

Reflectie-seismiek

door G. Diephuis *)
Nederlandse Aardolie Maatschappij

Een stukje geschiedenis

"Listen to the Earth and the Earth shall speak to you" is een spreuk, die men op het bureau van menig exploratie-geofysicus kan aantreffen. Deze uitspraak geeft de essentie weer van de reflectie-seismiek.

Zoals gebruikelijk zijn de principes waarop de methodes van dit vak berusten uitermate eenvoudig, echter de uitwerking is pijnlijk lastig. Zo wordt wel gezegd dat het gehele vak kan worden uitgelegd door slechts gebruik te maken van de principes en stellingen van Pythagoras, Snellius en Huygens. Anderzijds zijn werkelijk zeer grote en gecompliceerde computer- berekeningen nodig voor de verwerking van de massale hoeveelheden gegevens.

De Engelsman Mallet voerde in 1846 als eerste een experiment met geluidsgolven in de ondergrond uit. Om die golven op te wekken gebruikte hij een vat buskruit, de registratie vond plaats met behulp van een kwikbad. Door nu de verstreken tijd te meten kon een uitspraak gedaan worden over de afstand tussen schotpunt en ontvanger. Op zichzelf genomen was het experiment een succes, doch gebrek aan praktische toepassing weerhield verdere ontwikkeling.

Het was de Eerste Wereldoorlog die voor een opmerkelijke versnelling in de ontwikkeling zorgde. Men had namelijk ontdekt, dat vijandig geschut bij het afvuren dusdanig sterke golven in de ondergrond teweeg bracht dat die waarneembaar waren aan eigen zijde. Door nu resultaten van verschillende "luisterstations" te combineren, kon het vijandelijke geschut worden gelocaliseerd. Deze methode was bepaald niet feilloos, en toepassing op werkelijk grote schaal heeft niet plaats gevonden. Wél waren

aan het einde van de oorlog de instrumenten zodanig verbeterd en mobiel gemaakt, dat industriële ontwikkeling mogelijk werd.

Tot aan de Eerste Wereldoorlog was de opsporing van olie en gas vrijwel uitsluitend gebaseerd op oppervlakte-geologie. Enige decennia ervoor waren Amerikaanse oliegeologen tot de conclusie gekomen dat accumulaties van olie en gas beperkt waren tot anticlinale structuren. Deze gesloten geometrieën, ook wel *traps* genoemd, werden gededuceerd aan de hand van aan de oppervlakte zichtbare structuren (afb. 1). Echter de aanwezigheid van niet-conforme Tertiaire en Kwartaire bedekking deed de olie-industrie omzien naar fysische methodes voor de detectie van structuren.

Theoretische achtergrond

Het gedrag van geluidsgolven in de ondergrond vertoont grote gelijkenis met dat van licht, zoals dat op vele middelbare scholen wordt onderwezen. Weerkaatsing zowel als breking treden op en ook de optische verstrooiing kent zijn acoustische equivalent. In afb. 2a-2d zijn de twee eerstgenoemde verschijnselen schematisch weergegeven.

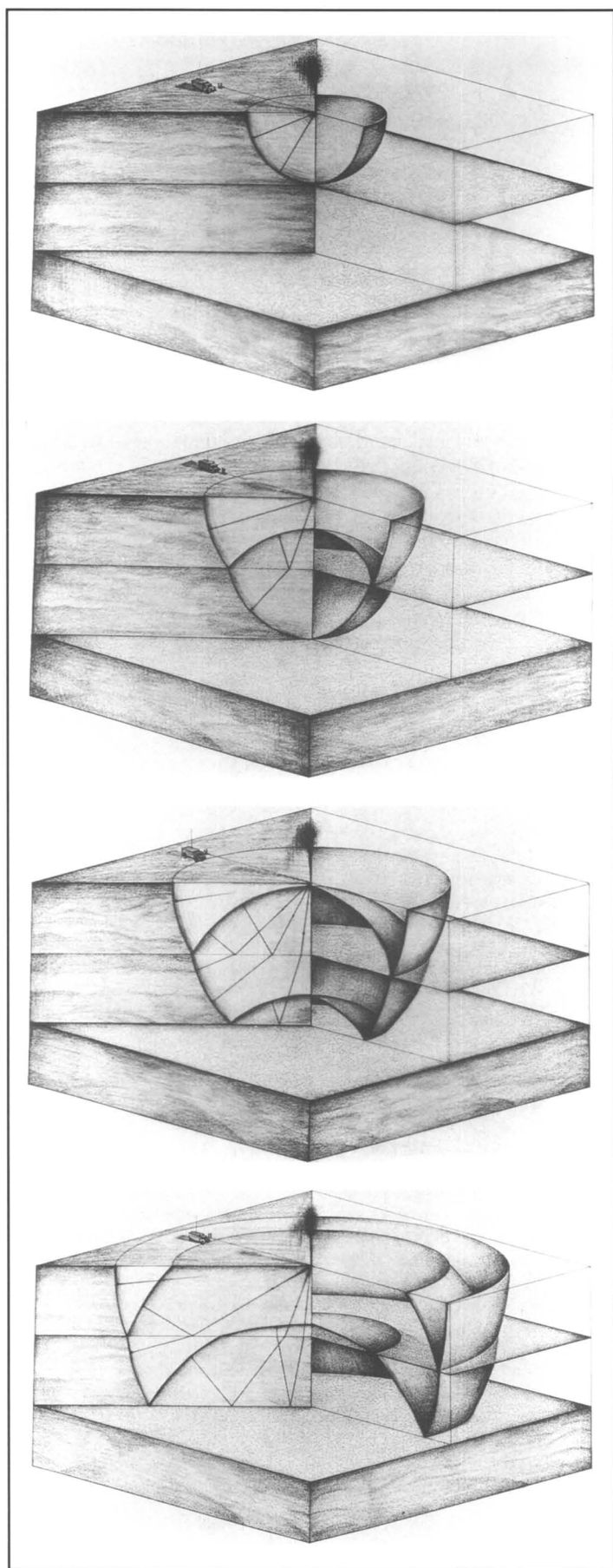
Deze afbeeldingen laten zien hoe een dynamietlading een acoustische puls veroorzaakt, die zich in drie dimensies uitbreidt, naar het alom bekende voorbeeld van de steen in de vijver. Op ieder grensvlak tussen twee media van verschillend acoustisch karakter treden nu zowel weerkaatsing - reflectie - als breking - refractie - op. Duidelijk is te zien, dat een naar de diepte lopend golfvront bij elk grensvlak een weerkaatsing veroorzaakt die terugkeert naar het aardoppervlak, waar de registratie plaatsvindt door middel van zogenaamde geofoons. Dieper liggende reflectoren veroorzaken dus later aankomende seismische reflecties.

