

FAEROE-SHETLAND GEUL: ONTWIKKELING, STRUCTUUR,
SEISMISCHE STRATIGRAFIE, SEDIMENTATIE
PROCESSEN

B. ENGBRENGHOF

Verlagen
ds Instituut voor
k der Zee, Texel

1982-6

12970

All rights reserved

Internal reports are not to be reprinted or cited, it is only allowed by consent of the Netherlands Institute For Sea Research.

FAEROE-SHETLAND GEUL: ONTWIKKELING, STRUCTUUR,
SEISMISCHE STRATIGRAFIE, SEDIMENTATIE
PROCESSEN*

door

B. ENGBRENGHOF

INHOUD

I.	Introductie	1
II.	Gebruikte methodes	3
III.	Structuur en ontwikkeling van de Faeroe-Shetland geul	5
IV.	Hydrografie van de Noordoost Atlantische Oceaan	9
V.	Seismische stratigrafie van de Faeroe-Shetland geul uit gepubliceerde gegevens	11
VI.	Seismische stratigrafie van de Faeroe-Shetland geul aan de hand van eigen gegevens	14
VII.	Discussie	26
VIII.	Conclusies	34
IX.	Referenties	36

I. INTRODUKTIE

GEOGRAFISCHE LIGGING

De Faeroe-Shetland geul ligt in de Noord Atlantische Oceaan tussen $\pm 60^{\circ}$ NB en 63° NB en tussen $\pm 6^{\circ}$ WL en 2° EL. De geul heeft een noordoost-zuidwest richting. Aan de noordwest kant van de geul liggen de Faeroe eilanden en aan de zuidoost kant ligging de Shetland eilanden (Fig. 1a.).

KEUZE GEBIED EN STUDIE ONDERWERP

Binnen de afdeling mariene geologie van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (N.I.O.Z.) wordt onderzoek gedaan

*De studie werd uitgevoerd binnen het kader van een bijvak mariene geologie van de vakgroep stratigrafie - paleontologie van het Instituut voor Aardwetenschappen aan de Vrije Universiteit te Amsterdam, onder leiding van T.C.E. v. Weering aan het NIOZ te Texel.

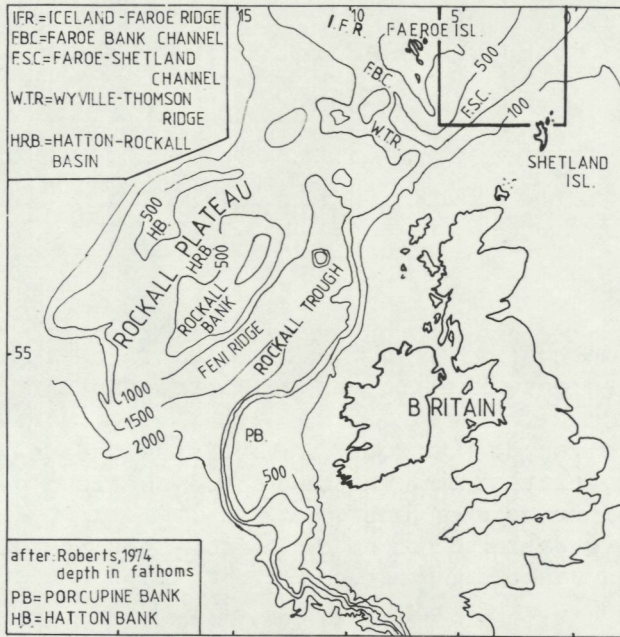


Fig. 1a. Regionale geografische kaart.

naar samenstelling, transportprocessen en sedimentatiesnelheden van Noordzeesedimenten.

Het onderzoeksgebied is gekozen om een inzicht te verschaffen in sedimenttransport vanaf de shelf over de continentale helling. Tijdens een vaartocht met m.s. Tyro in augustus 1981 werden seismische reflectieprofielen opgenomen in de Faeroe-Shetland geul. Het was de bedoeling, om aan de hand van deze profielen grootschalige sedimentaire structuren, de aard van het sedimenttransport en zo mogelijk ouderdom en dikte van diverse sedimentpakketten vast te stellen.

Tijdens het uitwerken en bestuderen van de diverse profielen, werd besloten de resultaten te vergelijken met gepubliceerde gegevens over Rockall Trough, omdat beide geulen gelijktijdig ontstaan zijn en seismische reflectieprofielen uit beide geulen grote gelijkenis vertonen. Bovendien is voor wat

Voor de seismische reflectie opname werd gebruik gemaakt van een serie van 7 airguns, welke d.m.v. een electronische sturing op een dusdanige manier na elkaar afgeschoten werden, dat een signaal ontstond, waarmee de resolutie van de profielen maximaal zou zijn, desnoods ten koste van de penetratie. Het gereflecteerde signaal werd opgevangen door een relatief korte en dichtbij het schip hangende Benthos streamer.

Tevens werd gebruik gemaakt van een echolood (3,5 kHz) om een indruk te krijgen van het akoestische karakter van de toplaag. Het echolood diende ook als hulpmiddel bij het bepalen van locaties, waar "piston cores" genomen konden worden.

METHODE VAN UITWERKEN

Aan de hand van een aantal reflectieprofielen werd een variabel aantal reflectoren onderscheiden op grond van karakter, duidelijkheid en vervolgbaarheid. De hierbij horende seismische eenheden zijn op kaarten weergegeven door isochronen van sedimentdikte in ms two-way travel time (TWT) (Figs. 13 t/m 16). Met behulp van de echoloodprofielen werd een bathymetrische kaart samengesteld. De diepte in meters kon worden afgelezen van een computerprogramma, waarvoor de gegevens verkregen waren door metingen met een Chloriniteit Temperatuur Dichtheid meter (CTD) tijdens de vaartocht (Fig. 1b).

Om een indruk te krijgen van de werkelijke diktes van de verschillende pakketten, moet in de seismische eenheden I, II, en III (zie Hoofdstuk VI) rekening gehouden worden met een snelheid van de geluidsgolven van $\pm 2000 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (TALWANI & ELDHOLM, 1972), zodat in deze eenheden de getallen bij de isochronen tevens de dikte in meters aangeven. In de bovenliggende eenheid IV ligt de reissnelheid in de buurt van $1850 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (T.C.E. van Weering, NIOZ).

Op de profielen kan met een nauwkeurigheid van $25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ TWT gewerkt worden, hetgeen op de tijdschaal van de profielen ongeveer de dikte van een reflector is. De locatie van de diverse profielen is aangegeven op Figuur 12. Bij de beschrijving van de profielen is gebruik gemaakt van terminologie, welke ontwikkeld werd door VAIL, et al., (1977).

III. STRUCTUUR EN ONTWIKKELING VAN DE FAEROE-SHETLAND GEUL

STRUCTUUR

Ten noordwesten van het centraal gelegen Faeroe bekken, wordt de geul structureel begrensd door het Faeroe-Shetland escarpment, de zuidostrand van het Faeroe plateau. Aan de zuidoost zijde van het Faeroe bekken ligt de zuidwest-noordoost lopende Rona ridge, een horstachtige structuur in het basement. Zuidoostelijk van de ridge ligt het West-Shetland bekken, dat aan de zuidostrand begrensd wordt door een serie "en echelon" lopende breuken in het basement, die tevens de rand van het West-Shetland platform vormt (RIDD, 1981) (Fig. 2).

Deze breuken hebben allen een zuidwest-noordoost richting (Caledonische richting (JOHNSON & DINGWAL, 1981)). In het Faeroe bekken ligt een naar het noordoosten duikende anticlinale structuur (KORSAKOV, 1978). In het zuidwesten bevindt zich de noordwest-zuidoost lopende Wyville-Thomson ridge.

Het Faeroe plateau en de Wyville-Thomson ridge bestaan uit bazaltlavas van Paleocene- en Eocene ouderdom (ROBERTS, BOTT & URUSKI, pers. comm.). Bij het Faeroe plateau liggen de lavas op continentale korst (BOTT, 1974; ROBERTS, BOTT & URUSKI, pers. comm.). Het West-Shetland platform bestaat uit kristallijne gesteenten van Precambrische ouderdom, die het

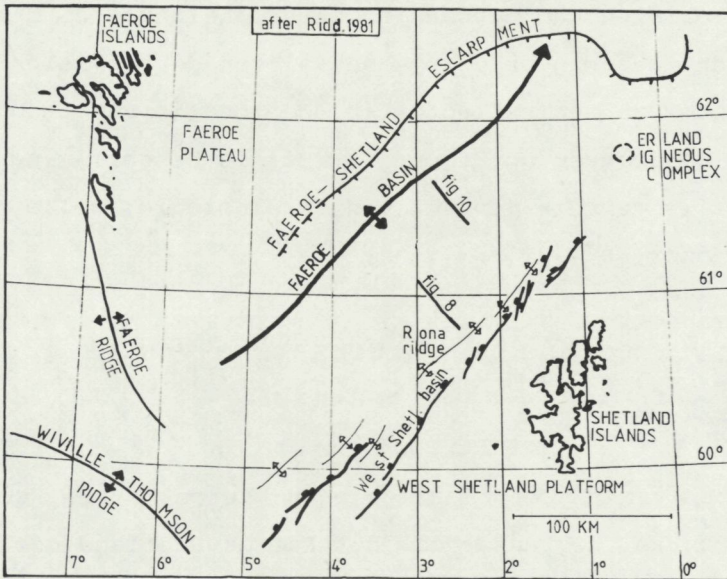


Fig. 2. Structurele kaart Faeroe-Shetland geul.

basement vormen. Gegevens over het basement onder het Faeroe bekken zijn niet bekend.

Het Faeroe bekken is opgevuld met mariene, vulcanische en vulcanoklastische sedimenten van Tertiaire ouderdom. Het West Shetland bekken is opgevuld met een sedimentsequentie, die begint in het Perm. Binnen deze sequentie bevinden zich enkele hiaten (RIDD, 1981).

