

JEOTERMAL BÖLGE ISITMA SİSTEMLERİNDE MALİYET ANALİZİ

A.Berkan ERDOĞMUŞ
Macit TOKSOY
M. Barış ÖZERDEM
Engin GÜLŞEN

ÖZET

Son yıllarda, ülkemiz enerji tüketiminde ve fosil enerji kaynaklarının maliyetlerindeki artışlara paralel olarak, jeotermal enerjinin kullanımını öngören bölge ısıtma sistemlerinin sayısındaki artış dikkat çekicidir. Jeotermal enerji yatırımlarına karar verme sürecinde uygulanabilirliği tartışılan projelerin, ilk yatırım, ömürboyu yenileme ve işletme maliyetlerinin düşük olması, geri ödeme sürelerinin kısalığı ve proje ömrü sonunda yeterli karlılık düzeyine sahip olmaları gözönüne alınması gereken en önemli kriterlerdir. Jeotermal enerjinin kullanıldığı bölge ısıtma sistemleri de, diğer yaygın enerji kaynaklarının kullanıldığı sistemler gibi yüksek ilk yatırım maliyetlerine sahiptir. İlk yatırım maliyeti yüksek bir jeotermal bölge ısıtma sistemi, ilk bakışta uygulanabilir görünmese de, düşük işletme ve yenileme maliyetleri (ömür boyu maliyetler), yeterli ticari karlılık düzeyi ile alternatif projelere üstünlük sağlayabilir. Üstelik jeotermal projeler 20 - 25 yıl gibi uzun dönemleri kapsayan süreçler için değerlendirildiğinde, toplumsal açılarından da önemli faydalar sağlar. Bu çalışmada, jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde maliyet analizlerinin nasıl yapılması gerektiği üzerinde durulacaktır. İlk olarak, yatırımların ekonomik değerlendirmelerinde sıklıkla kullanılan net bugünkü değer, indirgenmiş geri ödeme süresi ve iç karlılık oranı yöntemleri kısaca tanıtılmıştır. İç karlılık oranı yöntemi henüz planlama aşamasında olan Balçova Sistem – 2 Jeotermal Bölge Isıtma Sisteminde örneklendirilmiştir. İç karlılık oranı yöntemi, daha önce yapılan bir çalışmada, Türkiye'nin en büyük bölge ısıtma sistemlerinden biri olan Balçova – Narlıdere Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi'nin (JBIS) ekonomik açıdan değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Balçova – Narlıdere JBIS için yapılan ekonomik analizde hem uygulama fiyatları hemde ilk yatırım maliyetinin büyük bir kısmını oluşturan malzemelerin (paket tip borular, ısı değiştiricileri, ithal edilen derin kuyu içi pompası, debi ve sıcaklık ayar vanalarının) gelişen pazar şartlarıyla değişen fiyatları göz önüne alınarak iki ayrı durum değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, hem geçmişte yapılan bir yatırımın ekonomik değerlendirmesine hem de yeni bir yatırım için yapılması gerekli ekonomik analize örnek olması açısından Balçova – Narlıdere ve Sistem-2 yatırımları ele alınmıştır. Balçova Sistem - 2 yatırımı için işletme maliyeti, Balçova – Narlıdere JBIS'deki maliyetler ve bu sistemlerdeki ısıtma kapasiteleri gözönüne alınarak tahmin edilmiştir. Her iki sistemin ekonomik analizinden elde edilen sonuçlar kıyaslanmış ve bu veriler ışığında jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde ilk yatırım maliyetlerinin karşılanması için gerekli fiyat politikasının belirlenmesinde iç karlılık oranı yönteminin kullanılması tartışılmıştır.

1. GİRİŞ

Jeotermal bölge ısıtma sistemleri yatırımcılarının ve kullanıcılarının verecekleri kararları etkileyen en önemli faktörler, yatırımın geri dönüşü ve enerji maliyeti gibi ekonomik faktörlerdir. Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin projelendirilmesinin ilk adımı olan kavramsal planlama analizlerinden biri de, söz konusu ekonomik faktörlerin sayısal anlamda yatırım öncesinde belirlendiği, finansal fizibilite analizidir

[1]. Bölge ısıtma sisteminin büyüklüğü, sistemin jeotermal sahaya uzaklığı, üretim ve re-enjeksiyon kuyu sayıları, jeotermal akışkan üretim ve re-enjeksiyon sıcaklıkları, bölge ısıtma sistemi yük yoğunluğu ve katılım oranı, finansal fizibiliteyi belirleyen en önemli girdilerdir. Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin projelendirilmesinde gelişmiş ülkeler ile ülkemiz arasındaki en temel farklılık, teknik (yöntemsel) anlamda gerçekleştirilmeyen ekonomik fizibilite (uygulanabilirlik) analizlerinde görülmektedir.

Literatürdeki son örneklerine bakıldığında [1,2,3,4,5], değişik ülkelerdeki jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin ekonomik fizibilitesinde göz önünde tutulan en önemli sonuç, kullanıcıya diğer enerji kaynakları ile ekonomik anlamda yarışabilir bir alternatif enerji sunumunun gerçekleştirilmesidir. Bir başka deyişle önemli olan, tüketim talebini belirleyen ve kullanıcının satın alacağı kWh_t enerjinin maliyetinin ne olacağıdır. Ekonomik anlamda yapılabilir - yarışabilir yatırımlar için, ayrıca, reel yatırım finansman maliyetlerinin göz önüne alınması zorunludur. Bu iki özellik göz önüne alındığında, gerçek piyasa koşullarında finanse edilmiş, yatırımcı için karlı, tüketici için alternatiflerine göre daha ucuz enerji sağlayan jeotermal bölge ısıtma sistemi projelerinin gerçekleştirilmesi mümkündür.

Projelerin başlangıçlarındaki büyük yatırım maliyetleri, projelerin geri ödemesinin uzun yıllar alması [2], dış maliyetleri olmayan konvansiyonel sistemlere karşı kullanıcıların jeotermal sisteme dahil olmanın gerektirdiği değişiklikleri kabul etme ve dağıtım şebekesinin maliyetlerine katılma gerekliliği [3], jeotermal bölge ısıtma projelerinin gerçekleştirilmesinde en önemli ekonomik zorluklar olarak görülmektedir.

Ülkemizdeki jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin yatırım planlaması açısından aşağıdaki özelliklerden bir veya birkaçını içerdiği gözlenmektedir:

- Jeotermal saha geliştirme maliyetleri yatırımlar içinde göz önüne alınmamaktadır.
- Finansman maliyeti, alternatif yatırım maliyetleri, yatırım karlılığı göz önüne alınmamaktadır.
- İşletme maliyetlerini de göz önüne alan toplam yatırım maliyeti analizleri yapılmamaktadır.
- Projelerin bölgesel katılım oranına¹ duyarlılığı göz ardı edilmekte, katılım oranı %100 olarak kabul edilmektedir.
- Karakteristikleri bilinmeyen sahalarda, çoğunlukla tek, nadiren birden fazla kuyunun kabataslak bilinen performanslarına bağlı olarak ısıtma kapasitesi belirlenmekte, sistemin temel elemanlarının seçilmesinden sonra bir ön fizibilite yapılarak uygulamaya geçilmektedir.
- Kamu kuruluşları olan il özel idareleri veya belediyeler tarafından yürütülen projeler, genellikle bu kurumların bütçelerinden ayrılan fonlarla ve kullanıcılardan ön fizibilite raporlarına göre belirlenen katılım payları ile desteklenmektedir. Bu desteklerin yetersiz kalması proje başlangıcındaki yoğun maliyetleri karşılamada sorunlar yaratmaktadır.
- Kullanıcı maliyetlerinin belirlenmesinde sistemin sürdürülebilirliği göz ardı edilmektedir.
- Gerek kavramsal planlamada, gerek uygulamada gerek işletme esnasında işletme maliyetlerinin minimizasyonuna duyarlılık gösterilmemektedir.

Yukarıda belirtilen nedenlerle, pekçok kentimizde başlatılan jeotermal bölge ısıtma projeleri sağlıklı olarak yürütülememektedir.

Bu çalışmada, önce, jeotermal bölge ısıtma sistemi yatırımlarının ekonomik analizlerinde kullanabileceğimiz Net Bugünkü Değer, İndirgenmiş Geri Ödeme Süresi ve İç Karlılık Oranı yöntemleri tanıtılmıştır. Daha sonra, iç karlılık oranı yöntemini içeren ekonomik analiz, Balçova-Narlidere jeotermal sahasındaki gelişmelere bağlı olarak 2004 yılında uygulanması öngörülen, kavramsal planlama ve uygulama aşamasındaki, Balçova Sistem-2 için örneklenmiştir. 2 x 5000 konut projesinin ilk adımı olan 400.000 m²'lik bir konut alanına hizmet edecek Balçova Sistem – 2 JBIS'nin ekonomik analizinde Balçova – Narlıdere JBIS'de kazanılan deneyimler ve yatırım maliyetlerinde gerçekleşen

¹ Bölgesel katılım oranı, jeotermal bölge ısıtma sistemine o bölgede yer alan konutların katılma oranıdır.

değişimler gözönüne alınmıştır. Son olarak, Balçova - Narlıdere JBIS yatırımı sonrasında yapılan ekonomik analiz, sonuçlarıyla birlikte sunulmuştur.

2. EKONOMİK ANALİZ TEKNİKLERİ

Bir jeotermal bölge ısıtma sisteminin gelişimi, rezervuarın belirlenmesinden jeotermal enerjinin kullanıma sunumuna kadar geçen tüm süreçleri kapsamaktadır. JBIS projelerinin uygulanabilir olup olmadığına karar verme sürecinde, yatırım için detaylı ekonomik analizlerin yapılması zorunludur. Ekonomik analiz, rezervuar değerlendirmeleri ve sistem ön tasarım aşamalarının ardından uzman kişilerce yapılmalıdır. Yapılan ekonomik analizlerde ilk yatırım maliyeti, ömürboyu maliyet, geri ödeme süresi ve proje ömrü sonundaki karlılık gözönüne alınması gereken önemli kriterlerdir. Ekonomik analizin sonucunda, jeotermal bölge ısıtma proje faaliyetlerinin sürdürülüp sürdürülemeyeceği konusunda bir karara varılır.

Jeotermal yatırımların ekonomik analizlerinde farklı zaman dilimlerindeki yatırım ve işletme maliyetleri ile gelirlerin karşılaştırılması gerekmektedir. Bu karşılaştırma sürecindeki en büyük problem paranın zaman değerinden kaynaklanır. Borç alınan ana para için geri ödenmesi gereken fazla para yada ana paranın bir yatırımda kullanılmasıyla elde edilecek kazanç, paraya zaman değeri katmaktadır. Bu yüzden jeotermal projeler gibi uzun dönemleri kapsayan yatırımlar için gelecekteki nakit akımlarında paranın zaman değerinin göz önüne alınması şarttır. Paranın zaman değerini gözönüne alan farklı yöntemler projelerin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Bu yöntemler içinde en çok tercih edilenler ise, net bugünkü değer (NBD), geri ödeme süresi, iç karlılık oranı (İKO) dır. Bu yöntemlerin dışında paranın zaman değerinin göz önüne alınmadığı basit karlılık oranları ve geri ödeme süresi gibi yöntemler de mevcuttur. Paranın zaman değerinin hesaba katıldığı yöntemlerde kullanılan ortak kavram, gelecekteki nakit akımlarının bugünkü değerini hesaplamak için gereken indirgeme oranıdır. Gelecekteki nakit akımlarının bugünkü değerleri Denklem 1 yardımıyla hesaplanır.

$$P = F \cdot \left[\frac{1}{(1+r)^t} \right] \quad (1)$$

Denklem 1’de, “F”, “t” yıl sonraki bir nakit akımını, “P” o nakit akımının bugünkü değerini, “r” ise indirgeme oranını göstermektedir. Denklem 1’de içler dışlar çarpımı yapılır ve “r” yerine faiz oranı “i” yazılırsa, bir yatırımın gelecekteki değeri hesaplanır. Formüllerde indirgeme ve faiz oranları, ondalıklı olarak kullanılmalıdır. (Örneğin, yıllık faiz oranı yüzde 7 olarak alınmışsa, formülde i yerine 0.07 yazılmalıdır.)

İndirgeme oranı, yatırımcının projeden kazanmayı düşündüğü en küçük karlılık oranı veya proje finansmanında kullanılan kaynakların sermaye maliyeti olarak tanımlanabilir. Özkaynak ile finanse edilen projelerde indirgeme oranı, özkaynakların başka yatırım alanlarına yatırılmaması sonucu vazgeçilen gelir oranını ifade eden fırsat maliyetidir. Projede yabancı kaynak kullanımı düşünülüyorsa sağlanan kaynak için katlanılan maliyet, sermaye maliyetini yansıtacaktır. Öz ve yabancı kaynakların birlikte kullanıldığı projelerde ise, öz kaynak ve yabancı kaynak sermaye maliyetlerinin ağırlıklı ortalamasını almak gerekmektedir. Faiz oranları, piyasadaki kar oranları, risk içermeyen yatırımların kar oranları, yatırımdaki risklerin derecesi ve enflasyon indirgeme oranının belirlenmesinde önemli etkiye sahiptirler. İndirgeme ve faiz oranlarının ikisi de paranın zaman değerini içinde barındırsalar da aslında kavram olarak birbirlerinden farklıdır. Faiz oranları, borç veren ile borçlu kişi arasında yapılan bir anlaşmayla belirlenen sabit oranlardır. İndirgeme oranları ise, kişi ve kurumlara, enflasyona ve yatırımların fırsat maliyetlerine göre değişen oranlardır. Geçmişe yönelik yatırımların yeniden yapılan ekonomik değerlendirilmelerinde indirgeme oranlarını belirlemede zorluklar söz konusudur. Bu gibi durumlarda, bankalarca verilen faiz oranları kullanılarak geçmişte yapılan yatırımların bugünkü değerleri bulunabilir. Gelecekteki nakit akışlarının bugünkü değerleri ise indirgeme oranları kullanılarak

hesaplanır. Normal şartlarda indirgeme oranları projelerde sabit kabul edilir. İndirgeme oranının gerçekçi olarak tesbiti doğru sonuçlara ulaşılmasını sağlar [6].

Bir projenin ekonomik analizinin yapılabilmesi için net nakit akımlarının tahmin edilmesi gerekir. Bölge ısıtma sisteminin kavramsal planlaması sonrasında ilk yatırım maliyetlerinin ne olacağı doğru olarak belirlenmelidir. Yatırım maliyetleri, üretim ve re-enjeksiyon kuyularının delinme, kuyubaşı binaları ve bağlantıları, boru ağları (jeotermal akışkan taşıma, şehir içi dağıtım ve bina içi dağıtım devreleri), ısı merkezleri ve bina altı bağlantıları için yapılması gereken yatırımları içermektedir. İlk yatırım maliyetlerinin belirlenmesi, gelecekteki işletme maliyetlerinin ve gelirlerinin tahmin edilmesine göre risk oranı daha düşük olan bir işlemdir. Gelecek nakit akımlarını oluşturan gelir ve işletme maliyetleri, bazı öngörülere ve daha önce işletmeye alınan ve ekonomik olarak işletilen sistemlerde gerçekleşen değerlere dayanarak tahmin edilir. Gelirlerin belirlenmesinde doğrusal trend analizi, logaritmik trendler, regresyon analizi gibi değişik yöntemler kullanılabilir. Burada önemli olan duruma uyan en iyi tahmin yönteminin seçilmesidir. Kavramsal planlamanın başlangıcında, jeotermal sistemin kurulacağı bölgede yaşayan kişilere yapılacak anketler sistemin planlanması ve finansmanı ile ilgili konularda geleceğe yönelik öngörüler yapabilmemizi sağlar. Dolayısıyla, gelecekteki jeotermal enerji kullanıcı sayıları yapılacak anket sonuçlarına göre tahmin edilebilir. Jeotermal enerjinin belirli bir süre sonunda başlangıçta öngörülen kullanıcı sayısına ulaşacağı ve bu süre sonunda yeni bağlantıların yapılmayacağı düşünülerek gelirler hesaplanmalıdır. Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde gelirler, bağlantı ve enerji kullanım gelirleri olmak üzere ikiye ayrılır. Jeotermal enerji kullanım bedellerinin belirlenmesinde ısıtılan alan başına ücretlendirme tercih ediliyorsa, sisteme katılması muhtemel konutların kullanım alanlarının tespit edilmesi, yatırımın ilk yıllarındaki bağlantı gelirlerinin tahmin edilmesi için gerekecektir. Ekonomik analizlerin üçüncü ve en önemli adımı su, elektrik, personel ücretleri, kimyasal maddeler (inhibitör ve diğer) ve diğer harcamaların yer aldığı yıllık işletme maliyetlerinin tahmin edilmesidir. Ekonomik analizlerde son olarak dikkat edilmesi gereken kısım amortisman giderlerinin ve hurda değerlerinin belirlenmesidir. Yatırımlarda kullanılan ekipmanların teknik ömürleri boyunca, her yıl, ekipmanların ilk yatırım maliyetlerinin bir kısmı, yıllık gelirlerden gider olarak ayrılarak verimli kapasitenin sürekliliğinin korunması hedeflenir ki bu giderler amortisman olarak adlandırılmaktadır [6]. Amortisman giderlerinin belirlenmesi bir yatırımın ekonomik değerlendirmesinde oldukça önemlidir. Amortisman hesaplarında, değişmez yüzdelerle amortisman ayırma, dalgalanma gösteren amortisman, azalan tutarlar üzerinden amortisman ayırma yöntemleri kullanılabilir. Hurda değer, bir yatırımın ekonomik ömrü sonundaki piyasa değeridir. Hurda değer büyük boyutlara ulaşması, yatırım projelerini değerlendirilmesinde hesaplara katılmasını zorunlu hale getirmekte ve yatırım kararlarına yansıtılmamasıyla da hatalı sonuçlara ulaşmaktadır. Hurda değeri belirleme çok hassas bir konu olup, bu konuda tecrübeli kişilerce yapılmalıdır.

