

PİZA JEOTERMİK ENERJİ SİMPOZYUMU NETİCELERİ VE KIZILDERE SAHASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

SIRRI KAVLAKOĞLU

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

Birleşmiş Milletler, Piza'da (İtalya) «Jeotermal Kaynakların Geliştirilmesi ve Faydalanma» konusunda 22 Eylül - 1 Ekim 1970 tarihleri arasında bir simpozyum düzenlemiştir. Bu simpozyumda 150 ye yakın tebliğ verilmiştir. Bunlar daha ziyade Yeni Zelanda, Japonya, İtalya, Amerika ve Rusya'ya aittir. Bu tebliğler muhtelif raportörler tarafından tetkik edilmiş, müşterek olan görüşler tespit edilerek üzerlerinde tartışmaya sunulmuştur.

J. McNitt «The Geologie Environment of Geothermal Fields as a Guide to Exploration» adlı raporunda aşağıdaki görüşleri tespit etmiştir:

1. Jeoşimik ve termodinamik kriterlere nazaran, jeolojinin daha önemli olduğu nazarı itibara alındığı takdirde, jeotermal sahalar için teklif edilmiş olan sınıflandırmalarda ne gibi değişiklikler ve ilâveler yapılabilir?

2. Jeotermal sahaların meydana gelmesinde mümkün mekanizma ne olacaktır?

Simpozyumda, jeotermal sahaların jeolojik yönden sınıflandırılması üç bölümde mütalaa edilmiştir:

I. Kuaterner volkanizmaya bağlanmış sahalar;

II. Senozoik tektonizma ile asosiye sahalar;

III. Platform Bölgeleri ve Sahil Bölgeleri.

Kızıldere ve Larderello havzaları Senozoik tektonizma ile asosiye sahalar olarak mütalaa edilmişlerdir.

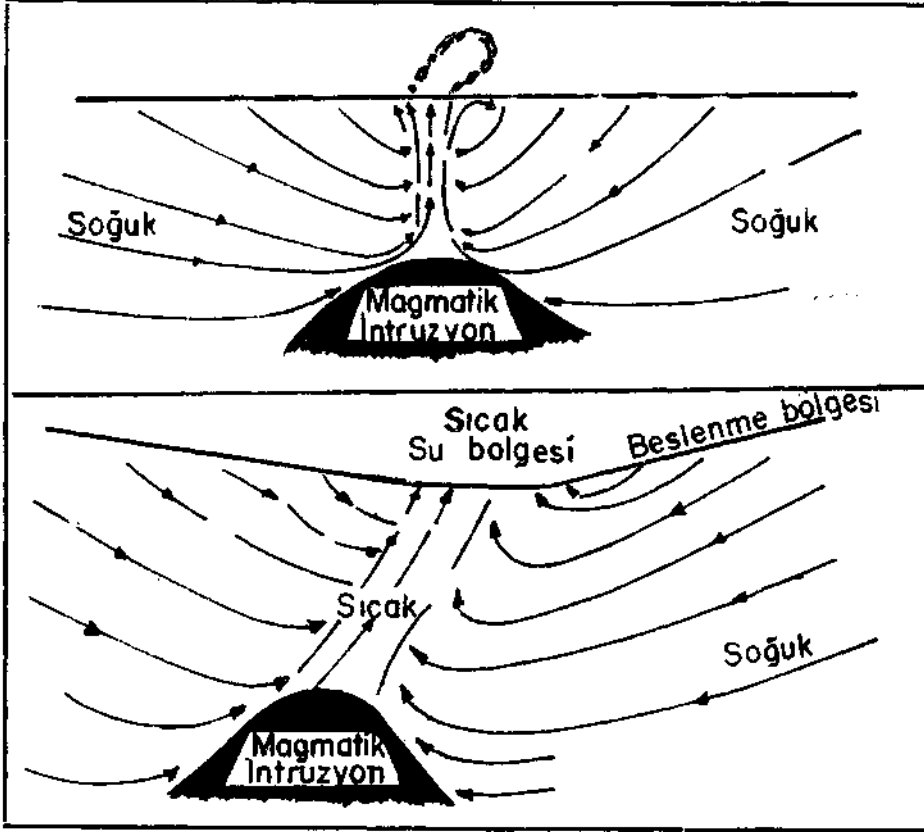
Bilindiği gibi, Larderello kuru buhar sahasıdır. Kızıldere'nin jeolojik olarak Larderello ile aynı sınıfta mütalaa edilmesi, bu sahanın kuru buhar imkânları yönünden de ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Jeolojik yönden, yukarıda sıralanan bölgelerde, ısının herhangi bir sahada mevziî olarak toplanması ve konsantre olmasını izah edecek bir mekanizmanın münakaşası yapıldığında, daha ziyade aşağıdaki şekle uygun olanı üzerinde durulmuştur (Şek. 1).

Burada genel olarak satıhtan derinlere doğru inen meteorik su, magmatik intruzyon bölgesi civarında ısınıyor ve jet sistemine uygun olarak yukarıya bir sütun halinde çıkıyor.

Bu, sadece şematik olarak gösterilebilmiştir ve meteorik suyun sıcak kaynağa kadar nasıl indiğinin izahı verilmemiştir.

Jeoşimik etütler ve çalışmalar sonucu simpozyuma sunulmuş olan tebliğlerden D. E. White'ininde aşağıdaki görüşler tespit edilmiştir:



Şek. 1 - Diyagram magmatik intruziyonun tesirlerini ve sıcak su şirkülasyonunu göstermektedir.

