

**T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KÖS KAPLICALARI JEOTERMAL SUYUN SANTRİFÜJ
POMPA VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAHFUZ BEROJE

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TEZ DANIŞMANI
Dr.Öğr.Üyesi MEHMET SALİH CELLEK**

BİNGÖL-2021



T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KÖS KAPLICALARI JEOTERMAL SUYUN SANTRİFÜJ POMPA VERİMİ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Salih CELLEK danışmanlığında, Mahfuz BEROJEtarafından hazırlanan bu çalışma 24/09/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak **oybirliği (3/3)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi İlhan Volkan ÖNER

İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Üsame DEMİR

İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Salih CELLEK

İmza

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun / / 2021 tarih ve 2021/
nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Zafer ŞİAR
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖNSÖZ

Öncelikle bilimsel çalışma boyunca ve tez çalışmamın tamamlanabilmesi için bilgi birikiminden yararlandığım desteğini esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Salih CELLEK'e teşekkür ederim. Tez çalışmasına desteklerinden dolayı Bingöl Üniversitesi Rektörlüğüne, Bingöl Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığına ve çalışmalarım esnasında gerekli tesisat imalatlarında yardımlarından dolayı Burulday Mekaniğe teşekkür ederim.

Bilimsel çalışmam esnasında yaptıkları yönlendirmeler ve katkılarından dolayı değerli hocalarım Prof. Dr. Aydın TURGUT'a, Dr. Öğr. Üyesi Adem YAR ve Dr. Öğr. Üyesi Usame DEMİR'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatımın her alanında üzerimde büyük emekleri olan, hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, dualarıyla her zaman yanımda olan anne ve babama, gösterdiği sabır, fedakârlık ve çabalarından dolayı eşime özellikle teşekkürü bir borç bilirim.

Mahfuz BEROJE
Bingöl 2021

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	2
1.1. Jeotermal Sular	2
1.2. Jeotermal Suların Pompaj Sorunu	8
1.3. Pompalarda Kavitasyon	9
1.4. Pompanın Net Pozitif Emme Yüğü (ENPYp)	9
1.5. Tesis için Net Pozitif Emme Yüğü (ENPYt)	10
1.6. Bingöl İli Jeotermal Suları	11
1.7. Bingöl İli Kös Kaplıcaları Suyun Genel Özellikleri	12
1.8. Kös Kaplıcaları Suyun Pompajı ve Genel Sorunlar	15
2. MATERYAL VE YÖNTEM	17
2.1. Test düzeneğı	17
2.2. Pompa Test Sistemi İçin Kullanılacak Formüller	18
2.2.1. Mil Gücü Hesabı	18
2.2.2. Suya Aktarılan Faydalı Akış Gücü Hesabı	18

2.2.3.	Pompa verim hesabı	18
2.3.	AC Motorlarda Verim	18
2.4.	Kurulacak Deney Ünitesi İçin Kaviteasyon Hesabı	19
2.4.1.	Pompa Net Pozitif Emme Yüğü (ENPYp).....	20
2.4.2.	Tesis Net Pozitif Emme Yüğü (ENPYt)	20
2.5.	Pompa Tesisı	21
2.6.	Deneyisel Çalışmaların Yapılması	21
2.6.1.	Deneyisel Verilerin Alınması.....	21
2.7.	Pompa Verilerinin Tablo Olarak İncelenmesi	24
2.7.1.	Reynold Sayısı İnceleme	25
2.7.2.	Sistemde Oluşan Kayıplar	26
2.7.3.	Pompanın Mil Gücü Akış Gücü İle Pompa Verimi İnceleme.....	26
2.8.	Pompa Verilerinin Grafiksel Olarak İncelenmesi	27
2.9.	Deney düzeneğı Malzemelerin İncelenmesi.....	33
3.	SONUÇ VE ÖNERİLER	36
	KAYNAKLAR	38
	ÖZGEÇMİŞ	40

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

N	: Devir sayısı, rpm
T_m	: Mil torku, Nm
V_{in}	: Motor (Giriş) gücü, W
ω	: Açısal hız, rad/s
A	: Boru kesit alanı, m^2
K	: Kayıp katsayısı
g	: Yer çekim ivmesi, m/s^2
D	: Boru çapı, m
L	: boru uzunluğu, m
μ	: suyun dinamik viskozitesi, kg/ms
E_b	: Pürüzlülük katsayısı
Q	: Akış hızı (debi), m^3/h
Re	: Reynold sayısı
f	: Sürtünme katsayısı
T	: Su sıcaklığı, $^{\circ}C$
V	: Akış hızı, m/s
ρ	: Suyun yoğunluğu, kg/m^3
$h_{k,sürtünme}$	: Boru sürtünme kayıpları, mSS
$h_{k,yerel}$	: Yerel kayıplar (dirsek, vana, vb. tesisat elemanları özel dirençler) , mSS
$h_{manometrik}$	: Pompa emiş ile basma noktası arasındaki yükseklik, mSS
h_k	: Toplam kayıp, mSS
P_{outlet}	: Çıkış basıncı, bar
P_{inlet}	: Giriş Basıncı, bar
$ENPY_p$	: Pompa Net Pozitif Emme Yüğü
$ENPY_t$	: Tesis Net Pozitif Emme Yüğü
H_a	: Atmosfer basıncı, mSS

h_s	: Pompa eksenini ile sıvı yüzeyi arasındaki mesafe, m
h_b	: Boru basınç kaybı, mSS
$P_{atm,H}$	: H yüksekliğindeki atmosfer basıncı, bar
$P_{atm,std}$	: Deniz seviyesinde atmosfer basıncı 1.0133, bar
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
TKIP	: Toprak kaynaklı ısı pompaları
V_k	: Vana özel kayıp katsayısı
K_k	: Dip klape özel kayıp katsayısı
D_k	: 90 derece dirsek özel kayıp katsayısı
$P_{\text{şebeke}}$	: Şebekeden çekilen güç, W
I	: Akım, amper
η_{motor}	: Pompa motoru verimi, %
η_{pompa}	: Pompa verimi, %

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Dünya geneli kurulu jeotermal enerji (IRENA, 2020).....	3
Şekil 1.2. Türkiye'nin yıllara göre jeotermal enerji kurulu kapasitesi (IRENA, 2020)	4
Şekil 1.3. Türkiye jeotermal enerji kaynakları haritası(MTA , 2020)	4
Şekil 1.4. Tek kademeli santrifüj pompa (Norm Hidrofor Pompa San Tic Ltd Şti, 2021) 6	
Şekil 1.5. Dikey milli pompa(VANSAN, 2020)	7
Şekil 1.6. Santrifüj pompa test düzeneği (Yüksel Eker, 2009)	7
Şekil 1.7. Bingöl ili lokasyon haritası (Saygılı, 2014)	11
Şekil 1.8. Bingöl ili kaplıcaları haritası.....	11
Şekil 1.9. Dikey milli pompada oluşan kabuklaşma ve aşınma sorunu	15
Şekil 1.10. Klapa-süzgeç ikilisi.....	16
Şekil 1.11. Termal suya maruz kalan boru tipleri	16
Şekil 2.1. Pompaj tasarım düzeneği	17
Şekil 2.2. Tez için kurulan ünite ve elemanları.....	21
Şekil 2.3. Pensmetre ile voltaj ölçümü.....	21
Şekil 2.4. Elektrik sayaç değerleri okuma.....	22
Şekil 2.5. Elektrik sayaç değerleri okuma.....	22
Şekil 2.6. Manometre ile emiş-çıkış basıncı ölçümü	23
Şekil 2.7. Termometre ile sıcaklık ölçümü	23
Şekil 2.8. Sıcak su sayacı ile debi ölçümü	24
Şekil 2.9. Santrifüj pompa verimli çalışma noktası	28

Şekil 2.10. Debiye bağlı akışkan hız değişimi	28
Şekil 2.11. Pompa debisinin zamana göre değişimi.....	29
Şekil 2.12. Sürtünme katsayısına bağlı Reynold sayısı değişimi.....	29
Şekil 2.13. Pompa mil gücü ve faydalı akış gücünün zamana göre değişimi	30
Şekil 2.14. Pompa veriminin zamana göre değişimi.....	30
Şekil 2.15. Boru kesit alanının zamana göre değişimi	31
Şekil 2.16. Vana konumuna göre debi değişimi	31
Şekil 2.17. Vana konumuna bağlı basınç değişimi	32
Şekil 2.18. Vana konumu-pompa verimi değişim grafiği	32
Şekil 2.19. Vana konumuna göre akım değişimi	32
Şekil 2.20. Teorik ve deneysel pompa verimlerinin zamana göre değişimi	33
Şekil 2.21. Pompa çarkı ve salyangozun ilk durumu	33
Şekil 2.22. Pompa çarkı ve salyangozda 30 gün sonunda durumu	34
Şekil 2.23. Pompa çarkı ve salyangozda 60 gün sonunda durumu	34
Şekil 2.24. Pompa çarkı ve salyangozda 90 gün sonunda durumu	34
Şekil 2.25. Pompa çarkı ve salyangozda 120 gün sonunda durumu	35
Şekil 2.26. Farklı tip borularda oluşan kabuklaşma	35

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Bazı ara elemanlarda yük kaybı katsayıları	10
Tablo 1.2. Kaplıca suyu alfa-beta radyoaktivite analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018).....	12
Tablo 1.3. Mikrobiyolojik parametreler analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018)	12
Tablo 1.4. Fiziksel ve Organoleptik parametreler analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018) ...	12
Tablo 1.5. Kimyasal parametreler analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018)	13
Tablo 1.6. Gösterge parametreler analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018)	14
Tablo 1.7. Polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018) .	14
Tablo 1.8. Toplam pastisitler analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018).....	14
Tablo 2.1. Santrifüj pompanın teknik özellikleri	19
Tablo 2.2. Deneysel veriler	24
Tablo 2.3. Pompa debisi ölçümlerine bağlı akışkan hızı	25
Tablo 2.4. Reynold sayısı ve sürtünme katsayısı değişimi	25
Tablo 2.5. Boru boyunca toplam kayıp değerleri.....	26
Tablo 2.6. Pompa mil gücü, akış gücü ve pompa verimi değerleri.....	26
Tablo 2.7. Vana konumuna göre deney verileri	27

KÖS KAPLICALARI JEOTERMAL SUYUN SANTRİFÜJ POMPA VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

ÖZET

Bu çalışmada; Jeotermal suyun santrifüj tipi pompa verimi üzerindeki etkiyi incelemek amaçlı, sorunun kaynağı ve çözümü için testler yapılmıştır. Bingöl ili kös kaplıcalarında termal suların hem pompaj sorunu hem de kullanılan malzemelerde oluşan korozyon incelenerek, termal su transferi için uygun pompa malzeme tipi ve bu tür akışkanların transferinde kullanılacak malzeme seçiminde dikkat edilecek hususlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Öncelikle tesiste suyun kullanım alanı, kullanım yöntemi ve kullanılan pompa tipleri incelenerek çalışmaya başlanmıştır. Söz konusu çalışmanın doğruluğunun ve elde edilecek verilerin faydalı olması için termal suyun kimyasal analiz verileri alınarak test esnasında inhibitör kullanılmamıştır. Suyun yüksek oranda kükürt buna bağlı olarak havayla temasından ortaya çıkan gazlar içerdiği için transferde kullanılan malzemelere zarar verdiği belirlenmiştir.

Test ünitesi için pompa odasına 1 asıl+1 yedek olmak üzere saatte 7,5m³ su basabilen santrifüj tipi paslanmaz çelik çarklı pompa üzerinde çalışmaya karar verilmiştir. Ekipman olarak termometre, debimetre, manometre, takometre ve elektrik tüketimini belirlemek için elektrik sayacı kullanılmıştır.

Kaptajdan alınan termal su; pompa aracılığıyla yerden ısıtma amaçlı kullanılan plakalı tip eşanjörden geçirilerek tekrar kaynağa aktarılmıştır. Test düzeneği üzerinde yer alan manometre, termometre, debimetre, takometre ve elektrik sayacı aracılığıyla 10 günlük periyotlar halinde veriler alınmıştır. Alınan veriler gerekli formüller kullanılarak tablolar haline getirilmiş ve grafiksel olarak dökümü alınmıştır. 120 gün sonunda test ünitesinde yer alan imalatlar sökülerek incelemeye alınmıştır.

Deney sonunda test ünitesinde kullanılan santrifüj pompa debisinin zamanla azaldığı, buna bağlı olarak pompa verimin düştüğü, kullanılan galvanizli ve dikişli siyah borularda aşınma ve tortu oluşum evresinde olduğu, pompa salyangoz ve çarkında aşınmaların başladığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal su, kabuklaşma, pompaj sorunu, korozyon, barometre, termometre, salyangoz, pompa çarkı, santrifüj pompa.

EFFECT OF KÖS SPAS GEOTHERMAL WATER ON CENTRIFUGAL PUMP EFFICIENCY

ABSTRACT

In this study; In order to examine the effect of geothermal water on the efficiency of centrifugal type pumps, tests were carried out for the source and solution of the problem. By examining both the pumping problem of thermal waters and the corrosion of the materials used in the Kös spas of Bingöl province, the type of pump material suitable for thermal water transfer and the points to be considered in the selection of materials to be used in the transfer of such fluids were tried to be determined.

First of all, the usage area of the water in the facility, the usage method and the pump types used were examined. In order to ensure the accuracy of the study and the data to be obtained, the chemical analysis data of the thermal water was taken and no inhibitor was used during the test. It has been determined that since the water contains a high percentage of sulfur and, accordingly, gases arising from its contact with the air, it damages the materials used in the transfer.

For the test unit, it has been decided to work on a centrifugal type stainless steel impeller pump that can deliver 7.5m³ of water per hour, with 1 main+1 spare, into the pump room. As equipment, thermometer, flow meter, manometer, tachometer and electricity meter were used to determine electricity consumption.

Thermal water taken from the catchment; transferred back to the source by passing through the plate type heat exchanger used for floor heating by means of a pump. Data were obtained in 10-day periods by means of the manometer, thermometer, flowmeter, tachometer and electricity meter on the test setup. The received data were tabulated using the necessary formulas and were graphically plotted. At the end of 120 days, the productions in the test unit were disassembled and examined.

