

# 40 JAAR SEISMOLOGIE

TERUGBLIK EN VOORUITZICHT

ANNE REINIER RITSEMA



Postbus 201, 3730 AE De Bilt



KNMI-publicaties 171. UDC 550.34.01 (042.3)

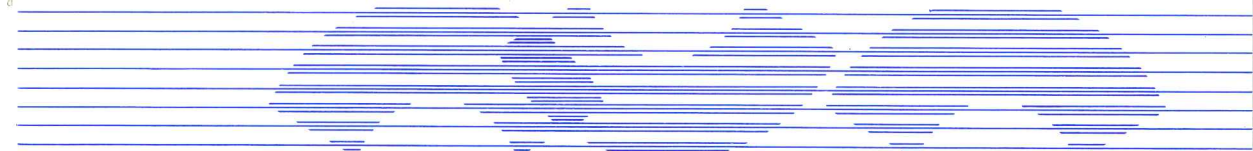
Het auteursrecht op deze publicatie berust bij de schrijver en wordt namens hem gehandhaafd door het KNMI. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of bekend gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het KNMI.

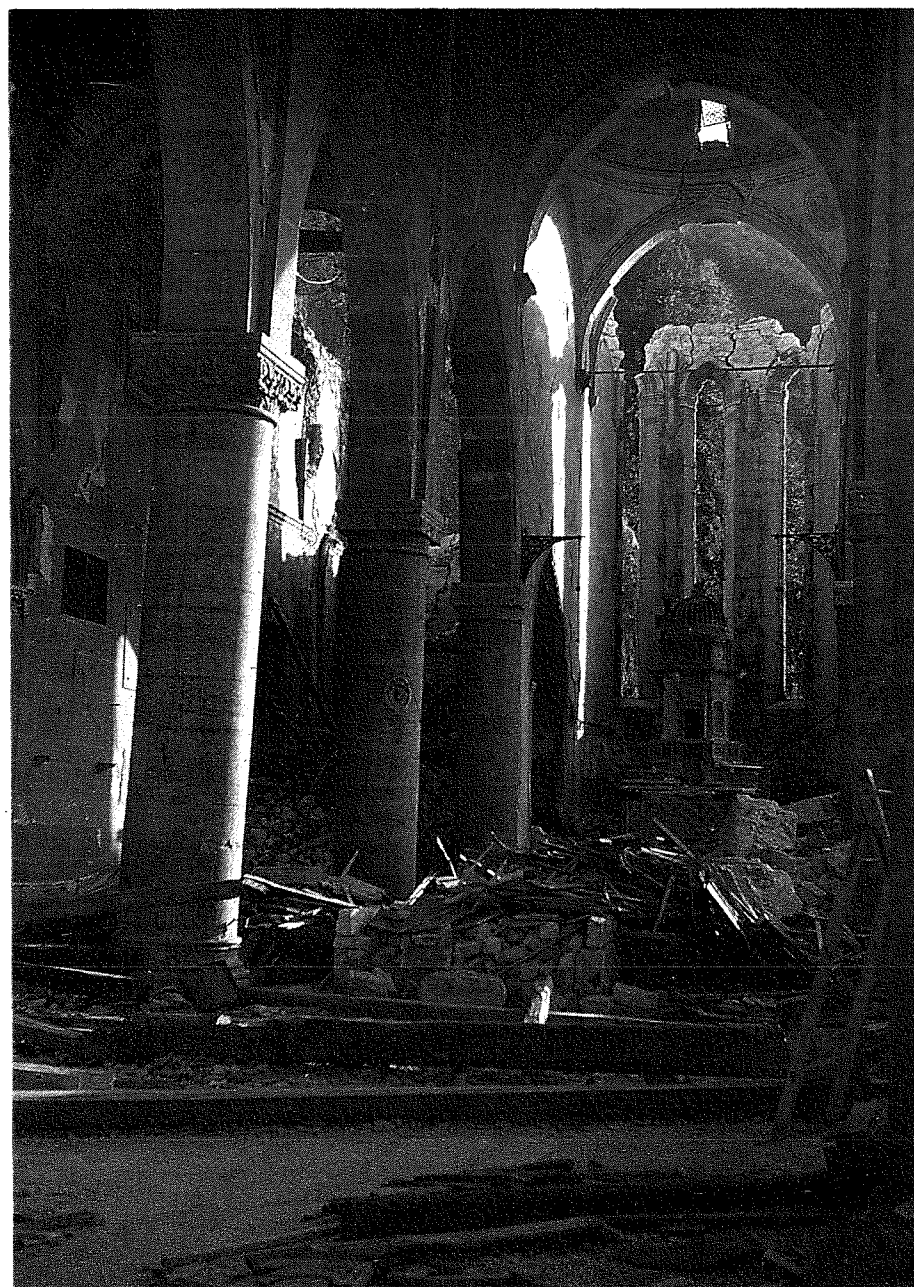
# 40 JAAR SEISMOLOGIE

TERUGBLIK EN VOORUITZICHT

ANNE REINIER RITSEMA

Voordracht gehouden op 29 februari 1988  
bij zijn afscheid als Hoofd afdeling Geofysisch Onderzoek.



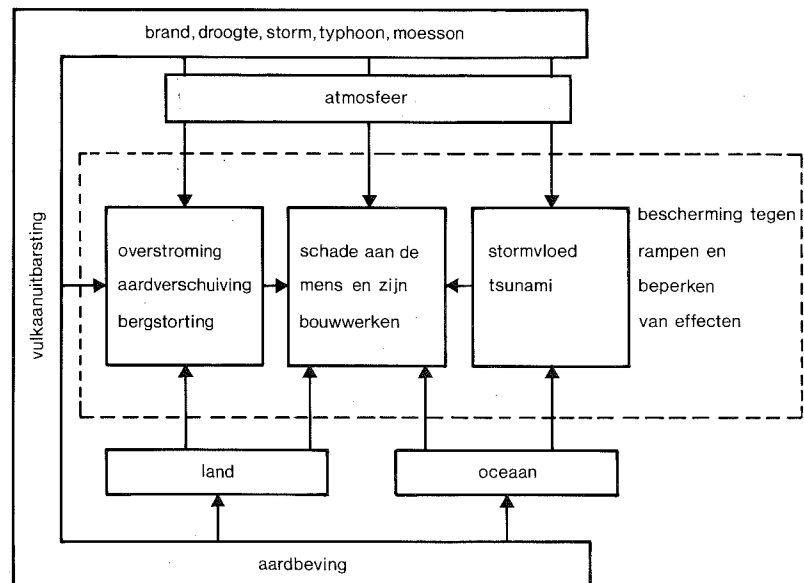


*De kathedraal van Gemona in Noord-Italië na de magnitude 6.4 Friuli aardbeving van 6 mei 1976.*