1. Jeotermal sahalar, kuru buhar ve sıcak su sahaları olarak iki esas sınıfta toplanır.

2. Cl, SiO₂, Na, K, Ca, B ve CO₂ sıcak su sistemini değerlendiren kullanışlı unsurlar olarak teklif edilmişlerdir.

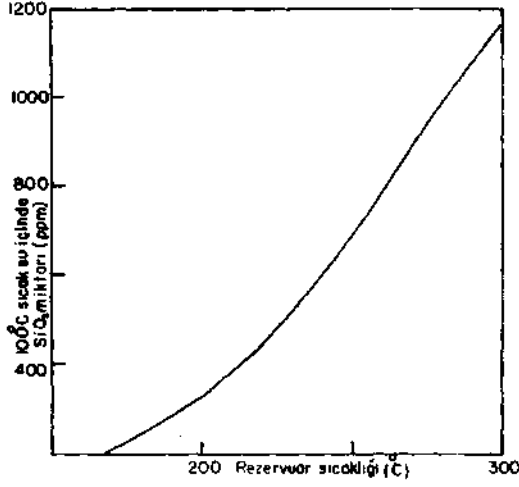
3. SiO₂ varlığı ve Na/K oranı birçok sıcak su sisteminde, rezervuar sıcaklığını veren değerlerdir.

4. B, NH₄, CO₂ ve Hg kapsamları kuru buhar sistemlerinin ortak vasfı olması bakımından önemlidir.

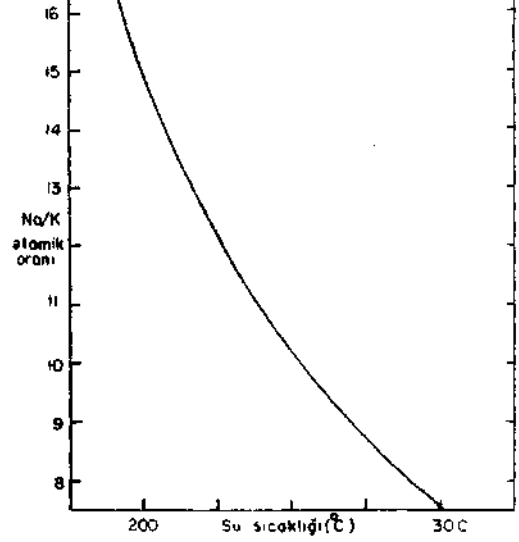
Simpozyumda jeoşimik olarak, jeotermal sahaların kuru buhar (buhar esas) ve sıcak su (su esas) sahaları olmak üzere iki esas sınıfa ayrılabilceği kabul edilmiştir. Genellikle sıcak su sahaları, kuru buhar sahalarına nazaran daha yaygındır.

Sıcak su sahalarında, rezervuarın minimum sıcaklığının tayini için SiO₂ ve Na/K terkipleri önemli olmaktadır. Tablo 1 in tetkikinden bunu görmek mümkündür. Ayrıca Na/K oranına ve SiO₂ kapsamına göre, aşağıdaki grafiklerin çok kullanışlı oldukları saptanmış ve bunların üzerinde önemle durulmuştur (Şek. 2 ve Şek. 3).

Sıcak su sistemlerinin, kuru buhar sistemlerine nazaran fazla olmaları görüşüne katılmıyoruz. Bugün mevcut sıcak su sistemlerinin bazılarında kuru buhar temin etmek mümkündür. Kanaatimize göre, Kızıldere bunlardan biridir. Meselâ,



Şek. 2 - Kuvars ile doymuş yeraltındaki suyun orijinal sıcaklığı ile satıhtaki 100°C deki suyun silita kapsamı arasındaki bağıntı.



Şek. 3 - Su içindeki Na/K oranının sıcaklık ile değişimi.

jeoşimik olarak kuru buhar sistemlerinde B, NH₄, CO₂ ve Hg elementleri karakteristiktir. Bunlar Kızıldere jeotermal sahasında mevcuttur ve miktar olarak fazla bulunmaktadır. (Maalesef Kızıldere Hg tayini yapılmamıştır.) Buna rağmen, Kızıldere sıcak su sistemleri içinde mütalaa edilmiştir. Kanaatimizce bu yanlıştır. Zira, sahanın bizzat jeoşimik karakteri ve jeolojik yönden Larderello sahası ile aynı sınıfta mütalaa edildiğine burada işaret etmek isterim. İlerideki paragraflarda bu konu daha detaylı olarak görüşülecektir.

Jeofizik dalında tebliğ veren C.J. Banwell, raporunda aşağıdaki görüşleri tespit etmiş ve münakaşaya sunmuştur:

1. Jeofizik etütlerin planlanmasında rezervuarın ve jeotermal sahaların fizik modelleri;

2. Jeofizik metotlar:

- a. Isı akısı etütleri,
- b. 15 -30 metrelik kuyularda gradiyent ölçüleri,
- c. Sığ rezistivite etütleri,
- d. Orta derinlikte rezistivite etütleri (200-500 m),
- e. Derin rezistivite etütleri (1-3 km),
- f. Sismik etütler,
- g. Gürültü etütleri,
- h. Gravite etütleri.

