

JEOTERMAL SANTRALLERİN İŞLETİLMESİ

Fasih KUTLUAY
Sabri Serkan SAYGILI

ÖZET

Jeotermal enerji kaynağının üretim değerlerine göre tasarlanan elektrik santrali kesintisiz üretim esasına göre işletilir. Santralin işletimi sırasında, elde edilen veriler kaydedilmekte ve değerlendirilmekte, santral tasarım değerleri ile belirlenmiş performansına uygun çalışması sağlanmaktadır. Bu bağlamda santralin kesintisiz elektrik üretimi ve optimum işletme koşullarının sağlanması için periyodik kontrol ve bakım programları uygulamak zorunludur. Bu bildiride DORA-1 jeotermal elektrik santralinin işletilmesi anlatılmıştır.

1. GİRİŞ

Jeotermal enerji kaynaklı elektrik santral işletmeciliğinin iki ana bileşeni bulunmaktadır. Birincisi jeotermal enerji kaynağının (rezervuar) işletilmesi (üretim ve tekrar basma), ikincisi ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi ve üretilen elektriğin ulusal şebekeye aktarımın yapılmasıdır. Bir Jeotermal Elektrik santrali işletiminde stratejik iki temel unsur vardır: Bunlar, jeotermal kaynağın işletme kapasitesine göre sürdürülebilir olarak kullanımı ve güvenli-etkin üretim süreci için teknik ve idari alt yapının kurulmasıdır.

Elektrik santralleri tam gün kesintisiz elektrik üretilmesi esasına göre çalıştırıldığından kontrol odası görevlileri (operatörler) üç vardiya esasına göre görev yapmaktadır. Kontrol odasında bulunan bilgisayarlar ile santral içerisindeki sistemler izlenmekte ve yönetilmektedir.

Sistemlerin ilk çalıştırılması kontrol odası operatörü kontrolünde gerçekleştirilir. Sistem elektrik üretimine başladıktan sonra Santral PLC işlemciler ile otomatik olarak kontrol edilir. Her türlü arıza ve ters çalışma durumunda kontrol bilgisayarlarına sesli ve yazılı uyarı gelir. Bu durumda operatör tarafından gerekli müdahale yapılır, gerektiğinde ilgili bakım ekibi ve/veya yetkiliye bilgi verilir.

DORA -1 Santral İşletme bünyesinde arıza ve bakımlarda müdahale edilebilmesi için elektrik, mekanik ve kuyu ekibi oluşturulmuş bulunmaktadır. Anılan ekipler gerekli ekipman ile donatılmış olup yerinde müdahale edebilecek bilgi ve deneyime sahiptir.

Santral bünyesinde yapılan tüm çalışmalar günlük rapor halinde bölüm sorumluları tarafından kayıt altına alınmaktadır. Bu raporlar ışığında günlük işletme raporları hazırlanmaktadır. Ayrıca aylık rapor düzenlenerek şirket yönetimi bilgilendirilmektedir. İşletmede haftalık periyotta bölüm sorumluları arasında yapılan koordinasyon toplantılarında kontrol ve bakım çalışmaları koordine edilmektedir.

Bir Jeotermal Elektrik Santralinde işletme üç ana kısımda incelenebilir.

1. Jeotermal enerji üretimi
2. Elektrik enerjisi üretimi ve ulusal şebekeye bağlantının yapılması
3. Kontrol ve bakım

2. JEOTERMAL AKIŞKAN ÜRETİMİ

2.1 Jeotermal Kaynaklar

DORA – 1 Elektrik Santralin jeotermal enerji kaynağı; Aydın – Salavatlı jeotermal sahasındaki, iki adet üretim kuyusundan (AS1,ASR2) sağlanmaktadır. Ayrıca kaynağın sürdürülebilirliğini sağlamak ve çevreyi korumak için AS2 tekrar basma (re-enjeksiyon) kuyusu bulunmaktadır.

2.2. Jeotermal Enerji Kaynaklarının İşletilmesi

DORA – 1 Jeotermal Elektrik Santralinde; jeotermal enerji iki üretim kuyusundan elde edilen jeotermal akışkan bir prosesten geçirilip ısı enerjisi alındıktan sonra enjeksiyon kuyusu vasıtasıyla rezervuara tekrar basılmasıyla son bulan bir kapalı çevrim vardır. Jeotermal akışkanının üretilmesinden, su ve buhar olarak ayrıştırılması ve enerji santraline taşınması ile soğuk jeotermal akışkanın enjeksiyon kuyusuna tekrar basma işlemleri kuyu başlarında kurulan PLC otomasyon sistemi ile gerçekleştirilmektedir. PLC otomasyon sisteminin programlanması ve gerektiğinde müdahale edilmesi için SCADA sistemi kurulmuştur. PLC den elde edilen veriler SCADA bilgisayarına aktarılmakta ve bu sayede, sistemde oluşan arıza/ters çalışma bilgisayar monitöründe görüntülenebilmektedir. İşletme ve gerekli müdahaleler vardiya operatörü tarafından yapılmaktadır.

Diğer taraftan, üretim ve geri basım kuyularındaki, kuyubaşı basıncı, sıcaklığı, üretim ve enjeksiyon debileri sürekli olarak SCADA sisteminde izlenmekte ve kayıt edilmektedir. Ölçülen değerler önceki değerlerle karşılaştırılmaktadır.

2.3. Kuyu Başı Tesisleri

Kuyu başı tesisleri; üretim kuyusu ve re-enjeksiyon kuyusu olarak iki farklı yapıdan oluşmaktadır.

