

JEOTERMAL PROJE GELİŞTİRME

Macit TOKSOY
Murat GÜNAYDIN
Umran SERPEN

ÖZET

Ülkemizdeki jeotermal bölge ısıtma sistemlerine ait uygulamalar, proje safhasından işletme sürecine kadar, çok kurumla ilişkileri gerektiren ancak, teknik ve idari standartları ve ülke kodları belirlenmemiş, büyük projelerdir. Bu boşlukta bir kanunla esaslarının belirlenmesi beklenirken, bir konutluk ölçekten binlerce konutluk ölçeğe kadar ısıtma sistemleri planlanmakta ve uygulanmaktadır. Bu çalışmada jeotermal enerjili bölge ısıtma sistemlerinin ne denli yoğun, karmaşık, disiplinlerarası ve teknolojik alt ve üst yapı gerektiren projeler olduğu vurgulanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, özellikle bölge ısıtma sistemlerinin çok karar merkezli, maliyeti yüksek, tekrarlanabilir olmayan, sürekli izlenen, toplumun büyük bir kesimini sosyal, ekonomik ve çevresel olarak etkileyen projeler olması nedeniyle, önce proje ve proje yönetimi üzerinde durulmuş, modern proje yönetim tekniklerinin öğeleriyle jeotermal projelerin geliştirilmesinin idari ve teknik yapısı sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Jeotermal enerji uygulamaları, özellikle bölge ısıtma sistemleri birçok disiplinin bir arada olduğu, kompleks, çok karar merkezli, modern teknolojiye gerektiren, kapital yoğun projelerdir.

Disiplinler	Karar Merkezleri
Jeoloji Mühendisliği	Valilik-İl özel idaresi
Jeofizik Mühendisliği	Yerel Yönetim-Belediye
Jeokimya Mühendisliği	Proje Yönetimi
Çevre Mühendisliği	Rezervuar Geliştirici
Sondaj Mühendisliği	Tesisat Tasarımcısı
Hidroloji- Rezervuar Mühendisliği	Yapıcı

Çok disiplinli ve çok karar merkezli olmaları jeotermal gelişme projelerinin çok ciddi proje bir yönetimi ile gerçekleştirilmelerini zorunlu kılmaktadır. Ülkemizdeki örneklerinde olduğu gibi, bazı projelerin uygulama süresi içinde teknolojinin değiştiği görülmekte, karar merkezlerinin karar üretmedeki irrasyonel yavaşlığının projenin tamamlama sürelerini ve maliyetlerini etkilediği izlenmektedir. Proje yönetimi unsurlarını taşımayan ülkemizdeki uygulamalara, jeotermal gelişmeler için gerekli idari ve teknolojik yasal tabanın (kanunlar, standartlar, yönetmelikler, kodlar, vs) eksikliğinin olumsuz etkileri de eklenince başarısız uygulamalar ortaya çıkmaktadır.

Son yıllarda, izlendiği kadarıyla, İzmir İli Jeotermal Enerji Yüksek Danışma Kurulu'nun ve İller Bankası'nın çalışmaları ile idari ve teknolojik yasal tabanın eksikliğinin giderilmesinde önemli gelişmeler olmuştur. İller Bankası Jeotermal enerji uygulamaları ile ilgili bir yönetmeliği yayınlamış ve şartnamelerini hazırlamıştır. Benzeri bir yönetmeliğinin hazırlıkları İzmir için tamamlanmıştır. Bu yönetmeliklerin kapsamı, jeotermal gelişme projelerinin yönetiminin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın amacı, bir jeotermal gelişme projesinin kapsadığı çalışmaları genel olarak, proje ve proje yönetim tekniği ile tanıtırarak aktarmaktır. Çalışmanın üçüncü bölümünde proje ve proje yönetimi teknikleri açıklanmış, dördüncü bölümde bir jeotermal gelişme projesinin genel olarak adımları verilmiş, beşinci bölümde ise projelerin kompleksliğini vurgulamak açısından, dördüncü bölümde verilen adımlardan ikisinin detayları gösterilmiştir.

2. JEOTERMAL GELİŞME

Jeotermal gelişme, herhangi bir yerde jeotermal enerjinin elektrik enerjisi, ısıtma, soğutma, tarımsal ve endüstriyel amaçlarla kullanılmasıdır. Bütün uygulamalarda temel mekanizma, yüksek entalpili jeotermal akışkandaki enerjinin bir başka enerji formuna(elektrik) dönüştürülmesi veya doğrudan kullanılmasıdır(konfor, ısıtma ve kurutma sistemleri).

Herhangi bir projenin toplum tarafından kabul edilmesi için üç şartın sağlanması gerekir[1] :

- Toplum sağlığı üzerindeki kötü etkilerin kaldırılması.
- Doğal çevre üzerindeki etkilerin azaltılması.
- Söz konusu bölgede oturan insanlar için doğrudan fayda sağlanması.

Jeotermal projelerin, özellikle elektrik üretimi dışındaki uygulamalarda, ilk iki şartı sağlamada diğer enerji türlerine göre, hemen her zaman büyük bir avantaja sahip olduğu bilinmektedir. Ancak üçüncü şartı sağlamada, bir başka deyişle alternatif enerji türlerine ekonomik üstünlük sağlaması projeye bağlı olarak değişmektedir.

Isı pompası uygulamaları bir yana bırakılırsa, jeotermal gelişmelerin gerek elektrik gerek ısı kullanımda, son on yılda yavaşlama sürecine girdiği belirtilmekte bunun nedenleri de aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır¹:

- 1988'lere kadar düşük petrol ücretleri
- Gelişmekte olan ülkelerdeki finans zorlukları
- Enerji sektöründe ileriye görememe.
- Jeotermal potansiyeli yüksek ülkelerdeki politik istikrarsızlıklar.

Ülkemizdeki jeotermal enerjiyi kullanan bölge ısıtma sistemlerindeki gelişmeler, ekonomik duyarlılığı çok fazla olmayan kamu yatırımları olarak başlatılmıştır. Ancak günümüzde yukarıda sayılan son üç nedenden ötürü arzu edilen düzeyde devam etmemektedir. Bir başka neden de genel enerji politikamızın ve bunun içinde,

- Jeotermal enerji stratejisinin

ve bu stratejiyi oluşturacak ve hayata geçirecek üst yapının olmayışdır.

“Jeotermal enerji bölge ısıtma sistemlerinin konvensiyonel yakıtlı bölge ısıtma sistemlerinden farkı, sistem tasarımının yüke göre değil, enerji-ısı kaynağına göre yapılmasıdır. Bu sistemlerde ısı kaynağı, heterojen yer kabuğu içinde, karmaşık enerji ve kütle transferi mekanizmalarını içeren açık sistem bir ortamdır. Jeotermal rezervuar olarak adlandırılan bu sistemden enerji alımı, tek veya çift fazlı, yüksek sıcaklıklı akışkan çekilmesi ile olur ve akışkanın taşıdığı bu enerji konfor mahallerine, doğrudan, kapalı veya açık, basit veya kaskat mekanizmalarla transfer edilir. Jeotermal enerji kaynağının doğası, bir jeotermal enerji projesinin, kaynak karakteristiklerindeki belirsizliklerin mümkün olduğunca azaltılmasını zorunlu kılan ve sürekli iteratif bir süreç içinde, geliştirilmesini zorunlu kılar”[2].

Jeotermal rezervuarın önemli bir özelliği de dinamik bir yapıya sahip olmasıdır. Özellikleri (sıcaklık, debi, geçirgenlik, kimyasal yapı) işletme parametrelerine, yer kabuğu hareketlerine, ve çevredeki su kaynaklarının yönetimine bağlı olarak zamanla değişebilir. Sahadan üretim yapılırken bu dinamik yapı dikkatle takip edilmelidir. Bir başka dinamizm ise sahadaki üretimin zamanla değişen yüke göre değişmesidir. Bu değişim, bir kazandaki otomasyondan daha karmaşık bir işletme otomasyonunu ve donanımını gerektirir.

Jeotermal enerji bölge ısıtma sistemleri gelişmelerinin, çok disiplinli (jeoloji, jeofizik, jeokimya, hidrojeoloji, rezervuar mühendisliği, tesisat mühendisliği, çevre mühendisliği), dinamik bir ortamda birden fazla karar merkezli (kamu yönetimi, yerel yönetimler, proje sahibi, işletmeci) olması, uygulamaların her birinin tekil olması, tekrarlanabilir olmaması, güçlü bir yönetim ekibini gerektirmesi nedenleriyle, proje tanımına giren ve proje yönetimini gerektiren uygulamalardır. Ülkemizdeki uygulamalar, bir proje yönetimi altında gerçekleştirilmemesi nedeniyle, pek çok olumsuzlukları ve yanlışları içermektedir.

Ülkemizde jeotermaller jeotermal sahaların geliştirilmesi, sahadan üretim ve üretilen enerjinin merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılmasını sağlayan sistemin işletilmesi, tek bir otoritenin yönetiminde (kamu veya yerel yönetimler) gerçekleştirilmektedir.

Yurtdışında kullanılan diğer bir model, sahanın geliştirilmesini ve sahadan üretimi bu işte uzman olan bir şirketin yaparak, buhar veya sıcak suyu elektrik üreticisine veya merkezi ısıtma yapan bir şirkete satmasıdır. Diğer bir deyişle enerji üretimi uzmanlık alanlarına ayrılarak işbirliği içinde yürütülmektedir. Hem akışkan, hem de güç üreten (ülkemizdeki) modelde üretim maliyet ve finansmanını kontrol etme esnekliğine sahip olma, üretim maliyetlerini düşürebilir. Öte yandan, kaynağı geliştirmenin riskli olması dolayısıyla, sonuçta onu geliştiren güç üreterden daha fazla kazanabilir. Bu model de her kurum uzman olduğu alanda çalışacağı için, maliyetler düşebilir.

3. (JEOTERMAL) PROJE YÖNETİMİ

Ülkemizde jeotermal sahaların aranmasına, belirlenmesine ve işletilmesine yönelik çalışmalar incelendiğinde, genel olarak aşağıdaki temel karakteristikler hemen göze çarpar:

- Karar organlarının ataleti çalışmaların hızını büyük ölçüde etkilemektedir.
- Yatırım finans modelleri sağlıklı çalışmamaktadır.
- Görev ve sorumluklar başta olmak üzere detayları belirlenmiş bir çalışma planı yoktur.
- Politik stratejiler, yatırıma ve işletmeye subjektif girdiler getirmektedir.
- Profesyonel yönetim organizasyonları yoktur: Karar otoriteleri jeotermal teknolojisinde uzman değildiler, çalışma içinde var olan uzmanlarda karar mekanizması içinde yer almamaktadırlar.

Bir yatırımın teknik ve ekonomik güvenliğini ve verimliliğini ciddi şekilde olumsuz yönde etkileyen bu karakteristiklerin nedeni, bir jeotermal gelişmenin, sahip olması gereken modern bir proje yönetiminden yoksun olmasıdır. Bu eksiklik, kurumsal, teknik ve ekonomik problemlerle[3] birleştiğinde ulusal kaynaklarımızın irrasyonel kullanıldığı uygulamalar karşımıza çıkmaktadır.

Bu bölümde, proje yönetimi temelleri üzerinde durulacaktır. Bölümün amacı jeotermal gelişmelerin gerektirdiği proje yönetimin temel tanım ve araçlarını genel bir perspektifte sunmaktır. Böylelikle jeotermal gelişmelerin içinde olan herkesin proje yönetimi ve tekniğine yakınlaşması ve duyarlılığının artırılması hedeflenmektedir.

a. Proje Nedir

Jeotermal proje yönetimi özeline girmeden 'proje' ve 'yönetim' kavramları üzerinde durulmalıdır. Öncelikle 'proje' kavramına bakıldığında, bir işin proje olarak tanımlanabilmesi için üç özelliğe sahip olması gerekmektedir. Bunlar;

- Belli bir amacı olmak
- Süre olarak kısıtlı olmak
- Orijinal yani tek olmak

Bu çerçevede ele alındığında jeotermal uygulamalar, enerji üretimi (ısıtma veya elektrik) amaçlı, planlama, uygulama ve kullanım süreleri belirli ve buldukları yer ve çevresel koşullar nedeniyle de orijinaldirler; bu nedenle jeotermal projeler olarak tanımlanabilirler. Jeotermal projeler bu özellikleriyle süregelen operasyonlardan ve seri üretim uygulamalarından farklılık gösterirler. Orijinal olmaları nedeniyle, her bir jeotermal projenin şartları ve buna bağlı olarak karşılaştığı problemler diğerlerinden farklılık gösterirler. Jeotermal projelerin özelliklerini iki kısımda sınıflandırabilir;

- Jenerik özellikler: bunlar bütün jeotermal projelerde ortak olan özelliklerdir.
- Proje bazındaki özellikler: bunlar her bir projenin kendi şartlarının getirdiği özelliklerdir.

Jeotermal Bölge ısıtma sistemlerinin jenerik özellikleri, yüksek entalpili jeotermal akışkanın yeryüzüne çıkarılması, entalpisinin doğrudan veya enerji transfer sistemleri aracılığıyla başka akışkanlara transfer edilerek, bina konfor sistemlerine aktarılmasıdır.

