

J. PAPAMASTORAKIS, MÜNCHEN

Modellmessungen zur Unterscheidung von ionosphärischen und magnetosphärischen Störungen unter dem äquatorialen Elektrojet von Südindien

Mittwoch, den 13. 3. 1974

Im allgemeinen ist es nicht möglich, aufgrund von erdgebundenen Registrierungen allein eine Magnetfeldstörung in ihrem ionosphärischen und ihrem magnetosphärischen Anteil zu zerlegen. Man bräuchte zusätzlich noch die Registrierung durch einen geostationären Satelliten. Man kann sich aber überlegen, ob in gewissen Gebieten der Erde eine Trennung der beiden Störungsanteile aufgrund ihrer unterschiedlichen Induktionswirkung doch aus erdgebundenen Registrierungen allein möglich ist.

Es kommen solche Gebiete infrage, wo das Magnetfeld der ionosphärischen Störung scharf definiert und sich stark vom Feld einer magnetosphärischen Störung unterscheidet und zusätzlich ein guter Leiter mit geeigneter Berandung vorhanden ist, in dem Induktion stattfinden kann. Solche Gebiete unterschiedlicher Feldkonfiguration gibt es am Tage unterhalb des äquatorialen Elektrojets. Dort ist das magnetosphärische Feld nahezu homogen und horizontal, während der ionosphärische Strom am Tage wegen der erhöhten Cowling-Leitfähigkeit senkrecht zu den Magnetlinien, die in diesem Gebiet horizontal sind, in einem eng begrenzten Bündel von etwa 6° geographischer Breite und in einer Höhe von rund 105 km fließt.

Das ionosphärische Feld am Tage hat dann senkrecht zum magnetischen Äquator im Gegensatz zum Feld einer magnetosphärischen Störung eine viel stärkere Breitenvariation.

Betrachtet man den Elektrojet in der Gegend von Indien (Fig. 1), so sieht man, daß er über den Indischen Ozean und den Golf von Bengalen fließt. Der in Fig. 1 gezeigte Ozean ist ein Modell-Ozean, in dem gewisse Inselgruppen zu einer Einheit zusammengefaßt sind, da zwischen ihnen das Wasser sehr flach ist. Der

Ozean ist hier meistens zwischen 3 und 4 km tief. Nach der einfachen Skinformel ist die Skintiefe für Ozeanwasser für eine Störung der Periode 1 h rund 17 km. Ein merklicher Induktionseffekt ist also zu erwarten schon für Störungen der Periode von 1 h.

In Fig. 1 sind außerdem die magnetischen Observatorien Indiens eingezeichnet. Am interessantesten sind Trivandrum und Anamalainagar, die unterhalb des Jets und an der Küste lokalisiert sind. Sie liegen jeweils auf einer anderen Seite des magn. Äquators, so daß bei Trivandrum bei ionosphärischen Störungen für positives H ein positives und Abwesenheit von Induktion kleines Z erwartet werden sollte, während bei Anamalainagar zum positiven H ein negatives und großes Z gehören sollte.

In Fig. 2 sind Magnetogramme eines magnetisch mäßig gestörten Tages abgebildet. Überraschenderweise ist in dem Magnetogramm von Anamalainagar die Vertikalkomponente Z der Störungen in den Tagesstunden praktisch 0, während sie im Magnetogramm von Trivandrum sehr stark erscheinen. Aber schon kleine Details in den Abend- und Nachtstunden sind in Z in Anamalainagar sichtbar; und anders als die Z-Komponente des Elektrojets mit H positiv korreliert. Auch wenn man sich die Magnetogramme von mehreren Jahren in Anamalainagar anschaut, findet man in der Nacht kein einziges Ereignis mit $Z = 0$. Da in der Nacht der ionosphärische Strom sehr klein im Vergleich zu dem am Tage ist und die Ereignisse mit $Z = 0$ immer nur am Tage auftreten, muß man schließen, daß es sich um rein ionosphärische Störungen handelt. Die Ereignisse mit $Z \neq 0$, die in der Nacht sichtbar sind, müssen dementsprechend rein magnetosphärisch sein.

Wenn solche Ereignisse mit $Z \neq 0$ wie in Fig. 3 auch am Tage auftreten, dann sind sie entweder rein magnetosphärisch oder enthalten - je nach dem wie groß das Verhältnis Z zu H ist - neben einem ionosphärischen einen entsprechend großen magnetosphärischen Anteil.

