

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

EĞİTİM TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

PROJE ADI

Organik Rankine Çevrimi Kullanarak Jeotermal Enerji Santrali

Prototip Cihazın Tasarımı, İmalatı ve PLC Tabanlı SCADA

Otomasyonunun Geliştirilmesi

TAKIM ADI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Enerji Takımı

BAŞVURU ID

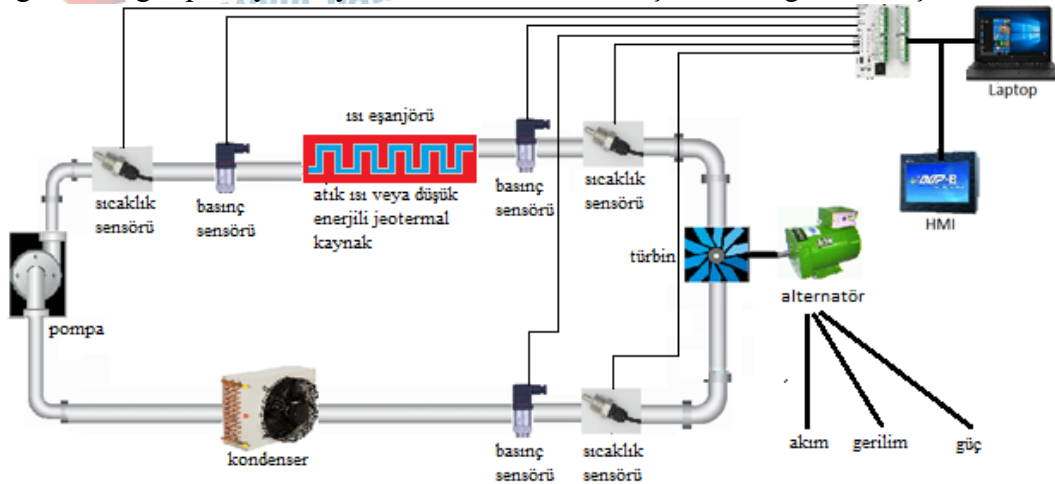
65464

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

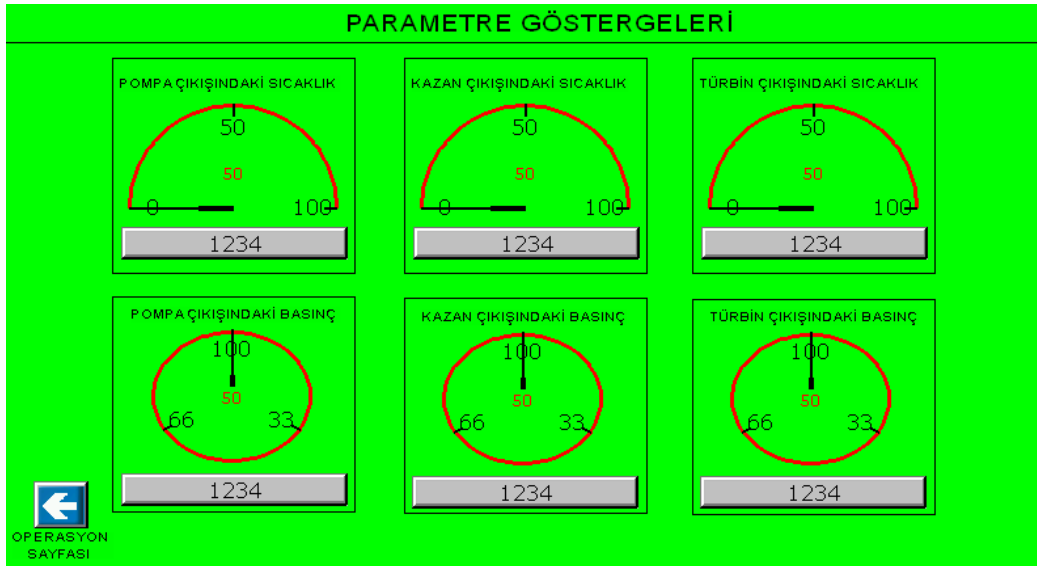
Elektrik tüketiminin artması sonucunda fosil yakıtlar tükenmekte ve karbon salınımlarındaki artış dünyamızı iklim değişikliği tehdidi ile karşı karşıya bırakmaktadır. İklim değişikliği ve sera etkisinin önlenmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak gerekmektedir. Türkiye, jeotermal enerji kaynakları yönünden 7. Sırada olmasına rağmen yeteri kadar faydalanamamaktadır. Bunun sebebi ise ülke genelinde 80°C-150°C sıcaklıkları arasında bulunup elektrik üretimine elverişli olmayan düşük enerjili kuyu ve sahaların olmasıdır. Projede düşük enerjili kuyu ve jeotermal kaynaklardan yüksek verimli enerji üretebilmek için organik rankine çevrimi (ORC) kullanılacaktır. ORC sisteminde organik akışkan kullanılmasının sebebi ise düşük sıcaklıklarda yüksek basınç değerlerine ulaşmasıdır. Bu yöntem sayesinde düşük enerjili olduğu için kullanılmayan jeotermal kaynaklardan yüksek verimli elektrik enerjisi üretimi ve sanayide dışarıya atılan atık ısıdan da faydalanarak kojenerasyon sistemleri ile elektrik üretimi sağlanacaktır.