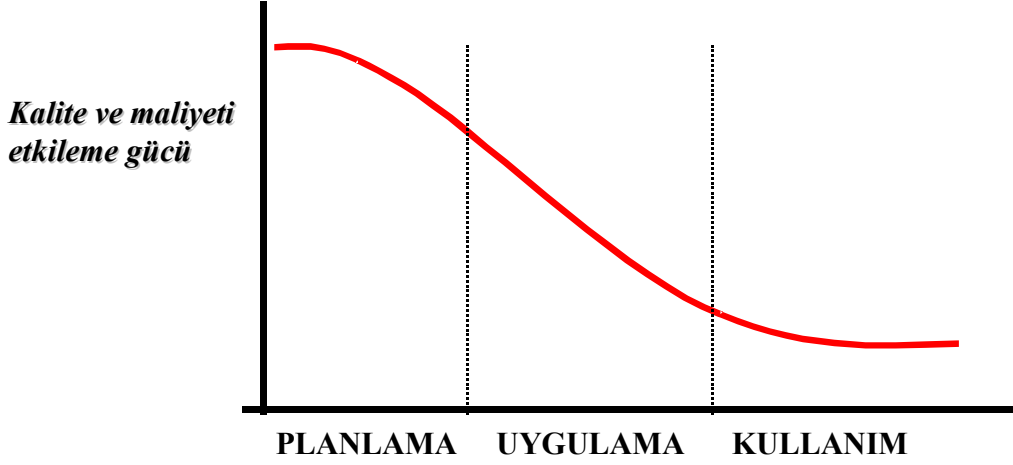
Proje bazındaki özellikleri ise, her jeotermal rezervuarın yapısı, potansiyelinin ve kimyasal özelliklerinin birbirinden farklılığı ve bu farklılığa bağlı olarak saha işletilmesinin, mekanik sistemlerin korunmasının, enerji transfer ve yük sistemlerinin farklılıklarıdır.

Projenin süreç olarak tanımlanması:

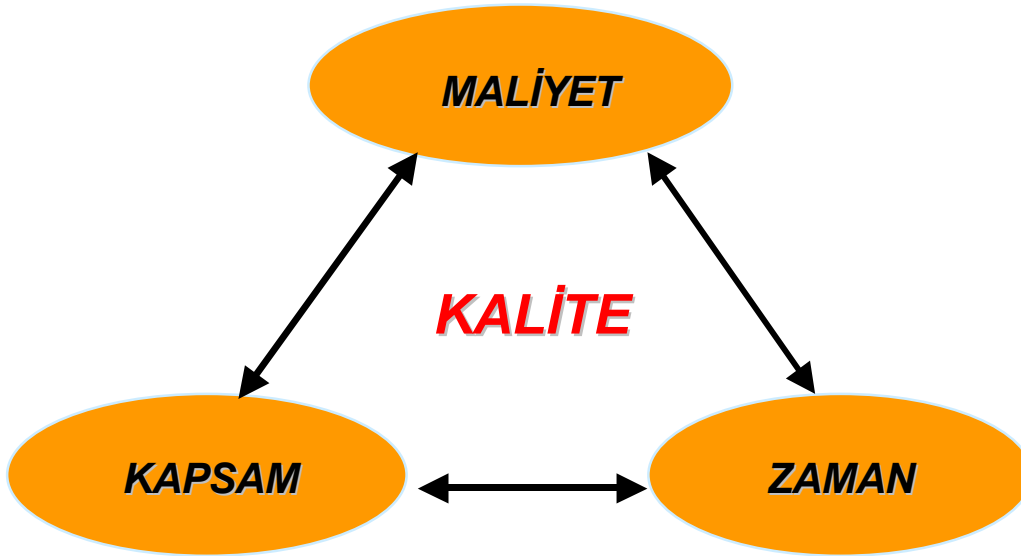
Jeotermal projelerin süreçleri ön hazırlık aşamasından sonra ana hatlarıyla, planlama, uygulama ve kullanım aşamalarıyla belirtilebilir. Jeotermal proje sürecinin bu şekilde algılanması, süreç kalitesini etkileyen faktörlerin bütünsel olarak ele alınmasını sağlayacaktır. Şekil 1'de görüleceği gibi bir jeotermal projenin hayat sürecinde projenin kalite ve maliyetini en fazla etkileme gücü planlama aşamasındadır. Bu nedenle kapsamlı ve maliyetli jeotermal projelerin planlama aşaması maliyet ve kalite açısından çok önemlidir. Endüstriyel projelerde kalite problemleri ve hataların düzeltilmesinden kaynaklanan işlerinin toplam maliyet içindeki payı ABD'de %12'leri bulmaktadır (Burati, 1992)[4]. Ülkemizde bu konuda bir veri olmamakla beraber, inşaat ve endüstriyel projelerde planlama ve kalite problemlerinden kaynaklanan hataların düzeltilmesi işlemi toplam maliyeti arttırmaktadır. Planlama ve yönetim süreçlerine gereken önemin verilmesi ilk yatırım maliyetini arttırmakla beraber, orta ve uzun vadede proje maliyetini düşürücü etki yapmaktadır (Joiner, 1996)[5]. Jeotermal proje geliştirme akım şemasından da anlaşılacağı üzere, jeotermal proje geliştirme süreci kamu ve özel sektörden pek çok katılımı içine almaktadır. Bu ortamda süreç içindeki iletişim projenin kalite, maliyet ve zamanını dolaylı ve dolaysız yollardan etkilemektedir (Günaydın ve Arditi, 2000)[6]. Bu durumda jeotermal projeler için sistematik bir planlama ve yönetim yaklaşımı kaçınılmazdır.

Projenin dört bileşeni:

Proje üretim sürecinde taraflar temelde projenin dört bileşeni üzerinde çalışırlar, bunlar; projenin kapsamı, zamanı, maliyeti ve kalitesidir. Şekil 2 incelendiğinde kapsam, zaman ve maliyetin birbiriyle ilişkili olduğu, kalitenin ise bunların ortasında dengede olduğu gözlenecektir. Bir projenin zamanını kısarsak maliyetinin artacağını, kapsamını daraltırsak maliyetinin düşeceğini ve bu üç kavramın devamlı birbiriyle ilişkide olduklarını görebiliriz. Ancak, kalite alış-veriş yapılamaz bir biçimde bu üç ayağının ortasında dengededir; yani kaliteden taviz verilemez. Sanıldığı aksine kalite yüksek maliyet değil, müşteri ihtiyaçlarına uygunluk ve bunun getireceği tasarruf demektir. Bu durumda müşterinin ihtiyaçlarının tespiti ve bunların kapsam, zaman, maliyet açısından dengede olduğu noktada karşılanması kaliteyi getirmektedir. Projelerin en önemli bileşeni ise bu saydıklarımızın dışında ve ayrı bir düzlemde tutulması gereken insandır. Bu nedenle jeotermal projeler geliştirilirken bu dört bileşenin ve insan faktörünün planlama aşamasında net olarak tanımlanması çok önemlidir. Jeotermal projelerin toplumsal ve çevresel etkileri de göz önüne alındığında, planlama ve yönetim süreçlerinin önemi daha iyi anlaşılır.



Şekil 1. Bir projenin aşamalarında kalite ve maliyeti etkileme gücü



Şekil 2. Bir projenin dört temel bileşeni

b. Proje Yönetimi Nedir

Jeotermal Projenin süreç ve bileşenlerinin tanımından sonra 'yönetim' kavramını kısaca irdelemekte yarar vardır. Yönetim kavramı ülkemizde yanlış anlaşılmakta ve 'idare' kavramı ile karıştırılarak eşdeğerde kullanılmaktadır. 'İdare' mevcut kaynaklarla durumu idare etmeyi tanımlarken, 'yönetim' bir vizyonu gerçekleştirmek amacıyla kaynak aramayı, ileri atılımı, mevcutlarla yetinmemeyi tanımlar. Kısaca 'proje idaresi' herkesin yapabileceği bir işken, 'proje yönetimi' ancak bilinçli ve sistematik yaklaşımı gerektiren, uzmanlık isteyen bir iştir. Bu uzmanlık dalını proje yönetimi olarak tanımlıyoruz. Proje yönetimi uluslararası alanda bir uzmanlık dalı olarak kabul görmüş olup, Proje Yönetim Enstitüsü tarafından tanımlanmış 9 dalda yeterliliği gerektirmektedir, bunlar (PmBOK,1996)[7];

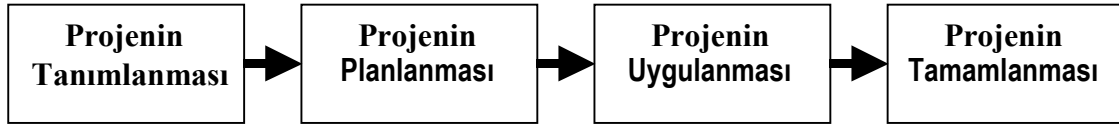
- Zaman yönetimi
- Maliyet yönetim
- Kapsam yönetimi
- Kalite yönetimi
- Tedarik yönetimi
- Risk yönetimi
- İletişim yönetimi
- Entegrasyon yönetimi
- İnsan kaynakları yönetimi

Bu çerçevede jeotermal projelerde çalışan proje yöneticisi, farkındalık seviyesinde teknik alan bilgisi (jeotermal), genel yönetim bilgisi ve proje yönetim bilgisine sahip olması gerekmektedir. Uluslararası projelerde proje yöneticilerinden proje yönetim enstitüsü tarafından verilmiş 'profesyonel proje yöneticisi (project management professional)' belgesi aranmaktadır. Bu belgeyi alabilmek için adayların yukarıda belirtilen bilgi alanlarında yeterli olduklarını bir proje yönetim enstitüsünün dünya çapında açtığı sınav ile ispat etmeleri gerekmektedir. Ülkemizde proje yönetim enstitüsü temsilcilikleri İstanbul ve Ankara'da faaliyet göstermektedir. Bu çerçevede ele alındığında jeotermal proje yönetimine profesyonel yaklaşım gerekmekte, jeotermal projelerin özelliğinden dolayı risk yönetimi, iletişim yönetimi ve takım çalışması konularına önem verilmelidir.

c. Proje Planlama Teknikleri

Proje planlama tekniklerine girerken, bir projenin yönetim açısından geçireceği aşamaları tanımlamakta yarar var, bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Şekil 3);

- Projenin tanımlanması
- Projenin planlanması
- Projenin uygulanması
- Projenin tamamlanması



Şekil 3. Proje yönetiminin aşamaları

Proje yöneticisi bu dört aşamayı gözeterek projenin hedeflerine ulaşmasını sağlar. Bir projenin yönetim süreci projenin tanımlanmasıyla başlar. Bu aşamanın sistematik bir şekilde yapılması, kaydedilmesi ve projeye katılan bütün tarafların bilgisine sunulması gerekir. Göreceli tanımlardan kaçınmak sayısal ve net tanımlar kullanmak önemlidir. Örneğin yeterli sayıda personel yerine şu sayıda ve şu nitelikte personel demek gerekir. Bu aşamada gösterilen hassasiyet proje genelinde kendini gösterecektir. Bu aşamada proje sürecine katılan tarafların ihtiyaçları göz önünde tutulmalı, yapılan proje tanımı net olmalı ve bütün taraflara iletimi sağlanmalıdır.

Bu tanımlamada gösterilen zaman, maliyet, kapsam ve kalite hedeflerine ulaşmak için, projenin planlanması proje yönetimi tarafından yapılır. Projenin tamamlanması için yapılması gereken işlerin listesi bu aşamada yapılır. Bu listeye yapılacak işler listesi (YİL) denir. Yapılacak işler listesinin hazırlanması, işi yapacak uzman kişilerin katılımıyla yapılır. Yapılacak işlerin listelenmesinde ne kadar detaya inileceğine ise uzmanlarla beraber süreci izleyecek olan proje yöneticisi karar verir. Örneğin,

hafriyat yapılarak boru döşeme işi, hafriyatın yapılması, borunun döşenmesi, dolgu yapılması gibi üç kalem işle tanımlanabileceği gibi, hafriyat yapılması, iksa duvarlarının yapılması, taban döşemesinin serilmesi, boruların nakli, yerleştirilmesi, kaynatılması, vb. gibi daha detaylı olarak ele alınabilir. Detay seviyesi belirlenirken önemli olan iş emirlerinin yapılacak işler listesinden çıkacağını göz önüne alarak listeyi hazırlamaktır. İş emirlerinin çıkması pratik olmayan fazla detay gereksiz olacağı gibi, iş emirlerinde eksikçe yol açacak çok genel tanımlarda bir işe yaramayacaktır.

Planlama aşamasında kullanılan metotlardan bazıları şunlardır:

- Gantt diyagramları
- Kritik Yörünge Metodu (CPM)
- Program Değerlendirme ve İnceleme Tekniği (PERT)
- Denge Çubuğu Metodu (LOB)
- Semer Metodu

Bu yazı çerçevesinde termal projelerin geliştirilmesinde kullanılacak ve Ağ Diyagramlar olarak da tanımlanan Kritik Yörünge Metodu (CPM) ve Program Değerlendirme ve Kontrol Tekniği (PERT) ele alınacaktır. Yazının devamında bu yöntemlerin kısaltılmış adları kullanılacaktır.

Jeotermal projelerin uygulanması aşamasında kullanılacak yönetim teknikleri de işin yapıldığı ortama (kültüre) göre ayarlanmalıdır, bu aşamada proje takımının iletişim ve takım çalışması konularında eğitimi, geri beslemenin yapılması için bir sistemin oluşturulması gereklidir. Projenin tamamlanması süreci ise, tanımlamada belirtilen hedeflere ulaşımın kontrolü, proje sonuç raporunun hazırlanmasını, başarının tanınmasını içerir.

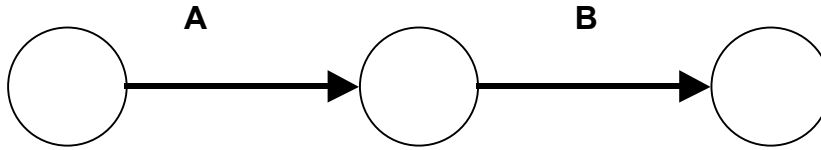
Bu yazı kapsamında proje planlama tekniklerinden ağ diyagramlardan söz edilecek, bu çerçevede kritik yörünge metodu ve program değerlendirme ve incelenme tekniği (PERT) açıklanacaktır.

