JEOTERMAL BÖLGE ISITMA SİSTEMLERİNDE KAVRAMSAL PLANLAMA

Macit TOKSOY
Adil Caner ŞENER

ÖZET

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin projelendirilmesindeki ilk adım kavramsal planlamadır. Bölge ısıtma sistemlerinin kavramsal planlaması üç analiz ile gerçekleştirilir. Bu üç analiz; teknik fizibilite, ekonomik fizibilite ve politik fizibilite olarak verilmiştir. Bu çalışmada jeotermal bölge ısıtma sistemleri için kavramsal planlamanın tüm aşamaları sistematik bir yaklaşım içinde, verilmeye çalışılmıştır.

Jeotermal bölge ısıtma sistemleri projelerinin kavramsal planlama aşamasın da, projelerin eksik teknik ve ekonomik analizlere dayalı nedenlerden dolayı başarısızlıkla sonuçlanmaması için, en ince ayrıntısına kadar gerçekleşirilmesi bir zorunluluktur.

1. GİRİŞ

Türkiyede gerçekleştirilen pek çok jeotermal bölge ısıtma sistemi, bir projenin başarısını etkileyen, ilk faz olan planlama aşamasının önemi çeşitli nedenlerle (maliyet, yönlendirme, kısa erimli politik kaygılar) göz ardı edilerek, gerçekleştirilmeye çalışıldığından ya başarısızlıkla sonuçlanmakta, ya da işletme aşamasında sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Pek çok kentimizde sürdürülmeye çalışılan, jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin gelişme süreçleri incelendiğinde bu eksikliğin açıkça görülmesi mümkündür.

Bir jeotermal bölge ısıtma sisteminin gerçekleştirilmesi (projelendirilmesi); kaynağın belirlenmesinden yapımına ve nihayet işletmesine kadar pek çok süreci içerir [1]. Bu süreçleri beş adımda sınıflandırmak mümkündür: (I) Kavramsal Planlama, (II) Tasarım (Uygulama Projesi), (III) Uygulama, (IV) Test ve işletmeye alma, (V) İşletme.

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin projelendirilmesindeki ilk adım, konvansiyonel bölge ısıtma sistemlerinde olduğu gibi, kavramsal planlamadır ve üç analiz ile gerçekleştirilir [2]: Ekonomik Fizibilite, Teknik Fizibilite, Politik Fizibilite.

Her jeotermal bölge ısıtma sistemi uygulaması, diğerlerinden farklı bir projedir. Bu yüzden jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin genel kabuller ile ekonomik ve teknik analizlerinin yapılması mümkün değildir. Çünkü jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde,

Jeotermal sahanın özellikleri (sıcaklık, debi, jeotermal akışkan kimyasal yapısı, kuyu sayıları, kuyuların statik ve dinamik seviyeleri).

Jeotermal saha ile jeotermal enerji kullanım alanı arasındaki uzaklık.

Bölgenin,

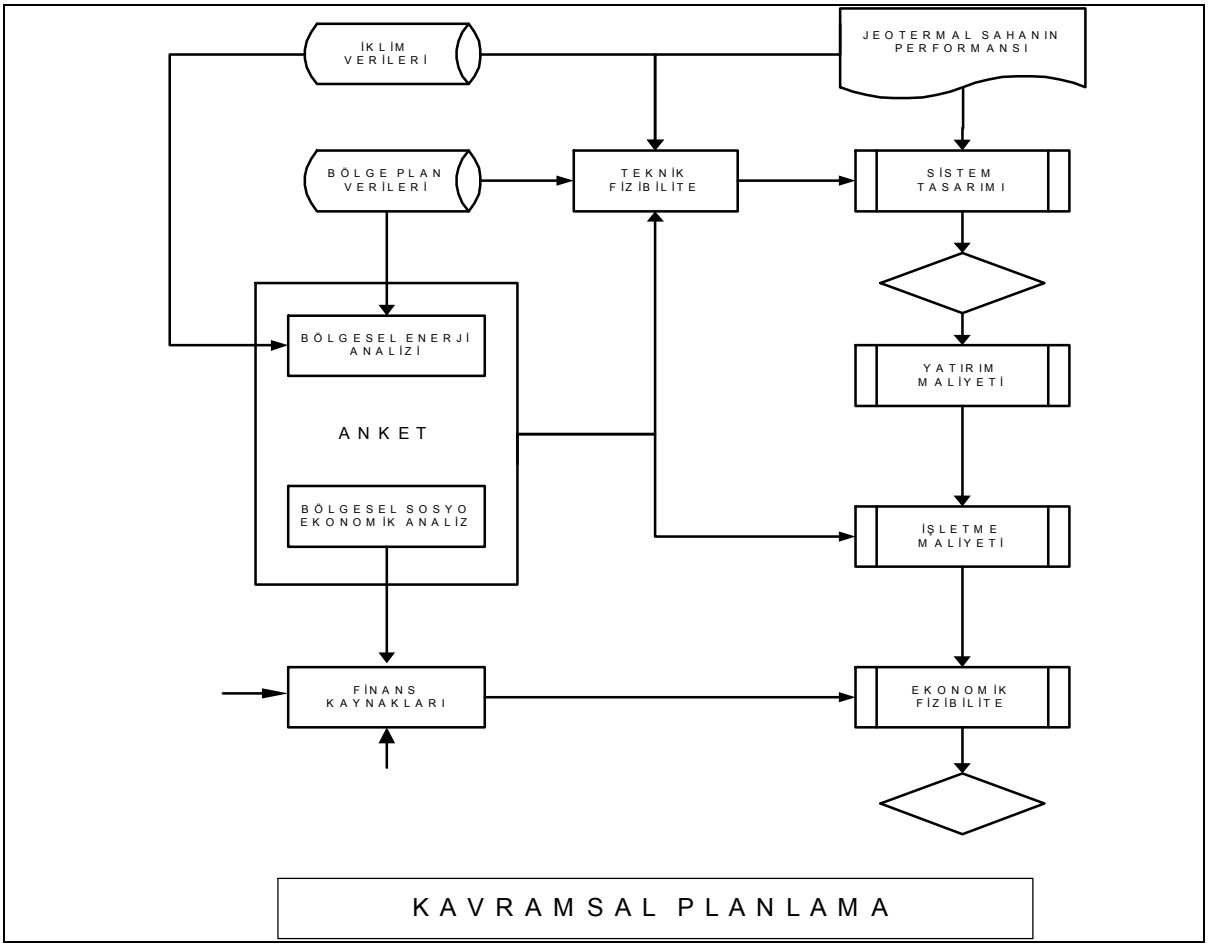
1. topoğrafik özellikleri,
2. sosyo-ekonomik yapısı,
3. yapılaşma-imar özellikleri,
4. Isıtma sistemi büyüklüğü.

birbirinden farklıdır.

Bu farklılıklar, her projenin, yatırım ve işletme maliyetlerinin hesaplanmasını gerektiren fizibilite aşamasında detaylı teknik tasarımını da gerektirir. Bu çalışmada önce "Kavramsal Planlama" içinde öngörülen çalışmalar sistematik bir tarzda açıklanmış ve örneklenmeye çalışılmıştır. Sonuç bölümünde de bir kavramsal planlama projesi sonucunda elde edilmesi gereken bilgiler ve sonuçlar sıralanmıştır.

2. JEOTERMAL BÖLGE ISITMA SİSTEMLERİNDE KAVRAMSAL PLANLAMA

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerine ait kavramsal planlamanın bileşenlerini içeren genel akım şeması Şekil 1'de verilmiştir. Bu akım şeması incelendiğinde, bileşenlerin bir kısmının jeotermal saha ve bölge ile ilgili veri tabanları (iklim verileri, bölge plan verileri) diğerlerinin (tasarım, yatırım maliyeti, vs) ise bu veri tabanlarını kullanan teknik ve ekonomik, tasarım ve analizler olduğu görülür.



Şekil 1. Kavramsal Planlamanın Genel Akım Şeması

Tasarım ve analizler için gerekli veri tabanları pek çok kentimiz için, günümüz teknolojisinin gerektirdiği şekilde magnetik ortamlarda mevcut değildir. Örneğin; kentlerimizin pek çoğu için 24 saat, 360 günlük dış hava sıcaklıklarına elektronik ortamda ulaşmak mümkün değildir. Bu nedenle, bu veri tabanlarının da kavramsal planlama aşamasında oluşturulması gerekmektedir. Aşağıdaki bölümlerde kavramsal planlamanın çeşitli bileşenleri verien akım şemasına uygun sırada açıklanmıştır.

3. JEOTERMAL BÖLGE ISITMA SİSTEMLERİNDE KAVRAMSAL PLANLAMANIN BİLEŞENLERİ

3.1. Jeotermal Sahanın Performansı

Bir jeotermal bölge ısıtma sisteminin tasarımının yapılabilmesi için gerekli olan verilerin en başında jeotermal sahanın performansı gelmektedir. Jeotermal sahanın performansının bilinmesi, o sahadan sürdürülebilir ve yenilenebilir olarak üretilecek olan,

- jeotermal akışkan sıcaklıklarının,
- jeotermal akışkan debilerinin,
- jeotermal akışkanın kimyasal yapısının,
- üretim ve re-enjeksiyon kuyularının sayısının,
- kuyu karakteristiklerinin-kuyu üretim testleri sonuçlarının,
- saha ve kuyuların topoğrafik yapısının

bilinmesi demektir. Bu bilgilerin olmaması veya eksik olması durumunda, bu jeotermal sahadan üretilebilecek olan enerjinin miktarının, dolayısıyla bu enerjiye bağlı olan bölge ısıtma sistemi büyüklüğünün belirlenmesine, yatırım ve işletme maliyetlerinin belirlenmesine, sistemin ekonomik fizibilitesinin yeterli güvenilirlikte yapılmasına imkan yoktur.Ancak senaryolara dayalı tahminler yapmak mümkündür.

Ülkemizde gerçekleştirilen hiçbir jeotermal bölge ısıtma sisteminde, uygulama öncesinde saha performansını belirleme çalışması yapılmamıştır. Bu çalışma sadace Balçova-Narlıdere Jeotermal Bölge Isıtma Sisteminde, uygulama başladıktan yaklaşık altı sene sonra gerçekleştirilmiştir [3]. JBI[1] sistemlerinin, genellikle sahada açılmış çoğunlukla bir veya iki kuyunun, uygun teknikler kullanılarak yapılmamış testlerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak, hassasiyeti bu türlü kapital yoğun yatırımlar için çok kötü sonuçlar verebilecek kadar kötü “depolanmış ısı- heat stored” gibi metodlarla tanımlanmış performansa dayanarak tasarımlar yapılmaktadır.

Jeotermal saha performans projeleri, JBI sistemleri yatırım maliyetleri yanında çok küçük maliyetler olmasına rağmen proje geliştiricileri (genellikle il özel idareleri ve belediyeler) tarafından, çeşitli nedenlerle öngörülmemektedir. Hatta bu çalışmalar bazı çevrelerce temel bilimsel araştırma olarak da algılanmaktadır. Üretilebilecek akışkan miktarı, üretim ve re-enjeksiyon kuyuları ve bunların karakteristikleri bilinmeden başlanılan, iletim ve dağıtım boruları satın alınan ve döşenen JBIS projelerine de rastlanılmaktadır.