ONTWIKKELING (LAUGHTON, 1975)

De Faeroe-Shetland geul ontstond als een verlengde van Rockall Trough in het Onder Krijt (110 ± 10 Ma B.P.), waarbij Rockall plateau en het Faeroe plateau van zowel het Europese continent als van Groenland losraakten (Fig. 3). In het Boven Senoon (75 Ma B.P.) had het spreidingsmechanisme volgens dit patroon opgehouden en ontstond een twee plaats spreidingsmechanisme (Fig. 4). De beide troggen werden nu opgevuld met sediment,

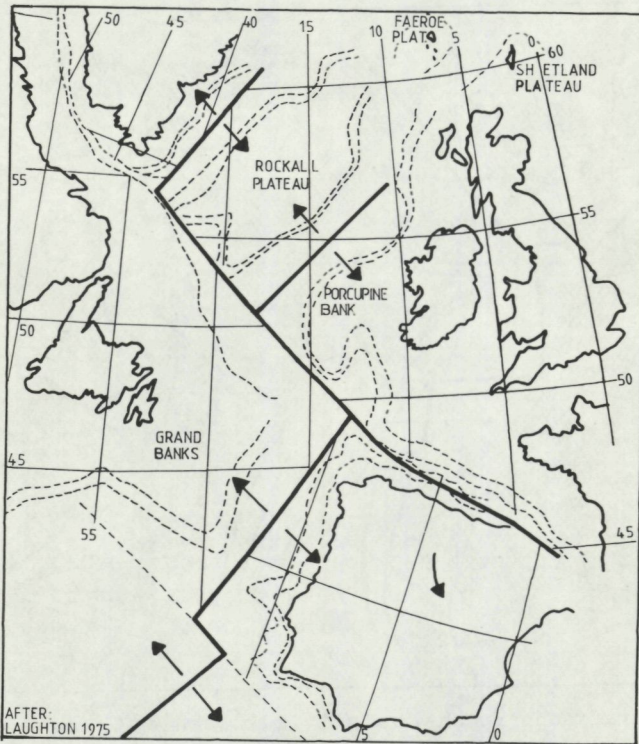


Fig. 3. Paleogeografische reconstructie: Onder Krijt.

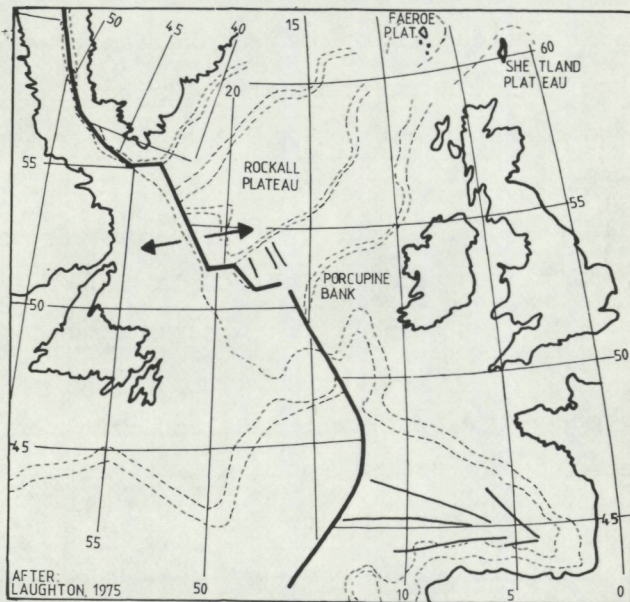


Fig. 4. Paleogeografische reconstructie: Santoon (78 My B.P.).

sedimentatie en vond zelfs erosie plaats. Vanaf het Oligoceen vond sedimentatie door bodemstroming plaats vanuit noordelijke richting, hetgeen resulteerde in lensvormige afzettingen met vele "overlap" - en "overstep"- structuren (ROBERTS, BOTT & URUSKI, pers. comm.; RIDD, 1981).

IV. HYDROGRAFIE VAN DE NOORDOOST ATLANTISCHE OCEAAN

Vanuit het oostelijk deel van de Noord Atlantische Oceaan stroomt relatief warm oppervlaktewater in de Noorse Zee. Een deel stroomt in noordelijke richting om de westkant van IJsland en een ander deel stroomt in noordelijke richting door de Faeroe-Shetland geul. In de Noorse Zee staat dit water hitte af aan de atmosfeer en bezinkt. Het aldus ontstane diepe water stroomt vervolgens de Noorse Zee uit (Norwegian Overflow Water) door de Denmarkstrait, over de Faeroe-Iceland ridge en langs een route, welke gevormd wordt door de Faeroe-Shetland geul en de Faeroe Bank geul. Tevens vindt een onderbroken overflow plaats over de Wyville-Thomson ridge in Rockall Trough (JONES et al., 1970; WORTHINGTON, 1970). Dit stromingspatroon bestaat sinds het Paleoceen (JONES et al., 1970) en heeft duidelijk zijn stempel gezet op de sedimentdistributie, welke resulteerde in afzettingen, die door bodemstromingen gevormd zijn (Fig. 6). In Rockall Trough en de Faeroe-Shetland geul werden deze afzettingen vanaf het Oligoceen gevormd.

Tijdens glaciële perioden van het Pleistoceen, waarin pakijs in de Noorse Zee gevormd werd, stopte de circulatie, doordat geen water meer bezonk, waardoor de afvoer van "Norwegian Overflow Water" ook stopte. Deze verstoring van de circulatie trad in ieder geval gedurende de laatste ijstijd (WÜRM glaciaal: 75000 - 11000 a B.P.) alleen op tijdens een

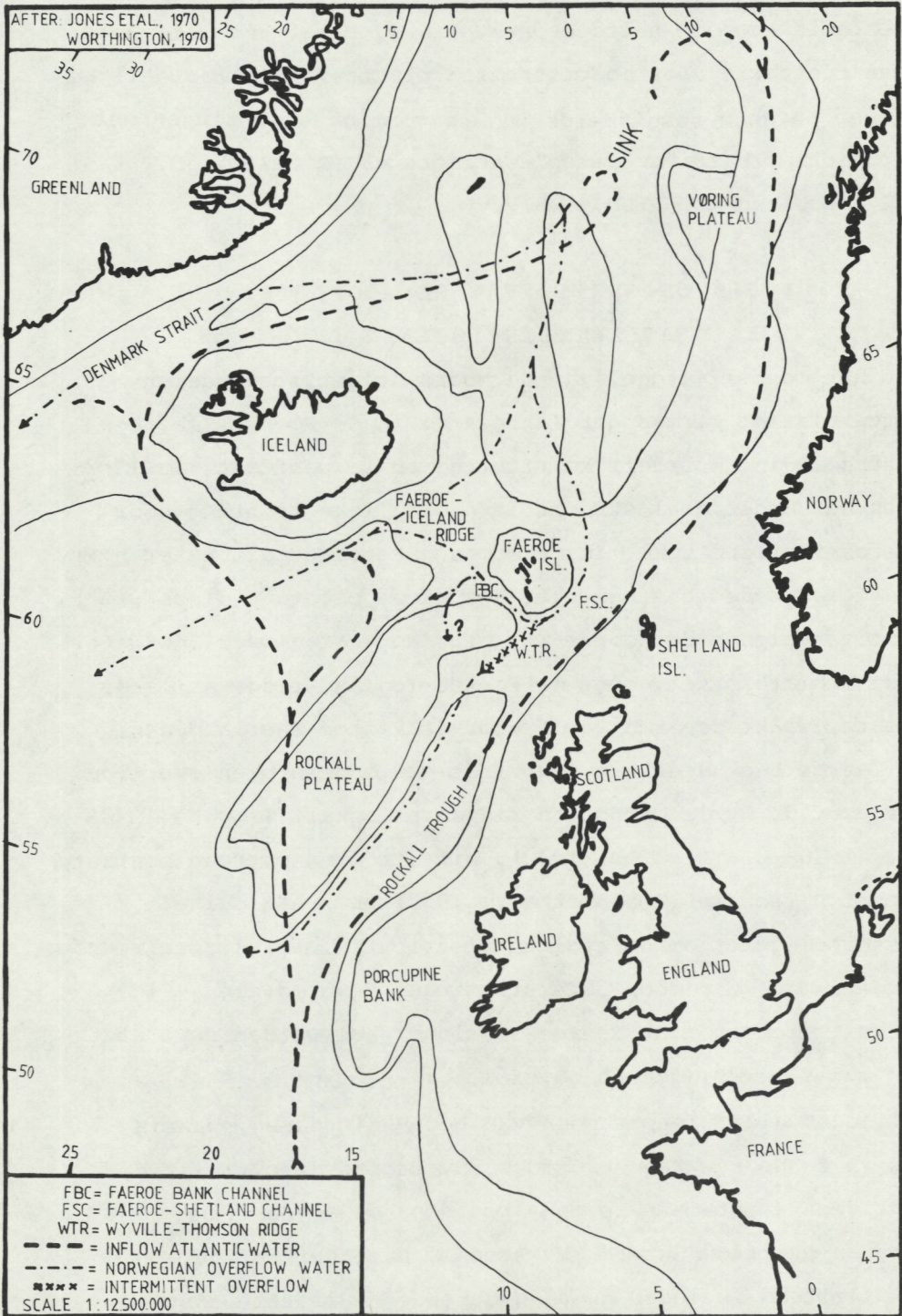


Fig. 6. Kaart van de Noordoost Atlantische Oceaan met de belangrijkste stroompatronen

later stadium van de glaciale periode. Tijdens eerdere stadia van een glaciaal, waarbij de Arctische Oceaan en ook de Noorse Zee openbleven en tijdens interglacialen, bestond een stromingspatroon, dat grote overeenkomst vertoonde met het huidige (OLAUSSON, 1972; EISMA & v.d. GAAST, 1981).

V. SEISMISCHE STRATIGRAFIE VAN DE FAEROE-SHETLAND GEUL UIT GEPUBLICIEERDE GEGEVENS

Gedetailleerde stratigrafische informatie, welke afkomstig is van boringen, is beperkt tot de shelfrand van het West Shetland platform. Het West Shetland bekken, dat ten noordwesten hiervan ligt, is een halfslenk structuur, welke opgevuld is met sediment vanaf het Permo-Trias (Fig. 7).

Op de profielen kan men vier duidelijke seismische eenheden waarnemen, waaraan een ouderdom is toegekend : 1^e Een onderste eenheid welke gesteenten van Krijt ouderdom markeert; 2^e Een daarbovenliggende eenheid, welke gesteenten van Paleocene ouderdom markeert; 3^e een eenheid, welke gesteenten van Eocene en Oligocene ouderdom markeert en 4^e; een eenheid, welke gesteenten van Neogene ouderdom markeert. De grens tussen de bovenste twee eenheden wordt gevormd door een "erosional unconformity". De onderste twee eenheden worden gekenmerkt door het voorkomen van "growth faults" (Fig. 8).