3. PARANIN ZAMAN DEĞERİNİN GÖZÖNÜNE ALINDIĞI EKONOMİK ANALİZ YÖNTEMLERİ

3.1 Net Bugünkü Değer Yöntemi:

Bu yöntemde, tahmin edilen gelecekteki nakit akımları daha önceden belirlenmiş indirgeme oranına göre ekonomik analiz yapıldığı zamana taşınır. Böylece, gelir ve giderlerin bugünkü değerleri bulunur. Gelir ve giderlerin bugünkü değerleri arasındaki fark ise yatırımın net bugünkü değeri olarak isimlendirilir ve matematiksel olarak Denklem 2 ile ifade edilir. Net Bugünkü Değer (NBD), bir yatırımın yapılmasıyla ne kadarlık bir değer yaratıldığını gösterir.

$$NBD = \sum_{t=0}^n \frac{A_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

Denklem 2’de, “ A_t ” t. yıldaki net nakit akımını göstermektedir. Ara yıllarda öngörülen yenileme maliyetleri, proje ömrü sonunda ekipmanların hurda değerleri, proje ömrü boyunca işletme maliyetleri, kazanılması tahmin edilen gelirler, ödenilecek vergiler nakit akımlarını oluşturmaktadır. Denklem 2’nin

uygulanmasıyla elde edilecek sonuç sıfırdan büyükse proje uygulanabilir olacaktır. Sonucun negatif olması durumunda ise proje kabul edilmemelidir. Eğer alternatif projelerin ekonomik karşılaştırılmasında net bugünkü değer yöntemi uygulanıyorsa, herbiri için hesaplanan NBD'ler büyükten küçüğe doğru sıralanmalı ve en büyük NBD'ye sahip olan proje seçilmelidir. Net bugünkü değer kullanımında karşılaşılan en büyük sıkıntı, proje ömrü boyunca sabit kabul edilen indirgeme oranıdır. Oysa, proje ömrü boyunca sermaye yapısı ve maliyeti değişebilir. Dolayısıyla farklı indirgeme oranlarının kullanılması gerekebilir. Diğer yandan farklı özelliklere, kapasitelere sahip alternatif projeler arasında seçim yapmak gerektiğinde bu yöntemi kullanmak doğru sonuçlar vermeyebilir. Bu sebeplerle daha gerçekçi bir metod olan iç karlılık oranı geliştirilmiştir [6].

3.2 İndirgenmiş Geri Ödeme Süresi Yöntemi

Basit geri ödeme süresi, yatırılan paranın ne zaman geri kazanılacağını gösteren çok kullanılan basit bir yöntemdir. Geri ödeme süresi, paranın zaman değeri göz önüne alınarak hesaplanabilir. Bu

durumda, indirgenmiş net nakit akımlarının $\left(\frac{A_t}{(1+r)^t} \right)$ toplamının ne kadarlık bir zamanda indirgenmiş

yatırım maliyetlerini $\left(\frac{M_t}{(1+r)^t} \right)$ karşılayacağı hesaplanır. Dolayısıyla bu yöntemle, Denklem 3 ile gösterilen eşitliğin sağlandığı yıl hesaplanır [7].

$$\sum_{t=0}^m \frac{M_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=m+1}^n \frac{A_t}{(1+r)^t} \quad (3)$$

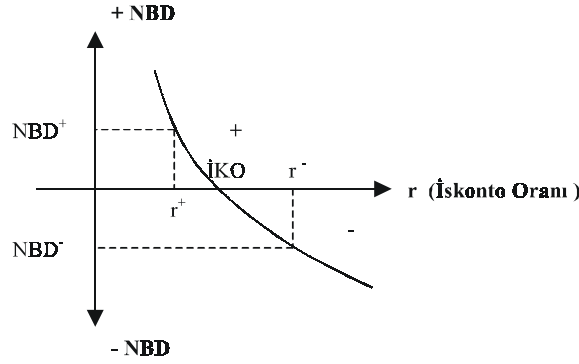
3.3 İç Karlılık Oranı Yöntemi

İç karlılık oranı (İKO) yönteminde, bir projenin net bugünkü değerini sıfıra eşitleyen indirgeme oranı araştırılır. Bu oran projeye yatırılan sermayenin karlılık oranını verir. İç karlılık oranı yönteminin net bugünkü değer yönteminden farkı, yatırım performansının miktar yerine yüzde ile ölçülmesidir. Bu yöntem matematiksel olarak Denklem 4 ile ifade edilir.

$$\sum_{t=0}^n \frac{A_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (4)$$

Denklem 4'ün çözümü deneme yanılma yöntemi ile yapılabilir. Bu yöntemde farklı indirgeme oranları ile net bugünkü değerler bulunur. Şekil 1'te gösterildiği gibi, sıfıra en yakın pozitif ve negatif net bugünkü değerleri veren indirgeme oranları için, Denklem 5 ile gösterilen lineer interpolasyon formülü kullanılarak, NBD'i sıfıra eşitleyen indirgeme oranı yani iç karlılık oranı bulunur. Genellikle indirgeme oranları en fazla %5 artırılarak veya azaltılarak sonuca ulaşılmaya çalışılır.

$$\text{İKO} = r^+ + \frac{\text{NBD}^+ \cdot (r^- - r^+)}{\text{NBD}^+ + |\text{NBD}^-|} \quad (5)$$



Şekil 1. İç karlılık oranının hesaplanması [8]

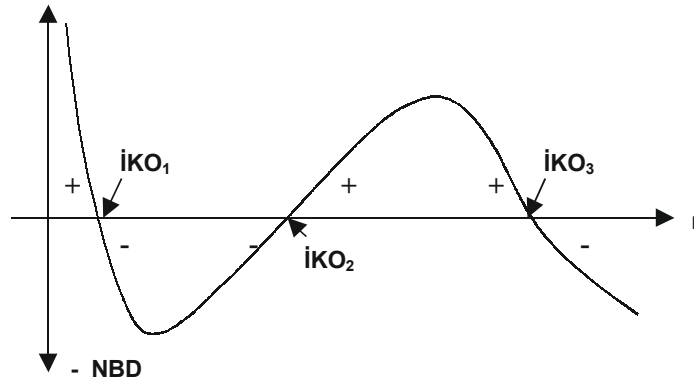
İç karlılık oranı sıfır olduğunda, yatırımın ekonomik ömrü sonunda ne zarar ne de kar elde edilecektir. Sosyal boyutunun ve ülke ekonomisine katkılarının ön plana çıktığı kamu yatırımlarının dışında karlılığın sıfır olmaması beklenilir. Hesaplanan iç karlılık oranı, yatırımcının yatırım başlangıcında beklediği karlılık oranından büyükse, projenin uygulanması kabul edilir ve yatırıma başlanır [7,8]. Enerji projelerinin uygulanabilmesi için net bugünkü değeri sıfıra eşitleyen indirgeme oranının (iç karlılık oranının) %14'ten büyük olması istenmektedir [9]. Alternatif projeler için bir değerlendirme yapılıyorsa, bu projeler için hesaplanan karlılık oranları büyükten küçüğe sıralanır ve en yüksek iç karlılık oranına sahip olan proje tercih edilir.

İç karlılık oranı aynı zamanda yatırımcıya projenin finansmanı ile ilgili bilgiler de verir. Yatırımcının borç alması gerektiği zaman, ödeyebileceği faiz oranının en fazla ne olabileceği konusunda da açık bir bilgi sunmaktadır.

İç karlılık oranının üstünlükleri:

- Paranın zaman değerini göz önüne alması,
- Sermaye maliyetinden bağımsız olması,
- Proje finansmanı ile ilgili bilgi vermesi

şeklinde sıranabilir. Bu yararların yanısıra, iç karlılık oranı yönteminin bazı durumlarda kullanılması yatırımcının hatalı kararlar almasına sebep olabilir. Nakit akımlarında sadece bir kez işaret değişimi görülen projeler basit yatırımlar olarak isimlendirilir. Bu yatırımlar için NBD profilleri Şekil 1 de gösterildiği gibidir. Basit olmayan yatırımlarda bugünkü net değer değişik indirgeme oranlarıyla birden fazla işaret değişimi gösterir ve işaret değişimi sayısı kadar iç karlılık oranı hesaplanır ki bu tip projelerde iç karlılık oranının kullanılması anlamsız sonuçlar verebilir. Bu tür projelerde net bugünkü değer indirgeme oranı ile değişimi Şekil 2'deki gibidir. Bu durumda net bugünkü değer yöntemi kullanılmalıdır [8,10].



Şekil 2. Basit olmayan yatırımlar için NBD'nin değişim profili [8]

Birden fazla projenin iç karlılık oranlarının karşılaştırılmasında yatırımların büyüklüğünden kaynaklanan toplam kar hacmi göz önüne alınmadığı için yanlış bir seçim, yatırımcının elinde atıl fonun kalmasına sebep olabilir [6].

Bu çalışmada değinilen yöntemlerin uygulanması sırasında hesapların basitleştirilmesi amacıyla yapılan kabuller şunlardır:

- Tahmin edilen gelecek nakit akımlarının doğruluklarının kesin olduğu,
- Tüm nakit akımlarının dönem sonlarında gerçekleştiği.

4. BALÇOVA SİSTEM-2 JEOTERMAL BÖLGE ISITMA SİSTEMİ VE EKONOMİK ANALİZİ

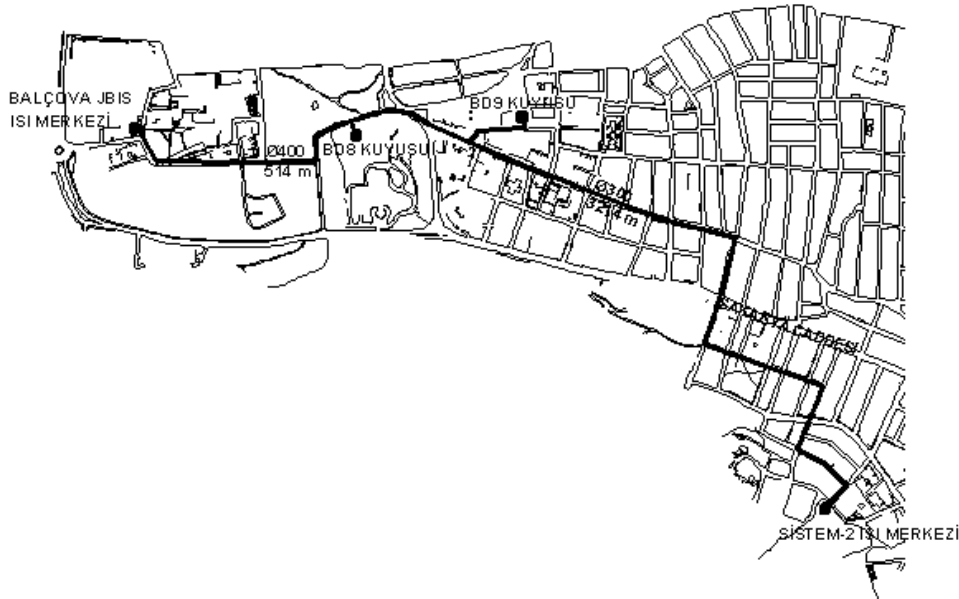
Bu bölümde bir jeotermal bölge ısıtma sisteminde maliyet analizi, Balçova Sistem-2 projesi örneği ile verilmiştir. Bölümde önce sistem genel özellikleri tanıtılmış, daha sonra da ekonomik analizin detayları verilmiştir.

4.1 Balçova Sistem- 2 Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi

Maliyet analizinin detaylı olarak örneklendiği Balçova Sistem-2 JBIS'nin genel sistem karakteristikleri aşağıda verilmiştir.

- Jeotermal Bölge ısıtma sisteminin uygulanacağı alan, Sakarya Caddesi ile kuzeyden, Ata Caddesi ile doğudan sınırlanmış toplam 244,600 metrekare olan bir alandır. Mevcut konut sayısı 2,467 olup, toplam konut alanı 310,700 metrekaredir. Günümüz imar izinlerine göre yapılaşma tamamlandığı zaman toplam konut sayısı 3,247 olacak, toplam konut alanı da 388,700 metrekareye ulaşacaktır.
- Bölgede yapılan anket çalışmasına göre [11], konut sahiplerinin %89'u jeotermal bölge ısıtma sisteminde yer almak istemektedir. Ancak sistem içinde yer almanın öngörülen maddi yükünü karşılayabilen konu oranı %74'tür [11].

Bölge ısıtma sistemi, Balçova-Narlıdere Jeotermal Sahasındaki kuyu sisteminden üretilen jeotermal akışkandan enerji alan bir ısı merkezi ve bu ısı merkezine bağlı bir şehir şebekesinden oluşmaktadır. Balçova Sistem-2 JBIS'de jeotermal akışkan taşıma devresi Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Balçova Sistem-2 JBIS jeotermal akışkan taşıma devresi

Maliyet analizinin öngörüldüğü sistemin yatırımı aşağıdaki bileşenleri içermektedir.

- i. Balçova Sistem-2 ısı merkezine jeotermal akışkan taşıyan jeotermal hattın gidiş dönüş toplam uzunluğu 3,724 metredir.
- ii. Jeotermal hatta ön izoleli çelik, şehir şebekesinde ön izoleli komposit boruların kullanılması öngörülmektedir.
- iii. Isı merkezine titanyum plakalı ve her biri 7,500,000 kcal/h kapasiteye sahip üç adet ısı değiştiricisinin konulması düşünülmüştür. Bu eşanjörlerin çalışma sıcaklıkları jeotermal akışkan tarafında 110/55 °C, enerji dağıtım devresi tarafında ise 80/50 °C dir. Bina altlarındaki ısı değiştiricilerinde ise plaka malzemesinin paslanmaz çelik olması öngörülmüştür.
- iv. Bina içi ısıtıcı elemanlarında termostatik radyatör vanaların kullanılması ve debi kontrolüyle bina içi devrelerinde radyatörlere giriş sıcaklığının sabit tutulması amaçlanmaktadır.

4.2 Balçova Sistem-2 JBIS'nin İlk Yatırım Maliyeti ve Finansmanı

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri, jeotermal rezervuarın belirlenmesinden jeotermal enerjinin kullanıma sunulmasına kadar yapılan tüm işleri kapsamaktadır. Balçova Sistem-2 projesinin ilk yatırım maliyeti belirlenirken, uzun bir süredir işletilmekte olan BNJBIS'de daha önce yapılan ve halen devam eden rezervuar çalışmaları sebebiyle, yeni bir rezervuar belirleme çalışması veya araştırma kuyusu maliyeti hesaba katılmamıştır. Proje ve dökümantasyon maliyetleri, ilk yatırım maliyetlerine eklenmiştir. Eğer bölge ısıtma sistemi yeni bir jeotermal sahada yapılıyorsa, açılması gereken araştırma kuyularının, jeolojik, jeofizik etüdlerinin maliyetlerinin de ilk yatırım maliyetine eklenmesi gerekir.

Sistem-2'nin yatırım bileşenlerine ait maliyetler Tablo 1'de, Balçova Sistem-2 için İlk Yatırım Maliyetleri başlığı altında toplanarak verilmektedir. Bu tabloda sunulan değerler 388,700 m² ısıtma kapasitesine sahip sistemin kurulması durumunda geçerlidir ve tüm işlerin işveren tarafından hazırlanacak teknik şartnameye uygun olarak çalışır vaziyette teslim edilme maliyetleridir.

Görüleceği üzere tam katılım söz konusu olduğunda toplam maliyet 3,472,866 US \$ olacaktır. Burada yatırım maliyeti ilk önce TL cinsinden hesaplanmış ve dolar kurunun 1,450,000 TL olduğu kabul edilmiştir. Yatırım maliyeti içinde en büyük pay %32.96 ile kuyuların açılmasına aittir. Balçova Sistem-2'nin ekonomik analizi yapılırken değişik gelişim senaryoları üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmayla örneklenen ekonomik analizde, beş yıl sonunda katılımın dizayn kapasitesinin % 75'ine ulaşacağı [11] ve sistemin daha fazla büyümeyeceği düşünülerek, bina altı maliyetlerinin % 75'i alınmış ve toplam ilk yatırım maliyeti 3,312,493 US \$ olarak bulunmuştur.

