

DOI No: <http://dx.doi.org/10.14225/Joh1228>

Geliş Tarihi: 25.02.2018

Kabul Tarihi: 09.04.2018

HİSARALAN (SINDIRGI-BALIKESİR) TERMAL KAYNAKLARININ AKUAKÜLTÜR ALANINDA KULLANIMI

Selahattin POLAT*

Öz

Sucul yaşam biçimlerinin kontrollü ıslahı olan akuakültür, giderek artan bir pazar talebi nedeniyle günümüzde dünya çapında önem kazanmaktadır. Türkiye’de termal sulardan sera ve konut ısıtma, termal turizm ve elektrik enerjisi elde etme gibi alanlar da kullanılmakla birlikte akuakültür uygulamalarında kullanımı yok denecek kadar azdır. Oysaki düşük sıcaklığa sahip termal kaynakları, akuakültür faaliyetlerinde değerlendirmek mümkündür. Akuatik türler için gerekli sıcaklık genellikle 20-30°C aralığında değişmektedir. Sıcaklıkları 32-97°C arasında değişen Hisaralan termal kaynakları turizm, sera ve konut ısıtma yanında akuakültür faaliyetlerinde de faydalanılmaktadır. Hisaralan (Sındırgı) termal kaynakları Türkiye’de akuakültür faaliyetlerinde kullanımının olduğu örnek bir sahadır. 1500 m² kapalı ve açık alanda kurulu olan akuacıftlıkte balıkları için gerekli olan optimum su sıcaklığı jeotermal kaynak vasıtasıyla suni olarak korunarak havuzlarda akvaryum süs balıkları yetiştirilmektedir. Hisaralan’ndaki havuzlarda su sıcaklığı termal sular sayesinde sabit tutulmakta (24-26°C) ayrıca çevre şartlarının etkisine maruz kalmadan akvaryum balıkları kesintisiz bütün yıl boyunca yetiştirilmektedir. Bunun yanında jeotermal enerjinin kullanılması, daha kısa sürede daha fazla balık üretimine fırsat tanımaktadır.

Anahtar kelimeler: *Hisaralan, termal kaynak, akuakültür, akuacıftlık, akvaryum balığı.*

* Dr. Öğr. Üyesi, Uşak Üniversitesi Coğrafya Bölümü.

Use of Hisaralan (Sındırgı-Balıkesir) Thermal Sources in Aquacultural Area

Abstract

Aquaculture, controlled reclamation of aquatic life, has gained importance recently since increasing market demand. In Turkey, it has been used in various areas such as thermal waters, greenhouses, domestic heating, and power generation whereas its use in aquaculture applications is rare. However, it is possible to utilize low temperature thermal sources in aquacultural activities. Required temperature for aquatic species is generally between 20-30°C. Hisaralan thermal sources between 32-97°C are also used in tourism, greenhouse and domestic heating fields. Hisaralan (Sındırgı) thermal water sources are sample area in which aquaculture events happen in Turkey. Aquarium fish are grown in the aquafarm constructed in 1500 m² closed and open area optimum water for fish is kept artificially by means of thermal sources. Water temperature is kept stable at (24-26°C) in the pools of Hisaralan thanks to thermal waters and aquarium fish are raised for a whole year without any exposition to environmental conditions. Besides, use of geothermal energy makes it possible to grow more fish in shorter period.

Key Words: *Hisaralan, aquaculture, thermal source, aquafarm, aquarium fish.*

Giriş

İnsanoğlu, termal ve mineralli suları binlerce yıl sağlık ve banyo amacıyla kullanmıştır. Termal kaynakların kullanım alanlarını doğrudan ve dolaylı kullanım olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. En eski yararlanma şekli doğrudan uygulamalardır (Lund ve Freeston, 2001). Özellikle kurutma, ortam ısıtma, havuz ve kaplıca ısıtma, soğutma, seralar, su ürünleri yetiştiriciliği, kar eritme ve endüstriyel işlemler için ısı pompalarında kullanımı doğrudan uygulamalar olup, düşük ve orta sıcaklığa (20-150°C) sahip termal kaynaklar bu uygulamalara uygundur. Buhar ve elektrik üretimi (geleneksel elektrik üretimi) de dahil olmak üzere dolaylı kullanım uygulamaların da ise yüksek sıcaklığa sahip jeotermal rezervuarlar (150-300°C) değerlendirilmektedir (Nguyen ve diğ., 2015).

Geçtiğimiz 25 yıl boyunca, sera ısıtması jeotermal enerjinin tarımda en yaygın kullanım şekli olmuştur. Birçok Avrupa ülkesinde jeotermal ısı, tüm yıl boyunca ticari ölçekte sebze, meyve ve çiçek üretimi için kullanılır. Seraların ısıtılmasında jeotermal enerji kullanımının birçok avantajı vardır. Mevcut diğer kaynaklara göre daha düşük maliyete sahiptir. Aynı zamanda enerji ısıtma sisteminin kurulumu ve bakımı nispeten basittir (Nguyen, 2015).

Jeotermal enerji ülkemiz için oldukça önemli, yenilenebilir bir kaynaktır. Yatırım maliyetinin düşüklüğü, çevresel etkilerinin çok düşük seviyelerde olması ülkemiz için daha cazip hale getirmektedir. Türkiye’de de son yıllarda bu kaynağa olan ilgi artmıştır. Üretilen akışkan başta elektrik üretimi olmak üzere ısıtma, termal kullanım ve sera uygulamaları gibi geniş bir yelpazede kullanılmakla beraber henüz istenen düzeyde değildir. Türkiye’de termal kaynakların belirli yöre ve bölgelerde yoğunlaştığı görülür. Özellikle Ege Bölgesi, termal kaynaklar bakımından zengindir. Mevcut jeotermal alanların %38’i Ege Bölgesi’nde yer almaktadır (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bak, 2015). Ayrıca ekonomik olarak fayda sağlayan termaller çoğunlukla bu bölgede toplanmıştır (Akbulut, 2010).

Türkiye, jeotermal ısı uygulamalarında dünyada 5. sıradadır. Alp-Himalaya kıvrım kuşağının Akdeniz kesiminde bulunan Türkiye’de 242°C’ye kadar sıcaklık aralığında, yaklaşık 1500 termal ve maden suları ile 170’den fazla jeotermal alan keşfedilmiştir (Satman ve diğ., 2007). Özellikle düşük (20-70°C) ve orta entalpili (70-150°C) jeotermal kaynakların sayısı çok fazladır. Sıcaklıkları yüksek olan kaynakların sayısı ise 38 tanedir (Özşahin ve Kaymaz, 2013). Türkiye’deki termal su kaynakları genellikle sıcaklık, debi ve derinlikleri bakımından farklılık göstermektedir (Doğanay ve Zaman, 2013; Doğaner, 2001). Ülkemizde jeotermal kaynaklardan; elektrik üretimi, konut ve sera ısıtması, CO₂ üretimi ve termal turizm amaçlı olarak değerlendirilmektedir. Bilinen jeotermal alanların %95’i ısıtmaya ve kaplıca kullanımına, diğeri ise elektrik üretimine uygundur (DPT, 1996).

