

*The differential equation of density contrast
and determination of gravimetrical velocities
of gravity stations at the area of investigation*

İ. Kasım YAŞAR

METU.

Abstract.- The writer presents with this paper a new and detailed study of the wave differential equation No. 1a and 1b used for determination of density contrasts of stations taken in consideration, based on the fundamentals of the potential theory. For this purpose, he has been able derive formulas No. 2, 3 and 4, in order to get rock and formation densities for his investigation profiles on the Bouguer-Geoid level in the crust. He also shows relations and close connection to the second vertical derivative of gravity and Height anomalies with each other for a uniform gravity anomaly configurations.

The data he has been using in his investigation were given to him by aid of the Geodetic Institute of the Faculty of "Bau und Vermessungswesen" of the University Karlsruhe in West Germany.

Besides those above, he has also been able to compute velocity increments and velocities by aid of gravity sub-surface leveling data, calculated after his equations No. 7, 8 and 9. He has used only, Bouguer gravity anomaly and Topographic maps and the end of the study he has been able to draw a "Density Distribution, Bouguer-Geoid and Structural maps and as addition to those a gravimetrical Velocity-Increment map". He is very thankful to his all "German-Colleagues" for the work he has achieved during his sebatric leave stay in " Karlsruhe".

Ankara, Middle East Tecnicl University

April, 1978

Yerin dışkabağu yoğunluğunun
tayini için yeni bir yoğunluk kontrastı
diferansiyel denkleminin çıkarılışı ve
yorumlanması

İ. Kasım YAŞAR

OPTÜ.
A- Yazarın 1967 senesinde hazırladığı orijinal çalışma, yer kabuğunda yoğunluk Dağılımı adı altında Temmuz 1969 senesi Harita Dergisinde Özel Ayırım olarak neşredilmiş ve bu bilimsel çalışma içerisinde konu ile ilgili geniş bir uygulama da yapılmıştır.

Yazarın yukardaki söz konusu yazısında 3 numaralı denklemlerle vermiş olduğu yoğunluk formülünün ikinci terimi, ora^2a , Bouguer haritasının yapımında kullanılan σ_0 gibi yaklaşık bir yoğunluğu; anomali sahasının her noktasında düzeltilen bir σ_0 yoğunluk kontrastını; oran olarak göstermektedir.

Yazar şimdi, o tarif ve açıklamasını değiştirerek, aynı terimi, matematik fiziğin dalga veya titreşimlerle ilgili olan ikinci mertebeden bir parsiyel diferansiyel denklem ile ifade etme yoluna koyulmuştur. Bu sebeple,

$$\frac{\partial^2 F}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 F}{\partial z^2} \quad \dots \quad 1a$$

denklemden yararlanarak bunun sol ve sağ tarafları için aynı başlangıç şartlarına dayanan ve birbirine bağlı iki yeni fonksiyon almak imkanı vardır. Bunların ilki, deniz yüzüne indirgenmiş yerküresi ağırlık ivmesi anomalisi olup diğeride başlangıcını deniz yüzünden alan veya başlatan yükselti eğrileri anomalileri (şekillenmeleri) olacaktır. Denklemdaki a^2 katsayısına gelince, bunu yükselti eğrilerini ağırlık ivmesi boyutuna çeviren $2\pi f$ çarpayı ile tayin edilmesi istenilen $\Delta\sigma$ yoğunluk kontrastından oluşan bir katsayı olarak kabul etmek icabeder. Böylece 1 numaralı denklemden oluşan,

$$\frac{\partial^2 \Delta g_B}{\partial z^2} = 2\pi f \Delta\sigma \frac{\partial^2 \Delta H}{\partial z^2} \quad \dots \quad 1b$$

yazılabilir ve buradan,

$$\Delta\sigma = \frac{\frac{\partial^2 \Delta g_B}{\partial z^2}}{2\pi f \frac{\partial^2 \Delta H}{\partial z^2}} = \frac{g}{cm^3} \quad \dots \quad 2$$

elde edilir. Yukardaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere, hesaplanan her nokta için, sonuçta,

$$\sigma = \sigma_0 + \Delta\sigma \quad \dots \quad 3$$

geçerli olacaktır.

O halde, şimdiye kadar yoğunluk veya yoğunluk kontrastını tayin etmek için kullanılan diğer bütün metodlar (Nettelton'un, Linser'in, K.Jung'un, Ölander'in ve Ali Yaramancı'nın ve Heiskanen'in) 1967 yılında yapılmış bulunan ilk denemeler ve şimdiki yeni uygulamalar ile karşılaştırıldıkta, jeofizik ve fiziksel jeodezi literatüründe yaklaşık birer yoğunluk tayini usûlü olarak kalacaklardır.

B- Yazar bundan sonra yine; 1967 senesindeki formüllerini kullanıp, 2 numaralı denklemin pay ve paydası için pratik çözümlerine dayanarak, gravite ve yükselti farkları şiddeti anomalilerinin ikinci merteye düşey türevlerini ve yatay birinci merteye gradyenleri ve bunlara dayanarak, yüzeylerin profiller yönlerindeki eğrilik yarıçaplarını hesaplama olanaklarına sahip bulunmaktadır. Ayrıca bunlara ek olarak, profil noktaları aralıkları için yarı çap farkları boyunca, istenilen derinliğe karşı, kabuk yoğunluğu enkremanlarını da hesaplamak mümkün ve gayet kolaydır. Daha sonra,

$$\sigma_k = \sigma_o + \Delta\sigma + \delta\sigma \quad \dots \quad 4$$

formülü yardımı ile, her nokta için Bouguer Jeoidi altı kabuk yoğunlukları hesaplanabilir.

Araştırma yapılan bölgede, jeolojik mostralardan veya mevcut delinmiş kuyuların paraketlerinden, kabuk içi formasyonlara ait yoğunluk tahminleri veya çıkarılan karotların laboratuvar denemeleri ile elde edilen değerlerden, hesap-bulunanla farkların saptanmasından sonra belli formasyon derinlikleri için kuyular arasında derinlik nivelmanları yaparak, derin yüzey profil noktaları üzerindeki diskordansları yani yapı elemanlarının (faylar ve şevler) hesaplanması çok kolay ve hiç de zaman alıcı olmaz.

Daha sonra, bu profillerden istifade edilerek, sahanın tüm'ü için yeraltı yapısını belli edecek haritaları sonuçlamak mümkündür.

C- Bu araştırmadan ilgi çeken diğer bir yanı, jeolojik yapıda intizam mevcut ise (Gravite anomali haritasından bu durum kolayca anlaşılabilir), Δg_{zz} profilleri ile ΔH_{zz} profillerinin şekillenmeleri birbirine çok fazla benzeyecektir. Böylece bu şekilde jeolojik süpresyonların yerlerini bulmak ve bo-yutlarını tayin etmek imkan içersine girmiş bulunacaktır. O halde buradan,

$$\Delta g_{zz} = c \Delta H_{zz} \quad \dots \quad 5$$

$$r_{\Delta g} = c r_{\Delta H}$$

ifadesine ulaşılır.

D- Yukardaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere, istihsal yapan tüm petrol-
rollü kuyularda petrol taşıyan formasyonların gravimetrik nivelmanları yardımı ile hesaplanan ondülelerini ve profil noktaları için düzeltilmiş Bouguer gravite anomali farklarını kullanarak, gravimetrik hız değişimleri, ağırlık ivmesi değişimleri ile orantıda bulduklarından, profil noktaları aralıkları için aşağıdaki önemli denklem yazılabilir.

$$\Delta v = \delta \Delta g_B \Delta T \frac{m}{sec} \quad \dots \quad 6$$

Burada ΔT zamanını bir pandülün titreşim periyodu denkleminde göre,

$$\Delta T = \pi \sqrt{\frac{\Delta N}{\delta \Delta g_B}} \quad \dots \quad 7$$

ile belli edip, 6 numaralı denklemden yerine koyarak

$$\Delta V = \pi \sqrt{\Delta N \delta \Delta g_B} \quad \dots \quad 8$$

ifadesine ulaşmak mümkündür. Bu formül fizikte, cisimlerin düşüşleri ile sukut hızları arasında yerin ağırlık ivmesiyle olan ilgili bağıntısına çok benzemektedir ve bize profil noktaları arasındaki hız enkremenalarını verecektir.

Eğer araştırma sahası kuyularında hız ölçülerinden elde edilen hızlar ve bunların bölgesel dağılımları haritalanmış ise, formasyon seviyeleri için, her kuyudan başlangıç hızlarının, yapılacak nivelman için, referans değerleri alınabilir. Bu sebeple de her profil noktasına değerlendirilen gravimetrik hızları hesaplamak aşağıdaki formül yardımı ile imkan içersine girer, böylece

$$v_i = v_o + \Delta v_i \quad \dots \quad 9$$

bulunur.