3. İstikşaf sondajlarının lokasyonu için kriter;

4. Permeabl zonların lokasyonu.

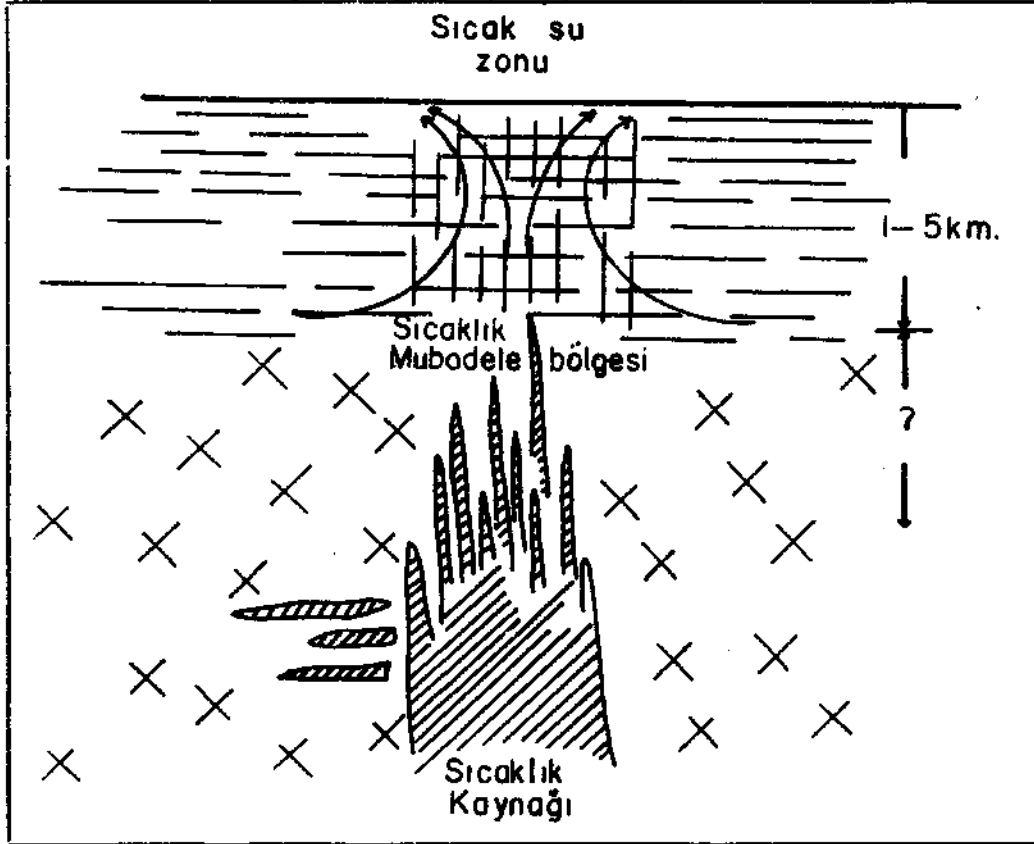
Tablo - 1

<i>S a h a</i>	SiO_2 muhte- vası (ppm)	Na/K atomik oranı	T_{SiO_2} °C	$T_{Na/K}$ °C	$T_{max.}$ °C müşahede
Kızıldere, Türkiye					
Kaynak (100°C)	185	17.1	~170	186	
KD 1 kuyu	220	14.1	175	207	200
Wairakei, Yeni Zelanda					
Kaynak 97	235	16.6	185	188	
Kuyu 20	640	10.0	243	252	260
Waiotapu					
Kaynak 64	490	13.0	237	216	
Kuyu 6	620	9.4	241	262	275
Kawerau					
Kaynak 2	245	11.5	188	234	
Kuyu 8	815	9.7	263	256	285
Rotorua					
Kaynak 83	490	14.0	238	208	
Kuyu 219	405	18.1	212	180	?
Orakei Korako					
Kaynak 98	280	11.3	187	235	
Kuyu 3	546	10.7	233	243	>230?
Broadlands					
Kaynak 1	338	17.8	209	182	
Kuyu 2	848	8.2	266	285	>300
Taupo					
Kaynak	235	14.7	184	203	
Kuyu 1	726	9.7	253	256	>260?
Rotokawa					
Kaynak 6	340	16.5	210	187	
Kuyu	760	9.8	257	255	>260?
Ngawha					
Jubilee kaynağı	178	22.0	168	~161	
Kuyu 1	475	19.6	223	~172	235
Tokaanu kaynağı	305	18.0	203	180	—
Cerro Prieto, Meksika					
Kuyu M-20		5.9		350	388
Bouillante, Guadeloupe					
Kaynak 52.4	156	15.2	155	198	~240
Martinique					
Lamentin (46°C)	84	45.8	127	~104	93
Diamant (34°C)	168	28.2	168	~139	—
Pauzhetka, S.S.C.B.					
Kaynak P. 1 (~ 100°C)	166	23.2	164	~156	
Kuyu 4	302	16.0	194	193	195
Uzon-Geyzerny					
Geyzer Velikan (~ 100°C)	294	16.9	200	187	
Bolshe Banny					
Kaynak 4 (~ 100°C)	165	20.7	163	~167	
Kuyu 35	223	22.0	177	~161	171
Paratunka					
Kaynak (42.5°C)	62	63.1	111	~ 83	
Kuyu 2	25	35.0	70 (?)	~123	106
El Salvador					
Playon de Salitre Sp. (63°C)	183	12.4	174	222	
Ahuachapan sondaj kuyusu	439	9.44	218	261	228
Ekvador					
Banos (Cuenca, 87°C)	23	53	67	~93	?
El Tingo (34°C)	65	18.1	113	180	?
Cezayir					
Meskoutine kaynağı (95°C)	66	7.42	114	305 (?)	?
Matsukawa, Japonya					
BR-2 kuyu	823	5.67	263	360 (?)	~260
Otake, Japonya					
Kuyu 8	509	12.7	227	220	

