ÖMERBEYLİ KÖYÜ (GERMENCİK, AYDIN) YÖRESİ JEOTERMAL SU ARAMA VE ÜRETIM KUYUSUNDA HİDROTERMAL ALTERASYON MODELLEMESİ

Onur M. Kasımoğlu[a], İsmail H. Karamanderesi[a], Nevzat Özgür[b], Tuğba A. Çalışkan[c]

[a] JEM Jeolojik Etüt Müşavirlik Bürosu, Bornova/İzmir

[b] *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta*

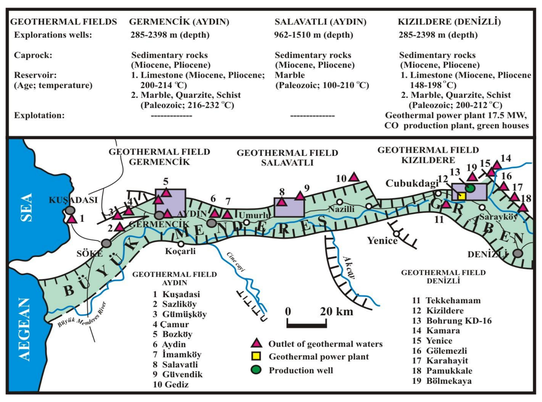
[c] *TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze-Kocaeli*

ÖZ

Çalışılan alan Batı Anadolu'da Aydın ilinin 12 km batısında yer alan Germencik ilçesinin yaklaşık 3 km kuzeydoğusunda bulunan Ömerbeyli Köyü civarındadır. Burada GÜRMAT ELEKTRİK ÜRETİM A. Ş., ANKARA tarafından 2194 m derinliğe ulaşan ÖB-63 adlı arama,üretim ve geri basma kuyusu açılmıştır. Açılan bu arama, üretim ve geri basma kuyusundan dikey olarak burada hidrotermal alterasyonu mineralojik, petrografik ve jeokimyasal yöntemler ile inceleyebilmek için toplam 38 adet kayaç kırıntısı örnekleri alınmıştır. Bu alanda bilindiği gibi hidrotermal alterasyon mineralojisi (i) burada bulunan jeotermal sistemin sıcaklığına, (ii) jeotermal sistemin basıncına, (iii) rezervuarı oluşturan kayacın tipine, (iv) rezervuar kayacının geçirgenliğine, (v) jeotermal suların kimyasına ve (vi) rezervuarı oluşturan kayaçlardaki minerallerin duraylılığına bağlı olmaktadır. Jeotermal sistemler ile hidrotermal alterasyon arasında çok sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişkiye bağlı olarak jeotermal alanlarda alterasyon mineralojisi iyi incelendiğinde jeotermal sistemlerin sıcaklık, belirli alterasyon zonları gibi çeşitli parametreler yardımı ile izlenmesi sağlanabilir. Bu yüzden Ömerbeyli Köyü yakında bulunan 2194 m derinliğindeki arama, üretim ve geri basma kuyusunda diğer çeşitli çalışmalar yanında hidrotermal alterasyon mineralojisi ortaya çıkarılacaktır.

