

**SU YAĞLAMALI OYNAK SEGMANLI EKSENEL KAYMALI
YATAK**
**WATER LUBRICATED AND JOINTED SEGMENTED AXIAL PLAIN
BEARING**

Kadir ÇELİK, Mak.Y.Müh., *TTK Maden Makinaları Fabrikası İşletme Müdürlüğü, Zonguldak.*
Tuncer ÖZKAN, Mak.Y.Müh. Amasra/BARTIN

ÖZET

“3 Mart 1992 Kozlu GAZ-TOZ Patlamasında şehit olan 263 MADENCİ anısına”

Kozlu Müessesesi ocaklarında meydana gelen büyük bir patlama sonucu ortaya çıkan açık alevli ocak yangınlarının kontrol edilememesi nedeniyle dışarıdan ocaklara su basılmış, su -280 kotuna geldiğinde ise alınan ölçüm değerleri yeraltında yüksek ısının bulunmadığını ve yangının tamamen söndüğünü göstermiştir.

Sıra, ocakların geri kazanılması işlemine gelmiştir ki birinci adım, basılan suyun geri atılmasıdır.

Bu bildiri, suyun dışarı atılmasında kullanılan ve MAZ tarafından imal edilen “Dalgıç Elektro Pompa” ya ait “Su yağlamalı oynak segmanlı eksenel kaymalı yatağın”; projelendirme, hesaplama ve şekillendirilmesi ile “Elektrik motorunun ısınma kontrolü” nu kapsamaktadır.

ABSTRACT

“Dedicated to 263 coal miners who lost their life during the methane and dust explosions at Kozlu Coal Mine on March 3rd, 1992”

After the gas and dust explosion, a great amount of fresh water pumped into the mine until the water level was reached at -280 m below the sea level. After then, temperature measurements were made. Low temperature was observed at some critical locations and this indicated that the mine fire was extinguished completely.

Next step was repumping mine water out of the working areas in order to restart coal mining activities.

This paper describes the calculation of the design parameters related to some main parts (Water lubricated and jointed segmented axial plain bearing) of the electrical submersible pump which was manufactured by MAZ factory of Turkish Hard coal Enterprises (TTK) and also controlling of heat problems of electrical motor occurring during water pumping operations.

1 GİRİŞ

Bu bildiri de, Ocaklardan su atımı için Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğünde projelendirilip imalatı yapılan dalgıç elektro-pompanın eksenel yatak problemi ve elektrik motorunun ısınma kontrolü ele alınmıştır.

Amacı, su yağlamalı oynak segmanlı eksenel yatağın geometrik olarak boyutlandırılması, yük taşıma kabiliyetinin irdelenmesi ve son olarak elektrik motorunun ısınma kontrolünün yapılmasıdır.

2 DALGIÇ POMPA VE EKSENEL YATAK PROBLEMİ

03 Mart 1992 Tarihinde TTK Kozlu Müessesesinde ocaklarında meydana gelen gaz ve toz patlaması sonucunda ocaklarda açık alevli yangınlar oluşmuştur. Yangınla mücadele için, önce bütün havalandırma ve kuyu başları hava geçirmeyecek şekilde kapatılmıştır. Tüm çabalara rağmen yangın söndürülemedince zorunlu olarak ocaklara -280 katına kadar su doldurulmuştur.

Mevcut yönetim ve teknik kadro, ocaklardaki suyun geri boşaltılması işini kurumun kendi bilgi, beceri ve teknik imkânlarıyla yapabileceği kararını almıştır. Mevcut şartlar altında günde 25.000 m³ (3.500 m³/gün doğal gelir dahil) suyun boşaltılması gerekiyordu. Kuruma bağlı Maden Makinaları Fabrikasında, Hm=140mSS ve Q=325m³ karakteristik değerlerinde 3 adet dalgıç pompanın imalatı yapılacaktır.

Ön görülen proje kapsamında ilk olarak, 1972 yılında görevini tamamlamış ve 20 yıldır Karadon'da bekleyen, hurda haldeki, 3 adet KSB dalgıç pompanın, Maden Makinaları Fabrikasında tamir ve bakımı yapıldı. Bu pompalar üretildiği tarihte, Çizelge 1'de verilen karakteristik değerleri ve kütleleri bakımından, dünyadaki en büyük prototip pompalardı (Matthes, 1975)