Tablo 1 (devamı)

<i>S a h a</i>	<i>SiO₂</i> <i>muhte-</i> <i>vasi</i> <i>(ppm)</i>	<i>Na/K</i> <i>atomik</i> <i>oranı</i>	<i>T_{SiO₂}</i> °C	<i>T_{Na/K}</i> °C	<i>T_{max.}</i> °C <i>müşahede</i>
Hatchobaru, Japonya					
Kuyu 1	1 092	8.3	293	284	
Hakone, Japonya					
Na-Cl-HCO ₃ -SO ₄ zonu (65.5°C)	228	18.8	188	~175	
NaCl zonu (91.5°C)	319	16.4	213	190	
Takinokami, Japonya					
Kaynak 1 (97°C)	176	17.5	167	184	
Kaynak 3 (97°C)	161	10.5	162	245	
Kaynak 12 (91.2°C)	243	19.7	194	~172	
Ruiz, Kolombiya					
H-8 (43°C)		10.3		247 (?)	
A-3 (90°C)		9.6		259 (?)	
İslanda					
Reykjavik kuyusu	155	108	155	54 (?)	146
Hveragerdi kuyusu	480	13.4	223	213	216
Wilbur kaynakları, Kaliforniya					
Main kaynağı (70°C)	190	33.8	176	~125	
Wilbur no. 1 kuyusu	133	38.6	147	~115	140
Sulphur Bank, Kaliforniya					
Kaynak (77°C)	72	56.6	119	~ 90	218
Amedee kaynakları, Kaliforniya (92°C)	96	56.7	132	~ 90	107
Kelley kaynakları, Kaliforniya					
Main kaynağı (96.5°C)	127	61.4	144	~ 85	
Kelley no. 1					110
Lake City sıcak kaynakları, Kaliforniya					
Kaynak (97°C)	17.3	31.9	170	~129	
Parman no. 1					160
Casa Diablo-Mammoth, Kaliforniya					
Hot Creek «geyzer» (93°C)	131	29.7	150	134	
Endogenous no. 3	273	18.9	188	~175	179-1/2
Salton Sea sahası, Kaliforniya					
Wister çamur geyzerleri (21°C)	59	23.6	108	~154	
I.L.D. no. 3 (~190°C)	120	14.4	142	204	
I.L.D. no. 1 (~340°C)	> 400	4.9	>210	~396	~360
Beowawe, Nevada					
En büyük geyzer	444	14.1	218	207	
Nevada Thermal no. 2	534	13.1	230	216	212
Steamboat kaynakları, Nevada					
Kaynak 8 (89°C)	293	15.6	200	196	
Kaynak 50 (60°C)	220	17.7	186	183	
Kaynak 18 (93°C)	331	14.5	209	204	186
Darraughs Nev. kaynağı (97.5°C)	106	70	138	~77	129-1/2
Brayds, Nev. kaynağı (94°C)	226	20.0	183	170	215
Yellowstone Park, Wyoming					
Mammoth kaynağı	55	3.95	72	~445 (?)	
Y-10 sondaj kuyusu		4.50		~420 (?)	72
Midway kaynağı	210	67.2	178	~ 80	
Y-5 sondaj kuyusu		46.6		~102	170
Ojo Caliente, Lower Basin	230	57.4	184	~ 89	
Y-3 sondaj kuyusu		41.9		~110	174
Old Faithful Geyser	390	28.3	210	~138	
Old Faithful'a yakın kaynak	318	31.5	213	~131	
Porcelain Terrace, Norris Basin	692	9.89	249	254	>240
Kaynak YF-119, Norris Basin	448	21.3	231	~165	

Jeofizik etütlerin planlanmasında rezervuarın ve jeotermal sahaların fizik modellerinin bilinmesi çok önemlidir. Bunun üzerine birçok görüş ortaya konmuştur. Burada G. V. Keller'e ait hipotetik görüşten bahsetmek istiyorum. Keller'e göre, sıcaklık kaynağı olarak arz kabuğu içine girmiş, seri halinde satha çıkmamış dayklar bahis konusudur (Şek. 4).



Şek. 4 - Jeotermal sistemin hipotetik şeması.

Bu hipotetik görüşünü tespit etmek için, audio-frequency magneto-telluric rezistivite etütleri sonucu, Yeni Zelanda'nın kuzeyindeki merkezî volkanik kısmı için (Şek. 5) aşağıdaki rezistivite kesitini elde etmiştir (Şek. 6).

Bu kesit hipotetik modeli bir miktar yansıtmaktadır. Ancak tasavvurun sadece Yeni Zelanda jeotermal sahasını izah ettiği unutulmamalıdır. Ayrıca sıcak suyun oluşumu ve rezervuara yerleşmesi ele alınmamıştır.

