

MAGYAR ÁLLAMI EÖTVÖS LORÁND GEOFIZIKAI INTÉZET KIADVÁNYA

GEOFIZIKAI KÖZLEMÉNYEK

SZERKESZTI
DR. SZÉNÁS GYÖRGY

XIV. KÖTET, 1–4. SZÁM



MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST

1966

Felelős szerkesztő:
DR. FÜLÖP JÓZSEF

Szerkesztő bizottság:
DR. BARTA GYÖRGY, DR. EGYED LÁSZLÓ, DR. KERTAI GYÖRGY, DR. OSZLACZKY
SZILÁRD, PINTÉR ANNA, POSGAY KÁROLY, RÁDLER BÉLA, DR. SEBESTYÉN
KÁROLY

Szerkesztő:
DR. SZÉNÁS GYÖRGY

Felelős kiadó: Solt Sándor
Műszaki szerkesztő: Harkai József — Azotossági szám: 40 958
Példányszám: 1000 — Ívterjedelem: 11 (A/5) — Ábrák száma: 61
35.1936. Áll.n.i. Nyomda, Budapest

TARTALOM

ÁDÁM ANTAL: Az S_q és a földi elektromágneses tevékenység I.	5
ÁDÁM ANTAL – VERŐ JÓZSEF – WALLNER ÁKOS: A földi elektromágneses tér pulzációinak térbeli eloszlása I – II. rész	25
BARTA GYÖRGY: Néhány új adat a Föld mágneses tere és a nivófelületek torzultságának összefüggéséről	67
DANKHÁZI GYULA – L. HATOLKAY JUDIT: A gerjesztett potenciál vizsgálata, különös tekintettel a fúróluk szelvényezésre	73
FACSINAY LÁSZLÓ – BAGI RÓBERT: Az analitikus folytatások módszerének vizsgálata és gyakorlati alkalmazásának lehetősége a gravitációs kutatásban	87
RENNER JÁNOS – STEGENA LAJOS: Magyarország mélyszerkezetének gravitációs vizsgálata	103

СОДЕРЖАНИЕ

АДАМ, АНТАЛ S_q и электромагнитная активность Земли	5
АДАМ, А., ВЕРЁ, И., ВАЛЬНЕР, А.: Пространственное распределение пульсаций земного электромагнитного поля, часть I – II.	25
БАРТА, ДЬЁРДЬ: Некоторые дополнительные сведения о связи магнитного поля Земли с искаженностью ее эквипотенциальной поверхности	67
ДАНКХАЗИ Д., Л. ХАТЮЛКАЙ, Ю.: Анализ возбужденного потенциала и его использование для исследования разреза скважин	73
ФАЧИНАИ, Л., БАГИ, Р.: Анализ методов аналитического продолжения и возможности их практического применения в гравиметрической разведке	87
РЕННЕР, Я., ШТЕГЕНА, Л.: Изучение глубинного строения Венгрии гравиметрическим методом	103

CONTENTS

A. ÁDÁM: The S_q current-system and the terrestrial electromagnetic activity	5
A. ÁDÁM – J. VERŐ – Á. WALLNER: The areal distribution of the pulsations of the terrestrial electromagnetic field I – II.	25
GY. BARTA: Further contributions to the correlation of the distortion of the geomagnetic field to that of the level surface	67
GY. DANKHÁZI – J. HATOLKAY: An analysis of the polarization potential with special regard to well-logging	73
L. FACSINAY – R. BAGI: Die Untersuchungen der analytischen Fortsetzungsmethoden und die Möglichkeiten ihrer praktischen Anwendung in den Gravitationsforschungen	87
J. RENNER – L. STEGENA: Gravimetrische Untersuchung der Tiefstruktur von Ungarn	103

АДАМ АНТАЛ

S_q И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ АКТИВНОСТЬ ЗЕМЛИ

На основе сопоставления интенсивностей поля теллурических токов, наблюдаемых в обсерватории при с. Надьценк за спокойные часы и часы с помехами, в качестве характеристики возмущенности выведено отношение K_T/\dot{E}_T , где K_T — величина восточной, а \dot{E}_T — величина северной составляющих поля теллурических токов. При помощи этого параметра, для определения влияния активности, анализируются среднегодовые значения спокойных дней от максимума солнечных пятен 1957–58 гг., до 1963 г. с небольшим числом солнечных пятен.

Учитываются пики суточной вариации активности и их изменение в пределах цикла солнечных пятен по данным обсерватории при с. Надьценк. Особое внимание обращается на полуденный пик активности в \dot{E}_T , который появляется даже в спокойные дни и таким образом может производить значительное влияние на S_q . Характерной особенностью этого пика является его внезапное исчезновение в переходе от максимума к минимуму солнечных пятен.

В связи с изменением частоты бухтообразных возмущений в пределах цикла солнечных пятен, автор указывает на повышение их роли в определении поля S_q .

По потенциальным значениям 10 наиболее спокойных дней каждого месяца, определенным в обсерватории земных токов в г. Туксон, показаны основные особенности активности цикла солнечных пятен с 1932 по 1942 г.

По геомагнитным значениям S_q , наблюдаемым при низком и высоком числе солнечных пятен в 7 обсерваториях, находящихся на разных широтах, показано, что при увеличении числа солнечных пятен горизонтальная составляющая системы токов S_q , преобладающая в некоторых местах, изменяется в большей мере, чем другая. Такое изменение по составляющей D приписывается естественному изменению S_q (увеличение непосредственной солнечной радиации), а для H по широтному распределению значений S_D показана роль активности.

В заключении делается вывод о том, что определение поля спокойных дней, совершенно свободных от активности, требует более строгих условий по сравнению с настоящими, в отношении активности, если вообще можно обеспечить независимость его от прямого или косвенного влияния последней. Этот вопрос требует дальнейшего исследования, результаты которого описываются во II части настоящей работы.

A. ÁDÁM

THE S_q CURRENT-SYSTEM AND THE TERRESTRIAL ELECTROMAGNETIC ACTIVITY PART I.

It was stated in a former paper (Ádám, 1965 a), that in the Observatory near Nagy-cenk the quantity $K_T(\dot{E}_T)$ where K_T is the range of the S_q quiet daily variation in the East earth-current component, and \dot{E}_T the same in the North component (is characteristic for the degree of quietness of the selected days. Yearly mean S_q -s were analyzed from the 1957–58 sunspot-maximum until the 1963 minimum, with the purpose to determine the effects of different disturbances in it.

A special care is paid to the midday activity peak in the earth current North component, which may appear even on quiet days, so S_q can be influenced by it. This peak disappears suddenly approaching the sunspot minimum,

The role of bay-disturbances was also examined in S_q .

The same K_T/E_T quantity was used in examining the changes in the earth current S_q -variation during the sunspotcycle 1932–42 from the Tucson Observatory.

The geographic latitude has an effect, depending on the geomagnetic activity, too, on the S_q above all in the H-component.

The determination of an activity-free quiet day field requires stricter conditions than those of today, as regards the activity, if it can be cleared at all from its direct or indirect effect. Further investigations are referred to in part. II.

AZ S_q ÉS A FÖLDI ELEKTROMÁGNESES TEVÉKENYSÉG I ÁDÁM ANTAL

1962-ben egyik tanulmányomban megvizsgáltam a napi potenciálváltozás harmonikusaiból számított magnetotellurikus értékek bizonytalanságát. Rámutattam, hogy az értékek szórásának egyik jelentős forrása a földi elektromágneses tevékenység, illetve annak szélső esete a mágneses vihar. Ez utóbbinak helyi idő szerinti változását az S_D áramrendszer határozza meg, amelynek hatása ráakódik az elektromágneses tér nyugodtnapi menetére (S_q). Még nem döntötték el, hogy az S_D tényleges áramrendszer-e, vagy tisztán statisztikus jelenség, és csak egyedi, rövidebb periódusú szabálytalan mágneses zavarok vannak (D_i), amint azt NIKOLSKY (1947) feltételezi. NIKOLSKI feltevését a földiáramokban részben Nagyecenk mellett (ÁDÁM), részben pedig Legonban (HUTTON, 1962) meghatározott zavart napi változás szaggatott menetével igazolni látszik. R. HUTTON az S_D szabálytalan változásainak csúcsait még a pc . illetve pt típusú pulzációk gyakoriságával is kapcsolatba hozta.

Felvetődik a kérdés, hogyan hat a magnetotellurikus értékek szórására a tevékenység, hiszen első közelítésben két azonos periódusú, de különböző eredetű potenciál szuperpozíciójából ugyanarra az eredményre kellene jutnunk. Így akár az S_q -val, akár az S_D -vel, illetve ezek összegével (a zavart napi járással: $S_d = S_q + S_D$, vagy egy átlag, tehát sem nem nyugodt, sem nem zavart napi járással: $S = S_q + S'_D$) számolhatunk.

A szórás talán legkézenfekvőbb magyarázatát adja az a bizonytalanság, amellyel zavart napokon a napi járást meghatározhatjuk. Emellett azonban bonyolultabb szempontok is számításba jönnek. Itt hivatkozunk PRICE (1962) alapvető munkájára, amelyben leírja a magnetotellurikus értékek függését az indukáló tér dimenziójától. Ebből a függvényből következik, hogy a különböző kiterjedésű indukáló terek szuperpozíciója még azonos periódus mellett sem vezethet ugyanarra a magnetotellurikus impedancia értékre. Ez a tétel érvényes az elektromágneses zavarokkal terhelt napi változások magnetotellurikus felhasználására is.

A Föld elektromos felépítésének kutatását tiszta terekkel kell elvégezni. Így a földkéreg mélyebb részeinek magnetotellurikus vizsgálatára tisztán kell előállítani az S_q változást is, függetleníteni kell a tevékenység (zavar-) jellegű komponensektől.

A nyugodt napi változásról

A nemzetközi megállapodás szerint a nyugodt napi változást (S_0) valamely hónap 5–10 legnyugodtabb napjának földmágneses, vagy földiáram regisztrátumából határozzák meg. Bár BARTELS, a mágneses tevékenység

nagy ismerője és kutatója a közelmúltban a 3 legutóbbi napfoltciklus részletes elemzése során is megjegyezte, hogy az 1932–1961 közötti évek 360 naptári hónapja közül egyik sem múlt el néhány nyugodt nap nélkül, ugyanakkor arra a következtetésre is jutott, hogy igen ritkán tűnik el teljesen a korpuszkuláris napszél (BARTELS, 1963). Ez a látszólagos ellentmondás már magában foglalja azt a feltevést, hogy a havi 5 legnyugodtabb nap átlaga, illetve az ezekből számított évi átlag nem lehet mentes a tevékenység jellegű (napszél eredetű) befolyástól, tartalmaznia kell a zavar egy részét.

A nyugodt napok válogatásának másik módszere szigorúbb kritériumokat támaszt. Így BARTELS nyugodt időszaknak nevezi azokat a napokat, amelyekre nézve a háromórás, az egész Földre általánosított földmágneses index: $Kp=0$ vagy 1. (Mint ismeretes, Kp quasilogaritmikus skálában van megadva).

A Nagycenk melletti földáramobszervatóriumban a nyugodt napok kiválasztása szintén egy háromórás tevékenységi index: K_t alapján történik, amelynek a skálája azonban lineáris (1 fokozatnak 1,8 mV/km felel meg; ÁDÁM, VERŐ, 1958). A nyugodt nap feltétele az, hogy egyetlen $K_t=3$ se forduljon elő a napi 8 K_t értékben.

1962-ben az S_q -áramrendszer érdekes kettősségére mutattak rá a japán kutatók (NAGATA, KOKUBUN, 1962). Megállapították, hogy az IGY alatt, földmágnesesen nyugodt napokon a sarki övben a mérsékelt szélességeken észlelt napi változás terét kiegészíti egy járulékos tér, amelyet S_q^P -nek nevezték el. Így a sarki övben:

$$S_q = S_q^o + S_q^P$$

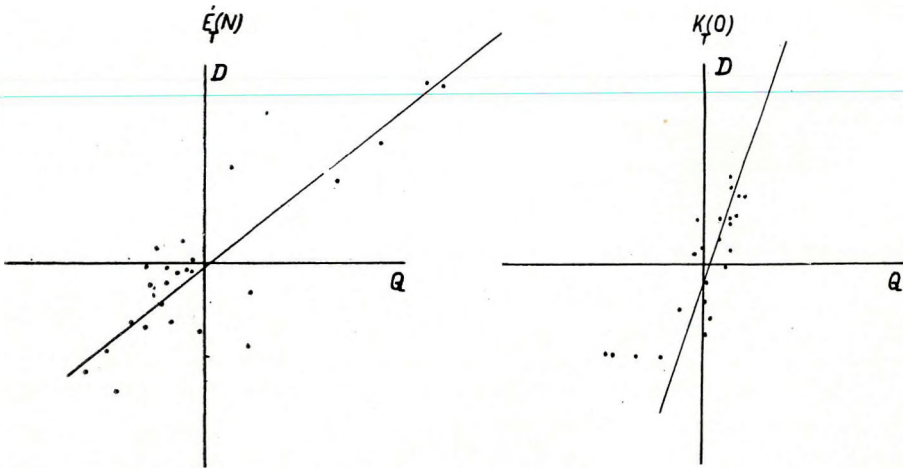
Az S_q^P tér okát az erővonalak mentén közvetlenül a pólusok ionoszférájába jutó korpuszkuláris áramban vélik megtalálni. NAGATA és KOKUBUN megszerkesztette S_q^P equivalens áramrendszerét is, amelynek határa 70° szélesség körül van. Az S_q -nak tehát a sarki övben (és kérdés, hogy csak a sarki övben-e?) van szabályos korpuszkuláris eredetű komponense is. Ennek a kimutatására a mérsékelt szélességeken a különböző feltételek mellett meghatározott S_q értékében éppen az alábbiakban vállalkozunk.

A tevékenység szerepének vizsgálata a nyugodt napi változásokban

Több szerző rámutatott a tevékenység eredetű komponensek kutatásának nehézségeire a nyugodtnak minősített napi térváltozásban. Ennek gyakorlati jelentősége a megfelelő nyugodt napok kiválasztásában jelentkezik. Így HOPF (1961) megjegyzi: „Valószínű, hogy van egy vihar S_q -változás, amelyet felismerni nem tudunk, lévén ez terminológiai ellentmondás. Feltehetően egy része az S_D -hez, másik része pedig a D_s -hez tartozik”. Utal arra is, hogy OBAYASHI és JACOBS (1957) által bemutatott bonyolult S_q -tér majdnem biztosan az S_q és egy maradék poláris S_D kombinációja. FANSELAU (1963) szerint nyugodt napok kiválasztását igen megnehezíti 1957-es napfoltmaximummal kapcsolatos nagy tevékenység.

Kérdés, milyen paramétert válasszunk ki, amely tájékoztathat az S_q -ban levő zavarkomponensekről? A már említett tanulmányomban Nagycenk mellett a nyugodt napi tellurikus potenciál órás értékeinek (Q) függvényében ábrázoltam a megfelelő zavart napi értékeket (D) mindkét komponensben (\vec{E}_T -

és K_T -ben). A fenti tanulmányból átvett 1. ábrán a kiegyenlítő egyenesek zavart napokon a K_T komponensnek az \bar{E}_T komponenshez viszonyítva nagyobb növekedésére utalnak, mintegy négy és fél év anyagán (1957. VIII. – 1961. XII.). Ezen az alapon a továbbiakban megkíséreljük a K_T/\bar{E}_T arány változását (illetve a mágneses értékekben az X_M/Y_M , illetve H/D értékeket felhasználni a tevékenység befolyásának kimutatására a nyugodt napi térben.



1. ábra. A nyugodt (Q) és zavart napi (D) órás átlagértékek kapcsolata a két földáramkomponensben a Nagycenk melletti obszervatóriumra nézve

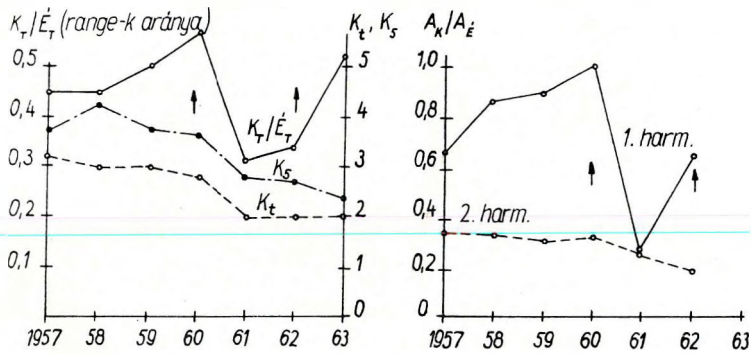
Фиг. 1. Связь среднечасовых значений соответственно за спокойные дни (Q) и дни с помехами (D) по двум составляющим земных токов для обсерватории при с. Надыенк.

Fig. 1. The relationship between the hourly average values for quiet days (Q) and disturbed days (D) in the two components of the earth currents for the Nagycenk observatory.

A tevékenység szerepének változása a legjelentősebb a napfoltcikluson belül. Így a különbözőképpen meghatározott nyugodt napok terének (S_q) vizsgálatára az utolsó négy napfoltciklus valamelyikét választottuk ki, tehát 1922–1934, 1932–1944, 1943–1954 és 1953–1963 időszakot, kis átfedésekkel, mint az évekből látható.

Az első kísérlet anyagát a Nagycenk melletti földáramobszervatórium a fentiekben definiált S_q értékei adták az *IGY* és az *IGC* alatt, tehát 1957-től 1963-ig, a napfoltmaximumtól a minimumig. A megállapítások helyességének ellenőrzésére, összehasonlítással a Sack-i obszervatóriumnak ugyancsak földáramadatait (Новыш, 1963) használtuk fel. Itt a nyugodt napokat a hónap 5–10 legnyugodtabb napja adta. 2. ábránkon több paraméter változását együtt mutatjuk be a Nagycenk melletti obszervatóriumra nézve, mégpedig a 2/a ábrán az összes napokra, 2/b ábrán pedig a nyugodt napokra külön. Az összes (S), a nyugodt napi (S_q) átlagok együttes bemutatása a tevékenység szerepének változását kívánja érzékeltetni a kétféle kategória között. A két komponens arányának évi átlagértékeit mind az S_q és S változás maximális és minimális értéke közötti különbségből (range-ből), mind pedig az első két

Összes napra



2/a ábra. K_T/\bar{E}_T , K_S , K_I , $(A_K/A\bar{E})_1$, $(A_K/A\bar{E})_2$ évi átlagértékek változása 1957 és 1963. között az összes napokból számítva

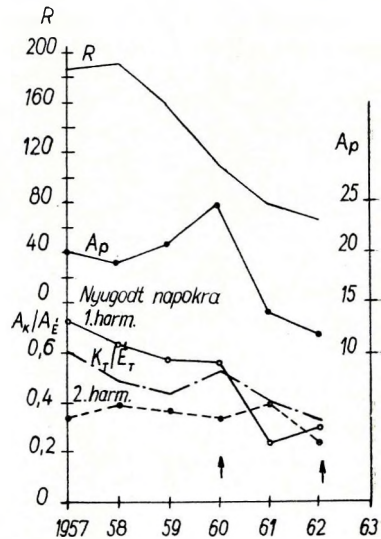
Фиг. 2/а. Вариация среднегодовых значений K_T/\bar{E}_T , K_S , K_I , $(A_K/A\bar{E})_1$, $(A_K/A\bar{E})_2$ за период с 1957 по 1963 г, вычисленных по всем дням.

Fig. 2/a. The variation of the yearly average values of K_T/\bar{E}_T , K_S , K_I , $(A_K/A\bar{E})_1$, $(A_K/A\bar{E})_2$ as computed from all days between 1957 and 1963.

2/b ábra. K_T/\bar{E}_T , $(A_K/A\bar{E})_1$, $(A_K/A\bar{E})_2$, A_p és R átlagértékeinek változása 1957 és 1963 között nyugodt napokból számítva

Фиг. 2/б. Вариация среднегодовых значений K_T/\bar{E}_T , $(A_K/A\bar{E})_1$, $(A_K/A\bar{E})_2$, A_p и R за период с 1957 по 1963 гг. по спокойным дням.

Fig. 2/b. The variation of the yearly average values of K_T/\bar{E}_T , $(A_K/A\bar{E})_1$, $(A_K/A\bar{E})_2$, A_p and R as computed from the quiet days between 1957 and 1963

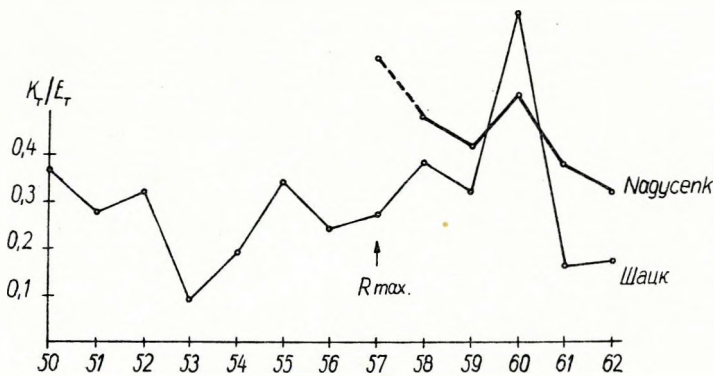


harmonikusából kiszámítottuk. A tevékenységet a közepes napfoltszám (R), az A_p (BARTELS, 1936) (L. 2/b ábrán), K_I , és a 24–60 perces periódusú tevékenység átlagamplitúdója alapján meghatározott K_S értékek (ÁDÁM – VERŐ, 1958). (L. 2/a ábrán) változásával szemléltetjük, amelyet a tevékenység hordozójaként tekinthetünk. (L. VERŐ, 1961. elsődleges sávot.)

Először is a párhuzam hiányát emeljük ki a közepes napfoltszám és a földi elektromágneses tevékenység évről évre való változásában. Bár egy átlagos csökkenési tendencia körvonalazható, lényegében véve a tevékenység jellemzői, különösen BARTELS Ap adata igazolja azt a tényt, hogy a „napjelenések legjobban a napfoltciklus lemenő ágában (BARTELS, 1963) D osztálya; 1958, 1959, 1960) bizonyulnak geoaktívnak”. (ВИНОГРАДОВ, 1963) (Nem tűrik ilyen határozottan ezt a K_1 és K_5 indexek, bár differenciálgörbéjük, pl. $\frac{\Delta K_5}{\Delta t}$ az 1959–60–61. évi változást jól jelzi).

Az összes napokon a range-kból, valamint az első harmonikusból számított K_T/\bar{E}_T arány elég jól követi Ap változását. (Csak 1962-ig van Ap adat.) Ebben azonban az Ap által jelzett, főként a K_T -ben kifejezésre jutó tevékenység mellett, hasonló hatást fejt ki a K_T/\bar{E}_T hányadosban az \bar{E}_T -ben levő és későbbiekben tárgyalandó érdekes déli tevékenység fokozatos eltűnése is. A két tényező figyelembevételére K_T/\bar{E}_T értéket közelebb hozza a K_1 és K_5 értékekhez. A második harmonikusokból számított K_T/\bar{E}_T arány 1960-ig változatlan, utána enyhe csökkenést mutat. A tevékenység napi eloszlásából adódik a két harmonikus komponensarányainak eltérő viselkedése. A görbék a tevékenység jelentős növekedését jelzik 1960-ban, ezt követően 1961-ben a zavart napok száma lényegesen csökken. (30-ról 13-ra a Nagycenk melletti obszervatórium osztályozása szerint.) 1962-ben a tevékenység szerepének újabb növekedésére utal a K_T/\bar{E}_T arány az S értékekben. Ap -tól azonban már eltérően.

A nyugodt napi tér alapján számított K_T/\bar{E}_T hányados a rangekben mind Nagycenk mellett, mind Sack-ban (3. ábra) jelzi az 1960. évi tevékenységi csúcst, majd az 1961. évi erős csökkenést; S_q két különböző definíciójából adódóan ter-

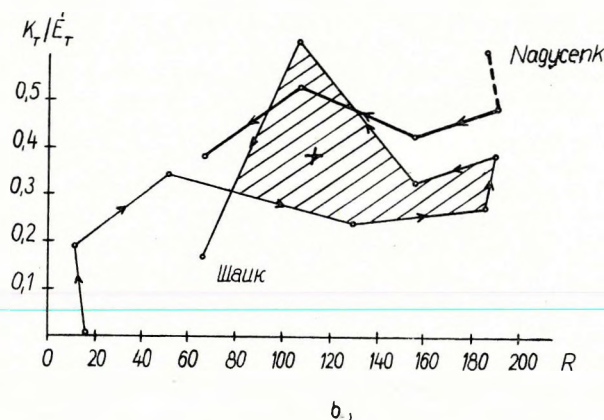


a.)

3/a ábra. K_T/\bar{E}_T hányados változása a Sack-i (SzU) és a Nagycenk melletti földiáramobszervatórium

Фиг. 3/a. Вариация отношения K_T/\bar{E}_T по данным обсерваторий земных токов в Шатке (СССР) и при с. Надьценк (Венгрия)

Fig. 3/a. The variation of the ratio K_T/\bar{E}_T in the data of the observatories of earth currents at Shtatzk (USSR) and Nagycenk



3/b ábra. K_T/\dot{E}_T és a relatív napfoltszám (R) kapcsolata a fenti obszervatórium adataiban
 Фиг. 3/б. Связь отношения K_T/\dot{E}_T с относительным числом солнечных пятен (R) по данным вышеуказанных обсерваторий.

Fig. 3/b. The relationship between K_T/\dot{E}_T and the relative number of sun-spots (R) in the data of the abovementioned observatories

mészetesen Sack-ban erőteljesebben. Ugyanakkor a Nagyecenk melletti adatokban 1958-tól kezdve felismerhető egy általános csökkenés is a napfoltzámmal (R) és K_5 értékeivel összhangban. A harmonikusok viselkedése csak részben felel meg az összes napokon észlelt tendenciáknak. Eltér az I. harmonikusban az 1957–60. évi szakasz, ahol K_T/\dot{E}_T követi K_5 változását. (L 1. táblázatot).

I. táblázat

Év	Nyugodt napok									Összes napok K_T/\dot{E}_T
	\dot{E}			K			$(A_K/A_E)_1$	$(A_K/A_E)_2$	K_T/\dot{E}_T	
	A_1 [10^{-2}] mV/km]	A_2 [10^{-2}] mV/km]	\dot{E}_T (range) [mV/km]	A_1 [10^{-2}] mV/km]	A_2 [10^{-2}] mV/km]	K_T (range) [mV/km]				
1957. II.	46,6	45,4	2,16	33,8	15,6	1,30	0,725	0,343	0,6	0,45
1958.	47,8	61,15	2,32	29,4	23,2	1,11	0,615	0,38	0,477	0,45
1959.	53,1	54,6	2,48	29,3	19,1	1,04	0,55	0,35	0,42	0,50
1960.	20,8	31,4	1,34	11,2	10,0	0,70	0,538	0,319	0,52	0,57
1961.	28,8	39,6	1,63	6,3	15,3	0,63	0,218	0,386	0,386	0,31
1962.	18,5	36,2	1,42	5,32	7,5	0,45	0,287	0,207	0,316	0,34
1963.										0,52

Levonhatjuk tehát azt a következtetést elsősorban a napfoltmaximumra vonatkozóan, hogy S_q -nak még a Nagyecenk melletti obszervatórium esetében felállított szigorú követelményei sem gátolják meg a zavar átszűrődését. A havi öt-tíz legnyugodtabb nap még kevésbé nyújt erre nézve biztosítékot.

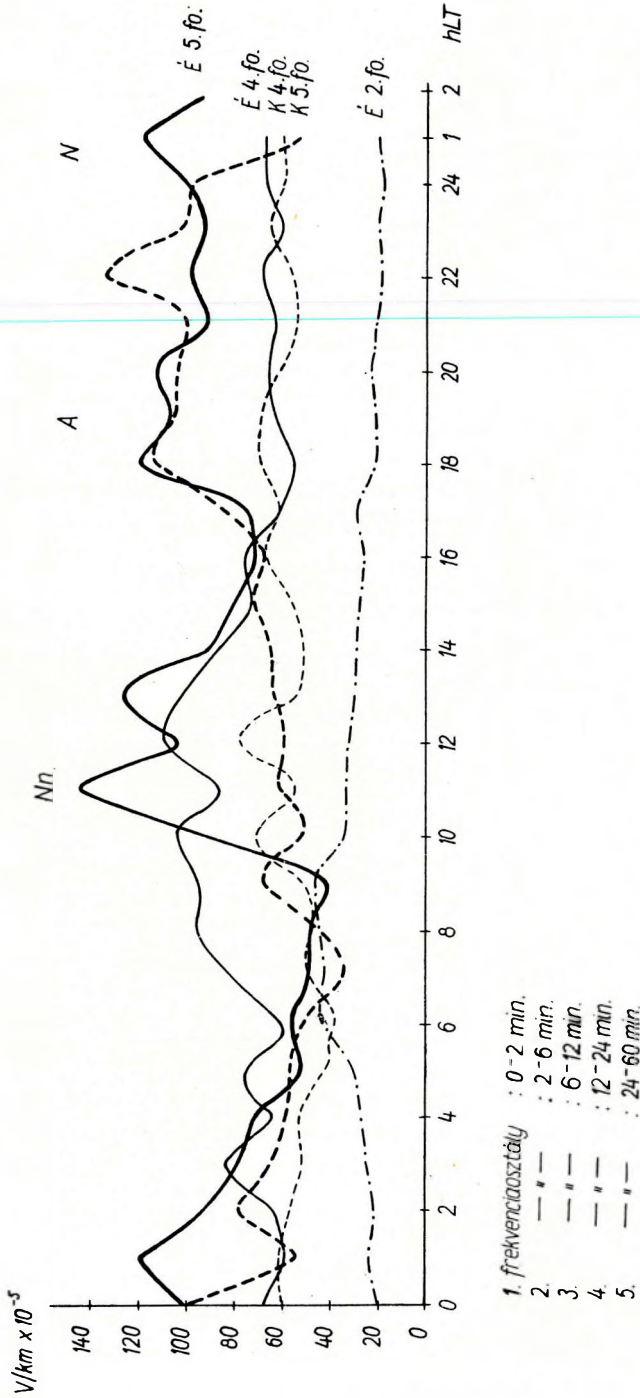
A tevékenység jellegzetességei a Nagycenk melletti obszervatórium adataiban

Annak megvilágítására, hogy a nyugodt napi térben milyen korpuszkuláris (napszél) eredetű hatások jelentkezhetnek, röviden áttekintjük a tevékenység főként időbeli eloszlását a Nagycenk melletti obszervatórium adataiban.

HOPE (1961) tanulmányában összehasonlította a sarki és a kis szélességeken észlelt tevékenység napi változását. Megállapította, hogy a sarkvidéken reggel, délután és éjjel a tevékenységnek (szabálytalan zavarnak) maximuma van. E tevékenységi csúcsok közül a délutáni és éjjeli csúcsot a közepes szélességeken keresztül követni lehet az egyenlítői övig, ahol a reggeli csúcs eltűnik és jelentkezik egy déli maximum. HOPE a H és Z komponensek összehasonlításából azt a következtetést vonja le, hogy a sarki övben korpuszkuláris bombázással gerjesztett tevékenység turbulens és vonalas S_D áramrendszere az egyenlítő felé terjedve átalakul sima áramsíkká, amely csak a H komponenset befolyásolja. A kis szélességek déli maximumát lokális jelenségnek tartja, amely a Nap által megvilágított földrész közepén alakul ki közvetlenül (egyenes vonalban) beérkező napsugárzás hatására és így mind a H , mind a Z komponensben egyaránt jelentkezik. Szerinte ezért feltételezhetjük, hogy a déli tevékenység hordozói az S_q -rendszernek nappali oldalán levő elektromos áramok. Bombay-i ($\varphi = 9,5^\circ$ N, 1923–33 években) és Taskent–Keles-i ($\varphi = 32,4^\circ$ N, 1941 és 1943 években) adatok alapján megjegyzi, hogy a déli maximum nyáron is a napéjegyenlőség idején van. Érdekessége az, hogy még nyugodt napon is jelentkeznek.

Igen érdekesnek látszik az S_q -áramrendszer és a tevékenység kölcsönhatása szempontjából OBAYASI és JACOBS (1957) elképzelése szerint az SC -kból levezetett $S_q(c)$ tevékenység is. Ez az $S_q(c)$ lényegében a rendes S_q -hoz hasonló áramörvény a Föld napos oldalán. Feltevéseink szerint a $Dst(c)$ -nek – amely exoszféra eredetű és a korpuszkuláris front ütközése által a földmágneses térben létrejövő első kompressziós lökésnek felel meg – másodlagos atmoszférás hatása lehet az ionoszférában. Így az $S_q(c)$ és a $Dst(c)$ mindig fázisban van. Az $S_q(c)$ áramörvénynek megfelelően jelentkezik többek között pl. a tifliszi ssc napi amplitúdó görbéjén délben egy különálló csúcs. (L. HOPE, 1961, 10. ábrát.)

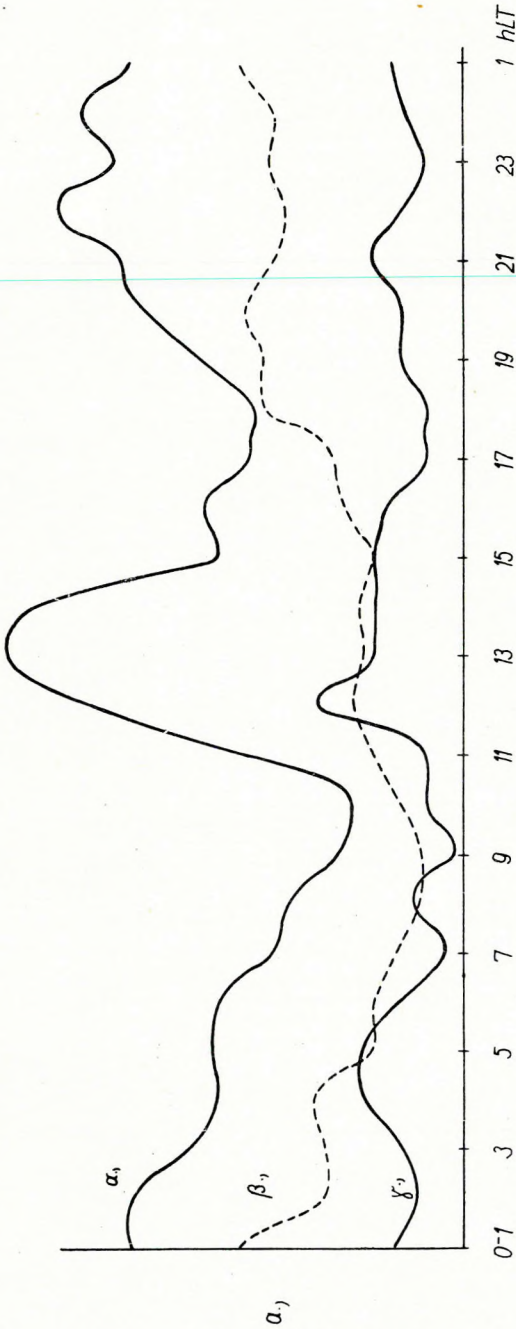
4. ábránkon a Nagycenk melletti obszervatóriumban észlelt napi tevékenységi csúcsokat mutatjuk be a (ÁDÁM – VERŐ, 1958) bevezetett periódusok és a komponensek szerinti bontásban, 1957. II. felére nézve. Ezeknek a perióduscsoportoknak napi és évszakos maximumait és minimumait VERŐ (1961) már ismertette. Az abszolút maximumok mellett érdekesek azonban a másodlagos csúcsok is, amelyeknek különösen a 5. frekvenciaosztályban nagy jelentőségük van. Így az éjjeli (N) maximum mellett jelentős a délutáni (A) és a déli (Nn) maximum is. Érdekes a komponensek arányának megoszlása is a tevékenység csúcsainál. Az 1957–63 éveket tekintve megállapíthatjuk, hogy a déli csúcs határozottan az \bar{E}_T -i komponensben jelentkezik. A délutáni és általában éjjel előtti tevékenységben a $K_T > \bar{E}_T$, éjjel körül azonban még napfoltmaximumos években is legalább reggel 5 óráig $K_T < \bar{E}_T$. Igen erősen jelentkezik a déli tevékenység a 4. frekvenciaosztályban is, ugyancsak az \bar{E}_T -i komponensben, míg ugyanitt a délutáni és éjjeli csúcsoknak nyoma sincs.



4. ábra. A földáramok részére definiált (Ádám, Verő, 1958) frekvenciasztályok átlagamplitúdóinak napi változása, a tevékenység csúcsainak kimutatása

Фиг. 4. Суточная вариация средних амплитуд по категориям частот, определенных для земных токов (Адам, Верё, 1958), выявление пиков активности.

Fig. 4. The diurnal variation of mean amplitudes in the frequency categories, defined for earth currents (ÁDÁM, VERŐ, 1958), the detection of activity peaks

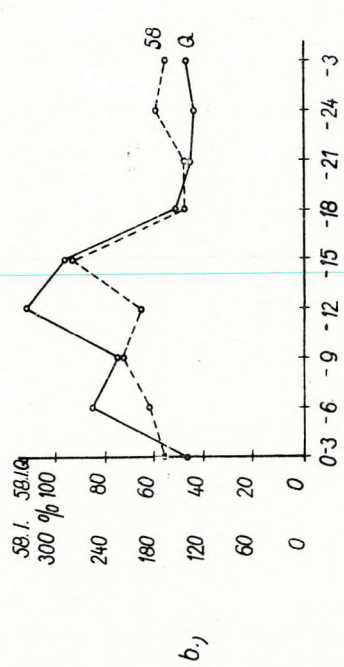


α_1 = 1958. I. összes napok
 β_1 = 1963. összes napok
 γ_1 = 1958. I. Q napok

5/a ábra. 1958. I. félevi összes és nyugodt, valamint az 1963. évi összes napok átlagamplitúdójának összehasonlítása az 5. frekvenciaosztályban ($T=24-60$ perc)

Фиг. 5/a. Сопоставление средних амплитуд за все дни и за спокойные дни I полугодия 1958 г. а также за все дни 1963 г. в 5 категории частот ($T=24-60$ мин).

Fig. 5/a. The comparison of mean amplitudes between all days and quiet days for the I. half of 1958, and all days in 1963 in the 5. frequency-category ($T=24-60$ min)



5/b ábra. 1958. I-től 1963-ig való százalékos változás az 5. frekvenciaosztályban

Фиг. 5/b. Процентное изменение с 1 1958 по 1963 г. в 5-ой категории частот.

Fig. 5/b. Per cent variation from 1. 1958 to 1963 in the 5. frequency-category

(Ezért nevezte VERŐ (1961) ezt a frekvenciaosztályt a tevékenység szempontjából másodlagosnak).

HOPE (1961) tanulmányából kiemeltünk két olyan S_q -val kapcsolatos déli tevékenységet, amely az S_q áramrendszer nyugalmi áramát legjobban befolyásolhatja. A Nagycenk melletti földiáramobszervatórium adataiban (4. és 5. frekvenciaosztály) a napfoltmaximum idején 1957–58-ban még a nyugodt napokon is jelentkezik egy déli tevékenységi csúcs és fokozatosan eltűnik 1963-ra.

Ennek szemléltetésére az 5. ábránkon összehasonlításként közöljük az 1958. I. félévi átlagamplitúdókat az 5. frekvenciaosztályban mind az összes, mind a nyugodt napokon, valamint az 1963. évi összes napokon az \bar{E}_T komponensben. A százalékos eltérések görbéi elsősorban a déli csúcs eltűnésére utalnak. Ezt jelzi egyébként az S harmadik harmonikusából számított K_T/\bar{E}_T arány növekedése is 1960-tól kezdve (0,3-ról 0,49-re), valamint a range-kből számított arány erős növekedése már 1960 előtt is K_5 -hoz viszonyítva.

Felvetődik a kérdés, milyen jellegű zavarról van szó, besorolható-e HOPE által ismerttetett valamelyik kategóriába.

1. A kis szélességeken észlelt, közvetlen napsugárzás hatására kialakuló déli tevékenység mellett szól az a tény, hogy a déli maximum nyugodt napokon is jelentkezik, valamint ez az obszervatórium szélességének megfelelően, az \bar{E}_T -ben mutatkozik erőteljesebben.

II. táblázat

Év	ΔA 10^{-5} nV/km	ssc-k (I. típus) száma N _i gycenk mellett	Megjegyzés
1957	57	36	II. félévből extrapolálva
1958	54	30	
1959	37	12	
1960	14	24	
1961	5	13	
1962	7	8	

Ellene szól az, hogy az S_q \bar{E} -i komponensében a napfoltcikluson belül sokkal kisebb mérvű csökkenés mutatkozik. (L. 1. táblázatot, mint az 5. frekvenciaosztály déli tevékenységében, amelynek a napi átlagtól való eltérését (ΔA) a 2. táblázat mutatja 1957-től 1963-ig.)

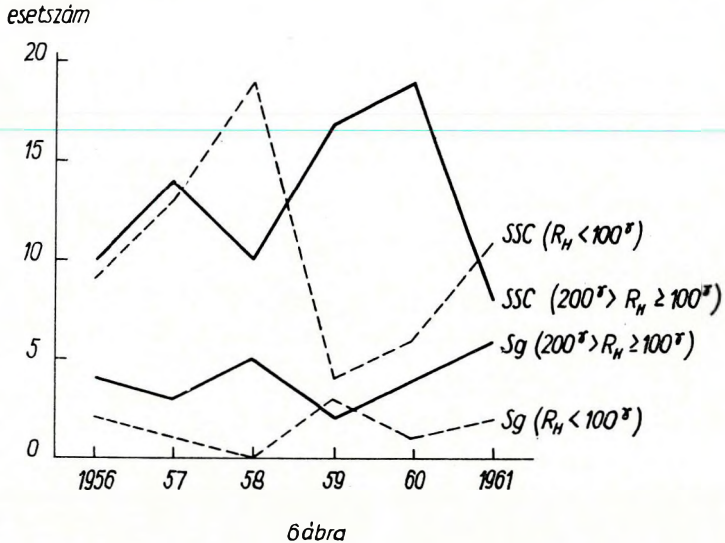
Lényeges szempont az, hogy a déli tevékenységnek nem nyári és aequinox, hanem téli (és aequinox?) maximuma van.

2. Nehézséget jelent a déli tevékenységi csúcs megmagyarázása a ssc-k alapján, tehát S_q (c)-vel.

Itt már negatívumként jelentkezik az a tény, hogy nyugodt napokon is megvan. Az ssc-k kis száma, még a napfoltmaximum idején is kétséges teszi az S_q (c)-ből adódó déli tevékenység kirajzolódását az évi átlagban. Bár az ssc-k számának csökkenése általában megfelel a déli tevékenység csökkenési ütemének, ennek a közös tendenciának fogytékossága éppen az 1960-as év, amikor az átlagos tevékenység növekedésének mintegy velejárójaként a nagyobb amplitúdójú ssc-k száma megnőtt, ugyanakkor a déli tevékenység jelentősen csökkent. (L. 2. táblázatot és YOSHIMATSU, 1963-ból

átvett 6. ábrát.) Ebben természetesen az ionoszféra egész átalakulása is közrejátszhat.

Megjegyezzük még, hogy a déli csúcs idején 1957–60 időszakban csak mintegy feleannyi *ssc* fordul elő, mint a hajnali és koraesti órákban. Bár így az S_q (*c*) kialakulása nagyon ritkán bekövetkező lehetőség.



6. ábra. A hirtelen kezdetű (*ssc*) és fokozatos kezdetű (*sg*) és különböző amplitúdójú földmágneses viharok gyakoriságának eloszlása 1956 és 1961 között Yoshimatsu szerint

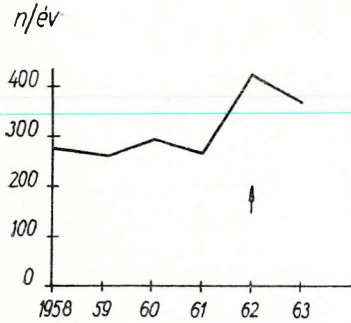
Фиг. 6. Распределение частоты геомагнитных бурь разных амплитуд с мгновенным (*ssc*) и постепенным (*sg*) началом за период с 1956 по 1961 гг. по Йошиматсу.

Fig. 6. Distribution of the frequency of geomagnetic storms with sudden commencement (*ssc*) and gradual commencement (*sg*) and of various amplitudes between 1956 and 1961. After Yoshimatsu.

VERŐ szerint a déli csúcstól az öblök negatív áramrendszere hozza létre a napfoltmaximum éveiben. Ezt alátámasztja az öblök téli és aequinox gyakorisági maximuma szélességünkön, valamint az a tény, hogy a csúcs délben ugyanúgy az E_T -ben jelentkezik, mint 12 órával későbbi órákban, főként éjjel után. Ez a megállapítás ugyancsak felhasználja a negatív áramrendszer kialakulásához a napfoltmaximum sajátos ionoszféráját. Az öblökkel önmagukban nem magyarázhatjuk azonban a jelenséget, hiszen mint (Виноградов, 1963) is megadja, az öblök gyakorisága a napfolttszámmal erős negatív korrelációt mutat ($r = -0,88 \cdot 7 \pm 0,065$). Ez olvasható le a mi adatainkból is nemcsak gyakoriságra, hanem átlagamplitúdóra nézve is. (L. 7. ábrát). Ezt a feltevést tehát éppúgy általánosítanunk kell, és ki kell terjesztenünk más, az 5. frekvenciatartományba tartozó zavarra is, mint az öblök áramrendszerét az S_D -re, illetve D_i -re (HOPE, 1961).

A kérdés végleges eldöntésére további adatgyűjtés és megfontolás szükséges.

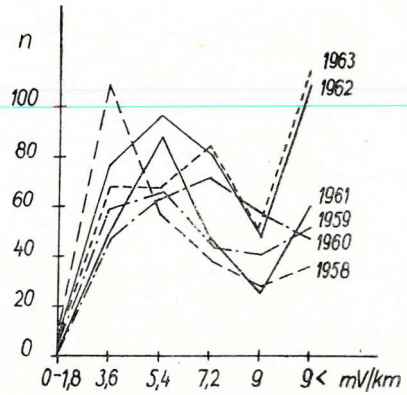
A Nagycenk melletti obszervatórium összes és nyugodt napjainak S adataiból számított K_T/\bar{E}_T értékek, elsősorban az első harmonikusban 1962-től kezdve ismét növekszenek. Ennek okát a 7. ábra alapján az öblök számának (a) átlagamplitúdójának (b, c) és a K -i komponens megnövekedésének (d, c) tulajdoníthatjuk. Az öblök befolyását a nyugodt napi menetre jól szemlélteti a 3. táblázat, amely szerint 1960 év havi 5–5 legnyugodtabb napján



a.)

$n/\text{év}$ = öblök száma évenként

7/a ábra. Az öblőháborgások számának változása 1958-tól 1963-ig a Nagycenk melletti obszervatórium adataiban



b.)

7/b ábra. A különböző amplitúdójú öblök gyakorisága 1958-tól 1963-ig

Фиг. 7/а. Изменение числа бухтообразных возмущений с 1958 по 1963 г. по данным обсерватории при с. Надьценк

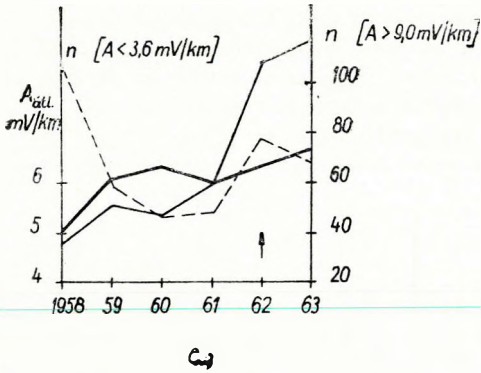
Фиг. 7/б. Частота бухт различных амплитуд с 1958 по 1963 г.

Fig. 7/a. The variation of the number of bay disturbances from 1958 to 1963 in the data of the Nagycenk observatory.

Fig. 7/b. The frequency of bays of various amplitudes from 1958 to 1963.