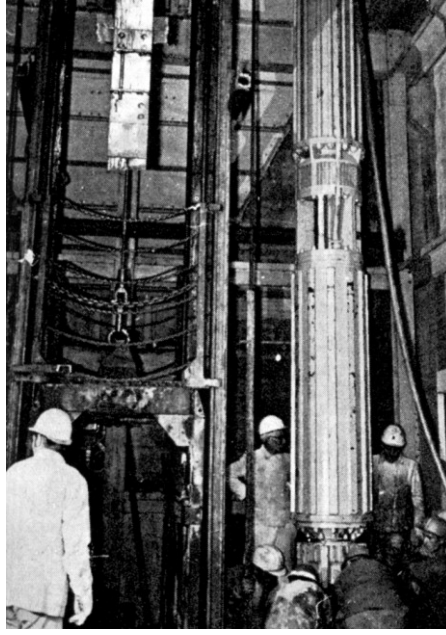
Çizelge 1. Çatalağzı kuyusunda kullanılan KSB (DPG 495 tipi) pompaların özellikleri.

KADEME	7+7 (Çift emişli)	8+8 (Çift emişli)	11+11 (Çift emişli)
DEBİ (Q=m ³ /saat)	450	450	432
Hm (mSS)	320	350	425
Güç (kW)	660	700	780
N (dev/dak)	1480	1470	1470
U (V)	3000	3000	3000
I (A)	160,5	175	175
Boy (m)	5,35	6	8
Ağırlık (kg)	6400	7000	9500

Maden Makinaları Fabrikası Teknik Ekibi su yağlamalı oynak segmanlı eksenel yatak ile ilk kez bu tamirat ve bakım sırasında karşılaştılar. Pompaların orijinal eksenel yatakları aşırı aşınıp deforme olduklarından yeniden projelendirilmesi ve özellikle yatak malzemesinin seçilmesi gerekiyordu.

2.1 KSB (DPG 495 Tipi) Dalgıç Elektro-Pompalarının Kısa Tarihiçesi

Kurumun, geçmişinde su boşaltımı ile ilgili bir tecrübesi vardı. Çatalağzı kuyusunun 1967 yılında derinleştirme çalışmaları tamamlanmış, kuyunun işletmeye açılabilmesi için -366 katında proje edilen, kontur, su havuzları, pompa dairesi ve Karadon kuyusu ile irtibat galerisinin sürülmesi gerekiyordu. Bu iş, su riskinden dolayı tecrübeli yabancı bir firmaya (*Veruschhacht*) verilmesine rağmen 26 Eylül 1969 yılında su patlaması olmuş ve kuyu suya boğulmuş. Neticede 2.5 yıllık doğa ile insanın mücadelesinde 3 kez başarısız olunmasına rağmen sonunda insan doğa karşısında başarılı olmuştur (*Özkan, 2007*).



Şekil 1. Çatalağzı kuyuda su boşaltma çalışması (Matthes, 1975).

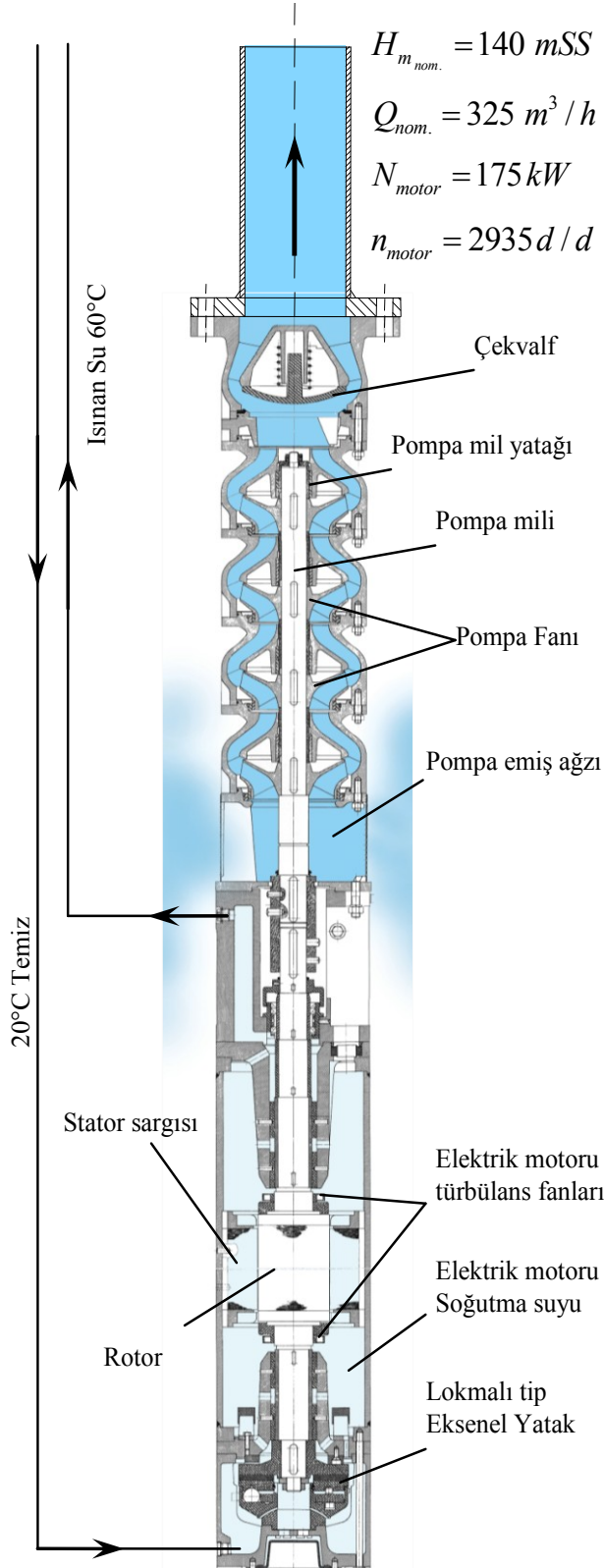
Almanya'daki KSB pompa firmasından, mevcut şartlar altında kuyudaki suyu boşaltabilecek farklı karakteristiklerde 3 farklı pompa sipariş usulü temin edilmiştir. Bu pompalar, karakteristik özelliklerinden dolayı (Çizelge 1), üretildiği tarihte dünyadaki en büyük dalgıç pompalardı

