

GÖNEN JEOTERMAL BÖLGE ISITMA SİSTEMİ REHABİLİTASYON PROJESİ

Asiye ASLAN
Cihan ÇANAKÇI

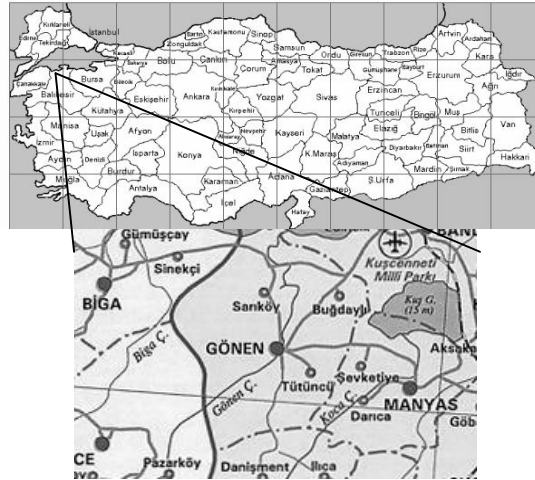
ÖZET

Bu çalışmada, Gönen ilçe sınırları içerisinde bulunan 2700 konut eşdeğer kapasitede bölge ısıtma sistemi, tasarım ve işletme değerleri açısından incelenmektedir. Jeotermal saha kapasitesi, üretim ve reenjeksiyon stratejilerinin tam olarak belirlenmeden sistemin büyütülmesi neticesinde özellikle 2001 yılında Bölge ısıtma sisteminde önemli işletme problemleri ile karşılaşmıştır. Jeotermal sahada sıcaklık ve seviye düşümleri gözlenmiş bunun neticesinde bazı bölgelerde ısınamama problemleri yaşanmıştır. Bu çalışmada jeotermal saha ve mevcut üretim kuyularının üretim ve performans değerlendirilmesi yapılarak sahadan en yüksek sıcaklık farkı, en yüksek debi ile enerji elde edilmesi için kuyu testleri yapılmıştır. Bazı üretim kuyularında yapılacak pompa değişiklikleri ile daha az enerji tüketilerek daha fazla enerji üretilebileceği hesaplanmıştır.

Isı merkezi tasarım değerleri tespit edilerek, 2000-2004 yılları arasındaki işletme formlarından alınan değerler ile karşılaştırılmış ve işletmenin daha ekonomik çalışması için gerekli konstrüktif önlemler belirlenmiştir. Şehir dağıtım hattı hidrolik analizi yapılarak sistemde enerjinin homojen bir şekilde dağıtılabilmesi için; ana sirkülasyon pompa değişikliği, şehir dağıtım hattında yapılabilecek değişiklikler, bina altı sistem değişiklikleri gibi alternatif projeler teknik ve ekonomik olarak değerlendirilerek sistemin iyileştirilmesi için yatırım alternatifleri belirlenmiştir.

1.GİRİŞ

Gönen, Balıkesir İline bağlı 18 ilçeden biri olup gelişmişlik ve büyüklük sıralaması açısından 3. durumdadır. İlçe merkezi statüsündeki Gönen, 1882'da belediye olmuş, köklü geçmişe sahip bir yerleşim merkezidir.



Şekil 1. Balıkesir-Gönen ilçesi yer bulduru haritası

Günümüzde nüfusu merkezde 40.000'i, köylerle birlikte toplam nüfusu ise 75.000'i bulmaktadır. Mazisinden farklılaşmaya başlayan Gönen, ekonomisi sadece tarıma dayalı bir yer olmaktan uzaklaşmıştır. İlçe ekonomisi ağırlıklı olarak endüstriye odaklı gelişmektedir.

İlçe ekonomisi genel başlıklar altında toplamak gerekirse üç ana başlıkta sıralanabilir:
a) Sanayi: Deri sanayi, Çeltik Sanayi, Un Sanayi, Mermer Sanayi, Tekstil Sanayi, Konfeksiyon-Giyim Sanayi, Ayakkabıcılık, İğne Oyacılığı ve bağlı el sanatları, Terlikçilik
b) Turizm: Başlı başına ekonomik güç olan Gönen Kaplıcaları A.Ş. tesisleri, istihdamı, ekonomiye kazandırdıkları, ilçeye tanıtım açısından sağladıkları ile özel öneme sahiptir.
c) Ticaret: İlçede mevcut endüstri kollarına paralel ticari hayatın gerektirdiği hareketliliğin yanı sıra çağdaş günlük yaşam gerektirdiği tüm ticari faaliyetler ilçe de gözlemlenmektedir.

Gönen Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi rehabilitasyon projesi kapsamında mevcut tesisat ve ekipmanların durumları tesbit edilmiş, Gönen iklim verileri temin edilmiş, Tasarım yükleri belirlenmiş, Toplam ısı yükü idareden alınan abone bilgilerine göre hesaplanmış, Boru hatları hidrolik analizleri yapılmıştır.

Jeotermal kaynak ile kullanıcılar arasında enerji dengesinin oluşturulabilmesi üretilen toplam enerjinin net olarak tesbiti önemlidir. Üretilen jeotermal akışkanın ortalama sıcaklığı 70.1 C iken Şehir hatları ve otel hatlarında gidiş sıcaklıkları 52~54 C olmaktadır.

2.GÖNEN JEOTERMAL SAHASI

2.1 Mevcut Üretim Kuyuları

Sahada G-1 ve G-17 olmak üzere 17 seri kuyu açılmıştır. Kuyuların bir kısmı işletme dönemi içinde kullanılmaz hale gelmiş ve bugün sadece gözlem kuyusu olarak kullanılabilir.

Tablo 1. Gönen JBIS mevcut jeotermal kuyular

Kuyu Adı	Durum	Sıcaklık °C	Üretim		Enerji kcal/h	Derinlik m	Seviye	
			l/s	m ³ /h			Max. S.	Max. S.
G1	-							
G2	-					534	27	31
G3	Reenjeksiyon					308	20	22
G4	-							
G5	Reenjeksiyon					332	18	22
G6	DSİ	80	50			385	30	61
G7	30	62	20	72	994.896	380	15	24
G8	27	64	20	72	1.065.960	280	12	21
G9	7	94	8	28,8	1.392.854	560	10	48
G10	24	73	20	72	1.918.728	265	28	52
G11	7	79	8	28,8	938.045	800	29	60
G12	-					250	25	26
G13	30	78	20	72	1.918.728	350	18	22
G14	Reenjeksiyon					250	20	24
G15	Reenjeksiyon					188		
G16	33	82	25	90	3.286.710	230	29	54
G17	30	60	20	72	1.065.960	240	24	55

2.2. Kuyu Testleri

G3, G12 ve G14 kuyularına “elektronik limnigrafla” su seviyesi ölçümü yapılmıştır.