At the end of the experiment, it was observed that the ones used in the centrifugal pump flow rate used in the test unit and accordingly grown in the pump, the galvanized and welded black pipes used were in the use and sediment phase, and the abrasives in the pump snail and impeller were durable.

Keywords: Geothermal water, scaling, pumping problem, corrosion, barometer, thermometer, snail, pump impeller, centrifugal pump.

1. GİRİŞ

Akışkanların transferi için çeşitli düzenekler kullanılmaktadır. Akışkan için en sık kullanılan yöntem, pompa yardımıyla akışkanı kullanıma hazır hale getirmektir. Jeotermal suları diğer akışkanlardan ayıran farklı özelliklere sahip olmalarıdır. En önemli özellik ise, içinde barındırdığı mineraller ve havayla temasında ortaya çıkan gazlardır. Bu mineral ve gazlar, yüksek sıcaklıkla birlikte; kullanılacak pompa, boru donanımı, ısı değiştiricileri gibi sistemlerin verimlerine etki ettikleri gibi kullanılan malzemelere de zarar vermektedir. Bu çalışmada 3,5 m derinlikteki kuyudan santrifüj pompa yardımıyla termal su alınmıştır. Alınan su, tesiste bulunan eşanjörden geçirilerek tekrar kuyuya aktaracak pompa düzeneği tasarlanmıştır. Kurulacak deney düzeneği ile santrifüj pompanın transfer süresi boyunca 44°C sıcaklığındaki jeotermal suya karşı performansı, pompa çarkı ile düzenekte yer alan boru tiplerinde oluşan korozyon ve kabuklaşma incelenmiştir. Öncelikle suyun kimyasal analizleri alınarak; düzenekte pompa giriş ve çıkış basıncını ölçmek için manometre, giriş-çıkış sıcaklıkları için termometre, debimetre ve mil gücünü ölçmek amacıyla elektrik ölçümlerinde ampermetre ve voltmetre kullanılmıştır. Ayrıca performans sonucunu belirlemek amacıyla elektrik sarfiyatı için sayaç kullanılmıştır. Bu çalışmada jeotermal akışkanın, transferde kullanılan santrifüj pompa sistemi üzerindeki etkisi incelenerek, tesislerin bu tür uygulamalarda yaşadıkları santrifüj pompa sorunları ve çözüm yolları bulunması amaçlanmıştır.

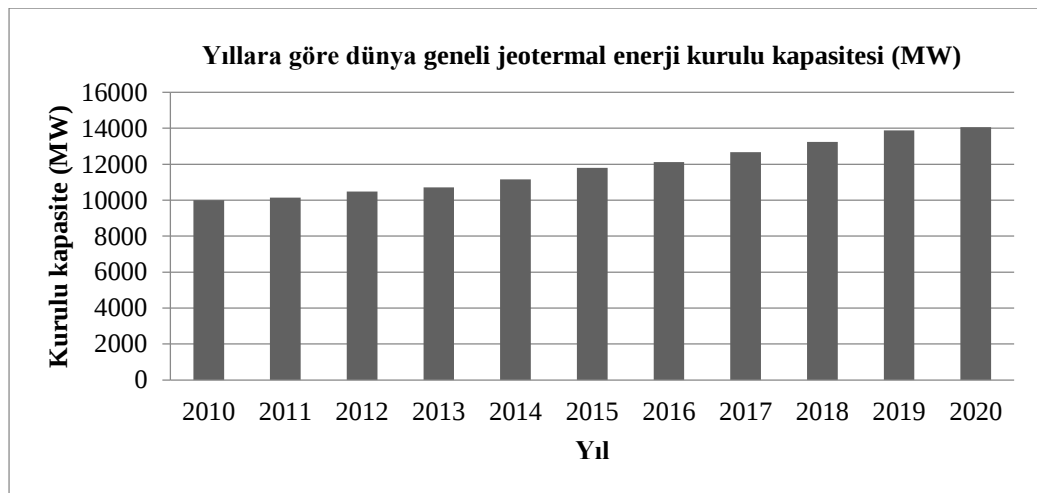
1.1. Jeotermal Sular

Jeotermal sular, yerin derinliklerinden magmaya yakın sıcak ve mineral içeren kayalardan geçerek basıncın etkisiyle yeryüzüne çıkar veya kayaç katmanları arasında rezervuar oluşturur. Taşıdığı ısı miktarına göre sıcak veya buhar halinde bulunurlar. Temas ettikleri kayalardan aldıkları mineral ve tuzlar, diğer kimyasal maddeler ve gazları eriyik halde ısı enerjisi ile birlikte taşırlar.

Tarih alanında yapılan araştırmalarda ülkemizde jeotermal kaynaklar; Akdeniz bölgesinde banyo, ısınma ve pişirme amaçlı kullanılmaya başlandığı anlaşılmaktadır. Günümüzde jeotermal kaynaklar; elektrik enerjisi üretimi, ısıtma/soğutma alanlarında, endüstriyel kullanımda ise ısı temini ve kurutma işlemlerinde, karbondioksit, gübre, lityum, ağır su, hidrojen gibi kimyasal maddelerin ve minerallerin üretiminde kullanılmaktadır. Diğerk yandan termal turizmde, kaplıca amaçlı kullanımda, düşük sıcaklıklarda (30°C'ye kadar) kültür balıkçılığında ve mineraller içeren içme suyu üretimi gibi birçok alanda da yaygın olarak kullanılmaktadır. (Akkuş & Alan, 2016).

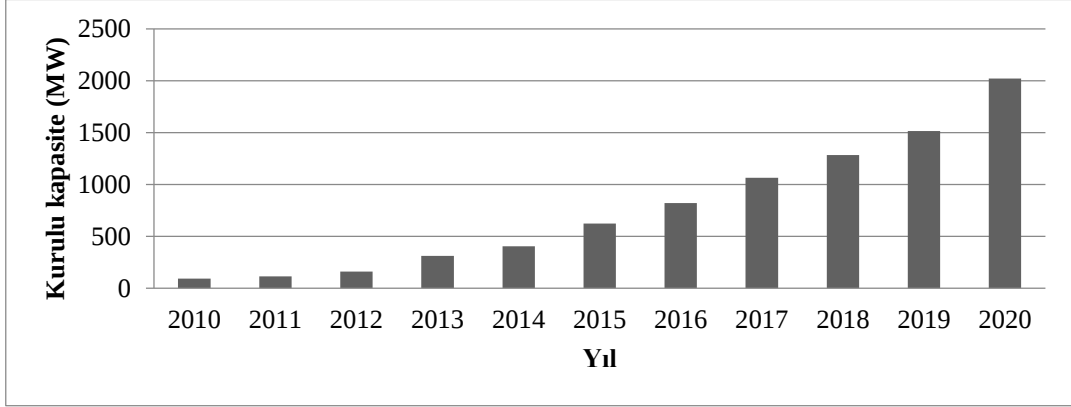
Jeotermal enerji alanında yapılan çalışmaların önemli kısmı, dünya üzerinde genel ve bölgesel jeotermal enerji potansiyeli, jeotermal suların kullanım alanları, jeotermal suların sondajından oluşmaktadır. Diğerk taraftan termal suların pompajı, kimyasal yapısı nedeniyle oluşturduğu kabuklaşma, korozyon oluşumu, transfer esnasında kullanılacak pompa tipleri, kabuklaşmayı engellenmek için inhibitör üretim ve geliştirme alanında yapılan çalışmaların önemi daha da artmaktadır.

Jeotermal suyun ve buharın sağladığı enerjinin başlıca avantajları olarak; hava kirliliğinin az olması, ısınma maliyetini düşük olması, hava şartlarından bağımsız ve çok yüksek kapasite etmenlerine sahip olmasıdır. Bu nedenlerden dolayı, jeotermal enerji, elektrik enerjisi sağlamasının yanı sıra, bazı durumlarda yardımcı hizmetler (sağlık turizmi, ısınma vb.) sunabilir. Dünya geneli jeotermal enerji kurulu kapasitesi 2020 yılı sonunda 14000 MW'a ulaşmıştır.(IRENA, 2020).



şekil 1.1. Dünya geneli kurulu jeotermal enerji (IRENA, 2020)

Türkiye’de jeotermal enerji; özellikle elektrik üretimi ve ısınma alanında yıllara göre Şekil 1.2’de gösterildiği gibi dikkat çekici bir artış söz konusudur.



Şekil 1.2. Türkiye'nin yıllara göre jeotermal enerji kurulu kapasitesi (IRENA, 2020)

Ülkemizde şu anda 55 jeotermal santraller ve 17 jeotermal şehir ısıtması yer almakla birlikte, MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) tarafından yaklaşık 450 jeotermal alan keşfedilmiştir.(Mertoğlu, Şimşek, Başarır, & Paksoy, 2019). Ayrıca ülkemizdeki jeotermal suların kökeni, tipleri ve rezervuar sıcaklıkları analiz sonuçları incelendiğinde alkali bikarbonat ve alkali klorürce zengin olduğu görülmüştür.

İç ve Doğu Anadolu jeotermal suları; yüksek oranda H₂S gazı içermektedir. Doğu Anadolu bölgesinde volkanik hareketlerin sürekliliğinde dolayı jeotermal enerji potansiyeli yüksektir. (Özdemir & Tezelli, 2008).



Şekil 1.3. Türkiye jeotermal enerji kaynakları haritası(MTA , 2020)

Jeotermal suların sınıflandırılması, rezervuar sıcaklığının belirlenmesinde kullanılabilecek çeşitli jeotermometreler ile uygun kimyasal analiz metotları kullanılarak yapılmaktadır. (Eroğlu & Aksoy, 2003). Jeotermal sondajların geniş çaplı olarak yapılması nedenleri ve buna bağlı olarak teknik açıdan yaşanan sorunlar incelendiğinde yüksek maliyetler ortaya çıkmaktadır. Jeotermal için yapılan sondajlar; özellikle yüksek sıcaklığa sahip çamur, kayaç gibi etkenler sondaj donanımları üzerinde etkisi incelenmeli ve doğru çözümler ile araştırmalar yapılmalıdır. (Serpen, 2015).

Toprak kaynaklı jeotermal ısı pompaları (TKIP) tasarımına ilişkin teknik çalışmalar, yerli kaynaklarda tasarımlarla ilgili kıstasların yayınlanmadığı ülkemizde, bu alanda gerekli hesaplar ve fizibilite çalışması yapılmaktadır. (Helpbaşı & Hancıoğlu, 2001). Jeotermal suların içerdikleri mineral ve gazlardan dolayı transfer aşamasında kullanılan imalatlara zarar verdiğinden bu aşamada kullanılması gereken yöntemlerden biri olan inhibitör uygulamaları, korozyon oluşumu ve karşılaşılması muhtemel sorunların çözüm seçenekleri ile alınması gereken önlemleri hakkında gerekli çalışmalar yapılmıştır. (Yıldırım, 2012).

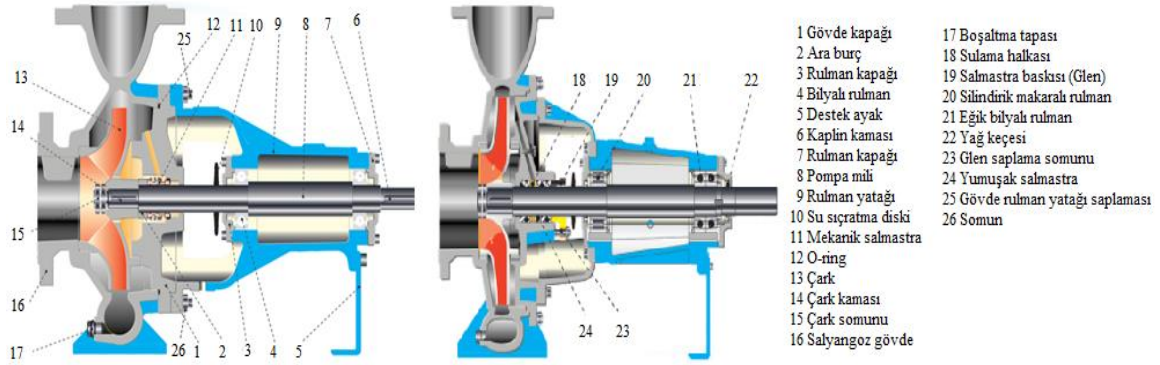
Günümüzde kullanılan pompaların yaklaşık %95'ini santrifüj pompalar oluşturmaktadır. Santrifüj pompa hidrolik açıdan gövde ve çark olarak iki ana parçadan oluşmaktadır. Çalışma şekli, pompa çarkı içinde akışkana verilen enerji ile bir ivme kazandırılır. Merkezkaç kuvvetiyle akışkanın transferi sağlanmaktadır.(Pore, Raykar, & Patil, 2015).

Yüksek basınç ve yüksek sıcaklık çalışma alanına sahip petrol, kimyasal ve doğal gaz endüstrisinde kullanılan pompa tipleri API 610 (yüksek güvenlik özelliklerine sahip) standardına uygun üretilmektedir.(Cebeci, 2017).

İnline tipli santrifüj pompaların performans ve kavitasyon testi yapılarak enerji tüketim oranları araştırılmış, santrifüj pompalarda enerji verimliliği ve tasarrufun öneminden bahsedilmiştir Kavitasyona uğrayan pompada meydana gelen olumsuzluklar belirtilmiştir.(Okullu, 2016).