Meer in noordwestelijke richting is de onderste eenheid niet meer waar te nemen. Tevens verschuift in dezelfde richting de scharnierlijn van jongere eenheden (scharnierlijn: lijn, die punten verbindt, waar de dikte van een sedimentpakket het snelst toeneemt) (Fig. 9). Ten zuidoosten van de as van het Faeroe bekken ligt een seismisch opake zone (d.w.z. zonder reflecties), waar alleen nog de basis van de eenheid, welke Eocene en Oligocene gesteenten markeert, vaag kan worden

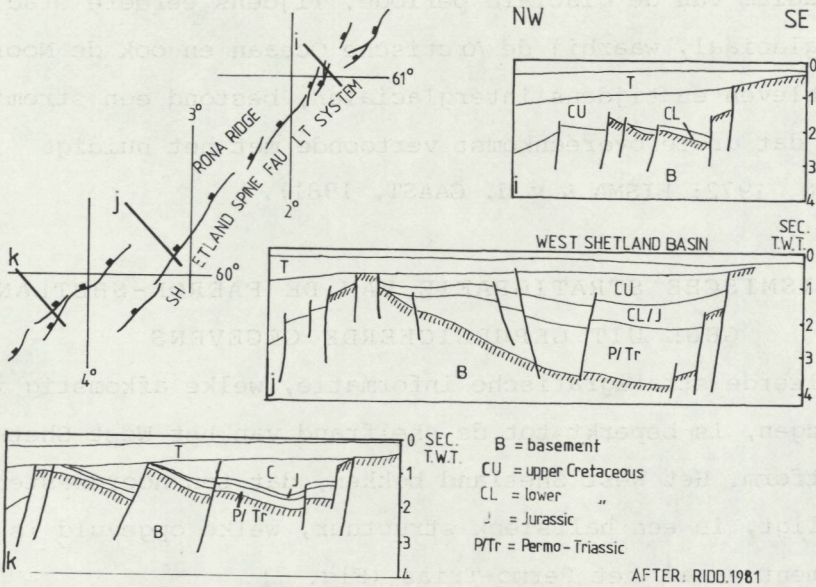


Fig. 7. Secties door het West Shetland bekken (interpretatie van seismische profielen).

waargenomen. Zelfs kan op een enkele plaats de opake zone tot in de op één na bovenste eenheid gevolgd worden (Fig. 10). De opake zone heeft waarschijnlijk met intrusieve activiteiten te maken (RIDDD, 1981). Op enkele profielen (RIDDD, 1981) kan

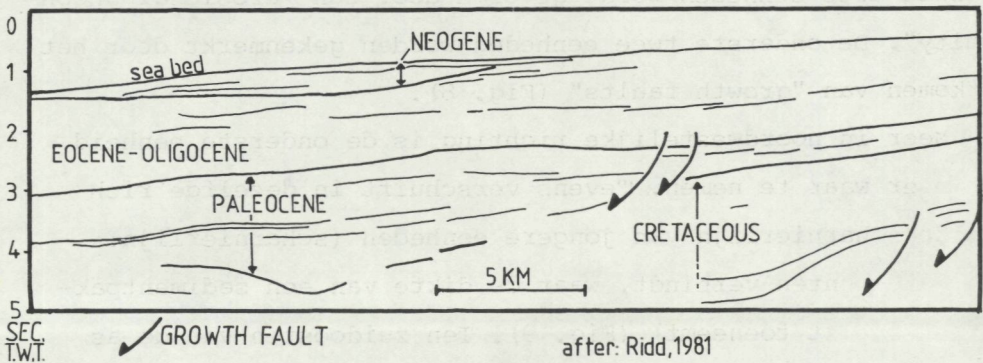


Fig. 8. Geologische interpretatie van een seismische sectie door de zuidflank van het Faeroe bekken (locatie Fig. 2).

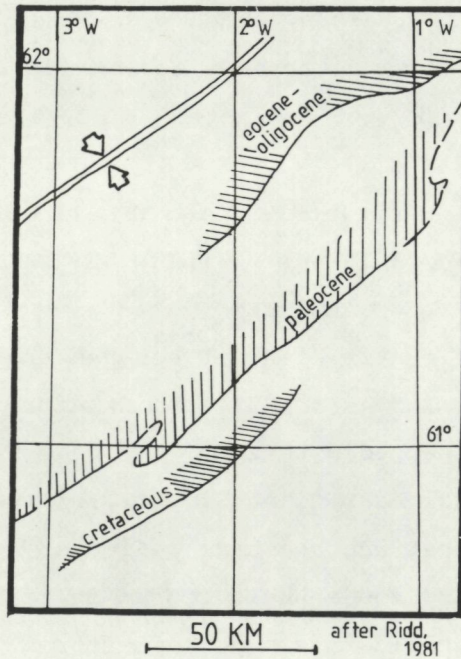


Fig. 9. Richting van de scharnierlijn en verschuiving hiervan in de tijd.

men nog een dergelijk fenomeen waarnemen nl. Het Erland Igneous Complex (locatie, Fig. 2). Hier vlakbij bevindt zich een boring. Op Boven Krijt rhyolieten liggen flowbazalten van Paleocene ouderdom en daarop Eocene kleisteen en siltsteen.

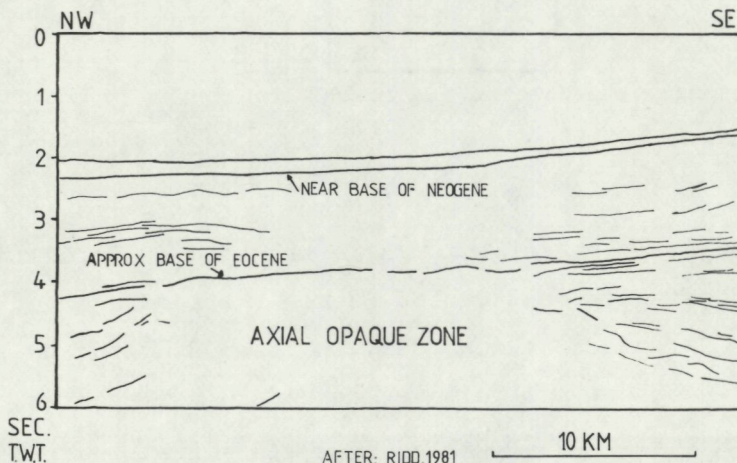


Fig. 10. Geologische interpretatie van een seismische sectie door de axiale opake zone.

De intrusieve activiteiten vonden plaats aan het einde van het Paleoceen en hingen samen met een beginnende "sea-floor spreading", welke echter niet doorzette (RIDD, 1981).

VI. SEISMISCHE STRATIGRAFIE VAN DE FAEROE-SHETLAND GEUL AAN DE HAND VAN EIGEN GEGEVENS

ALGEMEEN

Op seismische reflectie profielen met een penetratie, die kleiner of gelijk aan 1 s TWT is (NIOZ/North Atlantic/1981/Tyro) zijn vier seismische eenheden te zien, die begrensd worden door reflectoren, die vervolgbaar zijn (Fig. 11): (I) een onderste eenheid tussen de diepst waarneembare reflector A en reflector B, (II) een daarop liggende eenheid tussen de reflectoren B en C, (III) een derde eenheid tussen de reflectoren C en D-2, (IV) de bovenste eenheid tussen reflector D-2 en de zeebodem.

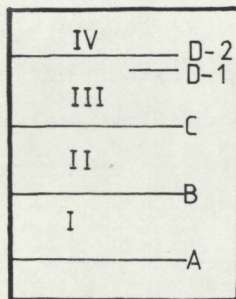


Fig. 11. Schematisch weergave van seismische eenheden en begrenzende reflectoren.

REFLECTOREN

De diepst waarneembare reflector A is krachtig en duidelijk in het noordoostelijk deel van de Faeroe-Shetland geul en ligt ongeveer 1 s TWT onder de zeebodem. In verhouding tot de breedte (dikte op het profiel) van de andere reflectoren, manifesteert deze reflector zich als een brede band. Langs de shelfrand vertoont de reflector paraboolkarakteristieken.

Reflector B is minder krachtig en ook smaller aan de rand van het bekken dan A en vertoont daar minder duidelijke paraboolkarakteristieken. In het bekken wordt reflector B gevormd door een groot aantal parabolen, die tesamen de bovenkant vormen van een brede band. Op sommige plekken zijn opvullingsstructuren binnen deze band te zien. De dikte van de band kan oplopen tot $\pm 200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ TWT.

Op enkele plaatsen zijn aanwijzingen te zien, dat deze reflector een nonconformiteit markeert (profiel III en V, Fig. 12). Reflector C manifesteert zich als een vrij smalle band met een golfpatroon en is meestal conform aan reflector B. Boven reflector C bevindt zich reflector D-1, die een niet overal vervolgbare nonconformiteit markeert.

Vooraf in het noordoostelijk deel van het bekken ligt deze reflector vlak onder reflector D-2, die reflector D-1 daar op vele plaatsen afsnijdt. In dit deel van het bekken zijn nog een tweetal duidelijke reflectoren waar te nemen tussen reflector C en D-1 en/of D-2. Deze reflectoren zijn echter niet continu. In dit gebied ziet men een stelsel van elkaar afsnijdende reflectoren (profiel III). Op de rand van de shelf van zowel het Faeroe plateau als het West Shetland platform dazomen reflectoren aan het sedimentoppervlak, die niet te vervolgen zijn.

EENHEDEN

Eenheid I is op de meeste plaatsen seismische transparant. Op enkele plaatsen zijn echter enige reflecties binnen deze eenheid te zien (profiel III en V, Fig. 12). De grootst waargenomen dikte van deze eenheid bedraagt $\pm 600 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ TWT. Langs het Faeroe-Shetland escarpment is de eenheid het dunst. De dikte