2.2.1. Su Seviyeleri Değişimi

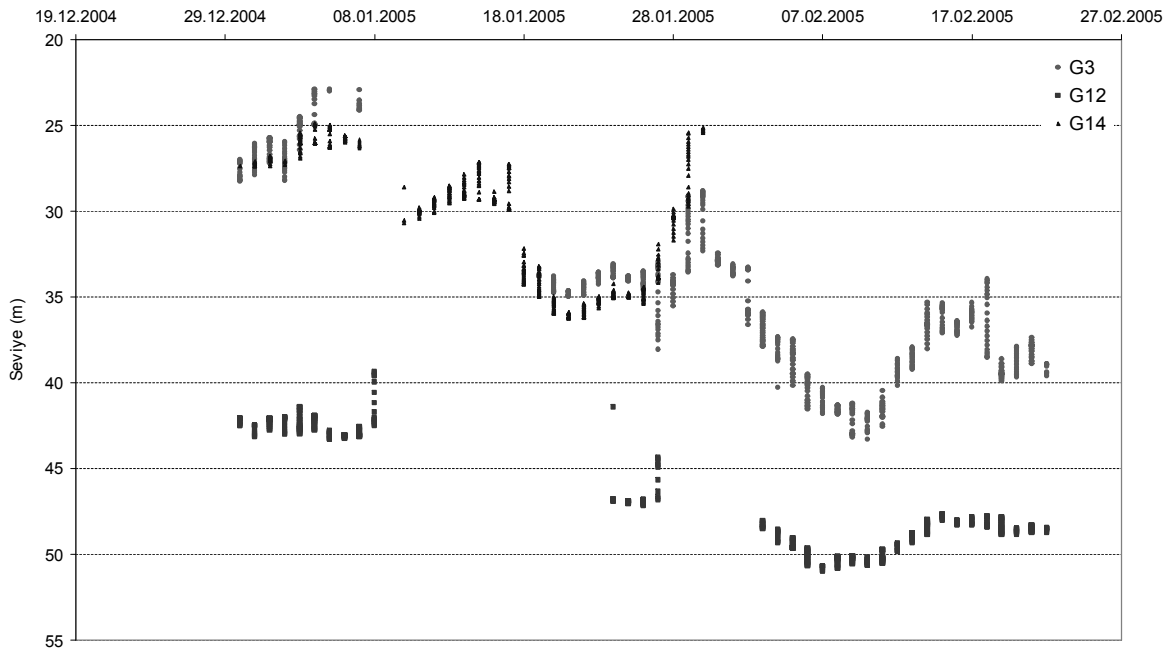
Limnigraflar bir saat içerisinde 4 ölçme yaparak bunların ortalamasını saat başı kayıt edecek şekilde ayarlanmıştır. Gün içerisinde en yüksek ve en düşük su seviyeleri de ayrıca kayıt edilmektedir. Şekil 2’de G3, G12 v3 G14 kuyularındaki gün içerisinde su seviyesi değişimi görülmektedir. G3 ve G14 kuyularındaki su seviyesinin gün içerisinde 5 m’ye ulaşan değişimler gösterdiği (maksimum ve minimum seviye arasındaki fark), fakat G12 su seviyesindeki farkın genellikle daha küçük gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 3’de 30.12.2004 saat 01:00’dan itibaren saat başı alınan su seviyeleri ölçüleri görülmektedir. Bu grafikte su seviyelerinin gün içerisinde yükselme ve düşümler gösterdiği görülmektedir. Yükselimler genellikle gece, düşümler ise gündüzleri olmaktadır. Bu da otellerde kullanılan su miktarının geceleri azalmasından ve re-enjektör edilen su miktarının geceleri artmasından kaynaklanmaktadır.

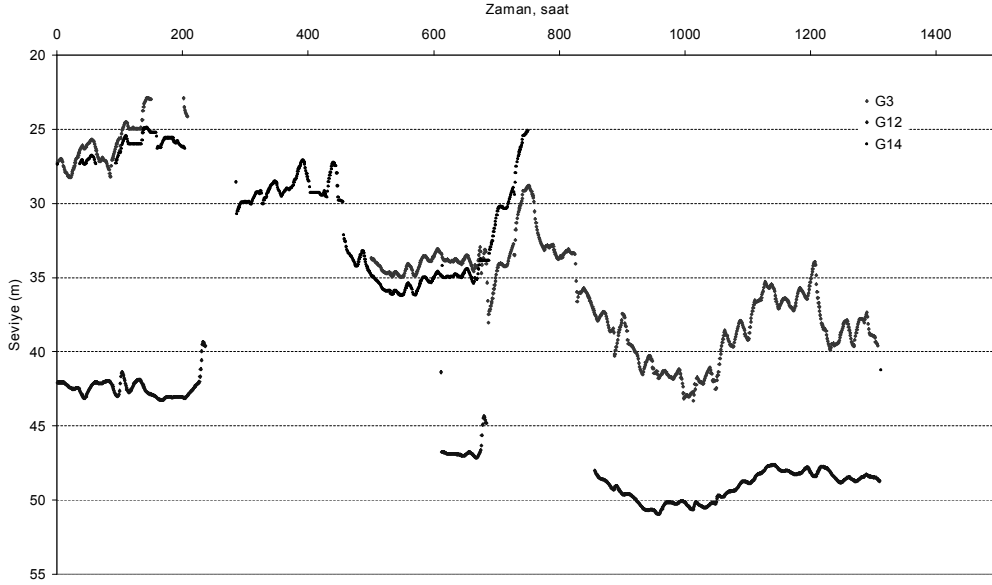
Şekil 2 ve 3’de G3 ve G14 kuyularında su seviyesi değişimlerinin birbirleri ile uyumlu olarak değiştiği ve G12 kuyusundaki su seviyesi değişiminin de diğerleri ile paralel olduğu görülmektedir.

G3 kuyusunda 30.12.2004 tarihinde su seviyesi 27.5 m iken, 4.01.2005 tarihinde 22.5 m’ye yükselerek, 10.2.2005’de 43.5 m’ye kadar düşmüştür. Havaaların soğuduğu bu dönemde üretim artmış, G1 kuyusuna yapılan re-enjektör azaldığı için 35 günlük bu sürede su seviyeleri 21 m düşmüştür. Benzer bir değişim G14 kuyusunda da görülmektedir. Aybı tarihler arasında G12 kuyusundaki seviye düşümü 12 m kadardır.

Gözlem dönemi içerisinde sahada G7, G8, G10, G13, G16 ve G17 kuyuları üretim yapmış ve G1/G15) kuyusuna re-enjektör yapılmıştır. Kuyuların üretim ve re-enjektör miktarlarını doğrudan ölçmek mümkün olamamıştır. Toplam olarak 100-110l/s üretim yapıldığı ve G1 kuyusuna günlük 12 saat süreyle 50 l/s debide re-enjektör yapıldığı tahmin edilmektedir.[1]



Şekil 2. Gözlem kuyularındaki günlük su seviyesi değişimi (en yüksek ve en düşük değerler)



Şekil 3. Gözlem kuyularındaki saatlik su seviyesi değişimleri

2.2.2. Pompa Testleri

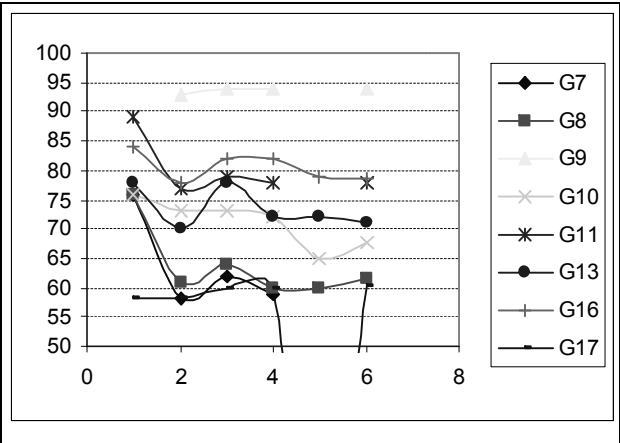
Üretim ve re-enjeksiyon kuyularında sürekli debi ölçümü manyetik debimetreler alınması önerilmiştir. Kuyularda debimetre olmadığı için sahada üretilen ve reenjekte edilen miktarlar hakkında sadece tahmin yapılmaktadır. Periyodik debi ölçümleri yapılmadığı için üretim düşümleri kuyudan mı yoksa pompadaki yıpranmadan mı kaynaklandığı anlaşılamamaktadır. Bu nedenle sahadaki üretim kuyularında “pompa testleri” yapılması önerilmiştir. Bu amaçla 22.2.2004 tarihinde G16 kuyusundaki pompa test edilmiştir. G16 kuyusunda yapılan çalışmada pompanın işletme koşullarındaki 1.8 ve 2.1 bar çıkış basıncına göre 22-26 l/s debide üretim yapabildiği ve su seviyesinin 57-58 m’ler arasında değiştiği belirlenmiştir. G13 kuyusunda, pompadan kaynaklandığını düşünülen bir üretim kaybı görülmektedir.