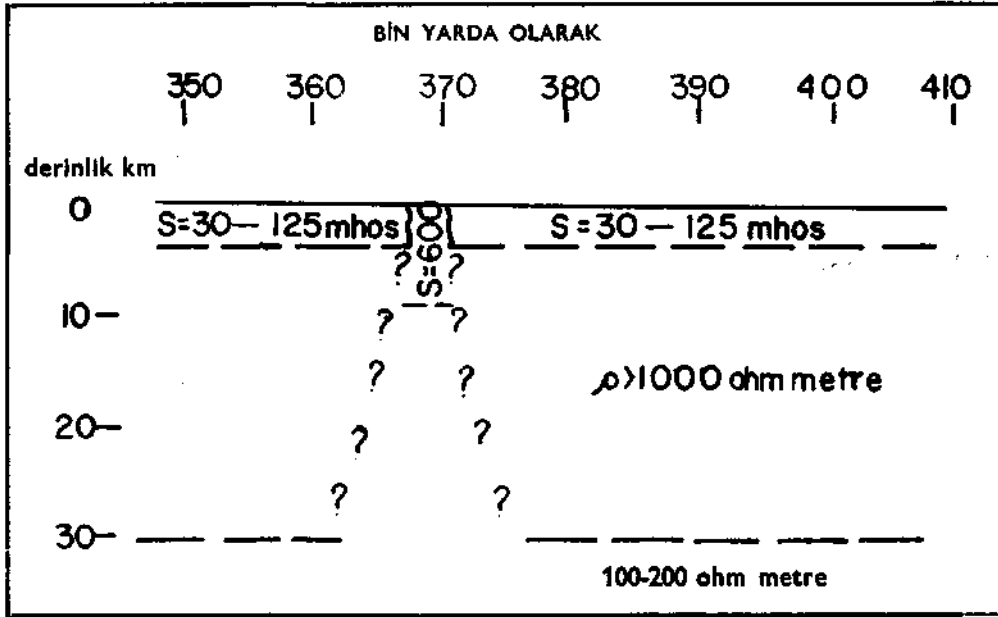
Biliyoruz ki, yeraltı sıcak su veya sıcak su buharının esas kaynağı meteorik sudur.

Hidrotermal sahalar, volkanik göller, büyük nehirler, göller, denizler ve kar bölgeleri civarına rastlamaktadır. El Tatio sahasındaki mevcut volkan bacaları sık sık karla dolmaktadır.

Volkanik göllerden, sürekli çatlaklardan, gömülü eski meteorik haznelere veya denizlerden sıcak kaynağa herhangi bir permeabiliteyle sızan sular sıcak kaynak bölgesine girer girmez ısınacak ve o civardaki müsait geçirgen zonlardan ısıtılmış su veya su buharı halinde, daha ziyade düşey geçirgenlikleri seçerek yüksele-



Şek. 5 - Kuzey Yeni Zelanda adasının merkezî volkanik kısmı içinde audio-frequency magneto-telluric metotla ölçülmüş rezistivite değerleri.



Şek. 6 - Kuzey Yeni Zelanda adasının termal bölgesine ait rezistivite profili.

çektir. Rezervuara ulaşıncaya Darcy Kanununa uygun olarak rezervuara yerleşecek ve ısıtılmış su halinde olacaktır. Bu, bazı hallerde erüptif kitlenin kristalizasyonu sırasında ayrılan jüvenil suyu ve bazı sıcak gazları da ihtiva edebilir. Bu sıcak çözelti müsait geçirgen zonlardan yükselirken, geçtiği zonlardan sıcaklığına uygun olarak erittiği mineralleri de ihtiva edecektir. Sıcak çözelti yükselirken, mevcut geçirgenlikleri genişletecek ve geçtiği zonların civarını ısıtacaktır. Bu çözeltinin yoğunluğu genellikle üst seviyedeki meteorik su akiferindeki sudan daha büyük olabilecektir.

Piza'daki simpozyumda yayınlanan «Origin of the Geothermal Waters or Natural Steam» adlı tebliğimde, sıcak suyun oluşumu ve rezervuara yerleşmesi teorik olarak etüt edilmiştir.¹

Buna göre, derinlerdeki sıcak kaynağa herhangi bir geçirgenlikle bağlı olan satıh ve yeraltı suları sıcak bölgede ısınmakta ve daha çok düşey geçirgenlikleri seçerek örtü kayacın altında bulunan geçirgen ve gözenekli ortama yerleşmektedir. Genellikle bu gözenekli ve geçirgen ortamlar başlangıçta meteorik su ile doludur. Belli bir basınç altında buraya kadar ulaşan sıcak çözelti, rezervuarın içindeki soğuk suyun bir kısmının yerine yerleşmektedir.

Sonra küçük genlikli konveksiyon akımları sonucu tabanı geniş olan sıcak çözelti sütunu zamanla genişlemektedir.

Model bu şekilde olduğuna göre, tatbik edilecek jeofizik metotlarla ilgili olarak aşağıdaki değişiklikleri yapmak mümkündür :

1. Jeotermal sahanın tespiti ile ilgili jeofizik etütler;
2. Sahaya ait satha çıkmamış sıcak magmatik kitleyle ilgili jeofizik etütler;
3. Fay ve çatlak sistemlerinin tespiti ile ilgili jeofizik etütler;
4. Gözenekli ve geçirgen ortamların tespiti ile ilgili jeofizik etütler;
5. Sıcak çözelti sütununun tespiti ile ilgili jeofizik metotlar;
6. Kuru buhar kısımlarının tespiti ile ilgili jeofizik metotlar.

¹ Tebliğin Türkçesi eylül 1970 tarih, 5 sayılı *Madencilik* dergisinde yayınlanmıştır.

Bunlar infrared, gravite, manyetik, rezistivite, indüklenmiş polarizasyon, sismik ve termal gradient metotlarıdır.

İnfrared, jeotermal bölgelerin tespitinde kullanılan yeni bir metottur. Uçaktan yapılması dolayısıyla çabuk ve ucuz olan genel bir etüttür.

Gravite etütleriyle bölgenin genel tektoniğini ortaya koymak, gömülü masifi yansıtan gravite anomalileri elde etmek mümkündür. Ayrıca büyük atımlı derin faylara ait indisler yakalamak kolay olabilmektedir.