Um diese Hypothesen zu verifizieren, haben wir ein Analog-Modell gebaut. In Fig. 4 sind die Gleichungen, die die elektromagnetische Induktions beschreiben, angegeben zusammen mit den relevanten Leitfähigkeiten. Hält man den Faktor in der dimensionslosen Induktionsgleichung unverändert, dann kann man die Effekte am Modell simulieren. Simuliert man den Ozean durch eine um fünf Millionen verkleinerte Platte aus Kupfer - man erhält so ein Modell von 2 x 1 m Größe - dann muß man noch die Zeitskala verkleinern. Einer Störung der Periode 1 h entspricht dann im Modell ein Wechselstrom von 465 Hz. Der ionosphärische Strom wird durch ein 13 cm breites stromdurchflossenes Stahlband simuliert. Das Magnetfeld kann durch eine kleine Spule gemessen werden.

$$\frac{\partial \underline{B}}{\partial t} = \frac{c^2}{4\pi\sigma} \Delta \underline{B}$$

$$\sigma f L^2 = \text{const}$$

	ocean	copper model
$\frac{\sigma}{c^2}$	$4 \cdot 10^{-11} \frac{\text{sec}}{\text{cm}^2}$	$6 \cdot 10^{-4} \frac{\text{sec}}{\text{cm}^2}$
L	4 km	0.8 mm
f^{-1}	1 hour	2.26 msec

Fig. 4

In Fig. 5 a sind die Ergebnisse der Messungen dargestellt, für den Fall, daß nur der Ozean leitfähig ist. Der Punkt $Z = 0$, der bei Abwesenheit von Induktion unterhalb der magnetischen Äquators liegt, ist durch die Induktion nur auf der Westküste Indiens wesentlich vom magnetischen Äquator weg nach Norden verschoben worden. Nimmt man nun an, daß auch die Kruste unterhalb des Kanals zwischen Indien und Ceylon aus leitfähigen Mineralien besteht, die den Strom genauso gut wie der Ozean leiten, dann verändert sich die Situation günstig, wie man aus Fig. 5 b entnehmen kann. Der Nullpunkt auf der Ostküste wandert nämlich ebenfalls nach Norden und kommt in die Nähe von Anamalainagar.

In Fig. 6 ist dargestellt, wie die induzierten Ströme im Ozean für den Fall wie in Fig. 5 b fließen. Die Stromlinien sind durch elektrische Messungen auf der Kupferplatte bestimmt worden.

Verbreitert man das Stromband um das Dreifache und nimmt man an, daß der leitfähige Kanal zwischen Indien und Ceylon existiert, dann zeigen die Messungen, deren Ergebnisse in Fig. 7 dargestellt sind, daß die Nullstellen noch weiter nördlich wandern. In Anamalainagar gehört jetzt zum positiven H ein positives Z .

Unter Zugrundelegung eines leitfähigen Kanals zwischen Indien und Ceylon kann man die Arbeitshypothese durch die Meßergebnisse als bestätigt ansehen.