2.2.3. Sıcaklık Ölçümleri

Jeotermal kuyuların sıcaklık değerleri açıldıkları yıldan bu yana değişim göstermiştir. Bu nedenle sıcaklıklar kuyu başı mevcut termometre ve dijital termometre ile tekrar ölçülmüştür. Kuyu başı termometresi ile dijital termometre ölçümler arasında 1-3°C farklar bulunmaktadır.

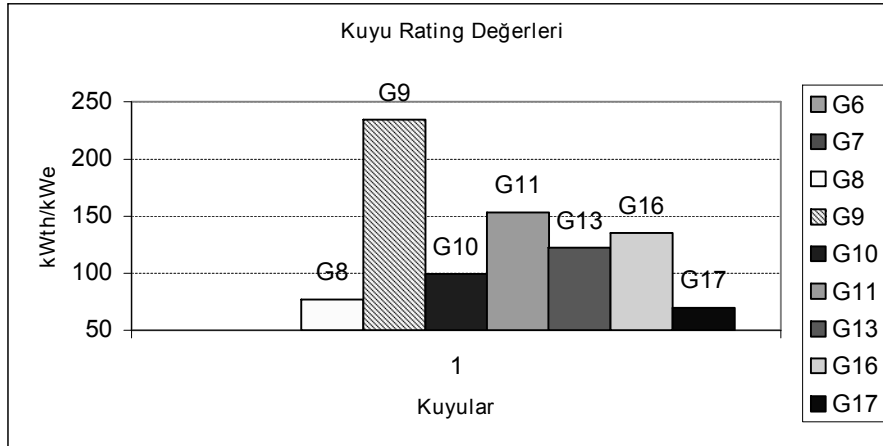
Tablo 2. Jeotermal kuyu sıcaklık ölçümleri

Kuyu	İlk sıcaklık	2004 N.Aksoy	Kaplıca Verileri	Kaplıca Verileri	02.12.2004	
	°C				°C	°C
G6	82		80			
G7	76	58	62	59		
G8	76	61	64	60	60	61,7
G9		93	94	94		94
G10	76	73	73	72	65	67,8
G11	89	77	79	78		78
G13	78	70	78	72	72	71
G16	84	78	82	82	79	78,5
G17	58	58	60	60	?	60,3



Jeotermal kuyu verileri incelenerek çalışan kuyular içersinden verimli olanları (kuyu testi yapılmadan tahmini hesaplarla birim elektrik ile fazla enerji üreten) tesbit edilmeye çalışılmıştır. Bu durumda verim sırasıyla G-16, G-13, G10, G8, G-17 kuyularının Motor gücü ve hidrolik güç açısından (kWt/kWe) değerleri Tablo 3'te verilmektedir.

Kuyu Adı	Debi		Güç		Motor		Hidrolik güç Açısından						
							Pout	Seviye	Kolon Kayıp	Toplam Kayıp	Çekilen Güç	kWt/kWe	
	l/s	m ³ /h	kcal/h	kW	kW	kWt/kWe	mSS	mSS	mSS	mSS	kW	kWt/kWe	
G6	50												
G7	20												
G8	20	72,0	1.257.833	1.463	37	40	17,0	45	6	68,0	19,0	77	
G9	8	28,8	1.421.280	1.653	37	45	17,0	45	1	63,0	7,1	234	
G10	20	72,0	1.691.323	1.967	37	53	19,5	45	6	70,5	19,7	100	
G11	8	28,8	966.470	1.124	37	30	19,5	45	1	65,5	7,3	153	
G13	20	72,0	1.918.728	2.231	37	60	14,0	45	6	65,0	18,2	123	
G16	25	90,0	3.064.635	3.564	55	65	21,0	45	9	75,4	26,4	135	
G17	20	72,0	1.158.343	1.347	45	30	18,0	45	6	69,0	19,3	70	



Şekil 4. Jeotermal kuyuların birim enerji üretim değerleri karşılaştırması.

Şekil 4' de görüldüğü üzere G9 kuyusu en verimli kuyu olarak gözükmektedir. Bunun nedeni yüksek sıcaklığa ve düşük kuyu başı motor gücüne sahip olmasıdır. Üretim debisinin az olması nedeniyle çok kullanılan bir kuyu değildir. Sistemde G11, G13 ve G16 kuyuları diğer verimli kuyular olup pompa testleri bölümünde de bahsedildiği üzere G16 kuyusuna daha büyük kapasitede pompa indirilmesi ile daha fazla enerji düşük elektrik tüketimi ile çekilebilecektir.

Jeotermal kuyu içi pompaların kuyu testleri yapılarak sipariş edilesi gerekmektedir. Hatta bu testler kış sezonunun sonunda en düşük seviyelerde iken yapılırsa kış sezonu boyunca pompalar emniyetli seviyelerde çalışacaktır.

3. ISI MERKEZİ

3.1. Tasarım Değerleri

Türkiye'de ilk jeotermal kaynaklı bölge ısıtma sistemi 1987 yılında 600 konut kapasitesi ile Gönen'de devreye alınmıştır. Isıtılan konut sayısı 1994'te 1200'e, 2004 yılında ise 2700 KE'e yükseltilmiştir. Bugün gelinen konut eşdeğer sayısı 3325.5 KE'dir (Tablo-4). Gönen JBIS'inde kullanıcılar Zon1 (Eski hat), Zon2 (yeni hat), Tabakhaneler ve Oteller olarak dört kısımda toplanabilir.