Amaç ve yöntem

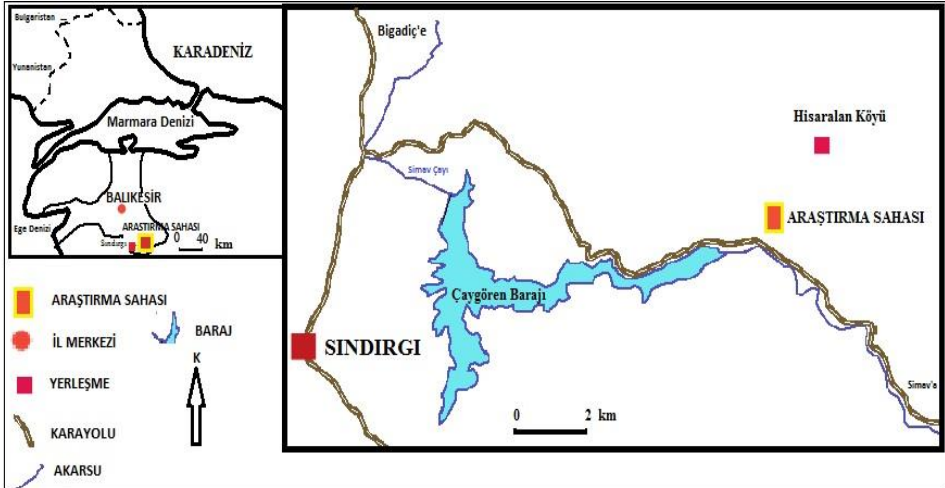
Türkiye termal kaynaklar bakımından çok zengin olup elektrik enerjisi üretimi, mesken ısıtma, termal turizm (balneoloji), seracılık gibi birçok faaliyette değerlendirilmektedir. Hiç şüphesiz termal kaynakların kullanım alanlarından biri de akuakültür uygulamalarıdır. Türkiye’de bu yönde kullanımı yok denecek kadar azdır. Oysa bu alanda çok yüksek sıcaklıkta suya gerek yoktur. Düşük sıcaklığa sahip kaynakları, akuakültür faaliyetlerinde değerlendirmek mümkündür. Bu çalışmada termal suların akuakültür alanında uygulamasının olduğu Hisaralan sıcak su kaynakları ele alınmış ve ekonomik potansiyeline dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

Bu amaç doğrultusunda arazi çalışmaları yapılmış, termal su kaynaklarının yükselti değerleri ve koordinatları alınmış, debileri ve sıcaklıkları

ölçülmüş, akuacıftlıkta gözlemlerde bulunulmuş ve tesisin özellikleri ile ilgili olarak mülakat gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yerli ve yabancı literatür taraması yapıldıktan sonra sahanın 1/25.000 ölçekli topografya haritası temin edilmiştir. Çalışmanın görsellerinin oluşturulmasında ArcMap10.1 paket programı kullanılmıştır.

Araştırma Sahasının Konumu

Hisaralan termal kaynakları, idari açıdan Balıkesir-Sındırgı ilçesi Hisaralan Köyü sınırları içindedir. Sındırgı'nın 13 km doğusunda yer alır. Karayolu ile Sındırgı'ya 20 km, Simav'a ise 72 km mesafededir. Simav Çayı'nın bir kolu olan Serin Dere vadisindeki termal kaynakların bulunduğu alan Simav-Sındırgı karayoluna 1 km uzaklıktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma sahasının lokasyon haritası.

Hisaralan termal kaynakları, Simav Çayı'nın bir kolu olan Serin Dere havzası içinde kalır (Foto 1). Kaynaklar, Ulaş Tepe (449 m) ile Kulaz Tepe (471 m) arasında kalan Serin Dere vadisinin eğimi % 8-40 arasında değişen doğu yamacında yüzeye çıkarlar (Şekil 2). Yaşmaklı Tepe (931 m), Kepez Tepe (942 m), Büyükçoban Tepe (411 m), Çobandedesi Tepe (504 m), Çonkara Tepe (544 m) ve Bağtepe (652 m) sahadaki önemli tepelerdir.



Foto 1. Hisaralan termal kaynaklarının bulunduğu sahaya kuzeydoğudan bakış.

Genel Jeolojik Ve Jeomorfolojik Özellikler

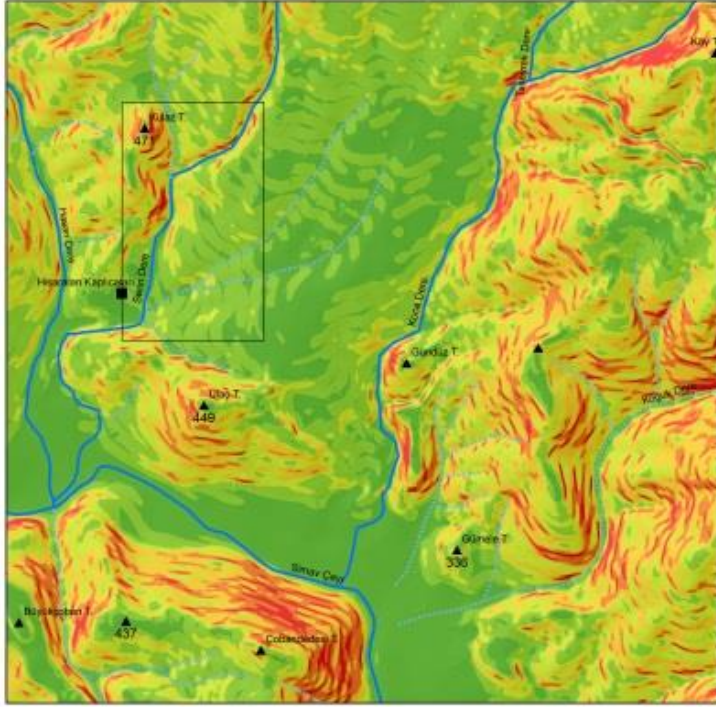
Yöredeki en yaşlı formasyon Üst Kretaseye ait serpantin, radyolarit ve kireçtaşlarından oluşan ofiolit karmaşıktır. Karmaşığın kalınlığı yaklaşık 400 m olarak belirlenmiştir (Ünal, 1972). Bu birimin üzerine diskordan olarak dasitik ve riyolitik bileşimli asitik volkanizmanın lav, otoklastik ve piroklastik gibi volkanik birimleri gelir (Şekil 3). Dasitik volkanitler, Çayören Barajı çevresinde volkanik domlar ve lav akıntıları ile temsil edilirler (Helvacı, 2003). Hisaralan termal kaynakları ve çevresinde ignimbitler geniş yüzlekler verir. Kristalce zengin, breşik özellikle ve masif haldedirler. Termal sahanın batısında yükselen Kulaz Tepe, kırmızıdan kahverengiye değişen renkte ignimbitlerden yapıldır (Çolak ve Kocabaş, 2011). Radyometrik yaş verileri ve K/Ar yaş tayini volkanitlerin Erken Miyosen yaşlı olduğunu ortaya koymaktadır (Helvacı, 2003). Birimin toplam kalınlığı 600 metre olarak ölçülmüştür (Kastelli, 1974).

Kuvaterneri, Simav Çayı ve Serin Dere vadisindeki alüvyonlar ve sıcak su kaynakları etrafındaki travertenler temsil eder. Kulaz Tepe (471 m) ile Ulaş Tepe (449 m) arasında kalan Serin Dere vadisinin doğu yamacı travertenlerin yüzeylendiği alandır. Kuraz Tepe çevresinde güncel travertenler, Hisaralan

kaplıcaları kuzey-kuzeydoğusunda ise fosil traverten oluşumları yaygın bir şekilde izlenmektedir. Topografik özelliklere, termal suyun basıncına ve tektonik özelliklere bağlı olarak traverten sırtı, traverten bacası ve traverten terası gibi farklı morfolojilere sahip birikim şekilleri meydana gelmiştir. Özellikle sahadaki traverten bacaları ilgi çeker. Serin Dere vadisi yukarı kesiminde bulunan traverten bacaları aktif durumdadır (Foto 2). Travertenlerin maksimum kalınlığı, 12-15 m olarak ölçülmüştür. Bunun yanında su kaynaklarının çıkış yaptığı yerlerde çalkantılı ortamı temsil eden güncel pisolit ve oolit oluşumları da gözlemlenmektedir.

Saha tektonik açıdan, Simav Fay Zonu içinde yer alır. Hisaralan jeotermal alanında fay sistemleri KB-GD ve D-B yönünde uzanır. Erken Miyosen yaşlı kayalar kesen bu faylar düşey atımlıdır. Ege Bölgesi fay sistemlerine paralellik sunan bu fay sistemini KD-GB yönlü faylar kesmektedir. Alandaki traverten sırtlarının uzanışları ve traverten bacalarının dizilişi ile fayların doğrultuları paralellik gösterir. Özellikle Serin Dere vadisi içinde yer alan traverten bacaları, fay hattını işaret edecek şekilde KD-GB yönünde sıralanırlar. Derinlere inen sular bu faylar boyunca yüzeye taşınmaktadır. Sahadaki jeotermal sistemin ısı kaynağının, Batı Anadolu'daki diğer yaygın örneklerinde olduğu gibi magmatizma olduğu düşünülmektedir (Aksoy ve diğ., 2009).