Om nu een goed inzicht te krijgen waar precies in de ondergrond een reflectie wordt gegenereerd, worden zogenaamde stralensporen geconstrueerd. Duidelijk is, dat ook bij grotere afstand tussen bron en ontvanger de reflectietijd langer wordt, zie afb. 3. Met behulp van de stelling van Pythagoras valt nu een eenvoudige relatie af te leiden tussen de aankomsttijd van een reflectie en de afstand tussen schot en gefoon, echter met de voortplantingssnelheid van het medium als onbekende. Deze hyperbolische relatie is het best zichtbaar bij ondiepe reflectoren, immers de afstand tussen schot en gefoon, de zogenaamde *offset*, is groot in vergelijking met de diepte van de reflector. Het omgekeerde is het geval voor heel diepe reflectoren. Hier is bijna geen verschil meer tussen de aankomsttijden aan een gefoongroep dicht bij het schot en aan die ver ervandaan.

Afb. 1. Geologisch veldonderzoek in de jaren '30.

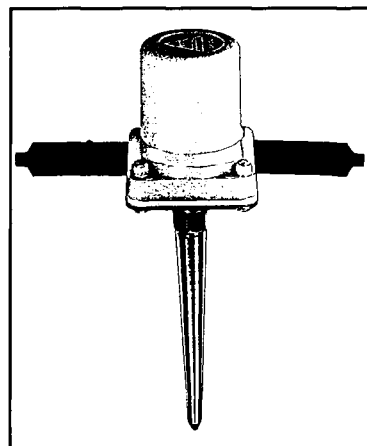


*) Drs. G. Diephuis (1947) is werkzaam bij de Nederlandse Aardolie Maatschappij als hoofd van de sectie Interpretatie in de afdeling Geofysica.



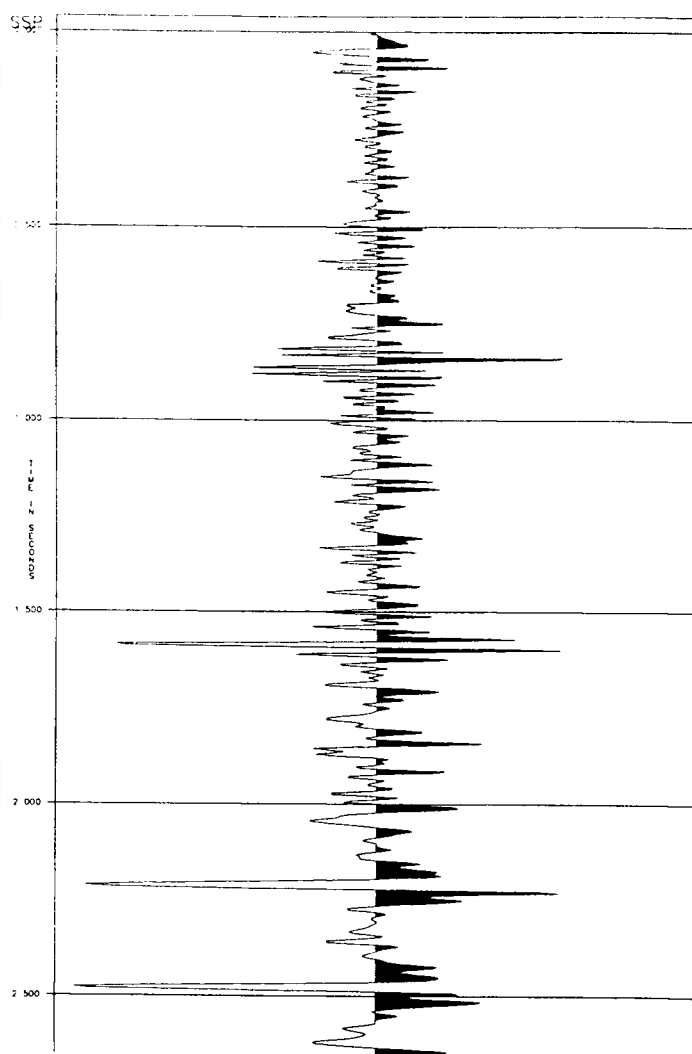
Afb. 2 a-d. Schematisch overzicht van de voortplanting van compressiegolven in de ondergrond.

Afb. 4. Een moderne gefoon; zonder de metalen punt is deze ± 6 cm groot.

