

A Föld geotermikus zónáinak geofizikai vizsgálata

SCHEFFER VIKTOR

A Kárpát-medencék zónájának szeizmológiai adatok alapján megszerkesztett földkéregvastagság térképét tanulmányozván megállapítható, hogy a geotermikus mélységlépcső e területen tapasztalt regionális változása a földkéregvastagság változásait követi.

A Föld többi geotermikus zónáinak gravitációs anomáliáit, szeizmológiai viszonyait, hőfluxus-értékeit vizsgálva az tapasztalható, hogy helyenként nem a Mohorovičič felület kis mélységben fekvéséhez, hanem a felsőbb diszkontinuitási felületek viszonylagos felemelkedéséhez kötöttek a normálisnál nagyobb hőfluxusú területek.

A Föld néhány, kontinentális méretű mélytörések mentén található geotermikus zónája pedig azt bizonyítja, hogy egyes geotermikus zónák e mélytörések területén keletkeztek.

При изучении карты распределения мощности земной коры в зоне Карпатских бассейнов, построенной по сейсмологическим данным, отмечается совпадение регионального изменения геотермического градиента, характерного для данной территории, с изменением мощности земной коры.

Анализируя аномалии поля силы тяжести, сейсмологические условия и величины теплового потока других геотермических зон Земли выясняется, что зоны с повышенными по сравнению с нормальными значениями теплового потока местами приурочены не к участкам с небольшими глубинами залегания поверхности Мохоровичича, а к зонам относительных приподнятий разрывных верхних горизонтов.

Др. не геотермические зоны Земли, располагающиеся по глубинным разломам континентального масштаба свидетельствуют об образовании отдельных геотермических зон в области подобных глубинных разломов.

Die Karte der Erdkrustenmächtigkeiten der Zone der Karpathenbecken, welche auf Grund von seismologischen Daten zusammengestellt wurde, beweist, dass die regionalen Aenderungen der geothermischen Tiefenstufe dieses Gebietes die Aenderungen der Erdkrustenmächtigkeit widerspiegeln.

Die Untersuchung der Schwereanomalien, der seismologischen Verhältnisse, die Werte des Wärmestromes der anderen geothermischen Gebiete der Erde bringt uns zu der Feststellung, dass einige geothermische Gebiete nicht zu einer Hochlage der Mohorovicic-Fläche, sondern zur relativen Erhebung der über dieselbe liegenden Diskontinuitätsflächen gebunden sind.

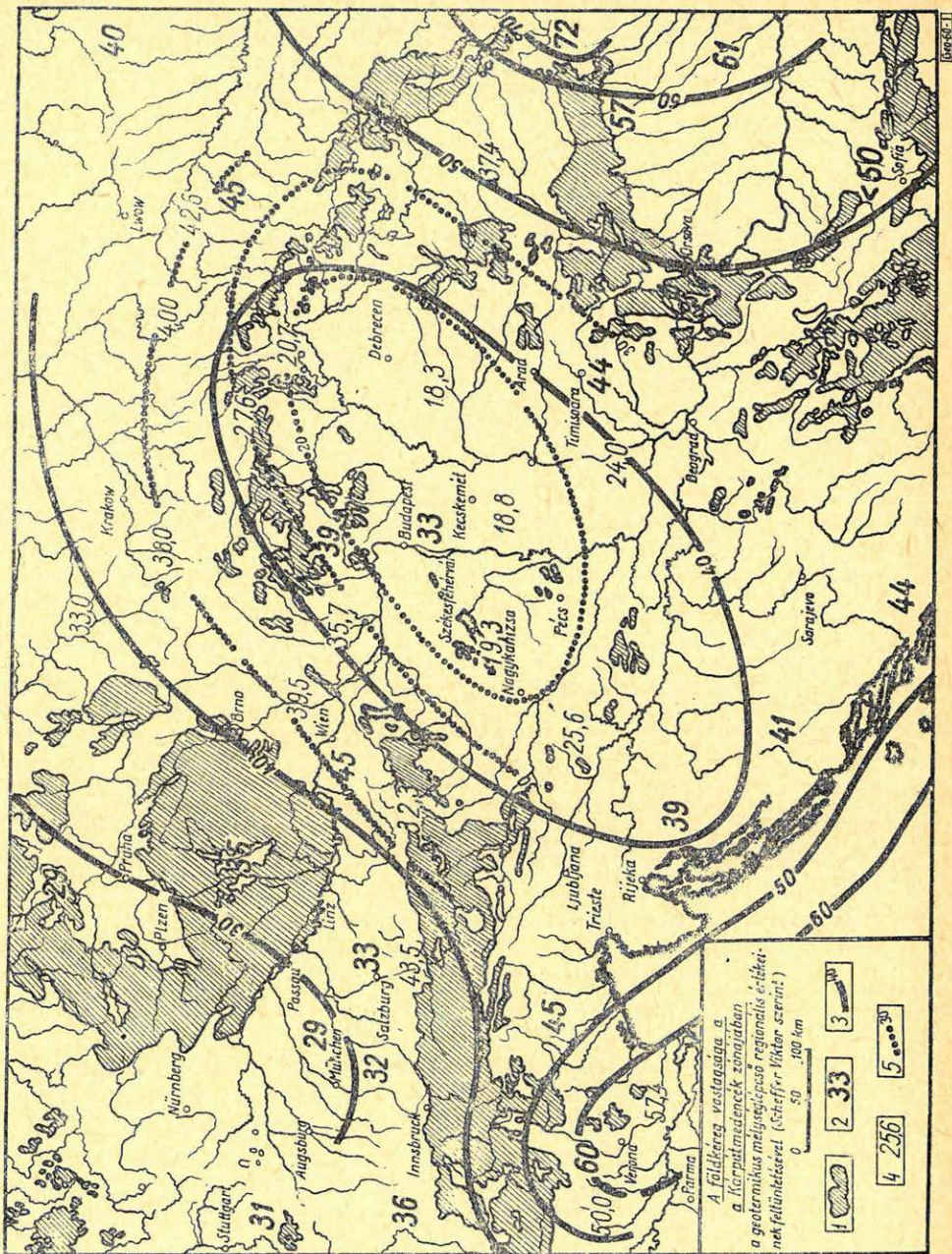
Einige geothermische Zonen, welche sich auf Gebieten grosser Bruchflächen von kontinentalem Ausmasse befinden, beweisen, dass sich dieselbe entlang dieser Tiefbrüche gebildet haben.

Az elmúlt években végzett geotermikus vizsgálataink megállapították, hogy a Kárpát-medencék centrális zónájában a geotermikus mélységlépcsőnek egy átlagosan kb. 20 m/°C-t kitevő regionális minimuma van.

Geotermikus anomáliának a földkéreg vastagság változásaihoz viszonyított helyzete tanulmányozása céljából megszerkesztettük az 1. ábránkat, melyben a földkéreg vastagságát tüntetjük fel a Kárpát-medencék zónájában szeizmológiai adatok alapján. E térképre a regionális mélységlépcső változásait is felvittük.

A térképen a Mohorovičič felület mélységvonalai 10 km-es szintkülönbséggel nyertek feltüntetést.

Megszerkesztéséhez figyelembe vettük a Kárpát-medencék és az ezeket övező területek 9 országában eddig megállapított földkéreg vastagság értékeket a következő források alapján:



1. ábra. A földkéreg vastagsága a Kárpát-medencék zónájában, a geotermikus mélységlépcső regionális értékeinek feltüntetésével, Scheffer Viktor szerint

Jelmagyarázat: 1. Gránitok, kristályos palák és harmadkori vulkáni képződmények; 2. A Mohorovičić felület mélysége km-ben; 3. A Mohorovičić felület azonos mélységeinek vonalai; 4. Regionális geotermikus mélységlépcső értéke m/C° -ban; 5. Azonos regionális geotermikus mélységlépcső értékek vonalai $30 m/C^{\circ}$

Magyarország területén Bisztricsány E. és Csomor D. (2) az 1956-os Dunahaszti-i földrengés adatainak feldolgozása során nyert 33 km-es értéket. A szerzők a kiértékelés végkonkluziójaként említik meg, hogy „Helgolandtól Haslach felé a gránitréteg kivastagodik s eredményeinkből úgy látszik, ez a kivastagodás a Kárpát-medence felé is folytatódik.”