Manyetik etütlerle gömülü süseptibl masifleri ve satıhta süseptibl volkanik kayaların yayılımını tespit etmek mümkün olacağı gibi, gravite etütlerinin interpretasyonunda da yardımı olabilir. Rezistivite en önemli metotlardan biridir. Bununla sıcak çözelti sütununun tespiti mümkündür. Ayrıca rezistivite ile rezistif olan ve olmayan ortamları belirtmek, örtü kayaç ve rezervuar ile bazı faylar hakkında bilgi toplamak mümkün olacaktır. Rezistivite metotlarıyla, jeotermal sahanın fizik modeliyle ilgili olarak rezistivite dağılımlarını tespit etmek imkânı vardır. Gerek rezervuarda, gerekse geçirgen zonlarda sıcak çözelti bölgelerindeki mümkün elektroşimik olaylar sebebiyle I.P. metodunu uygulamak mümkündür.

Sismik refleksiyon ve refraksiyon metotlarının kullanılmasıyla derin reflektörlerin tespiti, fay sisteminin ortaya konması mümkündür. Ayrıca sıcak su ve buhar rezervuarlarında sismik dalga enerjisinin atenüasyonunun çok çabuk olduğu, Piza'da yapılan simpozyumda ileri sürülmüştür. Bunun da uygulanması düşünülebilir.

Nihayet 15-30 m derinliğindeki kuyularda termal gradient ölçülerinin belirli yerlerde alınmasının faydaları olabilir.

R. James «Reservoir Physics and Production Management» adlı raporunda aşağıdaki görüşleri münakaşaya sunmuştur:

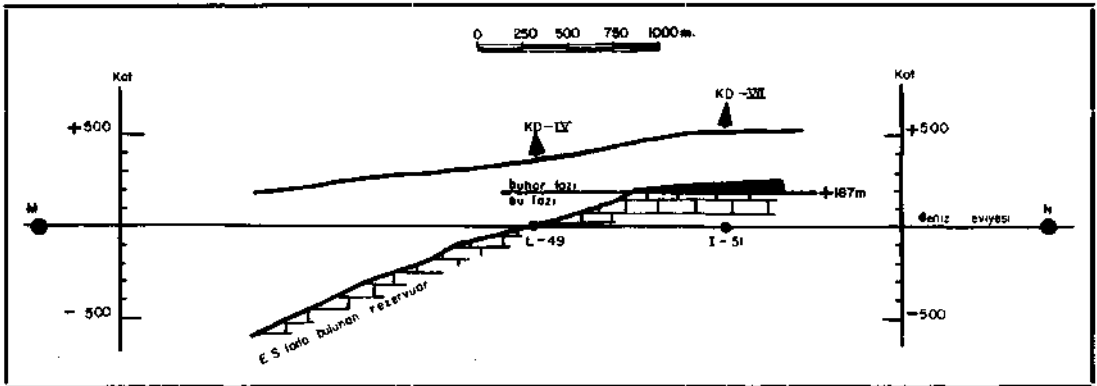
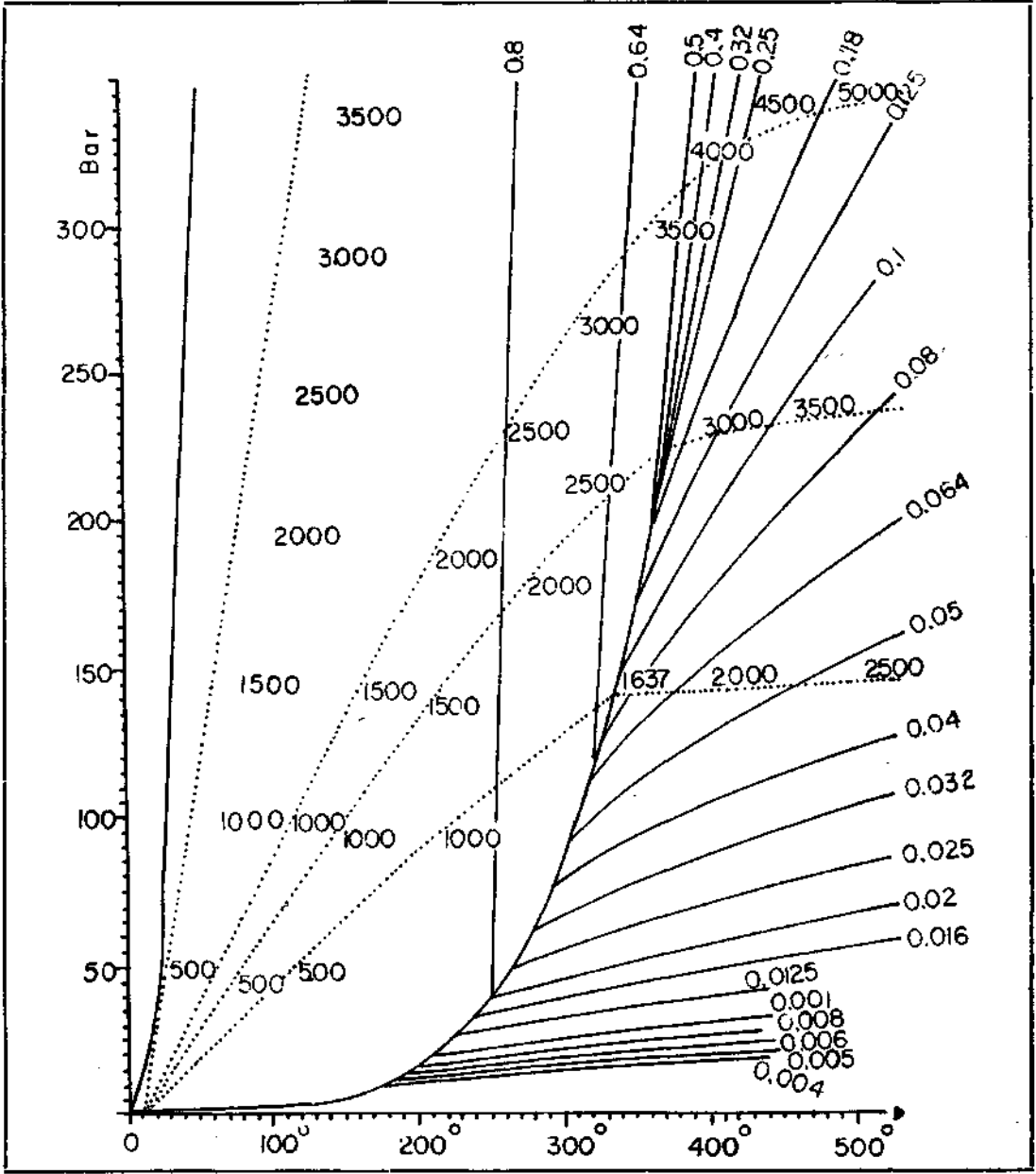
1. Buhar-su karışımı sahalar hangi halde kuru buhara dönüşebilir; bu takdirde sahanın gücü ve hayatı artacak mıdır?

