

# JEOTERMAL BÖLGESEL ISITMA SİSTEMLERİNİN ENERJİ ANALİZLERİNDE TESİSAT HATALARI NEDENİYLE YAŞANAN DEBİ ÖLÇÜM SORUNLARI

Tuğrul AKYOL  
Asiye ASLAN  
Bedri YÜKSEL

## ÖZET

Balıkesir, çevresi ile birlikte jeotermal enerji bakımından ülkemizin zengin illerinden birisidir. İlimizde bulunan jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinde (JBIS) yapılan araştırmalar, üretilen jeotermal enerjinin, sistemlerin kurulduğu yıllardan günümüze kadar, sahalardaki basınç düşüşleri, kuyularda çökme veya kuyular arası etkileşim gibi nedenlerden dolayı değişmiş olduğunu göstermektedir. Zaman içerisinde meydana gelebilen bu değişikliklerin net olarak tespit edilebilmesi, bu enerji kaynaklarının daha verimli şekilde kullanılması açısından hayati önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Balıkesir ilinde bulunan Gönen, Bigadiç, Edremit ve Güre JBIS'lerin performans analizlerine temel teşkil edecek olan debi değerlerinin ultrasonik akış ölçerler ile belirlenmesi esnasında karşılaşılan ölçüm sorunları incelenmiştir. Bu sorunlara ilişkin çözüm önerileri, örnek ölçüm uygulamaları ile birlikte sunulmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ultrasonik akış ölçer, Jeotermal enerji, Debi ölçme hataları.

## ABSTRACT

Balıkesir is one of the geothermal energy-rich provinces of Turkey. The investigations conducted in the geothermal district heating systems (GDHS) in Balıkesir show that the amount of geothermal energy generation has changed in time due to the effects of pressure drops in the geothermal fields, precipitation in the wells and the interactions of the wells. Therefore, it is crucial to determine all these effects accurately in order to utilize these sources efficiently.

In this study, the problems experienced in the flow measurements with using ultrasonic flow meters in Gönen, Bigadiç, Edremit ve Güre GDHSs in Balıkesir was investigated. The suggestions concerning the solutions was aimed to be presented by means of the sample measurement applications.

**Key Words:** Ultrasonic flow meter, Geothermal energy, Flow measurement error.

## 1. GİRİŞ

Ülkemiz gerek yıllık jeotermal enerji tüketimi gerekse jeotermal enerji potansiyeli bakımından dünyadaki ilk beş ülkeden biridir. Türkiye'de çoğu düşük ve orta entalpili olmak üzere 170 jeotermal sahanın varlığı tespit edilmiş olup bunların çoğu direkt kullanım için uygundur [1]. Ülkemizde, jeotermal enerjinin konut ısıtmadaki kullanımı hızla gelişmektedir. Aralık 2008 itibarıyla 20 bölgesel

Isıtma sistemiyle yaklaşık 6 milyon m<sup>2</sup> alana karşılık gelen konut ısıtma jeotermal enerji ile sağlanmaktadır [2].

Türkiye’de jeotermal kaynakların büyük çoğunluğu başta Ege olmak üzere İç Anadolu ve Marmara bölgesinde toplanmıştır. Balıkesir, çevresi ile birlikte jeotermal enerji bakımından zengin illerimizden biridir. Ülkemizde, jeotermal enerji ile ilk hacim ısıtma uygulaması bu ilimizde, 1964 yılında Gönen Park Otelinin ısıtılmasıyla, yine ilk bölgesel ısıtma sistemi uygulaması 1987 yılında Gönen’de 16.2 MWt kapasite ile gerçekleştirilmiştir. İlimizde daha sonra 2004 yılında Edremit ve 2006 yılında Bigadiç ve Güre JBIS’leri kurularak işletmeye alınmıştır.

Geniş bir yelpazede kullanım olanağı sunan ve ülkemizde önemli bir potansiyel oluşturan jeotermal enerji kaynağının, var olan diğer enerji kaynakları ile beraber daha fazla kullanılması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, başta bölgesel ısıtma sistemleri olmak üzere jeotermal enerji kullanan sistemlerin performans ve verimlilik analizlerinin yapılması, bu enerji kaynağından azami ölçüde yararlanabilmek adına büyük önem taşımaktadır.

Özgener v.d. [3] çalışmalarında, enerji ve ekserji analizi temelinde Gönen JBIS’nin performans değerlendirmesini yapmışlardır. Belirlenen 6 °C referans sıcaklığı için tüm sistemin ekserji kayıpları hesaplanmış ve akış diyagramları ile gösterilmiştir. Sistemde ekserji kayıpları pompa, eşanjör, boru hattı ve reenjeksiyon olarak ortaya çıkmaktadır. Sistemin enerji ve ekserji verimleri araştırılarak sırasıyla % 45.91 ve % 64.04 olarak belirlenmiştir.

Hepbaşlı ve Balta [4] düşük sıcaklıklı jeotermal kaynakların binalarda ısı pompası uygulamaları olarak kullanımının performans değerlendirmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, sistemin dizaynının yapıldığı, uygulamaya alındığı ve Niğde Üniversitesinde 2005 yılından beri başarılı bir şekilde kullanımda olduğu ifade edilmiştir. Performans değerlendirmesinde deneysel verileri kullanarak enerji ve ekserji metodunu uygulamışlardır.