1. GİRİŞ

Ülkemizde jeotermal sular, tektonik ve volkanik aktiviteye bağlı olarak geniş yayılım gösterirler. Bu dağılımda yüksek entalpili veya yüksek sıcaklıklı sular daha çok Menderes Masifi önce sıkışma ve sonra gerilme tektoniği sonucu oluşan kıtasal rift zonlarına bağlı olarak oluşurlar. Bu tür yüksek sıcaklıklı suları ve bunlara bağlı olarak kurulan ve 2018 yılına kadar 750 Mwe gücüne ulaşması beklenen jeotermal sularla ilgili jeotermal santralları Büyük Menderes rift zonunda kurulmuş bulunmaktadır. Bu Büyük Menderes kıtasal rift zonunda çok sayıda jeotermal su ve bunlara bağlı olarak jeotermal santrallar yeralmaktadır Şekil 1). Bunlardan biri Germencik jeotermal alanıdır ve bu alanda Güriş ve Maren tarafından kurulan ve işletmeya açılan iki farklı jeotermal santral (200 Mwe) bulunmaktadır. Bu jeotermal alanda birçok arama, işletme ve geri basma sondaj kuyuları açılmıştır. Bu arama ve geri basma kuyularından birisi olmaktadır. Bu çalışmanın amacı (1) çalışılan alan ve yakın çevresi jeolojisi özellikle en son yapılan çalışmalar dikkate alınarak Menderes Masifi tektoniği içinde güncelleştirilecek, (2) açılan ÖB-63 sondajından alınan çeşitli kayaç örnekleri petrografik olarak tanımlanacak, (3) bu kuyudan alınan kayaç örneklerinin özellikle sıcak sular ile etkileşimde olanları hidrotermal alterasyon yönünden incelenerek alterasyon mineralojisi ortaya çıkarılacak, (4) açılan kuyudan alınacak su örneklerinin hidrojeokimyası ve izotop jeokimyası tanımlanacak ve çevrede bulunan diğer sıcak sular ile ilişkisi tanımlanacak ve (5) ve sonuç olarak çalışılan alanda bulunan jeotermal sular ile hidrotermal alterasyon arasındaki ilişki açıklığa kavuşturulacaktır.



Şekil 1. Büyük Menderes kıtasal rift zonu ve jeotermal su lokasyonları.

Şekil 2. Bozköy 1 kuyusu (Burç Termal Kaplıcaları) sıcak su kaynağı çıkışı.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Arazi çalışmalarında iki türlü örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Birincisi çalışma alanında açılan arama ve işletme sondaj kuyusundan alınan kırıntı örnekleridir. Bu kırıntı örneklerinin ortaya çıkışı zamanı hesap edilir. Bunların hangi derinlikten alınan gerçek kırıntı olduğu tespit edilir. Kırıntı elekten geçirildikten sonra soğuk su ile kuyu çamurundan arındırılacak şekilde önce kabaca yıkanır. Daha sonra detaylı yıkanarak kuyu başında Binoküler mikroskop altında kuyu başı tanımı yapılır. Deftere kaydı yapılır. Elekten alınmış olan ilk yıkanmış kırıntı örneği yarıya bölünür. Yarısı ön yıkama sonucu ayrı ambalajlanır. Geri kalan kırıntı örneği tam olarak iyice yıkanır. Kuyuda kil var ise bile kili yıkanarak giderilir. Daha sonra kalan kırıntı örneğinin kuyu başında Binoküler mikroskop altında ön tanımlaması yapılır. Kuyu jeolojisi defterine iyice not edilir. Kırıntı örneğinin alındığı sırada kuyudan gelen çamur sıcaklığı, kuyuya verilen çamur giriş sıcaklığı tespit edilir. Kırıntı örneğinin alındığı gerçek derinlik deftere yazılır. Daha sonra kuyuda geçilen formasyon veya kaya birimleri seviyelere ayrılır. Her zondan alınan kırıntı örneklerinin ince kesitlerinde Polarizan mikroskopta mineralojik ve petrografik tanımları yapılır. En son kuyudan gelen az yıkanmış numunelerin ihtiyaç duyulan seviyelerinde XRD, XRF veya çok önemli olan kırıntı örneklerinden elektron mikroskopta analiz edilerek kuyu jeolojisi, havza modeli, jeotermal sistemin geçmişi ve geleceği hakkında modelleme çalışmaları yapılır. Üretim ve geri besleme planlamaları buna göre organize edilir.