Hisaralan (Sındırgı-Balıkesir) Termal Kaynaklarının Akuakültür Alanında Kullanımı



AÇIKLAMALAR

Eğim Dereceleri

- 0-8
- 8-16
- 16-24
- 24-32
- 32-40
- 40-48

..... Mevsimlik Akarsu

— Daimi Akarsu

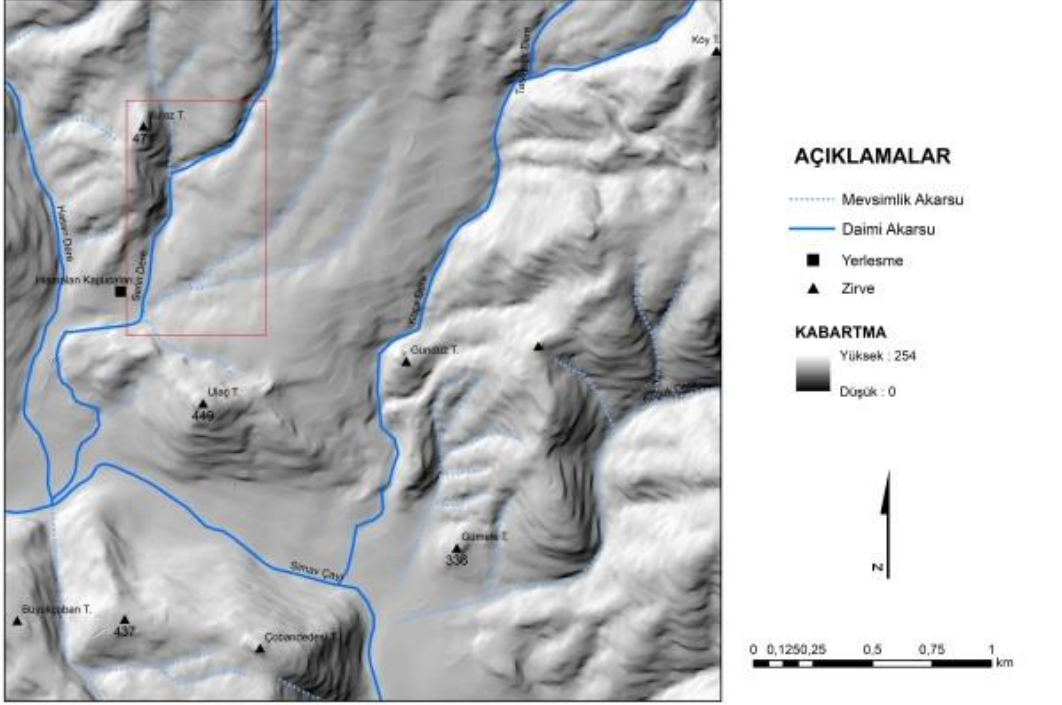
■ Yerleşme

▲ Zirve



0 0,1250,25 0,5 0,75 1 km

Çizen:E.ASLANER



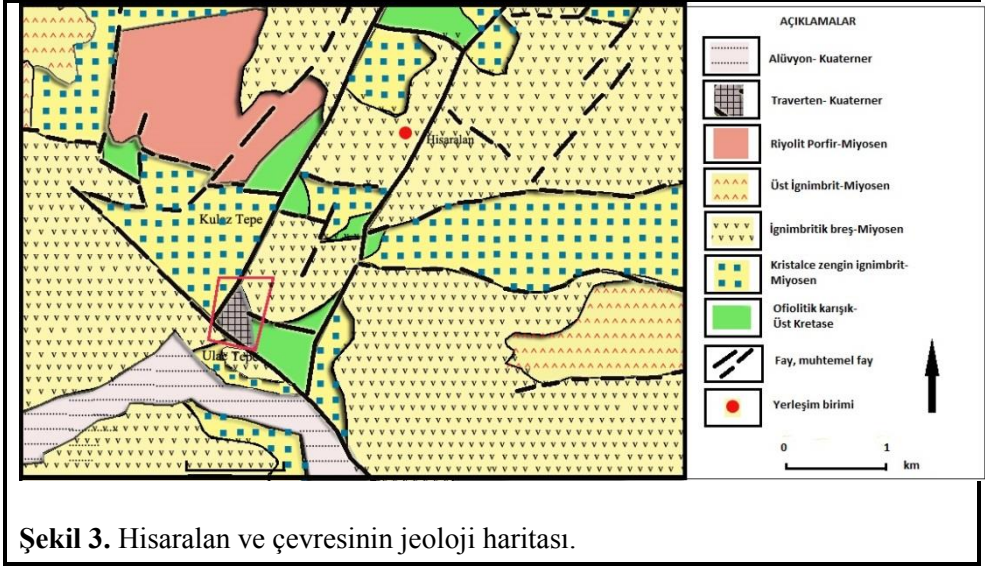
Şekil 2. Hisaralan termal sahası ve çevresinin eğim ve kabartma haritası.

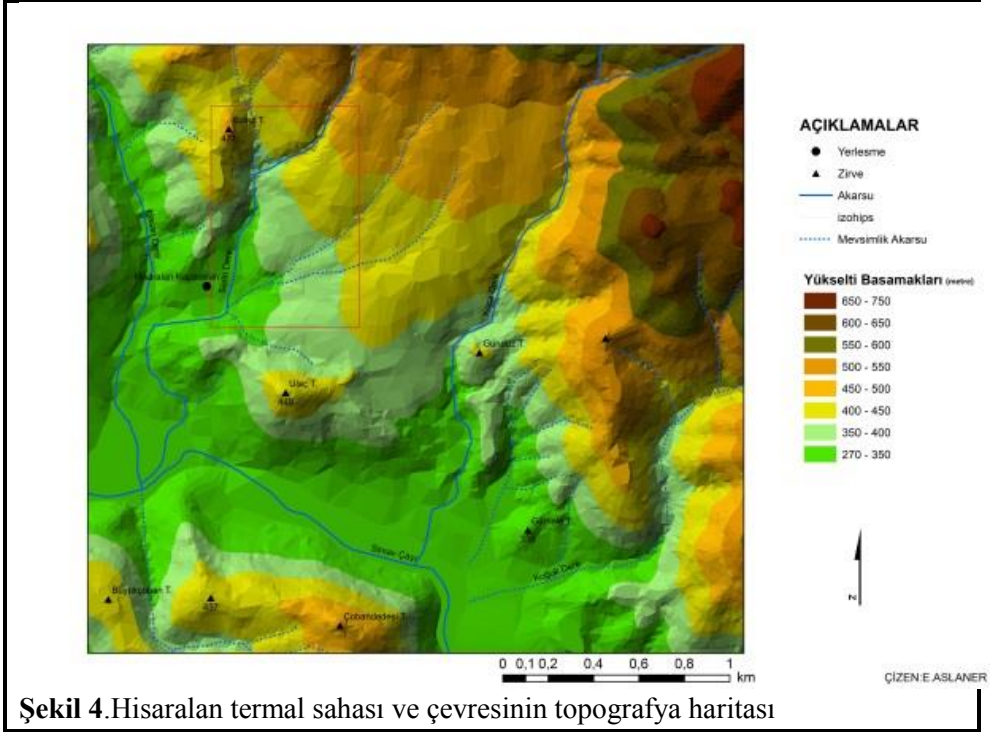
Hisaralan (Sındırgı-Balıkesir) Termal Kaynaklarının Akuakültür Alanında Kullanımı

Termal kaynakları ile Hisaralan köyü arası heyelanlı saha durumundadır. Bu iki yeri birleştiren karayolu, heyelan kütleleri üzerinden geçer. Saha engebeli bir topografyaya sahiptir. Farklı aşınım sonucunda dirençli volkanik kayalardan yapılmış alanlar tepeler şeklinde kendini gösterir.

Sahanın sularını drene eden, başlangıç kaynaklarını Kıranerik Tepe (1470 m) ve Kavaklıdüz Tepe (1476 m) kesiminden alan Serin Dere'nin vadisi, asimetrik profillidir (Şekil 4). Vadinin, Kulaz Tepe'ye (460 m) rastgelen kısmında eğim değeri daha yüksektir. Bu durum tektonik hareketlerle ilişkilidir. Serin Dere, fay hattına yerleşmiştir. Özellikle Kulaz Tepe kuzeyindeki periyodik akışlı akarsu vadisinde bu tektonik harekete bağlı olarak eğim kırıklığı meydana gelmiştir. Ana akarsu vadisinde aktif ve pasif traverten bacalarının ayrıca sıcak su kaynaklarının dizilişi fay hattının bir sonucu olmalıdır.