Projede kullanılan ısı eşanjörü içerisindeki organik akışkan, jeotermal kaynak veya sanayideki atık ısı buharı sayesinde ısıtılarak yüksek basınçlı hale gelecektir. Yüksek basınçlara ulaşan organik akışkan türbin içerisinde genişleşerek türbin milinin daha hızlı dönmesini sağlayacaktır. Türbin mili, alternatöre bağlanacaktır. Türbin milinin dönmesi sonucunda mekanik enerji, elektrik enerjisine çevirilmektedir. Sistem sürekliliğini sağlamak için türbinde genişleyen organik akışkan kondenserde yoğunlaştırılacak ve pompa ile birlikte sisteme geri gönderilecektir. Pompa, ısı eşanjörü ve türbin çıkışlarındaki sıcaklık ve basınç sensörleri sayesinde sistemde meydana gelen basınç ve sıcaklık değerlerindeki değişim izlenebilecektir. Projede kullanılacak olan türbin CNC ile imal edilecektir. Isı eşanjörünün gövdesi sac metalden imal edilecek ve sistemde kullanılacak olan borular ise ısıl iletkenliği yüksek olan bakır malzemedir.

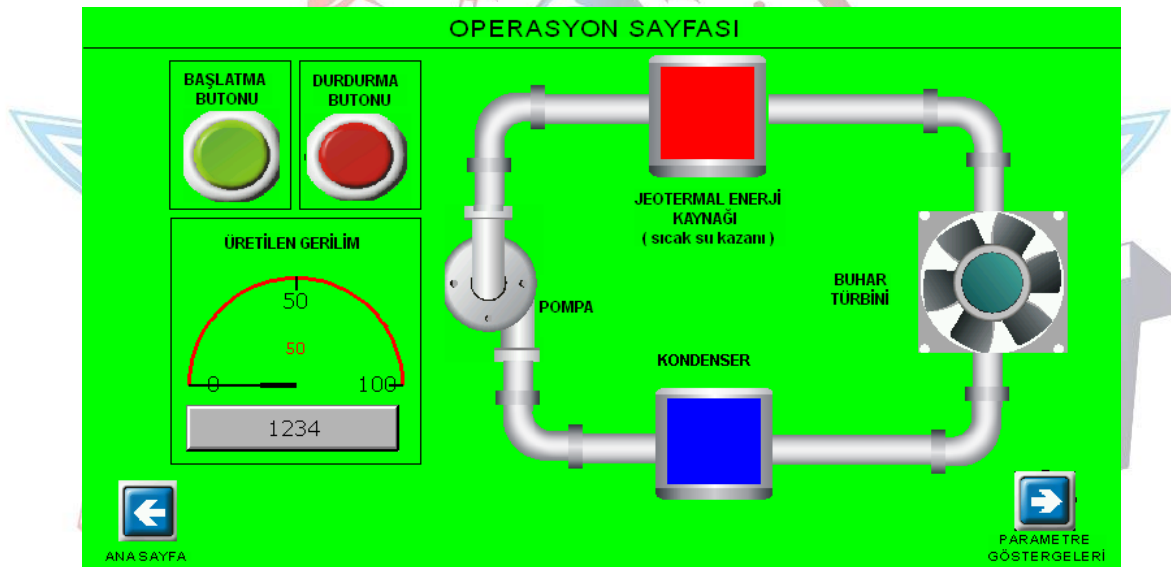
Sistemde kullanılan sensörlerin, PLC yazılımı yapılacak ve SCADA otomasyonu ile kontrolü sağlanacaktır. Sisteme ait olan şematik gösterim şekil.1'de, sistem üzerindeki parametrelerin gösterileceği SCADA ekranı şekil.2'de ve parametrelere göre üretilen elektrik enerjisinin gösterildiği operasyon sayfasının SCADA ekranı şekil.3'de gösterilmiştir.



Şekil.1 ORC kullanılan jeotermal elektrik santralinin şematik gösterimi



Şekil 2. Parametre değerlerinin gösterileceği SCADA ekranı



Şekil 3. Sistem operasyon sayfasının SCADA ekranı

Organik akışkanlar aynı sıcaklıklarda farklı basınç değerlerine ulaşmaktadır. Projede R134a ve R407c organik akışkanları kullanılacaktır. Bu sayede organik akışkanların aynı sıcaklıkta meydana getirmiş olduğu basınç değerlerindeki farklılıklar ve elektrik enerjisinin üretimindeki etkileri karşılaştırılacaktır.

Prototip cihaz sayesinde lise, lisans ve lisansüstü seviyesindeki öğrenciler gerçek bir jeotermal santrale veya ORC kullanılan sanayi firmasına gitmeden enerji üretimi, iletimi hakkında bilgi sahibi olabilecektir. Projede basınçlı boru, ısı eşanjörü, türbin ve PLC tabanlı SCADA otomasyonu bulunduğu için termodinamik, akışkanlar mekaniği ve otomasyon sistemleri gibi çoğu derste uygulamalı eğitim için kullanılabilir bir prototip cihazdır.