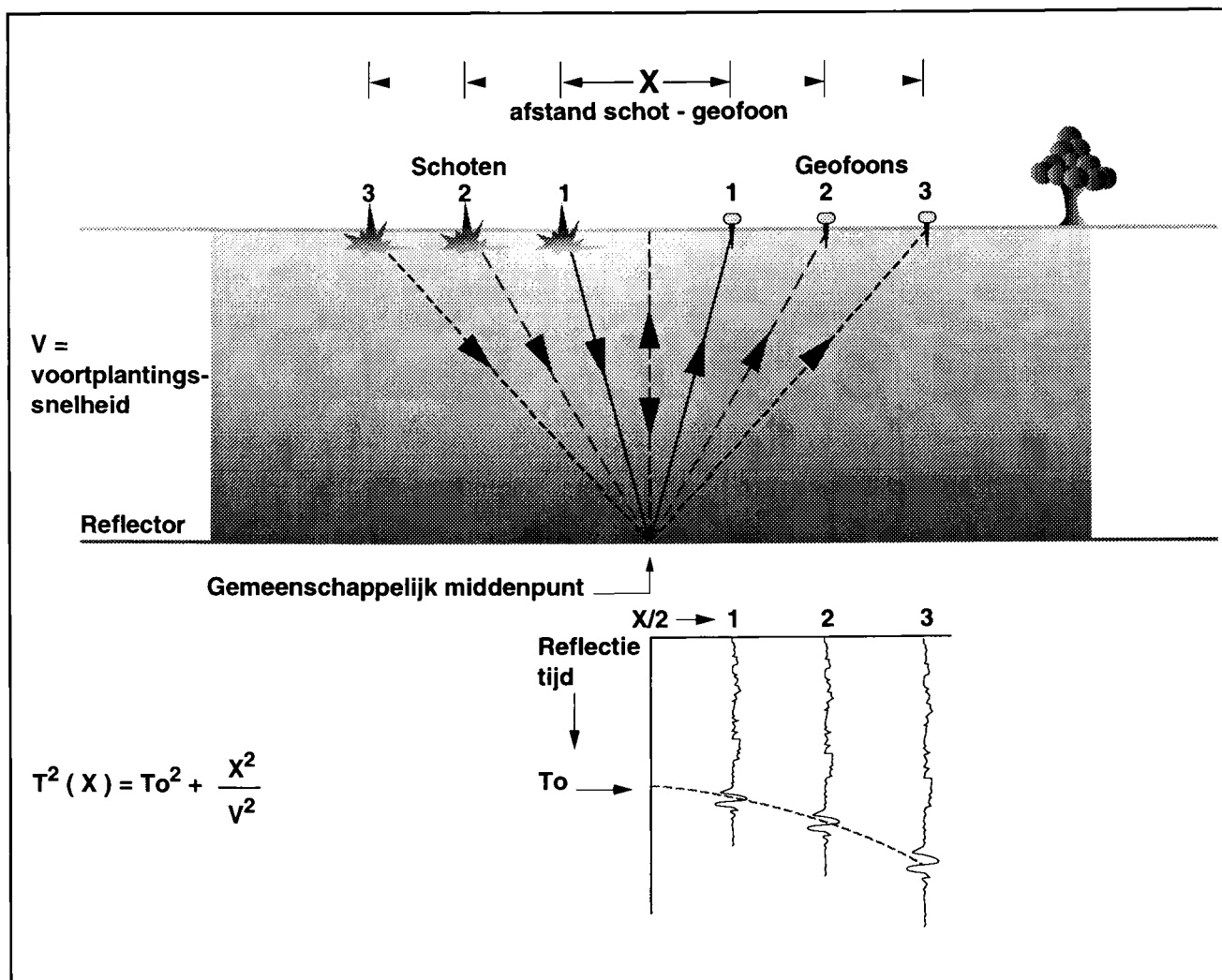


Een gefoon bestaat uit een klein, licht spoeltje dat is geplaatst in een magnetisch veld, zie afb. 4. In essentie is de gefoon een verticale accelerometer. De registratie in tijd door een gefoon wordt een *trace* genoemd, die bestaat uit opeenvolgende positieve en negatieve uitslagen van verschillende grootte. In afb. 5 is een enkele trace heel groot weergegeven, waarbij sterkere en zwakkere reflecties duidelijk zichtbaar zijn. De manier van afspelen, waarbij de uitslagen naar één richting geheel zijn ingevuld, is reeds heel vroeg in zwang gekomen om het correleren van verschillende traces te vergemakkelijken. Een opeenvolging van traces wordt een *seismische sectie* genoemd.

Tot aan de jaren zestig was het gebruikelijk reflectieseismiek zodanig uit te voeren, dat ieder punt in de ondergrond als het ware één keer werd aangeschoten. Men deed dit door over een bepaalde afstand een aantal gefoons uit te leggen en een schot



Afb. 5. Een enkele seismische "trace".

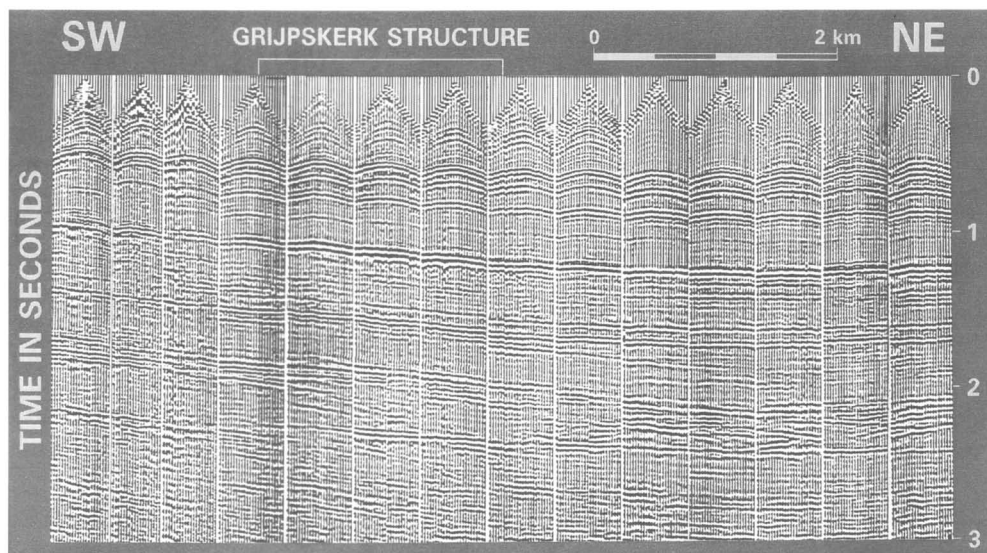


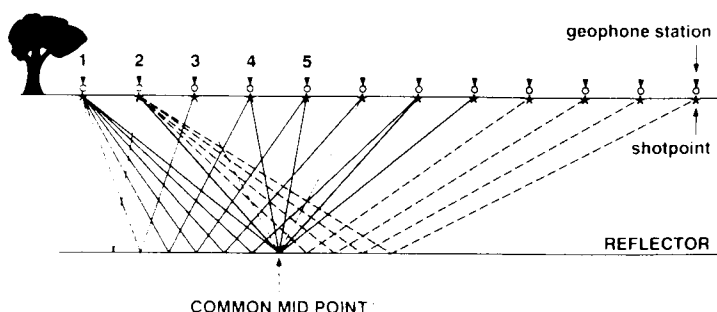
af te vuren. Hierna werden alle geofoons verplaatst en werd wederom een schot afgevuurd. Op een kaart nu vormen de middenpunten tussen ieder schot en alle geofoongroepen een lijn van punten met gelijke onderlinge afstand. Een goed voorbeeld van een seismische sectie uit die periode is gegeven in afb. 6. Duidelijk zichtbaar is de hyperbolische vorm van de reflectoren, die minder wordt naarmate de aankomsttijden langer zijn. De hier weergegeven seismische lijn is van goede kwaliteit, iets wat nogal uitzonderlijk is voor data van deze periode. Op basis van dit soort gegevens is het Slochteren-veld ontdekt. Maar niet ieder gebied was gezegend met een dergelijke data-kwaliteit. Doorgaans maakte sterke ruis het interpreteren van dit soort eenvoudige seismische secties onmogelijk.

Het idee om meervoudige reflecties te combineren was reeds in de jaren dertig gepatenteerd, zie afb. 7. Reflectiepunten in de ondergrond liggen midden tussen schot- en geofoon-positie en worden *common mid point* genoemd. Het is mogelijk zodanige schot- en geofoon-posities te kiezen, dat éénzelfde punt in

Afb. 3. Hyperbolisch verband van aankomsttijden met toenemende afstand tussen schot- en geofoon-positie.

Afb. 6. Deel van een seismische lijn uit 1960. Let op de hyperbolische vorm van de reflectoren, die bovenin het meest geprononceerd is.





Afb. 7. Het principe van "stacking".

de ondergrond meermalen wordt aangeschoten, en bovendien elke keer met een andere horizontale afstand tussen schot en geofoon. Wanneer de resulterende traces nu per gemeenschappelijk middenpunt worden gesorteerd, ontstaat wederom de hyperbolische vergelijking van afb. 2. Omdat het in dit geval metingen betreft van één en hetzelfde punt, kunnen zij - na geometrische correctie - bij elkaar worden opgeteld. Dit proces is weergegeven in afb. 8 a t/m c. Duidelijk is zichtbaar, hoe op de uiteindelijke trace de ruis sterk verminderd is.