*Het monument ter nagedachtenis aan de slachtoffers van de magnitude 7.6 aardbeving van 10 juli 1949 in Tadzjikistan ter hoogte van het Pamir plateau op de suturelijn tussen Azië en India.*

*Plaat I-IV zijn in 1958 getekend door studenten van de Bandungse Kunstacademie als illustratie bij door de auteur verzamelde verhalen over het ontstaan van aardbevingen. Voorbeelden in kleur van schilderstukken van ook recente kunstenaars geïnspireerd op aardbevingen, konden in dit verslag niet opgenomen worden.*



Natuurfenomenen die de mens en zijn bouwwerken bedreigen en waaraan tijdens de IDNHR extra aandacht gevraagd zal worden van aardwetenschappers.

Wat de overblijvende Seismologie-taak in het KNMI betreft ben ik van mening dat deze slechts succes zal kunnen hebben indien zij ook formeel volledig als kerntaak van het Instituut beschouwd wordt. In potentie moet het gereduceerde personeelsbestand van GO in staat worden geacht de taken beschreven in het werkplan uit te voeren. Wel zal daarbij een beroep gedaan moeten kunnen worden op expertise en hulp vanuit AUT en van communicatiedeskundigen. De in het werkplan genoemde speciale aandachtsgebieden van 24-uurs registratie, seismiciteit, seismisch risico en detectie en identificatie van ondergrondse kernexplosies passen uitstekend bij de in de komende decade door UNESCO gesponsorde internationale inspanning in de jaren 1990-2000 op het gebied van Natural Hazards Reduction, zodat het werk ook internationaal een bedding vindt (zie UN Resolution 42/169 van 11 december 1987), en in de KNMI-adviestaak voor het Ministerie van Buitenlandse Zaken.

Voorwaarde voor een goed functioneren in het kader van het werkplan is wel een relaxed en ongestoord werkklimaat waarin onderzoek, of het nu funderend of toegepast is, kan gedijen. Ik wil er bij de DR op aandringen deze atmosfeer aan te kweken door het tonen van wezenlijke interesse en het stimuleren van de individuele medewerker. Lange-termijn beleidsaspecten zijn daarin te allen tijde belangrijker dan het 'scoren' op korte termijn. Van de medewerkers zelf tenslotte vraag ik handhaving van de aandacht voor en concentratie op het werk zelf. Laat de organisatie over aan de enkeling die daarvoor verantwoordelijk is gesteld en gebruik je productieve jaren voor het vakwerk zelf. Wezenlijke bijdragen aan het vakgebied zelf geven de meeste voldoening en zijn tevens op de lange termijn van het grootste belang voor het KNMI.

Wetenschappelijk onderzoek verloopt gewoonlijk als een cyclisch proces in duidelijk aan te geven stappen. Een cyclus bestaat dan uit het stadium van waarnemen, dat van de hypothesevorming ter verklaring van het waargenomen, dat van de verificatie van de hypothese d.m.v. experimenteel model-onderzoek in het laboratorium of van meer theoretisch werk langs analytische of numerieke weg, en terugkeer naar de waarneming. Deze cyclus kan in het ene geval in een achtermiddag doorlopen worden, maar het hele proces kan soms ook tientallen jaren vergen.

In de loop van de geschiedenis deden zich periodes voor waarin meer nadruk op een bepaald aspect van het onderzoeksproces gelegd werd als op andere. 40 jaar geleden betrof dat wat de seismologie betreft nog het tijdperk van waarnemen. De tegenwoordige tijd legt extra accenten op het modelleren en daarmee de verificatie van veronderstelde processen.

Zelf stam ik uit de visueel ingestelde school met een grote affiniteit voor het waarnemen. Mijn leermeesters hebben mij hierin geschoold, gesterkt en geïnspireerd: mijn Amsterdamse hoogleraar geologie H.A. Brouwer; mijn eerste leermeester seismologie L.P.G. Koning, die conservator van het Geologisch Instituut was; mijn Utrechtse promotor Vening Meinesz; en mijn voorgangers in wat in mijn tijd Jakarta was maar in hun tijd nog Batavia heette, S.W. Visser en H.P. Berlage.

Geologen trachten de processen in de aarde en daarmee de genese en geschiedenis van de aarde vanuit het verleden te verklaren door bestudering van de t.o.v. een mensenleven steady state van dezelfde aarde. De seismoloog kiest daarvoor het gebruik van de actuele dynamica van de aarde.

## Seismologie, historisch gezien

Als we de periode van productiviteit voor de wetenschapper op 30 jaar inschatten, dan is het seismologisch onderzoek te beschrijven als een vier-generatie-historie.

De eerste generatie was die der instrumentalist. Ik laat die aanvangen op 26 april 1880 toen in Tokyo de Seismological Society of Japan (de eerste in zijn soort) werd opgericht. John Milne, een Britse geoloog en hoogleraar werkzaam in Japan, was de grote initiator en verzorgde hierbij op uitnodiging de openingstoespraak. In de jaren tachtig ontwikkelde hij een betrouwbare seismograaf, in de jaren negentig installeerde hij een aantal van zijn (Milne, later Milne-Shaw) instrumenten in de Britse koloniën waarmee het eerste wereldomvattende seismische netwerk vorm kreeg. Tegelijkertijd werden ook in Europa, in Italië en m.n. in Duitsland (Wiechert) en in Rusland (Galitzin) seismometers ontworpen. Vóór de eerste wereldoorlog bestond er zodoende al een voor die tijd behoorlijk netwerk van seismische stations.