E- Belli kuyuların delgi pareketlerinden görüleceği ve anlaşılacağı üzere, fiziksel yüzey veya deniz yüzeyine indergenmiş olan formasyon derinlikleri, hesaplanan ΔN Bouguer jeoidi onduleleri ve 8 ve 9 numaralı denklemlerden elde edilen, profil noktalarındaki gravimetrik hızlar ile, sismik prospeksiyonlarda olduğu gibi busefer aynen gravimetrik izokron haritaları yapmak hiç de güç bir iş sayılmaz.

Yazar yukarda A - E maddelerinde açıkladığı ek bilgi ve formülleri "Federal Almanya Karlsruhe Üniversitesi Jeodezi Enstitüsü tarafından ölçülerinin yapıldığı Freiburg şehri batı-Kuzeyinde bulunan Kaiserstuhl jeodezik araştırma sahası için hazırlanmış Bouguer Anomali şekillenmesine uygulamış ve konferansında sunduğu haritalar üzerindeki profiller ve profil noktaları yardımı ile, önce 2,3 ve 4 numaralı formüllerden hesapladığı yoğunluk ve Bouguer jeoidi gravimetrik yapı haritalarını meydana getirmiştir. Daha sonra 7,8 ve 9 numaralı formüller yardımı ile, önce hız ve sonra da gravimetrik izokron haritaları ikmal edilmiştir.

Bibliografya :

- 1) İ.Kasım Yaşar : Yerçekiminin Dik İkinci Türevi ve Yerkaşuğunda Kitle Dağılımı Harita Dergisi Özel Sayı No.2 1965 Cebeci - Ankara
- 2) İ.Kasım Yaşar : An Investigation about the Sub-Surface Levelling and Determination of Undulations of the Level Surface and the Density distribution along the Surface itself. Jeodezi Bülteni, Türk Jeodezi Derneği yayını, sayı 1, cilt 1, Ekim 1969, Trabzon
- 3) İ.Kasım Yaşar : Yerkaşuğunda yoğunluk dağılımı. Harita Dergisi Özel Ayırım Temmuz 1969, Hrt.Gn.Md.lüğü Cebeci-ANKARA
- 4) İ.Kasım Yaşar : Gravite ve Mağnetik Anomalileri tefsirlerinde yerçekiminin ikinci mertebeden türevleri için etki kitlesi lokasyon, derinlik ve yoğunluk kontrastları haritalarıyla belirsizlik sınırları üzerine kritikler. TÜBİTAK, IV. Bilim Kongresi Tebliği, 5-8 Kasım 1973, Fen-Fakültesi Ankara Üniversitesi.

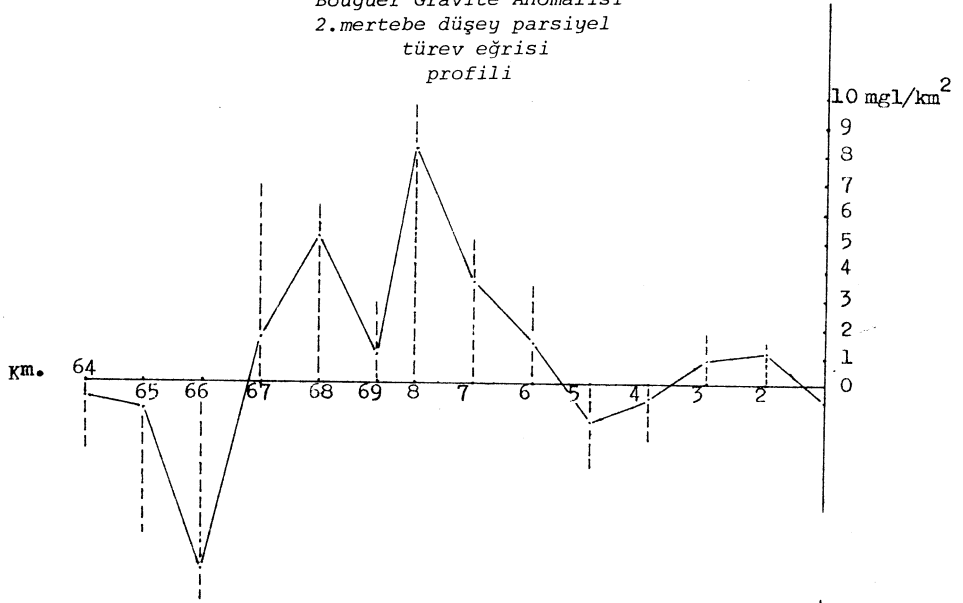
Kaiserstuhl bölgesindeki profil nokta araları için gravite ölçülerinden elde edilen "gravimetrik hız vektörü" fark - larının hesapları, beş ayrı yıldızvari profil için aşağıdaki şemalarda ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Nr.	$\Delta N x \delta \Delta g_B$	$\sqrt{\Delta N x \delta \Delta g_B}$	Δv	Nr.	$\Delta N x \delta \Delta g_B$	$\sqrt{\Delta N x \delta \Delta g_B}$	Δv
1'	0,00061	0,025	0,08 $\frac{m}{sec}$	1	0,00104	0,033	0,10 $\frac{m}{sec}$
2'	7	8	2	2	32	18	6
3'	14	12	4	3	340	58	18
4'	46	22	7	4	262	51	16
5'	303	53	17	5	452	67	21
6'	3	0	0	6	250	50	16
7'	73	27	9	46	145	38	12
8'	106	33	10	47	473	69	22
69	292	54	17	48	407	64	20
68	180	43	13	49	0,0068	0,026	0,08
67	71	27	9	50			
66	0,00011	0,009	0,03				
65				25	0,00194	0,045	0,14 $\frac{m}{sec}$
9	0,00313	0,066	0,21 $\frac{m}{sec}$	26	63	25	7
10	190	44	14	27	242	49	15
11	215	47	15	28	265	52	17
12	122	35	11	29	264	52	17
13	263	51	16	30	128	36	11
14	254	51	16	(17)6	448	67	21
15	32	18	6	31	600	78	24
16	103	32	10	32	460	68	21
(6)17	193	45	14	33	0,00117	0,034	0,11
18	440	66	21	34			
19	292	55	17				
20	150	39	12	35	0,00025	0,015	0,05 $\frac{m}{sec}$
21	48	22	7	36	185	44	14
22	1	0	0	37	190	44	14
23	0,00001	0,000	0,00	38	292	54	17
24				39	42	21	7
				40	33	17	5
				41	199	45	14
				(17)6	376	62	19
				42	431	66	21
				43	170	41	13
				44	0,00014	0,012	0,04

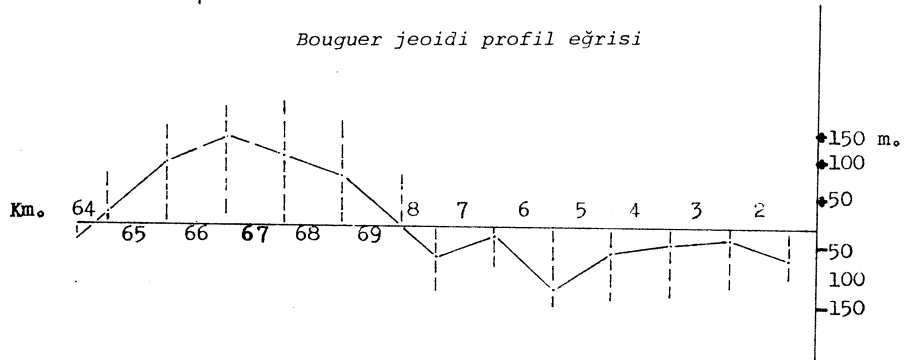
Not: elde olunan tüm değerler profil nokta aralarına ait bulunmaktadır. İşaretleri ay- (17)6 nen N lerin işaretlerine bağlı olup, bölgede yaklaşık olarak bilinen esas hız vektörüne eklenecektir.