Ağ diyagramlar

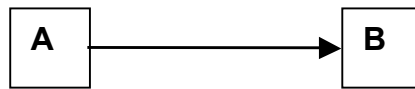
Ağ diyagramlar yapılacak işlerin doğrusal grafik halinde zamanlamalarının gösterilmesini içerir. İki tür diyagram çizim şekli vardır, bunlar:

- Aktivitenin noktada gösterildiği diyagram (Şekil 5),
- Aktivitenin okta gösterildiği diyagram (Şekil 4),

olarak listelenebilir. İki çizim yöntemi arasında kavramsal açıdan bir fark yoktur, seçim tümüyle kullanıcıya bırakılmıştır. Birbirini takip eden hafriyat (A) ve temel atılması (B) aktivitelerinin gösterimi aşağıdaki gibi her iki şekilde de olabilir:



Şekil 4. Aktivite ok üzerinde

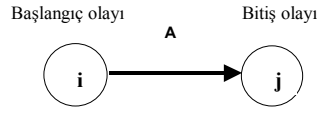


Şekil 5. Aktivite noktada

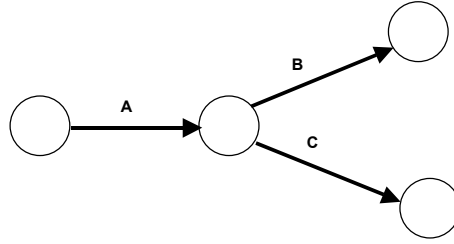
Ağ diyagramları temel kavramları

Bu yazı çerçevesinde aktivitenin ok üzerindeki durumu ile örnekler açıklanacaktır. Bunun diğer şekle çevrilmesinde aynı kurallar geçerli olacaktır. Ağ diagramlarının oluşturulmasında dikkat edilecek kurallar aşağıdadır:

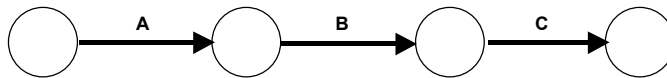
1. Aktiviteler ok veya nokta şeklinde gösterilebilir. Her iki gösterimde de olaylar zaman içindeki noktalar (örneğin, hafriyatın başlaması/bitmesi bir olay, hafriyatın yapılması ise bir aktivitedir, Şekil 6).
2. Her aktivite bir başlangıç ve bir bitiş olayı ile tanımlanır. Bu olaylar numaralandırılarak aktivitenin tanımlanmasında kullanılır (örneğin i,j aktivitesi gibi)
3. Aktiviteler seri olarak bağlanabileceği gibi paralel olarak da bağlanabilirler (Şekil 6).
4. Mantıksal bir bağ yaratmak ve herhangi iki aktivitenin aynı tanım numarasına sahip olmaması için gereken yerlerde kukla aktiviteler kullanılır. Kukla aktivitelerin süresi olmadığı gibi kaynak ataması da yapılmaz (Şekil 6).



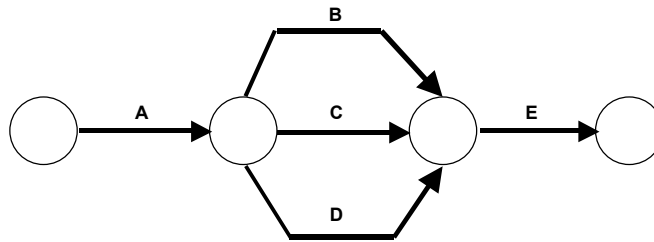
Şekil 6-a. Başlangıç ve bitiş olayları



Şekil 6-b. Aktiviteler arasındaki mantıksal ilişkiler



Şekil 6-c. Seri bağlı aktiviteler

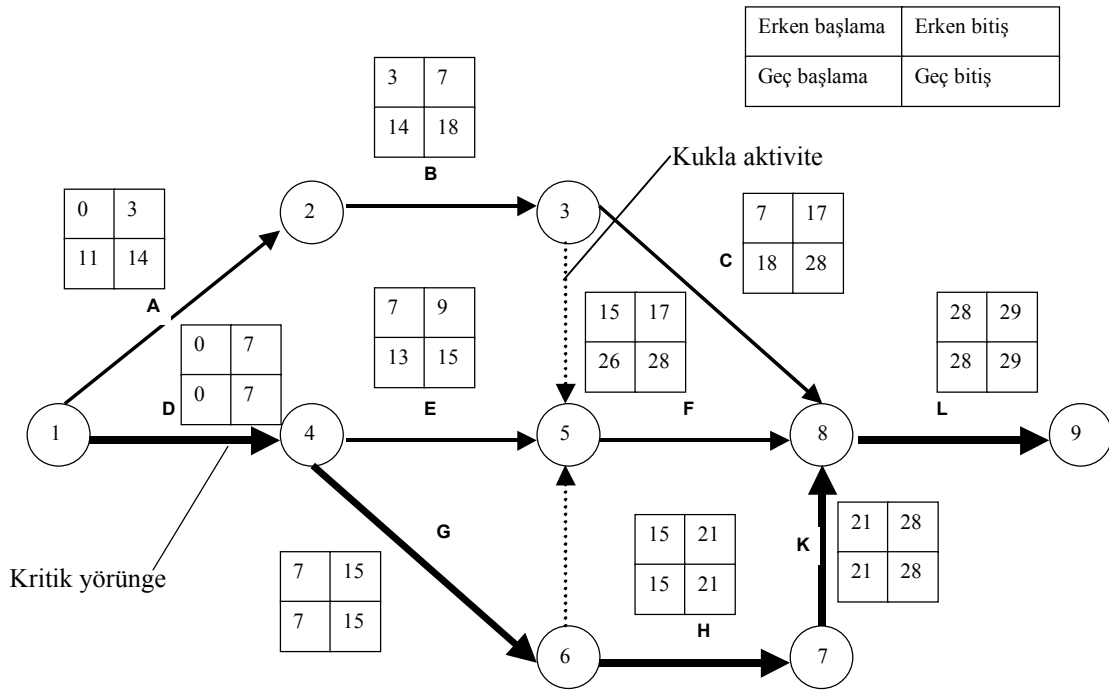


Şekil 6-d. Seri ve paralel bağlı aktiviteler (B,C,D aktiviteleri aynı aktivite numaralarına sahip (ij))

Örnek çözümü:

Yukarıda açıklanan kavramların açıklanabilmesi için bir örnek çözüm yapılmıştır. Örnek olarak 10 aktivitelik bir proje ele alınmıştır. Böyle bir projede tanımlama aşamasından sonra gelen planlama aşamasında ilk olarak yapılacak işler listesi çıkarılmalı ve bu işlerin birbiriyle olan ilişkileri belirtilmelidir, bu işlem aşağıdaki gibi basit bir tablo ile halledilebilir:

Aktivite	Süre (gün)	Aktiviteden	
		Önce gelen aktivite	Sonra gelen aktivite
A	3	-	B
B	4	A	C,F
C	10	B	L
D	7	-	E,G
E	2	D	F
F	2	B,E,G	L
G	8	D	F,H
H	6	G	K
K	7	H	L
L	1	J,F,K	-



Şekil 7. Örnek ağ diyagramı

Bu örneğin üzerinde çalışıldığında Şekil 7'de görülen örnek ağ diyagramı elde edilir. Aktiviteden önce ve sonra gelen aktivitelerin tesbit edilmesi konunun uzmanlarına danışılarak yapılır. Ağ diyagramlarının hazırlanmasının yararlarından birisi de projeye katılan taraflar arasında bir iletişim aracı oluşturmaktır. Ağ diyagramını oluştururken proje yöneticisinin diğer katılımcıların fikrini alması bu açıdan önemlidir. Diyagram bütün katılımcılar tarafından kabul görmelidir, katılımcılara kendilerinden önce ve sonra gelen aktiviteler hakkında bilgi verilmelidir. Diyagram dikkatle incelenirse her aktivitenin (kukla aktiviteler hariç) bir süresi olduğu ve her aktivitenin yanında dört gözlü bir kutunun bulunduğu gözlenir. Bu dört gözlü kutunun sol üst gözü o aktivitenin en erken başlama

günü, sağ üst gözü en erken bitiş tarihini, sol alt gözü proje toplam süresini etkilemeden en geç başlama gününü, sağ alt gözü en geç bitiş gününü gösterir. Bu hesaplamalar sol üst gözden ve 1 nolu noktadan başlayan aktivitelere '0'.günden başlamak üzere yapılır. Örneğin A aktivitesinin başlangıcı '0'.gün ve en erken bitışı '3'.gündür. Bu çerçevede B aktivitesinin en erken başlama günü '3'.gün, en erken bitışı de '7'. gündür. Dikkat edilirse F aktivitesi en erken '15'.gün başlayabilir, çünkü F aktivitesi başlamak için B,E ve G aktivitelerinin tamamlanmasını beklemektedir. Bu aktiviteler sırasıyla 7,9 ve 15. günlerde tamamlanmaktadır. G aktivitesi tamamlanmadan F aktivitesi başlayamayacağı için, F aktivitesinin en erken başlama günü '15'. gündür. Hesaplar son aktiviteye kadar böyle yapılır, son aktivitede en erken bitiş günü en geç bitiş günü olarak alınır ve bu işlemler aynı mantıkla sondan başa doğru yapılır. Örneğin B aktivitesinin en geç bitışı C ve F aktivitelerine bağlı olarak 18. gündür, eğer B aktivitesinin bitışı 18. günden sonraya sarkarsa bu projenin toplam süresini etkileyecektir. B aktivitesinin erken başlama ve geç başlama tarihleri arasında 11 günlük bir süre vardır, bu süre proje yöneticisinin rezerv olarak kullanabileceği süredir. Fakat bu sürenin kullanılması A,B,C hattındaki aktivitelerin fazla zamanını tüketmektedir. Kısaca bu ek süre aktiviteye değil, kritik olmayan bir yörüngeye aittir, sonuna kadar kullanılması durumunda bu yörüngede ikinci bir kritik yörünge olacaktır. Bu noktada kritik yörüngeyi tanımlayabiliriz: erken başlama ve geç başlama ile erken bitiş ve geç bitiş günlerinin eşit olduğu aktiviteler kritik aktiviteler olup, kritik yörüngeyi oluştururlar. Bu aktivitelerdeki bir gecikme proje toplam süresini etkileyecektir. Yukarıda açıklandığı gibi diğer yörüngelerdeki ek sürelerin tümüyle kullanılması durumunda bir ağ diyagramında birden fazla kritik yörünge ortaya çıkabilir.

Proje süresinin kısaltılmasının tek yolu da kritik yörüngedeki aktivitelerin sürelerinin kısaltılmasından geçer. Örneğin bu diyagramda kritik yörüngeyi oluşturan D,G,H,K ve L aktiviteleri projenin toplam süresini belirler. Sürenin kısaltılmasında bu aktiviteler ele alınmalıdır. Süre kısaltılırken her aktivitenin bir günlük kısaltılmasının maliyeti hesaplanır, en ucuz kısaltma yapılan aktiviteden başlanarak toplam süre kısaltılır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta kritik yörüngede bu kısaltmalar yapılırken kritik olmayan yörüngelerinde kritik hale gelebileceğidir. Bu işlemler 'Primevera', 'MS project' gibi paket programlarla yapılabilir. Proje yöneticisi sürekli güncelleştirdiği ağ diyagramla projenin yürütülmesini gözetirken, değişikliklerin proje üzerindeki etkilerini incelemekte, proje tamamlanma süresini kontrol edebilmektedir. Sınırlı maddi kaynakların proje hedefleri doğrultusunda uygun ve sağlıklı dağılımını yapabilmektedir. Bu tip diyagramların hazırlanması için ayrılacak zaman ve kaynakların maliyeti, hazırlanmaması halinde yaşanacak hataların ve yanlış kararların maliyetinden çok daha azdır. Verimlilik ve kaliteyi arttırmak ve bu çerçevede rekabet gücünü arttırmak bir zorunluluk olmaktadır.

Ağ diyagram mantığını böyle anlatıldıktan sonra bir sonraki aşamadan, PERT'ten kısaca bahsetmek gerekir. PERT ağ diyagramların en gelişmiş hali olup, CPM deki gibi sadece bitiş-başlangıç ilişkileri değil aynı zamanda aktiviteler arasında başlangıç-başlangıç, başlangıç-bitiş, bitiş-başlangıç, bitiş-bitiş ilişkileri tanımlanabilmektedir. Bir aktivite başladıktan sonra başka bir aktivitenin başlangıcı buna göre tanımlanabilir. Örneğin A aktivitesi B aktivitesi başladıktan iki gün sonra başlayacaktır diye tanımlayabiliriz. Bu imkan proje yöneticisine esneklik sağlamaktadır. Bu özellik bazı durumlarda CPM diyagramlarında da uygulanmaktadır. Fakat PERT'ü CPM'den ayıran en önemli özellik olasılık teorisidir. PERT'te aktivite süreleri olasılık teorisi göz önüne alınarak hesaplanırken, CPM'de aktivite sürelerinde kesinlik vardır. Böylece PERT kullanılan bir projede projenin herhangi bir zamanda tamamlanabilmesinin olasılığı elde edilebilirken, CPM'de bu yaklaşım söz konusu değildir. Örneğin, PERT kullanılan bir projede 't' sürede projenin tamamlanmasının 'P' olasılığı bellidir.

Burada dikkat edilmesi gereken nokta ağ diyagramların proje yönetim bilgi alanı içinde sadece bir teknik olduğudur. Proje yöneticileri yukarıda belirtilen proje yönetimi bilgi alanlarında değişik teknikler kullanmak durumundadırlar. Sadece ağ diyagramlara indirgenen bir proje yönetim anlayışı pek çok soruna gebe olmaya mahkumdur. Proje yönetimi tanımlamadan tamamlamaya bütünsel bir yaklaşımdır. Genel olarak proje yönetimi problemlerle uğraşır, problemsiz bir proje yönetiminin ütopya olduğu unutulmamalıdır. Çünkü projeler tanımları gereği orijinaldirler. Proje yönetim tekniklerinin kullanım amacı problemsiz proje yönetimi değil, problemlerin zamanında görülüp uygun şekilde çözülmesidir.

d. Bir Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi Uygulaması Neden Projedir?

Jeotermal akışkanın aranması çıkarılması ve işletilmesini içeren jeotermal gelişme süreci aşağıdaki nedenlerden dolayı yönetim bilimi açısından bir proje sürecidir.:

- Birden fazla karar merkezi ve bunların işbirliği içermesi.
- Her jeotermal gelişmenin kendine özgü özellikleri içermesi.
- Birçok disiplinin bir arada çalışmasını gerektirmesi
- Yoğun sermaye gerektiren yatırımlar olması
- Toplumun geniş bir kesimini etkilemesi
- Çevre duyarlılığının çok boyutlu(gösel, yer üstü, yeraltı, insan sağlığı) olması.
- Geri beslemeli ardışık işlemler dizisi halinde gerçekleştirme sürecine sahip olması.

e. Proje Yönetim Tekniği Açısından Jeotermal Bölge Isıtma Projelerinin Bileşenleri.