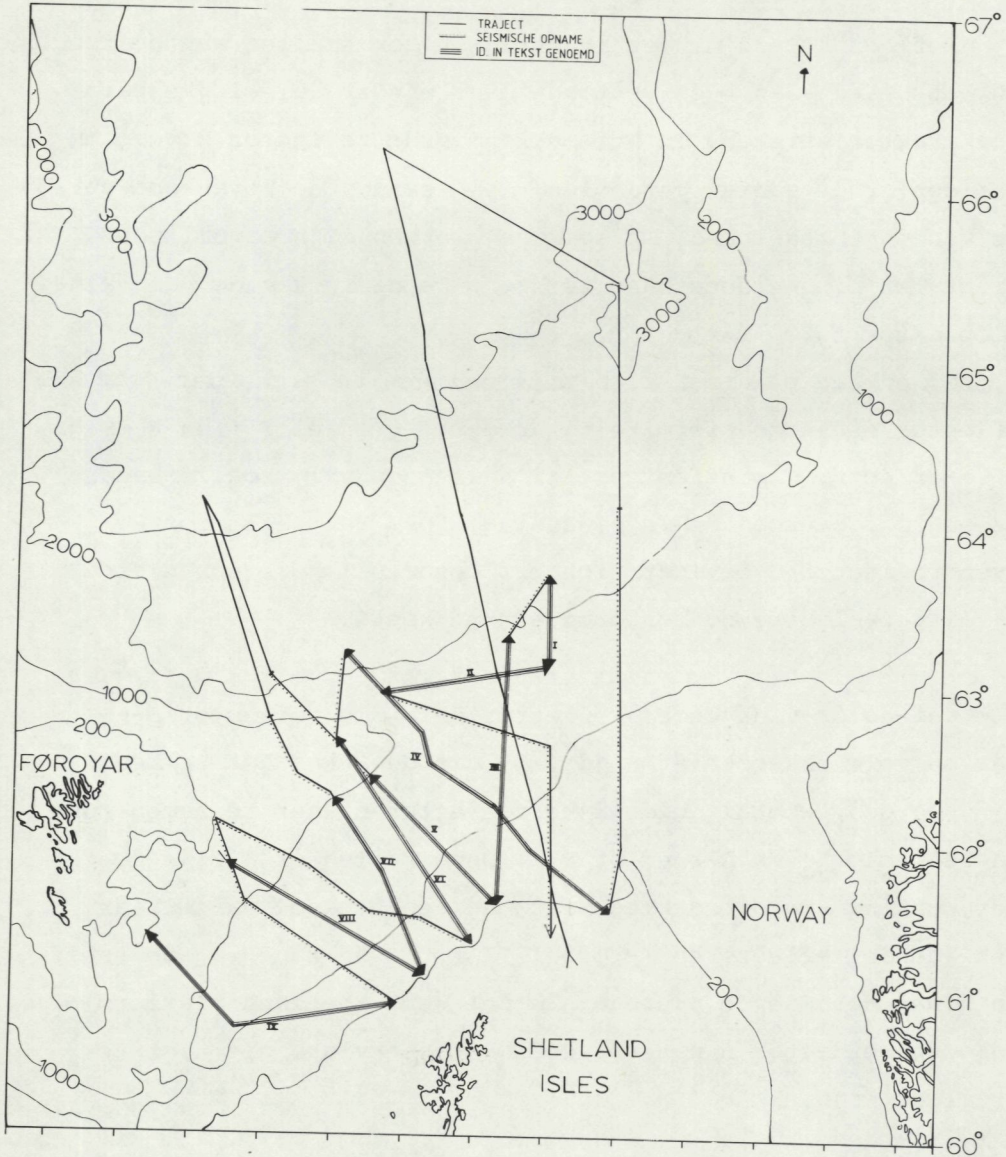


Fig. 12. Trajectkaart van profielen welke werden opgenomen gedurende tocht NA 81.

van de eenheid is het grootst ten oosten van de as van het bekken ter hoogte van $62^{\circ} 30'$ NB (Fig. 13).

Eenheid II is in het bekken evenals eenheid I seismisch transparant, alhoewel op sommige plaatsen vage reflecties waargenomen kunnen worden. Deze reflecties vertonen meestal struc-

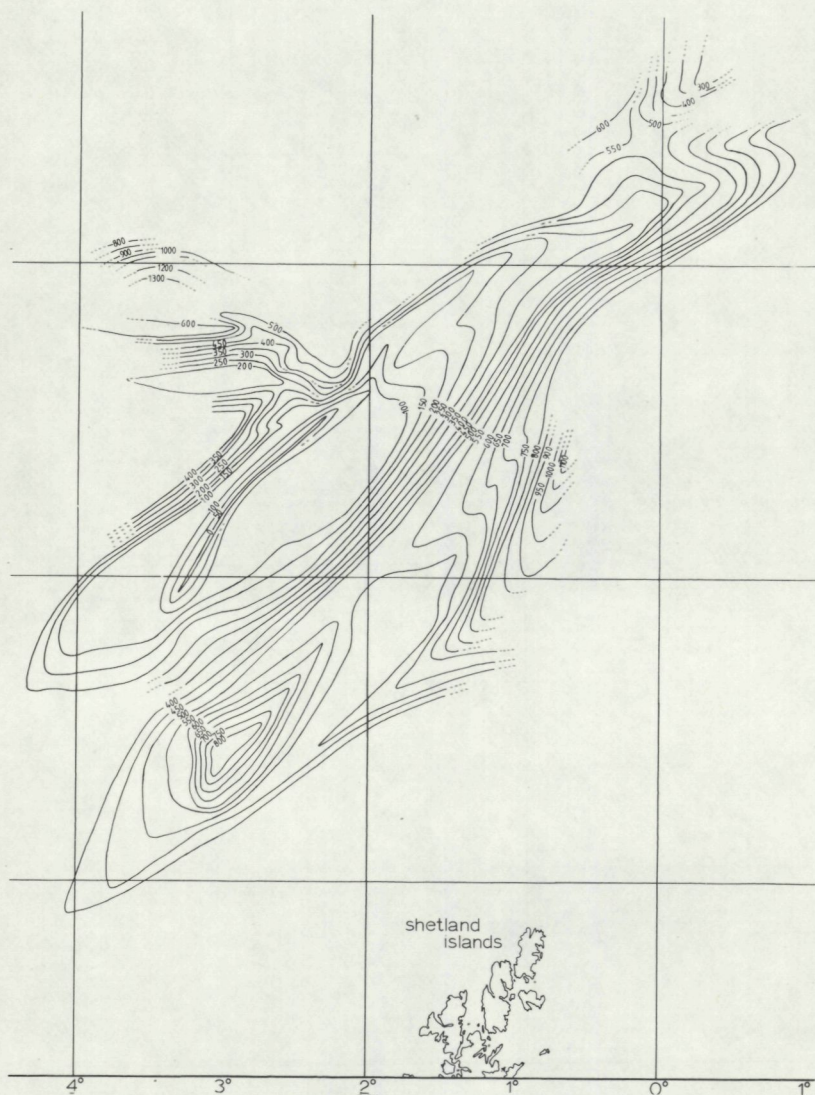


Fig. 13. Diktekaart van seismische eenheid I (in msec TWT).

turen, die conform zijn aan reflector B. Aan de bekkenrand in de buurt van het Faeroe plateau is deze conformiteit duidelijk (profiel VIII, Fig. 12). Aan de bekkenrand zijn op alle profielen in deze eenheid onlapstructuren te zien. De dikte van deze eenheid varieert tussen 0 en $500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ TWT}$ (Fig. 14). De

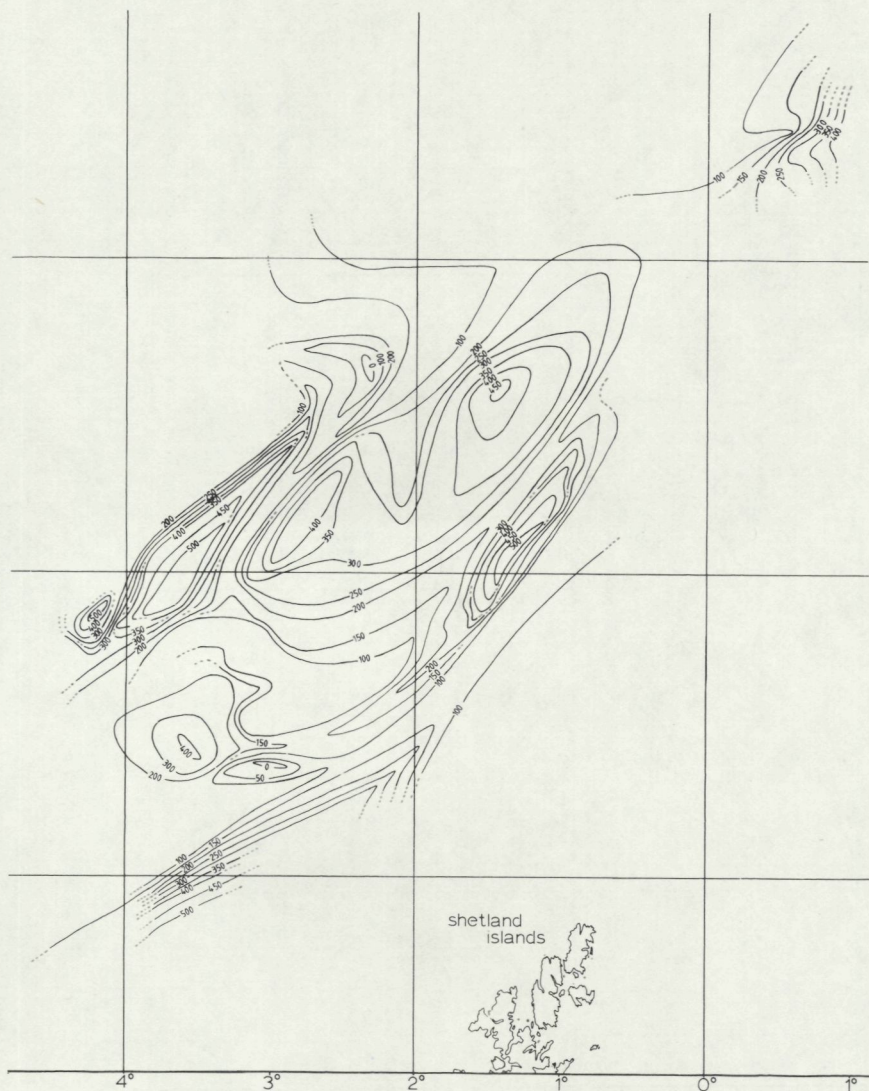


Fig. 14. Diktekaart van seismische eenheid II (in msec TWT).

grootste dikte komt voor in een aantal opgevulde depressies, die allen een langgerekte vorm hebben met een as parallel aan de as van het Faeroe bekken en dus van de Faeroe-Shetland geul.

Eenheid III vertoont in het zuidwestelijk deel van het bekken bovenin duidelijke reflecties. Onderin vlak boven re-

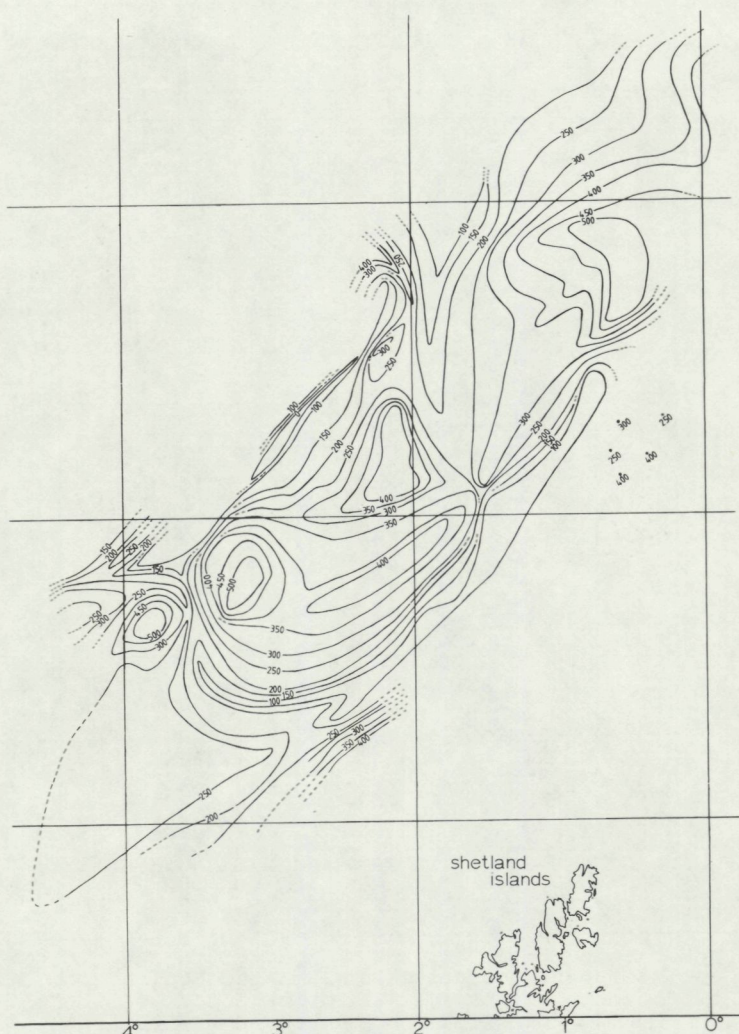


Fig. 15. Diktekaart van seismische eenheid III (in msec TWT).