De tweede generatie legde in belangrijke mate nadruk op de observaties. Voor het eerst kon op uitgebreide schaal gebruik gemaakt worden van teleseismische registraties. In potentie gaf elk seismogram in die periode nieuwe informatie over golfvoortplanting van seismische golven,

de structuur van het inwendige van de aarde en het fenomeen aardbeving zelf. Als richtinggever uit deze school hoef ik alleen de naam van Beno Gutenberg te noemen die hierin pionierswerk verrichtte soms op grond van wat we nu als karig waarnemingsmateriaal beschouwen. In deze periode werd de lokatie van verschillende discontinuïteiten in de aarde aangetoond, in 1912 de basis van de aardkorst door Mohorovicić, in de jaren twintig de top van de aardkern door Gutenberg zelf en in 1936 die van de binnenkern door Inge Lehmann.

De derde generatie van na 1945, waar ik dus deel van uitmaakte, heeft zich met name op theorie of hypothesevorming gestort en bovendien gezorgd voor een verbreding van de basisinformatie door installatie van instrumenten van kortere en van langere en véél langere periode dan tot dan toe gebruikelijk. Frank Press was de initiator van het World Wide Network of Standardised Seismographs van rond 100 stations over de gehele wereld, uitgerust met 1-seconde Benioff seismografen en 30-seconden Sprengnethers (Press werd later wetenschaps-adviseur van President Carter en hij is nu President van de US Academy of Sciences). Hoogtepunten uit de jaren zestig waarbij ikzelf aanwezig was, waren o.a. de mededelingen van verschillende US-groeperingen tijdens de 1963 General Assembly van de IUGG in Berkeley van de registratie van de eigentrillingen van de aarde, opgewekt door de zware Chili-bevingen van 1960, en de discussies met John Hodgson, Honda e.a. over haardmechanismen in het algemeen, 'extended distances' vrs. stereografische projectie, 'simple shear' vrs. 'pure shear, het gebruik van S-golven voor mechanisme studies en later van de moment-tensor benadering.

De vierde generatie tenslotte is omstreeks 1980 van start gegaan. Hierin komt de nadruk te liggen op snelle telecommunicatie-technologie en op automatisering van tot dan toe manueel uitgevoerde handelingen. De exponentiële groei van aantallen aangevoerde data per tijdeenheid sinds het derde generatie tijdperk maakt automatische verwerking ervan, die nog geen tien jaar geleden een luxe was, tot een noodzaak in de huidige tijd. Adam Dziewonski is een van de eersten die van de technologische mogelijkheden van het bewerken van vele miljoenen gegevens optimaal gebruikte voor het tomografie-onderzoek van de aardmantel en aardkern. Hij is in dit gebruik al lang niet meer de enige. Slechts met deze expertise in huis zal het dan ook mogelijk zijn te blijven bijdragen aan de ontwikkeling van de seismologie.

Uiteraard is de kenschets van het werk die ik aan de vier generaties gegeven heb niet tot in detail geldig. Ook de tweede generatie had zijn briljante theoretici en ook de derde generatie had zijn instrumentontwikkelaars en waarnemers. En dat zal ongetwijfeld ook in de vierde generatie het geval blijken te zijn.

## Continentdrift vrs. Platentectoniek

Waar in de jaren veertig nog geen overeenstemming over bestond was de oorzaak van de processen die aanleiding gaven tot de verdeling van continenten en oceanen. Dit probleem is er een waaraan 50 jaar gewerkt moest worden voor de oplossing werd gevonden: Al in de vorige eeuw komen

onderliggende processen, hetzelfde gevaar dat m.i. de forecaster bedreigt in de operationele meteorologie.

Grotere hoeveelheden data van hetzelfde type behoeven niet a priori te leiden tot beter inzicht of onverwachte resultaten, maar ze blijven wel noodzakelijk. Wat ook essentieel is, is de verbreding van het waargenomen spectrum van seismische bodembewegingen. Dit biedt geheel nieuwe mogelijkheden om beter inzicht te verkrijgen in het totale proces van aardbevingsgeneratie. Ik pleit dan ook hier voor het volledig incorporeren van de moderne methoden van data-verwerking, echter zonder zich daarvan totaal afhankelijk te maken, door

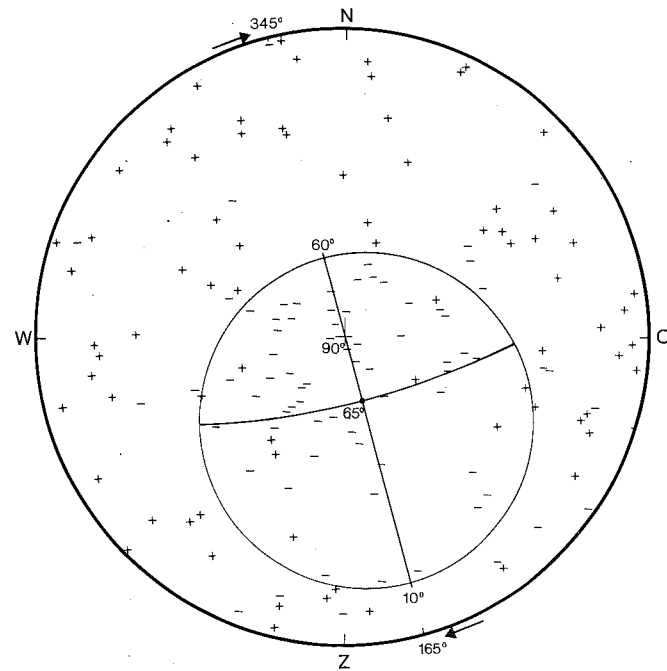
- een regelmatig contact te blijven onderhouden met de waarnemingsgegevens zelf, waardoor men tevens eerder attent zal worden op optredende anomalieën, en
- kennisneming van de potentiële mogelijkheden die aanpalende disciplines bieden op vooruitgang in het eigen vakgebied.

Voor wat de seismologie betreft noem ik dan met name: de andere takken van geofysica, de potentiaalvelden van zwaartekracht en geomagnetisme, de structurele geologie en tectoniek, vulkanologie, de dynamische geodesie, recente aardkorstbewegingen en de grondmechanica.

## De seismologietak in het KNMI

De omstandigheden waaronder ik afscheid neem van dit Instituut zijn niet bepaald opwekkend. Het heeft op dit moment geen zin op gedane zaken tussen DR/KNMI en het Ministerie terug te komen. Er zijn overhaaste en m.i. ondoordachte beslissingen genomen. Waar ik niet aan twijfel is dat er binnen afzienbare tijd ergens in het land een instantie zich genoodzaakt zal zien om de nu door het KNMI afgestoten taken weer op te nemen. De DR wil ik daarom nu in overweging geven vooralsnog niet tot ontmanteling van de observatiefaciliteiten in aardmagnetisme en ionosfeer over te gaan.