Özgener v.d. [5] Balçova, Salihli ve Gönen JBIS’lerinin kapsamlı bir analizini yapmışlardır. Bu üç sistemin enerji - ekserji modellerini ve sistem performans analizlerini oluşturmuşlardır. Sistemlerin 4 °C referans sıcaklığında enerji verimliliği % 39.6 ile % 55.6 arasında, ekserji verimliliği % 45.7 ve % 63 arasında değişmiştir. Yapılan çalışmada, Salihli JBIS’nin üç sistem arasında en yüksek enerji verimliliğine sahip olduğu, bunu Balçova ve Gönen’in takip ettiği, en yüksek ekserji verimliliğinin ise Gönen JBIS’de olduğu, bunu Salihli ve Balçova’nın takip ettiği belirlenmiştir.

İlimizde halen faal durumda bulunan JBIS’lerde yapılan araştırmalar, sistemlerin enerji verimlerinin düşük olduğunu ve jeotermal enerjiden yeterince yararlanılmadığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, birçok tesisin projelendirilmesinin geçmiş yıllarda zamanın koşullarına göre yapıldığı, boru hatlarında zaman içerisinde kabuklaşma ve korozyon oluştuğu, jeotermal ve sıcak su kaçak miktarlarının arttığı ve sistemlere hat kapasiteleri dikkate alınmadan, bölge sakinlerinden gelen talepler doğrultusunda sonradan konutların ilave edildiği tespit edilmiştir. Daha da önemlisi, uzun zamandır kullanılan jeotermal kuyularda debi ve sıcaklık değerlerinin zamanla değiştiği, aynı jeotermal saha içerisinde daha sonra yeni kuyuların açıldığı ve bu kuyuların eski kuyuların debi değerlerini etkilediği, ilk ve son verilerin karşılaştırılması neticesinde ortaya çıkarılmıştır. Bölgesel ısıtma sistemlerinde meydana gelen tüm bu gelişmeler, üretilen jeotermal enerjinin sistemlerin ihtiyaç duyduğu enerji talebini karşılayamaması sorununu beraberinde getirmiş, bu sorun, Bigadiç JBIS’de olduğu gibi, bazı tesislerde, ek ısıtma sistemlerinin kurulması ile giderilmeye çalışılmıştır.

Yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı, ilimizde bulunan JBIS’lerin enerji analizlerinin, gerçek ve güncel sistem verileri sağlanarak yapılması bu sistemlerin kullanım verimliliğinin artırılmasına önemli katkılar sağlayacaktır. Söz konusu analizlere temel teşkil edecek verilerin başında JBIS’lerin kritik noktalarına ait debi, sıcaklık ve basınç değerleri gelmektedir. Bu amaç doğrultusunda Haziran 2008’de başlatılan ve halen devam etmekte olan çalışmalarla, Balıkesir’de bulunan JBIS’lerin üretim, dağıtım ve tüketim hatlarında jeotermal ve normal tesisat sularına ait debi, sıcaklık ve basınç değerleri ölçülmeye başlanmıştır.

Çalışmalarda, tesislerde kullanılan jeotermal ve sıcak su hatlarında debi ölçümlerinin sürekli olarak yapılmasının ideal olacağı düşünülmüş, ancak hat sayısının fazlalığı nedeniyle çok sayıda akış ölçer

gereksinimi ve bunun da maliyetleri aşırı artırması nedeniyle bu yöntem uygun görülmemiştir. Aynı zamanda ölçümler esnasında üretimin durdurulmaması ve böylece tesislerin hizmetinin aksatılmaması da büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, sistemlere ait debi değerlerinin, tesislerin durdurulmasına gerek duymayan ultrasonik akış ölçerler yardımıyla ölçülmesi planlanmıştır. Bu yöntemle aynı zamanda, akış ölçer boru yüzeylerine sabitlendiği için, ölçümlerin borulara hasar verilmeden yapılacağı ön görülmüştür. Sistemlerde debi değerleri sürekli değişmediği için ultrasonik akış ölçerlerle belirli zaman aralıklarında ölçümler yapılmıştır.

Bu çalışmada, Balıkesir ilinde bulunan JBIS'lerin performans analizlerine temel teşkil edecek olan debi değerlerinin ultrasonik akış ölçerler ile ölçümleri esnasında karşılaşılan ölçüm sorunları incelenmiştir. Çalışmada ayrıca, bu sorunlara ilişkin çözüm önerileri, örnek ölçüm uygulamaları ile birlikte sunulmaya çalışılmıştır. İlimizde bulunan JBIS'lerin hemen hemen tümünde ortaklaşa görülen bu sorunlar, büyük ölçüde tesisatlardaki yetersizliklerden kaynaklanmaktadır. Bu yetersizliklerin başında, sistemlerde debi ölçümüne uygun noktaların bulunmaması gelmektedir. Bunun dışında sistemlerde dolaşan jeotermal akışkanın özelliklerinden kaynaklanan zorluklarla da birçok durumda karşılaşmıştır.