A magyarországi földkéreg vastagságának egy másik meghatározását Csomor D. és Gálfi J. végezték el az 1951. évi nógrádi földrengés adatainak kiértékelése alapján. Eszerint „a Magyar Medence területén 34–39 km vastag kéreg adódik.” E munka fontos megállapítása, hogy „a kéreg a medencében vékonyabb, mint a Kárpátokon túl.”

Az Alföld D-i része, a K-i és D-i Kárpátok és a Havasalföld területére eső adatokat a Román Népköztársaság Tudományos Akadémiája Szeizmológiai Osztályának elnöke, G. Petrescu professzor bocsátotta rendelkezésünkre. Ezek a következő földkéreg vastagság adatokat szolgáltatják:

Az 1959-es temesvári földrengés G. Petrescu, C. Radu és P. Jonescu-Andrei által feldolgozott adatai 44 km mélységben határozták meg a Mohorovičić felületet a Nagy-Alföld e DK-i szegélyzónájában (4).

G. Petrescu és C. Radu (5) a C. E. S. (Commission Européenne Seismologique) 1962 szeptemberében megtartott jénai kongresszusa számára összeállították a földkéreg vastagságának román területen ezideig megállapított értékeit.

A Mohorovičić felület mélysége

Bucuresti zónájában középértékben	61 km
Cimpulung „ „	57 km
Jasi „ „	46 km

Vrancea-Focsani körzetében pedig, a Déli-Kárpátok legkeletibb, a Keleti-Kárpátok legdélibb részében, a kárpáti ív délkeleti szakaszán középértékben 72 km-ben nyert megállapítást. A felhasznált forrásmunkákat irodalomjegyzékünkben tüntettük fel (6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 4, 13, 14, 15, 16 és 17).

A bulgáriai, Szófia környéki < 50 km-es földkéreg vastagság érték I. Petkov és E. Grigorova (18) munkája alapján nyert feltüntetést.

Az Orosz Tábla délnyugati sarkának 40 km-es értékét, valamint az ÉK-i Kárpátok előterének 45 km-es földkéreg vastagságát A. A. Boriszov és G. I. Krugljakova (19) tanulmányában közölt földkéreg szelvényből vettük át. E szelvény gravitációs adatok alapján készült, a Kárpátalján már 35–40 km-es Mohorovičić felület mélységgel számol és valószínűnek tartja annak a Pannon-medence központi zónája felé tartó további felemelkedését.

A Wien környéki 45 km-es értéket a V. Conrad által az 1927-es Schwadorf-i földrengés adatai feldolgozásából vettük (20).

A dél-csehországi 35 km-es értéket A. Zatopek professzor szíves közlése alapján (21) tüntettük fel.

A Német Demokratikus Köztársaság D-i részére jellemző 29 km-es értéket W. Ullmann, a jénai Institut für Bodendynamik und Erdbebenforschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften munkatársa közölte velünk (22).

A Bajor-Alpok előterében feltüntetett Alz-Salzach-i (33 km), Hofkirchen-Schwindegg-i (29 km), Ostermünchen-Mangfall-i (32 km), Immenstadt-i (36 km) és Mindelheim Nord, Kaufbeuren Nord-i (31 km) kéregvastagság értékeket H. I. Liebscher (23) értekezéséből vettük át.

Az észak-olaszországi, Cansiglio-i 45 km-es értéket P. Caloi (24) értekezéséből vettük át. A Salo-i 60 km-es és a Gran Sasso d'Italia alatti (ez utóbbit a romániai Jasi értékével együtt a térképen nem tüntettük fel), úgy szintén 60 km-es földkéreg mélységértékeket D. di Filippo és F. Peronaci kiértékeléséből vettük át (25).

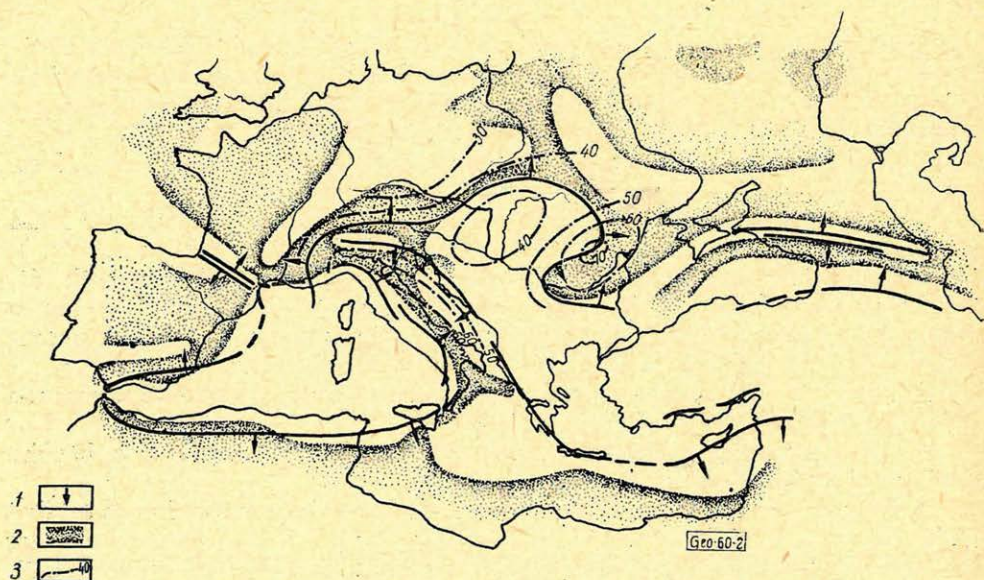
A Jugoszlávia tengerparti részének 3 vastagság értékét, a Cavtat-i 39 km-es, a Niksic környéki 41 km-es és a Titograd melletti 44 km-es vastagságokat M. Roksandic (26) gravitációs anomáliákból számított értékei adják.

A Kárpát-medencék zónájának szeizmológiai adatok alapján megszerkesztett földkéreg vastagság térképét tanulmányozván, megállapíthatjuk a földkéregnek a területen való nagymértékű kivékonyodását.

A szeizmológiai adatok szerint a Mohorovičić felület mélysége a Magyar-Medence alatti földköpenymagaslat centrális zónájában 33 km.

E földköpenymagaslattól minden irányban a Mohorovičić felület erős elmélyülése állapítható meg. Az elmélyülés mértéke Brassó környékéig kb. 40 km, az Adriai-tengerig kb. 30 km, az ÉK-i Kárpátok előteréig és a Bécsi medencéig kb. 10 km. A Bécsi medencétől a Cseh Masszívum irányában, É és ÉNy felé kb. 20 km-t emelkedik a földköpeny felszíne. DK-en a Balkán-hegység és az Adriai-tenger közti területen kb. 40 km körüli állandó mélységben folytatódik DK felé a földköpeny relatíve magas területe.

A Kárpát medencék zónájának ezen, szeizmológiai adatok alapján szerkesztett földkéregvastagság térképét tanulmányozván megállapítható, hogy a geotermikus mélységlépcső e területen tapasztalt, regionális változása a földkéregvastagság változásait követi oly értelemben, hogy a földköpeny felszínéhez közelfekvő magas zónájának a geotermikus mélységlépcső Kárpát-medencebeli minimum zónája felel meg.