Tablo 4. Gönen JBIS Mevcut kullanıcılar ısı yükleri ve konut eşdeğer miktarları

	Konut Eşdeğeri KE	Isı Yükü Kcal/h
Yeni Hat	1701.5	11 888 845
Eski Hat	1024.0	7 154 967
Oteller	400.0	2 794 909
Tabakhane	200.0	1 397 455
TOPLAM	3325.5	21 838 721

Mevcut jeotermal ısıtma sistemini proje hesap raporlarına ulaşılamamış fakat konut eşdeğer ısı yükünün 6000 kcal/h olarak alındığı tesbit edilmiştir. Birim alan ısı yüklerinin tesbiti için TS 825'e göre örnek hesaplama yapılmış (Tablo 6)., Gönen Belediyesinden alınan 8 adet mimari proje incelenmiştir (Tablo 5). Mimari projelerden elde edilen değerler oldukça yüksektir. Ancak Gönen ilçe merkezi bir çok binada ısı yalıtım yönetmeliğine uyulmadığı tespit edilmiştir. Ege bölgesindeki kentlerin ortalama ısı yüklerine esas mimari özellikleri birbirine çok yakındır. Bu nedenle, Balçova-Narlidere Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi içerisinde yer alan 40 binanın statik yöntemle hesaplanmış ısı yüklerinden hesaplanmış ortalama ısı yükü [2], Gönen JBIS projesi için de temel alınmıştır. Bu değer, Balçova ile Gönen'deki dış tasarım sıcaklıklarının farklı olması nedeniyle, Eşitlik 1'de kullanılarak, Gönen için birim alan ısı yükü hesaplanmıştır.

$$Q_{\text{Gönen}} = Q_{\text{bal}} \cdot (\Delta T_{\text{Gönen}} / \Delta T_{\text{bal}}) \quad (1)$$

Tablo 5. Ortalama birim alan ısı yükü

Tatm. -6 °C

HESAPLARDA KULLANILAN		6000	kcal/h.KE
TS 825'e uygun Örnek Proje		5197	kcal/h.KE
MİMARİ PROJELER			
Altınevler	9400		
Altınevler	8363		
Kurtuluş	11376		
Kurtuluş	11550		
Villa	7937	Ortalama :	9330 kcal/h.KE
Zümrütevler	7400		
Zümrütevler	8475		
Zümrütevler	10136		
Konut Eşdeğeri	5490	6987	kcal/h.KE

Balçova - Narlıdere Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi içindeki 40 binanın, 22 °C tasarım sıcaklık farkı ile hesaplanmış birim alan ortalama pik ısı yükü 54.9 kcal/h.m²., Sırdığı için ise tasarım sıcaklık farkı 28 °C'dır. Eşitlik 1 ile Gönen için birim alan ortalama pik ısı yükü (23,3 kcal/h.m³) 6987 kcal/h.m² olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5. Isı yalıtım yönetmeliğine (TS825) uygun örnek birim ısı yükü hesaplaması

DIŞ HAVA DİZAYN SICAKLIĞI	$T_{\text{dış hava}}$	-6	°C
KONFOR SICAKLIĞI (ODA SICAKLIĞI)	T_{oda}	22	°C
Örnek Hesaplama			
K değerleri (Dış duvar, pencere)	Kddp	1,3	kcal/m ² h°C
K değerleri (Çatı ,teras)	Kç	0,67	kcal/m ² h°C
K değerleri (Döşeme)	Kdö	1,08	kcal/m ² h°C
Kat Sayısı		2	kat
Daire Sayısı		2	
1 Dairenin Alanı		100	m ²
Pencere alanlarının, toplam bina alanına oranı %20 olarak kabul edilmiştir.			
Binanın toplam hacmi		1120	m ³
Binanın (dış duvar + pencere,kapı) Toplam Alanı		319,2	m ²
Binanın dış duvar alanı	Δ_{dd}	255,4	m ²
Binanın Dış Pencere Alanı	Δ_{p}	63,8	m ²
Binanın Çatı Alanı	$\Delta_{\text{ç}}$	200	m ²
Binanın Döşeme Alanı	$\Delta_{\text{dö}}$	200	m ²
Dış Hava Sıcaklığı		-6	°C
Çatı Arası Sıcaklığı		2	°C
Döşeme Altı Toprak Sıcaklığı		8	°C
$Q_1 = \Delta_{\text{ddp}} \times K_{\text{dd}} \times (T_{\text{oda}} - T_{\text{dış hava}}) + \Delta_{\text{ç}} \times K_{\text{ç}} \times (T_{\text{oda}} - T_{\text{çatı arası}}) + \Delta_{\text{dö}} \times K_{\text{dö}} \times (T_{\text{oda}} - T_{\text{döşeme altı toprak}})$			
$q_1 = 319,2 \times 1,3 \times (22 - (-6)) + 200 \times 0,67 \times (22 - 2) + 200 \times 1,08 \times (22 - 8)$		17323	kcal/h
Q1=q1+Enfiltrasyon Isı Kaybı + Yükseklik Zammı			
qe=Zamsız Isı Kaybının % 20 si olarak kabul edidi.		0,2	
qe=17323 x 1.20		3464,6	kcal/h
qy= Yükseklik zammı sıfır alınmıştır.			
Toplam Isı yükü	Q1=	20787	kcal/h
100 m2 lik bir evin ortalama ısı yükü	KE=	5197	kcal/h
Bir direnin hacmi	V=	280	m ³
Isı Yalıtım Yönetmeliğine uygun yapılmış binaların birim ısı yükü	Qv=	18,56	kcal/hm ³

Isı merkezi pompa ve eşanjör kapasiteleri Tablo 7 ve Tablo 8'de verilmektedir. Pompaların tasarım değerleri katalog ve üretici firmalardan alınmasına karşın, eşanjörlere ait tasarım değerleri distribütör firmadan temin edilememiştir.

Tablo 7. Gönen JBIS ısı merkezi pompa kapasiteleri (2004)

SN	Amaç	Marka	Tip	Debi m ³ /h	Hm mSS	Güç		Devir d/d
						Hp	KW	
P1	Zon2 Yaz	Mas	MKY 125	150	45	50	37	1400
P2	Zon2 Yaz	Mas	MKY 125	150	45	50	37	1400
P3	Zon2 Kış	Mas	MKY 150	375	48	125	90.0	1400
P4	Zon2 Kış	Mas	MKY 150	375	48	125	90.0	1400
P5	Tabakhane	Standart	SNT 50/250	50	70	25	18.5	2800
P6	Tabakhane	Standart	SNT 50/250	50	70	25	18.5	2800
P7	Zon1	Mas	MKY 50		75	40	30.0	1450
P8	Zon1	Standart	SKM 125/2	150	65	60	45.0	1400
P9	Zon1	Standart	SNT 65/250	75	65	40	30.0	2800
P10	Zon1	Standart	----				30.0	
P11	Zon1	Standart	SKM 125/2	150	65	60	45.0	1400
P12	Oteller	Standart	SNK 300/15	150	19	20	15.0	1400
P13	Arızalı	Standart	SNK 300/15	150	19	20	15.0	1400
P14	Oteller						7.5	
P15	Oteller	Standart	SNT 65/200	80	40	25	18.5	2900
P16	Kompresör	Cengiz				1.5	1.1	
P17	Denge Tankı	Standart	SNK 150	350	20		37.0	1400
P18	Denge Tankı	Standart	SNK 150	350	20		22.0	1400
P19	Temiz su	Standart	SNT 50/250	55	40	15	20.5	2800
P20	Temiz su	Standart	SNT 50/250	55	40	15	22.0	2800
P21	DSİ G-9	Standart	ST 4165	17	28	4	3.0	2800

Tablo 8. Gönen JBIS ısı merkezi eşanjör bilgileri (2004)

SN	Amaç	Marka	Tip	SeriNo	Yıl	Plaka Sayısı		PN bar	T _{dizayn} °C
						Sayılan	Sayılan		
E1	Zon1	AlfaLaval	A15 BFM	30100-886 87	1987	468	469	10	
E2	Tabakhane	AlfaLaval	A15 BFM	30100-886 89	1987	121	121		
E3	Oteller	AlfaLaval	A10, BFM	30100-886 88	1987	83		10	90
E4	Oteller	AlfaLaval	M10 BFM	30100-21805	1989	100		10	90
E5	Zon1	AlfaLaval	A15 BFM	30100-29881	1988	285		10	110
E6	Zon2	AlfaLaval	M15 BFM	30101-35384	1995	397		16	105
E7	Zon2	AlfaLaval	M15 BFM	30102-32857	1998	395		16	80
E8	Zon2	AlfaLaval	P4-HBM	321214-0001	1969	219			

3.2. İşletme verileri

Genel olarak jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde çalışma koşullarını, jeotermal akışkan üretim sıcaklıkları, dış hava sıcaklığı, ısı merkezi tasarım değerleri, bina tasarım değerleri ve işletme alışkanlıkları etkiler. Gönen JBIS ısı merkezi verileri bilgisayar ortamında incelenerek sistemin yukarıda bahsedilen 5 parametreye göre davranışı saptanmaya çalışılmıştır. İncelenen veriler Jeotermal, Oteller, Eski ve Yeni hat olarak adlandırılmıştır.