flector C vertoont deze eenheid nog de karakteristieken van eenheid II. Naar boven toe worden de reflecties geleidelijk aan duidelijker. In dit deel van de eenheid bevinden zich onlapstructuren. Eveneens bevinden zich hier lensvormige structuren, welke vaak transparant zijn. De niet transparante delen van de eenheid vertonen een sterk golfkarakter (wavy). Bovenin de eenheid is op sommige profielen een nonconformiteit waar-

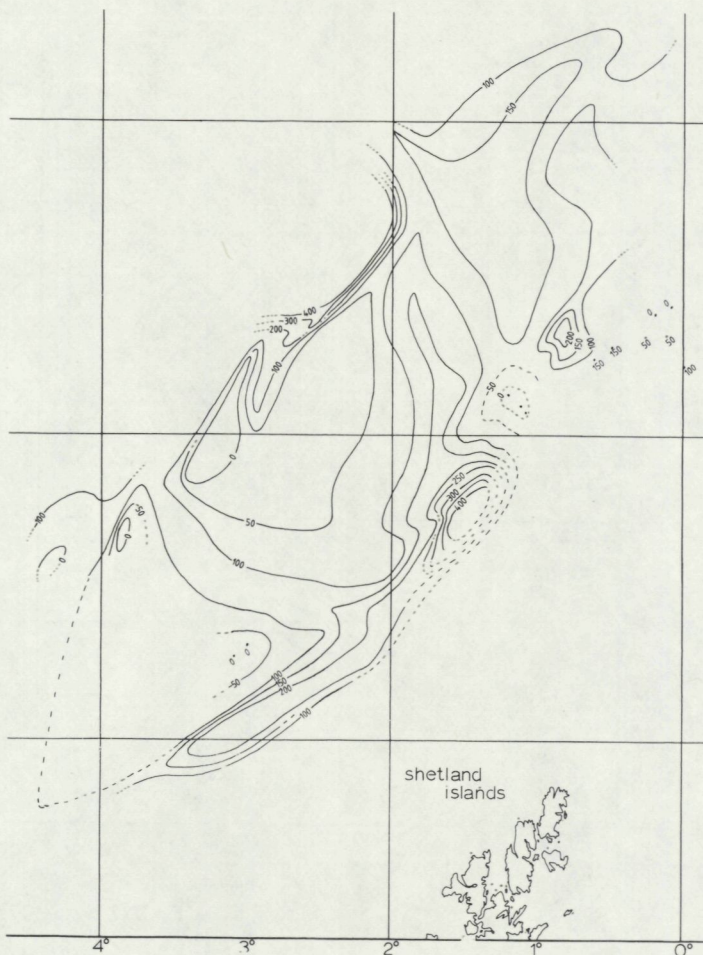


Fig. 16. Diktekaart van seismische eenheid IV (in msec TWT).

neembaar (reflector D-1). Boven deze nonconformiteit zijn verscheidene onlapstructuren te zien. Het golfkarakter van de reflectoren is hier veel minder. Op sommige plekken zijn de reflectoren conform aan die binnen eenheid IV en op andere plaatsen vertonen ze nog een golfkarakter. De top van de eenheid wordt gevormd door reflector D-2, welke een nonconformiteit markeert, die onderliggende reflectoren afsnijdt (profiel VII, Fig. 12). In het noordoostelijk deel van het bekken kunnen in deze eenheid, welke hier transparant is, slechts enkele reflec-

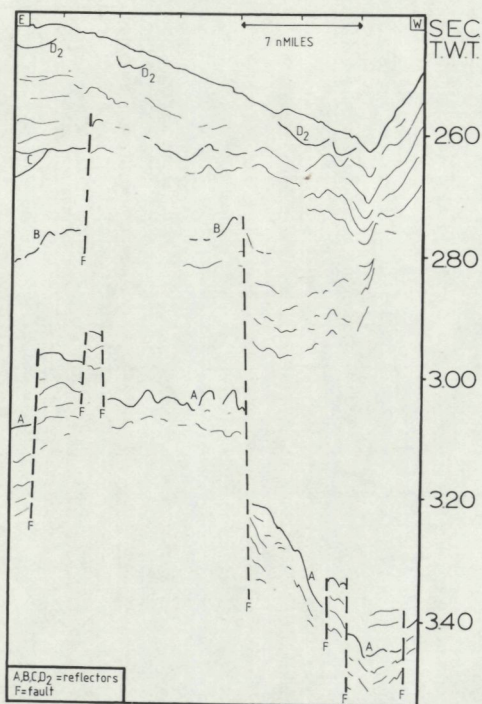


Fig. 17. Voorbeeld van breukstructuren.

toren waargenomen worden. Deze zijn niet continu en "doven uit" of lopen dood op onderliggende reflectoren volens een soort downlapstructuur (profiel II, Fig. 12). Reflector D-1 wordt veelvuldig afgesneden door D-2. De dikte van deze eenheid varieert tussen 0 en $500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ TWT (Fig. 15). De grootste dikte komt voor in een aantal opgevolde depressies.

Eenheid IV vertoont in het noordoostelijk deel van het bekken onduidelijke reflectoren, welke dezelfde karakteristieken laten zien als de reflectoren binnen eenheid III. In het zuidwestelijk deel van het bekken zijn de reflectoren meestal conform aan reflector D-2, hoewel onlapstructuren te zien zijn. Aan de zuidoostkant van dit deel van het bekken zijn de reflectoren onduidelijk. Vage reflectoren vertonen downlapstructuren op reflector D-2 (Fig. 18). De dikte van deze eenheid varieert

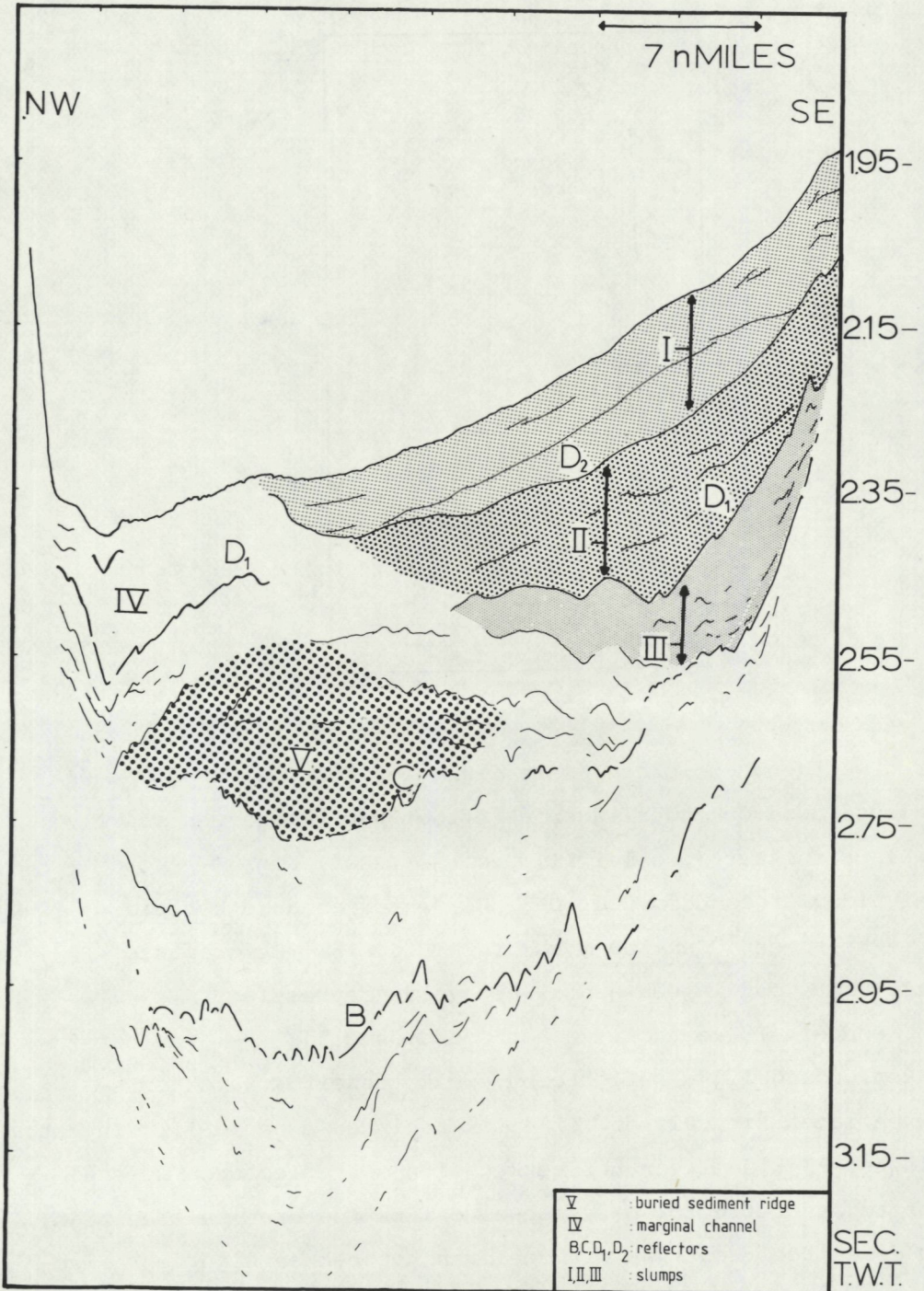


Fig. 18. Voorbeeld van bekkenopvullingsstructuur met grote "slump" afzettingen.

tussen 0 en $400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ TWT (Fig. 16). De grootste diktes komen in het zuidoostelijk deel van het bekken voor.

