fremgangsmåde ifølge krav 12, k e n d e t e g n e t ved, at borestangen omfatter et borerør og mindst én borering, der er forbundet med den nederste ende af borerøret, og at flervejsrefleksionssignalerne resulterer fra refleksioner ved i det væsentlige toppen af borestangen og grænsefladen mellem borerøret og boreringen.

35

14. Fremgangsmåde ifølge krav 13, k e n d e t e g n e t ved, at et flervejsrefleksionssignal af første orden an-

vendes til at bestemme intervalhastigheden ud fra forholdet

$$\text{hastighed} = \frac{2\delta d}{\delta t},$$

5

hvor  $\delta d$  er længdeændringen af borestangen og  $\delta t$  er ændringen af optrædelsestidspunktet for flervejsrefleksionssignalet af første orden.

10

15. Fremgangsmåde ifølge krav 13, kendet tegnet ved, at der anvendes et flervejsrefleksionssignal af anden orden til bestemmelse af intervalhastigheden ud fra forholdet

$$\text{hastighed} = \frac{4\delta d}{\delta t},$$

15

hvor  $\delta d$  er borestangens længdeændring og  $\delta t$  er ændringen af optrædelsestidspunktet for flervejsrefleksionssignalet af anden orden.

20

16. Fremgangsmåde ifølge krav 13, kendet tegnet ved, at der anvendes et flervejsrefleksionssignal af tredje orden til bestemmelse af intervalhastigheden ud fra forholdet

25

$$\text{hastighed} = \frac{6\delta d}{\delta t},$$

30

hvor  $\delta d$  er borestangens længdeændring og  $\delta t$  er ændringen af optrædelsestidspunktet for flervejsrefleksionssignalet af tredje orden.

35

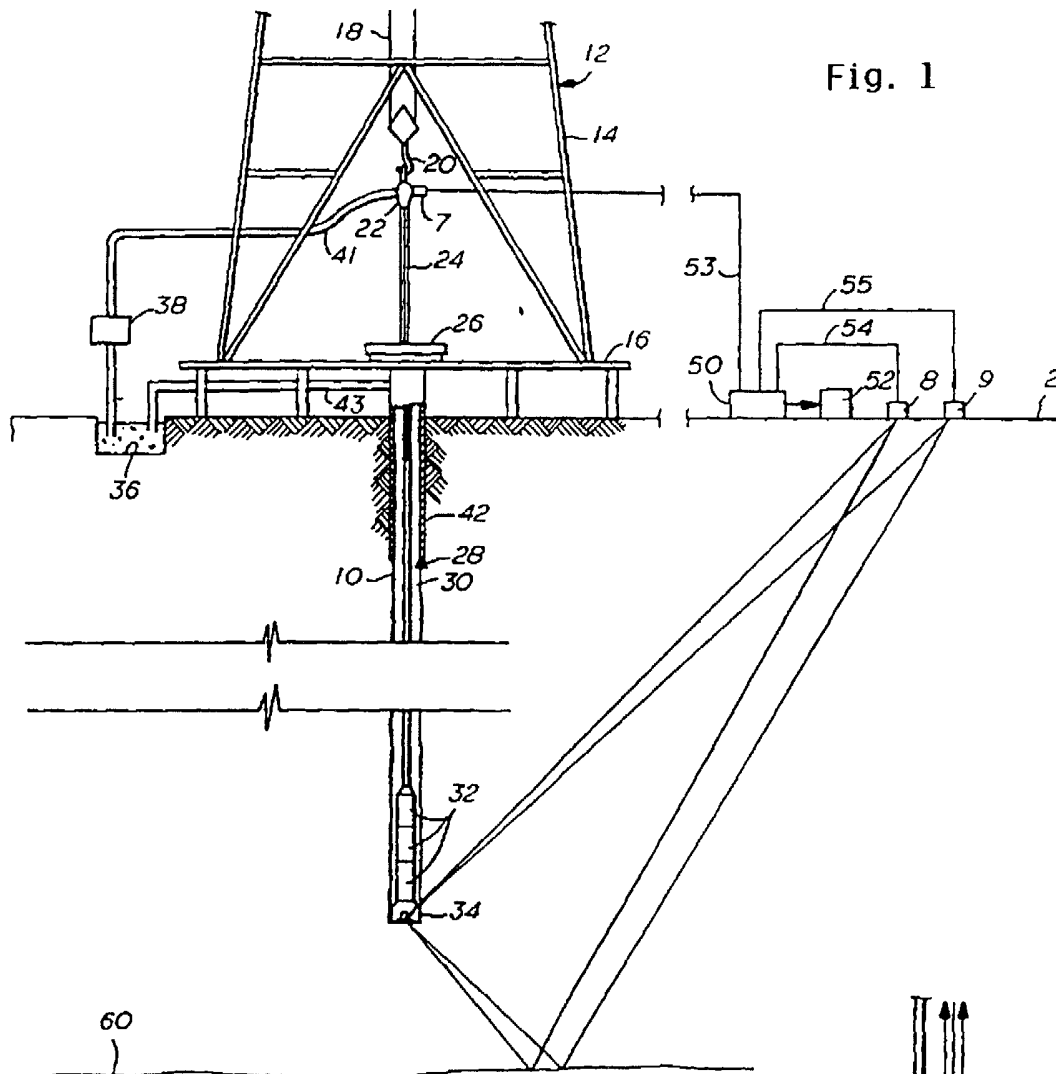
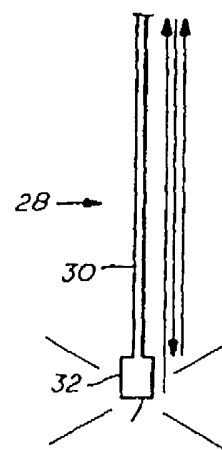