2.3.1. Üretim Kuyusu Kuyu Başı Tesisleri



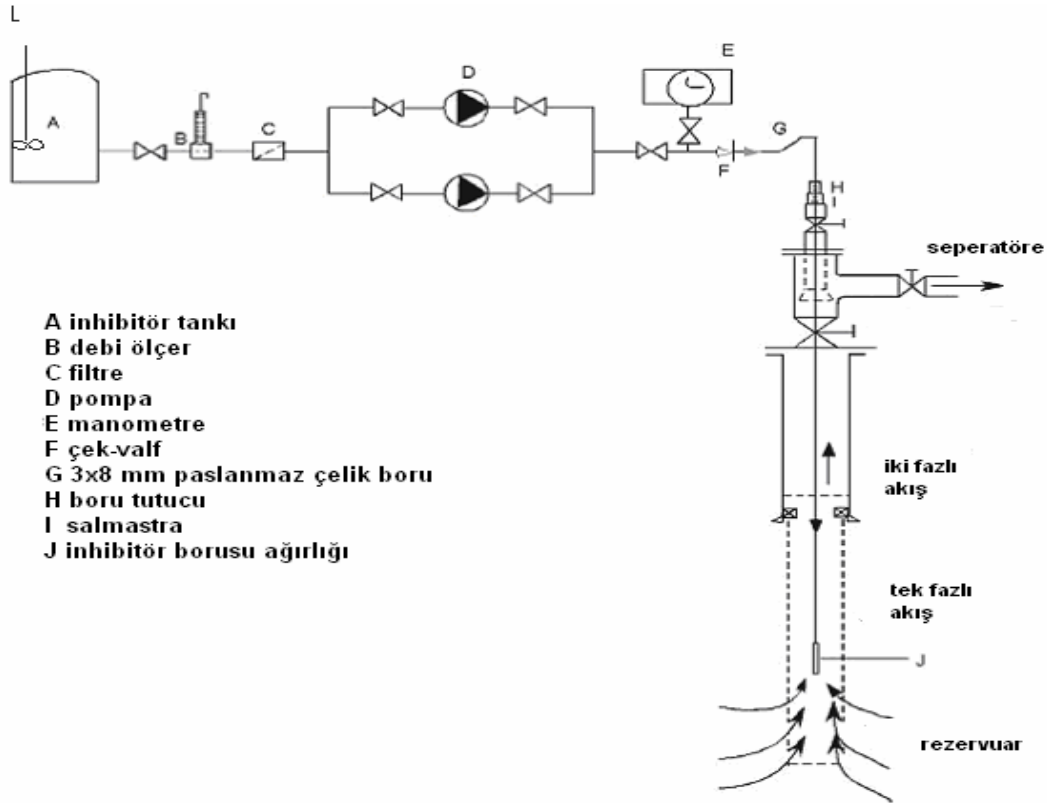
Resim 1. ASR2 Üretim kuyusu kuyu başı tesisinden bir görünüş.

Bir üretim kuyusu kuyu başı tesisi aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır (Resim 1).

- Inhibitör dozajlama sistemi
- Kuyu başı kontrol vanaları
- Seperatör
- Dengeleme tankı
- Filtreler
- Pompalar
- Ölçüm enstrümanları
- Manuel vanalar
- Emniyet elemanları
- Kompresör sistemi
- Sürücü panoları
- PLC otomasyon panosu

Inhibitör Dozajlama Sistemi

Üretim kuyusu içerisinde iki fazlı akışın başladığı (flash point) noktadan sonra oluşacak kalsit kabuklaşmasının engellenmesi için inhibitör kullanılmaktadır. Inhibitör dozaj sistemi bileşenleri Şekil 1 de gösterilmiştir[2].



Şekil 1. Inhibitör dozaj sistemi

Inhibitör, birisi asıl birisi yedek olarak çalışan iki adet pompa (D) ile kuyu içinde iki fazlı akışın başladığı noktanın altına yekpare paslanmaz çelik çekme boru ile basılmaktadır. Kuyu içerisindeki akış ile borunun yüzeye sürüklenmesini engellemek için boru ucuna bir ağırlık (J) monte edilmiştir.

Kuyu içerisine basılan inhibitörün debisi, sistemdeki debi ölçer ile (B) ölçülerek inhibitör sarfiyatı, kuyu üretimine göre pompa debisi ayarlanarak kontrol altında tutulmaktadır. Üretici firmadan alınan inhibitörün korozif etkisinin ve viskozitesinin azaltılması için, su ile seyreltme işlemi yapılmaktadır. Belirlenen ölçüde hazırlanan karışım tank (A) içerisinde hazırlandıktan sonra tank üzerine yerleştirilen mikser (L) çalıştırılarak homojen bir karışım elde edilmektedir. Tank içerisindeki, herhangi bir sebepten dolayı oluşan, kirli inhibitörün boru içerisine gidip bir tıkanmaya sebep olmaması için pompa emişinde filtreleme (C) işlemi yapılmaktadır. İnhibitör sistemi içerisindeki ölçüm enstrümanlarından alınan bilgi PLC vasıtası ile kumanda ve kontrol merkezine kurulan SCADA sistemine iletilmekte ve buradan sistemin çalışması izlenebilmektedir. Ayrıca pompa sürücülerinin kontrolü de kumanda kontrol merkezindeki SCADA sisteminden yapılabilmektedir (Resim 2).



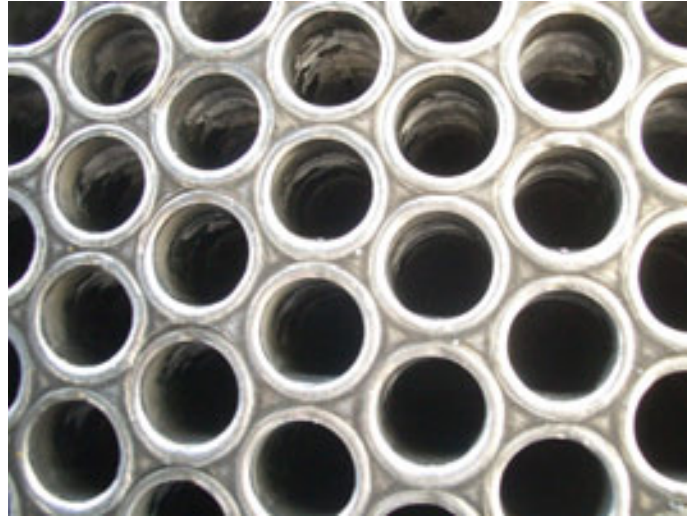
Resim 2. ASR 2 Kuyusu ve inhibitör sisteminden bir görünüş

Kuyu başı ekibi tarafından her gün periyodik olarak inhibitör sisteminin yerinde kontrolü yapılmaktadır. Ekip, sistemin düzenli çalışıp çalışmadığını, tank içerisindeki karışım seviyesini ve dozaj debisini kontrol etmektedir Haftada iki kez jeotermal akışkandan örnek alınarak inhibitörün etkinliği kontrol edilmektedir. İnhibitör borusu üzerinde titreşimden oluşacak tahribatların önlenmesi amacıyla boru, aylık periyotlar halinde yukarı ve aşağı hareket ettirilerek titreşim noktaları yer değiştirilmektedir. Kullanılan inhibitörün etkisinin kontrolü için boru hatları üzerinde çeşitli noktalarda örnekleme hatları yapılmıştır. Anılan borular aylık periyotlarda sökülerek, içleri gözle kontrol edilmektedir (Resim 3).