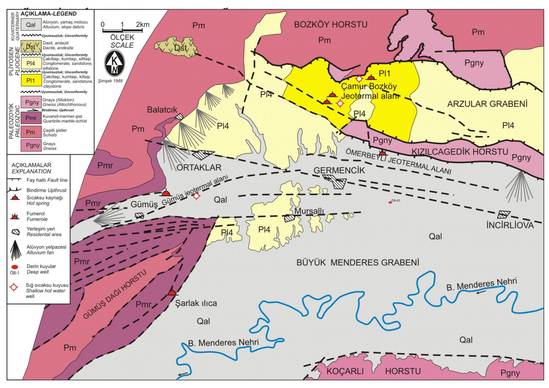
İkincisi çalışma alanından alınan jeotermal su örnekleridir. Çalışma alanı ve yakın çevresinden çok sayıda sıcak su örnekleri alınmıştır ve bunlara ait in-situ ölçümleri gerçekleştirilmiştir. En son olarak Ağustos 2014 tarihinde Bozköy 1 kuyusu ve Bozköy Çamur Kaplıcaları sondaj kuyusundan anyon, katyon, duraylı izotoplar (δ18O ve δ2H) ve trityum (3H) analizleri için 2 (iki) adet su örneği alınmış ve aynı anda bunlara ait in-situ ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 2; Kasımoğlu, 2015). Burada alınan anyon örneği pH değeri 2 ile 3 arasında olacak şekilde derişik HNO3 ile korumaya alınmıştır. Bu su örneklerinde anyon ve katyon analizleri akredite olmuş Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Laboratuvarlarında ve trityum ile birlikte duraylı izotop analizleri akredite olmuş Isotech Laboratories, Inc. (Illionis, ABD) Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

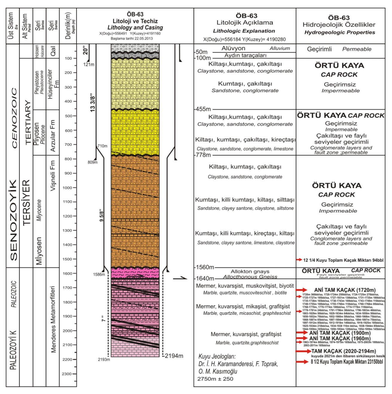
3.1 JEOLOJİK KONUM

İnceleme alanı olan Ömerbeyli Köyü (Germencik) ve çevresi ile ilgili jeolojisi, hidrojeolojisi, hidrojeokimyası, izotop jeokimyası ve yörenin jeotermal potansiyeline yönelik çalışmalar ilk olarak MTA (Maden tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara tarafından başlatılmıştır (Çiçekli ve diğ., 1986; Ekingen, 1978; Eres ve Alpar, 1984; Gevrek, 1987; Gülay, 1982; Güner ve Yıldırım, 2005; Karamanderesi ve diğ., 1982; Keskin, 1972; Okandan, 1986; Şahin, 2002; Şener, 1984; Şimşek, 1981, 1984, 2003).