Ek.2

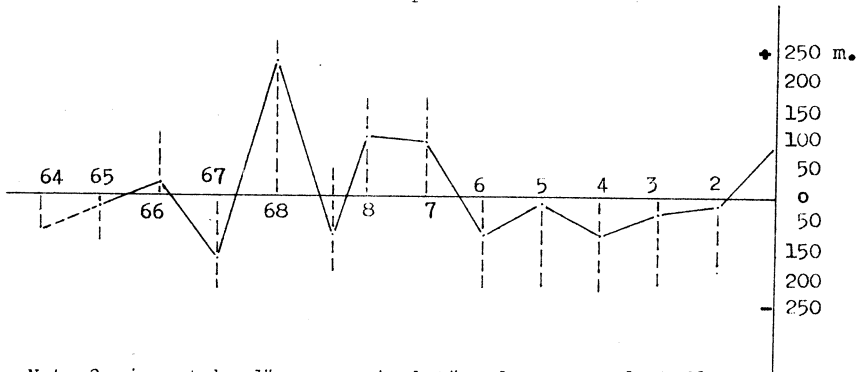
Bouguer Gravite Anomalisi
2.mertebe düşey parsiyel
türev eğrisi
profili



Bouguer jeoidi profil eğrisi



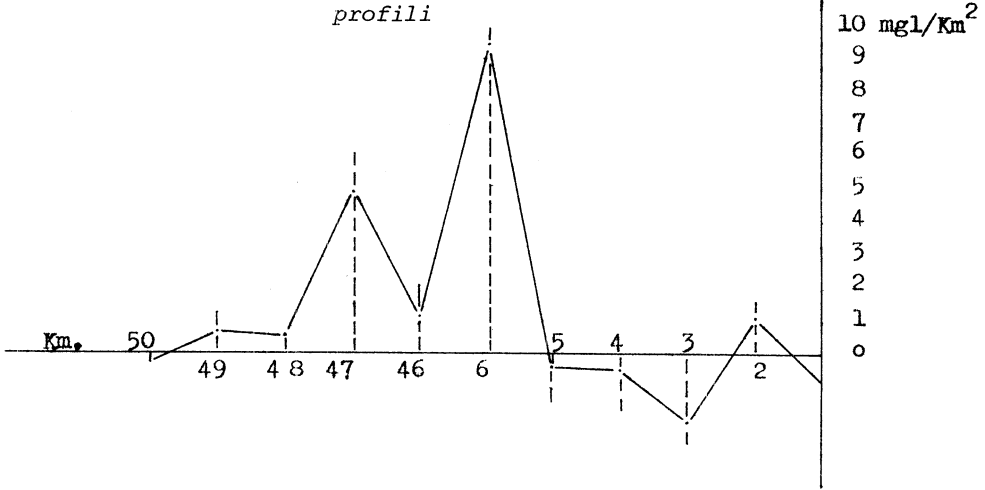
Rakımlar Anomalisi 2.ci mertebe
düşey parsiyel türev eğrisi
profili



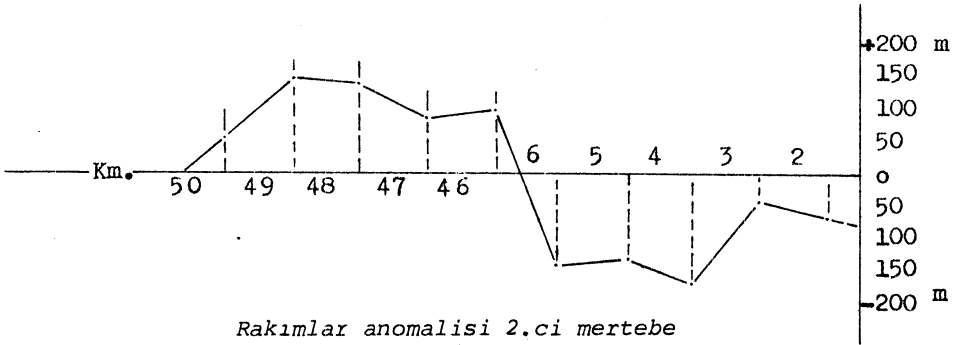
Not: 2.ci mertebe düşey parsiyel türevler arasında % 81 nisbetinde uygunluk bulunmaktadır.

Ek.3

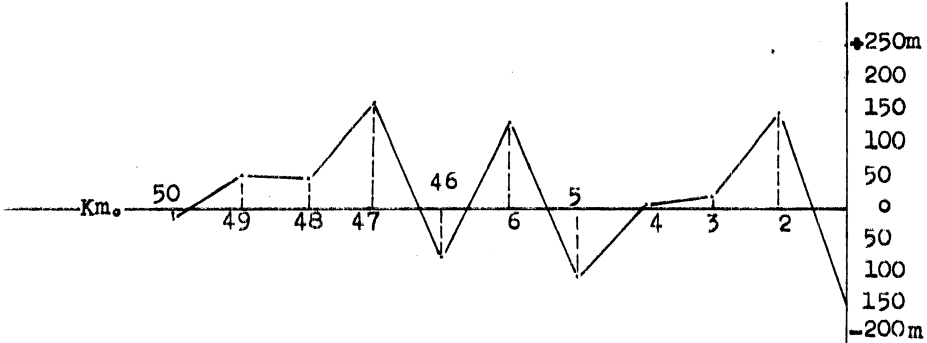
Bouguer Gravite Anomalisi
2. mertebe düşey parsiyel
türev eğrisi
profili



Bouguer jeoidi profil eğrisi

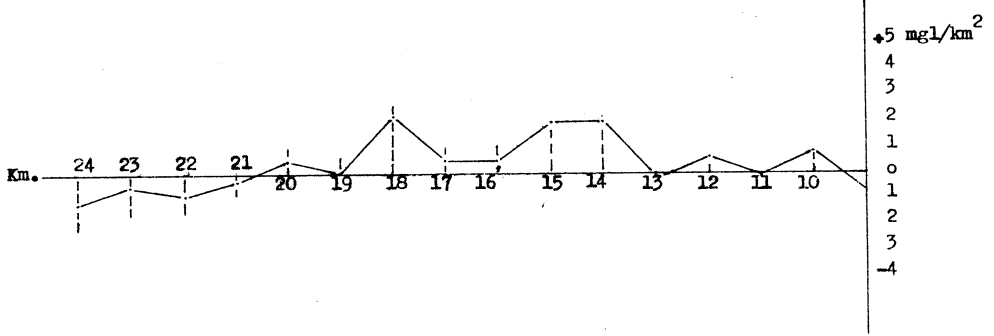


Rakımlar anomalisi 2.ci mertebe
Düşey parsiyel türev eğrisi
Profili

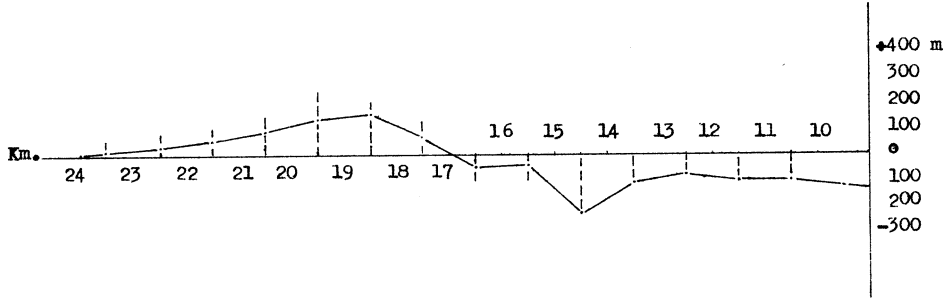


2.ci mertebe düşey parsiyel türevler arasında % 90 nisbetinde uygunluk bulunmaktadır.

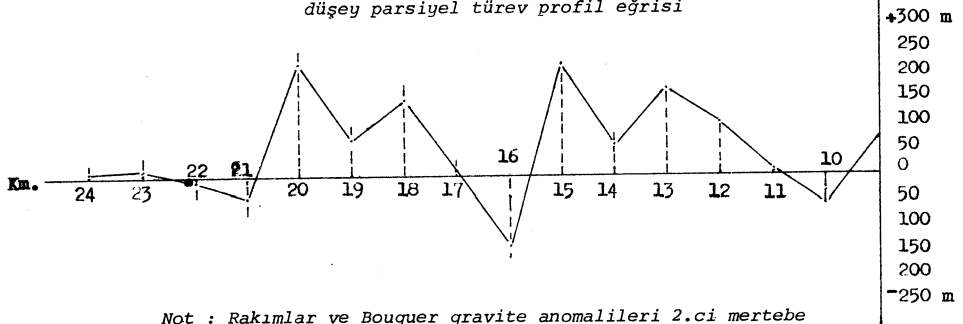
Bouguer Gravite Anomalisinin
2. mertebeden düşey parsiyel
türevi profil eğrisi



