

**2013 Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi Sayı: 32, s.1-11**

**İLERİ OTOMASYON TEKNOLOJİSİNİN JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİNDE KULLANIMI: İZMİR BALÇOVA ÖRNEĞİ**

Orhan ERDEN<sup>1</sup>

**ÖZET**

Alp- Himalaya orojenik kuşağında yer alan ve genç tektonik etkiler bulunan ülkemizde, sıcaklıkları yer yer 102 °C'yi aşan 900'ün üzerinde jeotermal kaynak ve işletilebilir 170 saha bulunmaktadır. Türkiye jeotermal potansiyel ve uygulamalar açısından Dünyada ilk 5 ülke arasında yer almaktadır. Türkiye'nin mevcut potansiyelinin %87'si jeotermal merkezi ısıtma sistemleri(JMIS)kurulmaya uygundur. Jeotermal kuyulardan elde edilen akışkanla, binlerce konutun ısıtma ihtiyacını karşılayan bir JMIS'nin optimum işletimi ancak ileri otomasyon teknoloji kullanımı ile mümkündür. Bu çalışmada ilk önce JMIS ve ileri otomasyon teknolojisi analizi yapılmıştır. Daha sonra İzmir Balçova JMIS'ndeki ileri otomasyon teknolojisi irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Jeotermal enerji, Otomasyon Teknolojisi

**USE OF ADVANCED AUTOMATION TECHNOLOGY IN GEOTHERMAL DISTRICT HEATING SYSTEM: EXAMPLE OF IZMIR BALCOVA**

**ABSTRACT**

Alpine-Himalayan orogenic belt and tectonic affects is in our country, temperatures over 900 geothermal resources from place to place, and can be operated in excess of 102 °C'yi has 170 field. In terms of geothermal potential and applications in Turkey are among the top 5 countries in the world. 87% of Turkey's current potential for geothermal district heating systems (GDHS) is suitable to be established. Geothermal fluid is obtained from wells; a JMIS meets the needs of thousands of houses optimal operation of heat energy, but with the use of advanced automation technology, is possible. In this study, analysis of first GDHS and advanced automation technology. Then, Izmir Balcova GDHS advanced automation technology were examined.

**1. GİRİŞ**

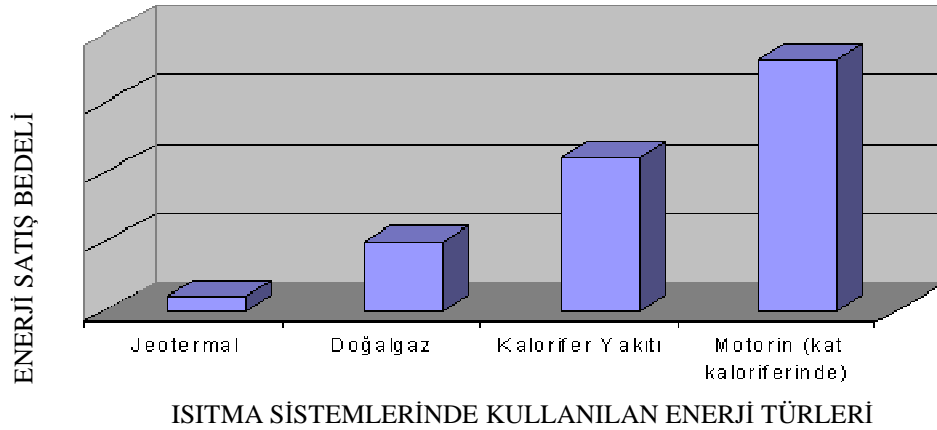
1973 yılında yaşanan enerji krizinden sonra, başta sanayileşmiş ülkeler olmak üzere alternatif enerji kaynaklarından yararlanmanın olanakları araştırılmaktadır. Yeni, yenilenebilir, sürdürülebilir, alternatif enerji kaynaklarından biri de jeotermal enerjidir. Jeotermal enerji yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde doğal olarak birikmiş basınç altındaki sıcak su, buhar, gaz veya sıcak kuru kayaçların içerisindeki ısı enerjisidir. Ülkemizin içinde bulunduğu ekonomik şartlar alternatif enerji olarak jeotermal enerjiden yararlanma imkanlarını ülke potansiyeli boyutlarında en iyi şekilde sağlamanın zorunlu olduğunu ortaya koymaktadır. Önemli bir jeotermal enerji potansiyeline sahip Türkiye'de şehir bazında merkezi ısıtma büyük kapasiteli olarak jeotermal enerji ile yapılabilmüş ve ekonomik olarak işletilmeye çalışılmaktadır. JMIS jeotermal kaynağın karakteristiği ile tüketicilerin (konutların) karakteristiğinin optimizasyonu sonucu yapılan sistem dizaynı, uygun teknoloji seçimi ve uygulamada en güncel teknolojilerin kullanılabilmesi ile

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi, oerden@gazi.edu.tr

başarılabilmektedir. Jeotermal enerji kullanımı sayesinde yerli enerji üretimi artmakta ve ithal enerji ihtiyacı azaltılabilmektedir. Türkiye’de, JMIS sayesinde doğrudan ve dolaylı elektrik enerjisi ve ısı enerjisi tasarrufu sağlanmaktadır. Özellikle büyük enerji tüketimi ve az sayıda santral bulunan Batı Anadolu’da jeotermal ısıtma yapılarak, ısıtma için elektriğe, doğalgaza olan talep azalacaktır. JMIS’leri genel olarak geleneksel enerji kaynakları (Motorin, Fuel Oil, Doğalgaz vs.) ile yapılan ısıtmaya göre çok daha ekonomiktir (Şekil 1). Türkiye’de jeotermal enerji ile ısıtılan bazı yerleşim bölgeleri ve halkın ödediği aylık jeotermal ısınma ve sıcak su ücretleri Kış Sezonları için Çizelge 1’de verilmiştir. Jeotermal ısıtma ücretleri (100 m<sup>2</sup> konut başına) Ekim – Kasım aylarında TL olarak belirlenmekte olup, tüm yıl boyunca sabit kalmaktadır (TJD, 2013: 17).

**Çizelge 1. Kış Sezonu için JMIS ısınma ücretleri**

JMIS	Halkın Ödediği Aylık Isınma Ücreti (TL)	Kış Sezonu
Gönen	65,00	2006/2007
Simav	62,00	2006/2007
Kırşehir	54,25	2006/2007
Kızılcahamam	50,00	2005/2006
Balçova/İzmir	52,50	2006/2007
Sandıklı	47,20	2005/2006
Kozaklı	57,50	2006/2007
Afyon	63,75	2006/2007
Narlıdere/İzmir	52,50	2006/2007
Sarayköy	47,00	2006/2007
Edremit	50,00	2006/2007



**Şekil 1. JMIS ile diğer ısıtma sistemlerinin enerji maliyetlerinin karşılaştırılması**

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde işletme hedefi, kullanıcılara ihtiyaçları olan ısı enerjisini temin ederken, sistemin elektrik tüketimini minimize etmektir. İşletme hedefine ulaşmak için üretimden dağıtım, bütün pompaların değişen sistem ısı yüküne göre ve en verimli şekilde çalıştırılması gereği ortaya çıkar. JMIS birçok jeotermal kuyuya ve yüzlerce

konuta bağı olduğu düşünülürse, sistemin optimum kontrolünün belli bir işletme stratejisi ve otomasyon olmadan imkansızdır (Şener ve Gökçen, 2004: 5).

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) yazılımların JMIS'lerin otomasyonunda kullanımı birçok yenilik sağlamıştır. Başlangıçta, yalnızca insan makine arabirimi (MMI - Man Machine Interface) olarak düşünülen SCADA yazılımları; PLC'lerden aldığı verileri görselleştiren, PLC'lere veri gönderen, alarm ve geçmişe yönelik verileri depolayan ve basit rapor özellikleri olan yazılımlar iken günümüzde üretim yönetim ve bilgi sistemi (MMI - Manufacturing Management Information) haline gelmişlerdir. İnsan makine arabirimi özellikleri (HMI- Human Machine Interface) gelişmiş, iletişim çağının gereklerine uygun olarak internet hatta mobil telefonlar bile bu arabirimin birer parçası olmuştur (EOS,2005:1). Bu gibi ileri otomasyon tekniklerinin JMIS'lerinde kullanımı işletme giderlerinin azalmasına ve sistemden optimum faydanın sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Alternatif enerji kaynaklarından merkezi ısıtma için bugünkü şartlara göre en uygun enerji kaynaklarından biri de jeotermal enerjidir. JMIS, bir ya da daha fazla jeotermal akışkan üretim sahasının bir grup binaya ısı enerjisi sağlamak amacıyla ısı kaynağı olarak kullanılması olarak tanımlanabilir. JMIS entegre bir dizaynla, binaların ısıtılması, eviçi kullanım suyunun ısıtılması, binaların soğutulması, endüstriyel uygulamalar ve termal turizm (kaphıca) uygulamalarına imkan sağlayabilir.

JMIS'leri de diğer ısıtma sistemleri gibi tepe ısı yüküne göre tasarlanırlar ve ısıtma sezonunun büyük bir bölümünde kısmi yüklerde çalışırlar. Isıtma sistemlerinde ısı yükünü belirleyen bir numaralı etken dış hava sıcaklığıdır, bununla birlikte büyük bir JMIS'nin hava sıcaklığı değişimlerine verdiği tepki birçok etkene bağlıdır ve statik ısı yükü hesapları ile belirlenemeyebilir. Gelişmiş ülkelerde bulunan JMIS'lerinde ısı yükünün tahmini için ısı yükü tahmin modelleri kullanılmakta ve bu modeller sistem verileri ışığında devamlı olarak güncellenmektedir. Böylece JMIS aboneleri ihtiyaçları olan ısıyı doğru miktarda ve doğru zamanda alabilmektedirler (Şener, vd., 2005: 8).

Sıcaklık rejimleri, jeotermal kaynağın özellikleri, kullanılacak malzemenin özellikleri dikkate alınarak tasarım aşamasında seçilir. Sıcaklık rejimlerinin seçimi kadar, sistemde bu rejimi sağlayacak otomasyon sisteminin seçimi de çok önemlidir. Sistem seçilmiş bir sıcaklık rejimlerine göre tasarlandığından, farklı sıcaklık rejimlerinde sistem performansı düşer. Bir JMIS'nde sıcaklık farklarının tasarım değerinden düşük olması durumunda, sistemin debisinin artırılması gerekir. Bu da pompalama enerjisinin artması anlamına gelir. Bir ısıtma sisteminin gerçek verimini belirleyen, otomasyon teknolojisinin mükemmelliğidir. Sistemin yıllık toplam verimi olarak tanımlanan bu kavram, ısıtma mevsimi boyunca sistemin gerçek ihtiyacı olan ısı ile, JMIS'nin ürettiği ısı arasındaki orandır (Mertoğlu, 2000: 4).

Enerji maliyeti, kuyu içi jeotermal pompalarının işletme maliyetlerinde önemli bir yer tutar. Bilhassa ısıtma amaçlı kullanımda pompaj debisinin dış hava sıcaklığına bağlı olarak değişmesi istendiğinde bunu üç yolla yapmak mümkündür.

1. Vana kısılarak debi ayarı; Vana kısılarak debi ayarı enerji israfı olduğundan masraflı bir çözümdür.

2. Pompanın zaman zaman çalıştırılarak bir deponun doldurulması; Zaman zaman pompanın çalıştırılarak bir deponun doldurulması pompaya sık sık darbe yaptırdığı, kolon borularının içine ve depodaki suyun içine havanın oksijeninin girmesi korozyonu hızlandırdığı için pompa bakım maliyetlerini arttırmakta olduğundan tercih edilmemelidir.

3. Pompa devrinin değiştirilmesi yolu ile debinin ayarlanması; Frekans değiştiriciler yardımı ile pompanın devir sayısının değiştirilmesi pompa ömrünü belirgin bir şekilde arttırmaktadır.

Ağır devirli bir pompa aynı şartlarda çalışan yüksek devirli bir pompadan daha uzun ömürlü olmaktadır. Frost, 1988'e göre Pompanın aşınması devir sayılarının oranının karesi ile küpü arasında değişmektedir. Örnek olarak 2900 devirli bir pompa 1450 devirli bir pompaya göre dört ila sekiz defa daha hızlı aşınacaktır. Bir pompanın debisini kontrol etmek için enerji verimliliği en iyi olan yol, frekans değişimi ile pompanın devrini ayarlamaktır. Basma yüksekliğinin sadece sürtünme kayıplarından oluştuğu kapalı bir sistemde debi, devir sayısı ile doğru orantılı olarak değişirken basınç devir sayıları oranının karesi ile güç ise devir sayıları oranının küpü ile orantılı olarak değişmektedir. Basma yüksekliği sadece statik yükseklikten oluşan sistemlerde statik basma yüksekliği debi ile değişmeyeceği için bu gibi sistemlerde debi, devir sayıları oranı ile değişecek, basma yüksekliği sabit kaldığı için pompanın gücü de devir sayıları oranında değişmiş olacaktır.

Jeotermal pompanın çıkışında, kabuklaşmaya meydan vermemek için eşanjöre basınçlı girişin sağlanması amacıyla 4-6 bar arasında basınç istendiğinden, pompa basınçları yüzde yüz statik olmayıp bu iki ekstrem durum arasında bir yerdedir. Bu yer dinamik seviye ile pompa çıkışında istenen basınçların oranına bağlı olduğundan devir sayısının frekans kontrolü ile değişiminden sağlanacak enerji tasarrufu devir sayıları oranından daha fazladır.

Eğer kuyubaşı basıncının sabit olması isteniyorsa sistem %100 statik basma yüksekliği durumuna çok yakındır. Debi ile kuyubaşı basıncının değişimine müsaade edilen sistemlerde sağlanacak enerji ekonomisi daha fazla olacaktır (Ertöz, 2000: 2).

Günümüzde, jeotermal uygulama alanlarında, denetim ve görüntüleme amacıyla SCADA sistemleri kullanılabilir. Modern endüstriyel otomasyon sistemlerinde, süreç hakkındaki teknik bilgiye erişmek oldukça önemlidir. Bundan dolayı, SCADA üreticileri tarafından internet tabanlı SCADA sistemleri geliştirilmiştir. Buna rağmen, internet tabanlı SCADA sistemlerinin internete bağlantılı bilgisayar gereksinimi ve mobil olmama gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. İnternet tabanlı SCADA sistemlerinin dezavantajlarını ortadan kaldırmak amacıyla mobil tabanlı SCADA sistemleri geliştirilmiştir. Geleneksel SCADA sistemleri yapısına bir yenilik olarak, SCADA sistemlerinin cep telefonları aracılığıyla görüntülenmesini ve denetlenmesini sağlayacak yeni mobil tabanlı bir yapılar geliştirilmektedir. Şekil 2'de cep telefonu tabanlı mobil SCADA otomasyon sisteminin genel yapısı görülmektedir. Mobil tabanlı SCADA sistemi ile yerel bir bilgisayardan veya internete bağlı bir bilgisayardan bağımsız olarak, uzak noktalardan veya yerel noktalardan sahadaki sürecin kolayca görüntülenmesi ve denetlenmesi sağlanabilmektedir.

Aynı zamanda, Mobil tabanlı SCADA sistemini gerçekleştirmek için var olan GSM baz istasyonlarının kullanılmasından dolayı, görüntüleme ve denetleme işlemleri için herhangi bir ağ kurulum maliyeti yoktur. Veri alışverişi GPRS veya WAP üzerinden yapılmakta ve bu yüzden iletişim masrafları, klasik modem bağlantıyla karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Bu maliyet hazırlanan test uygulaması için, 24 saat internete bağlı bir bilgisayar

ile GPRS üzerinden SCADA sistemine bağı bir cep telefonunun iletişim giderleri arasında yaklaşık 26 ila 33 katlık bir oran bulunmaktadır. ADSL modem ile bağlantıya göre mobil SCADA 2,2 ila 2,8 kat daha ekonomiktir.

Mobil istemci ile SCADA sistemi arasındaki veri alışverişi parametrik olarak gerçekleştirilmiştir. Veri aktarımında kullanılan web sayfası, bilgisayar veya sistem dışı bir cep telefonundan görüntülense bile, veriler herhangi bir anlam ifade etmemektedir. Web sayfasından görüntülenen verilere, sistemin güvenliği açısından, gerekli anlamı hazırlanan uygulama programı vermektedir. Böylece, uygulama programı olmadan sistemin görüntülenebilme olasılığını ortadan kalkan. Uygulama programı cep telefonuna, kablo, infrared veya internet vasıtasıyla yüklenebilmektedir (Karaçor,2004:3).

### 3. İZMİR BALÇOVA JMIS'İNDE İLERİ OTOMASYON TEKNOLOJİSİ KULLANIMI

İzmir Balçova JMIS, ülkemizde örnek gösterilen ileri otomasyon teknoloji kullanan bir sistemdir. Bazı özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Sistem beş ana bölümden oluşmakta ve ileri otomasyon teknolojisi sayesinde sürekli kontrol edilmektedir (Çizelge 3).

**Çizelge 2. İzmir Balçova JMIS'nin Bazı Özellikleri**

Özellikler	Veriler
1 Fizibilite ve Proje	Ekim '95
2 İşletmeye alma	Ekim '96
3 Konut Eşdeğeri Isıtma	8000 Konut Eşdeğeri
4 Jeotermal ısı	140°C-105°C, 170 l/s
5 Reenjeksiyon	Ekim'96
6 Toplam Kapasite	15.000 Konut Isıtma

**Çizelge 3. Balçova JMIS'ndeki Otomasyon Sistemleri**

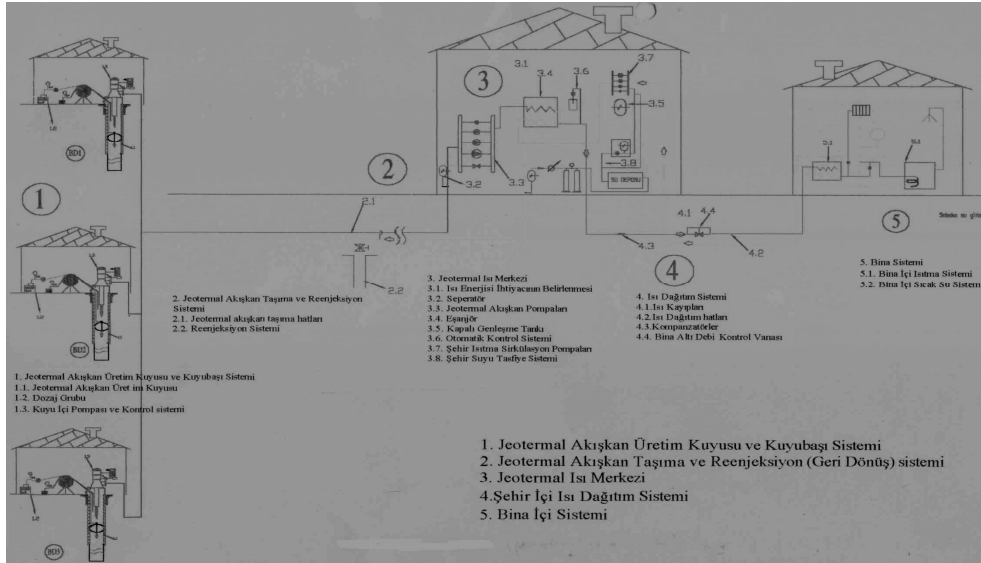
Otomasyon Sistemi	Otomasyon Uygulamaları
1 Jeotermal Akışkan Üretim Kuyusu ve Kuyubaşı otm.	Kuyuyuçi pompaların otm. İnhibitör ve NOx dozaj otomasyonu Jeotermal akışkan pompa otm.
2 Jeotermal Akışkan Taşıma ve Reenjeksiyon Sistemi otm.	Su kaçağı izleme otm. Reenjeksiyon İzleme
3 Jeotermal Isı Merkezi Otomasyonu	Jeotermal akışkan pompa otm. Şehir içi dağıtım sistem otm.
4 Şehir içi ısı dağıtım sistemi otomasyonu	Su kaçağı izleme otm
5 Bina altı sisteminin otomasyonu	Sabit debili otm. Isı sayaçlı otm.

İzmir Balçova JMIS'ni Türkiye'deki diğer merkezi ısıtma sistemlerinden ayıran en önemli özelliklerinden bir tanesi de sistemin dış hava sıcaklığı ve kritik diferansiyel basınca göre çalışan otomatik kontrollü olmasıdır. Sistem sabit sıcaklık farkı ve değişken debi esasına göre çalışmaktadır. Bina altı eşanjörüne giriş ve bu eşanjörden çıkış sıcaklığı devamlı olarak aynı değerde tutulmaya çalışılmaktadır (Mertoğlu, 2000: 4).

Sabit sıcaklık farkı ve değişken debi esasına göre çalıştırmanın en önemli avantajı, sistemde ortaya çıkabilecek ani ihtiyaçlara (yaz döneminde sıcak su kullanımında oluşabilecek ani

talepler) anında cevap verebilme olanağını sağlaması ve malzemede sıcaklık değişiminden dolayı ortaya çıkabilecek yorulmaları minimuma düşürmesidir. Sıcaklık farkında bir değişim olmadığından, talepte meydana gelebilecek artışlar debi artırılarak, hidrofor gibi davranarak, anında karşılanmakta sisteme bir kıvraklık kazandırmaktadır. Sistem değişken debi çalıştığından, kritik devredeki basınç farkı sürekli kontrol edilerek talep enerjisinin karşılığı debi anında şebekede sağlanmaktadır. Jeotermal ısı merkezinden ihtiyaç duyulan debi suyun sıkıştırılmaz olması ve süreklilik denklemi gereği anında kullanım noktasına ulaşmaktadır. Bu durum uzun şebeke hatları olan Balçova JMIS’de çok önemlidir (Şekil 2). Ortalama sıcak su kullanım süresi on dakikadır. Bunu, kritik noktalardaki diferansiyel basınç sensörlerinden aldığı datalara göre debiyi artırarak veya azaltarak frekans konvertörleri sağlamaktadır. Değişken sıcaklık sabit debili sistemde 10 dakikalık periyotta oluşan enerji talebini karşılamak ekonomik olarak imkânsızdır.

Balçova JMIS’inde bulunan kontrol sisteminin diğer klasik kontrol sistemleriyle bir diğer farkıda kontrolün daha önceki yılların değerlerine göre yapmasıdır. Sistemdeki boru uzunluğunun fazla olması bu şekilde bir kontrolü gerekli kılmaktadır. Balçova JMIS’ndeki işletme stratejileri, sistemdeki otomasyon sayesinde uygulanabilmektedir. Kilometrekarelerce alana yayılmış ve ısıtma sezonu boyunca çalışan bölge ısıtma sistemlerinin manuel kontrolü oldukça zor ve verimsizdir. Balçova JMIS’nde optimum kontrol stratejisi tasarım sırasında belirlenmiş ve kontrol-izleme elemanları buna göre seçilmiştir (Şener, 2003: 4).



Şekil 2. Balçova JMIS

#### 4. JEOTERMAL AKIŞKAN ÜRETİMİ KUYUSU VE KUYUBAŞI SİSTEMİNDE OTOMASYON

Balçova JMIS’inde 9 adet jeotermal kuyudan üretim yapılmaktadır. Bu kuyuların maksimum üretim kapasitesi, jeotermal akışkan sıcaklıkları, statik ve dinamik seviyeleri ve pompa karakteristikleri birbirlerinden farklılık gösterebilmektedir. Bu durumda jeotermal enerji üretimine yönelik tüketilmesi gereken elektrik enerjisi miktarı her kuyu için değişir.

Elektrik tüketiminin minimize edilebilmesi kısmi yüklerde verimli kuyuların çalıştırılmasına bağlıdır.

Kuyu içi pompalarının elektrik motorları, JMIS'nin enerji ihtiyacına göre gerekli jeotermal akışkanı sağlayacak şekilde belirli devirde çalıştırılmalıdır. Bunun için bu motorların dönme hızları, elektrik motoruna bağlanan frekans konvertörü ile devir kontrol edilerek motorun dönme parametrelerine (300-4500d/dak) göre devri değiştirilebilir.

Frekans konvertörleri ile değişken devir uygulaması enerji tasarrufunun yanısıra üzere pompa ve sistemde bulunan tüm elemanların ömrünü de uzatmaktadır. Ağır devirli bir pompa aynı şartlarda çalışan yüksek devirli bir pompadan daha uzun ömürlü olmaktadır. Pompanın aşınması devir sayılarının oranının karesi ile küpü arasında değişmektedir. Bir pompanın debisini kontrol etmek için enerji verimliliği için en iyi olan yol, frekans değişimi ile pompanın devrini ayarlamaktır. Basma yüksekliğinin sadece sürtünme kayıplarından oluştuğu kapalı bir sistemde debi, devir sayısı ile doğru orantılı olarak değişirken basınç devir sayıları oranının karesi ile güç ise devir sayıları oranının küpü ile orantılı olarak değişmektedir. Basma yüksekliği sadece statik yükseklikten oluşan sistemlerde, statik basma yüksekliği debi ile değişmeyeceği için bu gibi sistemlerde debi, devir sayıları oranı ile değişecek, basma yüksekliği sabit kaldığı için pompanın gücü de devir sayıları oranında değişmiş olacaktır (Ertöz, 2000: 4).

Eğer kuyubaşı basıncının sabit olması isteniyorsa sistem %100 statik basma yüksekliği durumuna çok yakındır. Debi ile kuyubaşı basıncının değişimine müsaade edilen sistemlerde sağlanacak enerji ekonomisi daha fazla olacaktır. Çizelge 4'de çeşitli debilerde, kuyu içi pompanın çekeceği güçler; vana kısıldığında ve devir frekans kontrolörü ile değiştirildiğinde görülmektedir. Bunun için kuyu içi pompaların elektrik motorları jeotermal ısı merkeziyle koordineli olarak tek bir kontrol merkezinden kontrol edilir. Böylece sabit sıcaklık, değişken debi sayesinde hava şartlarına ve ısı ihtiyacına göre ısı enerjisi üretilerek sistemin optimum çalışması sağlanır.

**Çizelge 4. Çeşitli debilerde, kuyu içi pompanın vana kısıldığında ve devir frekans kontrolörü ile değiştirildiğinde çektiği güç (Ertöz, 2000: 4)**

Pompa debisi	Pompanın çekeceği güç	
	Vana kısıldığında	Devir değiştirilerek
Q = 25 l/s	P = 33 KWh	P = 33 KWh
Q = 20 l/s	P = 30,6 KWh	P = 21,1 KWh
Q = 15 l/s	P = 28,2 KWh	P = 11,8 KWh
Q = 10 l/s	P = 25,7 KWh	P = 6,15 KWh

Balçova'daki kuyubaşlarına yerleştirilen jeotermal akışkan pompalama istasyonlarındaki pompaların, frekans kontrollü olarak çalıştırılması ile sistem için gerekli jeotermal enerji sağlanır. Jeotermal enerji sirkülasyon pompaları ve yardımcı pompaların seri ve paralel kombinasyonları en iyi şekilde belirlenmiş ve bu pompalar en yüksek performansı verecek şekilde çalıştırılmaktadır.

Jeotermal kuyuların flash point bölgesinde (Kuyuiçi pompanın alt kısmında, jeotermal akışkan üzerinde basıncın azaldığı sıvı fazdaki CO<sub>2</sub>'nin gaz fazına geçiş bölgesi) kabuk oluşumu, üretim sırasında ciddi problemler doğurmaktadır. Bu nedenle, ya kuyu içi periyodik aralıklarla mekanik olarak temizlenir ya da dozajlama grubu kullanılarak kabuklaşma kontrol altına alınır. Kuyu içinin mekanik olarak temizlenmesi her zaman

uygun değildir. Çünkü bu işlem kuyu içi pompasına ve casinge zarar verebilir. Dozajlama Grubuyla inhibitör (kabuklaşmayı ve korozyonu önleyici kimyasal madde) ve azot gazı kuyu içine gönderilir. İnhibitör, kuyu içine inhibitör pompası yardımıyla belli bir basınç değerine ulaştırılıp basıncı inhibitör ölçüm vanası ile basıncı kontrol edildikten sonra bir boru yardımıyla jeotermal akışkanın özelliğine göre uygun miktarda (2-3mg/ton) kuyu içine basılır. Kuyu içinde inhibitör borusunun ortalanması genellikle üç kanatlı merkezleyiciler ile sağlanmaktadır. İnhibitör borusunun ucuna takılan difüzör ise inhibitörün atomize bir şekilde kuyu içinde flash point bölgesinin yaklaşık 50 m altında püskürtülmesini sağlar.

Azot tüpünde bulunan azot gazı ise yine bir boru ile kuyunun üst seviyesine gerekli basınçta basılır. Bu uygulama ile kuyu içine azot gazı gönderilerek jeotermal akışkanın flaş bölgesinde basıncının düşmesi engellenir rezervuar şartları sağlanarak kabuklaşma ve kabuklaşma sonucu meydana gelen, düşük debinin ve korozyonun önüne geçilir. Ayrıca kuyunun içine kuyudaki jeotermal akışkan düzeyini saptamak için seviye ölçüm borusunu da yerleştirmek gerekir. Bu üç boru bir kelepçe takımlı makaraya bağlayarak salmastra kutusunun içinden kuyuya gönderilir. Boruların su içinde, kendi ağırlıklarını askıda kalarak taşıyabilmeleri için üzerleri düşük yoğunlukta plastik malzeme ile kaplanmıştır. Böylece jeotermal akışkanın kuyu içindeki seviyesine göre boruların konumları kolayca ayarlanabilir. Kuyulardaki bu sistemler otomasyon için gerekli verilerin sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

## **5. JEOTERMAL AKIŞKAN TAŞIMA VE REENJEKSİYON SİSTEMİNDE OTOMASYON**

Doğrudan toprağa gömülme suretiyle yapılan jeotermal akışkan taşıma hatlarında düşük sıcaklık kaybı, gradyan özelliğinin yanı sıra, düşük basınç kaybı, boru iç yüzey kalitesi, korozyona karşı mükemmel rezistans, daha az askı maliyeti gibi klasik betonlu ısı galerili sisteme göre daha düşük maliyet avantajları vardır. Bu borular, kuyubaşından jeotermal akışkanın alınıp jeotermal merkeze getirilmesi ve jeotermal akışkanın enerjisinin suya aktarılmasından sonra jeotermal akışkanın reenjeksiyon için reenjeksiyon kuyusuna taşınması için kullanılmıştır. Isısı alınmış jeotermal akışkanın nakli direkt olarak toprağa gömülen CTP (izolasyonlu özel paket borular) aracılığı ile yapılmaktadır (Özbek, Mertoğlu, 1995: 3).

Jeotermal akışkan taşıma hattında su kaçağı izleme sistemi bulunmaktadır. Bir veya daha fazla su kaçağı yeri, bilgisayar destekli olarak kablo kopma ve kısa devre noktaları 1,5 m yakınlıkta ısı merkezindeki kontrol odasındaki bilgisayardan tespit edilebilmektedir. Jeotermal akışkanın ısı enerjisi alındıktan sonra yeraltına rezervuarın uygun bir bölgesine geri basılmasına reenjeksiyon denilmektedir. Balçova JMIS'inde 2 adet jeotermal kuyuya reenjeksiyon yapılmaktadır. Reenjeksiyon yapılarak hem rezervuar parametreleri korunur (akışkan, sıcaklık, basınç vb.) hemde jeotermal akışkanın fizikokimyasal özelliğinden dolayı çevreye zarar vermesinin önüne geçilir. Reenjeksiyon etkilerinin izlenmesi (monitoring), başarılı sonuçların elde edilmesi için en önemli etkidir. Reenjeksiyon çalışmalarından önce, sonra ve bu çalışmalar sırasında sürekli olarak ölçümler yapılmaktadır. Enjekte edilen ısı alınmış termal suların üretim kuyularındaki etkisi, sürekli kontrol edilmektedir. Böylece üretim kuyularında soğutma etkileri azaltılmaktadır.