Çatalağzı'ndaki su ile mücadelede, Alman mühendis Gunter Matthes'in tüm tecrübelerini not alması ve notlarını kuruma bırakması çok faydalı olmuştur.

3 EKSENEL KAYMALI YATAĞIN PROJELENDİRİLMESİ

3.1 Eksenel yatağın ve dolayısıyla problemin tanımı,

Eksenel yatak, pompa ve motor milleri ile millere sabitlenmiş hareketli ekipmanların, ayrıca basılan suyun pompa ve tesisat içinde kalan kısmının kütlelerinden dolayı oluşan eksenel yüke yataklık eder. Genel bir fikir vermesi açısından, Şekil 2'de işletme durumundaki dalgıç pompanın kesit gösterimi ve Şekil 3'de eksenel yatak konstrüksiyonunun pompa üzerindeki gösterimi verilmiştir.



Motor alta yerleştirilmiştir.

Emiş, pompa ile motor arasında bulunan emme odasından yapılır.

Motor ıslak rotorludur yani, su ile doldurulmuş kısa devre asenkron motorlardır.

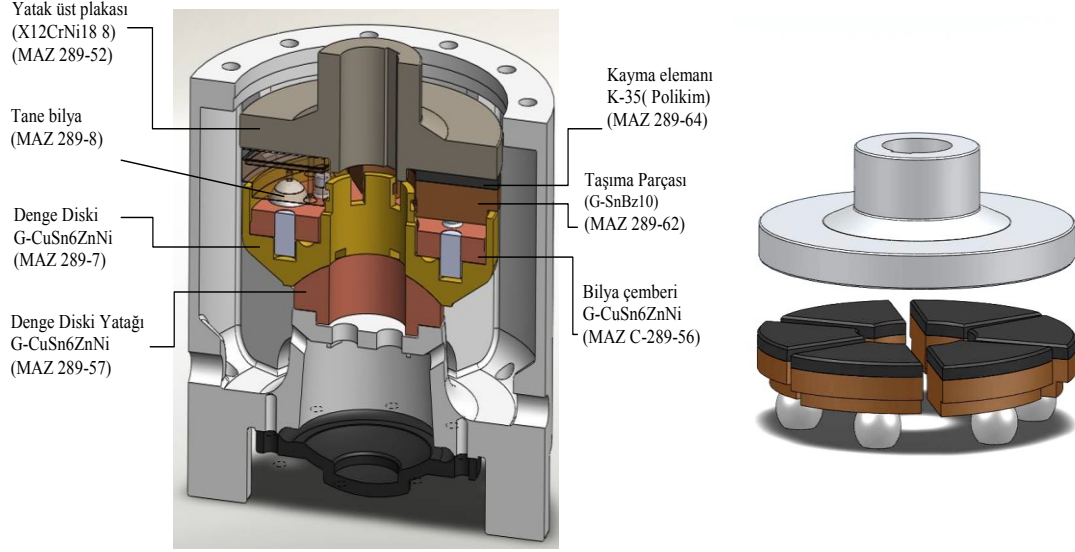
Radyal yatakları ve aksel yükleri karşılayan aksel yatağı su ile yağlanmaktadır.