Resim 3. Kabuklaşmanın gözle kontrolü için test borusu.

Yine OEC' nin Yıllık Periyodik Planlı Bakımı kapsamında L II tarafındaki buharlaştırıcı eşanjörü açılarak kabuklaşmanın olmadığı görülmüştür (Resim 4).



Resim 4. Buharlaştırıcı eşanjör kabuklaşma kontrolü

Kuyu Başı Kontrol Vanaları

Kuyu başı kontrol vanaları PLC üzerinden komut almakta ve basınçlı hava hattından sağlanan hava beslemesi ile çalışmaktadır. Jeotermal kuyular üretime açılırken bu vanaların kontrolü santral operatörü tarafından, sistem devreye girdikten sonra otomatik olarak PLC tarafından yapılmaktadır. Görevi, santralin ihtiyacı olan jeotermal akışkanın kuyu başı tesisine göndermektir. Otomatik pozisyonda çalışma sinyalini, dengeleme tankı seviye transmitteri bilgisine göre alır. Seviye bilgisi üst sınır değerini geçtiğinde vana, tank seviyesinin daha fazla yükselmesini engellemek için PLC den aldığı komut ile kapatma işlemine gider. Bu sayede ikinci görevi olan emniyet işlemini yerine getirir. Sınır değerler kumanda operatörü tarafından, çalışma koşullarına göre değiştirilebilmekte ve santralin etkin, optimum çalışması sağlanmaktadır.

Seperatör

Kuyu başı kontrol vanalarından geçen iki fazlı jeotermal akışkan seperatöre girerek kızgın su, buhar ve gaz olarak ayrıştırılır. Üst kısımda toplanan buhar ve gazlar buhar hattına aktarılır. Buradan kendi basıncı ile santrale taşınır. Seperatör alt kısmına akan kızgın su buradan dengeleme tankına alınır.

Dengeleme Tankı

Dengeleme tankı, kızgın suyu santrale pompalayacak olan pompalara bir emiş haznesi olarak görev yapmaktadır. Buhar hattından tank üst noktasına yapılan bağlantı sayesinde buhar yastıklaması yapılmakta ve tank içerisindeki kızgın suyun buharlaşması engellenmektedir. Dengeleme tankı su seviyesi pompa basma hattına monte edilmiş oransal kontrollü bir pnömatik vana ile kontrol edilir.

Filtreler

Dengeleme tankından çıkan kızgın suyun ilerisinde kalan kırıntıların pompalara girişini engellemek ve suyu filtre etmek için kullanılır. Aylık periyotlar halinde temizlenir.

Pompalar

Jeotermal kızgın suyun santrale pompalanması için kullanılırlar. Birisi asıl diğeri yedek olarak çalışan iki adet pompa kuyu başı tesisinde bulunur. Pompaların birbiri üzerine basma yapmasını engellemek için, pompa basma hattına çek valfler monte edilmiştir.

Ölçüm Enstrümanları

Sistemdeki akışkanın basınç, sıcaklık, debi ve seviye değerlerini ölçmek için kullanılırlar. Ayrıca elde edilen veriler SCADA bilgisayarına aktarılarak sistemin izlenmesi sağlanır.

Manuel Vanalar

Sistem ekipmanlarının ön ve arka kısımlarına monte edilmişlerdir. Olası bir arıza durumunda yedek ekipmanın devreye alınması ve arızalı ekipmanın sökülerek onarımının yapılmasını sağlarlar. Ayrıca belirli noktalara yerleştirilen vanalar ile kırıntı tahliyesi yapılarak boru hatları kırıntılardan arındırılır.

Emniyet Elemanları

PLC üzerinden kontrol edilen emniyet vanalarının çalışmaması halinde sistemin tehlikeye girmesini engellemek için kullanılırlar. Kuyu başı tesisinde seperatör girişine monte edilmiş bir patlama diskisi bulunmaktadır. Basınç değeri kritik değere ulaşmadan diskisi patlayarak çift fazlı akışkanın sisteme girmeden tahliye edilmesinde kullanılır.

Kompresör Sistemi

Kuyu başı tesisi içerisindeki pnömatik vanaların ihtiyacı olan basınçlı havayı karşılamak için kullanılırlar. Birbiri ile aynı özellikte birisi asıl diğeri yedek olarak çalışan iki adet kompresör bulunmaktadır.

Sürücü Panoları

Kuyu başı içerisindeki ekipmanların sürücülerinin bulunduğu panodur. Sigorta, kesici ve kontaktörleri içerir.

PLC Otomasyon Panosu

Kuyu başı ekipmanlarından ve transmitterlerden alınan bilgilerin işlenmesini, işlenen bilgi sonrasında komutlar ile ekipmanların çalıştırılmasını sağlar. 24 V DC besleme ile çalışır ve PLC işlemci içerir. Kumanda kontrol bilgisayarı üzerine gönderdiği bilgiler ile sistemin izlenmesini sağlar.

2.3.2. Re-enjeksiyon Kuyusu Kuyu Başı Tesisi

Re-enjeksiyon kuyusu kuyu başı tesisleri aşağıdaki bileşenlerden oluşur (Resim 5).

- a. Re-enjeksiyon pompaları
- b. Manuel vanalar ve çek valfler
- c. Ölçüm enstrümanları
- d. Emniyet elemanları
- e. Kompresör sistemi
- f. Sürücü panoları
- g. PLC otomasyon panosu
- h. Frekans kontrol cihazı panosu
- i. Kesici hücreler
- j. Trafo



Resim 5. Re enjeksiyon kuyusu ve pompa sisteminden görünüş

Re-enjeksiyon Pompaları

Re-enjeksiyon pompaları santralde enerjisi alınan atık jeotermal suyun rezervuara tekrar basılması için kullanılır. İkiisi asıl birisi yedek olarak çalışan üç pompa kullanılır.

Manuel Vanalar ve Çekvalflar

Pompaların emiş ve basma hattına monte edilen vanalardır. Olası bir arıza durumunda sistemin durdurulmadan pompanın onarımının yapılması için kullanılırlar. Çek valfler ise pompa basma hattına monte edilmişlerdir. Pompaların birbiri üzerine basma yapmalarını ve sistemin çalışmadığı durumlarda jeotermal kuyunun üretime geçmesini engellerler.

Ölçüm Enstrümanları

Sistemdeki sıcaklık, basınç ve debi değerlerinin ölçülmesinde kullanılır. Aldıkları bilgi PLC' ye iletilir. Enstrümanların kumanda edilmesi ve kumanda kontrol bilgisayarından izlenmesi sağlanır.