III. táblázat

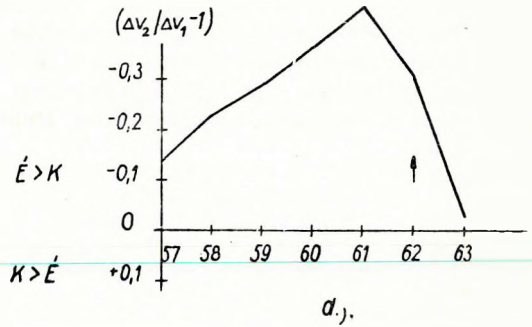
Hónap	5 nyugodt nap				pt	b
1960.						
I.	1	2	8	9	30	—
II.	11	12	24	25	28	2
III.	7	20	23	25	27	4
IV.	9	19	20	21	22	2
V.	4	18	19	20	21	1
VI.	2	11	13	16	17	3
VII.	7	8	9	10	25	6
VIII.	3	4	5	25	26	3
IX.	1	15	16	20	28	6
X.	14	20	21	22	23	9
XI.	6	7	8	9	18	4
XII.	3	4	5	11	17	—



7/c ábra. Az öbölháborgások éves átlag-amplitúdójának, valamint a 3,6 mV/km-nél kisebb és 9,0 mV/km-nél nagyobb amplitúdójú öblök számának változása 1957-től 1963-ig

Фиг. 7/в. Изменение среднегодовых амплитуд бухтообразных возмущений, а также числа бухт с амплитудой меньшей 3,6 мВ/км и большей 9,0 мВ/км с 1957 по 1963 г.

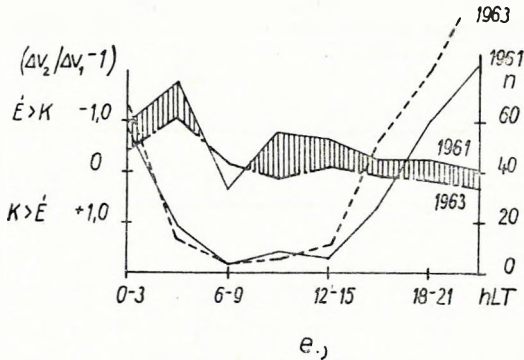
Fig. 7/c. The variation of the yearly average amplitude of bay disturbances, and of the number of bays with amplitudes less than 3,6 mV/km and more than 9,0 mV/km from 1957 to 1963.



7/d ábra. Az öbölháborgások átlagos évi irányítottságának változása 1957-től 1963-ig

Фиг. 7/г. Изменение среднегодовой ориентированности бухтообразных возмущений с 1957 по 1963 г.

Fig. 7/d. The variation of the average yearly orientation of bays from 1957 to 1963.



7/e ábra. Az öbölháborgások napi irányváltozása 1961 - 1963 évben, valamint a gyakoriságuk eloszlása ugyanezen években

Фиг. 7/д. Изменение среднесуточной ориентированности бухтообразных возмущений в 1961 и 1963 гг. и распределение их частоты в этих годах.

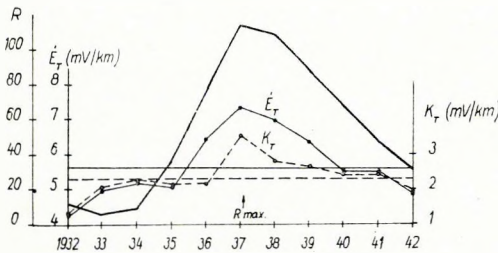
Fig. 7/e. The variation of diurnal orientation of bays in 1961 and 1963, and the distribution of their frequency in the same years

átlagban 0,5 öbölháborgás fordult elő, és az S_q zavartsága az öblökre nézve a többi napokhoz képest 65%-os.

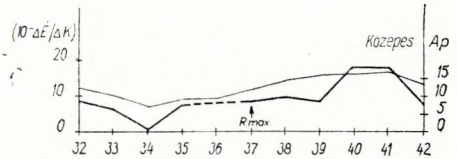
Ha az S_q áramrendszert ezektől a hatásoktól is mentesíteni akarjuk, olyan napot sem választhatunk, amikor a megfigyelési helyen öbölháborgás jelentkezik.

A nyugodt napi tér elemzése Tucson-i ($\varphi = 32^\circ 15'$ $\lambda = 249^\circ 10'$) földiáramadatokon az 1932 — 42. évi napfoltciklus alatt.

ROONEY (1944) tanulmányában egy teljes napfoltciklusra vonatkozóan közli a Tucson-i földiáramregisztrálás anyagának az összes és a havi 10–10 legnyugodtabb napra vonatkozó évi átlagát. Megvizsgáltuk, hogy ezen a Nagycenkhez viszonyítva kisebb szélességen fekvő állomáson milyen mértékben jelentkezik a tevékenység befolyása a nyugodt napi térben.



a)



b)

8/a ábra. A két földiáramkomponens tucsoni range-inek és a közepes napfoltszámnak változása az 1932-től 1942-ig terjedő napfoltciklusban

8/b ábra. $(10 - \Delta \dot{E} / \Delta K)$ érték és a nemzetközi A_p érték változása 1932 és 1942 között

Фиг. 8/а. Вариация диапазонов по двум составляющим земных токов для Туксона и среднего числа солнечных пятен в пределах цикла солнечных пятен в период с 1932 по 1942 г.

Фиг. 8/б. Вариация значения $(10 - \Delta \dot{E} / \Delta K)$ и международного значения A_p за период с 1932 по 1942 г.

Fig. 8/a. The variation of the ranges in the two components of earth currents measured at Tucson and of the mean sunspot number during the sunspot cycle from 1932 to 1942.

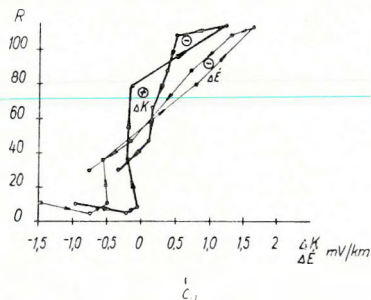
Fig. 8/b. The variation of the value $(10 - \Delta \dot{E} / \Delta K)$ and of the international A_p value between 1932 and 1942.

A tevékenység ismérveként itt is a K_T / \dot{E}_T viszonyt választottuk. A vizsgálatot ugyancsak a range-eken, és a napi hullám első és második harmonikusán végeztük el. A range-k esetében levontuk az évi értékekből a napfoltciklus átlagértékét (ΔK_T és $\Delta \dot{E}_T$ -t kaptuk). Az eredményeket a következőkben foglalhatjuk össze:

1. A 8/a ábra szerint a napfoltszám (R) és az S_q két komponense range-inek változása az ismert jó kapcsolatot mutatja.

2. A ΔK_T -ban és a $\Delta \dot{E}_T$ -ben az előjelváltás nem egyidejűleg lép fel a napfoltciklus folyamán. Ennek kiemelésére bevezettük $\Delta K_T / \Delta \dot{E}_T$ helyett a $(10 -$

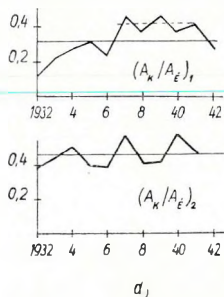
$\Delta\bar{E}_T/\Delta K_T$ értéket. Ez a nyugodt (és összes) napokon elég jól követi a BARTELS által megadott közepes A_p érték (BARTELS, 1963) változását. (L. 8/b ábrát.) Így a tevékenység a ROONEY által megadott nyugodt napokat, mint az várható is, befolyásolta. Érdekes itt is rámutatni arra, hogy a maximum utáni években (BARTELS már idézett D osztálya) a tevékenység a napfoltszám csökkenésével nő.



8/c ábra. Az R érték, valamint a ΔK és $\Delta\bar{E}$ értékek kapcsolata

Фиг. 8/в. Связь величины R с величинами ΔK и $\Delta\bar{E}$.

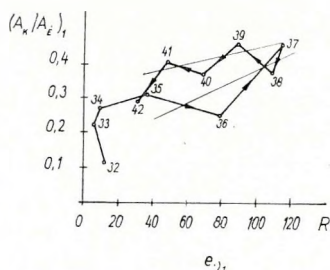
Fig. 8/c. The relationship between the value R and the values ΔK and $\Delta\bar{E}$.



8/d ábra. $(A_K/A_{\bar{E}})_1$ és $(A_K/A_{\bar{E}})_2$ változása a napfoltciklus alatt

Фиг. 8/г. Вариация $(A_K/A_{\bar{E}})_1$ и $(A_K/A_{\bar{E}})_2$ в пределах цикла солнечных пятен.

Fig. 8/d. Variation of $(A_K/A_{\bar{E}})_1$ and $(A_K/A_{\bar{E}})_2$ during the sunspot cycle.



8/e ábra. $(A_K/A_{\bar{E}})_1$ és $(A_K/A_{\bar{E}})_2$ összefüggése az R értékkel

Фиг. 8/д. Связь $(A_K/A_{\bar{E}})_1$ и $(A_K/A_{\bar{E}})_2$ с значением R .

Fig. 8/e. The correlation of $(A_K/A_{\bar{E}})_1$ and $(A_K/A_{\bar{E}})_2$ with R .

3. A 8/c ábra a napfoltszám, valamint ΔK_T és $\Delta\bar{E}_T$ értékek kapcsolatát mutatja a napfoltcikluson belül. Ez a diagram a tevékenység mechanizmusának többek között két jellegzetességére utal:

a) A ΔK_T érték a napfoltciklus felmenő ágában mintegy 3 évig alig változik. ($\Delta\bar{E}_T$ csak 2 évig.) Ez alátámasztja BARTELS megállapítását, amely szerint a napfoltminimummal kapcsolatos földmágnesesen nyugodt idők a napfoltciklus emelkedő ágában több mint egy évig jelentkeznek még.

b) A $\Delta \vec{E}_T$ viszonylag jól követi R változását, ΔK_T azonban a napfolt-maximum után jelentős maradék mágneses hatást (mintegy „földmágneses remanenciát”) mutat összefüggésben a 8/b ábrával. (Ez kapcsolatban lehet részben az M régiók szerepével.)

4. S_q harmonikusainak vizsgálata megerősítette a saját adatainkkal kapcsolatban tett megállapításokat. Az első harmonikus alapján számított $(A_K/A_E)_1$ jelzi a tevékenység változását Ap -nek megfelelően, míg a $(A_K/A_E)_2$ értéknek szabálytalan ingadozásai vannak. (L. 8/d ábrát.) Ha a napfoltszám függvényében ábrázoljuk a fenti arányokat $(A_K/A_E)_1$ értékben, éppúgy megfigyelhető a tevékenység megnövekedése a napfoltciklus lemenő ágában, mint 8/c görbén. Míg $(A_K/A_E)_1$ és R érték között korreláció van, $(A_K/A_E)_2$ -ben nem jelentkezik. (L. 8/e ábrát.)

Amint az előzőekből látható, a havi 10–10 legnyugodtabb nap kiválasztása és külön tárgyalása még viszonylag kis szélességeken sem jelent a nyugodt időszakok megismerése szempontjából többet az összes napokhoz viszonyítva. Lényegében véve a tevékenység valamennyi fontos és a zavart napok alapján meghatározott törvényszerűsége kirajzolódik a „legnyugodtabb napok” adataiban.

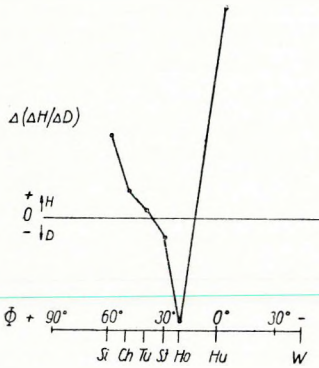
IV. táblázat

Obszervatórium	φ_0	λ_0	Φ_0	A_0
Sitka (Si)	+57 04	224 40	+60,0	275,4
Cheltenham (Ch)	+38 44	283 10	+50,1	350,5
Tucson (Tu)	+32 15	249 10	+40,4	312,2
San Juan (SJ)	+18 23	293 53	+29,9	3,2
Honolulu (Ho)	21 18	201 54	21,1	266,5
Huancayo (Hu)	-12 03	284 40	-0,6	353,8
Watheroo (W)	-30 19	115 53	-41,8	185,6

A nyugodt napi tér különbsége a napfoltminimum és maximum évében a földrajzi szélesség függvényében

BARTELS és JOHNSTON (1939) közli a havi 5 nemzetközi nyugodt napra kiszámított földmágneses S_q -értékeket az 1922, 1923, (1924, 1934) évi kis napfoltszámú ($R \doteq 10$) és 1926, 1927, 1928, (1929) nagy napfoltszámú évre ($R \doteq 68,9$) 7 obszervatóriumra. (L. 4. táblázatot.) Ezek az adatok lehetőséget adnak, hogy az S_q -tér relatív változását tanulmányozzuk kis tevékenységű évhez viszonyítva a tevékenység maximuma idején.

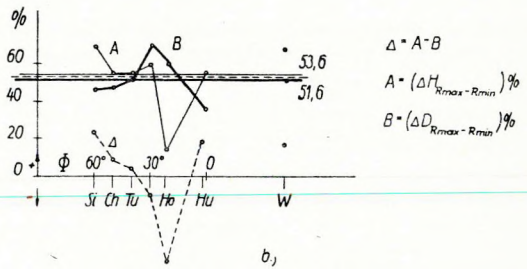
Vizsgálatunkban egyrészt meghatároztuk H és D komponens range-inek százalékos megváltozását és ezek különbségét a kis és nagy napfoltszámú évek között, másrészt ismét a mágneses adatoknak megfelelően a H/D viszonyt vizsgáltuk ugyancsak a range-k alapján. A két eredmény teljesen egybevágó képet adott. A decemberi napfordulóra az értékeket a 9. ábrán mutatjuk be. Eszerint Tucson és San Juan között van az egyik határ, és Honolulu és Huancayo között a másik, ameddig északról az északi sarok felől, illetve délről, az egyenlítő felől a H komponensben erősebb a térerősségváltozás, mint a



9/a ábra. A kis és nagy napfoltszámú évek H/D hányadosának különbsége 7 obszervatóriumban az S_q range-iben

Фиг. 9/а. Разница отношений H/D для годов с низким и высоким числом солнечных пятен в диапазонах S_q в 7 обсерваториях.

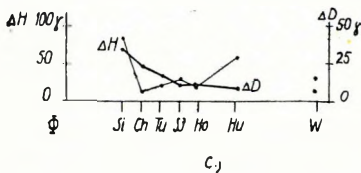
Fig. 9/a. The difference of H/D ratio for years with little and great sunspot numbers in the ranges of S_q at 7 observatories



9/b ábra. Az $S_q H$ és D komponensében a range-k százalékos változása a kis napfoltszámú évről a nagy napfoltszámú évre és ezek különbsége a fenti obszervatóriumokra nézve

Фиг. 9/б. Процентное изменение диапазонов по составляющим H и D S_q от года с низким числом солнечных пятен к году с высоким числом солнечных пятен и разния этих значений по вышеуказанным обсерваториям.

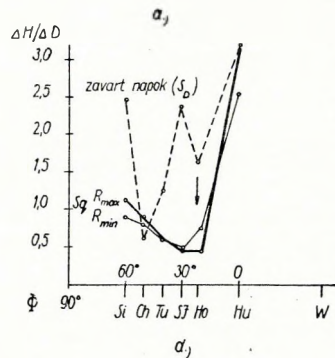
Fig. 9/b. The per cent variation of ranges in the component H and D of S_q from a year with little sunspot number to another one with great sunspot number and their difference of the above observatories



9/c. ábra. S_D értékének (range-inek) szélességi változása

Фиг. 9/в. Широтное изменение значений (диапазонов) S_D .

Fig. 9/c. The latitudinal variation of the values (ranges) S_D .



9/d ábra. A két komponens arányának (irányítottág) változása az S_q értékek és S_D rangei-ben

Фиг. 9/г. Изменение отношения двух составляющих (ориентированности) по диапазонам значений S_q и S_D .

Fig. 9/d. The variation of the ratio of the two components (orientation) in the ranges of S_q and S_D .

D -ben. A két említett határ között a D komponens jobban megnő. A tevékenység szerepének elhatárolása ebben az esetben igen nehéz. A változást első közelítésben valószínűen magyarázhatjuk az S_q áramrendszer egyes helyeken uralkodó horizontális komponensének nagyobb arányú megváltozásával, mint az S_D áramrendszer szerepének megnövekedésével a napfoltmaximum idején. Ha azonban a fenti cikk alapján az S_D komponensek szélességi megoszlását is tanulmányozzuk (L. 9/c ábrát), és ezt összevetjük az egyes komponenseknek a napfoltminimumtól a napfoltmaximumig való százalékos növekedésével, annyit leszűrhetünk 9/b és 9/c ábrán a H görbék hasonlóságából, hogy a tevékenység befolyása várhatóan elsősorban ebben a komponensben jelentkezik, míg a D növekedését az S_q áramrendszernek megfelelően a napos oldal centrumán a Nap közvetlen sugárzása okozhatja.

IRODALOM

- ÁDÁM, ANTAL (1965): A napi járás (S) harmonikusából számított magnetotellurikus értékek bizonytalanságáról. (MTA Műszaki Tudományok Oszt. Közleményeiben. 35 [1–3] 133–147)
- ÁDÁM, ANTAL (1965): S_D változás a tellurikus áramokban. (MTA Műszaki Tudományok Oszt. Közleményeiben 35 [1–4] 4 149–154)
- ÁDÁM, ANTAL–VERŐ, JÓZSEF (1958): Das Erdstromobservatorium bei Nagycenk (Ungarn), (Geofisica Pura e Applicata, 33. 126–151).
- BARTELS, J. (1963): Discussion of time-variations of geomagnetic activity, indices K_p , and A_p 1932–1961. (Annales de Geophysique, 19. (1) 1–21.)
- BARTELS, J. – JOHNSTON, H. F. (1939): Main Features of Daily Magnetic Variations at Sitka, Chaltenham, Tucson, San Juan, Honolulu, Huancayo and Watheroo. (Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity, 44. [4], 455–469.)
- FANSELAU, G. (1963): Geomagnetischer Sonnenfinsterniseffekt und Irregularitäten des S_q -Ganges. (Gerlands Beiträge zur Geophysik, 72. [4], 230–340.)
- HOPE, E. R. (1961): Low Latitude and High-Latitude Geomagnetic Agitation. (Journal of Geophys. Research, 66. [3], 747–776.)
- HUTTON, R. (1962): Equatorial Micropulsations and Ionospheric Disturbance Currents. (Nature, 195. 269.)
- Japanese Contribution to the International Geophysical Year and the International Geophysical Cooperation Vol. V. 1963. March III. Geomagnetism 22–330. (T. Yoshimatsu)
- NAGATA, T. – KOKUBUN, S. (1962): A Particular Geomagnetic Daily Variations (S_q^P) in the Polar Regions on Geomagnetically Quiet Days. (Nature, 195. 555–557.)
- NIKOLSKY, A. P. (1947): Dual Laws of the Course of Magnetic Disturbances and the Nature of Mean Regular Variations. (Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity, 52. [2], 147–173.)
- НОВЫШ, В. В. (1963): Наблюдения земных токов в Шацке (Геомagnetизм и Аерономия, 4. [1] 194–199.)
- OBAYASI, T. – JACOBS, J. A. (1957): Sudden Commencements of Magnetic Storms and Atmospheric Dynamo Action. (Journal of Geophys. Research, 62. [4], 589–616.)
- PRICE, A. T. (1962): The Theory of Magnetotelluric Methods, When the Source Field is Considered. (Journal of Geophysical Research, 67. 1907–1918.)
- ROONEY, W. J. (1944): Summary of Earth Current Records from Tucson, Arizona, for Complete Sunspot-Cycle. (Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity, 49. [3], 147–157.)
- VERŐ, JÓZSEF (1961): Ein Versuch zur Trennung der einzelnen Frequenzbänder der Erdstromvariationen (Geofisica Pura e Applicata, 49. 83–118.)
- ВИНОГРАДОВ, П. А. (1963): Электротеллурические бухты и возмущения. (Геология и Геофизика, № 12, 111–124.)

АДАМ А. – ВЕРЁ Й. – ВАЛЬНЕР А.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПУЛЬСАЦИЙ ЗЕМНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, ЧАСТЬ I.

Авторами сопоставляются и анализируются материалы наблюдений различных обсерваторий и в результате своих исследований они приходят к выводу о том, что пульсации, как правило, распространяются только на некоторые части Земли. Важнейшим заключением авторов является определение наличия значительно лучшей корреляции в зоне широт от 20 до 30°, чем в обсерваториях, находящихся севернее и южнее этой зоны. Реальность этой зоны подтверждается фактическими данными.

A. ÁDÁM – J. VERŐ – Á. WALLNER

THE AREAL DISTRIBUTION OF THE PULSATIONS OF THE TERRESTRIAL ELECTROMAGNETIC FIELD PART I.

Through an analysis and comparison of records of different observatories it is stated, that pulsations are inclined to sweep over only certain strips of the Earth's surface. An essential statement of the paper is, that the correlation in the zone 20 – 30° latitude is far more favourable than in observatories north and south of this zone. The reality of this zone is supported by several data.

A FÖLDI ELEKTROMÁGNESES TÉR PULZÁCIÓNAK TÉRBELI ELOSZLÁSAI A PULZÁCIÓK ELOSZLÁSA A FÖLDRAJZI HOSSZÚSÁG ÉS SZÉLESSÉG FÜGGVÉNYÉBEN AZ EGÉSZ FÖLDÖN

ÁDÁM ANTAL – VERŐ JÓZSEF – WALLNER ÁKOS

1. Bevezetés

A geomágneses tér pulzációinak térbeli eloszlását a múlt század legvégén, közvetlenül felfedezésük után kezdték vizsgálni. A kérdés akkor az volt, vajon a pulzációk helyi jelenségek-e, vagy nagyobb területen egyszerre jelentkeznek. ESCHENHAGEN (1896) Potsdam – Wilhelmshaven között, majd Washingtonnal végzett összeméréseket, BEMMELEN (1902) Batavia és a tőle 800 km-re fekvő Karang Sago, később Zi-ka-wei regisztrátumait hasonlította össze. BIRKELAND (1901) az északi sarki fényövben, Halde és Bossekop állomásokon végzett méréseit egyeztetette Potsdammal. Bár a mérések nagyon körülményesek voltak (ESCHENHAGEN például táviratilag közölt időpontban, 2 sec-ként olvasott le műszeréről, fotografikus regisztrálás hiányában), sike-

rült azt tisztázni, hogy a pulzációknak jó része elég nagy távolságban is egyidejűleg jelenik meg.

A századforduló után az érdeklődés a pulzációk iránt csökkent. Jelentősebb vizsgálatokat ANGENHEISTER (1920) végzett, aki megállapította, hogy a pulzációk nagyjából egyidejűleg lépnek fel Samoaban és Németországban. HARANG (1938) a ROLF által felfedezett gigantikus pulzációk elterjedését vizsgálta, és megállapította, hogy ezek kisebb területre terjednek ki.

1945 után a tellurikus kutatómódszer elterjedésével ismét megnőtt az érdeklődés a pulzációk iránt. SCHLUMBERGER (1946), KUNETZ (1954), GRENET (1953, 1954) végeztek összehasonlításokat szélességileg (pl. Franciaország – Madagaszkár), hosszúságilag (pl. Chambonla – Foret és Onagawa) távol fekvő obszervatóriumok, ill. terepi mérések között, majd Európa, Amerika, Afrika több pontja között is.

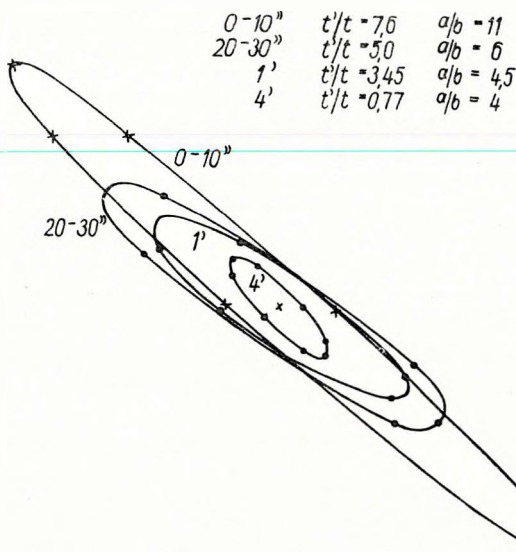
1956-ban TROICKAJA (1956) azt állította, hogy a pulzációk az egész Földön egyidejűleg keletkeznek, és az egyes típusok (pl. ill. *pc*) megjelenése a világidő függvénye. Nézetét arra alapította, hogy a Szovjetunió területén, nagyobb távolságban is koherens pulzációkat figyelt meg. Az ő nyomában JACOBS (1960) és VINOGRADOV (1961) részletesen tanulmányozta a világidő hatását, s mindketten arra a következtetésre jutottak, hogy bár a helyi idő hatása elsődleges, komoly szerepe van a világidőnek is. Ennek lehetőségét különben elméletileg is alátámasztották azzal, hogy a Föld forgási és mágneses tengelye nem esik egybe, s emiatt a mágneses pólusnak a Naphoz képest elfoglalt helyzete szerepel a keletkezés feltételei között.

A vizsgálatok másik része a periódus szélesség függésének megállapítására törekedett, eléggé eltérő eredményekkel pl. DUNCAN (1961) Ausztráliában, VOELKER (1962) Németországban. Különösen nagy érdeklődésre tartanak számot a konjugált pontokban végzett vizsgálatok (LOKKEN és társai 1963) 1961-ben Great Whale és Byrd között, MATHER és WESCOTT (1962) az Aleut szk. és Új Zéland, NAGATA, KOKUBUN és IJIMA (1963) Syowa Base és Reykjavik között], valamint a két Sarkvidéken végzett vizsgálatok [TROICKAJA (1961), POPE, LITTLEFIELD és CAMPBELL (1962)]. Kisebb távolságokra Lähti (1957), valamint a kanadai kutatók csoportja (DUFFUS és társai 1962/a, 1962/b) végzett méréseket. Ilyen téren egyes eredményeket a MTA Geofizikai Kutató Laboratóriumának országos földáram-mérései során szereztünk.

Mindezen vizsgálatok alapján az a kép bontakozik ki a pulzációk eloszlásáról, hogy a geológiai helyzet, valamint a tengerpart közelsége erősen befolyásolja, viszonylag kis távolságban is a pulzációkat, elsősorban a tellurikus áramokban. Ezek a hatások azonban jó közelítéssel leírhatók a tellurikus kutatásban szokásos eljárás szerint lineáris vektorfüggvénnyel. Nem szabad figyelmen kívül hagynunk azt sem, hogy nemcsak irány- és nagyságbeli torzulás lehetséges, hanem a Föld egyes részeinek eltérő elektromos felépítése miatt a frekvenciaspektrum is eltorzul. Nagyon jellemző ilyen torzulást tapasztaltunk Magyarország északkeleti részén a Nagycenk melletti obszervatóriumhoz képest, feltehetőleg a mészkő alaphegység alatt elhelyezkedő jólvezető zóna miatt (1. ábra).

Nagyobb távolságokon általában lényegesen gyengébb korrelációt találunk akár az amplitúdókat, akár a periódusokat vizsgáljuk, koherenciáról

Galvács



1. ábra. A Galvács mellett, mészkő alaphegység felett végzett tellurikus méréseknek a Nagycenk melletti obszervatóriumra, mint bázisra vonatkozó relatív ellipszisei különböző periódusú változásoknál

Fig. 1. Относительные эллипсы с базисным пунктом в обсерватории при с. Надьценк, полученные при работах, проведенных методом теллурических токов в районе Галвач, над известняковым фундаментом, при вариациях различного периода.

Fig. 1. The relative ellipses of telluric measurements above limestone fundament around Galvács, related to the Nagycenk observatory as base, for variations with various periodes

pedig csak ritkán beszélhetünk. Kivételek a konjugált területek, ahol a nagy távolság ellenére is a rezgő erővonal két végén hasonló változásokat tapasztalunk. (SUGIURA, 1964.) Egyes esetekben azonban, elsősorban a pt típusú változásoknál, nagy távolságban is számolhatunk egyidejű gerjesztésre.

2. A vizsgálatok célja

A Nagycenk melletti obszervatórium 7 éves fennállása alatt tekintélyes mennyiségű 20 mm/perc előtolású regisztrátumot gyűjtöttünk össze. (ÁDÁM—VERŐ, 1958.) Az utóbbi időben ezt az anyagot részletesen feldolgoztuk (VERŐ, 1963) a spektrum változásainak elemzése céljából. Eközben többek között megvizsgáltuk a nappali, $pc3$ típusú, és az éjszakai, $pi1$ és $pi2$ (röviden pt) tevékenység közötti átmenetet. Azt találtuk, hogy a kettő között az átmenet legtöbbször ugrásszerű, tehát vagy az éjszakai tevékenység megszűnté után,

esetleg nyugodt időszak közbeiktatásával kezdődik a nappali tevékenység, vagy egyes esetekben az éjszakai tevékenység befejeződése előtt már megkezdődik a nappali tevékenység. Az éjszakai tevékenység ilyenkor általában piI jellegű. Nyugodt napokon a leírt átmenet mellett előfordul a $pi2$ átalakulása $pc3$ -má, úgy, hogy a periódus rövidül. Zavart napokra elsősorban a piI periódusának hosszabbodása miatt jön létre a $pc3$, de gyakran a rövidperiódusú tevékenység egész nap folytatódik. Az átmenet jellegét elsősorban a tevékenység határozza meg.

A pt típusú változások nappal nagyon ritkák, legalábbis úgy, hogy tisztán felismerhetőek legyenek. Ezzel szemben a pc típusnak elég gyakran vannak impulzusszerű kitörései, amelyek hasonlóak a pt -khez, csak általában a piI hiányzik, nyugodtabb lefutásúak a görbék, és a periódus is rövidebb.

Az elmondottak alapján tehát a nappali és éjszakai tevékenység között bizonyos átmeneti jelenségekkel kell számolnunk, másszóval az éjszakai félteke pt típusú variációi átalakult formában elég gyakran megjelenhetnek a nappali féltekén is. Ennek a kérdésnek a vizsgálata annál fontosabb, mert a magnetotellurikus módszer TYIHONOV – CAGNIARD-féle elméletének PRICE-től származó bírálata elsősorban éppen a forrás nem végtelen kiterjedésére vonatkozik. Ilyen szempontból is fontos annak vizsgálata, vajon milyen kiterjedésűek a pulzációk forrásai?

A pulzációk forrásainak kiterjedését kétféleképpen is definiálhatjuk a Föld felszínén végzett mérések alapján: az egyik definíció szerint azonos forrásból eredőnek tekintjük azokat a pulzációkat, amelyek az egyes állomásokon azonos ütemben változó amplitúdójú zavart hoznak létre, figyelmen kívül hagyva a koherenciát, sőt a frekvenciák azonosságát is. Jelen tanulmányunkban ilyen értelemben vizsgáltuk a források kiterjedését.

A másik, sokkal szigorúbb definíció szerint a forrás kiterjedésére a koherens rezgések elterjedésének területéből lehet következtetni. Ez a terület az első definíció szerinti területnél sokkal kisebb.

Az amplitúdók korrelációja alapján végzett vizsgálat jelentősége, az eddig elmondottak alapján többek között abban is megnyilvánul, hogy a nappali és éjszakai típusú tevékenység közötti különbség jellegét is eldöntheti, tehát azt, hogy egy éjszakai típusú zavar a nappali féltekén egyáltalán nem jelentkezik-e, vagy csak alakja változik meg. Emellett a közös forrásból eredő koherens pulzációk vizsgálatához is nélkülözhetetlen előtanulmány.

3. A vizsgálathoz felhasznált anyag

Vizsgálatainkat egyelőre nagyobb anyagból kiválasztott egyetlen napra, 1958. jún. 9-ére korlátoztuk. Ez természetesen nem végleges megoldás, a jövőben a nyert tapasztalatok alapján még néhány napot feldolgozunk. Az egyes obszervatóriumokban az ott végzett gyors regisztrálás eredményéről készített fotokópiákról olvastuk ki az amplitúdókat. A regisztrátumok részben tellurikusak (*Nc, Me, Ta, Pp, Ir*) javarészt azonban mágnesesek voltak. Bár több obszervatóriumban a regisztráló műszer frekvenciafüggősége adott volt, ilyen korrekciót nem végeztünk, a kiolvasásokat az érzékenységgel sem szoroztuk, hanem a nyers kiolvasott értékeket használtuk fel. A korrelációs számítást a frekvenciától független érzékenység figyelembe nem vétele nem befolyá-

solja. Egyes műszerek (pl. indukciós) és komponensek (tellurikus és mágneses) eltérő frekvencia karakterisztikája viszont az eredményeket megváltoztatja, de mint a továbbiak mutatják, nem túlságosan nagy mértékben (I. táblázat).

I. táblázat

A felhasznált obszervatóriumok jegyzéke

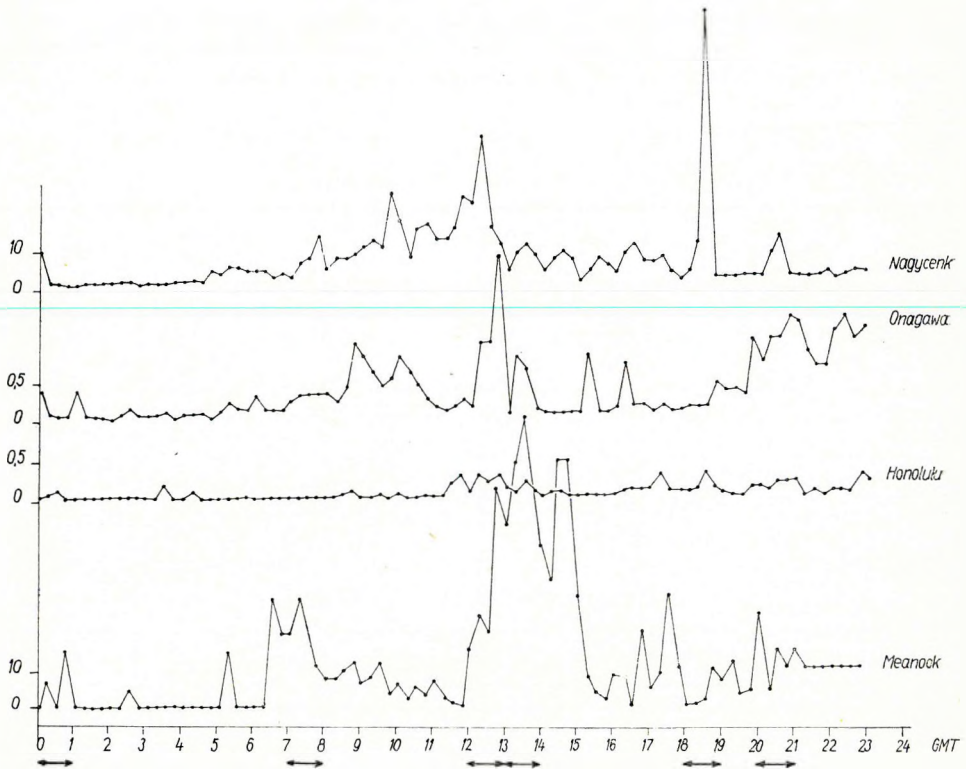
Obszervatórium	Jel	Földrajzi szélesség	Hosszúság	Geomágneses szélesség	Hosszúság
Reykjavik	Re	64°11'N	338°18'	70,2°	71,0°
Nurmijärvi	Nu	60 31	24 39	57,9	112,6
Rude Skov	RS	55 51	12 27	55,8	98,5
Eskdalemuir	Es	55 19	356 48	58,5	82,9
Meanook	Me	54 37	246 40	61,8	301,0
Irkutsk	Ir	53 19	107 44	42,2	177,8
Petropavlovsk	Pp	53 00	158 36	45,0	220,0
Nagycenk	Nc	47 38	16 43	47,2	98,3
Onagawa	On	38 26	141 28	28,3	206,8
Tucson	Tu	32 15	249 10	40,4	312,2
Tamanrasset	Ta	22 48	5 31	25,4	80,6
Honolulu	Ho	21 18	201 54	21,1	266,5
Guam	Gu	13 27	144 45	3,8	212,8
Apia	Ap	13 48S	188 14	-16,0	260,2
Watheroo	Wa	30 19	115 53	-41,8	185,6
Hermanus	Hr	34 26	19 14	-33,7	81,7
Kerguelen	Kg	49 21	70 12	-57,4	127,6
Mirnij	Mi	66 18	92 30	-77,0	145,6
Dumont d'Urville	Du	66 40	140 01	-75,5	230,9

Az obszervatóriumok egyes adatai közvetlenül nem álltak rendelkezésünkre, így egyes koordinátákban kisebb eltérések lehetségesek, mert az irodalmi adatok is ingadoznak. Egyes rövidítések még nemzetközileg nem szerepelnek.

4. A vizsgálatok eredményei: eloszlás a szélesség és hosszúság függvényében

Vizsgálataink során első lépésként negyedóránként kiolvastuk a maximális amplitúdókat egyes obszervatóriumokban. Ezeket ábráztuk a 2. ábrán. Ezeknek a napi eloszlásoknak az alapján választottuk ki azokat az órákat, amelyeket részletesen megvizsgáltunk. Az ábra jól mutatja, hogy ámbár az egyes obszervatóriumokban a pulzációk amplitúdójának a napi menete a helyi időtől függ, vagyis a $pc3$ típus hatására a maximum általában nappal van, mégis egyes zavarok elterjedése világméretű. Ilyen szempontból nagyon jellegzetes a 18–19 óra közötti szakasz, a benne lejátszódott pt -vel, amely az egész világon jelentkezett, csak az éjszakai oldalon sokkal határozottabban. Hasonlóan a 12–13 óra között fellépett zavarok is nagy területen voltak észlelhetők, de csak a nappali féltekén.

GRENET és KATO már említett cikke alapján ismeretes volt előttünk, hogy Onagawa és Tamanrasset között, a pulzációknak legalábbis egyes fajtáira léte-



2. ábra. A pulzációk negyedóránkénti maximális amplitúdói 4 kiválasztott, különböző hosszúságon fekvő obszervatóriumban 1958. jún. 9-én, a részletes feldolgozáshoz kiválasztott szakaszok feltüntetésével. (Függőleges tengelyen a kiolvasott amplitúdók mm-ben, az érzékenységet figyelmen kívül hagyva.)

Fig. 2. Максимальные амплитуды пульсаций с интервалом 15 минут по 4 выбранным обсерваториям, находящимся на различных долготах, для 9 июля 1958 г. с указанием участков записей, выбранных для детальной обработки. (На вертикальную ось нанесены отсчитанные амплитуды в мм, без учета чувствительности).

Fig. 2. The quarter-hourly maximal amplitudes of pulsations in 4 selected observatories on various longitudes on the 9th of June, 1958, indicating the sections selected for detailed studies. (The vertical axes show the measured amplitudes in mm, neglecting the sensitivity)

zik bizonyos kapcsolat. Ezért először a $Nc-Ta-On$ obszervatóriumokban olvastuk ki a most említett 12–13 óra közötti szakaszból 2,5 percenként a maximális amplitúdókat. Nagycenk (l. 3. ábra) az óra elején, kb. 12 h 16-kor volt a pulzációs tevékenység maximuma, utána fokozatos lecsengés kezdődött, amelyet csak 12 h 34-kor szakított meg egy másodlagos csúcs. Az ábrán, valamint a számításokban nem a közvetlenül kiolvasott értékeket használtuk fel, hanem előzőleg hármasával bloxamáltuk az adatokat, ezzel csökkentettük egyes időbeli hibák, a kiolvasás bizonytalanságának és a geológiai tényezőknek a hatását, viszont a pulzációk eloszlását a simított görbék változatlanul

tükrözik. Ezzel szemben Onagawában az óra eleje teljesen nyugodt, 12 h 29-kor van az első, 12 h 49-kor a második tevékenységi csúcs. Tamanrasset, bár hosszúságilag csak kb. 10° -nyira fekszik Nagycenktől, de 135° -ra On -tól, mindkét obszervatóriumban mutatkozó csúcsokat regisztrálja, 12 h 19-kor a Nc -it, 32-kor és 52-kor az On -iakat.

A korrelációs faktorok a következőképpen alakulnak:

	Ta	Nc	On	$Nc (n-1)$	$On (n-1)$
Ta	—	0,70	-0,01	0,63	0,08
Nc	—	—	-0,51	—	—

A táblázatból látható, de a továbbiakban közölt más állomások közötti korrelációs faktorok alapján általában is azt mondhatjuk, hogy a 90° -nyira, vagy ennél is nagyobb távolságra eső állomások között csak ritkán van korreláció, sőt, a vizsgálat alatt levő órában az európai állomások korrelációja az ausztrálázsiaiakkal rendre negatív. Érdekes kivétel ez alól éppen Ta , amelynek On -val a korrelációja közel 0, sőt, ha Ta -t 2,5 perccel időbelileg eltoljuk, gyenge pozitív korrelációt kapunk, egyezésben azzal, hogy az On -i csúcsok Ta -ban is megjelennek. Ha kettős korrelációt számítunk, a következő eredményeket kapjuk:

$$a_{Ta} = 1,56 a_{Nc} + 1,16 a_{On} \quad R = 0,80$$

ill.

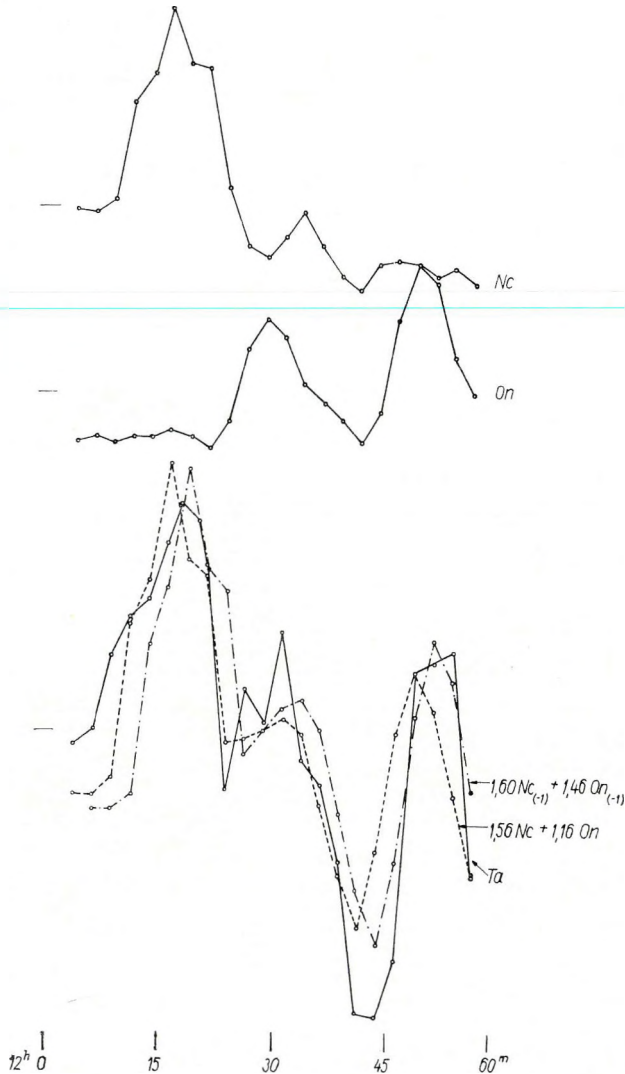
$$a_{Ta} = 1,60 a_{Nc} (n-1) + 1,46 a_{On} (n-1) \quad R = 0,80$$

Amint látható, az átlagamplitúdó kialakításában mindkét állomás szerepe jelentős (Ta -ban az átlagamplitúdó 157, Nc -en 54, On -ban 21 egység). Érdekes, hogy a korreláció nem romlik, ha a Tamanrassetben nyert adatokat a másik kettőhöz képest 2,5 perccel eltoljuk. Ez arra enged következtetni, hogy kb. 1–1,5 perces késéssel érnek az egyes zavarok Ta -be. Az egyenleteinkből számított Ta -i menetek egyezését mutatja a 3. ábra is. Ezek szerint Ta és On , tehát két, a 20 és 30° mágneses szélesség között fekvő állomás korrelációja feltűnően jobb a nagyobb szélességen fekvőkénél.

A továbbiakban vizsgálatainkat már az összes obszervatóriumra kiterjesztettük. A leírt módon, tehát 2,5 percenként az egyes szakaszok maximális amplitúdóját véve figyelembe, kiolvastunk 6 órát ($0-1$, $7-8$, $12-13$, $13-14$, $18-19$, $20-21$ h GMT között).

A továbbiakban is mindenben hasonlóan jártunk el, a 2,5 perces maximális amplitúdók adatsorát hármasával bloxamáltuk minden órában, majd minden egyes párra számítottuk a korrelációt. Megjegyezzük, hogy Ap és Ir regisztrátumait már számítás közben kaptuk meg, így ezeket a többi állomás alapján készült feldolgozáshoz csak hozzáillesztettük.

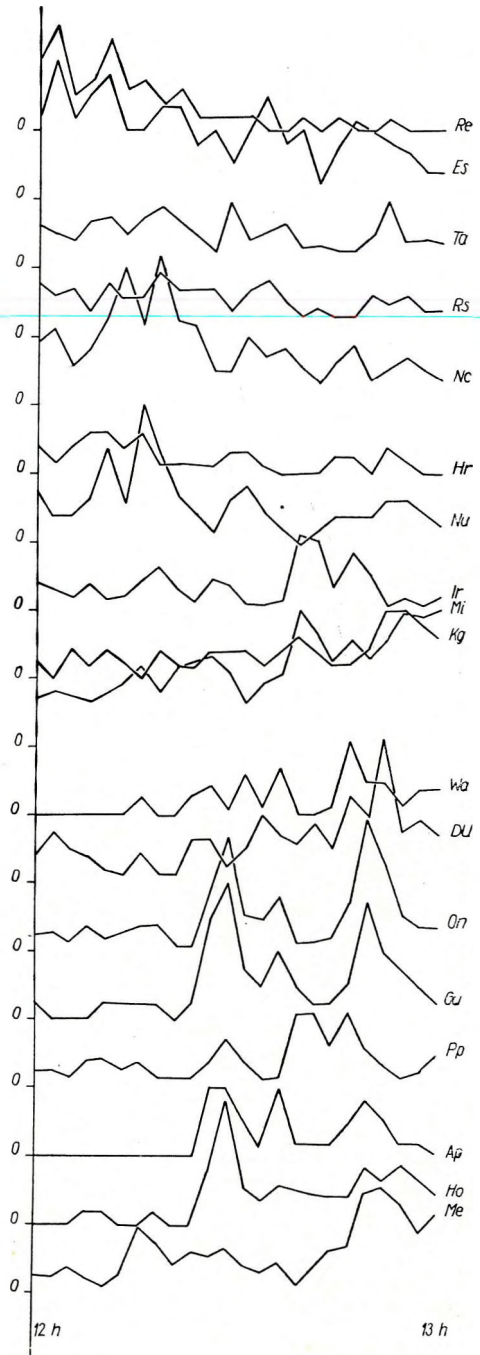
Mielőtt vizsgálataink eredményét ismertetnénk, még egy kérdéssel foglalkozunk. Ugyanis a kiolvasások során probléma volt, vajon milyen periódusú pulzációkat olvassunk ki? Végül úgy döntöttünk, hogy kb. 2 perces felső határig minden változást figyelembe veszünk. Ez annyit jelent, hogy legalábbis egyelőre lemondunk a periódusok vizsgálatáról. Ezt az elhatározást egyrészt egyes regisztrátumok kis eltolása miatt kénytelenek voltunk megtenni, ha lehetőleg minél több obszervatórium adatai alapján akartunk dolgozni. más-



3. ábra. A Nc , On és Ta állomáson 1958. jún. 9-én 12–13 h GMT között fellépett pulzációk amplitúdója, valamint a Nc és On állomásokról kapott, Ta görbéjét legjobban megközelítő, számított értékek

Fig. 3. Амплитуды пульсаций, записанных на станциях Nc , On и Ta 9 июня 1958 г. в 12–13 часов по Гринвичскому времени, а также расчетные величины по станциям Nc и On , наиболее уверенно приближающие кривую Ta

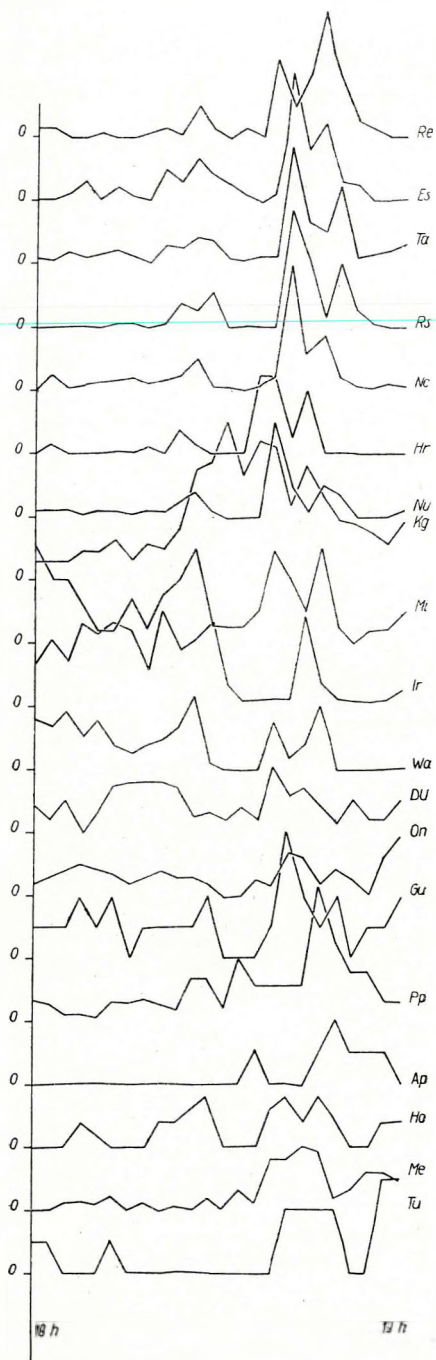
Fig. 3. The amplitude of the pulsations appearing at stations Nc , On and Ta between 12–13 h GMT on the 9th of June, 1958, and the computed values obtained from stations Nc and On , approximating best the curve of Ta .