3.2.1 Jeotermal Hatlar

Jeotermal akışkan ortalama üretim sıcaklıkları tamamen kuyu üretim sıcaklıkları ve hangi kuyuların devrede olduğu ile ilgilidir. Bu açıdan bölüm 2.3'te bahsedildiği üzere farklı kuyular farklı ısıl verimlerde çalışmaktadır. Yüksek entalpili ve yüksek debili kuyuların ürettikleri enerji başına tükettikleri enerji daha az olduğu için diğer kuyulara oranla verimli sayılmaktadır. Bu verim değerleri saptanarak jeotermal kuyuların işletilmesinde bir optimizasyon çalışmaları yapılır. Gönen JBIS'inde tepe yükü dönemlerde enerjinin yetersiz olmasından dolayı tüm kuyular çalışmaktadır. Tablo 9'da ortalama 66.2 C olan üretim sıcaklığının minimum 61 °C ve maksimum 74 °C ulaştığı, ortalama 41,6 °C olan jeotermal dönüş (reenjeksiyon) sıcaklığının, minimum 17,5 °C maksimum 56 °C olduğu gözlenmektedir. İşletme kayıtlarının yetersiz olmasından dolayı üretim sıcaklığının neden 61 °C'ye düştüğü konusunda bir bilgi bulunmamaktadır.

Tablo 9. Jeotermal hat işletme verileri.

Jeotermal	Gidiş	Dönüş	Sıcaklık Farkı
StdSapma	3.6	6.2	2.6
Max	74	56	46.0
Min	61	17.5	12.0
Ort.	66.2	41.6	24.6

Oteller hattı: işletme personelinden alınan bilgiye göre Otel hattı gidiş dönüş sıcaklıkları tamamen manuel ve otel şikayeti, işletme personeli insiyatifi ile kontrol edilmektedir. İşletme parametreleri, Otel doluluk oranları, yük dağılımı gibi bilgiler olmadan aşağıda verilen grafik açıklayıcı olmamaktadır. Tablo-10'da ortalama 53 °C olan gidiş sıcaklığının minimum 41 °C ve maksimum 61 °C'ye ulaştığı, ortalama 43 °C olan dönüş sıcaklığının, minimum 38 °C maksimum 47 °C olduğu gözlenmektedir. Grafiğin orta bölümünde belirtilen tarihlerde dış hava sıcaklığından bağımsız bir davranış gösteren sıcaklıklar bir sonraki kış daha farklı bir davranış sergilemektedir.

Tablo 10. Oteller hattı işletme verileri

Oteller	Gidiş	Dönüş	Sıcaklık Farkı
Max	61	47	14
Min	41	38	3
Ort.	53	43	10

Eski hat: Tablo 11'de ortalama 54,2 °C olan gidiş sıcaklığının minimum 48 °C ve maksimum 66 °C ulaştığı, ortalama 41,8 °C olan dönüş sıcaklığının, minimum 35,5 °C maksimum 55 °C olduğu gözlenmektedir.

Grafikten dış hava sıcaklığı ile gidiş dönüş sıcaklıklarının arttığı gözlenmektedir. Gidiş sıcaklığındaki değişkenliğin sebebinin, jeotermal üretim sıcaklığındaki artış mı, işletme parametrelerindeki yapılan bir değişiklik mi, yoksa dış hava sıcaklığının değişkenliği mi olduğu net belirli değildir. Ama grafikteki turuncu dış hava eğrisi ile gidiş sıcaklıkları arasında bir bağlantı olduğu görülmektedir.

Tablo 11. Eski hat işletme verileri

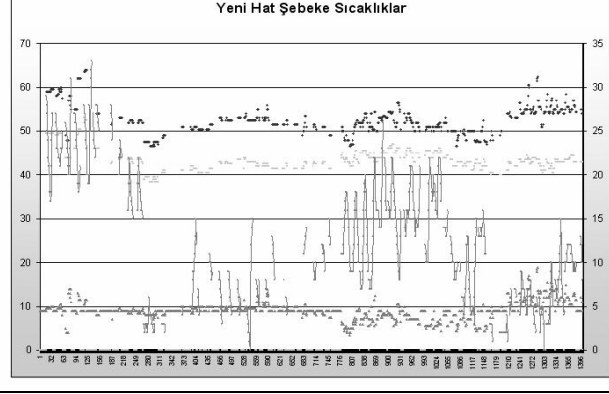
Eski Hat	Gidiş	Dönüş	Sıcaklık Farkı
StdSapma	3.0	3.6	13.1
Max	66.0	55.0	64.0
Min	48.0	35.5	4.6
Ort.	54.2	41.8	42.8

Yeni hat :Tablo 12'de ortalama 52,4 °C olan gidiş sıcaklığının minimum 46,5 °C ve maksimum 64 °C ulaştığı, ortalama 43,4 °C olan dönüş sıcaklığının, minimum 38,5 °C maksimum 53 °C olduğu gözlenmektedir.

Grafikten dış hava sıcaklığı ile gidiş dönüş sıcaklıklarının arttığı gözlenmektedir. Fakat sistemin çok küçük bir standart sapma (1,9) ile sabit sıcaklık farkı (ortalama 9 °C) çalıştığı anlaşılmaktadır. Grafiğin sağ kısmında dönüş suyu sıcaklığı, dış hava ve gidiş suyu sıcaklığına göre daha stabil bir eğri izlemektedir. Bunun nedeni dış hava sıcaklığındaki artış nedeni ile sirkülasyon pompalarının sayısının azaltılması (debinin azaltılması) fakat buna karşın kuyu debilerinin sabit kalması nedeniyle gidiş sıcaklıklarının artmasıdır. Otomasyon sisteminin olmaması dolayısıyla dönüş suyu sıcaklığının sabit kalması sisteme verilen enerjinin yetersiz olduğu konusunda önemli deliller sunmaktadır.