Serin Dere, Hisaralan Kaplıcaları ile Simav Çayı vadi tabanı arasında kalan kesimde birikinti konisi oluşturmuştur. Birikinti konisi, gömük menderesli bir vadiye sahip olan (Soykan, 1993) Simav Çayı'nı güneye doğru ötelemiştir.





Şekil 4. Hisaralan termal sahası ve çevresinin topografya haritası

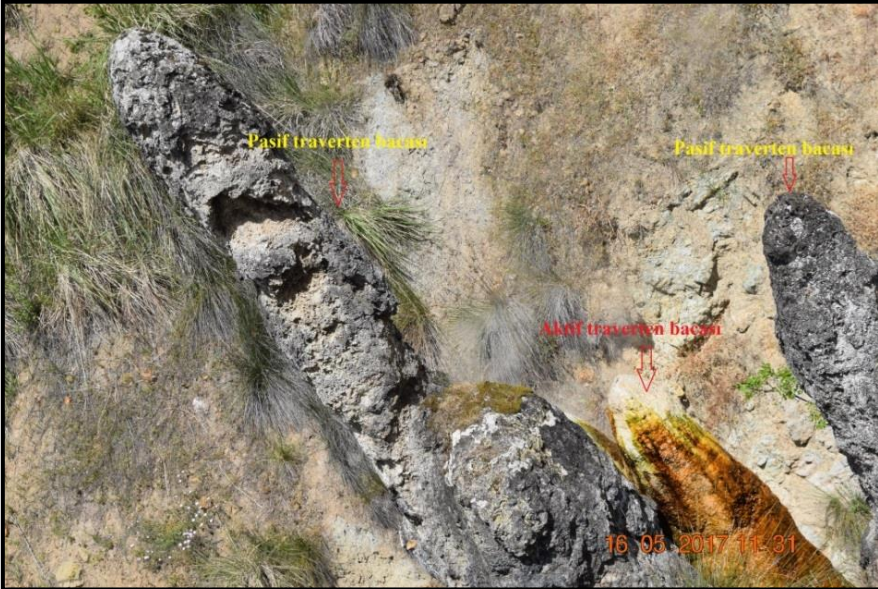


Foto 2. Serin Dere vadisinde aktif ve pasif traverten bacaları

Genel İklim Özellikleri

Sındırgı meteoroloji istasyonunun (240 metre yükselti) uzun yıllara ait verilerine göre, Sındırgı’da yıllık ortalama sıcaklık 14,3°C’dir. Hiçbir ayın aylık ortalama sıcaklığı sıfır derecenin altında düşmez (Tablo 1). En sıcak ay 24,6°C ile temmuz ve ağustos aylarına aittir. Ocak, aylık ortalama sıcaklığın en düşük olduğu ay konumundadır. Sıcaklık rejimi açısından tipik Akdeniz termik rejimi özelliklerini taşımaz. Bu durumun nedeni yörenin denizden uzak ve iç kesimde yer almasıdır.

Sındırgı’da mevcut verilere göre yıllık yağış miktarı 507,7 mm’dir. Yağış, en fazla aralık ayında düşer. En kurak ay ağustostur. Yağışların büyük bir kısmı kış mevsiminin etrafında toplanmıştır. Yıllık yağış miktarının %40,8’i kış mevsimine isabet eder. Bu mevsimi %29,7 ile ilkbahar, %23,6 ile sonbahar takip eder. En az yağış ise %5,8 ile yaz mevsiminde düşer. Yıllık yağış tutarı, dağ sıralarının uzanış yönü ve yüksekliğine bağlı olarak artış gösterir. Meteoroloji verilerinden anlaşıldığı üzere Akdeniz İklimi sahadaki yağış rejimleri üzerinde etkisini fazlasıyla hissettirmektedir (Kızılcıoğlu ve Soykan, 1998).

Kar yağışlı günlerin kasım-nisan arasındaki dönemde görüldüğü anlaşılmaktadır. Kış mevsimi soğuk hava kütlelerinin etkisi ile en fazla kar yağışlı günlerin olduğu sezondur.

Tablo 1. Sındırgı Meteoroloji İstasyonu’nun aylık ortalama sıcaklık, yağış ve kar yağışlı günler

SINDIRGI	O	Ş	M	N	M	H	T	A	Ey.	Ek.	K	A	Yıllık
Ort. Sıcaklık(°C)	5.0	5.7	8.2	12.8	16.8	22.4	24.6	24.6	20.6	15.8	9.3	5.9	14.3
Aylık yağış mik.(mm)	60.8	51.8	58.0	57.4	35.4	17.4	7.2	4.6	15.2	32.5	72.5	94.9	507.7
Aylık Kar Yağ. Günler Say.Ort.	1.57	2.43	1.21	0.07	-	-	-	-	-	-	0.50	2.14	7.92

Kaynak Meteoroloji Genel Müdürlüğü- 2016, Ankara,

Termal Kaynaklar ve Fiziksel-Kimyasal Özellikler

Hisaralan termal kaynakları, Simav Çayı’nın bir kolu olan Serin Dere vadisi doğu yamacında yer alırlar. Kaynaklar yamacın, 330-410 m yükselteleri

arasında kalan kesiminden boşalırlar (Tablo 2). Tektonik hatlara bağlı olarak çıkan sıcak su kaynakları dağınık halde (45 adetten fazla) çok sayıda yerden çıkış yaparlar. Bunun yanında sızıntı şeklinde sıcak su çıkışları da gözlenir. Termal kaynakların sıcaklıkları 37-98°C arasında değişir (MTA, 1996). Serin Dere vadisi üst kesiminde yer alan kaynakların su sıcaklık değerleri Ulaş Tepe kuzeyindekilerden daha yüksektir. Termal kaynakların toplam ortalama debisi 150 l/s olarak ölçülmüştür. MTA'nın ve TPAO'nun sahada yapmış olduğu çalışmalara göre 90-95°C sıcaklıkta ve toplam 175-200 l/s debide akışkan elde edilmiştir. Yapılan sondajlarda ulaşılabilecek maksimum rezervuar sıcaklığın 150°C dolayında olduğu belirtilmektedir. Su kimyası açısından, sıcak suların önemli oranda mineral içerdiği ve hazne kayasının özelliklerine bağlı olarak Na-HCO₃ tipi sular olduğu anlaşılmıştır. Jeotermal potansiyel açısından değerlendirildiğinde saha orta entalpilidir (Aksoy ve diğ., 2009).

HİSARALANI TERMAL KAYNAKLARINDAN YARARLANMA

Hisaralan termal kaynakları seracılıkta, sağlık turizmi alanında, meskenlerin ısıtılmasında ve akvaryum balığı yetiştiriciliğinde değerlendirilmektedir (Foto 3). Yaklaşık 3 km²'lik jeotermal alana sahip olduğu kabul edilen jeotermal sahasının muhtemel potansiyeli 53,7 MWt olarak hesaplanmıştır (TMMOB, 2010). Bunun yanında Hisaralan termal sahası, 2634/4957 sayılı Turizmi Teşvik Kanunu uyarınca Termal Turizm Merkezleri ilan edilmiş yerlerden biridir (Akbulut, 2010).

Jeotermal enerjinin kullanım alanlarından biri de meskenlerin ısıtılmasıdır. Ülkemizde jeotermal kaynakların şehirlerdeki konutların ısıtılmasında kullanımı oldukça yenidir. Gönen (1987, 3400 konut, sıcaklık 80°C), Simav (1991, 5000 konut, 125°C), Kozaklı (1996, 3000 konut, 90°C), Kızılcahamam (1995, 2500 konut, 80°C), Kırşehir (1994, 1900 konut, 57°C), Afyon (1996, 10000 konut, 95°C), Balçova-İzmir (1996, 30000 konut, 115°C), Sandıklı (1998, 3600 konut, 70°C), Narlıdere-İzmir ((1998, 5000 konut), Diyardin (1999, 570 konut, 70°C), Salihli (2002, 7500 konut, 94°C), Sarayköy (2002, 5000 konut, 95°C), Edremit (2003, 5500 konut, 60°C), Balıkesir-Güre (2003, 650 konut, 60°C), Bigadiç (2005, 1500 konut, 96°C), Sarıkaya (2007, 600/2000, konut, 96°C), Sorgun (2008, 1500 konut, 80°C), Yerköy (2009, 500 konut, 60°C), İzmir-Dikili (2009, 1160 konut, 125°C), Bergama (2009, 7850, 60°C) jeotermal enerji ile konutların ısıtıldığı başlıca yerleşmelerdir.