STRUCTUREN

Op enkele plaatsen (profiel IV en II, Fig. 17 en 12) is reflector A verstoord door breuken. Ook de bovenliggende seismische eenheden en reflectoren zijn daar geheel verstoord. De breuken

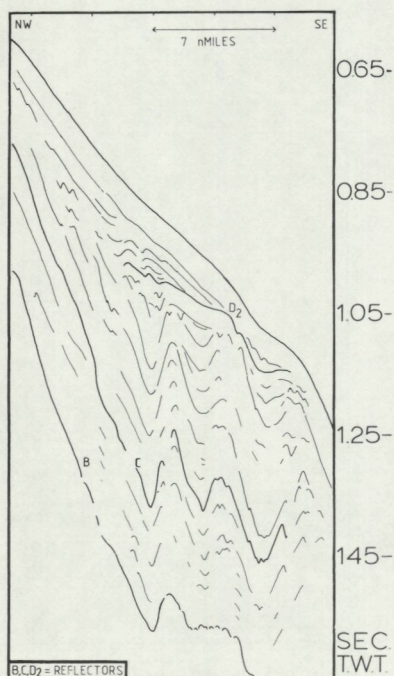


Fig. 19. Voorbeeld van gebogen reflectoren aan de NW kant van het bekken. zijn niet te correleren en hun richting kon daarom niet vastgesteld worden.

Binnen eenheid I zijn op enkele profielen bekkenstructuren te zien. De structuren hebben een "divergent onlap fill" seismische facies. (profiel V en Fig. 18). De reflectoren van deze structuren worden aan de bovenkant afgesneden door reflector B.

Aan de noordwestkant van het Faeroe bekken kunnen op enkele profielen gebogen reflectoren waargenomen worden: B,

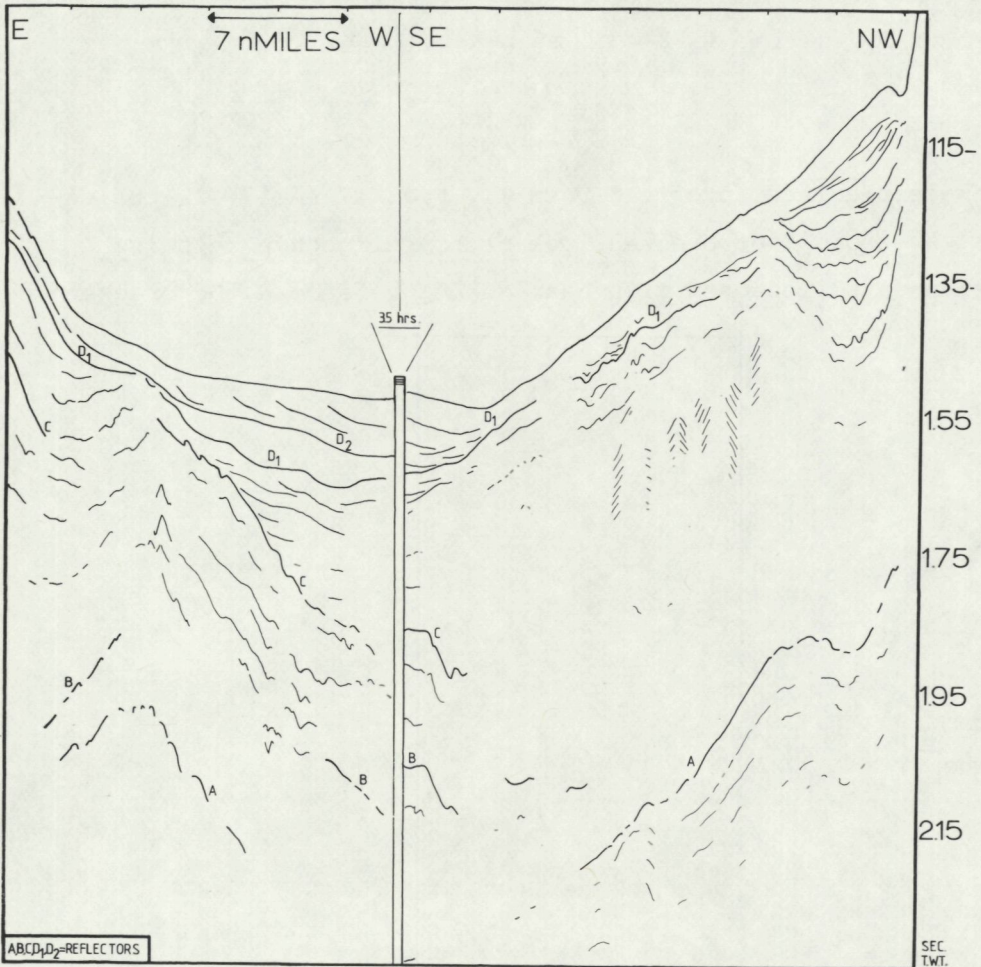


Fig. 20. Voorbeeld van opwelling van reflector A, en beïnvloeding van hierboven gelegen lagen in het zuidwestelijke deel van het bekken.

C en reflectoren binnen de seismische eenheden II en III (profiel VIII, Fig. 19 en 12).

Reflectoren, die hier binnen deze eenheden waargenomen worden, hebben dezelfde vorm en oriëntatie als de reflectoren B en C. De reflectoren worden afgesneden door reflector D-2, welke zelf ook, hoewel in mindere mate "gebogen" is. Op twee plaatsen wordt de structuur doorsneden door breuken. In het zuidwestelijk deel van het bekken is op profiel IX (Fig. 20) een opwelling te zien in reflector A. De boven A liggende seis-

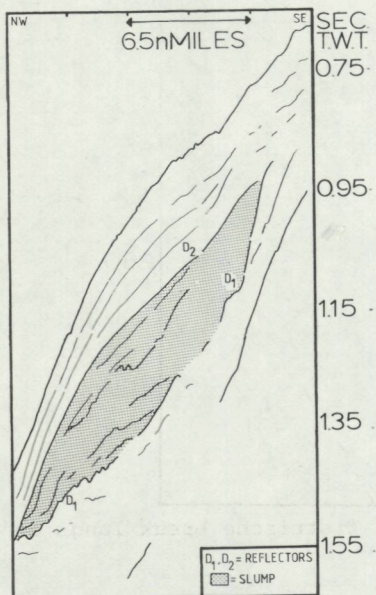


Fig. 21. Lensvormige slump structuur onder reflector D-2.

mische eenheden I, II en III vertonen ook deze structuur. De reflectoren B en C zijn voorzover zichtbaar conform aan A. De structuur wordt aan de bovenzijde afgesneden door reflector D-1, hoewel die ook een zwakke opwelvingsstructuur vertoont. Reflector D-2 snijdt op zijn beurt D-1 af.

Op hetzelfde profiel (profiel IX of Fig. 20) is aan de noordwestkant van de geul binnen eenheid III een diffractiepatroon te zien. Aan de rand van het Faeroe-Shetland escarpment bevindt zich een bekkenachtige structuur met een "divergent onlap fill" seismische facies.

Op profiel VIII komt een lensvormige structuur voor onder reflector D-2 (binnen seismische eenheid III) (ook Fig. 21). De structuur wordt onderin begrensd door reflector D-1, die een nonconformiteit vormt. Binnen de structuur zijn de reflectoren duidelijk en scherp.

Een vergelijkbare structuur is te zien op profiel V, hoewel de reflectoren binnen de structuur vager zijn. De structuur

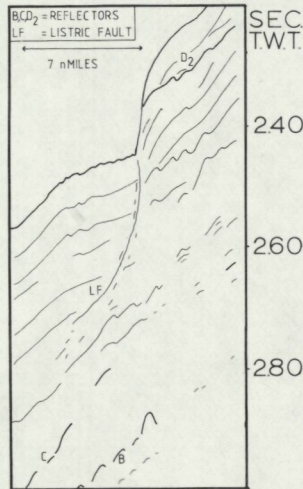


Fig. 22. Voorbeeld van een listrische breuk langs de noordoostelijke kant van het bekken.

wordt onderin begrensd door reflector D-2 (Fig. 18: I). Onder deze structuur is een tweede structuur te zien met vergelijkbare afmetingen en vorm. De structuur is nagenoeg transparant en wordt onderin begrensd door reflector D-1 (Fig. 18: II). Onder reflector D-1 komt een structuur voor, die te vergelijken is met bovenbeschreven structuren. Deze structuur wordt onderin begrensd door reflector C (Fig. 18: III).

In het noordoostelijk deel van het bekken komt op profiel I een breukvlak voor met een listrische vorm (Fig. 22). De breuk loopt tot aan het sedimentoppervlak en snijdt alle reflectoren inclusief D-2 af.

VII. DISCUSSIE

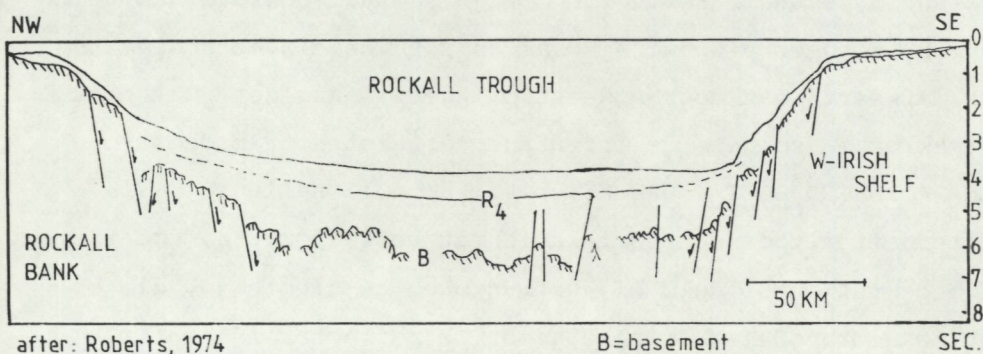
OUDERDOM

De ouderdom van de diverse profielen is niet exact vast te stellen. Op een seismisch reflectieprofiel van het zuidwestelijk deel van de Faeroe-Shetland geul (ROBERTS, BOTT & URUSKI, pers. comm.) heeft de seismische eenheid boven reflector R-4,

welke een Eoceen - Oligoceen discordantie markeert, een dikte, die varieert tussen 0 en 1 sec TWT op de tijdschaal van het profiel. Op andere profielen (RIDD, 1981) is reflector R-4 niet gemarkeerd. De serie boven de daar wel gemarkeerde Paleoceen - Eoceen grens heeft een dikte op de tijdschaal van de profielen variërend tussen de 1,5 en 2 sec TWT. Dit wijst op een in ieder geval post-Paleocene ouderdom van de post-reflector A sequentie op de door het NIOZ opgenomen profielen, in aanmerking genomen, dat de penetratie van deze profielen niet meer dan 1 sec TWT bedraagt (reflector A is de diepst herkenbare reflector). Reflector A ligt over het algemeen te diep om met R-4 gecorreleerd te kunnen worden en markeert waarschijnlijk de top van een serie Paleocene lavas. De seismische eenheid I markeert dan een pakket klastische- en/of vulcanoklastische sedimenten (ROBERTS, BOTT & URUSKI, pers. comm.) en reflector B markeert de Eoceen - Oligoceen discordantie (reflector R-4). De daarop liggende eenheid II is tamelijk transparant, maar de nog waar te nemen reflectoren binnen deze eenheid, evenals reflector C zijn meestal conform aan reflector B, hetgeen erop wijst dat deze eenheid geen sedimentpakket markeert dat door bodemstromingen is afgezet. Het post-R-4 pakket is volgens de literatuur afgezet door bodemstromingen (ROBERTS, BOTT & URUSKI, pers. comm.). Reflector C is een alternatief voor een correlatie met reflector R-4, omdat boven deze reflector duidelijk structuren te zien zijn, die op afzetting door bodemstroming wijzen. De reflector is echter niet overal duidelijk en zeker niet als nonconformiteit. De reflectoren D-1 en D-2, welke nonconformiteiten markeren, zouden gecorreleerd kunnen worden met een Oligo-Miocene conformiteit, welke in Rockall Trough ook voorkomt en met een nonconformiteit tussen het Midden- en Boven Mioceen (ROBERTS, 1974).