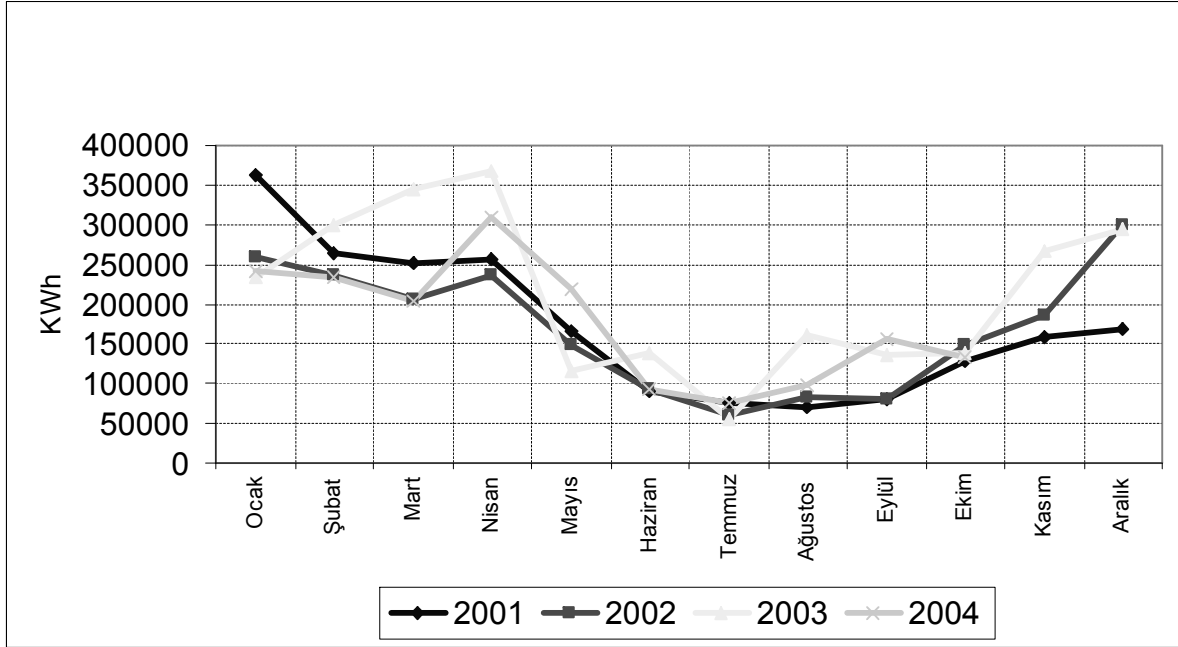
Tablo. 12. Yeni hat İşletme verileri

Yeni Hat	Gidiş	Dönüş	Sıcaklık Farkı
StdSapma	3.2	2.3	1.9
Max	64.0	53.0	19.0
Min	46.5	38.5	3.5
Ort.	52.4	43.4	9.0



3.2.2. Elektrik Tüketimleri

Toplam üç adet trafo ve sayaçtan beslenen Gönen JBIS elektrik tüketim grafiği Şekil 5'te verilmektedir. Grafik'ten de görüleceği üzere 2001 yılından sonra tüketim değerleri aralık ayı için 170.000 kWh değerinden 300.000 kWh değerine çıkmıştır. Bunun gibi bir farklılık 2003 nisan ayında gerçekleşmiştir. Genel olarak sabit bir eğri izleyen yıllık tüketimi için 2001 yılındaki farklılığın faturalama döneminden kaynaklanmaktadır.



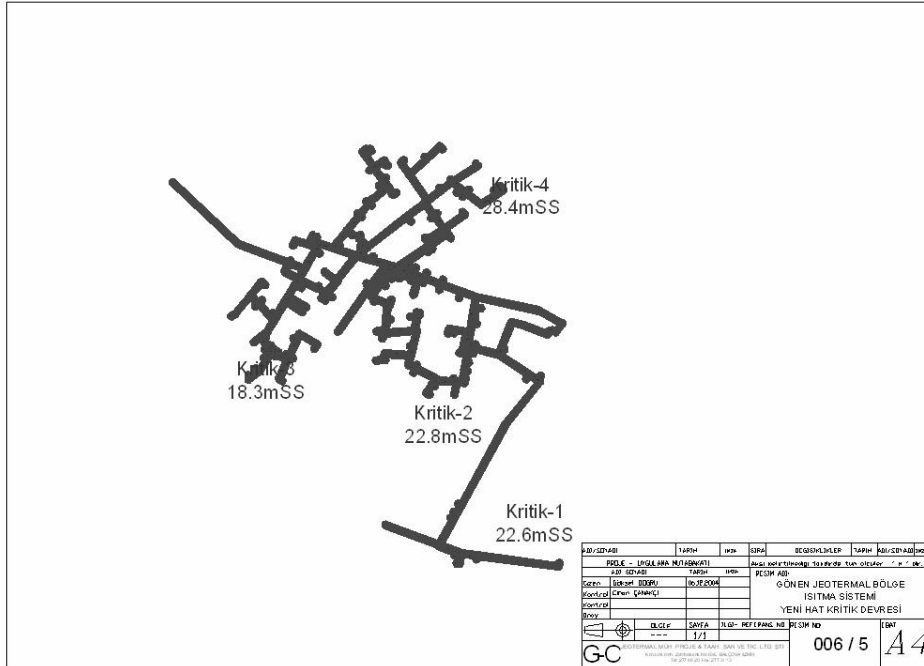
Şekil 5. Gönen JBIS toplam elektrik tüketim verileri

Toplam elektrik tüketim değerleri 2001 yılında 2.070.000 kWh, 2002 yılında 2.035.000 kWh, 2003 yılında 2.548.000 kWh'tir. Elektrik birim tarifesinde (Tablo 13) yapılacak olan değişiklik (sanayi endeksine geçiş) ile 2.500.000 kWh için toplam tasarruf 99.585 YTL olacaktır.

	Üretim	DEBİ	Gerçek Çap	Hız	Re	Sürtünme Faktörü	Birim Sürt. Kaybı	Boru Uzunluğu	Basınç Kaybı	Okunan Basınç	Pompa
	l/s	m ³ /h	DN	m/s	m/s	f	mmSS/m	m	mSS	mSS	mSS
G7	20	72	150.0	1.13	310,451	0.0157	6.83	35	0.239	19.8	20
G8	20	72	150.0	1.13	310,451	0.0157	6.83	78	0.533	19.5	20
G9	8	29	100.0	1.02	186,270	0.0173	9.15	214	1.958	18.0	20
G11	8	29	150.0	0.45	124,180	0.0179	1.25	68	0.085	19.9	20
G16	25	119	200.0	1.05	384,183	0.0149	4.20	104	0.437	19.5	
G10	20	191	200.0	1.69	617,021	0.0141	10.26	80	0.821	18.7	
Denge Tankı - Isı Merkezi	101	364	250.0	2.06	940,665	0.0133	11.47	172.6	1.979	16.0	18
G17	20	72	150.0	1.13	310,451	0.0157	6.83	123.2	0.841	17.2	18
G13	20	144	200.0	1.27	465,676	0.0146	6.03	326.9	1.971	15.2	
Isı Merkezi	141	508	312.7	1.84	1,049,893	0.0129	7.08	25	0.177	14.8	15

Jeotermal hat hidrolik analizinde en kritik durum (tüm kuyuların çalışması durumu) incelenmiştir. 2 bar işletme basıncına ayarlanan kuyular için jeotermal hat degede olup herhangi bir kontrol vanası veya denge deposuna ihtiyaç olmadan, birbirlerini olumsuz etkilemeden çalışabilmektedir. Akış hızı denge tankından sonra maksimum 2.06'ya çıkmaktadır (Tablo 14). G-13 ve G-17 kuyularının 1,8 barda çalıştırılması uygun olacaktır.

Yeni Hat hidrolik analizinde 4 kritik devre incelenmiş ve sırasıyla 22,6 mSS, 22,8 mSS, 18,3 mSS, 28,4 mSS sürtünme basınç kayıpları hesaplanmıştır (Tablo 15).