Stator, su içinde çalışabilecek özellikteki izoleli (korunmalı) bobin teli ile sarılmıştır.

Radyal su sızdırmaz keçeleri, motor içindeki su ile, pompanın bastığı suyun karışmamasını sağlar.

Eksenel yatağın altında bulunan bir denge diyaframı, motorun ısınması sonucu suyun genleşmesi ile oluşacak olan yüksek basıncı dengeler.

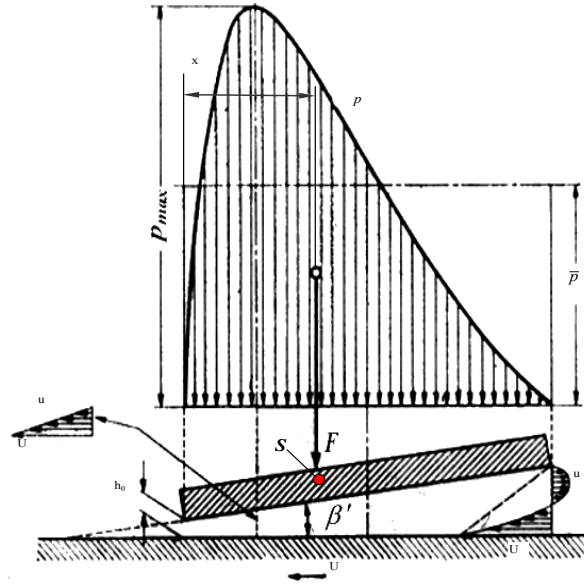
Şekil 2. Tamamı Maden Makinaları Fabrikasında imal edilen MAZ Dalgıç Elektro-Pompa'nın işletme durumundaki kesit görünüşü (Özkan ve Çelik, 2007).



Şekil 3. Oynak segmanlı (lokmalı) aksenal kaymalı yatak konstrüksiyonu.

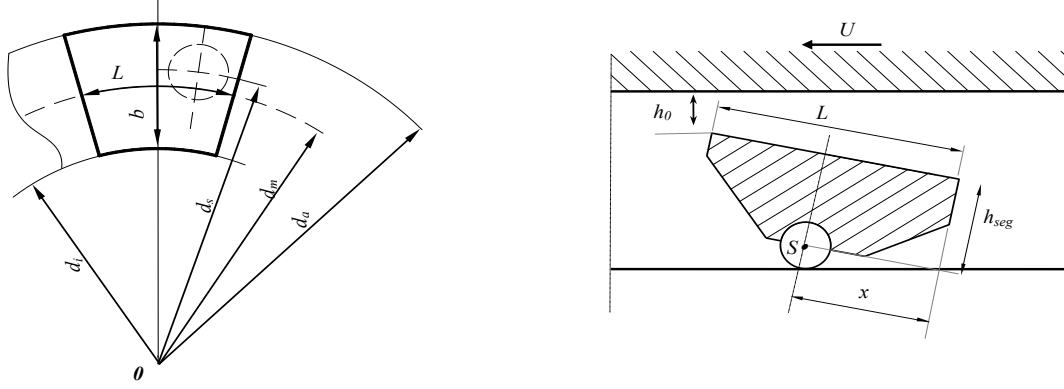
Eksenal yataklarda, kalınlığı hareket yönünde azalan yağ filmi sayesinde yük taşıyabilen bir yağ tabakası oluşur (Şekil 4).

Konstrüksiyonlarda, segmanların uygun açığı kendi kendine ayarlamasından başka, yükün bütün segmanlara eşit şekilde dağılmasına ve yükün segmanlara dik gelmesine gayret edilir. Oynak segman üzerinde oluşan yüklerin bileşkesinin etkidiği nokta "S" noktası olup bu nokta aynı zamanda bilye destek noktasıdır.



Şekil 4. β' eğimli düz levhanın yağ tabakasında, u hızı ve p yağ basıncı dağılışı (KLEMENCIC'e göre) (Neimann and Winter, 1983).

Her yük ve devir için en iyi çözüm, oynak segmanlı yataklardır (Şekil 5). Bu yataklar kendi yağ basınçlarını kendileri meydana getirirler ve sürtünme katsayıları küçüktür.



Şekil 5. Oynak segmanın geometrik boyutları (Özkan ve Çelik, 2007).