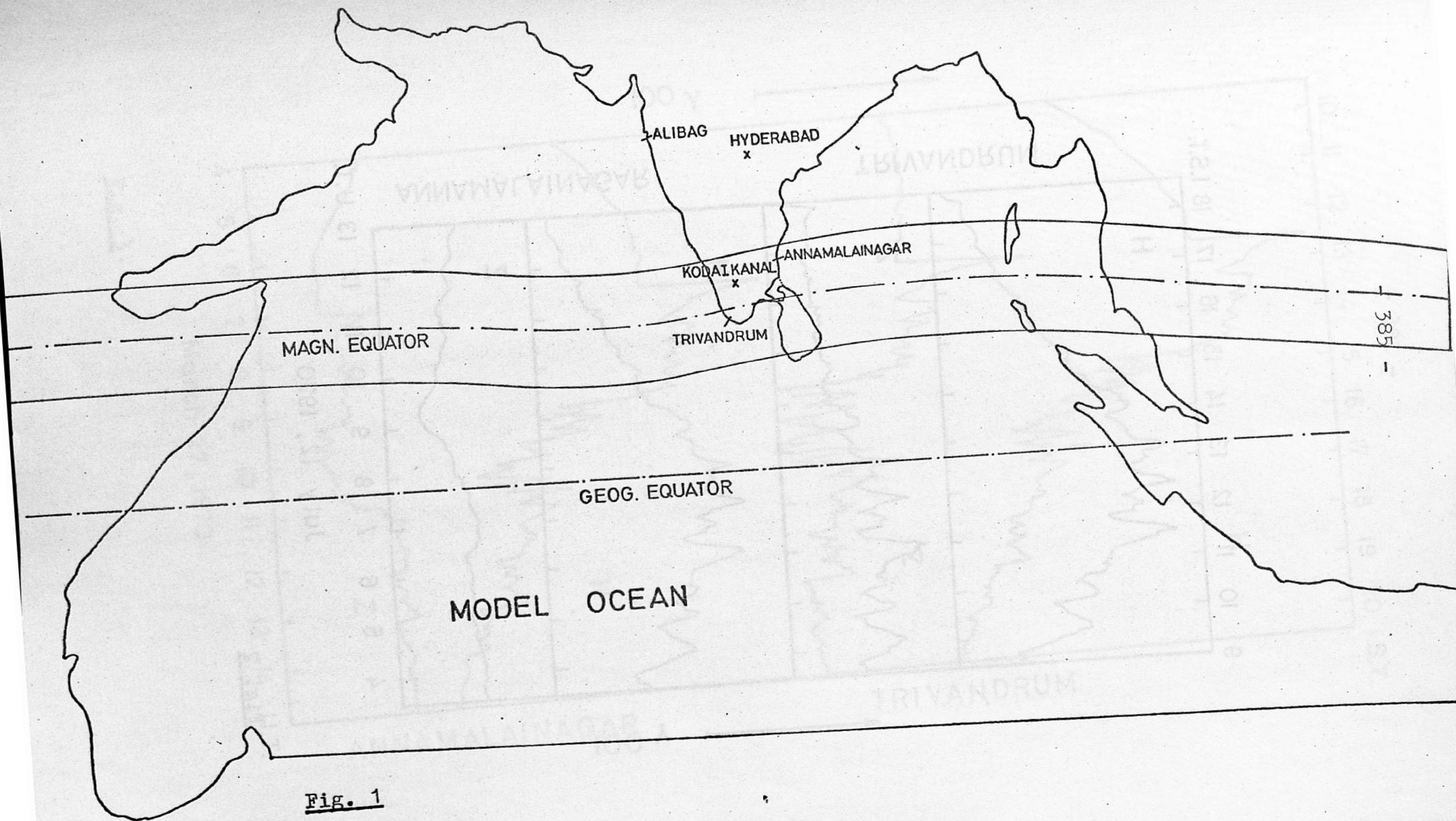