Jeotermal sistemlerde ısı transferi amaçlı kullanılan ısı değiştirgeçleri incelenerek; bu tip sularda kullanılacak ısı değiştirgeçlerinin seçimindeki önemli kıstas, suyun kimyasal

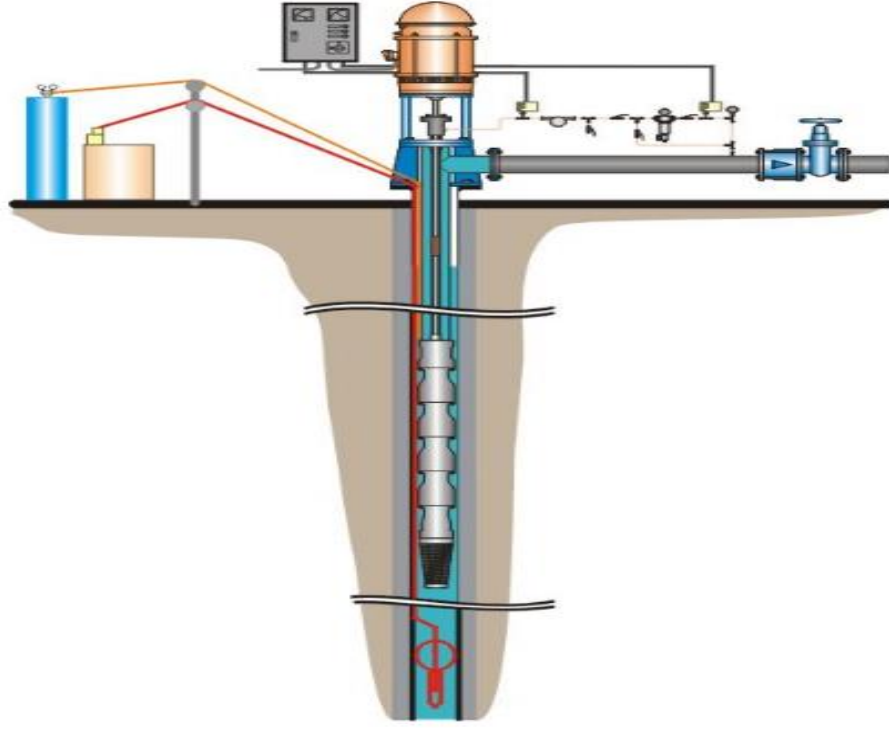
yapısı ve sıcaklığıdır. Söz konusu jeotermal su ısı transferinde kullanılacak ve tercih edilmesi en uygun ısı değiştirgeçleri, sahip oldukları kolay sökülebilir olmaları ve temizlenebilir özellikleri sebebi ile, contalı – plakalı tiplerdir. Şekil 1.4’te contalı-plakalı, çerçeve-plaka tipli eşanjörler yer almaktadır. (Şahan, 2001).



Şekil 1.4. Tek kademeli santrifüj pompa (Norm Hidrofor Pompa San Tic Ltd Şti, 2021)

Jeotermal su özelliklerinin belirlenmesinde kaynağın sahip olduğu potansiyel debi, sıcaklığı, seviyesi, basıncı, yoğunlaşma olmayan gaz miktarının ölçülmesinin yapılması gerekmektedir. Ayrıca sudan alınan örneklerin kimyasal analizi yapılarak elde edilen sonuçlar termal sular içeriğinin incelenmesi için önemlidir.(Aksoy, 2001).

Jeotermal akışkanlarda kullanılacak pompa tiplerinden; dik milli derin kuyu pompaları ve dalgıç pompaların kullanım avantajları ve dezavantajları ele alınarak, Jeotermal akışkanın transferinde oluşabilecek kabuklaşma ve korozyon etkileri incelenmelidir.(Çakır, 2005). Şekil 1.5’te dikey milli pompa gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Dikey milli pompa(VANSAN, 2020)

Jeotermal alanlar dışında pompalar üzerinde birçok çalışma yapılmaktadır. “Tarımsal Sulamada Kullanılan Santrifüj Pompa Çarkında Olabilecek Aşınmanın Belirlenmesi” adlı çalışmada “yatay milli santrifüj pompanın bir depoya bağlanmasıyla oluşturulan kapalı devre (kendi içinde devir daim yapan) pompa sistemi laboratuvar koşullarında ISO 2548 esas alınarak işletme karakteristikleri ile çarkta meydana gelen aşınma ve korozyon arasında bağlantı kurulmaya çalışılmıştır.” (Yüksel & Eker, 2009).



Şekil 1.6. Santrifüj pompa test düzeneği (Yüksel & Eker, 2009)

Tipik olarak bir pompanın ömrü 10 ila 20 yıl arasındadır Santrifüj pompalar en çok korozyon ve aşındırıcı içeren sıvılarda, kimya ve kâğıt endüstrisinde kullanıldığından çalışma ömürleri doğal olarak pompa gövdesi, çark, mil ve diğer parçaların aşınması nedeniyle kısadır. Bu ömrü uzatabilmek için malzemelerle ilgili değişiklikler ve çeşitli önlemler alınmaktadır.(Sarıgül, 2010).

Her ne kadar çalışmalar jeotermal su pompajında genel çözümler üretmişse de jeotermal suların her bölgeye özgü farklı özelliklere sahip olması nedeniyle bireysel çözümler daha etkin olacaktır. Aksaray Ziga Jeotermal sahasında elde edilen 53°C sıcaklıktaki ve 145 lt/sn debideki jeotermal kaynağın konut ısıtmasında kullanılabilirliği araştırılarak mevcut ısıtma sistemleriyle karşılaştırılmış maliyet ve verim analizi yapılmıştır.(Engin, 2006).

1.2. Jeotermal Suların Pompaj Sorunu

Jeotermal enerjiyi sağlayan akışkanın yeryüzüne çıkarılarak kullanıma hazır hale getirilmesi sürdürülebilir olmalıdır. Sahip olduğu birçok mineral ve içerdiği ergimiş halde bulunan gaz ile jeotermal akışkan; transfer süresince çeşitli olaylara sebep olmaktadır. Bu olaylar yaygın olarak aşağıdaki şekilde karşımıza çıkmaktadır:

- Kabuklaşma
- Kalıcı aşırı seviye düşümü
- Soğuma
- Korozyon

Bunun yanında jeotermal su akışkan transfer sistemlerinin (sondaj kuyusu ve pompaj) işletme maliyetlerinin minimum seviyede tutulması, bu tür suların kullanımın yaygınlaştırılması açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle sistemin en büyük enerji transfer parçası olan pompaların işletme koşullarına uygun seçimi çok önemlidir.(Ertöz & Aksoy, 2014)

Jeotermal su transfer aşamasında ortaya çıkan sorunlardan kabuklaşma ve korozyon sistemlerin ömrünü ve verimliliğini etkileyen önemli etkenlerdir. “Gazlaşma, buharlaşma ve soğumaya bağlı olarak ortaya çıkan kabuklaşmanın ana sebebi CaCO_3 ün göreceli çözünmezliğidir. Ortamdaki korozyon yapıcı iyonlar ile içindeki CO_2 ’yi kaybetmesine

bağlı pH değişimleri korozyonu etkileyen diğer parametrelerdir.”(Çakır, 2005). Söz konusu çalışmada yaklaşık 7 noktadan termal su numuneleri alınarak kabuklaşma ve korozyon özellikleri incelenmiştir.(Çandar, 2014).

Jeotermal kaynak suları ile hazırlanmış saf su içerikli çamurlardan daha düşük taşıma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Sonuç olarak jeotermal kaynak suları ile hazırlanan çamurların tatlı su kaynaklarına oranla daha düşük sondaj performansı sergileyeceği kanaatine varılmıştır.(Avcı, 2018).

1.3. Pompalarda Kaviteasyon

Temin edilecek pompa belirlenen ortamda sağlıklı çalışıp çalışmadığını öğrenmek için kaviteasyon hesabı yapılmalıdır. Kaviteasyon ise, pompa içindeki sıvının aynı koşullardaki mutlak basıncın, buharlaşma basıncı altına düşmesi olayıdır. Bu durum sıvı içinde gaz kabarcıkları oluşumuna sebebiyet vermektedir. Sıvıda bulunan kabarcıklar mutlak basıncın, buharlaşma basıncından yüksek noktaya ulaşınca şiddetle patlamalarıyla metalin yüzeyine zarar verir ve zamanla pompa kapasitesi düşer. Dolayısıyla kaviteasyon pompa için istenmeyen bir durum olmakla birlikte, pompanın gürültülü çalışmasına sebep olur. Bu durum malzemelere zarar verdiği için pompa çalışma ömrünü kısaltmaktadır.

1.4. Pompanın Net Pozitif Emme Yükü (ENPYp)

Üretici firmalarının laboratuvar yapılan test sonucunda her pompa için elde ettiği ve imalat kataloglarında verdiği bir eğridir. Pompalar için net pozitif emme yükü yaklaşık olarak aşağıdaki formüllerle bulunabilir.(Sumak Pompa A.ş., 2008).

$$1000 \text{ d/d için: } 12,2 \times Q \times 2/3 \quad (1.1)$$

$$1500 \text{ d/d için: } 21 \times Q \times 2/3 \quad (1.2)$$

$$3000 \text{ d/d için: } 50 \times Q \times 2/3 \quad (1.3)$$

Pompanın pozitif emme yükü; pompa eksenini ile emiş yapacağı sıvı yüzeyine olan max mesafenin mSS cinsinden tanımlanabilir.

1.5. Tesis için Net Pozitif Emme Yüğü (ENPYt)

Tesis için net pozitif emme yüğü, tesisinin kurulacağı coğrafi yükseklik, pompa emiş hattı ve sıvının sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. ENPYt; mutlak atmosfer basıncından, pompa emiş hattında oluşan kayıpları çıkarıldıktan sonra, kalan mutlak basıncın sıvıyı, havası alınmış bir boruda çıkarabileceği mesafenin mSS birimi cinsinden tanımlanmasıdır.

$$ENPYt = H_a - h_s - h_b - h_k \quad (1.4)$$

Tesis için net pozitif emme yüğü hesabı için; mutlak basınç ve diğer kayıplar ile ilgili gerekli formüller verilmiştir.(Sumak Pompa A.ş., 2008)

$$P_{atm,H} = P_{atm,std} \times \left[\frac{288 - 6,5 \times H}{288} \right]^{5,255} \quad (1.5)$$

$$h_{kayıplar} = h_{k,sürtünme} + h_{k,yerel} \quad (1.6)$$

$$h_{k,sürtünme} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g} \quad (1.7)$$

$$h_{k,yerel} = \frac{V^2}{2 \times g} \times (V_k + K_k + D_k + \text{diğer tesisat parça kayıp katsayıları}) \quad (1.8)$$

Pompaların kavitasyon sorunu olmadan çalışması için Tesis için net pozitif emme yükünün Tesis için net pozitif emme yükünden büyük ($ENPYt > ENPYp$) olmalıdır.

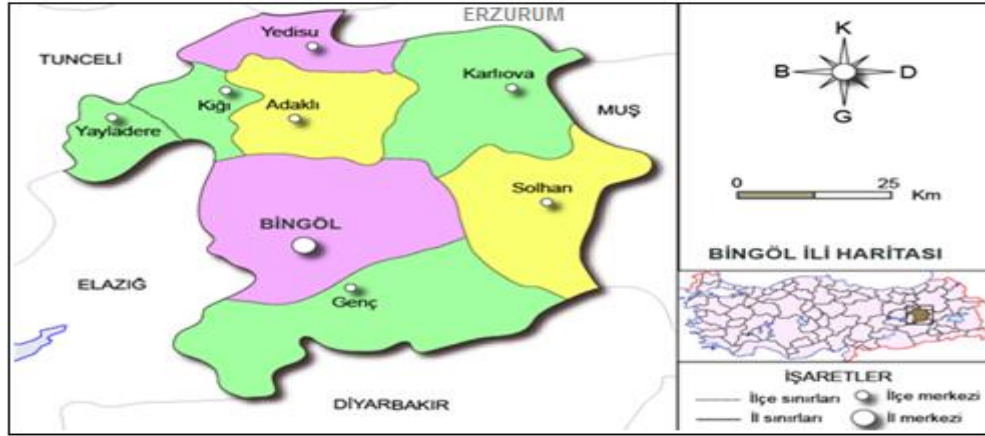
Kavitasyon oluşumuna etki eden unsurlar; sıvı hızının emiş hattı boyunca yüksek olması, sıvı sıcaklıklarının yüksek olması, pompa devir sayısının yüksek olması ve sıvı içerisinde erimiş halde bulunan gazlar olarak açıklanabilir.(Sumak Pompa A.ş., 2008). Hesaplamalar için tesisat elemanları için yük kaybı katsayıları Tablo 1.1’de verilmiştir.(<https://www.tesisat.org>, 2021).

Tablo 1.1. Bazı ara elemanlarda yük kaybı katsayıları

Eleman	K değeri
Tam açık kelebek vana	0,3
Standart 90° dirsek	0,9
Klape için	1,2

1.6. Bingöl İli Jeotermal Suları

Bingöl, doğusunda Muş, kuzeyinde Erzurum ile Erzincan, batıda Tunceli ile Elazığ, güney kısmı ise Diyarbakır illeri ile çevrili Doğu Anadolu bölgesinde yer almaktadır. İl merkezi, denizden 1151m yüksekliktedir. Bingöl merkez birlikte sekiz ilçeye ait lokasyon haritası Şekil 1.7’de yer verilmiştir.



Şekil 1.7. Bingöl ili lokasyon haritası (Saygılı, 2014)

Bingöl, Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat bölümünde, jeotermal kaynaklar açısından en zengin illeri arasında yer almaktadır.(Kıranşan & Şengün, 2013). Bingöl ilinde bulunan başlıca jeotermal kaynaklar Şekil 1.8’de gösterilmiştir. Bingöl Merkez Kös Kaplıcası (31°C-45,5°C), Hozavıt (47°C), Harur (49,3°C), Yayladere Hasköy (33,6°C), Karlıova İlçesi Göynük Hacılar Kaplıcası (40-68°C), 28°C-40°C sıcaklıktaki Kaynarçınar, 29°C sıcaklıktaki Ilıpınar Kaplıcasıdır. (MTA, 2005).



Şekil 1.8. Bingöl ili kaplıcaları haritası

1.7. Bingöl İli Kös Kaplıcaları Suyun Genel Özellikleri

Bingöl Kös Kaplıcaları, Merkeze bağlı Ilıcalar beldesi yaklaşık merkezin 21 km. kuzeydoğusunda, Erzurum-Bingöl (D-950) Karayolu üzerinde bulunmaktadır. Belde önemli sıcak kaynaklara sahip olduğundan sağlık turizmi amaçlı tesisler yer almaktadır. (Kıranşan & Şengün, 2013).