Tablo 1'den anlaşılacağı üzere, kuyu delinme maliyetleriyle birlikte jeotermal akışkan taşıma ve şehir içi dağıtım hatlarının maliyetleri jeotermal bölge ısıtma yatırımlarında önemli bir yer teşkil etmektedir. Kuyu delinme ve kuyu donanımlarının maliyetleri Bergama örneği baz alınarak hesaplanmıştır. Boru hattı maliyeti ve boru ömrü, kullanılan malzeme ve koruyucu kaplamaya göre değişiklik göstermektedir. Bu yatırımda kullanılan CTP + PUR+ CTP boruların ömrünün 20 yıl olacağı kabul edilmiştir. Çelik borularda olduğu gibi, açılan kanallarda beton sabitleyicilerin kullanılacağı, boruların konik geçmeli ve yapıştırmalı bağlantıyla birleştirileceği öngörülmüştür. 20 yıllık toplam sistem ömrü sebebiyle boru hattı için herhangi bir yenileme, değiştirme maliyeti öngörülmemiştir.

Projenin ilk yatırım maliyetinin finansmanında banka kredisinin kullanılacağı, yenileme maliyetlerinin ise yatırımdan kazanılan gelirlerle karşılanacağı öngörülmüştür. Bu sebeple 3,312,493 US \$'lık bir banka kredisinin yıllık %7 faizle 5 yıl sonunda geri ödeneceği kabul edilmiştir. Denklem 1 ve yıllık % 7'lik faiz oranı kullanılarak 5 yıl sonunda bankaya ödenecek tutar

$$F = 3,312,493 \cdot (1 + 0.07)^5 = 4,645,942 \text{ US \$ olarak bulunur}$$

5 yıl sonunda yapılacak bu ödemenin eşit taksitlerle her yılın sonunda ödeneceği göz önüne alınmıştır. Dolayısıyla beş yıl boyunca her yıl 929,188 US \$ bankaya geri ödenecektir. Yatırıma inşaat işleri için en uygun olan zamanda, 2004 başlarında, başlanıp, 6 aylık yapım aşaması sonrasında sistemin devreye alınması planlanmaktadır.

Tablo 1. Balçova Sistem-2 için ilk yatırım maliyetleri (%100 katılım)

Bileşen	Açıklama	Maliyet(TL)	Maliyet (US \$)	Maliyet (%)
Proje Maliyeti	390,000 m ² ısıtma kapasiteli bölge ısıtma sisteminin Proje Tasarım Esaslarına uygun şekilde projelendirilmesi	20,000,000,000	13,793	0.40
Dökümantasyon	Proje uygulama esaslarında belirtilen hesap raporlarının, teknik çizimlerin, hakedişlerin, hazırlanması	15,000,000,000	10,345	0.30
<u>Kuyu Açılması</u>	3 adet üretim 1 adet reenjeksiyon kuyu maliyeti	1,659,940,000,000	1,144,786	32.96
<u>Kuyu Donanımları</u>	3 adet üretim 1 adet reenjeksiyon kuyusunun kuyubaşı ekipman maliyetleri	233,370,397,000	160,945	4.63
<u>Ana Termal Hat</u>	390,000 m ² ısıtma kapasite için termal hat	643,790,894,570	443,994	12.78
<u>Isı Merkezi</u>	390,000 m ² ısıtma kapasitesi için tipik ısı merkezi maliyetleri	429,326,433,700	296,087	8.53
<u>Şehir Dağıtım</u>	Projeden gelen şehir dağıtım metrajları	1,104,063,502,546	761,423	21.92
<u>Bina Altı</u>	375 bina için bina altı maliyetleri	930,164,201,250	641,493	18.47
Toplam		5,035,655,429,066	3,472,866	100.00

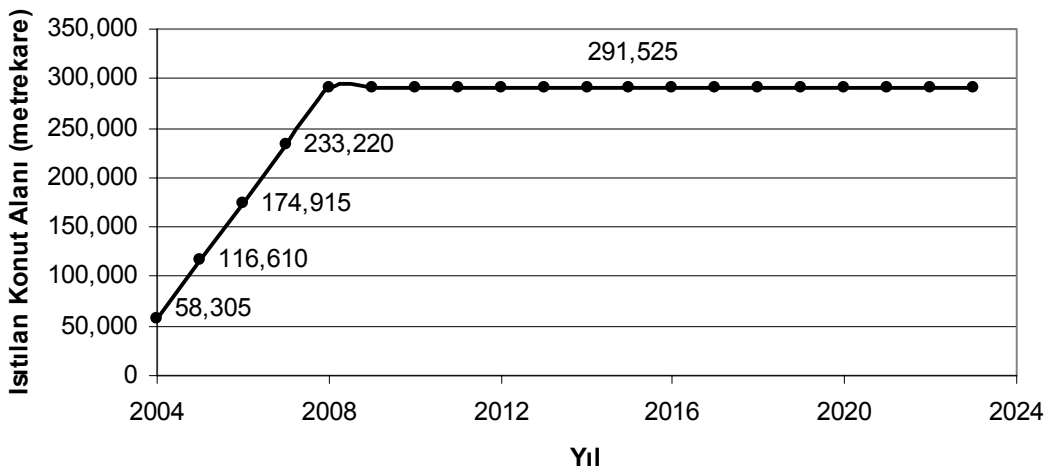
4.3 Balçova Sistem-2 JBIS'de Gelirler

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde gelirlerin belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, aylık enerji kullanım ücretlerinin, Balçova – Narlıdere JBIS olduğu gibi, ısıtılan alanların büyüklüklerine göre belirleneceği düşünülmüştür. Bu fiyatlandırma modelinde, kullanıcılardan bağlantı maliyetlerinin karşılanması için bir defaya mahsus olmak üzere bağlantı ücreti ve her ay ısıtılan alanların büyüklüğüne göre değişen jeotermal enerji kullanım ücreti tahsil edilmektedir. Birim alan için ısıtma ücretleri ısıtma sezonu öncesi belirlenir.

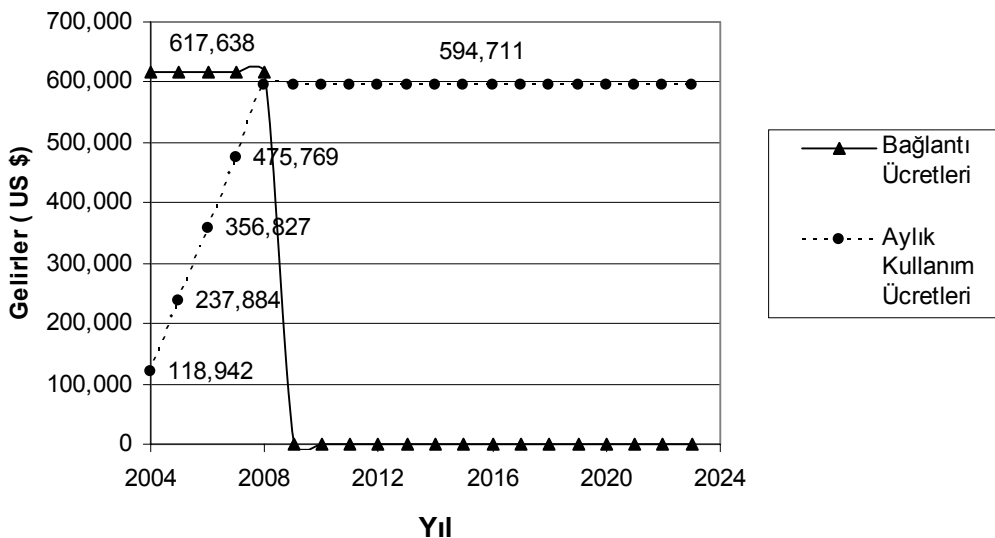
Balçova – Narlıdere JBIS'den farklı olarak, Sistem-2 içinde yer alan bir binanın şehir dağıtım devresine bağlantısının yapılabilmesi için o binadaki tüm dairelerin sisteme katılım zorunluluğu düşünülmektedir. Aboneliğe getirilecek bu koşulla, Balçova – Narlıdere JBIS'de abone sayısının artırılmasında yaşanan sıkıntıların Sistem-2'de görülmesinin önüne geçileceği tahmin edilmektedir.

Bu çalışmada, bağlantı ve kullanım gelirlerinin tahmin edilmesinde farklı gelişim senaryoları göz önüne alınmıştır. Senaryoların oluşturulmasında, bölgede yapılan anketin sonuçları göz önünde bulundurulmuştur. Sistem kapasitesinin %75'ine 5 yılda ve lineer ulaşılacağı öngörülmüştür. Bu durumda bağlantı gelirlerinin sadece ilk beş yıl için söz konusu olacağı, beşinci yıldan sonra ise sadece enerji kullanım gelirlerinin olacağı düşünülmüştür. Bu plana göre jeotermal enerji ile ısıtılacak alanların büyüklüğünün yıllara bağlı değişimi Şekil 4'de gösterilmiştir. Bağlantı ücreti olarak şu anda Balçova – Narlıdere JBIS'de geçerli olan KDV dahil 1,250 US \$'lık ücretin tamamının peşin yada 250 US \$'ı peşin olmak üzere 10 aylık eşit taksitlerle ödenebileceği kabul edilmiştir. Dolayısıyla aboneliği başlatılan bir kullanıcı bir yıl sonunda tüm borcunu ödeyecektir. Diğer yandan KDV dahil 1,000 ve 1,500 US \$ gibi farklı bağlantı ücretleriyle ekonomik analiz tekrarlanarak değişen durumlarda elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Tüketiciden alınan ve tamamının devlete ödendiği katma değer vergisi hesaplamalara dahil edilmemiştir. İlk 5 yıl içinde aylık kullanım ücretlerinin, Balçova – Narlıdere

JBIS'de 2002-2003 ısıtma sezonunda geçerli olan ücretlerin aynısı yani 100 m² lik bir konut için KDV hariç 17 US \$ olacağı kabul edilmiştir. Şekil 5'de KDV dahil 1250 US \$'lık bağlantı ücreti ve aylık enerji kullanım ücretinin KDV hariç 17 US \$ olması durumunda yıllık gelirler gösterilmiştir. İlk olarak, 20 yıl boyunca kullanım ücretinin 17 US \$ olmasına göre iç karlılık oranı yöntemi uygulanmıştır. Daha sonra gelirlerdeki değişimin sonuçları nasıl etkilediğini görebilmek için 5 yıl sonra aylık kullanım ücretleri 24 farklı senaryoda, 15 yıl boyunca sabit kalacağı kabul edilerek, 18'den 40 US \$'a kadar artırılmıştır. Son olarak, 5 yıl sonra kullanım ücretlerinin yıllara bağlı olarak arttığı iki alternatif fiyatlandırma senaryosu (S AI ve S All) geliştirilerek bu senaryolar için net nakit akımları ve iç karlılık oranları tekrar hesaplanmıştır. S AI senaryosunda, ilk beş yılda kullanım ücreti 17 US \$, alınmış, daha sonraki beş yıllık dönemlerde kullanım ücreti %16 artırılmıştır. %16 rakamı Balçova – Narlıdere JBIS'deki aylık kullanım ücretlerinin dolar bazındaki ortalama yıllık artış oranıdır. S All senaryosunda ise ilk beş yılın ardından kullanım ücretleri her yıl bir önceki yıla göre 1 dolar artırılmıştır. Tüm fiyatlandırma senaryoları Tablo 2'de özetlenmiştir.



Şekil 4. Balçova Sistem-2 için %75 kapasiteye 5 yılda lineer ulaşma senaryosunda yıllara göre jeotermal enerji ile ısıtılacak alanların büyüklüğü



Şekil 5. Balçova Sistem-2'de bağlantı ücretinin KDV dahil 1250 US \$, 100 m² lik bir konut için aylık enerji kullanım ücretinin KDV hariç 17 US \$ ve %75 kapasiteye 5 yılda lineer ulaşma senaryosunda, yıllık gelirler

Tablo 1. Balçova Sistem-2'de aylık kullanım ücretleri için geliştirilen senaryolar

Yıl	S1	S2	...	S23	S24	S AI	S All
2004	17	18		39	40	17	17
2005	17	18		39	40		
2006	17	18		39	40		
2007	17	18		39	40		
2008	17	18		39	40		
2009	17	18		39	40	20	18
2010	17	18		39	40		19
2011	17	18		39	40		20
2012	17	18		39	40		21
2013	17	18		39	40		22
2014	17	18		39	40	23	23
2015	17	18		39	40		24
2016	17	18		39	40		25
2017	17	18		39	40		26
2018	17	18		39	40		27
2019	17	18		39	40	27	28
2020	17	18		39	40		29
2021	17	18		39	40		30
2022	17	18		39	40		31
2023	17	18		39	40		32

Tüm ekipmanların teknik ömürlerinin sonunda ilk yatırım maliyetlerinin %5'i kadar hurda değeri olacağı düşünülmüş ve bu hurda değerleride gelir olarak hesaba katılmıştır. Ekipmanlar için kabul edilen teknik ömürler ve hurda değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Ömürleri 10 yıl olan ekipmanların, 10 yıl sonra yenileriyle değiştirileceği, eski ekipmanların 21,498 US \$'a satılacağı göz önüne alınmıştır. 20 yıllık sistem ömrü sonunda ise tüm ekipmanların satışıyla 165,625 US \$'lık bir gelir söz konusu olacaktır.

Tablo 2. Ekipmanların hurda değerleri

Ekipman	Ömür (yıl)	İlk Yatırım Maliyeti (US \$)	Hurda Değeri (US \$)
Vanalar	10	267,448	13,372
Borular	20	668,990	33,450
Sirkülasyon Pompaları	10	65,730	3,287
Kuyu İçi Pompalar	10	96,774	4,839
Diğer Ekipmanlar	20	2,213,550	110,678

4.4 Balçova Sistem-2 JBIS'de İşletme Maliyetleri

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde işletme maliyetlerinin sekiz ana bileşeni vardır. Bunlar sırasıyla personel, elektrik, su, inhibitör, diğer kimyasal maddeler (su tasviye ve korozyon önleyici kimyasallar), bakım giderleri, pazarlama giderleri ve diğer genel giderlerdir. Balçova Sistem-2 için öngörülen yıllık işletme maliyetlerinin nasıl hesaplandığı detaylı olarak bu bölümde açıklanmış ve sonuçlar ise Tablo 10'da verilmiştir.

Sistem-2'nin işletme maliyetleri, 2002 yılında Balçova – Narlıdere JBIS'de gerçekleşen işletme maliyetleri dikkate alınarak tahmin edilmiştir. 2002 yılı maliyetleri Balçova - Narlıdere JBIS için ideal durumu yansıtmaktadır. Balçova Sistem-2 için işletme maliyetleri içinde en büyük harcamanın personel giderleri olacağı tahmin edilmiştir. Yıllık personel giderleri hesaplanırken yönetici dahil toplam

10 kişinin işletmede görev aldığı düşünülmüştür. Personel ücretleri, Balçova Jeotermal Enerji Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.'de 2003 yılında ödenen ücretler göz önüne alınarak belirlenmiştir. Balçova – Narlıdere JBIS'de ödenen yönetim kurulu ücretlerinin Balçova Sistem-2 içinde ödeneceği kabul edilmiştir. Ödenecek miktar 2003 yılında Balçova – Narlıdere JBIS'de çalışan personelin brüt ücretlerine göre belirlenmiştir. Balçova Sistem-2'nin payına düşecek 3,277 US \$'lık yönetim kurulu ücreti, tahmin edilen diğer ücretlerle birlikte personel giderlerini oluşturmuştur [Denklem 6]. Aylık personel giderleri Tablo 4'de özetlenmiştir.

Tablo 3. Balçova Sistem-2'de aylık personel giderleri

		Adet	Brüt Maaş (TL)	Toplam (TL)	Toplam (US \$)
1	Operator	4	500,872,286	2,003,489,144	1,382
2	Yönetici	1	888,497,276	888,497,276	613
3	Muhasebe Elemanı	1	465,108,164	465,108,164	321
4	Bakım Görevlisi	2	324,881,388	649,762,776	448
5	Abone İlişkileri	1	741,887,647	741,887,647	512
6	Hizmetli	1	324,881,388	324,881,388	224
7	Yönetim Kurulu Ücretleri				3,277
	TOPLAM				6,776

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde elektrik tüketim maliyetleri işletme maliyetleri içinde önemli paya sahiptir. Aylık elektrik maliyeti, İzmir ili için 1993 yılındaki saatlik sıcaklık verileri ve Balçova – Narlıdere JBIS'de optimize edilmiş üretim için hesaplanmış konvansiyonel enerji katsayısı² (CER_o) kullanılarak bulunmuştur.