Günümüzde, ısı pompaları olmaksızın Türkiye'de yerden ısıtma için 40-45°C sıcaklıktaki termal sular kullanılmaktadır (Mertoğlu ve diğ., 2015).

Sındırgı ilçe merkezindeki konutların bir kısmı Hisaralan jeotermal kaynaklarından sağlanan enerji ile ısıtılmaktadır. Hisaralan jeotermal sahasında açılmış kuyudan (106°C) elde edilen akışkan, 23,7 km uzunluğunda özel ısı izolasyonlu boru hattı vasıtasıyla Sındırgı'ya taşınmaktadır. Bu mesafede termal suyun taşıma hattındaki sıcaklık kaybı yaklaşık 4-5°C'dir. Daha sonra buraya kurulan pompa merkezi ile jeotermal akışkan enerjisi konutlara iletilmektedir. Aralık 2017 tarihi itibarı ile 98°C sıcaklıkta, 60 m³/s debideki termal su, Çaygören barajından alınan suyun ısıtılması ile yaklaşık 2200 konut ısıtılmaktadır. İleriki yıllarda 3000 adet konutun ısıtılması hedeflenmektedir.

Sahada, termal turizm alanında değerlendirilmek üzere belediye belgeli, biri 4 yıldızlı olmak üzere 6 adet otel ve pansiyon bulunmaktadır. Bu konaklama tesisleri, toplam 192 odaya ve 404 kişi kapasiteye sahiptir. Pansiyonların kalite ve kapasitesi yeterli düzeyde değildir. Genelde yöre halkı tarafından tercih edilmekle birlikte başta Manisa, Bursa, İzmir olmak üzere ülkemizin çeşitli yerlerinden gelenler tarafından rağbet edilmektedir. İnflamatuvar romatizmal hastalıklar, romatiod artrit, ankilozan spondilit, kronik bel ağrısı, osteoartrit, noninflamatu, eklem hastalıkları, miyozit, tendinit, travma, fibromiyalji sendromu, yumuşak doku hastalıkları, ortopedik operasyonlar, cerebral palsy, genel stres bozukluğu, nörovejetatif distoniler gibi rahatsızlıklara iyi geldiği ifade edilmektedir (Sındırgı Bel. Fizibilite Çalışması Rap.). Sıcaklığı 106°C olarak çıkan sıcak su, soğutulurak 40-60°C'e düşürülmekte ve tesislerdeki ziyaretçilerin hizmetine sunulmaktadır. Yaptığımız mülakata göre ziyaretçi yoğunluğu kış aylarında düşmekte, yaz aylarında ise artmaktadır.

Termal kaynaklar, tarımsal üretim açısından büyük önem sahiptirler. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın verilerine göre, 2015 yılı itibarıyla Türkiye'de 12 ilde ve toplam 3.908 dekarlık alanda jeotermal kaynaklar kullanılarak seracılık yapılmaktadır. Jeotermal sera alanları Ege, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yaygındır. En büyük jeotermal sera alanının, 819,4 dekarla İzmir ilinde olduğu bildirilmektedir. İzmir'in ardından Manisa, Afyon, Denizli, Şanlıurfa ve Kütahya illerinin önemli oranda jeotermal sera varlığına sahip olduğu dikkat çeker. Jeotermal ısıtmalı seralarda ortalama işletme büyüklüğü yaklaşık 21 dekar civarındadır. Bu seralar ağırlıklı olarak plastik seralar halindedir (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2015).

Hisaralan'ındaki seraların ısıtılması, doğal şekilde çıkan termal suların borular vasıtasıyla getirilip doğrudan sera içinde dolaştırılması şeklinde yapılmaktadır. Bu ısıtma sistemi sayesinde domates, salatalık, biber, fasulye gibi ürünler yetiştirilmeye çalışılmaktadır. Sera içi sıcaklık, yaz-kış 25-35°C arasında tutulmaktadır. Halk, bu faaliyet hakkında yeterli düzeyde bilgi sahibi olmadığı için üretim rakamları düşüktür. Oysa jeotermal ısıtma sistemi sayesinde yılda 2 kez ürün almak mümkündür. Sera ısıtması yapılan alan, 1996 yılında 2000 m² (DPT, 1996) iken yaptığımız ölçümlere göre 2018 yılında rakam 4000 m²'ye ulaşmıştır.

Tablo 2. Hisaralan Termal kaynakları ve bazı özellikleri

Kaynak No	Koordinat		Yükselti (m)	Açıklama
	X	Y		
1 nolu	613708	4347486	361	5 tane çıkış yeri bulunmakta
2 nolu	613795	4347567	367	Tek noktadan çıkışı var
3 nolu	613834	4347583	372	Tek noktadan çıkışı var
4 nolu	613869	4347596	373	Tek noktadan çıkışı var
5 nolu	613802	4347724	384	Tek noktadan çıkışı var
6 nolu	613778	4347740	386	Tek noktadan çıkışı var
7 nolu	613776	4347802	392	Tek noktadan çıkışı var
8 nolu	613779	4347795	392	Tek noktadan çıkışı var
9 nolu	613787	4347796	392	Tek noktadan çıkışı var
10 nolu	613778	4347820	394	Tek noktadan çıkışı var
11 nolu	613752	4347778	382	Tek noktadan çıkışı var
12 nolu	613775	4347771	381	Tek noktadan çıkışı var
13 nolu	613725	4347823	380	Traverten bacası kenarında
14 nolu	613725	4347846	381	Traverten bacası kenarında
15 nolu	613722	4347856	382	Tek noktadan çıkışı var
16 nolu	613728	4347785	372	Tek noktadan çıkışı var
17 nolu	613728	4347708	372	Tek noktadan çıkışı var
18 nolu	613733	4347703	372	6 tane çıkış yeri bulunmakta
19 nolu	613716	4347696	371	Tek noktadan çıkışı var
20 nolu	613689	4347761	351	Tek noktadan çıkışı var
21 nolu	613669	4348017	388	Tek noktadan çıkışı var
22 nolu	613664	4348029	381	Tek noktadan çıkışı var
23 nolu	613783	4348079	407	Tek noktadan çıkışı var
24 nolu	613531	4347534	330	Tek noktadan çıkışı var

Hisaralan (Sındırgı-Balıkesir) Termal Kaynaklarının Akuakültür Alanında Kullanımı

25 nolu	613598	4347507	332	Tek noktadan çıkışı var
26 nolu	613619	4347491	339	Tek noktadan çıkışı var
27 nolu	613613	4347532	335	Tek noktadan çıkışı var
28 nolu	613657	4347506	340	Tek noktadan çıkışı var
29 nolu	613678	4347512	345	Tek noktadan çıkışı var
30 nolu	613766	4347522	348	Tek noktadan çıkışı var

Yöredeki seraları ısıtmada ilkel kalorifer sistemi kullanılmaktadır. Sistem, doğal olarak çıkan termal suyun, akış hızına bağlı olarak kalorifer borularında dolaştırılması şeklindedir. Kireç oranı yüksek termal sular, doğrudan ısıtma sistemine verildiğinden borularda kabuklaşma meydana gelmekte, bu nedenle tesisat sık sık yenilenmektedir. Isıtma sisteminden çıkan sıcak atık sular herhangi bir uygulamaya tabi tutulmadan doğrudan Simav Çayı'na desarj edilmektedir.



Foto 3. Hisaralan termal kaynaklarından a) Konut ısıtmada (Hisaralan sıcaksu kuyusu pompa istasyonu), b) Sera ısıtmada, c) Termal turizmde d) Akuakültür uygulamalarında yararlanılmaktadır.