VERGELIJKING MET ROCKALL TROUGH

De vorm van het Faeroe bekken, de richting van de Faeroe-Shetland geul en structuren en reflectoren op seismische reflectieprofielen zijn zeer wel te vergelijken met de vorm, richting en interne structuren van Rockall Trough. Rockall Trough ligt tussen de Britse eilanden en Rockall Bank tussen $\pm 55^{\circ}$ NB en 60° NB en tussen $\pm 15^{\circ}$ WL en 7° WL. De trog heeft een zuidwest-noordoost richting en ligt daarmee in het verlengde van de Faeroe-Shetland geul. De grens tussen beide geulen wordt gevormd door de noordwest-zuidoost lopende Wyville-Thomson ridge (Fig. 1). In Rockall Trough werden door ROBERTS (1974) drie seismische eenheden onderscheiden: I basement, II een seismisch transparante pré-R-4 serie en III een post-R-4 serie, die gekenmerkt wordt door talrijke non-sequenties en non-conformiteiten, die veroorzaakt zijn door differentiële afzettingen. Eenheid II en III wordt gescheiden door reflector R-4, welke in een groot deel van de Atlantische Oceaan teruggevonden kan worden (Fig. 23).



after: Roberts, 1974 B=basement SEC.
Fig. 23. Geologische interpretatie van een seismische sectie door Rockall Trough.

Deze reflector wordt ook wel "R" genoemd (JONES et al., 1970), of "horizon A" (GAIREAUD et al., 1978). Deze reflector is ook waargenomen en bevestigd door boringen in het Hatton-

Rockall bekken (Fig. 1) en aan de ooststrand daarvan; resp. DSDP sites 116 en 117 (leg 12) (ROBERTS, 1974). Aan de zuidweststrand van Rockall plateau werd R-4 ook waargenomen in twee boringen nl.; DSDP sites 403 en 406 (leg 48) (MONTADERT, ROBERTS et al., 1979). De sedimenten in Rockall Trough boven de nonconformiteit, die door reflector R-4 gemarkeerd wordt (eenheid III) zijn afgezet d.m.v. bodemstromingen (ROBERTS, 1974).

STRUCTUREN EN INTERPRETATIE

In zowel het Hatton-Rockall bekken en Rockall Trough als in de Faeroe-Shetland geul ziet men een aantal vergelijkbare structuren, die geassocieerd kunnen worden met afzettingen, welke gevormd zijn door bodemstromingen. Dergelijke afzettingen ontstaan, doordat een met sediment "geladen" bodemstroom, van welke de richting een noord-zuid component bezit, in contact komt met stilstaand water waardoor het afgeremd wordt en sediment bezinkt. Doordat de stroom onder invloed van de Coriolis-kracht tegen een obstakel "aangedrukt" wordt, bezinkt het sedi-

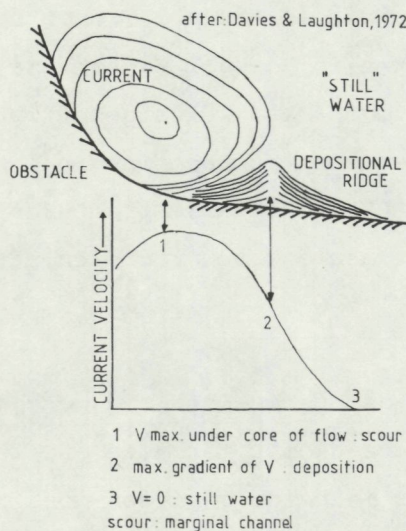


Fig. 24. De vorming van sedimentruggen door bodemstroming.

ment steeds op dezelfde plaats, waardoor een sedimentrug gevormd wordt. Recht onder de bodemstroom, waar de stroomsnelheid gehandhaaft blijft, wordt sediment geërodeerd, zodat hier een geul ontstaat, het zgn. "marginal channel" (DAVIES & LAUGHTON, 1972)

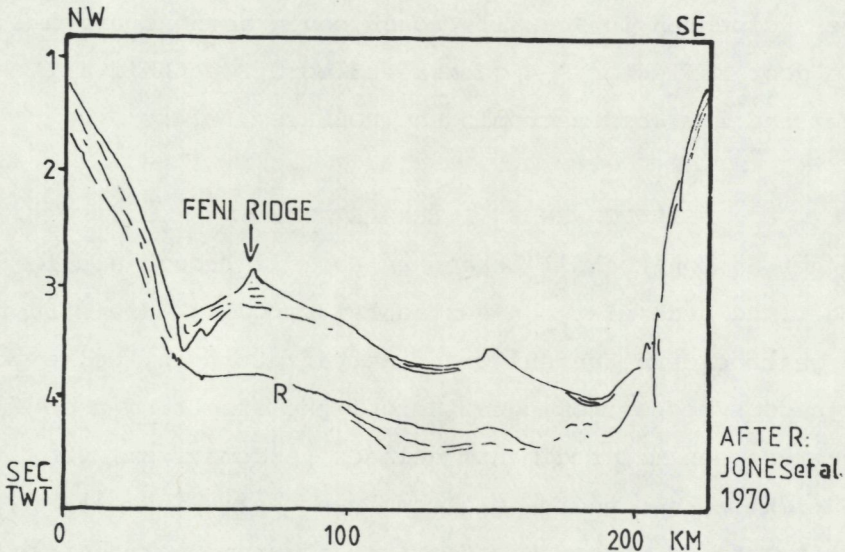


Fig. 25. Lijntekening van seismisch profiel door de Feni Ridge. Locatie: zie Fig. 1.

(Fig. 24). Doordat "Norwegian Overflow Water" (zie hfdst IV) over de Wyville-Thomson ridge in Rockall Trough stroomt vanuit de Faeroe-Shetland geul kon in Rockall Trough via boven beschreven mechanisme de Feni ridge (Fig, 25) afgezet worden. Noordwestelijk van deze rug bevindt zich een "marginal channel" (JONES et al., 1970; ELLETT & ROBERTS, 1973). Structuren, die op deze manier gevormd zijn, ziet men ook op profielen uit het Hatton-Rockall bekken (Fig. 26), hoewel een sedimentrug hier niet duidelijk aanwezig is.

De door het NIOZ in de Faeroe-Shetland geul opgenomen profielen vertonen grote overeenkomst met deze profielen. Vooral het "marginal channel" is in beide gebieden goed te zien. De afzettingen aan de bekkenzijde van het "marginal channel"

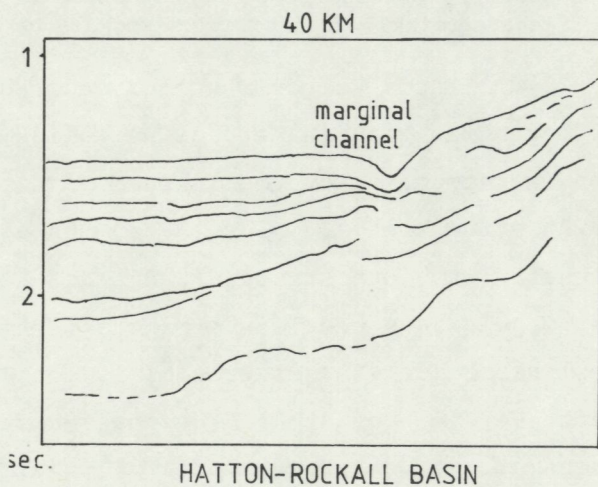
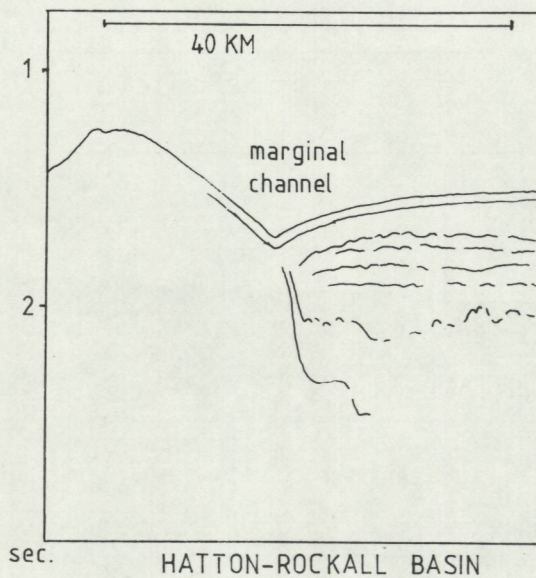


Fig. 26. Voorbeeld van marginal channels in Hatton-Rockall basin (naar DAVIES & LAUGHTON, 1972).

worden zowel in het Hatton-Rockall bekken als in de Faeroe-Shetland geul op de profielen gekenmerkt door een golfpatroon van de reflectoren (wavy). (profiel VIII en Fig. 27). Dit patroon wordt veroorzaakt door een groot aantal begraven sedimentruggen, die geassocieerd worden met afzettingen door bodem-

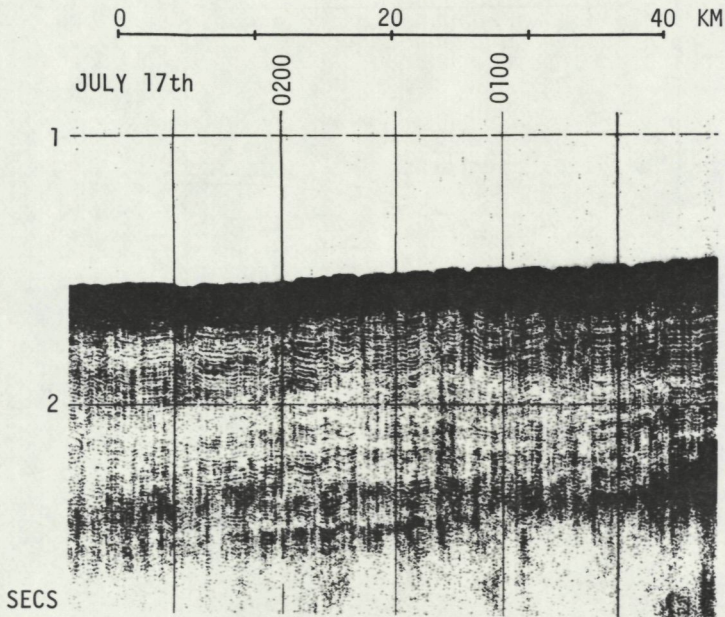


Fig. 27. Seismisch reflectieprofiel van het Hatton-Rockall bekken.