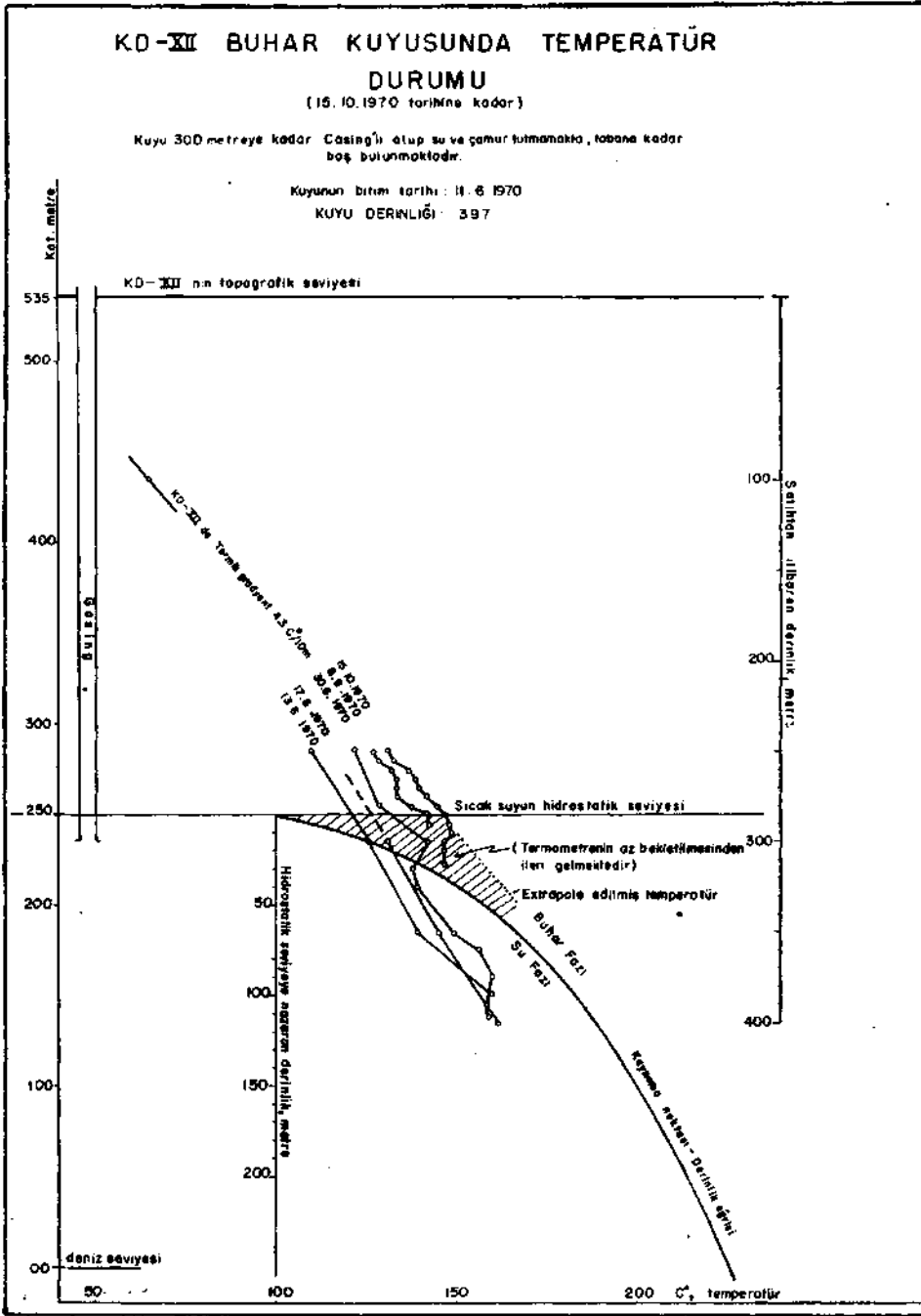
2. Derin sondaj (2 km veya daha çok) jeotermal sahaların değerlendirilmesi yönünden elverişli midir?

3. Çok geniş çapta olan ve akmaya terk edilen sıcak suyun yere yeniden enjekte edilmesi.