4. ábra. A pulzációk amplitúdójának 2,5 percenként kiolvasott értékei a 18 obszervatóriumban, 1958. jún. 9-én, 12 – 13 h GMT között

Фиг. 4. Величины амплитуд пульсаций, отсчитанных через каждые 2,5 мин. по 18 обсерваториям для 9 июня 1958 г. в 12 – 13 часов по Гринвичскому времени.

Fig. 4. The values of the amplitudes of pulsations read off at 2,5 minutes intervals at 18 observatories between 12 – 13 h GMT, on the 9th of June, 1958.



5. ábra. A pulzációk amplitúdójának 2,5 percenként kiolvasott értékei a 18 obszervatóriumban, 1958. jún. 9-én, 18 – 19 h GMT között

Фиг. 5. Величины амплитуд пульсаций, отсчитанных через каждые 2,5 мин. по 18 обсерваториям для 9 июня 1958 г. в 18 – 19 часов по Гринвичскому времени.

Fig. 5. The values of the amplitudes of pulsations, read off at 2,5 minutes intervals at 18 observatories between 18 – 19 h GMT, on the 9th of June, 1958

részt éppen a 2.-ban említett okok miatt, a *pt* és *pc* típusok kölcsönös összefüggésének tisztázása szempontjából is ez a választás látszott célszerűnek.

Még egy kérdést kell érintenünk, mielőtt az eredmények ismertetésére áttérnénk: feltűnő volt a feldolgozás közben, hogy egyes, azonos állam által fenntartott, egymástól messzebbfekvő állomások korrelációja feltűnően jónak mutatkozott (így pl. a francia *Kg* és *Du*, vagy a szovjet állomások esetében). Bár lehetséges, hogy ennek vannak más okai, de a legvalószínűbbnek az látszik, hogy az azonos típusú műszer közel azonos feloldóképessége játssza a legnagyobb szerepet. Ez arra is felhívja a figyelmet, hogy a kapott korrelációk inkább alsó határok, és ezeknél jobb kapcsolat van a valóságban.

Az egyes órákra az összes korrelációk átlaga a következő volt (II. táblázat):

II. táblázat

<i>GMT</i>	A számított korrelációs faktorok száma	A korrelációs faktorok átlagos értéke
0 – 1 h	105	+0,17
7 – 8	120	+0,15
12 – 13	153	+0,00
13 – 14	153	+0,24
18 – 19	171	+0,31
20 – 21	171	+0,10

(A korrelációs faktorok száma azért változik, mert egyes obszervatóriumokból nem állt a teljes nap rendelkezésünkre.)

A táblázat alapján világos egyrészt, hogy a korrelációk átlagértéke minden egyes esetben pozitív az egész Földre, másrészt viszont ez a pozitív érték eléggé változékony. A két szélső esetet a 12–13 h, ill. a 18–19 h közötti időszak jelenti. Az első időszakban (4. ábra) Európában a pulzációs tevékenység maximuma az óra elején volt, Keletáziában viszont az óra végén. Ezért a két obszervatórium-csoport között rendre nagy negatív korrelációkat találtunk (L. a 3. ábrát is). Ezzel szemben 18 h 45-kor egy *pt*-kitörés volt, s ez világszerte megjelent, néhol ugyan *pc*-szerű alakban. Ezért az egyes obszervatóriumok menete (5. ábra) eléggé hasonló.

A következő, III. táblázat a 6 (vagy egyes esetben ennél kevesebb) korrelációs faktor mediánját tartalmazza. Ezeket használtuk fel a világméretű eloszlásfüggvény meghatározására.

A táblázatból kiderül, hogy a 20–30° mágneses szélesség táján elhelyezkedő állomások aránylag sokkal jobb korrelációban vannak más obszervatóriumokkal, mint a többiek. Ilyenek pl. *Ta*, *Ho*, *On*, *Tu*. Az európai obszervatóriumoknál nem szabad elfelejtenünk, hogy itt viszonylag sok, egymáshoz közel fekvő obszervatórium alapján dolgoztunk, s így az ottani nagy korrelációs faktorok egy része ezzel magyarázható.

Vizsgálataink során feltételeztük, hogy a +0,2–+0,6-os korreláció gyengén, a +0,6–+1,0 közötti korreláció határozottan szignifikánsnak minősíthető. Ezeknek a korrelációknak az eloszlását mutatja geomágneses

III/a. táblázat

A korrelációs faktorok eloszlása

	-0,6 - -1,1	-0,2 - -0,6	+0,2 - -0,2	+0,6 - +0,2	+1,0 - +0,6
Ap	-	1	6	10	2
Ir	-	2	10	6	1
Kg	-	2	14	2	-
Du	-	5	12	1	-
Nc	-	-	9	6	3
Me	-	1	13	3	1
Ta	-	1	3	11	3
Wa	-	1	7	10	-
Es	-	-	7	7	4
Hr	-	1	15	2	-
On	-	-	6	9	3
RS	-	1	5	8	4
Tu	-	1	8	8	1
Ho	-	-	6	10	2
Nu	-	1	7	6	4
Pp	-	1	13	3	-
Mi	-	1	8	9	-
Re	-	1	10	6	2
Gu	-	-	10	6	2

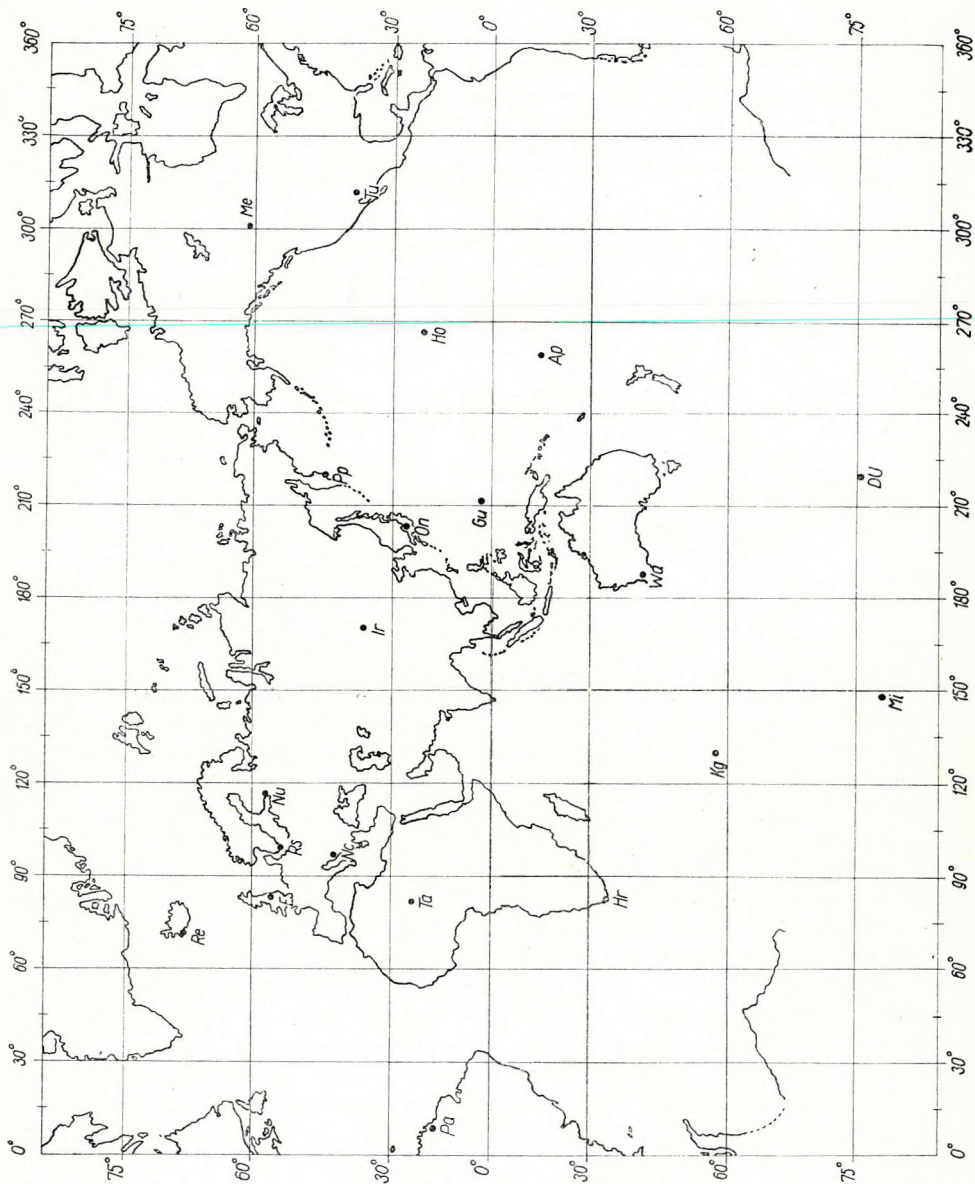
koordinátarendszerben a 6. és 7. ábra. A 6. ábrán csak a határozott, a 7. ábrán a gyengébb korrelációs faktorú obszervatóriumokat is összekötöttük. Összehasonlításképpen a 8. és 9. ábrán a 12–13, ill. 18–19 óra közötti időszakra külön is feltüntettük ezeket a kapcsolatokat (csak a határozott korrelációkat).

A következő lépésben arra törekedtünk, hogy a táblázatban szereplő értékeket megközelítsük egy olyan függvénnyel, amelyben a változó az obszervatórium szélessége és hosszúsága. Ez előtt azonban szükségesnek találtuk annak vizsgálatát, hogy a hosszúság, tehát a helyi idők különbségének függvényében hogyan változnak a korrelációk. A táblázat adatait a helyi idő különbségének függvényében ábrázolva mutatja a 10. ábra. (Mivel feltételezésünk szerint a helyi nappal és éjszaka között van a korrelációkban különbség, nem geomágneses, hanem geográfiai hosszúsággal dolgoztunk). Az ábrában megrajzoltuk az egyes időkülönbségeknek megfelelő mediánokat, valamint alsó és felső kvartiliseket. A csökkenés $\Delta t = 5$ h-ig valóban látszik, de kb. $\Delta t = 7$ h-nál a korrelációs faktorok ismét megnőnek (0,0-ról átlagosan +0,25-re), majd ismét csökkennek. Erre az eloszlásra a helyi időnek a hatását vizsgáló későbbi szakaszban ismét hivatkozunk.

A most elmondottak alapján, ha elég durva közelítéssel is, de elfogadható a két obszervatórium időkülönbsége és a korrelációs faktor között egy $e^{-a \cdot \Delta t}$ alakú összefüggés. Hasonló összefüggést tételeztünk fel a szélességkülönbséggel is.

Ezek szerint a talált korrelációs faktorokat a következő képlettel próbáltuk leírni:

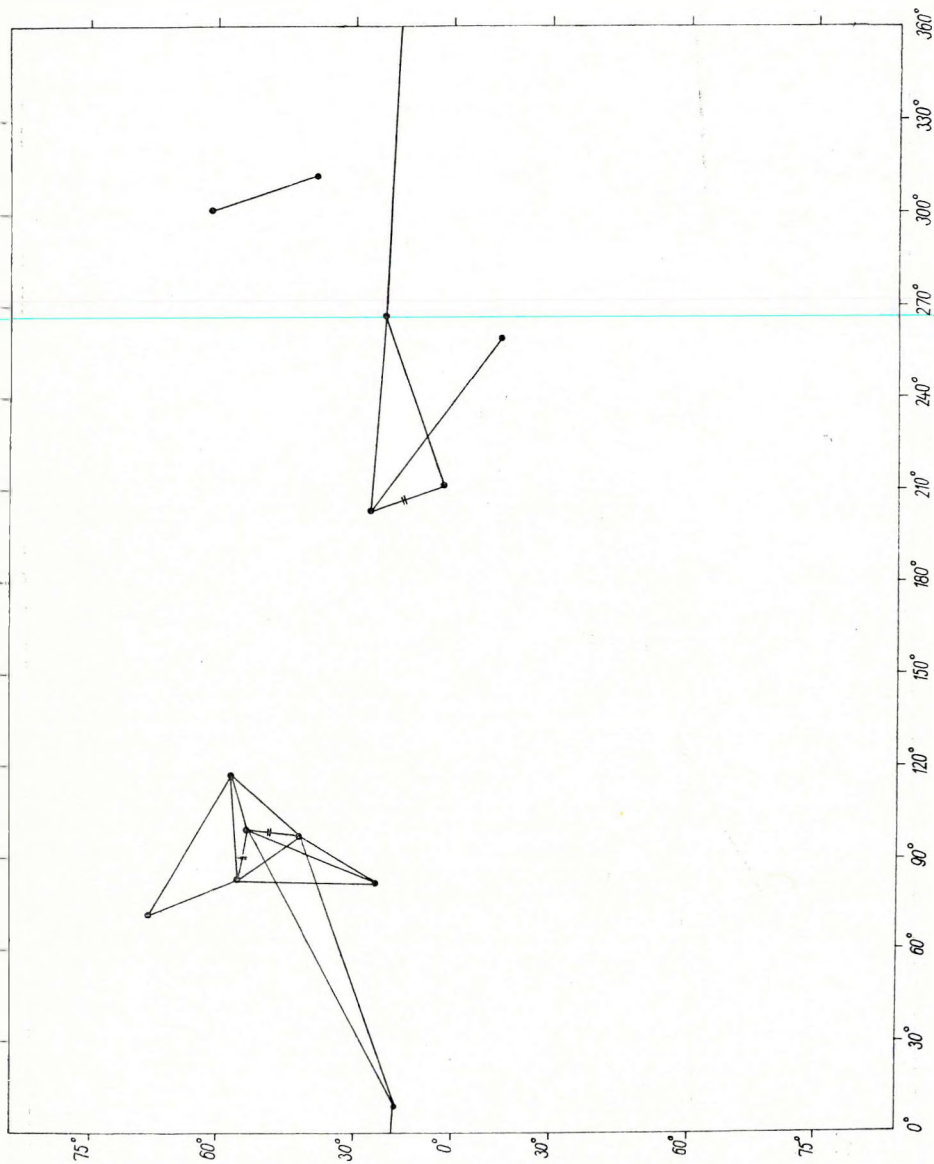
$$R = c \cdot e^{-a \cdot \Delta t - b \cdot \Delta \varphi} - c + 1 \quad (1)$$



6. ábra. a) A felhasznált obszervatóriumok geomágneses koordinátájú térképen.

Фиг. 6. a) Расположение использованных обсерваторий на карте с геомагнитными координатами;

Fig. 6. a) The used observatories on a map with geomagnetic coordinates.



b) A korrelációs faktorok térképe; —//— azok az állomáspárok, amelyek között a korrelációs faktorok mediánját

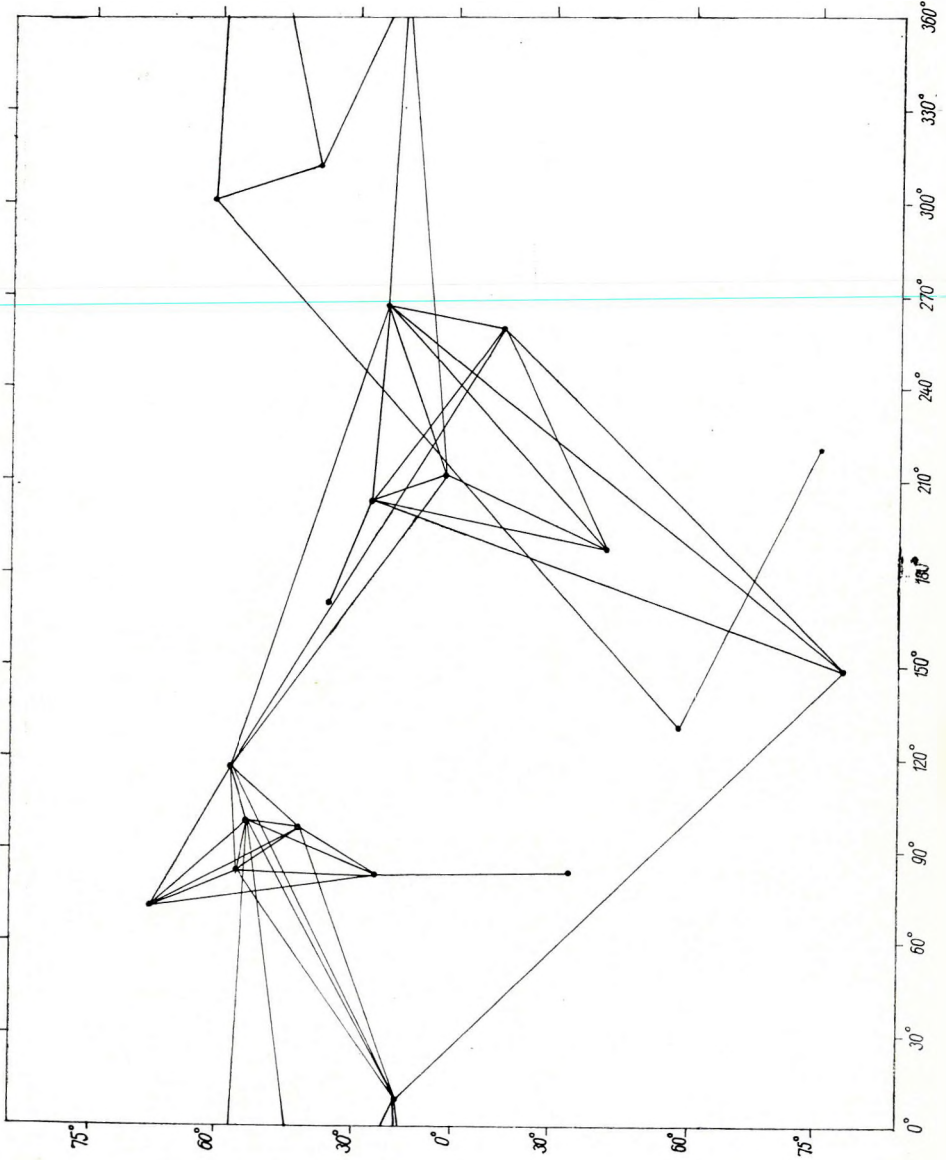
+0,8-nál nagyobb az egész napra korrelációjú állomáspárok

б) карта корреляционного фактора, —//— пары станций, между которыми медиана корреляционных факторов

+0,8 за весь день ; —//— пары станций с корреляцией, лучшей +0,6.

b) Map of correlation factors; —//— pairs of stations, between which the median of correlation factors is better, than

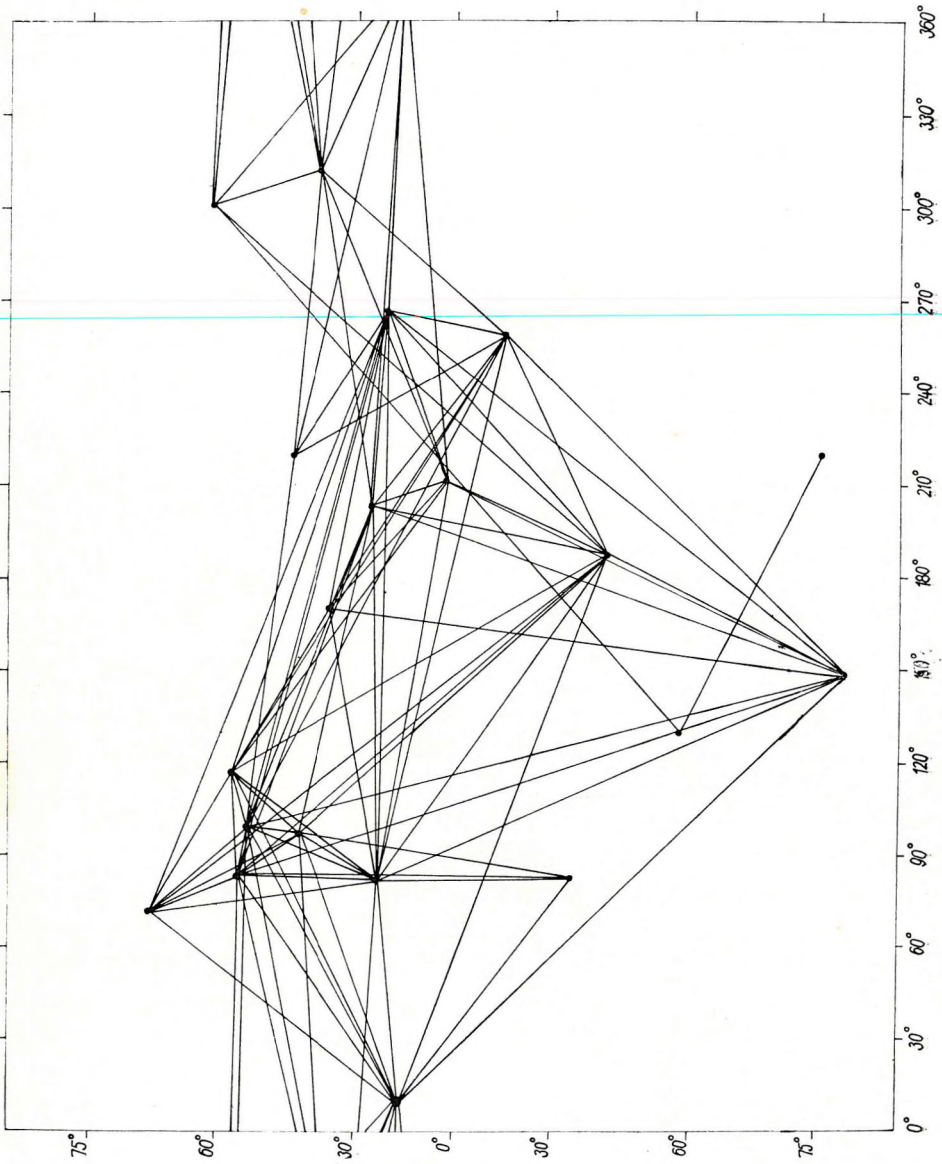
+0,8 for the whole day. —//— pairs of stations, with a correlation better than +0,6.



7a ábra. + 0,4-nél
jobb korrelációjú
állomáspárok

Fig. 7a. Pairs of sta-
tions with a cor-
relation better
than + 0,4

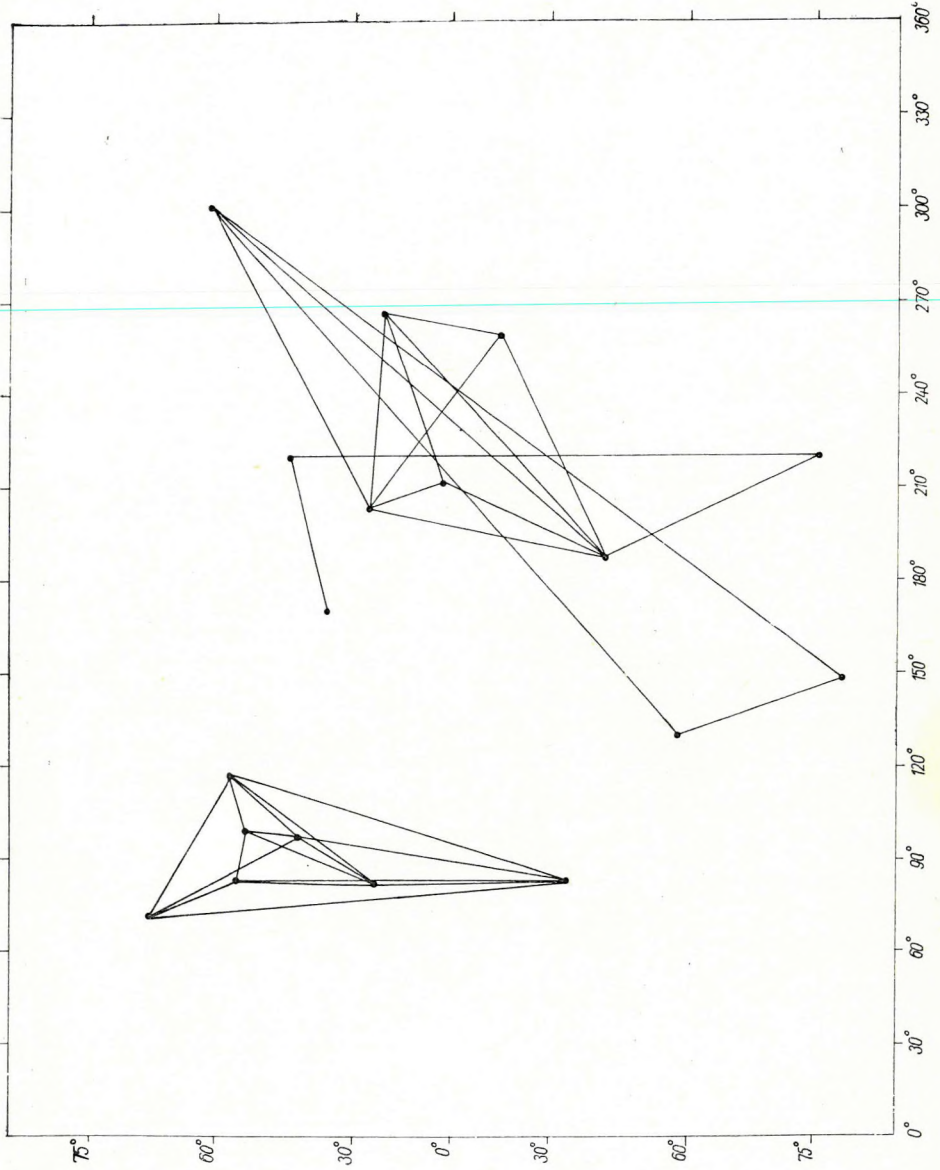
Fig. 7a. Pairs of
stations with a cor-
relation better
than + 0,4



7b ábra. +0,2-nél
jobb korrelációjú
állomás párok

Фиг. 7/б Пaры
станций с корреля-
цией, лучшей +0,2.

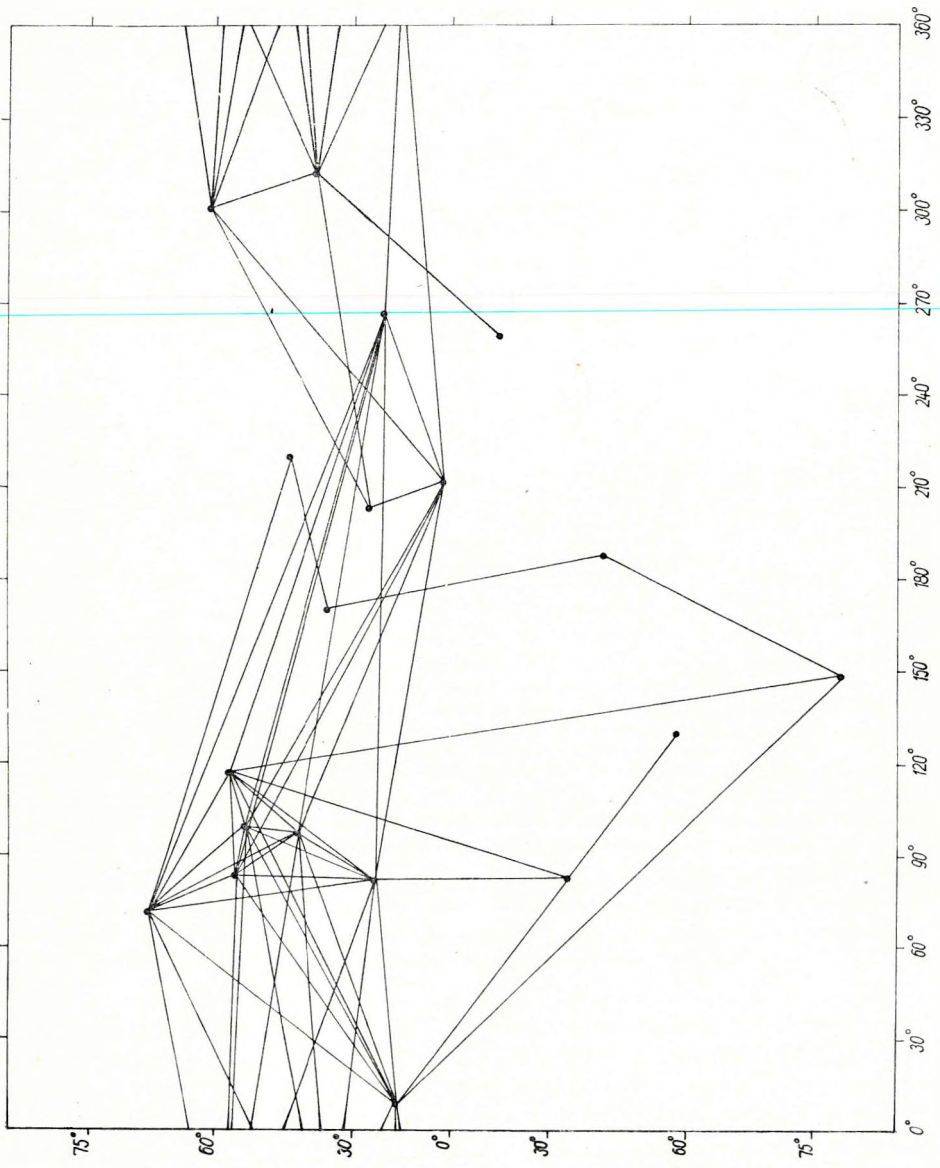
Fig. 7b. Pairs of
stations with a cor-
relation better
than +0,2



8. ábra. 12—13 h GMT között 0,6-nál jobb korrelációjú állomáspárok

Фиг. 8. Пairs станций, у которых в 12—13 часов по Гринвичскому времени корреляция лучше 0,6.

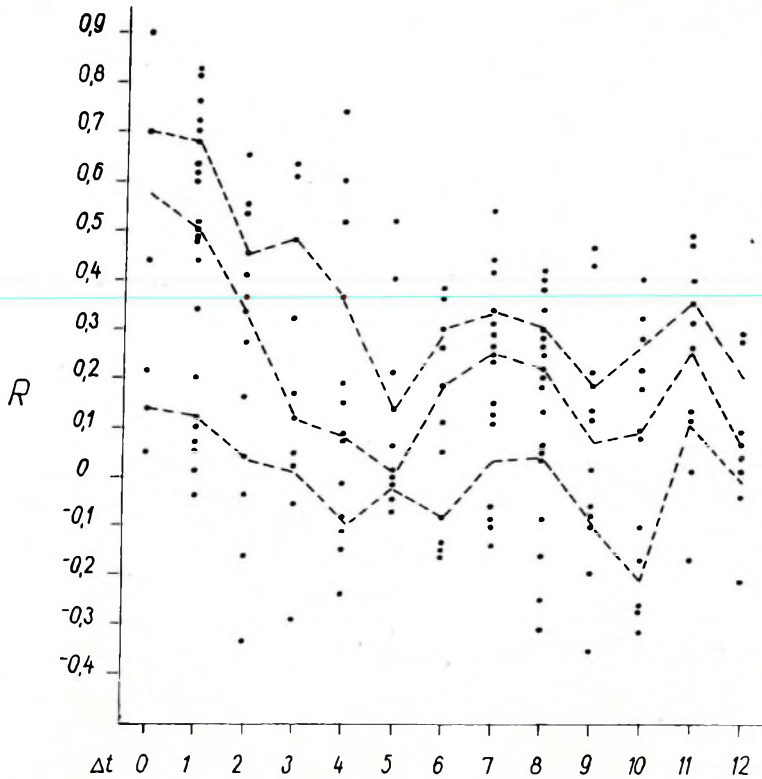
Fig. 8. Pairs of stations with a correlation better than 0,6 between 12—13 h GMT.



9. ábra. 18–19 h GMT között 0,6-nál jobb korrelációjú állomásparok

Фиг. 9. Пairs станций, у которых в 18–19 часов по Гринвичскому времени корреляция лучше 0,6

Fig. 9. Pairs of stations with a correlation better than 0,6 between 18–19 h GMT.



10. ábra. A korrelációk szorosságának változása az obszervatóriumok helyi időkülönbségének függvényében (alsó, ill. felső kvartilis és medián berajzolva).

Fig. 10. Изменение тесноты корреляция в зависимости от разности местных времен обсерваторий (с указанием соответственно нижнего и верхнего квадранта и медианы)

Fig. 10. The variation of correlations versus difference of local times at the observatories (the lower and upper quartiles and the median shown.)

A c faktorra azért van szükség, mert nem biztos, hogy a vizsgált obszervatórium antipódusával a korreláció éppen 0, lehet pozitív vagy negatív is, viszont az állomás korrelációja önmagával feltétlenül 1.

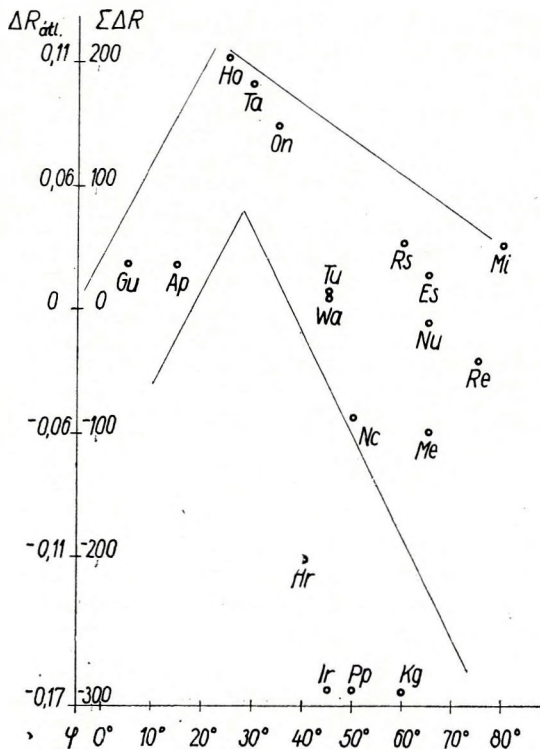
Az (1)-es egyenlettel megadott összefüggés több okból sem tökéletes. Egyrészt a konjugált pontokban előreláthatólag nagyobb korrelációs faktorokat nem veszi figyelembe. Másrészt a sarkok körül a függvény nem folytonos. Ennek ellenére vizsgálatainkhoz a függvény megfelelőnek látszott, mert a konjugált pontoknak csak viszonylag kisebb környékére terjed ki a jó korreláció, mert pl. $Pp-Wa$, $Nc-Hr$, $Ke-Nu$ esetében nem találtunk feltűnően jó kapcsolatot, bár ezek az állomások egymás konjugált pontjaihoz elég közel vannak. Emellett obszervatóriumaink legnagyobb része mérsékelt szélességeken volt, és csak néhány az aórá-övben, vagy azon túl, így a sarkok környezete nem szerepelt nagyobb súllyal vizsgálatainkban.

A függvényt sorbafejtettük, majd alkalmas közelítő értékek felvétele után a legkisebb négyzetek módszerével kiegyenlítettük. A kiegyenlítés eredményeként a következő alakot kaptuk:

$$R = 0,94e^{-0,20 \Delta t} - 0,23 \Delta \sigma + 0,06 \quad (2)$$

A képletben Δt a két obszervatórium helyi ideje közötti különbséget jelenti órában, $\Delta \sigma$ pedig a mágneses szélességek közötti különbséget 10° -os egységben. A képlet alapján minden egyes obszervatóriumpárra normálértéket számítottunk, majd képeztük a normálérték és a talált medián közötti különbséget. Ezeknek az összegét jellemzőnek tekintettük az egyes obszervatóriumokra. A mágneses szélesség függvényében mutatja ezeket a $\Sigma \Delta R$ értékeket a 11. ábra.

A 11. ábra pontjai három elkülönült csoportban helyezkednek el. Az obszervatóriumok legnagyobb része a $-0,06 - +0,03$ zónában van. 3 állomás a $20 - 30^\circ$ mágneses szélesség környékén (Ho , Ta , On) lényegesen jobb átlagos



11. ábra. A korrelációs faktorok értékeinek a kiegyenlített értéktől való eltérésének (ΔR) átlagai az egyes állomásokon, a mágneses szélesség függvényében

Фиг. 11. Средние величины отклонения корреляционных факторов от выравненных величин (ΔR) по отдельным станциям, в зависимости от магнитной широты.

Fig. 11. The means of the deviation of the correlation factor values from the compensated values (ΔR) at the individual stations versus magnetic latitude

korrelációjával tűnik ki (+0,1 – +0,15) közötti eltérések). Ezzel szemben *Kg*, *Pp*, *Ir*, *He*, *DU* korrelációinak átlagértéke negatív (–0,1 – 0,25 közötti eltérések). Az utóbbiak közül *Kg* és *DU* francia, *Pp* és *Ir* szovjet állomás, tehát az eltérések műszertechnikai eredetűek lehetnek, bár *Ir* és *Kg* regisztrátumai az egész anyagban a legszebbek közül valók. Érdekes, hogy *Kg* és *Du* között feltűnően jó, míg *Pp* és *Ir* között nagyon rossz a korreláció. Ebben feltehetőleg annak is szerepe van, hogy a *Pp*-i regisztrátumot nagyon nehezen lehetett kiolvasni. *Hr*-ban a gyenge korrelációkat feltehetőleg a viszonylag nagyon kis érzékenység okozhatja, mert a zavartalan órákban a korreláció sokkal jobb (pl. *Nc*-vel a 3 jó korreláció +0,6 körüli, a 3 rossz –0,3 körüli). A medián természetesen a közepes értéket adja.

Ezek szerint vizsgálatainkból az derül ki, hogy a 20–30° táján fekvő obszervatóriumok korrelációja sokkal jobb a más szélességeken, akár az Egyenlítő, akár a Sarkok felé elhelyezkedőkénél. Ezzel kapcsolatban érdekes, hogy TAMAO (1961) szerint az exoszféra felépítése, elsősorban az elektrokoncentráció változása miatt 35° tájéknál átmenet van a pulzációk viselkedésében. Ugyanis a magnetohidrodinamikuss hullámok az exoszféra külső részében keletkeznek, s lefelé, a Föld irányába is terjednek. Terjedésük közben reflektálódnak egy bizonyos szintről, mert lefelé haladva a hullámok sebessége nő. A visszaverődött izotróp hullámok energiájának egy része transzverzális hullámot hoz létre. Mivel a sebesség maximuma, azaz 3000 km alatt nincs reflexió, ezért a 3000 km magasan haladó erővonal és a Föld felszínének metszéspontjai között, a Föld felszínének az Egyenlítőtől északra és délre mintegy 35° szélességben elterülő részén nem várhatjuk transzverzális hullámok beérkezését. Emellett a visszaverődés szelektív is, a nagyobb periódusok nagyobb szélességeken jelennek meg.

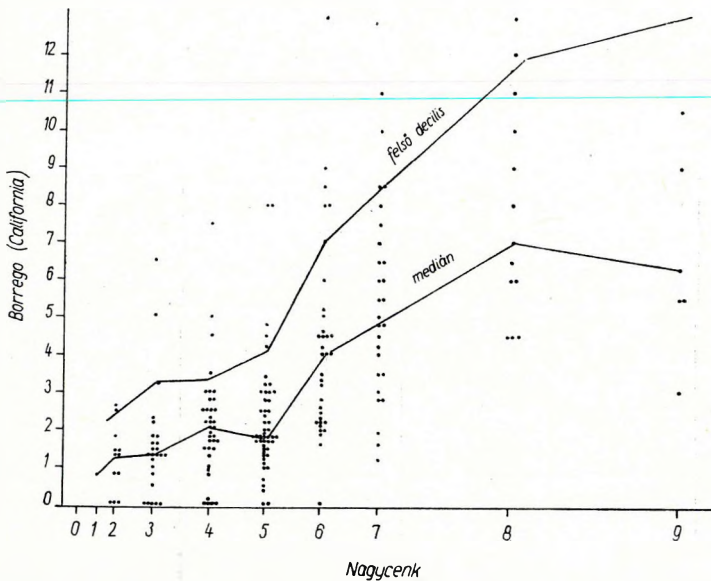
Mivel az általunk talált és 30° körül fekvő zóna elég közel esik a transzverzális hullámok elterjedésének TAMAO által megadott határához, kínálkozik az a lehetőség, hogy a kettőt egymással azonosítsuk.

A most vázolt mechanizmus elsősorban arra alkalmas, hogy a korrelációs faktorok átlagértékének az Egyenlítőhöz közeli zóna felé tapasztalt csökkenését magyarázzuk meg vele. A nagy szélességek felé való csökkenést a reflexiók energiaviszonyainak ismerete nélkül ezzel a mechanizmussal nem magyarázhatjuk, ezzel szemben a következőkben olyan vizsgálatokat is ismertetünk, amelyek szerint a sarkifényövből keletkező pulzációk nyugodt körülmények között a mérsékelt szélességekig nem húzódnak le. A sarkifényövezet és a mérsékelt öv közötti különbség okozhatja a korreláció átlagértékének fokozatos emelkedését a sarkoktól kb. 30°-os szélességekig.

5. A földrajzi szélesség függvényében változó kapcsolat, ill. a 30° táján kialakult zóna további vizsgálatai

Bevezetőben már említettük GRENET és KATO Tamanrasset és Onagawa közötti *pt*-összehasonlításának eredményeit, amelyek szerint az egyes *pt*-impulzusok még ilyen nagy, 120°-os távolságban is azonosíthatók voltak. Bár ezzel a kérdéssel tanulmányunk második részében még részletesebben foglalkozunk, már itt is megemlítjük, hogy a talált jó kapcsolat részben az obszervatóriumok szerencsés megválasztásának eredménye. Ugyanez érvényes

KUNETZ és SCHLUMBERGER méréseire, mert állomásaiknak a legnagyobb része (Venezuela, Gabon, Szahara, Madagaszkár) ugyanebbe a zónába esik. Természetesen a most elmondottak egyáltalán nem jelentik azt, hogy akár nagyobb, akár kisebb szélességeken a korreláció nincs meg – hiszen éppen az általunk vizsgált napon a 18 h 45-kor fellépett *pt*-impulzus volt olyan, hogy a Föld nagy részén jelentkezett –, hanem csak annyit, hogy ebben az övezetben a korrelációk jobbák az átlagosknál.



12. ábra. Az azonos napokon mért nagycenki és borrego-i pulzációs amplitúdók összefüggése
 Fig. 12. Взаимная зависимость амплитуд пульсаций, записанных в одни и те же дни в обсерватории при с. Надьценк и в Боррегской обсерватории

Fig. 12. The relationship between pulsation amplitudes measured on the same days at Nagycenk and Borrego

Ezzel kapcsolatban még megemlítjük, hogy 1959-ben megvizsgáltuk azokat a *pt*-ket, amelyek két japán obszervatóriumban, Kanoyában ($\Phi = 20,5^\circ$) és Memambetsuban ($\Phi = 34,0^\circ$) léptek fel, de úgy, hogy a kettő közül az egyik obszervatóriumban nem jelentették őket. Kanoyában 29, Memambetsuban 18 ilyen esetet találtunk. Nagycenken azonos időpontban a következő indikációkat találtuk (IV. táblázat): Ezek szerint a csak Kanoyában jelentkező *pt*-k 70%-a jelentkezett Nagycenken, míg a memambetsuiaknak csak 28%-a, bár Memambetsu szélessége Nagycenkéhez sokkal közelebb esik.

Nagycenktől nyugati irányban is végeztünk vizsgálatokat, de ezek más természetűek voltak. CAMPBELL (1959) közli a Californiában, Borregóban végzett mérések alapján meghatározott pulzáció-amplitúdókat 1958. márc. – szept. között. A két állomás közötti hosszúság-különbség több, mint 130° , közel 9 óra. A 12. ábrán közöljük az azonos napokon mért nagycenki és borrego-i amplitúdók közötti összefüggést. A kapcsolat elég jónak látszik.

IV. táblázat

Kanyoi <i>pt</i> -k időpontjában					Memambetsui <i>pt</i> -k időpontjában				
a Nagycenk melletti obszervatóriumban									
<i>pt</i> 11	gyenge <i>pt</i> 5	<i>pc</i> —	gyenge <i>pc</i> 4	— 9	<i>pt</i> —	gyenge <i>pt</i> 3	<i>pc</i> —	gyenge <i>pc</i> 2	— 13

CAMPBELL emellett közli néhány „pulzáció-vihar“ időpontját is. Ezeket *Nc*-vel összehasonlítva, a következő adatokat nyertük (V. táblázat):

V. táblázat

Dátum	GMT időpont		napszak	amplitúdó	napszak	jelentkezés			
	CAMPBELL szerint Borregoban				Nagycenk mellett				
						amplitúdó gyors, mV/km	lassú	típus	
márc.	25.	15h 40	nappal	0,70	nappal	4	+	+	<i>ssc</i>
ápr.	30.	17h 00	nappal	1,40	nappal	nincs	—	—	—
máj.	26.	14h 15	nappal	1,51	nappal	nincs	+	+	<i>pc</i>
	31.	16h 52	nappal	2,76	nappal	nincs	+	+	<i>ssc</i>
jún.	14.	18h 19	nappal	1,16	este	nincs	+	+	<i>ssc</i>
	22.	20h 30	nappal	1,96	éjjel	0,2	?	?	<i>n + 1</i>
	28.	17h 44	nappal	1,46	este	nincs	+	+	<i>ssc</i>
júl.	2.	16h 47	nappal	0,80	nappal	nincs	+	+	<i>n + 1</i>
	8.	7h 57	éjjel	2,14	nappal	16	+	+	<i>ssc</i>
	21.	16h 38	nappal	2,21	nappal	nincs	+	+	<i>pc</i>
	31.	15h 32	nappal	0,71	nappal	5	?	?	<i>ssc</i>
		17h 18	nappal	1,47	este	0,6	—	—	—
aug.	17.	6h 22	éjjel	1,11	nappal	nincs	+	+	<i>pc</i>
	26.	6h 58	éjjel	1,31	nappal	nincs	—	—	—
szep.	25.	4h 18	éjjel	0,54	reggel	1,5	+	+	<i>ssc</i>
		7h 04	éjjel	0,35	nappal	0,2	—	—	—
	28.	22h 44	nappal	2,87	éjjel	nincs	—	—	—

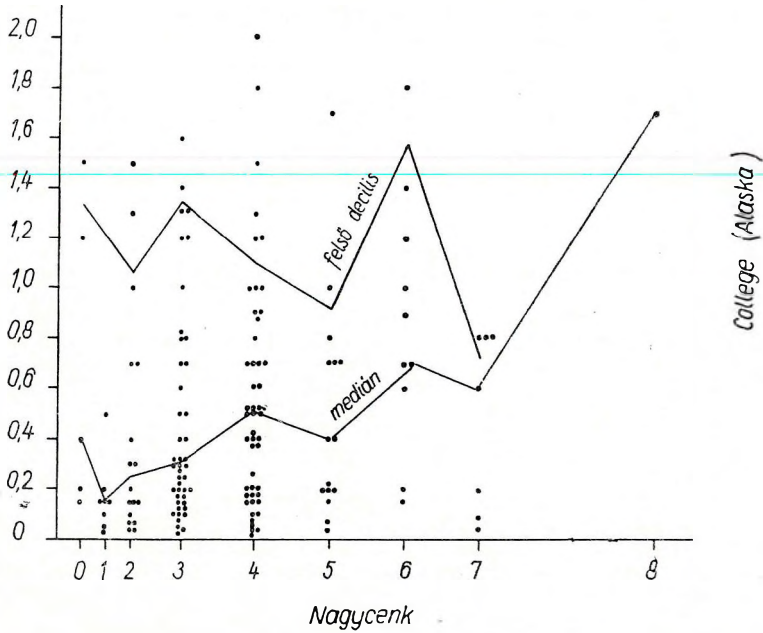
A ++ a pulzációk amplitúdójának határozott növekedését, a + egyéb (*ssc*) vagy gyenge effektust jelent, a ? a *pc*-k amplitúdójának állandóságát, a — a *pc*-k hiányát. A *pc* típus-jelzés az *ssc* nélkül kezdődő *pc*-háborgást jelenti, *n + 1* pedig azt, hogy az amplitúdó a következő napon volt feltűnően nagy. Amplitúdót csak akkor adtunk meg, ha a kérdéses időpontról gyors regisztrátumunk is volt.