Ilıcalar beldesinde yer alan tesislerden biri ve bu çalışmanın konusu olan Üniversite Termal Tesisi kaplıca suyu için Sağlık bakanlığı tarafından 12.02.2015'te yapılan suyun analiz sonuçlarına göre; Kös kaplıcaları termal suyu, karbondioksitli ve karbon gazozlu grupta yer almaktadır. Yapılan kimyasal analizler Tablo 1.2'de alfa-beta radyoaktivite analizi, Tablo 1.3'de Mikrobiyolojik parametreler analizi, Tablo 1.4'te Fiziksel ve Organoleptik parametreler analizi, Tablo1.5'te Kimyasal parametreler analizi, Tablo1.6'da Gösterge parametreler analizi, Tablo1.7'de Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) analizi ve Tablo 1.8'de Toplam pastisitler analizi olarak verilmiştir.

Tablo 1.2. Kaplıca suyu alfa-beta radyoaktivite analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018)

Test sıra no	Deney adı	Ölçüm sonuçları (birim)	Ölçülen değer
1	Suda Toplam Alfa Radyoaktivite Analizi	Toplam Alfa	0,705 4± 0,166 Bq/L
2	Suda Toplam Beta Radyoaktivite Analizi	Toplam Beta	0,1,66± 0,18 Bq/L

Tablo 1.3. Mikrobiyolojik parametreler analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018)

Mikrobiyolojik Parametreler	Birim	Metot	Tayin Limiti	Mevzuat Limiti	Deney sonucu
Toplam Kaliform	Kob/100ml	TS-9308-1	-	0	0
20± 2°C de 72 saate koloni sayımı	Kob/ml	TS 6222	-	30	10
35± 2°C de 24 saate koloni sayımı	Kob/ml	TS 6222	-	5	0
FekalKaliform	Kob/100ml	TS-9308-1	-	0	0

Tablo 1.4. Fiziksel ve Organoleptik parametreler analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018)

Fiziksel ve Organoleptik Parametreler	Birim	Metot	Tayin Limiti	Mevzuat Limiti	Deney sonucu
Renk		Organoleptik	-	-	TREDY
Koku		Organoleptik	-	-	TREDY
Tat		Organoleptik	-	-	TREDY
Dayanıklılık		Organoleptik	-	-	TREDY

Tablo 1.5. Kimyasal parametreler analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018)

Kimyasal Parametreler	Birim	Metot	Tayin Limiti	Mevzuat Limiti	Deney Sonucu
Siyanür	µg/l	EPA OIA-1677	-	-	<10
Yoğunluk	gr/ml	TS 1018	-	-	1,003
Bikarbonat	mg/l	Trimetrik	-	-	1317,60
Çökelti	mg/l	Gravimetrik	-	-	7
İyodür	mg/l	Spektrofotometrik	-	-	0,121
Hidrojen Sülfür/sülfür	mg/l	Spektrofotometrik	-	-	0,046
Silikat Asidi (H ₂ SiO ₃)	mg/l	Spektrofotometrik	-	-	103,40
Antimon	mg/l	EPA 6020A	0,002	-	0,009
Kadmiyum	mg/l	EPA 6020A	0,002	-	<0,002
Arsenik	mg/l	EPA 6020A	0,003	-	0,706
Kurşun	mg/l	EPA 6020A	0,003	-	<0,003
Nikel	mg/l	EPA 6020A	0,003	-	0,053
Selenyum	mg/l	EPA 6020A	0,003	-	<0,003
Krom	mg/l	EPA 6020A	0,005	-	<0,005
Bakır	mg/l	EPA 6020A	0,005	-	<0,005
Civa	mg/l	EPA 6020A	0,002	-	<0,002
Baryum	mg/l	EPA 6020A	0,002	-	0,082
Borik Asit (H ₃ BO ₃)	mg/l	ICP-MS Hesaplama	-	-	40,41
Çinko	mg/l	EPA 6020A	0,002	-	0,004
Florür	mg/l	EPA 300.1	0,002		2,47
Nitrit	mg/l	EPA 300.1	0,008		0,20
Nitrat	mg/l	EPA 300.1	0,009		0,9
Potasyum	mg/l	TS EN ISO 14911	0,200		46,85
Bromür	mg/l	EPA 300.1	0,011		0,35
Magnezyum	mg/l	TS EN ISO 14911	0,120		21,11
Kalsiyum	mg/l	TS EN ISO 14911	0,230		76,57
Fosfat	mg/l	EPA 300.1	0,055		<0,055

Tablo 1.6. Gösterge parametreler analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018)

Gösterge Parametreler	Birim	Metot	Tayin Limiti LOQ	Mevzuat Limiti	Deney Sonucu
pH	--	pH Metre	-	-	7,12
İletkenlik	µs/cm	S.M 2510.B	-	-	2129
Org. Mad. İçin Sarf Edilen O ₂ Miktarı (Oksitilenebirlik)	mg/l	Titrimetrik	-	-	1,80
Alüminyum	mg/l	EPA 6020A	0,005	-	0,015
Demir	mg/l	EPA 6020A	0,005	-	0,159
Mangan	mg/l	EPA 6020A	0,005	-	0,032
Sodyum	mg/l	TS EN ISO 14911	0,100	-	337,30
Amonyum	mg/l	TS EN ISO 14911	0,15	-	<0,15
Florür	mg/l	EPA 300.1	0,006	-	101,93
Sülfat	mg/l	EPA 300.1	0,023	-	189,67

Tablo 1.7. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018)

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)	Birim	Metot	Tayin Limiti LOQ	Mevzuat Limiti	Deney Sonucu
Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	µg/l	EPA 550.1	--	0,1	Tespit Edilemedi
Benzo (a) Pyren	µg/l	EPA 550.1	0,008	0,01	Tespit Edilemedi
Akrilamid		EPA 8316A	--	0,1	Tespit Edilemedi

Tablo 1.8. Toplam pastisitler analizi (Bingöl Üniversitesi, 2018)

Toplam Pastisitler	Birim	Metot	Tayin Limiti LOQ	Mevzuat Limiti	Deney Sonucu
Herbisitler	µg/l	EPA 8141A	--	0,1	Tespit Edilemedi
Fungusitler	µg/l	EPA 8141A	--	0,1	Tespit Edilemedi
Karbamatlar	µg/l	EPA 8141A	--	--	Tespit Edilemedi

Tablo verileri incelendiğinde Kös Kaplıcaları suyu içerdiği minareler sayesinde hem tedavi amaçlı hem de şifalı su niyetine kullanılabilir olduğu anlaşılmaktadır. İlde yer alan kaplıcalar tamamen sağlık turizmi için kullanılmaktadır.

1.8. Kös Kaplıcaları Suyun Pompajı ve Genel Sorunlar

Kaplıcalar bölgesinde yer alan tesislerde termal su; genellikle kendi cazibesiyle kullanılmaktadır. Ancak cazibeyle aktarılan suyun sıcaklığının düşük olması ve sürekli akışın olmayışı sürdürülebilir alternatif gerektirmektedir. Bunun için açılan kuyularda sıcaklığı 45 dereceyi bulan suyun tesislerde kullanılması için transferi gerekmektedir. Termal su temini için kullanılan pompalarda oluşan korozyon, kabuklaşma ve mekanik arızaların sürekliliği genel sorun teşkil etmekle birlikte sürekli bakım gerektirmesi ve yeni pompaların alınması, bir işletme için külfetli olmaktadır. Termal tesis havuzlarına jeotermal su sağlayan dikey milli pompada 4 yıl sonunda oluşan kabuklaşma ve aşınma sorunu Şekil 1.9’da görülmektedir.



Şekil 1.9. Dikey milli pompada oluşan kabuklaşma ve aşınma sorunu

Tez ünitesinin kurulacağı mahalde tesis işletmesi tarafından kurulan pompa düzeneğinden sökülen emiş hattı klape-süzgeç ikilisinde oluşan kabuklaşma ve aşınma durumu Şekil 1.10’da gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Klape-süzgeç ikilisi

Termal tesis işletmesi tarafından akışkan transferinde kullanılan ve 4 yılsonunda sistemden sökülen üç farklı boru tipinin; dikişli siyah boruda deformasyon daha fazla iken, galvanizli boruda hem çürüme hem de kabuklaşma oluşturduğu, PVC boruda ise zamanla kabuklaşma oluştuğu Şekil 1.11’de görülmektedir.



Şekil 1.11. Termal suya maruz kalan boru tipleri

Akışkan transferinde kullanılacak pompa ve özellikleri göz önünde bulundurularak, suyun santrifüj pompa üzerindeki etkisi ve malzemelerde oluşan deformasyonlar incelenecektir.

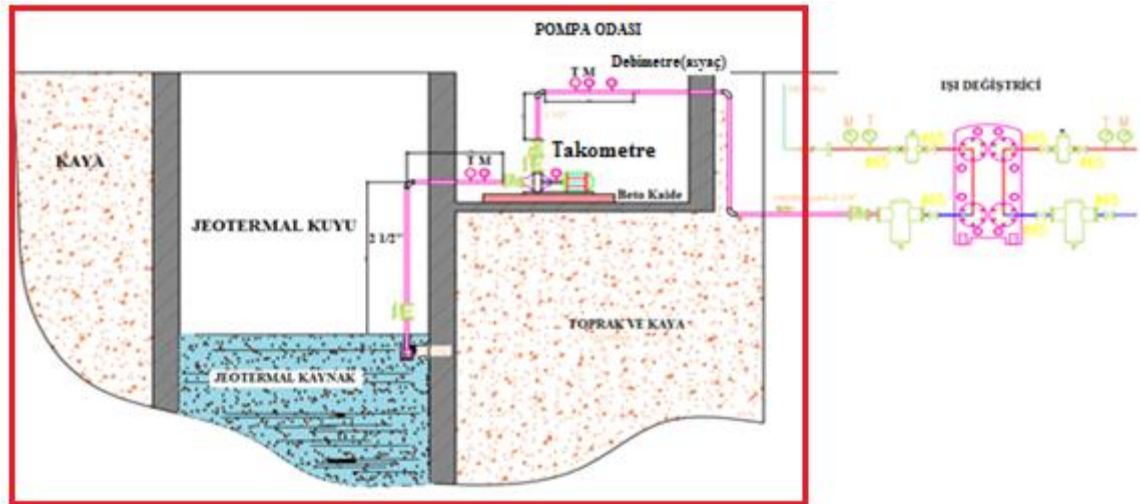
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Test Düzeneği

Tez çalışmasında kullanılması planlanan materyaller şekil 2.1’de verilen pompa düzeneği tasarımına uygun sırasıyla;

- Santrifüj pompa(1 asıl + 1 yedek)
- Termometre (2 Adet)
- Manometre(2 Adet)
- Debi ölçer (Sayaç) (1 Adet)
- Takometre (1 Adet)
- Elektrik Sayacı (1 adet)

Malzemeler kullanılmıştır.



şekil 2.1. Pompaj tasarım düzeneği

2.2. Pompa Test Sistemi İçin Kullanılacak Formüller

$$Hız = V = \frac{Q}{A \times 3600} \text{ (m/s)} \quad (2.1)$$

$$\text{Reynold} = Re = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \quad (2.2)$$

$$\text{Sürtünme katsayısı} = f = \left[\frac{1}{-1.8 \times \log\left(\frac{6.9}{Re} + \frac{E_b}{(3.7)}\right)} \right]^2 \quad (2.3)$$

$$\text{Yoğunluk} = \rho = 1000 \times \left\{ 1 - \left[\left(\frac{T+288.9414}{508929 \times (T+68.129630)} \right) \times (T-3.9863)^2 \right] \right\} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (2.4)$$

2.2.1. Mil Gücü Hesabı

$$\text{Açısal hız} = \omega = \frac{2\pi N}{60} \text{ (rad/s)} \quad (2.5)$$

$$\text{Mil torku} = T_{mil} = \frac{W_m}{\omega} \text{ (Nm)} \quad (2.6)$$

$$\text{Mil gücü} = W_{mil} = T_{mil} \times \omega \text{ (W)}$$

$$\text{Mil gücü} = W_{mil} = \frac{2\pi \times N \times T_{mil}}{60} \text{ (W)} \quad (2.7)$$

2.2.2. Suyu Aktarılan Faydalı Akış Gücü Hesabı

$$\text{Faydalı akış gücü} = W_{akış} = 1000 \times \frac{(P_{outlet} - P_{inlet}) \times Q}{36} \text{ (W)} \quad (2.8)$$

2.2.3. Pompa verim hesabı

$$\text{Pompa verimi} = \eta_{pompa} = \frac{\text{Faydalı akış Gücü}}{\text{Giriş Gücü}} \times 100 \quad (2.9)$$

2.3. AC Motorlarda Verim

Motor milinin nominal güç değeri etikette yer alan motorun güç değeridir. Tek fazlı motorlar için şebekeden çekilen güç formülü:

$$\text{Şebeke gücü} = P_{\text{şebeke}} = U \times I \times \cos\phi \text{ (W)} \quad (2.10)$$

Motor milinden alınan güç ile motorun şebekeden çektiği güç farkı kayıp güçtür.

$$P_{\text{kayıp güç}} = P_{\text{şebeke}} - P_{\text{mil}} \text{ (W)} \quad (2.11)$$

Tam yükteki motor için verim şebekeden alınan gücün mil gücüne oranıyla bulunur. İmalatçının belirttiği hesaplanabilen verimdir.

$$\text{Motor verimi} = \eta_{\text{motor}} = 100 \times \frac{P_{\text{mil}}}{P_{\text{şebeke}}} \text{ (\%)} \quad (2.12)$$

2.4. Kurulacak Deney Ünitesi İçin Kaviteasyon Hesabı

Temin edilen santrifüj pompanın teknik özellikleri Tablo 5.1’de yer almaktadır.