De praktijk : Het verwerven van de gegevens

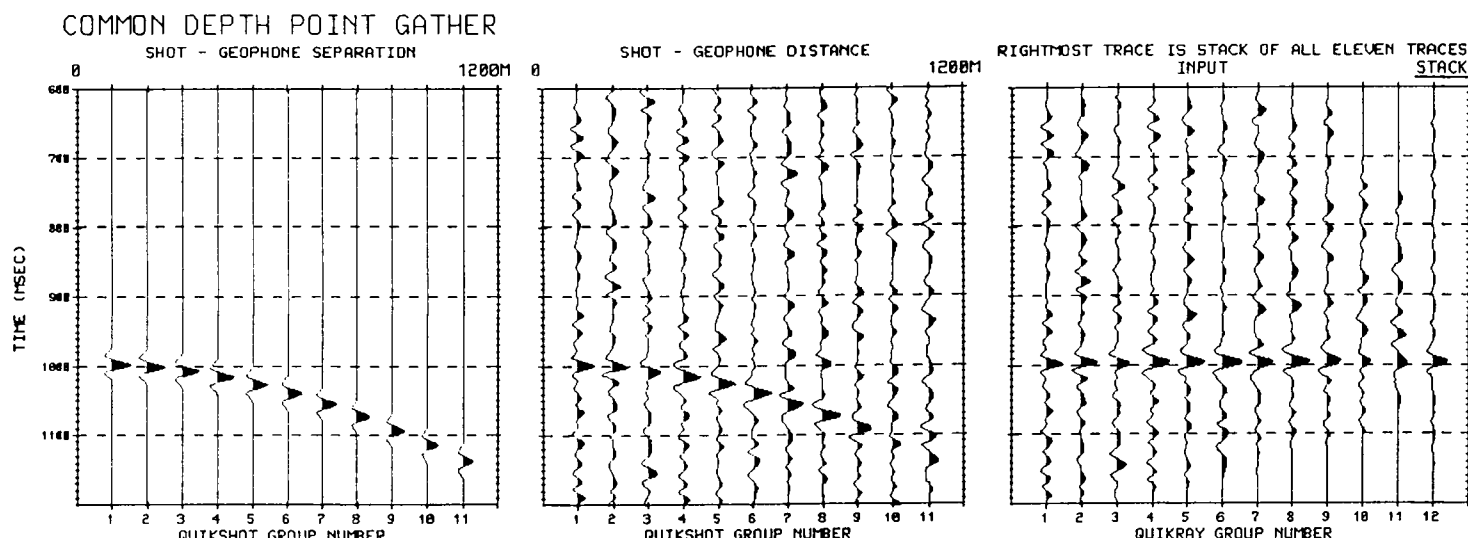
In de praktijk van de reflectie-seismiek komt het erop neer een herhaalbaar acoustisch signaal de ondergrond in te sturen en de terugkomende reflecties te registreren. Traditioneel was dynamiet

en paden is de zogenaamde Vibroseis techniek (afb. 10). Hydraulisch aangedreven trilplaten zorgen voor een soms wel 30 seconden lang signaal, dat zwak is vergeleken met een enkel dynamiet schot. Door nu een aantal trilplaten volkomen synchroon aan te drijven kan een signaal van voldoende sterkte worden verkregen. Verder wordt tijdens de gegevensverwerking dit lange signaal "gecomprimeerd" tot één enkele puls, die volkomen gelijkwaardig is aan die van een hoeveelheid dynamiet.

Het verwerken van de gegevens

Meestal zijn op ruwe waarnemingen, zoals die in het veld gedaan worden, individuele reflecties nauwelijks zichtbaar. Traces behorende bij een enkel schot laten alle mogelijke fenomenen zien die gewenste reflecties verdoezelen. Er zijn derhalve heel wat bewerkingen nodig, vooraleer er interpreteerbare seismische secties zijn. Al deze bewerkingen vinden plaats in gespecialiseerde computercentra en de benodigde tijd varieert van 6 weken voor eenvoudige 2D-lijnen tot 9 maanden voor gecompliceerde driedimensionale onderzoeken.

Om een indruk te geven van een aantal benodigde bewerkingen volgt hieronder een zeer summiere opsomming - het werkelijke proces kent meer dan twintig afzonderlijke stappen - :



de meest gebruikte bron. Echter overwegingen van economische, milieu en ook geofysische aard, deed de industrie omzien naar alternatieven.

Op zee werd die gevonden in de vorm van zogenaamde *airguns*. Dit zijn hogedrukvaten, waarin samengeperste lucht wordt gebracht, die in een fractie van een seconde kan worden vrijgelaten. Dit levert een goed herhaalbaar acoustisch signaal op. Door nu airguns van verschillende grootte te combineren, konden ook de oscillaties van de expanderende luchtbel worden onderdrukt. Mede door het zeer kleine aantal bewegende onderdelen is de airgun zeer betrouwbaar gebleken en wordt derhalve vrijwel universeel gebruikt als bron in seismisch werk op zee. De registratie van reflecties vindt plaats met hydrofoons, die, geplaatst in vaak meerdere kabels, onder water achter het schip worden voortgetrokken (afb. 9).

Op land ligt de situatie wat anders. Men gebruikt nog steeds dynamiet in situaties, waar geen enkele andere bron kan worden toegepast. Het alternatief op wegen

Afb. 8. Het effect van "stacking". Links: de ideale situatie. Midden: met toegevoegde ruis. Rechts: correcties toegepast en gemiddeld; resultaat: de ruis is sterk onderdrukt.