Bouguer jeoidi profil eğrisi

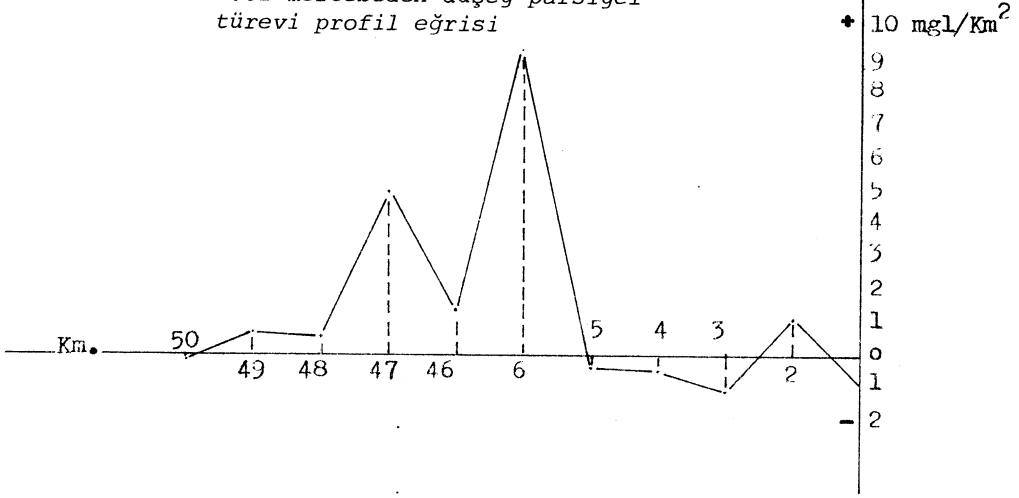


Rakımlar anomalisi 2.ci mertebeden
düşey parsiyel türev profil eğrisi

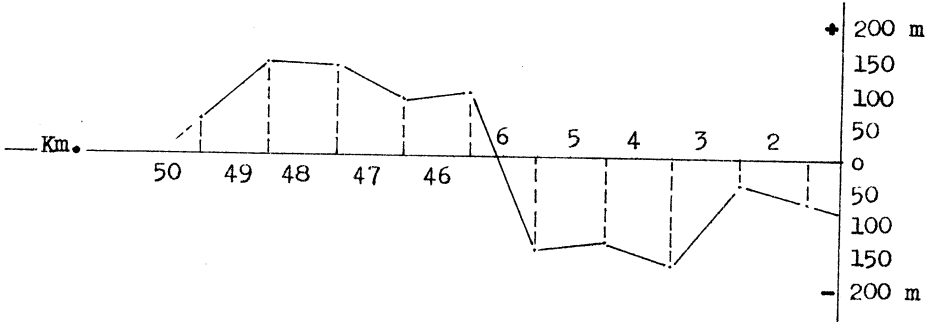


Not : Rakımlar ve Bouguer gravite anomalileri 2.ci mertebeden parsiyel düşey türev profil eğrileri arasında % 73 nisbetinde bir uyuşma mevcuttur.

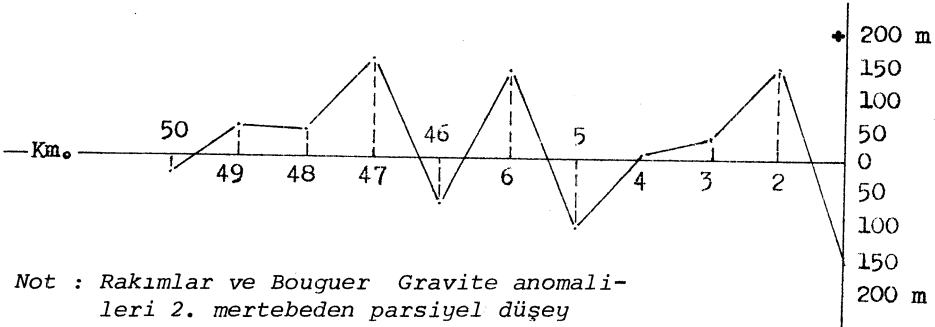
Bouguer Gravite Anomalisinin
2.ci mertebeden düşey parsiyel
türevi profil eğrisi



Bouguer jeoidi profil eğrisi

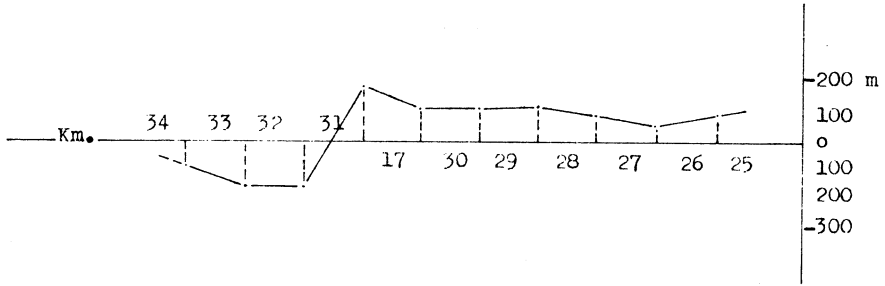
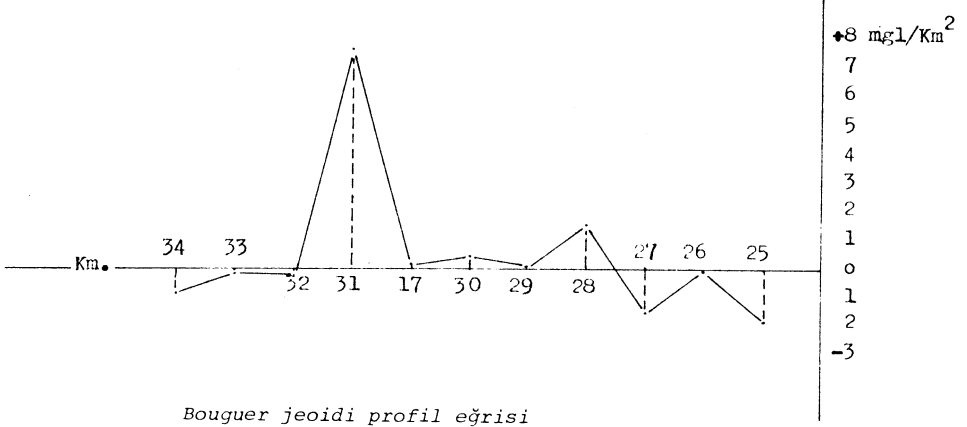


Rakımlar anomalisi 2.ci mertebeden
düşey parsiyel türev profil eğrisi

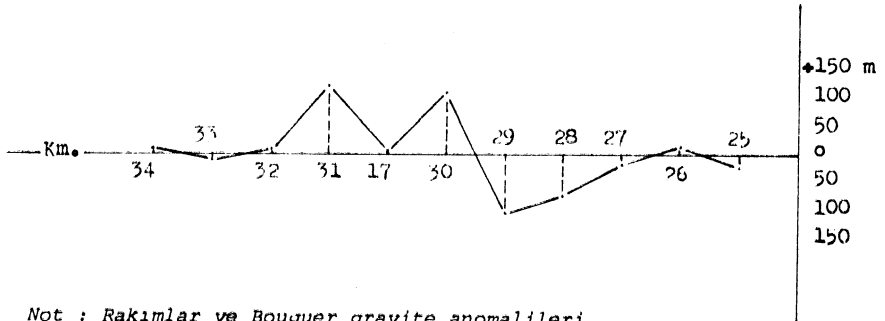


Not : Rakımlar ve Bouguer Gravite anomalileri 2. mertebeden parsiyel düşey türev profil eğrileri arasında % 98 nisbetinde bir uyuşum mevcuttur.

Bouguer Gravite Anomalisinin
2. mertebeden düşey parsiyel
türevi profil eğrisi



Rakımlar anomalisi 2.ci mertebeden
düşey parsiyel türev profil eğrisi.



Not : Rakımlar ve Bouguer gravite anomalileri
2.ci meritebe düşey parsiyel türev profil
eğrilerinde % 68 nisbetinde bir uyuşma
mevcuttur.