Bu alandaki olumsuzlukların kaynaklarını bir tarafa bırakarak, sağlıklı JBIS projeleri geliştirmek üzere aşağıdaki hususların üzerinde önemle durulması gerekmektedir:

Jeotermal bölge ısıtma sistemleri, enerji üretim ve dağıtım sistemi olarak yerel bir hizmetin verilmesine yönelik olsa da, bu hizmetin sonuçları itibariyle ülkesel değerlere sahip projelerdir. Çünkü:

Bu sistemler (uygun ısıl konforun yaratılması, çevresel yanma emisyon kirliliğinin azaltılması nedenleriyle) devletin görevlerinden biri olan toplum sağlığının korunmasına önemli katkılarda bulunmaktadır.

[1] JBIS : Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi.

Jeotermal bölge ısıtma sistemleri, gerek planlama ve yatırım aşamasında gerekse işletme aşamasında istihdam ve katma değer yaratan işletmelerdir. Devlet için vergi anlamında gelir kaynağıdır.

Bu sistemlerin işletilmeye başlanılması ile ithal edilen enerji kaynakları için ödenen dövizden tasarruf edilmektedir. Bu tasarrufun toplum açısından hem doğrudan (döviz maliyetinden tasarruf edilmesi) hem de dolaylı (tasarruf edilen dövizin başka gereksinimler için kullanılması) faydası söz konusudur.

Görüldüğü üzere JBI sistemleri yerel hizmet sağlamasına karşın önemli ulusal faydalar sağlamaktadır. Bu durumda yine devletin görevlerinden biri olan ulusal yer altı kaynaklarının geliştirilmesi açısından, jeotermal sahaların geliştirilmesi ve performansının belirlenmesine yönelik tüm çalışmaların finasmanı devlet tarafından karşılanmalıdır. Böylelikle ülkemizdeki finans modeline göre yatırım ve işletme maliyetleri büyük bir oranda kullanıcılar tarafından karşılanan JBI sistemlerinin sağlıklı olarak projelendirilmesi mümkün olacak, saha verileri ile ilgili eksik bilgilerden kaynaklanan olumsuzlukların topluma olan maliyetlerinden de kaçınılmış olacaktır.

3.2. İklim Verileri

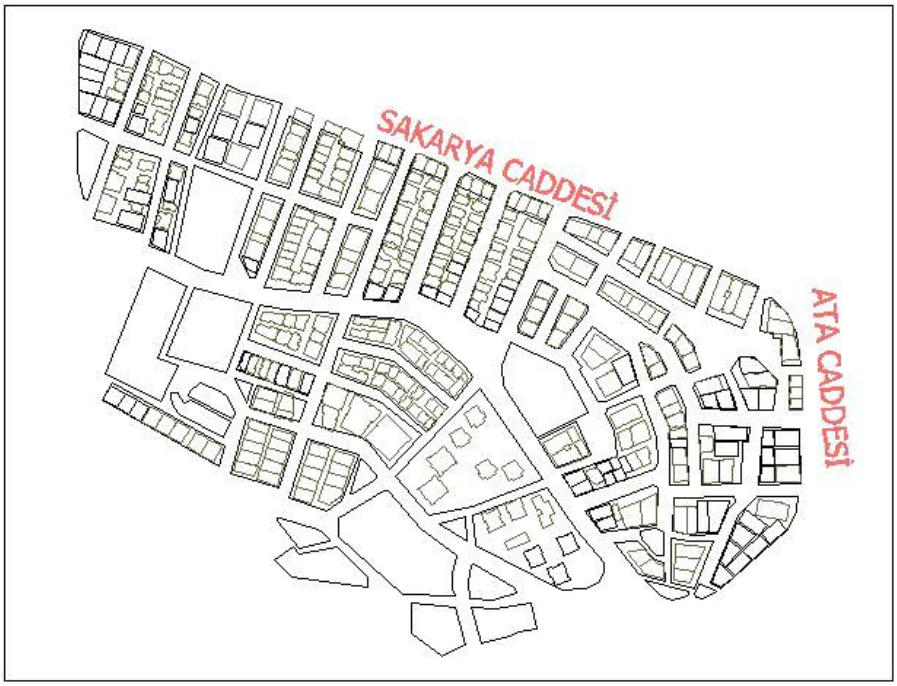
Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin kavramsal planlaması için gerekli ikinci veri grubu, söz konusu bölgenin ilkim verileridir. Pik-tepe yükü için tasarım dış sıcaklığı ile yıllık enerji tüketiminin ve buna bağlı olarak işletme maliyetlerinin hesaplanabilmesi ayrıca işletme esnasında konvansiyonel enerji tüketiminin kontrol ve minimize edilmesi [4,5] için gerekli 24 saat 365 gün dış sıcaklıklar, iklim verileri içindeki en önemli değişkenlerdir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar ile pekçok ilimiz için ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme tesisatları için tasarım dış sıcaklıkları, ısıtma derece-gün değerleri hesaplanmış, tipik iklim yılı verileri belirlenmiştir [6]. Ancak pek çok kentimiz için bu değerler, kullanıma hazır durumda değildir. Bu yüzden jeotermal bölge ısıtma sistemi planlaması yapılan kent için, eğer iklim verileri mevcut değilse ve kentte meteoroloji istasyonu var ise, DMİ Genel Müdürlüğü'nden ilgili veriler elde edilerek, tasarım dış sıcaklıkları ve tipik yıl 24 saat 365 gün dış sıcaklık ortalamalarına göre derece-gün ve derece-saat değerleri oluşturulmalıdır. Bazı kentlerimizde meteoroloji istasyonu yoktur, bu durumda tasarımcı, mikro klima farklılıklarının olup olmadığına dikkat ederek en yakın ve en uygun bir meteoroloji istasyonunun verilerini alarak, söz konusu kent için kullanabileceği iklim verilerini oluşturmalıdır.

İklim verileri planlama aşaması için önemli olduğu kadar, işletme aşaması için de önemlidir. İlk projelendirmede iklim verileri hangi hassasiyette elde edilmiş olursa olsun, sistem operatörü işletme esnasında kendi iklim verilerini oluşturmak zorundadır. Bu nedenle işletmenin hizmet ettiği bölge içinde ve uygun bir konumda en azından temel iklim parametrelerini (sıcaklık, nem, rüzgar) ölçen bir meteoroloji istasyonu oluşturulmalı ve ölçümler sürekli ve düzenli alınarak, bölgesel iklim veri tabanı oluşturulmalıdır.

3.3. Bölge Plan Verileri

Jeotermal bölge ısıtma sistemleri kavramsal planlaması için gerekli üçüncü veri tabanı, 1/100 ve 1/1000 ölçekli halihazır imar durumu ile, imar durumuna göre söz konusu bölgede kısa ve uzun vadede olacak yapılaşmaya ait bilgilerdir. Jeotermal bölge ısıtma sistemi maliyetinin en büyük payı şehir dağıtım şebekesine aittir. Bu neden bölge ısıtma sistemi içinde yer alacak konut alanlarının bina ve pafta bazında detaylı incelenmesini gerektirir. Sistemin ayrıca bölgenin gelecekteki yapılaşmasına da hizmet vermesi öngörülmektedir.



Şekil 2. Balçova Sistem-2 bölge haritası.

Bölge yapılaşma bilgileri ile oluşturulacak veri tabanında aşağıdaki bilgilerin yer alması gerekir:

- Binaların,
- Oturma alanları
- Kat sayıları
- Kat yüksekleri
- Konut sayıları
- Konut kullanım alanları
- Konut değilse kullanım cinsi
- Ada büyüklükleri-yüzölçümleri
- Adada var olan binaların toplam oturma alanı
- Adada var olan binaların toplam kullanım alanı
- Adada gelecekte olan yeni yapıların, imar iznine bağlı olarak 3.3.a'daki bilgilerinin tahmini değerleri
- Bölgenin büyüklüğü-yüzölçümü
- Bögede var olan binaların toplam oturma alanları
- Bölgede gelecekte olan yapılaşmaya ait toplam oturma alanları

3.4. Bölgesel Enerji Ve Sosyo-Ekonomik Analiz : ANKET ÇALIŞMASI

Bölgesel enerji analizi, jeotermal bölge ısıtma sistemi kurulacak olan bölgenin, JBIS öncesi ısıtma sistemlerinin genel olarak enerji bilançosunu çıkarmak, kullanılan yakıt cinslerini ve maliyetlerini bulmak, bölge plan verilerini kullanarak tasarım yükü ve yük yoğunluklarını belirlemek amacıyla yapılan analizdir. Bölgesel sosyo-ekonomik analiz ise kurulacak JBIS'ne katılım talebi (politik fizibilite toplum bilşeni) olup olmayacağının belirlenmesidir. JBIS'nin bölge yaşayanları tarafından tanınıp tanınmaması, katılımın ekonomik yükümlülüklerinin potansiyel katılımcıları tarafından göz önüne alınıp alınamayacağı, buna bağlı oluşacak talep miktarı ve bu talebin bölgede yerel ve zaman içinde değişimi önemli yatırım finansman analizi parametreleridir.

Bu analizler JBIS kurulduktan sonra elde edilen sonuçların karşılaştırılması için de bir referans noktası oluşturur. Bu analizin yapılması için, konutlar bazında ısıtma sistem, yakıt cinsleri ve yıllık yakıt maliyetleri benzeri bilgilerin elde edilmesi gerekmektedir. Bu bilgileri elde edebilmek için öngörülen araçlardan bir tanesi, Balçova Sistem-2 ile Bergama JBIS kavramsal planlama çalışmalarında uygulanan anket çalışmasıdır.

Ek 1 ve 2'de örnekleri verilen iki anket, sırasıyla tüm konutlara ve merkezi ısıtma sistemi bulunan binalara uygulanmak üzere hazırlanmıştır.