Jeotermal bölge ısıtma projeleri, genel olarak Bölüm 4'de açıklanan adımları içeren Şekil 8'de verilmiş akım şeması içinde yer alan bileşenleri içerir. Şekil 8'de yer alan adımlar teknik anlamda çok daha detaylı çalışmaları içerir. Bu teknik çalışmalar İzmir Valiliği için hazırlanan Jeotermal Enerji Yönetmeliği taslağında çok detaylı olarak açıklanmıştır ve bu yönetmelik esas alınarak Bölüm 5'te örneklenmiştir.

4. JEOTERMAL PROJE AKIM ŞEMASI – GENEL

Jeotermal bölgesel ısıtma projelerinin genel akım şeması şekil 9'da verilmiştir. Bu şema Oregon Geo-Heat Center tarafından yayınlanan "Geothermal Direct-Use Engineering and Design Guide Book"ta yer alan "Figure 1.1: Direct us development flow chart" in geliştirilmiş şeklidir. Literatürde jeotermal proje yönetiminin fonksiyonlarını tanımlayan benzeri yaklaşımlar bulmak mümkündür.

Bu akım şemasında yer alan adımlar, genel olarak, ülkemizdeki geliştirilecek projeler de göz önüne alınarak aşağıda açıklanmıştır. Bu adımlarda yapılacak teknik çalışmaların detaylarının örnekleri ise bundan sonraki bölümde verilmiştir.

Adım 1. Kullanılabilir Jeotermal Enerjinin Varlığı

Bir jeotermal ısıtma projesinin ele alınmasının ve başlangıcının nedeni, söz konusu bölgede bir jeotermal sahanın varlığının bilinmesidir. Ülkemizde jeotermal ısıtma sistemlerinin çıkış noktası, bilinen doğal çıkışların potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik olmuştur. Bir başka deyişle jeotermal enerji potansiyelinin bilindiği yerler genellikle antikiteye dayanan kaplıcaların bulunduğu bölgelerimizdir. Yeryüzüne doğal çıkışı olmayıp bölgede herhangi bir nedenle yapılan jeolojik veya jeofizik araştırmalarla varlığı belirlenen jeotermal alanların sayısı çok azdır (Salavatlı, İmamköy).

Adım 2-3. Jeotermal Su Mülkiyeti

Diğer yer altı kaynakları gibi Jeotermal suların tüm hakları ülkemizde kamuya aittir ve il özel idareleri tarafından kullanılır. Bu nedenle herhangi bir sahada jeotermal enerjiye yönelik arama ve çıkarma çalışmaları için il özel idaresinden yüzey arama izninin alınması gerekir.

Adım 4-8. Toprak Mülkiyeti

Ancak jeotermal rezervuarın yeryüzü kesiti, bulunduğu yere bağlı olarak özel veya kamu mülkiyetinde olabilir. Jeotermal alanın kamu mülkiyetinde olması, jeotermal suyun tüm haklarına da kamunun sahip olması ve bu projelerin genellikle kamu yönetimi tarafından gerçekleştirilmesi nedeniyle sorun oluşturmamaktadır. Ancak söz konusu arazinin özel mülkiyette olması, bulunulan yerin konumuna bağlı olmak üzere ciddi kamulaştırma problemleri doğurmaktadır. Bu sorunların ciddi bir örneği Balçova'da yaşanmaktadır.

Balçova jeotermal rezervuarı hemen hemen tamamıyla özel mülkiyetli alanların altında kalmaktadır. Bu saha jeolojik ve jeofizik açılarından ülkemizdeki hemen hemen en çok araştırılmış ve araştırılmaya devam eden sahalardan biridir ve rezervuar belirleme çalışmalarının ilk defa yapıldığı bir alandır. 1989 yılında belirlenen koruma alanlarından çok daha geniş bir alanın, jeotermal enerji potansiyelinin kullanılması açısından yapılaşmadan korunması gereken bir alandır. Buna karşılık sahanın çok az bir kısmı için kamulaştırma kararı alınmış, ancak finansman bulunmadığı için kamulaştırma tamamlanamamıştır.

Koruma alanları bir jeoloğun sınırlamasıyla gelişigüzel belirlenmekte, bunun için gerekli hidrolojik testler yapılmamaktadır. İkinci önemli bir konu, jeotermal rezervuarların buldukları alanlar, potansiyel göçme alanlarıdır. Bundan ötürü, koruma alanları en azından jeotermal rezervuar sınırlarını mutlaka kapsmalıdır.

Bölgesel ısıtma sistemleriyle toplumun çok büyük bir kesimine, termal tedavi merkezleriyle tüm dünyadan insanlara hizmet etmesi söz konusu olan jeotermal sahaların, kamulaştırılması veya ciddi kurallar içinde sadece geniş kitlelere jeotermal enerjinin olanaklarının sunulması amacıyla özel mülkiyette kalmasının müsaade edilmesi gerekir. Bu anlamda ülkemizde yasal alt yapı mevcut değildir. Jeotermal enerji sahaları korunmadığı gibi, gereği gibi yapılmayan uygulamalarla geleneksel kaplıcalarda yok edilebilmekte (Kuzuluk, Kurşunlu, Gecek, Balçova), ekolojik çevre de değişebilmektedir.

Jeotermal enerji projelerinin geliştirilmesinde toprak haklarının en başta nasıl çözüleceği üzerinde durulmalıdır. Kamulaştırma ciddi maliyet unsuru ile projelerin hayata geçirilmesi açısından önemli olumsuzluklar getirmektedir. Kamulaştırma sadece jeotermal sahanın üzerindeki alan için sorun değildir. Isıtılacak bölge ile rezervuarın bulunduğu sahanın birbirinden uzak olması halinde, jeotermal akışkan hatlarının geçtiği alanların toprak hakları da ciddi mülkiyet sorunları ve mali külfetler getirebilir. Projenin başlangıcında bu tür bileşenlerin var olup olmadığı araştırılmalıdır.

Adım 9-13. Jeotermal Sahanın Özellikleri

Projenin bu aşamasındaki adımlar jeotermal saha hakkında var olan bilgileri değerlendirmek ve varsa eksik olan bilgilerin oluşturulması için inceleme yapmaktır. Sadece, pek çok uygulamada görüldüğü gibi, jeotermal suyun doğal çıkışındaki karakteristikleri (sıcaklık, debi, kimyasal içerik) göz önüne alınarak yapılan ön ekonomik ve teknik fizibilite çalışmalarına dayanarak, bölge ısıtma sistemlerinin projelendirilmesi mümkün değildir. Bu çalışmalar projelerin büyüklüğü hakkında çok genel ve güvenilirliği çok düşük bilgiler verebilir ve muhtelif senaryolar yaratılabilir. Bu senaryoların denetlenmesi rezervuar hakkında yüzeysel karakteristiklerin ötesinde yapılacak çok yoğun jeolojik, jeofizik, jeokimyasal ve hidrojeolojik çalışmalardan sonra elde edilecek bilgilerle yapılacak rezervuar değerlendirmesiyle mümkün olabilir. Bu nedenle önce jeotermal saha hakkında mevcut veriler değerlendirilir. Ülkemizdeki pek çok saha MTA ve Üniversitelerdeki araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Ancak toplanacak veriler yeterli olmayabilir. Bu yüzden jeotermal sahanın jeotermal enerjinin kullanımına yönelik karakteristikleri, jeolojik, jeofizik, jeokimyasal ve hidrojeolojik yüzey ve derin arama çalışmalarıyla belirlenmelidir.

Adım 14-15. Teknik ve Ekonomik Ön fizibilite.

Bu çalışmaların tamamlanmasından sonra aşağıdaki girdiler göz önüne alınarak bir teknik ve ekonomik ön fizibilite yapılır:

- Jeotermal sahanın belirlenen karakteristikleri.
- Bölge ısıtma sistemine dahil olacak bölgenin global olarak hesaplanmış yükleri.
- Bölge ısıtma sistemi uygulanacak bölgenin sosyo-ekonomik koşulları.
- Jeotermal saha ile bölge arasındaki uzaklık.
- Kamulaştırma maliyetleri.
- Proje finans maliyetleri
- Alternatif enerji maliyetleri.

Yapılacak bu ön fizibilite çalışmasından sonra ortaya çıkan sonuç, projenin teknik olarak ve/veya maliyet açısından uygun olmadığını gösterebilir. Bu durumda proje terk edilir. Uygun olduğu takdirde rezervuar değerlendirme çalışması yapılır.

Adım 16. Rezervuarın değerlendirilmesi

Önceki adımlarda yapılan jeolojik, jeofizik, jeokimya ve hidrojeolojik tekniklerle yapılan yüzey ve derin araştırma çalışmalarından sonra, jeotermal sahanın büyüklüğünün ve potansiyelinin belirlenmesi için, günümüzün bilinen bilgi ve teknikleri kullanılarak rezervuar değerlendirilmesinin yapılması gerekir. Rezervuar değerlendirilmesi için gerekli jeolojik, jeofizik, jeokimyasal ve hidrojeolojik çalışmalar ve rezervuar değerlendirmesi çalışmaları, jeotermal projelere, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli maliyetler getirmektedir. Ancak özellikle bölgesel ısıtma sistemleri gibi büyük projelerde bu maliyetler toplam maliyetin yanında çok küçük bir parçayı oluşturmaktadır. Buna rağmen çeşitli nedenlerle(örneğin, proje maliyetin küçük gösterilmesi) bu çalışmalar yapılmamakta ve bazen çok ciddi sonuçlar ortaya çıkmaktadır: Van'ın Erciş ilçesinde rezervuar çalışmaları yapılmadan, 10.000 konutluk bölgesel ısıtma sisteminin dağıtım şebekesinin boruları satın alınmış ve dağıtım için gerekli enerjiyi sağlayacak jeotermal akışkan debisine ulaşılamamıştır ve proje terkedilmiştir.

Adım 17. Yük Analizi

Öngörülen rezervuar potansiyelinin belirlediği büyüklükte bir sistem tasarım yükünün belirlenmesi gerekir. Bu yük, bölgesel ısıtma sistemine dahil edilecek olan yerleşim merkezindeki binaların tasarım ısı yüklerinin toplamıdır. Sistem tasarım ısı yükünün hesabı için bir örnek EK 1'de verilmiştir.

Adım 18-19. Teknik ve Ekonomik Fizibilite

Bu adımda rezervuar potansiyeli büyük bir olasılıkla belirlenmiş demektir. Jeotermal saha potansiyele dayanarak ve kullanım alanının enerji tüketim potansiyeli (Isıl yükü) belirlenerek, proje karakteristikleri (kuyu sayısı, üretim ve dağıtım şebeke büyüklükleri, yardımcı ekipmanlar,..) belirlenir (avan proje). Bu karakteristiklere dayanarak daha detaylı teknik ve ekonomik analizler ve fizibilite çalışması yapılır. Eğer sonuçlar uygun çıkmıyorsa proje terk edilir.

Adım 20-23. Çevre Etkileşimi, Re –enjeksiyon.

Jeotermal enerji projelerinin, özellikle elektrik üretimi uygulamalarında, Ülkemizde hemen hemen hiç üzerinde durulmayan yanı, çevreye olan etkileridir. Herhangi bir bölgedeki jeotermal projelere karşı toplumun davranışının proje ömrü(project life - cycle) ile birlikte olumludan olumsuzu doğru gittiği belirtilmektedir¹ Başlangıçta temiz, ucuz, dost,yeşil, sürdürülebilir bulunan jeotermal projelerin hayata geçirilmesi için büyük destek vardı. Ancak kuyu delme ve sistemin fiziksel olarak inşasına geçilme sürecinde bu olumlu tavır olumsuzu dönüşmektedir. Bunun sebepleri de projenin,

- ekosistem,
- insan sağlığı(su kirlenmesi, gürültü, gaz emisyonu)
- ekonomi (tarıma zarar, özel mülkiyete zarar, turizme zarar)
- görüntü

üzerine negatif etkilerinden kaynaklanmaktadır. Bu etkiler sistem büyüklüğüne bağlı olmakla birlikte, elektrik üretiminde daha fazla olmaktadır¹. İtirazlar bazen projenin pahalı olduğunu da içermektedir.

Jeotermal akışkanlar ve birlikte gelen gazların her zaman masum akışkanlar olduğunu söylemek mümkün değildir. Gerek taşıdıkları kimyasallar gerek atık olarak dahi sahip oldukları yüksek sıcaklık nedeniyle çevre için olumsuzluklar yaratabilirler. Bu nedenle projenin çevresel etkileri, kullanılan jeotermal suyun re-enjekte edilip edilmeyeceği üzerinde çok iyi durulması gereken noktalardır. Çevre etkilerinin azaltılması için öngörülen yöntemler, teknik ve ekonomik fizibilitenin tekrar gözden geçirilmesini gerektirebilir.

Kullanılan jeotermal akışkanın re-enjeksiyonuna karar verilmişse, re-enjeksiyon kuyuları açılmalıdır.

Adım 24-26. Kuyuların Delinmesi ve Testler.

Yapılan ön çalışmaların ışığında, izinleri alındıktan sonra, üretim ve re-enjeksiyon kuyuların delinmesi ve test edilmesi adımına geçilir. Kuyu testleriyle belirlenen karakteristiklere göre (sıcaklık, debi kimyasal yapı) projenin teknik ve ekonomik fizibilitesi tekrar gözden geçirilir. Öngörülenlerden (kuyu sıcaklıkları, debileri, sayıları, kimyasal yapı) farklılıklar teknik ve ekonomik fizibiliteyi tekrarlamayı gerektirebilir. Bunun sonucunda projenin küçültülmesine veya büyütülmesine de gidilebilir, yeni kuyular delmek gerekebilir.

Adım 27. Sistem Tasarımı ve Projesi.