## 2. BORULARDA DEBİ VE HIZ ÖLÇÜMÜ

Akışkanların debilerinin belirlenmesi amacı ile yıllar boyunca sayısız cihaz geliştirilmiştir. Akış ölçerler karmaşıklık, büyüklük, fiyat, doğruluk, çok yönlülük, kapasite, basınç düşüşü ve çalışma ilkeleri seviyelerine göre geniş bir aralıkta farklılık gösterir [6].

Bazı akış ölçerler debiyi, hacmi bilinen bir ölçüm odacığını doğrudan doğruya ve sürekli olarak doldurup boşaltmak ve birim zamandaki boşaltma sayısını kaydetmek suretiyle ölçerler. Fakat çoğu akış ölçer, debiyi dolaylı yoldan ölçmektedir. Bunlar ortalama hız  $V$  'yi veya basınç ve direnç gibi ortalama hız ile ilgili bir büyüklüğü ölçüp hacimsel debiyi;

$$\dot{v} = V.A_c \quad (1)$$

denkleminde hesaplama esasına göre çalışır. Bu nedenle, debinin ölçülmesi çoğunlukla akış hızı ölçülerek yapılır ve çoğu akış ölçerler bu amaç için kullanılan basit hız ölçerlerdir [6].

Pitot-statik tüpü, basınç farkını ölçerek yerel hızı ölçer ve bunu Bernoulli denklemini kullanarak yapar. Orifis, venturimetre ve akış lülesi gibi engelli akış ölçerler, borudaki debiyi, akışın daraltılması ve daralma yerinde hızdaki artıştan kaynaklanan basınçtaki azalmanın ölçülmesi ile bulabilirler. Hacimsel akış ölçerler, giren akışkanın belirli bir miktarını hapsedip ölçerin çıkış tarafına doğru göndererek ve yeri değiştirilen akışkanın toplam miktarını belirlemek için dolma-boşalma çevrimlerini sayarak çalışırlar. Elektromanyetik akış ölçerler, Faraday yasasına göre çalışırlar ve fiyatları ile güç tüketimleri nispeten çok yüksek ve kullanılabilecekleri uygun akışkan çeşitlerinin kısıtlı olmasından dolayı kullanımları sınırlıdır. Ultrasonik (veya akustik) akış ölçerler, bir dönüştürücü ile ses dalgaları oluşturarak ve akış içerisinde bu dalgaların yayılmasını ölçerek çalışırlar. [6].

## 3. ULTRASONİK AKIŞ ÖLÇERLER

### 3.1. Avantajları

Ultrasonik akış ölçerlerin avantajları şu şekilde sıralanabilir [6]:

1. Çapı 0.6 cm'den 3 m'nin üzerine kadar değişen boruların dışına ve hatta açık kanala kolayca ve pratik bir şekilde takılabilir,

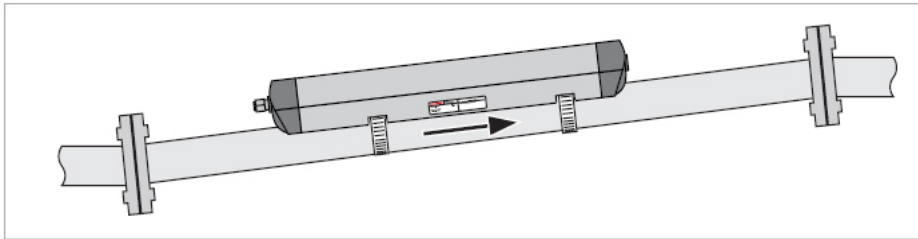
2. Akış ölçer yüzeye sabitlendiği için, çalışmayı durdurmak, boruya delik açmak ve üretimi durdurmak gerekmez,
3. Akış ölçer akışa müdahale etmediği için basınç düşüşüne neden olmaz,
4. Akışkanla doğrudan temas halinde olmadıkları için paslanma ve tıkanma gibi tehlikeler söz konusu değildir,
5. Zehirli kimyasal maddelerden çamura ve temiz sıvılara kadar geniş bir aralıkta, kısa süreli ya da sürekli akış ölçümleri için uygundur,
6. Hareketli parçaları yoktur ve dolayısıyla bu akış ölçerler güvenli ve bakım gerektirmeyen bir çalışma sağlar,
7. Ön görülen doğrulukları %1-2 civarındadır.

### 3.2. Dezavantajları ve Ultrasonik Debi Ölçümlerini Etkileyen Faktörler

Ultrasonik akış ölçerlerin, kurulum etkilerine ve diğer hata kaynaklarına karşı duyarlı olmaları bu cihazların en büyük dezavantajıdır. Kurulum etkileri statik veya dinamik olabilir. Kompresör, pompa ya da valf gibi akış kaynaklarının yarattığı vuruntulu akışlar dinamik kurulum etkenleridir. Akış ölçer monte edildiği borulardaki çap daralmaları, bükümler, boru eklemleri akış profilini etkileyen statik etkenlerdir. Bu etkileri azaltmak için akış ölçerler genel olarak düz bir borunun ortasına monte edilir veya akış düzenleyici mekanik aksamlar kullanılır [7]:

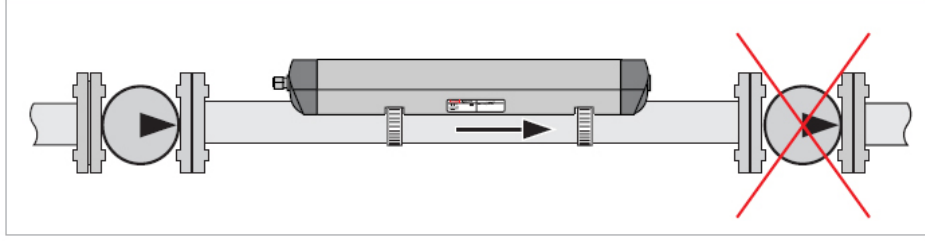
Ultrasonik debi ölçüm yönteminde, akışkan içerisindeki hava ya da gaz kalıntıları veya borunun tam dolu olmaması gibi sorunlar ölçüm hatalarına sebebiyet verir. Bu ölçüm hatalarının önüne geçmek için ultrasonik akış ölçerlerin aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınarak monte edilmesi gerekir [8]:

1. Hava ya da gaz kalıntıları borunun en üst noktasında toplanacağından cihazın bu noktalara yerleştirilmesinden her zaman kaçınılmalıdır,
2. Tamamen dolu boru akışı sağlanamayabileceğinden cihazların aşağı eğimli borulara yerleştirilmesinden kaçınılmalıdır. Bu durum aynı zamanda akış profilinde distorsiyona da sebep olabilir,
3. Uzun yatay borularda ölçüm yapılmak istendiğinde;
  - Cihaz mümkünse hafif yukarı meyilli olan boru kısmına yerleştirilmelidir (Şekil 1).
  - Eğer bu durum mümkün değilse, boru üst kısımlarında hava, gaz ve kabarcık oluşumunu engelleyecek yeterli akışkan hızının sağlandığından emin olunmalıdır.
  - Kısmi dolu borularda yapılan ölçümlerde hatalı sonuçlar elde edileceği unutulmamalıdır.



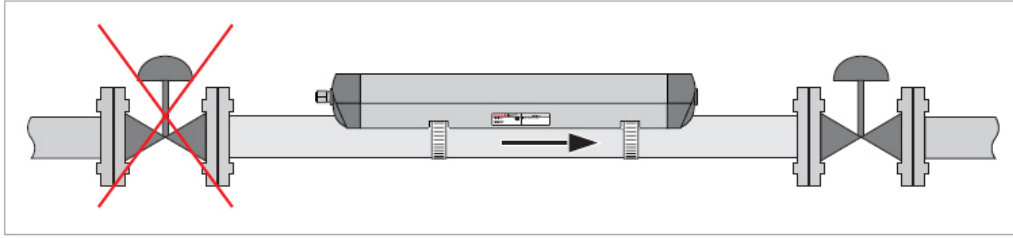
Şekil 1. Uzun Yatay Borular [8].

4. Pompa Pozisyonu: Kaviteasyondan kaçınmak için ultrasonik akış ölçerler kesinlikle pompa basma tarafına yerleştirilmelidir (Şekil 2).



**Şekil 2.** Pompa Pozisyonu [8].

5. Kontrol valfi pozisyonu: Kaviteasyondan ve akış profili distorsiyonundan kaçınmak için kontrol valfi cihazın akış yönüne doğru yerleştirilmelidir (Şekil 3).



**Şekil 3.** Kontrol Valfi Pozisyonu [8].

Bunların dışında, ultrasonik akış ölçer kontrol ünitesine girilen boru dış çapı, boru cidar kalınlığı, varsa astar kalınlığı ve boru malzemesi üzerindeki sesin ilerleme hızı gibi bilgilerdeki küçük bir hata, ölçümlerde büyük sapmalara neden olabilir. Örneğin, 1" 'lik bir boruda, boru dış çapı değerindeki 1 mm'lik ölçüm hatası, toplam debi değerinde yaklaşık %8'lik bir hataya sebep olabilir. Göz önünde bulundurulması gereken diğer bir konu da boru çapının boru cidar kalınlığına oranıyla ilgilidir. Bu oranın çok küçük olması durumunda, ses dalgalarının göreceli olarak daha büyük bir kısmı, akışkan içerisinde ilerlemek yerine boru cidarına yayılacak ve bu durum ölçüm hatalarına sebep olacaktır. [9].

Ultrasonik akış ölçümünde ayrıca, akışkandaki sıcaklık değişikliklerinin, akışkan içerisinde bulunan büyük ve küçük partüküllerin hacimsel oranının ve akış profilindeki değişimlerin, ölçümleri olumsuz yönde etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

### 3.3. Ölçümlerde Kullanılan Cihazlar

Bu çalışmada debi ölçümlerinde, teknik özellikleri Tablo 1'de verilen geçiş-zamanı (transit-time) prensibine göre çalışan kenetlenmeli tip 2 adet ultrasonik akış ölçer kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Çalışmalarda Kullanılan Ultrasonik Akış Ölçerin Teknik Özellikleri.