Tablo 4. Balçova Sistem-2 için aylık elektrik maliyetleri

Ay	Enerji Üretimi (KWh)	CER _o 'e göre Enerji Tüketimi (KWh _e)	%100 kapasite CER _o 'e göre Elektrik Maliyeti (TL)	%75 kapasitede CER _o 'e göre Elektrik Maliyeti (TL)	Elektrik Maliyeti (US \$)
1	12,282,920	91,837	13,739,284,464	10,304,463,348	7,107
2	11,647,306	87,084	13,028,306,322	9,771,229,741	6,739
3	9,239,595	69,082	10,335,117,264	7,751,337,948	5,346
4	5,935,257	44,377	6,638,989,470	4,979,242,103	3,434
5	3,864,359	28,893	4,322,548,785	3,241,911,589	2,236
6	2,519,865	18,840	2,818,640,564	2,113,980,423	1,458
7	2,603,418	19,465	2,912,101,158	2,184,075,869	1,506
8	2,599,843	19,438	2,908,102,094	2,181,076,570	1,504
9	2,778,182	20,772	3,107,586,499	2,330,689,874	1,607
10	3,354,147	25,078	3,751,842,804	2,813,882,103	1,941
11	7,943,722	59,393	8,885,594,853	6,664,196,140	4,596
12	8,440,429	63,107	9,441,195,676	7,080,896,757	4,883
Toplam	73,209,043	547,367	81,889,309,954	61,416,982,465	42,357

Şehir içi dağıtım hattında, boru birleştirmelerinin kaynaklı olmayacağı ve boru montajlarının doğru yapılacağı düşünülerek, su kaçağının olmayacağı kabul edilmiştir. Böylece, Balçova – Narlıdere JBIS'deki gibi anormal su maliyetleriyle karşılaşılması [Tablo 23] ve kullanılmayan enerji kaybının olması sorunlarının giderileceği düşünülmüştür. Balçova Sistem-2 için gerekli su ihtiyacı, şehir içi

² Bir jeotermal sahada birim elektrik tüketimi başına üretilen jeotermal enerji miktarı konvansiyonel enerji katsayısıdır. CER_o ise enerji üretimini optimize eden kontrol stratejisine göre belirlenir [12].

dağıtım devresindeki boruların (ana dağıtım hattı, branşmanlar ve bina altı bağlantı borularındaki), bina altındaki ve ısı merkezindeki ısı değiştiricilerinin, ısı merkezindeki boruların ve genişleme deposunun hacimlerinin toplanmasıyla bulunmuştur. Tablo 6'da şehir içi dağıtım hattı boru hesaplanan hacimleri, Tablo 7'de ise ısı değiştiricilerinin katalog hacimleri sunulmuştur. İlk doldurma sırasında gerekli su hacmi yaklaşık 91 m³ olarak hesaplanmış ve tüm ekipmanların hacimlerinin toplamı Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 6. Şehir içi dağıtım hattında boru hacimleri

Çap (mm)	Metraj (m)	Birim Hacim (m ³ /m)	Toplam (m ³)
20	80	0.00031	0.025
20	490	0.00031	0.154
25	3380	0.00049	1.658
32	3392	0.00080	2.727
40	2066	0.00126	2.595
50	2422	0.00196	4.753
65	1864	0.00332	6.182
80	1910	0.00502	9.596
100	1048	0.00785	8.227
125	792	0.01227	9.714
150	684	0.01766	12.081
200	782	0.03140	24.555
250	114	0.04906	5.593
300	24	0.07065	1.696
Toplam			89.6

Tablo 7. Isı değiştiricilerinin katalog hacimleri

Kullanıldığı Yer	Kapasitesi (kcal/h)	Adet	Birim (m ³ /adet)	Toplam (m ³)
Bina Altı	10,980	1	0.001	0.001
Bina Altı	16,470	4	0.001	0.004
Bina Altı	21,960	10	0.0012	0.012
Bina Altı	27,450	62	0.0014	0.0868
Bina Altı	32,940	39	0.0015	0.0585
Bina Altı	38,430	32	0.0017	0.0544
Bina Altı	43,920	21	0.0020	0.0420
Bina Altı	49,410	38	0.0021	0.0798
Bina Altı	54,900	25	0.0023	0.0575
Bina Altı	60,390	27	0.0026	0.0702
Bina Altı	65,880	24	0.0028	0.0672
Bina Altı	71,370	9	0.0030	0.0270
Bina Altı	76,860	11	0.0031	0.0341
Bina Altı	82,350	20	0.0052	0.1040
Bina Altı	87,840	16	0.0052	0.0832
Bina Altı	98,820	14	0.0069	0.0966
Bina Altı	109,800	10	0.0069	0.0690
Bina Altı	120,780	9	0.0085	0.0765
Bina Altı	1,037,610	3	0.0365	0.1095
Isı Merkezi	750,000	3	0.2270	0.2270
Toplam				0,8270

Tablo 8: Balçova Sistem-2'nin doldurulması için gerekli su miktarı (m³)

	Hacim (m ³)
Şehir içi dağıtım devresi boru hattının hacmi	89.6
Bina altı ısı değiştiricilerinin toplam hacmi	0.6
Isı merkezi ısı değiştiricilerinin toplam hacmi	0.23
Isı merkezi genleşme deposu hacmi	0.6
Toplam	91

Su tüketim maliyeti hesaplanırken, genel bakımın yapılması amacıyla sistemin yılda iki kere doldurulacağı göz önüne alınmıştır. Balçova Sistem-2'nin yılda iki kez doldurulup boşaltılması ve sistemin tam kapasitede çalışması durumunda gerekli su hacmi yıllık 182 m³ olarak hesaplanmıştır. Isı merkezi çalışanlarının ihtiyaçlarını karşılamak için de kişi başına günde 10 litre suyun tüketileceği kabul edilerek yıllık 36 m³'lük hacim 182 m³'e ilave edilmiştir. Sonuç olarak sistemin yıllık su ihtiyacı 218 m³ olarak hesaplanmıştır. Birim su maliyeti İZSU tarafından belirlenen, 01.03.2003 tarihinden itibaren geçerli olan su ve atıksu satış tarifesine göre alınmıştır. Bu tarifeye göre şantiye suyu için birim fiyatı 5,287,000 TL'dir. Dolar kurununun 1,450,000 TL olması gözönüne alınarak yıllık 795 US \$'ın su tüketimi için harcandığı kabul edilmiştir. Görüldüğü üzere şehir içi dağıtım devresinde su kaçığının olmaması, su tüketim maliyetinin oldukça düşük olmasına yol açacaktır.

291,525 metrekare ısıtma kapasiteli Balçova Sistem-2'deki inhibitör, diğer kimyasal malzeme ve bakım-onarım giderleri 1,150,000 m² ısıtma kapasiteli Balçova - Narlıdere JBIS'deki maliyetlerle doğru orantılı olacağı düşünülmüştür. Balçova Sistem-2 için bu giderler Tablo 9 'da hesaplanmıştır. Sistem-2 ve BNJBIS'nin yönetim kurulu, pazarlama ve diğer genel giderleri ortak karşılayacağı düşünüldüğünden, Denklem 6 kullanılarak Sistem-2'nin payına düşen miktarlar hesaplanmış ve Tablo 10'da sunulmuştur..

$$\text{Sistem - 2 Payı} = \frac{\text{BNJBIS Maliyeti}}{\text{Toplam Alan (BNJBIS + Sistem - 2)}} \cdot (\text{Sistem - 2 Alanı}) \quad (6)$$

Tablo 9. Balçova Sistem-2'de BNJBIS'deki 2002 yılı maliyetleri göz önüne alınarak hesaplanan işletme giderleri

	Balçova - Narlıdere JBIS [13]	Balçova Sistem-2 JBIS
Isıtma Kapasitesi (m ²)	1,150,000	291,500
İnhibitör Maliyeti (US \$)	3,753	951
Diğer Kimyasal Maddeler (US \$)	1,912	485
Bakım Onarım Giderleri (US \$)	53,417	13,541

Tablo 10. Balçova Sistem-2 için yıllık işletme maliyetleri

		İşletme Maliyeti (US \$ / yıl)	Maliyet Yüzdesi
1	Inhibitör Giderleri	951	0.52
2	Diğer Kimyasal Giderleri	485	0.27
3	Su Tüketimi	795	0.44
4	Personel Giderleri [Tablo 4]	81,317	44.86
5	Elektrik Tüketimi	42,357	23.37
6	Bakım Giderleri	13,541	7.47
7	Pazarlama	3,197	1.76
8	Diğer Genel Giderler	38,617	21.30
	Toplam	181,260	100

4.5 Balçova Sistem-2 JBIS'de Amortisman Giderleri

Amortisman maliyetinin net nakit akımları üzerindeki negatif etkisi ekonomik analizde dikkate alınmıştır. Amortisman miktarları belirlenirken, ilk olarak ekipmanların ömürleri tahmin edilmiştir. Ömürlerin, CTP borular için 20 yıl, vanalar ve pompalar için 10 yıl, diğer tüm ekipmanlar için 20 yıl olacağı düşünülmüştür. Bu çalışmalarda azalan tutarlar üzerinden amortisman yöntemi (double) tercih edilmiştir. Bu yöntem sayesinde ilk yıllarda ilk yatırım maliyetinin önemli kısmı amortisman olarak ayrılabilir[14]. Bu yöntemde amortisman oranı f ;

$$f = \frac{2}{n} \quad (7)$$

formülüyle bulunur ki, burada n , ekipmanın ömrünü göstermektedir.

Yatırımın r . yılındaki kitap değeri (BV) Denklem 8 kullanılarak bulunur. İlk yıl için kitap değeri Denklem 8 kullanılarak hesaplanır. Hesaplanan kitap değeri ile f çarpılarak ilk yılın sonunda ayrılması gereken amortisman miktarı bulunur. Daha sonraki yıllar için kitap değerleri hesaplandıktan sonra, herhangi bir yılda ayrılması gereken amortisman miktarı, bu yıldan bir yıl öncesi için hesaplanan kitap değerinden bir sonraki yıl için hesaplanan kitap değerinin çıkartılmasıyla bulunmuştur [14]. Hesaplama Tablo 11'de verilmiştir.

$$BV_r = I \cdot (1 - F)^r \quad (8)$$

Tablo 11. Yıllara göre amortisman miktarları

Yıl	Ömrü 10 yıl Olan Ekipmanlar İçin		Ömrü 20 yıl Olan Ekipmanlar İçin		Toplam (US \$)
	Kitap Değeri (US \$)	Amortisman Miktarı (US \$)	Kitap Değeri (US \$)	Amortisman Miktarı (US \$)	
2004	343,962	85,990	2,594,287	288,254	374,244
2005	275,169	68,792	2,334,858	259,429	328,221
2006	220,135	55,034	2,101,372	233,486	288,520
2007	176,108	44,027	1,891,235	210,137	254,164
2008	140,887	35,222	1,702,111	189,123	224,345
2009	112,709	28,177	1,531,900	170,211	198,388
2010	90,167	22,542	1,378,710	153,190	175,732
2011	72,134	18,033	1,240,839	137,871	155,905
2012	57,707	14,427	1,116,755	124,084	138,511
2013	46,166	11,541	1,005,080	111,676	123,217
2014	343,962	85,990	904,572	100,508	186,498
2015	275,169	68,792	814,115	90,457	159,249
2016	220,135	55,034	732,703	81,411	136,445
2017	176,108	44,027	659,433	73,270	117,297
2018	140,887	35,222	593,490	65,943	101,165
2019	112,709	28,177	534,141	59,349	87,526
2020	90,167	22,542	480,727	53,414	75,956
2021	72,134	18,033	432,654	48,073	66,106
2022	57,707	14,427	389,389	43,265	57,692
2023		57,707		389,389	447,096
Toplam					3,696,279

Her yıl ödenecek vergiler, 2002 yılında Balçova – Narlıdere JBIS’de ödenen vergiler ve gelir gider dengesi düşünülerek tahmin edilmiştir [Tablo 12]. Herhangi bir yıl için negatif net nakit akımı söz konusu olduğunda o yıl için herhangi bir verginin ödenmeyeceği, gelir ve giderler (işletme maliyetleri ve yatırım maliyetleri toplamı) arasındaki farkın pozitif olması durumunda ise ödenecek verginin, gelirlerle giderler arasındaki farkla doğru orantılı olacağı kabul edilmiştir.

Tablo 12. 2002 yılında Balçova – Narlıdere JBIS’de ödenen vergiler ve gelir-gider dengesi

	Gelirler (US \$/yıl)	Giderler (US \$/yıl)	Fark (US \$/yıl)	Ödenen- Ödenecek Vergi (US \$/yıl)
BNJBIS 2002 yılı	1,350,547	1,099,563	250,983	60,641

4.6 Balçova Sistem-2 JBIS için İç Karlılık Oranın Hesaplanması

İlk yatırım maliyetleri belirlenen, proje ömrü boyunca işletme maliyetleri tahmin edilen Balçova Sistem-2 yatırımı için iç karlılık oranı tüm gelir senaryoları için 181,260 US \$’lık yıllık işletme maliyetinin 20 yıl boyunca sabit kalacağı kabul edilerek hesaplanmıştır. Örnek olması için aylık kullanım ücretinin 20 yıl boyunca KDV hariç 17 US \$/100 m², işletme maliyetlerinin 181,260 US \$ olduğu durumda iç karlılık oranının hesaplanması Tablo 13’de gösterilmiştir.

Tablo 13. Aylık kullanım ücretinin KDV hariç 17 US \$/100 m² olması durumunda iç karlılık oranının hesaplanması

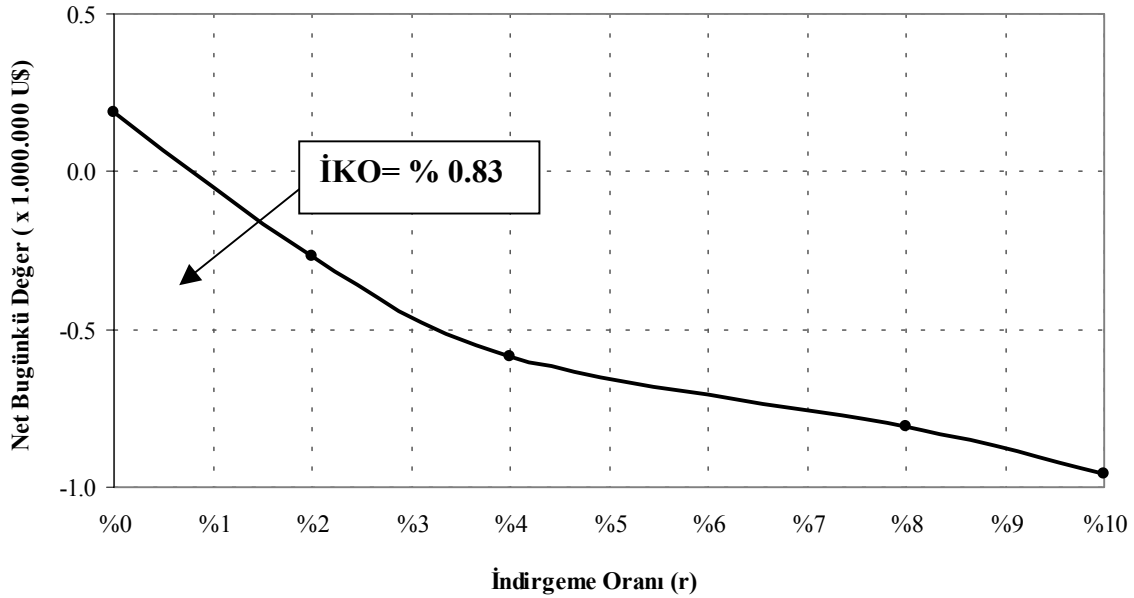
Yıl	n	Net Nakit Akımı (US \$)	$\frac{1}{(1+i)^n}$ i = 0.02	% 2 ile NBD (US \$)	$\frac{1}{(1+i)^n}$ i = 0.04	%4 ile NBD (US \$)
2004	1	-716,954	0.980	-702,896	0.962	-689,379
2005	2	-583,147	0.961	-560,503	0.925	-539,152
2006	3	-424,504	0.942	-400,019	0.889	-377,382
2007	4	-271,206	0.924	-250,553	0.855	-231,828
2008	5	-147,066	0.906	-133,202	0.822	-120,877
2009	6	115,167	0.888	102,265	0.790	91,018
2010	7	137,823	0.871	119,983	0.760	104,734
2011	8	157,651	0.853	134,553	0.731	115,194
2012	9	175,044	0.837	146,469	0.703	122,984
2013	10	-118,220	0.820	-96,982	0.676	-79,865
2014	11	127,057	0.804	102,187	0.650	82,534
2015	12	154,306	0.788	121,669	0.625	96,379
2016	13	177,110	0.773	136,912	0.601	106,368
2017	14	196,258	0.758	148,739	0.577	113,334
2018	15	212,390	0.743	157,809	0.555	117,933
2019	16	226,029	0.728	164,650	0.534	120,679
2020	17	237,599	0.714	169,684	0.513	121,977
2021	18	247,449	0.700	173,254	0.494	122,148
2022	19	255,863	0.686	175,632	0.475	121,443
2023	20	32,084	0.673	21,592	0.456	14,643
NBD		190,731		-268,757		-587,119

Tablo 13’ün üçüncü sütununda her yıl için tahmin edilen nakit akımları yer almaktadır. İç karlılık oranı analizinde, deneme yanılma yöntemiyle, her yıl için hesaplanan nakit akımlarının bugünkü değerlerinin toplamını sıfır yapan indirgeme oranına ulaşılmaya çalışılır. Nakit akımlarının bugünkü değeri

Denklemler kullanılarak hesaplanır. Tüm nakit akımlarının bugünkü değerleri toplanarak net bugünkü değer hesaplanır, sıfıra en yakın pozitif ve negatif NBD'leri veren indirim oranları bulunmaya çalışılır. Örnek olarak % 2 ve %4 indirim oranları kullanılarak her yıl için indirim faktörleri

$\left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$ hesaplanmış, 4 ve 6. sütunlarda verilmiştir. Denklem 1'de içler dışlar çarpımı yapıldığında

bugünkü değer bulunmasında bu faktörün kullanıldığı görülür. 5. ve 7. sütunlarda her yıldaki nakit akımları hesaplanan faktörlerle çarpılmış ve her yıldaki nakit akımının bugünkü değeri bulunmuştur. Son satırda ise gelecekteki nakit akımlarının bugünkü değerleri toplanarak yatırımın net bugünkü değeri hesaplanmıştır. Doğrudan toplandığında (yani $r=0$ için) NBD pozitifken, % 2 için NBD negatif bulunmuştur. Tablo 13'de % 2 iskonto oranı kullanılarak istenilen sonuca ulaşılmıştır. Fakat bu işlemde deneme sayısının artabileceği unutulmamalıdır. İndirim oranına bağlı olarak hesaplanan net bugünkü değerler, Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Balçova Sistem-2'de enerji kullanım ücretlerinin KDV hariç 17 US \$/ 100 m² olması durumunda indirim oranına bağlı olarak net bugünkü değerler

Lineer interpolasyon yapmak için hesaplanan en küçük net pozitif NBD ve en büyük negatif NBD'ler sıfıra ne kadar yakın olurlarsa hassasiyette o kadar artacaktır. Net nakit akımlarının bugünkü değerini sıfıra eşitleyen iskonto oranı iç karlılık oranıdır. Denklem 5 kullanılarak iç karlılık oranı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{İKO} = 0.02 + \frac{190,731 \cdot (0.02 - 0)}{190,731 + |-268,757|} = \%0.83$$

Elde edilen bu sonuç, 20 yıl boyunca her yıl 181,260 US\$ işletme maliyeti ve 17 US \$'lık aylık kullanım ücretleriyle 20 yıl sonunda yatırımın karlılığının % 0.83 olacağını göstermektedir.