3.2 Bilinen ve Seçilmesi Gereken Parametreler

Eksenel yatak problemi için gerekli ve bilinen parametreler Çizelge 1’de, seçilmesi gereken parametreler ise Çizelge 2’de verilmiştir. Bilinen parametreler, pompa projesinde hesaplanan parametrelerdir (Özkan, 1997).

Çizelge 1. Dalgıç Elektro-Pompa proje değerleri.

$F_{ek} = 9050 N$	$F_{motor} = 1200 N$	$F_{pompa} = 320 N$
$F = F_{ek} + F_{motor} + F_{pompa}$	$F = 10570 N$	$n_{motor} = 2935 dev / dak.$

F_{ek} : Pompada eksenel itme kuvveti.

F_{motor} : Rotor mili ve üzerinde dönen parçaların oluşturduğu düşey kuvvet.

F_{pompa} : Pompa mili ve üzerinde dönen parçaların oluşturduğu düşey kuvvet.

F : Eksenel yatağın taşınması gereken bileşke kuvvet.

n_{motor} : Pompa mili ve üzerinde dönen parçaların oluşturduğu düşey kuvvet.

Çizelge 2. Eksenel yatak projesi için seçilen parametreler.

$\bar{p} = 50 N / cm^2$	$z = 6$	$\eta_{60^\circ C} = 469.87 \cdot 10^{-6} Pa \cdot s$
$\mathcal{G}_{yatak} = 60^\circ C$	$\varepsilon = 1.25$	$\frac{L}{b} = 0.9$

\bar{p} : Elektrik ve su makinaları, $n > 1500$ ve durma zamanı < 8 dakika değerleri için seçildi.

z : Segman sayısı, yatak büyüklüğüne göre $z = 4 \dots$ aralığında seçilir.

$\eta_{60^\circ C}$: $60^\circ C$ su için dinamik viskozite (Çizelge 3).

$\mathcal{G}_{60^\circ C}$: Yatağın emniyetli çalışabileceği işletme sıcaklığı (kabul).

ε : Yağ kamasi boyutlar oranı, oynak segmanlı yataklar için 1,25 seçilir.
 $\frac{L}{b}$: $\left[\frac{L}{b} \cong 0.7 \dots \right]$ en çok kullanılan değerlerdir. $\left[\frac{L}{b} \cong 1 \right]$ için taşıma kabiliyeti maksimum sürtünme minimumdur. Yüksek devirli yataklarda küçük değerleri seçilir.

3.3 Oynak Segmanın Boyutlandırılması ve Taşıma Kabiliyetinin Hesaplanması

Bilinen ve seçilen parametrelerden yola çıkılarak Şekil 5’de tanımlanan geometrik boyutlar Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 3’de ise mevcut verilerle yatağın taşıma kabiliyeti irdelenmiştir.

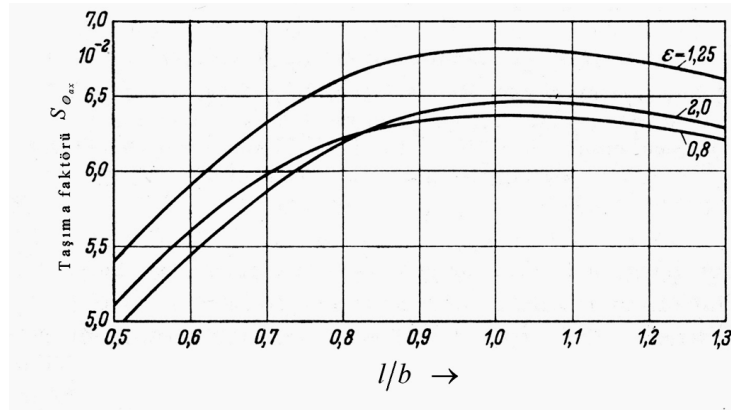
Çizelge 3. Oynak segmanın geometrik boyutlarını veren denklemler ve sonuçları (Neimann and Winter, 1983).