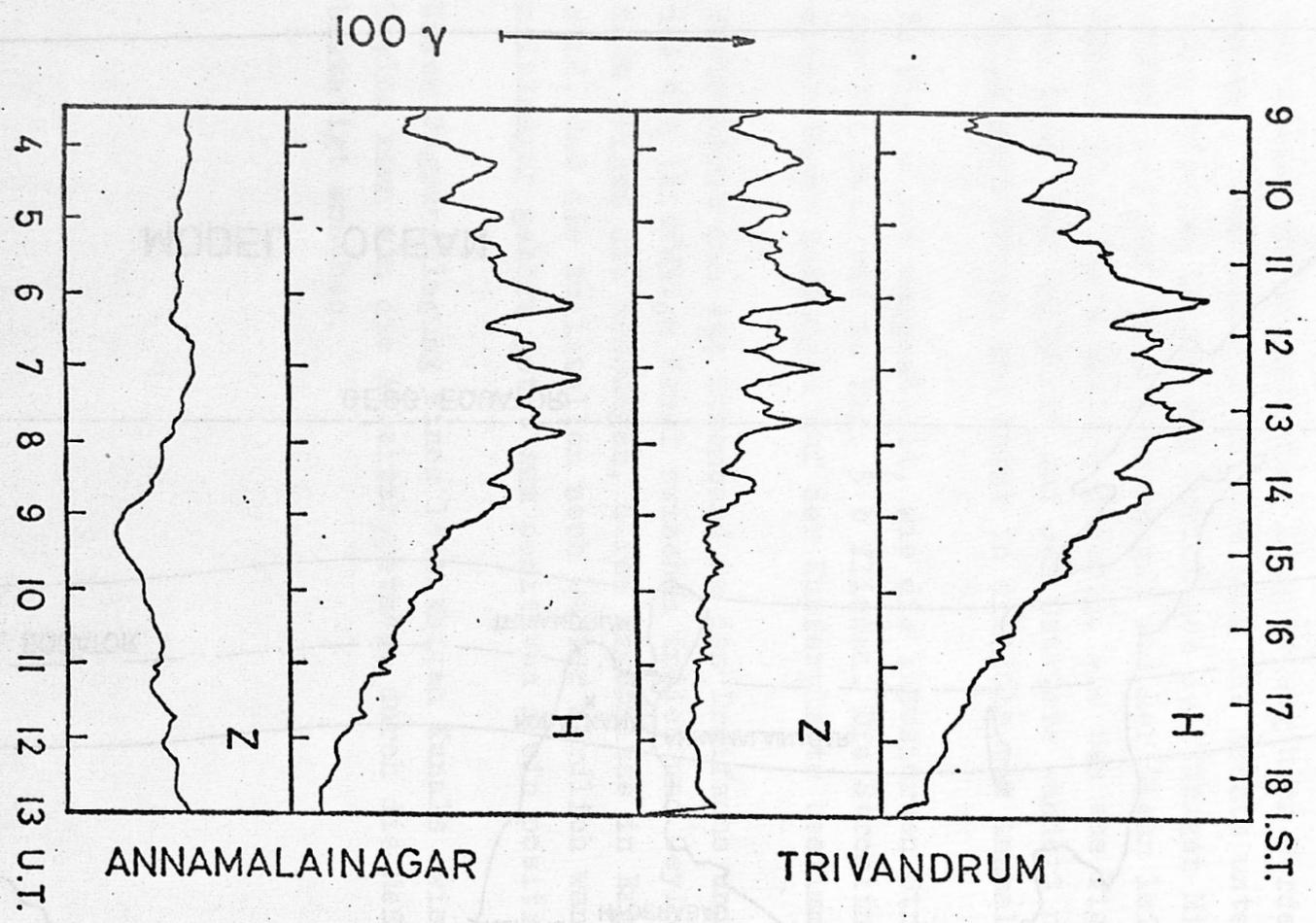