Az esetek elég jelentékeny része *ssc*, ezekkel nem foglalkoznak. A maradék 10 eset közül 3 mindkét helyen egyszerre jelentkezett az amplitúdónövekedés, 2 olyan esetben, amikor Nagycenken a borregoi *pc*-vihar kitérésének időpontja az esti órára esett, az amplitúdónövekedés a következő napon jelentkezett. A megmaradt 5 esetben Nagycenken semmiféle hatást nem észleltünk, ebből négy esetben a két állomás közül az egyik nappal, a másikon éjszaka volt.

Végeredményben a két állomás között az amplitúdó-korreláció az egyes napokra 0,50 és a viharok közül is elég jelentékeny rész egyszerre lépett fel.

Ugyancsak CAMPBELL (1962) közölt adatokat 1959. nov. — 1960. ápr. közötti időszakból College-ből az átlagamplitúdókról és a pulzációs viharokról.

Ezeket is összehasonlítottuk a nagycenki adatokkal. A 12. ábrának felel meg College-ben a 13. ábra. A korreláció sokkal gyengébb, mindössze 0,19, aminek oka, hogy néhány viharos napon nem *pc*-jellegű pulzációk léptek fel egyidejűleg mindkét állomáson. Viharokon kívül a korreláció közel 0.



13. ábra. Az azonos napokon mért nagycenki és collegei pulzáció-amplitúdók összefüggése
 Фиг. 13. Взаимная зависимость амплитуд пульсаций, записанных в один и те же дни в обсерватории при с. Надьценк и в Колледжеской обсерватории.

Fig. 13. The relationship between pulsation amplitudes measured on the same days at Nagyecenk and College

A college-i viharok szintén alig jelentek meg Nagyecenken. Ezek a viharok általában negatív öböllel jártak, és utalnak arra, hogy nagyobb szélességeken a pulzációk összetétele teljesen más. Olvan jellegű egyezés, mint Borregoval, nem volt. Az átlagamplitúdó változása a college-i vihar (*n*) körüli órákban *Nc*-ben a VI. táblázat szerinti.

VI táblázat

Óra	Átlagamplitúdó
<i>n</i> - 2	0,190 mV/km
<i>n</i> - 1	0,134
<i>n</i>	0,162
<i>n</i> + 1	0,141
<i>n</i> + 2	0,155

Bár az n óra relatív maximum, a hatás nagyon jelentéktelen.

Ez az összehasonlítás a 30° körül kialakuló korrelációs maximum létrejöttének már említett okára enged következtetni; vagyis az auróraövekben a negatív öblökkel kapcsolatban kialakuló pulzációs tevékenység hosszúsági irányban elég szűk területre szorítkozik, míg az Egyenlítő felé való lejutásának mértéke az egyes zavarok erősségének is függvénye. Mindenesetre 30° táján ilyen zavarok már nem nagyon jelentkeznek, és nem lépnek fel pg -k sem, amelyek esetleg pt -k idején, de máskor is, hosszasan megzavarják egyes nagyobb szélességű állomások regisztrátumait.

6. A helyi idő hatása a korrelációs faktorokra

A 4. pontban ismertetett feldolgozás eredményeként rendelkezésünkre állt közel 1000 korrelációs faktor. Ezeket szétválogattuk az obszervatóriumok közötti hosszúság-, tehát időkülönbségek szerint, mégpedig úgy, hogy a két obszervatórium közötti hosszúságkülönbséget felező pont helyi ideje a mérvadó az egyes korrelációs faktorok időpontjának meghatározásakor.

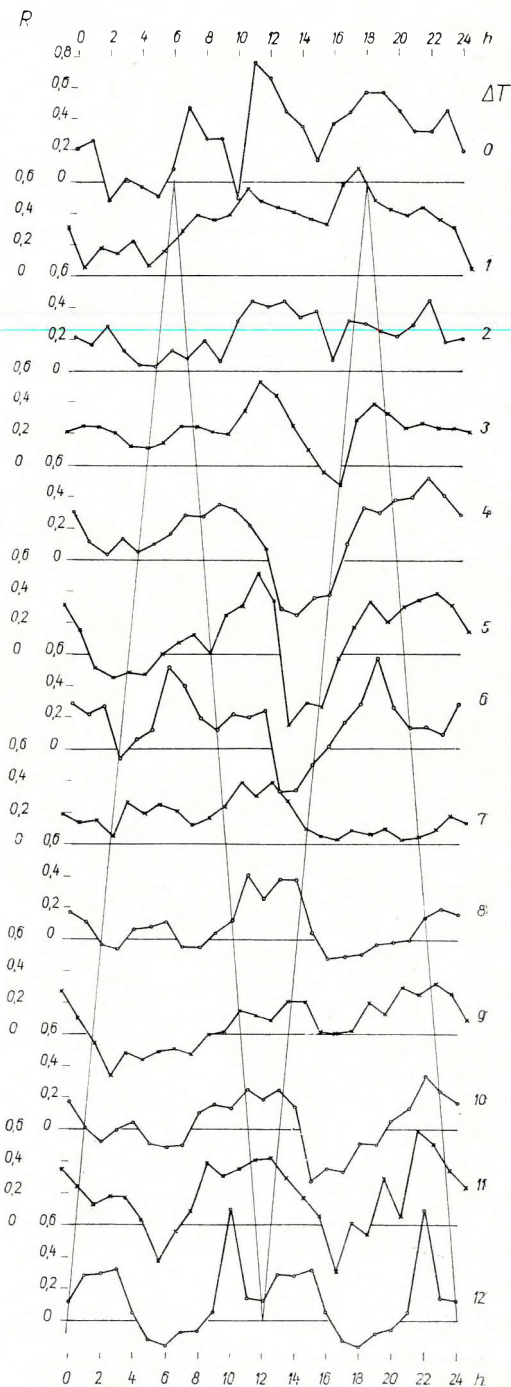
A hosszúságkülönbségek szerint szétosztott korrelációs faktorok száma az egyes időkülönbség-csoportokban 27 ($\Delta t = 0$) és 93 ($\Delta t = 1$) között változott.

A 14. ábrán a már említett felezőpont helyi idejének függvényében mutatjuk be a korrelációs faktorok változását az obszervatóriumok közötti különböző időkülönbségek esetére. Az egyes adatok három szomszédos óra korrelációs faktorainak, az $n - 1$, n , $n + 1$ órában talált korrelációs faktorok átlagértékét adják meg. Megjelöltük a napfelkelte és a napnyugta közelítő időpontjának tekinthető 6, illetve 18 óra időpontját a keletre, illetve a nyugatabbra fekvő obszervatóriumokban.

Először néhány szót a görbék realitásáról. Felmerült az az aggály, hogy a görbék nem a korrelációs faktorok változását adják meg a helyi időben, hanem az egyes vizsgált időszakokban talált átlagos korrelációk és az obszervatóriumok nem egyenletes eloszlása okozza a járásokat. Ezzel szemben a görbék maximumainak egyrésze arra az időpontra esik, amikor a legtöbb feldolgozott obszervatórium környékén, vagyis a $0 - 30^\circ$ hosszúság között éppen 7 óra van, és akkor az átlagos korreláció nem volt túlságosan nagy (0,15). Ennek ellenére kétségtelen, hogy bizonyos szerepe lehet ennek a körülménynek is, úgyhogy görbéinket nem tekintjük teljesen megbízhatóaknak addig, amíg más napokon végzett vizsgálatok meg nem erősítik.

Ha az obszervatóriumok között az időkülönbség $0 - 2$ óra, a görbéknek általában déli-délutáni maximuma és reggeli minimuma van. Elsősorban éppen ezek azok a görbék, amelyeket az obszervatóriumok egyenlőtlen eloszlása a legnagyobb mértékben befolyásol, így ezek a legkevésbé megbízhatóak.

Ha az időkülönbség $3 - 6$ óra, akkor a görbéknek kettős napi hulláma van, a minimumok a keletre fekvő obszervatórium helyi idejében 6 és 18 óra tájban alakulnak ki. Mivel az obszervatóriumok nagyobb része az északi féltekére esik, és ott a vizsgálat időpontjában nyár volt, állíthatjuk, hogy a korreláció ilyen hosszúságkülönbségnél a napnyugta és a napkelte időpontjában (a keletre fekvő obszervatóriumokban) megszűnik, legjobb pedig akkor, amikor mindkét obszervatóriumban egyaránt nappal vagy éjjel van. Emlékeztünk arra, hogy éppen ilyen hosszúságkülönbségeknél találtunk minimumot a



14. ábra. A korrelációk szorosságának változása a két vizsgált obszervatórium távolságát felező pont helyi idejének függvényében, különböző hosszúságkülönbségek (ΔT) esetén. A vékony vonalak a két obszervatóriumban a 6 és 18 h helyi időpontot mutatják (közelítőleg napkelte és napnyugta).

Fig. 14. Изменение тесноты корреляции в зависимости от местного времени, характерного для центра расстояния между рассматриваемыми обсерваториями, при различных разностях долгот (ΔT). Тонкими линиями обозначаются местные времена 6 и 18 часов для обеих обсерваторий (приблизительно восход и заход солнца)

Fig. 14. The variation of the closeness of correlation versus local time at the midpoint on the distance between the two studied observatories for various longitude differences (ΔT). The thin lines represent the local times of 6 and 18 h (approximately sunrise and sunset) at the two observatories

hosszúsági eloszlásban. A kettő közötti kapcsolat kétségtelennek tekinthető. Oka minden valószínűség szerint abban keresendő, hogy a nappal és éjszaka közötti átmenet időpontjában a magnetoszférában is nagymérvű átalakulás megy végbe (a mágneses nyúlvány kialakulása, ill. eltűnése).

Még nagyobb időkülönbségek, 7–12 órás Δt esetében fokozatosan alakul ki az a típus, amelynél a pozitív korreláció lényegileg arra a rövid két időközre korlátozódik, amikor mindkét obszervatóriumban nappal, ill. éjszaka van. Ellenkező esetben a korrelációk 0 körüliek, sőt gyengén negatívak.

A most elmondottakkal kapcsolatban nem szabad elfelejtenünk, hogy ezek 6 óra átlagértékeiből származnak, és ezalatt a 6 óra alatt egyszer volt csak pt típusú pulzáció, úgyhogy ennek az elterjedéséről adataink keveset mondanak.

7. Összefoglalás

Vizsgálataink első részének legfontosabb eredményeit a következőkben lehet összefoglalni:

1. A pulzációk általában a Föld felszínének egy-egy részére terjednek csak ki, ez a terület általában nem lépi túl az éjszakai vagy nappali oldal határát.

2. Vannak egyes esetek, amelyeket talán világméretű pt -knek lehetne nevezni, amikor a korreláció kiterjed az egész Földre, vagy annak egy jórészére, a nappali és éjszakai oldalon egyaránt.

3. Az 1. pontban elmondottak ellenére a pulzációknak, ha nagyon gyengén is, de van korrelációja az egész Földre (a mi eredményeink alapján $+0,06$).

4. A $20-30^\circ$ szélesség tájékán egy olyan zóna helyezkedik el, amelyben a korreláció lényegesen jobb, mint a tőle északra és délre fekvő obszervatóriumokban. A korrelációs faktorok kb. $0,1-0,15$ -dal jobbak, mint egyébként.

5. Az előző pontban említett zóna feltételezésünk szerint egyrészt onnan származtatható, hogy ezeken a szélességeken megszűnik a helyi időtől nagyon erősen függő poláris zavarok hatása, másrészt esetleg kapcsolatban állhat a transzverzális hullámok kialakulásának és terjedésének sajátjaival.

Végül köszönetet mondunk mindazoknak, akik regisztrátumok kópiáinak megküldésével munkánkat lehetővé tették: Sz. V. BURTAKOV-nak, a moszkvai MDC Izmiran igazgatójának, K. ANDERSEN-nek, a Danske Meteorologiske Institut igazgatójának, K. L. SVENDSON-nak, az U. S. Coast and Geodetic Survey munkatársának, TAKAO SAITO-nak, az Onagawai Mágneses Obszervatórium igazgatóhelyettesének, A. M. VAN DIJK-nek, a Hermanusi Mágneses Obszervatórium vezetőjének, P. M. Mc. GREGOR-nak, a Watherooi Mágneses Obszervatórium főészlelőjének, A. R. ELDER-nek, az edinburghi Meteorological Office vezetőhelyettesének, R. SCHLICH-nek, az Institut de Physique du Globe sarkvidéki vizsgálatainak felelősével, VINOGRADOV-nak, az irkutszki mágneses obszervatórium irányítójának, A. L. CULLINGTON-nak, a Department of Scientific and Industrial Research, Geophysics Division szuperintendensének, a reykjavíki obszervatórium munkatársainak. Külön köszönetet mondunk a meanooki obszervatóriumnak, ill. E. R. NIBLETT-nek, mivel reprodukciós nehézségek miatt az eredeti regisztrátumokat bocsátották rendelkezésünkre. A taman-rasseti regisztrátumokat már régebben megkaptuk.

A számítások befejezése után kaptuk meg a paramariboi obszervatórium regisztrátumait. Mivel Amerikában ezen a vidéken nem volt a felhasznált obszervatóriumok között több, a paramariboi obszervatórium

$$(\varphi = 5^{\circ}50', \lambda = 304^{\circ}50', \Phi = 17,0^{\circ}, A = 14,5^{\circ})$$

adatainak feldolgozása a 20–30° körüli zóna vizsgálata szempontjából is nagy ürt töltött be. A korrelációs faktorok mediánjai a már megadott alapon (VII. táblázat):

VII. táblázat

<i>Pa-Re</i> +0,38	<i>Pa-Nc</i> +0,76	<i>Pa-Wa</i> +0,34
<i>Nu</i> +0,56	<i>On</i> +0,38	<i>Hr</i> +0,24
<i>RS</i> +0,74	<i>Tu</i> +0,48	<i>Kg</i> -0,13
<i>Es</i> +0,56	<i>Ta</i> +0,32	<i>Mi</i> +0,40
<i>Me</i> +0,20	<i>Ho</i> +0,74	<i>Du</i> +0,03
<i>Ir</i> +0,18	<i>Gu</i> +0,50	
<i>Pp</i> +0,24	<i>Ap</i> +0,06	

A korrelációs faktorok eltéréseinek átlaga az előzőleg meghatározott normálértéktől +0,18, tehát az összes vizsgált állomások között a legnagyobb, és arra utal, hogy a jó korrelációkat adó zóna Amerikában is megtalálható. Nagyon érdekes a *pc*, illetve a *pt*-jellegű pulzációk korrelációjának alakulása: a 12–13 GMT között elsősorban Európa – Afrika hosszúságában jelentkező pulzációk korrelációja Paramaribóval egyetlen állomáson sem éri el a 0,6-ot (ebben az időpontban Paramaribóban reggel van); ezzel szemben az esti, 18–19 óra közötti *pt* határozottan jelentkezik, világméretű elterjedésének megfelelően, Paramaribóban is, és nagy területre eléri a korrelációk a 0,6-ot.

A paramaribói regisztrátumok fotokópiáinak elküldéséért DR. J. VELD-KAMP-nak, a hollandiai Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut geofizikai részlege igazgatójának tartozunk köszönettel.

IRODALOM

- ÁDÁM, A. – VERŐ, J. 1958: Das Erdstromobservatorium bei Nagycenk (Geof. Pura e Appl., 39., 126)
- ÁDÁM, A. – VERŐ, J. 1963: Az országos földiárammérések újabb eredményei (Magyar Geofizika, 43.)
- ANGENHEISTER, G. 1920: Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit magnetischer Störungen und Pulsationen (Terrestrial Magnetism, Vol 25., 26.)
- BEMMELEN, W. VAN, 1902: Erdmagnetische Pulsationen (Naturkundig Tijdschrift voor Nederlandisch Indie, 62, 71.)
- BIRKELAND, Kr. 1901: Sur quelques phénomènes de magnétisme terrestre dus à l'action des courants électriques (Expédition norvégienne 1899 – 1900 pour l'étude des aurores boréales. Resultats der recherches magnétiques. Videnskabs-selskabets Skrifter, I. Klasse, 1.)
- CAMPBELL, W. 1959: Studies of magnetic field micropulsations with periods of 5 to 30 seconds (Journ. Geoph. Res., Vol. 64., 1819.)
- CAMPBELL, W., MATSUSHITA, S. 1962: Auroral-zone geomagnetic micropulsations with periods of 5 to 30 seconds (Journ. Geoph. Res., Vol. 67., 555.)
- DUFFUS, H. J., SHAND, J. A., WRIGHT, C. S. 1962: Short-range spatial coherence of geomagnetic micropulsations (Can. Journ. Phys., Vol. 40., 218.)

- DUFFUS, H. J., KINNEAR, J. K., SHAND, J. A., WRIGHT, C. S. 1962: Spatial variations in geomagnetic micropulsations (Can. Journ. Phys., Vol. 40., 1133.)
- DUNCAN, R. A. 1961: Some studies of geomagnetic micropulsations (Journ. of Geoph. Research, Vol. 66., 2087.)
- ESCHENHAGEN, M. 1896: Über simultan-Beobachtungen erdmagnetischer Variationen (Terrestrial Magnetism, Vol. 1., 55.)
- GRENET, G. 1953: Comparaison de certaines pulsations polaires enregistrées simultanément à Chambon-la-Forêt et à Tamanrasset (Travaux de l'Inst. Met. et Phys. du Globe de l'Algérie, Fasc. 9., 54.)
- GRENET, G., KATO, Y., OSSAKA, J., OKUDA, M. 1954: Pulsations in terrestrial magnetic field at the time of bay disturbance (Sci. Rept. Tohoku Univ., Ser. 5., Vol. 6., 1.)
- HARANG, L. 1938: Report on sinusoidal oscillations which occurred on the rapid registration records in Bossekop, Tromsø and Bodø (Publikasjoner fra det Norske Institutt for kosmiske Fysikk, nr. 2. 20.)
- JACOBS, J. A., SINNO, K. 1960: World-wide characteristics of geomagnetic micropulsations (Geoph. Journal, Vol. 3., 333.)
- KUNETZ, G. 1954: Enregistrements des courants telluriques à l'occasion de l'éclipse de soleil du 25. février 1952 (Ann. de Géoph., 10., 262.)
- LÄHTI, H. 1957: Über das Auftreten der magnetischen Pulsationen in Sodankylä und Vuotso, 1935–36 (Veröff. des Geoph. Observatoriums der finn. Ak. der Wiss., Nr. 35.)
- LOKKEN, J. E., SHAND, J. A., WRIGHT, C. S., MARTIN, L. H., BRICE, N. M., HELLIWELL, R. A. 1963: Stanford-Pacific Naval Laboratories Conjugate Point Experiment (Nature, 197. 581.)
- MOTHER, K. B., WESCOTT, E. M. 1962: Telluric currents at geomagnetically conjugate stations in the Aleutian Islands and New Zealand (Journ. Geoph. Res., Vol. 67., 4825.)
- NAGATA, T., KOKUBUN, S., IJIMA, T. 1963: Geomagnetically conjugate relationships of giant pulsations at Syowa Base, Antarctica and Reykjavik, Iceland (Journ. Geoph. Res., Vol. 68., 4621.)
- POPE, J. H., CAMPBELL, W. H., LITTLEFIELD, M. D. 1962: Simultaneous measurements of geomagnetic micropulsations in the Boreal and Austral Auroral Zone (Journ. Geoph. Res., Vol. 67., 3588.)
- SCHLUMBERGER, M., KUNETZ, G. 1946: Variations simultanées du champ tellurique en France et à la Madagascar, (Ctes Rendus, 223., 551.)
- SUGIURA, M., WILSON, C. R. 1964: Oscillation of the geomagnetic field lines and associated magnetic perturbations at conjugate points (Journ. Geoph. Res., Vol. 69. 1211.)
- TAMAO, T. 1961: Geomagnetic pulsations and the Earth's Exosphere (Journ. of Ionosph. Spa. Res. Japan, 15., 293.)
- TROICKAJA, V. A. 1956: Korotkoperiodiceszkie vozmuscenija elektromagnitnogo polja zemli (Tr. geofiziceszkogo inszt., No. 32., 1956, 26.)
- TROICKAJA, V. A. 1961: Usztojesivüe kolebanija i kolebanija tipa cugov v Arktike i Antarktike (Korotkoperiodiceszkie kolebanija elektromagnitnogo polja Zemli, 41.)
- VERŐ, J. 1963: Die abgeänderte Methode zur Bearbeitung der tellurischen Schnellregistrierungen von 1960 an, im Observatorium bei Nagyecnk (Acta Techn. Hung., 43., 101.)
- VINOGRADOV, P. A. 1961: Nekotorüe dannüe o morfologii csasztotü pojavlenija kolebanija P_e i P_t elektromagnitnogo polja Zemli (Geol. i Geofizika, 1961, No. 7., 77.)
- VOELKER, H. 1962: Zur Breitenabhängigkeit der Perioden erdmagnetischer Pulsationen (Naturwissenschaften, 49., 8.)

АДАМ А. – ВЕРЁ Й. – ВАЛЬНЕР А.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПУЛЬСАЦИЙ ЗЕМНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, ЧАСТЬ II.

В работе анализируются формы появления пульсаций типа pt и pc по записям теллурических токов, полученным в обсерватории при с. Надьценк и в недалеком расположенном пункте наблюдений, с использованием показаний pt и pc (A) двух Японских станций (Мемамбетсу и Каноя), затем характеристик pt примерно 24-х обсерваторий и наконец – Пекинских записей.

Исследования показали, что:

1. Пульсации pt и pc появляются в собственной форме, если местные времена сопоставляемых районов способствуют появлению одного и того же типа пульсаций. В таких случаях, несмотря на значительные различия в долготях, корреляция может быть весьма тесной (см. увязку Шопрон – Пекин).

2. Если местное время не способствует появлению некоторой формы (исследования распространялись главным образом на pt) то пульсации pc и pt могут перейти одна в другую. Дневным показанием pt может являться увеличение pc . Об этом свидетельствует увеличение амплитуд в полночь в восточной и западной трети Земли в данных pc обсерватории при с. Надьценк на фиг. 4. и 5. Несмотря на это, как pc , так и pt появляются главным образом в собственной форме как показывают статистические данные, приведенные в связи с японскими станциями в таблицах 2 и 3.

3. Переход двух типов пульсаций один в другой свидетельствует о том, что размер источника поля электромагнитных пульсаций Земли может оказаться значительно большим, чем это предполагалось ПРАИС-ом при критическом рассмотрении магнитотеллурики, следовательно его отрицательное воздействие на точность измерения является менее значительным.

A. ÁDÁM – J. VERŐ – Á. WALLNER

THE AREAL DISTRIBUTION OF THE PULSATIONS OF THE TERRESTRIAL ELECTROMAGNETIC FIELD PART II.

Upon telluric records of the Nagycenk observatory and of an adjoining older observation, forms of pt and pc type pulsations are analysed, using the pt and pc (A) indications of Memambetsu, Kanoya, of 24 other observatories and finally of the Peking records.

It is shown that

1. pt and pc pulsations have their own shape, if local time of the areas compared favours the occurrence of the same pulsation-type. In cases like this, correlation may be very close, with no regard to longitude-difference (see: Sopron – Peking);

2. should the local time not favour one shape or the other (in fact mainly pt is analysed), there is a possibility of interchange of the pc and pt . A day-indication of pt may be the increased pc (see: fig. 4, 5). Both pc and pt are apt to occur in their own shape (see: Tables 2, 3.).

3. the interchange of the two types suggests the source to be of far greater dimension, as taken by PRICE in his critical analysis of magnetotelluric phenomena; consequently its harmful influence to the accuracy of measurements must be of less importance.

A *pc* ÉS *pt* (*pi*²) TÍPUSÚ PULZÁCIÓK KAPCSOLATA

A vizsgálatok célja és módszere

A tanulmány első részében 20 obszervatórium regisztrátuma alapján, részletesebb periódusbontás nélkül, a mintegy 20 sec-tól 2 percig terjedő periódus-sávban a pulzációk amplitúdóváltozásai közötti kapcsolatot vizsgáltuk, és kerestük a szélesség és hosszúság függvényében a kapcsolatot változását. Már itt utaltunk a nappali, illetve éjszakai pulzációs tevékenységet jellemző két pulzáció alaptípus: a *pc*, illetve a *pt* közötti átmenet (összefüggés) érdekességére. A felhasznált regisztrátumok minősége általában nem tette lehetővé ezeknek a típusoknak határozott elkülönítését, ezért a vizsgálat alapjául más anyagot kellett választanunk. Az 1957–58-as Nemzetközi Geofizikai Évben és utána több olyan részben nemzeti, részben nemzetközi kiadvány jelent meg, amelyek a *CSAGI* előírásnak megfelelően a fenti két alaptípus szerinti bontásban jelzik és jellemzik a pulzációk előfordulását. Ezeknek a kiadványoknak a megfigyelési anyagát mindenkor a Nagycenk melletti obszervatórium földiáram-regisztrátumaival hasonlítottuk össze, amelyek közül különösen a 2 cm/perc filmelőtolással készült gyorsregisztrátumok nagy lehetőséget adnak a pulzációk igen részletes elemzésére. A vizsgálatok sorrendje a következő volt:

1. Először a Nagycenk melletti obszervatóriumhoz képest jelentős hosszúsági különbséggel rendelkező 2 japán állomás:

	φ_0	λ_0	Φ	Δ
Memambetsu:	43°55' N	144°12'	34,0°	208,4°
Kanoya:	31°25' N	130°53'	20,5°	198,1°

pc és *pt* adatait hasonlítottuk össze a pulzációknak a Nagycenk melletti obszervatórium regisztrátumain észlelt jellegzetességeivel. A két különböző szélességi körön fekvő japán állomás ezen kívül szélességi hatások elemzésére is lehetőséget adott.

A *pc* és *pt* adatokat a *IGC* japán nemzeti bizottsága közölte az 1959. évre.

2. Második lépésként az *IAGA Bulletin* N°12 m 2 (BARTELS, ROMAÑA, VELDKAMP, 1962) 1958. évi adatai alapján $\Delta\lambda = 30^\circ$ hosszúsági különbségenként 2–2 obszervatóriumot választottunk ki, amelyek rendszeresen jelentették a gyűjtőközpontnak a vizsgálatunk tárgyát képező öbölháborgás nélküli *pt* pulzációk előfordulását és jellemzőjét. Az obszervatóriumokat az I. táblázatban soroljuk fel.

3. Pekingben és Sopronban egyidejűleg felvett (ÁDÁM 1958) földiáram-regisztrátumok mindkét pontban nappal készültek, és egyformán *pc* típusú pulzációkat mutatnak. Ezek szoros kapcsolatának kimutatására a totális változások módszere szerint feldolgozott anyagot korreláltuk.

4. A vizsgálatok eredményeit értékeltük a magnetotellurikus kutatás szemszögéből, elsősorban PRICE (1962) kritikai munkáját alapul véve.

I. táblázat

Obszervatórium	Jele	φ	λ	Földharmad
Paramaribo	Pa	+ 05°50'	304°50'	I. (Középső)
San Miguel	SM	37°46'	334°21'	
Valentia	VI	51°56'	349°45'	
Tamanrasset	Ta	22°48'	5°31'	
Niemegk	Ni	52°04'	12°40'	
Nagycenk	Nc	47°38'	16°43'	
Odesza	Od	46°47'	30°53'	
Tbiliszi	Tf	42°05'	44°42'	
Quetta	Qu	30°11'	66°57'	II. (K-i)
Taskent	Tk	41°25'	69°12'	
Watheroo	Wa	- 30°19'	115°53'	
Kuyper	Ku	- 06°02'	106°44'	
Kakioka	Ka	36°14'	140°11'	
Memambetsu	Mb	43°55'	144°12'	
Kanoya	Ky	31°25'	150°53'	
Amberley	Am	- 43°09'	172°43'	
Apia	Ap	- 13°48'	188°14'	III. (Ny-i)
Honolulu	Ho	21°18'	201°54'	
College	Co	64°52'	212°10'	
Sitka	Si	57°04'	224°40'	
Tucson	Tu	32°15'	249°10'	
Byrd Station	By	- 79°57'	240°10'	
Agincourt	Ag	43°47'	280°44'	
Fredericksburg	Fr	38°12'	282°38'	

A Memambetsuban és Kanoyán észlelt *pt* és *pc* típusú pulzációk összehasonlítása a Nagycenk melletti pulzációs tevékenységgel

1. A kérdés a vizsgálatok első fázisában az volt, hogy a két japán állomáson *pt* (*A*, *B*)-nek, vagy *pc* (*A*)-nak minősített pulzációk idején Nagycenk mellett milyen jellegű pulzációs tevékenység jelentkezett.

a) Valamelyik japán állomáson észlelt *pt*-k pozitív indikációjaként tekintettük a Nagycenk melletti obszervatórium regisztrátumain elsősorban az egyidejű (különösen a határozott) *pt* jelentkezését, továbbá a *pc*-pulzációk erősödését a *pt* kezdetétől fogva. A *pc*-k erősödésének (amplitúdó növekedésének) az okát a *pt*-ben látjuk. Még a *pt* alatti igen erős *pc* típusú tevékenység sem utalhat azonban a két pulzációs mechanizmus kapcsolatára, ha kezdetük nem egyezik meg, abban esetleg több órás eltolódások vannak.

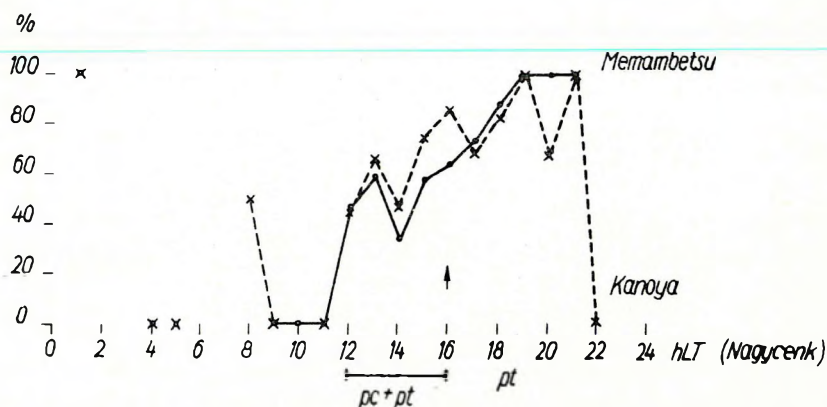
Az indikációk jelleg és időbeli eloszlását a II. táblázat és az 1. ábra mutatja a két japán állomásra vonatkozóan. Következtetéseinket az alábbiakban foglalhatjuk össze:

α) A japán állomásokon megfigyelt *pt* típusú pulzációk hatása mintegy 60–70%-ban (többnyire *pt*, és kisebb részben *pc*-erősödés formájában) jelentkezik a Nagycenk melletti obszervatórium regisztrátumain.

β) 9%-kal több a Kanoya-i *pt*-k indikációja, mint a tőle kb. 12°-kal északabbra fekvő állomáson észlelt *pt*-ké.

γ) Különösen erős a pt (A) indikációja. Így pl. Kanoyán megfigyelt pt (A) 55%-ban, pt (B) pedig csak 22%-ban jelentkezik erős indikációval Nagycenk mellett.

δ) A pt -k gyakorisági maximuma a helyi éjjél körül van (esetleg egy órával korábban). Ez Nagycenk mellett 16 h-nak (illetve 15 h-nak) felel meg középeurópai időben, tehát a pt típusú pulzációk számára már kedvező időpontnak. Ennek megfelelően a pt -k számának növekedésével az indikáció is megjavul és 19 h-kor (noha akkor az esetszám már csökkent) eléri a 100%-ot.



1. ábra. A Kanoyában és Memambetsuban észlelt pt pulzációk közül a Nagycenk mellett is jelentkezők százalékos arányának változása a nap folyamán (pt és pc indikációk együtt).

Fig. 1. Изменение процентного отношения тех пульсаций pt , наблюдаемых в Каное и Мемамбетсу, которые наблюдались и в обсерватории при с. Надъценк в течение дня (пульсации pt и pc совместно).

Fig. 1. The variation of the percentage of pulsations pt appearing also at Nagycenk calculated from the number of pulsations observed in Kanoya and Memambetsu during the day (indications pt and pc together).

ε) Az indikáció görbében az első csúcs 13 h-kor jelentős mértékben a pc -erősödés javára is írható. A pc -erősödés szerepe 16 h-kor megszűnik és az indikáció teljes egészében pt -k formájában jelentkezik.

Az eredmények közül témánknak megfelelően az ε pontra hívjuk fel a figyelmet. Ez utal a kétféle pulzációs tevékenység egymásba való átalakulásának lehetőségére különösen az átmeneti órákban, tehát 12 h-tól 16 h-ig.

b) A japán állomásokon észlelt pc (A)-k indikációjaként a Nagycenk melletti obszervatórium regisztrátumain elsősorban a vele egyidejű nagyon erős pc típusú pulzációs tevékenységet és a pc erősödést tekintettük. Külön kiemeltük azokat az eseteket, amikor a fenti jelenségek a Nagycenk melletti regisztrátumokon kiugró határozottsággal jelentkeztek. A pc és pt kapcsolat alapján feltehető az $1/a$ -val megegyezően a kérdés:

Megfelel-e az obszervatóriumunkban észlelt pt -s időszak a japán állomásokon jelzett pc (A)-nak, feltételezve, hogy a pc (A) 1–2 órás (ritkábban több órás) időszaka kiemelkedik egy pc jellegű zajból, tehát megegyezik az $1/a$ -ban a pt -k indikációjaként elfogadott pc -erősödéssel.

Indikáció	hLT																								Összes eset	%	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			24
	esetek száma																										
pt erős van	1													3		3	4	7	6	1		2				27	23
pc erős van													2	2	3	5	4	4	1		1					22	19
pc erős van nincs													5	5	1	3	4									18	15
összes eset									1	1	2	8	7	10	8	7	4	1								49	42
indikáció %	1											1	1	2	15	17	15	19	19	15	8	1	1	2	117	100%	
	100											0	0	0	47	59	33	58	63	73	88	100	100	100			

Kanoya

Indikáció	hLT																								Összes eset	%	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			24
	esetek száma																										
pt erős van	1													3		4	9	7	9	4		2				39	31
pc erős van													2	2	3	6	7	2	1		2					25	20
pc erős van nincs										1			3	5	4	3	3									1	1
összes eset					1	1			1	1		2	6	5	9	4	3	4	2		1		1			19	15
indikáció %	1											2	11	15	17	17	22	13	12	4	3	2	1		41	33	
	100				0	0			50	0		0	45	66	47	76	86	69	83	100	66	100	0		125	100%	

III. táblázat

Memambetsuban (*M*) és Kanoyában (*K*) észlelt *pc* (*A*) idején Nagycenk mellett megfigyelt jelenség

Meg- nev.	Különböző <i>pc</i> -k száma					<i>pt</i>		<i>Lpc</i>	Vihar	Öböl	N. gyon erős indiká- ció	Nincs változás	
	gy	k	e	ne	erősödés	egy	több						
<i>M</i>	21	17	10	11	7	12	4	11	4	4	9	2	eset %
	29	23	14	15	10	16	5	15	5	5	12	3	
<i>K</i>	19	9	5	14	7	8	2	7	3	4	8	1	eset %
	35	16	9	26	13	15	4	13	6	8	15	2	

összes eset: *M*: 73

összes eset: *K*: 54

gy = gyenge

k = közepes

e = erős

ne = nagyon erős

A III. táblázat statisztikája a *pc* (*A*) idején Nagycenk mellett észlelt *pc* jellege mellett több más, egyidejű jelenségre is felhívja a figyelmet, így elsősorban a *pt*-kre, *Lpc*-re, elektromágneses viharra, öbölháborgásra. Ez utóbbiak természetesen együtt is előfordulhatnak. Következtetéseink az alábbiak:

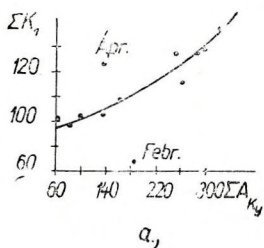
α) Amennyiben a *pt*-k jelentkezését is indikációnak fogadjuk el, az erős, vagy erősödő *pc* tevékenység mellett mintegy 40–60%-os indikációról beszélhetünk Nagycenk mellett a Japánban észlelt *pc* (*A*)-k esetén. A fenti feltevésnek megfelelően a *pt* indikáció értékét jobban meg kell vizsgálnunk. Ennek elhagyása azonban az indikációt Memambetsuban 25%-ra, Kanoyában pedig 39%-ra csökkenti. Másik kérdés az, hogy az egyidejűleg jelentkező *Lpc*-ket hogyan kell értékelni?

β) A *pc* (*A*) esetében is feltűnően (16%-kal) jobb indikációkat kapunk a Kanoyában észlelt *pc* (*A*)-król. Itt ismét a korábban kifejtett elképzelésre hivatkozunk.

γ) A különösen határozott indikációk 23 h-tól 10 h-ig jelentkeznek Kanoyán. Érdekes, hogy még az éjjeli órákban, napfelkelte előtt is 2 esetben, bár gyenge, de *pc* és csak egy esetben *pt* formájában jelentkezik Nagycenk mellett a Japánban észlelt *pc* (*A*).

2. A *pc*-s tevékenység indikálásában megnyilvánuló bizonytalanság indokolta, hogy a pulzációs tevékenység havi átlagértékeit is összehasonlítsuk. A számításokat Kanoya esetében végeztük el. A kanoyai tevékenység számításánál az 1 órás *pc* (*B*) tevékenységet tekintettük egységnyinek, míg az 1 órás *pc* (*A*)-t két egységnyinek. Ezeket a Nagycenk melletti obszervatóriumban az 1. frekvenciaosztály ($T = 0 - 2$ perc) részére definált K_1 jellegszámmal hasonlítottuk össze, amely a napi közepes pulzációs tevékenységet jellemzi.

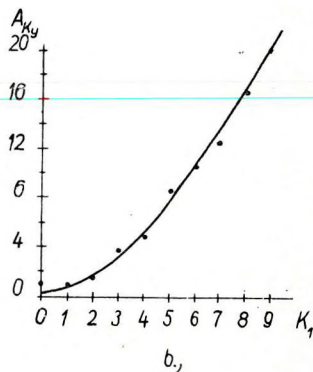
A vizsgálat eredményeként két görbét mutatunk be. A 2/a ábra a két jellegszám havi értékei közötti összefüggést adja meg. A 2/b ábrán a K_1 9 fokozatának megfelelő kanoyai értékeket ábrázoltuk. Mindkét görbe egyenes helyett parabolával jobban megközelíthető szoros kapcsolatra utal a két mérési helyen észlelt pulzációs tevékenység között. (A 1. félévben a havi értékekre számított korrelációs tényező többnyire 0,5-nél nagyobb.)



2/a ábra. A 0–2 perc periódusú pulzációk napi átlagos amplitúdóját Nagycenk mellett jellemző K_1 értékek és a Kanoyában észlelt pulzációk amplitúdójának megfelelő jellegszám (A_{Ky}) havi összértékei közötti összefüggés (1959)

Фиг. 2/а. Соотношение круглемесячных величин характеристики (A_{Ky}), соответствующей амплитудам пульсаций, наблюдаемых в Каное, а также величин K_1 , характерных для среднесуточной амплитуды пульсаций с периодом 0–2 мин, наблюдаемых в обсерватории при с. Надыценк. (1959 г.)

Fig. 2/a Relationship between the values K_1 characterizing the diurnal average amplitude of pulsations with a period of 0–2 minutes at Nagycenk and the monthly totals of characteristics corresponding to the amplitudes of pulsations observed at Kanoya (A_{Ky}).



2/b ábra. K_1 és A_{Ky} közötti összefüggés az 1959-es év napi értékei alapján.

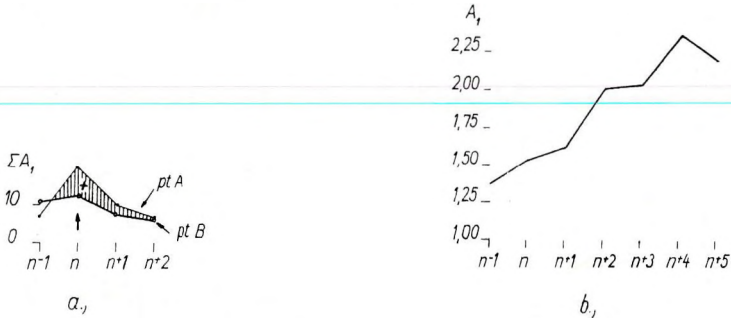
Фиг. 2/б. Соотношение величин K_1 и A_{Ky} по суточным величинам 1959 г.

Fig. 2/b Relationship between K_1 and A_{Ky} on the basis of the diurnal values for 1959.

3. A vizsgálatok utolsó fázisában a Kanoyában észlelt $pt(A)$, $pt(B)$ és $pc(A)$ jelentkezési órájában (n), illetve az előtte ($n-1$) és utána következő órákban [$(n+1)$, $(n+2)$] függetlenül a pulzáció jellegétől, csupán a pulzációk óras átlagamplitúdóját határoztuk meg a saját regisztrátumainkon. Ezzel kívántuk ismételtlen meghatározni az egyes pulzáció típusok fő jelentkezési formáit Nagycenk mellett, mintegy az 1-ben végzett részletes elemzések összefoglalásaként.

α) A $pt(A)$ és $pt(B)$ kanoyai pulzációk jelentkezési órájában a pulzációs tevékenység Nagycenk mellett megnő, majd utána lecsökken. Ez a növekedés, mint a 3/a ábrából jól látható erőteljesebb a $pt(A)$ esetében. Az ábrázolás természetesen azonos esetszámra vonatkoztatva történt, bár az összes eset $pt(A)$ esetében 8. $pt(B)$ esetében pedig 80 volt.

β) A pc (A) hatásának vizsgálatakor az adatokat az évszakos járásra korrigáltuk. Mint a 3/b ábra mutatja, a pc (A) jelentkezése Kanoyán nálunk a pc fokozatos növekedésében nyilvánul meg. Feltehetően hasonló jellege van statisztikusan a pc (A)-nak Kanoyán is. Ez a megállapítás egyszersmind alátámasztja az 1/b-ben tett feltevésünket is. Eszerint a pt Nagycenken indikálhatja a kanoyai pc (A)-t, mivel az egy pc erősödésének felelhet meg.



3/a ábra. A Kanoyában észlelt pt (A) és pt (B) típusú pulzációknak megfelelő amplitúdó-változása Nagycenk melletti obszervatórium pulzációiban. (Azonos esetszámmra vonatkoztatva).

Фиг. 3/а. Изменение амплитуд пульсаций типа pt (A) и pt (B), наблюдаемых в Каное, в пульсациях, записанных в обсерватории при с. Надьценк, (для равного количества случаев.)

Fig. 3/a The variation of amplitudes in the pulsations of the Nagycenk observatory corresponding to the pt (A) and pt (B) type pulsations observed at Kanoya (reduced to identical number of cases).

3/b ábra. A Kanoyában észlelt pc (A) pulzációknak megfelelő amplitúdóváltozás a Nagycenk melletti obszervatórium pulzációiban

Фиг. 3/б. Изменение амплитуд, соответствующих пульсациям pc (A), наблюдаемых в Каное, в пульсациях, записанных в обсерватории при с. Надьценк.

Fig. 3/b The variation of amplitudes in the pulsations of the Nagycenk observatory corresponding to the pc (A) pulsations observed in Kanoya

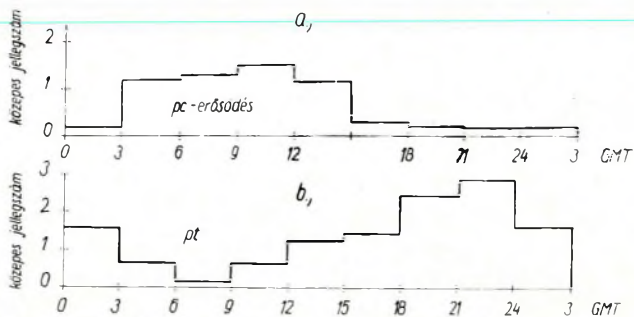
Mint a fentiekből látható, a Japán és Magyarország obszervatóriumaiban megfigyelt pulzációs jelenségek, mind a pt , mind pedig a pc formájukban, jelentős százalékban kapcsolatban vannak egymással. Elsősorban ugyanabban a formában jelentkeznek mindenütt, de mindkét irányban lehetőség van a két típus egymásba való átalakulására. Ezt a megállapítást a továbbiakban szélesebbkörű statisztikával kívánjuk alátámasztani.

Az 1958-ban nemzetközileg nyilvántartott (BARTELS, ROMANA, VELDKAMP, 1962) öbölháborgás nélküli pulzációs zavarok (pt) jelentkezési módja a Nagycenk melletti obszervatórium regisztrátumain

Ez a vizsgálat eleve nem korlátozódhat egyetlen állomáspár regisztrátumainak összehasonlítására, mivel a nemzetközi nyilvántartásba a Föld különböző részein esetleg elszigetelten észlelt pt zavarok is bekerülhettek. A rendel-

kezésünkre álló időpontok, valamint a mintegy 140 állomás *pt* jellemzése (illetve, ha nem észleltek a jellemzés hiánya) tág lehetőséget adott a zavarok térbeli elterjedésének és ugyanakkor a Nagycenk melletti megjelenési formáinak elemzésére.

Első lépésként a Nagycenk melletti obszervatórium lassú (2 cm/óra) előtolású regisztrátumai és a *pt* időpontok alapján jellemeztük a *pt*-vel egyidejű pulzációs tevékenységet obszervatóriumunkban. A jellemzésben 0–4 fokozatú skálával értékeltük a *pt* jelentkezésének módját és a *pc* erősödés mértékét. Az így nyert adatokkal a következő statisztikus vizsgálatokat végeztük.



4. ábra. A Föld különböző részein megfigyelt *pt* pulzációknak megfelelő *pc*-erősödés (a) és *pt* jellegű (b) indikáció jellegszámának napi eloszlása a Nagycenk melletti obszervatóriumban

Фиг. 4. Суточное распределение характеристики увеличения *pc* (a) и показаний характера *pt* (б), соответствующих пульсациям *pt*, наблюдаемым в различных частях Земли, по данным обсерватории при с. Надьценк.

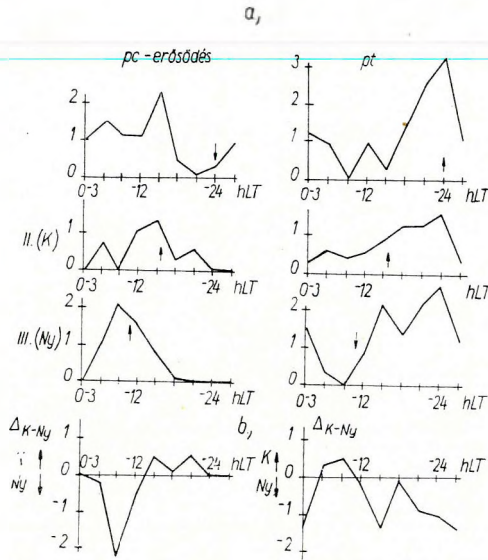
Fig. 4. The diurnal distribution of characteristics of *pc*-intensification (a) observed at various parts of the Earth and of *pt* type indications (b) in the Nagycenk observatory

1. Meghatároztuk a *pt* és *pc* erősödés időbeli eloszlását GMT-ben 3 órás középértékeket képezve a 0–4 jellegszámokból. Ennek eredményeit a 4. ábrán mutatjuk be. A 4/a ábra szerint a 3 és 15 h GMT között jelentkező *pt*-knek az obszervatóriumunk területén *pc*-erősödés felel meg. A 4/b ábra majdnem tükörképe a 4/a ábrának és azt mutatja, hogy a *pt*-knek a 6–9 h GMT-s minimumtól kezdve fokozatosan, 15–18 h GMT-től pedig ugrásszerűen Nagycenk mellett is *pt* felel meg, a *pt*-k éjjeli jellegéhez híven. Ez a vizsgálat nagyon határozottan utal már a két pulzációtípus szoros kapcsolatára.