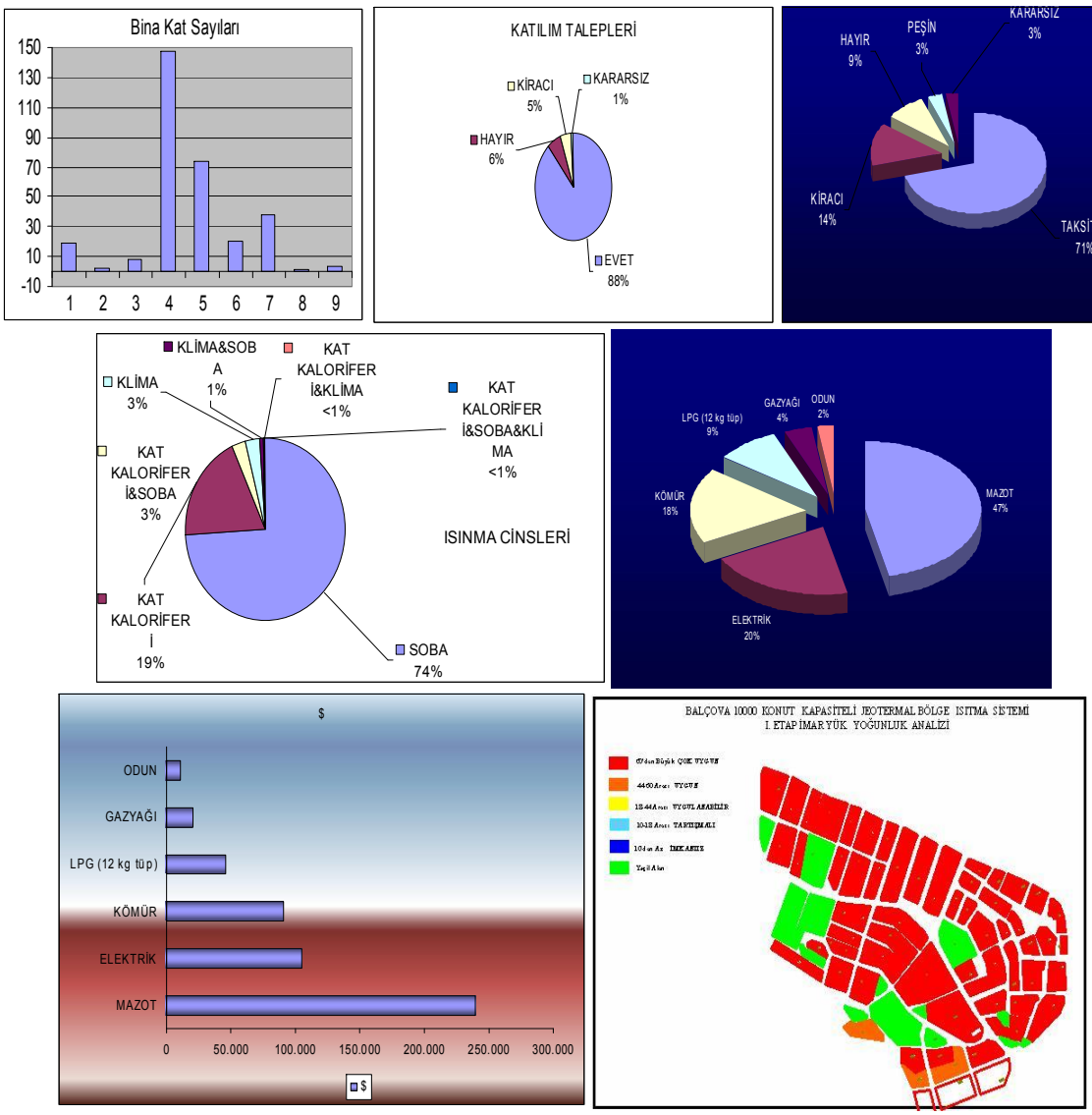
Konutlara uygulanan ankette (EK 1) yer alan 16 sorunun hedeflediği istatistikler aşağıda verilmiştir:

- Konut adresi, bina içindeki konumu.
- Konut alanı.
- Isınma sistemi türü (kalorifer, soba, vs).
- Miktar ve maliyet olarak olarak yıllık yakıt tüketimi.
- Kaloriferli sistemlerde tesisat projesi olup olmadığı.
- Kaloriferli sistemlerde ısıtıcı türleri (panel radyatör, vs).
- Kaloriferli sistemlerde ısıtıcı büyüklükleri.
- Yılda ısıtma yapılan süre (ay olarak).
- Konutlarda termometre olup olmadığı.
- Kış aylarında konut içindeki sıcaklıklar.
- Pencere tipi (ahşap, plastik, vs).
- Cam sayısı (tek, çift).
- Kullanım sıcak suyu sistemi (Şofben, kombi, vs).
- LPG kullanılan sıcak suyu sistemlerinde kullanılan tüp sayısı.
- Jeotermal bölge ısıtma sistemine katılma isteği.
- Jeotermal bölge ısıtma sistemine katılım için öngörülen maliyetlerin peşin veya 12 ay taksitle ödenmesinde tercih.
- Kalorifer sistemi olmayan konutlarda öngörülen maliyetle kalorifer sisteminin yaptırılıp yaptırılamayacağı.

Merkezi kalorifer sistemi olan binaların yöneticileri için hazırlanan anketlerden (EK 2) elde edilmesi öngörülen istatistikler ise:

- Konut adresi.
- Isıtma projesinin temin edilebilir olup olmadığı.
- Miktar olarak yıllık yakıt tüketimi.
- Yıllık yakıt maliyeti.
- Isıtma sisteminin günde kaç saat çalıştırıldığı.
- Merkezi sıcak su siteminin var olup olmadığı.
- Sıcak suyun haftada kaç saat sağlandığı
- Çatı izolasyonu olup olmadığı.

bilgilerinin elde edilmesine yöneliktir. Balçova Sistem - 2 uygulamasında anket çalışması Makina Mühendisleri Odası işbirliğiyle gerçekleştirilmiş, anketler makina mühendisleri tarafından uygulanmıştır. Anketlerin makina mühendisleri tarafından uygulanması, özellikle sorulara verilen cevapların anket uygulanması esnasında değerlendirilmesi ve doğru cevapların alınmasının sağlanmasına yöneliktir. Bu tür anketlerin uygulanmasında anketörlerin eğitilmesi, edinilecek istatistik bilgilerin güvenilirliği ile yakından ilgilidir. Bu anketin sonuçlarından örnekler Şekil 3'de verilmiştiir.



Şekil 3. Balçova Sistem -2 anket çalışması sonuçlarından grafik örnekler [7].

Anket çalışmasının en önemli sonuçlarından bir tanesi, öngörülen bir maliyetle jeotermal bölge ısınma sistemine katılım oranının belirlenmesidir. Ülkemizdeki modellere bakıldığı zaman, jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin ana finans kaynağı, yatırım maliyetlerinin konut başına düşen miktarının konutlardan katılım bedeli ismi altında alınmasıdır. Seçilen bölge büyüklüğü ve bu bölge içinde sisteme katılım oranı konut başına düşen maliyeti belirler. Katılım yüzdesinin küçük değerlerden başlayıp uzun seneler sonra artması, yatırımcıya ciddi finans sorunları yaratabilir. Örneklemek gerekirse, Balçova Sistem-2 anket çalışmasında sorulardan bir tanesi jeotermal ısınma sistemine katılım isteğinin olup olmadığıdır. Bu soruya verilen cevap konutların toplamında %89 oranında katılım talebi olduğunu göstermiştir. İkinci bir soru ise 1200-1500 $ katılım maliyetinin karşılanıp karşılanamayacağıdır. Bu soruya verilen olumlu cevap oranı ise %74'dür. Görüleceği üzere konut sahipleri jeotermal bölge ısıtma sistemine %89 oranında katılmak istemektedirler. Ancak mali yükümlülük göz önüne alındığında oran azalmakta, konutların ancak %74'ü mali açıdan katılabileceklerini beyan etmektedirler. Yatırımın finans analizinde bu değerlerin dikkate alınması çok önemlidir. Uygulama başlangıcında katılım talebi daha da düşük olabilir. Anketten elde edilen bu değerler değil, literatürde görülen daha düşük katılma oranları da karşılaşılacak risklerin belirlenmesi açısından göz önüne alınmalıdır. Balçova Sistem-2 kavramsal planlamasında ekonomik analizler %89, %74, %50 ve %33 katılım oranları göz önüne alınarak ayrı ayrı yapılmıştır.

Farklı katılım oranlarına bağlı olarak yapılacak analizde, katılım senaryolarının (öngörülen toplam katılım oranına, örneğin %89'a ulaşmak üzere, yıllara bağlı olarak katılım sayılarının belirlenmesi) önemi de büyüktür. Yapımcıya olan güvensizlik, önceki yıllarda olan başarısız denemeler, ilk yıllardaki işletme maliyetleri ve sistem yetersizlikleri, katılım sayılarının dağılımını önemli derecede etkileyecektir.

Katılım talebinin değerlendirilmesinde göz önünde tutulacak bir diğer konu da, katılım talebi dağılımın bölge içinde homojen olup olmadığıdır. Homojen olacağı gibi, bölge içinde bazı alanlarda çok yüksek, bazı alanlarda daha düşük olabilir. Yatırım planlaması, bu dağılım da göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Konut başına düşen katılım maliyeti katılım oranı ile lineer olarak değişmemektedir. Bu nedenle bölgenin tamamına, özellikle katılım talebi homojen dağılmışsa, mimimum bir alt yapı gelecekteki gelişmeleri de göz önüne almak şartıyla başlangıçtan itibaren götürülmek zorundadır. Katılım talebi ile yaklaşık olarak lineer artan maliyet bileşeni, temel olarak bina bağlantı ve bina altı sistemleri maliyetidir.

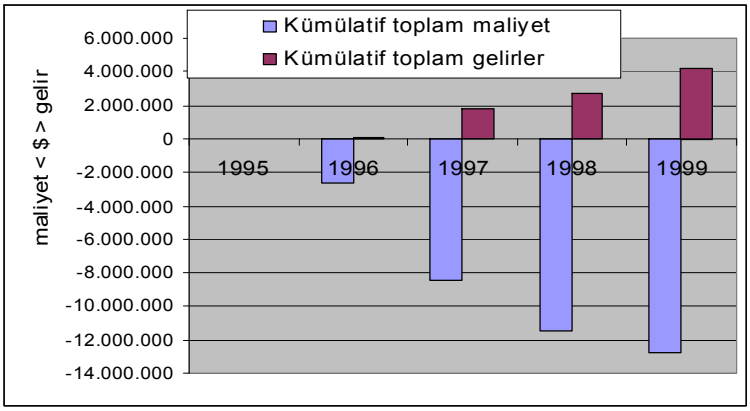
3.5. Finans Kaynakları

Bundan önceki bölümde verildiği üzere; ülkemizdeki JBIS'nin temel finas kaynağı, sistemden hizmet almak isteyen konut ve işyeri sahiplerinden alınan veya alınması öngörülen katılım ücretleridir. Ancak sisteme katılım, JBIS'nin ekonomikliğine, tanınmasına, proje yönetimine olan güvene, bölge ekonomik gücüne ve dağılıma, ve nihayet zamana bağlıdır. Bu nedenle, JBIS uygulamalarının başlangıçta belediyelerin (Salihli, Dikili) veya il özel idarelerinin (Balçova-Narlıdere) finans desteği ile projelendirildiği görülür. Yerel yönetimlerden yapılan bu katkıların sonuçta projelerin ana finans kaynağını da oluşturduğu görülür. Tablo 1'de örnek olarak Balçova-Narlıdere JBIS projesinde 1996-1999 yılları arasında, kuyular hariç yapılan yatırımın (kümülatif toplam yatırım) ve katılım+kullanım ücretlerinin kümülatif toplamlarının (kümülatif toplam gelirler) yıllara bağlı olarak değişimi görülmektedir. Görüleceği üzere 1999 sonu itibari ile, basit analizle, yaklaşık olarak 8.6 milyon dolarlık bir negatif kümülatif net nakit akışı vardır. Bir başka deyişle il özel idaresi yatırımı, (paranın zaman değeri göz önüne alınmaksızın) 8.6 milyon dolarla desteklemiş olmaktadır.

Bir önceki bölümde de açıklandığı gibi potansiyel kullanıcılardan alınacak katılım bedellerinin miktarı ve yıllara bağlı dağılımı, projenin yatırım süresi ve ödeme takvimi, bir jeotermal bölge ısıtma sistemi projesinin başarıyla yürütülmesi için en önemli unsurlardır.