Fig. 1



July 12, 1970

Fig. 2

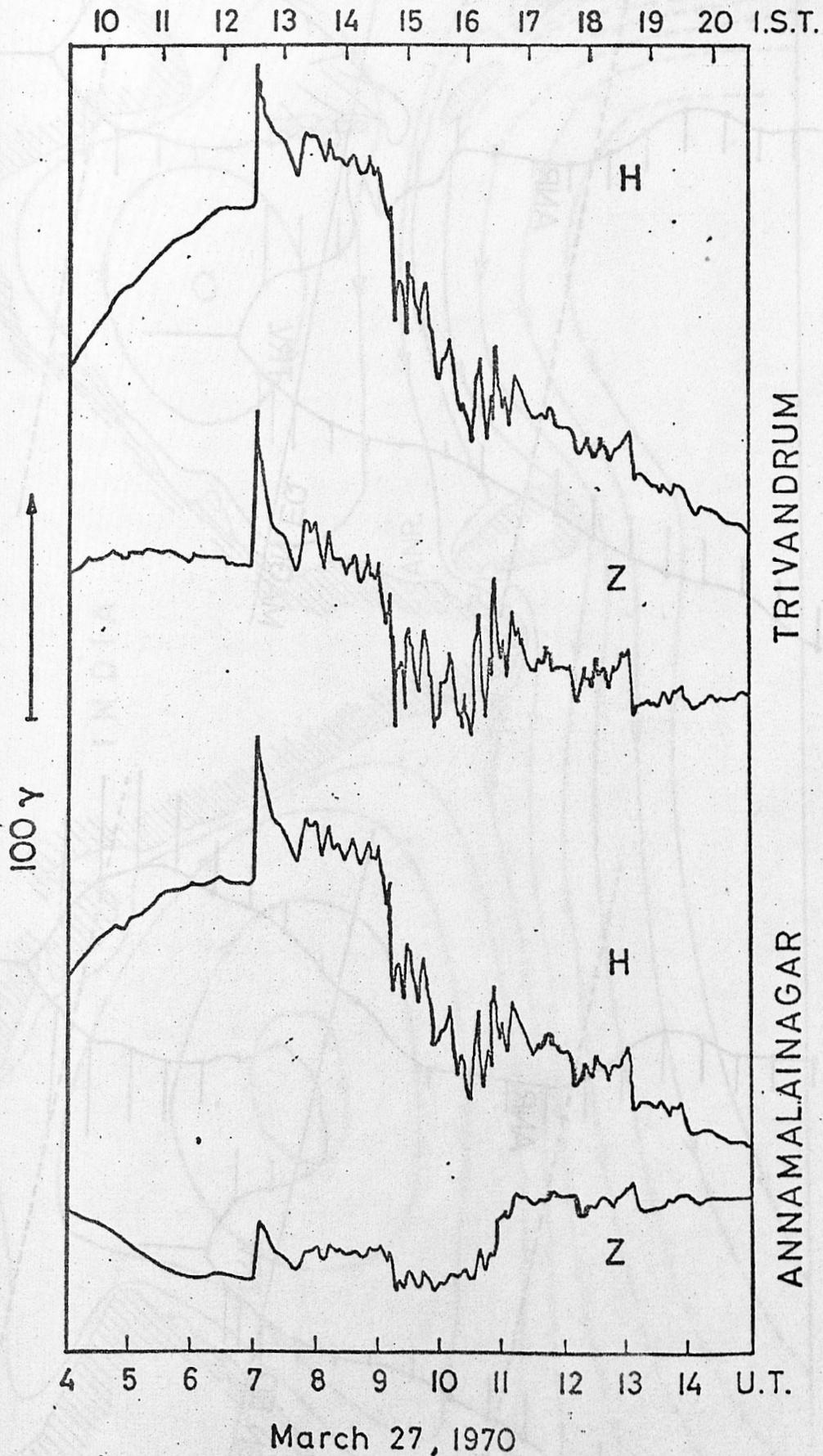