Internationale Programma's waaraan GO-medewerkers hebben bijgedragen en zouden moeten bijgedragen		
1957-1958	International Geophysical Year	IUGG
1960-1970	Upper Mantle Project	ICSU IUGG-IUGS
1970-1980	International Geodynamics Project	ICSU IUGG-IUGS
1980-1990	International Lithosphere Project	ICSU IUGG-IUGS
1990-2000	International Decade of Natural Hazards Reduction	UNESCO IUGG-IUGS?!



Cumulative plot van druk (P) en rek (T) assen voor intermediaire bevingen van de Z. Banda-boog sector.

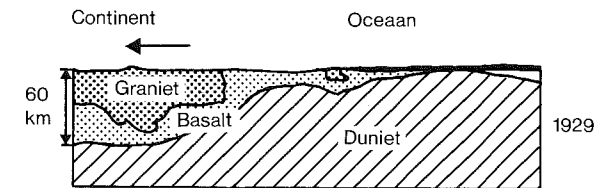
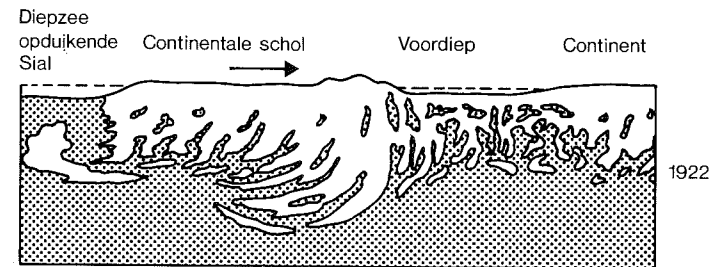
bruikbaar voor het bepalen van hoofdspansingsrichtingen van individuele aardbevingen. Een cumulatieve plot voor meerdere aardbevingen geeft die mogelijkheid wel doordat in dit geval inderdaad gesuggereerd wordt dat de T-as een hoek van 55° maakt met de breukbeweging in de haard. Dit zou daarmee de eerste bevestiging vanuit het veld kunnen zijn voor dit bekende laboratoriumgegeven.

## Seismologie, zicht op de toekomst

Terugzien is stilstand, vooruitzien is beweging. Zoals al eerder opgemerkt bevinden we ons nu, na het stadium van waarneming en van hypothesevorming, in het tijdperk van automatische data-verwerking en daarmee van de verificatie van veronderstelde processen. Het werk en onderzoek heeft daarmee een belangrijke stap voorwaarts genomen en is daarbij professioneler geworden. Door de explosieve groei van databestanden is deze ontwikkeling ook een noodzakelijke en logische schakel die essentieel is voor voortgang in onderzoek.

Automatiseren van het proces van data-vergaring en -verwerking draagt echter het gevaar in zich van het verlies van goed zicht op de gebeurtenissen zelf en daarmee verlies van expertise wat betreft de

in de literatuur verwijzingen voor naar paralleliteit van kustlijnen aan weerszijden van oceanen en suggesties dat deze continenten ooit naast elkaar gelegen moeten hebben. Na een aantal voorbereidende tijdschriftartikelen legde Wegener in 1915 zijn theorie der drijvende continenten vast in het boek 'Die Entstehung der Kontinente und Ozeane', waarvan in de loop van de jaren een groot aantal herdrukken al of niet aangevuld is verschenen. Op grond van het verloop van continentranden, de geologie, het voorkomen van paleontologische fauna en flora en paleoklimatologie trok Wegener de conclusie dat inderdaad in de loop van de jongste paar honderd miljoen jaar de continenten vanuit het oercontinent Pangea uit elkaar gedreven zijn tot de huidige configuratie. Hij veronderstelde daarbij dat de lichtere continenten bestaande uit zure gesteenten met voornamelijk Silicium-Aluminium mineralen (sial) actief dreven in de oceaانبodem-gesteenten met voornamelijk Silicium-Magnesium mineralen (sima).

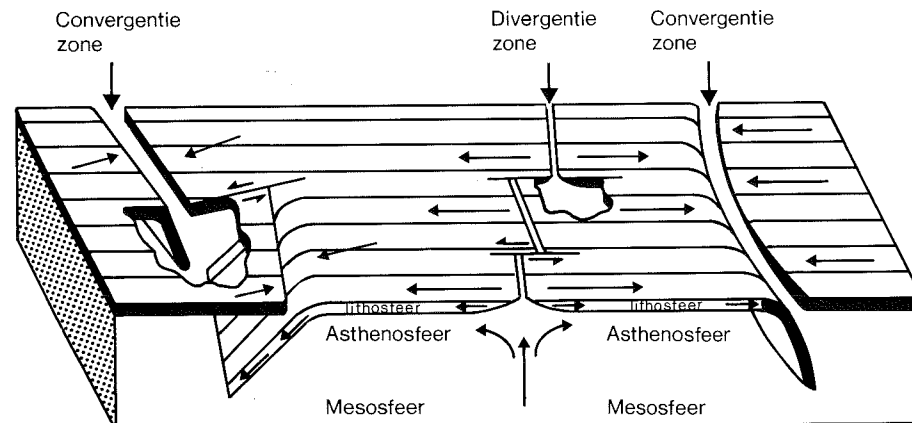


Continentdrift volgens Wegener 1922 en 1929.

De verificatie van deze hypothese bleek buitengewoon controversieel: Geologen vonden meer en meer overtuigende bewijzen van continentdrift ook buiten de klassieke voorbeelden van Wegener. Geofysici, met als spreekbuis vooral Sir Harold Jeffreys, stelden de fysische onmogelijkheid vast van het voorgestelde proces van lichte continenten drijvende in de zwaardere eveneens starre oceaانبodem-gesteenten. Dit dilemma duurde 50 jaar. In 1962 concludeerden Hess en Dietz onafhankelijk van elkaar op basis van nieuwe gegevens op paleomagnetisch-, seismisch-, oceaانبodem- en warmtestroom-gebied tot de nu bekend geworden theorie van platentektoniek. Hiermede werden de visies van geologen en geofysici tot elkaar gebracht.