2. Mint a bevezetőben már említettük, a felsorolt obszervatóriumok közül $\Delta\lambda = 30^\circ$ -onként 2–2 obszervatóriumot választottunk ki és óránként kiértékeltük az adattárból (BARTELS, ROMAÑA, VELDKAMP 1962) az egyes obszervatóriumok által jelentett *pt*-pulzációk jellemzőit, az obszervatóriumunkban észlelt pulzációs tevékenységgel együtt. Majd $\Delta\lambda = 120^\circ$ -onként 8–8 obszervatóriumot úgy csoportosítottunk, hogy az első csoportnak közel a közepe táján helyezkedjék el a Nagycenk melletti obszervatórium. Elvégeztük a *pt* (A) = 3, *pt* (B) = 2, *pt* (C) = 1 helyettesítést és meghatároztuk a jellegszámok csoporton belüli összegezése után az összegek összehasonlításával azt, hogy a Föld melyik harmadában volt uralkodó a *pt* pulzációs tevékenység. Így felbonthattuk

a *pt*-tevékenység megoszlása alapján a Nagycenk mellett észlelt indikációkat is. Az egyes órákban előforduló kevés eset miatt három óránként kiszámítottuk az obszervatóriumunk *pt* tevékenységét és a *pc* erősödés mértékét külön-külön a három földrészen előforduló *pt* tevékenységnek megfelelően. Az eredményeket az 5. ábrán mutatjuk be. Az ábrákon a földharmadnak megfelelően bejelöltük a helyi éjféli időpontját is. Megállapíthatjuk, hogy

a) a *pc* erősödés az obszervatórium helyi ideje szerint nappal, a *pt* pedig főként éjjel jelentkezik.



5/a ábra. A különböző földharmadokban uralkodó (legjobban megfigyelhető) *pt* pulzációknak megfelelő *pc*-erősödés és *pt* jellegű indikációk napi eloszlása a Nagycenk melletti obszervatóriumban. (Részletesen lásd a szövegben)

Фиг. 5/a. Суточное распределение показаний увеличения *pc* и характера *pt* преобладающих (наиболее уверенно наблюдающихся) в различных третях Земли пульсаций *pt*, по данным обсерватории при с Надьценк. (Более подробно см. в тексте).

Fig. 5/a The diurnal distribution in the Observatory near Nagycenk of *pc*-intensifications and *pt*-type indications, corresponding to *pt*-pulsations, which are predominating in various thirds of the Earth (for details see the text).

5/b ábra. A K-i és Ny-i földharmadon uralkodó *pt* pulzációk indikációinak különbsége

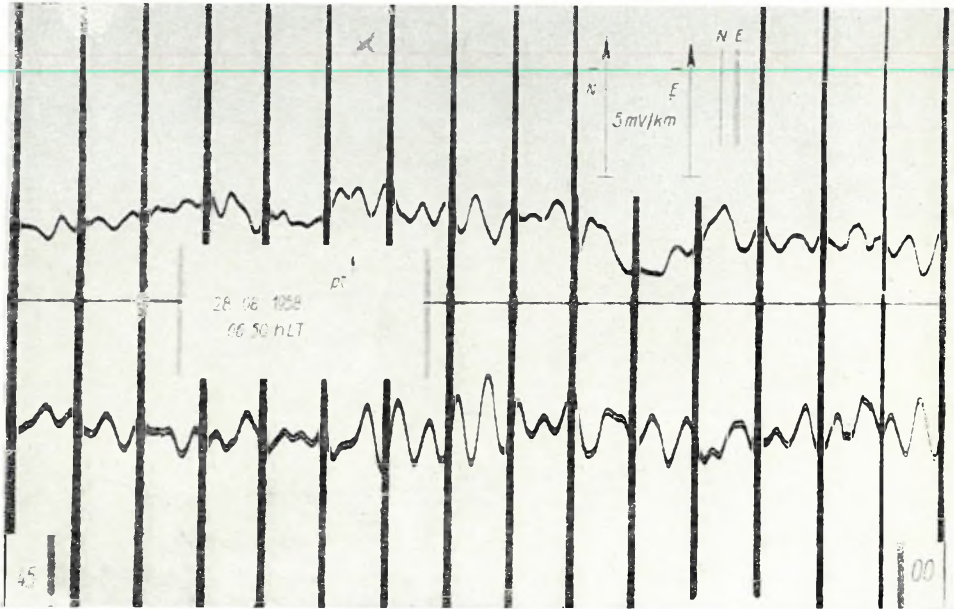
Фиг. 5/b. Разность показаний пульсаций *pt*, преобладающих на восточной и западной третях Земли

Fig. 5/b The difference of indications from *pt* pulsations, predominating in the E and W thirds of the Earth.

b) a *pc* erősödés gyakoriságának a K-i és Ny-i földharmadban a helyi éjfélkor maximuma van. Ez a két gyakorisági szám különbségéből még határozottabban kitűnik (5/b ábra). A középső övben a *pc* erősödésnek a délutáni átmeneti időben van az erősebb maximuma, hasonlóan az 1/a vizsgálatunk ϵ pontjában említettekhez.

c) a *pt* tevékenységnek csak a középső övben, azaz az obszervatóriumunk övében van a helyi idő szerint éjféle maximuma. Míg a keleti harmad helyi éjféljékor a szint megemelkedik, a nyugati zóna görbéjén hasonló nem észlelünk.

A vizsgálatok tehát ismételten határozottan utalnak a *pt* és *pc* tevékenység szoros kapcsolatára. Különösen a *pc*-erősödés csúcsai a *pt* maximális, azaz helyi éjféle tevékenysége idején (*b* pont) aláhúzzák ezt az állítást.



6. ábra. *pc*-erősödésé átalakult *pt* Nagycenk mellett.

Фиг. 6. Пульсации *pt*, перешедшие в увеличение *pc* в обсерватории при с. Надыценк.

Fig. 6. *pt* transformed in *pc*-intensification at Nagycenk.

A Föld valamely részén jelentkező *pt*-nek megfelelő *pc*-növekedésre példaképpen regisztrátumot is bemutatunk a 6. ábrán. A kérdéses *pt* a középső földharmadon jelentkezett középeurópai időben 6 h 50 m-kor.

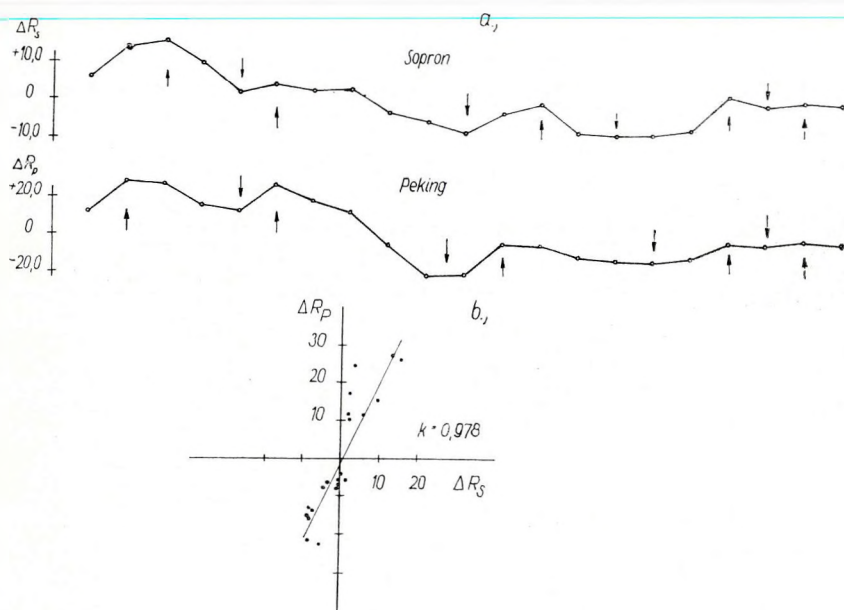
A *pt* tevékenységet az obszervatóriumban „0”-val, a *pc* erősödés mértékét „3”-al jellemeztük. Jól látható, hogy *pc* pulzációk amplitúdója megkétszereződött, *pt* pedig nem mutatkozott.

A pekingi és soproni *pc* típusú pulzációs tevékenység összehasonlítása.

(ÁDÁM, 1958)

Amikor a pulzációs tevékenységet két olyan területen hasonlítjuk össze – akár nagy hosszúsági különbség mellett is, mint amilyen pl. Peking és Sopron között van –, ahol helyi időben egyformán nappal vagy éjjel van, elsősorban azonos típusú pulzációkat találunk, amelyek között különösen szoros kap-

esolat van. Erre jellemző példaként a 7. ábrán bemutatjuk a soproni és pekingi 1956-os egyidejű tellurikus méréseink eredményeit. A méréseket közép-európai időben reggel 8 és 9 óra között. Pekingben ennek megfelelően helyi időben (zónaidőben) 15 h–16 h-kor végeztük. Mindkét helyen az összemérés 6 napján feltehetően azonos forrásból származó *pc* típusú pulzációk jelentkeztek. A 10 perces totális értékek változását folyamatosan raktuk fel a 6 napra vonatkozóan. A két mérési pontban az értékek párhuzamosan változnak és ennek megfelelően a korreláció értéke szoros (0.978). Ezt a regressziós egyenes is szemlélteti (7/b ábra).



7/a ábra. Sopron és Peking környékén egyidejűleg mért tellurikus totális értékek változása

Фиг. 7. Изменение тотальных величин теллурических токов, записанных одновременно в районе г. Шопрон и в Пекине

Fig. 7/a The variation of the telluric total values measured simultaneously near Sopron and Peking.

7/b ábra. Sopron és Peking környékén mért tellurikus totális értékek közötti összefüggés.

Фиг. 7/б. Соотношение тотальных величин теллурических токов, записанных в районе г. Шопрон и в Пекине

Fig. 7/b Relationship between the telluric total values measured near Sopron and Peking.

Ilyen esetben tehát a pulzációs tevékenység átalakulásáról nem beszélhetünk. Ugyanez érvényes többnyire a *pt* kifejlődésére is. Átalakulásra akkor kerülhet sor, ha a *pt*-nek kedvező éjjel helyett a megfigyelési ponton nappal, vagy legalábbis átmeneti időszak van. Az átalakulás miatt a kapcsolat csökkenhet, azaz olyan tiszta korrelációkat nem kapunk, mint a fenti esetben.

A pt — pc kapcsolat értékelése PRICE vizsgálatai alapján
a magnetotellurikus kutatásban

PRICE (1962) tanulmányában nagy jelentőséget tulajdonít a magnetotellurikus impedancia pontosságának megítélésében a tőrforrások dimenzióinak. Minthogy az eddigi irodalom szerint a különböző pulzációtípusok kialakulásának és elterjedésének a helyi idő az oka, ezáltal indokolatlanul viszonylag kis területre határolta le a forrásokat. A pt és pc kapcsolat felismerése és igazolása jelentősen megnövelheti azt az elvi pontosságot, amelyet PRICE a pulzációkból számított magnetotellurikus értékeknek eddig tulajdonított.

IRODALOM

- ADÁM, A. (1958) Über ein modifiziertes tellurisches Schurfgerät, und dessen Verwendung zu tellurischen Untersuchungen grossen Ausmasses. (Freiberger Forschungshefte C 45, 52 - 61.)
- BARTELS, J., ROMANA, A., VELDKAMP, J. (1962): Geomagnetic Data 1958, Rapid Variations (IAGA Bulletin N° 12 m 2, Amsterdam)
- PRICE, A. T. (1962): The theory of magnetotelluric methods when the source field is considered (Journal of Geophysical Research 67, [5], 1907 - 1918.)
- Report on the Geomagnetic Observation during the International Geophysical Cooperation. 1959. (National Committee for IGC Science Council of Japan, Ueno Park, Tokyo, Japan, March 1961.)

БАРТА ДЬЕРДЬ

НЕКОТОРЫЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СВЯЗИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ С ИСКАЖЕННОСТЬЮ ЕЕ ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В результате продолжения своих ранее начатых исследований автор обращает внимание на наглядное совпадение самого высокого и самого низкого пунктов геоида, вычисленного В. М. Каула по орбитам искусственных спутников, с точкой симметрии эксцентриситеты геомагнитного поля и вековых вариаций последнего, находящейся в Пакистане (фиг. 1.). Деформация и вековые вариации геомагнитного поля повидимому связаны с основными особенностями фигуры геоида, и неоднородность строения земного шара играет существенную роль в этих явлениях.

Исследования Ф. Мозетти подтверждает предположенное автором существование в колебаниях уровня моря примерно 50-летнего периода. Мозетти выявил этот же период по данным других мареографических станций и подобные особенности наблюдались им и в наземном распределении колебаний (фиг. 2.). Такой же период был выявлен указанным автором в повторяемости землетрясений (фиг. 3.).

Следовательно, 50-летний период, наблюдающийся в вековых вариациях геомагнитного поля, появляется помимо изменения поверхности уровня, также в напряжениях, накапливающихся в земной коре. Тем самым дополнительно подтверждается предположение автора о том, что вековые вариации геомагнитного поля сопровождаются перемещением крупных масс.

G.Y. BARTA

FURTHER CONTRIBUTIONS TO THE CORRELATION OF THE DISTORTION OF THE GEOMAGNETIC FIELD TO THAT OF THE LEVEL SURFACE

The author continuing his previous studies points out that the maximum-point and minimum-point of the geoid calculated by W. M. KAULA of the orbits of satellites strikingly accord with the eccentricity-point of the geomagnetic field and the Pakistan symmetry-point of the secular magnetic variation (Fig. 1.). The distortion and secular variation of the magnetic field seems to be in connexion with the essential property of the geoidshape and so the inhomogeneous structure of the Earth is playing an important part in these phenomena.

The studies of F. Mosetti corroborate the existence of a period of about 50 years in the oscillation of the sea level observed by the author, inasmuch as he shows the same period in the data of further mareograph stations and the same features in the distribution of the oscillation over the Earth's surface (Fig. 2.). Mosetti found the same period also in the frequency of earthquakes (Fig. 3.).

Thus, the 50 years period in the secular geomagnetic variation appears besides the variations of the level surface also in the Earth's crust. By this means the former supposition of the author is proved that the secular variation of the magnetic field is in connexion with a redistribution of big masses.

NÉHÁNY ÚJ ADAT A FÖLD MÁGNESES TERE ÉS NÍVÓFELÜLETE TORZULTSÁGÁNAK ÖSSZEFÜGGÉSÉRŐL

BARTA GYÖRGY

Régebbi előadásaimban és értekezéseimben felhívtam a figyelmet arra, hogy a Föld mágneses középpontja éppen abban az irányban excentrikus, amely irányban a Föld egyenlítői ellipszise megnyúlt. Ha feltesszük, hogy a Föld belső magja a mágneses középpont excentrikusságának a mértékében excentrikus, akkor jó közelítéssel megkapjuk a Föld egyenlítői metszetének a lapultságát (BARTA 1961).

A feltevésnek természetesen sok következménye van és ezek nem hanyagolhatók el a jelenség megítélésében. A mágneses középpont nyugati irányú vándorlása eszerint nagy tömegek mozgásával, a geoid-alak és általában a gravitációs tér erősségének és irányának évszázados változásával egyértelmű. Ezek a változások sok esetben kedvezőek a természeti jelenségek magyarázatánál, sok esetben azonban – valószínűleg a centrikusság feladásából származó, matematikai jellegű – nehézségeket okoznak.

A kérdést tisztán elméleti alapon vizsgálva be kell látnunk, hogy a centrikusság feltételezése a szélsőséges és az excentrikusság az általános eset. A nem teljesen gömbszimmetrikus és időben változó tömegeloszlású Föld több szabadsági fokkal rendelkező rendszer, mint a szigorúan centrikus felépítésű. Ezért hajlékonyabb, a tapasztalati megfigyelésekhez jobban alkalmazkodó és több jelenség megmagyarázására alkalmas modell. Matematikai értelemben szigorúan centrikus, homogén övekből felépített, energetikai egyensúlyban levő Föld nyilván egy mozdulatlan, minden fejlődésre és alakulásra képtelen test, ami megfigyeléseinkkel élesen ellenkezik.

Az egész Földdel foglalkozó általános geofizikának egyik legfontosabb feladata éppen annak a megállapítása, hogy milyen mértékű ez az excentricitás és általában az inhomogenitás és mekkora annak a változása az időben.

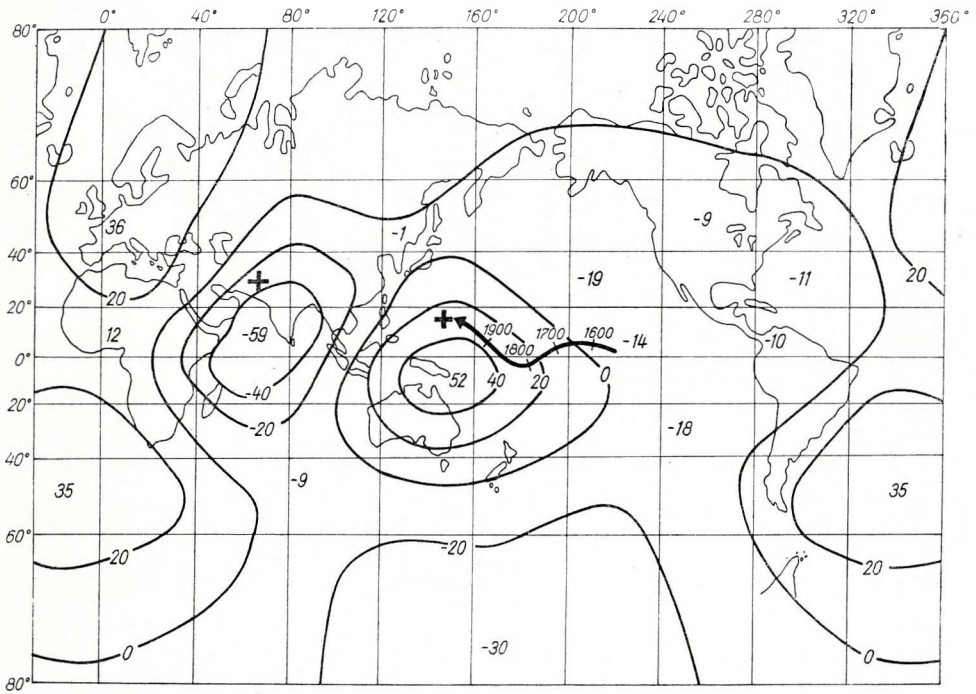
Az excentrikusság először és legélesebben a Föld mágneses adataiban jelentkezett. A mágneses középpont excentricitása a Föld felszínén a mágneses tér jellegzetes torzultságát okozza. A torzultság mind a három komponensben egyaránt jelentkezik, a deklináció és horizontális intenzitás térképein közvetlen szemlélettel is könnyen felismerhetjük. A vertikális intenzitás térképein azonban csak azt észleljük, hogy a mágneses sarkok nem átellenesek, a térerősség eloszlásában jelentkező különbségek nem szembetűnőek.

Matematikai úton csak a vertikális intenzitás értékeiből is meg lehet határozni a földmágneses tér gömbfüggvény-együtthatóit. Ezeket az együttthatókat Dyson – Furner 1922-ben a 60., majd a 80. északi és déli szélességekig terjedő vertikális intenzitási térképekből külön-külön kiszámította. A nyert adatrendszerekből az X, Y összetevők alapján számított excentricitással teljesen azonos irányú és mértékű excentricitást lehetett kiszámítani. (FANSELAU 1959). Igen lényeges az a körülmény, hogy a mágneses tér excentricitása a magnetoszféra alsó határán, tehát 5000 km magasságban is azonos a Föld felszínén észlelttel. Ez arra mutat, hogy egy általános, az egész Földet érintő jelenség aszimmetriájáról van szó.

Az eddigi vizsgálatokból kiderült, hogy a mágneses excentricitással egyenlő mértékben excentrikus belső mag a föld-alak deformáltságára kb. helyes értéket ad, ilyen mértékű excentricitás feltételezése tehát indokolt. Az utóbbi időben néhány olyan új adat merült fel az elgondolással kapcsolatban, amely a jelenség-csoport további megvilágítására alkalmas.

Mint említettük, a nagyméretű tömegmozgás megváltoztatja gravitációs terünket. Az irodalomban igen sok utalást találunk arra, hogy megismételt gravitációs méréseknél valóban észleltek különbségeket. Voltak azonban olyan mérések is, ahol 10 év távlatában nem kaptak különbséget (J. D. BOULANGER, 1962.).

W. M. KAULA 1963-ban öt mesterséges hold pályadataiból kiszámította a geoid-alakot. A legnagyobb pozitív és negatív eltérés a forgásszimmetrikus $1/298,24$ lapultságú föld-ellipszoidtól a Salamon- és a Malediva-szigetekenél van. Ez a két pont feltűnő közel fekszik a földmágneses tér Marshall-szigeti és pakisztáni jellemző pontjaihoz (1. ábra). Még feltűnőbb a hasonlóság, ha

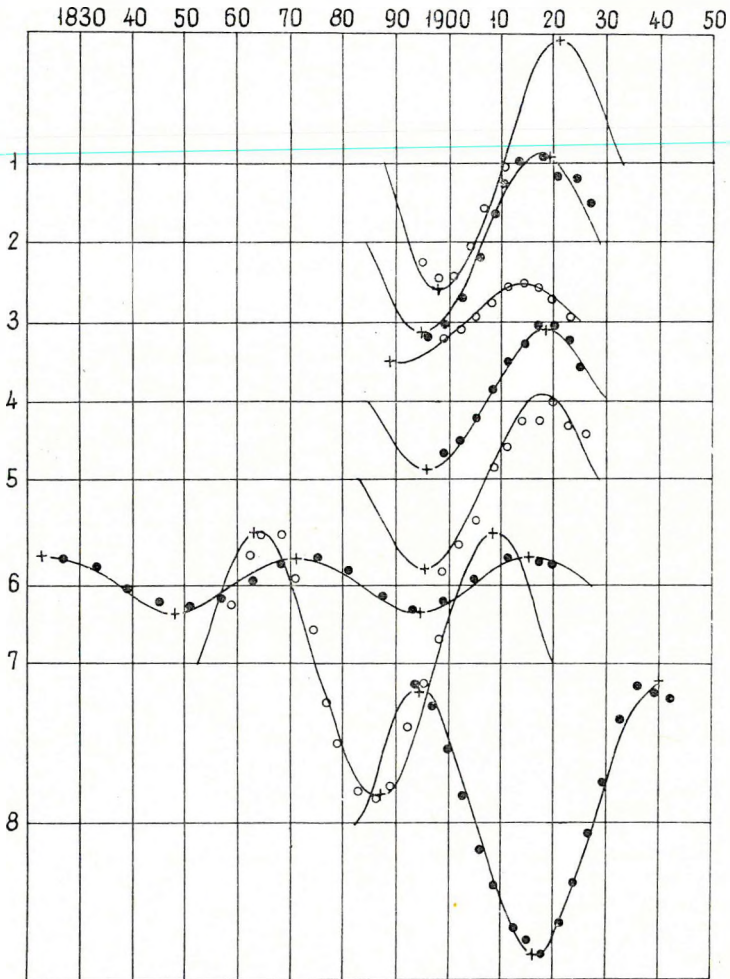


1. ábra. A geoid-felszín eltérése méterben az $1/298,24$ lapultságú ellipszoidtól, 5 mesterséges hold megfigyelései alapján, W. M. KAULA nyomán. (A térképen feltüntetjük a változó mágneses excentricitás felszíni vetületét és a mágneses évszázados változás pakisztáni szimmetriapontját.)

Fig. 1. Отклонение поверхности геоида от эллипсоида со сплюснутостью $1/298,24$ в метрах, по данным наблюдений 5 искусственных спутников, по В. М. КАУЛА. (На карте указана проекция поверхности изменяющейся магнитной эксцентричности, а также точка симметрии вековых вариаций геомагнитного поля в Пакистане.)

Fig. 1. The difference in meters of the geoid-surface from that of an oblateness of $1/298,24$, based upon observations of 5 satellites, After W. M. KAULA. (The surface projection of the variable magnetic eccentricity and the Pakistan symmetry point of the magnetic secular variation is also shown.)

összevetjük a Kaula-féle térkép adatait a földmágneses tér évszázados változásának egyenlítői vetületével (BARTA, 1957.). Ebben a vetületben a konvergencia-vonalak helye megfelel a Kaula-féle térképeken látható geoid besüllyedéseknek, a divergencia-vonalak pedig a kiemelkedéseknek.



2. ábra. A tengerszint-ingadozás 45 éves periódusa nyugat- és észak-európai tengerszint-állomások és a bombay-i obszervatórium adatai alapján (1. Brest; 2. Vlissingen; 3. Den Helder; 4. Haarlingen; 5. Delfzijl; 6. Svinemünde; 7. Stockholm; 8. Bombay). F. MOSETTI nyomán.

Фиг. 2. 45-летний период колебания уровня моря по данным западно- и северно-европейских мареографических станций и Бомбейской обсерватории, по Ф. МОЗЕТТИ

Fig. 2. The 45 years period of the oscillation of the sea-level as observed in North-Europe and Bombay (1. Brest; 2. Vlissingen; 3. Den Helder; 5. Haarlingen; 5. Delfzijl; 6. Svinemünde; 7. Stockholm; 8. Bombay). After F. MOSETTI.

Ha a mágneses évszázados változás nagyméretű tömegmozgással jár, akkor a mágneses változásban észlelt periódusoknak a gravitációs tér, illetve a nivófelület változásában is tükröződniük kell. Ezen az alapon sikerült kimutatni a tengerszint ingadozásában egy 50 év körüli periódust (BARTA, 1956). A további vizsgálat során kiderült, hogy Aberdeen-Dunbar és Sydney átellenes pontokban észlelt hullám fázisa ugyanaz, a Bombay-i hullám fázisa pedig ellenkező

3. ábra. A földrengések számosságának menete Európában és Ázsiában, 1700-tól 1930-ig.

F. MOSETTI nyomán

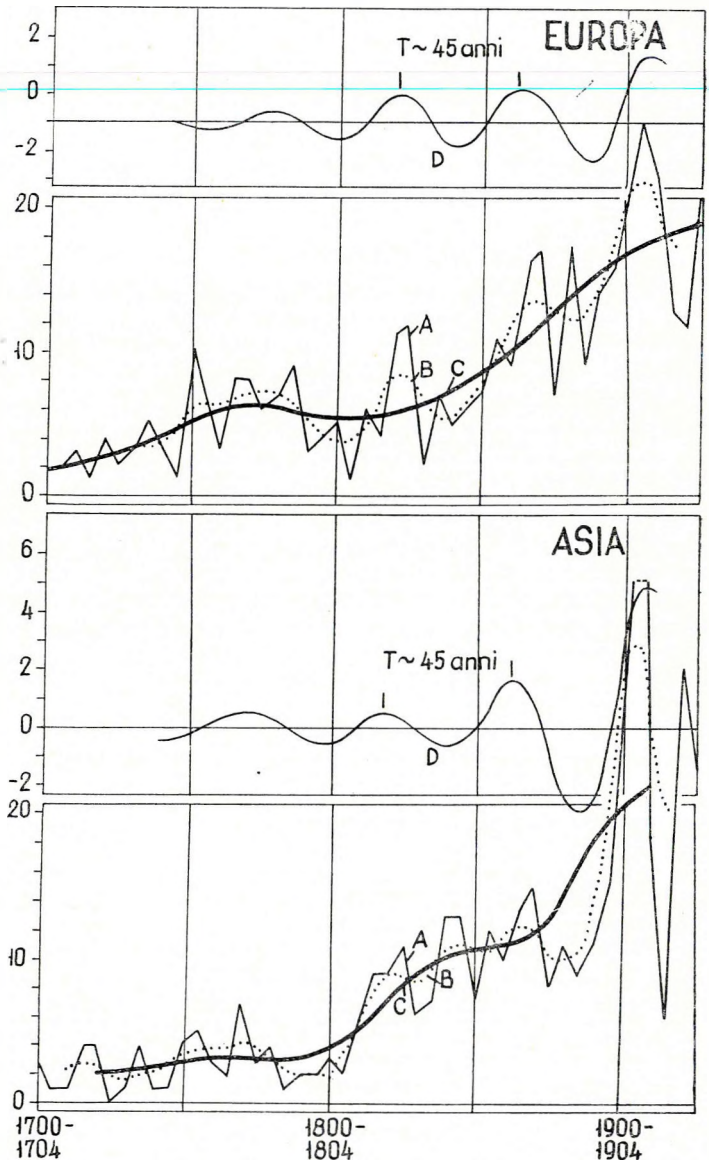
- A: A (Sieberg szerinti) jelentős rengések száma öt évenként fel kva;
- B: Az A értékeknek a $2a_0=1/3$, $a_1=1/4$, $a_2=1/12$ lineáris kombináció szerint elosztott grafikus eredménye;
- C: B-nek a $2a_0=1/4$, $a_2=1/4$, $a_4=1/8$ kombinációval nyert középtengelye;
- D: A B értékekre alkalmazott $2a_0=1/6$; $a_2=1/12$; $a_4=-1/4$; $a_6=-1/12$; $a_8=1/6$ skémával elkülönített hullám.

Фиг. 3. График повторяемости землетрясений в Европе и Азии за период с 1700 по 1930 г. по Ф. МОЗЕТТИ

- A – количество значительных сотрясений (по Зибергу) через 5-летние периоды;
- B – Графическая результирующая величин A, распределенная по линейной комбинации $2a_0=1/3$; $a_1=1/4$; $a_2=1/12$;
- C – Средняя ось величин B, полученная при помощи комбинации $2a_0=1/4$; $a_2=1/4$; $a_4=1/8$;
- D – волна, разделенная по схеме $2a_0=1/6$, $a_2=1/12$, $a_4=-1/4$, $a_6=-1/12$, $a_8=1/6$, для величин B.

Fig. 3. The trend of the earthquake-frequency in Europe and Asia between 1700 and 1930. After F. MOSETTI

- A: Significant quakes (according to Sieberg) by five years;
- B: The graphical result of values A distributed by the linear combination $2a_0=1/3$, $a_1=1/4$, $a_2=1/12$;
- C: The central axis of B earned by the combination $2a_0=1/4$; $a_2=1/4$; $a_4=1/8$;
- D: The wave, applied to values B, distinguished by the schema $2a_0=1/6$; $a_2=1/12$; $a_4=-1/4$; $a_6=-1/12$; $a_8=1/6$



(BARTA, 1959). F. MOSETTI 1963-ban megvizsgálta hét észak- és nyugat-európai és a Bombay-i tengerszintjelző állomás adatait és mindegyik sorozatban megtalálta a mágneses tér évszázados változásában felismerhető kb. 50 év periódusú változást. MOSETTI a hullámok fázisát vizsgálva összehasonlította azokat a mágneses tér Y komponensében jelentkező szuperponált hullám fázisával (Barta, 1954) és kimutatta, hogy a két hullám kelet—nyugati irányú eltolódási sebessége azonosnak vehető (2. ábra). Ebből a két jelenség okozati összefüggésére következtetett. Ezek a más adatokból és más módszerrel nyert megállapítások jól megegyeznek az előbb idézettekkel és megfelelnek a földmag-mozgásból következő logikai megfontolásoknak.

MOSETTI azonban új adatokkal és feldolgozással nemcsak megerősítette, hanem tovább is fejlesztette és új jelenségcsoporttal is alátámasztotta az elgondolást. Szerinte ui. a földmag-mozgás sebessége 50 év körüli löktetésének a földkéreg feszültségében és ezen keresztül a kipattanó földrengések gyakoriságában is jelentkeznie kell. Az 1700-tól 1930-ig terjedő időre megvizsgálta külön-külön a kipattanó európai és ázsiai földrengések számosságának időbeli változását. A nyert gyakorisági görbéken valóban talált egy kb. 45 év periódusú hullámot, a hullámok fázisa a két kontinensen megegyezik (3. ábra).

A földtest általános belső aszimmetriájára vonatkozóan a szeizmológiai adatokból is nyerhetünk bizonyos felvilágosításokat. A Szovjetunióban Kamcsatkától Belső-Ázsiáig 4000 km hosszú vonalon 50 egységesen felszerelt, egymástól 80 km-re fekvő szeizmológiai állomást létesítettek. Az állomások éppen szabályos elhelyezésük és egységes felszereltségük következtében nagyon megbízható adatrendszerrel gyűjtöttek. I. L. Nyerszeszov szovjet szeizmológus a gyűjtött adatok vizsgálatakor sok egyéb megállapítás mellett arra a következtetésre jutott, hogy a Gutenberg-Wiechert felület a Csendes-óceán alatt a felszínhez közelebb van, mint Ázsiában (előadás a moszkvai Földfizikai Intézetben, és későbbi személyes közlés). Ez a megállapítás is jó összhangban van a Föld belső magjának excentrikusságával kapcsolatos elképzelésekkel. A szovjet szerző megígérte, hogy vizsgálatait a Lehmann-övre is kiterjeszti.

IRODALOM

- G. BARTA, 1954. A földmágneses tér évszázados változásának 44 éves periódusáról. (The 44 Year's Period of the Secular Variation of the Geomagnetic Field) Geofizikai Közlemények, Vol. 3., no. 1.
- G. BARTA, 1956. A gravitációs tér időbeli változásáról. (The Variation in Time of the Gravity Field.) Geofizikai Közlemények, Vol. 5. no. 4.
- G. BARTA, 1957. A földmágneses tér évszázados változásáról. (The Secular Variation of the Geomagnetic Field.) Geofizikai Közlemények, Vol. 6., nos. 1, 2.
- G. BARTA, 1959. On the secular variation of the level surface of gravity. *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös nominatae. Sectio Geologica, Tomus II.*
- G. BARTA, 1961. The connection between the eccentricity of the geomagnetic field and the triaxiality of the Earth. *Acta Technica, Tom. XXXVII. Fasc. 1 - 2.*
- J. D. BOULANGER, 1962. Remarks about the Paper of G. Barta, read at the International Congress on the Recent Motions of the Earth's Crust, held in Leipzig.
- G. FANSELAU, 1959. *Geomagnetismus und Aeronomie. Band III. Berlin, S. 203.*
- W. M. KAULA, 1963. Improved Geodetic Results from Camera Observations of Satellites. *Journal of Geophysical Research. Vol. 68. No. 18.*
- F. MOSETTI, 1963. Sull'Esistenza di un Ritmo con Periodo di 45 Anni in Talune Fluttuazioni Geofisiche. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata. Vol. V. N. 18.*

ДАНКХАЗИ Д. - Л. ХАТОЛКАИ Ю.

АНАЛИЗ ВОЗБУЖДЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРЕЗА СКВАЖИН

В основе рассматриваемого в настоящей работе метода разведки полезных ископаемых лежит то обстоятельство, что после разрыва постоянного тока, пропускаемого через два пункта в землю, на двух других парах электродов появляется пониженное напряжение. Результаты исследований показывают, что в возбужденной среде создается поляризация, образуются небольшие переходные источники тока, диполи. Исходя из потенциала такого диполя, на основании электродинамических соображений авторами была определена так назыв. восприимчивость поляризации, характерная для вещества окружающей среды. В настоящей работе излагаются основные уравнения для наземного метода, а во второй части работы рассматривается применение метода в условиях скважин.

Метод возбужденного потенциала предназначен прежде всего для разведки рудных залежей, но может применяться и для выявления углей, нефти, воды и некоторых видов глин.

GY. DANKHÁZI - J. HATOLKAY

AN ANALYSIS OF THE POLARIZATION-POTENTIAL WITH SPECIAL REGARD TO WELL-LOGGING

The discussion is based upon the experience, that a break of a D. C. circuit (in the soil) of two electrodes generates a decreasing voltage upon two other electrode-couples. A polarization takes place, small temporary dipole sources occur. The so-called polarization susceptibility is defined.

The basic equations of the surface procedure is treated as well, as the application among wellconditions.

The polarization-potential method is mainly applicable in ore-prospecting; it is nevertheless suggested for tracing coal, oil, water and certain sorts of clays.

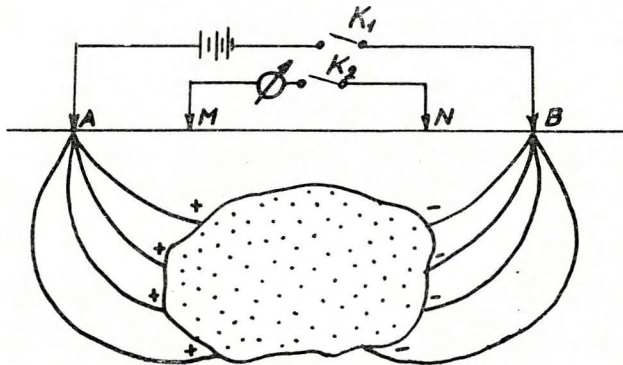
A GERJESZTETT POTENCIÁL VIZSGÁLATA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A FŰRÓLYUK SZELVÉNYEZÉSRE

DANKHÁZI GYULA - L. HATOLKAY JUDIT

A gerjesztett potenciált, vagy indukált polarizációt Schlumberger már 1920 előtt észlelte nedves talajban végzett ellenállás mérései során. Azóta számos ásványi nyersanyag kutatására alkalmazzák. Legjobb eredményeket az ércutatásban érték el ezzel a módszerrel, de alkalmazták szén, kőolaj és víz kimutatására is. A Geofizikai Intézetben Bod Magdolna és Erkel András munkatársak vizsgálták az indukált polarizációt. (Bod., Erkel 1956). Dr. Sebestyén Károly kandidátusi disszertációjában a hazai barnakőszéntelepek karottázs vizsgálatával kapcsolatban foglalkozott részletesen a módszerrel.

A kézirat 1964. VIII. 1-én érkezett.

A módszer alapja az a tapasztalati tény, hogy ha a földbe két elektródán keresztül egyenáramot bocsátunk, a közöttük szimmetrikusan elhelyezett két másik elektródán az áram megszakítása után – bizonyos körülmények között – az idővel csökkenő feszültség jelenik meg. Ez a jelenség azt sejteti, hogy a közegben egy feltöltött kondenzátorhoz hasonló átmeneti áramforrás jön létre, amely az áram megszűnte után elhal. A kísérletek alátámasztották ezt a feltevést. Bebizonyították, hogy áram hatására polarizáció lép fel a közegben, s ez átmeneti forrásként hat. Megjegyezzük, hogy polarizáció váltóáramú gerjesztésnél is fellép. Ekkor a gerjesztett potenciál hatása a váltóáram imaginárius komponensében mutatható ki. E dolgozatban csak az egyenármú esettel foglalkozunk.



1. ábra. A talajba bocsátott áram hatására a közegben létrejövő dipólus

Фиг. 1. Диполь, образующийся в среде под воздействием тока, впускаемого в землю.

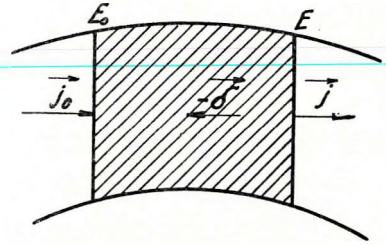
Fig. 1. Dipole in the medium as generated by a current put in the soil

Az eddigi kutatások során többnyire csak értelepeket vizsgáltak, mivel a polarizáció ezeknél a legerősebb. Megállapították, hogy egyenletes érceloszlásnál, amikor az érces zónán áram halad keresztül, lényegileg ugyanazok a jelenségek játszódnak le, mint egy polarizált elektródánál. Az elektróda-elektrolit határfelületen elektrokémiai eredetű ohmikus veszteségek lépnek fel, amelyek legyőzéséhez járulékos feszültség, ún. túlfeszültség szükséges. Az így létrejött polarizációt az első ábrán vázolt elrendezés alapján magyarázzuk (1. ábra). A fémrészecskék a körülvevő elektrolittal együtt kis elektrolit cellákat alkotnak, amelyeket az egyenáram bevezetések a közegben haladó ionos áram polarizál, s ennek következtében dipólusláncsor jön létre. Az áram megszakítása után a dipóluslánc kisül, amely a közegben a gerjesztőárammal ellentétes irányú, s azzal egy hiszterézis függvény szerint arányos, időben lecsengő áramot indukál.

Természetesen másfajta polarizáció – mechanikus, termikus, mágneses és kémiai – is létrehozhat kis dipólokat. Ezek külső megnyilvánulásai szerint nehezen különböztethetők meg egymástól. Valamennyi, áram hatására töltött részecskék sajátos viselkedésére vezethető vissza. Tulajdonságaik megismeréséhez bonyolult molekula-fizikai, elektrokémiai és kémiai vizsgálatok szükségesek.

sek. További tárgyalásunk során csak a kis dipólok létezését vesszük figyelembe. Várható, hogy egy térfogatrész, amely sok kis elemi részt tartalmaz, úgy hat egy távoli pontban, mint egy dipólforrás, amelynek momentuma a kis dipólok együttes hatásának eredője. Ez a tény a kvantitatív tárgyalás alapja.

A gerjesztett potenciált előidéző okok közül a legjelentősebb az elektróda polarizációhoz hasonló jelenség. Ahogy már előbb is említettük, az érces zónák polarizációjában ez dominál; ez a legerősebb polarizáció; a módszer tehát elsősorban érckutatásra alkalmas. A vizsgálatokból azonban kiderül, hogy a polarizációban fontos szerepet játszanak még a különböző áramlásokból származó hatások is. Ezek közül az elektrooszmózis, termoelektromosság és főleg az iondiffúzió lényeges. Ezek a jelenségek nyújtanak lehetőséget arra, hogy nem ércelepekben, kőolaj-, víz- és kőszéntárolókban is előidézhető legyen a polarizáció jelensége. Sebestyén említett dolgozatában rámutatott arra, hogy a módszernek nagy jelentősége lehet kőszénrétegek kimutatásában. Érdekes és fontos eredményeket hozott a víztárolók vizsgálata is. Ennek során azt tapasztalták, hogy vízzel telített törmelékes üledékes kőzetekben indu-



2. ábra. A polarizált elemi térfogat

Fig. 2. Поляризованный элементарный объем

Fig. 2. The polarised elementary bulk

kált polarizáció lép fel, ha a törmelékszemcséket agyaghártya vonja be (V. VACKUER, 1957). Az agyagtartalmú homokos kőolajtárolókkal kapcsolatban is érdekes következtetéseket lehet levonni. A módszert a vízkutatásban is eredményesen használták. Az irodalom szerint figyelmet érdemel a különféle agyagfélések polarizálhatóságának kérdése is. Az ezzel kapcsolatos jelenségekben elsősorban az elektrodialízisnek van nagy szerepe.

A továbbiakban eltekintünk a polarizáció eredetétől, csupán létezését vesszük figyelembe és ennek alapján végzünk elméleti megoldásokat.

Először idealizált esetből indulunk ki. Feltételezzük, hogy a tér végtelen és homogén, benne a kis polarizálható részecskék egyenletesen oszlanak el (2. ábra). Válasszunk ki egy olyan elemi térfogatot, amelynek két oldalát a közegbe bocsátott áramvonalak határolják. Az elemi térfogatba beáramló áram sűrűségének normál komponense \vec{j}_0 , a kiáramló pedig \vec{j} . Az áram hatására az elemi térfogat polarizálódik, s ennek következtében \vec{j} -vel ellentétes irányú polarizációs áramsűrűség lép fel, amelyet $\vec{\delta}$ -val jelölünk.

$$\vec{j}_0 - \vec{j} = -\vec{\delta} \tag{1}$$

Elektrodinamikai megfontolások alapján belátható, hogy $\vec{\delta}$ éppen az egységnyi térfogat dipólmomentuma, vagyis polarizációja. Ezt \vec{P} -vel szokás jelölni és fennáll a következő összefüggés.

$$\vec{P} = \kappa \vec{j}_0 = \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \vec{j}_0 \tag{2}$$

ahol q_0 a \vec{j}_0 -nak és qj -nek megfelelő fajlagos ellenállás. A képlet tehát azt a tapasztalati tényt fejezi ki, hogy a közeg polarizációja arányos az áramsűrűséggel és vele ellentétes irányú. Megjegyezzük, hogy ez az összefüggés hiszterézis jelleget ír le. Ettől azonban most eltekintünk, mivel lyukviszonyok között olyan áramsűrűséggel dolgozunk, amelynél csak a függvénygörbe lineáris szakaszát kell figyelembe venni. A κ arányossági tényező neve polarizációs szuszceptibilitás. Az egységnyi áramsűrűség által létrehozott polarizációt jelenti, és anyagi jellemző. Ez teszi a módszert geofizikai kutatásokra alkalmazhatóvá.

Az elemi térfogatot egy dipólnak tekintve felírhatjuk ennek potenciálját:

$$d\Phi = \frac{q}{4\pi} \vec{P} \operatorname{grad} \frac{1}{r} d\tau$$

ahol a gradienst a dipól koordinátái szerint kell venni. Kiterjesztve az egész térfogatra, némi átalakítással:

$$\Phi = \frac{1}{4\pi} \int_F \int \frac{P_n q}{r} df - \frac{1}{4\pi} \int \int \int \operatorname{div}_q P d\tau \quad (3)$$

ahol P_n a polarizációs vektornak a df felületelemre vonatkozó normál komponense. A kifejezésből látható, hogy a polarizációs teret egy térfogati és egy felületi potenciál alakítja ki. A (3) és a (2) felhasználásával potenciál mérésel meg lehetne határozni az anyagra jellemző κ -t. mivel potenciált könnyen tudunk mérni. Ismerni kellene azonban \vec{P} -t, mint a koordináták függvényét, ami komoly számolási nehézségeket jelent. Ezért egyszerűbb utat keresünk a Φ és a κ közti kapcsolat meghatározásához.

A (2)-nek megfelelő gyakorlati eljárás lényege a következő (1. ábra). A felszíni ellenállásméréshez hasonlóan két ponton az AB tápelektrodákon keresztül egyenáramot bocsátunk a földre. A két tápelektroda közé szimmetrikusan két nem polarizálódó mérőelektrodát helyezünk el. Először mérjük a mérőelektrodákon eső feszültséget, amikor gerjesztő áram folyik (Φ_0). Majd hirtelen megszakítjuk az áramot, és mérjük a mérőelektrodákon jelentkező feszültségkülönbséget a megszakítás pillanatában (Φ). A két érték hányadosa:

$$\frac{\Phi'}{\Phi} = \kappa \quad (4)$$

ahol κ a polarizációs szuszceptibilitás. Az ilyen mérés igen célszerű, mert két feszültségértékből a polarizáció szuszceptibilitás meghatározható.

Könnyen belátható, hogy ez az összefüggés homogén izotróp végtelen kiterjedésű féltér esetében valóban fennáll. Ha Wenner-elrendezést használunk, polarizáció hiányában a fajlagos ellenállás:

$$q_0 = 2a \frac{\Phi_0}{I}$$

polarizációnál:

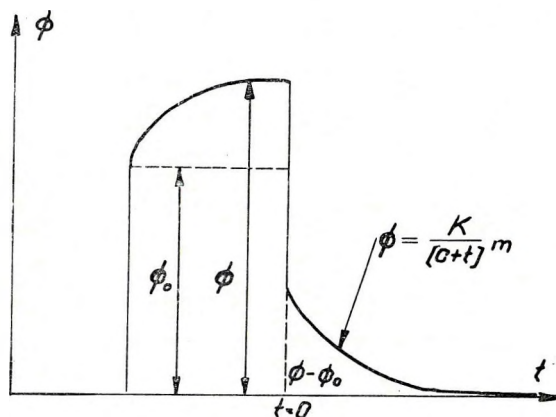
$$q = 2a \frac{\Phi}{I}$$

ahol az a elektróda távolság és az I áramerősség mindkét esetben ugyanakkora κ -t kifejezve:

$$\frac{q - q_0}{q} = \frac{\Phi - \Phi_0}{\Phi} = \kappa \quad (5)$$

ahol Φ_0 a nem polarizált és Φ a polarizált tér potenciálja. A fentemlített eljárással a $\Phi - \Phi_0$ különbség meghatározható. A κ -ra vonatkozó kifejezés szerint ugyanis a q fajlagos ellenállás nő (3. ábra):

$$q = \frac{q_0}{1 - \kappa}, \text{ és mivel } \kappa \leq 1, \text{ így } q > q_0$$



3. ábra. A polarizációnál létrejövő túlfeszültség sematikus ábrázolása

Диаг. 3. Схематическое представление сверхнапряжения, создающегося при поляризации

Fig. 3. A generalized diagram of the overvoltage arisen in the course of the polarization

Ez idézi elő az előzőkben említett túlfeszültséget. A potenciál növekedés $\Phi - \Phi_0$. A gerjesztő áram megszakítása pillanatában éppen ezt a feszültségkülönbség-értéket kapjuk. A κ értékét mV/V -ban szokás megadni.