Fig. 1

Fig. 3



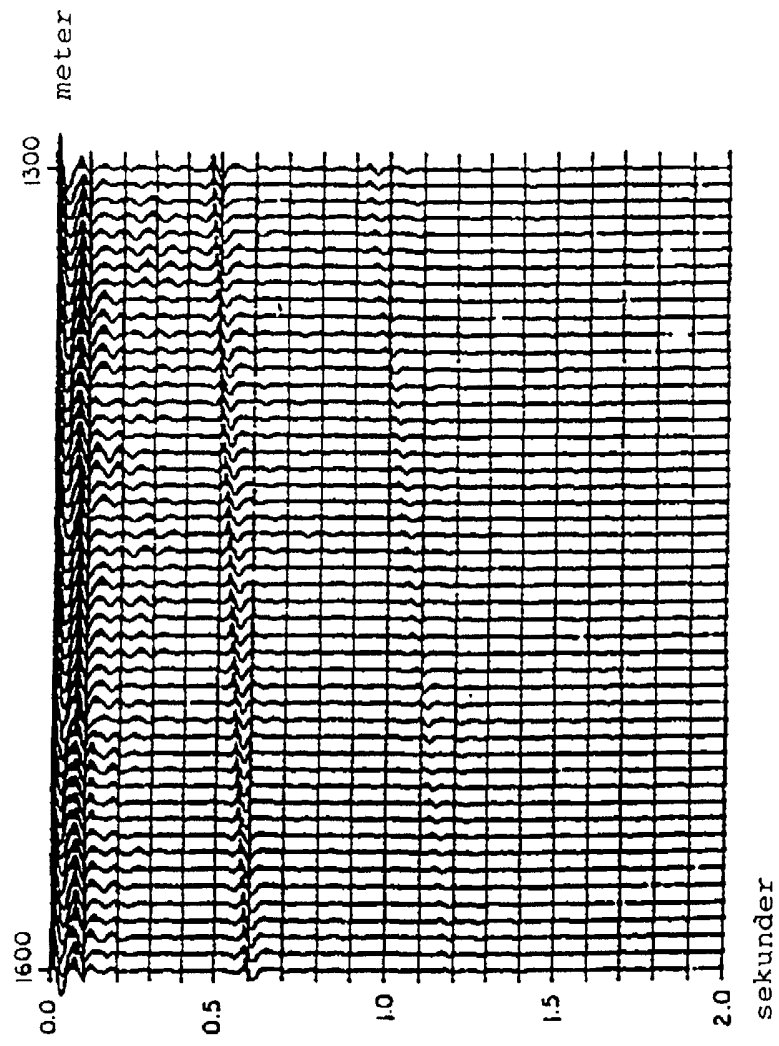


Fig. 2