Yapılan Prototip cihaz tasarımı, organik akışkanların kullanımı açısından önemli bir rol oynayacak ve AR-GE (araştırma ve geliştirme) çalışmalarını tetikleyecek niteliktedir.

2. Problem/Sorun:

Nüfusun artmasıyla birlikte doğru orantılı olarak enerji ihtiyacı ve sanayileşme de artmaktadır. Enerji ihtiyacının artması sonucunda fosil yakıtların kullanımı artıyor ve karbon salınımı sonucunda iklim değişikliği meydana geliyor. Aynı şekilde sanayilerde dışarıya bırakılan atık ısı veya buharlar da iklim değişikliğini tetiklemektedir.

İklim değişikliğinin önlenmesi için yenilenebilir enerji çeşidi olan jeotermal kaynaklar kullanılmaktadır. Türkiye jeotermal kaynak bakımından çok zengin olmasına karşın birçoğu düşük sıcaklıklarda olduğu için kullanılamamaktadır. Bir başka problem ise sanayilerde açığa çıkan atık ısı ve buharın dış ortama bırakılması sonucu enerji üretimindeki verimin düşmesi ve iklim değişikliğini tetiklemesidir [1,2].

3. Çözüm

Organik akışkanlar, elektrik üretim santrallerinde kullanılan suya göre daha fazla basınç üretmektedir. Bu nedenle ORC (organik rankine çevrimi) yöntemini kullanarak düşük enerjili jeotermal kaynaklardan veya atık ısının meydana geldiği sanayilerden yüksek verimli enerji elde etmemizi sağlamaktadır [3,4]. Su ve organik akışkan olan R134a ile R407c gazlarının sıcaklığa bağlı olarak üretmiş oldukları basınç değerleri şekil 4’de gösterilmiştir. Şekil 4. Sıcaklık- basınç değerleri[5]

Sıcaklık Değerleri (C°)	Akışkanların Basınç Değerleri (Bar)		
	Su	R134a	R407c
20	0.023	4.7	7.7
30	0.042	6.7	10.6
40	0.073	9.2	14.3
50	0.123	12.2	18.8

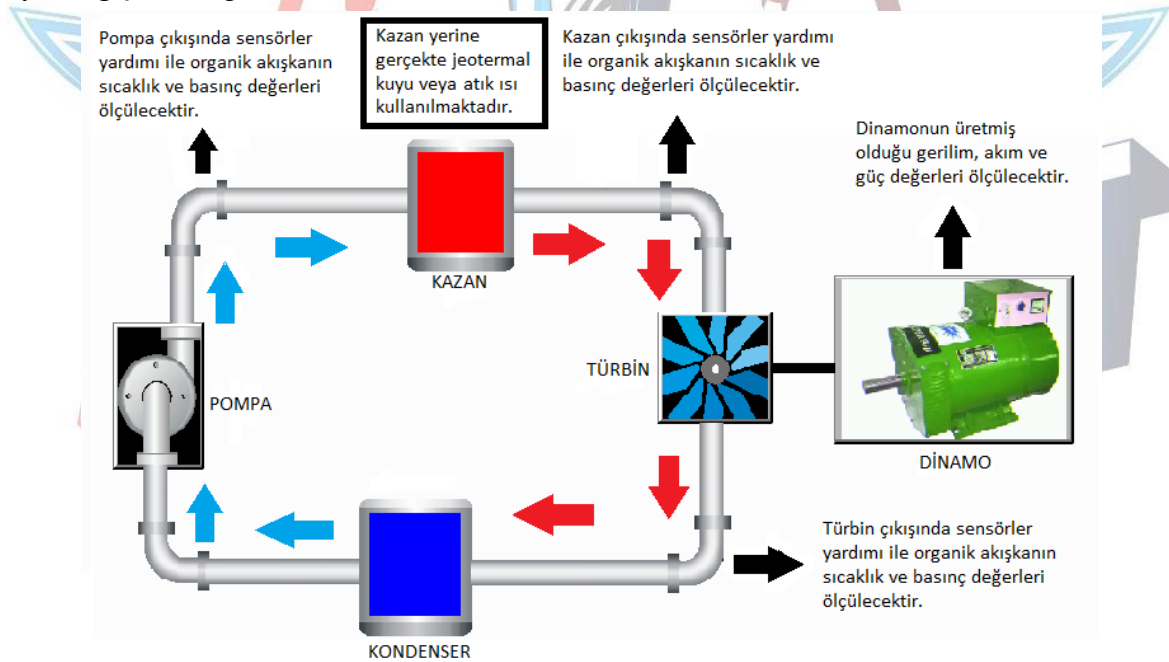
Sorun	Çözüm	Eğitimdeki Katkısı
Düşük enerjili jeotermal kaynakların kullanılamaması ve sanayilerde meydana gelen atık ısının değerlendirilememesi.	Su yerine organik akışkan olan R134a ve R407c gazları kullanarak düşük sıcaklıklarda yüksek basınçlar elde edilecektir. Basınçla doğru orantılı olarak da elektrik enerjisi üretilecektir.	Lise, lisans ve lisansüstü öğrencilerinin santrale veya bir ORC kullanılan sanayiye gitmeden, prototip cihaz üzerinden uygulamalı eğitim yapabileceklerdir.
		Prototip cihaz AR-GE çalışmalarında kullanılacaktır.
		Organik akışkanların, sıcaklığa bağlı basınç artışını SCADA ekranı üzerinden anlık olarak görebileceklerdir.
		Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilebilir ve öğrencilerin bu alanlarda uzmanlaşması sağlanabilir.