In deze theorie is de rol van de continenten teruggevoerd tot een passief meegedreven worden bij het proces van uiteendrijvende oceaانبodem. De actieve rol wordt hierbij gespeeld door de oceanen. De oorzaak van het uiteendrijven werd gezocht in een samenspel van stromingen in de boven-aardmantel en afkoeling van in de oceaanruggen ontstane nieuwe

oceanabodem. Dit proces voegt al gedurende tientallen miljoenen jaren per jaar 2-3 km<sup>2</sup> nieuwe oceanabodem aan de oppervlakte van de aarde toe, een oppervlak dat met gelijke snelheid onder de actieve continentranden weer terugkeert in de aardmantel.



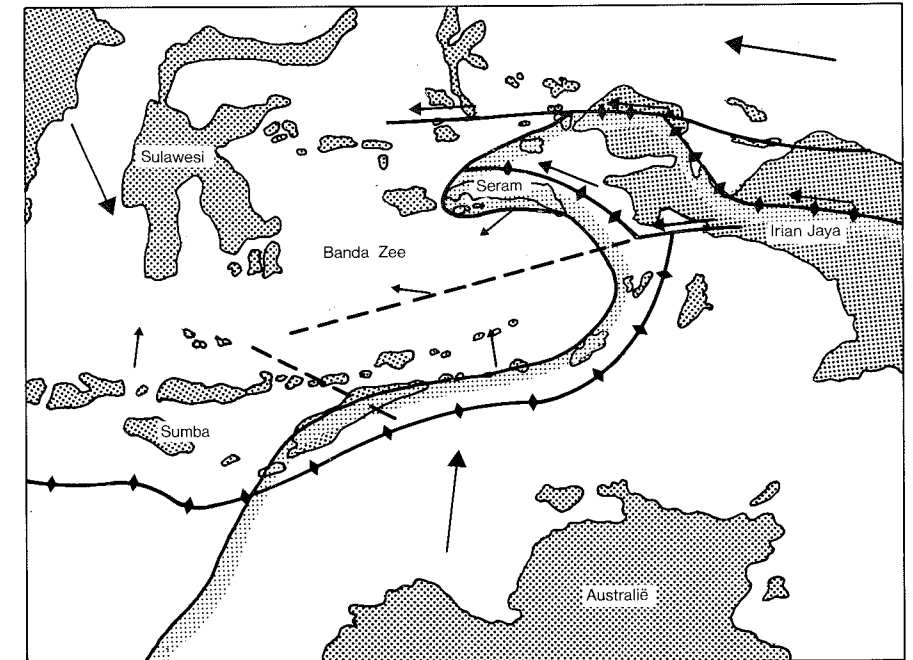
Het bewegingspatroon van de lithosfeer in de platentectoniek (naar Oliver & Isacks, 1967).

De bijdrage van de seismologie tot de oplossing van dit probleem bestond uit een nauwkeuriger lokatie van aardbevingsepicentra, speciaal die van de oceanen, en uit gegevens van haardmechanisme van de divergentie zones in de oceanen (Sykes), incl. het nieuw gedefinieerde type transformbreuk (Tuzo Wilson), en van de convergentiezones in de subductie regio's aan de actieve randen van de continenten (Oliver & Isacks).

Deze seismische bijdrage in het jaar 1962 bedroeg wat aantallen epicentra betreft niet meer dan 10% van de nu bekende aantallen. En wat de haardmechanismen aangaat was dit niet meer dan enkele procenten van het aantal gegevens dat nu bekend is. Het is duidelijk dat in de laatste 25 jaar, dus na het definiëren van de platentektoniek een zodanige overmaat van gegevens is vrijgekomen dat we ons bij de beschouwing van het proces niet meer hoeven te beperken tot de grote lijnen maar dat ook details naar voren komen. Met name geldt dit voor gebieden met een lokaal en regionaal grote variatie in geologische en geofysische structuren, zoals het gebied van de Middellandse Zee en omgeving, en dat van Oost-Indonesië. In deze gebieden komen meerdere platen bijeen en ondergaan sub-platen een eigen beweging, weliswaar gekoppeld aan die van de grote platen maar met soms totaal verschillende richting en snelheid van beweging.

Hiermede is voor de toekomst een nieuwe cyclus van onderzoek gestart waarbij continentale sub-platen en interne deformaties binnen oceanen en continentplaten centraal staan en die zal moeten leiden tot een coherent beeld van de genese van lokale en regionale geologische en geofysische structuren.

subductie meer in detail te volgen. Het blijkt dan dat in het algemeen de hoofdspansingen gelegen zijn in een vlak loodrecht op de strekkingsrichting van de subductiezone. Dit impliceert dat ook de relatieve bewegingen in de aardbevingsbron in dit vlak gelegen zijn. Bovendien wordt de op gronden van epicentrallocatie geponeerde driedeling van de Sunda-boog bevestigd door de geconstateerde verschillen in oriëntatie van hoofdspansingen voor de drie sectoren.



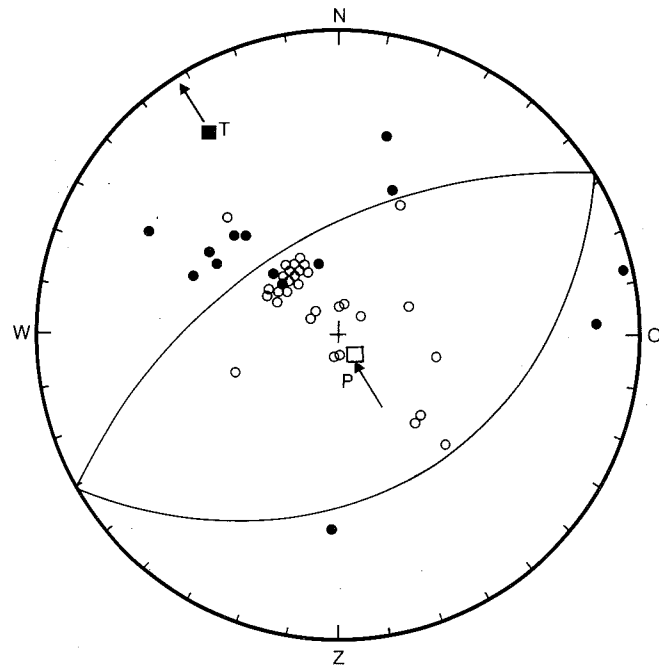
De voornaamste bewegingsrichtingen in het gebied van de Banda Zee op grond van haardmechanisme studies.