Şekil -7 Yeni hat hidrolik analizi kritik devre sonuçları

Tablo 15. Yeni hat hat (kritik 2) hidrolik analizi

No	Konut Sayısı	Isı Yüklü	DEBİ	DEBİ	ÇAP	Gerçek Çap	Hız	Re	Sürtünme Faktörü	Birim Sürt. Kaybı	Boru Uzunluğu	Basınç Kaybı	Okunan Basınç	
	Adet	Kcal/h	Lt/sn	m ³ /h	DN	DN	m/s	m/s	f	mmSS/m	m	mSS	mSS	
												11,383		
1	199	4.00	27,949	4.0	2	125PE	125.0	0.04	9,768	0.0314	0.02	16.1	0.000	30.0
2	198	2.00	41,924	6.0	3	125PE	125.0	0.06	14,652	0.0283	0.05	9.1	0.000	30.0
3	197	56.00	433,211	62.0	29	125PE	125.0	0.66	151,402	0.0175	3.14	38.8	0.122	29.9
4	195-196	44.00	740,651	106.0	50	125PE	125.0	1.13	258,849	0.0163	8.51	50.4	0.429	29.4
5	193-194	18.00	866,422	124.0	59	125PE	125.0	1.33	302,804	0.0160	11.43	38.6	0.441	29.0
6	191-192	58.00	1,271,684	182.0	86	150PE	150.0	1.35	370,366	0.0153	9.51	20.2	0.192	28.8
7	190	53.00	1,642,009	235.0	111	200PE	200.0	0.98	358,664	0.0151	3.70	38.6	0.143	28.7
8	188-189	40.00	1,921,500	275.0	130	200PE	200.0	1.15	419,714	0.0148	4.96	66.6	0.330	28.3
9	186-187	47.00	2,249,902	322.0	152	200PE	200.0	1.34	491,447	0.0145	6.67	30.3	0.202	28.1
10	185	14.00	2,347,724	336.0	159	200PE	200.0	1.40	512,814	0.0144	7.23	30.5	0.221	27.9
11	184	14.00	2,445,545	350.0	165	200PE	200.0	1.46	534,181	0.0144	7.81	29.4	0.230	27.7
12	183	2.00	2,459,520	352.0	166	200PE	200.0	1.47	537,234	0.0143	7.90	93.3	0.737	27.0
13	Kritik-1	603.0	6,672,845	955.0	451	300pe	312.7	1.63	932,236	0.0130	5.65	17.5	0.089	26.9
14	134	11.0	6,749,705	966.0	456	300pe	312.7	1.65	942,974	0.0130	5.77	33.3	0.192	26.7
15	168	43.0	7,050,158	1,009.0	476	300pe	312.7	1.72	984,949	0.0129	6.27	34.4	0.216	26.4
16	132-133-108-108	318.0	9,272,111	1,327.0	626	300pe	312.7	2.27	1,295,369	0.0126	10.56	53.5	0.565	25.9
17	148-135	129.5	10,176,963	1,456.5	687	300pe	312.7	2.49	1,421,782	0.0125	12.62	32	0.404	25.5
18	103-104	11.0	10,253,823	1,467.5	693	300pe	312.7	2.51	1,432,520	0.0125	12.80	9.9	0.127	25.4
19	102	2.0	10,267,797	1,469.5	694	300pe	312.7	2.51	1,434,473	0.0125	12.84	8.5	0.109	25.2
20	105	20.0	10,407,543	1,489.5	703	300pe	312.7	2.54	1,453,996	0.0125	13.17	47.3	0.623	24.6
21	Kritik-3	212.0	11,888,845	1,701.5	803	300pe	312.7	2.91	1,660,942	0.0124	17.00	353	6.002	18.6

Ayrıca yeni hat için ısı kaybı hesapları yapılmıştır. Kritik devresinde 53 °C ısı merkezi çıkış sıcaklığı neticesinde kritik devre sonunda hesaplanan sıcaklık 52,7 olması gerekirken yapılan iki adet ölçümde bu değerler 50 °C ve 49 °C olarak ölçülmüştür. Bu farkın başlıca nedeni rogar noktalarında saptanan izolasyon eksiklikleri ve kritik devre sonunda sirkülasyon hızlarının düşmesi ile ısı kayıplarının artmasıdır. Toplam 450.000 kcal/h, yaklaşık 65 Konut eşdeğeri enerji boru hattından atmosfere atılmaktadır.

Tablo-16. Yeni hat ısı kaybı hesapları

	DEBİ						MONTAJ DERİNLİĞİ	BORU METRAJI	ISI KAYBI	SICAKLIK
	m	DN	d1 m	d2 m	d3 m	d4 m	l m	l m	q	T ç
							1.0		kcal/h	53
199	2	125PE	0.125	0.136	0.225	0.232	1.0	16.1	257.5	52.9
198	3	125PE	0.125	0.136	0.225	0.232	1.0	9.1	145.2	52.8
197	29	125PE	0.125	0.136	0.225	0.232	1.0	38.8	618.6	52.8
195-196	50	125PE	0.125	0.136	0.225	0.232	1.0	50.4	803.2	52.8
193-194	59	125PE	0.125	0.136	0.225	0.232	1.0	38.6	615.0	52.8
191-192	86	150PE	0.150	0.161	0.250	0.257	1.0	20.2	365.8	52.8
190	111	200PE	0.200	0.212	0.315	0.325	1.0	38.6	777.5	52.8
188-189	130	200PE	0.200	0.212	0.315	0.325	1.0	66.6	1341.3	52.7
186-187	152	200PE	0.200	0.212	0.315	0.325	1.0	30.3	610.1	52.7
185	159	200PE	0.200	0.212	0.315	0.325	1.0	30.5	614.1	52.7
184	165	200PE	0.200	0.212	0.315	0.325	1.0	29.4	591.9	52.7
183	166	200PE	0.200	0.212	0.315	0.325	1.0	93.3	1878.3	52.7
Kritik-1	451	300pe	0.313	0.324	0.450	0.461	1.0	17.5	426.7	52.7
134	456	300pe	0.313	0.324	0.450	0.461	1.0	33.3	812.0	52.7
168	476	300pe	0.313	0.324	0.450	0.461	1.0	34.4	838.8	52.7
132-133-108-108	626	300pe	0.313	0.324	0.450	0.461	1.0	53.5	1304.4	52.7
148-135	687	300pe	0.313	0.324	0.450	0.461	1.0	32	780.2	52.7
103-104	693	300pe	0.313	0.324	0.450	0.461	1.0	9.9	241.4	52.7
102	694	300pe	0.313	0.324	0.450	0.461	1.0	8.5	207.2	52.7
105	703	300pe	0.313	0.324	0.450	0.461	1.0	47.3	1153.2	52.7
Kritik-3	803	300pe	0.313	0.324	0.450	0.461	1.0	353	8605.9	52.7

Hesap : 52.7°C
Ölçüm1: 50°C
Ölçüm2: 49°C

Eski hat ısı merkezi çıkışı DN 200, 15 °C sıcaklık farkında gerekli toplam 483 m³/h akışkanı taşıyacak kapasitede değildir. Akış hızı çıkışta 4.29 m/s 'ye çıkmakta ve ilk 433 metrelik kısımda oluşan basınç kaybı 2,6 bar olmaktadır. Bu nedenle bu hat ciddi bir elektrik tüketimine neden olmaktadır. İvedi olarak hattın değiştirilmesi, sıcaklık farkının artırılarak debinin düşürülmesi yada bu eski hattın yükünün azaltılması gerekmektedir.