Çalışılan alan Paleozoyik yaşlı Menderes Masifi metamorfik kayaçları ve Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı tortul kayaçlar ve Orta Miyosen yaşlı volkanik kayaçlardan oluşmaktadır (Şekil 3 ve 4). Burada metamorfik kayaçlar stratigrafik olarak gnays, şist, mermer, kuvarsit ve çeşitli şistlerden meydana gelmektedir. Miyosen yaşlı tortul kayaçlar kırmızı çakıltaşı, kumtaşı ve kiltaşı ardalanmasından oluşmuş olup alt seviyeler kömür içermektedir. Bunların yanında tortul kayaçlar olarak Alt Pliyosen yaşlı çakıltaşı ve kumtaşı ardalanması ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı iri çakıllı ve bloklu çakıltaşı ile kumtaşları bulunmaktadır. Şist ve mermerler üzerinde sürüklenimle gelen bu gnayslara "**Allokton gnays**" deyimi kullanılmıştır. Germencik doğusunda, Söke Batısında yeralan ve yer yer Pliyosen çökellerini kesen muhtemelen Orta Miyosen yaşlı genç volkanik kayaçlar belirlenmiştir. Bu volkanik kayaçlar Söke batısında bazalt ve andezitten, Germencik batısında Ortaklar yakı-nında ise, dasit ve andezitten oluşmaktadırlar. Söke batısındaki volkanik çıkışlar KD-GB doğrultulu lav domu zinciri şeklinde görülmektedir. Ortaklar kuzeyinde Çataltepe ve Kaynaktaş mevkiinde görülen dasit çıkışı 3 km^2 lik bir alanı kaplamaktadır. Taze kaya sarımsı, sert, keskin köşeli kırıklı ve eklem takım-ları belirgindir. Uzanımı Ömerbeyli fayı doğrultusunda olup BKB-DGD şeklindedir. Asit volkanik kayaçlar olarak görülen ve jeolojik haritaya işaretlenen bu volkanik çıkışların jeotermal enerji açısından ilk değerlendirmeler yapılırken sahanın olumlu olacağının bir delili olarak görülmüştür. Aynı zamanda yöredeki yüksek ısı gradyanının açıklanmasına yardımcı olmuştur (Şimşek, 1981). Ayrıca, ÖB-6 sondajında 760-770 metrelerde olivin bazalt daykı kesilmiştir (Çiçekli ve diğ., 1986). Ömerbeyli Köyü çevresi jeotermal alanında yapılan arama sondajları sonucunda 2 farklı rezervuar belirlenmiştir (Şekil 3). Bu rezervuarlar, yoğun graben tektoniği altında oluşan basamaklı fay sistemi ile sert ve kırılgan litolojilerin ikincil gözeneklilik ve geçirimlilik kazanması sonucu oluşmuştur.



Şekil 3. Büyük Menderes kıtasal rift zonunda Ömerbeyli ve yakın çevresinin jeoloji haritası.



Şekil 4. Ömerbeyli üretim ve geri basma kuyusu.

3.2 HİDROTERMAL ALTERASYON

İnceleme alanında hidrotermal alterasyon makroskobik olarak orada bulunan kayaçlarda oldukça belirgin olan renk değişimi ile ortaya çıkmaktadır. Genel olarak Büyük Menderes kıtasal rift zonunda bulunan jeotermal alanlarda kayaç-su etkileşimi sonucu olarak oldukça önemsiz olan kloritleşme yanında (i) serizitleşme, arjillitleşme ve silisleşme ± hematitleşme alterasyon zonu görülmektedir. Çalışma alanında şimdiye değin XRD yöntemi ile incelenen kayaç kırıntılarında arjillitleşme, silisleşme ve karbonatlaşma ortaya çıkarılmıştır (Kasımoğlu, 2015). Jeotermal su-kayaç etkileşiminin yoğun olduğu zonlarda dikit, kaolinit, montmorillonit mineralleri ile temsil edilen arjillitleşmenin egemen olduğu şimdiye kadar yapılan XRD araştırmalarından ortaya çıkmaktadır.

3.3 HİDROJEOLOJİ, HİDROJEOKİMYA VE İZOTOP JEOKİMYASI

3.3.1 Hidrojeoloji

İnceleme alanında yeraltısuyu davranışı daha çok morfolojik kriterler ve çeşitli karşılaştırmalarla anlaşılabilir olmaktadır. Burada özellikle Büyük Menderes rift zonu ile Küçük Menderes rift zonu arasında bulunan horstta yeraltısuyu akım yönü kuzeyden güneye doğrudur ve böylece sıcak sular beslenme sağlamaktadır. Burada Horst zirvesinden jeotermal beslenme alanına kadar olan mesafe 8-10 km arasında değişmektedir. Ayrıca jeotermal alanın beslenme alanı yaklaşık 100 ile 150 km2 arasındadır.