Kesinleşen rezervuar karakteristiklerine ve sistem büyüklüklerine göre, jeotermal bölge ısıtma sisteminin genel olarak jeotermal akışkan çıkarma, iletim, ısı transfer merkezleri, ısı dağıtım ve toplama, otomatik kontrol ve güvenlik sistemleri olarak sayılabilecek bileşenlerini içeren uygulama projeleri yapılır. Sistemin ve bileşenlerinin tasarımını içeren projelerde, jeotermal akışkanın fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkacak korozyon ve çökelme problemlerinin çözümleri olan sistemlerin tasarımını da içermelidir. Projelerin, ülkemizdeki aksine, mümkün olduğunca yapımcı firmalar dışındaki firmalar tarafından yapılması ve inşasının bu proje grubu tarafından kontrol edilmesi sağlanmalıdır. Böylelikle oluşan kontrol çevrimi, projelendirilmeden veya yapımdan doğan hataları en aza indirecektir.

Adım 28-30. Yapım

Yapılan projeye göre sistemin kurulması serbest rekabet koşulları altında ihale edilir ve kontrol grubunun gözetiminde yapım gerçekleştirilir. Bu aşamada projedeki değişiklikler tasarımcının oluru ile gerçekleştirilmeli ve sistemin yapıldığı gibi (as-built) projelerinin müteahhit tarafından yapılması ve teslim edilmesi sağlanmalıdır.

Bu projelerin yanında, sistemin işletme ve bakım dokümanları oluşturulmalıdır. Bu dokümanlar test ve kabul işlemleri esnasında gözden geçirilmeli, eksiklikler varsa giderilmelidir.

Adım 31. Binalarda Isıtma Sistemlerinin Yapılması veya Modifikasyonu

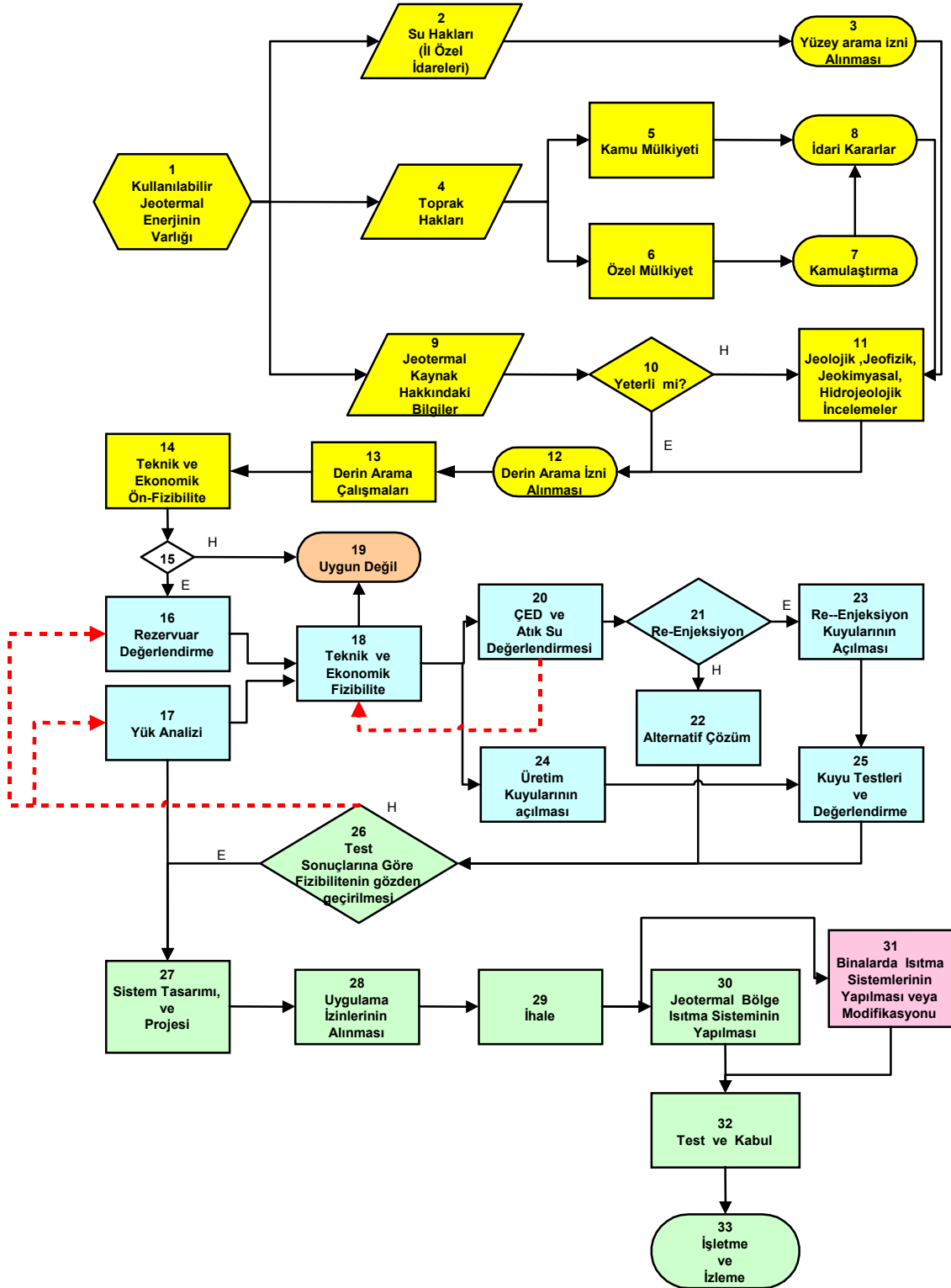
Jeotermal enerji bölge ısıtma sisteminin alt yapısı inşa edilirken bir yandan da bu sistem içinde yer alan binaların jeotermal enerji transfer sistemlerinin ve ısıtma tesisatlarının yapılması veya modifikasyonu gerekir. Modifikasyon, binada merkezi ısıtma sisteminin bulunup da ısıtıcı akışkan sıcaklığının jeotermal enerji sistemiyle uyumlu olmadığı hallerde gereklidir. Mahal ısıtıcılarının (radyatörler vs) seçimi bilindiği gibi ortalama su sıcaklığına göre yapılmakta ve genellikle seçimler 90/70 sıcaklık rejimine göre olmaktadır. Jeotermal enerji ile aynı rejimin elde edilmesi mümkün olmayabilir. Bu durumda mahal ısıtıcılarının yeterli olup olmadıkları kontrol edilmeli, gerektiğinde mahal ısıtıcılarının yüzeyleri azaltılmalıdır.

Adım 32. Test ve Kabul

Yapılan sistemin testi ve kabulü, proje ve müteahhit grupların dışında bir grup tarafından projeye uygunluğu, öngörülen performansı sağlayıp sağlamadığı yönleriyle ve tüm bileşenleri itibarıyla test ve kontrol edilmelidir. Test ve kabul işlemleri sistem tasarımı ve projelendirilmesi aşamasında belirlenmeli, ihalede müteahhide bildirilmelidir.

Adım 33. İşletme ve İzleme

Test ve kabulü yapılmış bulunan sistem, projelendirme ve yapım süreçleri esnasında yetiştirilmiş kilit personeli de içeren bir grup tarafından işletilmeye başlanmalıdır. Jeotermal sahalar dinamik sistemlerdir. Bir başka deyişle, karakteristikleri zamanla değişebilir. Bu yüzden bundan sonraki bölümde verilen yöntemlerle sürekli olarak izlenmesi gereken sistemlerdir. İzleme, bakım gibi, işletmenin integral bir parçasıdır. Sürekli olarak sahadan veriler alınmalı ve değerlendirilmelidir.



Şekil 8. Jeotermal Proje Geliştirme Akım Şeması

5. JEOTERMAL PROJE AKIM ŞEMASI – TEKNİK

Şekil 8’de verilen ve yukarıda açıklanan genel akım şeması görünüm itibariyle Jeotermal gelişme projelerinin yoğun bir işlemler dizisini içeriyor olduğunu belirtse de, bu akım şemasında yer alan her bir adımın ayrıca kompleks ve yoğun işlemler gerektirdiği de bilinmelidir. Bu anlamda örneklemek üzere aşağıda yüzey arama çalışmaları ve bölge ısıtma sistemi sistem tasarımı ile ilgili işlemler aşağıda, yine genele hatlarıyla, açıklanmıştır.

a. Yüzey Arama Çalışmaları

Genel akım şeması içinde (Şekil 8) 11 ve 13 nolu adımlarda genel olarak tanımlanan yüzey arama çalışmalarının, projenin rezervuar mühendisliği açısından teknik akım şemasını örneklemek amacıyla Şekil 9’da gösterilmiş ve bu adımlar aşağıda açıklanmıştır.

Adım 1. Literatür Çalışması

O saha hakkında Üniversitelerde, MTA, DSİ ve TPAO gibi devlet kurumlarınca yapılmış jeolojik ve diğer ilgili çalışmalar toplanır. Bu veriler üzerinde çalışılarak bir ön kavramsal model oluşturulabilir.

Adım 2. Jeolojik Harita Çalışması

Sahanın 1/25000 ve eğer gerekli görülürse, detay 1/5000 ölçekli jeolojik haritaları hazırlanır. Bu haritalarda ısı kaynağı, örtü ve hazne kayacı olabilecek formasyonlar dikkatle yerleştirilir. Yüzeydeki jeotermal aktiviteler ve hidrotermal alterasyon zonlarının dağılımı haritada gösterilir. Bunun dışında faylar çatlaklar ve yönelimleri işaretlenir. Ayrıca, uydudan alınan kızıl ötesi fotoğraflar ısıl anomalinin yerinin belirlenmesinde kullanılır.

Adım 3. Yüzey Aktivitelerinin İncelenmesi

Yüzeydeki ısıl aktivitelerin kaplıca suları, difüzyon ve konduktif çıkışları ölçülerek sistemin dışa boşalımının hesaplanmasında ve anomalinin büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılır.

Adım 4. Petrolojik Çalışmalar

Isıl anomaliyle ilgili formasyonların petrolojik incelenmesi, potansiyel rezervuar ve örtü kayalarının tanımlanması ve büyüklüklerinin belirlenmesini sağlaması yanında, akışkan karakteristiklerinin tanımlanmasında rol oynar. Petrolojik incelemeler alterasyon mineralojisi ve geçmişteki sıcaklıklar yanında izotopik çalışmalarla kayaların ve dolayısıyla jeotermal sistemin yaşı belirlenir.

Adım 5. Yapısal Çalışmalar

Çatlak ve fayların yönlenmesi, boyutları ve frekansı hakkındaki bilgiler, herhangi bir tip jeotermal rezervuarın değerlendirilmesinde ve aramada önemli rol oynar. Suyun hakim olduğu hidrotermal sistemlerde çatlak kontrollü geçirgenlik, diğer bir deyişle, ikincil geçirgenlik üretimi de kontrol ettiği için önemlidir. Hava veya uydu fotoğraflarından çatlak yönlenmesi ve frekansı hakkında önemli bilgiler edinilir.

Adım 6. Jeokimyasal Çalışmalar

Jeotermometrelerle rezervuar sıcaklığının tahmin edilmesi yanında, radon helyum ve civa gibi “trace” elementlerle jeotermal rezervuarın yarattığı anomalinin büyüklüğü belirlenir. İzotop çalışmalarıyla beslenme yeri ve mola süresi hakkında bilgi toplanır.

Adım 7. Hidrojeolojik Çalışmalar

Hidrolojik çalışmalar akışkanların kaynağını, beslenme alanını, filtrasyon miktarını ve akiferin lokasyon, derinlik basınç, sıcaklık ve bileşimini belirlemek için gerçekleştirilir. Bu amaçları gerçekleştirmek için izotopik yöntemler, topoğrafya ve piyezometrik su seviyelerinden faydalanılır. Hidrojeolojik bilanço yapılarak beslenme potansiyeli tahmin edilebilir.

Adım 8. Doğal Alan Yöntemleri

Bu çalışmalardan gravite jeolojik yapıları ve bu arada ısı kaynağını belirlemek için kullanılır. Havadan ve yerden yapılan manyetik çalışmalar da bölgesel yapısal analizler ve volkanik formasyonların olduğu yerlerde jeotermal anomalinin boyutunun belirlenmesinde kullanılır. SP yüksek jeotermal gradyanları, akışkan hareketlerini ve yapısal durumu belirleme amacıyla uygulanır.

Adım 9. Elektrik Yöntemler

Jeotermal aramada elektrik rezistivitesinin yatay ve düşey değişimlerini değerlendiren “Schlumberger sounding”, bipole-dipole ve dipole-dipole yöntemleri kullanılır. Bu yöntemlerle jeotermal anomalinin büyüklüğü derinliği ve yapısal durum hakkında önemli bilgiler edinilir.

Adım 10. Manyeto-Tellürik Yöntemler

Tellürik yöntemler yatay yöndeki rezistivite değişimlerine hassas oldukları ve manyetotellürik yöntemler de derin araştırma yapmak için, jeotermal sahalarda uygulanırlar. CSAMT de kaynak kontrollu bir sistem olup, derin araştırmalarda kullanılır.

Adım 11. Isı Akısı Çalışmaları

Sığ sondajlarda sıcaklık ölçümü yapılarak gerçekleştirilen bu çalışmada jeotermal anomalinin boyutları belirlenir.

Adım 12. Sismik Çalışmalar

Aktif ve pasif sismik yöntemleri kullanılabilir. Aktif sismik arama metodlarından olan kırılma ve yansıma yöntemleri kullanılarak yeraltındaki katmanların yapısal durumu hakkında bilgi edinilir. Pasif yöntemlerden “mikrosismi” ise aktif fayların belirlenerek onların civarındaki geçirgen zonlara sondajla ulaşma olanağı sağlar.