4. Yöntem

Projede, Organik Rankine Çevrimi kullanarak PLC ile çalışan jeotermal enerji santralinin (JES) tasarımı, imalatı yapılacak ve SCADA tabanlı kontrolü gerçekleştirilecektir. Özgün yazılıma sahip olan prototip cihazdan elde edilen verilere göre iyileştirme çalışmaları yapılacaktır. Düşük maliyet ile yüksek verim elde etmek için parametre değerleri ayarlanacaktır. Proje boyunca uygulanacak adımlar, teknikler ve materyaller aşağıda 5 aşamada belirtilmiştir.

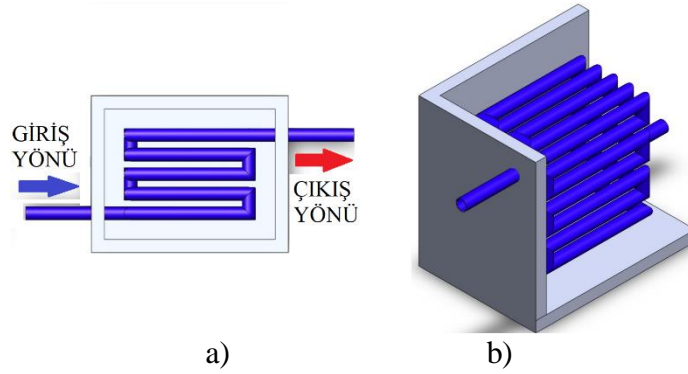
4.1 JES Prototip Cihazın Mekanik Tasarım ve İmalatı

Şekil 5’de görülmüş olduğu üzere prototip tasarımı pompa, kazan, türbin, kondenser ve alternatörden meydana gelmektedir. Pompa, kazan, kondenser ve türbin arasında organik akışkan devridaim ettirileceği için boru bağlantıları sızdırmaz şekilde tasarlanacak ve imal edilecektir. Bağlantı borularındaki organik akışkanın buharlaşması ve yoğuşması esnasında problem yaşanması, gerekli basıncın oluşmaması durumunda bağlantı borularının imal edileceği materyal değişkenlik gösterecektir.



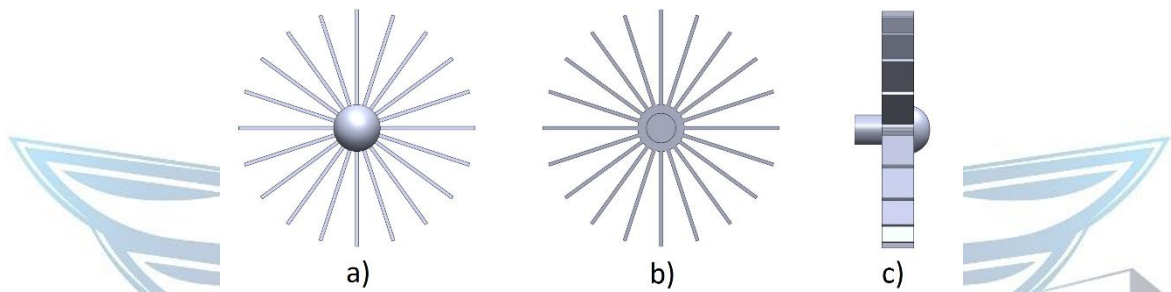
Şekil 5. Prototip cihazın genel çalışma şeması

Organik akışkan, kazan içerisinde buharlaştırılacağı için ısı iletkenliği yüksek olan metal sacdan imal edilecektir. İmal edilen kazan boyutlarında gerekli buharlaşma derecesi elde edilemediği takdirde kazan boyutları değiştirilerek organik akışkanın boru içerisinde kazanda daha fazla yüzey alanına ve jeotermal ısıya maruz kalması için kazan boyutları büyütülecektir [6]. Tasarımı yapılan kazan modeli şekil 6’da görülmektedir.

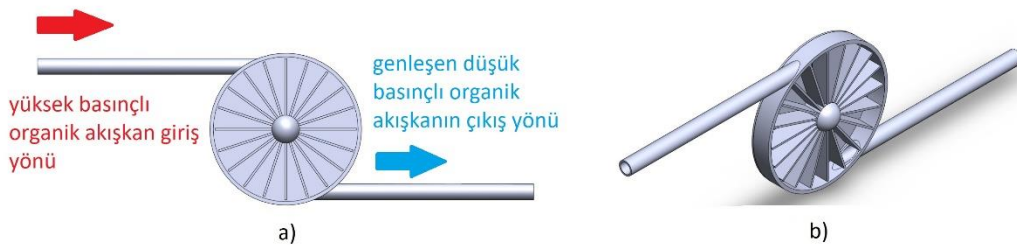


Şekil 6. Kazan tasarımının katı hal görünüşü a) üst görünüş b) perspektif görünüş