Ortalama segman uzunluğu (L)	$L = \sqrt{\frac{F \cdot (L/b)}{\bar{p} \cdot z}}$	$L = 56.3 \text{ mm}$
Taşıyıcı yatak genişliği (b)	$b = \frac{L}{0.9}$	$b = 63 \text{ mm}$
Ortalama yatak çapı (d_m)	$d_m = \frac{Z \cdot L}{\pi \cdot 0.8}$	$d_m = 134 \text{ mm}$
Yatak dış çapı (d_a)	$d_a = d_m + b$	$d_a = 197 \text{ mm}$
Yatak iç çapı (d_i)	$d_i = d_m - b$	$d_i = 72 \text{ mm}$
Destek ağırlık merkezi çapı (d_s)	$d_s = \sqrt{0.5 \cdot (d_a^2 + d_i^2)}$	$d_s \cong \phi 148 \text{ mm}$
Oynak eksenin konumu (x)	$x = 0.42 \cdot \frac{L \cdot d_s}{d_m}$	$x = 24 \text{ mm}$
Segman kalınlığı (h_{seg})	$h_{seg} = 0.25 \cdot \sqrt{b^2 + L^2}$	$h_{seg} \cong 21 \text{ mm}$
Ortalama çapın çevresel hızı (u)	$u = \pi \cdot d_m \cdot n / 60$	$u \cong 20.765 \text{ m/s}$

Çizelge 4. Oynak segmanın taşıma kabiliyetinin belirlenmesi ile ilgili eşitlikler ve sonuçlar (Neimann and Winter, 1983).

Min. yağ filmi kalınlığı (işletme şartlarında) h_0 ;	$h_0 = \sqrt{\frac{S_{O_{ax}}^{(*)} \cdot \eta \cdot u \cdot b}{\bar{p}}}$	$h_0 \cong 9.112 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
Sürtünme gücü P_R ;	$P_R = 3 \cdot u \cdot \sqrt{F \cdot u \cdot Z \cdot L} \cdot \sqrt{\eta}$	$P_R = 367.72 \cong 0.4 \text{ kW}$
Geçiş yükü F_{ii}	$F_{ii} = 9.6 \cdot 10^8 \cdot \eta \cdot b^2 \cdot d_m \cdot n$	$F_{ii} \cong 11670 \text{ N}$
Sıvı sürtünmeye geçiş devir sayısı n_{ii} ;	$\frac{F_{ii}}{F} = \frac{n}{n_{ii}}$	$n_{ii} = 44.525 \text{ d / s}$
Yatağın aşınma emniyeti Sem	$Sem = \frac{F_{ii}}{F}$	$Sem = 1.104 > 1$

(*) ε ve L/b parametrelerine göre taşıma sayısı veya taşıma faktörü Şekil 6'dan faydalanılarak $S_{O_{ax}} = 6.78 \cdot 10^{-2}$ bulunmuştur.



Şekil 6. ε ve L/b ye bağlı olarak taşıma faktörü $S_{O_{ax}}$ değerleri (Drescher'e göre) (Neimann and Winter, 1983).

Yatağın aşınma emniyetinin 1'den büyük olması eş çalışan yatak parçaları, sürtünme disk ve aşınma plakası, arasında su filmi oluştuğunu gösterir. Yatak üzerine dik gelen $F = 10570 \text{ N}$ toplam yüke karşılık, oluşan su filmi üzerinde $F_{ii} \cong 11670 \text{ N}$ toplam bileşke etki kuvveti meydana gelir. Bu sayede eş çalışan iki yatak parçası birbirine temas etmez, aralarında tam sıvı sürtünme oluşur ki arzu edilen de budur.

Tam sıvı sürtünme $n_{ii} = 2671.5 \text{ dev / dak}$ olduğunda başlamış olur. Bunun anlamı, motora her yol verişimizde sıvı sürtünmeye geçiş devrine kadar, özellikle kuru sürtünme

aralığında, eş parçalarda aşınma yüksek olur. Bu nedenle dalgıç pompalar, gereksiz sık durdur-çalıştır yapılmamalıdır.

3.4 Elektrik motorunun ısınma kontrolü (İşletme şartlarında):

3.4.1 Düzlemsel bir yüzeydeki doğal ısı taşınımı;

Düsey ve silindir şeklindeki elektrik motoru gövdesinin su ile temas eden dış yüzeyi düzlemsel bir yüzey olarak alınır. Şekil 1 incelendiğinde, su içinde bulunan rotor miline bağlı 2 adet fanın bulunduğu görülür. Fanların dönmesiyle akış çizgilerinde bir karışıklık meydana gelir ki türbülanslı akış söz konusudur.

Düsey bir yüzeydeki türbülanslı doğal ısı taşınımında hava için $A=0.10$, su için $A=0.17$ olmak üzere Nusselt sayısı,

$$N_u = A \cdot \sqrt[3]{G_r \cdot P_r} \quad (\text{Dağsöz, 1984}) \quad [1]$$

ve

$$N_u = \frac{\alpha \cdot D_{mot}}{\lambda} \quad (\text{Kakaç, 1970}) \quad [2]$$

denklemleri ile ifade edilmektedir.