Emniyet Elemanları

Sistemdeki basınç yükselmelerinde açılarak, sistemin hasara uğramasını engeller. Buradaki emniyet elemanı oransal kontrollü bir pnömatik vanadır. PLC' den aldığı komut ile hat basıncına göre açma/kapama işlemi yapar.

Kompresör Sistemi

Kuyu başı tesisi içerisindeki pnömatik vanaların ihtiyacı olan basınçlı havayı karşılamak için kullanılır. Birbiri ile aynı özellikte birisi asıl diğeri yedek olarak çalışan iki adet kompresör bulunmaktadır.

Sürücü Panoları

Kuyu başı içerisindeki ekipmanların sürücülerinin bulunduğu panodur. Sigorta, kesici ve kontaktörleri içerir.

PLC Otomasyon Panosu

Kuyu başı ekipmanlarından ve transmitterlerden alınan bilgilerin işlenmesini, işlenen bilgi sonrasında komutlar ile ekipmanların çalıştırılmasını sağlar. 24 V DC besleme ile çalışır ve PLC işlemci içerir. Kumanda kontrol bilgisayarı üzerine gönderdiği bilgiler ile sistemin izlenmesini sağlar.

Frekans Kontrol Cihazı Panosu

Frekans kontrol cihazı içerir. Frekans kontrol cihazı, PLC' den aldığı komut ile çalışır. Pompaların frekansını ayarlar ve enerji tasarrufu yapılmasını sağlar. Pompalar emme ve basma hattı basınçlarına göre çalışır.

Kesici Hücreler

Kuyu başı tesisine gelen elektriğin kontrol edilmesinde kullanılır. Santral ve re-enjeksiyon kuyusu arası mesafenin uzun olması nedeni ile, kuyu başı tesisine orta gerilim hattı (31,5 kV) ile elektrik taşınmaktadır.

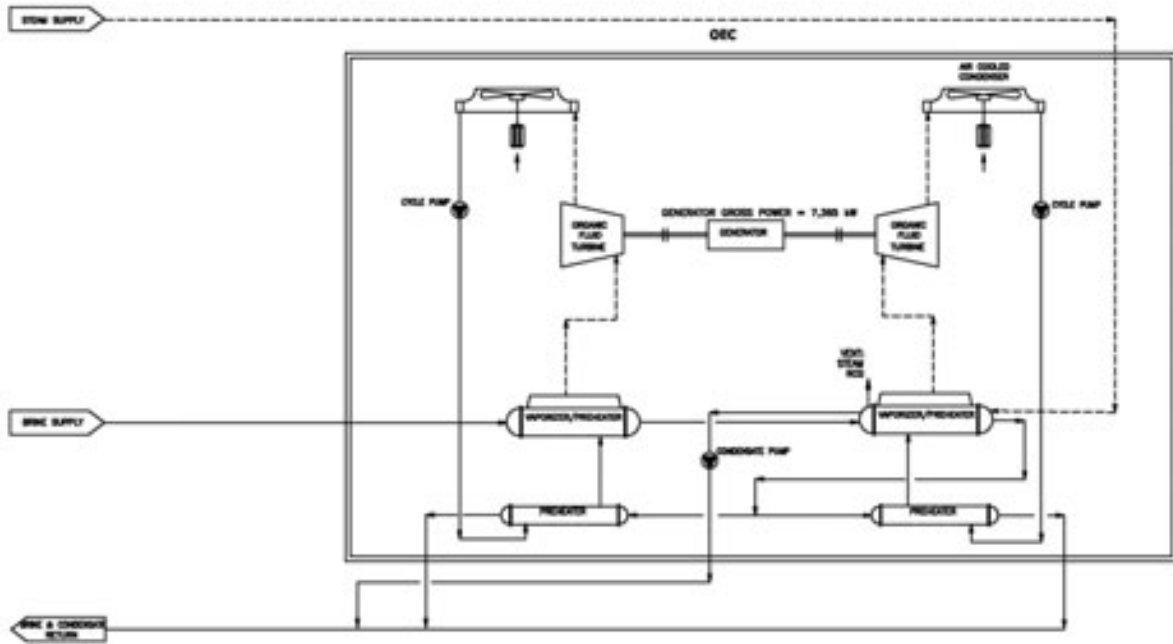
Trafo

Orta gerilim hattı ile taşınan elektriğin alçak gerilime düşürülmesi işleminde kullanılır. Kuyu başında kullanılan ekipmanların gücüne göre seçilmiştir.

3.SANTRALİN GENEL ÇALIŞMA PRENSİBİ

DORA 1 Elektrik Santrali, bir çift akışkanlı (Binary) jeotermal enerji santralidir. Çalışma prensibi Rankine Çevrimi temel mantığına göre dir. Sistemde ısı çevriminde kullanılan organik akışkan, bir hidrokarbon tipi olan n-Pentan dır. Pentan jeotermal akışkanın ısını absorbe eder. Böylece pentanın buharlaşmasına sebep olur. Buharlaşan pentan türbine gider. Pentanın genişmesi sonucu kazanılan kinetik enerjinin dönüşümüyle döner şaft gücü üretilir. Pentanın geniştirilmesi işlemi, boru demetli ısı eşanjörleri (vaporizer, preheater) içerisinde enerjisi alınan jeotermal akışkan (su ve buhar) ile yapılmaktadır.

Santral' da jeotermal akışkandan pentana ısı transferin olduğu ve pentanın buharlaştıktan sonra girdiği türbin ve elektrik üretiminin gerçekleştiği generatörün bulunduğu bölüm OEC (Ormat Enerji Çevrimi); birleşik iki seviyeli üniteden(ITLU) oluşmuş bulunmakta, yüksek basınçlı (L I) ve düşük basınçlı (L II) olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2). Genel çalışma prensibini gösteren şema aşağıdaki şekilde verilmiştir. Bu şemadanda görüleceği üzere L I buharlaştırıcı eşanjörü (vaporizer) bölümleri içerisine gelen Jeotermal kızgın su (brine), bir miktar enerjisini transfer ederek Pentanı buharlaştırır. Buradan L II buharlaştırıcı eşanjörü kızgın su bölümlerine doğru girer. L II buharlaştırıcı eşanjörü buhar bölümüne giren buhar ile birlikte Pentanı buharlaştırır. L II buharlaştırıcı eşanjörü içerisinden bir miktar enerjisini transfer ederek ayrılan Jeotermal su, L I ve L II ön ısıtıcı (Preheater) tüplerine girecek şekilde ayrılır. L I ve L II ön Isıtıcılardan ayrılan jeotermal su bir noktada birleşir ve santralden ayrılarak re-enjeksiyon sistemine gider. Yoğuşan buhar, L II buharlaştırıcı eşanjörü baş kısmından dışarıya pompalanır ve re-enjeksiyon kuyusuna gönderilmek üzere re-enjeksiyon hattına bağlanır.