Tablo 2.1. Santrifüj pompanın teknik özellikleri

Pompa tipi	Debi (m ³ /h)	Emiş - Basma yüksekliği (mSS)	Devir sayısı (d/d)	Güç (kW)	Gerilim, U (volt)	Akım I (amper)	Cosφ	Çark tipi
Tek kademeli uçtan emişli salyangoz tipi	7,5 - 25	6 - 17	2900	1,1	220	6,2	0,91	AISI 304 INOX

Hesaplama için gerekli bilgiler:

$H_{\text{tesis rakımı}}$: 1150 m

Su sıcaklığı : 44⁰C

$\rho_{\text{termal su}}$: 990,65 kg/m³

Debi : 7,5 m³/h

Emiş boru iç çapı : 62,4 mm

Emiş derinliği : 2,5 m

63 dişli vana : 6 adet

63 klape : 1 adet

90 Derece dirsek : 7 adet

Pompa devri : 2900 d/d

2.4.1. Pompa Net Pozitif Emme Yüğü (ENPYp)

ENPYp = 50 x Q x 2/3 2900 d/d için Denklem 1.3'te veriler yerine yazılırsa;

$$ENPYp = 50 \times (7,5 / 3600) \times 2/3$$

$$\underline{ENPYp = 0,078}$$

2.4.2. Tesis Net Pozitif Emme Yüğü (ENPYt)

Sistemin net pozitif emme yüğü için veriler Denklem 3.6'da yerine yazıldığında;

$$ENPYt = H_a - h_s - h_b - h_k$$

$$H_a = 9,0 \text{ mSS} \quad (1150 \text{ metre yükseklikte mutlak basınç Denklem 3.5 kullanılmıştır})$$

$$h_s = 1,5 \text{ mSS}$$

$$h_b = 0,98 \text{ mSS}$$

$$h_m = 2,5 \text{ m}$$

$$V_k = 0,30 \quad (\text{Tablo 3.1})$$

$$K_k = 1,2 \quad (\text{Tablo 3.1})$$

$$D_k = 0,9 \quad (\text{Tablo 3.1})$$

$$f = 0,010 \text{ Plastik boru iç yüzeyleri pürüzlülük katsayıları (DN65-DN80 borular için)}$$

$$2 \frac{1}{2}'' (63 \text{ mm}) \text{ borudaki sıvı akışkan hızı (v) :}$$

$$V = 4 \times Q / (3,14 \times D^2)$$

$$V = 4 \times 0,00208 / (3,14 \times (0,0624)^2)$$

$$V = 0,68 \text{ m/s}$$

Değerler (1.6) ve (1.7) Denklemlerinde yerine yazılırsa;

$$h_{\text{universal}} = 0,010 \times \frac{2,5}{0,0624} \times \frac{(0,68)^2}{2 \times 9,18}$$

$$h_{\text{ü}} = 0,0101 \text{ mSS}$$

$$h_{\text{Lokal}} = \frac{(0,68)^2}{2 \times 9,18} \times (6 \times 0,3 + 1 \times 1,2 + 7 \times 0,9)$$

$$h_L = 0,235 \text{ mSS}$$

$$h_k = 0,0101 + 0,235$$

$$h_k = 0,246 \text{ mSS}$$

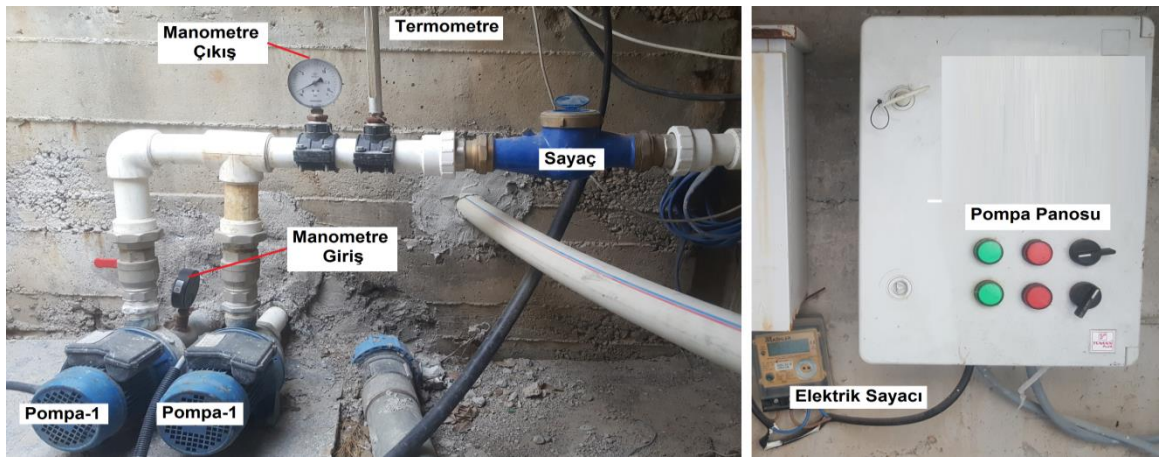
$$ENPYt = 9,0 - 1,5 - 0,98 - 2,5 - 0,246$$

$$ENPY_t = 3,774 \text{ mSS}$$

$ENPY_t > ENPY_p$; $3,774 \text{ mSS} > 0,078 \text{ mSS}$ olduğundan Pompa burada çalışır.

2.5. Pompa Tesisi

Kavitasyon ve pompa çalışma koşulları hesaplamaları yapıldıktan sonra gerekli malzemelerin temini yapılarak Şekil 2.2’de görülen deney düzeneği kurulmuştur. Sisteme ayrıca şebekeden çekilen gücün belirlenmesi için elektrik sayacı kullanılmıştır.

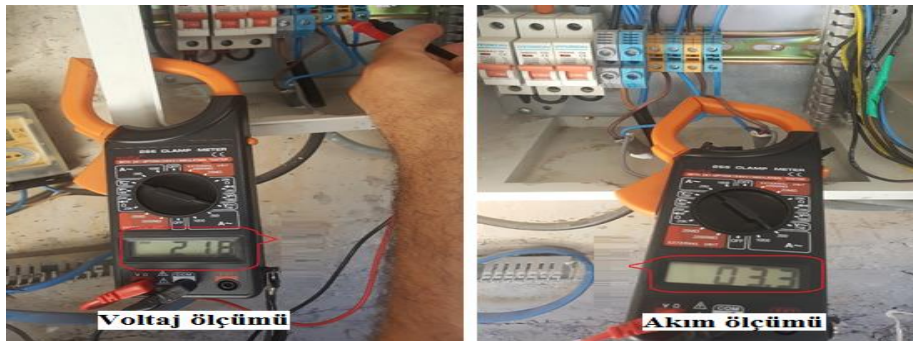


Şekil 2.2. Tez için kurulan ünite ve elemanları

2.6. Deneysel Çalışmaların Yapılması

2.6.1. Deneysel Verilerin Alınması

Pensmetre ile pompa motoru voltaj ve akım ölçümü Şekil 2.3’te gösterildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 2.3. Pensmetre ile voltaj ölçümü

Elektrik sayacı ile pompa motorunun elektrik tüketimleri ve elektriksel güç ölçümleri Şekil 2.4'te yer almaktadır.



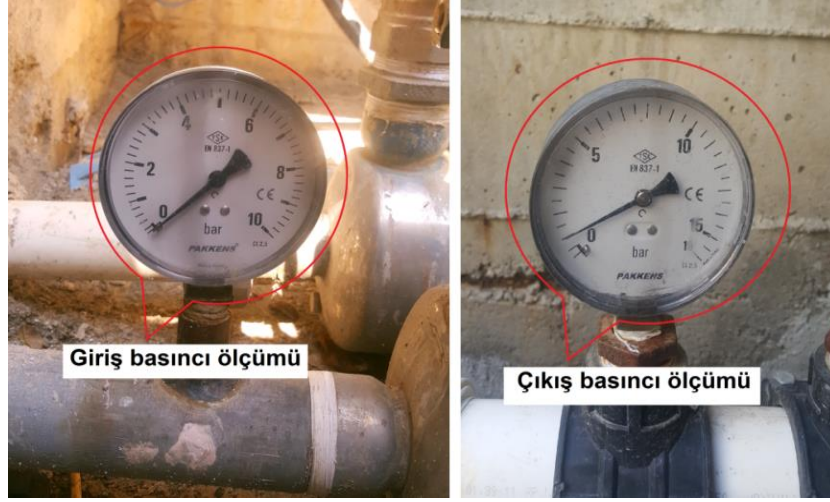
Şekil 2.4. Elektrik sayaç değerleri okuma

Pompa fan kısmında yer alan muhafaza kutusu sökülerek fan işaretlemesi yapıldıktan sonra pompa çalıştırılmıştır. Pompa çalışırken takometre ile pompa devir sayısı ölçümü Şekil 2.5'te olduğu gibi yapılmıştır.



Şekil 2.5. Elektrik sayaç değerleri okuma

Sistemin pompa emiş kısmına monte edilen manometre ile pompanın emiş ve basma esnasında oluşan basınç ölçümü bar cinsinden Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Manometre ile emiş-çıkış basıncı ölçümü

Sistemin pompa çıkış kısmına monte edilen termometre ile akışkanın sıcaklık ölçümü Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Termometre ile sıcaklık ölçümü

Pompanın sistemde transfer ettiği akışkanın debisi için Şekil 2.8’de su sayacı saatlik ölçüm sonunda ilk okuma ve son okuma yapılarak okuma farkı sonuçları debi olarak belirlenmiştir. Sayacın hassasiyeti virgülden sonra 4 rakam ile sağlanmıştır.



Şekil 2.8. Sıcak su sayacı ile debi ölçümü

2.7. Pompa Verilerinin Tablo Olarak İncelenmesi

Kurulan deney düzeneğinde pompa verileri on günlük periyotlar halinde alınmıştır. Alınan veriler Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2. Deneysel veriler

Veri aralığı	P _{giriş} (bar)	P _{çıkış} (bar)	Su sıcaklığı (°C)	Pompa Debisi (m ³ /h)	Akım (Amper)	Gerilim i (Volt)	Şebekeden çekilen güç (W)
1. 10 gün	1,05	1,1	44	3,143	3,10	225,00	635
2. 10 gün	1,05	1,1	44	3,120	3,10	218,00	644
3. 10 gün	1,05	1,1	44	3,088	3,10	218,00	652
4. 10 gün	1,05	1,1	44	3,086	3,10	218,00	660
5. 10 gün	1,05	1,1	44	3,082	3,10	218,00	648
6. 10 gün	1,05	1,1	44	3,077	3,10	218,00	644
7. 10 gün	1,05	1,1	44	3,064	3,10	218,00	615
8. 10 gün	1,05	1,1	44	3,034	3,10	218,00	644
9. 10 gün	1,05	1,1	44	3,013	3,10	218,00	615
10. 10 gün	1,05	1,1	44	2,934	3,10	218,00	752
11. 10 gün	1,05	1,1	44	2,926	3,10	218,00	644
12. 10 gün	1,05	1,1	44	2,886	3,20	225,00	756

Alınan veriler Denklem 2.1’de yerine yazılarak akışkan hızı elde edilmiştir. Debimetre ile alınan sonuçlar ile düzenekte kullanılan borunun kesit alanına bağlı olarak akışkan hızının değiştiği Tablo 2.3’te gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Pompa debisi ölçümlerine bağlı akışkan hızı

Veri no	Boru İç Çapı (D) m	Boru Kesit Alanı (A) m ²	Suyun Debisi (Q) m ³ /h	Akış Hızı (V) m/s
1	0,06240	0,00306	3,14280	0,285467
2	0,06240	0,00306	3,11970	0,283368
3	0,06240	0,00306	3,08810	0,280498
4	0,06240	0,00306	3,08600	0,280307
5	0,06240	0,00306	3,08220	0,279962
6	0,06240	0,00306	3,07720	0,279508
7	0,06240	0,00306	3,06380	0,278291
8	0,06240	0,00306	3,03390	0,275575
9	0,06240	0,00306	3,01300	0,273677
10	0,06240	0,00306	2,93440	0,266537
11	0,06240	0,00306	2,92630	0,265801
12	0,06240	0,00306	2,88600	0,262141

2.7.1. Reynold Sayısı İnceleme

Akışkanın sahip olduğu, atalet kuvvetlerinin , viskozite kuvvetlerine oranı olan ve belirtilen özellikler ile birlikte suyun yoğunluğu ve dinamik viskoziteye bağlı olarak Reynold sayısı için verilen Denklem 5.2 ve Denklem 5.3 kullanılarak elde edilen Reynold sayısı değerleri ile buna bağlı değişen sürtünme katsayısı Tablo 6.3'te verilmiştir.