Tablo 1. Balçova – Narlıdere JBIS 1995-2000 kümülatif yatırım değerleri

	1995	1996	1997	1998	1999
Kümülatif toplam maliyet	7.116	2.659.947	8.421.760	11.452.284	12.815.097
Kümülatif toplam gelirler	0	62.424	1.748.343	2.741.962	4.188.972
Kümülatif net nakit akışı	-7.116	-2.597.523	-6.673.417	-8.710.322	-8.626.125



3.6. Teknik Fizibilite

Bölge ısıtma sistemleri açısından teknik fizibilite, jeotermal kaynağın özelliklerine bağlı olarak jeotermal bölge ısıtma sisteminin teknik anlamda mümkün olup olmayacağının araştırılmasıdır. Çok düşük sıcaklıklar, jeotermal akışkanın kimyasal yapısının uygun olmayışı (yüksek karbondioksit gibi), yeterli debinin olmayışı, topografik nedenlerle oluşan yüksek basınçlar, kaynakla bölge ısıtma sistemi arasındaki aşırı uzaklık gibi nedenlerle jeotermal enerjinin bölge ısıtma sisteminde doğrudan kullanımı mümkün olmayabilir.

Jeotermal kaynağın coğrafik, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bölge ısıtma sistemi için getirdiği sorunlara ait teknik çözümlerin var olduğundan emin olunmalıdır.

3.7. Sistem Tasarımı

Kavramsal planlama içerisinde sistem tasarımı, jeotermal bölge ısıtma sisteminin yatırım ve işletme maliyetlerini hesaplayabilmek için gerekli tüm bileşenlerinin seçilmesi ve ölçülendirilmesidir. Gerekli tüm bileşenler ise jeotermal akışkanın yeryüzüne çıkarılmasından taşıdığı enerjinin yaşam hacimlerine aktarılmasına kadar gerekli tüm ekipmanları, sistemin işletilebilmesi için gerekli gözlem ve kontrol cihazlarını içerir. Sistem tasarımının adımları aşağıda verilmiştir.

a. Sistem Isı Yükünün Bulunması

Sistem ısı yükünün bulunması, bölge ısıtma sisteminden enerji alacak bölgenin belirlenmesi ve belirlenen bölgede yer alan ve gelecekte yer alacak binaların ısı kaybı tasarım dış sıcaklığına göre pik yüklerinin bulunmasını içerir. Ancak bu tanımın öngördüğü işlemler için modellerin seçilmesi ve kabullerin yapılması (Isı yükü hesap yöntemi, bölge büyüklüğü, sistemde yer alacak bina sayısı ve fiziki ölçüleri), hem jeotermal bölge ısıtma sistemin bileşenlerinin büyüklüklerini, hem de ekonomisini çok ciddi olarak etkileyen ve tasarıma önemli riskler getirebilecek adımlardır.

Risklerden ilki, Bölüm 3.3'de kısaca belirtildiği üzere, bölge ısıtma sistemi içinde yer alacak binaların sayı, alan ve fiziksel özellikleri itibariyle belirlenmesidir. Bu verilerin oluşturulması henüz ülkemizde kent bilgi sistemleri yeterince ve istenilen içerikte geliştirilmediği için anket çalışması ile gerçekleştirilebilir. Anketin yapılması ve değerlendirilmesi titizlikle gerçekleştirilse bile, istenilen hassasiyette verilerin oluşturulması mümkün olmamaktadır: Örneğin; anket sonuçları ile hava fotoğraflarından elde edilen veriler arasında ciddi farklılıklar olduğu gözlenmektedir. Bunun yanında yüke esas olmak üzere, göz önüne alınan bölgede imarlı boş alanlarda yakın gelecekte yapılacak binaların da özelliklerinin tahmini gerekmektedir. Bu nedenlerle anket çalışmaları, hava fotoğrafları ve tahminlerle elde edilen bina alanlarına dayalı olarak yapılan ısı yükü hesabı için belirsizlik analizi yapılarak, bu verilerin farklılığında sistemin değişimi göz önüne alınmalıdır.

İkinci risk ise, bina ısı yüklerinin hesabı için seçilecek yöntemden gelmektedir. Bir binanın ısı yükünün belirlenmesinde kullanılan yöntemler, basit (statik) ve simülasyon (dinamik) yöntemleri olarak iki ana grupta sınıflandırılmıştır [8]. Dinamik yük analizlerini içeren simülasyon yöntemlerinin kullanılması, yapıların geometrik ve termofiziksel özelliklerinin yanında, binanın yer aldığı bölgedeki iklim verilerinin (sıcaklık, rüzgar, güneş ışınımı vs.) detaylı olarak bilinmesini gerektirir. Ayrıca, söz konusu analizler TRANSYS gibi simülasyon programlarının kullanılması ile yapılabilir. Gerek kent bilgi veri sistemlerinin gerekse iklim veri tabanlarının çok gelişmiş olmadığı şehirlerde bölge ısıtma sistemlerinin yük analizinin, simülasyon yöntemleri ile yapılması mümkün değildir. Heller'in [8] önerdiği ve basit yöntemler içerisinde sınıflandırdığı "Enerji Karakteristikleri" veya "Enerji İmza" yöntemini de Türkiyedeki bölge ısıtma sistemleri içerisinde kullanmak mümkün değildir. Çünkü bölge ısıtma sistemi içinde yer alacak binaların geçmiş yıllara ait enerji tüketim verilerini, kaba toplam yakıt tüketimleri dışında elde etmek mümkün değildir. Böylece, ısı yükü analizinde, DIN 4703'ü esas alan Makina Mühendisleri Odası'nca kabul edilen ısı yükü hesaplama yöntemine dayalı basit (statik) yöntemi dışında bir yöntemin kullanılması olası görülmemektedir. "Kavramsal Planlama" aşamasında, bölge ısıtma sisteminin uygulanacağı bölgedeki tüm binaların ısı yükünün hesaplanması yerine, istatistiki anlamda bölgedeki binaları mimari yönden temsil edebilecek yeterli sayıda bina için ısı kaybı

hesabının yapılması ve buradan giderek bölge için bir birim alan ısı yükü bulunması ve bu yük ile tüm bölgenin ısı yükünün tahmini, pratik anlamda uygulanabilir bir yöntem olarak görülmektedir.

Sistem ısı kaybı ısı yükünün hesabı için uygulanan bir yaklaşım, Bergama Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi Kavramsal Planlaması [9] çalışmasındaki örneği olarak aşağıda verilmiştir:

Binaların statik yöntemle ısı yükünün hesaplanabilmesi için, binaların geometrik ve termo-fiziksel özelliklerinin bilinmesi ve dış tasarım sıcaklığına bağlı olarak bu özelliklerle ısı yükünün hesaplanması gerekir. Ege bölgesindeki kentlerin ortalama ısı yüklerine esas mimari özellikleri birbirine çok yakındır. Bu nedenle, Balçova-Narlıdere Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi içerisinde yer alan 40 binanın DIN 4703'e göre hesaplanmış ısı yüklerinden hesaplanmış ortalama ısı yükü[10], Bergama projesi için de temel alınmıştır. Bu değer, Balçova ile Bergama'daki dış tasarım sıcaklıklarının farklı olması nedeniyle, Eşitlik 1'de kullanılarak, Bergama için birim alan ısı yükü hesaplanmıştır.

$$q_{ber} = q_{bal} \cdot (\Delta T_{ber} / \Delta T_{bal}) \qquad (1)$$

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,. Bergama için ise tasarım sıcaklık farkı 25 °C'dır. Eşitlik 1 ile Bergama için birim alan ortalama pik ısı yükü 62,39 kcal/h.m2 olarak hesaplanmıştır. Bergama'daki Meteoroloji İstasyonu tarafından verilen ortalama sıcaklıklara göre hesaplanan aylık ve yıllık ısı yük oranları ile ısıtma yapılacak gün sayıları Tablo 3'de verilmiştir. Isıtma yapılacak gün sayıları, günlük ortalama sıcaklığının balans sıcaklığından[11] (18,3ºC) düşük olduğu gün sayıları olarak hesaplanmıştır. Sistem toplam pik tasarım yükü, ortalama birim alan pik yükü ve toplam alanın çarpımı ile elde edilen toplam ısı yüküne (57 MWt), konutların sıcak su yüklerinin toplamı ile sistem kayıplarının (boru şebekeleri ve ısı merkezleri ısı kayıpları) eklenmesi ile elde edilmiştir.

Tablo 2: Bergama aylık ısı yük oranları ve ısıtma gün sayıları

Aylar	Ortalama Sıcaklıklar	Isı yük oranları	Isıtma yapılacak gün sayısı
Ocak	6,3	0,629	31
Şubat	7,8	0,576	28
Mart	9,6	0,498	31
Nisan	13.8	0,328	30
Mayıs	17,4	0,184	12
Ekim	16,0	0,240	23
Kasım	12,4	0,386	30
Aralık	8,5	0,542	31
Toplam			216
Sezon Ortalaması	10,75	0.45	

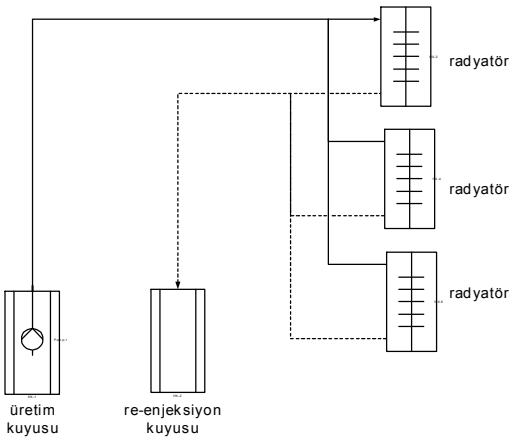
Sistem ısı yükünün bilşenlerinden bir tanesi de kullanım sıcak suyundan gelen ısı yüküdür. Sistem içinde yer alan tüm konutlarda kullanım sıcak suyu hazırlanması için standard yöntemlere göre hesaplanmış bir ısı yükü, ısı kaybı ısı yüküne ilave edilebilir. Ancak uygulamada, en azından Balçova – Narlıdere Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi'nde izlenildiği üzere tüm konutların sıcak su kullanımı için jeotermal enerjinin kullanılmadığı görülmektedir. Sıcak su kullanım oranı %50 civarındadır. Bunun nedeni tam olarak belirlenmemişse de, sıcak su hazırlama için gerekli tesisatın maliyetinin konutlarca karşılanmaması olarak düşünülmektedir. Şüphesiz sıcak su kullanımı, ayrıca aylık kullanım ücretinde de farklılık yaratmaktadır. Bu tür bir istatistik bilgi benzeri bölgelerdeki sıcak su yükü hesabında, tepe yükün aşırı büyütülmemesi için göz önüne alınabilir. Bu anlamda, Bergama ve Baçova Sistem -2 jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin ısı yükü analizinde, konutların yarısında sıcak su ısı yükü olacağı göz önüne alınmıştır[9].