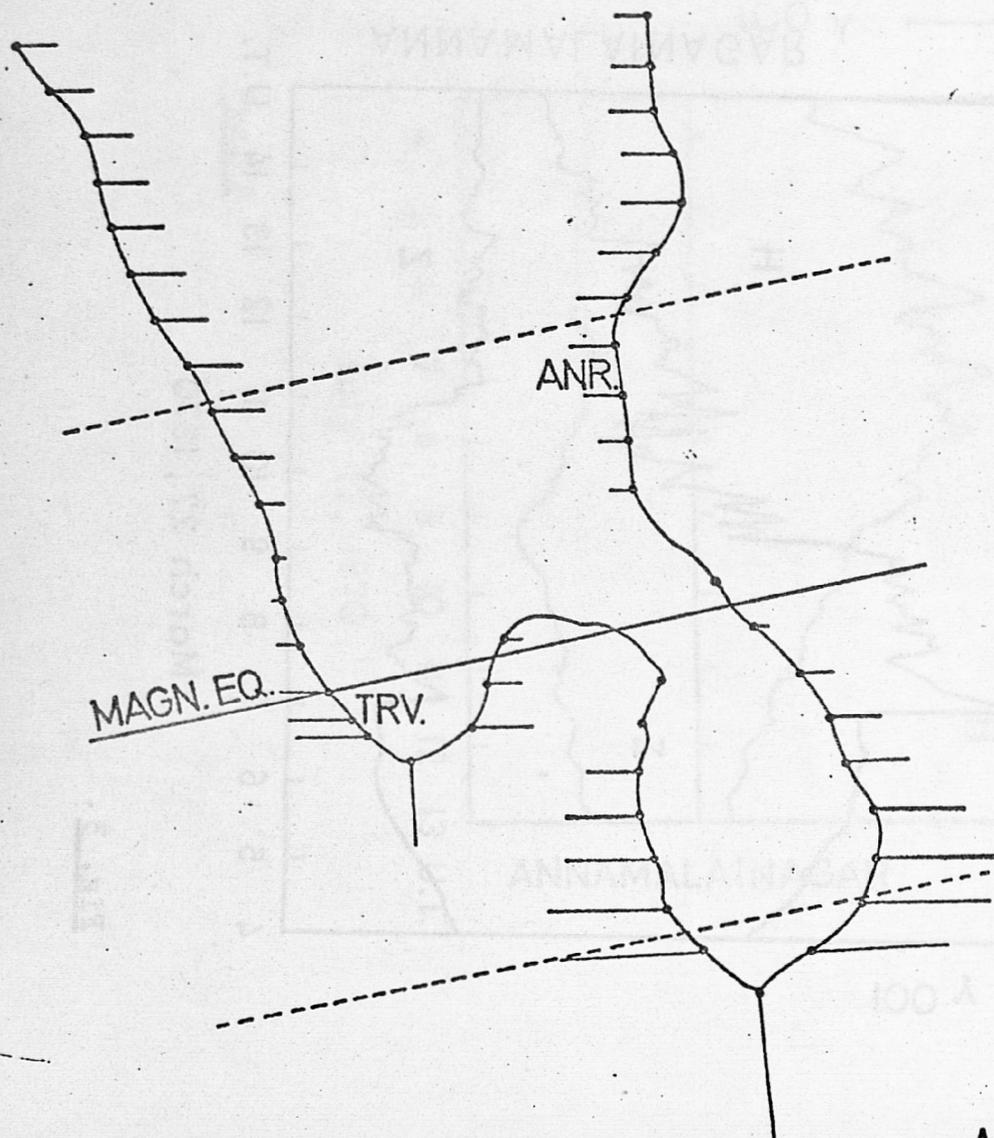
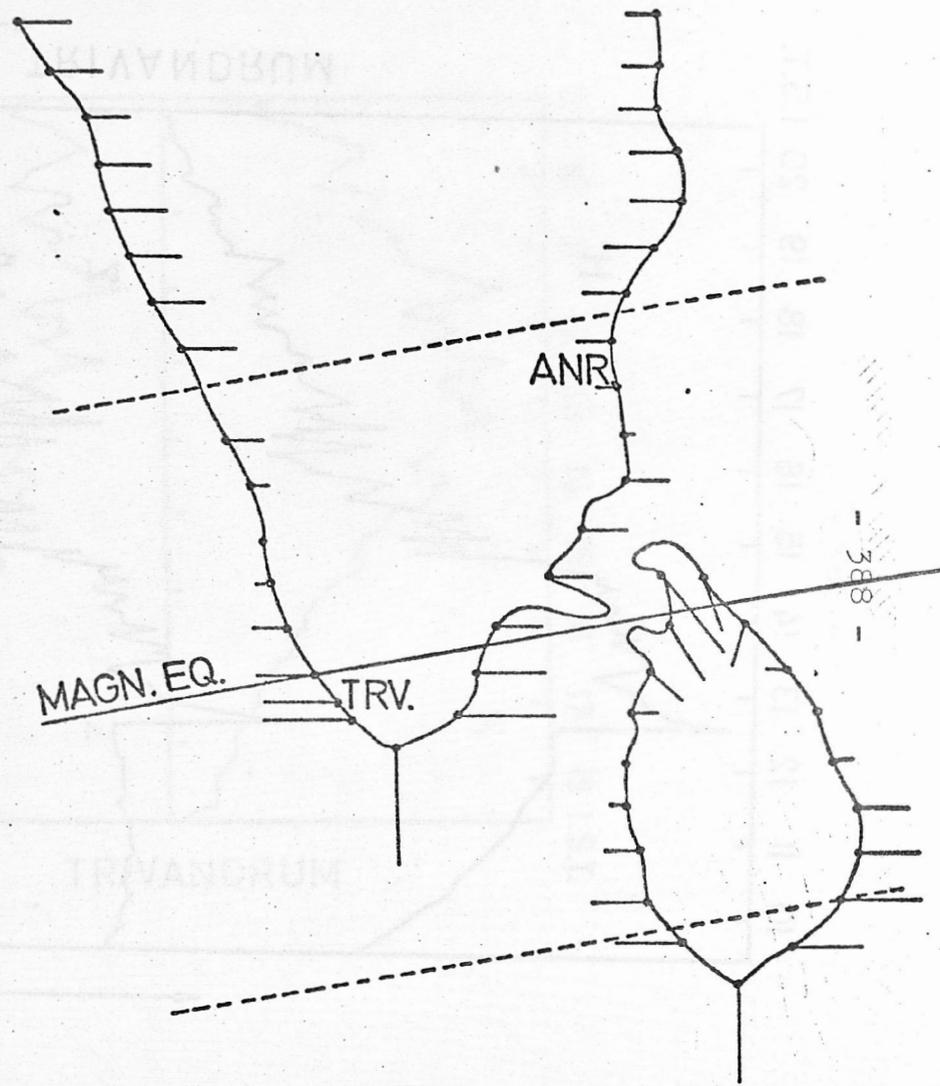