Tablo 2.4. Reynold sayısı ve sürtünme katsayısı değişimi

Suyun Yoğunluğu(ρ) (kg/m ³)	Suyun Dinamik Viskozitesi (μ) kg/ms	Boru İç Çapı (D) m	Akış Hızı (V) m/s	Reynold Sayısı (R)	Pürüzlülük katsayısı (Eb)	Sürtünme katsayısı (f)
990,65869	0,404	0,0624	0,28547	43,67998	0,0005625	0,48103
990,65869	0,404	0,0624	0,28337	43,35893	0,0005625	0,48490
990,65869	0,404	0,0624	0,28050	42,91974	0,0005625	0,49031
990,65869	0,404	0,0624	0,28031	42,89055	0,0005625	0,49068
990,65869	0,404	0,0624	0,27996	42,83774	0,0005625	0,49134
990,65869	0,404	0,0624	0,27951	42,76825	0,0005625	0,49221
990,65869	0,404	0,0624	0,27829	42,58201	0,0005625	0,49458
990,65869	0,404	0,0624	0,27557	42,16644	0,0005625	0,49995
990,65869	0,404	0,0624	0,27368	41,87597	0,0005625	0,50379
990,65869	0,404	0,0624	0,26654	40,78355	0,0005625	0,51888
990,65869	0,404	0,0624	0,26580	40,67097	0,0005625	0,52050
990,65869	0,404	0,0624	0,26214	40,11087	0,0005625	0,52873

2.7.2. Sistemde Oluşan Kayıplar

Denklem 1.5 kullanılarak sürtünme katsayısına, boru uzunluğuna bağlı olarak elde edilen sistemin toplam kayıp değerleri ile test ünitesinde alınan basınç değerleri Denklem 1.6'da yerine yazılarak boru boyunca sistemde oluşan toplam kayıplar Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5. Boru boyunca toplam kayıp değerleri

Sürtünme katsayısı	Boru uzunluğu (m)	Akış Hızı (m/s)	Boru İç Çapı (m)	$g(m/s^2)$	$h_{k,sürtünme}$ (mSS)	$h_{k,yerel}$ (mSS)	$h_{k,toplam}$ kayıp (mSS)
0,48103	26,3	0,28547	0,06240	9,80665	0,84237	0,03864	0,88101
0,48490	26,3	0,28337	0,06240	9,80665	0,83671	0,03807	0,87478
0,49031	26,3	0,28050	0,06240	9,80665	0,82900	0,03731	0,86631
0,49068	26,3	0,28031	0,06240	9,80665	0,82849	0,03726	0,86574
0,49134	26,3	0,27996	0,06240	9,80665	0,82756	0,03716	0,86473
0,49221	26,3	0,27951	0,06240	9,80665	0,82635	0,03704	0,86339
0,49458	26,3	0,27829	0,06240	9,80665	0,82310	0,03672	0,85982
0,49995	26,3	0,27557	0,06240	9,80665	0,81588	0,03601	0,85189
0,50379	26,3	0,27368	0,06240	9,80665	0,81085	0,03551	0,84637
0,51888	26,3	0,26654	0,06240	9,80665	0,79215	0,03369	0,82583
0,52050	26,3	0,26580	0,06240	9,80665	0,79023	0,03350	0,82373
0,52873	26,3	0,26214	0,06240	9,80665	0,78077	0,03258	0,81336

2.7.3. Pompanın Mil Gücü Akış Gücü İle Pompa Verimi İnceleme

Test ünitesinde ölçülen devir sayısı ve pompanın zamana bağlı olarak şebekenden çektiği akım değerleri Denklem 2.7 ve Denklem 2.8'de yerine yazılarak açılma hız ve mil gücü elde edilmiştir. Bulunan değerler Denklem 2.9 ve Denklem 2.10 kullanılarak elde edilen akış gücü ile oluşan verim değerleri Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.6. Pompa mil gücü, akış gücü ve pompa verimi değerleri

Mil torku (Nm)	Mil Gücü (W)	Faydalı akış gücü (W)	Debi (m ³ /h)	Pompa verimi (%)
1,83113	563	436,50	3,14280	78%
1,85708	571	433,29	3,11970	76%
1,88015	578	428,90	3,08810	74%
1,90322	585	428,61	3,08600	73%

Tablo 2.6.Devamı Pompa mil gücü, akış gücü ve pompa verimi değerleri

1,86862	574	428,08	3,08220	75%
1,85708	571	427,39	3,07720	75%
1,77345	545	425,53	3,06380	78%
1,85708	571	421,38	3,03390	74%
1,77345	545	418,47	3,01300	77%
2,16852	666	407,56	2,93440	61%
1,85708	571	406,43	2,92630	71%
2,18005	670	400,83	2,88600	60%

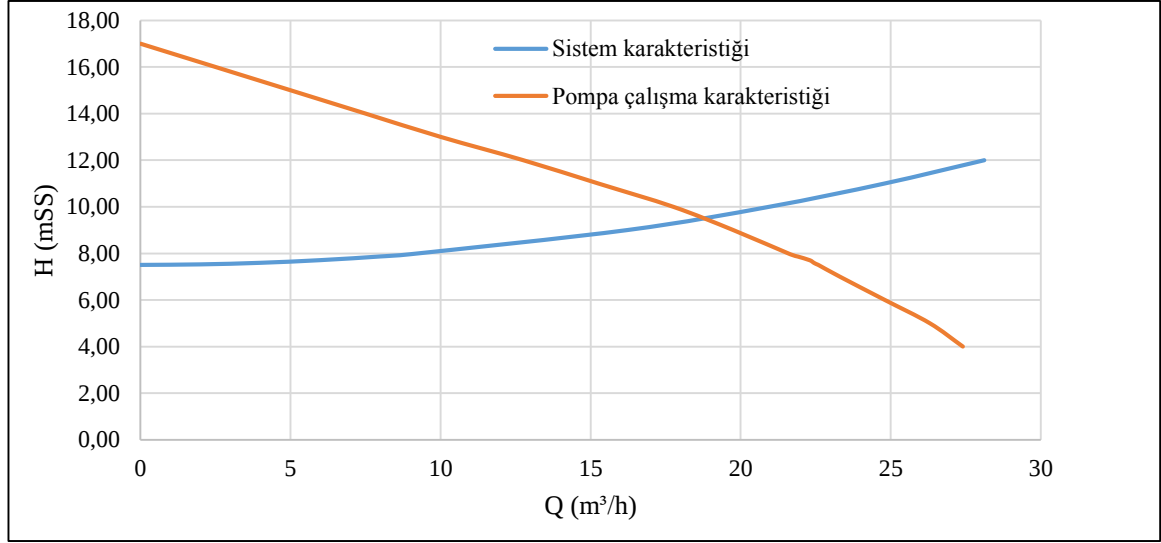
Vana konumuna göre deney düzeneğinden ölçülen değerler Tablo 2.7’de verilmiştir.

Tablo 2.7. Vana konumuna göre deney verileri

Vana konumu	Debi (m3/h)	Basınç (bar)	Akım (amper)		Gerilim (volt)		Şebekeden çekilen güç (W)	Debi (m3/h)
1. Kademe Kapalı	0	0	2,66		214		266	0
2. Kademe 1/6 açık	1,92	0,6	2,86	2,83	214	213	720	1,92
3. Kademe 2/6 açık	2,62	0,9	2,78	2,82	214	216	720	2,62
4. Kademe 3/6 açık	2,65	1	2,8	2,75	211	214	720	2,65
5. Kademe 4/6 açık	2,64	1	2,86	2,92	214	216	720	2,64
6. Kademe 5/6 açık	2,68	1,05	3	2,85	213	215	720	2,68
7. Kademe Tam açık	3,03	1,1	3,1	3,2	218	225	710	3,03

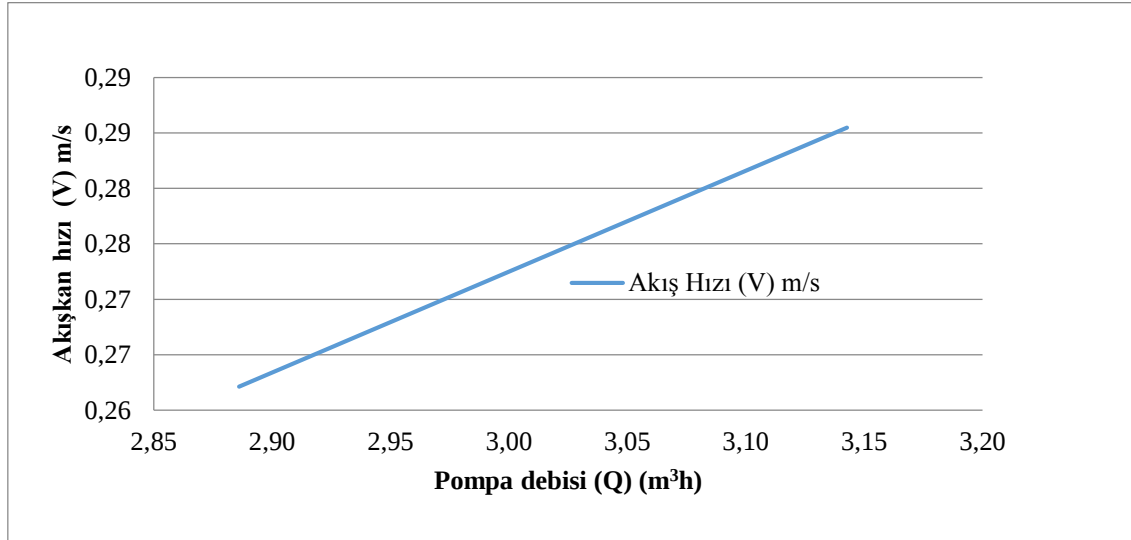
2.8. Pompa Verilerinin Grafikselsel Olarak İncelenmesi

Santrifüj pompa pozitif deplasmanlı pompadan farkı, pompa çıkışı tamamen kapatılsa dahi pompanın çalışmaya devam etmesi ile basınç üretmeye devam edebilme özelliğine sahip olmasıdır. Sistem için kurulan pompanın çalışabileceği en verimli nokta Şekil 2.9’da test ünitesinde kullanılan pompanın çalışma karakteristik eğrisi ile sistem eğrisinin kesiştiği noktadır.



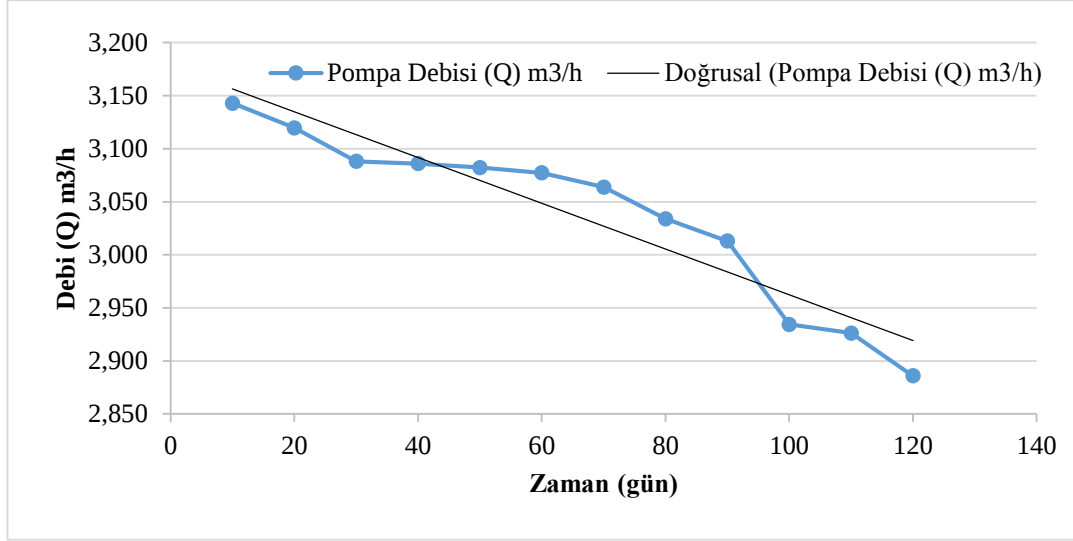
Şekil 2.9. Santrifüj pompa verimli çalışma noktası

10 günlük periyotlar halinde debimetre ile ölçülen pompa debisine bağlı olarak boru içindeki akışkan hızı artışı Şekil 2.10’da yer alan grafikte anlaşılmaktadır.



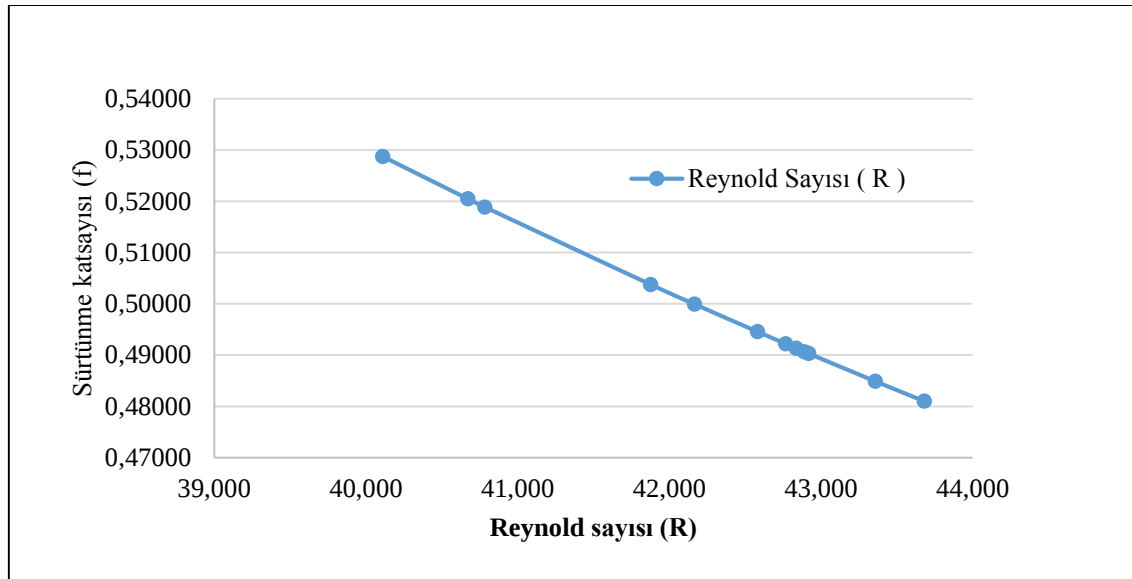
Şekil 2.10. Debiye bağlı akışkan hız değişimi

10 günlük periyotlar halinde debimetre ile ölçülen pompa debisinin 120 gün sonunda değişimi Şekil 2.11’de yer alan grafikte gösterilmiştir.



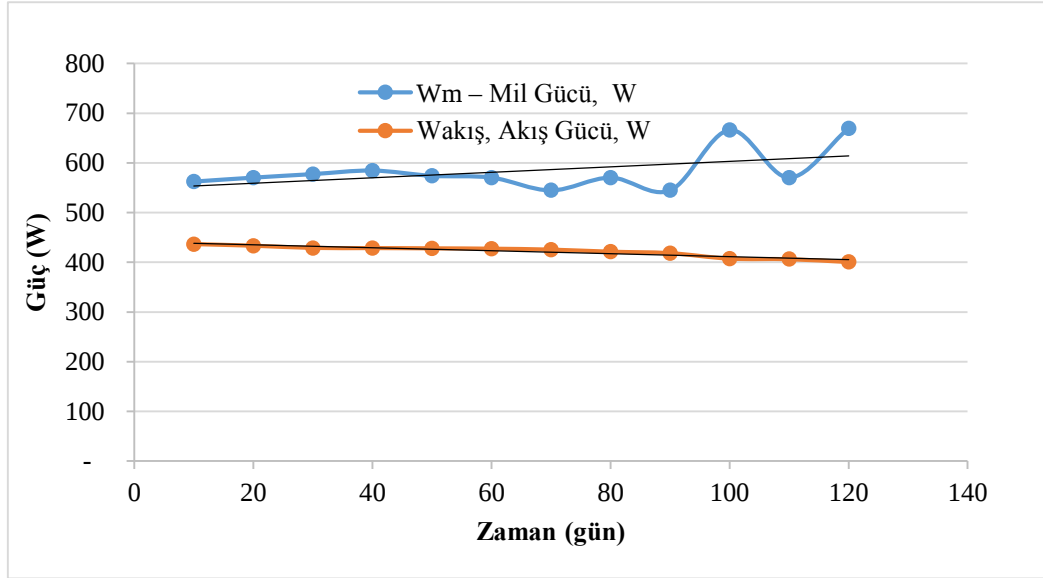
Şekil 2.11. Pompa debisinin zamana göre değişimi

Tablo 2.4'te yer alan sonuçlardan sürtünme kayıplarının artmasıyla Reynold sayısının azaldığı Şekil 2.12'de yer alan grafikte ortaya çıkmıştır.