Jeotermal bölge ısıtma sistemleri, örnekleri görüldüğü üzere, bazen sadece konfor ısıtması amacıyla değil, endüstriyel proses ısısının sağlanması ve sera ısıtılması gibi amaçlarla entegre olarak da planlanmakta ve uygulanmaktadır. Örneğin Denizli jeotermal projesinde hem konut, iş yeri, eğitim kurumları ve resmi dairelerde konfor ısıtması, hem de endüstriyel proses ısısının sağlanması öngörülmektedir. Bu türlü uygulamalarda endüstriyel prosesin ve tarımsal uygulamanın gerektirdiği yükler özel olarak hesaplanmalıdır. Tasarım yükünün belirlenmesinde ayrıca dikkate alınması gereken nokta yüklerin zaman içindeki dağılımıdır. Bu dağılım konfor ısıtmasının sağlandığı binalarda da, proses ısısında da farklılık gösterecektir. Örneğin; konutların yükü ile konut dışı kullanımların (okul, resmi daireler, fabrikalar) yük dağılımları birbirinden farklıdır. Tasarım yükü, yüklerin 24 saatlik süperpozisyonundan elde edilecek tepe yüke göre hesaplanmalıdır. Şüphesiz konvansiyonel enerji kullanan tepe yük sistemleri planlamasıyla jeotermal sistem tasarım yükü azaltılabilir veya jeotermal potansiyelin kullanım alanı genişletilebilir. Ancak yazarlar, jeotermal sahaların proje başlangıcındaki potansiyellerinin, jeotermal sahaların doğasının getirdiği faktörler nedeniyle kesin olarak bilinmemesi nedeniyle, pik sistemleri de öngören şekilde, tasarım yükünün belirlenmesini öngörmemektedirler. Bu tür tepe yük yardımcı sistemleri, çok gelişmiş, tüm detaylarıyla bilinen ve üretim performansları sınırda kullanılan jeotermal işletmelerde öngörülmelidir.

b. Enerji Transfer Sisteminin Belirlenmesi

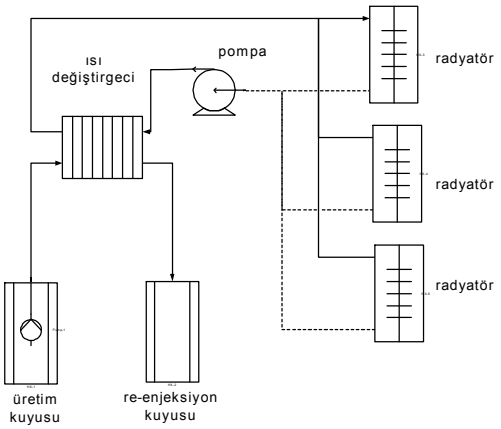
Üretilen jeotermal akışkandaki ısı enerjisinin, yaşam hacimleri içerisine transferini sağlayan çevrimler enerji transfer sistemini oluşturur. Akışkanın kimyasal yapısına, sıcaklığına, bölge ısıtma sisteminin büyüklüğüne bağlı olarak enerjinin transferi farklı mekanizmaları gerektirebilir. Uygulamalara bakıldığında enerji transfer sistemlerini üç grupta toplamak mümkündür.

- Ara kademesiz enerji transfer sistemi: Sıcaklığı 100°C'ın altında ise ve çökelme ve korozyon problemleri yaratmıyorsa, kuyulardan üretilen jeotermal akışkan doğrudan bina ısıtma sistemlerine pompalanabilir ve ısıtıcılarda (radyatör vs.) enerjisi yaşam hacimlerine transfer edilir(Şekil 4).



Şekil 4 : Ara kademesiz enerji transfer sistemi

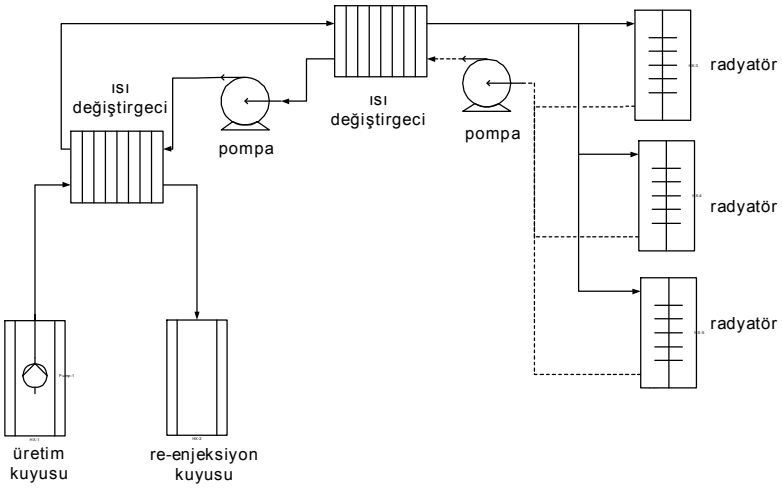
- Tek kademeli enerji transfer sistemi: 100°C'dan daha yüksek jeotermal akışkan sıcaklığı olması, özellikle jeotermal akışkanın çökelme ve/veya korozyona sebep olacak kimyasal özelliklere sahip olması durumlarında, çökelme ve/veya korozyonun göreceli olarak küçük bir dolaşım sisteminde kontrolu (önlenmesi veya sınırlandırılması) amacıyla jeotermal akışkanın enerjisi, binaların ısıtıcılarında dolaşan ikincil bir akışkana bir ısı değiştirgeci aracılığıyla transfer edilir. Böylelikle binalar arasındaki dağıtım şebekesi ve bina ısıtma sistemi çökelme ve korozyondan korunmuş olur(Şekil 5).



Şekil 5. Tek kademeli enerji transfer sistemi

- İki kademeli enerji transfer sistemi : Jeotermal akışkanın özellikleri, bir önceki tek kademeli enerji transfer sistemindeki gibi olan, ancak göreceli olarak büyük bölge ısıtma sistemlerinde, hidrodinamik denge problemlerinden kaçınmak üzere üçüncü bir akışkan çevrimi kullanılır. Bu sistemde, jeotermal akışkanın enerjisi önce ısı değiştirgeci/leri aracılığıyla binalar arasındaki dağıtım şebekesine, bu şebekeden de yine binalardaki ısı değiştirgeçleri ile bina içindeki üçüncü akışkan şebekesine ve nihayet ısıtıcılarla yaşam hacimlerine aktarılır(Şekil 6).

Türkiye'deki uygulamalarda, hemen hemen her sistemde hidrodinamik denge problemleri olmasının yanında, özellikle kademesiz ve tek ara kademeli sistemlerde çok büyük boyutlarda hidrodinamik denge problemleriyle karşı karşıya kalınmıştır. Bu problemlerin oluşmasının iki nedeni vardır: İlki sistem tasarımı yapılırken ve sistem büyütülürken hidrodinamik denge problemlerine yeterli duyarlılık gösterilmemiştir. İkincisi; sistem gereği gibi işletilememiş, sistemden enerji alan bina sahiplerinin sistemin hidrodinamik dengesini bozacak müdahalelerine engel olunamamıştır.



Şekil 6. İki kademeli enerji transfer sistem

Enerji transfer sistemi tasarımının diğer bileşeni, toplam sistem maliyetini minimize edecek çevrim sıcaklıklarının belirlenmesidir. Çevrim sıcaklıklarının belirlenmesi, her bir akışkan çevrimindeki (jeotermal akışkan devresi, bölge dağıtım şebekesi, bina şebekesi) gidiş ve dönüş sıcaklıklarının (ısı değiştirgeçlerinin ve mahal ısıtıcılarının giriş ve çıkış sıcaklıklarının) belirlenmesidir. Yüksek sıcaklık düşümleri jeotermal akışkan üretimini azaltır, jeotermal akışkan ve bölge dağıtım şebekelerindeki yatırım ve işletme maliyetlerini küçültür. Ancak bina içi ısıtma tesisatı (radyatör) maliyetini, artan ısıtma yüzeyi nedeniyle, yükseltir. Isıtma yüzeylerinin artması, sıcaklık rejimine ve kullanılacak ısıtma sistemine (radyatörlü, yerden ısıtma, vs.) bağlı olarak pratik sınılar içinde kalmalıdır.

c. Jeotermal Akışkan Üretimi Planlaması

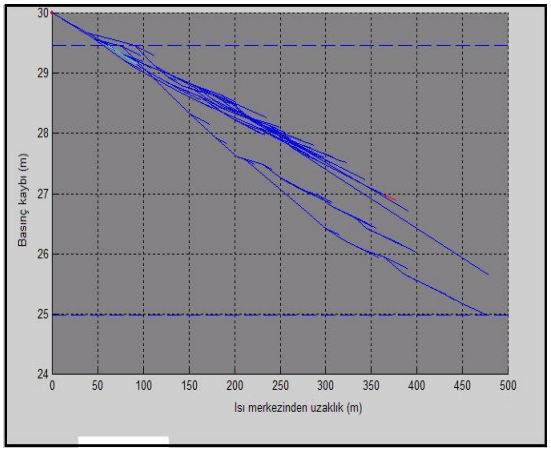
Isı yükü belirlenmiş bir jeotermal bölge ısıtma sisteminin kavramsal planlamasındaki bir diğer adım, söz konusu ısı yükünü karşılayacak jeotermal akışkan üretimi ve üretilen akışkanın re-enjeksiyon sisteminin planlamasıdır. Bu planlamanın yapılabilmesi için Bölüm 3.1'de açıklandığı üzere sahanın üretim ve re-enjeksiyon performansının belirlenmiş olması gerekir. Kavramsal planlama aşamasında, tüm üretim ve re-enjeksiyon kuyularının açılmış olması beklenemez. Ancak açılmış kuyular ve bunlara bağlı olarak yapılmış saha performansı projesine göre, açılması gereken kuyu sayıları, birbirinden uzaklıkları, kuyu teçhizatları ve jeotermal akışkan devresi, yatırım ve işletme maliyetlerin hesaplanmasına imkan sağlayacak bir saha üretim ve re-enjeksiyon senaryosu ile belirlenir. Şüphesiz bu belirleme, saha performans projesinin başarısına, sondajlarda öngörülen üretim ve re-enjeksiyon değerlerine ulaşmaya sıkı sıkıya bağlı riskli tahminlere dayanır. Bu yüzden maliyet analizlerinde, rezervuar mühendislerinin öngörüleri doğrultusunda, tasarımı yapılan akışkan üretim sisteminde olacak değişiklikler için belirsizlik analizi yapılmalıdır. Şüphesiz bu analizler çok sayıda üretim ve re-enjeksiyon kuyusu gerektiren bölge ısıtma sistemleri için çok önemlidir.

d. Enerji Transfer Merkezlerinin Ve Akışkan Dağıtım Şebekelerinin Planlanması

Seçilen enerji transfer sistemine ve akışkan çevrim sıcaklıklarına bağlı olarak, akışkan iletim-dağıtım hatlarının boyutlandırılması (çap, uzunluk, izolasyon kalınlığı ve cinsi); pompaların, ısı değiştirgeçlerinin, kesme ve ayar vanalarının seçilmesi; yardımcı sistemlerin (basınçlandırma, su tasviye cihazları, genleşme ve depolama sistemleri) seçilmesi, yatırım ve işletme maliyetlerinin belirlenmesi açısından, kavramsal planlamanın bir başka adımını oluşturur.