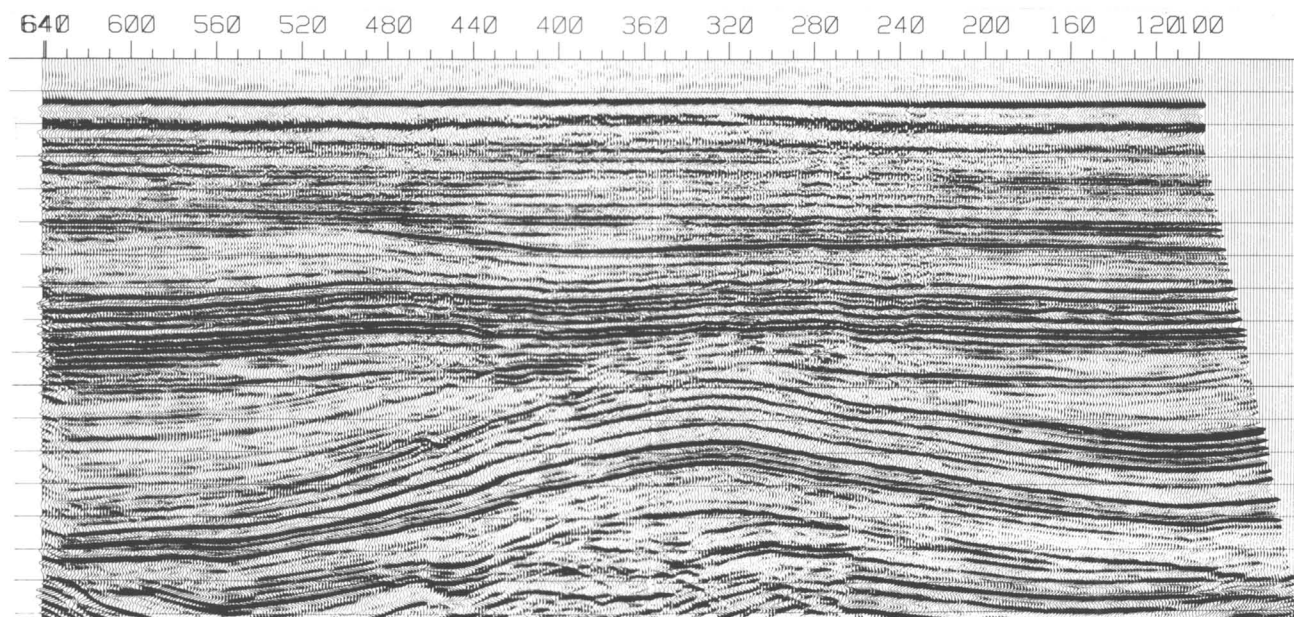
Afb. 9. Overzicht van een seismisch onderzoek op zee.



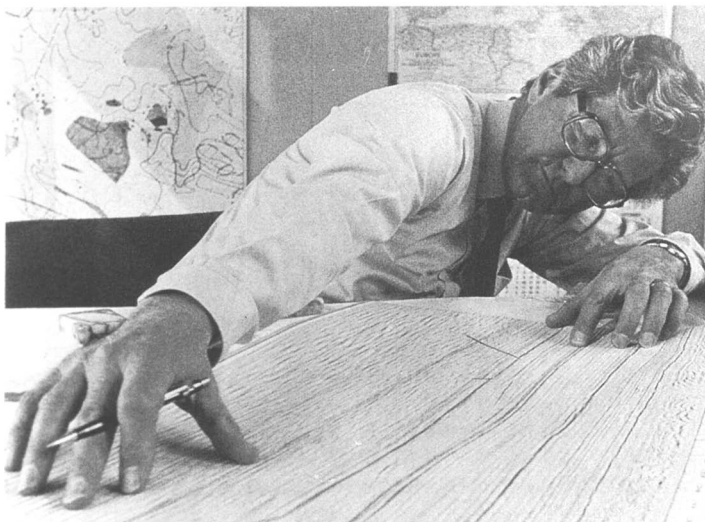


Afb. 10. Een trilplaat - Vibroseis techniek.

Afb. 11. Een deel van een 2D-lijn.



1. Alle refracties alsmede alle bewegingen *langs* het aardoppervlak zijn ongewenst en moeten worden verwijderd.
2. Een compensatie moet worden uitgevoerd voor het feit dat de signalen zwakker worden naarmate ze dieper in de ondergrond komen.
3. Locale omstandigheden dicht bij schot en geofoons hebben een sterke invloed op de gemeten tijden en moeten derhalve gecompenseerd worden, de zogenaamde *statics*.
4. Het uitgaande signaal heeft een met de tijd veranderende frequentie-inhoud. Hoe hoger de frequentie, hoe beter het oplossend vermogen en er worden dus methodes toegepast om de hoge frequenties te accentueren, het zogenaamde *deconvolutie-proces*.
5. De traces worden geordend naar gemeenschappelijke middenpunten en vervolgens worden de snelheden (zie afb. 3 en 8) zodanig bepaald dat de ruis optimaal



Afb. 12. Interpretatie van papieren secties anno 1970.

onderdrukt wordt. De traces worden vervolgens gecorrigeerd en de bij één gemeenschappelijk middenpunt behorende traces bij elkaar opgeteld, de zogenaamde *stack*.

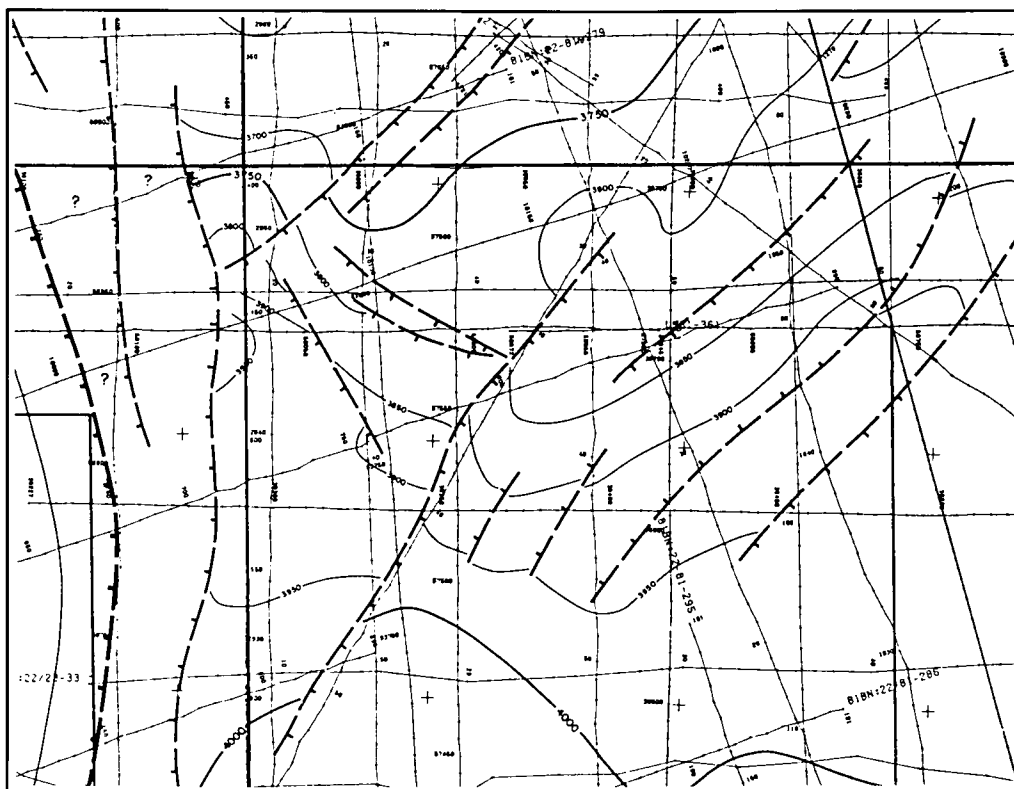
6. De resulterende sectie geeft nu weer waar aan het oppervlak reflectie signalen zijn ontvangen, doch niet goed waarvandaan die reflecties uit de diepte komen. Om dit te corrigeren wordt een proces, *seismische migratie* genaamd, toegepast. Ik kom hier later op terug.
7. Tenslotte wordt een zogenaamd *bandpass-filter* toegepast om die frequenties kwijt te raken die vrijwel geen signaal bevatten.