Laboratóriumi mérések szerint a feszültség az RC kisüléstől eltérően az alábbi függvény szerint csökken:

$$\Phi = \frac{\kappa}{(C + t)^m}$$

ahol K , C és m a közegre jellemző konstansok. A $t = 0$ időre vonatkozó feszültségkülönbséget a kábelindukciós hatások és a közet relaxációs ideje miatt

nem tudjuk mérni, csak a későbbi időre vonatkozókat. Az összefüggésnek éppen az a jelentősége, hogy segítségével extrapolálni tudunk a o időpontra.

Ez az idealizált eset a gyakorlatban akkor valósul meg, amikor a rétegvastagság az elektródatávolságnak többszöröse.

Most áttérünk arra az esetre, mikor több különböző fajlagos ellenállású és polarizációs szuszceptibilitású réteg van.

Legelőször a határfeltételeket kell tisztáznunk. Legyen két szomszédos réteg fajlagos ellenállása ϱ_1 , ill. ϱ_2 polarizációs szuszceptibilitása pedig κ_1 és κ_2 . Ha polarizáció nem lép fel, azaz $\kappa_1 = \kappa_2 = 0$, az áramsűrűségek normális komponensei folytonosak:

$$\vec{j}_{01} - \vec{j}_{02} = 0$$

azaz

$$\frac{1}{\varrho_{01}} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial n} \right)_{01} - \frac{1}{\varrho_{02}} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial n} \right)_{02} = 0 \quad (7)$$

Polarizációnál már nem o a különbség, mivel

$$\vec{j}_1 = \vec{j}_{01}(1 + \kappa_1) \text{ és}$$

$$\vec{j}_2 = \vec{j}_{02}(1 + \kappa_2)$$

Tehát

$$\vec{j}_1 - \vec{j}_2 = (1 + \kappa_2)\vec{j}_{01} - (1 + \kappa_2)\vec{j}_{02} = \gamma$$

Az összevonás elvégezve:

$$\kappa_1 \vec{j}_{01} - \kappa_2 \vec{j}_{02} = \gamma$$

vagy más alakban

$$-\frac{\kappa_1}{\varrho_{01}} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial n} \right)_{01} + \frac{\kappa_2}{\varrho_{02}} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial n} \right)_{02} = \gamma$$

A κ_1 -re és κ_2 -re vonatkozó kifejezéseket behelyettesítve:

$$-\frac{1}{\varrho_{01}} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial n} \right)_{01} + \frac{1}{\varrho_1} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial n} \right)_{01} + \frac{1}{\varrho_{02}} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial n} \right)_{02} - \frac{1}{\varrho_2} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial n} \right)_{02} = \gamma$$

Az első és a harmadik tag összege a (7) szerint zérust ad, így

$$\frac{1}{\varrho_1} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial n} \right)_{01} - \frac{1}{\varrho_2} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial n} \right)_{02} = \gamma$$

Ez a kifejezés azonban ϱ_1 és ϱ_2 fajlagos ellenállású közegekre vonatkozóan 0 , azaz $\gamma=0$. Tehát a határfeltételek akkor teljesülnek, ha ϱ_{0n} helyett $\varrho_n = \frac{\varrho_{0n}}{1 - \kappa_n}$ értékkel számolunk, ahol az n index az n -ik rétegre vonatkozást jelenti.

1 – Többréteges problémánál is az (5)-ből indulunk ki. A számítások egyszerűsítése érdekében eltekintünk a geometriai feltételektől. Ekkor, ha nincs polarizáció:

$$\Phi_0 = \Phi_0(\varrho_{0n})$$

ha polarizáció lép fel:

$$\Phi = \Phi_0(\varrho_n)$$

Ha ezt a kifejezést a ϱ_{0n} helyen Taylor-sorba fejtjük és átalakításokat végzünk, meghatározhatjuk az eredő, vagyis a látszólagos κ polarizációs szuszceptibilitást, mint a látszólagos fajlagos ellenállás, valamint az egyes rétegek fajlagos ellenállásának függvényét:

$$\kappa_a = \frac{\Phi - \Phi_0}{\Phi} = \sum \kappa_n \frac{\partial \log \varrho_a}{\partial \log \varrho_{0n}} \quad (8)$$

Az összefüggésnek az a jelentősége, hogy lehetőséget nyújt elméleti görbesereg szerkesztésére. Összehasonlítva ezekkel a terepi mérési eredményeket, meghatározhatjuk a rétegek valódi polarizációs szuszceptibilitását, amelyből adott esetben nyersanyagok jelenlétére, vagy esetleg azok minőségére lehet következtetni.

Megjegyezzük, hogy az összefüggés annyira általános, hogy nemcsak rétegekre, hanem mindenféle geometriai alakzatra alkalmazható.

Példaképpen vizsgáljuk meg a következő esetet két réteg esetében. A felső réteg vastagsága legyen h , fajlagos ellenállása ϱ_1 , polarizációs szuszceptibilitása κ_1 , az alsó réteg legyen végtelen vastag, fajlagos ellenállása ϱ_2 , és polarizációs szuszceptibilitása κ_2 . Ekkor

$$\kappa_a = \kappa_1 \frac{\partial \log \varrho_a}{\partial \log \varrho_1} + \frac{\partial \log \varrho_a}{\partial \log \varrho_2}$$

Átalakítva

$$\frac{\kappa_a - \kappa_1}{\kappa_2 - \kappa_1} = \frac{\partial \log \varrho_a}{\partial \log \varrho_2} = \frac{\varrho_2}{\varrho_a} \frac{\partial \varrho_a}{\partial \varrho_2} \quad (9)$$

A felszíni ellenállásmérésből tudjuk, hogy Wenner-elrendezésnél a látszólagos fajlagos ellenállás:

$$\varrho_a = \varrho_1 \left[1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} Q^n \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 4n^2 b^2}} - \frac{1}{\sqrt{4 + 4n^2 b^2}} \right) \right]$$

ahol

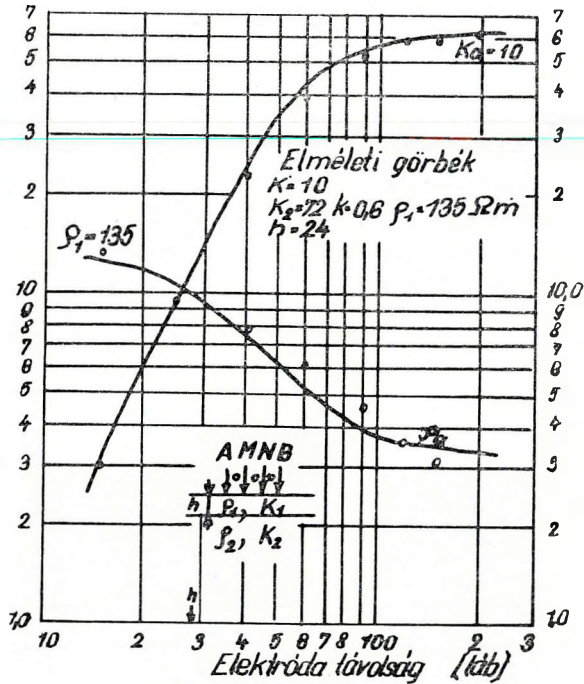
$$Q = \frac{\varrho_2 - \varrho_1}{\varrho_2 + \varrho_1} \text{ és } b = \frac{h}{a}$$

Ezt a (9)-be helyettesítve, megkapjuk a kétréteges görbesereg meghatározására szolgáló alakképletet:

$$\frac{\kappa_a - \kappa_1}{\kappa_2 - \kappa_1} = \frac{\varrho_1}{\varrho_a} (1 - Q^2) \sum_{n=1}^{\infty} n Q^{n-1} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 4n^2 b^2}} - \frac{1}{\sqrt{4 + 4n^2 b^2}} \right) \quad (10)$$

A 4. ábrán látható az κ_a elektródatávolság függvényében (a felső közeg nem gerjeszthető, azaz $\kappa_1=0$). Az ábrán a fajlagos ellenállást is feltüntettük.

Az 5. ábrán az első görbe olyan esetre vonatkozik, amikor csak az alsó réteg, a második pedig olyanra, amikor csak a felső réteg polarizálható. Nyil-



4. ábra. A polarizációs szuszceptibilitás (κ_a) ábrázolása az elektródatávolság (a) függvényében két réteg esetén (a felső közeg nem gerjeszthető, azaz $\kappa_0=0$).

Фиг. 4. Зависимость восприимчивости поляризации (κ_a) от разности электродов (a) при двухслойном строении среды (верхняя среда не возбуждается, следовательно $\kappa_0=0$).

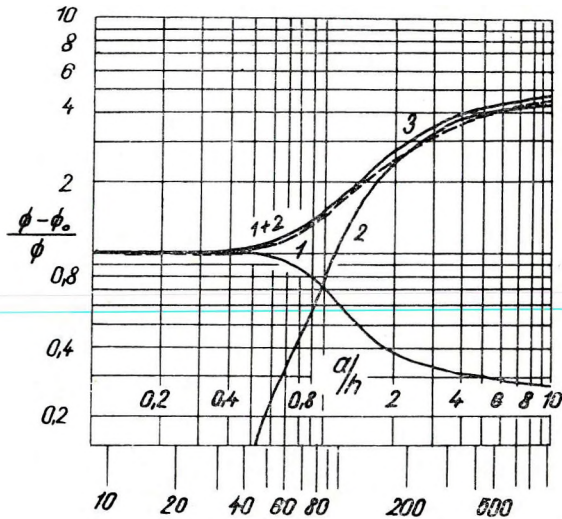
Fig. 4. The polarization susceptibility (κ_a) as a function of the electrode-spacing (a) in case of two media (the upper medium is not polarisable, i. e. $\kappa_0=0$)

vánvaló, hogy az együttes hatást a két görbe összege adja (3. görbe). A szaggatott görbe kísérleti eredmény, amely alátámasztja a számolások helyességét.

* * *

A módszert természetesen a mélyfúrási geofizikában lehet alkalmazni.

Röviden tekintsük át a fúrólyukban fellépő jelenségeket. Itt is a (8)-ból indulunk ki. Először a ρ fajlagos ellenállást kell meghatározni. Első lépésként eltekintünk az elárasztott zónától és feltételezzük, hogy a réteg végtelen vastagságú. Így kétréteges a probléma, s mivel hengersizmetrikus, hengerkoordináta rendszert használunk, amelynek Z tengelye a lyuk tengelyével



5. ábra. A kétrészes alapképletből számolt görbék; 1. görbe: csak az alsó réteg polarizálható; 2. görbe: csak a felső réteg polarizálható; 3. görbe: a két réteg együttes hatása, a szaggatott görbe kísérleti eredmény

Фиг. 5. Кривые, вычисленные из двухчастного уравнения; кривая 1 — поляризуется только нижний слой; кривая 2 — поляризуется только верхний слой; кривая 3 — суммарный эффект обоих слоев; пунктирная кривая — экспериментальные результаты.

Fig. 5. Curves computed of the basic-equation; Curve 1 = only the lower medium is polarisable; Curve 2 = only the upper medium is polarisable; Curve 3 = combined effect of both media. Dashed line curve = experimental result

esik egybe. A feladatunk az, hogy meghatározzuk a lyukban és a közegben fellépő potenciálokat (U_0, r, z, U_k, r, z). A következő feltételeket kell kielégíteni

1. $\Delta U = 0$

ahol $\bar{r} = \frac{r}{r_0}$

$\bar{z} = \frac{z}{z_0}$

$r_0 = \frac{d_0}{2}$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial \bar{r}^2} + \frac{1}{\bar{r}} \frac{\partial U}{\partial \bar{r}} + \frac{\partial^2 U}{\partial \bar{z}^2} = 0$$

d_0 a lyuk átmérője

2. $R = \sqrt{\bar{r}^2 + \bar{z}^2} \rightarrow \infty, U_0, U_k = 0$

3. Mivel az áramforrás helyén

$$U_0 \sqrt{\bar{r}^2 + \bar{z}^2} \rightarrow 0 = \frac{\varrho_0 I}{4\pi r} \frac{1}{\sqrt{\bar{r}^2 + \bar{z}^2}} = U_0, \text{ és ha } R \rightarrow 0, \frac{1}{R} \rightarrow \infty$$

U_0 -t a következő alakúnak kell venni:

$$U_0 = U'_0 + U_0^*$$

ahol U_0^* véges és konstans függvény; kielégíti a Laplace-összefüggést a lyuk minden pontjában; a végtelen távoli pontokban 0 lesz.

4. A határfeltételek:

$$\text{a) } (U_b)_{\bar{r}=1} = (U_k)_{\bar{r}=1}$$

$$\text{b) } \frac{1}{\varrho_0} \left(\frac{\partial U_0}{\partial \bar{r}} \right)_{\bar{r}=1} = \frac{1}{\varrho_k} \left(\frac{\partial U_k}{\partial \bar{r}} \right)_{\bar{r}=1}$$

ahol ϱ_0 az izsap, ϱ_k a közeg fajlagos ellenállása.

5. A potenciál az áramforrás helyén a lyuk tengelyére merőlegesen áthaladó síkra vonatkozólag nem függ Z előjelétől.

A (11) differenciálegyenlet megoldása a következő:

$$U = \int_0^{\infty} A(m) I_0(mr) \cos m\bar{z} dm + \int_0^{\infty} B(m) K_0(mr) \cos m\bar{z} dm \quad (12)$$

ahol $A(m)$ és $B(m)$ együtthatók $I_0(m, r)$, $K_0(m, r)$ 0 rendű első és másodfajú módosított Bessel-függvények, az m paraméter pedig az egyenlet Fourier-módszerrel való megoldásával adódott. Az egyes feltételek figyelembevételével kiszámíthatók az együtthatók. A potenciálra és a fajlagos ellenállásra vonatkozó összefüggés alapján pedig meghatározható a látszólagos fajlagos ellenállás a Z tengelyen fekvő pontokban.

$$\varrho_a = \varrho_0 \left(1 + \frac{2\bar{L}}{\pi} \int_0^{\infty} C_0(m) \cos m\bar{L} dm \right)$$

$$\text{ahol } C_0(m) = \frac{2\pi^2 r}{\varrho_0 I} A_0(m) = \frac{(\varrho_0 - \varrho_k) \varkappa_0(m) \varkappa_1(m)}{\left[(\varrho_k - \varrho_0) I_1(m) \varkappa_0(m) + \frac{\varrho_0}{m} \right]} \quad (13)$$

Itt L a szondahossz és $\bar{L} = L/r_0$

A következőkben használjuk fel a kétréteges esetre vonatkozó α_a kifejezést:

$$\frac{\alpha_a - \alpha_0}{\alpha_k - \alpha_0} = \frac{\partial \log \varrho_a}{\partial \log \varrho_k} = \frac{\varrho_k}{\varrho_a} \frac{d\varrho_a}{d\varrho_k}$$

Elvégezve a differenciálást:

$$\frac{\alpha_a - \alpha_0}{\alpha_k - \alpha_0} = \frac{2\bar{L} \varrho_0 \varrho_k}{\pi \varrho_a} \int_0^\infty Q(m) \cos m\bar{L} dm,$$

ahol $Q_3(m) = \frac{\partial C_0(m)}{\partial \varrho_k} = \frac{\frac{\varrho_0}{m} \alpha_0(m) \alpha_1(m)}{\left[(\varrho_k - \varrho_0) I_1(m) K_0(m) + \frac{\varrho_0}{m} \right]^2}$ (14)

A feladat az integrál alatti kifejezés meghatározása. Ezt legkönnyebben úgy lehet megoldani, ha az integrált véges határu integrálok végtelen összegévé alakítjuk át, az egyes tagok alatti területek numerikusan meghatározzuk és megfelelően sok tagot összegezzük. Így a (14) az alábbi alakú lesz:

$$\frac{\alpha_a - \alpha_0}{\alpha_k - \alpha_0} = \frac{\varrho_0 - \varrho_k}{\varrho_a} \left\{ \frac{2\bar{L}}{\pi} \int_0^{2\pi} \sum_{k=0}^\infty \left[Q_0^* \left(\frac{2k\pi}{\bar{L}} + m \right) - Q_0^* \left(\frac{2k+1}{\bar{L}} \pi - m \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + Q_0^* \left(\frac{2k+1}{\bar{L}} \pi + m \right) + Q_0^* \left(\frac{2k+2}{\bar{L}} \pi + m \right) \cos m\bar{L} dm + \frac{2}{\pi} \frac{1}{\varrho_0} Si(m_0 \bar{L}) \right] \right\}$$

($C_0^*[m]$ jelentése a következő: $C_0^*[m] = C_0[m] + \varphi_0[m]$ véges és állandó függvény m -nek 0 -tól m_0 -ig terjedő értékeire, ahol m_0 egy olyan tetszőleges m érték, amelyre $C_0[m]$ még véges; $m > m_0$ -ra $\varphi_0[m] = 0$).

Vizsgáljuk meg a kifejezést. Ha végtelen kis szondát veszünk, azaz $\bar{L} \rightarrow 0$, kifejezés jobboldala zérus, így a látszólagos polarizáció szuszceptibilitás az iszap α_0 polarizációs szuszceptibilitásával egyenlő.

Ha a szondahossz végtelenül nagy, akkor a közeg polarizációs szuszceptibilitásához tart. Így ha α_a -t a szondahossz függvényében ábrázoljuk, ugyanolyan menetű görbét kapunk, mint amilyen már az előzőkben kétrétegre vonatkozólag bemutattunk.

Ha ugyancsak végtelen réteget tételezzük fel, de az elárasztott zónát is figyelembe vesszük, ún. háromréteges problémát kell megoldanunk. Az előző esethez képest csak a határfeltételek módosulnak:

$$a) (U_0)_{r=1} = (U_{e,z})_{F=1} \\ (U_{e,z})_{F=\frac{r_{e,z}}{r_0} = r_{e,z}} = (U_k)_{r=r_{e,z}}$$

$$\text{b) } \left(\frac{1}{\varrho_0} \frac{\partial U_0}{\partial \bar{r}} \right)_{\bar{r}=1} = \left(\frac{1}{\varrho_{e.z.}} \frac{\partial U_{e.z.}}{\partial \bar{r}} \right)_{\bar{r}=1}$$

$$\left(\frac{1}{\varrho_{e.z.}} \frac{\partial U_{e.z.}}{\partial \bar{r}} \right)_{\bar{r}=\bar{r}_{e.z.}} = \left(\frac{1}{\varrho_k} \frac{\partial U_k}{\partial \bar{r}} \right)_{\bar{r}=\bar{r}_{e.z.}}$$

Itt $U_{e.z.}$ az elárasztott zóna potenciálja, $\varrho_{e.z.}$ pedig ugyanennek a fajlagos ellenállása. A potenciálra vonatkozó kifejezés hasonló alakú lesz, mint az előző esetben. Felírjuk a potenciált az egyes közegekre, és a feltételek figyelembevételével meghatározzuk az együtthatókat. Ezután a fajlagos ellenállást számoljuk ki. Itt a $C_0[m]$ -nek megfelelő együtthatók ($\bar{C}_0[m]$) már sokkal bonyolultabb kifejezés lesz, két negyedrendű determináns hányadosa. Most is alkalmazzuk a κ_a -ra vonatkozó kifejezést! Ebben az esetben

$$\frac{\kappa_a - \kappa_0}{\kappa_k - \kappa_{e.z.} + \kappa_0} = \frac{\partial \log \varrho_a}{\partial \log \varrho_k} = \frac{\varrho_0 \varrho_k}{\varrho_a} \int_0^{\infty} R_0[m] \cos m \bar{L} dm,$$

$$\text{ahol } R_c[m] = \frac{\partial c_0[m]}{\partial \varrho_k}.$$

Az így idealizált eset a gyakorlatban akkor érvényes, ha a rétegvastagság néhányszorosa a szondahossznak. Ez nem gyakori eset, s így beszélnünk kell a véges vastagságú rétegek előfordulásáról is. Az ezzel kapcsolatos számolások igen bonyolultak, ezért csak az alapelvet ismertetjük. Az elméleti számításokat úgy végezzük, hogy a végtelen rétegre kapott potenciáeloszlásból indulunk ki és erre az elektromos tükörképek elméletét alkalmazzuk.

Áttekintésünk során ismertettük azokat az alapképleteket, amelyekkel az elméleti görbeseregek kiszámíthatók. Látható, hogy ezek meghatározása igen nagy munkát jelent, ha azonban a látszólagos polarizációs szuszceptibilitásra vonatkozó (8) képletet tekintjük, igen egyszerű módszer kínálkozik a kérdéses görbeseregek meghatározására. Egyszerűen numerikusan kell differenciálni a fajlagos ellenállásméréshez rendelkezésre álló görbeseregeket. Ezt a műveletet azonban laboratóriumi és terepi kísérletsorozatnak kell megelőznie, hogy meghatározhassuk az egyes paraméterek ténylegesen előforduló értékeit.

A bevezetőben utaltunk arra, hogy a gerjesztett potenciál létezését már a 20-as évektől ismerik, a jelenség mégis csak az 50-es évek második felében vált a terepi gyakorlatban is használatos módszerré, sőt fejlesztésével most is foglalkoznak. Ez azzal magyarázható, hogy megfelelő mérési módszert és berendezést csak akkor lehet kidolgozni, ha a jelenség fizikáját a lehető legjobban megismerjük, ami komoly elméleti megfontolásokat kíván. A módszer még szélesebbkörű alkalmazása céljából a különböző anyagoknál fellépő polarizáció tulajdonságait, okait kell behatóan vizsgálni fizikai és kémiai úton. Komoly laboratóriumi kísérletsorozatokat kell végrehajtani, amelyek egyrészt az elméleti eredményeket támasztják alá, másrészt újabb lépésekhez adnak kiindulási pontot. Így a módszer hasznos eszköze lehet a nyersanyagkutatásnak.

IRODALOM

- D. F. BLEIL 1953. A Method of Geophysical Prospecting *Geophysics* 18 no 3 636. o. USA
- BOD MAGDOLNA, ERKEL ANDRÁS 1956. A gerjesztett potenciál mérések eredményeinek kiértékelése, tekintettel a laboratóriumi vizsgálatokra. *Geofizikai Közlemények* V. köt. 1. sz. Budapest
- V. N. DACHNOV 1959. *Promislovaja Geophysica*.
- R. H. FRISCHE and H. VON BUTTLAR 1957. A Theoretical Study of Induced Polarization *Geophysics* 22. no 3 668. o. USA
- D. J. MARCHALL and T. R. MADDEN 1959. I. P., A Study of Its Causes *Geophysics* 24. no 4. 790. o. USA.
- Overvoltage Research and *Geophys. Apl.* 1959. International Series of Monographs on Earth Sciences 4. köt. London, New York, Paris.
- V. VACQUER, Ch. R. HOLMES, P. R. KITZINGER and M. LAVERGE 1957. Prospecting for Ground Water by Induced Electrical Polarization *Geophysics* 22. no. 3. 660. o. USA

ФАЧИНАИ Л. — БАГИ Р.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРОДОЛЖЕНИЯ
И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ
В ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКЕ

Использование результатов комплексных методов геофизической разведки дает более достоверные данные для применения метода аналитических продолжений. Общеизвестные приемы вычислений требуют довольно много времени. Значительное ускорение интерпретации достигается при использовании формул, предложенных Л. Константинеску и Р. Ботезату.

Исследования вышеуказанных авторов дополняются в настоящей работе с исследованиями аномалий для случая, когда геологическое возмущающее тело заменяется геометрическим телом призматической формы. Метод аналитического продолжения в нижнее полупространство анализируется и для специального случая, когда поверхность возмущающей массы нарушена сбросами. Выявлено, что максимумы продолженных вниз градиентов уверенно определяют место сбросов. Формулы Константинеску и Ботезату были использованы и для продолжения градиентов при наличии ступенчатых структур. Эффективность интерпретации подтверждается практическим примером.

Также практическим примером иллюстрируется применение аналитического продолжения для вычисления глубины залегания границы раздела возмущающего тела для районов, по которым имеется достаточное количество буровых данных и данных других геофизических работ.

Показано, что метод аналитического продолжения позволяет вычислить и изменение глубины залегания поверхности Мохоровичича.

L. FACSINAY — R. BAGI

DIE UNTERSUCHUNGEN DER ANALYTISCHEN FORSETZUNGSMETHODEN
UND DIE MÖGLICHKEITEN IHRER PRAKTISCHEN ANWENDUNG IN
DER GRAVITATIONSFORSCHUNGEN

Die Verfasser des Aufsatzes untersuchen die Anwendbarkeit der Methodik der analytischen Fortsetzungen aus praktischen Gesichtspunkten. Sie stellen fest, dass das Verfahren sich besonders zur genauen Nachweisung von Verwerfern eignet, sie weisen aber auch auf die Grenzen seiner Anwendbarkeit hin. Von den in der Literatur bekannten Verfahren befassen sich die Verfasser ausführlich mit der Constantinescu — Botezatu-Methodik.

AZ ANALITIKUS FOLYTATÁSOK MÓDSZERÉNEK VIZSGÁLATA
ÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI
A GRAVITÁCIÓS KUTATÁSBAN

FACSINAY LÁSZLÓ — BAGI RÓBERT

A potenciál magasabb deriváltjainak alkalmazása a gravitációs anomáliák korszerű értelmezésének gyakorlati eszközévé vált. PETERS 1949-ben átfogó tanulmányban ismertette a magasabb deriváltak elméleti és gyakorlati alapjait, ugyanakkor az analitikus folytatások módszerének alkalmazási lehető-

ségeit is kifejtette. Azóta számos tanulmány foglalkozott ezzel a kérdéssel: több formulát vezettek le a gyakorlati felhasználás céljára, megvizsgálták a magasabb deriváltak anomáliáinak tulajdonságait s ezzel párhuzamosan folyik az analitikus folytatások elméleti vizsgálata is.

Amíg azonban ma már el sem képzelhető a gravitációs értelmezés a Bouguer-anomáliák és a magasabb derivált anomáliák együttes kiértékelése nélkül, az analitikus folytatás módszereinek gyakorlati felhasználására kevés utalást találunk a szakirodalomban.

Ennek egyik oka az, hogy a számítási eljárások nem olyan egyszerűek, mint a magasabb deriváltak esetében, sőt, meglehetősen körülményesek; másik oka az, hogy az analitikusan lefelé folytatott anomáliák kevesebbet mondanak, mint a magasabb deriváltak anomáliái a szerkezetek lokális elhelyezkedéséről. A lefelé folytatás módszerei kisebb felbontóképességűek, mint a magasabb deriváltaké, ezt Henderson (1960) elméleti példákon szemléltetően is bemutatta.

MALOVICKO (1956) részletesen vizsgálta az analitikus folytatások módszerét és megállapította, hogy a gravitációs anomáliák kvantitatív kiértékelése az analitikusan lefelé folytatott anomáliák segítségével lehetséges. A kvantitatív kiértékelés egyik fontos feladata, hogy az anomáliák menetéből a ható határfelületének mélységi lefutását ábrázolhassuk. Ez, bizonyos feltételek mellett, lehetséges analitikusan lefelé folytatott anomáliák segítségével.

Egyik fontos gyakorlati feltétel, hogy akkor végezzük a kvantitatív kiértékelést, amikor már a ható mélységről, a sűrűség-viszonyokról tájékoztató jellegű információink vannak.

Másik feltétel az esetleges regionális hatások kiküszöbölése. Ennek meghatározására jó módszer PRAKASH (1961) szerint, hogy a lefelé folytatott anomáliákból kivonjuk az észlelt Bouguer-anomáliákat. Prakash bebizonyítja, hogy az ilyen módon számított anomáliák a lokális szerkezeteknek legjobban megfelelő maradék anomáliák.

Nyilvánvaló, hogy az analitikusan lefelé folytatott anomáliák felhasználása a gravitációs anomáliák kvantitatív kiértékelésében hasznos adatokat szolgáltat a földtani szerkezetkutatásokhoz.

RENNER (1962) a MALOVICKO által ajánlott módszerekkel már megvizsgálta ismert földtani szerkezeteken az analitikus folytatások módszerét és a ható felszínének számítását. Ez az első kísérlet is mutatta, hogy a földtanilag ismert mélységi adatok és a lefelé folytatott gravitációs anomáliákból számított mélységek jól egyeznek.

A módszer gyakorlati alkalmazásának kibővítésével azonban csak akkor kezdtünk foglalkozni, amikor a CONSTANTINESCU és BOTEZATU (1961) által kidolgozott formulákat és annak előnyeit megismertük.

A formulák közül a négyszögű ponthálózatra vonatkozó képletet használtuk fel, amelynek általános alakja a következő:

$$F(-md) = a_m F(0) + b_m \sum_{i=1}^4 F_i(d) + c_m \sum_{i=1}^4 F_i(d\sqrt{2}) \quad (1)$$

ahol $F(-md)$ az F mező értéke md mélységben,
 $F(0)$ az F mező értéke a d oldalhosszúságú négyzetes kiolvasó
 rács középpontjában,
 $F_i(d)$ az F mező értéke a négyzetes kiolvasórács oldalfelezőjé-
 ben,
 $F_i(d\sqrt{2})$ az F mező értéke a rács csúcsain,
 a_m, b_m és c_m a képlet numerikus együtthatói.

A Constantinescu – Botezatu-féle formulának nagy előnye, hogy a számítási eljárás lényegesen egyszerűbb a többi formulához képest. Ugyanakkor a két körön és a középpontban kiolvasott értékekből közvetlenül számítható a HENDERSON és ZIETZ, vagy a HAALCK-féle (1953) formulával a potenciál magasabb deriváltjának értéke is és ezeknek anomáliái az analitikusan lefelé folytatott anomáliák értékeivel együttesen értelmezhetők. Kisebb területre egyszerű kézi számológéppel aránylag rövid idő alatt elvégezhető a különböző anomáliák számítása; nagyobb területre pedig már felhasználtuk a nagyteljesítményű számítógépeket is a különböző mélységekre lefolytatott anomáliák és a magasabb derivált anomáliák bármelyikének kiszámítására.

Tanulmányunkban elsősorban azokat az eredményeket ismertetjük, amelyek különböző gravitációs értelmezési problémáknál merültek fel a ható határfelületnek meghatározására vonatkozóan, s amelyeket a Constantinescu – Botezatu-formula alkalmazásával az analitikusan lefelé folytatott anomáliák segítségével oldottunk meg.

CONSTANTINESCU és BOTEZATU elméletileg részletesen megvizsgálták formulájuk pontosságát. Mi kiegészítettük a vizsgálatokat a kétdimenziós derékszögű hasáb alakú hatóval is, ugyanis gyakran kell ilyen alakzattal helyettesíteni földtani szerkezeti formákat.

A felvett hasábok tetőmélysége: $t_1 = 0,5$ km,
 talpmélysége: $t_2 = 1,5$ km,
 félszélessége: $b = 0,5, 1,5, 3, 4$ km.

Az 1. ábra* mutatja a különböző szélességű hasábok anomáliáinak menetét az észlelés síkjának szelvényében s a különböző mélységekre való lefelé folytatás anomáliáit $d = t_1 = 0,5$ km-nél. A különböző m -ekhez tartozó anomáliákat más-más vonallal jelöltük.

A 2. ábrán* a lefelé folytatás számításához $d = 2t_1 = 1$ km távolságot és az $m = 1, 1,5$ értékeket választottuk.

Mindkét ábrából az tűnik ki, hogy minél inkább a ható teteje alá folytatunk, annál nagyobb lesz a negatív értékek felé való eltolódás és az anomália-görbe oszcillálása. Az anomália-görbék egy pontban metszik egymást; ez a pont a görbék inflexiók pontja.

Minél szélesebb a test, annál nagyobb a görbe oszcillációja az inflexiók pont feletti szakaszban is, az oszcilláció a tetőnél nagyobb mélységbe folytatott anomáliáknál erősödik, a tetőre folytatott anomália lefutása még szabályos. Ez a jellegzetesség némi felvilágosítást adhat a tető mélységére; ha több mélységgel próbálkozunk a lefelé folytatás számításánál, akkor a sima lefutású anomáliák még a tető fölötti mélységre mutatnak.

* Az 1. és 2. ábrát 1. a mellékleteknél.

A 3. ábrán* a hasábok anomália értékét arra az esetre számoltuk ki, amikor a hasáb teteje egybeesik az észlelési síkkal; ez tehát a tetőszintjének anomáliája. Kiszámítottuk az eredeti anomália-görbéből a tetőszintjének anomália értékeit a Constantinescu – Botezatu-módszerrel is az $md = 2 \cdot 0,25 = 0,5$ és az $md = 1 \cdot 0,5 = 0,5$ kombinációban. Mint látható, az $md = 1 \cdot 0,5$ fedí legjobban az elméleti görbét. Ebből az következik, hogy az elméleti görbét akkor közelítjük meg legjobban, ha a d sugár egyenlő a tető mélységével.

A gyakorlatban sokszor találkozunk töréses, vagy töréses rendszerekből álló szerkezetekkel, gyakran kutatási feladat a töréses szerkezetek kimutatása. Közelebb jutunk-e az analitikus lefelé folytatás módszerének alkalmazásával a töréses szerkezet megismeréséhez?

Ha azokat a hasábokat vesszük figyelembe, ahol a b félszélesség többszöröse a ható középmezőlységének, tehát félvégtelen töréses szerkezetnek tekinthető, akkor a számított anomáliákból kitűnik, hogy a

$$\frac{\Delta g}{2\pi f\sigma} = h \quad (2)$$

(ahol Δg a teljes anomália,
 h a vető magassága)

általános formula annál az anomáliánál ad legjobb közelítést, amelyet a tetőszintjére számítottunk.

A határfelület számítása olyan felületeknél, amelyek erősen megtörték, átlagoló eredményre vezet, erre már Malovicsko is rámutatott: ilyenkor a számított felület nem követi az éleket, hanem átlagolja azokat.

A töréses rendszerek kutatása fontos feladat és ennek a feladatnak gravitációs úton való megoldására törekedve, olyan módszert találtunk, amely kielégítő megoldást ad és a gyakorlatban igazolódott.

Ismeretes, hogy törések meghatározására Eötvös-inga mérések igen jól felhasználhatók. Lépcsős töréses rendszerek kvalitatív kimutatására szép példát is ismerünk BEIN (1961) közléséből, olyan területen, ahol az Eötvös-inga szelvények mentén sűrűn telepített állomások vannak. Ha azonban a lépcsős rendszer mélyen van, a vetőmagasságok kicsik, vagy ha a vetők közel vannak egymáshoz, az észlelt gradiensgörbékben csak a felszínhez legközelebb fekvő törésnek megfelelő gradiensmaximum mutatkozik. Ez a helyzet látható a 4. ábra* jobb oldalán bemutatott feltételezett lépcsős szerkezet felett kialakult a különböző lépcsők gradiensgörbéiből összeadó gradiensgörbén. Ha a Constantinescu – Botezatu-eljárással kiszámítjuk a lefelé folytatott gradiensgörbéket, akkor az ábra bal oldalán látható képet kapjuk: a törések éle felett megjelennek a maximális gradiensek.

Behatóan vizsgáltuk elméletileg különböző formájú lépcsős töréses rendszerek lefelé folytatott gradiensgörbéinek viselkedését és a Constantinescu – Botezatu-módszert összehasonlítottuk a RAINBOY (1933) módszerrel is. A Constantinescu – Botezatu-módszer jobb feloldó képességű és az elméleti értékeket is jobban közelíti meg. A ható határfelülete is számítható a lefelé folytatott gradiensgörbéből: a határfelület valóban nem követi híven a töréses felületet, de a töréseknél erősebb dőlés mutatkozik. A maximális gradiensek viszont jól mutatják a törés helyét.

* A 3. és 4. ábrát l. a mellékleteknél.

A gyakorlatban az elmúlt évben alkalmaztuk a módszert, olyan területen, ahol komplex geofizikai kutatások folytak. A refrakciós, reflexiós szeizmikus, tellurikus és mágneses mérések mellett a szeizmikus szelvények mentén 300 m-es állomásközökkel Eötvös-inga méréseket végeztünk. Egy előzetesen már ismert nagy gravitációs maximumvonulaton folytak a mérések. A maximum feltehetően mészkő vagy dolomitból álló medencealjzat bérceinek felel meg, melynek déli oldala erősen töredezett. Az Eötvös-inga mérések gradiensgörbéit a tetőmélységre folytattuk le. A szelvények mentén lefelé folytatott gradiensmaximumokból a töréses rendszer összefüggéseit ábrázolhatjuk. A ható számított mélységi adatai a szeizmikus szelvényekkel jól egyeznek.

A mélységi adatokat a Malovicso által leírt szakaszos módszerrel számítottuk ki a következő képlettel:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{1}{2\pi f \Delta\sigma} V_{xz}(xz_0) \quad (3)$$

Esetünkben a $\Delta\sigma$ sűrűségkülönbség $0,5 \text{ g/cm}^3$ volt, ezt az értéket a szeizmikus szelvények mélységkülönbségeiből számoltuk vissza.

Egy különösen jellegzetes szelvényt mutatunk be. A szelvényen látható a lefelé folytatásból származó, a határfelület erősen dőlt részei felett jelentkező, jól szétvált gradiensmaximum (5. ábra).*

További példákkal illusztráljuk a lefelé folytatás gyakorlati alkalmazását egy kb. 700 m. tetőmélységű, vetődésekkel szabdaltszerű szerkezeten és egy felszínhez közellevő (25–50 m) szerkezeten keresztül fektetett szelvények mentén történt számítással. Elvégeztük a mélységi lefutás számítását egy olyan szelvény mentén is, amely egy gravitációs maximumtól egy jelentős gravitációs minimumig tart. Ezekben az esetekben Bouguer-anomáliákból indultunk ki.

A gravitációs maximummal jelzett szerkezeten keresztül nyolc, ill. ezekből Ny-ra, ahol a mezozoós alépitmény már kb. 2000 m körüli mélységbe szakadt – egy szelvényt jelöltünk ki. A szelvényeket úgy vezettük, hogy egy szelvény legalább két mélyfúráson haladjon keresztül.

A szerkezet tetejére történő lefelé folytatásnál a legkisebb, 700 m-es mélységet véve alapul, $m=1,5$ -hez tartozó szorzótényezőt használva, $d=0,7 \text{ km}/1,5 = 0,466 \text{ km}$ oldalhosszúságú négyzetes hálót szerkesztettünk, amelynek segítségével a szelvények mentén 500 méterenként végeztük el a kiolvasásokat.

A málban kapott lefelé folytatott értékekből a már ismertetett összefüggés segítségével mélységváltozást számítottunk. A mélységváltozás-értékekből – az egyes szelvényeken belül abból a mélyfúrásból kiindulva, ahol a legkisebb mélységben érték aljzatot – meghatároztuk az illető szelvény pontjaiban és természetesen a szelvényben levő többi mélyfúrásban is – az aljzat mélységét.

A mélységszámítást $\Delta\sigma=0,3, 0,4, 0,5 \text{ g/cm}^3$ feltételezett sűrűségkülönbséggel végeztük. Ily módon lehetőséget kaptunk, hogy összehasonlíthassuk a mélyfúrásból kapott és a számított aljzat mélységet.

* Az 5. ábrát l. a mellékleteknél.

Az előbb jelzett szerkezetre vonatkozó eredményeinket az I. táblázatban közöljük. A táblázatban szerepel:

1. A szelvény száma,
2. A fúrás megjelölése,
3. A fúrásból megadott mélység (méterben),
4. A lefelé folytatás mélysége (méterben),
5. A mélységszámításnál alkalmazott sűrűségkülönbség.
6. Számított mélység (méterben).
7. A megadott és számított mélységek közötti különbség a megadott mélység százalékában kifejezve.
8. Megjegyzési rovat.

Az I. szelvénynél a kiindulási alap az „A” fúrás, ahol 700 m-ben érték el a mezozoós kőzeteket. Kontrollpontként a „B” és „C” fúrás szolgált. Mindkét fúrásra vonatkozóan 700 m körüli értéket kaptunk a számításból; ez 33, ill. 25%-os eltérést jelent. Meg kell jegyezni azonban, hogy mind a „B”, mind a „C” fúrás fúrási szelvényében 650–950 m-ig bizonytalanság mutatkozik a harántolt képződmények korát illetően. Feltételezhető, hogy mindkét fúrásban 700 m körül számottevő sűrűségváltozás áll fenn; ezt jelzi a számított mélységérték.

A II. szelvényben a „D” fúrásból kiindulva 9% eltéréssel kaptuk meg a „B” fúrásra vonatkozó, I. szelvényből számított mélységértéket. A szintén a II. szelvényben levő „E” fúrás nem érte el az aljzatot, a százalékszámítás 850 m-es feltételezett aljzat mélységre vonatkozik. Ugyanez áll fenn a IV. szelvény „F” fúrására is, ahol a mezozoikum kezdetét 700 m-ben tételeztük fel.

A III. és V. szelvényben az „A”, ill. a „D” fúrásból kiindulva a „G” fúrásra számítottunk mélységértéket; mindkét esetben a valódi és számított mélység közötti megegyezés igen jónak mondható (9, ill. 0,1%).

A VI. szelvényben ismét az aljzatot el nem érő „E” fúrásra vonatkozóan számítottunk ellenőrző mélységet; a „G” fúrásból kiindulva számított érték igen jól egyezik azzal az értékkel, amit a II. szelvényben kaptunk az „E”-re a „D”-ből kiindulva.

A VII. szelvényben a „C”-re számított mélységérték kb. 9–10%-ra egyezik az ugyancsak erre a fúrásra, az I. szelvényből számított értékkel.

A VIII. szelvényben levő „H” fúrás nem érte el a mezozoikumot, de a számított érték elfogadhatónak mondható.

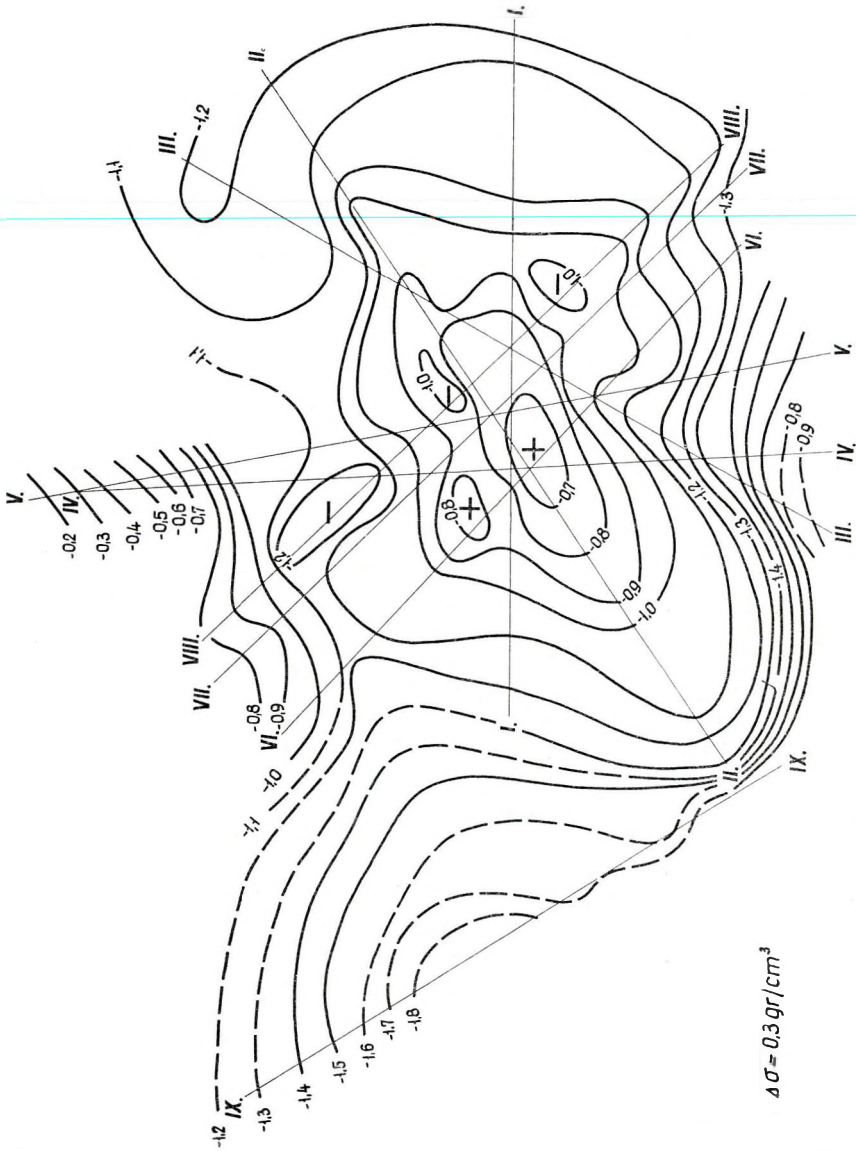
A IX. szelvénynél a lefelé folytatást 700, 1000, 1500 méterre végeztük el. A valóságnak legjobban megfelelő értéket az 1500 m-re lefelé folytatva kaptuk, ami érthető is, hiszen az aljzat itt már jóval mélyebben van. A számított és valódi mélység jó egyezést mutat.

Az I–VIII. szelvénynél – az I. táblázatból kiolvashatóan – akkor kaptunk a mélyfúrásokból megállapított mélységekhez közelebb eső értékeket, ha a számítást nagyobb sűrűségkülönbséggel végeztük. A IX. szelvénynél fordított a helyzet. Megállapítható tehát, hogy ezzel a módszerrel – ha a számított mélység ellenőrzésére a szelvény néhány pontján a lehetőség megvan – bizonyos tájékozódást nyerhetünk a kutatott terület sűrűségi viszonyaira is.