20 yıl boyunca işletme giderlerinde değişim olabileceği düşünülerek işletme maliyetlerine göre 20 farklı senaryo geliştirilmiştir. Bu senaryolar belirlenirken 181,260 olan işletme maliyeti belirli yüzdelere (% 5'er) artırılmış veya azaltılmıştır. Yapılan bu işlem literatürde duyarlılık analizi olarak adlandırılmaktadır [6].

4.7 Balçova Sistem-2'nin Ekonomik Analizinden Elde Edilen Sonuçlar

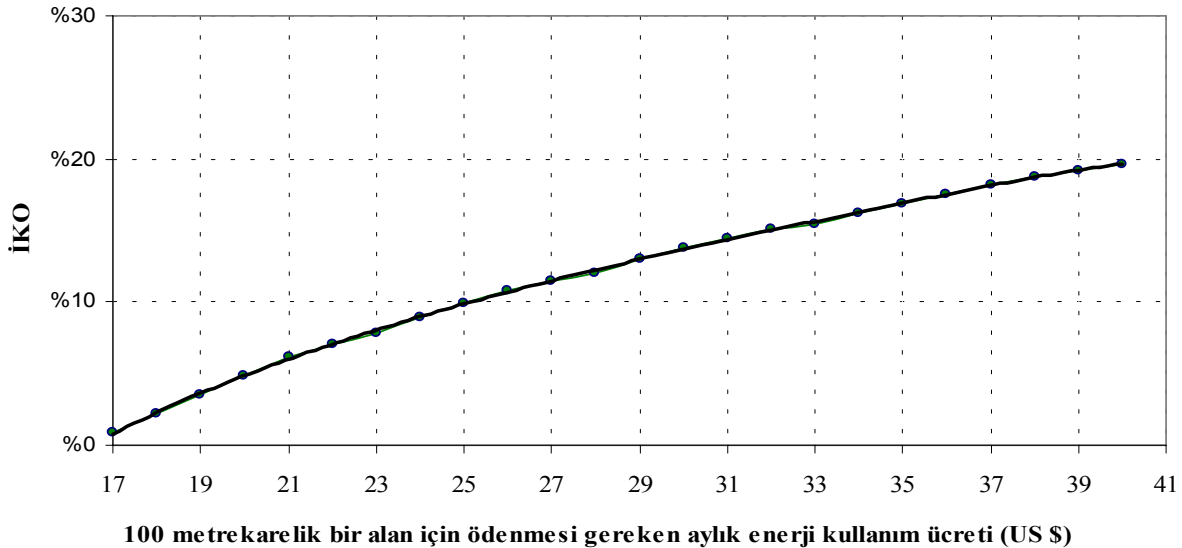
Balçova Sistem-2'de sistemin dizayn ısıtma kapasitesi 388,700 m² dir. % 75 kapasite için (388,700 m² x 0.75) birim ısıtma alanı başına yatırım maliyetleri (kuyu maliyetleri dahil) 11.36 US \$/m² olarak bulunmuştur. Sistem-2'de kW_t başına ilk yatırım maliyetinin, %75 katılım oranı için toplam kapasitenin 18,236 KW olduğu hesaplanarak, 178 US \$ olacağı belirlenmiştir. Sistem-2 için tahmin edilen işletme maliyetlerinin Balçova – Narlıdere JBIS' deki sonuçlarla kıyaslanması için birim alan başına maliyetler Tablo 14'de verilmiştir

Tablo 14. Balçova Sistem-2 için birim ısıtma alanı başına yıllık işletme maliyetleri

	Birim Isıtma Alanı Başına İşletme Maliyeti (US \$ / m ² yıl)
Su Tüketimi	0.003
Elektrik Tüketimi	0.002
Personel Ücretleri	0.003
Diğer Kimyasal Maddeler	0.279
Inhibitor	0.145
Pazarlama	0.046
Bakım Giderleri	0.011
Diğer Çeşitli Giderler	0.132
Toplam	0.622

Beş yılın sonunda %75 katılım ve KDV dahil 1250 US \$'lık katılım ücretlerinin geçerli olması durumunda, iç karlılık hesaplarından elde edilen sonuçlar şöyledir :

-İşletme maliyetinin 181,260 US \$ olması durumunda farklı enerji kullanım ücretleri için hesaplanan iç karlılık oranları Şekil 7'de gösterildiği gibi olmalıdır.



Şekil 7. Balçova Sistem-2'de işletme maliyetinin 181,260 US \$ olması durumunda farklı enerji kullanım ücretleri (ilk beş yıl 17 US \$, sonraki 15 yıl boyunca sabit) için hesaplanan iç karlılık oranları

- İşletme maliyetleri senaryolarına göre tahmin edilen maliyetin % 5 fazlası olan 190,323 US \$'a kadar tüm işletme maliyetleri için 20 yıl boyunca kullanım ücreti olarak 17 ile 40 US \$ arasındaki tüm değerler için 20 yılın sonunda sıfırdan büyük iç karlılık oranları hesaplanmıştır.

- İşletme maliyetlerinin 190,323 US \$'dan daha fazla olması durumunda iç karlılık oranları Tablo 15'deki gibi hesaplanmış ve lineer interpolasyon yapılarak olması gereken jeotermal enerji kullanım ücretleri Tablo 16'daki gibi bulunmuştur.

Tablo 15. 190,323 US \$'ın üzerinde işletme maliyetlerinin gerçekleştiğini kabul eden senaryolarda iç karlılık oranları (%)

Kullanım Ücreti (US \$/100 m ²)	İşletme Maliyetleri (US \$/yıl)								
	190,323	199,386	208,449	217,512	226,575	235,638	244,701	253,764	262,827
17	0.22	-0.48	-1.26	-2.16	-3.20	-4.42	-5.86	-7.59	-9.72
18	1.72	1.24	0.70	0.10	-0.58	-1.35	-2.22	-3.22	-4.39
19	3.09	2.58	2.02	1.58	1.10	0.58	-0.02	-0.68	-1.43
20	4.30	3.79	3.36	2.89	2.38	1.87	1.44	0.97	0.45

Tablo 16. 190,323US \$'ın üzerinde işletme maliyetlerinin gerçekleştiğini kabul eden senaryolarda olması gereken enerji kullanım ücretleri

İşletme Maliyeti (US \$/yıl)	Fiyat 1 (US \$/100 m ²)	İKO 1 (%)	Fiyat 2 (US \$/100 m ²)	İKO 2 (%)	Olmaması gereken fiyat (US \$/100 m ²)
199,386	18	1.24	17	-0.48	17.28
208,449	18	0.70	17	-1.26	17.64
217,512	18	0.10	17	-2.16	17.96
226,575	19	1.10	18	-0.58	18.34
235,638	19	0.58	18	-1.35	18.70
244,701	20	1.44	19	-0.02	19.01
253,764	20	0.97	19	-0.68	19.41
262,827	20	0.45	19	-1.43	19.76
271,890	21	1.31	20	-0.12	20.08

- Tablo 2'de öngörülen SA1 ve SA2 senaryolarının 20 farklı işletme maliyeti için sonuçları Tablo 17 'de verilmiştir. Öngörülen tüm işletme maliyetleri için 20 yıl sonundaki karlılık oranları sıfırdan büyüktür.

Tablo 17. Alternatif fiyatlandırma senaryoları S AI ve S All için 20 yıl sonundaki iç karlılık oranları (Bağlantı ücreti KDV dahil 1250 US \$)

Senaryo	İşletme Maliyetleri (US \$/yıl)	S AI için İKO (%)	S All için İKO (%)
1	99,693	22.68	23.16
2	108,756	21.91	22.43
3	117,819	21.50	22.05
4	126,882	21.50	22.05
5	135,945	21.08	21.66
6	145,008	20.64	21.25
7	154,071	20.19	20.82
8	163,134	19.83	20.39
9	172,197	19.52	19.95
10	181,260	7.54	15.40
11	190,323	7.22	14.83
12	199,386	6.88	14.22
13	208,449	6.53	13.56
14	217,512	6.15	12.85
15	226,575	5.74	12.08
16	235,638	5.31	11.62
17	244,701	4.85	12.23
18	253,764	4.35	10.69
19	262,827	3.90	10.17
20	271,890	3.56	9.61

Bağlantı ücretinin KDV dahil 1,500 US \$ olması ve %75 kapasiteye 5 yılda ulaşılacağı düşünülerek analiz tekrarlanmıştır. 226,575 US \$'a kadar olan işletme maliyetleri için yatırımın tüm ücretlendirme senaryolarında karlı olacağı anlaşılmıştır. İşletme maliyetlerinin 226,575 US \$ veya daha fazla olması durumunda hesaplanan iç karlılık oranları Tablo18'de, olması gereken aylık kullanım ücretleri ise Tablo 19'da sunulmuştur.

Tablo 18. Bağlantı Ücretinin 1,500 US \$ olması durumunda 226,575 US \$ ve üzerindeki işletme maliyetlerinin gerçekleştiğini kabul eden senaryolarda iç karlılık oranları

Kullanım Ücreti (US \$/100 m ²)	İşletme Maliyetleri (US \$/yıl)					
	226,575	235,638	244,701	253,764	262,827	271,890
17	0.24	-0.58	-1.54	-2.67	-4.03	-5.68
18	1.99	1.45	0.83	0.14	-0.66	-1.59
19	3.63	3.08	2.47	1.85	1.32	0.72

Tablo 19. Bağlantı Ücretinin KDV dahil 1500 US \$ olması durumunda, 235,638 \$ ve üzerindeki işletme maliyetlerinin gerçekleştiğini kabul eden senaryolarda 100 m² lik alanın ısıtılması için ödenmesi gereken kullanım ücretleri

İşletme Maliyeti (US \$/yıl)	Fiyat 1 (US \$/100 m ²)	İKO 1 (%)	Fiyat 2 (US \$/100 m ²)	İKO 2 (%)	Olması Gereken Ücret (US \$/100 m ²)
235,638	18	1.45	17	-0.58	17.29
244,701	18	0.83	17	-1.54	17.65
253,764	18	0.14	17	-2.67	17.95
262,827	19	1.32	18	-0.66	18.33
271,890	19	0.72	18	-1.59	18.69

Son olarak, bağlantı ücretinin KDV dahil 1000 US \$ olması durumu ele alınmıştır. Aynı şartlar için yapılan yeni analizde, işletme maliyetinin 181,260 US \$ olması durumunda İKO'yu sıfır yapan kullanım ücreti 18 US \$ olacak ve 154,071 US \$'a kadar gerçekleşecek her işletme maliyeti için pozitif İKO elde edilecektir.

5. BALÇOVA-NARLIDERE JEOTERMAL BÖLGE ISITMA SİSTEMİ VE EKONOMİK ANALİZİ

5.1 Balçova-Narlidere JBIS ve İlk Yatırım Maliyeti

Türkiye'nin en büyük bölge ısıtma sistemlerinden biri olan Balçova – Narlıdere JBIS, 2002 yılı sonu itibarıyla yaklaşık 50 MW_{th} pik ısıtma kapasitesine sahiptir. Balçova – Narlıdere JBIS, sırasıyla, jeotermal akışkan taşıma, şehir içi dağıtım ve bina içi dağıtım devrelerinden oluşmaktadır.

Balçova jeotermal sahasındaki gelişmeler 1963 - 1983 yılları arasında Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nce yürütülen rezervuar belirleme çalışmalarıyla başlamıştır. Bu süreçte yaklaşık 50 tane araştırma kuyusunun açıldığı bilinmektedir. Balçova jeotermal sahasında, bugüne kadar, 7 tanesi derin olmak üzere toplam 24 kuyu açılmıştır. Halen 8 kuyu üretim, 1 kuyu da re-enjeksiyon amaçlarıyla kullanılmaktadır. 2002 yılı itibarıyla sekiz üretim kuyusundan çekilen jeotermal akışkan ısı merkezlerine gönderilmekte, burada enerjisini şehir dağıtım devresinde dolaşan suya aktarılmaktadır. Sıcaklığı azalan jeotermal akışkan tekrar yer altına basılmaktadır. Bu işlem re-enjeksiyon olarak adlandırılır. Balçova jeotermal sahasında 2002 yılı öncesinde B9 kuyusu re-enjeksiyon amacıyla kullanılmıştır. Ancak bu sığ kuyuya yapılan re-enjeksiyon, sahayı beslemediği gibi, yakın kuyularıda soğutmaktadır. Bu yüzden re-enjeksiyon amacıyla kuyu açılması rezervuar geliştirme planları içerisinde yer almaktadır. 2002 yılında açılan BD8 kuyusu re-enjeksiyon amacıyla kullanılmaktadır.

Finansmanı başlangıçta İzmir İli Özel İdaresi tarafından sağlanan, katılım payları ile desteklenen bu projeye ait ihale 1999 yılı sonu itibarıyla tamamlanmıştır. 1996 yılında kısmen devreye alınan sistem 2000 yılının ortalarına kadar Balçova Termal Turizm ve Özel Eğitim İşletmeleri Limited Şirketi ve müteahit firma tarafından işletilmiştir. Halihazırdaki işletmecisi şirket, Balçova Jeotermal Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi, 2000 yılından sonra hem jeotermal sahanın hem de bölge ısıtma sisteminin geliştirilmesi ve genişletilmesi çalışmalarını sürdürmüştür.

Yapılan incelemelerde Balçova – Narlıdere JBIS'deki en önemli yatırım maliyetinin boru maliyeti olduğu saptanmıştır. Jeotermal akışkan taşıma ve şehir dağıtım devrelerinin gidiş ve dönüş hatlarında uygulama öncesinde hazırlanmış paket tip ısı boruları kullanılmıştır. Balçova – Narlıdere JBIS'de taşıyıcı borular karbon çeliğinden üretilmiş olup poliüretan köpük ile izole edilmiştir. Çeket olarak cam elyafı ile takviyeli plastikten (CTP) yapılmış boru kullanılmıştır. Kaynak tekniği ile birleştirilen borular doğrudan toprağa gömülmüş, maliyetin artacağı göz önünde alınarak, taşıma ve dağıtım boruları için galeri yapılması düşünülmemiştir. Borularda oluşacak ısıl genleşmelerin karşılanması amacıyla boru hatlarında kompensatörler kullanılmıştır. Proje yatırım maliyetlerinin bir kısmı T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın yayınladığı birim fiyatlar kitabındaki fiyatlar dikkate alınarak hakedişlerle müteahit

firmaya ödenmiştir. Birim fiyatların bulunmadığı paket tip ısı borusu, plakalı eşanjörler, kuyu içi pompalar, kompensatörler, debimetreler, sıcaklık ve debi ayar vanaları, ve diğer ekipmanlar için ödemeler T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı İzmir İl Müdürlüğüne belirlenen özel birim fiyatlar baz alınarak yapılmıştır. İlk yatırım maliyetleri Tablo 20 ve 21’de özetlenmiştir. Balçova – Narlıdere JBIS’nin ekonomik analizinde ilk yatırım maliyetlerinin belirlenmesinin ardından sistemin işleme alındığı tarihten bu yana kazanılan gelirler tespit edilmiştir. 2001 yılından sonra yapılan yeni yatırımların maliyetleri Tablo 22’de verilmiştir. Yatırım ve işletme maliyetlerinin US \$ cinsinden değerleri ödeme tarihlerindeki dolar kurları üzerinden hesaplanmıştır.