HİSARALAN TERMAL KAYNAKLARININ AKUAKÜLTÜR ALANINDA KULLANIMI

Jeotermal ısı uygulama alanlarından biri de akuakültür faaliyetleridir. Akuakültür, hayvansal ve bitkisel su canlılarının insan faktörü dâhilinde kontrollü veya yarı kontrollü olarak gıda, stokların takviyesi, süs, hobi ve bilimsel araştırmalar için yetiştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Çelikkale ve diğ.,1999). Akuakültür tatlı su veya deniz organizmalarının kontrollü bir çevrede üretim oranının artırılması faaliyetleri olarak da tarif edilmektedir (Erden, 2005, Dağdaş ve Öztürk, 2005).

Akuatik yaşam biçimlerinin kontrollü ıslahı olan su ürünleri yetiştiriciliği, giderek artan pazar talebi nedeniyle günümüzde dünya çapında önem kazanmaktadır. Dünyadaki jeotermal enerjinin doğrudan kullanımının %16'sını akuakültür faaliyetleri oluşturmaktadır (Öz, 2012). 22 ülkenin, su ürünleri yetiştiriciliğinde bu enerjiyi kullandığı bildirilmektedir. Çin, ABD, İtalya, İzlanda ve İsrail bu konuda önde gelen ülkelerdir. Tilapia, somon ve alabalık jeotermal enerji kullanılarak yetiştirilen en yaygın türlerdir. Ayrıca tropikal balık, ıstakoz, karides ve timsah da yetiştirilmektedir (Ragnarsson, 2014). Balık yetiştiriciliğinde jeotermal enerjinin kullanımı Fransa, Yunanistan, Macaristan, İzlanda, Yeni Zelanda ve ABD'de hızla yaygınlaşmaktadır (Nguyen ve diğ.,2015).

Jeotermal kaynakların su ürünleri yetiştiriciliğindeki amacı, suda yaşayan türler için en uygun sıcaklığa kadar suyun ısıtılmasıdır. Bu, üretim oranlarını arttırmak için kontrollü bir ortamda tatlı su veya deniz organizmalarının yetiştirilmesini içerir. Jeotermal su genellikle kanallar, havuzlar ve tanklardaki suyu ısıtmak için kullanılır (Ragnarsson, 2014).

Bilindiği üzere balık, kurbağa ve sürüngenlerde vücut sıcaklığı değişkendir. Hayvan vücut sıcaklığını ortamın sıcaklığına ayarlamak zorundadır. Balıklarda vücut sıcaklığı bu nedenle suyun sıcaklığına uygundur. İkisi arasındaki sıcaklık farkı 1 den fazla olamaz. Bunun anlamı suyun sıcaklığı değiştiği zaman balığın vücut sıcaklığını ayarladığıdır. Ancak bu ayarlama hızlı şekilde gerçekleşmez. Yavaş yavaş olur. Bazı balıklar en fazla 20°C ye kadar olan sıcaklıklara dayanabilir. Bu balıklara soğuksu balıkları denir. Daha sıcak sularda yaşayanlara ise sıcak su balıkları denir. Her balık için belli bir sıcaklık aralığı vardır. Sıcaklık, bu aralığın dışına çıktığında o balık için yaşam zorlaşır ve sıcaklığın bu şekilde devamlılığı ise onu öldürür (Şahin, 1999). Balık gibi sucul hayvanların gelişiminde su sıcaklığı en önemli unsurlardan biridir. Su

sıcaklığı mümkün olduğunca optimal değerler arasında kalmalıdır. Optimal değerlerin altına düştüğünde, balıkların temel vücut metabolizmaları etkilendiği için beslenme yeteneklerini kaybederler (Boyd ve Lund, 2003). Su sıcaklığının yıl boyunca sabit ve sürekli sağlanabilmesi üretimin devamlılığı için çok önemlidir. Bundan dolayı, hava ve su koşullarının atmosferik koşullardan olduğunca az etkilendiği sistemlerin kurulması gerekmektedir. İstenen özellikler, bir jeotermal su ile sabit bir sıcaklık değerinin sağlanması ile bu olumsuzluk ortadan kaldırılabilir. Jeotermal kaynak sıcaklığı havuzun büyüklüğüne, balık türünün biyolojik sıcaklık isteğine ve çalışma sırasında oluşan ısı kayıplarına bağlı olarak ayarlanmaktadır. Bu sıcaklık derecesi, farklı türde balıkların yetiştirilmesine izin verir (Bayrakçı ve Koçar, 2012). Dünyada sazan, yayın balığı, tilapia, kurbağa, kefal, yılan balığı, somon, mersin balığı, karides, ıstakoz, kerevit, yengeç, timsah, midye istiridye gibi türler yetiştirilmektedir (Nguyen, 2015).

Jeotermal kaynakların akuakültürde uygulama sıcaklığı balık türlerine göre değişir (Tablo 3). Termal kaynaklar, 21-27°C sıcaklık aralığında su ürünleri faaliyetleri için kullanılabilir (Bayrakçı ve diğ., 2012). Özellikle soğuk iklim koşullarının hüküm sürdüğü alanlarda ortamın ve su ürünleri havuzlarının ısıtılmasında sıcak suların faydalanılmaktadır. Böylece yıl boyunca üretim gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede çevre şartlarının etkisine maruz kalmadan yıl boyunca su sıcaklığı sabit tutulabilmektedir. Akuakültür alanında jeotermal enerjinin kullanılması, daha kısa sürede daha fazla balık üretiminin yapılmasını sağladığı anlaşılmıştır. Akuakültür (su ürünleri yetiştiriciliği), düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklar için yüksek potansiyele sahip bir kalkınma alanıdır.

Yıl boyunca sabit sıcaklıkta suyun elde edilebilir olması, kısa sürede canlıyı pazar ağırlığına ulaştırma imkânı sağlaması, olumsuz su sıcaklığından etkilenen ve yetiştiriciliği yapılan su canlıları bu koşullarda kolayca yetiştirebilir olması, mevcut iklim şartlarında yetiştiriciliği yapılamayan türlerin yetiştirilmesine fırsat vermesi, termal turizmle entegre olması halinde her zaman taze ve bol miktarda balık sunabilme imkânı tanınması, çeşitli amaçlarla kullanıldıktan sonra arta kalan sıcak suyun reenjeksiyon kuyusuna verilmeden veya su sistemine katılmadan önce balık üretiminde rahatlıkla kullanılabilir olması jeotermal kaynak sularının başlıca avantajlarıdır. Jeotermal suların dezavantajları ise içerisinde bazı zararlı gazları ve mineralleri bulundurması,

akuakültür işletmelerinde faydalanmak için gerekli sistem kurulumunun maliyet gerektirmesidir (Ferhatoğlu ve diğ., 2009).

Tablo 3.Bazı su canlılarına ait sıcaklık gereksinimleri ve büyüme evreleri (Günerhan, 2010den).

Tür	Sıcaklık sınır değerleri (°C)	En uygun yetiştirme sıcaklığı(°C)
<u>Büyüme evresi (gün)</u>		
İstiridyeye	0-36	24-26
730		
İstakoz	0-31	22-24
730		
Karides (kurma)	4-?	25-31
182-243		
Karides (pembe)	11-40	22-29
182-243		
Somon	4-25	15
182-365		
Büy.boy karides	24-32	27-30
182-365		
Yayın balığı	17-35	27-29
182		
Tilapia	8-41	22-30
-		
Sazan	4-38	20-32
-		
Alabalık	0-32	15
182-243		
Tatlısu levređi	0-30	22-28
304		
Çizgili levrek	?-30	16-19
182-243		

Balık yetiştiriciliği, jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanları arasında yer alır. Ülkemizde termal kaynakların akuakültür alanında kullanımına ait veri, bibliyografya çalışmalarında tespit edilememiştir.