Bu adımın önemli bileşenlerinden bir tanesi, enerji transfer sistemi planlaması aşamasındaki sıcaklık rejimlerinin belirlenmesi çalışması ile birlikte yürütülen hidrolik devre tasarımıdır. Gelişmiş hidrolik devre analiz ve tasarım programlarıyla, toplam maliyeti optimize edecek basınç düşümlerinin ve dağılımın yapılması ve bunlara bağlı olarak boru çaplarının ve ilgili donanım (pompa, vana vs.) büyüklüklerinin seçilmesi kısa zamanda kolaylıkla yapılabilmektedir. Şekil 7'de Bergama JBIS için yapılan hidrolik devre analizinin sonuçları grafik formda görülmektedir.

Şehir şebekesi



Basınç kaybı grafiği

Şekil 7. Bergama JBIS Kent içi 1.bölge dağıtım şebeksi ve basınç kaybı grafiği

e. Otomasyon : Gözlem Ve Kontrol Sistemlerinin Tasarımı

Bir jeotermal bölge ısıtma sistemin önemli bileşenlerinden bir diğeri, sistemin sağlıklı olarak işletmeye alınmasını, ekonomik olarak işletilmesini, düzenli ve kesintisiz olarak hizmet vermesini sağlayan, sistemin geliştirilmesi ve genişletilmesi için gerekli veri tabanının oluşmasına imkan yaratan gözlem ve kontrol otomasyon sistemidir.

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde otomasyonun aşağıda belirtilen temel iki işlevi vardır: Bunlar gözlem ve veri toplama ile kontrol fonksiyonlarıdır.

Gözlem ve Veri Toplama :

Jeotermal rezervuarın özelliklerinin ve bölge ısıtma sisteminin işletme parametrelerinin ölçülmesi ve kaydedilmesi. Ölçülmesi ve kaydedilmesi öngörülen özellik ve paremetreler aşağıda sıralanmıştır:

Rezervuar karakteristikleri (R_i):

- Kuyu anlık üretim sıcaklığı
- Kuyu anlık dinamik seviyeleri
- Kuyu statik seviyeleri
- Kuyu anlık debileri ve üretilen toplam (günlük, aylık) akışkan debileri
- Kuyu pompası çıkış basıncı

Kuyu pompaları frekans değiştiricilerinin parametreleri:

- Anlık işletme frekansı.
- Motorun çektiği güç.
- Pompanın çalışma süresi.
- Motorun çektiği akım.

Bölge ısıtma sistemi işletme parametreleri (B_i)

- Jeotermal akışkanın ısı merkezlerindeki eşanjörlere giriş ve çıkış sıcaklıkları.
- Sirkülasyon pompaları çıkış basıncı.
- Sirkülasyon pompaları debisi.
- Şehir dağıtım sisteminin kritik noktalarından alınan basınç, sıcaklık ölçümleri.

Sirkülasyon pompalarının frekans değiştiricilerinin parametreleri:

- Anlık işletme frekansı
- Motorun çektiği güç
- Pompanın çalışma süresi
- Motorun çektiği akım
- Genleşme tankı seviye ölçümü.

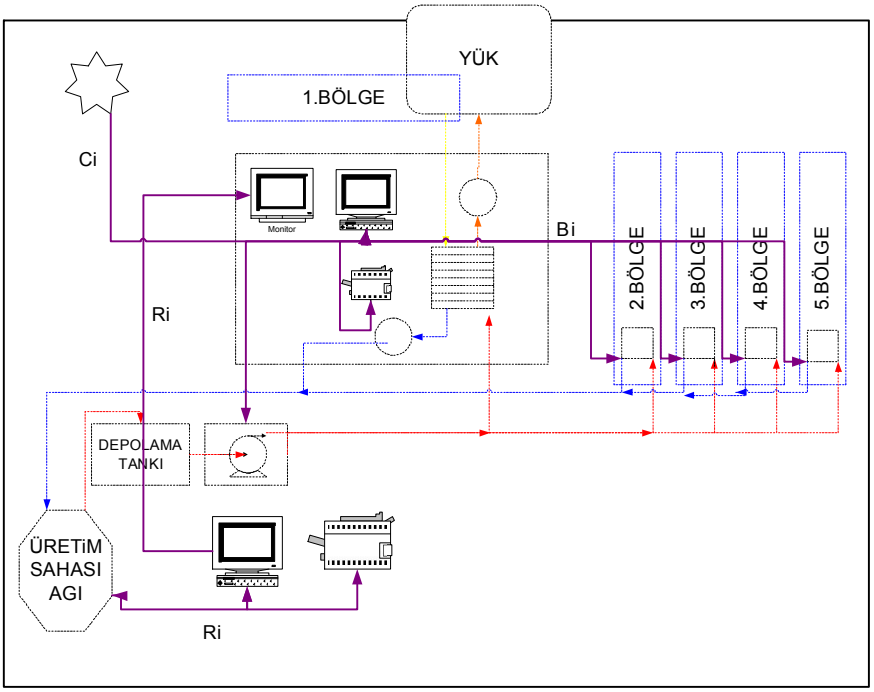
İklim verileri (C_i)

- Dış hava sıcaklığı
- Dış hava sıcaklığı nemi
- Rüzgar hızı ve yönü

Kontrol :

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde kontrol, güvenli olarak kesintisiz enerji üretimi ve transferi yanında, rezervuar özelliklerine ve ısıtma yükünün zamanla değişimine göre, en uygun kuyu ve sirkülasyon pompaları işletme stratejisinin uygulanması, bir başka deyişle, sistemde kuyu pompaları dahil tüm pompaların minimum enerji kullanımı stratejisine [4,5] uygun olarak çalıştırılmasıdır.

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde oluşturulması gereken otomasyon sistemleri, yukarıda verilen gözlem ve kontrol fonksiyonlarını eksiksiz olarak yerine getirecek şekilde planlanmalıdır. Kavramsal planlama aşamasında, diğer bileşenlerde olduğu gibi, yatırım ve işletme maliyetlerinin belirlenmesi açısından otomasyonun, gerekli elemanları belirlenmelidir. Şekil 8'de, Bergama JBIS için tasarımlanan otomasyon sisteminin genel şeması verilmiştir.



Şekil 8. Bergama JBIS gözlem ve kontrol sistemi genel şeması

3.8. Yatırım Maliyeti Analizi

Gerek yatırım maliyet analizlerinin sağlıklı yapılmamasından gerekse finansman sorunları yüzünden, jeotermal sahası araştırılmamış, kuyuları açılmamış ama boruları alınmış ve döşenmeye başlamış, yapımı senelerce süren, ekonomik duyarlılıktan yoksun projelere, Türkiye'de çok sık rastlanılmaktadır.

Bir jeotermal bölge ısıtma sisteminin yatırım maliyeti daha önceki bölümlerde verilen ve jeotermal sahanın yüzey ve derin arama çalışmalarından başlayan ve jeotermal saha performansının belirlenmesi çalışmalarından, uygulama projelerinin yapılmasına, uygulamanın yapılmasına ve nihayet işletmeye alınmasına kadar olan aşamalardaki tüm maliyetleri kapsayacak şekilde hesaplanması gerekir. Yatırım maliyeti analizinde, projenin sağlıklı olarak sürdürülmesini sağlamak amacıyla, gant diagramına bağlı olarak gerekli yatırım finasman modelini de oluşturulmalıdır. Yatırım ödemeleri ile dengeli finans planı olmayan JBIS uygulayıcıların ciddi problemlerle karşı karşıya kaldıkları görülmektedir.

Yatırım maliyetlerinin proje bileşenlerine bağlı olarak gruplar halinde toplanması ve analizi, yatırımın değerlendirilmesini kolaylaştıracağı gibi, uygulamanın planlanması ve finansman modelinin

oluşturulması açısından yararlıdır. Enerji transfer sistemine bağlı olarak değişmekle birlikte, bu gruplara en genel örnekler Tablo 3'de verilmiştir. Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde maliyet analizinin detaylı örnekleri de literatürde mevcuttur [12,13].

3.9. İşletme Maliyeti Analizi

İşletme maliyeti analizi, tasarımı yapılan sistemi işletmek için gerekli maliyetlerin hesaplanması ve değerlendirilmesidir. Jeotermal sahanın ve akışkanın fiziksel ve kimyasal özellikleri, bölge ısıtma sistemine uzaklığı, jeotermal saha ile bölge ısıtma sistemini içine alan bölgenin topoğrafik yapısı işletme maliyetlerini önemli ölçüde etkileyen faktörlerdir. Genel uygulamaya bakıldığında yatırım

Tablo 3. Jeotermal bölge ısıtma sistemleri yatırm grupları maliyet tablosu.

No	Yatırım grupları	Maliyeti
1	Jeotermal saha geliştirme yönetimi, üretim ve re-enjeksiyon performans projesi	
2	Yüzey ve derin arama çalışmaları	
3	Üretim ve re-enjeksiyon kuyuları delinmesi (üretim ve re-enjeksiyon testleri dahil)	
4	Kavramsal planlama projesi	
5	Kamulaştırma bedelleri	
6	Bölge ısıtma sistemi uygulama projesi	
7	Üretim kuyuları, kuyu başı ekipmanları ve tesisleri	
8	Üretim ve re-enjeksiyon ağı (jeotermal akışkan toplama ve basma hatları: borular, izolasyon, vanalar ve varsa booster pompaları ile birlikte)	
9	Isı transfer ve akışkan pompalama merkezleri (ısı değiştirgeçleri, pompalar, vanalar, yardımcı ekipmanlar)	
10	Bina altı sistemlerine girişe kadar kent içi dağıtım şebekesi (borular, izolasyon, vanalar, kaçak kontrol sistemleri	
11	Gözlem ve kontrol otomasyon sistemi, yazılımları	
12	Bina altı donanımları (eşanjörler, kontrol ekipmanları)	
13	Bağımsız kontrol hizmetleri	
14	İşletme yapıları (ısı merkezleri binaları, lokal ekipman binaları, yönetim merkezi, yardımcı tesisleri, vs.)	
15	İşletme yardımcı araç ve gereçleri (taşıma ve iş araçları, yardımcı ekipmanlar: kompresörler, jeneratörler, vs.)	
16	Elektrik güç sistemleri (gerekli yerlere enerji sağlayacak hatlar ve donanımlar: trafolar, vs.)	
17	İşletme yönetim araç ve gereçleri (bilgisayarlar, ofis donanımları, vs.)	
18	işletmeye alma ve test hizmetleri	

Tablo 4. Jeotermal bölge ısıtma sistemleri işletme maliyeti bileşenleri.

No	İşletme maliyeti bileşeni	Toplam yıllık maliyet
1	Enerji – Elektrik maliyeti	
2	Kimyasal madde maliyeti (inhibütör, su arıtma kimyasalları, korozyon önleyici kimyasallar,vs.)	
3	Personel maliyeti	
4	Bakım, onarım ve yenileme maliyetleri	
5	Amortisman maliyeti	
6	Yönetim Maliyeti	
7	Genel giderler	
8	Jeotermal saha ve su kullanım bedeli, sabit rüsum ve harçlar	
9	Besi suyu maliyetleri	

maliyetlerini karşılaması beklenen kullanıcılar açısından, işletme maliyetleri de yatırım katılım payları kadar önemlidir.