Tablo 20. 1999 yılı sonu itibariyle Balçova JBIS’nin ilk yatırım maliyeti* [13]

		KDV Hariç Toplam (TL)	KDV Hariç Toplam (US \$)
1	Isı değiştiricisi ve pompalama istasyonunun yapımı	5,564,954,871	65,733
2	Isı değiştiricisi ve pompalama istasyonunu malzemelerinin taşınması	293,634,809	5,299
3	Elektrifikasyon	41,474,472,017	203,360
4	Isı değiştiricisi ve pompalama istasyonunda kullanılan ısıtma elemanlarının montajı	8,682,585,035	48,802
5	Müşterek tesisatlar (kuyu başı ve bina altı bağlantıları, ısı değiştiricisi ve pompalama istasyonu bağlantıları)	41,075,930,123	292,102
6	Kazı işleri	106,804,122,262	558,181
7	Kazı işlerinde kullanılan malzemelerin taşınması	66,000,028,985	357,763
8	Sıhhi Tesisat	285,727,503	5,004
9	Otomatik Kontrol	171,362,500	542
10	Trafo	2,840,123,611	32,007
11	Isı değiştiricisi ve pompalama istasyonu montaj işleri	2,986,702,755	8,822
12	Boru hatları, ısı değiştiricileri , kompensatörler, pompalar ve diğer ekipmanlar	1,725,470,200,653	9,288,700
13	İndirgemeye tabi tutulmayan malzemeler (kum, çimento, demir, sac) ve tüm malzemeler için dolar kurundan kaynaklanan malzeme fiyat farkları	11,681,813,683	62,783
	Toplam	2,013,331,658,807	10,929,098

* Paranın zaman değeri göz önüne alınmadan yapılan toplamlar

Tablo 21. 1999 yılı sonu itibariyle Narlıdere JBIS’nin ilk yatırım maliyeti* [13]

		KDV Hariç Toplam (TL)	KDV Hariç Toplam (US \$)
1	Isı değiştiricisi ve pompalama istasyonunun yapımı	46,390	46,390
2	Isı değiştiricisi ve pompalama istasyonunu malzemelerinin taşınması	4,645	4,645
3	Kazı işleri	47,992	47,992
4	Kazı işlerinde kullanılan malzemelerin taşınması	33,595	33,595
5	Elektrifikasyon	11,011	11,011
6	Isı değiştiricisi ve pompalama istasyonunda kullanılan ısıtma elemanlarının montajı	7,536	7,536
7	Sıhhi Tesisat	1,190	1,190
8	Müşterek tesisatlar (kuyu başı ve bina altı bağlantıları, ısı değiştiricisi ve pompalama istasyonu bağlantıları)	28,236	28,236
9	Otomatik Kontrol	80	80
10	Boru hatları, ısı değiştiricileri , kompensatörler, pompalar ve diğer ekipmanlar	851,827	851,827
11	İndirgemeye tabi tutulmayan malzemeler (kum, çimento, demir, sac) ve tüm malzemeler için dolar kurundan kaynaklanan malzeme fiyat farkları	303,346	303,346
	Toplam	313,460,355,582	1,335,848

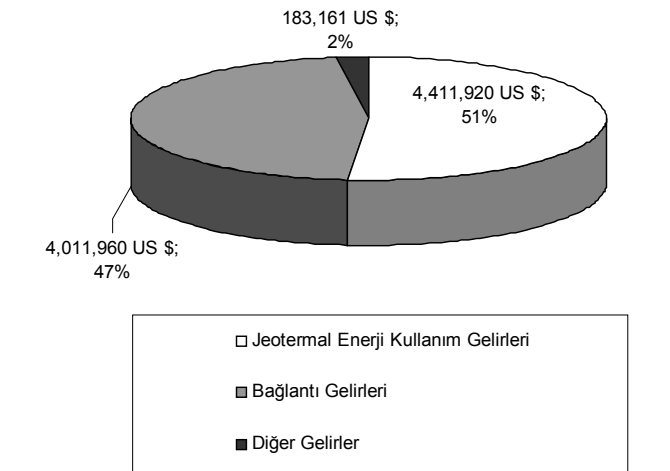
Tablo 22. Balçova- Narlıdere JBIS'de 2001 ve 2002 yıllarında yapılan ek yatırımların maliyetleri* [13]

	2001 Yılı		2002 Yılı	
	(TL)	(US \$)	(TL)	(US \$)
1 Yardımcı Ekipmanlar	209,826,864,382	182,452		
Makina Donanım	193,883,074,808	167,898	331,688,222,425	210,939
Diğer Demirbaşlar	7,274,332,489	6,904		
Araçlar	8,669,457,085	7,650		
2 Yeni Bağlantı Maliyetleri	147,643,948,122	101,088	265,207,209,034	169,930
3 Kuyu Açma Maliyetleri	0	0	226,598,400,000	143,716
Toplam	357,470,812,504	283,540	823,493,831,459	524,585

5.2 Balçova-Narlıdere JBIS'de Gelirler

Balçova – Narlıdere JBIS' de gelirler üç kategori altında toplanabilir: bağlantı gelirleri, aylık enerji kullanım ücretleri ve faaliyet dışı gelirlerinden oluşan diğer gelirler. 2002 yılına kadar toplanan gelirlerin dağılımı ise Şekil 8'de verilmiştir. Bu şekilden de anlaşılacağı üzere 2002 yılına kadar bağlantı gelirlerinin, toplam gelirler içinde önemli bir yeri vardır. 2000 yılının Ağustos ayında kurulan yeni şirketin gerçekleştirdiği yatırımlarla birlikte Balçova ve Narlıdere bölgelerinde toplam 1,150,000 metrekaarelik alan jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Balçova – Narlıdere JBIS' nin ekonomik analizi yapılırken mevcut sistemin ısıtma kapasitesinin 2003 yılından itibaren değişmeyeceği düşünülmüştür. Bu yüzden 2002 yılı sonu itibariyle sisteme abone olan konutların alanları tespit edilmiş ve bağlantısı olmasına rağmen toplam alanın ortalama %92'sinin düzenli olarak jeotermal enerji ile ısıtıldığı görülerek, gelecekte kazanılması düşünülen gelirler, 2002 yılında konut ve kurumlarca ödenen enerji kullanım ücretlerine göre belirlenmiştir [13].

* Paranın zaman değeri göz önüne alınmadan yapılan toplamalar



Şekil 8. 2002 yılına kadar kazanılan gelirlerin dağılımı*

5.3 Balçova-Narlıdere Jeotermal Bölge Isıtma Sisteminde İşletme Maliyetleri

2002 yılı işletme maliyetleri, gelecekteki işletme maliyetlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. 2002 yılı maliyetleri Tablo 23'de sunulmuştur. Tablo 23 incelendiğinde elektrik tüketimi, personel ücretleri, su tüketimi ve genel giderlerin, toplam maliyet içindeki paylarının oldukça yüksek olması dikkat çekicidir. Önemli bir maliyet gibi gözükse de işletme kirası, Balçova Termal Turizm ve Özel Eğitim İşletmeleri Limited Şirketine ödenen bina kiralardır. Normal şartlar altında böyle bir maliyetin olmaması işletme masraflarını önemli ölçüde azaltacaktır. Şirketin kırtasiye, fotokopi, haberleşme, misafir karşılama gibi yönetsel ihtiyaçlarını karşılamada harcanan paralar genel giderler başlığı altında toplanmıştır. Diğer

giderler ise, sistemin işletimi sırasında harcamaları göstermektedir. Örneğin bakımı yapılan bir kuyu içi pompasının tekrar montajında kullanılması gereken vincin kiralması giderleri bu başlık altında yer almaktadır. BNJBIS'nin işletimi 2000 yılı Ağustos ayı sonrasında Balçova Jeotermal Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'nce yürütülmüştür. Bu yeni şirket, sistemin işletimini ve kapasitesinin artırılmasını tek başına sağlayabilmek için kendi kadrosunu oluşturma ihtiyacı duymuştur. Kısa bir sürede mühendislerin, teknikerlerin ve muhasebecilerin çalıştığı, üniversite öğrencilerinin stajlarını yaptığı önemli bir kurum olma niteliği kazanmıştır. Bunun yanısıra, şirket bünyesinde bulunmayan teknik danışmanlar, hukuk danışmanları ve mali müşavirler çalıştırılmış, yönetim kurulu üyelerine ödemeler yapılmıştır. Bu sebeplerle personel ücretlerin artması normal karşılanmalıdır. İnhibitör ve diğer kimyasal maddelerin maliyetlerindeki önemli ölçüdeki düşüş göze çarpmaktadır. Su tüketimi ise, sistem için büyük sıkıntı yaratan şehir dağıtım devresindeki kaçaklar nedeniyle, her yıl bir önceki yıla göre önemli artış göstermektedir. Boru birleşim yerlerinde sonradan yapılan yalıtım ve yalıtım malzemesi üzerine konulan ceket borusunda olan sızıntılar sonucunda boru yüzeyinin sürekli nemli olması sebebiyle artan korozyon hızı zamanla su kayıplarının yaşanmasına sebep olmaktadır. BNJBIS'de artan günlük su kayıplarıyla, sisteme tanker ile su takviyesi zorunlu hale gelmiştir. Fakat arıtma sisteminin kapasitesinin yetersiz kalması sebebiyle, tankerle alınan su doğrudan şehir içi dağıtım hattına verilerek ısı merkezindeki ısı değiştiricilerine gönderilmiştir. Diğer yandan, artan su ihtiyacını karşılayabilmek için jeotermal akışkan taşıma devresinin dönüş hattından alınan jeotermal suyun dağıtım devresine basıldığı ifade edilmektedir. 1999 yılında tamamen işletmeye alınan BNJBIS'de, 2001 yılından itibaren boru hatlarında su kaçaklarının tesbit edilmesi ve bu yerlerin

* Paranın zaman değeri göz önüne alınmadan yapılan toplamlar

onarılması, branşman vanalarının değiştirilmesi, kuyuların temizlenmesi, arıtılmadan şehir içi dağıtım hattına gönderilen besi suyunun ısı merkezindeki ısı değiştiricilerinde yarattığı kabuklaşma ve kirliliğin önlenmesi gibi önemli bakım çalışmaları artarak devam etmiştir. Diğer yandan her yıl yapılması gereken bina altı ısı değiştiricilerinin temizliği programa alınıp düzenli olarak yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar bakım giderlerinin artmasına yol açmıştır [13]. Balçova – Narlıdere JBIS' nin kuruluşundan bugüne kadar tüm gelir giderler Tablo 24'de gösterilmiştir. Bu tabloda yıldızla işaretlenmiş bilgilere ulaşılammıştır.

Tablo 23. 2002 yılında Balçova – Narlıdere JBIS' deki işletme maliyetinin bileşenleri [13]

	2002 İşletme Maliyeti (US \$ / yıl)	Maliyet Yüzdesi (%)
1. Elektrik Tüketimi	285,507	25.97
2. Personel Ücretleri	207,234	18.85
3. Su Tüketimi	104,293	9.48
4. İnhibitör Tüketimi	3,753	0.34
5. Diğer Kimyasal Maddeler	1,912	0.17
6. Bakım Giderleri	53,417	4.86
7. Genel Giderler	148,112	13.47
8. Pazarlama Giderleri	15,809	1.44
9. İşletme Kirası	236,688	21.53
Toplam Yıllık İşletme Maliyeti	1,099,563	100

Bu sistemin ekonomik analizinde ilk olarak 2002 yılından önceki tüm nakit akımlarının 2002 sonu değerleri bulunmuştur. Bu işlem yapılırken hakediş tarihlerindeki ilk yatırım maliyetleri, günlük faiz oranları ve Denklem 1 kullanılarak ay sonlarına, aylık faiz oranları kullanılarak yıl sonlarına taşınmıştır. Gelir ve giderlerin ay sonunda oldukları kabul edilerek bu nakit akımları doğrudan ait oldukları yılın sonlarına taşınmıştır. Son olarak, yıl sonuna taşınan tüm nakit akımları yıllık faiz oranları kullanılarak bir sonraki yılın sonuna taşınmıştır. Tüm yatırımın 2002 yılı sonu itibarıyla değeri Tablo 25'da verilmiştir. Bu işlem tüm nakit akımlarının 2002 yılı sonundaki değeri bulununcaya kadar devam etmiştir. İç karlılık oranı hesaplamaları ise Balçova Sistem-2 örneğinde anlatıldığı gibi yapılmıştır. Burada 2002 yılı başlangıç olarak alınmıştır. Dolayısıyla tüm nakit akımlarının 2002 yılı sonundaki değerleri kullanılmıştır [Tablo 25].

Tablo 24. Balçova– Narlıdere JBİS’de yıllara göre gelirler ve giderler (US \$) [13]*

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Kuyu Maliyetleri	Toplam
İlk Yatırım Maliyetleri	Balçova	7,116	2,652,831	4,949,538	2,408,295	911,319	0	0		10,929,098
	Narlıdere	0	0	812,274	393,152	130,422	0	0		1,335,848
	Ek Yatırım	0	0	0	0	0	283,540	524,585	1,358,236	2,166,361
Toplam İlk Yatırım	7,116	2,652,831	5,761,813	2,801,447	1,041,740	0	283,540	524,585		14,431,307
İşletme maliyetleri	*	*	*	229,077	321,073	377,531	1,019,488	1,099,563		3,046,732
Vergiler	*	*	*	*	*	8,041	11,798	60,641		80,480
Gelirler	Bağlantı		54,038	1,522,362	592,340	727,593	359,473	328,482		4,011,960
	Aylık		8,386	163,557	401,279	719,417	816,091	1,350,547		4,411,920
	Diğer	0	0	0	0	0	147,784	35,377		183,161
Toplam Gelirler	0	62,424	1,685,919	993,620	1,447,010	1,380,315	1,323,348	1,714,405		8,607,041
Net Nakit Akımları	-7,116	-2,590,407	-4,075,894	-2,036,905	84,197	994,743	8,523	29,616	-1,358,236	-8,951,478
Kümülatif Net Nakit Akımları	-7,116	-2,597,522	-6,673,416	-8,710,321	-8,626,124	-7,631,381	-7,622,858	-7,593,242	-8,951,478	

* Paranın zaman değeri göz önüne alınmadan yapılan toplamlar

Tablo 25. Nakit Akımlarının 2002 sonundaki değerleri [13]

		Toplam (US \$)
İlk Yatırım Maliyetleri		-23,598,820
1.	Balçova JBIS	-18,272,162
2.	Narlıdere JBIS	-1,997,269
3.	İlave Yatırımlar	-844,366
	2001	-311,970
	2002	-532,396
4.	Tahmini Kuyu Maliyetleri	-2,485,024
Gelirler		11,039,167
1.	Bağlantı Gelirleri	5,584,181
2.	Aylık Kullanım Gelirleri	5,254,183
3.	Diğer Gelirler	200,803
İşletme Maliyetleri		-3,462,096
Vergiler		-82,547
Vergi Sonrası Net nakit Akımı		-16,104,295

Balçova – Narlıdere JBIS’de 2002 yılı sonu itibariyle, ısıtılan toplam alanının 1,150,000 m² ve 2002 sonu ilk yatırım maliyetinin Tablo 25 ‘deki gibi 23,598,820 US \$ olduğu göz önüne alınarak, birim alan başına yatırım maliyeti $\left(\frac{23,598,820}{1,150,000}\right)$ bölümünden 20,52 US \$/ m² olarak bulunmuştur. Diğer yandan

Balçova – Narlıdere JBIS’de, 2002 yılı itibariyle tepe yükün 50 MW olduğu göz önüne alınarak yatırım maliyetinin 471,98 US \$/kW olduğu gözlenir. Aynı zamanda 2002 yılındaki enerji ihtiyacının 176,664,816 kWh_t [12] olmasından dolayı, birim enerji ihtiyacı başına yatırım maliyeti 0.134 US \$/kWh_t olarak hesaplanmıştır.

5.4 Balçova –Narlıdere JBIS’nin Ekonomik Analizi ve Sonuçları

İKO yönteminin uygulandığı Balçova – Narlıdere JBIS yatırımı, uygulaması 1996 yılında başlamış bir projedir. Söz konusu proje başlangıcında, bu çalışmada Balçova – Narlıdere JBIS ele alınan yöntem kullanılarak bir fizibilite analizi yapılmamıştır. Bu sistemin finansman fizibilitesi, ara yenilemelerin öngörüldüğü 20 yıllık teknik ömür ve daha önceki yıllarda gerçekleşen yatırım ve işletme maliyetlerinin 2002 sonundaki değerleri gözönüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Yatırımın geri dönüşü farklı senaryolar ile sınırlanmıştır.