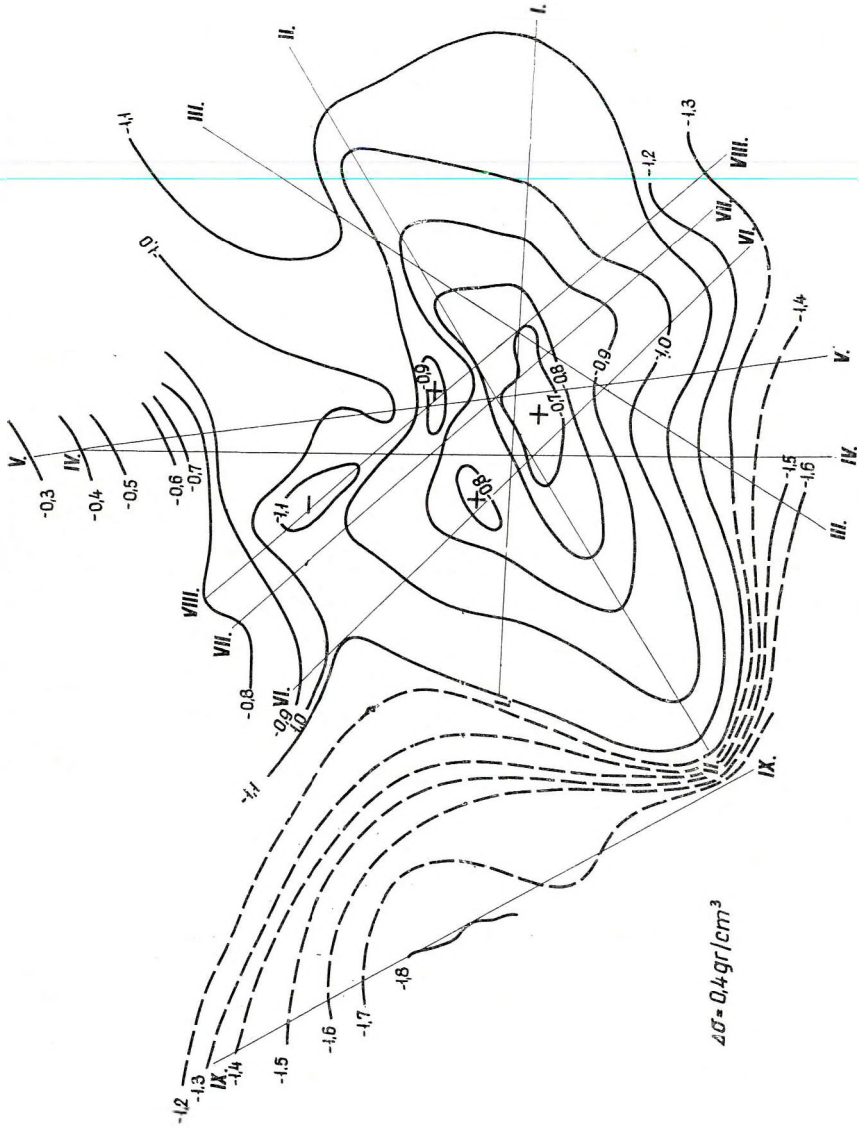
I. táblázat

Gravitációs maximumon keresztül fektetett szelvények mentén, lefelé folytatás segítségével végzett mélységszámítások eredményei

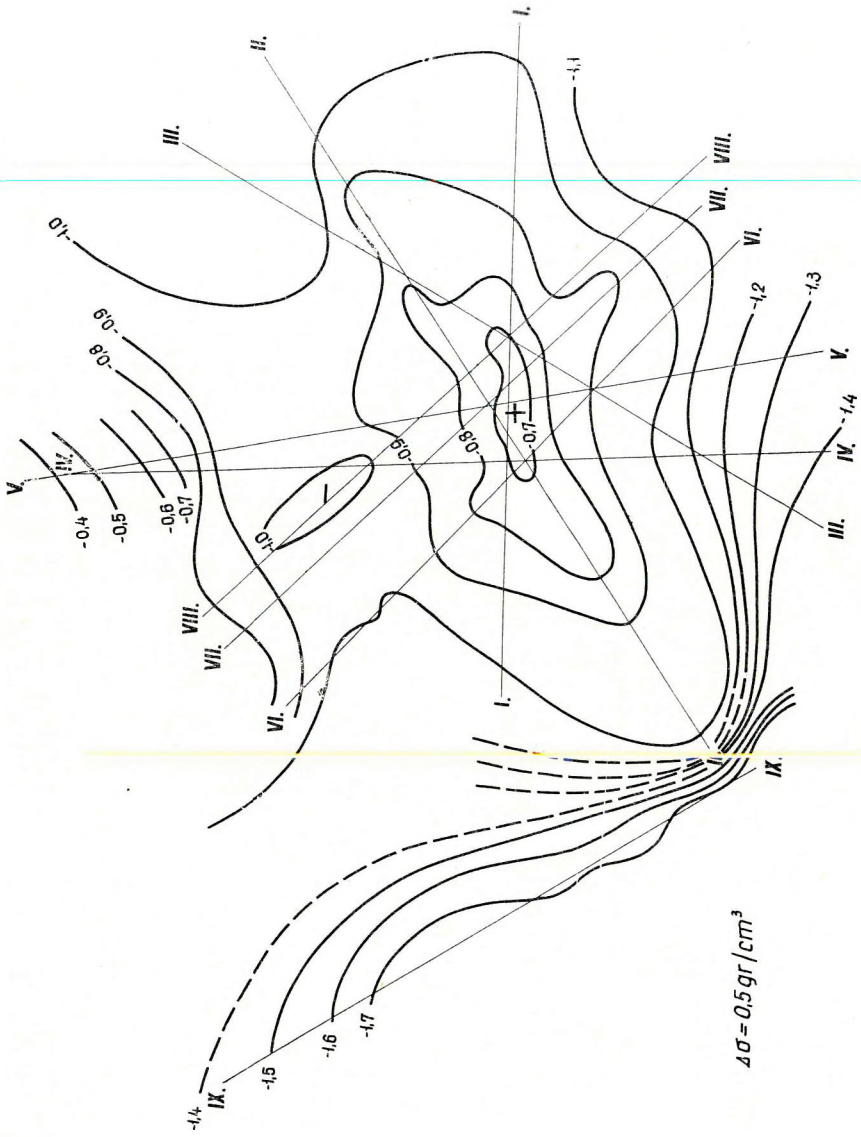
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
I.	„B“	1036	700	0,3	686	34	A fúrási szelvény 700 – 1000 m-ig bizonytalan
				0,4	690	33	
				0,5	692	33	
II.	„C“	942	700	0,3	706	25	A fúrási szelvény 650 – 950 m-ig bizonytalan
				0,4	705	25	
				0,5	703	25	
II.	„B“	1036	700	0,3	558	46	I. I. szelvényt
				0,4	595	43	
				0,5	617	40	
II.	„E“	710 alatt	700	0,3	624	27	Nem ért alapítményt. A %-számítás 850 m feltételezett mélységre vonatkozik.
				0,4	645	24	
				0,5	662	22	
III.	„G“	824	700	0,3	1033	25	
				0,4	950	15	
				0,5	900	9	
IV.	„F“	594 alatt	700	0,3	531	24	Nem ért alapítményt. A %-számítás 700 m feltételezett mélységre vonatkozik.
				0,4	610	13	
				0,5	658	6	
V.	„G“	824	700	0,3	905	10	
				0,4	855	4	
				0,5	825	0,1	
VI.	„E“	710 alatt	700	0,3	543	36	I. II. szelvényt
				0,4	614	28	
				0,5	656	23	
VII.	„C“	942	700	0,3	578	39	I. I. szelvényt
				0,4	610	35	
				0,5	628	33	
VIII.	„H“	776 alatt	700	0,3	996	11	Nem ért alapítményt. A számítás 900 m-re vonatkozik
				0,4	922	2	
				0,5	878	2	
IX.	„J“	2040	700	0,3	1810	11	
				0,4	1779	13	
				0,5	1760	14	
			1000	0,3	1832	10	
				0,4	1795	12	
				0,5	1773	13	
			1500	0,3	1971	3	
				0,4	1899	7	
				0,5	1856	9	



6. ábra.



7. ábra.



8. ábra.

Az egyes szelvények mentén, különböző sűrűségkülönbséggel számított mélységadatokból mélységtérképeket szerkesztettünk. A 6., 7., 8. ábrán látható a $\Delta\sigma = 0,3, 0,4, 0,5 \text{ g/cm}^3$ sűrűségkülönbség figyelembevételével számított értékekből szerkesztett mélységtérkép. Az azonos mélységértékeket összekötő vonalakat 100 m-enként szerkesztettük meg. Mindhárom térképből kitűnik, hogy a szerkezet bonyolult. (A 6., 7., 8., 9., 10., 11. ábrán a római számok a szelvényeket jelzik.)

Az előzőekben jelzett kismélységű szerkezet jellemzője, hogy a triász korú képződmények a felszínhez közel helyezkednek el. Ezt a tényt a három szelvény mentén végzett lefelé folytatás eredményeiből számított mélységtérképek megfelelően szemléltetik. A területre vonatkozó adatokat a II. táblázatban foglaltuk össze.

II. táblázat

Kis mélységű szerkezet feletti szelvények mentén, lefelé folytatás segítségével végzett mélységszámítások eredményei

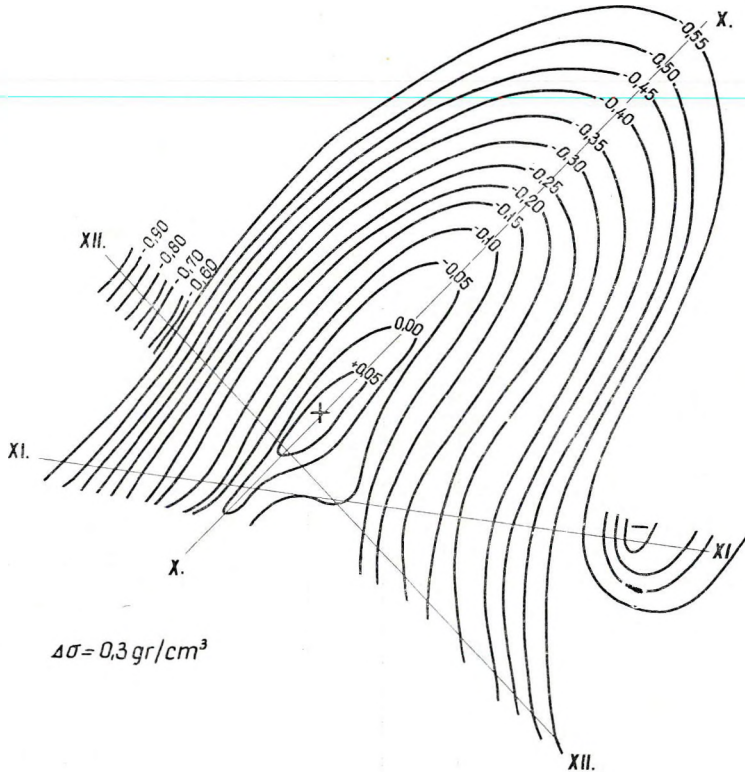
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
X.	„K“ alatt	338	0	0,3	558		A fúrás nem ért triász képződményt
				0,4	445		
				0,5	377		
	„L“	224	0	0,3	365	63	
				0,4	301	39	
				0,5	262	17	
XI.	„M“	151	0	0,3	409	237	
				0,4	315	108	
				0,5	257	72	
XII.	„N“	334	0	0,3	519	55	
				0,4	395	18	
				0,5	321	4	
	„O“ alatt	337	0	0,3	504		A fúrás nem ért triász képződményt
				0,4	384		
				0,5	312		

A számított mélységértékek itt is akkor közelítik meg jobban a fúrásból ismert mélységeket, ha a számítást nagyobb sűrűségkülönbséggel végeztük.

A két mélységi adat közötti különbségnek a valódi mélység százalékában kifejezett értéke itt általában elég nagy, tekintve, hogy kis mélységértékekről van szó. Különösen vonatkozik ez a $\Delta\sigma = 0,3$ és $0,4 \text{ g/cm}^3$ sűrűségkülönbséggel meghatározott mélységértékekre.

Ennek ellenére, mint azt a fúrási és számolási adatok összehasonlásából, valamint a 9., 10. és 11. ábrán bemutatott mélységtérképekből láthatjuk, hogy a lefelé folytatás kis mélységű hatónál is aránylag jól tájékoztat az aljazat domborzatáról.

Az először említett gravitációs maximumtól egy gravitációs minimumig fektetett hosszabb szelvény mentén a ható számított mélységi lefutása azt mutatja, hogy a használt sűrűségkülönbségtől függően a minimummal jelzett medencealjzat mélysége 2500–3600 m-nek adódik. A különböző sűrűségkülönbséggel számított mélységek átlaga 3000 m körül van. Ez az érték tájékoztató jellegűnek elfogadható (12. ábra)*.



9. ábra.

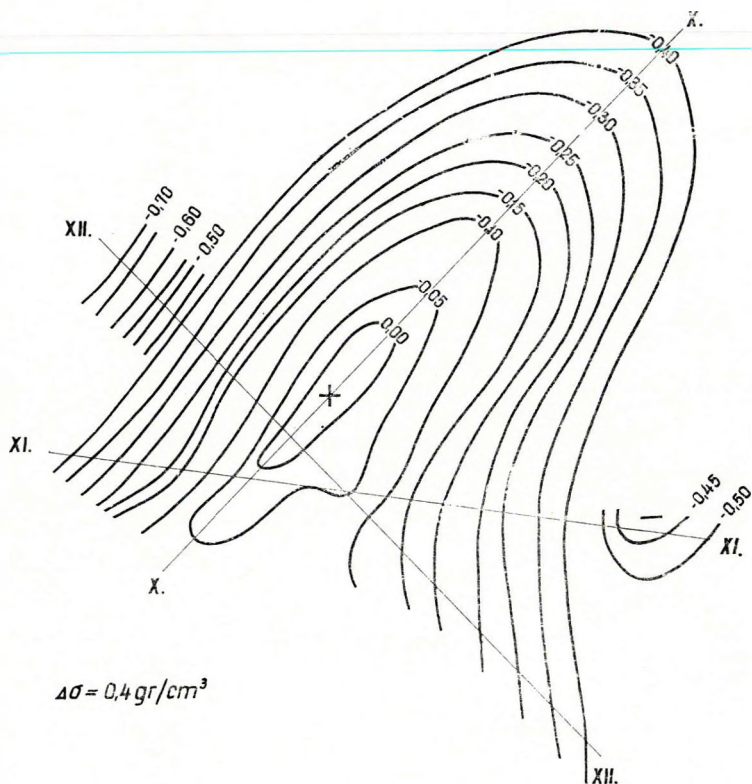
Az analitikus lefelé folytatás módszerét alkalmazni lehet a Mohorovičić-felület undulációinak meghatározására is. A Mohorovičić-felületen jelentős sűrűségkülönbség van és ez nagy területen azonos. A szeizmikus mélyszondázások eredményeinek és a Bouguer-anomáliáknak a korrelációja szerint kontinentális vagy regionális méretekben lineáris összefüggés van a Bouguer-anomáliák és a Mohorovičić-felszín mélysége között. Az összefüggést kifejező formulák azonban nem egységesek, főleg azért, mert az átlagos kéregmélység területenként változik.

TSUBOI (1956) a TOMODA és AKI (1955) -féle $\sin x/x$ módszert használta fel a Mohorovičić-felszín undulációjának számítására. Ezt a módszert mi is

* A 12. ábrát l. a mellékletknél.

alkalmaztuk a közép-európai területen s két alpesi, valamint két kárpáti szelvényen kiszámítottuk a Mohorovičić-felszín mélységi lefutását. Az 1958. évi anketon az eredményeket bemutattuk.

Most megismételtük a számításokat az egyik alpesi és az egyik kárpáti szelvényen a Constantinescu – Botezatu-módszerrel ugyanazokra a szelvény-pontokra és teljes egyezést kaptunk. A számítás menete az új módszerrel olyan gyors – ha a formulát kétdimenziós esetre átszámítjuk –, hogy a két szelvény számítása egy órába sem került.

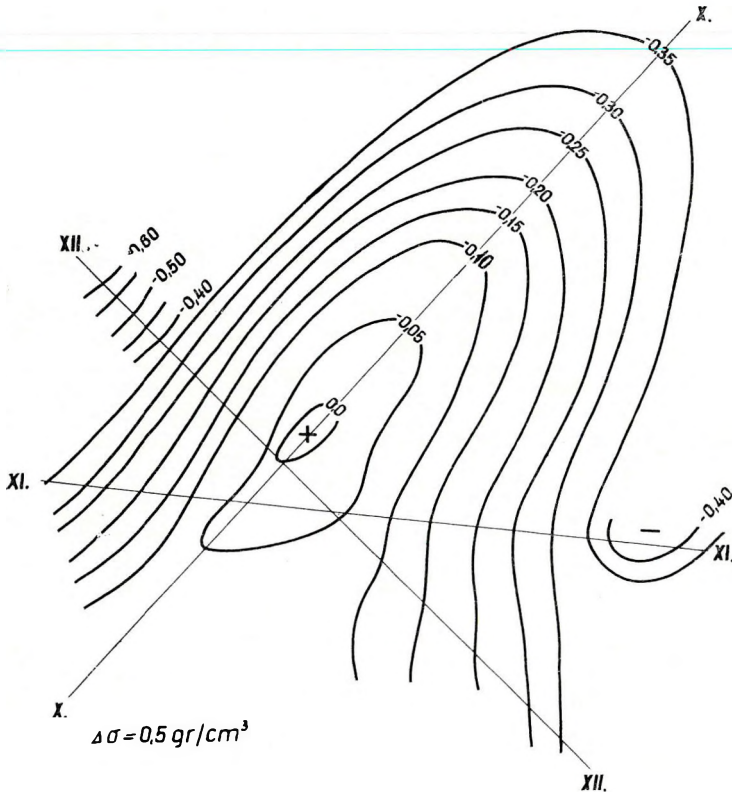


10. ábra.

A két szelvényt a 13. és 14. ábrán mutatjuk be. Feltüntettük a topográfiát, a Bouguer-anomáliákat és a Mohorovičić-felület lefutását. Az Alpok előterében végzett szeizmikus mérések eredményeiről legújabbban megjelent közlés (LIEBSCHER, 1964) szerint a Duna környékén a kéreg mélysége 28 km, míg az Alpok alatt 40 km. Ezek az eredmények a gravitációs mérésekből számolt régebbi és újabb eredményeket igazolják.

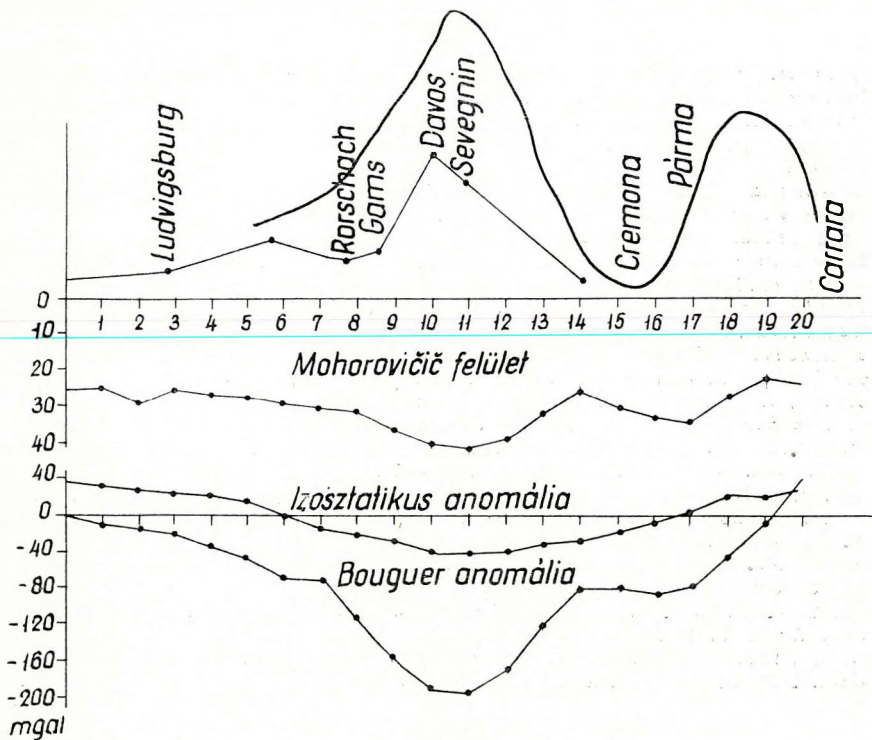
A kárpáti szelvény alföldi szakaszára számított 23 km-es kéregmélység is jól egyezik a magyarországi kéregszerkezet kutató szeizmikus mérések mélységi adatával (GÁLFI--STEGENA, 1960).

Megállapítható tehát, hogy az ismertett eredmények kifejezően bizonyítják az analitikus lefelé folytatás gyakorlati alkalmazásának hasznosságát. Az előzőekből kitűnik, hogy a módszer széles körben alkalmazható és speciális feladatok esetében is kielégítő megoldást ad. Megfelelő mérési anyag birtokában a ható felszínnek még a részletei is jó közelítéssel számíthatók, a törések pedig a lefelé folytatott gradiensmaximumok segítségével jelölhetők ki. A módszer jó lehetőséget nyújt a Mohorovičić-féle diszkonti-

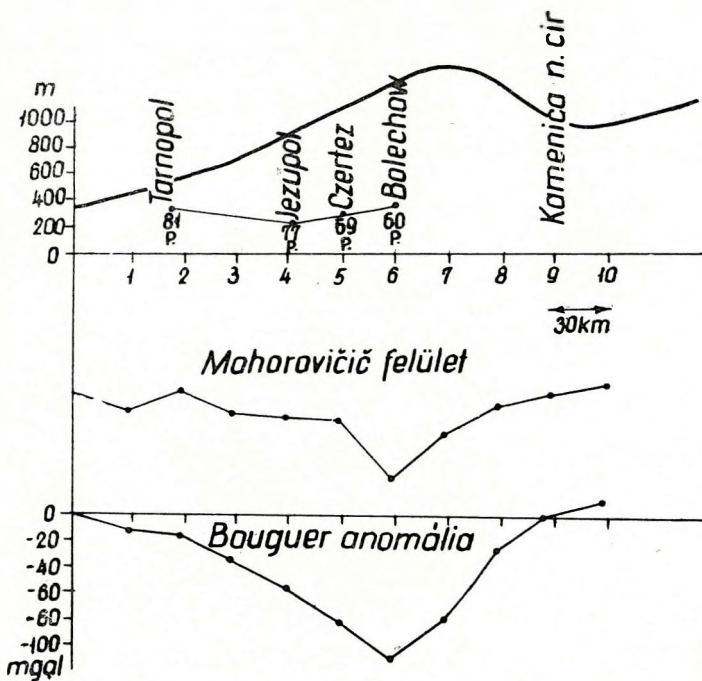


11. ábra.

nitási felület undulációinak meghatározására is. A CONSTANTINESCU és BOTEZATU által ajánlott formula alkalmazása a számítások idejét is lényegesen lecsökkenti és amellet, hogy a négyzetes háló pontjain kiolvasott értékek más esetekben is felhasználhatók, a módszer egyszerű, gazdaságos és rutink munkára is alkalmas.



13. ábra.



14. ábra.

IRODALOM

- BEIN, E., 1961. Ergebnisse von Drehwaage-Messungen an der Mitteldeutschen Hauptlinie (Abbruch von Wittenberg). Zeitschrift für angewandte Geologie, Band 7, Heft 8. p. 396 – 403.
- CONSTANTINESCU, L. – BOTEZATU, R., 1961. Contributii la interpretarea fizica a anomaliilor cimpurilor potentiale. I, II. Probleme de Geofizica. Acad. Rep. Populare Romine. p. 97 – 162.
- GÁLFI J. – STEGENA L., 1960. Deep reflexions and crustal structure in the hungarian basin. Annales Univ., se. Budapestiensis de R. Eötvös Nominalae Budapest.
- HAALCK, H., 1953. Die Berechnung von W_{zzz} aus Gravimetermessungen und ihre Bedeutung für die angewandte Geophysik. Zeitschrift für Geophysik (Sonderband) 19., p. 46 – 53.
- HENDERSON, R., 1960. A comprehensive system of automatic computation in magnetic and gravity interpretation. Geophysics, Vol. XXV. No. 3. p. 569 – 585.
- LIEBSCHER, H. J., 1964. Deutungsversuche für Struktur der tieferen Erdkruste nach reflexionsseismischen und gravimetrischen Messungen im deutschen Alpenvorland. Zeitschrift für Geophysik. Jahrgang 30., Heft 2 – 3., p. 51 – 96, 115 – 126.
- MALOVICKO, A. K. Metodi analiticeszkogo prodolzsenija anomalij szili tjazseszti i ih prilozsenija zadacsam gravirazvedki. 1956., Gosztoptehizdat.
- PETERS, L. J., 1959. The direct approach to magnetic interpretation and its practical application. Geophysics, Vol. XIV. No. 3. p. 290 – 320.
- PRAKASH, P., 1961. A residual method. Zeitschrift für Geophysik, Jahrgang 27. Heft 6. p. 275 – 281.
- RAINBOY, H., 1933. The interpretation of torsion balance data. World Petroleum Congress, V. I., London.
- RENNER J. 1962. A gravitációs értelmezés problémái. Magyar Geofizika, III. évf. 1 – 2. szám, 11 – 30 old.
- TOMODA, Y. – AKI, K. 1955. Use of the function $\sin-x/x$ in gravity prospecting. Proc. of the Jap. Acad. V. 31., p. 443 – 448.
- TSUBOI, CH., 1956. Crustal structure in northern and middle California from gravity-pendulum data. Bull. of the Geol. Soc. of America. Vol. 67.

РЕННЕР Я. – ШТЕГЕНА Л.

ИЗУЧЕНИЕ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ВЕНГРИИ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

На территории Венгрии результаты сейсморазведочных работ указывают на утонение земной коры. В настоящей работе рассматривается вопрос о том, в какой мере отражается это утонение земной коры в результатах гравиметрических исследований.

В Венгрии в результатах гравиметрических работ отражаются в основном эффекты двух факторов – эффект третичной толщи рыхлых отложений, залегающей близко к дневной поверхности и характеризующейся мощностью в несколько километров и небольшой плотностью, а с другой стороны – эффект утонения земной коры. Учитывая распределение плотностей, первым фактором вызываются отрицательные, а вторым – положительные аномалии поля силы тяжести. Для того, чтобы на карте поля силы тяжести представить эффект строения земной коры, необходимо исключить гравитационный эффект осадочной толщи. Это может осуществляться исходя из нижеизложенных соображений.

Плотность рыхлых отложений увеличивается с глубиной и приближенно выражается соотношением

$$\sigma_z = \sigma_0 + (\sigma_\infty - \sigma_0)(1 - e^{-kz})$$

где σ – плотность, $0, Z$ и ∞ – индексы глубин, а k – постоянная. Определение этих величин проводилось для отдельных районов страны по картам аномалий Буге и картам изменения мощности третичных отложений путем корреляционных вычислений. Для территории всей страны с хорошим приближением можно считать, что $\sigma_0 = 2,85$, $\sigma_\infty =$ плотность основания бассейна $= 2,85$ cgs. Из вышеизложенного следует, что гравитационный эффект третичных отложений описывается равенством, вытекающим из приближения Буге:

$$\Delta g' = 2\pi f \left\{ \sigma_\infty - \frac{1}{h} \int_0^h [\sigma_0 + (\sigma_\infty - \sigma_0)(1 - e^{-kz})] dz \right\} h.$$

Приведенная карта поля силы тяжести Венгрии построена путем добавления поправки $\Delta g'$, соответствующей глубине залегания h основания бассейна, характерной для пунктов опорных гравиметрических сетей I и II класса к фактическому значению Δg аномалии Буге. Полученная таким образом карта уже свободна от гравитационного эффекта заполняющих бассейн осадочных отложений и отображает только эффект глубинного строения.

J. RENNER und L. STEGENA

GRAVIMETRISCHE UNTERSUCHUNG DER TIEFSTRUKTUR VON UNGARN

Die seismischen Messungen auf dem Gebiete von Ungarn haben die Verdünnung der Erdkruste festgestellt. Diese Abhandlung untersucht, in wie weit sich die Verdünnung der Erdkruste in den Ergebnissen der ungarischen gravimetrischen Messungen offenbart.

Die gravimetrischen Messungen in Ungarn zeigen hauptsächlich zwei Wirkungen: einerseits die Wirkung der lockeren tertiären Schichten der Mächtigkeit von einigen Kilometern mit

geringer Dichte, andererseits die Wirkung der verdünnten Erdkruste. Um die Wirkung der Krustenstruktur auf der gravimetrischen Karte zu erhalten muss man die Wirkung der Sedimente nahe der Oberfläche beseitigen. Dies kann auf folgende Weise geschehen.

Die Dichte der lockeren Sedimente wächst mit der Tiefe und kann gemäss der folgenden Beziehung angenähert werden:

$$\sigma_z = \sigma_0 + (\sigma_\infty - \sigma_0)(1 - e^{-kz})$$

Hier bedeutet σ die Dichte, die Indices deuten auf die 0, Z_∞ Tiefe hin, k ist eine Konstante. Die Werte von k wurden auf verschiedenen Gebieten des Landes mit Hilfe der Bouguer-Anomalien und auf Grund der Tiefenkarte der tertiären Sedimente mit Korrelationsrechnung ermittelt. Mit guter Annäherung ist $\sigma_0 = 2,05$, $\sigma_\infty = 2,85$ cgs.

Die Gravitationswirkung ist durch die Annäherung der Bouguer-Platte gegeben:

$$\Delta g' = 2\pi f \left\{ \sigma_\infty - \frac{1}{h} \int_0^h [\sigma_0 + (\sigma_\infty - \sigma_0)(1 - e^{-kz})] dz \right\} h$$

Die beigefügte Anomaliekarte wurde so verfertigt, dass wir auf den Stationen des Schweregrundnetzes die den Tiefen des Beckens entsprechenden Korrekturen zu den gemessenen Bouguer-Anomalien addierten.

Die so erhaltene Karte ist von der Wirkung der Sedimente befreit und zeigt die Gebilde der Tiefstruktur.

MAGYARORSZÁG MÉLYSZERKEZETÉNEK GRAVITÁCIÓS VIZSGÁLATA

RENNER JÁNOS — STEGENA LAJOS

A szeizmikus kutatások hazánk területén a földkéreg különleges szerkezetét, kivékonyodását mutatták ki. Ez a dolgozat a földkéreg kivékonyodásának gravitációs hatását kutatja.

Magyarország területén teljes I. és II. rendű graviméteres alaphálózat van. Az ebből készült Bouguer-anomáliás térképet mutatja az 1. ábra.

Gravitációs anomáliákból a földkéreg szerkezetét közvetlenül és pontosan meghatározni nem lehet. Erre a célra valóban elsősorban szeizmikus méréseket használnak. A hazai földkéreg vékonyabb volta abban is tükröződik, hogy a magyarországi Bouguer-anomáliák általában viszonylag pozitívak. (pl. a környező lánchegységkerethez viszonyítva.)

Azok a mélybeli laterális sűrűségváltozások, amelyekre a magyarországi Bouguer-anomáliákat visszavezethetjük, a következők:

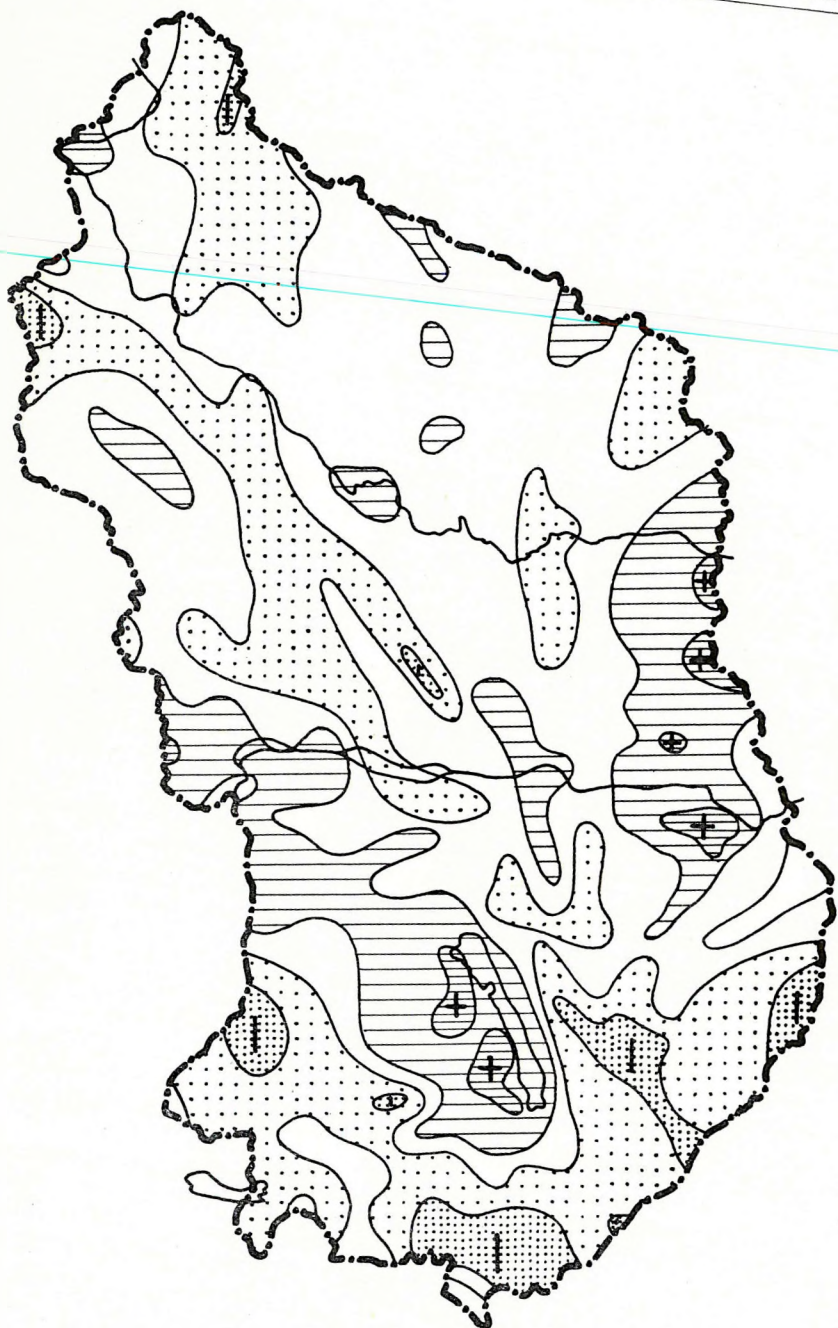
1. a harmadkori medenceüledékek sűrűségváltozása (szerkezettel vagy anélkül)

2. a medencealjzat horizontális sűrűségváltozása (domborzattal ill. kőzet-tani változással vagy anélkül).

3. a vékony kéreg miatt feljebb emelkedett köpeny, mint egész (mint regionális tendencia) és ennek domborzati változásai.

Ez utóbbira vonatkozólag végezzük jelenlegi vizsgálatainkat, nem tévesztve szem elől, hogy minél jobban távolodunk a felszíntől, a hatások annál elmosódottabbak, regionálisabb jellegűek.

Hogy a kéregszerkezet hatását szemlélhessük, a fiatal medenceüledékek gravitációs hatásától a gravitációs térképet mentesíteniünk kell. Ez az alábbi



1. ábra. Bouguer-anomáliák

Фиг. 1. Аномалии

gondolatmenet szerint történik: Magyarország területén sok mélyfúrásból és szeizmikus mérésekből nagy vonalakban ismeretes a mezozoós-paleozoós medencealjzat domborzata és kőzettani összetétele. Ha tehát ismerjük a medencekitöltő üledékek és a medencealjzat sűrűségét, akkor a laza üledékeket helyettesíteni tudjuk a tömörebb medencealjzat anyagával.

A medencealjzat sűrűsége, számos fúrómagvizsgálat szerint átlagosan 2,85 cgs-nek vehető. A medencekitöltő üledékösszlet sűrűsége a tengerszint magasságában átlagosan 2,05 cgs. A nehézséget az okozza, hogy a laza üledékösszlet sűrűsége a mélységgel jelentősen és az egyes területrészekben különbözőképpen növekszik.

A sűrűség növekedését a mélységgel, elvi és gyakorlati megfontolások alapján, exponenciális függvénnyel közelíthetjük meg. Eszerint a sűrűség z mélységben

$$\sigma_z = \sigma_0 + (\sigma_\infty - \sigma_0)(1 - e^{-kz})$$

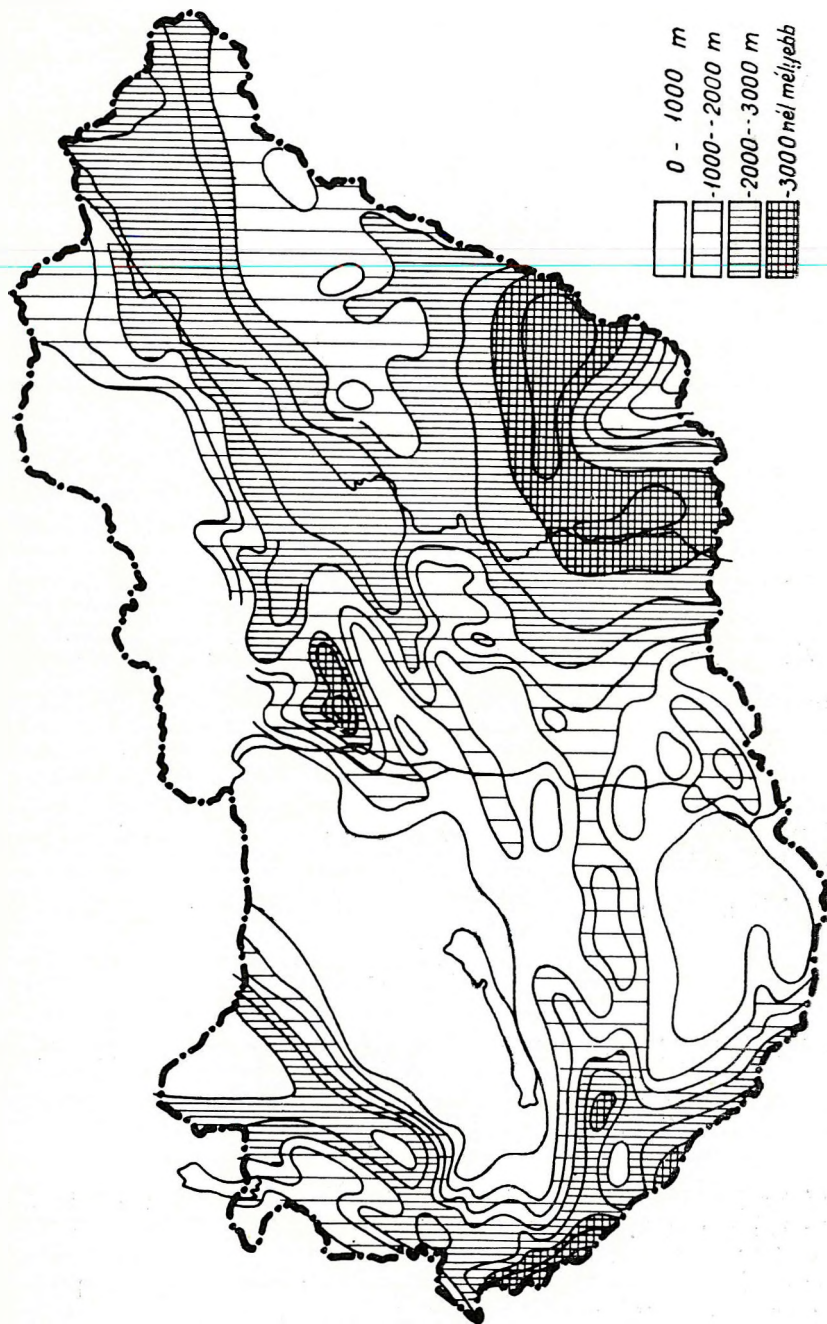
Itt $\sigma_0 = 2,05$ cgs a felszíni sűrűség, $\sigma_\infty = 2,85$ cgs a sűrűség igen nagy mélységben. Ebben a közelítésben a sűrűség-mélység függvényt egyetlen szám, a k kitevő jellemzi. Az idézett összefüggés ATHY értekezésében (ATHY, 1930) található és elsősorban agyagos üledékekre érvényes. Közelítőleg kiterjeszhető a magyar medence agyagos-homokos-márgás összletére is.

A k exponenciális tényezőt meg lehet határozni a Bouguer-anomáliákból, a medencealjzat domborzatának ismeretében. A Bouguer-anomáliák menete több helyen korrelál a medencealjzattal (ÁDÁM, PINTÉR, SZÉNÁS, 1964). Ilyen helyeken a medencealjzat mélyülésének a Bouguer-anomáliák kisebb értékei felelnek meg. Ahol a medencealjzat mélysége és a Bouguer-anomáliák értékrendszere között korreláció van, ott lehetőség van a medencét kitöltő üledékösszlet sűrűségviszonyainak megvizsgálására.

A medencealjzat domborzatát KÖRÖSSY LÁSZLÓ térképe ábrázolja (2. ábra. KÖRÖSSY, 1963). Az ország területét több tájegységre osztva az egyes területrészekben külön-külön megvizsgáltuk a Bouguer-anomáliák függését a medencealjzat mélységtől. Példaképpen a 3. ábra Délnyugat-Dunántúl területére vonatkozólag mutatja ezt az összefüggést. A mért Bouguer-anomáliáknak megfelelő pontok között meghúztuk a legjobban simuló kiegyenlítő görbét. A ténylegesen mért Bouguer-anomáliák szórása a kiegyenlítő görbéhez viszonyítva nem nagy. A kiegyenlítő görbe segítségével az egyes mélységi adatokhoz, 100 méterenként, egy-egy Bouguer-anomália értéket rendeltünk s azt grafikusán kiegyenlített Bouguer-anomália értéknek nevezzük.

További számításaink célja annak a megállapítása volt, hogy adott mélység mellett mekkora gravitációs hatása volna annak a tömegnek, amely a valóságos üledékösszletet a medencealjzat tömörebb közetivel helyettesítené egészen a tengerszintig. Ennél a számításnál a mélységgel változó sűrűséget kellett figyelembe venni. A sűrűség változását a fentebb idézett exponenciális törvény adja meg és pedig h mélységre az átlagos sűrűség:

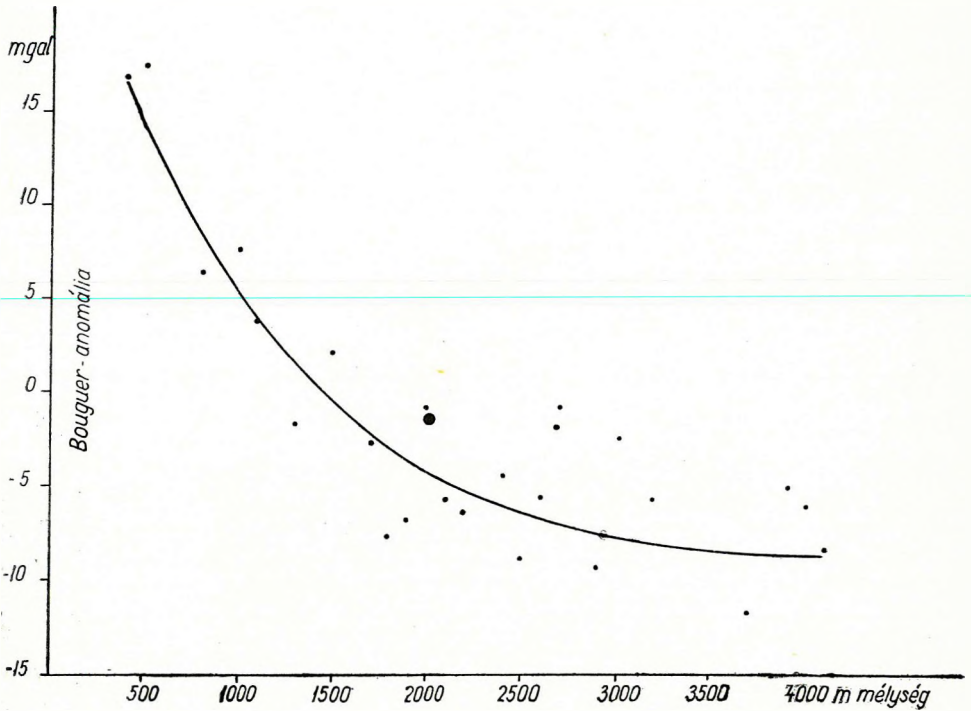
$$\bar{\sigma}_h = \sigma_0 + (\sigma_\infty - \sigma_0) \frac{1}{h} \int_0^h (1 - e^{-kz}) dz = \sigma_\infty - (\sigma_\infty - \sigma_0) \frac{1}{kh} (1 - e^{-kh})$$



2. ábra. Mélységi mélységi térképe

Фиг. 2. Карта глубины залегания основания бассейна

Fig. 2. Strukturkarte des Beckenuntergrundes



3. ábra. Bouguer-anomália mint a mélység függvénye Délnyugat-Dunántúl területén

Фиг. 3. Зависимость аномалий Буге от глубин в области югозападного Задная

Fig. 3. Bouguer-Anomalie als Funktion der Tiefe im Gebiete SW-Transdanubiens

A medencealjzat tömör kőzetével való helyettesítésnél $\sigma_{\infty} - \bar{\sigma}_h$ sűrűségkülönbséggel kell számolni.

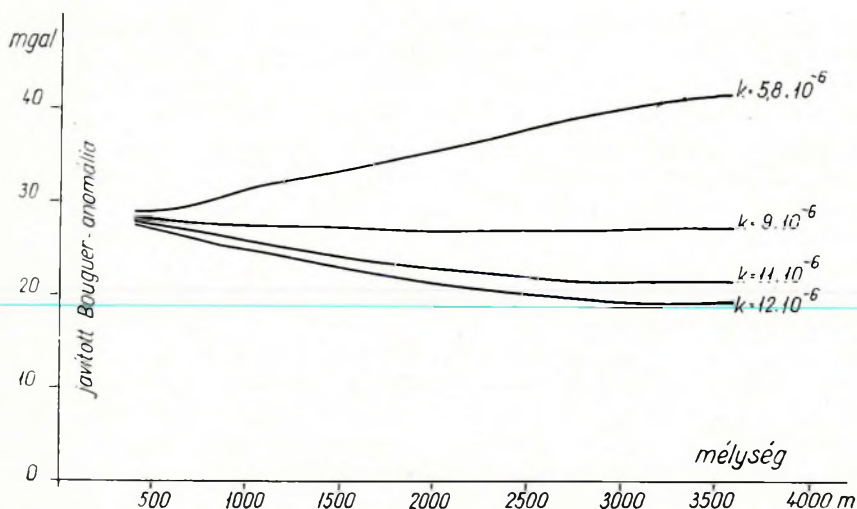
Az előbbieket szerint:

$$\sigma_{\infty} - \bar{\sigma}_h = (\sigma_{\infty} - \sigma_0) \frac{1}{kh} (1 - e^{-kh})$$

A $\sigma_{\infty} - \bar{\sigma}_h$ sűrűségű és h vastagságú Bouguer-lemez hatását számítva a javítás

$$\Delta g' = 2\pi f(\sigma_{\infty} - \sigma_0) \frac{1}{k} (1 - e^{-kh}) \text{ mgal}$$

A $\Delta g'$ javítást a k tényező következő értékeire számítottuk ki: $10^6 \cdot k = 5,8; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 17,3$. A grafikusán kiegyenlített Bouguer-anomáliákhoz hozzáadtuk a $\Delta g'$ javításokat s az így nyert $\Delta g''$ értékek különböző k tényezők mellett a mélység függvényében különböző menetet mutattak. A példaként bemutatott területen (4. ábra) a $\Delta g''$ anomáliák $k = 5,8 \cdot 10^6$ mellett folytonosan növekvő, $k = 12 \cdot 10^{-6}$ érték mellett folytonosan csökkenő menetet mutatnak.



4. ábra. Javított Bouguer-anomália mint a mélység függvénye Délnyugat-Dunántúl területén
 Фиг. 4. Зависимость исправленных величин аномалий Буге от глубины в области юго-западного Задуная

Fig. 4. Korrigierte Bouguer-Anomalie als Funktion der Tiefe im Gebiete SW-Transdanubiens

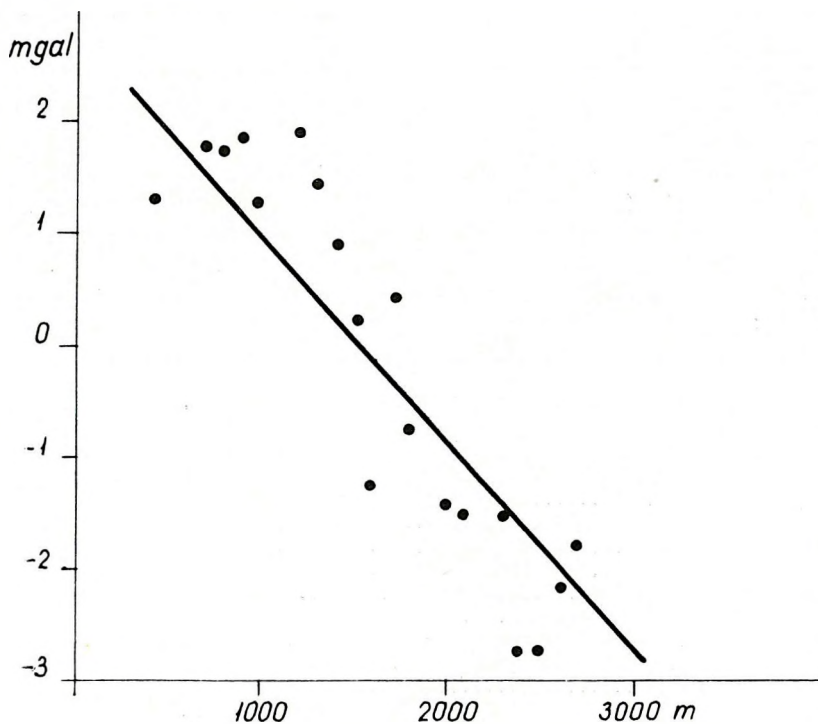
viszont $k=9 \cdot 10^{-6}$ érték mellett a görbe nagyjában a mélységtengellyel párhuzamos, vagyis a javított anomália független a mélységtől. Ez az a k érték, amelynek megfelelő sűrűségváltozás a valóságot a legjobban megközelíti. Hasonló feldolgozással az egyes tájegységekre általában különböző k értékek adódnak. Ezek meghatározását a következő tájegységekre vonatkozólag végeztük el:

Tájegység	$10^6 \cdot k$
Délnyugat-Dunántúl	9
Kisalföld	9
Bakony vidéke	5,8
Somogy	9
Baranya	11
Fejér-Tolna	10
Komárom - Vértes	11
Duna - Tisza köze északi rész	11
Duna - Tisza köze, déli rész	12
Heves	12
Pest megye északi része	12
Borsod	10
Szolnok - Bihar	8
Hajdú	8

Korreláció hiányában nem lehetett az eljárást alkalmazni Tiszántúl déli és északkeleti részére. A Tiszántúl déli részén azonban egy kisebb területen (Tótkomlós környékén) a részletes gravitációs adatok alapján sikerült elfogadható korrelációt találni és ennek alapján a k értéket megállapítani.