Akuakültür alanında sıcak suların kullanılması açısından Hisaralan örnek bir sahadır. Hisaralan termal kaynakları, akvaryum süs balığı yetiştiriciliğinde

Hisaralan (Sındırgı-Balıkesir) Termal Kaynaklarının Akuakültür Alanında Kullanımı

kullanılmaktadır (Foto 4,5). Kaynaktan alınan termal su (96°C), balık serası halindeki aquaçiftliğe getirilmekte, balık üretimi yapılan soğuk su termal havuzu içine döşenen sıhhi tesisat sistemi vasıtasıyla uygun sıcaklığa kadar ısıtılmakta, daha sonra bu ısıtılan su kalorifer sistemi ile balıkların bulunduğu havuzlara iletilmektedir. Kimyasal ve fiziksel özellikleri akuakültür uygulamalarına uygun olan termal sular, bazı yerlerde doğrudan havuzlara verilebilmektedir. Hisaralan'ında ise termal sular, havuzlara verilen suların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Akvaryum balığı için zararlı maddeler içermesi, balık yaşamını olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle sıcak sular doğrudan havuzlara verilmemektedir.



Foto 4. Akuakültür de kullanılan suyun ısıtıldığı ana havuz.

Dünyada akvaryum balıkçılığı, suyun elektrik enerjisi kullanılarak ısıtılması şeklinde yapılmaktadır. Bu uygulama balıkların yetiştirme maliyetini arttırmaktadır. Hisaralan sahasında akvaryum balığı yetiştirmesinde termal suların kullanılması işletme maliyetlerini düşürüldüğü gibi kış mevsiminde de balıkların optimum büyümesi için gerekli su sıcaklığı sağlanmış olmaktadır. Bu nedenle yıl boyu üretim gerçekleştirilebilmektedir. Bu sağlanan enerji sayesinde su sıcaklığı sabit tutulduğu gibi, üreme dönemlerinde su sıcaklığının azaltılması veya yükseltilmesi de daha kolay kontrol edilmektedir.

Bilindiği üzere su kütlesi ne kadar az hacme sahip olursa, çevre şartlarının değişmesinden de o kadar çok etkilenir. Termal sular sayesinde bu olumsuz durum ortadan kaldırılmıştır. Akvaryum süs balıkları için ideal su sıcaklığı 24°C civarında olduğundan havuzlar bu sıcaklıkta sabit tutulmakta ve balık üretimi gerçekleştirilmektedir.

Sahada termal kaynaklardan yararlanarak akvaryum süs balığı yetiştiriciliğine 2007 yılında başlanılmıştır. Faaliyet yaklaşık 1500 m² kapalı alana sahip boyutları 30x12 metre olan dört adet cam sera içindeki havuzlarda yapılmaktadır (Foto 5). Akuaçiftliğin sera şeklinde dizayn edilmesinin amacı balıkların düşük ve yüksek sıcaklıktan, fazla ve yetersiz ışıktan, kar, yağmur, dolu ve rüzgâr gibi iklim olaylarından etkilenmemesi içindir.

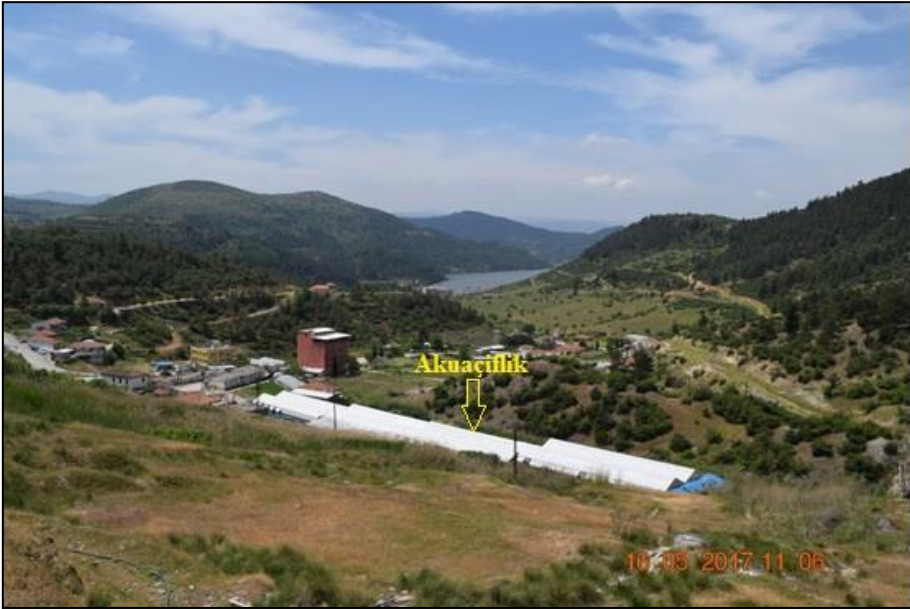


Foto 5. Hisaralan termal alanında termal tesisler ve akuaçiftlik.

Bunun yanında açık alanda da akvaryum balığı yetiştirilmektedir. Akvaryum süs balıklarının boyutları farklı olduğundan dolayı üretim havuzlarının da boyutları değişiklik gösterir. Kapalı ve açık alanda toplam 340 adet havuz vardır. Seralar içinde 1x1 m boyutlarında 150 adet plastik, 1x3.5 m boyutlarında 30 adet ahşap, 3x2 m ölçülerinde 60 adet beton, 1x3.5 m boyutlarında 30, 1.5x3 m boyutunda ise 30 adet havuz akuakültür faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Havuzlar, ortalama 1,5 metre derinliktedir.

Hisaralan (Sındırgı-Balıkesir) Termal Kaynaklarının Akuakültür Alanında Kullanımı

Açık alanda ise 1x3m ölçülerinde betondan yapılmış 40 adet havuzda balıkçılık faaliyeti sürdürülmektedir. Bu sera içerisinde toplam 150 adet çeşitli boyutlarda havuz bulunmaktadır (Foto 6).

Tesiste, lepistes (*Poecilia reticulata*), beyaz moli (*Poecilia sphenops*), sarı moli, siyah moli, vatoz (*Hypostomus plecostomus*), avratöz (*Melanochromis auratus*), kılıç kuyruk, çöpçü (çopra), japon (*Carassius auratus*), plati (*Xiphophorus maculatus*), sarı melek, beyaz melek (*Pterophyllum scalare*), iceman (*Pseudotropheus acei*), mavi çiklit (*Aequidens pulcher*), sarı çiklit (*Neolamprologus leleupi*), beyaz çiklit (*Cichlosoma facetum*), yunus çikliti (*Aequidens itanyi*) yetiştirilen başlıca balık türleridir (Foto 7).



Foto 6. Termal sular tarafından ısıtılan akuacıftlıkte akvaryum süs balığı üretim havuzları.



Foto 7. Akvaryum süs balığı yetiştirilen havuzlardan birinin yakından görünümü

Balıklara, Artemia denilen özel balık yemi verilmektedir. Japon balıkları gibi bazı türler ise canlı yem ile beslenmektedir. Yaklaşık 2-5 cm boyutuna ulaştıktan sonra akvaryum balıkları Türkiye'nin çeşitli yerlerine pazarlanmaktadır. Burada yetiştirilen bazı avratoz balıkları ise 20-30 cm boyutlarına ulaşınca satışa sunulmaktadır. Üretim miktarı hakkında sayısal bilgi elde edilememiştir. Akuakültür faaliyeti, uzmanlar kontrolünde yapılmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz jeotermal kaynaklar bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. Termal kaynakların kullanım alanlarından biri de akuakültür uygulamalarıdır. Akuakültürün bazı uygulama alanlarında çok yüksek sıcaklıkta suya gerek yoktur. Hisaralan örneğinde olduğu gibi özellikle düşük sıcaklığa sahip termal kaynakları akuakültür alanda değerlendirmek mümkündür. İklim şartlarının elverişli olmadığı, kış mevsiminin soğuk geçtiği İç Anadolu ve Doğu Anadolu gibi bölgelerdeki balık havuzları ve kafeslerdeki balıkların gelişimini olumsuz yönde etkileyen düşük sıcaklık etmeni termal kaynak suları kullanılarak giderilebilir. Böylece atıl vaziyetteki çok sayıda düşük sıcaklığa sahip termal

kaynak yöre ekonomisine kazandırılmış olacaktır. Ağrı-Diyadin, Bingöl-Kös, Bitlis-Ilıcaköy, Diyarbakır-Çermik, Elazığ-Kolan, Erzurum-Ilıca, Pasinler-Hasankale, Horasan-Hızırilyas, Çat-Çimenözü, Tekman-Yiğitler, Siirt-Billoris, Erciş-Hasanabdal gibi termal su kaynaklarını akuakültür uygulamalarında kullanıla bilinecek termal kaynaklardır.