Een voorbeeld van een resulterende seismische sectie is gegeven in afb. 11.

De interpretatie

Na de numerieke verwerking is het de beurt aan de interpretatiegeofysicus en/of -geoloog. Zijn opdracht is het interpreteren van seismische gegevens in geologische zin. Met andere woorden, het acoustische beeld van de ondergrond moet worden omgezet in een geologisch plausibel model.

Een eerste stap in dit proces bestaat uit het correleren van seismische reflectoren met formatieovergangen, zoals die in



Afb. 13. Voorbeeld van een kaart, gebaseerd op 2D-seismiek.

een diepboring of aan het oppervlak zijn aangetroffen. Bij goede datakwaliteit zijn ook intervallen herkenbaar aan hun specifieke reflectiegedrag. Meestal zijn het evenwel abrupte overgangen van gesteentes, die de sterkste en meest continue reflecties opleveren. Een belangrijk deel van de interpretatie bestaat uit het vervolgen en in kaart brengen van die reflectie. Van oudsher waren het gele potlood en de halfliggende houding karakteristiek voor een interpretatiegeofysicus - afb. 12.

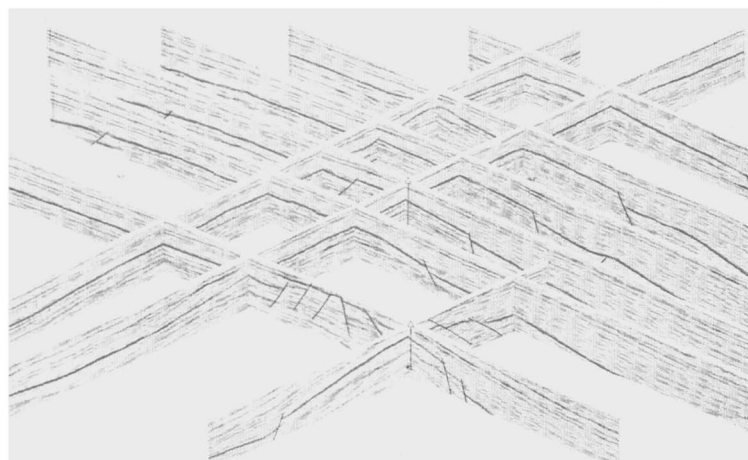
Het optisch verkorten van secties door er schuins langs te kijken heeft een reden. Mede door de manier van weergeven van traces, kunnen zelfs heel zwakke reflectoren worden herkend en vervolgd. Zo werkend, van horizon naar horizon en van sectie naar sectie, ontstaat dan een maaswerk van gemeten reflectietijden, waarvan een kaart kan worden gemaakt. Vanzelfsprekend vormen fenomenen als breuken en zoutintrusies complicaties, die eveneens meegekarteerd moeten worden. Een voorbeeld van een resulterende kaart is gegeven in afb. 13.

Er rest nog een laatste handeling. Seismische metingen zijn in *tijd* en er is dus een conversie naar *diepte* nodig, voor de structuurkaarten gebruikt kunnen worden. Het venijn schuilt ook hier weer in de staart. Wanneer men niet toevallig de beschikking heeft over een groot aantal putgegevens in de buurt, blijft tijd/diepte-conversie foutgevoelig. Seismisch afgeleide snelheden zijn niet altijd goed vergelijkbaar met verticale snelheden en bij sommige gesteentes kan het omzetten van het tijdsbeeld naar het dieptebeeld problemen geven.

Driedimensionale seismiek

Tot aan de jaren tachtig werd vrijwel alle seismiek als afzonderlijke lijnen geschoten en verwerkt. Een voorbeeld van een dergelijk grid van enkele seismische lijnen is perspectivisch weergegeven in afb. 14. Het zal duidelijk zijn, dat het vervolgen van sterke reflecties

Afb. 14. Het "maaswerk" van 2D-lijnen.



geen grote problemen met zich mee brengt en dat het maken van een structuurkaart op dat niveau met redelijke mate van betrouwbaarheid mogelijk is.

Anders ligt dit ten aanzien van breuken. Correlatie van de breuk in de linkerbovenkant van het diagram lijkt eenduidig. Echter meer naar het centrum van de structuur toe is dit minder het geval en tenslotte kan op basis van deze dataset niet worden uitgemaakt, welke breuken met elkaar te correleren. We hebben immers geen inzicht in wat er in de tussenliggende "holtes" afspeelt. Anders gezegd, onze bemonstering in (x,y) is te schaars voor datgene wat wij willen weten.

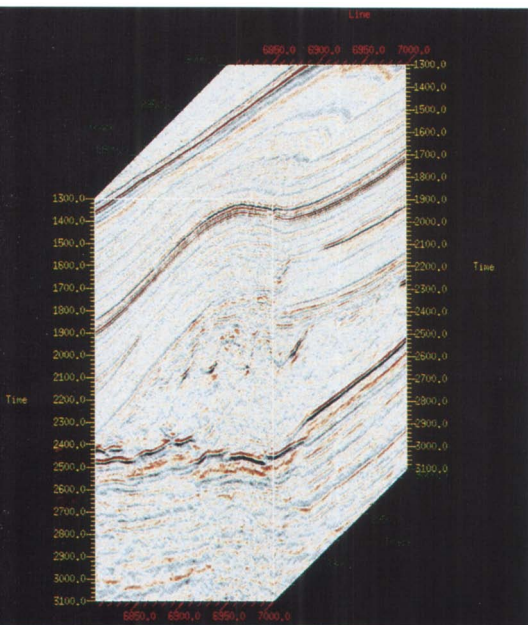
Drie-dimensionale seismiek bracht hierin radicale verandering. De opnametechniek is een uitbreiding van de 2D-techniek in die zin dat niet alleen een regelmatig

aanschietsen plaatsvindt van gemeenschappelijke middenpunten in één, doch in twee richtingen. Hierdoor ontstaat een zeer fijnmazig net in beide richtingen van punten, die ieder een seismische trace hebben. Een gebruikelijke onderlinge afstand is 25 meter. In plaats van met enkele secties, hebben we nu te maken met een volume van seismische data, zie afb. 15.

De overgang naar 3D-seismiek bracht grote veranderingen teweeg, zowel in het veld bij de opnames, als bij de verwerking en bij de interpretatie. Onder de oliemaatschappijen was de Koninklijke Shell Groep de eerste die zich het potentieel van de nieuwe methodes realiseerde en reeds in 1990 vormden uitgaven voor 3D-seismiek de helft van het totale wereldwijde budget voor geofysische methodes.