Een ander resultaat dat door de vermeerdering van gegevens verkregen werd, is gebaseerd op de geaccumuleerde plot van alle P- en T-assen van de aardbevingen van een bepaalde deelsector van de subductiezone. Voor de intermediaire bevingen van de Z.Banda-boog blijkt bijv. dat meer dan 90% van alle T-assen geconcentreerd is in een kegel van tophoek 2 x 55° gericht in ZZO-richting onder een hoek van ongeveer 65° met de horizontaal. Hetzelfde geldt voor de P-assen in de ruimtehoek buiten deze kegel. Normaal wordt aangenomen dat de P- en T-assen staan onder hoeken van 45° met de respectievelijke knooppvlakken voor longitudinale golven in de haard. Een andere handelwijze is ook niet goed mogelijk omdat uit de C- en D-data alleen niet eenduidig te zeggen valt welke van de twee knooppvlakken het bewegingsvlak in de haard voorstelt. Terwijl uit laboratorium experimenten bekend is dat de hoek tussen de grootste compressieve hoofdspansing en de bewegingsbreuk varieert tussen 30° en 45° i.p.v. de theoretische voor homogene materie geldende 45° is de stand van de knooppvlakken dus niet zonder meer



bijdrage pas jaren later tot uiting kwam in vervolgartikelen van andere, vnl. Japanse auteurs.

Koning was de eerste die het mechanisme van een aardbeving in de Indische archipel bepaalde met gebruikmaking van de C- en D-gegevens van de P-golf zoals geregistreerd in seismische stations van over de hele wereld. De geografische gebieden met compressies werden door hem gescheiden van die met dilataties door twee gebogen gesloten lijnen die op hun beurt geïnterpreteerd werden als twee platte vlakken loodrecht op elkaar in de haard van de aardbeving. Volgende haardmechanisme oplossingen werden gepresenteerd in de hoekgetrouwe stereografische projectie van Wulff (Ritsema, 1952) of de oppervlaktegetrouwe projectie van Schmidt. Het gebruik van deze projectie was gestoeld op het bekende gebruik ervan in de structurele geologie en petrologie. Om dit mogelijk te maken was het wel noodzakelijk de relatie te vinden tussen de afstand waarop het gebruikte aardbevingssignaal of golf geregistreerd werd en de hoek met de verticaal waaronder deze bewuste golf de haard verliet. Hiervoor was de aanzet eveneens gelegd door Koning.

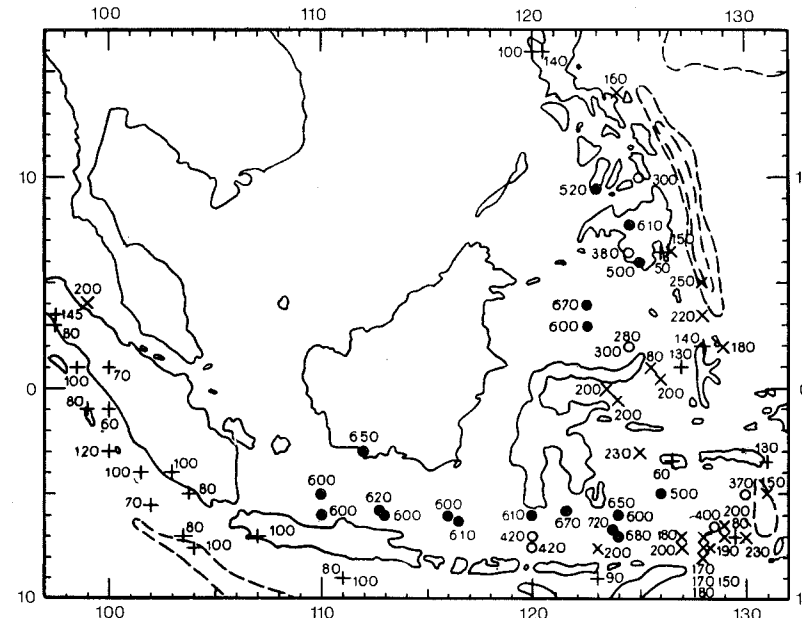


Het mechanisme in de haard van de diepe aardbeving van 1937, Aug. 11, in de Java Zee, (dissertatie Ritsema, 1952). De eerste keer dat een stereografische projectie van de haard voor de presentatie gebruikt werd.

Van de Sunda-boog alleen zijn er nu al meer dan 300 haardmechanismen bekend. Door deze extra waarnemingen is het mogelijk het verloop van spanningen in de aardbevingshaarden van de verschillende sectoren van