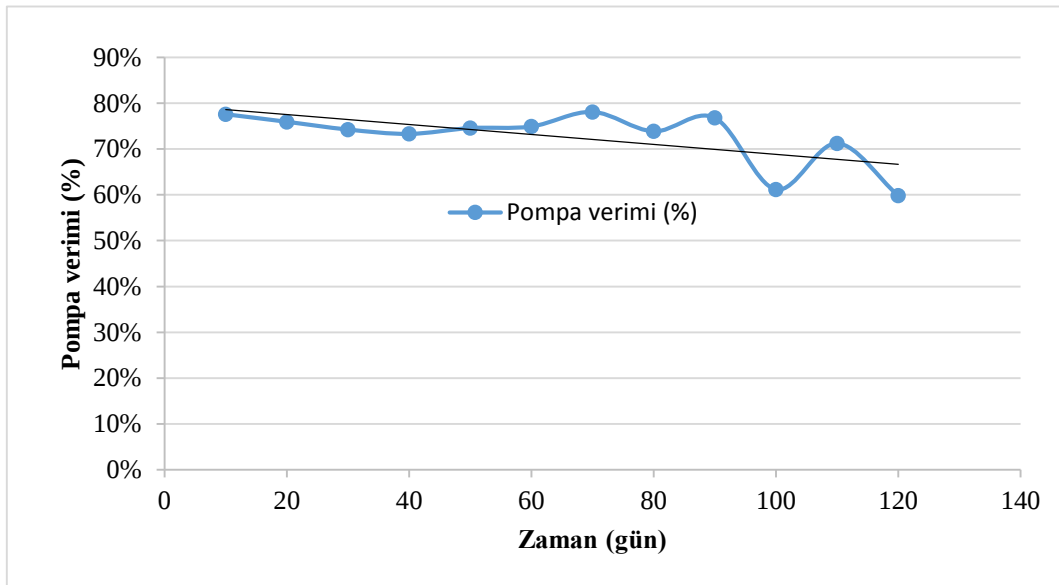
Şekil 2.12. Sürtünme katsayısına bağlı Reynold sayısı değişimi

Pompa debisi, sistemde oluşan kayıplar göz önüne alınarak elde edilen Şekil 2.13'teki grafikte pompanın mil gücünün değişken olduğu, öte yandan faydalı akış gücünün sistemde oluşan kayıplar ve suyun özelliğine bağlı olarak düştüğü görülmüştür.



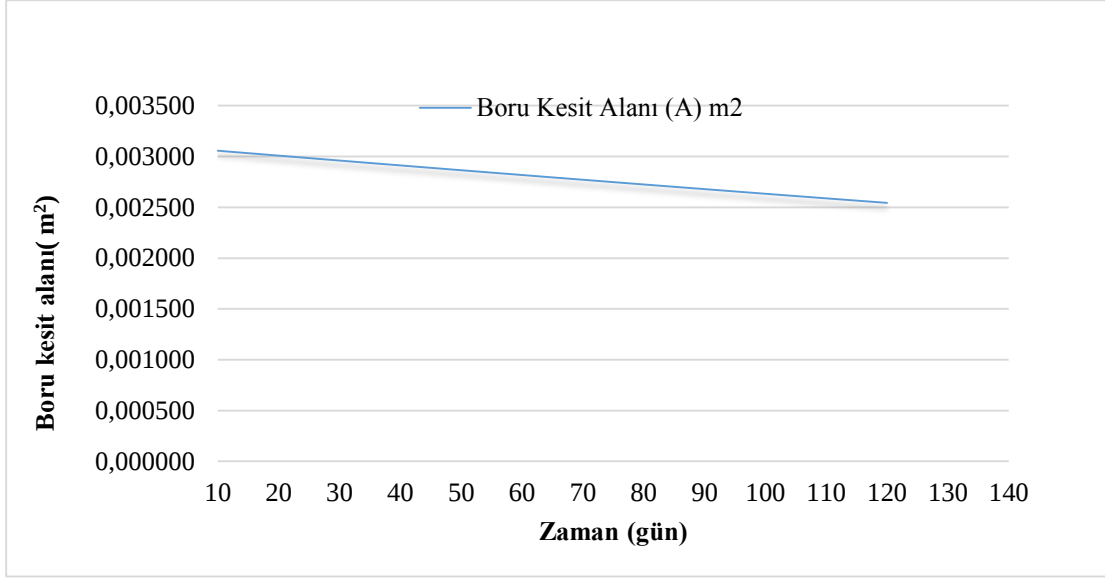
Şekil 2.13. Pompa mil gücü ve faydalı akış gücünün zamana göre değişimi

Giriş ve çıkış güçleri birlikte incelendiğinde 4 ay sonunda pompa veriminin Şekil 2.14'te verildiği gibi %78'lerden %60'lara düştüğü anlaşılmaktadır.



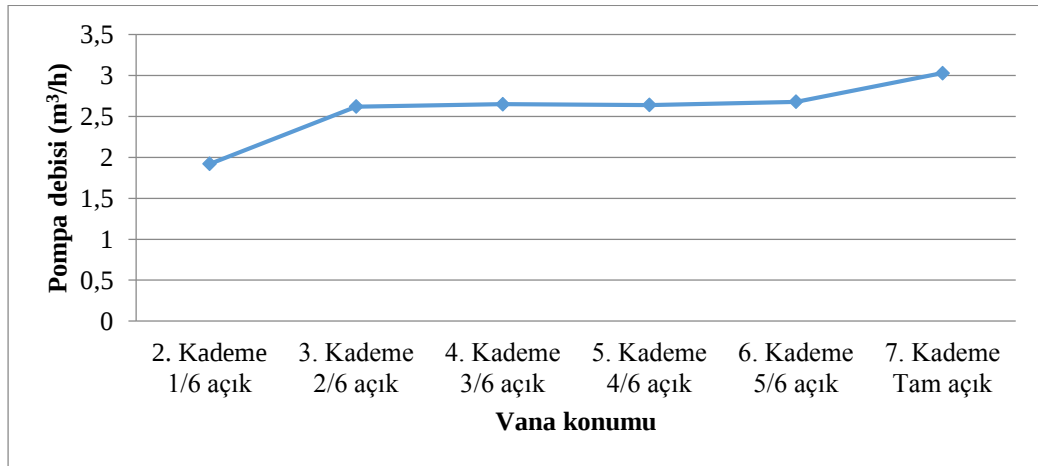
Şekil 2.14. Pompa veriminin zamana göre değişimi

Boru kesitinin zamanla daraldığı bunda pompa verimi üzerindeki etkisi olduğu Şekil 2.15'te yer alan grafikten anlaşılmaktadır.



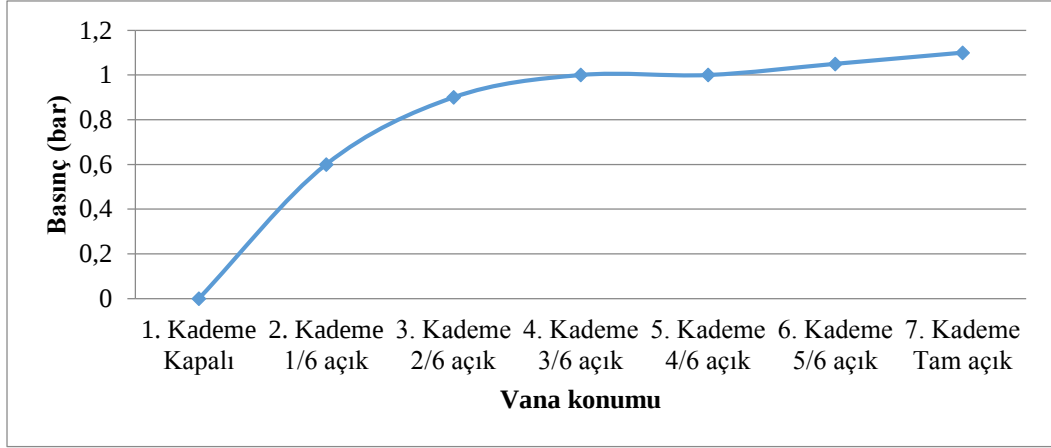
Şekil 2.15. Boru kesit alanının zamana göre değişimi

Pompanın emiş bölümüne konan vana için 7 konum belirlenerek pompanın verimi, debisi, şebekeden çekil güç, basma yüksekliği, basınç değişimi, şebekeden çekilen akım testleri yapılmıştır. Şekil 2.16’da yer alan grafikten vana konumunun 1/6 açık olması durumunda pompa debisinin düşük olduğu, tam açık durumda ise pompanın nominal debiye ulaştığı gözlenmiştir.

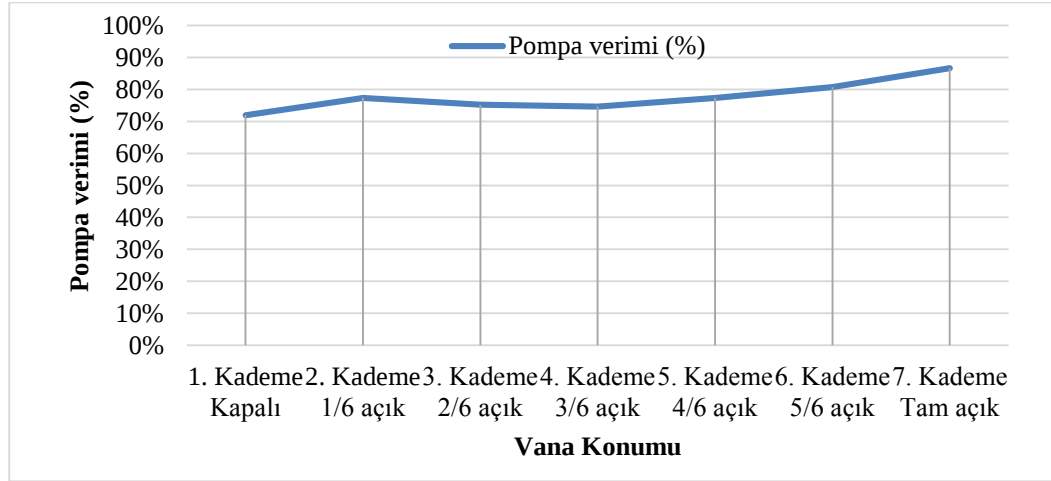


Şekil 2.16. Vana konumuna göre debi değişimi

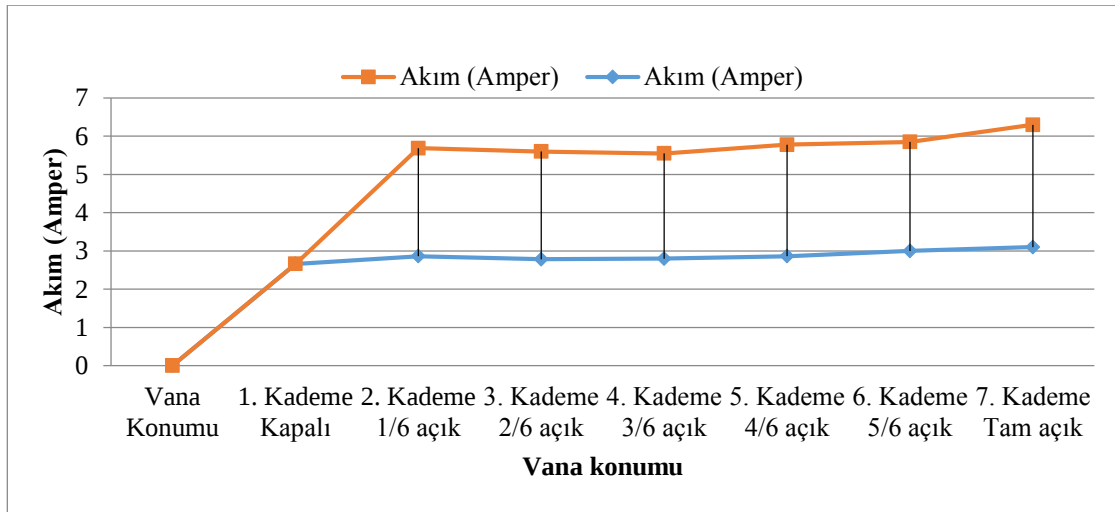
Vana konumunun kapalıdan açığa doğru çıkış basınç değişimi Şekil 2.17’de gösterilmiştir.