Fig. 3.



ΔZ down, if pointing into ocean
 ΔZ up , if pointing into interior

Fig. 5 a



$$- \frac{\Delta Z}{\Delta H_0} = 1$$

Fig. 5 b

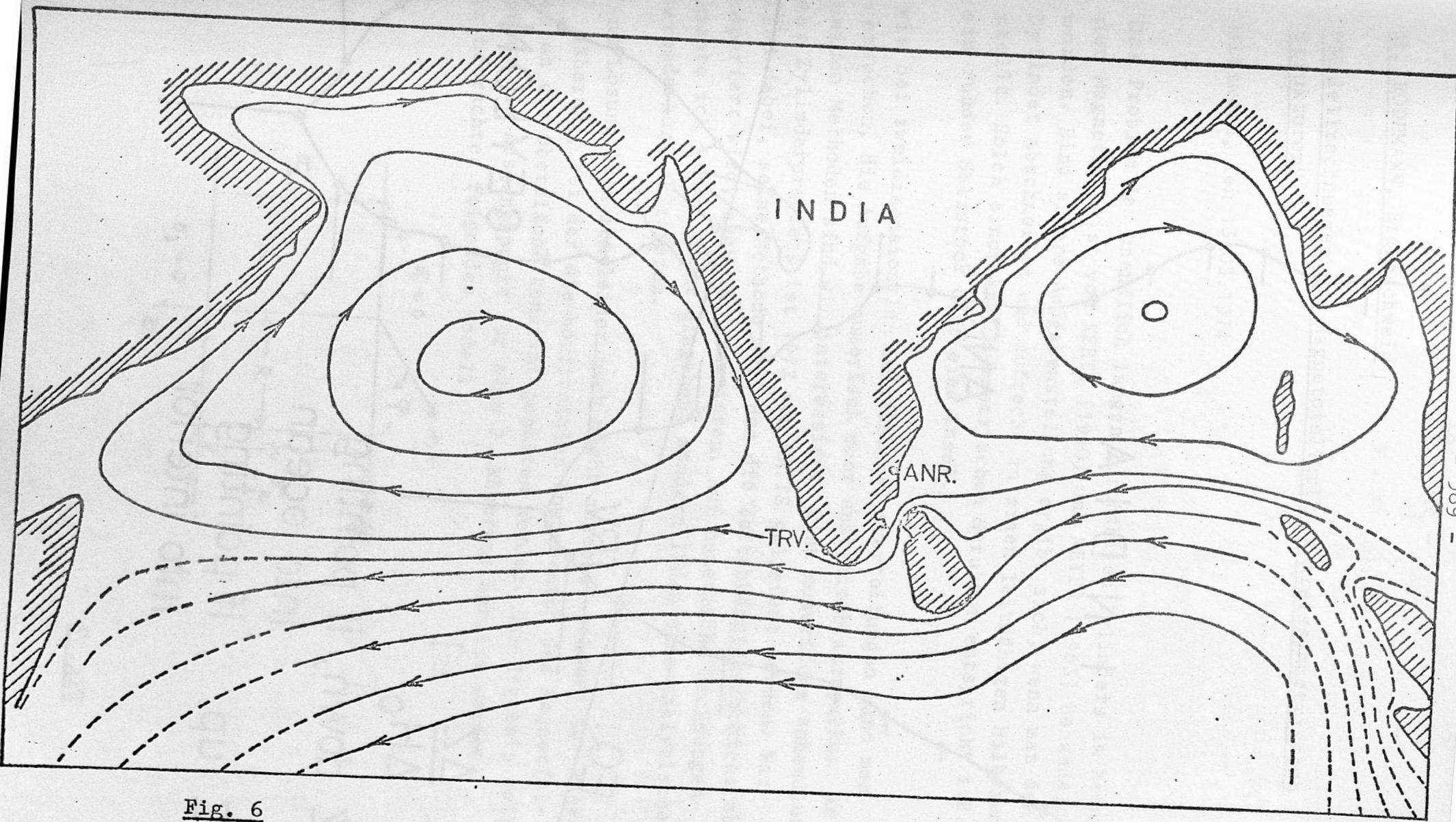


Fig. 6

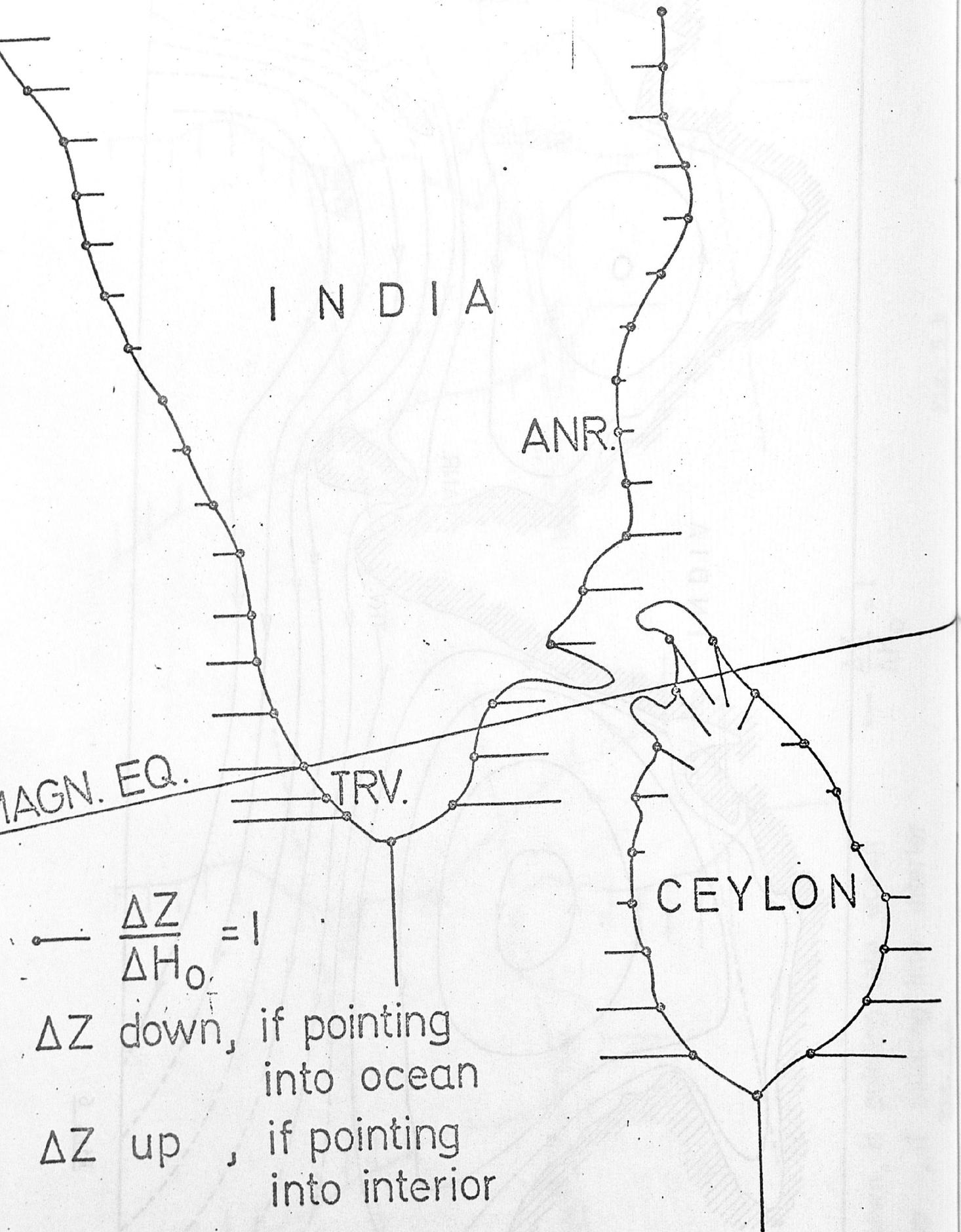


Fig. 7