Bouguer Profil

Cos δ	δ	#	Δg_B	$2\Delta g_B$	N	S	N+S	2A	E	W	E+W	2B	-2(A+B)	$\frac{2\Delta g_B}{3z^2}$
.87	30	1	-645	-12.90	-4.95	-7.10	-12.05	+0.85	-6.15	-6.55	-12.70	+0.20	-1.05	-0.91
.97	15	3	-495	-9.90	-6.45	-6.45	-10.60	-0.70	-5.30	-4.85	-10.35	- .45	+1.15	+1.11
.87	13	3	-415	-8.30	-2.05	-4.95	-7.00	+1.30	-4.60	-3.85	-8.45	- .13	-1.15	-1.11
.98	25	4	-2.05	-4.10	0.00	-4.51	-4.15	-0.05	-3.50	0.00	-3.05	+ .60	- .5	- .50
.87	30	5	0.00	+0.00	+3.30	-2.05	+1.25	+1.25	-1.30	-1.30	-0.80	- .80	- .45	- .39
.77	40	6	+3.50	+6.60	+0.75	0.00	+0.75	-5.85	-0.60	+0.85	+0.25	-6.35	+12.20	+9.40
.87	30	9	+0.75	+1.50	-0.95	+3.30	+2.35	+0.25	-1.10	+0.45	-0.65	-2.15	+1.30	+1.13
.87	30	47	-0.95	-1.90	-4.40	-0.75	-3.65	-1.75	-3.70	-4.70	-3.80	+5.55	+4.87	
.77	20	48	-4.40	-8.80	-7.25	-0.95	-8.20	+0.60	-6.00	-3.10	-19.10	-1.30	+ .70	+ .54
.77	40	49	-7.25	-14.50	-8.50	-4.40	-12.90	+1.60	-8.90	- .05	-16.95	-2.45	+ .85	+ .65
.57	55	50	-8.50	-17.00	-9.00	-7.25	-16.25	+0.75	-9.05	-0.45	-17.50	-0.50	- .24	- .14

$\frac{2\Delta g_B}{3z^2}$
 $\frac{2\Delta g_B - 0.025}{3z^2}$
 $\frac{2\Delta g_B - 0.025}{3z^2}$

$\Delta^2 k$ $\Delta^2 k$ $\Delta^2 k$
 $\frac{\Delta g_B}{R^3}$ $\frac{\Delta g_B}{R^3}$ $\frac{\Delta g_B}{R^3}$

$\Delta^2 k$ $\Delta^2 k$ $\Delta^2 k$
 $\frac{\Delta g_B}{R^3}$ $\frac{\Delta g_B}{R^3}$ $\frac{\Delta g_B}{R^3}$

$\Delta^2 k$ $\Delta^2 k$ $\Delta^2 k$
 $\frac{\Delta g_B}{R^3}$ $\frac{\Delta g_B}{R^3}$ $\frac{\Delta g_B}{R^3}$

$\Delta^2 k$ $\Delta^2 k$ $\Delta^2 k$
 $\frac{\Delta g_B}{R^3}$ $\frac{\Delta g_B}{R^3}$ $\frac{\Delta g_B}{R^3}$

$\Delta^2 k$ $\Delta^2 k$ $\Delta^2 k$
 $\frac{\Delta g_B}{R^3}$ $\frac{\Delta g_B}{R^3}$ $\frac{\Delta g_B}{R^3}$

$\Delta^2 k$ $\Delta^2 k$ $\Delta^2 k$
 $\frac{\Delta g_B}{R^3}$ $\frac{\Delta g_B}{R^3}$ $\frac{\Delta g_B}{R^3}$

Profil 1

Cos δ	δ	#	ΔH_0	$2\Delta H_0$	n	s	n+s	2a	e	u	e+u	2b	-2(a+b)	$\frac{2\Delta H}{3z^2}$			
87	30°	1	200	400	315	190	305	105	190	280	470	70	-175	-152	125	.062	100
82	35	2	315	630	360	200	560	-70	230	295	525	-105	175	-143	160	.080	
26	75	3	360	720	395	315	710	-10	250	340	590	-130	140	36	80	.040	
82	35	4	395	790	350	360	710	-80	315	550	865	+75	+ 5	+ 4	-10	-.005	
97	15	5	350	700	390	395	785	+85	400	325	785	+25	-110	-107	- 5	-.002	
71	45	6	390	780	381	350	731	-49	350	285	645	-134	+184	+181	+21	+0.16	
30	60	46	381	762	409	300	799	+37	442	429	871	+109	-146	-73	+19	.010	
77	40	47	409	818	345	481	726	-92	358	350	708	-110	202	+136	-36	-.018	-100
26	75	48	345	690	260	490	669	-21	240	305	545	-145	+166	+43	-149	-.074	
71	45	49	260	520	195	345	540	+20	231	203	434	-86	+66	+47	-150	-.075	
64	50	50	195	390	185	260	445	+35	187	185	372	-18	-37	-24	-75	-.038	200

Bouguer Profil $\sigma=2.40 \text{ g/cm}^{-3}$

\bar{a}	#	Δg_B	$2\Delta g_B$	N	S	N+S	2A	E	W	E+W	2B	-2(A+B)	
.99	07	9	-12.25	-24.50	-9.75	-15.70	-25.45	+0.05	-11.95	-11.80	-23.75	+0.75	-0.80
.98	10	10	-9.75	-19.50	-7.85	-12.25	-20.10	-0.40	-9.70	-10.00	-19.70	-.20	+.80
.98	10	11	-7.89	15.70	-5.80	-9.75	-15.55	-0.15	-7.75	-8.00	-13.75	-.05	-.10
.97	13	12	-5.80	-11.60	-4.20	-7.85	-12.05	-0.45	-5.97	-5.80	-11.77	-.17	+.62
.94	20	13	-4.20	-8.40	-1.75	-5.80	-7.55	+0.85	-4.75	-4.30	-9.05	-.65	-.20
.77	40	14	-1.75	-3.50	+0.20	-4.20	-4.00	-0.50	-3.85	-1.80	-5.43	-2.15	+2.65
.50	60	15	+0.20	+.40	+1.00	-1.75	-0.75	-1.13	-2.50	+0.06	-2.43	-2.83	+3.98
.87	30	16	+1.00	+2.00	+3.30	+0.20	+3.30	+1.50	-0.70	+0.70	0.00	-2.00	+50
.21	78	17	+3.30	+6.60	+0.16	+1.00	+1.16	-5.44	-0.50	+0.90	+0.40	+4.20	+11.64
.91	15	18	+0.16	+0.32	-2.90	+3.30	+40	+0.08	-2.20	-0.02	-2.22	-2.34	+2.46
.82	33	19	-2.90	-5.80	-5.15	+0.16	-4.99	+0.81	-4.05	-2.44	-6.60	-.80	-.01
.97	13	20	-5.15	-10.30	-7.00	-2.90	-9.90	+0.40	-5.20	-6.00	-11.20	-.90	+.50
.87	30	21	-3.00	-14.00	-7.90	-4.15	-13.05	+0.96	-6.00	-8.65	-14.65	-.65	-.30
.71	43	22	-7.90	-15.80	-7.95	-7.00	-14.95	+0.85	-6.98	-8.50	-15.48	+.32	-1.17
.77	40	23	-7.95	-15.90	-8.05	-7.90	-15.95	-8.05	-7.00	-8.17	-15.17	+.73	-.68
.64	50	24	-8.05	-16.10	-7.00	-7.95	-14.95	+1.15	-7.60	-8.70	-15.40	+.70	-1.85

-0.012

-0.024

$\frac{\partial \Delta g_B}{\partial z^2}$	a^2	$\Delta \sigma$	σ	N-S	$\frac{\partial \Delta g}{\partial s}$	R_{km}	ΔR	$\frac{\partial \Delta g_B}{\partial z}$	$\frac{\partial \Delta g_B}{\Delta R}$	$\Delta \sigma_c$	$\Delta \sigma_k$	$\Delta \sigma_k$	$1.9 \frac{\Delta N_B}{m}$	
-0.79	-0.010	-0.024	2.376	+5.95	2.98	-3.98	+14.98	+2.50	+0.168	-0.001	-0.027	2.373	0.473-125	
+0.78	-0.013	-0.031	2.369	+4.40	2.20	+11.00	+28.40	+1.90	+0.067	-	0	-.036	2.364	.4464-100
-0.10	-0.017	-0.04	2.359	+3.95	1.98	+39.60	-28.89	+2.05	-0.071	+	0	-.015	2.385	.485-103
+0.60	+0.006	+0.014	2.414	+3.65	1.82	+10.71	-7.60	+1.60	-0.21	+	1	+.007	2.407	.507-76
-0.19	-0.001	-0.002	2.1348	+4.05	2.02	+3.11	-2.13	+2.45	-1.150	+	10	+.050	2.450	.550-107
+2.04	+0.035	+0.083	2.483	+4.40	2.20	+0.98	-0.49	+1.95	-3.980	+	34	+.076	2.476	.576-130
+1.99	+0.009	+0.001	2.402	+2.75	1.38	+0.49	+0.29	+0.80	+2.760	-	23	-.025	2.375	.475-40
+0.44	-0.003	-0.007	2.393	+3.10	1.55	-0.78	-0.85	+2.30	-2.740	+	17	+.743	3.143	1.243-45
+2.44	+0.010	+1.465	3.865	-0.84	-0.42	-0.07	-1.15	-3.14	+2.730	-	23	+.727	3.127	1.237+62
+2.24	+0.015	+0.036	2.436	-6.20	-3.10	-1.22	-2.11	-3.06	+1.450	-	10	+.008	2.408	.508+146
-0.01	-0.000	-0.000	2.400	-5.31	-2.66	-3.33	+1.05	-2.25	-2.140	+	14	+.016	2.416	.516+130
+0.48	+0.002	+0.005	2.405	-4.10	-2.05	-2.28	+0.16	-1.85	-11.550	+	48	+.057	2.457	.557+81
-0.26	+0.006	+0.014	2.414	-2.75	-1.38	-2.12	+3.62	-0.90	-0.249	+	1	-.098	2.498	.598+53
-0.83	+0.075	+0.180	2.560	-0.95	-0.48	+1.50	-1.39	-0.05	+0.036	-	0	+.028	2.428	.528+22
-0.52	-0.052	-1.125	2.275	-0.15	-0.08	+0.11	-0.80	-0.10	+0.125	-	0	-.346	2.754	.154+14
-1.18	-0.236	-0.566	1.834	+0.95	+0.48	-0.69								