Buharlaştıran organik akışkan basıncından elde edilen enerjiyi mekanik enerjiye çeviren türbin ise çelik malzemeden sızdırmaz bir şekilde CNC ile imal edilecektir. CNC ile İmal edilecek olan türbin modelinin SolidWorks programı üzerinde yapılan döner mil ve pervane tasarımı şekil 7’de ve türbin tasarımının genel görünümü şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Mil ve pervane tasarımının a) ön görünüş b) arka görünüş c) üst görünüş

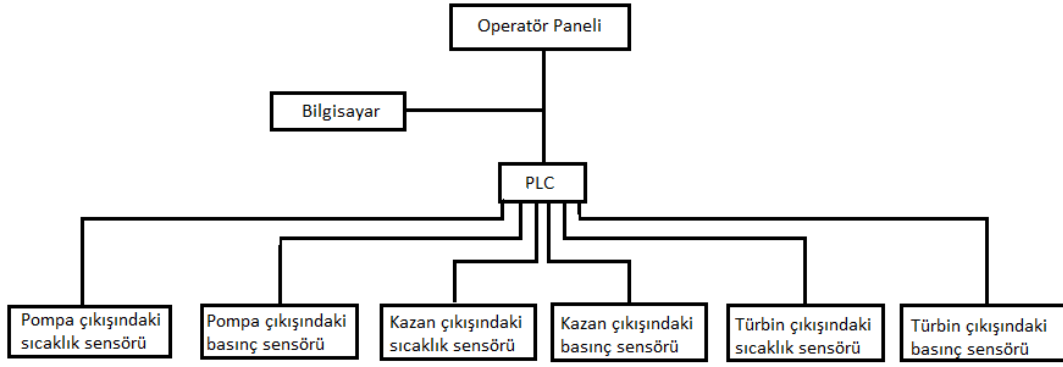


Şekil 8. Türbin tasarımının genel görünüşü a) ön görünüş b) perspektif görünüş

Türbin çıkışındaki mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirmek için alternatör kullanılacaktır. Türbin çıkışında genleşen organik akışkanı tekrardan sıvı hale getirmek için kondenser içerisinde yoğuşturulacak ve pompa yardımı ile devridaim edilecektir. Sistem çalışmaya, elektrik üretmeye devam edecektir.

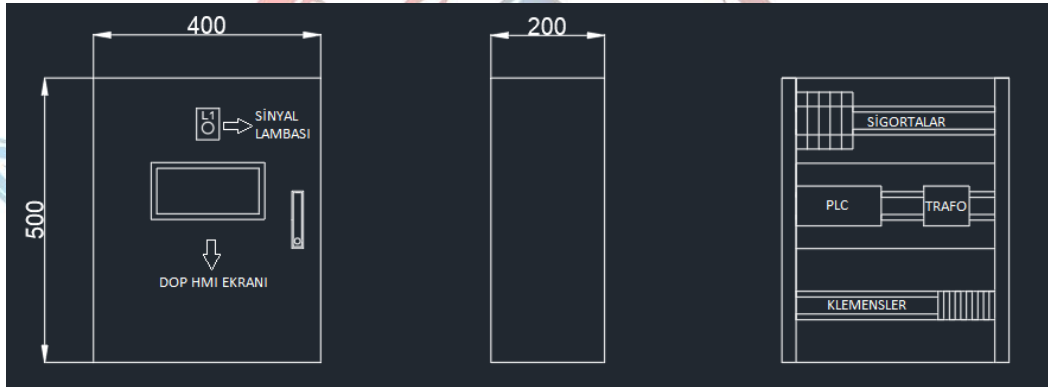
4.2 Elektrik Elektronik Sistem Tasarım ve Montajı

Kazan, yani ısı eşanjöründe yüksek basınçlı hale getirilen organik akışkan türbindeki mili döndürecek ve mekanik enerji elde etmemizi sağlayacaktır. Elde edilen mekanik enerji alternatör miline bağlanacak ve mekanik enerjiden elektrik üretmemizi sağlayacaktır. Sistem içinde hareket halinde olan organik akışkanın sıcaklık ve basınç değerlerindeki değişiklikleri görebilmek için 6 adet sensör yerleştirilecektir. Sıcaklık ve basınç sensörleri pompa, kazan ve türbin çıkışlarına yerleştirilecektir. Yerleştirilen sensörlerin bağlantıları şekil 9’da gösterilmektedir.



Şekil 9. Sensör bağlantılarının şematik gösterimi

Sistem içerisinde kullanılan bağlantı, sensör ve PLC-SCADA kablolarının tehlike arz etmemesi için elektrik panosu tasarlanacaktır. Tasarlanan elektrik panosu şekil 10'da gösterilmektedir.