2. ábra. A Kárpát-medencék földkéregvastagságai a mediterrán lánchegységek tektonikai sémájában

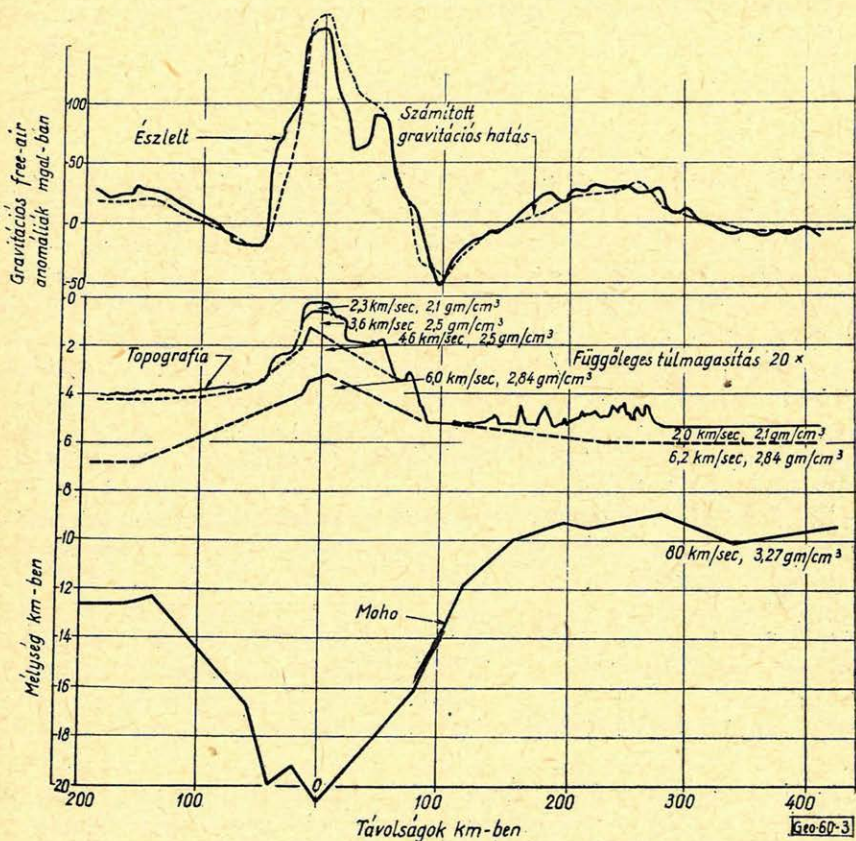
Jelmagyarázat: 1. vergenciák, 2. izosztatikuss depressziók, 3. a Mohorovičić felület mélysége km-ben az Alp-Kárpát vonulat belső medenceövében

A 2. ábránkon a földköpenyfelszín 10 km-es mélységvonalait berajzoltuk a Kober-féle mediterrán lánchegység sémába. A rajz közvetlenül érzékelteti az ún. „közbülső tömeg”-nek megfelelő földköpeny magaslatot, valamint ez utóbbinak a hegységképződési vergenciákkal való összefüggését.

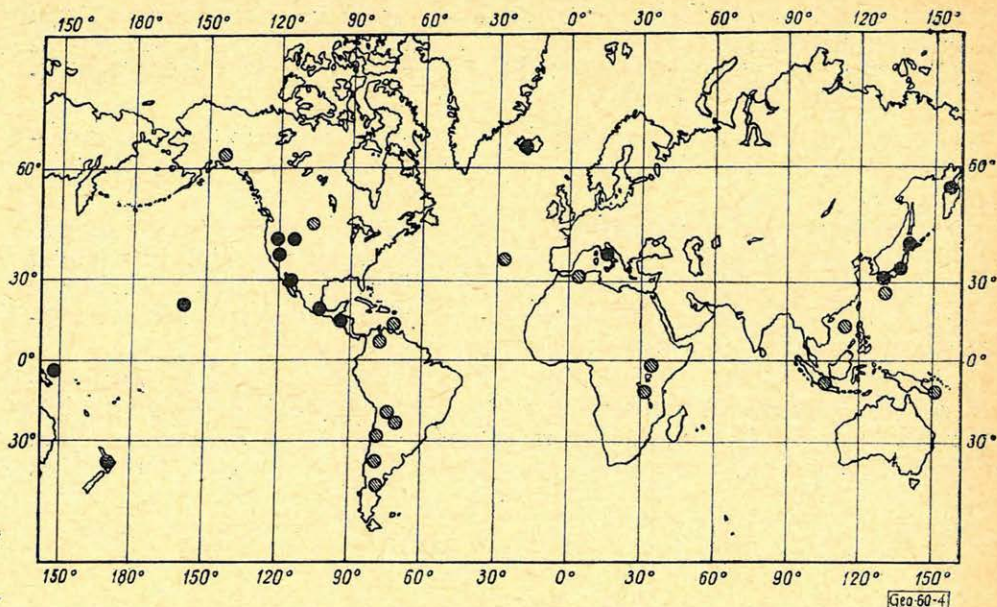
E tanulmányok eredményei azt a feltevést valószínűsítik, hogy az orogenezis folyamata és a földköpeny felszínének domborzata között szoros összefüggés van.

A Földközi tenger Ny-i medencéjével kapcsolatos szeizmológiai tanulmányok (24) a gabbro és a peridotit kéreg emelt helyzetét mutatták ki e terület keleti, a Tirréni-tenger által övezett olaszországi zónájában. A larderelloi, Monte Amiata-i, Viterbo-i, Tolfa környéki és É.-szardíniai geotermikus zónák e földköpeny magaslat K-i részén fekszenek (27, 28, 29, 30).

A geotermikus övekben természetes vízgőz, vagy melegvíz kutatás céljából végzett geofizikai felvételek sok esetben mélységbeli törések felkutatását célozzák. Azonban általánosságban megállapítható, hogy a Föld geotermikus zónái a földkéreg mélységbeli részének regionálisan emelt helyein terülnek el.



3. ábra. Egy, az Atlanti hátságon át fektetett Graf-féle tengeri graviméterrel mért szelvény



4. ábra. A Föld geotermikus zónái

A földköpeny felszínének, vagy a földkéreg diszkontinuitásos felületeinek regionálisan magasan fekvő részei, a környezetüknél nagyobb sűrűség értékeik következtében, regionális gravitációs maximumokként jelentkeznek.

A 3. ábránkon egy, az Atlanti Hátságán át fektetett, Graf-féle tengeri graviméterrel mért szelvényt mutatunk be, annak geológiai értelmezésével együtt (31).

Mivel a földkéreg mélyebb és általában kompaktabb rétegeinek hővezetőképesség értékei nagyobbak, mint a felszínhez közelebb fekvő rétegekben, a földi hőáram magasabb értékű a mélységbeli rétegek emelt részeinek zónájában.

Nason és Lee (32) egy általuk 1962-ben Martiniquetől a Kanári-szigetekig az Atlanti Óceán 14 pontján át meghatározott hőfluxusszelvényt közölnek. A megállapított értékek 0,3-tól $6,5 \cdot 10^{-6} \mu \text{ cal/cm}^2/\text{sec}$ közöttiek. A magas értékek kb. 200 km szélességben az Atlanti Hátságán találtattak, az alacsony értékek pedig a Hátság szárnyain, az „East Pacific Rise,” a Csendes Óceán K-i hátságához hasonlóan.

I. R. Elizondo (27) az Egyesült Nemzetek 1961-ben, Rómában megtartott geotermikus konferenciájának előadója, a Föld geotermikus zónáival kapcsolatos összefoglaló jelentésében a következő kérdést teszi fel: „In areas with volcanic Pliocene to Recent rock, lacking superficial hydrothermal manifestations, what will be the possibilities of finding commercial steam in the subsurface?”

G. Bodvarsson (33) pedig ugyanezen jelentésben állapítja meg, hogy mindamelllett, hogy a Föld ismert magas hőmérsékletű geotermális telepei fiatal vulkáni tevékenység zónáihoz kötöttek, a termális aktivitás korántsem oly gyakori, mint a vulkanizmus. A viszonylag nagyszámú földi vulkánhoz csak

feltűnően kevés jelentős termális zóna tartozik. A következőkben, a Föld geotermális zónáinak geofizikai vizsgálata eredményeivel akarunk I. R. Elizondo kérdéseire felelni és egyúttal geofizikai kritériumot adni az eddig ismeretlen geotermikus zónák felkutatására.

A Kárpát-medencékben, valamint a Földközi-tenger nyugati részén szerzett és az előzőkben ismertetett tapasztalatainkat vesszük alapul és vizsgálat tárgyává tesszük, hogy azok a Föld termális zónáiban általános érvényűek-e.

A 4. ábránkon a Föld geotermikus zónáit tüntettük fel, I. R. Elizondo és a Larderello Vállalat összeállítása alapján.

Urry (35) 1949-ben megjelent munkájában a földi hőáram változását a következőképpen magyarázza:

„The heat from the interior must flow through the outer crust and in so doing, it affects the temperature of the upper surface layers of the earth. This temperature will not be uniform but will vary with the thermal conductivities of the various materials in the surface and near-surface of the crust and with their geometric distribution.”

A földkéreg mélyebb és a felszínközi rétegeknél általában nagyobb sűrűségű és hővezetőképességű részeinek emelt zónáiról a gravitációs anomália kép ad tájékoztató képet.