0.71	45°	9	224	448	216	190	406	-42	191	193	384	-64	+106	+75	+26	+0.013
0.71	45	-10	216	432	287	224	511	+79	196	240	436	+4	-83	-59	+63	+23
0.26	75	11	287	574	362	216	578	+41	243	305	548	-26	-22	+6	+146	+73
0.71	45	12	362	724	403	287	630	-34	322	290	612	-152	+146	+103	+116	+58
0.87	30	13	403	806	417	362	779	-27	330	310	640	-166	+193	+168	+55	+28
0.57	35	14	417	834	449	403	852	+18	339	375	714	-120	+102	+58	+46	+23
0.71	45	15	449	898	319	417	735	-162	349	400	749	-142	+311	+221	-98	-49
0.5	40	16	319	638	390	449	839	+201	392	308	700	+62	-263	-132	-59	-30
0.7	45	17	390	780	415	319	734	-46	450	37	820	+40	+6	+4	+96	+48
0.95	15	18	415	830	385	390	775	-55	300	429	729	-101	+154	+148	-5	-2
0.77	40	19	385	770	321	415	736	-34	296	420	716	-54	+88	+68	-94	-47
0.93	15	20	321	642	209	385	594	-48	229	228	457	-185	+233	+221	-176	-88
0.26	25	21	209	418	205	321	526	+108	230	241	471	+53	-161	-42	-116	-58
0.17	80	22	205	410	210	209	419	+9	242	221	404	+53	-62	-11	+1	0
0.17	80	23	210	420	194	205	399	-21	195	185	380	-40	+61	+10	-11	-6
0.98	10	24	190	388	180	210	390	+2	200	181	381	-71	+51	+5	-30	-15

Cos α '	α '	Nr	ΔH_0	2 ΔH_0	n	s	n+s	2a	e	w	e+w	2b	-2(a+b)	$\frac{\partial^2 \Delta}{\partial z^2}$	n-s	tg β	$\Delta \sigma$	σ_k	Δn
0.87	30 ^c	25	221	442	259	185	444	+2	278	186	464	+22	-24	-21	-74	-0.037			
0.17	80	26	259	518	245	221	466	-52	298	207	505	-13	+65	+11	+24	+12			+88
0.26	75	27	245	490	262	259	521	+31	270	249	519	+29	-60	-16	+3	+2			+50
0.42	65	28	262	524	315	245	560	+36	340	320	560	+136	-172	-72	+70	+33			+91
0.97	15	29	315	630	395	262	657	+27	425	285	710	+80	-107	-104	+133	+67			+115
0.71	43	30	395	790	390	315	705	-85	380	347	727	-63	+148	+105	+75	+38			+112
0.17	80	17()	390	780	408	395	803	+23	400	352	752	-28	-5	-1	+13	+6			+113
0.71	45	31	408	816	308	390	698	-118	358	412	770	-46	+164	+117	-82	-41			+194
0.97	15	32	308	616	238	308	646	+301	249	330	379	-37	+7	+7	-137	-68			+158
0.17	80	33	238	476	213	408	521	+451	246	239	485	+9	-34	-9	-93	-46			+156
0.39	67	34	213	426	181	238	419	-71	217	199	411	-131	+22	+9	-37	-0.028			-73
Cos α '	α '	Nr.	$\Delta \sigma_B$	2 $\Delta \sigma_B$	N	S	N+S	2 Δ	E	W	E+W	2B	-2(A+B)						
0.080	0.97	15 ^o	25	-10.90	-21.30	-8.70	-11.90	-20.60	+1.20	-10.55	-10.60	-21.15	+0.65	-1.85					
2.20	0.90	25	26	-8.70	-17.40	-7.45	-10.90	-18.35	-0.95	-7.00	-9.35	-16.45	+0.95	+0.00					
3.35	0.77	40	27	-7.45	-14.90	-4.80	-8.70	-13.50	+1.40	-6.01	-8.35	-14.36	+0.54	-1.94					
5.10	0.87	30	28	-4.80	-9.60	-2.50	-7.45	-9.95	-0.35	-4.42	-6.60	-11.05	-1.45	+1.80					
8.40	0.87	30	29	-2.50	-5.00	-0.15	-4.80	-4.95	+0.05	-1.65	-3.50	-5.15	-15	+0.10					
10.75	0.77	40	30	-0.15	-0.30	+0.98	-2.50	-1.52	-1.22	+0.25	-1.15	-0.90	-60	+0.62					
11.88	0.77	40	31	-0.98	+1.96	+3.30	-0.15	+3.15	+1.19	-0.15	+0.65	+0.50	-1.46	+0.27					
14.20	0.64	50	17()	+3.30	+6.60	-0.50	+0.98	+48	-6.12	-0.12	+0.80	+0.60	-5.92	+2.00					
10.40	0.82	35	32	-0.50	-1.00	-3.45	+3.30	-13	+0.85	-0.90	-0.75	-1.65	-0.65	-2.0					
7.43	0.97	15	33	-3.45	-6.90	-5.05	-0.50	-3.33	+1.35	-4.05	-4.10	-8.15	-1.25	-0.10					
5.85	1.00	0	34	-5.05	-10.10	-5.50	-3.45	-8.95	+1.15	-5.3	-5.20	-10.50	-0.40	-0.75					
$\frac{\partial^2 \Delta \sigma_B}{\partial z^2}$	$\Delta \sigma$	gr cm ³	σ	N-S	$\frac{\partial \Delta \sigma_B}{\partial s}$	P _{km}	ΔR	$\frac{\partial \Delta \sigma_B}{\partial \sigma}$	$\frac{\Delta R}{\Delta \sigma}$	$\frac{\partial \Delta \sigma_B}{\partial \sigma}$	$\frac{\Delta R}{\Delta \sigma}$	$\frac{\partial \Delta \sigma_B}{\partial \sigma}$	$\frac{\Delta R}{\Delta \sigma}$	$\frac{\partial \Delta \sigma_B}{\partial \sigma}$	$\frac{\Delta R}{\Delta \sigma}$	$\frac{\partial \Delta \sigma_B}{\partial \sigma}$	$\frac{\Delta R}{\Delta \sigma}$	$\frac{\partial \Delta \sigma_B}{\partial \sigma}$	$\frac{\Delta R}{\Delta \sigma}$
-1.79	+0.085	+0.204	2.604	+3.20	+1.60	-2.47	+0.66	+2.20	+3.330	+0.080	0.091	2.49	0.391	+88					
-0.00	0	0.600	2.400	+3.45	+1.72	-1.81	-1.80	+1.25	-0.694	-0.016	0.096	2.496	596	+50					
-1.49	+0.093	+0.023	2.623	+3.90	+1.95	-3.61	+5.32	+2.65	+0.499	+0.092	0.182	2.512	682	+91					
+1.57	-0.062	-0.053	2.397	+4.93	+2.48	+1.71	+3.75	+2.30	+0.182	+5	-0.023	2.377	477	+115					
+0.09	-0.001	-0.002	2.398	+4.65	+2.32	+15.46	-12.61	+2.35	+0.186	-4	+0.001	2.401	501	+112					
+0.47	+0.005	+0.012	2.412	+3.48	+1.94	+2.85	-1.67	+1.13	-0.678	-0.016	0.262	2.138	238	+113					
+0.21	-0.210	-0.505	2.895	+3.35	+1.72	+1.18	-1.30	+2.32	-0.786	-0.044	-0.213	2.183	223	+194					
+7.73	+0.066	+0.159	2.559	-1.48	-0.74	-0.12	-3.08	+3.80	+0.747	+0.018	+0.068	2.468	568	+158					
-0.17	-0.025	-0.060	2.340	-6.75	-3.38	-5.20	+2.97	-2.95	-0.999	-0.024	-0.036	2.364	464	-156					
-0.10	+0.011	+0.026	2.426	-5.55	-2.78	-2.22	-0.32	-1.60	+5.000	+0.120	+0.030	2.430	530	-73					
-0.75	-0.088	-0.205	2.195	-2.05	-1.02	-2.56													

r=1 km r²=1

Bouguer Profil (A)