Şekil 10. Prototip JES cihazına ait olan elektrik panosu

4.3 PLC ve SCADA Haberleşme Sistem Tasarımı

Bu aşamanın temel amacı; mekanik tasarımı ve imalatı yapılan JES prototip cihazın kontrolünü yapmaktır. Kontrol için Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği laboratuvarında yer alan DELTA SX2 PLC ve SCADA sistemi için DELTA DOP HMI panel kullanılacaktır. PLC ve SCADA sisteminin kodlanması WPLSoft programı ile yapılacaktır. Şekil 11'de görüldüğü gibi PLC ile HMI panel RS485 haberleşme protokolü ile sürekli iletişim halinde olacaktır.



Şekil 11. PLC ve SCADA haberleşme şeması

4.4 JES Özgün Yazılım Geliştirme ve İyileştirme

Bu aşamada Mekanik olarak imalatı tamamlanmış olan prototip jeotermal enerji santralinin WPLSoft programı üzerinden PLC kodu yazılacaktır. Yazılmış olan PLC koduna uygun olarak DOP ekran tasarımı yapılacaktır. SCADA ekranı üzerinden veriler izlenerek sistemin sorunsuz bir şekilde çalışması ve verilerin doğru bir şekilde elde edilmesi sağlanacaktır [7].

4.5 JES Prototip Cihazın Genel Testleri

Tamamlanmış olan 4 aşama sonucunda prototip JES cihazın testleri bu aşamada yapılacaktır. Gerçek veriler üzerinden testler gerçekleştirilecek, elde edilen bilgiler dahilinde düzeltmeler veya iyileştirme çalışmaları yapılacaktır. PLC-SCADA çalışmasında herhangi bir hatanın olup olmadığı kontrol edilecektir. Prototip JES cihazı üzerinde bir hata olması durumunda hatalar giderilecek ve sistem tamamen verimli bir şekilde çalışır hale getirilecektir.

JES prototip cihazdan yüksek verimli elektrik enerjisi elde edebilmek için farklı sıcaklık değerlerinde ölçümler yapılacaktır. Yapılan ölçümler sonucunda pompa çıkışındaki, kazan çıkışındaki ve türbin çıkışındaki sıcaklık, basınç sensörlerinden değerler okunacaktır. Okunan değerlere karşılık gelen ve alternatörde üretilen elektrik enerjisinin gerilim, akım, güç değerleri okunacak ve şekil 12'deki gibi tabloya yazılacaktır. Organik akışkanların kendi içerisinde basınç değerlerinin farklılık gösterdiğini anlayabilmek için R134a ve R407c akışkanları ile test yapılacaktır. Yapılan testler sonucunda yüksek verimli elektrik enerjisini üretmek için uygun olan parametreler belirlenecektir. Yapılan testlerin doğruluğunun ispat edilmesi için uygulanan farklı sıcaklıklardaki testler 2 ve 4 kere tekrar edilecektir.

JES PROTOTİP CİHAZ ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ TEST PARAMETRELERİ											
	Düşük Entalpili Jeotermal Kaynak (atık ısı) Sıcaklık Değerleri (°C)	YAPILACAK TEST SAYISI	Basınç ve Sıcaklık Sensör Değerleri						Üretilen Enerji		
			Sıcaklık sensör 1	Sıcaklık Sensör 2	Sıcaklık Sensör 3	Basınç Sensör 1	Basınç Sensör 2	Basınç Sensör 3	Gerilim	Akım	Güç
R-134a ve R-407c	40	4									
	42	4									
	44	4									
	46	4									
	48	2									
	50	2									
	52	2									

Şekil 12. R134a ve R407c test tablosu

* İş sağlığı ve güvenliği sebebi ile düşük sıcaklıklarda testler gerçekleştirilecektir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

JES prototip cihazda, gerçek enerji santrallerinde kullanımı yoğun olan PLC ve SCADA sistemi kullanılmaktadır. Bu sayede basınç ve sıcaklık değerlerindeki değişim anlık olarak izlenebilmekte ve herhangi bir hata durumunda ani olarak müdahale edilebilmektedir. PLC ve SCADA yazılımı özgün olarak tasarlanacaktır. Prototip cihazda kullanılacak olan ısı eşanjörü sac metal ve bakır borudan imal edilecektir. Isı eşanjörünün özgün tasarıma sahip olmasından dolayı hesaplamalar yapılarak organik akışkanın istenilen sıcaklığa getirilmesi sağlanacaktır. Kullanılacak olan türbin, CNC ile imal edilecektir. CNC ile imalatının gerçekleştirilmesi sonucunda türbin milindeki sürtünme kuvveti en aza indirgenecek ve istenilen basınç değerlerine mukavemet gösterecek şekilde üretilecektir.

Gerçek bir jeotermal enerji santralinin, küçük ölçekli prototip cihazı imal edilecektir. JES prototip cihaz sayesinde öğrenciler, uzaktan eğitime uygun olarak uygulamalı eğitim yapabileceklerdir. Bu sayede öğrenciler, teorik olarak öğrendikleri bilgileri prototip cihaz üzerinde pratiğe dökebileceklerdir.

Jeotermal enerji santrallerinde yapılacak olan AR-GE çalışmaları yüksek maliyet gerektirmektedir. Bu prototip cihaz sayesinde yapılacak olan AR-GE çalışmaları düşük maliyet ile gerçekleştirilecektir.