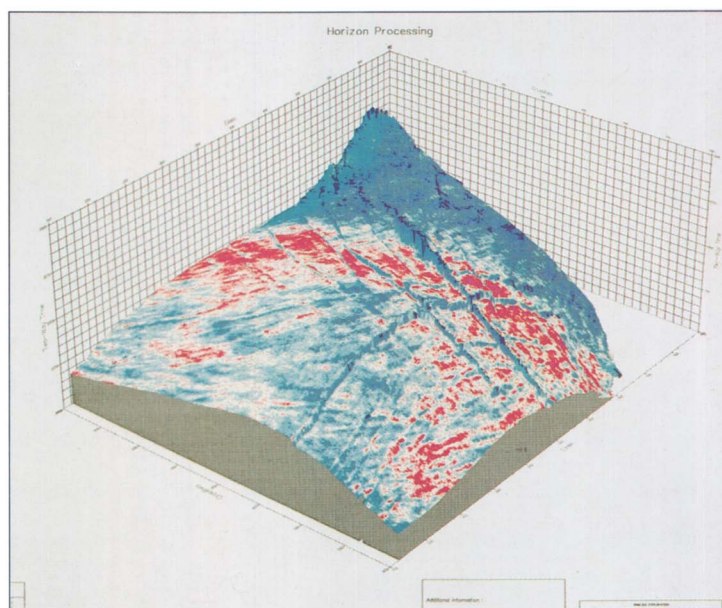
Bij de data-acquisitie bestond de verandering hierin, dat veel meer geofoons of hydrofoons op het registratie-apparaat werden aangesloten. Op zee resulteerde dat in het aanwenden van meerdere hydrofoonkabels en soms ook van meerdere airgunrijen. Bij de NAM-configuratie werden twee schepen in combinatie gebruikt, die elk twee hydrofoonkabels en twee rijen met airguns

Afb. 16. (Rechts) Interpretatie van 3D-data anno 1994.

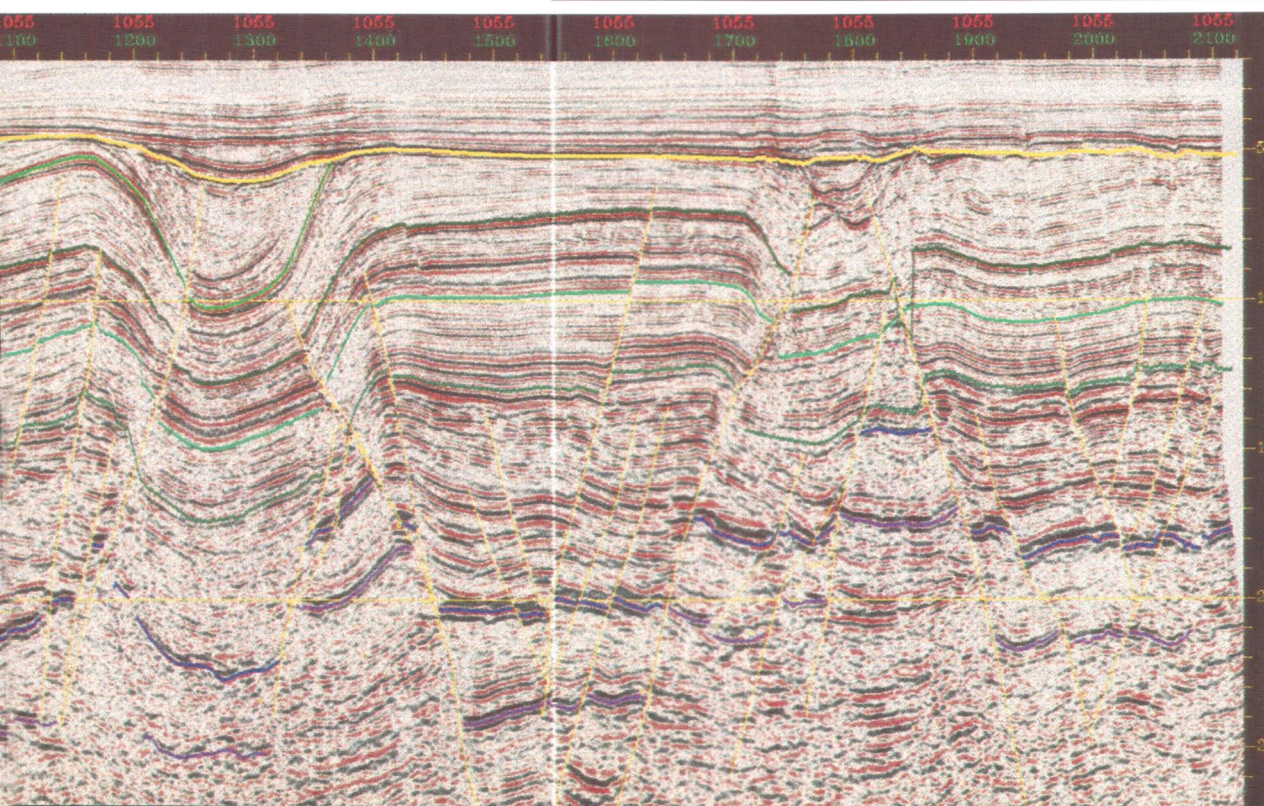


Afb. 15. (Boven) Een volume van 3D-data.

Afb. 18. (Rechts) Een perspectiefisch diagram van een 3D-interpretatie van een gasveld, waarbij bovendien in kleur de gemeten reflectiesterkte wordt weergegeven.



Afb. 17. (Onder) Een volledig geïnterpreteerde 3D-lijn.



voortrokken. Op die manier werden zestien lijnen van gemeenschappelijke middenpunten in één keer opgenomen. Op land speelde zich iets vergelijkbaars af. Men zou kunnen stellen dat het schieten van 3D in feite een zeer efficiënte 2D-operatie is. In de verwerkingfase waren wel een aantal essentiële veranderingen noodzakelijk. Nog afgezien van het feit dat een explosieve toename van hoeveelheid gegevens plaatsvond, dienden vrijwel alle programma's te worden aangepast vanwege de extra dimensie.

Hierboven is reeds het proces van seismische migratie aan de orde geweest. Vóór toepassing van dit proces, worden reflecties op seismische traces recht naar beneden weergegeven, *ongeacht of* zij ook recht beneden de positie van die trace zijn gegenereerd. Het migratieproces zorgt er nu voor dat die reflecties lateraal naar hun plaats van oorsprong worden verschoven. Het zal nu duidelijk zijn dat een dergelijk proces op 2D-seismiek alleen dan correct is, indien deze beweging zich in het vlak van de sectie afspeelt, met andere woorden, indien de sectie haaks staat op de helling van de lagen in de ondergrond. Het is evident dat deze situatie lang niet altijd voorkomt. Men heeft dus vrijwel altijd te maken met reflecties "uit de zijkant", die het migratieproces op een enkele 2D-lijn nimmer goed kan corrigeren. De grote kracht nu van 3D-seismiek is dat het migratieproces zo goed als perfect kan worden uitgevoerd, ongeacht de geometrie van de ondergrond. Op zijn beurt resulteerde dit in een verhoogde resolutie van de data, die daardoor beter interpreteerbaar werden. Het "scherp" stellen van een lens kan worden beschouwd als het optische equivalent van het migratieproces.