stromingen (HALL, 1978). In de Faeroe-Shetland geul kan men op profielen, die opgenomen zijn in het zuidwestelijk deel van de geul structuren waarnemen, die vergelijkbaar zijn met de hierboven beschreven structuren. Op Fig. 18 kan men waarnemen: een "marginal channel" (IV), een structuur, die nog tot aan reflector C te vervolgen is en een lensvormige afzetting (V). De helling aan de linkerzijde van het profiel is het Faeroe-Shetland escarpment. Het in hoofdstuk IV beschreven stromingspatroon kan tesamen met het beschreven model van DAVIES & LAUGHTON (Fig. 24) een goede verklaring geven voor een deel van de structuren, welke op dit profiel te zien zijn. Waar een duidelijk "marginal channel" op de profielen afwezig is, geven toch lensvormige structuren en een sterk golfpatroon van de reflectoren een indicatie voor een sedimentatiemechanisme, waarin bodemstromingen een grote rol spelen, althans voor de noordwestzijde van het zuidwestelijk deel van de geul. De

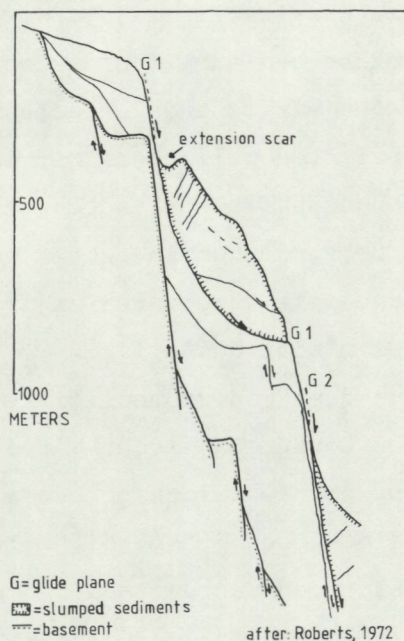


Fig. 28. Slump- en afglijdingsstructuur aan de rand van het bekken (naar ROBERTS, 1972).

dikte van de lensvormige structuren en de opvulling van het "marginal channel" wijzen op voortgaande daling, die waarschijnlijk plaatsvindt langs grote trapbreuken in het basement (KORSAKOV, 1974).

Zuidoostelijk van de hierboven beschreven structuren kan op profiel V een drietal structuren waargenomen worden, welke in het vorige hoofdstuk beschreven werden (hoofdstuk VI (Fig. 18)). Deze structuren doen sterk denken aan grote slumps, of aan series slumps. Duidelijk zijn op de profielen depressies in de toppen van de structuren te zien, welke door ROBERTS (1972) rekbreuken genoemd worden (Fig. 28 : "extensional scars"). De glijvlakken van de onderste twee slumpachtige structuren hebben niet de ideale listrische vorm, zoals die door ROBERTS (1972) beschreven is, maar dit kan veroorzaakt zijn door verdergaande daling van het bekken. Wanneer deze structuren

inderdaad als slump d.w.z. gravitatief zijn afgezet, dan zijn zij veel verder in het bekken gegleden dan de door ROBERTS beschreven slumps. Daarentegen vertoont de structuur op profiel VIII (Fig. 21) in alle opzichten gelijkenis met slumps aan de rand van Rockall Bank, aangezien deze structuur zich niet in het bekken zelf bevindt. De structuur is echter wel met een laag sediment bedekt. Dergelijke structuren zijn op ander plaatsen ook te zien, maar veel minder duidelijk.

In het noordoostelijk deel van de geul lijkt het grote aantal reflectoren, welke voordurend slecht vervolgbaar zijn, uitdoven of afgesneden worden, te wijzen op een afzettingsmechanisme, waarin turbidieten een grote rol spelen.

De plooi-achtige structuren aan de rand van het Faeroe plateau (Fig. 19) zijn waarschijnlijk veroorzaakt door daling van het hele Faeroe bekken langs trapbreuken in het basement, die zich onder deze structuren bevinden. De reflectoren binnen eenheid II divergeren niet of nauwelijks (d.w.z. hun onderlinge afstand in de richting van het bekken neemt niet toe), in aanmerking genomen dat de structuur zonder daling waarschijnlijk ook onlap divergentie zou vertonen. De reflectoren binnen eenheid III divergeren duidelijk. Dit zou erop kunnen wijzen, dat de daling afnam ten opzichte van de sedimentatie. Het is echter ook mogelijk, dat daling pas na afzetting van de sedimentlaag, van welke de top door reflector C gemarkeerd wordt, inzette. Het feit, dat de nonconformiteit, welke gemarkeerd wordt door reflector D-2, ook structuren vertoont, welke door daling gevormd zijn wijst op vergaande daling in recentere tijden.

VIII. CONCLUSIES

De Faeroe-Shetland geul, welke tesamen met Rockall Trough in het Onder Krijt door "sea-floor spreading" onstond, wordt ge-

vormd door een dalingsbekken, dat begrensd wordt door randbreuken of door stelsels trapbreuken. Tijdens het Paleoceen en het begin van het Eoceen werden bazaltlavas in het noordwestelijk deel van de geul afgezet en in de buurt van het Erland Igneous Complex.

In de sectie bevinden zich tussen de Paleocene lavas en het basement waarschijnlijk klastische sedimentpakketten. Over deze sedimenten is niets bekend. Tussen de Paleocene bazalten en een Eoceen-Oligocene nonconformiteit bevindt zich een pakket klastische en/of vulcanoklastische sedimenten. Over de exacte aard van afzetting van deze sedimenten is niets bekend, vanwege het ontbreken van seismische reflectieprofielen met voldoende penetratie en resolutie. Boven genoemde nonconformiteit bevindt zich een pakket sedimenten, dat in het noordwestelijk deel van de geul uit afzettingen bestaat, die gevormd zijn door bodemstromingen. Dit idee komt overeen met het gegeven, dat na de erosieve periode, welke door de genoemde nonconformiteit gemarkeerd wordt, een dusdanige algehele daling optrad, dat de tot dan toe boven het zeeniveau uitstekende ruggen zoals de Wyville-Thomson ridge en de Faeroe-Iceland ridge, welke evt. stromingsmogelijkheden blokkeerden, onder het zeeniveau daalden. Hierdoor kon een stromingspatroon d.m.v. "overflow" stromingen ontstaan, welke afzettingen middels bodemstromingen kon produceren in de Faeroe-Shetland geul, Rockall Trough en het Hatton-Rockall bekken. Seismische reflectieprofielen, welke in deze gebieden opgenomen werden vertonen grote gelijkenis (ELLETT & ROBERTS, 1973; ROBERTS, BOTT & URUSKI, pers. comm.). In het noordoostelijk en zuidoostelijk deel van de geul bestaat het pakket uit sedimenten, welke gravitatief afgezet zijn, respectievelijk door troebelingsstromen en d.m.v. slumping. Het bekken is bijna voortdurend onderhevig geweest aan daling, getuige de dikte van de post-Paleocene pakketten.

IX. REFERENTIES

- DAVIES, T.A. & A.S. LAUGHTON, 1972. Sedimentary processes in the North Atlantic.—Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project Vol. 12: National Science Foundation, Washington D.C.: 905-934.
- EISMA, D. & S.J. v.d. GAAST, 1981. Terrigenous late Quaternary sediment components north and south of the Scotland - Greenland Ridge and in the Norwegian Sea.—In press.
- ELLETT, D.J. & D.G. ROBERTS, 1973. The overflow of Norwegian Deep Sea Water across the Wyville - Thomson Ridge.—Deep Sea Research Vol. 20(9): 819-835.
- GAIREAUD, H., G. JAQUART, F. AUBERTIN & P. BEUZART, 1978. The Jan Mayen ridge; synthesis of geological knowledge and new data.—*Oceanologica Acta* Vol. 1(3): 335-358.
- HALL, J.K., 1979. Sediment waves and other evidence of paleo-bottom currents at two locations in the deep Arctic Ocean.—*Sedimentary Geology* Vol. 23(1/4): 269-299.
- JOHNSON, R.J. & R.G. DINGWAL, 1981. The Caledonides: their influence on the stratigraphy of the Northwest European Continental Shelf.—In: L.V. Illing & G.D. Hobson. *Petroleum Geology of the Continental Shelf of Northwest Europe*. Heyden, London: 85-95.
- JONES, E.J.W., M. EWING, J.I. EWING & S.L. EITREIM, 1970. Influences of Norwegian Sea Overflow Water on Sedimentation in the Northern North Atlantic and Labrador Sea.—*Journal of Geophysical Research* Vol. 75(9): 1655-1680.
- KORSAKOV, O.D., 1974. Tectonics of the Faeroe-Shetland Trench.—Translated from: O tektonike Faeroe-Shetlands kogo zheloba. *Doklady Akademii Nauk. SSSR* Vol. 214(3): 647-650.
- LAUGHTON, A.S., 1975. Tectonic Evolution of the Northeast Atlantic Ocean: a review.—*Norges geologiske undersøkelser*. Vol. 316: 169-193.
- MONTADERT, L., D.G. ROBERTS, et al., 1979. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project Vol. 48: U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- OLAUSSON, E., 1972. Oceanographic aspects of the Pleistocene of the Arctic Ocean.—*Inter - Nord* 12: 151-170.
- RIDD, M.F., 1982. Aspects of the Tertiary Geology of the Faeroe-Shetland Channel. Conference: Structure and development of the Greenland - Scotland Ridge - new methods and concepts. Bressanone, Italy, 1981 NATO Advanced Research Institute. Proc. (in press).
- ROBERTS, D.G., 1972. Slumping on the eastern margin of the Rockall Bank, North Atlantic Ocean.—*Marine Geology* Vol. 13(4): 225-237.
- , 1974. Structural development of the British Isles, continental margin and the Rockall Plateau.—In: C.A. BURK & C.L. DRAKE. *The Geology of Continental Margins*. New York Springer Verlag: 343-359.
- ROBERTS, D.G., N.G. HOGG, D.G. BISHOP & C.G. FLEWELLEN, 1974. Sediment distribution around moated seamounts in the Rockall Trough.—*Deep Sea Research* Vol. 21(3): 175-184.
- TALWANI, M. & O. ELDHOLM, 1972. The continental Margin off Norway.—A geophysical study.—*Geol. Soc. Am. Bull.* 83: 3575-3606.
- VAIL, P.R., R.M. MITCHUM, R.G. TODD, J.M. WIDMIER, S. THOMPSON, J.B. SAN-GREE, J.N. BUBB & W.G. HATLELID, 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level.—In: C.E. PAYTON. *Seismic stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration*. AAPG mem. 26, Tulsa, Okla. (USA).