6. Uygulanabilirlik

JES prototip cihaz, teknik olarak birçok konuyu içermektedir. Termodinamik, akışkanlar mekaniği, otomasyon sistemleri, yenilenebilir enerji kaynakları, CNC imalat yöntemleri, enerji üretimi ve iletimi hakkında uygulamalı olarak kullanılacaktır. Bu sayede lise, lisans ve lisansüstü düzeydeki eğitim kurumlarında eğitim kiti olarak kullanılabilir. Öğrenciler, elde ettikleri bilgileri pratiğe dökerek daha verimli bir eğitim almış olacak ve ilgili alanlara uygun olmakla birlikte kendilerini bu dalda geliştireceklerdir.

Türkiye, ege bölgesinde olmak üzere çok fazla jeotermal kaynağa sahiptir. Birçok jeotermal kaynak veya kuyu, enerji şirketleri tarafından verimli bulunmadığı için üretime geçmemektedir. ORC kullanılan JES prototip cihaz sayesinde AR-GE çalışmaları yapılabilir ve üretime elverişli olacak organik akışkan seçilebilir. Gerçek ölçekli testlere göre daha az maliyetli olacağı için tercih edilebilecektir.

Nüfusun artması sonucunda enerji ihtiyacı da artmaktadır. Yüksek verimli jeotermal kuyu ve sahalar faaliyette olup, düşük enerjili sahalar kalmaktadır. Düşük enerjili sahalar yönelme durumunda kalacak olan firmalar ORC yöntemini kullanacaklardır. Enerji ihtiyacının artması sonucunda ORC yöntemi yaygınlaşacak ve prototip cihaz sayesinde denemeler yapılarak, jeotermal kuyu ve sahalar üzerinde iyileştirme çalışmaları yapılabilir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Yapılacak olan proje, gerçek bir jeotermal enerji santralının prototip versiyonu olacaktır. Büyük ölçekli jeotermal enerji santrallerine kıyasla çok düşük bir maliyet ile imal edilecektir. JES prototip cihaz tasarımında kullanılacak olan malzemeler ve tahmini bütçe hesaplaması şekil 13’de gösterilmiştir.

Malzeme İsmi	Adet	Teknik Özellik	Makine Malzemesi	Sarf Malzeme	Hizmet alımı	Fiyat
R134a Organik Akışkan	1	6.8 Kg		evet		₺600,00
Sac Plaka	3	A3 (25cm X 40cm)		evet		₺200,00
Bakır Boru	11	1 metre		evet		₺400,00
Boru Bağlantı Elemanları	25	T -redüksiyon - manşon		evet		₺270,00
Mikro Türbin	1	20x20x10	evet		evet	₺1.500,00
Sıcaklık Sensörü	3	Kraft PT100	evet			₺1.585,00
Basınç sensörü	3	Trafag - EPI 40.0	evet			₺1.428,00
Pano Gövdesi	1	40x40x20	evet			₺300,00
Pompa	1	KLPRO KLPSP256	evet			₺420,00
Alternatör	1		evet			₺300,00
Kondenser	1	1/5 Hp 1,2m2	evet			₺300,00
R407c Organik Akışkan	1	11.35 Kg		evet		₺700,00
TOPLAM						₺8.003,00

Şekil 13. Kullanılacak malzeme ve fiyat listesi

JES prototip cihaz tasarımı, yöntem başlığı altında tanımlanan 5 aşamada gerçekleşecektir. Aşamaların planlamasına ait olan zaman çizelgesi şekil 14’de gösterilmiştir.

Aşama	Başlama Tarihi	Bitiş Tarihi	Gün Sayısı	Temmuz	Ağustos	Eylül
Mekanik Tasarım ve İmalat	22.07.2021	5.08.2021	15	15		
Elektrik-Elektronik Sistem Tasarım ve Montajı	6.08.2021	20.08.2021	15		15	
PLC-SCADA Haberleşme Sistem Tasarımı	21.08.2021	30.08.2021	10		10	
Özgün Yazılım Geliştirme ve İyileştirme	20.08.2021	8.09.2021	20		20	
JES Prototip Cihaz Genel Testleri	8.09.2021	18.08.2021	11			11

Şekil 14. Proje zaman çizelgesi

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Türkiye’nin her geçen gün elektrik enerjisine olan ihtiyacı artmaktadır. Artan ihtiyaç doğrultusunda fosil yakıtların da kullanılması sonucunda dünya iklim değişikliği tehdidi ile karşı karşıya gelmektedir. Yapılan anlaşmalar sonucunda ülkeler, yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına yönelmektedir.

Türkiye’de bulunan ve ORC kullanılan jeotermal santraller yabancı firmalar tarafından tesis edilmektedir. İki akışkanlı jeotermal enerji santralleri ORMAT (İsrail), Atlas Copco (ABD) ve EXERGY (İtalya) tarafından tesis edilmiştir [8]. Enerji firmalarının dışa bağımlılığını azaltmak ve yerli enerji üretebilmek amaçlanmaktadır. Yerli enerjinin üretilebilmesi ve dışa bağımlılığını azaltılabilmesi için eğitimler verilmeli, bu konuda uzman kişiler yetiştirilmelidir.