Az 5. ábránkon a Föld $5^\circ \times 5^\circ$ -os területekre számított free-air anomáliáinak 1959. december 31-ig megállapított térképét mutatjuk be, melyet W. A. Heiskanen (34) adatai alapján a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet szerkesztett meg, 10 mGal-os értékközzel.

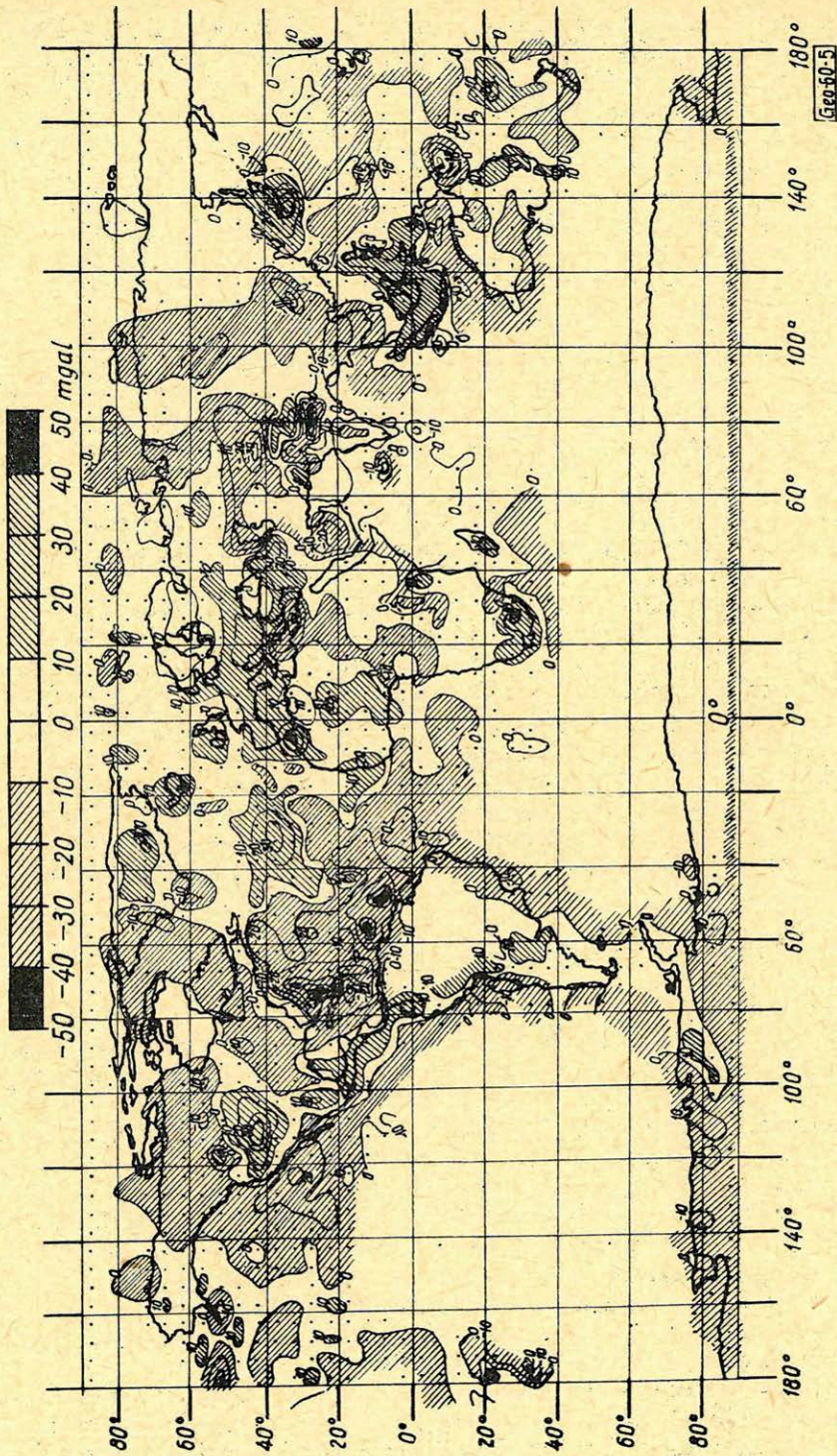
Elismerjük, hogy a földkéreg nagy szerkezeteinek megállapítására az izosztatikus anomáliák alkalmasabbak a free-air anomáliáknál, melyek a topográfia hatása által jobban befolyásoltak az előbbinél. Azonban a Föld izosztatikus anomália térképe még nem készült el, az izosztatikus anomáliákat egy térképen bemutatni egyelőre még nem tudjuk, ezért a különböző területek vizsgálatához a különböző, eddig megszerkesztett, területi szempontból lokális izosztatikus anomália térképeket vettük figyelembe.

A Föld geotermikus területeiről szerkesztett 6. ábránkon feltüntettük: a 10 mGal-nál magasabb free-air anomáliák területeit, a Föld ismert geotermikus zónáit I. R. Elizondo és a Larderello Vállalat összeállítása alapján, a földi hőáram $2,0 \mu \text{ cal/cm}^2/\text{sec}$ -nál magasabb értékeit, a W. H. K. Lee által 1963 elejéig begyűjtött 780 hőfluxus mérés adatai tekintetbevételével (36) és a Földön 1904-től 1952-ig észlelt 7-es magnitúdónál nagyobb sekélyfésztkű földrengések epicentrumait C. F. Richter, és B. Gutenberg szerint (37).

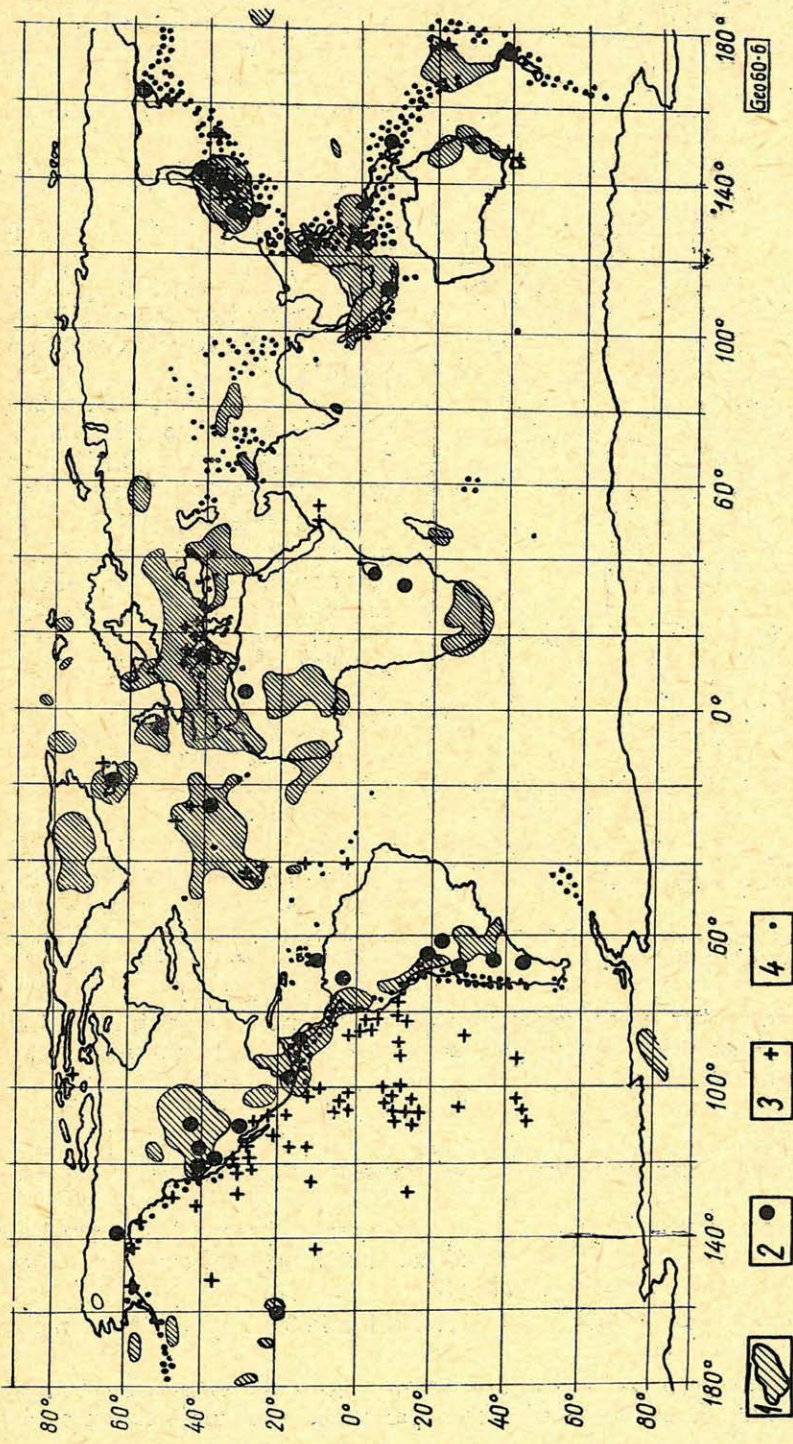
Ezen adatok egybevetése és analízise nagymértékben hozzájárul a Föld geotermikus zónái nagyszerkezeti megismeréséhez.