Genelde Büyük Menderes kıtasal rift zonu yıllık ortalama yağış miktarı 430,15 mm ve yıllık ortalama sıcaklık 17,6 °C ile kıtasal iklim özelliği göstermektedir. Burada yağış Aralık ve Mart aylarında olmak üzere kış aylarında olur ve buna karşın yılın diğer aylarında yöre kuraktır. Bu uzun zaman devam eden kuraklık yeraltısularında bir eksikliğe neden olur ve bu yüzden yüzey suları çalışılan alanda termal suların beslenmesinde önemli bir rol oynamamaktadır. Çalışılan alanda Miyosen-Pliyosen yaşlı kireçtaşları sığ olan birinci rezervuarı ve Paleozoyik yaşlı şistler içinde bulunan mermer ve kuvarsit ardalanmaları derin ikinci rezervuarı oluşturmaktadır. Her iki rezervuardan sıcak su kazanımı sağlanmaktadır. Bunlara ilavaten üçüncü derin rezervuar olarak kırık ve çatlakları ile Prekambriyen-Paleozoyik yaşlı gnayslar çalışma alanında önemli rol oynamaktadır.

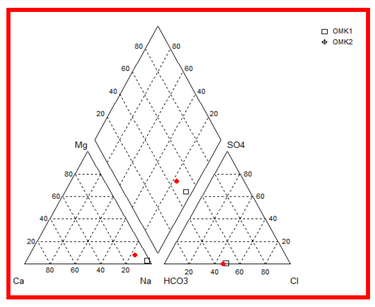
3.3.2 Hidrojeokimya

Ömerbeyli Köyü ve yakın çevresi jeotermal suları Na-(Cl)-HCO3 tipi sular olarak sınıflandırılabilir (Şekil 5). İnceleme alanında bulunan sıcak sularda yaklaşık 100 mg/l değerine ulaşan B3+ değerleri söz konusudur (Çizelge 1; Özgür, 1998) ve bu değerler çalışma alanı Ege Denizi'ne yakın olduğundan doğrudan jeotermal sulara deniz suyu girişimi ile ilişkin olabilir.

Çizelge 1. Ömerbeyli ve yakın çevresi jeotermal sularının in-situ ölçümleri hidrojeokimyasal analizleri

Örnek	Lokaşyon	T (°C)	pH	Eh (mV)	O_2 (mg/l)	EC (µS/cm)	HCO_3^- (mg/l)	CO_3^{-2} (mg/l)
OMK1	Bozköy1 Kuyusı	66.7	8.60	7.4	2.9	5630	2202	30
OMK 2	Bozköy Çamur Kaplıcası	62.2	8.64	73.7	3.0	6200	1897	144

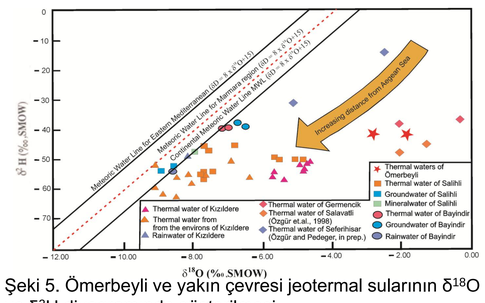
Örnek	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SiO_2	Al^{3+}	Li^+	B^{3+}	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	PO_4^{3-}	F^-
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
OMK1	1432	84,1	24,5	23,3	105	1,1	5,4	51,8	26,8	0,5	1229	<0,1	4,3
OMK2	1187	98,3	109	59,8	83,2	<0,2	5,0	39,1	10,3	0,7	973	<0,1	2,6



Şeki 5. Ömerbeyli ve yakın çevresi jeotermal Piper diyagramında gösterilmesi.