Azokon a területrészekon, amelyeken nem áll fenn megfelelő korreláció a medencealjzat domborzata és a Bouguer-anomáliák között, a k értékeket a környezetből interpoláltuk és ezért ezeken a helyeken kevésbé alátámasztott az, hogy a javított Bouguer-anomáliák a medencealjzat alatti hatóktól származnak.

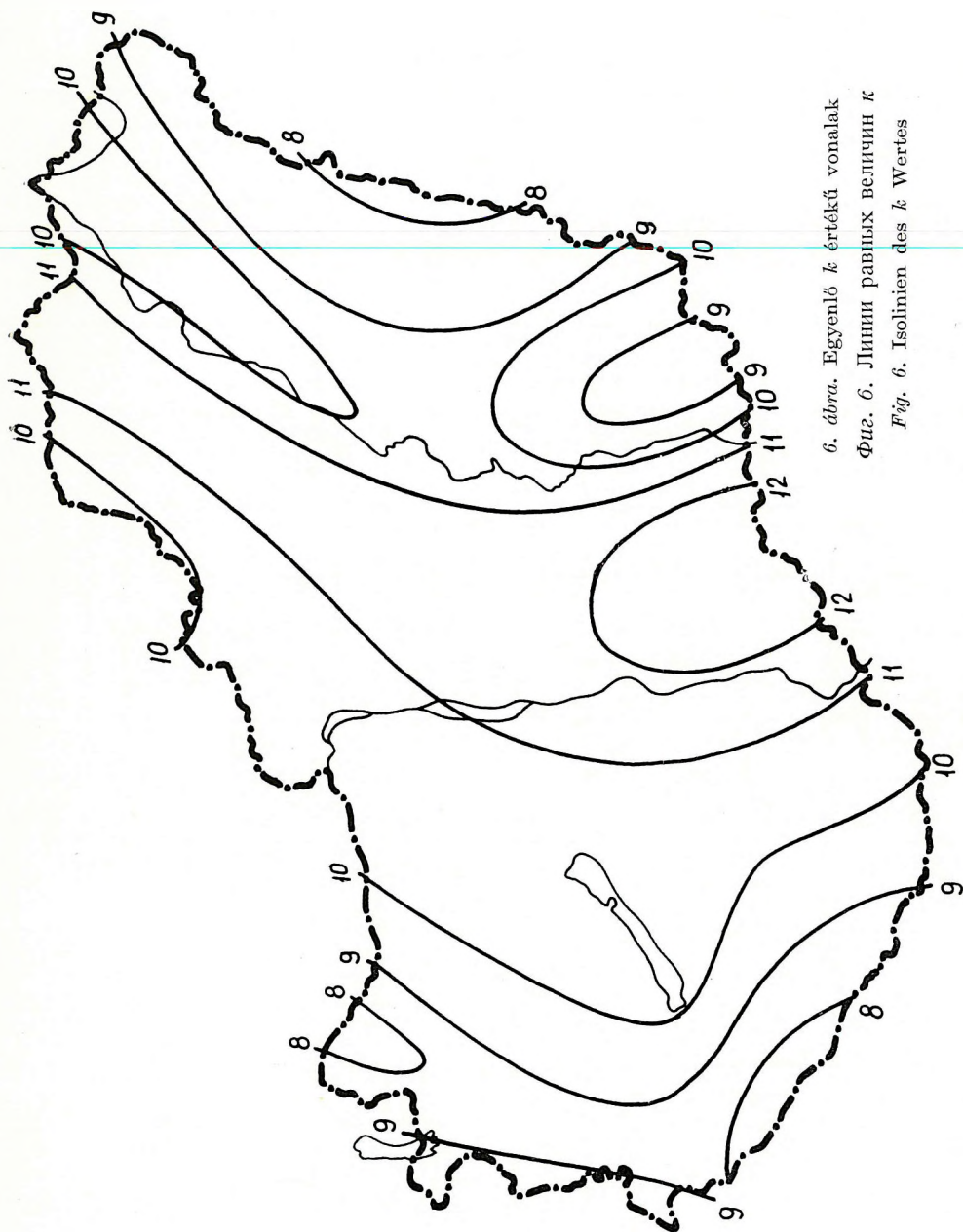
Az üledékösszlet ún. topografikus hatásának számítása az előbbieket szerint a Bouguer-lemez képletével történt. Pontosabb eredmény érdekében topografikus képlettel kellene számolni (a medencealjzat domborzata szerint). A Duna – Tisza közén levő kb. 50 alaphálózati pontra ezt a pontosabb számítást végeztük el. A Bouguer-lemezzel végzett egyszerűbb számítás eredményeitől ezek a számok a legtöbb esetben 1 mgal-nál kevesebb eltérést mutattak, ezt is leginkább a medencealjzat bércein és árkainak közepén, természetesen a bércek felett pozitív, az árkokban negatív értékkel. Az 5. ábra a mély-



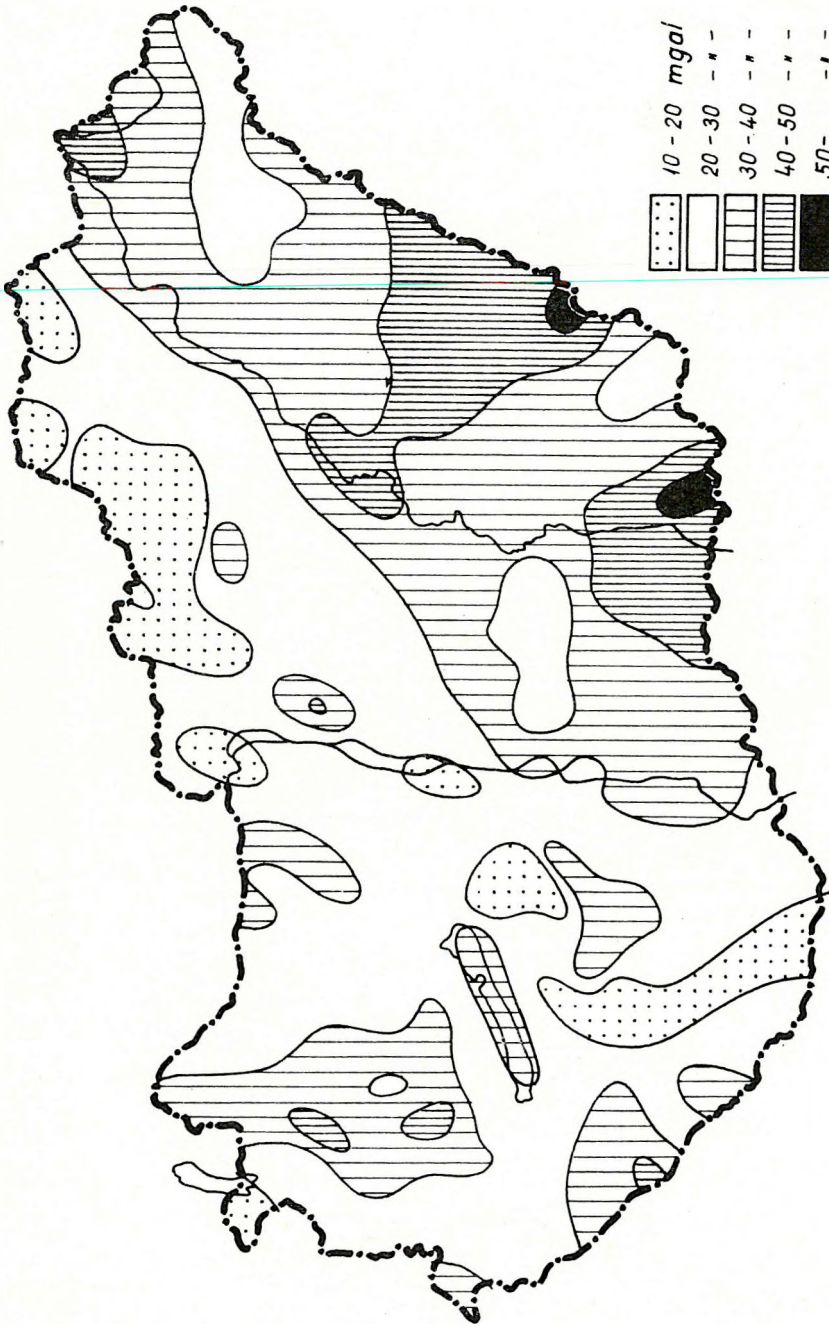
5. ábra. Bouguer-lemez topografikus javításai

Фиг. 5. Топографические поправки пластинки Буге

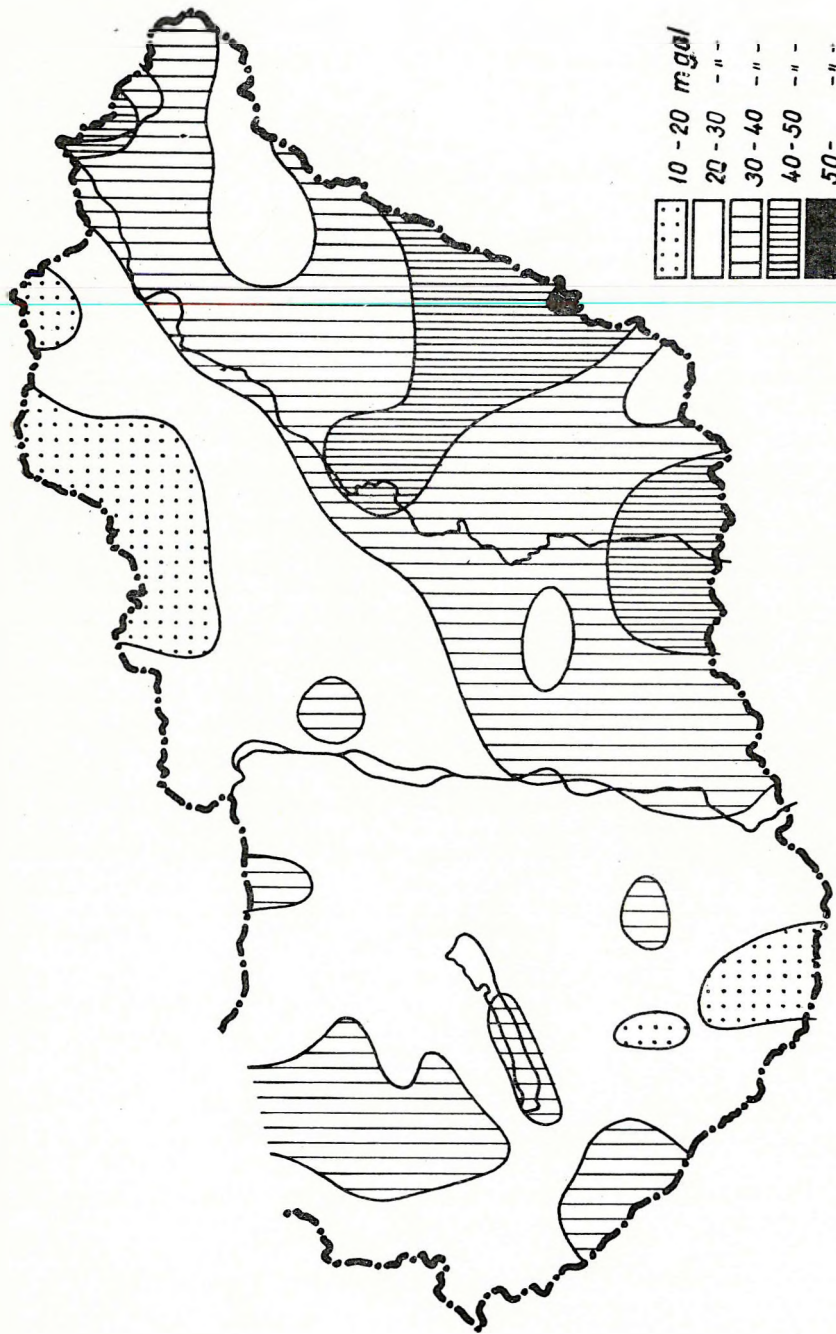
Fig. 5. Topographische Korrekturen der Bouguer-Platte



6. ábra. Egyenlő k értékű vonalak
Фиг. 6. Линии равных величин k
Fig. 6. Isolines des k Wertes



7. ábra. Javitott Bouguer-anomáliák $\Delta g''$)
Фиг. 7. Исправленные величины аномалии Буге ($\Delta g''$)
Fig. 7. Korrigierte Bouguer-Anomalien ($\Delta g''$)



8. ábra. Javított Bouguer-anomáliák átlagolva ($\Delta g''$)

Фиг. 8. Осредненные исправленные величины аномалии Буге ($\Delta g''$)

Fig. 8. Korrigierte durchschnittliche Bouguer-Anomalien ($\Delta g''$)

ség függvényében adja ezt az eltérést. Ezzel is javítva az adatokat a Bouguer-lemez közelítésénél finomabb közelítést nyertünk egyszerű számítás útján.

A k tényező országos eloszlását tekintve megszerkesztettük az egyenlő k értékű vonalakat (6. ábra). Országos áttekintésben k kisebb értékei többnyire azokon a területeken találhatók, ahol vastagabb az üledékösszlet (Kisalföld, Zala).

A hegyvidéken, ahol a medencealjzat ténylegesen a felszínen van, ez az eljárás értelmét veszti. Az ilyen helyekre eső alaphálózati pontok Bouguer-anomáliái javítás nélkül maradtak.

Végül minden alaphálózati ponthoz egy-egy jellemző k értéket rendelünk és a $\Delta g'$ javítást kiszámítottuk. Az ilyen módon javított $\Delta g''$ anomáliákról feltehető, hogy mentesek a medencét kitöltő üledékösszlet hatásától. Ha a medencealjzatot közelítőleg egységesnek tekintjük, akkor ezek az anomáliák a mélyszerkezet regionális hatását tükrözik (7. ábra). A kéreg nyilván ott vékonyodik ki jobban, ahol ez a regionális hatás nagyobb, mert ott a köpeny sűrűbb kőzetei közelebb vannak a tengerszinthez. Magyarország területén a javított anomáliák nagysága átlagosan kb. 30 mgal. Nyugaton az Alpok felé és északkeleten a Kárpátok felé ez az érték +10, +20 mgal-ra csökken, ami a kéreg viszonylagos vastagodását jelezheti. (DEMENITSKAYA, 1961).

Számításainkat még azzal egészítettük ki, hogy a graviméteres alaphálózat szomszédos 3–4 pontjaira nyert értékeket közepeltük, s az így adódó anomáliák átlagos menetét is megvizsgáltuk (8. ábra). A kétféle ábrázolás között kevés eltérés van.

IRODALOM

- ATHY, L. F.: Density, Porosity and Compaction of Sedimentary Rocks. Bulletin of the Am. Ass. of Petr. Geol. V. 14. No. 1. 1930.
- R. M. DEMENITSKAYA: Basic features of Earth's Crust Structure based on geophysical data. Transaction of the Scientific Research Institute of Artic Geology. Leningrad 1961.
- KÓRÖSSY LÁSZLÓ: Magyarország medenceterületeinek összehasonlító földtani szerkezete. Földtani Közlöny 93. 1963.

HELYREIGAZÍTÁS

A Geofizikai Közlemények XIII. kötetének 1. számában megjelent Haáz Istvánnak „Gravitációs és mágneses hatású függőleges vagy ferde réteg meghatározása a mért anomáliákból” c. tanulmánya.

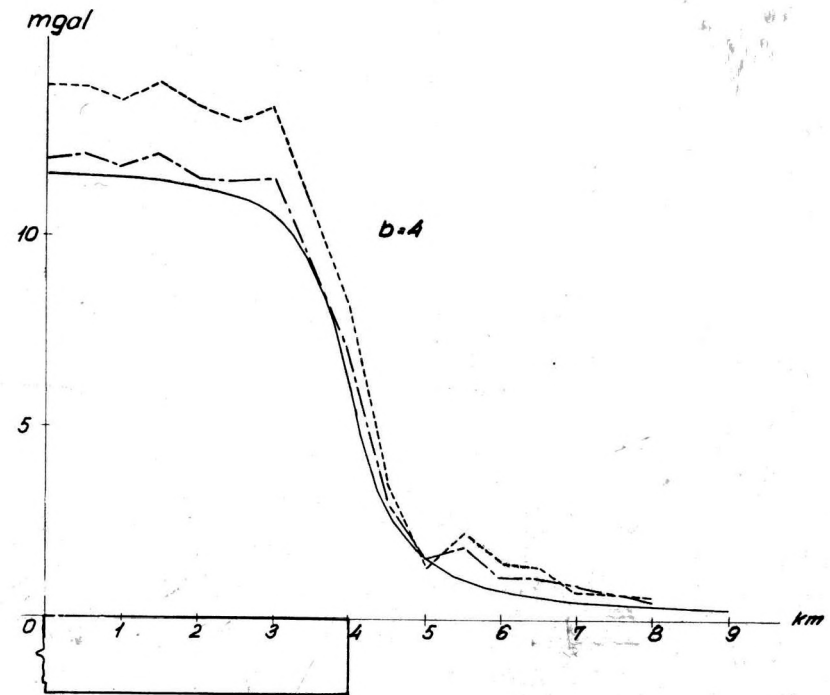
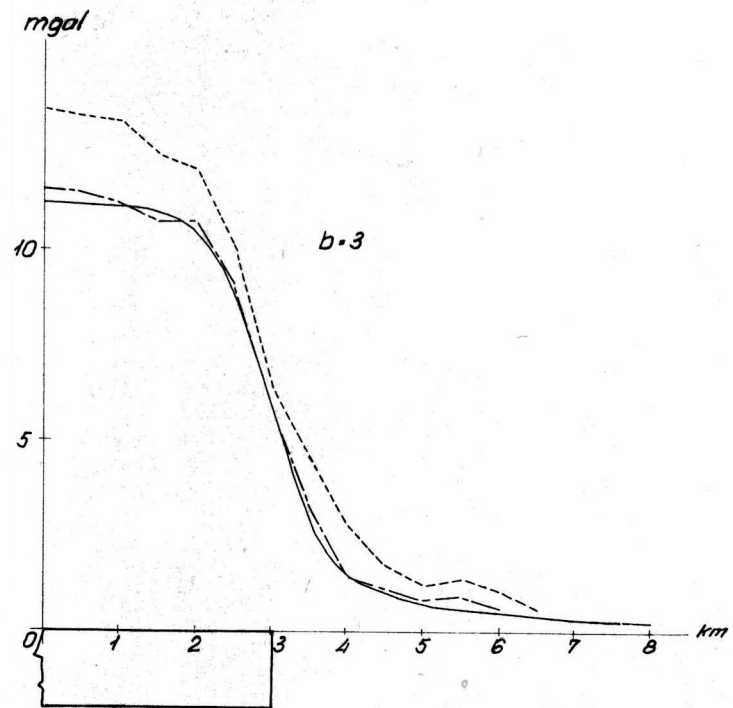
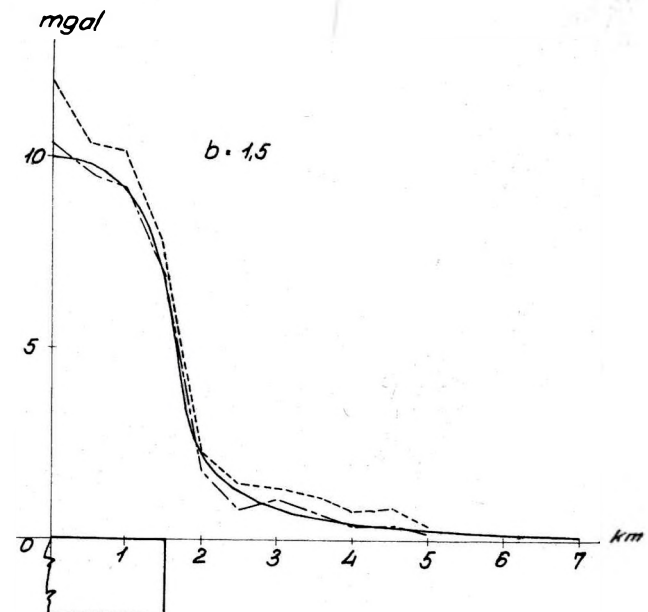
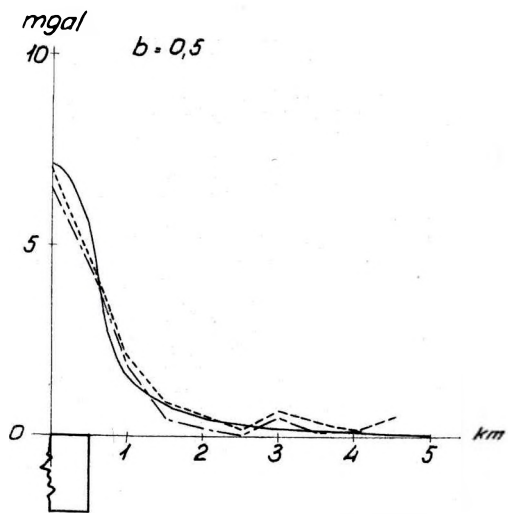
A cikkbe néhány sajnálatos sajtóhiba csúszott be:

Oldal	Sor	Hibás szöveg vagy jel	Helyes szöveg vagy jel
83	felülről 3.	3. szám	1. szám
103	felülről 3.	α	törlendő
114	alulról 2.	$\operatorname{tg} \vartheta > 0$	$\operatorname{tg} \vartheta < 0$
114	alulról 2.	$\pi + \vartheta_1$	$-\vartheta_1$
120	alulról 8.	$\pi - \alpha$	$\pi - \alpha$

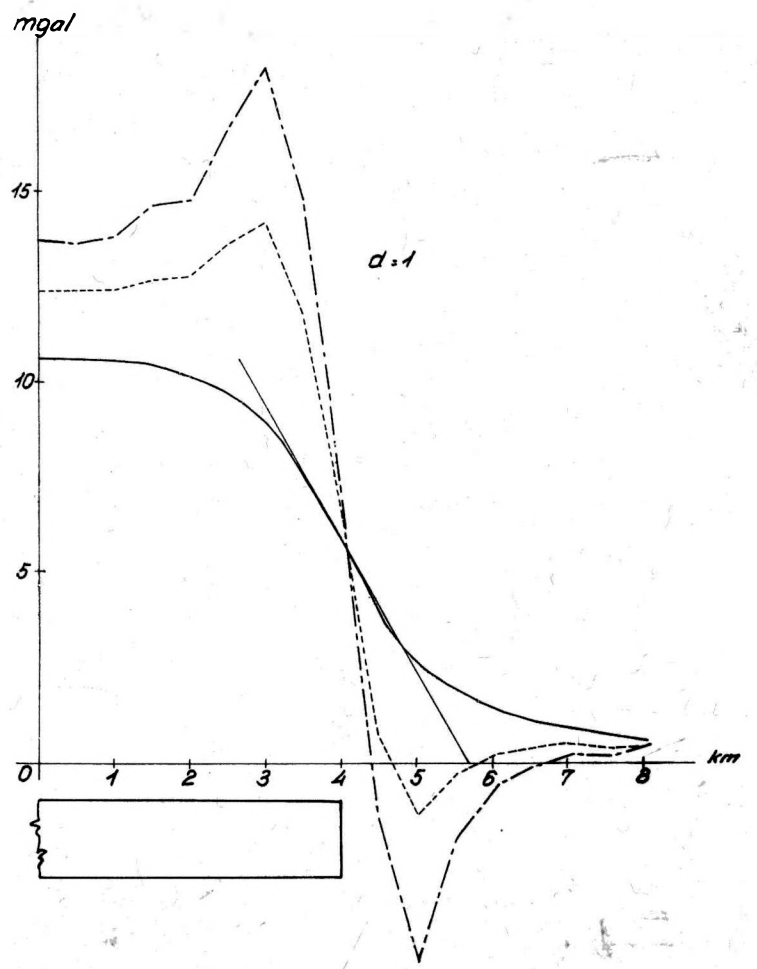
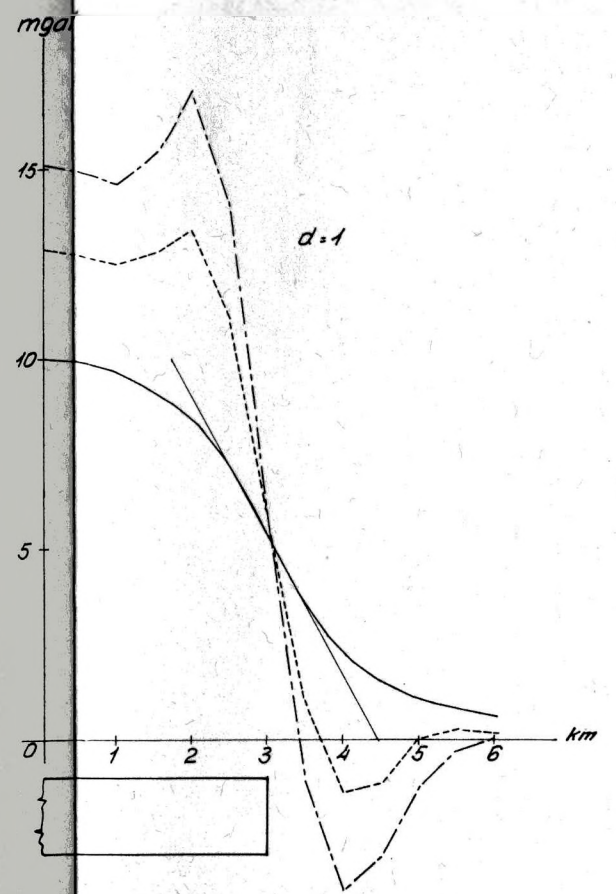
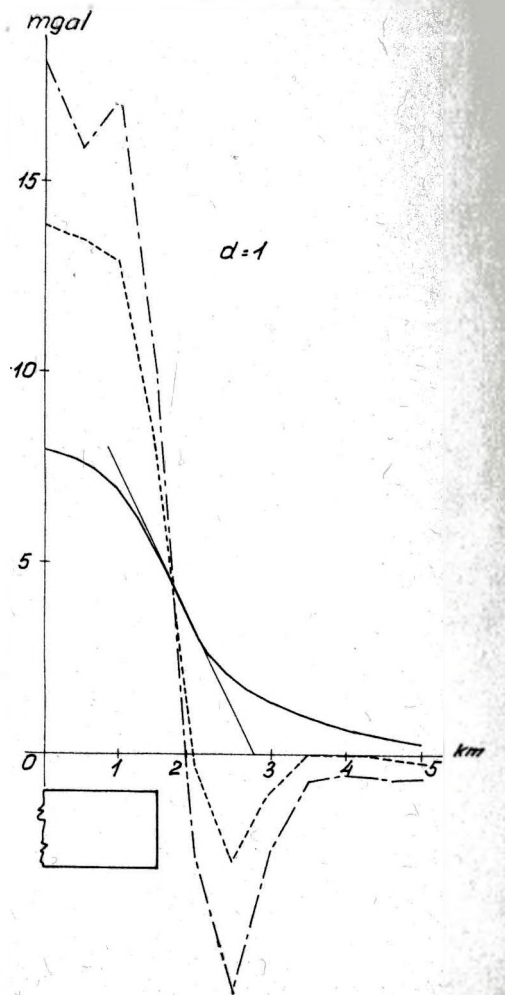
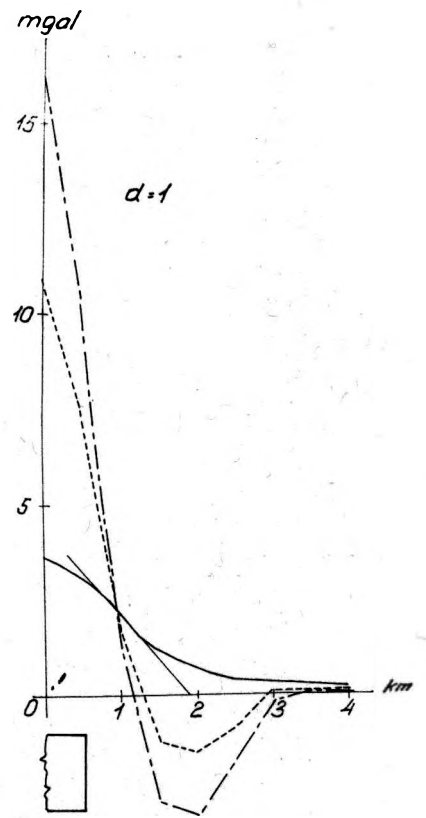
A Geofizikai Közlemények XIII. kötetének 2. számában megjelent Ádám Antalnak „A kéreg és a felsőköpeny felépítése Magyarországon” c. tanulmánya. A szerző kívánságára közöljük, hogy a 2a és 2b ábrát, valamint a 7. és 10. ábrát felcserélték.

A sajnálatos tévedések nem a szerkesztőség hibájából történtek.

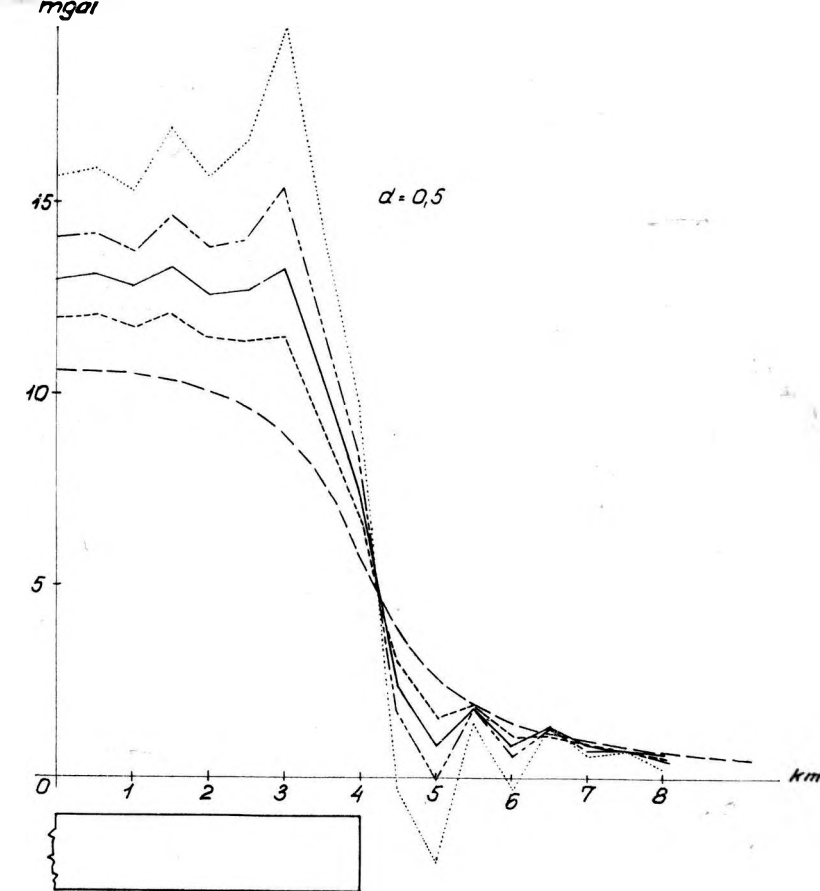
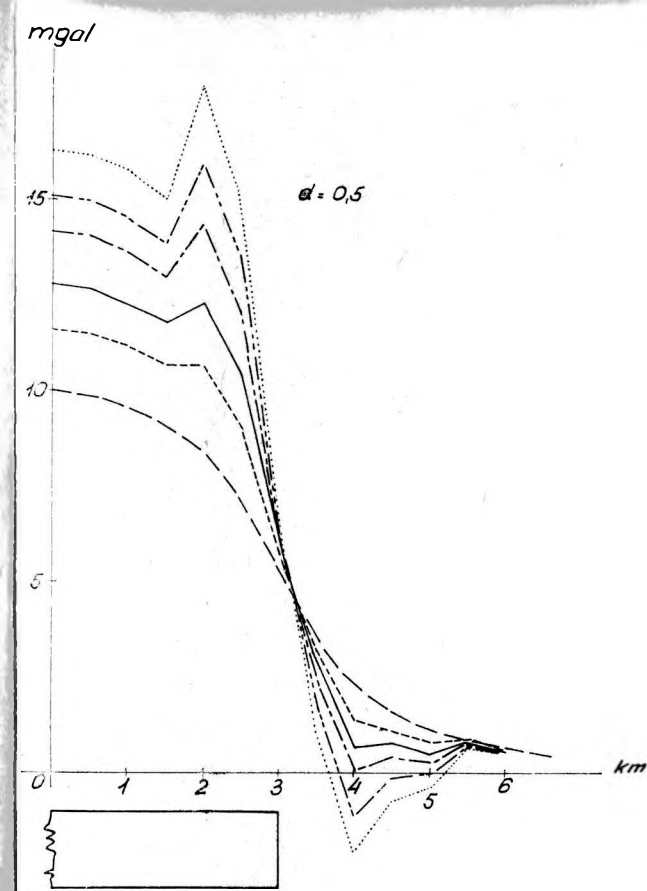
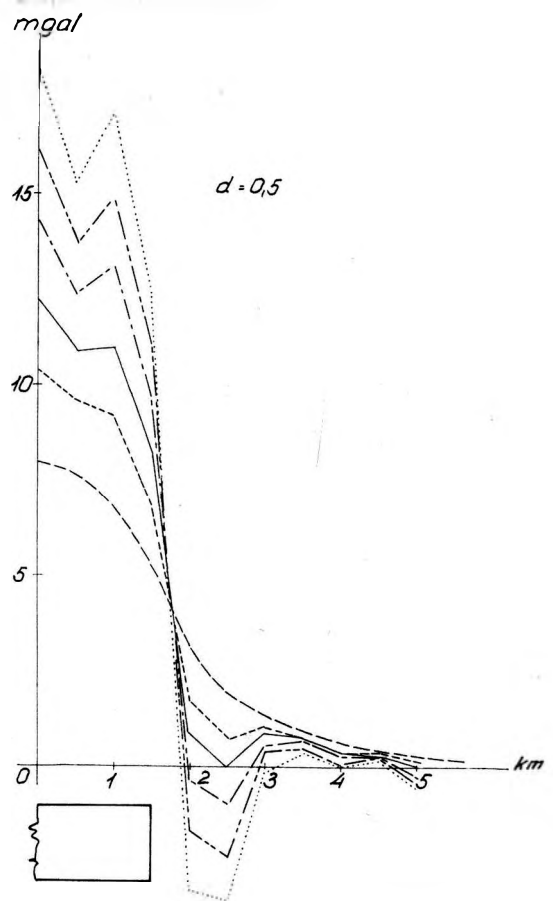
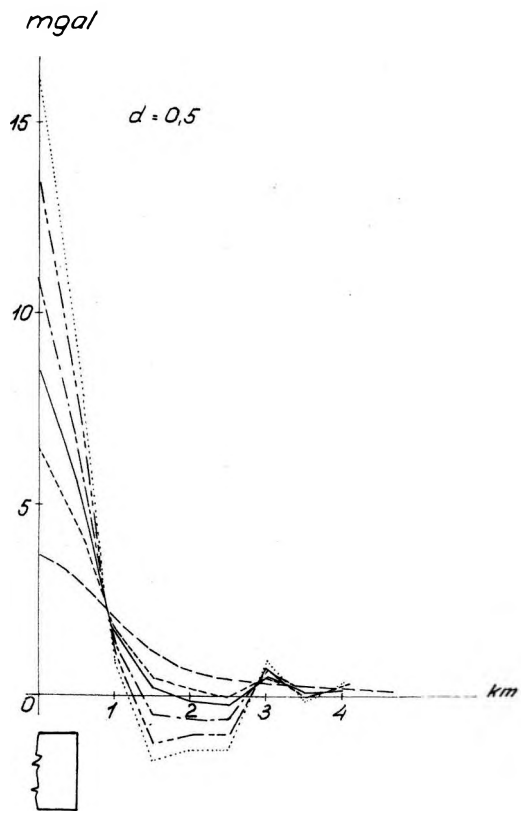
— Δg
 - - - $md = 1.05$
 ····· $md = 2.025$



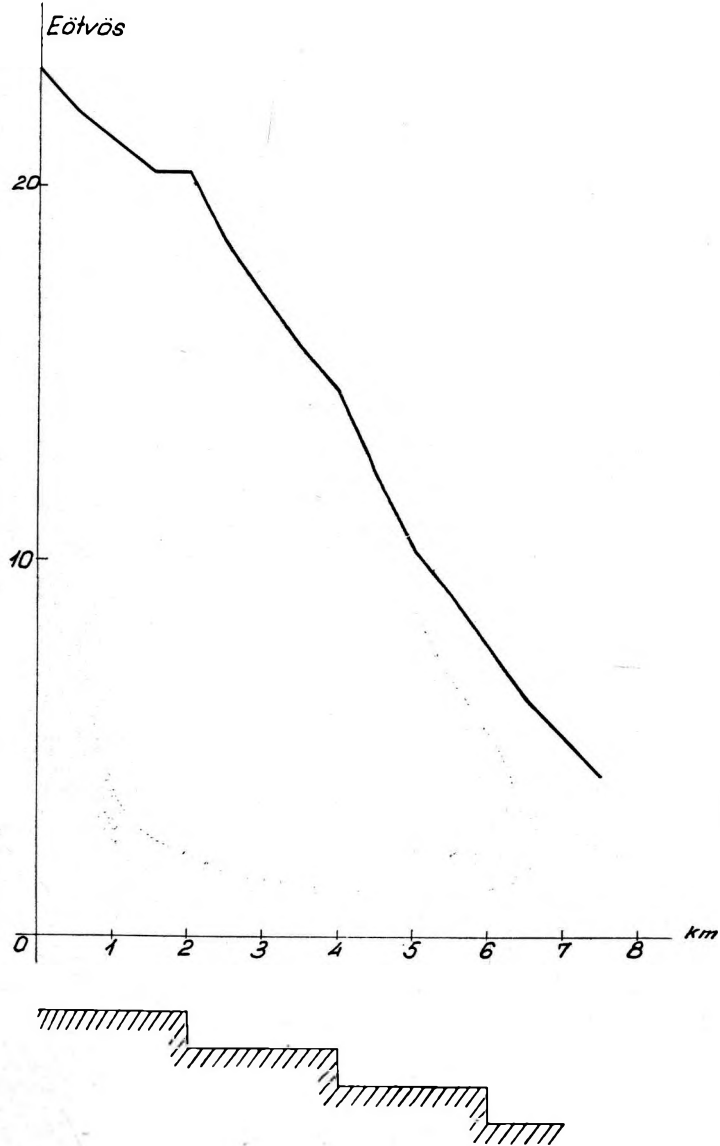
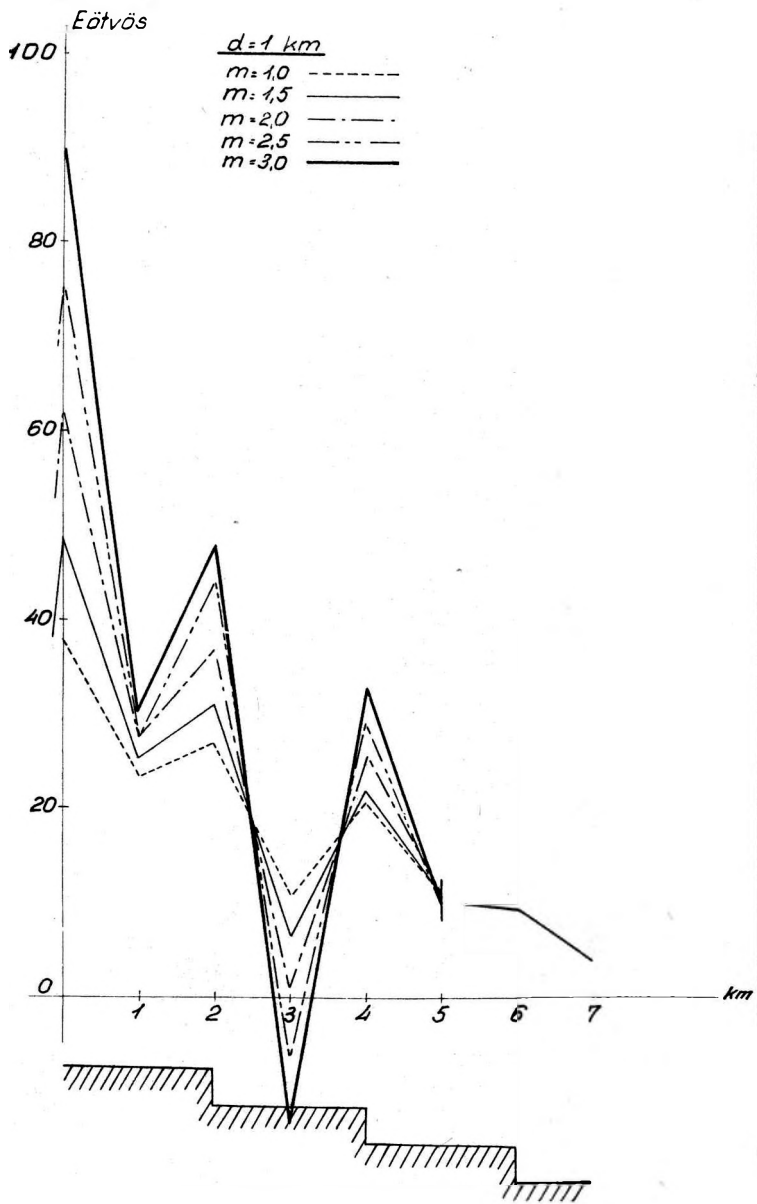
--- $m=1$
- - - $m=1,5$

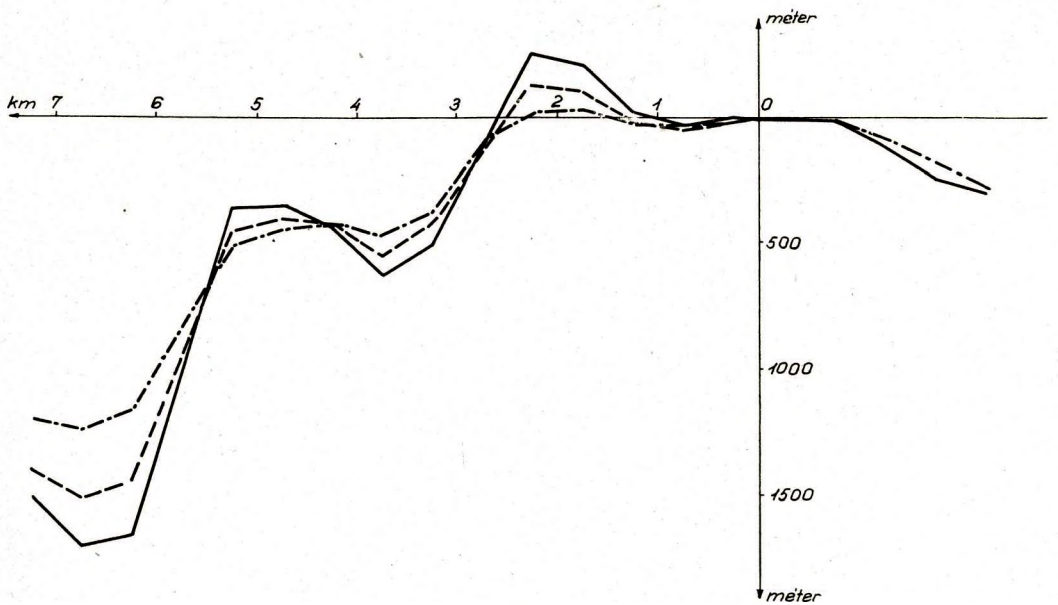
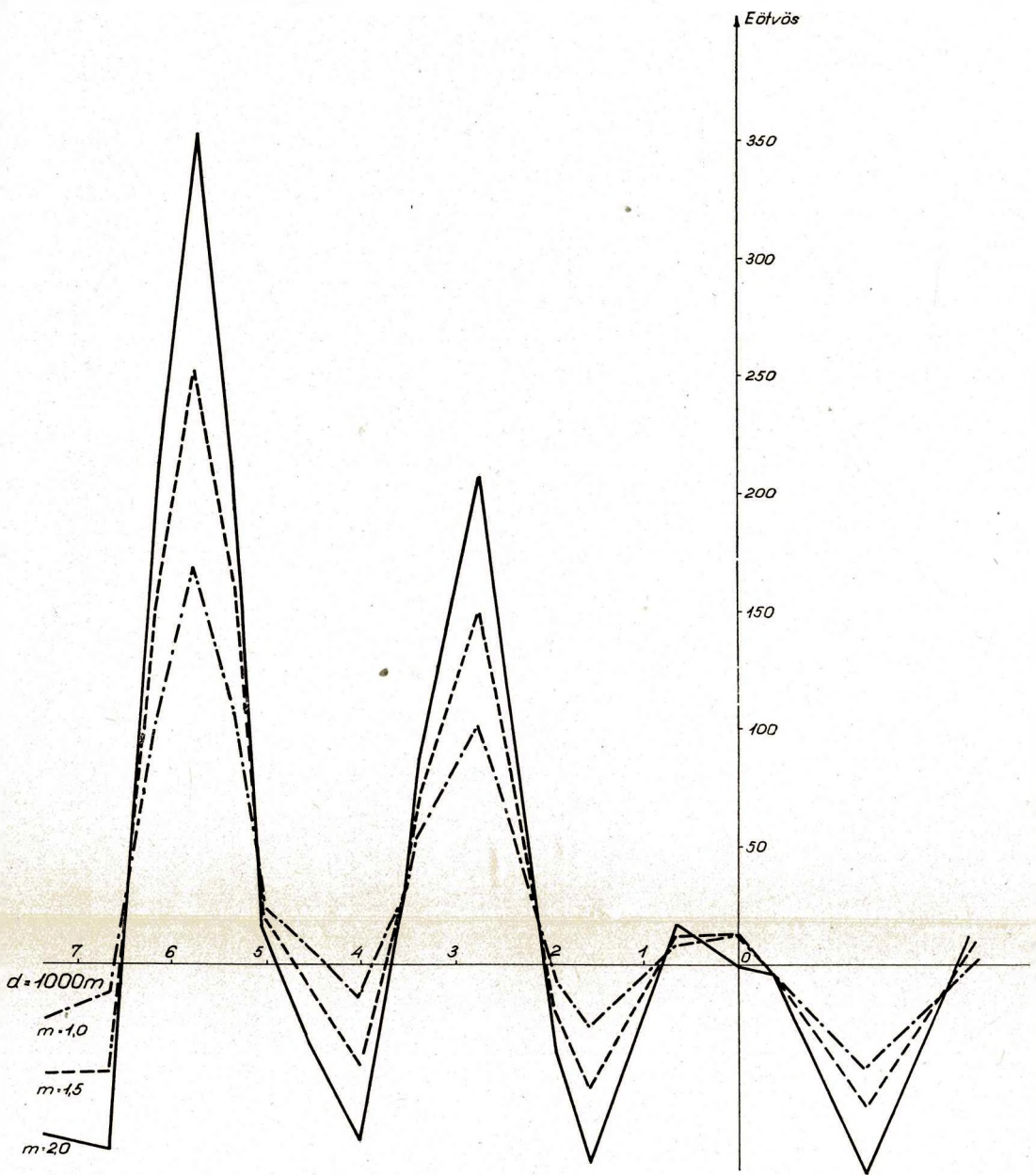


— $m = 1,5$
 - - - $m = 2$
 - · - $m = 2,5$
 ···· $m = 3$



1. ábra.





5. ábra.