Balçova ve Narlıdere hakedişlerinde ısı merkezi başlığı altında yüklenici firmaya ödenen para detaylı olarak Tablo 26 ve 27’de I numaralı durum başlığı altında gösterilmiştir. Aynı yatırımın günümüz fiyatlarıyla yapılması durumunda (II durumu) ilk yatırım maliyetlerinin ne olacağı hesaplanmıştır. III ile gösterilen durumda ise boruların CTP olacağı ve kompensatör kullanılmayacağı düşünülerek yatırım maliyeti hesaplanmıştır. II ve III durumları için sistemin işletilmeye alındığı andan itibaren fonksiyonel olarak kullanılmayan aktüatör kelebek vanaların yerine normal kelebek vanaların kullanıldığı düşünülmüştür. Kullanılan kelebek vanalar için fiyatlar tekrar belirlenmiştir. Hakedişlerde fiyat farklarıyla birlikte 155,826 US \$’a malolan bir ithal derin kuyu içi pompasının yerli firmalarca yaklaşık 20,000 US \$’a alınabileceği dikkat çekicidir. Tablo 26’da bu pompanın maliyeti 35,000 US \$ olarak alınmıştır. Diğer ekipmanların maliyetleri sözleşme tarihindeki US \$ cinsinden değerleri göz önüne alınarak verilmiştir. Debi kontrol vanaları, plaka tip ısı değiştiricilerinin ve boru maliyetlerindeki düşüşle yatırım maliyetinin önemli derecede azaldığı gözlenmiştir.

Tablo 26. Balçova JBIS' de gerçekleşen ve gelişen pazar şartlarıyla değişen fiyatlarla yatırım maliyetleri (US \$ olarak) [13]

		I.) Uygulama fiyatlarıyla yapılan imalat	II.) St37 + PUR+ CTP boru kullanılması durumunda*	III.) CTP + PUR+ CTP boru kullanılması durumunda*
1	Boru Hattı ve Montajı	5,854,455	1,713,242*	3,052,147*
2	Isı Değiştiricileri	1,456,500	325,333*	325,333*
3	Kompansatör	539,683	924,966*	0
4	Separatör	10,688	6,453	6,453
5	Su Yumuşatma Cihazı	7,069	4,428	4,428
6	Pompalar	335,346	145,715*	145,715*
7	Akt. Kelebek Vana (2 ve 3'de Kelebek Vana)	55,229	4,144*	4,144*
8	Kelebek Vana	9,012	6,658*	6,658*
9	Paslanmaz Çelik Ekipmanlar (Boru, Fittingsler, Kep, vs)	63,728	39,204*	39,204*
10	Debi ve Sıcaklık Kontrol Vanası	587,858	313,522*	313,522*
11	Toprak Altı Vanalar	162,169	120,800	120,800
12	Rilsan Kaplı Kelebek Vana	1,869	1,198	1,198
13	Dozaj Grubu	55,479	42,646	42,646
14	Dişli Kutulu Kelebek Vana	64,926	43,686	43,686
15	Al. Kaplamalı Boru İzolasyonu	10,388	8,224	8,224
16	Debimetre	55,696	25,393	25,393
17	Diğer Kontrol Ekipmanları	12,566	7,194	7,194
18	Pislik Tutucu	6,040	3,646	3,646
	Toplam	9,288,700	3,736,451	4,150,390

Tablo 27. Narlıdere JBIS' de gerçekleşen ve gelişen pazar şartlarıyla değişen fiyatlarla ilk yatırım maliyetleri (US \$) [13]

		I.) Uygulama fiyatlarıyla yapılan imalat	II.) St37 + PUR+ CTP boru kullanılması durumunda*	III.) CTP + PUR+ CTP boru kullanılması durumunda*
1	Boru Hattı ve Montajı	562,876	176,485*	481,278*
2	Kompansatör	22,923	65,791*	0
3	Toprak Altı Hat Kesme Vanası	4,142	9,037	9,037
4	Isı Değiştiricileri	164,524	43,525*	43,525*
5	Debi ve Sıcaklık Ayar Vanası	40,725	34,812*	34,812*
6	Su Yumuşatma Cihazı	3,202	6,987	6,987
7	Redüktörlü Kelebek Vana (Rilsan Kaplı)	15,756	34,376	34,376
8	Dozaj Grubu	475	1,037	1,037
9	Pompa	33,780	73,697*	73,697*
10	Pislik Tutucu	3,423	7,468	7,468
	Toplam	851,827	453,214	692,216

* 2002 yılı fiyatlarına göre

Balçova – Narlıdere JBIS yatırımının ekonomik analizi Tablo 26 ve 27'de I ve II durumları için ayrı ayrı yapılmıştır. II durumunda boru maliyetlerinin I durumuna göre oldukça düşük olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Fakat I. ve II. durumlarda kullanılacak boruların ömürlerinin CTP boruların ömürlerine göre daha kısa olduğu bilinmektedir. Üstelik CTP boru kullanıldığında kompansatör kullanılmayacağı

ve büyük bir kısmının kompensatörlerden kaynaklandığı düşünülen su kayıplarıyla karşılaşılmayacağı unutulmamalıdır. St 37 borular kullanıldığında, hem borular hem de kompensatörler için belli bir süre sonunda yenileme maliyetlerinin olacağı ve yüksek su maliyetleriyle karşılaşılabileceği bilinmektedir. Balçova – Narlıdere JBIS'nin 1,150,000 m² ısıtma kapasitesine sahip olduğu düşünüldüğünde, birim ısıtma alanı başına işletme maliyetleri Tablo 28'deki gibi olmaktadır. 2002 yılında tüketilen enerjinin 2,375,317 kWh_e olduğu bilinmektedir [12]. Dolayısıyla birim enerji tüketimi başına işletme maliyeti 0.463 US \$/kWh_e olarak bulunmuştur.

Tablo 28. Balçova – Narlıdere JBIS'de birim alan başına düşen işletme maliyetleri

	2002 yılı işletme maliyetlerinin yıl sonu değerleri (US \$)	Birim Isıtma Alanı Başına İşletme Maliyeti (US \$ / m ²)
Su Tüketimi	106,418	0.093
Inhibitor Tüketimi	3,810	0.003
Personel Giderleri	210,739	0.183
Elektrik Tüketimi	290,386	0.253
Diğer Kimyasallar	1,958	0.002
Bakım Giderleri	54,367	0.047
Diğer Giderler	43,572	0.038
Genel Giderler	151,177	0.131
Pazarlama	16,300	0.014
Kira Giderleri	242,491	0.211
Toplam	1,121,218	0.975

5.4.1 Balçova – Narlıdere JBIS'de Gerçekleşen Yatırım Maliyetlerine Göre Sonuçlar

Bu analiz yapılırken, daha öncede ifade edildiği gibi, ilk yatırım maliyetlerinde hakedişlerle yüklenici firmaya ödenen miktarlar baz alınmıştır. Ekipmanlar için yenileme maliyetleri ise günümüz fiyatları düşünülerek yapılmıştır. 5 yıl sonra boruların %75'inin yenileneceği ve yerine CTP boru kullanılacağı kabul edilmiştir. Geri kalan %25'lik kısmının ise 10 yıl sonra yenileneceği düşünülmüştür. 5 yıl sonra tüm kompensatörlerin sadece %25'i yenilenecektir. 10 yıl sonra boru hattının tamamı CTP boru olacağı için, 20 yıl kabul edilen proje ömrünün sonuna kadar bir daha kompensatör için yeni bir maliyet söz konusu olmayacaktır. Ayrıca, halen kullanılan kuyuların tahmini maliyetleri de amortisman hesabına katılmıştır. Dolayısıyla, 20 yılın sonunda benzer bir yatırımın finansmanı mümkün olacaktır. Yapılan bu analize, 20 yıl boyunca 100 m² lik bir konuttan aylık 17 US \$ enerji kullanım ücreti alınacağı ve 2002 yılındaki işletme giderlerinin sabit kalacağı düşünülerek başlanmıştır. Daha sonra enerji kullanım ücretleri 72 US \$'a kadar artırılarak her bir durum için iç karlılık oranının ne olduğu araştırılmıştır. 20 yıl boyunca işletme giderlerinde değişim olabileceği düşünülerek, Sistem-2 örneğinde anlatıldığı gibi işletme maliyetleri belirli yüzdelerle (% 5) artırılarak veya azaltılarak toplam 13 tane senaryo geliştirilmiştir. İşletme maliyetlerinin 20 yıl boyunca sabit olduğu 13 senaryo Tablo 30'da sunulmuştur. Son olarak, son yıllarda enerji kullanım ücretlerindeki ortalama artış oranı dikkate alınarak, Tablo 29'da gösterilen konutların aylık enerji kullanımları için alternatif senaryolar (SA1, SA2, SA3 ve SA4) geliştirilmiş ve bu senaryolar ile değişen fiyatların iç karlılık oranı üzerine etkileri araştırılmıştır. SA1 ve SA2 senaryolarında, konutlar için ödenen kullanım ücretleri son altı yıldaki ortalama artış oranında artırılmıştır. Bu iki senaryonun birbirinden tek farkı kurumlardan toplanan gelirlerin 2002 yılında toplanmış gelirlere göre %50 artırılmış olmasıdır. Her iki senaryodaki artış 2009 yılına kadar sürdürülmüş 2010 yılından sonra enerji kullanım ücretleri sabitlenmiştir. SA3 ve SA4 senaryolarında ise 2002 yılındaki artış miktarı gözönüne alınarak 2010 yılına kadar kullanım ücretleri artırılmıştır. Bu yıldan sonra sabit tutulmuştur.

Tablo 29. Konutların aylık enerji kullanım ücretleri (US \$/100 m²) için fiyatlandırma senaryoları

Yıl	S1	S2	...	S55	S56	SA1*	SA2**	SA3	SA4
2003	17	18		71	72	17	17	17	17
2004	17	18		71	72	20	20	24	24
2005	17	18		71	72	23	23	33	33
2006	17	18		71	72	27	27	38	46
2007	17	18		71	72	31	31	44	53
2008	17	18		71	72	36	36	51	61
2009	17	18		71	72	41	41	59	71
2010	17	18		71	72	48	48	69	83
2011	17	18		71	72	56	56	69	83
2012	17	18		71	72	56	56	69	83
2013	17	18		71	72	56	56	69	83
2014	17	18		71	72	56	56	69	83
2015	17	18		71	72	56	56	69	83
2016	17	18		71	72	56	56	69	83
2017	17	18		71	72	56	56	69	83
2018	17	18		71	72	56	56	69	83
2019	17	18		71	72	56	56	69	83
2020	17	18		71	72	56	56	69	83
2021	17	18		71	72	56	56	69	83

Tablo 30. Balçova – Narlıdere JBIS için işletme maliyetleri düşünülerek oluşturulan senaryolar

Senaryo No	İşletme Maliyeti (US \$/yıl)
1	784,853
2	840,914
3	896,975
4	953,036
5	1,009,096
6	1,065,157
7	1,121,218
8	1,177,279
9	1,233,340
10	1,289,401
11	1,345,462
12	1,401,523
13	1,457,584

* Kurum ücretleri 20 yıl boyunca 2002 değerinde

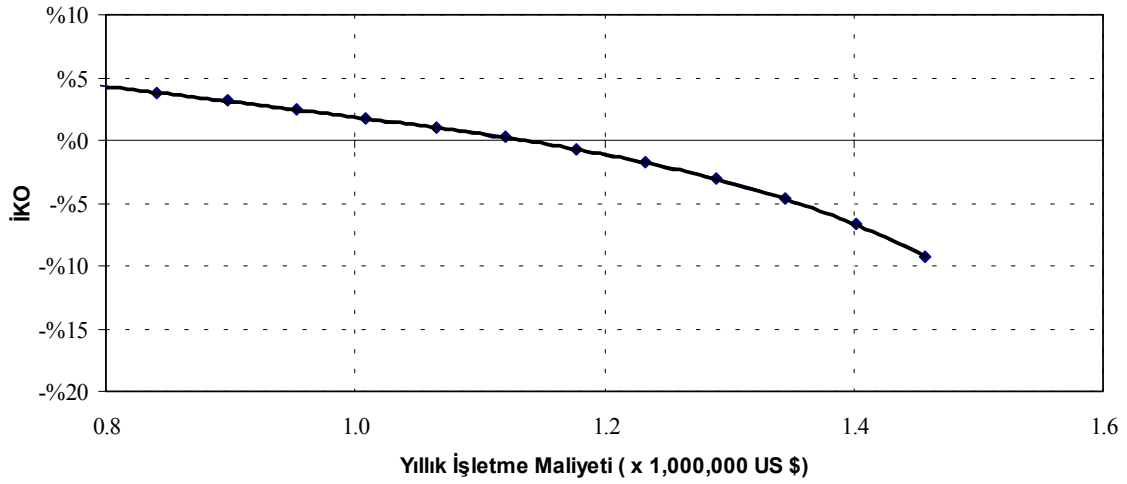
** Kurum ücretleri 20 yıl boyunca 2002 değerinin 1.5 katı

Yapılan analizlere göre;

a.) 2002 yılı işletme maliyetlerinin 20 yıl boyunca aynen kalması durumunda:

- İKO=0 için aylık KDV hariç 17 US \$/100 m² olan kullanım ücreti yerine 55.45 US \$+ KDV uygulanması gerekmektedir.

- SA1 ve SA2 senaryoları İKO'yu negatif yapmaktadır.
- SA3 ve SA4 senaryoları İKO'yu pozitif yapmaktadır.
- b.) SA1 senaryosunda ancak işletme maliyeti 2002 yılının % 30'u kadar azaltıldığında (784,853 US \$ olduğunda) pozitif İKO verecektir.
- c.) SA2 senaryosunda ancak işletme maliyeti 2002 yılının % 25'i kadar azaltıldığında (840,914US \$ olduğunda) pozitif İKO verecektir.
- d.) SA3 senaryosunda işletme maliyeti 2002 yılının % 20'si kadar yada daha fazla artarsa negatif İKO verecektir.
- e.) SA4 senaryosu incelenen tüm işletme maliyetleri için pozitif İKO verecektir.
- f.) Aylık kullanım ücretinin 56 US \$/100 m² olması durumunda, işletme maliyetlerinin iç karlılık oranına etkisi Şekil 9' da verilmektedir.



Şekil 9. Enerji kullanım ücretinin KDV hariç 56 US \$/100 m² olması durumunda İKO'nun işletme maliyeti ile değişimi

5.4.2 Balçova – Narlıdere JBIS'de Gelişen Pazar Yatırım Maliyetlerine Göre Sonuçlar

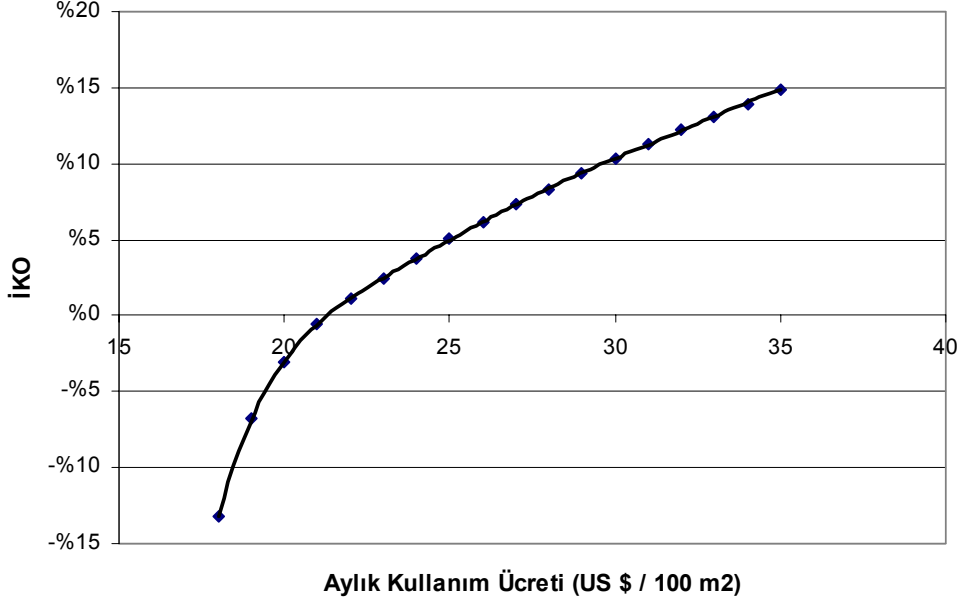
Gelişen pazar şartları göz önüne alındığında, yeni malzeme ve ekip fiyatlarına göre, Balçova – Narlıdere'de yatırım maliyetlerinin simülasyonu Tablo 26 ve 27'de verilmiştir. Tablolardan görüleceği üzere (Senaryo II), aynı yatırımı 4,189,665 US \$'a yapmak mümkün görülmektedir. Çelik boru yerine CTP kullanılması söz konusu olduğunda (Tablo 26, 27 ve Senaryo III), ekipman maliyetlerinin 2002 yılı sonu değerleri alınarak toplam maliyet 4,842,606 US \$ olmaktadır. Senaryo III için iç karlılık oranı yöntemiyle yatırımın ekonomik analizi yapıldığında, 2002 işletme maliyetlerinin sabit kalacağı kabulü ile; 21.35 US \$/ay kullanım ücretinin İKO'yu sıfır yaptığı görülmektedir [Şekil 10]. Aylık kullanım ücretlerinin işletme maliyetleri ile değişimi ise Şekil 11'de gösterildiği gibidir. Görüleceği üzere işletme maliyetleri azaltıldığı takdirde aylık kullanım ücretlerinin de 21.35 US \$/ay +KDV'nin altına indirilmesi mümkün görülmektedir.