ORC kullanılan JES prototip cihaz sayesinde enerji firmaları çalışanlarına eğitimler verebilecek ve bu alanda çalışmak, uzmanlaşmak isteyen öğrenciler uygulamalı eğitim yapabilecekler. AR-GE çalışmalarını tetikleyecek nitelikte olup alanında yetkin bireyler yetiştirerek yerli enerji üretimine katkıda bulunacaktır.

9. Riskler

ORC kullanılan JES prototip cihazın tasarım ve imalatı esnasında karşılaşılabilecek olan riskler ve risk yönetimi (B planı) tablo 1’de verilmiştir. Karşılaşılabilecek olan risklerin gerçekleşme olasılığı ve projeye etki oranları riskler bölümü altında belirtilmiştir.

Tablo 1. Risk ve Risk Yönetim Tablosu

Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)
Tasarlanmış ve imal edilmiş JES prototip cihazın kazanında istenilen buharlaşma enerjisinin elde edilememesi. Gerçekleşme olasılığı: %60 Projeye olumsuz etkisi: %20	Kazanın boyutları büyütülerek organik akışkanı taşıyan borunun yüzey alanı arttırılacaktır ve böylelikle boru içerisindeki organik akışkan daha fazla jeotermal ısıya maruz kalarak istenilen buharlaşma enerjisi elde edilmiş olacaktır.
Organik akışkanın, bağlantı borularında meydana gelecek olan buharlaşma veya yoğunlaşması sırasında sorun yaşanması. Gerçekleşme olasılığı: %10 Projeye olumsuz etkisi: %30	Bağlantı borularının materyalinde revizyon yapılacak. Isıl iletkenliği daha yüksek bir materyal kullanarak organik akışkanın buharlaşması ve yoğunlaştırılması kolaylaştırılacaktır.
Sensör çıkış hassasiyetinin istenilen düzeyde gerçekleşmemesi. Gerçekleşme olasılığı: %10 Projeye olumsuz etkisi: %30	Hassasiyeti daha duyarlı olan sensörler ile deneme sayısı artırılıp, optimum veriler elde edilecektir.
Tasarımı yapılan ve CNC ile imal edilen türbinin oluşacak yüksek basınç değerlerine dayanmaması. Gerçekleşme olasılığı: %20 Projeye olumsuz etkisi: %20	Türbin tasarımında değişikliği gidilerek önceki tasarıma göre et kalınlığı daha yüksek bir gövde tasarımı ve yeterli olmaması durumunda gövde imalatında kullanılan çelik türü değiştirilecektir.

Prototip cihazın imalat sürecinde gerçekleştirilecek ve 5 aşamada yapılacak harcamalar ile prototip cihaz için gerekli olan toplam maliyet planlaması şekil 15’de gösterilmiştir.

Kullanılacak Malzemeler	Aşamalar				
	1. Mekanik Tasarım ve İmalat	2. Elektrik-Elektronik Tasarım ve Montaj	3. PLC-SCADA Haberleşme Sistemi	4. Özgün Yazılım Geliştirme ve İyileştirme	5. Prototip Cihazın Genel Testleri
R134a					600 TL
R407c					700 TL
Sac Plaka	200 TL				
Bakır Boru	400 TL				
Boru Bağlantı elemanları	270 TL				
Türbin	1500 TL				
Sıcaklık Sensörü		1585 TL			
Basınç Sensörü		1428 TL			
Pano Gövdesi			300 TL		
Pompa	420 TL				
Alternatör	300 TL				
Kondenser	300 TL				
Aşamlarda Yapılan Harcama Toplamı	3390 TL	3013 TL	300 TL	0 TL	1300 TL
Genel Toplam	8003 TL				

Şekil 15. Prototip Cihazın İmalat Aşamalarında Yapılacak Olan Harcama Şeması

10. Kaynaklar

- [1] Gençođlu, M. T. (2002). Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye açısından nemi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(2), 57-64.
- [2] GRCN, D., & PETEK, A. (2021). Jeotermal enerji potansiyelinin swot analizi ile değerlendirilmesi: Aydın ili rneęi. Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(2), 349-364.
- [3] Ağırkaya, O. (2015). Jeotermal Enerji Kaynaklı Organik Rankine evriminin Modellenmesi ve Analizi (Doctoral dissertation, Enerji Enstitüsü).
- [4] Yılmaz, F. (2013). Güneş anaklı organik rankine evriminin Isparta şartlarında incelenmesi (Doctoral dissertation, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [5] KILIÇ, B., & ARABACI, E. Soęutucu Akışkanların Organik Rankine evrimi Etkinlięine Etkileri. Mesleki Bilimler Dergisi (MBD), 7(2), 247-253.
- [6] Bademlioęlu, A. H. (2020). Jeotermal enerji kullanılarak sıvı hidrojen üretimi için geliştirilen ORC destekli çok fonksiyonlu bir sistemin modellenmesi, termodinamik optimizasyonu ve eksergoekonomik analizi.
- [7] zsoy, K. (2021). Delta DVP-PLC Serisi Programlama ve Otomasyon. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık
- [8] Argn, M. (2021). Jeotermal Enerji Santralleri Elektrik Ve Otomasyon Sistemi Proje Yönetimi. Argn Mühendislik Müřavirlik Ltd. řti.