Ha az amerikai kontinens geotermikus zónáinak helyeit a gravitációs képpel hasonlítjuk össze, megállapíthatjuk, hogy az Egyesült Államok, Mexikó, El Salvador mind a 14 geotermikus területe, valamint a dél-amerikai geotermikus zónák is az igen kifejezett, egész Amerikán végig vonuló gravitációs maximumon fekszenek. (A gravitációs anomáliákkal való összehasonlítás a Nemzetközi Geodéziai Asszociáció Izosztatikus Intézete által kiadott izosztatikus anomália térképekkel (38) is elvégezhető.)

A Hawai-i geotermikus zóna szintén gravitációs maximumon fekszik. Izland geotermikus területe pozitív gravitációs anomáliának felel meg. A már említett Földközi-tenger Ny-i medencéjéhez tartozó É-afrikai geotermikus zó-

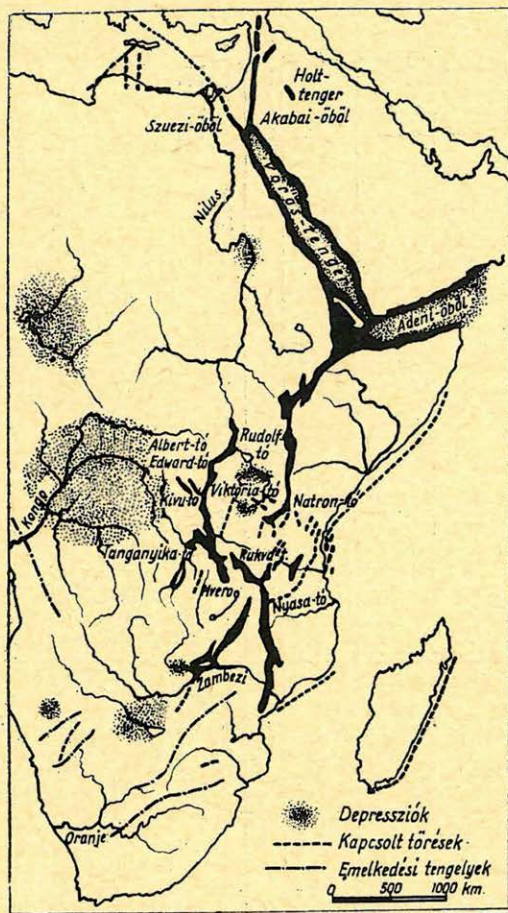


5. ábra. A free-air anomáliák eloszlása a Földön W. A. Heiskanen szerint.



6. ábra. A Föld geotermikus zónáit jellemző geofizikai adatok.

Jelmagyarázat: 1. Gravitációs free-air anomáliák 10 mGal-nál magasabb értékei W. A. Heiskanen szerint; 2. A Föld ismert geotermikus zónái J. R. Ellzondo és a Larderello S. p. A. szerint; 3. A földi hőáram 2,0 $\mu\text{cal cm}^2\text{sec}^{-1}$ -nél magasabb értékei W. H. K. Lee szerint, az eddig végzett 780 meghatározás eredményei alapján; 4. A Föld 7-nél nagyobb magintudójú rengései 1904-től 1952-ig C. F. Richter és. B. Gutenberg szerint



7. ábra. A kelet-afrikai árokrendszer
R. W. Girdler szerint

A keletafrikai két ismert geotermikus terület nincsen markáns gravitációs anomáliákkal jellemezve, hanem az ismert, a 7. ábránkon bemutatott (43) afrikai árkok mélytöréseihez kötött.

Földrengési epicentrumok és geotermikus anomáliák.

Gutenberg szerint a földrengéseket a hőenergia okozza. A földrengési epicentrumoknak a geotermikus anomáliák zónáihoz viszonyított helyzete ezt a feltevést megerősíteni látszik (8. ábra).

A földrengési epicentrumok általában a földkéreg regionális felemelkedéseinek szárnyain vannak.

A Föld legnagyobb szeizmikus öve az ún. „Circum Pacific belt”, a Cape Horn-tól Alaskáig D-és É-Amerika Ny-i partját követi, majd innen az ázsiai

nán kívül meg kell emlékeznünk az É-olaszországi Colli Euganei és Monti Berici termikus zónáról is, amely egy izosztatikus maximum gerincén fekszik (39).

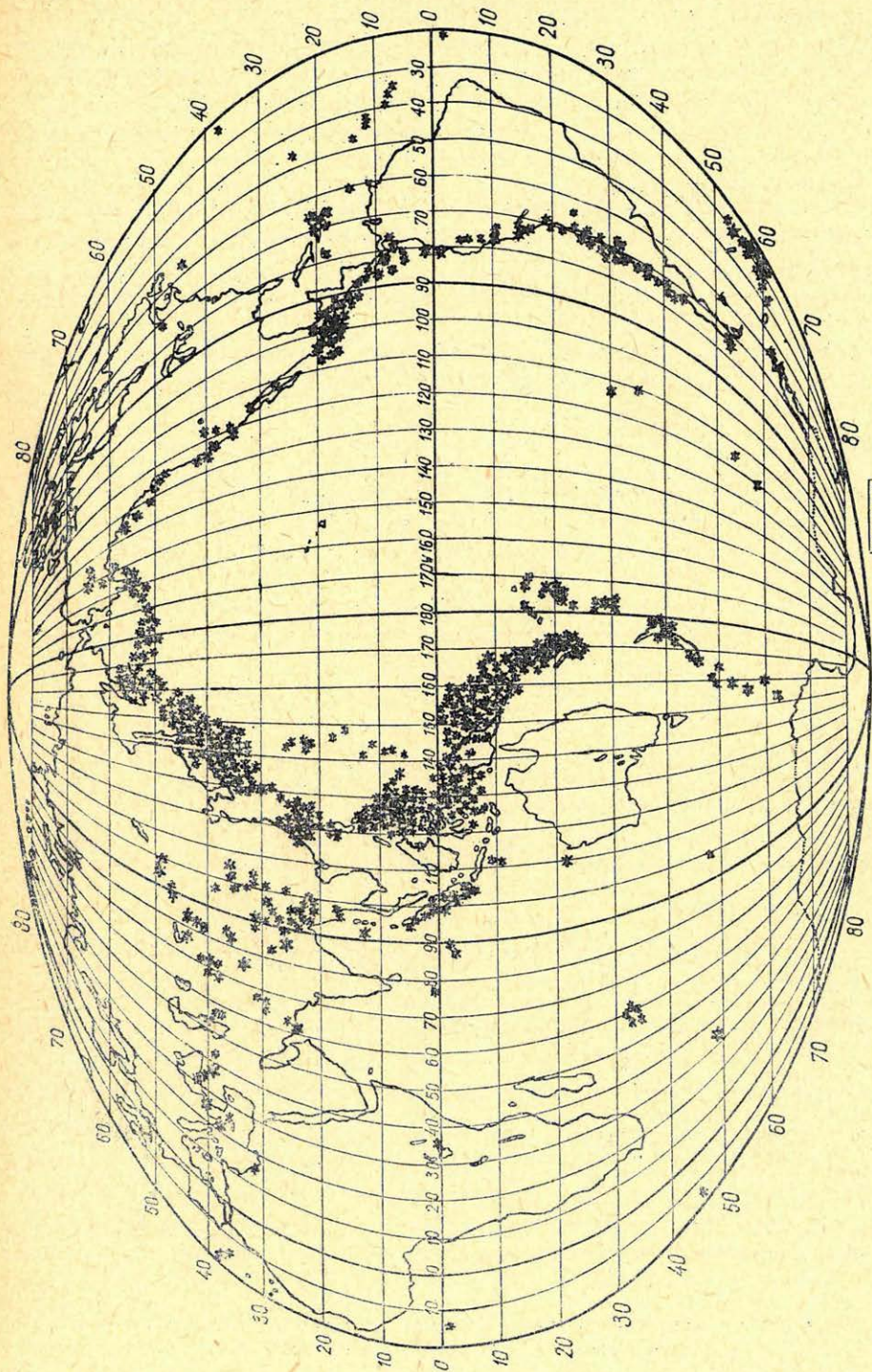
Az e területen végzett gravitációs és szeizmológiai vizsgálatok a Föld gránit kérgének emelt zónáját mutatták ki (40, 24, 25).