Şekil 2. OEC genel çalışma prensip şeması

Çok kademeli zarflı in-line pompa olan besleme pompaları, pentanı kondenslerden alıp ön ısıtıcıların cidarına doğru pompalar. Pentan ön ısıtıcılarda ısıtıldıktan sonra buharlaştırıcı cidarına doğru akar. Pentan buharlaştırıcıda kaynama noktasına kadar ısıtılır ve buharlaştırılır. Pentan buhar girişine doğru ilerler, daha sonra girer ve genişler. Bu basınç ve sıcaklık geçişinde döner shaft gücü üretilir. Türbinlerde enerjisi dönüştürülen düşük basınçlı pentan buharı hava soğutmalı kondensere doğru gider ve sıvılaşır. Sıvılaşan pentan tekrar ön ısıtıcılara pompalanır.

Her iki seviyedeki bu pentanın ısı alışverişi kapalı bir çevrimdir. Birbirinden tamamen bağımsızdır. Normal işletme sırasında sisteme pentan sızdırmazdır ve sistemde hiç kaçak yoktur.

OEC'nin İşletilmesi ve Elektrik Üretimi

OEC çalıştırılması; üretim kuyularının açılmasından sonra, santral ilk çalıştırılması için gerekli minimum jeotermal enerji debi, sıcaklık ve basınç değerlerinin sağlanması, ulusal şebeke gerilim ve frekans değerlerinin istenen düzeyde olması ile yapılır. Sistemin güvenli ve düzgün bir şekilde çalıştırılabilmesi için bu değerlerin stabilitesi çok önemlidir.

ITLU çalıştırılması otomatik olarak PLC işlemciler ve işlemciler içerisinde tanımlı döngüler ile sağlanmaktadır. “Başlat” komutunun verilmesi ile PLC, sistemdeki ekipmanların kontrolü otomatik olarak yapar ve sistemdeki organik hareket ettirici basıncına bağlı olan ilk çalıştırma döngüsüne geçer. Yeterli basınca ulaştırılan pentan enjeksiyon vanalarının açılmasıyla türbinlere akar ve türbinler ile birlikte generatörü harekete geçirir. Ulusal şebekedeki gerilim ve frekans değerleri generatör tarafından yakalandığında sistem şebeke ile paralel bağlanır ve elektrik üretimi başlar. Elektrik üretiminin artırılması, santral operatörü tarafından jeotermal enerjinin artırılması ile paralel olarak gerçekleşir. Sistem tam kapasiteye ulaştığında (tam bir ısı ve kütle dengesine ulaştığında –dış hava sıcaklığına bağlı olarak) otomatik konuma alınır ve PLC işlemciler idaresine bırakılır. Sistem içerisinde düzensiz çalışma / arıza veya dalgalanma olduğunda, santral operatörü tarafından SCADA sistemi ile müdahale edilir ve normal çalışma koşulları sağlanır.

3.1. Elektrik İletim Hatları ve Ulusal Şebekeye Bağlantı

Santralde üretilen 11 kV elektrik santral ana kesicisinden geçtikten sonra Step-Up trafosunda 31,5 kV'a yükseltilir. Buradan ana dağıtım merkezinde gelen elektrik, santral ve kuyu başları elektrik ihtiyacını karşılamak için elektrik hücreleri barasına bağlanır. Üretim kuyuları ve idari bina elektrik ihtiyacını karşılamak için 380 V değerine iç ihtiyaç trafosu ile düşürülür ve alçak gerilim olarak yeraltı kabloları ile ilgili taşınır. Re-enjeksiyon kuyu başı tesisindeki elektrik ihtiyacı; orta gerilim olarak yer altı kablolarıyla kuyu başı tesisindeki kesici hücreye ve buradan iç ihtiyaç trafosuna taşınır. İç ihtiyaç karşılandıktan sonra kalan elektrik enerjisi yeraltı orta gerilim kabloları ile ulusal şebekeye bağlanılan DAPT12 tipi girdi-çıkı merkezine taşınır. Burada sayaçtan geçtikten sonra elektrik hücreleri vasıtasıyla ulusal şebekeye orta gerilim olarak bağlanır. Elektrik hücreleri üzerinde bulunan röleler bir orta gerilim SCADA sistemi ile kumanda bilgisayarına bağlanmıştır. Bu bilgisayar üzerinden hücre hareketleri (açma/kapama) yapılabildiği gibi üretilen elektrik değeri, voltajı ve akımı da izlenmektedir.

4. KONTROL VE BAKIM

DORA–1 Jeotermal Elektrik Santrali'nde, sistem içerisindeki ekipmanların çalışmasında sürekliliği sağlamak, özellikle arıza bakımların zamanında ve hızlı gerçekleştirebilmek ve işletme giderlerini azaltmak için santral bünyesinde bakım ekipleri oluşturulmuştur. Bakım ekipleri “Yıllık İşletme Bakım Planı” doğrultusunda kontrol ve süreli bakımları yaparlar. İşletmenin yıllık bakım planı üretici firmaların tavsiyeleri ve işletmede elde edilen tecrübelerle göre hazırlanmıştır. Bakım ve kontroller içerisinde yapılan işler ve edinilen bilgiler bölüm sorumluları tarafından rapor haline dönüştürülerek kayıt altına alınır.

Kontrol ve Bakım iki başlıkta incelenebilir:

1. Periyodik kontroller ve bakım
2. Arıza bakımı

Periyodik Kontrol ve Bakım

Periyodik kontroller ve bakımlar; koruyucu bakım kapsamında, arızaların önceden tespiti ve hasara yol açmadan giderilmesi, sistemin düzgün ve güvenilir bir biçimde çalışması ve süreli ömürlü parçaların değiştirilmesi için yapılan günlük, haftalık, aylık, üç aylık, altı aylık ve yıllık kontrol ve bakımları kapsar. Ayrıca jeotermal sistemi içerisinde yedekli olarak dizayn edilen kontrol vanaları, pompalar ve kompresörler, haftalık periyotlarda asıl/yedek değişimi yapılarak eş zamanlı yaşlanma sağlanır. Kontrol formları üzerine çalışma saatleri kaydedilerek süreli bakımları da bu değerler üzerinden yapılır(Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3).