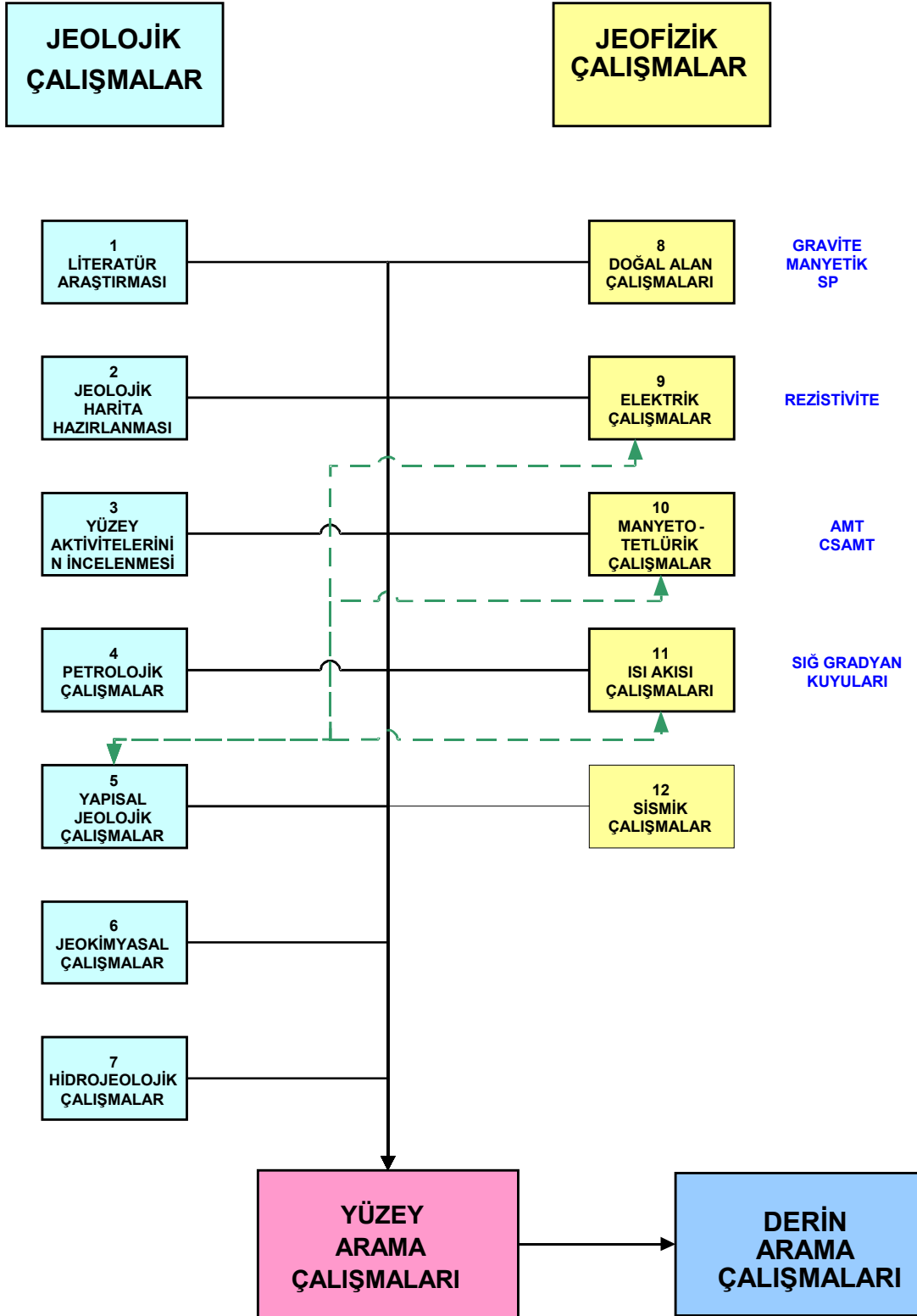
b. Bölge Isıtma Sistemi –Sistem Tasarımı

Bu bölümde tesisat mühendisliği açısından sistem tasarımı çalışmalarına ait proje adımları, İzmir İli jeotermal enerji yönetmeliği taslağında yer aldığı şekilde aşağıda verilmiştir. Sistem tasarımının ve tasarımın diğer adımları yönetmeliğin içindeki esaslara ve bölge ısıtma sistemleri bilimi ve tekniğine göre oluşturulmalıdır. Aşağıdaki tablo bir jeotermal bölge ısıtma sisteminin inşasına başlamadan önce oluşturulması gereken doküman ve projeler ile yapılması öngörülen çalışmaları içermektedir.

No	İstenilen Dokümanlar	Açıklama ve Hazırlanma Esasları
1	Genel durum planı ve ilgili dokümanlar	Bölgede mevcut jeotermal enerji sistemlerine ilişkin, elektrik, santral binası, hava hattı ve trafo durumu ile öngörülen çözümleri gösteren 1/25.000 ölçekli genel durum planı ve krokileri, varolan harita, imar planı durumu, mahalleler hakkında belge, plan, krokiler.
2	Kuyu bilgileri	“Formasyon Değerlendirmesi ” ve “Üretim Ölçümleri “ eklerinden elde edilen jeotermal su kaynaklarına ait debi ölçümleri, kuyu testleri ve pompa deneylerine ait tutanaklar, kroki, kuyu logları, deney sonuçları ve grafikleri, değerlendirme raporları.
3	Jeotermal akışkanın fiziksel ve kimyasal özellikleri	Buldukları ortam içinde (kayaçlar ve sıcaklık) eriştikleri kimyasal denge dolayısıyla çeşitli mineraller taşıyan jeotermal akışkan, enerji dönüşüm sistemi içinde kullanılacak malzeme cinsleri yanında, kaynak ve yere özgü olan dönüşüm sisteminin tipini de belirleyecektir. Silika, oksijen, klorürler, kalsiyum, magnezyum, CO ₂ ve H ₂ S yukarıdaki malzeme ve sistem tipi seçimini etkileyecek kimyasal bileşenler olup, birinci derecede dikkate alınacaklardır.

4	Nüfus Yoğunluğu	Isıtılacak bölgenin nüfus sayısı ve yoğunluğu belirlenecektir. Nüfusun 25 yıllık (5 yıllık aralıklarla) gelişim eğilimi tespit edilecektir. Isıtma sisteminin tasarımı şimdiki nüfusa göre ve gelecekteki nüfus projeksiyonları dikkate alınarak yapılacaktır
5	Kamulaştırma, kullanım izni belgeleri	Jeotermal sistemle ilgili, jeotermal ve temiz suyun ve yapılaşma yerlerinin kamulaştırma veya kullanım belgeleri.
6	İklim Bilgileri	Sistemin kurulacağı bölgenin enerji kullanım periyodundaki (yaz, kış veya her ikisi) 24 saatlik dış sıcaklık değerleri. İklim: Konut ısıtma ve soğutması yüklerini belirlemek için yörenin geçmişteki gün boyunca ve mevsimsel olarak değişen iklim koşulları ilgili veriler toplanacaktır. Konut ısıtma ve soğutması gereksinimleri, tasarlanan oda sıcaklığı ve dışarıdaki hava sıcaklığı arasındaki farkla ve maksimum yük talebi ile de doğru orantılı olacaktır. Yörenin derece-gün değerleri belirlenecek ve yük zaman grafiği çizilecektir. Yıllık yük faktörü (yıl boyunca ortalama yükün maksimum yüke oranı) belirlenecektir. Yılın en soğuk gününün de ısıtma yapabilen ve yıl boyunca düşük bir yük faktörüyle çalışan sisteme karşın, yıllık minimum sıcaklığın üzerindeki bir sıcaklıkta ısıtma yapabilen ve de yüksek bir yük faktörü ile çalışan sistemin ekonomik açıdan karşılaştırılması yapılacaktır. Ekonomi ile orantılı olarak, en soğuk zaman aralığında oda sıcaklığının tasarlananın ne kadar altına düşebileceğini belirleyen bir kriter belirlenecektir. En düşük dış hava sıcaklığının 5-10°C üzerindeki bir sıcaklık tasarım değeri olarak seçilebilir.
7	Zamana göre öngörülen ısı satış-sistem gelişme profili	Yerleşim yerinin gelecekteki nüfus artışına bağlı olarak abone sayılarının artışı 5 (beş) yıllık aralıklarla tesbit edilerek ve uygulanacak proje kapasitesi beldenin 25 yıl sonrası için gereksinim duyacağı enerji miktarına göre belirlenecektir. Eğer "Rezervuar Değerlendirmesi Yönetmeliği"nde belirlenen yararlanılacak jeotermal enerji kaynağında 25 yıl sonrasındaki gereksinime yanıt verebilecek kapasite yoksa, sıcak su kaynak potansiyelinin hangi yıla kadar veya kaç aboneye hizmet verebileceği hesaplanacaktır.
8	Isı yükünün sezon içinde zamana göre değişimi	Uygulama başlangıcında mevcut kullanıcı durumuna ve gelişme profiline göre ayrı ayrı olmak üzere: Isı yükünün zamana bağlı değişimi Isı yükünün sezonluk ve haftalık ortalama yükleri Tepe ısı yükü
10	Tepe ısı yüküne göre hesaplanmış ısı yükü alan yoğunluğu	MW/ha ölçüsünde toplam değer ve şehir planı üzerinde dağılım.
11	Sistem tasarım yükü	Sistem büyüklerini belirleyen toplam yük.
12	Tasarım yük faktörü	Yük faktörü ortalama yükün sistem tasarım kapasitesine oranıdır Jeotermal sistemlerde önemli olan işletme masrafı değil, ilk yatırım masrafı olduğu için, yük faktörü sistemin uygulanabilirliği belirleyecektir. Jeotermal sistemin kullanım ekonomisini iyileştirmek için, yatırımın çalışma zamanı oranını yansıtan yük faktörü büyütülmeye çalışılacaktır. Yük faktörünü arttırmak için ya yük faktörünün doğal olarak büyük olduğu uygulamaları seçilecek, ya da tepe yük için başka alternatiflerin kullanılmasıyla, jeotermal sistemin tasarım kapasitesi küçültülecektir.

13	Tepe yükün nasıl karşılanacağı	Tepe yük için ek konvansiyonel bir sistem veya depolama öneriliyorsa, tepe yükün paylaşım oranı, konvansiyonel sistem temel karakteristikleri, depolama sistemi tasarımı verilecektir.
14	Sistemin ekonomik ve teknik olarak çalışabilmesi için gerekli minimum ısı yükü.	İşletme masraflarının karşılanması açısından minimum ısı yükü belirlenecektir. Ayrıca, ısıtma sezonu dışındaki aylarda kullanım sıcak suyu için oluşacak düşük yükün karşılanmasında, sistemin işletme masraflarını düşürmek üzere gerekli tedbirler alınacaktır.
15	Çalışan akışkan debileri	A Üretim kuyu sayıları, lokasyonları, statik ve dinamik seviyeleri, debileri, sıcaklıkları (Jeotermal Enerji Yönetmeliği EK E, F ve G'ye göre hazırlanacaktır.)
		B Re-enjeksiyon kuyu sayıları, lokasyonları, statik, debileri, tekrar basma sıcaklıkları (Jeotermal Enerji Yönetmeliği EK H'ye göre hazırlanacaktır.)
		C Tepe yüke göre jeotermal akışkan devresi debileri ve sıcaklıkları (Jeotermal Enerji Yönetmeliği EK G ve H'ye göre hazırlanacaktır.)
		D Tepe yüke göre sekonder devre –sıcak su devresi-debileri ve sıcaklıkları.
		E İletim, dağıtım, transfer merkezlerindeki su kayıpları debisi.
16	Çalışma sıcaklıkları seçim kriterleri ve hesapları	A Isı değiştirgeçleri çalışma sıcaklıkları.
		B Şebeke kayıpları ve sıcaklık düşümleri.
17	Sistem ısıtma tasarımı	Akışkan hatlarının ve ısı merkezlerinin ısıtma ve hidrolik tasarımı, enerji diyagramları
18	Isı tüketicileri ile yapılmış anlaşmalar	Sistem başlangıç yükünü oluşturan enerji tüketicileri(konutlar vs,) ile yapılmış ön anlaşmaların özeti.
19	Uygulama projesi	Aşağıda belirtilen dokümanlar hazırlanırken sistem gelişme profiline göre, kurulan sistemin gelecekteki yükü karşılamak üzere alınan tedbirler belirtilecektir.
		A Topografik çalışmalar: Topografik çalışmalar çerçevesinde genel durum planı hazırlanacak, yapım yerlerinin harita ve kesitleri çıkarılacak, toplama boruları, isale hattı, dağıtım ana boru hattı ve geri dönüşüm hattı güzergah haritaları yapılacak, şebeke haritaları yanında servis yolu projeleri haritaları hazırlanacaktır
		B Tesisat projesi
20		C Otomatik kontrol projesi
21	Maliyetler	Uygulama ve işletme tahmini maliyetlerinin
22	Fizibilite çalışması	Fizibilite raporu, ekonomik hesapların yanında aşağıdaki bilgileri de içermelidir: <ul style="list-style-type: none"> a. İdari, Coğrafi, Tarihi Durum. b. Sosyoekonomik ve Kültürel Durum. c. Mevcut elektrik enerji Tesislerinin Durumu. d. Varolan Jeotermal Enerji Tesislerinin Durumu. e. İmar Planı Durumları.
23	Proje uygulama termin planı	Uygulamanın zamana bağlı aşamalarını gösteren diyagram.
24	Uygulama için yasal izinler	Uygulamanın yapılabilmesi için kamu kurum ve kuruluşlarından, yerel yönetimlerden ve özel kişilerden, (işgal, arazi kullanımı, geçiş hakkı vs için) alınması gereken izinler.