## Seismiciteit van de Sunda-boog s.l.

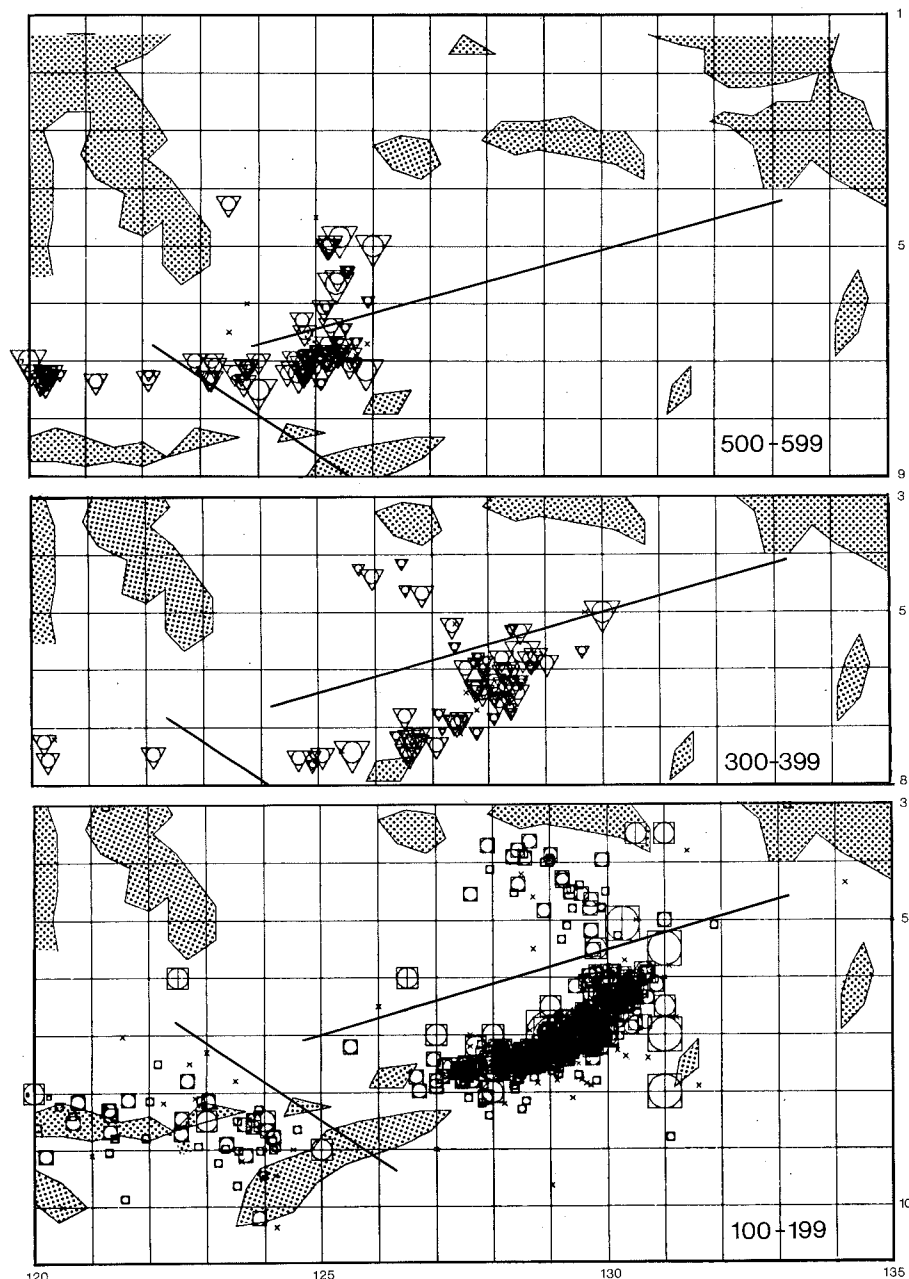
Het beeld van de seismiciteit van de aarde was met uitzondering van enkele oceansectoren al in grote lijnen aan Milne (1904) bekend. Het voorkomen van aardbevingen in zones die diep in de aardmantel steken werd in 1928 duidelijk door Wadati onderkend.



Epicentra van de diepe aardbevingen in Indonesië naar de catalogus van Berlage, 1937.

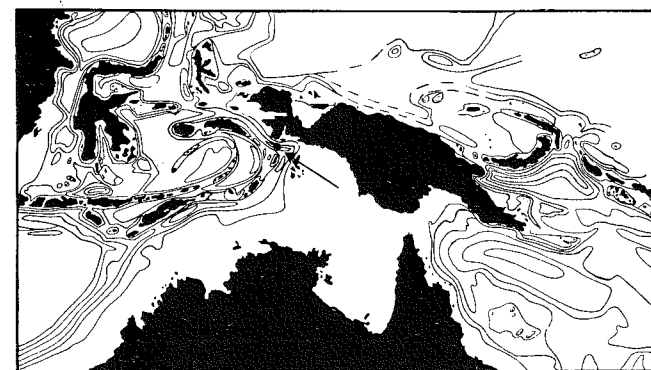
De diepe aardbevingzone van de Sunda Boog s.l. werd voor het eerst goed beschreven door Berlage in 1937. De bevingen bleken op een vlak te liggen dat vanuit het zuiden onder de Sunda shelf duikt. De diepe bevingen konden tot in de Banda Zee worden vervolgd. Het huidige databestand laat een ombuiging zien in het Oost-Banda-bekken van W-O naar Z-N. Bovendien verschijnt nu een van noord naar zuid hellend systeem ter hoogte van Seram in de Noord-Banda Zee. In termen van de nieuwe platen-tektoniek hebben we hier te maken met een subductiezone die over korte afstand ombuigt over meer dan 180°.

90% van het totale aardbevingsbestand stamt van de jaren 1963 en jonger. Behalve het aantal is ook de kwaliteit van de hypocentra aanmerkelijk beter dan die van ouder datum, waardoor meer details herkenbaar worden. Het blijkt dan dat een driedeling optreedt in de Sunda-boog, t.w. de Sunda-boog s.s. reikend tot ongeveer Centraal Timor in het Oosten (voor diepe bevingen minder ver Oost), de Zuid-Banda-boog met afnemende maximale haarddiepten, en de Noord-Banda-boog met subductie naar het Zuiden gekeerd.



Epicenterlocaties van aardbevingen (1904-1985) met een diepte van 100-199, 300-399 en 500-599 km in het gebied van de Banda Zee en de sectorindeling van de seismische boog.

Een simpel coherent beeld van de subductie van deze zone in zijn totaliteit is niet te geven. Voor de oorzaak van de configuratie in drie sectoren moeten we rekening houden met het feit dat nog maar 10-15 MA geleden West-Irian (deel van de Australische plaat) in zijn geheel ten zuiden lag van de huidige breedte van de Sunda-boog, en dat deze dus in die tijd onder invloed lag van de westwaards opdringende Pacific plaat. Ook nu nog bevindt zich in het gebied van Oost-Indonesië het triple punt tussen de Pacifiche, de Australische en de ZO-Aziatische plaat. Door het noordwaarts oprukken van de Australische plaat ten koste van de Pacifiche, in een later stadium ook van de ZO-Azië plaat, en het door de Pacifiche plaat westwaards meenemen van scherven van de frontzijde van de Australische plaat moet het triple punt in de loop van de laatste 10 MA t.o.v. de Australië plaat van NW naar ZO verplaatst zijn, 15 MA geleden lag het nog ten NW van de Vogelkop van West-Irian, successievelijk moet het naar het ZO verplaatst zijn tot nu een punt bereikt is ten zuiden van de zuidpunt van de Vogelkop. De preciese locatie was tot voor kort niet goed te bepalen op grond van alleen seismische gegevens.