Günlük kontroller ;görsel ve işitsel olarak yapılır. Genel olarak günlük kontrollerde; sistemdeki pompa ve motorlarda yağ seviyeleri salmastra kaçakları, sürücü panolarında akım ve voltaj, OEC içi pentan hatlarında sızıntı, eşanjör ve kondenser ünitesi pentan seviyeleri, kondenser ünitesinde soğutma fanları çalışmaları, türbin ve jeneratörde yatak yağlama ve soğutma yağı basınçları, kompresör filtrelerinde yağ ve su birikimi, kurutucuda su tahliyesi ve santral genelinde gürültülü çalışma kontrolleri yapılır. Ayrıca üretim kuyularında kabuklaşmanın engellenmesi için kurulan inhibitör sisteminin debi ve basınç kontrolleri yapılmakta, sistem için inhibitör kimyasalı seyreltilerek besleme tanklarına aktarılmaktadır.

Haftalık kontroller; görsel, işitsel ve aletli olarak yapılır. Genel olarak haftalık kontrollerde; mekanik salmastra sıcaklıkları ve sızıntı kontrolü, titreşimli çalışan ekipmanlarda sabitleme somunları sıkılık kontrolü, hava hattı filtrelerinde su ve yağ kontrolü, OEC kondenser ünitesi tahliye sisteminde pnömomatik vana çalışma kontrolü, süreli bakım gerektiren ekipmanlarda çalışma saati kontrolü ve acil durum ekipmanlarında çalışma kontrolleri yapılmaktadır. Ayrıca jeotermal sistemde kabuklaşma dolayısıyla oluşması muhtemel tıkanma ve enerji kaybını önlemek için jeotermal akışkan numuneleri alınmakta ve analiz için laboratuara gönderilmektedir.

Aylık, üç aylık ve altı aylık bakım ve kontroller; aletli olarak yapılmaktadır. Genel olarak bu kontrollerde; süreli bakım gerektiren ekipmanların bakımları, yağlama üniteleri filtreleri temizlik/kontrolleri, jeotermal akışkan filtreleri temizlik/kontrolleri, sistemdeki döner ekipmanların titreşim analizleri, ölçüm enstrümanları ve pnömomatik kontrol vanaları kalibrasyonları, elektrik trafoları bakım ve kontrolleri, pano ve kesici hücreler temizlik ve kontrolleri yapılmaktadır.

Yıllık bakım ve kontroller süreli bakım ve kontrolleri kapsar. Sistemden alınan numuneler analiz ettirilir. Döner parçalarda titreşim analizleri yapılır. Analiz sonuçları doğrultusunda onarım/değişim işlemleri yapılacak kısımlar belirlenir. Yıllık bakım çalışması için iş planı hazırlanır, yedek parça stokları kontrol edilir ve bakım için uygun bir gün kararlaştırılır. Kararlaştırılan gün için "Planlı Duruş Programı" hazırlanır. Bakım çalışması yapacak ekiplere görev dağılımları birkaç gün öncesinden bildirilip gerekli ekipmanın bakımı yapılacak parçaların yanına taşınması sağlanır. Bakım çalışması süresince hazırlanan çalışma programına uyularak yıllık bakım ve kontrol işlemi tamamlanır.

Tablo 1. OEC periyodik koruyucu bakım çizelgesi

Ekipman	Bakım Aralığı					Açıklama
	Günlük	Haftalık	Aylık	Yarı-yıllık	Yıllık	
Genel OEC sistemi ve borulama	X	X	X	X		
Türbin	X	X		X	X	
Jeneratör	X	X	X	X	X	
Besleme pompası	X	X			X	
Kontrol vanaları		X		X		
Besleme pompası sürücüsü	X	X	X		X	
Besleme pompası filtre				X		
Yağ sistemi	X				X	
Rupture disc & emniyet valf			X			
Purge sistem		X	X			
Ölçüm cihazları: Basınç transmitter, anahtar ve gösterge; seviye ve sıcaklık titreşim & hız transmitter				X		
Elektrik kabinleri				X		
Kondenser fanları	X			X		

Tablo 2. Kuyu başları günlük periyodik kontrol çizelgesi.

KUYUBAŞLARI GÜNLÜK KONTROL ÇİZELGESİ		TARİH	
	/...../.....	
1. KONTROL VANALARI			
AS1 A.	PV 2101 A KUYU KONTROL VANASI	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
AS1 B.	PV 2101 B KUYU KONTROL VANASI	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
AS1 C.	LV 2130 TANK SEVİYE KONTROL VANASI	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
R2 D.	PV 2201 A KUYU KONTROL VANASI	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
R2 E.	PV 2201 B KUYU KONTROL VANASI	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
R2 F.	LV 2230 TANK SEVİYE KONTROL VANASI	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
AS2 G.	PV 2404 A RE-ENJ. BASINÇ KONTROL VANASI	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
NOT:			
2. POMPALAR			
AS1 A.	SICAKSU POMPASI P2101A (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
AS1 B.	SICAKSU POMPASI P2101B (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
AS1 C.	HİDROFOR (SU TANKI SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
R2 D.	SICAKSU POMPASI P2201A (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
R2 E.	SICAKSU POMPASI P2201B (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
R2 F.	HİDROFOR (SU TANKI SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
AS2 G.	RE-ENJEKSİYON POMPASI A (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
AS2 H.	RE-ENJEKSİYON POMPASI B (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
AS2 I.	RE-ENJEKSİYON POMPASI C (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
NOT:			
3. BASINÇLI HAVA SİSTEMİ			
AS1 A.	KOMPRESÖR A (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> YEDEK <input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
AS1 B.	KOMPRESÖR B (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> YEDEK <input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
R2 C.	KOMPRESÖR A (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> YEDEK <input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
R2 D.	KOMPRESÖR B (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> YEDEK <input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
R2 E.	KOMPRESÖR C (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> YEDEK <input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
AS2 F.	KOMPRESÖR A (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> YEDEK <input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
AS2 G.	KOMPRESÖR B (YAĞ SEVİYESİ	<input type="checkbox"/> YEDEK <input type="checkbox"/> KAPALI	<input type="checkbox"/> ÇALIŞIYOR <input type="checkbox"/> ARIZALI
NOT:			
4. DEŞARJ SİSTEMİ			
AS1 A.	HAVUZ SU SEVİYESİ KONTROL		
AS1 B.	DEŞARJ HATTI - SU DOPOSU ARASI HAT FİLTRESİ	<input type="checkbox"/> Temiz	<input type="checkbox"/> Temizlendi
AS1 C.	DEŞARJ POMPASI	<input type="checkbox"/> Çalıştı	<input type="checkbox"/> Çalışmadı
AS1 D.	AKÜMÜLATÖR - SEPARATÖR TAHLİYE		
R2 E.	AKÜMÜLATÖR - SEPARATÖR TAHLİYE		
R2 F.	VAPORİZER İNLET FİLTRE TAHLİYE		
NOT:			
5. O.E.C. SOĞUTMA ÜNİTESİ			
A.	L1 KONDENSER FANLARI ÇALIŞMASI (<input type="checkbox"/> NORMAL	<input type="checkbox"/> ARIZALI
B.	L2 KONDENSER FANLARI ÇALIŞMASI (<input type="checkbox"/> NORMAL	<input type="checkbox"/> ARIZALI
NOT:			
NOT : Çarşamba ve Cumartesi günleri kamera camları temizlik kontrolü yapılacaktır.			
OPERATÖR		İMZA	