A Japán-szigetek igen érdekes izosztatikus anomáliáit Heiskanen tanulmányozta és dolgozta fel (41).

Ezen anomáliáknak a 20 japáni geotermikus zónával való egybevetése azt mutatja, hogy azok területileg jól egyeznek.

A Szovjetunióbeli Kamcsatka geotermikus területének gravitációs anomáliái még nem publikáltak. Azonban az e területen 1957–1958-ban végzett geofizikai felvételek eredményeiből (42) megállapítható volt, hogy a Kurili-szigetek íve alatt, a Japán-szigetek alól jövet a gránit kéreg egy tetőzónája húzódik Kamcsatka felé.

Az újjélandi és Rabaul-i, valamint a Nyugatindiai szigetvilág többi geotermikus területe szintén kiterjedt jelentős gravitációs anomáliákon és azok periferiáján helyezkednek el.



8. ábra. A Föld sekélyfészktű, 7-nél nagyobb magnitúdójú rengései 1904-től 1952-ig. Richter és Gutenberg szerint

kontinens K-i partja mentén Japánon és Indonézián át Új-Zélandig szegélyezi a geotermikus anomáliák területeit.

A 6. ábránkon csak a 7-es magnitúdónál nagyobb rengési epicentrumokat tüntettük fel. A kisebb magnitúdók tekintetbevételével megállapítható, hogy mint jelentőségben *második*, a Csendes Óceán földrengéses zónája után az a széles, K-Ny-i szeizmikus sáv következik, amely D-Ázsia magas hegységeitől a Földközi-tengeren át Gibraltárig terjed (44).

A *harmadik* hosszú szeizmikus öv az Arktisztól az Antarktiszig az Atlanti Hátságon át vonul, a *negyedik* földrengési öv pedig a közép-indiai hátságtól húzódik K-Afrikáig. Kisebb földrengéses területek az Atlanti- és Csendes Óceán szigetesoportjait veszik körül.

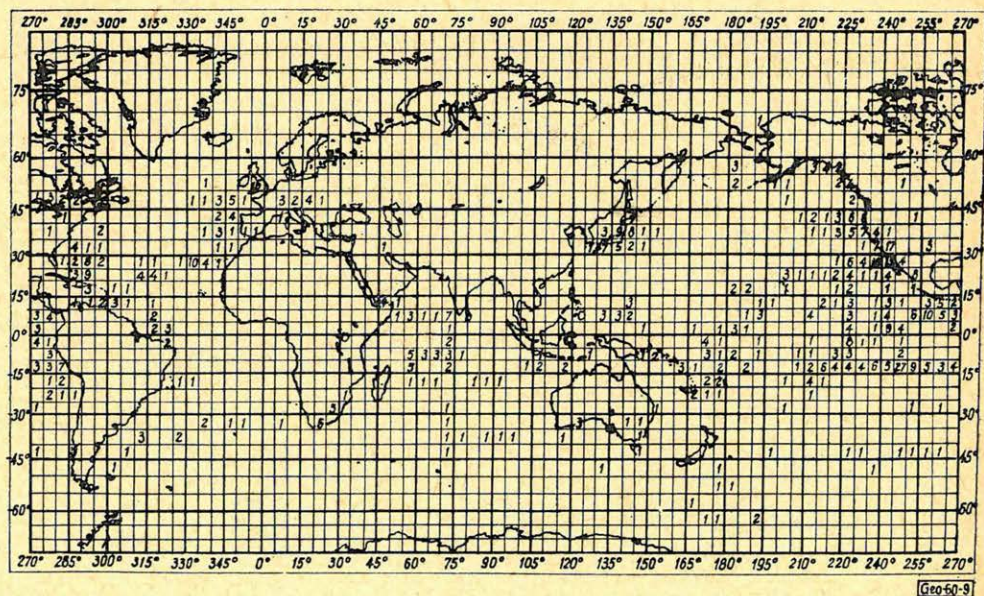
Már ez az egyszerű leírás is kimutatja a geotermikus zónák és a földrengéses területek kapcsolatát.

Meg kell említenünk hogy a földrengések 80%-a a Csendes Óceán térségében, 15%-a pedig a Himalaya és az alpi hegységrendszer területein pattan ki.

Földi hőárammérések

Geotermikus szempontból nagy figyelmet érdemelnek W. H. K. Lee összefoglaló munkái. Ezek közül az 1963 elején összeállított „Heat flow data analysis” 634 hőfluxusmérés eredményeit közli, melyek közül 73 van a kontinenseken és 561 az óceánokon.

Lee ezen analízise alapján a földi hőáram középértéke $1,5 \pm 0,15 \mu \text{ cal/cm}^2/\text{sec}$. Ebből a kontinensek középértéke $1,43 \mu \text{ cal/cm}^2/\text{sec}$, az óceánok középértéke pedig $1,65 \mu \text{ cal/cm}^2/\text{sec}$.



9. ábra. A Földön 1963 júniusáig végzett 757 hőfluxusmérés területi eloszlása $5^\circ \times 5^\circ$ -os területeken Lee és MacDonald szerint

1963 júniusában már több mint 900 hőfluxus mérés adatai álltak Lee rendelkezésére (45). Ezekből 757 használtatott fel, melyekből 92 volt kontinentális és 665 óceáni mérés. Ezek területi eloszlását $5^\circ \times 5^\circ$ -os területeken a 9. ábránk mutatja be.

Nincs szándékunkban ezen legújabb munkáról részletes ismertetést adni, csupán megemlítjük, hogy az új anyag alapján a földi hőáram számtani középértéke $1,61 \mu \text{ cal/cm}^2/\text{sec}$, amelyből 1,48 a kontinentális és 1,63 az óceáni középérték.

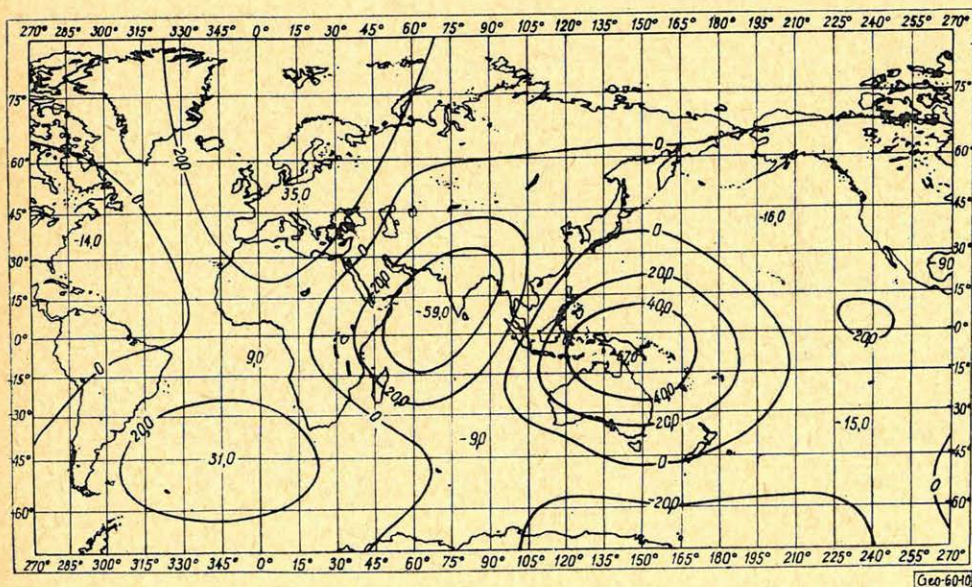
E munkájában Lee megkísérli a hőáramot a geoid undulációkkal összehasonlítani. Azonban, mivel nem kap valószínű eredményeket, végezetül megjegyzi, hogy lehetséges, hogy a földi hőáram anomáliák az alkalmazott közelítésnél kisebb mértékűek lehetnek.