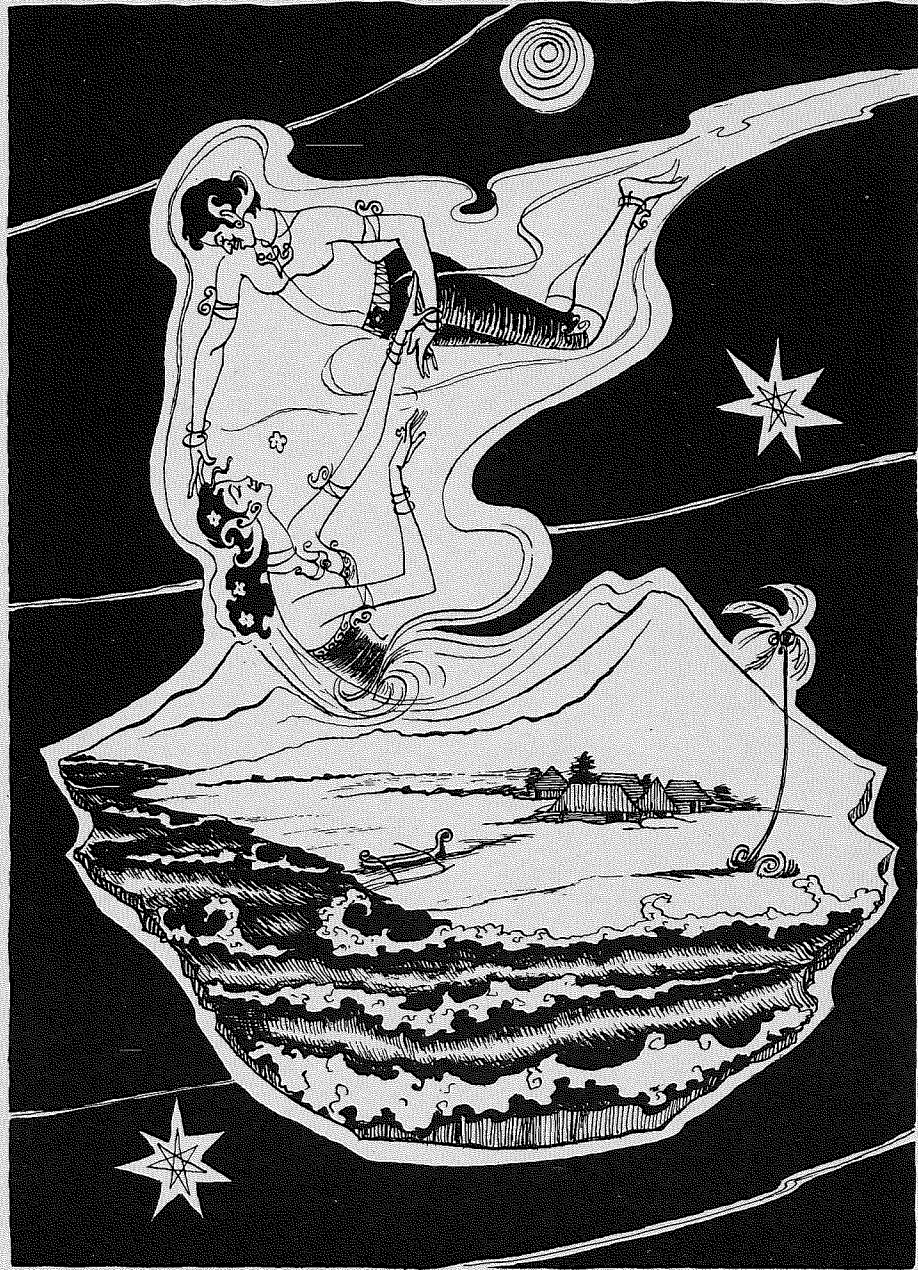


Het verloop van de dieptelijnen in het zeegebied van Australië en Oost-Indonesië. De plaats van het huidige triple punt tussen de Australische, Pacifiche en ZO-Aziatische platen is aangegeven.

Daarvoor was het bathymetrisch en marien geofysisch onderzoek dat gedurende de Snellius 2 expeditie in 1984-85 werd uitgevoerd bijzonder verhelderend. Juist op de aangegeven plaats en in het verlengde van de seismische lijn van discontinuïteit tussen Z. en N. Banda-boog werden duidelijke indicaties gevonden voor een dergelijk triple punt (informatie D. Jongsma, 1987).

## Aardbevingsmechanisme

Een hulpmiddel bij de problematiek van ontstaan van de locatie en de morfologie van de subductiezones in Oost-Indonesië is het mechanisme in de haard van afzonderlijke aardbevingen in de regio. Haardmechanisme studies stammen al van het jaar 1923. In dat jaar publiceerde Nakano het eerste theoretische basisartikel hierover. De totale gedrukte oplage ervan ging helaas verloren in de brand die volgde op de grote Tokyo aardbeving van dat jaar. Dit is de reden dat aandacht voor Nakano's



IV

Alfoeren van ZO Seram  
De mens is voortgekomen uit het huwelijk tussen hemel en aarde. Een aardbeving ontstaat uit het streven van de aardgodin om weer samen te komen met de hemelheer.



Sundanezen van West-Java

De aarde wordt gedragen door een Banteng - wilde buffel. Als hij zich beweegt veroorzaakt hij een aardbeving. De mensen roepen dan 'aja, aja', d.i. 'we zijn er nog!' Het geloof bestaat nl. dat de wereld vernietigd zal worden zodra er geen mensen meer zijn. Door het roepen wordt verwoesting tegengegaan.



Dajaks van ZO-Borneo  
 De slang Naga-galang-petak draagt de aarde in opdracht van Mahatara – het opperwezen.  
 Wanneer Naga vermoeid raakt, draait hij zich om waarbij een aardbeving ontstaat. De  
 landen waarheen hij dan zijn kop keert zijn met vruchtbaarheid gezegend, de  
 tegenovergestelde streken worden door onheilen, rampen, stormen, ziekten en misgewas  
 geteisterd.



Loeang Zuid-Banda-boog  
 De aarde rust op een stut in de zee. Als een walvis tegen de aardwortel leunt, wordt een  
 aardbeving gevoeld.