Şekil 12'de Balçova – Narlıdere JBIS'de uygulanan (17 US \$/ay) ve öngörülen (21.35 \$/ay) aylık enerji kullanım ücretinin diğer JBIS'deki ücretlerle karşılaştırılması verilmiştir.

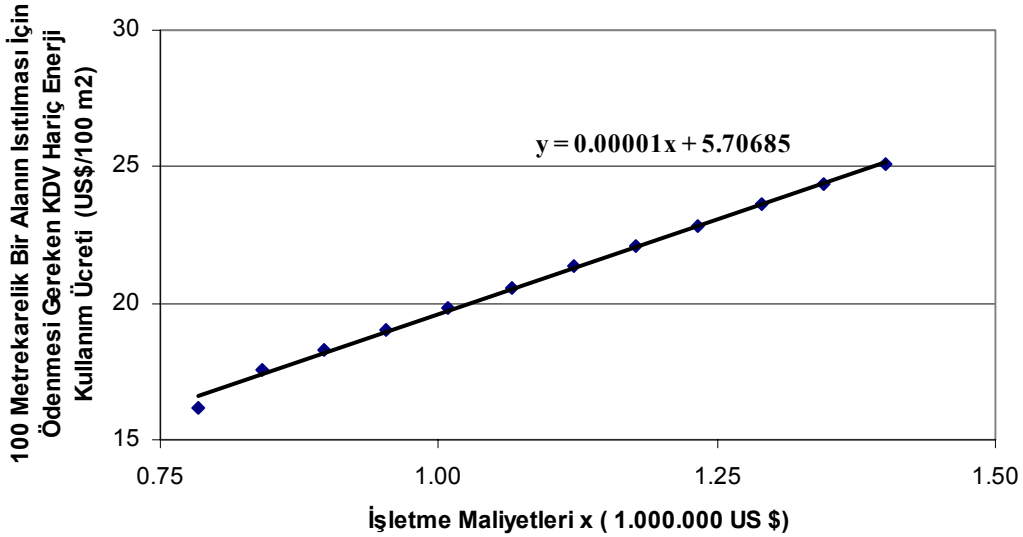
Yukarıda verilen sonuçlar, bakım onarım, yenileme ve amortisman modelleri göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Balçova – Narlıdere'de giderek artan su kaçakları ve bu kaçakların işletmeye getirdiği yükler ve hizmet eksiklikleri, söz konusu hatların öngörülen bakım onarım ve yenileme modelini, zaman olarak çok kısaltır gözükmektedir.

Öngörülen modeldeki zamandan daha kısa zamanda yapılması gereken bu işlemlerin maliyetleri net nakit akımını negatif yönde değiştirecek ve bunun giderilmesi için aylık sabit ücretin 21.35 US \$/ay + KDV'den daha yukarıya alınmasına neden olacaktır.

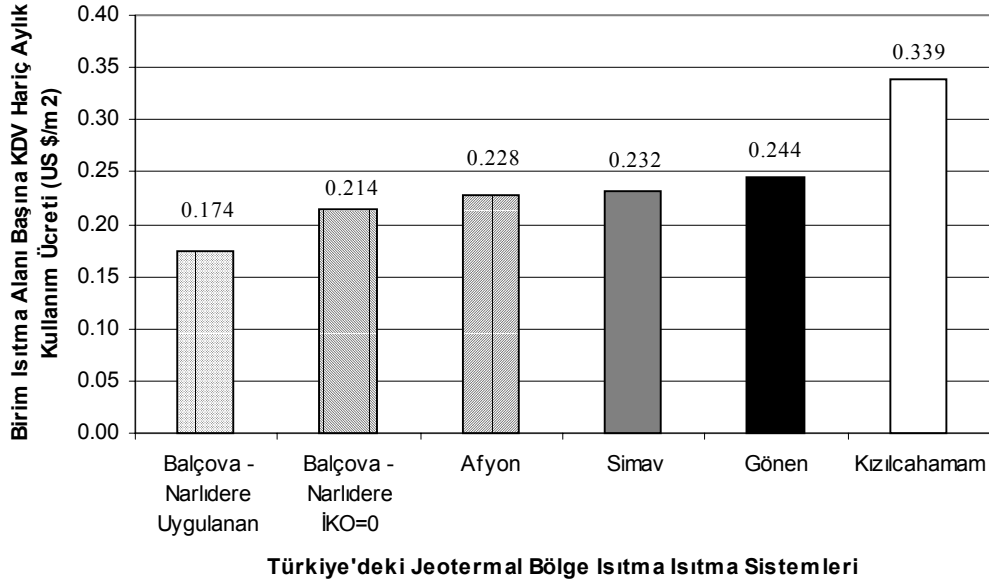
Yukarıda verilen sonuçların değerlendirilmesinde göz önüne alınması gereken çok önemli bir nokta ise İKO'yu sıfır yapan 21.35 US \$/ay kullanım ücretinin, 10,140,527 US \$'lık yatırımda değil (Tablo 26,27), 4,842,606 US \$'lık yatırımda (aynı yatırımı CTP boru kullanarak 2002 pazar fiyatlarıyla yaptığımızda) İKO'yu sıfır yapan değer olmasıdır. Yani iki yatırım arasındaki fark olan 5,297,921 US \$, 21.35 US \$/ay kullanım ücretleriyle geriye ödenemez. Daha önce belirtildiği gibi bu geri ödemeyi sağlayan sabit kullanım ücreti 55.45 US \$/ay + KDV'dir.



Şekil 10. Gelişen pazar şartlarıyla yapılan analizde, 20 yıl boyunca işletme maliyetlerinin 2002 yılındaki gibi olacağı kabulüyle, iç karlılık oranının enerji kullanım ücretleriyle (100 m²'lik bir alanın ısıtılması için 20 yıl boyunca ödenmesi gereken) değişimi



Şekil 11. Gelişen pazar şartlarıyla yapılan analizde işletme maliyetlerine göre 100 m²'lik bir alanın ısıtılması için ödenmesi gereken enerji kullanım ücreti



Şekil 12. 2002-2003 ısıtma sezonunda Türkiye'deki değişik JBIS'lerinde geçerli olan enerji kullanım ücretleriyle, Balçova – Narlıdere JBIS'de uygulanan ücretlerin ve gelişen pazar ilk yatırım maliyetleriyle İKO'yu sıfır yapan ücretlerin karşılaştırılması

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

- Analizlerden görüleceği üzere, son yıllarda jeotermal enerji sektöründeki malzeme ve ekipmanların fiyatlarında, yaratılan rekabet nedeniyle, ciddi düşüşler görülmektedir. Bu durum jeotermal bölge ısıtma sistemleri proje yöneticilerinin malzeme ve ekipman alternatiflerini öngörmeye özellikle çaba sarfetmelerini gerektirmektedir.
- Balçova – Narlıdere'de yapılan analiz mevcut işletme maliyetleri ve 17 US \$/ay kullanım ücretiyle İKO'yu sıfır yapmamaktadır. Yatırımın gerçekleştiği maliyetlerle ve mevcut işletme maliyetlerinin sabit olarak sürmesi halinde İKO'yu sıfır yapan kullanım ücreti KDV hariç 55.45 US \$/ay'dır.
- Mevcut yatırım maliyetlerinin bir kısmının geri ödenmemesi göz önüne alınarak (Bölüm 5.4.2), bakım-onarım, yenileme ve amortisman giderlerinin yeni pazar maliyetlerine göre gerçekleşmesi durumunda İKO'yu sıfır yapan değer 21.35 US \$/ay olmaktadır. Ancak şehir şebekesindeki yenileme zamanının kısalmaya gözükmemesinin bu değeri arttıracığı düşünülmektedir.
- Yeni pazar maliyetlerine göre analizi yapılan Sistem-2 ile Balçova – Narlıdere JBIS arasında Tablo 31'den görüleceği üzere maliyet farklılıkları vardır.

Tablo 31. Sistem-2 ile Balçova – Narlıdere JBIS arasındaki maliyet farklılıkları

JBIS	Birim alan yatırım maliyeti (US \$/ m ²) *	Kapasite Maliyeti (US \$/kW)	Birim alan işletme maliyeti (US \$/ m ²)	İKO'yu sıfır yapan enerji kullanım ücreti (US \$ - KDV hariç)
Balçova- Narlıdere	20,52(a)	471,98	0.975	55.45(a)
	12.53(b)			21.35(b)
Sistem-2	11.36	178	0.622	17(c)
				18(d)

- Balçova – Narlıdere JBIS'de analizlerden görüleceği üzere (Bölüm 5) işletme maliyetlerinin düşürülmesi sistemin ekonomikliğini önemli derecede etkilemektedir. Otomatik kontrol sistemi

geliştirilerek ana maliyetlerden biri olan elektrik tüketiminin düşürülmesi, önerilen ilk tasarruf alanı olarak görülmektedir.

6. Sistem-2'nin tasarımı ve planlaması henüz tamamlanmamıştır. Ekonomik analiz örneği olarak seçilen bu çalışmanın geliştirilmesi devam etmektedir.
7. Jeotermal bölge ısıtma sistemleri, jeotermal kaynağın doğasına uygun olarak zamanla gelişen ve genişleyen yatırımlar olarak görülmektedir. Yatırım başlangıcında gerçekleştirilen ekonomik analizler sadece başlangıç yatırımlarını değil, gelecekteki gelişme ve genişlemeleride öngörecektir şekilde yapılmalıdır.
8. Kavramsal planlama içerisinde yer alan ekonomik fizibilite analizleri, jeotermal bölge ısıtma sistemleri projelerinin en önemli adımlarından biridir. Uzman kişilerce, detaylı sistem analizlerine dayanarak, geçerli ekonomik parametreler göz önüne alınarak gerçekleştirilmelidir. Bu analizlerden elde edilecek nakit akışları yatırım yöneticileri tarafından finansman modellemesinde göz önüne alınmalıdır. Aksi halde yarım kalan, sürdürülemeyen, ekonomik olmayan yatırımlar kaçınılmaz olacaktır.

(a) Yatırım maliyetleriyle yapılan analizden

(b) Gelişen pazar fiyatlarıyla yapılan analizden

(c) Bağlantı ücretinin KDV dahil 1250 ve 1,500 US \$ olması durumlarında %75 kapasiteye 5 yılda ulaşılacağı düşünülerek, 20 yıl boyunca 181,260 US \$ olan işletme maliyetiyle yapılan analizden

(d) Bağlantı ücretinin KDV dahil 1,000 US \$ olması durumunda %75 kapasiteye 5 yılda ulaşılacağı düşünülerek, 20 yıl boyunca 181,260 US \$ olan işletme maliyetiyle yapılan analizden

* Paranın zaman değeri göz önüne alınmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] ASHRAE HANDBOOK (1996): HVAC Systems And Equipment.
- [2] Enrico BARBIER, "Geothermal energy technology and current status:an overview", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6 (2002) 3-65
- [3] Curtis R. SOMMER, Michael J.KUBY, Gordon BLOOMQUIST, "The spatial economics of geothermal district energy in a small, low-density town: a case study of Mammoth Lakes, California, *Geothermics* 32 (2003) 3-19
- [4] Lconstantine KARYTSAS, Dimitros MENDRINOS, Johann GOLDBRUNNER, "Low enthalpy geothermal energy utilisation schemes for greenhouse and district heating at Trainaoupolis Evros, Greece", *Geothermics*, 32 (2003) 69-78
- [5] Mehmet KANOĞLU, Yunus A. ÇENGEL, "Economic evaluation of geothermal power generation, heating, and cooling", *Energy*, 24 (1999) 501-509
- [6] Prof.Dr. Halil SARIASLAN, Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi: Planlama, Analiz, Fizibilite, (Turhan Kitabevi, Ankara, 1994)
- [7] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Sanayide Enerji Yönetimi Esasları, Cilt IV, Ocak 1997
- [8] Chan S.Park, Contemporary Engineering Economics, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1993
- [9] Dr.Einar Tjörvi ELIASSON, KRETE Geothermal Consulting ehf., "Feasibility Analyses and Financing of Geothermal Projects", UNU Geothermal Training Program, Iceland
- [10] James F. OEHMKE, "Anomalies in net present value calculations", *Economic Letters* 67 (2000) 349-351
- [11] Macit TOKSOY, Cihan ÇANAKÇI, Furkan İMAMOĞLU, Demir BAŞEĞMEZ, Engin GÜLŞEN, "Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinin Kavramsal Planlanması Açısından Bölge Veri Tabanının Oluşturulmasına Yönelik Bir Anket Çalışması: Balçova "Sistem -2" Örneği", *Geocen Rapor No: 2003-006*
- [12] Macit TOKSOY, A.Caner ŞENER, Niyazi AKSOY, "Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinde Otomasyonun Primer Enerji Tüketimi Açısından Önemi: Konvansiyonel Enerji Oranı (CER) ve Konvansiyonel Enerji Fazlalık Katsayısı (CEER)", *Geocen Rapor No: 2003-007*
- [13] A.Berkan ERDOĞMUŞ, "Economic Assessment of Balçova-Narlidere Geothermal District Heating System", *Izmir Institute of Technology, Yüksek Lisans Tezi*, 2003
- [14] Eugene L.Grant, W.Grant, IRESON, Richard S.LEAVENWORTH, Principles Of Engineering Economy, John Wiley & Sons,1990

ÖZGEÇMİŞLER

A.Berkan ERDOĞMUŞ

1975 yılında İzmir'de doğdu. 1999 yılı Temmuz ayında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2001 yılı Haziran ayına kadar özel bir firmada şantiye mühendisi olarak çalıştı. 2001 yılı Eylül ayında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. GEOCEN çalışma grubuna katıldı. Yüksek Lisans tezinde Balçova - Narlıdere Jeotermal Bölge Isıtma Sisteminin Ekonomik Analizi üzerine çalıştı. 2002 yılından beri aynı üniversitede Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

Macit TOKSOY

1949 da İlkurşun (İzmir) de doğdu. 1967'de Manisa Lisesi'ni, 1972 de İstanbul Teknik Üniversitesini bitirdi. Ege Üniversitesi'nden doktora derecesini aldı. 1982 senesine kadar Ege Üniversitesinde, 1999 senesine kadar, fakültesinin üniversite değiştirmesi, nedeniyle 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, eski İzmir 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 standartların geliştirilmesine, İYTE bünyesinde Türkiye'nin gereksinimi olan Jeotermal Araştırma Geliştirme Test ve Eğitim Merkezi (GEOCEN) 'nin kurulmasına ve nihayet çok önemsendiği ve gururunu duyduğu bir grup jeotermal enerji bölge ısıtma sistemi uzmanının yetişmesine katkı koymaya ayırdı. Yaptıklarından çok mutlu. Bu mutluluğa neden olan Sayın Nehrozoğlu'na, gece ve gündüzlerini jeotermal enerji ile geçirmesine müsaade ettikleri için ailesine, çalışmalarını destekleyen Balçova Termal ve Balçova Jeotermal Şirketi yöneticilerine çok, lisansüstü öğrencilerine çok teşekkür ediyor.

M. Barış ÖZERDEM

1982 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek lisans eğitimini 1985, doktora eğitimini ise 1991 yılında aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamladı. 1983 yılından 1991 yılına kadar Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. Araştırmalarına 1992 – 1994 yılları arasında Amerika'da bulunan "Catholic University"de devam etti. 1994- 1999 yılları arasında özel bir firmada yönetici olarak görev yaptı. 1999 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde öğretim üyesi olarak göreve başladı ve 2001 yılında Doçent ünvanını aldı. Halen İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümünde Bölüm Başkanı olarak çalışmaktadır. Ağırlıklı olarak jeotermal enerji, rüzgar enerjisi, termodinamik ve ısı transferi konularında çalışmalarına devam etmektedir.

Engin GÜLŞEN

1979 yılında İzmit'te doğdu. 2002 yılı Ocak ayında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Bir dönem özel bir şirkette proje sorumlusu olarak çalıştı. Lisans eğitiminin son dönemlerinde başlayan jeotermal enerjiye olan ilgisi onu İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü ile tanıştırdı ve halen İYTE Enerji Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimini sürdürmekte ve aynı zamanda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Bir GEOCEN (Jeotermal Araştırma Geliştirme Test ve Eğitim Merkezi-İYTE) üyesi olarak Balçova'da planlanan 2x5000 konut kapasiteli yeni bir jeotermal ısıtma sisteminin planlanması ve tasarımı üzerine çalışmaktadır.