Hogy ez valóban így van, azt a következő példával illusztráljuk:

A 10. ábránkon a geoid undulációk szatellit megfigyelések alapján Kaula által szerkesztett képét adjuk (46). Ha e térkép európai részét szemléljük, abból, az alkalmazott 20 m-es értéklépcső folytán nem tűnnek ki a Kárpát Medence, a Földközi-tenger Ny-i medencéje, É-Afrika és Angliának nagy hőfluxusra utaló geoid magaslatai.

Ha azonban a 11. ábrában bemutatott, Columbusban szerkesztett geoid európai undulációját szemléljük (47), ezen a nagy hőfluxusú területek, mint lokális undulációk jól megállapíthatók.

A 6. ábránkon feltüntettük a Föld 1963 elejéig ismert $2 \mu \text{ cal/cm}^2/\text{sec}$ -nél magasabb értékű hőáram helyeit a Csendes Óceán azon területein is, melyek gravitációs anomáliái ezideig még ismeretlenek.



10. ábra. A geoid undulációk 1963-ig végzett szatellit megfigyelések alapján szerkesztett térkép Kaula szerint

A hőfluxus magas értékei e területen a Csendes Óceáni Keleti Hátságra esnek, amint az Herzen adataiból ismeretes (48), (12. ábra).

A Föld nagy hőfluxusú helyeinek a gravitációs maximum területekkel való összehasonlítása lehetővé teszi annak ellenőrzését, hogy a geotermikus zónák a földkéreg felemelkedésein vannak-e.

Megállapítható, hogy az Atlanti Hátságnak megfelelő gravitációs maximum egyúttal maximális hőfluxus területet is jelez.

Az Angliában megállapított nagy hőfluxus érték pozitív gravitációs anomália területére esik.

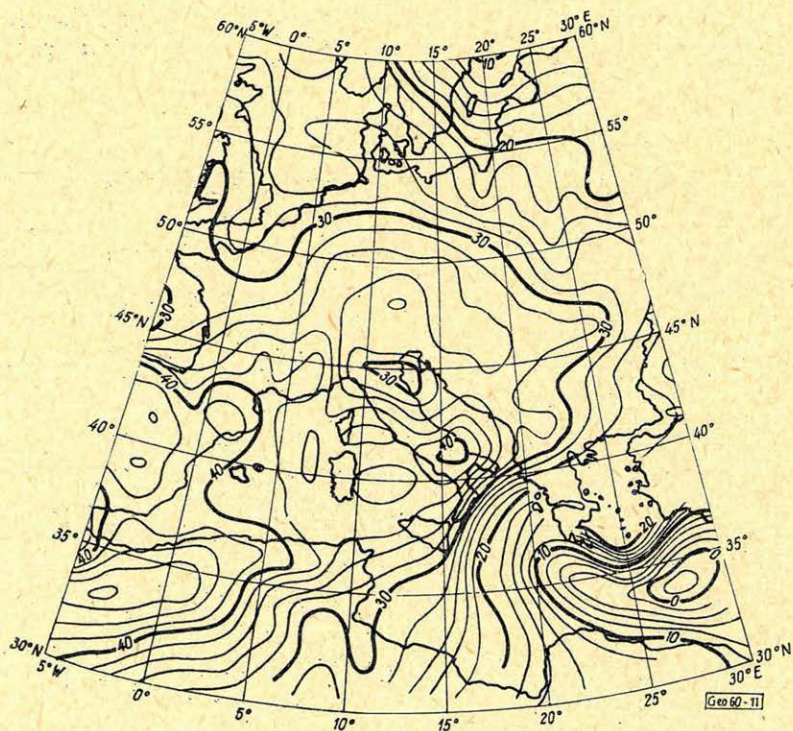
A Kárpát-medencében, K-Ausztráliában és az Új-Zélandtól É-ra megállapított magas hőfluxus értékek gravitációs maximumok zónáival esnek össze.

Az Indiai Óceán nagy hőfluxusú zónái pedig az e területen megállapítható mélytörésekkel hozhatók kapcsolatba.

Végezetül kedves köteleységünknek teszünk eleget, amikor köszönetet mondunk:

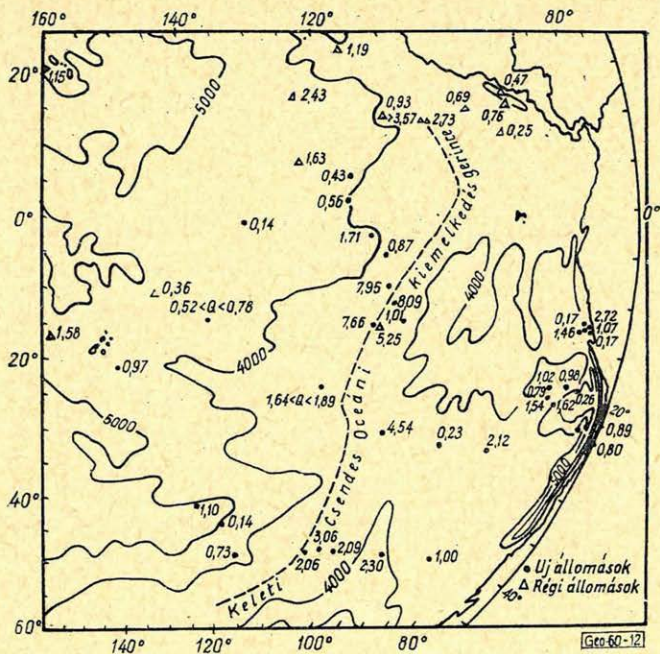
Csomor Dezsőnek és Gálfi Jánosnak, publikálatlan mélységértékük átengedéséért;

Dr Haáz Istvánnak, a Geofizikai Intézetben szerkesztett gravitációs anomália térkép közlésének engedélyezéséért;



11. ábra. A Columbus (Ohio)-ban 1954 - 57-ben 2 m-es értékközzel szerkesztett Európai Geoid, W. A. Heiskanen szerint

12. ábra. A Csendes Óceáni Keleti Hátság magas hőfluxus értékei, Herzen szerint



Simon Bélának és Csomor Dezsőnek az anyag feldolgozása során nyújtott segítségért;

G. Petrescu professzornak, a Román Népköztársaság Tudományos Akadémiája Szeizmológiai Osztálya Elnökének, valamint Radu és Jonescu-Andrei román szeizmológusoknak;

A. Zatopek professzor (CSSR) akadémikusnak;

Dr. Ullmann úrnak, az NDK Tudományos Akadémiája jénai Szeizmológiai Intézete munkatársának, a rendelkezésünkre bocsátott adatokért;

Dr. R. Janoschek, (Wien) és Dr V. Aksin, (Novi Sad) uraknak az adatok megszerzésében nyújtott segítségért és Bara Istvánnak a fényképanyag szép elkészítéséért.

IRODALOM

1. V. Scheffer: The Regional Values of the Geothermic Gradient in the area of the Carpathian Basins. Acta Technica Ac. Sc. Hung. T. 43. Fasc. 3-4. Budapest, 1963.
2. Bisztricsány E. - Csomor D.: Az 1956 jan. 12-i földrengés és a Föld kérgének felépítése a Magyar Medencében. Geof. Közl. 6. 37. Budapest, 1957.
3. Csomor D. - Gálfi J.: A Földkéreg felépítése a Magyar Medencében az 1951 febr. 20-i nóg-rádi földrengés adatai szerint. Budapest, 1963. (Kézirat).
4. G. Petrescu - C. Radu - P. Jonescu - Andrei: Activitatea seismica teritorial R. P. R. in 1959. Consideratii asupra astenosferei. si structurii scoartei in regiunea Vrancea. Ac. Rep. Pop. Romine, Studii si Cercetari de Astronomie si Seismologie 2. Anul VI. Bucuresti 1961.
5. G. Petrescu si C. Radu: Structura scoartei terestre in R.P.R. Ac. Rep. Pop. Rom. Studii si Cercetari de Astronomie si Seismologie. 2. Anul. VII. Bucuresti 1962.