Ölçüm aralığı	0...20 m/s / 0...66 ft/s
Maksimum sapma (referans koşullar altında)	<± 1% of M.V. for DN ≥ 50 mm / 2", v > 0.5 m/s / 1.5 ft/s
	<± 3% of M.V. for DN < 50 mm / 2", v > 0.5 m/s / 1.5 ft/s
Ölçüm yapılabilecek boru çapı aralığı	DN50...DN600 / 2...24"
Yinelenebilirlik	<± 0.2%
Proses koşulları	Katı partikül içeriği < 5% (hacimce) Gaz içeriği < 2% (hacimce)

## 4. ÖLÇÜMLERDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR

### 4.1. Kuyu Başı Tesisatlarının Fiziki Durumlarındaki Yetersizlikler

İlimizde bulunan JBIS'lerin hemen hemen tümünde ortak olarak görülen debi ölçüm sorunları, büyük ölçüde tesisatlardaki yetersizliklerden kaynaklanmaktadır. Özellikle jeotermal kuyu debilerinin ölçülmeye çalışıldığı kuyu başı tesisatlarının birçoğunda, ultrasonik akış ölçerlerin monte edilebileceği düz boru parçası bulunmamaktadır (Şekil 4,5,6 ve 7).



Şekil 4. Edremit JBIS'de Debi Ölçümü İçin Uygun Olmayan EDJ-4 Kuyu Tesisatı.



Şekil 5. Edremit JBIS EDJ-4 Kuyu Binası Dışında Ölçüme Elverişsiz Boru Parçası.



Şekil 6. Gönen JBIS'de Debi Ölçümlerine Elverişsiz Bir Kuyu Başı Tesisatı.





**Şekil 7.** Edremit JBIS'de Debi Ölçümlerine Elverişsiz EDJ-7 Kuyu Tesisatı.

Bazı kuyu başı tesisatlarında ise akış ölçerin monte edilebileceği uygun boru parçaları mevcut olmakla birlikte, bu parçaların pompa ya da vana gibi akış profilini etkileyen tesisat elemanlarına çok yakın olması ultrasonik akış ölçümlerini olumsuz yönde etkilemiştir (Şekil 8).



**Şekil 8.** Edremit JBIS'de Bulunan EDJ-2 Kuyu Başı Tesisatında Ultrasonik Debi Ölçüm Çalışması.

Bu tür durumların çözümüne ilişkin örnek bir çalışma Bigadiç JBIS'de bulunan HK-6 Nolu kuyu için verilmiştir. Bigadiç JBIS'yi besleyen 3 kuyudan biri olan düşük sıcaklıklı (58°C) kuyuda, diğer birçok kuyuda olduğu gibi, karşılaşılan en önemli sorun kuyudan çıkan jeotermal akışkanın, üzerlerinde vana ve bağlantı parçaları bulunan oldukça kısa ve kıvrımlı borularla ana hatta aktarılıyor olmasıdır. Bu nedenle kuyu başı tesisatı, DN50'lik boru parçasıyla by-pass edilmek suretiyle debi ölçümü için yeterli uzunlukta düz boru parçası oluşturulmuştur (Şekil 9).



**Şekil 9.** Bigadiç JBIS'de Bulunan HK-6 Kuyu Başı Tesisatına Yapılan By-Pass Hattı ve Bu Hat Üzerinde Ultrasonik Debi Ölçüm Çalışması.

Bu düzenleme neticesinde ultrasonik akış ölçer ile güçlü sinyal değerleri elde edilerek debi ölçümü gerçekleştirilmiştir. Frekans konvertörlü kuyu pompası 26, 28 ve 30 Hz frekanslarda çalıştırılarak her bir çalışma şartında elde edilen debi değerleri kaydedilmiştir.

Kuyu başı tesisatlarının ultrasonik debi ölçümüne izin vermediği bazı durumlarda ise kuyu debileri, ısı merkezlerinde, tüm kuyu debilerinin birleştiği uygun borular üzerinde ölçülmüştür. Bu çözüme ilişkin örnek bir çalışma Güre JBIS için verilmiştir. Güre JBIS, Güre-2, Güre-3 ve MTA isimli 3 kuyu tarafından beslenmekte olup bu kuyulara ait kuyu başı tesisatları debi ölçümü için uygun değildir. Yapılan çalışmalar neticesinde, sistemi besleyen her bir kuyu ayrı ayrı çalıştırılarak her bir kuyuya ait debi değeri elde edilmiştir. Bununla birlikte, sistemi besleyen 3 kuyunun aynı anda çalıştırılması sonucunda elde edilen toplam üretim debisi, tek tek bulunan kuyu debilerinin toplamıyla karşılaştırılmıştır (Şekil 10).



**Şekil 10.** Güre JBIS Isı Merkezinde Kuyu Debileri Ölçüm Çalışmaları.

Kuyu başı tesisatlarında karşılaşılan bir diğer sorun, kuyulardan çıkan jeotermal akışkanı ileten borulardaki bükümler, boru eklemeleri veya bu borulardaki çarpıklıklardan kaynaklanmaktadır. Bu tür durumlarda genellikle çarpık boru parçasının değiştirilmesi yoluna gidilmiştir (Şekil 11).



**Şekil 11.** Bigadiç JBIS'de Bulunan HK-2 Kuyusunda Debi Ölçümü İçin Belirlenen Düşey Borunun Önceki (Solda) ve Sonraki (Sağda) Görünümü.