Tablo 3. Kuyu başları ve OEC haftalık periyodik kontrol çizelgesi.

O.E.C. VE KUYUBAŞLARI HAFTALIK ELEKTRİK KONTROL ÇİZELGESİ		TARİH	... / ... /	
EKİPMAN - CİHAZ HAKKINDA DÜŞÜNCELER				
1. Acil Durum Jeneratörü				
Akü suyu seviyesi	Normal	<input type="checkbox"/>	Düşük	<input type="checkbox"/>
Akü kutup başları	Normal	<input type="checkbox"/>	Arızalı	<input type="checkbox"/>
Soğutma suyu seviye kontrolü	Normal	<input type="checkbox"/>	Düşük	<input type="checkbox"/>
Motor yağı seviyesi	Normal	<input type="checkbox"/>	Düşük	<input type="checkbox"/>
Jeneratörün 10dak. yükstüz çalıştırılması	Normal	<input type="checkbox"/>	Arızalı	<input type="checkbox"/>
Sogutma suyu sıcaklığı			°C	
Jeneratör Çıkış Gerilimi	R	_____	V	
	S	_____	V	
	T	_____	V	
Jeneratör çalışma saati		_____	saat	
2. Step-Up Trafosu				
Buşing bağlantı bara sıcaklığı (gölgede)	R	_____	S	_____
	L1	_____	L2	_____
			L3	_____
Yağ seviyesi	Normal	<input type="checkbox"/>	Düşük	<input type="checkbox"/>
Yağ Kaçağı	Var	<input type="checkbox"/>	Yok	<input type="checkbox"/>
3. Santral İç İhtiyaç Trafosu				
Buşing bağlantı bara sıcaklığı	R	_____	S	_____
	L1	_____	L2	_____
			L3	_____
Yağ seviyesi	Normal	<input type="checkbox"/>	Düşük	<input type="checkbox"/>
Yağ Kaçağı	Var	<input type="checkbox"/>	Yok	<input type="checkbox"/>
4. AS2 İç İhtiyaç Trafosu				
Buşing bağlantı bara sıcaklığı	R	_____	S	_____
	L1	_____	L2	_____
			L3	_____
Yağ seviyesi	Normal	<input type="checkbox"/>	Düşük	<input type="checkbox"/>
Yağ Kaçağı	Var	<input type="checkbox"/>	Yok	<input type="checkbox"/>
5. DAPT12 İç İhtiyaç Trafosu				
Buşing bağlantı bara sıcaklığı	R	_____	S	_____
	L1	_____	L2	_____
			L3	_____
Yağ seviyesi	Normal	<input type="checkbox"/>	Düşük	<input type="checkbox"/>
Yağ Kaçağı	Var	<input type="checkbox"/>	Yok	<input type="checkbox"/>
6. ADM Redresör Panosu				
Şarj Akımı			A	
Besleme Gerilimi	_____		V	
Çıkış Gerilimi	_____		V	
7. Shelter Redresör Panosu				
Şarj Akımı			A	
Besleme Gerilimi	_____		V	
Çıkış Gerilimi	_____		V	

4.2 Bakım

İşletmede programlı bakım sistemi uygulanmaktadır. Üretici firma tarafından verilen bilgiler çerçevesinde [1] tüm ekipmanlar için hazırlanmış olan periyodik bakım “yıllık işletme bakım planı” tablo olarak düzenlenmiştir. Koruyucu bakım niteliğinde belirlenen bu planda; günlük, haftalık, aylık, altı-aylık, yıllık periyotlarda sistem durdurulmadan yapılacak kontrol ve bakım yer almaktadır.

Ayrıca yapılan bu programlı kontrol ve bakım plan dışında, oluşan ancak santralin durdurulmasına gerek duyulmadan çalışmasına izin verilen ve/veya oluşabilecek arızaların önceden tespit edilmesiyle birlikte, ulusal şebekenin bakımı ya da planlı bir duruşu sırasında işletmede de planlı bakım yapılır. Yıllık Periyodik Bakımda da yine planlı bir duruş programı uygulanır.

Ancak öngörülme-yen bir zamanda ekipmanın işlevini yerine getirememesi nedeniyle üretimin aksamasına yol açan ve acil müdahale gerektiren arıza bakımlarıyla da karşılaşmaktadır. Arıza durumunda eğer sistem çalışmaya devam edebiliyorsa bütün önlemler alınarak sistem çalışması sürdürülür. En kısa sürede bakım/onarım iş planı hazırlanır. Arızalı/hatalı parça, eğer stoklarda yok ise, temin edilir. Bakım için sistem duruşu gerekli ise zorunlu duruş programı hazırlanır. En uygun zamanda arızalı/hatalı parça onarım/bakımı iş planı doğrultusunda yapılır.

İşletmede arıza durumunda bakım işleminin en kısa sürede yapılabilmesi için gerekli yedek parçalar stoklarda bulundurulmaktadır. Üretici firma tavsiyeleri dikkate alınarak yedek parça stoğu oluşturulmuş ve işletmede edinilen tecrübeler dikkate alınarak stok sürekli yenilenmektedir. Aşağıda arıza bakım gerektiren bir arıza / bakım işlemi Resim 6’ da gösterilmiştir.