α = Isı taşınım katsayısı, yüzey film katsayısı veya yüzey ısı transferi (geçiş) katsayısı (Su havuzundaki su ile suyun temas ettiği elektrik motoru gövdesinin silindirik dış yüzeyi arasındaki ısı geçişi için)

D_{mot} = Elektrik motoru gövdesinin dış çapı $D = \phi 290 \text{ mm}$ (Proje değeri)

λ = Isı iletim katsayısı (ortalama sıcaklığa göre $(20+60)/2=40^\circ\text{C}$ için; Çizelge 5).

Çizelge 5. Isı transferinde (geçişinde), su için karakteristik değerler (Dubbel, 1981).

t °C	ρ kg/dm ³	c_p kJ/(kgK)	$10^6 \cdot \eta$ Pa·s	$10^6 \cdot \nu$ m ² /s	λ W/(m·K)	$10^6 \cdot a$ m ² /s	P_r	β K ⁻¹
20	0.9982	4.183	1004.19	1.006	0.598	0.143	7.03	0.00020
40	0.9921	4.178	652.80	0.658	0.627	0.151	4.36	0.00038
60	0.983	4.191	469.87	0.478	0.651	0.158	3.03	0.00054
80	0.972	4.199	353.81	0.364	0.669	0.164	2.22	0.00065

Grashof sayısı;

$$G_r = g \cdot \beta \cdot (\vartheta_y - \vartheta_a) \cdot D^3 / \nu^2 \quad (\text{Dağsöz, 1984}) \quad [3]$$

Prandtl sayısı;

$$P_r = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda} = \frac{\nu}{a} \quad (\text{Dağsöz,1984}) \quad [4]$$

β = Isıl genleşme katsayısı

ν =Kinematik viskozite

η = Dinamik viskozite

c_p = Özgül ısı

a = Isısal yayılma katsayısı

40°C ortalama sıcaklık için Çizelge 3'den gerekli parametreler yerine konarak sırayla:

$$G_r \cong 8.4 \cdot 10^9$$

$$N_u \cong 565$$

$$\alpha \cong 1222 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

hesaplanır.

3.4.2 Elektrik motor gövdesinin soğutma gücü P_K ;

Gövde tamamen su içinde olduğundan elektrik motoru gövdesinden transfer edilecek ısı enerjisi,

$$P_K = \alpha \cdot A_{mot.} \cdot \Delta\theta \quad [5]$$

$$\Delta\theta = \frac{\theta_{yatak} + \theta_{dış}}{2} \quad \Delta\theta = 40^\circ\text{C} \quad \text{Ortalama sıcaklık} \quad [6]$$

$$A_{mot} = \pi \cdot D_{mot} \cdot L_{mot} \quad [7]$$

L_{mot} :2000 mm. (Motor boyu proje değeri)

A_{mot} :Motor gövdesinin su ile temastaki dış yüzeyi (Etkili soğutma yüzeyi)

$$P_K = 88 \text{ kW}$$

olarak hesaplanır. Eğer motor su ortamında değil de hava ortamında olsaydı tüm hesaplamalar yapıldığında;

$$P_{K_{HAVA}} = 0.3kW$$

Isı enerjisi transfer edilecekti.

3.4.3 Toplam kayıp güç P_v ;

Motor ve pompa içerisinde oluşan sürtünme kayıplarına karşı harcanan kayıp güçleri ve proje değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Su içinde çalışan motorun maruz kaldığı sürtünme kayıp güçleri (Özkan ve Çelik, 2007).

$P_S = 0.11 kW$	Su içerisinde ω hızı ile dönen rotorun sürtünme gücü
$P_{VD} = 0.3 kW$	Motor içinde kullanılan 3 adet keçenin sürtünme gücü
$P_{VPL} \cong 1kW$ (Kabul)	Motor türbülans fanlarının kayıp gücü
$P_{VB} = 0.1 kW$	Motor miline montajlı radyal kaymalı yatak kayıp gücü
$P_{VS} \cong 0.1kW$ (Kabul)	Motor ile beraber dönen diğer parçaların sürtünme gücü

Su içerisindeki motor parçalarını ω açısal hızı ile döndürebilmek için motor miline sürtünme kuvvetler toplamını yenecek bir güç uygulamak gerekmektedir.

Toplam sürtünme gücü,

$$P_{K_{sürtünme}} = P_S + P_{VD} + P_{VPL} + P_{VB} + P_{VS} \quad [8]$$

$$P_{K_{sürtünme}} = 1.61 kW$$

$$P_{K_{sürtünme}} \cong 2 kW \quad (\text{kabul edilir})$$

Ayrıca Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü Elektrik Atölyesi test istasyonunda elektrik motorunun demir ve bakır kayıpları,

$$P_{Fe} + P_{Cu} = 27 kW \quad [9]$$

ölçülmüştür.