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin işletme maliyetleri bileşenlerinin genel bir sınıflandırması Tablo 4'de verilmiştir. Planlanan sistem için bu maliyetler gerçek işletme değerlerine yakın olarak tahmin edilmelidir.

Enerji ve kimyasal madde maliyetleri, sistem işletme simülasyonlarının yapılmasını gerektirir. Bu simülasyonlarla, dış sıcaklığa (değişen yüke) bağlı olarak yıl boyunca üretilmesi gereken jeotermal akışkan miktarını ve enerjinin (enerjiyi taşıyan akışkanların) üretim noktasından tüketim noktasına kadar olan transferi için gerekli pompalama enerjilerinin; kabuklaşma, korozyon ve su arıtma için kullanılacak diğer kimyasalların miktarlarının belirlenmesi amaçlanır. Kuyu ve farklı devrelerdeki akışkan transfer pompalarının elektrik tüketimi, jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde en büyük işletme maliyetlerinden biridir ve bazı projeler için kullanıcılar açısından ekonomik açıdan uygun olmayan sonuçlar doğurabilir.

Bölge ısıtma sistemlerinde elektrik tüketimi açısından gözlenen bir olumsuzluk ise, hem sistem tasarımının uygun olmayışından hem de otomasyon eksikliği nedeniyle, dış hava sıcaklığına bağlı olarak değişen ısı yükünün karşılanması için gereğinden fazla elektrik enerjisi tüketilmesidir. Bir bölge ısıtma sisteminde yapılan gözlemler, elektrik enerjisi tüketiminin ideal tüketimin yaklaşık iki katı olduğudur [4].

Konfor ısıtması sağlık açısından önemli bir hizmettir. Bu hizmetin ısıtma sezonunda 24 saat kesintisiz verilmesi, bölge ısıtma sistemleri açısından önemlidir. İşletme, bakım ve onarım personeli planlaması bu özellik dikkate alınarak yapılmalıdır.

3.10. Ekonomik Fizibilite

Jeotermal bölge ısıtma sistemleri projelerinde ekonomik fizibilite, maliyetleri(yatırım ve işletme) ve işletme gelirlerini girdi olarak kullanan ekonomik değerlendirme yöntemleriyle(Net Bugünkü Değer – NBD, İç Karlılık Oranı – İKO, İndirgenmiş Geri Ödeme Süresi), yatırımcı açısından projenin ekonomikliğinin sınanmasıdır.

Çok bilinen ekonomik değelendirme yöntemlerinin jeotermal bölge ısıtma sistemleri için uygulamalarını literatürde bulmak mümkündür[12,13]. Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde bu analizler, jeotermal sahanın performansının tahminindeki başarıya, bölge kullanım oranına, bölge gelişim senaryolarına, işletme maliyetlerinin doğru tahminine çok duyarlı analizlerdir: Örneğin, öngörülenden daha fazla kuyu

açılması ve/veya bölge katılım oranının düşük gerçekleşmesi, kullanıcılar tarafından finansmanı öngörülen projelerde kullanıcı katılım paylarını yükseltir. Bu yüzden

Bu analizlerin sonucunda, kullanıcıların ödeyebileceklerini öngördükleri yatırıma katılım payları ile kullanım-tüketim ücretlerine göre, ek finansman maliyetleride göz önüne alınarak, sistemin teknik ömrü içerisinde yatırımın karlılığına ve olabilirliğine karar verilir.

3.11. Politik Fizibilite

Politik fizibilite, bölge ısıtma sisteminin kurulmasına yönelik yerel yönetimlerin ve toplumun desteğinin belirlenmesidir. Başarılı bölge ısıtma sistemlerinin yerel yöenetimlerin ve toplumun desteği ile gerçekleştirildiği belirtilmektedir.

Türkiye' deki jeotermal BIS projelerinin yerel yönetimler tarafından desteklendiği, hatta projelerin yerel yönetimler tarafından başlatıldığı ve finanse edildiği göz önüne alınırsa, jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin politik anlamda fizibil oldukları söylenebilir.

4. KAVRAMSAL PLANLAMANIN SONUÇLARI

Kavramsal Planlama, jeotermal bölge ısıtma sistemi projelerinin en önemli adımlarından biridir. Bu çalışmada detayları verilen kavramsal planlamanın önemli bir özelliği, hem birbirine bağlı hem de zaman içinde değişen işlemleri içermesidir. Hemen her aşamadaki kabuller ve kararlar, ilgili uzmanlar tarafından yapılmalı ve verilmeli, bu kabuller ve kararlar gelecekteki revizyonlar için dokümante edilmelidir. Bir jeotermal bölge ısıtma sisteminin kavramsal analizinde yer alması gereken bilgiler, birbirleriyle olan hiyerarşik ilişkileri göz önüne alınmaksızın, aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

4.1. Jeotermal saha bilgileri:

- Jeotermal saha hakkında yapılmış yüzey ve derin arama çalışmalarının sonuçları
- Sahada mevcut üretim kuyuları
    1. Jeotermal akışkan üretim sıcaklıkları
    2. Üretim debileri
- Sahada mevcut re-enjeksiyon kuyuları
- Üretim ve re-enjeksiyon performans tahmini

4.2. Bölgesel iklim verilerinin(mevcut değilse) analizi

- Isıtma yükü tasarım sıcaklığı
- Isıtma sezonu uzunluğu
- Isıtma sezonu boyunca saatlik ortalama sıcaklıklar
- Aylık ortalama sıcaklıklar
- Günlük ortalama sıcaklıklar

4.3. Bölge jetermal enerji kullanım alanları parametreleri:

- Konfor ısıtması yapılacak alanlar ve cinsleri
    1. Konutlar
    2. Sağlık kurumları
    3. Eğitimkurumları
    4. Resmi daireler
    5. İş yerleri
    6. Diğer alanlar

- Endüstriyel kuruluşlar
    1. Üretim alanları
    2. Jeotermal enerji kullanılacak proses cinsleri
    3. Proses sıcaklıkları
    4. Enerji gereksinimleri
- Tarım tesisleri
    1. Seralar: alanlar, sera cinsi ve özellikleri, üretim cinsi
    2. Diğer uygulama alanları parametreleri
- Gelecekteki yapılaşma alanları ve cinslerine göre dağılımı, parametreleri
- Yapılaşma senaryosu

4.4. Bölgesel enerji ve sosyo-ekonomik parametreler

- Kullanılan yakıt cinsleri, toplamları, dağılımları
- Kulanılan ısıtma sistemleri çeşitleri ve dağılımı
- Yıllık yakıt maliyetleri
- Jeotermal sisteme katılım isteği: bölgesel katılım oranı senaryoları

4.5. Bölgesel yük dağılımının analizi

- Konfor ısıtması ısı kaybı ve sıcak su yükü ve yıl boyunca dağılımı, toplamı
- Endüstriyel ısı yükü ve yıl boyunca dağılımı, toplamı
- Tasarım tepe ısı yükü
- Bölgesel tepe yük dağılımı
- Bölgesel katılım oranı senaryolarına göre tepe yük dağılımlarının değişimi

4.6. Sistem analizi ve tasarımı

- Enerji transfer sistemi
- Çalışma sıcaklıkları
- Sistem ekipmanları: malzemeleri, büyüklükleri ve miktarları
    1. Kuyu başı ekipmanları
    2. Pompalar ve frekans konvertörleri
    3. Isı değiştirgeçleri
    4. Vanalar
    5. Kontrol ekipmanları
    6. İşletme yardımcı araç ve gereçleri
    7. Otomasyon yazılımı ve ekipmanları

4.7. Sistem elektrifikasyonu

- Enerji hattı/hatları
- Trafo/lar

4.8. Tepe yük jeotermal akışkan debisi
4.9. Yıllık jeotermal akışkan üretimi miktarı
4.10. Konvansiyonel enerji performansı : CER tahmini
4.11. Ekipman ve bileşen(kuyular) ömürleri
4.12. Yatırım maliyetleri (Tablo 3).
4.13. Bölge katılım senaryolarına göre birim alan yatırım maliyeti
4.14. Birim güç yatırım maliyeti
4.15. Birim enerji yatırım maliyeti
4.16. İşletme maliyetleri (Tablo 4)
4.17. Bölge katılım senaryolarına göre birim alan işletme maliyeti
4.18. Ekonomik analiz

- Sistem ömrü
- Amortisman senaryosu
- Hurda değerler
- Yatırım senaryosu
- Finansman modeli
- Kullanıcı katılım senaryoları
    1. Kullanıcı (yatırım) katılım payı ve zamana dağılımı
    2. Kullanıcı enerji kullanım ücretleri ve zamana dağılımı
    3. Kullanıcı dışı yatırım kaynakları ve zamana dağılımı
    4. Karlılık analizi

4.19. Tasarımı yapılan jeotermal sistemin, bölgede mevcut sistemlerle ekonomik ve çevresel etkiler açısından karşılaştırılması:

- Konvansiyonel enerji kaynaklarındaki tasarruf
- İthal enerji kaynaklarında tasarruf
- Isıl konforda değişim
- CO_2 emisyonu
- Kullanıcılar açısından ekonomik değerlendirme: Alternatif enerji kaynakları (doğalgaz, kömür, elektrik) ile karşılaştırma ve geri ödeme süreleri.

4.20. Ekonomik analizin, saha performansı ve bölge katılım oranları açısından eleştirisi ve öneriler :

- Jeotermal saha geliştirme ve yönetimi önerisi
- Yatırım kararı ve planı önerileri

5. SONUÇ

Her projede olduğu gibi, planlama aşaması söz konusu projelerin başarısını en büyük ölçüde etkileyen aşamadır. Jeotermal bölge ısıtma sistemleri projelerinin kavramsal planlama aşamasın da, projelerin eksik teknik ve ekonomik analizlere dayalı nedenlerden dolayı başarısızlıkla sonuçlanmaması için, en ince ayrıntısına kadar gerçekleşirilmesi bir zorunluluktur.

Kavramsal planlama ile olabilirliği gözüken bir projenin uygulamaya geçilmesindeki ilk adım, öngörülen jeotermal saha performansının denetlenmesi için varsa eksik olan çalışmaların yapılması ve sahanın ürettim ve re-enjeksiyon performansından emin olunmasıdır. Yapılan çalışmalar sonucunda saha performansı öngörülenden farklı ise teknik tasarım ve ekonomik analizler tekrarlanmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] TOKSOY,M., GÜNAYDIN, M., SERPEN, A. (2001). "Jeotermal Bölge Isıtma Sistemlerinin Projelendirilmesi", TESKON 2001 Jeotermal Eneri Doğrudan ısıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, pp:305-334.

[2] ASHRAE HANDBOOK (1996): HVAC Systems And Equipment.

[3] SATMAN, A., SERPEN, U., ONUR, M. (2001). "İzmir Balçova-Narlıdere Jeotermal Sahasının Rezervuara ve Üretim Performansı Projesi". İstanbul Teknik Üniversitesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü.