5. BİNA ALTI DÖNÜŞÜM ve BİNA İÇİ ISITMA SİSTEMLERİ

İşletme personelinden edinilen bilgilere göre Gönen JBIS'inde bina içlerinde genellikle toplamda 100-130 dilim döküm radyatör kullanılmaktadır. 53/38 C sıcaklık rejiminde döküm radyatörler için birim verim 90/70 sıcaklık rejimine oranla % 28 olmaktadır. Döküm radyatör için birim verim 195 kcal/h.kolon kabulü ve bir konut eşdeğeri 6987 kcal/h ısı kaybı için 127 dilim radyatöre ihtiyaç duyulmaktadır. Gönen JBIS'inde radyatör analizleri tecrübe edilerek yapılmış ve yeterli radyatör yüzeyleri kullanılmaktadır.

Bina altlarında kontrol sistemi bulunmamaktadır. Bina içi sirkülasyonun sağlanması amaçlı bir bazen 2 ıslak rotorlu sirkülasyon pompası şehir şebekesine seri bağlanmıştır. Pompalarda timer, FC kontrol ünitesi bulunmamakta ve manuel çalışmaktadırlar. Hidrolik denge manuel olarak pompa önündeki küresel vanalar ile sağlanmaktadır.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Jeotermal sahada yapılacak değişiklikler

- Jeotermal sahada yüksek sıcaklıklı zonda yüksek debili kuyu delinmesi
- G11, G13, G16 kuyularına pompa testleri yapılarak daha yüksek kapasitede pompalar konulması ve üretimin planlı olarak bu 3 kuyudan frekans konvertörlü pompalar ile gerçekleştirilmesi
- Jeotermal sahada üretim performans projesi yaptırılarak reenjeksiyon ve üretim zonlarının belirlenmesi

6.2. Isı merkezinde yapılacak değişiklikler

- Paralel çok sayıda sirkülasyon pompa sistemi yerine, frekans konvertörlü pompa sisteminde geçilmesi
- Yeni hat sirkülasyon pompalarının değiştirilmesi,
- İşletme sıcaklıklarının (pompa devri/sayısı, üretim kuyuları ve dış hava sıcaklığı) işletme parametrelerine uygun olarak otomasyona bağlanması / kontrol edilmesi
- Isı değiştirici tasarım değerleri temin edilerek, yeni çalışma sıcaklıklarında
- Isı değiştirici önündeki bypass'ın kesinlikle kullanılmaması, bunun yerine eşanjöre plaka ilave edilerek basınç kaybının düşürülmesi
- Elektrik tarifesinin değiştirilmesi yönünde başvuruların yapılması
- Sıcaklık farklarının açılması en az 20 °C olacak şekilde sabit tutulması, debinin değiştirilerek hem dış hava sıcaklığına bağlı kontrolün hem de elektrik enerjisi tasarrufu yapılması

6.3. Şehir dağıtım hattında yapılacak değişiklikler

- Sıcaklık farkları eğer arttıramıyor ise Eski hat çıkış çapının (yaklaşık 450 m, DN 300) artırılması bu sayede burada kaybedilen 2,6 bar ve karşılığı elektrik enerjisi tasarruf edilebilecektir.
- Yeni hatta 4 nolu kritik devre üzerinde bulunan sirkülasyon problemlerinin çözümü; en uçtaki 162 sokağın Pazar caddesinden kopartılarak 160.sokak hattına bağlanması ile sağlanabilir.

- Genelde kritik devre basınçları yakın olmasına karşın; yeni hat 3. kritik hat ve bina altlarında kontrol vanalarının olmaması nedeniyle hidrolik denge manuel olarak (her kış başlangıcında) işletme personeli insiyatifleri doğrultusunda küresel hat vanaları ile sağlanmaktadır. İşletmenin değişken yüklerine cevap veremeyecek olan bu tür bir ayarlama işgücü kaybına da yol açmaktadır. Bu nedenle bina altlarına yada hat üzerinde kritik noktalara kontrol vanaları konulması gerekmektedir.
- Rogarlarda bulunan izolasyon eksikleri nedeniyle ciddi bir enerji kaybı söz konusudur. İzolasyonları yenilenecek ısı kaybı giderilebilir.

6.4. Bina altları ve bina içlerinde yapılacak değişiklikler

- Bina altı eşanjörleri 55-50 °C gibi düşük sıcaklıklarda teknik olarak ve 390 adet yüksek alana (düşük LMTD'den kaynaklanan) sahip eşanjörlerin maliyeti ekonomik olarak mümkün gözükmemektedir. Eşanjörler yerine bina altlarında 3 yollu dış hava kompanzasyonlu, motorlu kontrol vanaları daha ekonomik çözüm olacaktır. (390 adet bina için yaklaşık 273.00 0Euro değerinde bir iyileştirme projesi)
- Termostatik radyatör vanalarının kullanılması bu sayede enerjinin daha homojen dağıtılması ve ikincil devreler (bina devresi) içindeki hidrolik problemlerin de giderilmesi sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] AKSOY, N., (2005) "Gönen Jeotermal Sahası Su Seviyesi Değişimleri ve Kuyular Hakkında Rapor", yayınlanmamış çalışma,
- [2] TOKSOY, M., ÇANAKÇI, C., (2001), "Jeotermal Bölge Isıtma Sistemlerinde Ortalam Isı yükü", V Ulusal Tesisat Kongresi Jeotermal Enerji doğrudan ısıtma sistemleri temelleri ve tasarımı semineri MMO 2001/270 s: 329-334.
- [3] ÇANAKÇI, C. (2003). "Jeotermal Enerjili Bölge Isıtma Sistemleri: Balçova Örneği" Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Bitirme Tezi.

ÖZGEÇMİŞLER

Asiye ASLAN

19.06.1975'te Gönen'de doğdu. İlkokulu Gönen Altı Eylül İlkokulunda, Ortaokul ve Liseyi Gönen Ömer Seyfettin Lisesinde tamamladı. 1997 yılında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2000 yılında Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında Makine Yüksek Mühendisi Ünvanı aldı.1998-1999 yılında Gönen Kaplıcaları İşletmesi A.Ş. Gönen'de Jeotermal Enerji Müdürü olarak çalıştı.2001 yılında Balıkesir Üniversitesi Gönen Meslek Yüksekokulunda Teknik Programlar Koordinatörü görevini sürdürmektedir. Yüksekokulumuzda Genel Matematik, Isı Yalıtımı, Tesisat Meslek ve Yapı Bilgisi, İklimlendirme ve Soğutma Tesisatı, Tesisat Meslek Resmi derslerini vermektedir. Jeotermal Enerji alanında çalışmalarını sürdürmektedir.

Cihan ÇANAKÇI

29/01/1977 tarihinde Bursa'da doğdu. Ortaokul ve Lise öğrenimini 1995 yılında Bursa Ulubatlı Hasan Anadolu Lisesinde tamamladı. 2000 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2003 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Anabilim dalı Enerji Bölümünden Makina Yüksek Mühendisi Ünvanı aldı. 2000-2003 tarihleri arasında Balçova Jeotermal Enerji San. Ve Tic Ltd. Şti'nde proje müdürlüğü yaptıktan sonra 2004 yılında özel bir şirkette 6 ay proje mühendisi olarak çalıştıktan sonra kurucu ortağı olduğu GC Jeotermal Müh. Proj. Taah. San ve Tic Ltd. Şti'nde çeşitli kurumlara danışmanlık hizmeti verdi. Halen SFM & Hochtief FM isimli alman ortaklı firmada Proje Geliştirme Mühendisi olarak çalışmaktadır.