#### 4.2. Jeotermal Akışkan Özelliklerinin Ölçümlere Etkisi

Akışkan sıcaklıklarının nispeten yüksek olduğu kuyularda, Bigadiç JBIS'de bulunan HK-2 (98,7°C) ve HK-8 (93,9°C) kuyularında olduğu gibi, yaşanan temel sorun, jeotermal akışkanın yüksek oranda buhar ihtiva etmesidir (Şekil 12). Yüksek sıcaklıktaki bu tür kuyulardaki ultrasonik debi ölçümlerinin, çift fazlı akıştan dolayı, sağlıklı olmadığı görülmüştür. Bu gibi kuyulardaki debi ölçümlerinin kuyu



başlarında değil, jeotermal akışkanın içerdiği gaz fazındaki oluşumlardan arındırıldıktan sonraki noktalarda (örneğin bir gaz seperatöründen geçtikten sonra) yapılması sağlıklı ölçüm sonuçları doğurmuştur.



**Şekil 12.** Bigadiç JBIS'de Bulunan HK-8 Kuyusundan Elde Edilen Jeotermal Akışkanda Görülen Yoğun Buhar.

Yüksek akışkan sıcaklıkları nedeniyle büyük oranlarda gaz fazında oluşum içeren Bigadiç JBIS'de bulunan HK-2 ve HK-8 nolu kuyulara ait debi değerleri, ultrasonik akış ölçerin gaz seperatöründen sonraki noktalara yerleştirilmesi ile aşılmaya çalışılmıştır (Şekil 13).



**Şekil 13.** Bigadiç JBIS'de Gaz Seperatöründen Sonraki Bir Noktada Ultrasonik Debi Ölçüm Çalışması.

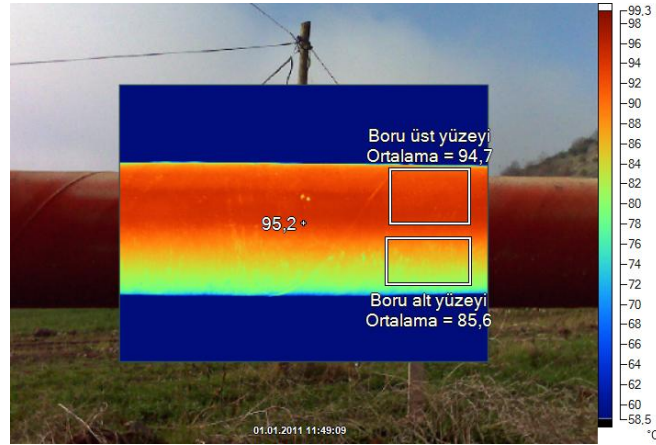
Ancak yoğun gaz oluşumu içermeyen bu nokta üzerinde de debi ölçümü gerçekleştirilememiştir. Yapılan incelemeler sonucunda burada bulunan boru hatlarının iç yüzeylerinde kabuklaşma olduğu, bunun da ultrasonik akış ölçerin ürettiği ses dalgalarını etkilediği tespit edilmiştir. Bigadiç JBIS gaz seperatörü tahliye hattından çıkarılan kabuk parçalarına ait örnekler Şekil 14'de verilmiştir.



**Şekil 14** Ana Gaz Seperatörü Tahliye Hattından Alınan Kabuk Örnekleri.

Borulardaki kabuklaşmanın boyutunu ortaya çıkarabilmek için borular üzerinde yüzey sıcaklıkları ölçülmüştür. Yüzey sıcaklık probu ile HK-2 kuyusu gaz separatörü çıkış hattı üzerinde ve 3 kuyunun birleşim yeri olan ana gaz separatörü ile Hisarköy-Bigadiç isale hattı başlangıç noktası arasındaki borularda yapılan ölçümlerde, aynı kesit üzerinde, boruların alt yüzey sıcaklıklarının üst yüzey sıcaklıklarından 6-10°C daha küçük olduğu görülmüştür. Bu sıcaklık farkı, boruların alt yüzeyinde meydana gelen kabuklaşmadan kaynaklanmaktadır.

Kabuklaşmanın hangi borularda meydana geldiğini tespit edebilmek için termal görüntüleme kullanılmış ve HK-2 nolu kuyunun iletim borularının tümünde kabuklaşma olduğu tespit edilmiştir. Şekil 15 incelendiğinde, boru alt kısımlarında meydana gelen kabuklaşma nedeniyle bu bölgelerde boru dış yüzey sıcaklık ortalamasının daha düşük olduğu (85,6°C) görülmektedir. Kabuklaşmanın bulunmadığı üst kısımlarda ise boru dış yüzey sıcaklık ortalaması 94,7°C olarak ölçülmüştür.



Şekil 15. Bigadiç JBIS'de Gaz Seperatöründen Sonraki Boru Parçasına Ait Termal Görüntü.

Boru içi kabuklaşma belirtilerinin görüldüğü bu bölümdeki debi ölçümleri, boru sistemi üzerinde uygun görülen bir yere by-pass hattı (DN100) yapılmak suretiyle gerçekleştirilmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. Hisarköy Pompalama İstasyonunun Önceki ve Sonraki (DN100 By-Pass Hattı Montajından Sonraki) Görünümü.