$\sigma=2,40 \text{ g/cm}^3$

Cos α	α	#	Δg_{Bo}	$2\Delta g_{Bo}$	N	S	N+S	2A	E	W	E+W	2B	σ_k	1.9	ΔN_B
.77	40°	1'	-6.95	-13.90	-5.90	-7.50	-13.40	+0.50	-6.98	-6.80	-13.78	+0.12	-0.72		
.77	40	2'	-5.90	-11.80	-5.60	-6.95	-12.55	-0.75	-6.70	-5.90	-12.60	-0.80	+1.55		
.97	15	3'	-5.60	-11.20	-5.15	-5.90	-11.05	+0.15	-6.20	-6.15	-12.35	-1.15	+1.00		
.87	30	4'	-5.15	-10.30	-4.15	-5.60	-9.75	+0.55	-5.50	-4.85	-10.35	-0.05	-0.50		
.94	20	5'	-4.15	-8.30	-1.40	-5.15	-6.55	+1.75	-4.75	-4.00	-8.75	-0.45	-1.30		
.94	20	6'	-1.40	-2.80	+1.15	-4.15	-3.00	-0.20	-3.20	-0.90	-4.10	-1.30	+1.50		
.87	30	7'	+1.15	+2.30	+2.50	-1.40	+1.10	-1.20	-1.00	+0.45	-0.55	-2.85	+4.05		
.97	15	8'	+2.50	+5.00	0.00	+1.15	+1.15	-3.85	0.00	+0.50	+0.50	-4.50	+8.35		

$\frac{\partial \Delta g_B}{\partial z} = -0.013$

Höhe Profil (A)

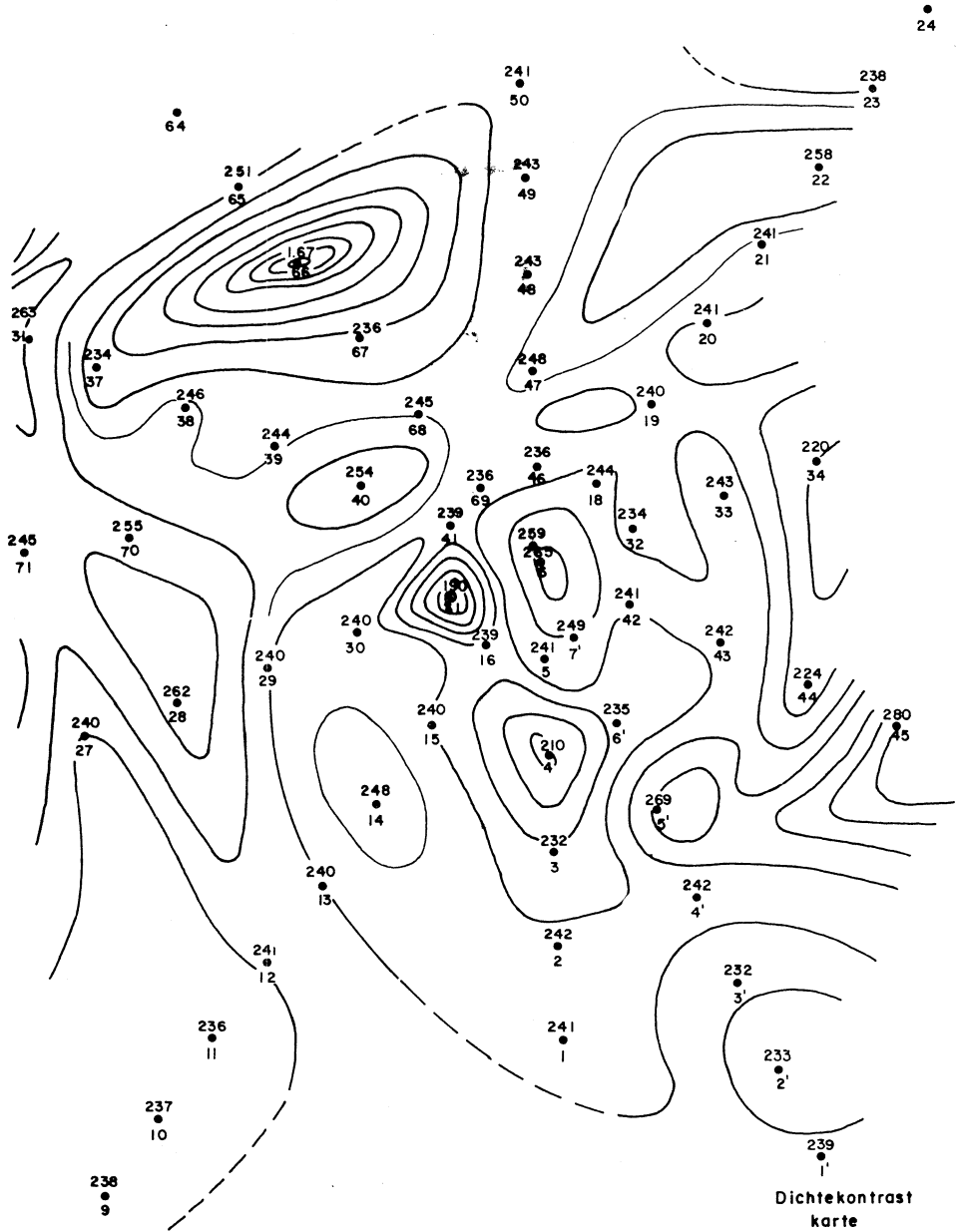
Cos α	α	#	ΔH_o	$2\Delta H_o$	R	S	n+s	2a	e	w	e+w	2b	$\frac{\partial \Delta H}{\partial z^2}$	
.82	35°	1'	225	450	196	200!	396	-54	198	196	394	-36	+110	+90.0
.71	45°	2'	196	392	193	225	418	+26	195	194	389	-3	-23	-16.4
.97	15	3'	193	386	216	196	412	+26	191	197	388	+2	-28	-27.0
.71	45	4'	216	432	276	193	469	+37	198	289	487	+55	-92	-65.4
.17	80	5'	276	552	340	216	336	+4	252	356	608	+56	-60	-10.2
1.0	0	6'	340	680	420	276	696	+16	331	398	729	+49	-65	-65.0
.71	45	7'	420	840	395!	340	735	-105	377	332	709	-31	+136	+96.6
.64	50	8'	395	790	390	420	720!	-70	400	300	700	-90	+160	+103.0

Cos α	α	#	Δg_{BO}	$2\Delta g_{BO}$	N	S	N+S	2A	E	W	E+W	2B	$-2(A+B)$	$\partial^2 \Delta g_B / \partial z^2$
0.71	43°	64	-10.00	-20.00	-9.45	-10.50	-19.95	0.05	-10.05	-9.25	-19.30	0.70	-0.74	-0.53
0.82	54°	65	-9.45	-18.90	-8.80	-10.00	-18.80	.10	-9.10	-8.76	-17.84	1.05	-1.14	-0.94
0.97	13°	66	-8.80	-17.60	-3.40	-9.45	-13.05	4.44	-7.15	-8.30	-13.45	2.15	-4.70	-6.50
0.97	14°	67	-3.60	-7.20	-0.12	-8.80	-8.92	-1.72	-3.20	-4.10	-7.30	-0.10	1.82	1.76
0.91	25°	68	-0.12	-0.24	1.10	-3.60	-3.50	-3.26	-1.00	-1.30	-2.50	-2.26	5.52	5.04
0.97	15°	69	1.10	2.20	3.30	-0.17	3.18	0.98	0.40	-0.20	0.20	-2.00	1.02	0.99