Burada daha ziyade kuru buhar imkânları üzerinde durmak istiyorum. Jeotermal sahaların kuru buhar sahası, sıcak su - buhar sahası ve sıcak su sahası şeklinde sınıflandırılmasının doğru olmayacağı kanaatindeyim. Sadece belli bir derinlikte, belli bir basınçta ve belli bir sıcaklıkta kuru buhar, sıcak su - buhar veya sıcak su vardır. Basınç ve sıcaklık dağılımına göre bunlar birinden diğerine dönüşebilir. Önemli olan rezervuarlarda kuru buhara dönüşme imkânını sağlayabilecek basınç ve sıcaklık dağılımının mevcut olabilmesidir (Şek. 7).

Meselâ, Kızıldere'de halen sıcak su - buhar karışımı halinde olan suyun, kuru buhara dönüşmesinin mümkün olabileceği basınç ve sıcaklık dağılımı bölgeleri mevcuttur. K. Tezcan'ın bu konuda yapmış olduğu araştırmayı ele alalım. Aşağıdaki kesitte basınç ve sıcaklık dağılımları nazarı itibara alınarak, buhar fazında ve su fazında olması icap eden bölgeler belirtilmiştir (Şek. 8). Ancak KD-XII noktasında yapılan sondaj kuyusu sonunda ne sıcak su ne de kuru buhar kesilmemiştir.





Şek. 9 - Denizli-Sarayköy-Kızıldere sahası. (K. Tezcan'dan alınmıştır.)

Burada devamlı su kaçağı olmuş ve neticede kuyu kuru olarak terk edilmiştir. Yalnız bu kuyuda yapılan termal gradiyent ölçüleri sonucu sıcaklık gradiyenti $4.3^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ bulunmuştur (Şek. 9).

Bu noktada satıhtan 300-310 m derinlikte sıcaklık 150°C olarak ölçülmüştür. Eğer burada bu derecede sıcak su olsaydı, kaynama noktası derinlik eğrisine göre buhar fazında olacaktı. Geçirgenliği olan bu rezervuar bölgesinin susuz oluşu bir prob-

7/2a

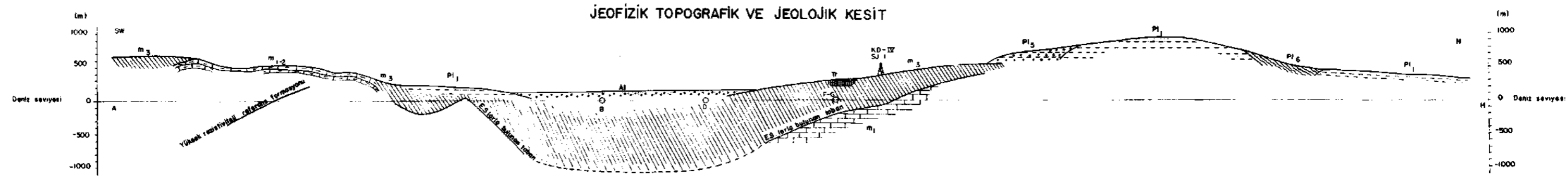
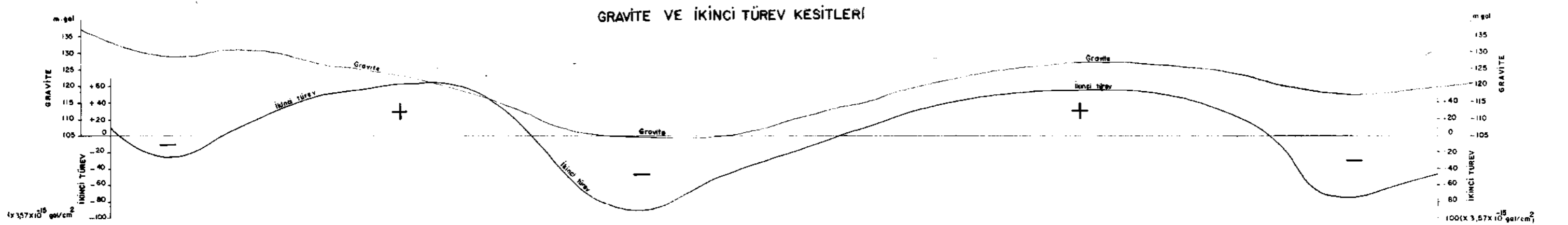
M.T.A. ENSTİTÜSÜ
 DENİZLİ-SARAYKÖY JEOTERMİK ENERJİ ARAMALARI
 GRAVİTE ve REZİSTİVİTE ETÜTLERİ

A B D H Profiline ait Rezistivite, Gravite, İkinci Türev, Elektrik Ş Tabanı,
 Topografik ve Jeolojik kesitleri

YATAY ÖLÇEK 1/25 000
 ETÜT TARİHİ 1965-1966

KOD KODLAMA:

Al	Alüvyon	Alüvyon
Pl ₆	Pli-Pleistosen	Kumtaş, marl, kalkerli marl vs.
Pl ₅	"	Kırmızı renkli konglomera
Pl ₁	"	Marl, kumtaş
m ₃	Üst Miosen	Marl (kum kalker ara tabakalı)
m ₂	Orta Miosen	Kalker, marl, kalker
m	"	Gr. renkli sert tabakalı kalkerler
		S.J. I (Teklif edilen buhar sondajı)



Şek. 10 - Kızıldere bölgesine ait zahirî rezistivite, gravite ve jeofizik-topografik-jeolojik kesitler.