## 6. JEOTERMAL ISI MERKEZİNDE OTOMASYON

Balçova jeotermal ısı merkezine, üretim kuyularından jeotermal akışkan pompaları vasıtasıyla getirilen jeotermal akışkanın ısı korozyon ve kabuklaşmaya neden olmayacak bir yumuşatılmış suya (kapalı çevrim suyuna) eşanjör vasıtasıyla aktarılır. Bu akışkan ise dağıtım sistemiyle binalara pompalanır. Temiz sıcak akışkanın debisi frekans kontrollü kullanılarak ayarlanır. Jeotermal merkezde dağıtım suyu 40°C'den 70°C'ye ısıtıldığında, hacmi, ilk hacminin % 3'ü oranında artar. Sudaki sıcaklığa bağlı bu genişlemeyi alabilmek üzere genişleme depoları kullanılır. Jeotermal ısı merkezinden ihtiyaç duyulan debi, suyun sıkıştırılmaz olması ve süreklilik denklemi gereği anında kullanım noktasına ulaştırılmaktadır. Bu durum uzun şebeke hatları olan Balçova JMIS için çok önemlidir. Bir sıcak su kullanım süresi ortalama on dakikadır. Bunu, kritik noktalardaki diferansiyel basınç sensörlerinden aldığı datalara göre debiyi artırarak veya azaltarak frekans konventörleri sağlamaktadır (Mertoğlu, vd., 1999: 4).

Frekans konventörleri, bütün bunları yaparken sistemde gereksiz debi dolaşımını ve pompaların fazla elektrik tüketmesini önlemekte ve sistemin dengesinin sürekli korunmasını sağlayarak işletme maliyetlerini aşağı çekmektedir. Pompaya 3 km uzaklıktaki bir binada oluşan ani sıcak su talebini klasik sistem ile karşılamak imkânsızdır. Çünkü talep edilen enerjinin karşılığı tesisat merkezinde hazırlanan sıcaklıktaki akışkanın tüketim yerine ulaşması 1,5 saat sürer. Ayrıca talebi algılamak çok güçtür. Üstelik az ısı talebinde de çok ısı talebinde de aynı miktar elektrik enerjisi ve jeotermal su tüketilir. Bu ise işletmenin ekonomikliği açısından istenmeyen bir durumdur. Bir ısıtma tesisatının boyutlandırılmasında en kötü şartlardaki ısıtma ihtiyacının karşılanması esas alınır. Ancak sistem zamanın büyük bir kısmında daha düşük yüklerde çalışmak durumundadır. Düşük yüklerde ısıtma sisteminin gücünü de otomatik olarak kendiliğinden düşürmek ve sistemin kendi kendine çalışmasını sağlamak otomatik kontrol cihaz ve sistemlerinin görevidir. Çizelge 5'de Balçova JMIS'de yapılan sıcaklık ve debi ölçümleri verilmiştir. Burada da görülebileceği gibi jeotermal akışkan giriş sıcaklıkları ile şehir içi kapalı temiz çevrim suyu sıcaklığı gün boyunca sabit kaldığı halde hava sıcaklığının değişmesiyle birlikte debi de değişmektedir. Balçova JMIS'deki bütün bölümlerin birbirleriyle koordineli olarak çalışması SCADA sayesinde olmaktadır. Balçova JMIS konutlarından alınan ölçüm sonuçları, ölçüm ve kumanda kablolarıyla RTU-1 (Uzaktan algılama ünitesi) sayesinde telsizle Balçova Jeotermal Isı Merkezindeki iletişim yöneticisine iletilir. Balçova Jeotermal Isı Merkezindeki RTU-2'ye jeotermal akışkan üretim kuyularından gelen veriler toplanır ve iletişim yöneticiliğine gönderilir. Sistemdeki bütün RTU'lardan gelen veriler iletişim yöneticiliğinden izleme ve kontrol bilgisayarına yüklenir. İzleme ve kontrol bilgisayarında toplanan veriler değerlendirilir sistemdeki sorunlar anında çözümlenir, ısı enerjisi ihtiyacı kadar jeotermal akışkan üretildiği için elektrik enerjisi ve inhibitör tasarrufu sağlanır.

**Çizelge 5. Balçova JMIS'de bir günlük saatlere göre günlük hava ve akışkan sıcaklıkları**

Saat	Dış Hava Sıcaklığı	Jeotermal Akışkan		Şehir İçi Temiz Akışkan		Debi(l/sn)
		Giriş(°C)	Çıkış(°C)	Giriş(°C)	Çıkış(°C)	
1.00	8	100	46	84	42	432
2.00	8,5	100	46	84	41	405
3.00	8	101	46	84	41	422

Çizelge 5'in devamı

4.00	7,5	101	46	84	41	440
5.00	7	101	46	84	41	457
6.00	7,5	101	46	84	41	440
7.00	7,5	101	45	84	41	440
8.00	8,5	101	45	84	41	405
9.00	9	101	45	83	41	396
10.00	10	101	45	83	41	360
11.00	11	101	45	83	41	324
12.00	12	101	44	83	41	306
13.00	12	101	44	83	41	288
14.00	12,5	100	44	83	41	270
15.00	12,5	100	44	84	41	264
16.00	12,5	100	44	84	41	299
17.00	11,5	100	44	84	41	317
18.00	11	100	44	84	41	352
19.00	10	100	45	84	41	369
20.00	9,5	100	45	84	41	369
21.00	9,5	101	45	84	41	405
22.00	8,5	101	45	84	41	422
23.00	8	101	45	84	41	440
00.00	7,5	101	46	84	41	440

Balçova JMIS kontrol odasında Frekans Kontrol (FC) cihazları vardır. Sensörlerden gelen bilgileri değerlendiren ve motorları kontrol eden PLC cihazı otomatik kontrolü sağlar. Sistemde sıcaklık sabit tutulmakta debi miktarı ise istenilen dış hava sıcaklığa göre değiştirilmektedir. Böylece konutlarda yeterli ısıtma sağlanmaktadır.