Burada yapılan çalışmalarda ayrıca, DN100'lük by-pass hattının yanına DN150'lik yeni bir by-pass hattı oluşturulmuş ve bu hatta monte edilen DN150'lik manyetik akış ölçer ile Bigadiç JBIS'nin üretim kuyularına ait toplam debi sürekli olarak ölçülmeye başlanmıştır. Manyetik akış ölçerine bağlı olduğu DN150'lik by-pass hattı, üzerinde ultrasonik akış ölçer ile ölçüm yapılmasına imkan verecek şekilde düzenlenerek aynı hat üzerinde her iki akış ölçer ile ölçüm yapılabilmesi sağlanmıştır. Böylece her iki akış ölçerine ait ölçüm sonuçları karşılaştırılabilmektedir.

DN150'lik by-pass hattında manyetik ve ultrasonik akış ölçerler ile aynı anda yapılan ölçümlerde, hattın düşey bölümüne manyetik akış ölçer, yatay bölümüne ise ultrasonik akış ölçer monte edilmiştir

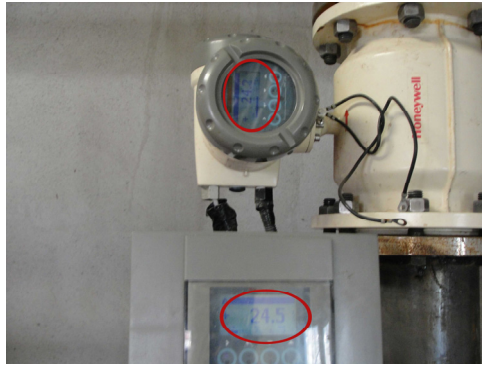
(Şekil 17). Daha sonra by-pass hattı vanası açılmış ve ana hat vanası kapatılmıştır. Ultrasonik akış ölçerden %100'e yakın sinyal değerlerinin elde edildiği ölçümlerde, iki akış ölçere ait ölçüm sonuçları arasında %1-2 arasında fark olduğu görülmüştür (Şekil 18,19).



Şekil 17. By-Pass Hattı Üzerine Yerleştirilen Ultrasonik ve Manyetik Akış Ölçerler.



Şekil 18. Yüksek Ultrasonik Akış Ölçer Sinyali.



Şekil 19. DN150 Hattında Ultrasonik ve Manyetik Akış Ölçerlere Ait Ölçüm Değerleri.

## SONUÇ

Çalışmanın sonuçları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- İlimizde bulunan JBIS'lerin hemen hemen tümünde ortak olarak görülen debi ölçüm sorunları, büyük ölçüde tesisatlardaki yetersizliklerden kaynaklanmaktadır. Özellikle jeotermal kuyu



debilerinin ölçülmeye çalışıldığı kuyu başı tesisatlarının birçoğunda, ultrasonik akış ölçerlerin monte edilebileceği düz boru parçası bulunmamaktadır. Bazı durumlarda ise tesisatlarda akış ölçerlerin monte edilebileceği uygun boru parçaları mevcut olmakla birlikte, bu parçaların pompa ya da vana gibi akış profilini etkileyen tesisat elemanlarına çok yakın olduğu görülmüştür. Bu durum ultrasonik akış ölçümlerini olumsuz yönde etkilemiştir. İçerisinden jeotermal suyun akmakta olduğu tesisatlarda yaşanan diğer bir ölçüm sorunu da, bazı hatlarda görülen kısmi dolu boru profilidir. Bu durum ultrasonik dalgaların akışkan içerisinde yayılmasını engellemekte ve sağlıklı ölçüm alınamamasına sebep olmaktadır. Bununla birlikte, tam dolu boru profilinin sağlandığı kapalı devre tesisat borularındaki ultrasonik debi ölçümlerinde, genellikle sorun yaşanmamıştır.