Şekil 9. Yüzeysel arama çalışmaları akım şeması

SONUÇ

Çok zengin olan jeotermal enerji kaynaklarımız, konvansiyonel enerji kaynakların mevcut azalım eğilimi ve giderek ekonomik anlamda kullanılamaz bir duruma gelmeleri nedeniyle, pek çok alanda toplumumuzun enerji-ısı gereksinimi için güçlü bir alternatif olmaktadır. Ancak jeotermal kaynakların karmaşık doğası, uygulamaların çok disiplinli ve çok karar merkezli olması, jeotermal akışkanların kullanımının çevre etkileşimi olması, pahalı yatırımlar olması nedenleriyle, jeotermal gelişme projelerinin, ciddi bir proje yönetimi ile günümüz bilim ve teknolojisinin kullanılarak gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Aksi halde:

- sürdürülebilir ve pratik anlamda yenilenebilir özelliklerde uzak
- aşırı yatırım ve işletme maliyetleri ile
- yoğun işletme sorunlarının ve
- çevre kirliliğinin

söz konusu olduğu uygulamalarla toplum karşı karşıya kalır. Jeotermal kaynaklarımız ekonomik ve politik çıkar kaygılarından uzak, ülke ve toplum yararının ön planda tutulduğu projelerle toplumumuzun hizmetine sunulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] CATALDİ, R. "Social Acceptance of Geothermal Projects: Problems and Costs". Text Book, European Summer School on Geothermal Energy Applications, April 26-May 5, 2001.
- [2] SERPEN, U., TOKSOY, M. "Jeotermal Enerji Isıtma Sistemlerinin Genel Tasarım Esasları". Termodinamik, Sayı 101, 2001.
- [3] TOKSOY, M., SERPEN, U. "Institutional, Technical and Economic Problems in Direct Use Geothermal Applications in Turkey", GRC Meeting, 2001.
- [4] BURATI, J.L. MATTHEWS, M.F., KALINDINDI, S.N., 'Quality Management Organizations and Techniques', Journal of Construction Engineering and Management, Vol.118, No.1, 112-118, 1992.
- [5] JOINER, B.L., 'Fourth Generation Management', McGraw-Hill, Inc. New York, NY., 1996.
- [6] GUNAYDIN, M. 'Mimarlık Mesleğinde Proje Yönetimi', Egemimarlık, Vol.4, No:36, 5-6, 2000.
- [7] PMBoK, 'Project Management Body of Knowledge', Project Management Institute Standards Committee, Upper Darby, PA., 1996.

ÖZGEÇMİŞLER

Macit TOKSOY

1949'da doğdu. Dönem(1972) arkadaşları onun adına da bitirdikleri fakülte'deki (İTÜ, Makina) bir sınıfın donatılmasına katkıda bulundular. 1972 senesinde Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde asistanlığa başladı. Türkiye'de üniversitelerde doktora yapan asistanların deneyimlerini o da paylaştı: Bir taraftan ders verirken, bir taraftan ders aldı, tez çalışması yaptı, laboratuvar kurmaya çalıştı, sınavlara gözcü olarak girdi, yaz aylarında boş kalmasını diye atölye stajı yaptırdı. Tezini IBM 1130 ve Fortran II ile başladığı sayısal çözümlerini, IBM 360 ve Fortran IV ile bitirdi. 1976 yılında doktor mühendis ünvanını aldı. 1978-1981 senelerinde North Carolina Eyalet Üniversitesinde misafir asistan profesör olarak çalıştı. Orada "Bilim Adamı" Prof.Dr. Necati Özışık ile çalışmanın mutluluğunu tattı. Işıkları hiç sönmeyen gerçek bilim ve üniversite dünyasını tanıdı. Yer fıstığı kuruttu, ısı pompasına enerji deposu uyguladı, bir kürenin içindeki ergimeyi günlerce izledi. 1982 yılında çalıştığı bölümün sadece tabelasının değişmesi ile bir başka üniversitede, Dokuz Eylül Üniversitesi'nde, akademik hayatına devam etti: Mısır kuruttu, sıvıların katılaşmasına merakı sürdü. Bölümünün öğrencileri neden

bu kadar başarısız oluyor diye merak etti. Onların da tanımlanmış bir eğitimleri olsun diye çaba sarfetti, çabaları yazdıklarında, söylediklerinde kaldı. 1985 yılında doçent, 1990 senesinde profesör oldu. Kuralcı, bazan aşırı titiz olduğunu biliyordu: Ama öğrencilerini her zaman çok sevdi. Önce öğrencisi, sonra arkadaşı ve dostu olan Prof.Dr. Zafer İlken'le çalışmaktan, birlikte üretmekten büyük keyif aldı. 1981 senesinde kimse kabul etmediği için (bunun o zaman bilmiyordu) Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Başkanlığına seçildi. İki yıl tüm oda çalışanları ve yönetim kurulu üyeleriyle birlikte gece-gündüz çok özel ve kendine göre üretken bir arkadaşlığı ve dostluğu paylaştı. Türk Tesisat Mühendisleri Derneği'nin üyesi oldu, Sevgili Celal Okutan Ağabey ve sevgili Numan Şahin ile birlikte çalıştı. Sevgili Serdar Gürel'in Başkan Yardımcılığını yaptı. Makina Mühendisleri Odası'nda, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği'nde, hiçbir karşılık beklemezsiniz, ülkemizdeki makina ve tesisat mühendisliğinin daha çağdaş bilgi ve teknolojiye ulaşabilmesi için kendi özel işlerini bir kenara koyarak sınırsız katkı koyan başkanları, yönetim kurulu üyelerini ve üyeleri tanıma fırsatı buldu. Dokuz Eylül Üniversitesi'nde Fen Bilimleri Enstitüsü ve Meslek Yüksekokulu Müdürlüğünü yaptı. Meslek Yüksekokulunda haftada 35 saat ders vermek zorunda kalan çok özel insanlar olan öğretim üyeleri ve öğretim görevlilerini tanıdı. Dokuz Eylül Üniversitesi'nde sevgi dolu bir Rektörü, Prof.Dr.Fethi İdman'ı tanıdı. Şimdi bir başka üniversitede, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsünde, ışıkları sönmeyecek bir üniversitenin gelişimine katkı koymaya çalışıyor.

Murat GÜNAYDIN

Dr.H.Murat Günaydın, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. 1991 YTÜ Mimarlık Bölümü mezunu olan Dr.Günaydın. İTÜ de yüksek lisans çalışmalarına başlamış, 1993 yılında Devlet bursu ile ABD'ye gönderilmiş, 1999'da yüksek lisans ve doktora çalışmalarını ABD'de IIT, Şikago'da İnşaat Mühendisliği Bölümünde, yapım mühendisliği ve yönetimi dalında tamamlamıştır. Dr.Günaydın, toplam kalite yönetimi, proje yönetimi ve enformasyon teknolojileri konularında araştırmalar yapmakta, ders vermektedir. Dr.Günaydın çeşitli ulusal ve uluslararası dergilerde yayınlar yapmış, kitap bölümleri yazmıştır. Dr.Günaydın halen İYTE'de Rektör Danışmanı ve Proje Yönetim Merkezi Müdürü olarak görev yapmaktadır.

Umran SERPEN

1945 yılı İzmir doğumludur. 1967 yılında İTÜ Petrol Müh. Böl.'den mezun olduktan sonra 1974 yılına kadar TPAO ve MTA'da petrol ve jeotermal sahalarda çalışmıştır. 1974 yılından 1987 yılına kadar ELECTROCONSULT adlı bir İtalyan mühendislik ve danışmanlık şirketinde El Salvador, Guatemala, Meksika, Nikaragua, Kosta Rika, Arjantin, Şili, Etiyopya, Kenya, Filipinler, Rusya ve İtalya gibi ülkelerin çeşitli jeotermal projelerin çeşitli aşamalarında danışmanlık yapmıştır. 1987 yılından itibaren İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Müh. Böl.'de Öğr. Gör. Dr. olarak çalışmaktadır.

EK : BALÇOVA JEOTERMAL BÖLGE ISITMA SİSTEMİNDE ORTALAMA ISI YÜKÜ

Macit TOKSOY
Cihan ÇANAKÇI

ÖZET

Bu çalışmada Balçova Jeotermal ısıtma sisteminde yer alan binaların birim alan başına ortalama tepe yükü, ısıtma sistemi projesi mevcut 40 binanın tasarım ısı yükleri kullanılarak hesaplanmış ve ısı yüklerinin değişik parametrelere göre değişimi incelenmiştir. Göz önüne alınan 40 binaya ait verilerden 22 °C tasarım sıcaklık farkı için ağırlıklı ortalama birim alan ısı yükü 54.9 kcal/m²h, ağırlıklı ortalama birim hacim ısı yükü ise 18.3 kcal/m³h olarak hesaplanmıştır.

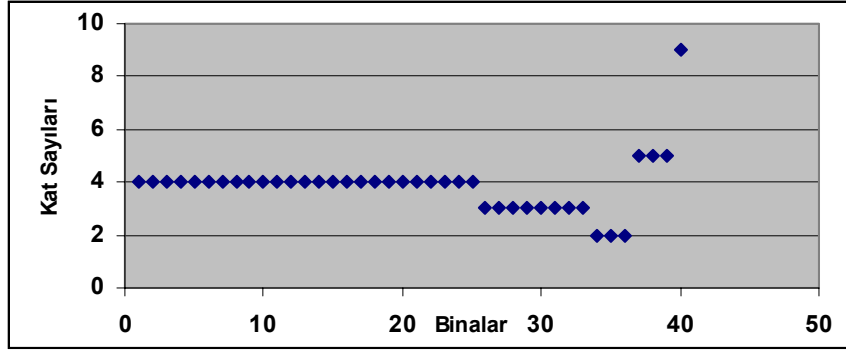
GİRİŞ

Jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinin tasarımında ve yıllık enerji yüklerinin hesaplanmasında ana verilerden biri yapıların tasarım dış sıcaklığındaki tepe(pik) yüküdür. Tepe yükü tahmininin en doğru yolu binaların ısı kayıplarının tüketilen enerji miktarından veya ısı kaybı projesi ile hesaplanmasıdır. Ancak bu tür projelerin başlangıcında sistem içinde yer alacak yüzlerce binanın ısı kaybı hesaplarının yapılması pratik olarak mümkün değildir. Özellikle jeotermal proje başlangıcında teknik ve ekonomik fizibilite çalışmaları için, tepe ısı yükünün ve ısıtma sezonu içinde ısı yükünün değişiminin bilinmesine gerek vardır. Tepe yükü tahmin edildikten sonra, aylık yük faktörlerine göre veya saatlik iklim verileri biliniyorsa doğrudan, ısı yükünün zamanla değişimi ve yıllık toplam enerji yükü tahmin edilebilir. Tepe yükünün tahmin edilebilmesi için kullanılacak yöntemlerden biri, ısı yükleri bilinen-hesaplanmış binaların ısı yükü değerlerinden ortalama yükün hesaplanarak, istemde yer alan tüm binaların toplam ısı yükünün bu ortalama değer ile hesaplanmasıdır.

Bu çalışmada, Balçova Jeotermal Isıtma Sistemindeki yapıların ortalama ısı yükünü tahmin edebilmek için, ısıtma sistemleri projelendirilerek yapılmış 40 adet binanın verileri göz önüne alınmıştır. Bilindiği kadarıyla Balçova'da binalar jeotermal ısıtma sistemine bağlanırken kullanılan tepe ısı yükü kabulü, 100 metrekare bir konut için 5320 kcal/saat değerindedir. Binalar sisteme bağlanırken, ısı kaybı hesaplarının yapılması zorunlu kılınmamış, sistem tasarımı bu değer baz alınarak yapılmıştır. Daha sonra ısı kaybı hesaplarının yapılması bir zorunluluk olarak getirilmişse de çok az sayıda bina için ısı kaybı hesabı yapılmıştır. Göz önüne alınan bu 40 bina, ısı kaybı projesi yapılan binalardır.

Bina Verileri ve Kabuller

Kat Sayıları ve Kat Yükseklik Göz Önüne alınan 40 binaya ait veriler Tablo 1'de gösterilmiştir. Grafik 1'de görüleceği üzere 25 adet bina 4 katlı, 8 bina 3 katlı, 3 bina 2 katlı, 3 bina 5 katlı, bir bina da 9 katlıdır. 9 katlı bina bir tarafa bırakılırsa kat sayısı açısından göz önüne alınan binalar, ağırlıklı olarak Balçova'daki yapılaşmayı temsil etmektedir. Göz önüne alınan binalarda brüt kat yüksekliği 3 metre olarak alınmıştır.



Grafik 1. Kat sayıları

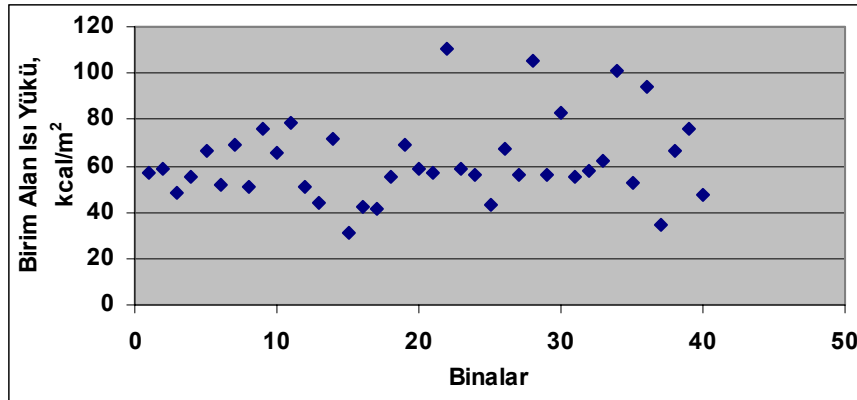
Tasarım Sıcaklıkları

Makina Mühendisleri Odası 84 nolu yayınında yer alan kriterlere göre yapılan projelerde, ısı kaybı hesaplarında İzmir için dış tasarım sıcaklığı 0°C alınmaktadır. Mahal sıcaklıkları ise kullanım amacına göre farklı olarak seçilmektedir. Projelerden alınan ısı yüklerinin ortalama 22°C sıcaklık farkı ile hesaplandığı kabul edilerek farklı sıcaklık farkları için birim alan ve birim hacim için ortalama ısı yükleri hesaplanmıştır.