Toplam kayıp güç,

$$P_v = P_{K_{sürtünme}} + P_{Fe} + P_{Cu} \quad [10]$$

$$P_V = 29 \text{ kW}$$

olarak bulunur.

$$P_{Ksu} = 88 \text{ kW} > P_V = 29 \text{ kW}$$

60° C/20° C su ortamında motor gövdesinin soğutma gücü yeterlidir.

$$P_{KHAVA} = 0.3 \text{ kW} < P_V = 29 \text{ kW}$$

olduğundan, hava ortamında bu elektrik motoru ÇALIŞAMAZ.

4 SONUÇ

Su ile dolu Kozlu Müessesesi ocaklarının yeniden geri kazanımı için ihtiyaç duyulan 3 adet MAZ Elektro-Pompa, Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü teknik personeli tarafından projelendirilip imalatı başarı ile gerçekleştirilmiştir.

Pompa projesinin bir parçası olan eksenel kaymalı yatak problemi, projenin başarısındaki en hayati kısımlarından biri oldu.

Projelendirme ve imalat sürecinde, kayma elemanı (MAZ 289-64)-yatak üst plakası (MAZ 289-52) (Şekil 3), malzeme çifti ve pompa mil malzemesi seçiminden kaynaklanan hatalar da yaşanmıştır. Motor daha test aşamasında iken eksenel yatağın sarması ve ocakta işletme esnasında pompa mili kesmesi gibi, olumsuzluklar da yaşanmıştır. Bu tecrübeler doğrultusunda proje ve imalat revize edilerek başarı sağlanabilmiştir. Her 3 pompanın da su boşaltımındaki görevlerini başarıyla yerine getirmesi, zamana karşı da yarışılan imalat sürecinde, katkısı olan her personel için gurur kaynağı olmuştur.

Ocaklardaki suyun yurtdışından bağımsız olarak, kurumun kendi öz kaynaklarıyla boşaltılablmesinin kuruma zaman ve maddi kazanç olarak katkısı büyük olmuştur

TTK Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü, kuruluş amacına uygun olarak, kurum açısından stratejik bir konuda görevini başarı ile tamamlamıştır.

5 KAYNAKLAR

Dağsöz, A.K. (1984) *Isı Geçişi*, Kipaş, İstanbul.

Dubbel (1981). *Taschenbuch für den Maschinenbau*, Siproinger-Verlag ,Berlin Heidelberg,New York.

Niemann,G.and Winter, H. (1983). *Maschinen Elemente Band II – Band III*, Springer-Verlag

Kakaç, S. (1970) *Isı Transferi*, ODTÜ Yayın No:27,Ankara.

Özkan, T. ve Çelik, K. (2007), *Karadon Müessesesi -360m. Katı Su Haritası*, TTK APK Daire Başkanlığı Sürdürülebilir Bilgi Paylaşımı IV, Zonguldak,s:1-10.

Özkan, T. (1997) *Bir Dalgıç Elektro-Pompanın Hesabı ve Projelendirilmesi*, TTK Maden Makinaları Fabrika İşletme Müdürlüğü, Zonguldak,

Özkan, T. ve Çelik, K. (2007), *Eksenel Kaymalı Yataklar*,TTK APK Daire Başkanlığı Sürdürülebilir Bilgi Paylaşımı III, Zonguldak,

MATTHES G, (1975) World Coal,

Ayrıca faydalanılan Kitaplar:

Bosch, M. and İleri, H. *Makina Elemanları Hesabı*, İTÜ Kütüphanesi Sayı: 721,748

Karl and Decker, H. (1982) *Maschinen elemente Gestaltung und Berechnung* , Karl Hanser Verlag München.

Roloff and Matek. (1983) *Maschinen elemente*, Friedr. Vieweg Sohn.

Dirk and Leimann, O. (1979) *Erhöhung der Wärmegrenzleistung bei Getrieben mit Luftkühlung*, Konstruktion 31 H.11, S.434-438

Ulukan, L. (1970) *Yağlama Tekniği*, İTÜ Mak.Fak. Mak. Elemanları Kürsüsü, İstanbul

Schröder, W. and Leimann, O. (1980) *Ermittlung der Getriebeverlustleistung*, Antriebstechnik 19Nr.11 S:532 – 535

Gediktaş, M. (1982) *Makina Elemanları Problemleri*, Fatih Yayınevi,İstanbul