- Jeotermal akışkan içerisindeki gaz oluşumları, ultrasonik debi ölçümlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle yüksek sıcaklıklı kuyulardan elde edilen jeotermal akışkanın büyük oranda buhar ihtiva ettiği görülmüştür. Bu gibi durumlarda buhar jeotermal akışkandan arındırıldıktan sonra ölçüm yapmak ölçüm doğruluğu açısından önemlidir.
- İç yüzeylerinde kabuklaşma bulunan borulardaki debi ölçümlerinde, sağlıklı sonuçlar elde edilemeyeceği göz önünde bulundurulmalıdır.
- Yeni kurulacak JBIS'lerde, özellikle kritik yerlerde sürekli debi ölçümü sağlamak üzere akış ölçerler bulunmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda tesisatta ultrasonik debi ölçümlerine izin verecek uygun boru parçalarının bırakılmasına dikkat edilmelidir. Debi ölçümlerinin yapılamadığı mevcut ısıtma sistemlerinde, debi ölçümüne uygun düzenlemeler yapılmalıdır.
- Ultrasonik debi ölçüm yönteminde üretimin durdurulmasına gerek bulunmamaktadır, ancak birçok durumda sistemlerin debi ölçümüne uygun hale getirilebilmesi için gerekli olan düzenlemeler, sistemlerin durdurulmasına ve tesis hizmetlerinin aksamasına sebep olmaktadır. Gerekli düzenlemelerin yapılması için harcanması gereken zaman, iş gücü ve maliyetin her zaman göz önünde bulundurulması ve iyi analiz edilmesi gerekmektedir.
- Ultrasonik akış ölçerler kurulum etkilerine ve diğer hata kaynaklarına karşı oldukça duyarlıdır. Hata kaynaklarını minimize etmek ve bu cihazlarla doğru sonuçlar alabilmek için harcanması gereken çaba, özellikle birçok bakımdan farklı özellikler ihtiva eden jeotermal akışkanlar ve bu akışkanların kullanıldığı bölgesel ısıtma sistemlerinde daha çok artmaktadır. Bununla birlikte, ölçüm alınması gereken nokta sayısının fazla olduğu, farklı çaplardaki hatlara sahip sistemlerde, ultrasonik akış ölçerlerin doğru kullanımı büyük avantajlar sağlamaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] LUND, J.W., FREESTON, D.H., BOYD, T.L., "Direct application of geothermal energy", *Geothermics*, 34 (2005) 691-727.
- [2] SERPEN, U., AKSOY, N., ONGUR, T.E., KORKMAZ, D., "Geothermal energy in Turkey: 2008 update", *Geothermics*, 38 (2009) 227-237.
- [3] OZGENER, L., HEPBASLI, A., DINCER, I., "Energy and exergy analysis of the Gonen geothermal district heating system, Turkey", *Geothermics*, (2005) 34, 632-645.
- [4] HEPBASLI, A., BALTA, M.T., "A study on modeling and performance assessment of a heat pump system for utilizing low temperature geothermal resources in buildings", *Building and Environment*, (2007) 42, 3747-3756.
- [5] OZGENER, L., HEPBASLI, A., DINCER, I., "A key review on performance improvement aspects of geothermal district heating systems and applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2007) 11, 1675-1697.
- [6] ÇENGEL, Y.A., CİMBALA, J.M., "Akışkanlar Mekaniği", İzmir Güven Kitabevi, 2008.
- [7] İSKENDER, İ., ERTAŞ, E., "Geçiş-Zamanı Esaslı Bir Ultrasonik Akış Ölçerinin Tasarımı ve Uygulaması", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 22, No 4, 689-696, 2007.
- [8] HONEYWELL, "Versaflo Sonic 1000/TWS 9000 El Kitabı", 34-VF-25-07 iss.1 GLO, Sept 07 US.
- [9] SVENSSON, B., DELSING, J., "Application of ultrasonic clamp-on flow meters for in situ tests of billing meters in district heating systems", *Flow Measurement and Instrumentation*.

## ÖZGEÇMİŞ

### Tuğrul AKYOL

1978 yılında Erzurum'da doğmuştur. 2001 yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümünü bitirmiştir. 2002–2003 yılları arasında Türksa Makine A.Ş.'de dış ticaret temsilcisi olarak çalışmıştır. 2003–2005 yılları arasında Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü ve Erzurum Büyükşehir Belediyesi tarafından ortaklaşa yürütülen “Binalarda Enerji Etkinliğinin Teşviki” adlı GTZ projesinde görev almıştır. Balıkesir Üniversitesinden 2006 yılında Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 2005 yılından beri Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Bölümü Enerji Anabilim Dalı'nda Arş. Gör. olarak görev yapmaktadır.

### Asiye ASLAN

1975 yılı Gönen doğumludur. 1997 yılında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. Aynı Üniversiteden 2000 yılında Yüksek Mühendis, 2010 yılında Doktora ünvanı almıştır. 1998–2001 yılları arasında Gönen Kaplıcaları İşletmesi A.Ş.'de Jeotermal Enerji Müdürü olarak görev yapmıştır. Balıkesir Üniversitesi Gönen Meslek Yüksekokulunda 2001–2010 yılları arasında Öğretim Görevlisi, 2010 yılından beri Öğretim Görevlisi Dr. olarak görev yapmaktadır. Halen aynı üniversitede Teknik Programlar Bölüm başkanlığı görevini yürütmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları konusunda çalışmaktadır.

### Bedri YÜKSEL

1953 yılı Posof Ardahan doğumludur. 1977 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. Bir süre karayolları teşkilatında Makine Şefi olarak çalışmıştır. 1980 yılında Atatürk Üniversitesi'nde Asistan olarak göreve başlamıştır. Aynı Üniversitede, 1984 yılında doktorasını tamamlamış, 1986 yılında Yardımcı Doçentlik kadrosuna ve Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölüm başkanlığına atanarak yaklaşık 8 yıl bu görevde çalışmıştır. 1990–91 yıllarında Miami Üniversitesinde (USA) çalışmıştır. 1994 yılında Doçent kadrosuna atanmış ve aynı yıl Pasinler Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü görevini üstlenmiştir. 1999 yılında Profesör kadrosuna atanmıştır. 2001 yılında Erzurum Meslek Yüksekokulu müdürlük görevini yürütmüştür. 2004 yılında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde göreve başlamış ve bu bölümün bölüm başkanlığı görevini yürütmektedir.