Bij de overgang van 2D- naar 3D-interpretatie maakten papieren secties en potloden plaats voor grote beeldschermen en uiterst snelle computers, afb. 16. Geavanceerde programmatuur helpt de interpretatieteam bij het verwerken van immense hoeveelheden data. De taak blijft evenwel hetzelfde: het maken van een geologisch model van de ondergrond. Doordat uit een 3D seismisch volume doorsnedes kunnen worden gemaakt in alle oriëntaties en door de fijne bemonstering in (x,y), is het mogelijk de meest gecompliceerde structuren in de ondergrond te ontrafelen. In afb. 17 is een dergelijke lijn weergegeven uit een onderzoek in West-Nederland, waarop elementen van de daar aanwezige compressie-tektoniek duidelijk herkenbaar zijn. De resulterende interpretatiekaarten verkregen eveneens een ander aanzien. In plaats van enkele contouren, gebaseerd op een schaars net van 2D-gegevens, zijn de 3D-kaarten geheel "gevuld". Zie de voorpaat van deze *Gea*-uitgave. Op de daar afgebeelde kaart worden reflectietijden in kleuren weergegeven; hoe donkerder de kleur, des te dieper de reflector zich in de ondergrond bevindt. Graduele overgangen in kleur geven een geleidelijke helling weer en abrupte kleurverschillen worden veroorzaakt door breuken. De

afgebeelde reflector bevindt zich op een diepte variërend van 3 tot 5 km en er komen breuken voor met spronghoogtes van ettelijke honderden meters. Uit het breukpatroon kunnen geologen conclusies trekken ten aanzien van de tektonische spanningen die dit veroorzaakt hebben; in dit geval zijn voornamelijk extensie- (rek-) krachten aan het werk geweest.

In afb. 18 tenslotte is een perspectivische afbeelding gegeven van de structuur van een olieveld, gebaseerd op 3D-seismiek, waarin bovendien in kleur de sterkte van de betreffende reflectie is weergegeven. Dit laatste kan iets vertellen over de reservoir-eigenschappen.

Conclusies

In de ongeveer 75 jaar van industriële toepassing heeft de reflectie-seismiek een stormachtige ontwikkeling ondergaan. Deze ontwikkelingen werden voornamelijk gedreven door de oliemaatschappijen, maar ook in andere takken van de aardwetenschap wordt de techniek bedreven en verfijnd.

Een aantal toepassingen treft men buiten de aardwetenschappen aan. Men denke hierbij aan het acoustisch testen van pijpleidingen. Eén van de aardigste ontwikkelingen is wellicht de medische echografie, een wel heel bijzondere toepassing van driedimensionale reflectie-seismiek.

Selectie van artikelen van algemene aard

"Energie uit de diepte" en "Energie uit zee", NAM-publikaties. "Niet geschoten is altijd mis", door NAM-medewerkers, *Blauwdruk* 94/1, publikatie van Gasunie B.V., Februari 1994, pp 20-25. "Seismiek", door J.T. Fokkema en G. Diephuis, *Natuur en Techniek*, 62/4, September 1994, pp 690-705. "The quest for oil", door F. Hapgood, *National Geographic Magazine*, Augustus 1989. "Naar olie speuren in drie dimensies", *Kijk*, Nov. 1992, pp 72 e.v. "Seismic Surveying", *Shell Science & Technology*, Dec. 1990.

Bronvermelding illustraties

Afb. 1. Gedenkboek Koninklijke Nederlandse Petroleum Maatschappij, 1890-1950.
Afb. 2. Shell International Petroleum Company, London.
Afb. 4. Sensor Nederland, Voorschoten.
De overige afbeeldingen zijn afkomstig van de Nederlandse Aardolie Maatschappij, Assen.

Boekbespreking

Van bacterie tot Lucy, 4 miljard jaar leven op aarde, redactie J.-M. Cordy, Publicatie van de Belgische Ver. voor Paleontologie vzw, nr. 14, samen met de Abbaye St.-Gérard de Brogne, 1994, in het Nederlands vertaald door J.F. Geys. 160 p., formaat 21 x 20 cm, vele kleuren- en zw/w-afb. Prijs f 36,50 (640 BF) voor niet-leden BVP, of f 28,50 (500 BF) voor BVP-leden, + verzendkosten.

Dit fraai uitgegeven boek verscheen als catalogus bij de gelijknamige tentoonstelling in de Abdij St.-Gérard de Brogne bij Namen. Deze expositie is inmiddels gesloten, maar door de hoge kwaliteit en de schat aan gegevens, die in dit boek voor liefhebbers *op elk niveau* liggen opgestapeld, is een bespreking toch vereist. Een keur van medewerkers, aan tentoonstelling en catalogus, werd financieel gesteund door kapitaalkrachtige sponsors, zonder wie zo'n prachtig boek in zo'n kleine oplage niet te realiseren zou zijn geweest. Tussen de medewerkers duikt telkens één naam op, die van J.F. Geys, die zowel auteur van vele hoofdstukken was als de vertaler van het van origine Franstalige werk. Daardoor

werd meteen de Nederlandstalige literatuur over fossielen verrijkt met een deskundig, beknopt overzicht van de paleontologie, waaraan vele hoogst wetenswaardige bijzonderheden gekoppeld zijn. Aan de hand van specifieke voorkomens worden de fossielen uit de perioden van de aardgeschiedenis beschreven. Bij voorkeur zijn dit Belgische voorkomens, maar ook bv. de Ediacara-fauna van Australië (Precambrium), de Siluur-riffen van Gotland, de lithografische kalksteen van Solnhofen (Boven-Jura), de bitumineuze leisteen van Messel, en de Ethiopische bakermat van de titelheldin, de 1,2 m lange Lucy, uit 3 miljoen voor Christus. Het lezen van al deze verhalen is een waar genoegen. Door de mooie kleurenplaten wordt ook nog eens het oog gestreeld. Menigeen zal dit boek willen bezitten. De genoemde prijs dient voor verzendkosten met f 8,- (70 BEF) te worden verhoogd. Bestellingen aan de BVP-Boekenservice door vooruitbetaling op nr. 140 543 538 Rabobank-Ossendrecht t.n.v. F. de Bruyn, inv. de Belg. Veren. Paleont. (of in België op rekening 789-5378542-07 van de B.V.P.) en *schriftelijke bevestiging* bij de heer F. de Bruyn, Petrus Bogaertsstraat 26, B-2970 Schilde, België. Ook is het mogelijk via de GEA-Boekenservice te bestellen (zie de *Gea*-bijlage). J.S.-v.B.