3.3.3 İzotop Jeokimyası

Ömerbeyli e yakın çevresinden alınan 2 (iki) adet jeotermal su örneğinde 18O, 2H ve 3H analizleri gerçekleştirildi. Duraylı izotoplar olan δ18O ve δ2H diyagramı Şekil 6'da görülmektedir. Burada genel olarak yağmur suları ve karışım gösteren yeraltısuları ve thermal suları sistemi meteorik su çizgisi boyunca yeralmaktadır. Buna karşın yüksek sıcaklıkta bulunan derin kökenli termal sular bu meteorik su çizgisinden önemli ölçüde sapma göstermekte ve bu durumda yüksek sıcaklık koşulları altında kayaç-su etkileşim koşullarına işaret etmektedir. δ18O izotopundaki önemli farklılık ve sağa olan kayma sıcak suların soğuk yeraltısuları ile karışımına işaret etmektedir ve bu belirleme δ^2H, $\delta^{18}O$, $\delta^{13}C$, ^3H, ve ^{14}C değerleri ile belgelenmiştir (Özgür, 1998). Burada ölçülen trityum değerleri (1) yüksek sıcaklık jeotermal sistemleri olan Kızıldere, Salavatlı ve Germencik sistemlerinde deteksiyon limitlerinin altında bulunmakta ve (2) diğer mineralize olmuş yeraltısuyu ve yeraltısuyu-termal su sistemlerinde atmosferik ve antropojenik değerler olarak bulunmaktadır



Şeki 5. Ömerbeyli ve yakın çevresi jeotermal sularının δ18O ve δ2H diyagramında gösterilmesi.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çalışılan alan Paleozoyik yaşlı Menderes Masifi metamorfik kayaçları ve Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı tortul kayaçlar ve Orta Miyosen yaşlı volkanik kayaçlardan oluşmaktadır.

İnceleme alanında hidrotermal alterasyon makroskobik olarak orada bulunan kayaçlarda oldukça belirgin olan renk değişimi ile ortaya çıkmaktadır. Çalışma alanında şimdiye değin XRD yöntemi ile incelenen kayaç kırıntılarında arjillitleşme, silisleşme ve karbonatlaşma ortaya çıkarılmıştır.

Çalışılan alanda Miyosen-Pliyosen yaşlı kireçtaşları sığ olan birinci rezervuarı ve Paleozoyik yaşlı şistler içinde bulunan mermer ve kuvarsit ardalanmaları derin ikinci rezervuarı oluşturmaktadır. Her iki rezervuardan sıcak su kazanımı sağlanmaktadır. Bunlara ilavaten üçüncü derin rezervuar olarak kırık ve çatlakları ile Prekambriyen-Paleozoyik yaşlı gnayslar çalışma alanında önemli rol oynamaktadır.

Ömerbeyli Köyü ve yakın çevresi jeotermal suları Na-(Cl)-HCO3 tipi sular olarak sınıflandırılabilir (Şekil 7). İnceleme alanında bulunan sıcak sularda yaklaşık 100 mg/l değerine ulaşan B3+ değerleri söz konusudur ve bu değerler çalışma alanı Ege Denizi'ne yakın olduğundan doğrudan jeotermal sulara deniz suyu girişimi ile ilişkin olabilir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen 3706-YL2-13 numaralı "Ömerbeyli Köyü (Germencik, Aydın) yöresi jeotermal su arama ve üretim kuyusunda hidrotermal alterasyon modellemesi " adlı araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

6. KAYNAKLAR

ÇİÇEKLİ K., KARAMANDERESİ İ. H. ve GÜNER A., 1986), Aydın-Germencik-Ömerbeyli Jeotermal Sahası Ömerbeyli 6 derin jeotermal sondaj bitirme raporu. M.T.A., Ankara.

EKİNGEN A., 1978, Jeotermik Enerji Aramaları Germencik-Söke Gravite Etüdü M.T.A. Raporu.

ERES K. ve ALPAR B.,1984, Aydın Germencik Sahası jeotermal enerji aramaları sismik etüd raporu M.T.A. Rapor No: 7574

GEVREK A. İ.,1987, Petrology of Aydın-Germencik, Ömerbeyli Geothermal field. Geothermal Institute of Auckland, Auckland – New Zealand.