## 7. BİNA SİSTEMLERİNDE OTOMASYON

Balçova JMIS sürekli kesintisiz akışkan ile binalar ısıtılmaktadır. Bina altı eşanjörüne giriş ve bu eşanjörden çıkış sıcaklığı devamlı olarak aynı değerde tutulmaya çalışılmakta ve sağlanmaktadır. Bu şekilde çalıştırmanın en önemli avantajı, sistemde ortaya çıkabilecek ani ihtiyaçlara (yaz döneminde sıcak su kullanımında oluşabilecek ani talepler) anında cevap verebilme olanağını sağlaması ve malzemede sıcaklık değişiminden dolayı ortaya çıkabilecek yorulmaları minimuma düşürmesidir. Sıcaklık farkında bir değişim olmadığından, talepte meydana gelebilecek artışlar debi artırılarak (hidrofor gibi davranarak) anında karşılanmakta sisteme bir kıvraklık kazandırmaktadır.

Balçova JMIS planlanırken her binanın ısı ihtiyacı tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre binaların altına kontrol vanaları yerleştirilir. Bu vanalar binaya ihtiyacından fazla akışkanın girmesini engeller. Binaya ulaşan ısıtıcı akışkan binaların ısıtılması ve sıcak suyun hazırlanması için kullanılır. Buna göre de sabit ücret alınır. Ancak birçok abone, tükettiği kadar ısının parasını ödemek istemektedir. Abonelere ısı sayacı takılarak tükettiği ısının ücreti alınabilir. Böylece enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır.

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Jeotermal enerjisinin elde etmek için; akışkanın yer altından yüzeye çıkarılması, yüzeyden de kullanıcılara ulaştırılması gerekir. Bu işlemleri yapabilmek için de pompa

kullanılmalıdır. Bu yüzden, JMIS işletme maliyetinin büyük bir kısmını pompaları çalıştırmak için elektrik enerjisi oluşturur. JMIS'lerinde otomasyon birçok ülkede sistemin ayrılmaz bir parçası olarak düşünülmekte ve sisteme yapım aşamasında dahil edilmektedir. Optimum işletilen bir sistemde enerji tüketimi en aza inecek ve işletme maliyetleri azalacaktır. İleri otomasyon teknolojileri kullanmadan jeotermal enerjiden optimum yararlanmak mümkün değildir.

Balçova JMIS planlanırken konutların ısı gereksinimi doğru bir şekilde hesaplanarak dizayn en iyi şekilde yapılmış ve uygulanmıştır. Sistemdeki otomasyon dizaynı ileriye dönük bir anlayışla yapılmıştır. Algılayıcıların ve otomasyon cihazlarının yeri özenle belirlenmiş ve uygulanmıştır. Ülkemizde manuel olarak işletilen JMIS'lerine Balçova JMIS kullandığı otomasyon teknolojisi ile iyi bir örnek olabilir. Ancak her geçen gün gelişen ileri otomasyon teknolojilerine göre sistemin periyodik olarak yenilenmesi gerekir. Böylece jeotermal rezervuar parametrelerini korumak mümkün olacaktır.

## 9. KAYNAKLAR

- Eos,(2005), Endüstriyel Otomasyon Sistemleri, <http://www.akcam.com.tr/eos.htm>
- Ertöz, Ö., (2000), Jeotermal Akışkanların Pompajı, *Yerel Yönetimlerde Jeotermal Enerji ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu*, Ankara.
- Karaçor,M.,(2004), Cep Telefonu Tabanlı Mobil SCADA Otomasyon Sistemi Geliştirilmesi Seviyesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Mertoğlu, O., (2000), Türkiye'de Jeotermal Enerji Uygulamaları ve Gelişimi, *Yerel Yönetimlerde Jeotermal Enerji ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu*, Ankara.
- Mertoğlu, O., vd., (1999), *Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi*, Tesisat Dergisi, Ocak-Şubat, Ankara.
- Özbek, T. ve Mertoğlu, O., (1995), Türkiye'de her yönüyle jeotermal enerji mevcut uygulamalar ve projeksiyonlar, *Ulusal ısı bilim ve Tekniği Kongresi*, Ankara.
- Şener, A. C., (2003), *Modelling of Balçova Geothermal District Heating System*. United Nations University Geothermal Training Program Publications,
- Şener, A., C. ve Gökçen, M., (2004), Jeotermal Bölge Isıtma Sistemlerinde Optimum Kontrol, Tesisat Mühendisliği / Mart-Nisan
- Şener, A., C. ve Gökçen, M., (2005), Jeotermal Bölge Isıtma Sistemlerinde Isı Yükü Tahmini, *Teskon 2005 / VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*
- TJD, (2013), Türkiye'de Jeotermal, Türkiye Jeotermal Derneği, <http://www.jeotermalderneği.org.tr/turkiye%20i.htm>