Şekil 2.17. Vana konumuna bağlı basınç değişimi

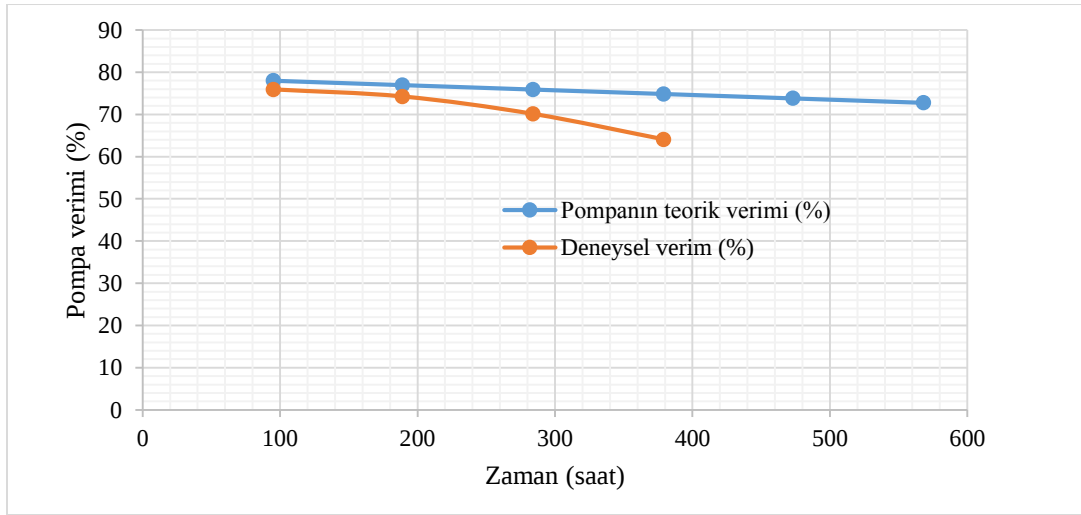


Şekil 2.18. Vana konumu-pompa verimi değişim grafiği



Şekil 2.19. Vana konumuna göre akım değişimi

Pompalarda ön görülen ömür süresi pompa malzemelerin ısınma, deformasyonu, pompa bakımı ve çalışma şartlarına bağlı olarak 10-20 yıl arasında değiştiği düşünüldüğünde; günlük ortalama 12 saat çalışma süresine bağlı olarak pompanın teorik verimi yaklaşık olarak grafikte yer almaktadır. Jeotermal akışkan transferi deney şartlarında elde edilen deneysel verim ve teorik verim Şekil 6.18’de verilmiştir. Jeotermal su transfer şartlarında santrifüj pompa veriminin ön görülen teorik verime göre daha kısa sürede düştüğü anlaşılmaktadır.



Şekil 2.20. Teorik ve deneysel pompa verimlerinin zamana göre değişimi

2.9. Deney düzeneği Malzemelerin İncelenmesi

Test için temin edilen pompa sökülerek pompa çarkı ve salyangozun kullanılmadan önceki hali Şekil 2.21’de verilmiştir.



Şekil 2.21. Pompa çarkı ve salyangozun ilk durumu

Deney süresinin 30. gününde pompa test düzeneğinden sökülerek pompa çarkı ve salyangozda oluşan değişiklikler Şekil 2.22’de verilmiştir.



Şekil 2.22. Pompa çarkı ve salyangozda 30 gün sonunda durumu

Deney süresinin 60. gününde pompa test düzeneğinden sökülerek pompa çarkı ve salyangozda oluşan değişiklikler Şekil 2.23’te verilmiştir.



Şekil 2.23. Pompa çarkı ve salyangozda 60 gün sonunda durumu

Deney süresinin 90. gününde pompa test düzeneğinden sökülerek pompa çarkı ve salyangozda oluşan değişiklikler Şekil 2.24’te verilmiştir.



Şekil 2.24. Pompa çarkı ve salyangozda 90 gün sonunda durumu

Deney sonunda (120 günlük inceleme süresi sonunda) pompa test düzeneğinden sökülerek pompa çarkı ve salyangozda oluşan değişiklikler Şekil 2.25’te verilmiştir.İkinci

resimde oluşan tortu pompanın çalışmadığı süre boyunca akışkanın taşıdığı gazların havayla temasından kaynaklı oluşmuştur. Zamanla büyüyerek ve pompa çarkında aşınmaya sebep olacağı için sistemin düzenli bakımlarının yapılması gerekecektir.



Şekil 2.25. Pompa çarkı ve salyangozda 120 gün sonunda durumu

Deney sonunda pompa test düzeneğinde kullanılan boru tipleri sökülerek Şekil 6.24’te verilen farklı tip borulardaki kabuklaşma incelenmiştir.



Şekil 2.26. Farklı tip borularda oluşan kabuklaşma

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kös kaplıcaları için kurulan; deney düzeneğinde kullanılan santrifüj tipi pompa debisinin deney süresi boyunca boru kesit alanının daralması ve diğer etkenlere bağlı olarak Şekil 2.14'te verildiği gibi %78'lerden %60'lara düştüğü görülmüştür.

Mil gücünün zamanla artı yönde değişkenlik gösterse de pompa çark-salyangoz ikilisinin hava ile temas eden kısımlarında kabuklaşma ve jeotermal suyun içerdiği parçacık sebebiyle yer yer aşınma gözlemlenmiştir. Transfer sürecinde oluşan kabuklaşma ve aşınmalar sistem kayıplarının artırdığından pompa performansını olumsuz etkilemiştir. Dolayısıyla santrifüj pompanın; Kös kaplıcaları jeotermal suyun içerdiği bileşenlerinden dolayı kısa sürede düşük verimlere ulaşması, jeotermal akışkan için pompanın istenilen performansı sağlamadığı anlamına gelmektedir.

Test boyunca en sık yaşanan sorun pompa sisteminin sürekli hava yapması oldu. Bunun nedeni de kuyudaki jeotermal su kaynağının kabarcıklar oluşturmasıydı. Bu tür kuyulardan su alınacaksa öncelikle durağan bir depoda toplanması uygun olacaktır.

Şekil 2.13'teki grafikte pompanın mil gücünün değişken olduğu, öte yandan faydalı akış gücünün sistemde oluşan kayıplar ve suyun özelliğine bağlı olarak 420W seviyesinden 400W seviyesine düştüğü görülmüştür.

Jeotermal akışkan transfer sürecinde akışkana temas eden parçaların akışkan özelliğine göre; PPRC boru ve paslanmaz çelik malzemeden üretilmiş çark-salyangoz tipi pompa seçilmiş olması malzemeden oluşan deformasyonu en aza indirilmiştir.

Bu tür akışkan transferleri için öncelikle akışkan sıcaklığı, kimyasal özelliği, bulunduğu ortam, kuyu derinliği, basma yüksekliği ve transfer edilecek ortama bağlı olarak malzeme seçimi yapılmalıdır. Kös kaplıcaları için öngörülen pompalar; dikey milli pompa olmakla birlikte, jeotermal su ile temas eden kısımlarının paslanmaz çelik, bronz veya titanyum

kaplamalı malzemeler olması gerektiği anlaşılmaktadır. Ayrıca motor kısmının jeotermal su ve ortaya çıkardığı gazlardan muhafaza edilmelidir.

Sıcaklığa dayanıklı, minimum pürüzlülük değerine sahip, kimyasal maddelere dayanıklı seçilen imalatlar işletme koşullarında daha verimli olmakla birlikte, akışkan transferinin sürekliliği açısından önemli olduğu tespit edilmiştir.

Pompa verimi Q/H_m değerine bağlı değişmektedir. Büyük debi ve belirli Q/H_m oranlarında yüksek verim elde edilmektedir.

Kapalı vana konumu ($Q=0$) başlayarak debi arttıkça, pompa verimi artmakta, nominal değerden sonra ise pompa verimi düşmektedir. Veriminin en yüksek olduğu nokta “Optimum Nokta” olarak tanımlanır. Kös kaplıcaları katı parçacıklar içerdiğinden; seçilecek pompaların çarkların en dar kısımları pompanın basabileceği katı parça boyutlarından büyük olmalıdır.

Kös kaplıcalarının içerdiği sert parçacıklar pompa çarkı ile yakın çalışan yüzeylerinde aşınmalara neden olmakta ve pompa verimini düşürmektedir. Ayrıca kaplıca jeotermal su bünyesinde çeşitli çözünmemiş gaz taşıdığından transfer sürecinde imalatlar içerisinde (boru, çark, vs.) kolayca ayrışmakta ve malzemelerde kabuk oluşumuna sebebiyet vermektedir. Jeotermal su transfer aşamasında kullanılan imatların akışkanın özelliğine göre yapılan kimyasal analizlerde öngörülen malzemeden olması önemlidir.

Jeotermal akışkan için pompa seçimi yapılırken; akışkan analizine, ortam özelliklerine, pompa tipine ve kavitasyon hesabına çok dikkat edilmelidir. Bu parametreler pompanın verimini ve kullanım süresini etkilediği unutulmamalıdır.

Jeotermal su, katı parçacık içerdiğinden deney sonunda pompa çarkından geçemeyen sert kayaç zamanla suyun içerdiği gazların havayla temas etmesinden dolayı tortu oluşumuyla birlikte büyümüştür. Jeotermal suların transferinde kullanılan boru iç yüzeylerinde uzun vadede tortu (kabuk) oluşturduğu ve korozyona neden olduğu görülmüştür. Bunu engellemek için Oluşan kabuğu periyodik olarak asit veya fiziksel olarak temizlemek ya da suyun kimyasal özelliğine göre inhibitör (kimyasal) kullanılması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

<http://ilicalar.bingol.edu.tr/analiz-raporlari/index.html> (erişim tarihi: 08.05.2021)

Akkuş İ, Alan H (2016) Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneriler Raporu. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları 123, Afşaroğlu Matbaası Ankara, Türkiye, s. 1-89

Aksoy N (2001) Jeotermal Enerjili Bölgesel Isıtma Sistemlerinde Gözlem: Balçova Örneği. Jeotermal Enerji Semineri, İzmir, Türkiye, s. 275

Avcı E (2018) Jeotermal Sularla Hazırlanmış Çamurların Sondaj Performansına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, T.C. İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, Türkiye, s. 2-5

Cebeci O (2017) Yüksek Sıcaklık ve Basınç Altında Çalışan Bir Santrifüj Pompanın Şasi ve Gövde Gerilme Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, s. 1-10

Çakır A (2005) Jeotermal su Kullanımında Kabuklaşma ve Korozyon Problemleri, Jeotermal Enerji Semineri, İzmir Türkiye, s. 303

Çandar Ö (2014) Çanakkale-Tuzla Yöresi Jeotermal Sularının Kabuklaşma ve Korozyon Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 2-10

Engin M (2006) Düşük Sıcaklı Jeotermal Akışkanın Konut Isıtmada Doğrudan Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Niğde, Türkiye, s. 4

Eroğlu A, Aksoy N (2003) Jeotermal Suların Kimyasal Analizi, Jeotermal Enerji Semineri, Ankara, Türkiye, s. 149-150

Ertöz AÖ, Aksoy N (2014) Jeotermal Pompa Performansının Gözlemlenmesi, Değerlendirilmesi ve Optimizasyonu, Jeotermal enerji Semineri, İstanbul Türkiye, s. 333-334

Helpbaşı A, Hancıoğlu E (2001), Toprak Kaynaklı (Jeotermal) Isı Pompalarının Tasarımı, Testi ve Fizibilitesi, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, Türkiye, s. 521-522

<https://www.tesisat.org/sulama-tesisati-projelendirmesi-ve-sulama-hesaplari.html> (erişim tarihi: 05.05.2021)

<https://www.irena.org/geothermal> (erişim tarihi 08.05.2021)

Kıranşan K, Şengün M T (2013) Bingöl İli Jeotermal Kaynakları, Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi, İstanbul, Türkiye, s. 338-339

Mertoğlu O, Şimşek Ş, Başarır N, Paksoy H (2019), Geothermal Energy Use, Country Update for Turkey, European Geothermal Congress, Den Haag, Nederland, s. 1-2

<https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/jeotermal-harita/images/4.jpg> (erişim tarihi: 08.05.2021)

https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi / maden_potansiyel_2010 / Bingol_Madenler.pdf (erişim tarihi: 08.06.2021)

<http://www.normpompa.com.tr/tr/tekkademelisantrifujpompa/nsp> (erişim tarihi: 01.06.2021)

Okullu U (2016) Inline Tip Santrifüj Pompalarda Verim Analizi ve Kaviteasyon İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, Türkiye, s.1-9

Özdemir A, Tezelli O (2008) Türkiye Jeotermal Sularının Jeokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Sondaj ve Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi (7): 52

Pore AA, Raykar NR, Patil N (2015) Design and Leak-tightness Analysis of Volute Casing for Axially Split Multistage Centrifugal Pump. International Research Journal of Engineering and Technology, s.73-80

Sarıgül A (2010) Santrifüj Pompalarda Enerji Verimliliği, Santrifüj Pompalarda Enerji Verimliliği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, s. 1-5

http://cografyaharita.com/haritalarim/4l_bingol_ili_haritasi.png, (erişim tarihi: 08.06.2021)

Serpen Ü (2015) Jeotermal Sondajların Özellikleri ve Kullanılan Donanımlar, Jeotermal Enerji Semineri, 7. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Teskon+ Sodex Fuarı, İstanbul, Türkiye, s. 55

<https://www.sumakpompa.com/tr/santrifuj - pompa - montaj - kurulum - semasi -calisma-prensibi-sekli-> , (erişim tarihi: 08.06.2021)

Şahan AM (2001) Jeotermal Doğrudan Isıtma Sistemlerinde Plakalı Isı Değiştirgeçleri, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, Ankara,Türkiye, s. 187-188

<https://vansan.com.tr/urunler/jeotermal-pompalar#tab-id-3>, (erişim tarihi: 08.05.2021)

Yıldırım N (2012) Jeotermal Sahalarda Kabuklaşma Sorunu Ve İnhibitör Uygulamaları. Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Eğitim Semineri, Ankara, s. 1-2

Yüksel E, Eker B (2009) Tarımsal Sulamada Kullanılan Santrifüj Pompa Çarkında Olabilecek Aşınmanın Belirlenmesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, s. 205-206

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Bingöl’de doğdu. İlkokulu Solhan, ortaokulu Bingöl’de, liseyi Solhan Lisesi’nde tamamladı. 2003 yılında Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2006 yılında Erasmus Programı dâhilinde Leipzig Hannover Üniversitesi Makine Mühendisliği Eğitimi Bölümünde 5.dönem bölümünü tamamladı, 2009 yılında fakülte ikincisi olarak mezun oldu. 2009 yılında, Mardin Artuklu Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik daire Başkanlığında Makine mühendisi olarak görev yaptı. 2016 yılında kurumlar arası geçişle Bingöl Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığında mühendis olarak göreve devam etmektedir. 2019 yılında Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programına kayıt yaptırdı.