GÜLAY O.,1982, Jeotermal Enerji Aramaları, Aydın-Germencik Gravite etüdü M.T.A. Rapor No: 7258

GÜNER İ. N. ve YILDIRIM N., 2005, Jeotermal akışkanlarda paleo-denizsuyunun varlığına bir örnek: Ömerbeyli-Germencik (Aydın) Jeotermal sahası. DSİ.II.Ulusal Hidrojeolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu. s. 309-321. İzmir.

KASIMOĞLU, O. M., 2015, Ömerbeyli Köyü (Germencik, Aydın) yöresi jeotermal su arama ve üretim kuyusunda hidrotermal alterasyon modellemesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (hazırlanmakta).

KARAMANDERESİ İ.H., COŞKUN S. B., EŞDER, T. ve YILMAZER S.,1982, Germencik-Ömerbeyli -1 kuyu bitirme raporu M.T.A. Rapor No: 7746.

KESKİN B., 1972, Kuşadası-Germencik-Aydın arası B.Menderes grabeninin jeotermal değerlendirilmesi hakkında detay jeolojik rapor. M.T.A. Derleme Rapor No: 5734

OKANDAN E.,1986, Aydın-Germencik ve Denizli-Sarayköy Jeotermal sahaları enerji üretim potansiyeli. Türkiye 4. Enerji Kongresi s.435-445. Ankara.

ÖZGÜR, N., 1998, Aktive und fossile Geothermalsysteme in den kontinentalen Riftzonen des Menderes-Massives, W-Anatolien/Türkei: Freie Universitaet Berlin, Habilitationsschrift, 171 p.

ŞAHİN H., 2002, Aydın – Germencik sahası jeotermal enerji aramaları jeofizik özdirenç etüdü raporu.MTA. rap. 10556.

ŞENER C.,1984, Aydın-Ömerbeyli, İncirliova sahası Jeotermal enerji aramaları sismik etüdü raporu : MTA Rapor No: 7541.

ŞİMŞEK Ş., UYGUR N., ÖZBAYRAK İ. H., DİKMENOĞLU T., COŞKUN S. B. ve , ARAS A., 1980, Germencik-Söke (Aydın) Alanının jeotermal enerji olanakları,TÜBİTAK VI.Temel Bilimler Kongresi Yerbilimleri Seksiyonu S.251-264

ŞİMŞEK Ş., 1981, Aydın-Germencik Alanının jeolojisi ve jeotermal enerji alanla-rı yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları EİEİ yayını, Ankara

ŞİMŞEK Ş., KARAMANDERESİ İ.H., EŞDER T., YILMAZER S. ve GÜNER A.,1983, The importance of the extention of Bozköy overthrust (Germencik) through B.Menderes graben in respect of geothermal energy possibilities.Scientific and technical meeting of geothermal energy association. Abstracts.166-167 Ankara

ŞİMŞEK Ş.,1984, Aydın-Germencik-Ömerbeyli geothermal field. Seminar on Utilization of Geothermal Energy for Electric Power Production and Space Heating United Nations Economic Commission for Europa p.1-30, EP/Sem.9/R 37 FLORENCE-ITALY.

ŞİMŞEK Ş. ve GÜLGÖR A.,1988, Aydın Germencik-Ömerbeyli jeotermal alanının önfizibilite raporu. MTA rapor no. 8451. Ankara.

ŞİMŞEK Ş., DOĞDU M.S., AKAN B. ve YILDIRIM N., 2000, Chemical and Isotopic Survey of Geothermal Reservoirs in Western Anatolia, Turkey, Proceeding of World Geothermal Congress, p.1765-1770, Japan.

ŞİMŞEK Ş., 2003, Hydrogeological and isotopic survey of geothermal fields in the Buyuk Menderes Graben, Turkey, Geothermics Vol. 32 p.669-678, Pergamon.Elsevier Science Ltd.

YILDIRIM N., 1988), Germencik-Omerbeyli Jeotermal Alanında Açılan Kuyularda Üretilen Akışkanın Kimyasal Analizlerinin Değerlendirilmesi, ön rapor.