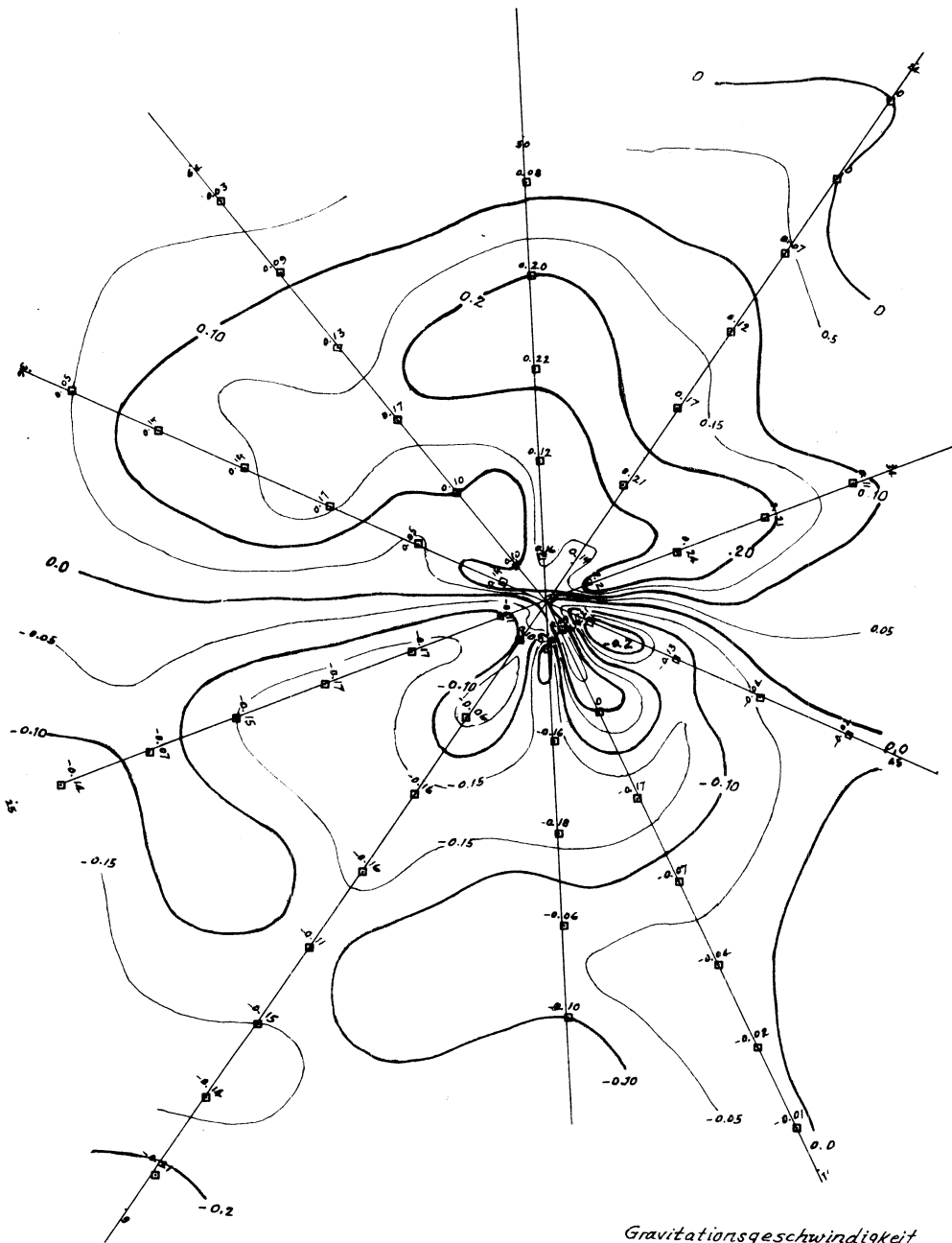
Profil B $\sigma=2.40$ g/cm³ *
 δ $\Delta\delta$ $\frac{\delta\Delta g_B}{\delta s}$ ΔR $\Delta\delta$ $\frac{\delta\Delta g_B}{\Delta P}$ $\Delta\delta_0$ $\Delta\delta$ δ

N_0	Δ	$\Delta\delta$	δ	N-S	$\frac{\delta\Delta g_B}{\delta s}$	R	ΔR	$\Delta\delta$	$\frac{\delta\Delta g_B}{\Delta P}$	$\Delta\delta_0$	$\Delta\delta$	δ	E+W	2B	$-2(A+B)$	$\partial^2 \Delta H / \partial z^2$
		0.118!	2.510!	1.05	.521	-0.74	0.17	0.35	3.24	0.008	0.102	2.502	0.602	-0.025	-25	-20.5
0.046	0.110		2.510	1.20	.60	-0.57	-0.79	0.63	-0.82	0	-0.310	2.090	.190	9	+30	+21.3
-0.305	-0.730		1.670	5.85	2.92	-1.36	44.76	5.20	0.12	0	-0.384	2.016	.116	5	-135	-110.0
-0.016	-0.038		2.362	8.68	4.34	43.40	-42.36	2.48	-0.06	0	.006	2.406	.506	21	+270	+235.0
0.021	0.050		2.450	4.70	2.35	1.04	-0.18	1.22	-6.77	1	-0.005	2.395	.495	21	-15	-60.5
-0.016	-0.038		2.362	3.42	1.71	0.86										

ΔN_B	E	ΔH_0	$2\Delta H_0$	n	s	n+s	2a	e	w	e+w	2b	$-2(a+b)$	$\partial^2 \Delta H / \partial z^2$
+19	65	195	390	240	185	425	35w	195	185	380	-10	-25	-20.5
+109	66	240	480	285	195	480	+	250	200	450	-30	+30	+21.2
+1016	67	285	570	405	240	645	+75	350	300	650	+80	-155	-110.0
+118	68	408	810	350	225	684	-175	335	390	725	-93	+270	+235.0
+17	69	350	700	390	405	794	+94	290	400	490	-10	-85	-60.5



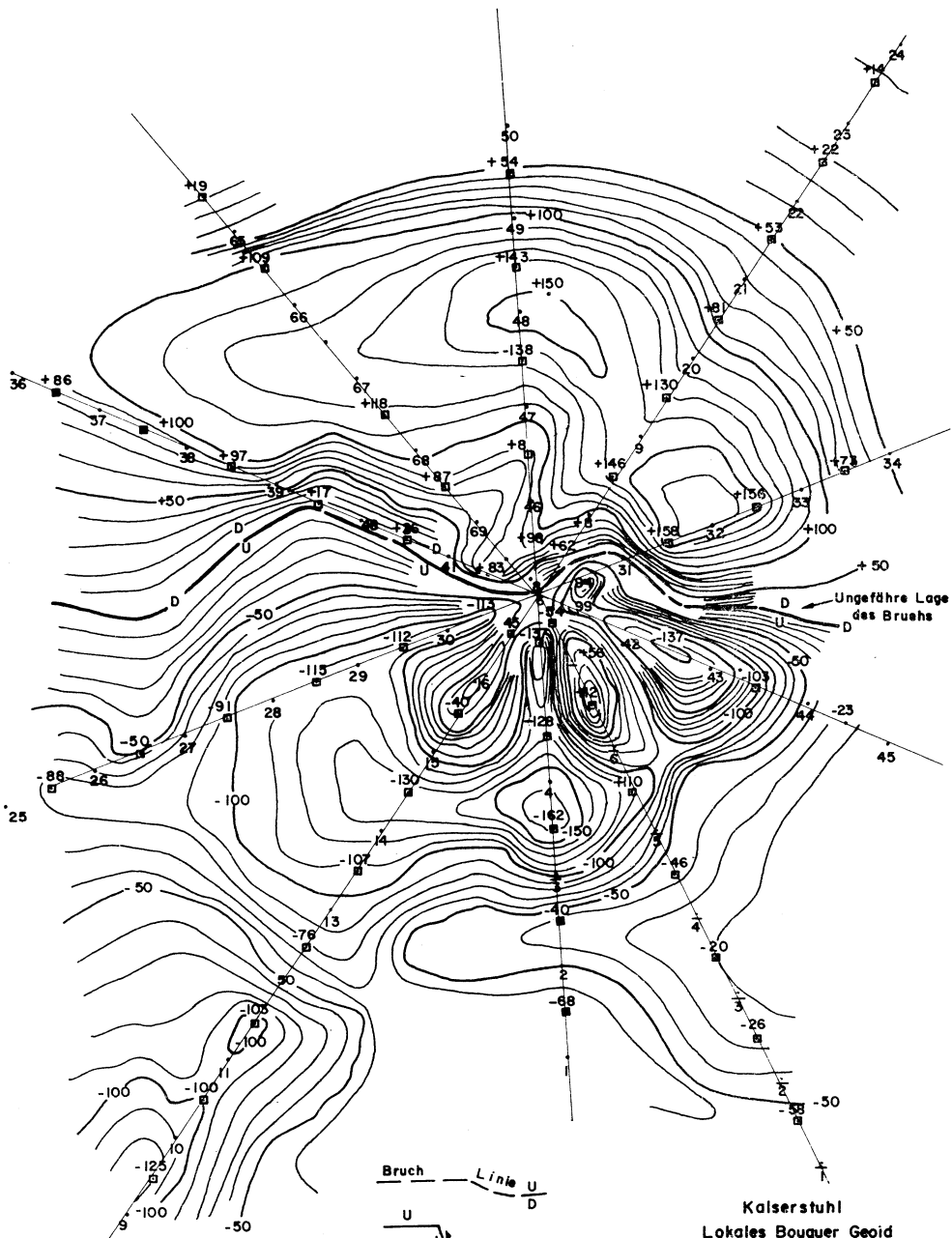
Dichtekontrast
karte
1 / 50000
Kurven Infr.
0.1 9/cm³



Gravitationsgeschwindigkeit
differenz Karte

Kurven Inter. 0.05 m/sec

Maßstab 1:50 000



Kaiserstuhl
 Lokales Bouguer Geoid
 Kurven interv
 10m.
 1: 50 000