SONUÇ

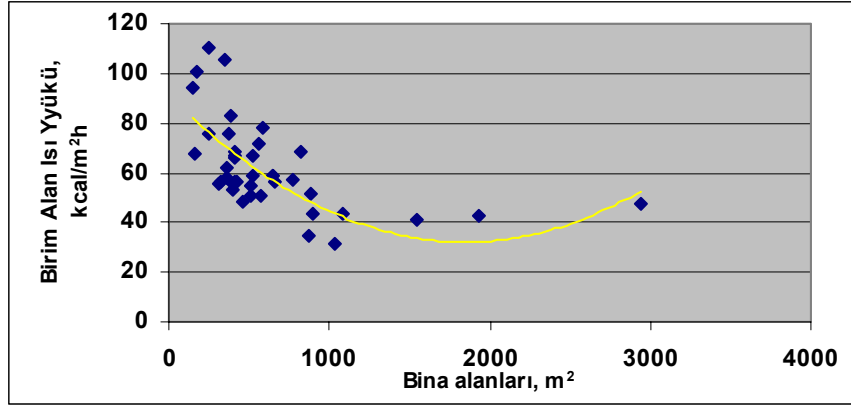
Birim Alan Isı Yükü

Binarın tepe ısı yüklerinin toplam alanlarına bölünmesiyle elde edilen birim alan başına ortalama ısı yüklerinin dağılımı Grafik 2'de verilmiştir. Bu dağılımın ortalaması $62.1 \text{ kcal/m}^2\text{h}$, ağırlıklı ortalaması ise $54.9 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ dir.

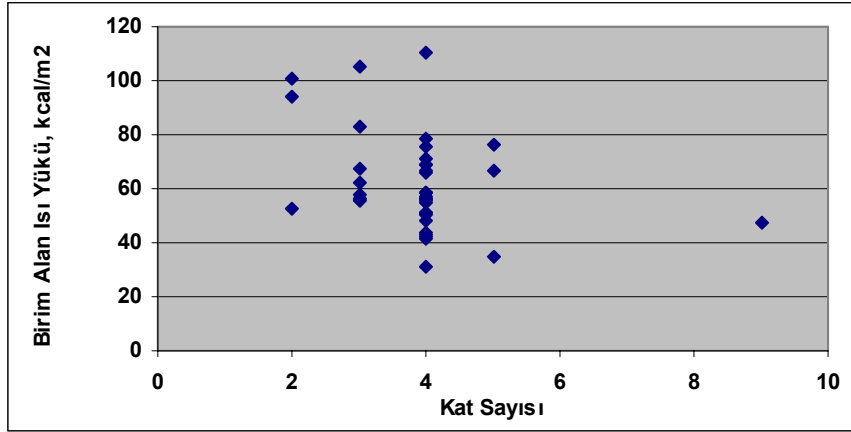


Grafik 2. Birim alan yükünün dağılımı

Veri tabanını oluşturan binalardaki konut sayıları ve konut alanları birbirinden farklıdır. Grafik 2'den görüleceği üzere, birim alan başına ısı yükü minimum $31.1 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ ile $110.3 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ arasında değişmektedir. Alan bazında yapı geometrisinin ısı yüküne etkisini gözleyebilmek için alan-birim alan ısı yükü (Grafik 3) ve kat sayısı-birim alan yükü (Grafik 4) grafikleri çizilmiştir. Grafik 3'ten genel olarak, beklenildiği gibi, küçük alanlı binalarda ısı yükünün büyük olduğu gözlenmektedir. Grafik 4'te ise büyük ısı yüklerinin 3, 4 ve 5 katlı bazı binalarda ortaya çıktığı gözlenmektedir. Ancak her iki grafikte genel sonuçlar çıkarmak mümkün değildir.



Grafik 3. Birim alan yükünün, alanlara göre değişimi.



Grafik 4. Birim alan ısı yükünün kat sayısı ile değişimi.

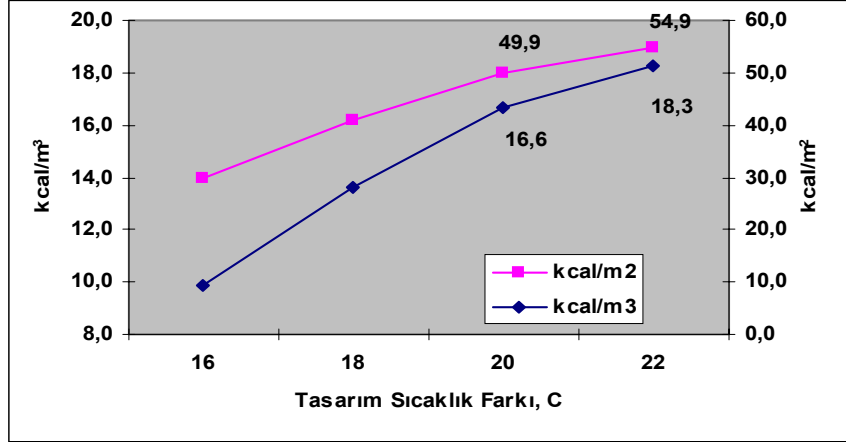
Birim Yüklerin Tasarım Sıcaklık Farkına Göre Değişimi

Binaların ısı kaybı projelerindeki tepe ısı yüklerinin daha önce belirtildiği gibi, 22 °C ortalama sıcaklık farkı ile hesaplandığını kabul ederek, diğer ortalama sıcaklık farkları için birim alan ve birim hacim başına yükleri hesaplanmış sonuçlar Grafik 5'de verilmiştir.

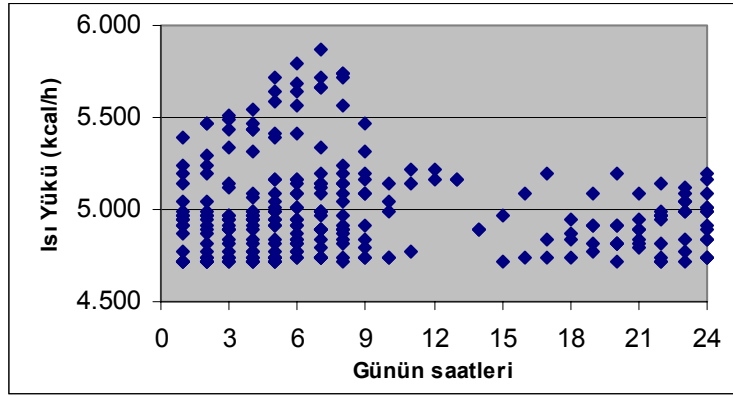
Toplam Yük

Saatlik iklim verilerinin bilinmesi durumunda doğrudan, ısı yükünün zamanla değişimi ve yıllık toplam enerji yükü hesaplanabilir. Grafik 6'da 1993 sıcaklık verilerine göre, ısı yükünün 4715 kcal/h değerini aştığı saatler ve ısı yükü değerleri gösterilmiştir. 4715 alt limiti, ısı kaybına 100 metrekarelik bir konutun ısı kaybına, 775 kcal/h sıcak su yükünün eklenmesi ile elde edilecek toplam yükün (4715+775 =5490) ağırlıklı ortalama birim alan ısı yüküne eşit olduğu limittir.

Bir başka deyişle sıcak su yükü göz önüne alınmaksızın konutların ısı tasarımları ısı kaybına dayanan ağırlıklı ortalama birim alan ısı yüküne göre yapılırsa, grafikte gösterilen toplam 268 saatte, toplam yükleri 5490'ı aşacağı için sistem yetersiz kalacaktır. Sistemin yetersiz kalacağı saatlerin büyük çoğunluğu, sıcak su kullanımının düşük olduğu 0-9 saatleri altında olmasına rağmen, yaşam saatleri içindeki yüksek yüklü saatlerin sayısı oldukça fazladır.



Grafik 5. Birim alan ve birim hacim ısı yüklerinin ortalama tasarım sıcaklık farkı ile değişimi.



Grafik 6. Hesaplanan konut eşdeğerinin zamana bağlı değişimi

DEĞERLENDİRME

1. Birim alan başına ısı yükleri $54.9 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ ortalama değer ile Grafik 2'den görüleceği üzere $31.1 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ ile $110.3 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ arasında değişmektedir ve dağılıma ait standart sapma çok yüksektir(17.9). Bu yüzden jeotermal enerji sistemlerinin projelendirilmesinde, örnek bina gruplarından hesaplanan istatistik değerler yerine, ısı kaybı projelerinden elde edilen değerler esas alınmalıdır.
2. Ağırlıklı ortalama birim alan yükü olarak hesaplanan 54.9 değeri, konutların sıcak su yükünü içermemektedir.
3. Grafik 7'den görüleceği üzere salt ısı kaybına dayanan ağırlıklı ortalama 5490 kcal/h değeri yerine, bu değere sıcak su yükünün(775 kcal/h) katılmasıyla elde edilecek 6265 kcal/h ağırlıklı ortalama alan ısı yükünü temel alan toplam ortalama yük değeri analizlerde kullanılmalıdır.

Tablo 1 : Bina Verileri.

Bina no	Isı yükü Proje	Taban (m2)	Hacim	Kat Sayısı	Bina no	Isı yükü Proje	Taban	Hacim	Kat Sayısı
1	23.100	408,0	1224	4	21	44.082	768,0	2304	4
2	37.620	644,0	1932	4	22	27.808	252,0	756	4
3	22.475	465,0	1395	4	23	37.992	649,8	1949	4
4	22.116	400,0	1200	4	24	23.596	420,0	1260	4
5	27.808	416,6	1250	4	25	38.803	900,0	2700	4
6	45.392	883,2	2650	4	26	11.120	165,0	495	3
7	56.675	825,0	2475	4	27	37.592	666,0	1998	3
8	29.290	576,0	1728	4	28	46.000	347,7	1043	3
9	19.042	252,0	756	4	29	18.297	324,9	975	3
10	27.347	416,0	1248	4	30	32.084	387,0	1161	3
11	46.114	588,0	1764	4	31	17.370	313,5	941	3
12	26.021	513,0	1539	4	32	20.627	357,0	1071	3
13	47.278	1080,0	3240	4	33	22.241	357,0	1071	3
14	39.936	560,0	1680	4	34	17.317	171,6	515	2
15	32.317	1036,0	3108	4	35	21.150	400,2	1201	2
16	81.819	1934,4	5803	4	36	14.005	148,5	446	2
17	63.826	1543,1	4629	4	37	30.377	869,3	2608	5
18	28.078	510,3	1531	4	38	35.000	525,0	1575	5
19	27.808	405,0	1215	4	39	28.879	380,0	1140	5
20	30.934	528,0	1584	4	40	250.000	2943,0	8829	9

ÖZGEÇMİŞLER

Macit TOKSOY

1949'da doğdu. Dönem (1972) arkadaşları onun adına da bitirdikleri fakülte'deki (İTÜ, Makina) bir sınıfın donatılmasına katkıda bulundular. 1972 senesinde Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde asistanlığa başladı. Türkiye'de üniversitelerde doktora yapan asistanların deneyimlerini o da paylaştı: Bir taraftan ders verirken, bir taraftan ders aldı, tez çalışması yaptı, laboratuvar kurmaya çalıştı, sınavlara gözcü olarak girdi, yaz aylarında boş kalmasını diye atölye stajı yaptırdı. Tezinin IBM 1130 ve Fortran II ile başladığı sayısal çözümlerini, IBM 360 ve Fortran IV ile bitirdi. 1976 yılında doktor mühendis ünvanını aldı. 1978-1981 senelerinde North Carolina Eyalet Üniversitesinde misafir asistan profesör olarak çalıştı. Orada "Bilim Adamı" Prof.Dr. Necati Özışık ile çalışmanın mutluluğunu tattı. Işıkları hiç sönmeyen gerçek bilim ve üniversite dünyasını tanıdı. Yer fıstığı kuruttu, ısı pompasına enerji deposu uyguladı, bir kürenin içindeki ergimeyi günlerce izledi. 1982 yılında çalıştığı bölümün sadece tabelasının değişmesi ile bir başka üniversitede, Dokuz Eylül Üniversitesi'nde, akademik hayatına devam etti: Mısır kuruttu, sıvıların katılaşmasına merakı sürdü. Bölümünün öğrencileri neden bu kadar başarısız oluyor diye merak etti. Onların da tanımlanmış bir eğitimleri olsun diye çaba sarfetti, çabaları yazdıklarında, söylediklerinde kaldı. 1985 yılında doçent, 1990 senesinde profesör oldu. Kuralcı, bazan aşırı titiz olduğunu biliyordu: Ama öğrencilerini her zaman çok sevdi. Önce öğrencisi, sonra arkadaşı ve dostu olan Prof.Dr. Zafer İken'le çalışmaktan, birlikte üretmekten büyük keyif aldı. 1981 senesinde kimse kabul etmediği için (bunu o zaman bilmiyordu) Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Başkanlığına seçildi. İki yıl tüm oda çalışanları ve yönetim kurulu üyeleriyle birlikte gece-gündüz çok özel ve kendine göre üretken bir arkadaşlığı ve dostluğu paylaştı. Türk Tesisat

Mühendisleri Derneği'nin üyesi oldu, Sevgili Celal Okutan Ağabey ve sevgili Numan Şahin ile birlikte çalıştı. Sevgili Serdar Gürel'in Başkan Yardımcılığını yaptı. Makina Mühendisleri Odası'nda, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği'nde, hiçbir karşılık beklemezsiniz, ülkemizdeki makina ve tesisat mühendisliğinin daha çağdaş bilgi ve teknolojiye ulaşabilmesi için kendi özel işlerini bir kenara koyarak sınırsız katkı koyan başkanları, yönetim kurulu üyelerini ve üyeleri tanıma fırsatı buldu. Dokuz Eylül Üniversitesi'nde Fen Bilimleri Enstitüsü ve Meslek Yüksekokulu Müdürlüğünü yaptı. Meslek Yüksekokulunda haftada 35 saat ders vermek zorunda kalan çok özel insanlar olan öğretim üyeleri ve öğretim görevlilerini tanıdı. Dokuz Eylül Üniversitesi'nde sevgi dolu bir Rektörü, Prof.Dr.Fethi İdman'ı tanıdı. Şimdi bir başka üniversitede, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsünde, ışıkları sönmeyecek bir üniversitenin gelişimine katkı koymaya çalışıyor.

Cihan ÇANAKÇI

29/01/1977 tarihinde Bursa'da doğdu. Ortaokul ve Lise öğrenimini 1995 yılında Bursa Ulubatlı Hasan Anadolu Lisesinde tamamladı. 2000 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Halen Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Enerji Bölümünde Yüksek Lisans yapmaktadır. Kasım 2000 tarihinden bu yana MMO tarafından Balçova Jeotermal Enerji San. Ve Tic Ltd. Şti'nde kurulan çeşitli komisyonlarda görevlendirilmiştir.