Bunun yanında düşük entalpili termal sular kullanılarak su sıcaklığı optimum seviyede tutmak suretiyle tropikal sahalarda yetişen sıcak su balık türlerinin yetiştirilmesi mümkün hale gelebilir. Günümüzde bazı tropikal balıkların meraklılarınca yüksek fiyata alıcı bulduğu akvaryum balıkçılığının oldukça karlı bir iş olduğu dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, akvaryum balığı meraklısı kitlenin gereksinimlerini karşılayacak balıkların termal kaynak suları kullanılarak yetiştirilmesi konusunda gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

Termal kaynakların, akuakültür alanında yeteri kadar değerlendirilmemesinde en büyük engel gerekli teknik bilgiye ve donanımına sahip olunmamasıdır. Bu konuda, devlet tarafından gerekli mali ve danışmanlık desteği sağlanarak yöre insanı teşvik edilmeli ve mevcut akvaryumlarda balık tür sayısı artırma yoluna gidilmelidir. Yapılacak bu çalışmalar, yöre insanına yeni iş ve istihdam olanakları sağlayacaktır.

Hisaralan sıcak suları, ağırlıklı olarak termal turizm alanında değerlendirilmektedir. Sahada konaklama tesislerinin sayısı gün geçtikçe hızla artmaktadır. Termal turizmle akuakültürün entegre edilmesi halinde her zaman taze ve bol miktarda balık sunabilme imkânı sağlanmış olacaktır. Ayrıca sahadaki termal tesislerin ve seraların ısı uygulamalarında kullanılmış düşük sıcaklığa sahip atık suları akuakültür faaliyetlerin yapıldığı havuzların ısıtılmasında tekrar kullanmak söz konusudur.

Hisaralan termal suları, kaynak çıkış noktalarından itibaren yüzeye düzensiz bir şekilde döşenmiş plastik borular vasıtasıyla termal tesislere, seralara ve akuakültür tesisine iletilmektedir. Sahadaki termal suların bir noktada toplanarak tesislere iletilmesi suyun verimli kullanımı açısından uygun olacaktır.

KAYNAKÇA

Akbulut, G., 2010, Türkiye’de Kaplıca Turizmi ve Sorunları. Gaziantep Üniv. Sosyal Bilimler Dergisi, 9 (1), 35-54.

Aksoy, N., 2009, Jeotermal enerji Semineri, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO Yayın No:E/2009/494-3, İzmir.

Aksoy, N., Demirkıran, Z., Şimşek, C., 2009, Sındırgı–Hisaralan (Balıkesir) Jeotermal Sahasının Jeokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi, TMMOB Makine Müh. Odası, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler, Jeotermal Enerji Semineri, 61-72, İzmir.

Battocletti, L., 2003, Geothermal Small Business Workbook, Bob Lawrence & Associates, Inc., U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy.

Bayrakçı, A. G, Koçar, G., 2012, Utilization of renewable energies in Turkey’s agriculture, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16, Elsevier, 618–633.

Boyd, T. L., Lund, J. W., 2003. Geothermal heating of greenhouses and aquaculture facilities. In Proceedings of the International Geothermal Conference, 14–17 September 2003, Reykjavik, 14–19.

Çelikkale, M. S., Düzgüneş, E., Okumuş, İ., 1999, Türkiye Su Ürünleri Sektörü, Potansiyeli. Mevcut Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri, İstanbul Ticaret Odası, Yayın No: 1999-2, İstanbul.

Çoban, F., Büyükkahraman, G., Aydoğan, M. S., Kocabaş, C., 2009, Hisaralan (Sındırgı-Balıkesir) Jeotermal Enerji Potansiyeli’nin Bölge Turizmi Açısından Önemi, 5th World Water Forum İstanbul, Termal ve Maden Suları Konferansı 24-25 Nisan 2008.175-179.

Çolak, M., Kocabağ, C., 2011, Hisaralan (Sındırgı) ve çevresindeki volkaniklerde gözlenen hidrotermal alterasyonun kökeni, TÜBİTAK Proje no:109Y171.

Dağdaş, A., Öztürk, R., 2003, Jeotermal Enerjiden Akuakültür Uygulamalarında Yararlanmak, Tesisat Mühendisliği, Kasım-Aralık, 25-33.

Doğanay, H., Zaman, S., 2013, Türkiye turizm coğrafyası. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

Doğaner, S., 2001, Türkiye Turizm Coğrafyası, Çantay Kitabevi, İstanbul.

Hisaralan (Sındırgı-Balıkesir) Termal Kaynaklarının Akuakültür Alanında Kullanımı

DPT, 1996, Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Yayın No: DPT: 2441-ÖİK: 497.

Erden, O., 2005, Türkiye’de Akuakültür Faaliyetlerinde Jeotermal Enerji Kullanımı, net./USG/USG2005/Y/y09. pdf, 438-450.

Ferhatoğlu, M., Özden, O., Akkurt, G., 2008, Jeotermal Kaynaklar ve Akuakültürde Kullanılabilirliği, 5th World Water Forum İstanbul 2009, Termal ve Maden Suları Konferansı 24-25 Nisan 2008, Bildiriler Kitabı, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Yay no:68, 309-319, Ankara.

Günerhan, H., 2010, Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Jeotermal Enerjiden Yararlanma, Url adres: http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/d8b65856ad9fc44_ek.pdf

Halefi, Ch. J., 1966, Hisaralan (Batı Anadolu) Ilıcaları Bölgesinde Yapılan Jeolojik ve Hidrolojik Etüdlere, MTA Dergisi, 67, 110-117, Ankara.

Helvacı, C., 2004, Soma ve Bigadiç arasındaki (Batı Anadolu) volkanik fasiyelerin sedimentolojik, petrografik ve jeokimyasal veriler ışığında kökensel yorumu, TÜBİTAK YDABACAG/100Y044, yayımlanmamış.

Kastelli, M., 1974, Hisaralan (Sındırgı-Balıkesir) yöresi jeolojik etüdü ve jeotermal enerji olanakları, MTA Rapor no:5592, yayımlanmamış, 30 sayfa, Ankara.

Kızılçaoğlu, A., Soykan, A., 1998, Balıkesir ve yakın çevresinde yağış, Balıkesir Üniv. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, C.1, S.1, 24-37.

Lund, J. W., Freeston, D. H., 2001, World-wide direct uses of geothermal energy 2000. Geothermics 30, 29-68.

Mertoğlu, O., Simsek, Ş., Başarır, N., 2015, Geothermal Country Update Report of Turkey (2010-2015), Proceedings World Geothermal Congress 2015, Melbourne, 19-25 April 2015, Australia.

MTA, 2005, Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri, Envanter Serisi-201, Ankara.

Nguyen, M. V., Arason, S., Gissurarson, M., Pálsson, P. G., 2015, Uses of geothermal energy in food and agriculture, opportunities for developing countries, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Öz, Ü., 2012, Su ürünleri yetiştiriciliğinde sera sisteminin kullanımı, Yunus Araştırma Bülteni, S.3, 24-30.

Ragnarsson, A., 2014, Geothermal Energy in Aquaculture, VI on Utilization of Low and Medium-Enthalpy Geothermal Resources and Financial Aspects of Utilization, organized by UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador, March 23-29, 2014.

Satman, A., Serpen, U., Korkmaz Basel, E. D., 2007, An Update on Geothermal Energy Potential of Turkey, Proceedings, Thirty-Second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 22-24, 2007.

Soykan, A., 1993, Sındırğı ile Biğadiç Depresyonu ile Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi, İstanbul Üniv. Sosyal Bilimler Enstitüsü, doktora tezi, yayımlanmamış, İstanbul.

Şahin, Y., 1999, A'dan Z'ye Akvaryum, İnkılap Yayınları, İstanbul.

TMMOB, 2010, Balıkesir İl Koordinasyon Kurulu, Balıkesir Kent Sempozyumu 26-28 Kasım 2010, 2010.

Ünal, A., 1972, Hisaralan (Sındırğı) Kaplıcaları Civarının Jeotermal Alan Olanakları Hakkında Rapor, MTA Raporu, No: 5974, yayımlanmamış.