Resim 6. Arıza bakımı

5. SANTRAL VE YAN ÜNİTELERİNDE KORUMA VE GÜVENLİK

İşletmenin gerek Elektrik Santrali olmasından gelen özelliği, gerekse üretim sürecinde kullanılan ikincil akışkanın niteliği yönlerinden İşletmede güvenlik (iş ve yangın) son derece önemlidir. Başta “**Elektrik Kuvvetli Akımlar** “ yönetmeliği, “**Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul Ve Esasları**” hakkındaki yönetmelik, 4857/78 sayılı “**Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması**” hakkındaki yönetmelik, 4703 sayılı “**Muhtemel Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemlere ilgili** “ yönetmelik, 25325 sayılı “**Güvenlik ve Sağlık İşaretleri** “ yönetmeliği ”**İş Güvenliği İle Görevli Mühendis veya Teknik Elamanların Görev, Yetki ve Sorumlulukları ile Çalışma Usul ve Esasları** “ hakkında yönetmeliğin amir hükümleri doğrultusunda gereken tedbirler alınmış bulunmaktadır

Santral bölgesi, anılan madde için gaz ,alev algılama sistemi ile donatılmış yüksek derecede güvenlik sistemine sahiptir.Santral otomatik olarak bilgisayar kontrollü olarak çalıştığından böylesi bir durumla karşılaştığında sistem otomatik olarak sesli alarm ile uyarıda bulunmaktadır.Ayrıca her gün düzenli olarak dedektörle madde kaçak denetimi ve tankta seviye kontrolü yapılmaktadır.

Ayrıca Santral işletmesi ve yan üniteleri özelliğine uygun olarak Yangın hidrant sistemi, sprinkler söndürme sistemi, yangın dolapları ve kuru kimyevi tozlu yangın söndürme,CO₂ ve köpüklü söndürme cihazı dolabı vb. yardımcı gereçler ile donatımı yapılmış bulunmaktadır.

Tüm Personele iş güvenliği ve yangın eğitimi verilmiş olup sertifikalandırılmış bulunmaktadır. Personele periyodik olarak tatbikat yaptırılmaktadır.

İşletme bünyesinde oluşturulan özel güvenlik birimi ile santral ve kuyu bölgeleri kontrol altında tutulmaktadır. İl Özel Güvenlik Komisyonu tarafından Santralin işletmesinde önerilen sayıda özel güvenlik görevlisi görevlendirilmiş bulunmaktadır. Üç vardiya tam gün esasına göre çalışan güvenlik elemanları 5188 sayılı yasa hükümlerine uygun çalıştırılmaktadır. Santral ve kuyu bölgelerinde kurulmuş olan kapalı devre CCTV güvenlik kamera sistemi ile izleme yapılmaktadır.

İşletmenin güvenlik kapsamında; işletim sisteminin mekaniksel ve elektriksel olarak günlük, haftalık, aylık bakım programları çerçevesinde planlı bakım ve kontrolleri yapılmaktadır. Bu çerçevede; yangın hidrant sisteminin basınç kontrolü, dizel yangın pompasının ve joker pompanın çalışma kontrolleri, yangın alarm sisteminin çalışma kontrolü, pentan maddesi kaçak algılama sisteminin kontrolleri düzenli olarak yapılmakta, kontrolü yapan kişi tarafından çizelgeye işlenip imzasıyla kayıt altına alınmakta ve işletme yetkilisinin kontrolüne sunulmaktadır.

SONUÇ

Ülkemizin ilk çift akışkanlı (Binary) jeotermal enerji santrali DORA-1, 10 Mayıs 2006 tarihinde işletmeye girmiştir. Santralde güvenli ve sürekli bir elektrik üretimi sürecinde; üretimin yüksek performansta ve jeotermal akışkanın elde edildiği sahada sürdürülebilir bir işletmenin yapılabilmesi için periyodik kontrol ve bakımların düzenli olarak yapılması ve işletme sırasında tüm değerlerin düzenli olarak kayıt altına alınması önem kazanmaktadır. İşletmede periyodik kontrol ve koruyucu bakımlar hazırlanan Yıllık İşletme Bakım Planına göre yapılmakta ve raporlanmaktadır. İşletme sırasında alınan jeotermal akışkana ait termofiziksel değerler ve Santral bileşenlerin özgül performans kayıtları önceki değerleriyle karşılaştırılmakta, alınması gereken tedbirler/müdahaleler buna göre yapılmaktadır. Eylül 2007 tarihinden itibaren ise İYTE (İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü) tarafından yapılan GEOPERFORM [3] yazılım programı ile işletme sırasında alınan değerler ile oluşturulan veri tabanına dayalı performans testleri ve değerlendirmeler yapılmaya başlanmıştır. Böylece işletme sırasında yapılan gözlemler ve kayıt altına alınan değerlerin bilimsel olarak daha iyi değerlendirme olanağı hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] ORMAT, "Operation and Maintance Manuel" , 2005.
[2] AKSOY,N., "Jeotermal Sahalarda Kabuklaşma ve Çözüm Yöntemleri". VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Semineri, 2007.
[3] GÜLGEZEN, G., SUMER, E.C., AYTAÇ, S., TOKSOY, M. "Jeotermal Santrallarda Performans Gözlemi için Veri Tabanı Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi için Bir Program: GEOPERFORM". VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Semineri, 2007

ÖZGEÇMİŞLER**Fasih KUTLUAY**

1955 yılında İzmir'de doğdu. 1977 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakültesi Makina Bölümünü bitirdi. 1981 yılına dek tesisat proje mühendisi olarak serbest çalıştı. 1981-1994 yılları arasında Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesinde profesyonel yönetici olarak Şube Sekreter üye görevini yürüttü.1978-1998 yılları arasında Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesinde yönetim Kurulu Üyeliklerinde ve Başkanlığı görevinde bulundu.1994-2000 yılları arasında serbest olarak çalıştı. 2000 -2005 yılları arasında Balçova Jeotermal Enerji San. Tic. Ltd. Şti. nde Genel Müdür olarak görev yaptı. 2005 tarihinden itibaren yapım aşamasında göreve başladığı MEGE Elektrik Üretim A.Ş ye ait DORA-1 Jeotermal Elektrik Santralında İşletme Müdürü olarak çalışmaktadır.

Sabri Serkan SAYGILI

1981 yılında Ankara'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladı. 2003 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünü bitirdi. 2004 yılında MB holding ailesine katıldı. DORA – 1 Jeotermal Elektrik Santrali kurulumunda görev aldı. Halen DORA–1 Jeotermal Elektrik Santralinde mekanik sorumlu olarak çalışmaktadır.