6. *G. Demetrescu, G. Petrescu*: Prima evaluare a aidncimii stratului intermediar in subsolul Munteniei si Moldovei. Revista Universitatii Bucuresti si a Politehnicii Bucuresti, 4-6, 1954.
7. *G. Demetrescu*: Essai sur la determination des épaisseurs des couches de la croute. Studia. geoph. et. geod. 2. 1958.
8. *G. Demetrescu*: Cutremurul de la 18 mai 1943 din muntii Vrancei. Date provizorii asupra scoartei terestre in regiunea Bucuresti. Bul. Stiint. Acad. R.P.R. Sectia St. mat-fiz. V. 2. 327, 1953.
9. *D. Enescu, C. Radu*: Structura scoartei terestre in regiunea Bucuresti. St. Cerc. Astron. Seismol. III. 1., 1958.
10. *C. Radu*: Date asupra scoartei terestre in R. P. R. St. Cerc. Astron. Seismol. III. 2., 1958.
11. *T. Josif*: Structura scoartei terestre sub teritorul R. P. R. St. Cerc. Astron. Seismol. III. 2., 1958.
12. *T. Josif*: Determinarea stratului sedimentar la statiile seismice romine. St. Cerc. Astron. Seismol. III. 2., 1958.
13. *T. Josif*: Determinarea aproximativa a adincimii straturilor de discontinuitate in scoarta terestra de subsolul Munteniei. St. Cerc. Astron. Seismol. I. 1956.
14. *T. Josif*: Focar seismic adinc in Cimpia romina. St. Cerc. Astron. Seismol. V. 1. 1960.
15. *G. Demetrescu, D. Enescu*: Grosimile straturilor scoartei terestre deduse din studiul cutremurului din 19 august 1949. Com. Acad. R. P. R. X. 10. 1960.
16. *G. Demetrescu, D. Enescu*: Contributii la cunoasterea scoartei terestre in R. P. R. St. Cerc. Astron. Sismol. V. 1. 1960.
17. *G. Petrescu, T. Josif*: Studiul cutremurului de la 15 octombrie 1953. St. Cerc. Astron. Seismol. I. 1956.
18. *I. Petkov, B. Gregorova*: Epizentren und seismisch aktive Linien in Bulgarien. Tagung der C. S. E. in Sept. 1962. in Jena.
19. *A. A. Boriszov, G. I. Krugljakova*: O globinnom sztrojennii zemnoj kori Zakarpatja. Izvestija Akademii Nauk CCCP. Szeria Geofiziceszkaja 1961, 11. Moskva.
20. *V. Conrad*: Das Schwadorfer Beben vom 8. Oktober 1927. Gerlands Beitrage zur Geophysik 1932, VIII.
21. *A. Zátópek*: A prágai Karlovy University tanárának szíves kézírati közlése. Praha, 1963.
22. *W. Ullmann*: A jeni Institut für Bodendynamik und Erdbebenforschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften munkatársának szíves közlése, Jena, 1963.
23. *H. I. Liebscher*: Reflexionshorizonte der tieferen Erdkruste im Bayerischen Alpenvorland, abgeleitet aus Ergebnissen der Reflexionsseismik. Zeitschrift für Geophysik, H. 4. 1962, Würzburg.
24. *P. Caloi*: La crosta terrestre, dagli Appennini all'Atlantico ricostruita sulla base dei rilievi sismici. Annali di Geofisica V. XI. N. 3-4. Roma, 1958.
25. *D. di Filippo - F. Peronaci*: Struttura della crosta terrestre nelle Prealpi Lombardo-Venete, quale risulta dallo studio del terremoto del Garda del 19 febbraio 1960. Annali di Geofisica, V. XIV. N. 4. Roma, 1961.
26. *M. M. Roksandic*: Beleska o odnosu Bouguer-ovih anomalija i strukture Zemljine kore u Dinaridima jugozapadne Crne Gore. Zavod za Geoloska i Geofizicka Istrazivanja. V. II. Ser. C. T. II. Beograd, 1961.
27. *I. R. Elizondo*: Prospection of Geothermal Fields and investigations necessary to evaluate their capacity. United Nations Conference on New Sources of Energy, Rome, 1961.
28. *L. Alfano*: Geoelectrical exploration for natural steam near „Monte Amiata”. Quaderni di Geofisica Applicata, Vol. XXI. Milano, 1960.
29. *O. Vecchia*: Gravimetric exploration for natural steam in Tuscany. Quaderni ni Geofisica Applicata, Vol. XXI. Milano, 1960.
30. *R. Cassinis*: Application of seismic methods to geothermal energy exploration. Quaderni di Geofisica Applicata, Vol. XXI. Milano, 1960.
31. *I. Lamar Worzel and Talvani Manik*: Latest results of Gravity Observations at sea from surface ships. Symposium Geodesy in the Space Age. The Ohio University, Columbus, Ohio, February 6-8, 1961.
32. *R. D. Nason and W. H. K. Lee*: Preliminary heat-flow profile across the Atlantic. Nature, V. 196. N. 4858. p. 975. 1962.
33. *G. Bodvarsson*: Utilization of Geothermal Energy for Heating Purposes etc. General Report for the United Nations Conference of New Sources of Energy p. 20-21. Rome, 1961.
34. *W. Heiskanen*: Report on gravimetric computation of the geoid and of the Gravity Anomaly Field and related quantities in higher elevations. Travaux de l'Association International de Géodésie, Tome 21, Paris 1962.

35. *Wm. D. Urry*: Significance of radioactivity in geophysics; thermal history of the Earth. Trans. Amer. Geophysical Union, Vol. 30. N. 2. 1949.
36. *W. K. H. Lee*: Heat flow data analysis. Reviews of Geophysics, Vol. 1. N. 3. American Geophysical Union, 1963.
37. *C. F. Richter and B. Gutenberg*: Seismicity of Southern California. California Institut of Technology, Division of Geological Sciences. Contribution N. 627. S. Francisco, 1955.
38. *L. Tanni*: On the continental undulations of the geoid as determined from the present gravity material. Annales Acad. Sc. Fennicae Ser. A. III. Geol. - Geogr. 16. Helsinki 1948.
39. *O. Vecchia*: Sui principali caratteri strutturali dell'Italia Settentrionale dedotti dalle misure gravimetriche. Riv. Geofisica Appl. Anno XII. N. 1. 37. p. p. 2. carte 1:4 000 000 Milano 1952.
40. *P. E. Holopainen*: On the gravity field and the isostatic structure of the Earth's crust in the East Alps. Ann. Acad. Fennicae. S. A. P. III. N. 12. 94. p. and maps. Helsinki, 1942.
41. *W. A. Heiskanen*: The gravity anomalies on the japanese islands and in the waters east of them. An. Acad. Sc. Fennicae S. A. III. Geol. - Geogr. 8. Helsinki 1945.
42. *P. S. Veitsman, E. I. Galperin, S. M. Zverew, R. M. Kosminskaja, R. M. Krakshina*: The structure of the Earth's crust in the transition zone from the Asiatic Continent to the Pacific Ocean. Intern. Geol. Congress XXI. Session Reports of Soviet Geologists. Moscow 1960.
43. *W. R. Girdler*: The relationship of the Red Sea to the East African Rift System. Quart. I. Geol. Soc. London 104, 79 - 105, 1958.
44. *Ch. R. Longwell and R. F. Flint*: Introduction to Physical Geology Second Edition New York 1962, p. 402.
45. *W. H. K. Lee and Gordon J. F., Mac Donald*: The global variation of terrestrial heat flow. San Diego and Los Angeles 1963.
46. *W. M. Kaula*: Improved geodetic results from camera observations of satellites. J. Geophys. Res. 1963. (Sajtó alatt).
47. *W. A. Heiskanen*: Geodetic Research in Finland. Public lecture of Dr. W. A. Heiskanen on August, 1. 1960. in the XII General Assembly of the IUGG in Helsinki, 1961.
48. *R. V. Herzen*: Heat flow values from the South-Eastern Pacific. Nature 183. N. 4665, 882 - 883, 1959.