[4] ŞENER, C., TOKSOY, M., AKSOY,N (2003). Jeotermal Bölge Isıtma Sistemlerinde Otomasyonun Primer Enerji Tüketimi Açısısından Önemi: Konvansiyonel Enerji Oranı (CER) ve Konvansiyonel Enerji Fazlalık Katsayısı (CEER), İYTE-GEOCEN Rapor No 7. <http://geocen.iyte.edu.tr/.>

[5] ŞENER, C., TOKSOY, M., AKSOY,N (2003)."Importance of Load Based Automatic Control in Energy Systems". IFAC Automatic Systems for Building the Infrastaructer in. Int.Workshop Devoloping Countries, Istanbul, June 26-28 2003

[6] ŞEN, O., ŞAYLAN, L., TOROS,H.(2000) "Türkiye İklim Verileri". Proje Raporu. TTMD.

[7] TOKSOY, M., ve diğerleri (2003). "Jeotermal Bölge Isıtma Sistemlerinin Kavramsal Planlaması Açısından Bölge Veri Tabanının Oluşturulmasına Yönelik Bir Anket Çalışması: Balçova Sistem – 2" Örneği". İYTE-GEOCEN Rapor No 6. <http://geocen.iyte.edu.tr/.>

[8] HELLER, A.J.(2002). "Heat-Load Modelling for Large Systems". Applied Energy 72.

[9] TOKSOY,M. Ve diğerleri.(2003)."Bergama Jeotermal Bölge Sistemi". İYTE-GEOCEN Rapor No 1. <http://geocen.iyte.edu.tr/.>

[10] TOKSOY,Macit., ÇANAKÇI, Cihan.(2001). "Balçova Jeotermal Bölge Isıtmas Sisteminde Ortlama Isı Yükü". TESKON 2001 Jeotermal Eneri Doğrudan ısıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, pp, 329-334.

[11] ASHRAE Fundamentals, 1997.

[12] ERDOĞMUŞ, B.(2003). "Economical Assesment of Balçova –Narlıdere Geothermal District Heating System". İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü. FMBE. Yüksek Lisans Tezi.

[13] ERDOĞMUŞ, B. TOKSOY,M. ÖZERDEM,B. GÜLŞEN, E. (2003). "Jeotermal Bölge Isıtma Sistemlerinde Maliyet Analizi". TESKON 2003. Jeotermal Eneri Doğrudan ısıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı.

ÖZGEÇMİŞLER

Macit TOKSOY

1949'da İlkkurşun'da (İzmir) doğdu. 1967'de Manisa Lisesi'ni, 1972'de İstanbul Teknik Üniversitesi'ni bitirdi. Ege Üniversitesi'nden doktora derecesini aldı. 1982 senesine kadar Ege Üniversitesi'nde, 1999 senesine kadar Dokuz Eylül Üniversitesi'nde öğretim üyesi olarak çalıştı. 1999'dan bu yana da İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde öğretim üyesi olarak çalışma hayatına devam ediyor. 1999 senesinde Cumhurbaşkanlığı Genel Sekreteri, İzmir eski Valisi Sayın Kemal Nehrozoğlu'nun kurduğu, Jeotermal Enerji Yüksek Danışma Kurulu'na üye seçilmesiyle, Türkiye'deki jeotermal enerji uygulamalarını tanıma fırsatı buldu. O tarihten bu yana akademik çalışma zamanını ve gücünü, ülkemizdeki jeotermal enerji bölge ısıtma sistemlerinin çağdaş, bilimsel ve teknik ölçütlerde projelendirilmesi ve uygulanmasına, ilgili bilgi ve teknolojinin yayılması için seminer ve konferanslar düzenlenmesine, ilgili alanda araştırma yapmaya, lisansüstü tez çalışmaları yaptırmaya, bu alanda kamu kaynaklarının toplumsal duyarlılıkla kullanılmasına, ilgili alanda "Türkçe" yayın yapmaya ve yapılmasına katkı koymaya, yine ilgili alanda teknik standardların geliştirilmesine, İYTE bünyesinde Türkiye'nin gereksinimi olan Jeotermal Araştırma Geliştirme Test ve Eğitim Merkezi (GEOCEN) 'nin kurulmasına ve nihayet çok önemsediği ve gururunu duyduğu bir grup jeotermal enerji bölge ısıtma sistemi uzmanının yetişmesine kaykı koymaya ayırdı. Yaptıklarından çok mutlu. Bu mutluluğa neden olan Sayın Nehrozoğlu'na, gece ve gündüzlerini jeotermal enerji ile geçirmesine müsade ettikleri için ailesine, çalışmalarını destekleyen Balçova Termal ve Balçova Jeotermal Şirketi yöneticilerine çok, lisansüstü öğrencilerine çok teşekkür ediyor.

Adil Caner ŞENER

1977 İzmir doğumlu olan Şener, 2000 yılında ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Aynı yıl içinde İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde yüksek lisansa başlamıştır. 2000 yılından 2004 yılına kadar araştırma görevlisi olarak İYTE Makina Mühendisliği Bölümü'nde çalışan çalışan Şener, Balçova Jeotermal Bölge Isıtma Sisteminin Optimizasyonu adlı projeyi yüksek lisans tez konusu olarak çalışmıştır. 2002 yılında Birleşmiş Milletler Üniversitesi tarafından burslu olarak davet edildiği İzlanda'da jeotermal enerji sistemleri konulu 6 aylık eğitim programına katılmıştır. 2004 yılı başından itibaren doktora eğitimine A.B.D. George Washington Üniversitesi Sistem Mühendisliği programında devam etmektedir. İlgi alanı, enerji yönetimi ve mühendisliği, yön-eylem araştırmaları, risk analizi, yenilenebilir enerji kaynakları, jeotermal enerji konularını kapsamaktadır.

EK 1

Tarih : ... / ... / .....

Şirketimiz, ekonomik ve çevre dostu olan jeotermal enerjiyi toplumumuzun daha geniş kesimine ulaştırmak amacıyla yeni ısıtma bölgeleri oluşturmak için çalışmalara başlamış bulunmaktadır. Ülkemizin doğal kaynağı olan bu temiz enerjinin sizlere daha sağlıklı ulaştırılması tarafınızca isteniyor ise aşağıdaki anketin tam ve doğru olarak doldurulmasını rica eder, sağlık ve esenlikler dileriz.

Saygılarımızla

1. Adres Bilgileri

Ad / Soyad / Tel :

Daire sahibi Ad / Soyad / Tel (Kendisi ise boş bırakılacak)

Mahalle :

Sokak :

Apartman Adı / No :

Kat : Zemin □ Çatı katı □ Zemin + ... Kat

Daire No :

Apartmandaki Daire Sayısı :

Apartmanın Yöneticisi :(varsa Ad / Soyad / Tel)

1. Eviniz kaç metrakere? (Tapu kaydına göre)

2. Isınma ihtiyaçlarınızı karşılamada hangi yöntemi kullanıyorsunuz ?

(A) Kat Kaloriferi (LPG / Fuel-Oil)
(B) Merkezi Sistem ile (Kömür / Fuel-Oil / LPG (dökme))
(C) Soba (Odun / Kömür / Elektrik)
(D) Klima
(F) Diğerleri – Belirtiniz :

3. Yıllık yakıt tüketminiz ne kadar?

(A) LPG :
(B) Kömür :
(C) Fuel-oil :
(D) Elektrik :
(E) Odun :
(F) Diğerleri – Belirtiniz :

Eğer 2. soruya verilen cevap Kat Kaloriferi veya Merkezi Sistem şıklarından biri ise :

4. Evinizin kalorifer tesisat projesi var mı ? VAR □ YOK □

Eğer 2. soruya verilen cevap Kat Kaloriferi veya Merkezi Sistem şıklarından biri ise :

5. Konutunuzda kullanılan ısıtma elemanı hangisidir?

□ Panel radyatör (PR) □ Döküm radyatör (DR) □ Aluminyum radyatör (AR)

□ Yerden ısıtma (YI) □ Fan-Coil (FC)

Eğer 2. soruya verilen cevap A, B şıklarından biri ise :

6. Radyatör tipi/ toplam uzunluğu :

Salon : ..... / ..... Mutfak :..... / ..... O.Odası : ..... / .....
E.Y.Odası : ..... / ..... Ç.Y.Odası :..... / ..... Koridor : ..... / .....
Banyo : ..... / ..... Diğer : ..... / ..... Diğer : ..... / .....

7. Yılda kaç ay ısıtma yapıyorsunuz (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4 (E) 5
8. Evinizde termometre (sıcaklık ölçüm cihazı) var mı? (A) Evet (B) Hayır
9. Kış aylarında evinizin ortalama sıcaklığı nedir? (A) 18°C' den az (B) 18°C – 22°C arası (C) 22°C'den fazla
10. Pencerelerinizin tipi nedir? (A) Ahşap çerçeve (B) Plastik çerçeve (C) Metal çerçeve
11. Camlarınızın tipi nedir? (A) Tek camlı (B) Çift camlı
12. Kullanım sıcak suyu ihtiyacınızı nasıl karşılıyorsunuz? (A) Merkezi Sistem ile (B) Kombi (C) Şofben (tüplü) (D) Şofben (elektrikli) (E) Güneş Enerjisi (F) Diğerleri – Belirtiniz:
Eğer 12. soruya verilen cevap B, C şıklarından biri ise : 13. Sıcak su ihtiyacı için kaç günde tüp değiştiriyorsunuz?
14. Jeotermal Bölge Isıtma Sistemine dahil olmak ister misiniz? □ EVET □ HAYIR
15. Jeotermal Bölge Isıtma Sisteminin konut başına iki maliyeti vardır. Bunlardan ilki Jeotermal bölge ısıtma sisteminin maliyeti, ki 1000-1500 $ arasında öngörülmektedir, ikincisi ise eğer konutunuzda kalorifer sistemi yoksa konutunuz içinde yaptıracağınız kalorifer sisteminin maliyetidir. Bunun da maliyeti ortalama 1000$ olarak öngörülmektedir. a) Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi için tahmini abonelik ücreti olan 1000-1500$ lık bir masrafı peşin veya 12 aylık taksitle karşılayabilir misiniz? □ Evet peşin olarak karşılayabilirim □ Taksitle karşılayabilirim □ Hayır karşılayamam b) Konutunuzda kalorifer sistemi yok ise yukarıdaki abonelik ücretine ek olarak konutunuza yaklaşık 1000 $lık bir kalorifer sistemini yaptırabilir misiniz? □ EVET □ HAYIR
NOTLAR ve GÖRÜŞLER

EK 2

Tarih : ... / ... / .....

Apartman İsmi :
Sokağı :
No :
Yönetici İsmi :
Kat Sayısı :
Daire Sayısı :
Çatı Katı : Çekme □ Tam □
Kat Alanı :
Isıtma Projesi : Var □ Yok □
Isıtma Projesi Var İse
Temin Edildi □ Edilecek □ Edilemiyor □
Yıllık Yakıt Tüketimi
Kömür : □ Ton/yıl
Fuel-oil : □ Ton/yıl
Yıllık Yakıt Maliyeti : TL/Yıl
Günde Kaç Saat Yakılıyor :
Merkezi Sıcak Su : Var □ Yok □
Sıcak Su Haftada Kaç Saat Veriliyor :
Sıcak Su Nasıl Sağlanıyor :

Çatı İzolasyonu : Var □ Yok □

NOTLAR ve GÖRÜŞLER: