



1992 yılında kozlu ocaklarına doldurulan suların ocaklardan geri atımı için ihtiyaç duyulan dalgıç pompalar, MMF da projelendirilip imal edilmiştir.

Bu pompaların eksenel yatakları, pompa ömrü açısından hayati öneme sahiptir. Bu sunuda kısaca 1992 yıllarına değindikten sonra, eksenel yatağın projelendirilmesi ve pompanın imali aşamasındaki tecrübe ve bilgileri sizlerle paylaşmaya çalışacağım.

Ben 1992 yılında henüz mühendislik fakültesi 2.sınıf öğrencisiydim ve bu ekibin içinde yer almadım. Bana da o günlerde yaşananları derleyip sunma görevi nasip oldu.

Bundan dolayı da ayrıca mutlu oldum.



3 Mart 1992 günü tarih sayfalarında, *TTK kurumu ve Zonguldak kenti için*, kara bir gün olarak yerini almıştır.

3 Mart 1992 tarihinde TTK Kozlu müessesesinde grizu patlaması ve ardı sıra kömür tozu patlamaları oldu. Patlamalar neticesinde ocaklarda açık alevli yangınlar meydana geldi.

Maalesef 263 işçimizi yitirdik. 77 madencimiz yaralı kurtarıldı.

Kriz Komitesi,

TTK, TMMOB Maden Mühendisleri Odası ve Sendika Temsilcilerinden oluşturulmuştur.

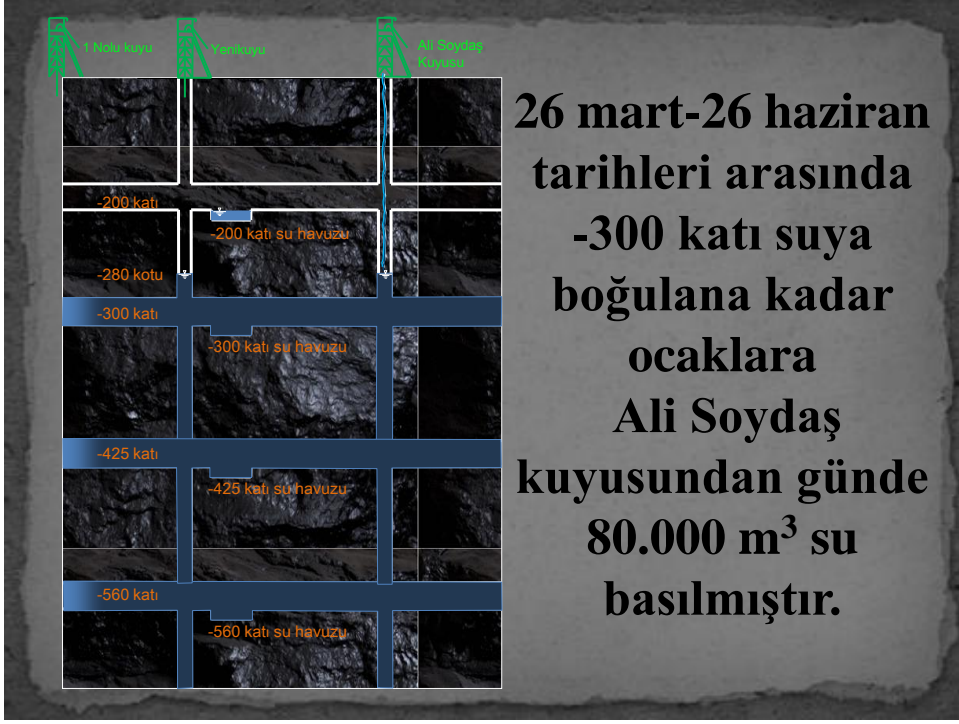
Kriz Komitesi yardım amaçlı ülkemize gelen 3 Alman ve 1 İngiliz Uzmanın da görüşlerinden faydalanmıştır.

Mevcut krizi yönetebilmek için TTK,TMMOB Maden Mühendisleri Odası ve Sendika temsilcilerinden oluşan bir kriz komitesi kurulmuştur.

Kriz komitesi;

Kurtarma çalışmalarına katılan insanları daha fazla riske etmemek ve ocaklardaki yangını söndürebilmek için,

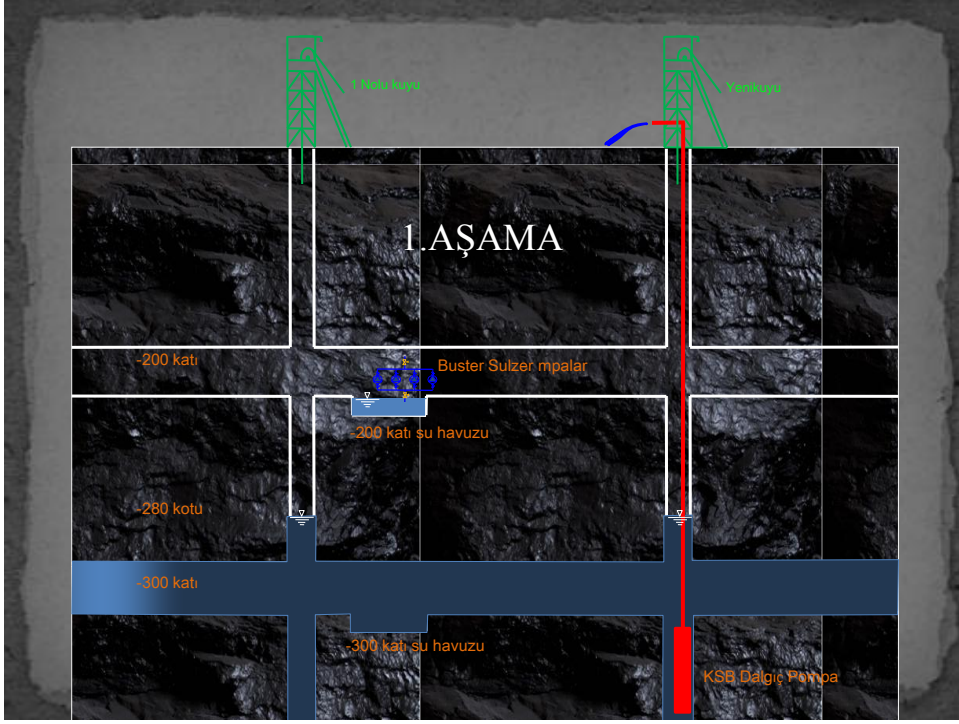
- *6 Mart günü ocakları kuyu başlarından kapatmıştır.*
- *26 Mart tarihinde ocaklardaki yangınların sönmediği tespit edilmiş ve ocaklara su basılmaya başlanmıştır.*



Ocaklara, Ali Soydaş kuyusundan -300 katı suya boğulana kadar 26 Mart-26 Haziran 1992 tarihleri arasında günde 80.000 m³ su basılmıştır.

Kozlu Müessesesinde, -200,-300,-425,-560 katı olmak üzere toplam 4 ana kat mevcuttur.

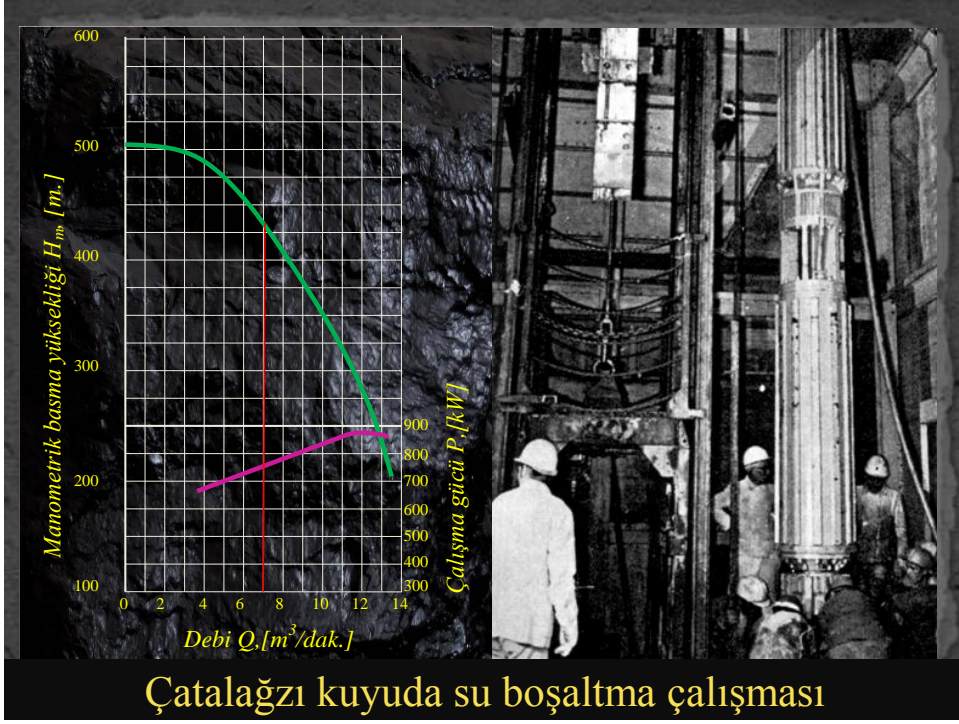
Günde 3500 m³ ü doğal gelir olmak üzere, 25000 m³ suyu -280 kotundan itibaren boşaltmak için 4 aşamalı bir proje öngörülmüştür.



Kurum 1969-1972 yılları arasında su atımı ile ilgili bir tecrübe yaşamıştı.

1969 yılında suya boğulan Çatalağzı kuyusunu boşaltmak için kullanılan ve işi bittikten sonra bir kenarda 20 yıldır bekleyen KSB Dalgıç Pompalar, MMF tarafından çalışır hale getirilecek ve pompa kozlu yeni kuyuya tesis edilecekti.

Aynı süre içerisinde 1 nolu kuyudan -200 katına inilecek, 4 adet kat pompası bakımdan geçirilerek çalışır hale getirilecek, gerekli elektrik tesisatları çekilecek, yol verici ve devre kesiciler devreye alınacaktı. -200 katı su havuzundan dışarıya su basılacak şekilde sistem çalışır hale getirilecekti.



Çatalağzı kuyuda kullanılan pompalar üretildiği dönemde dünyadaki en büyük dalgıç pompalardı. Çatalağzı ana ihraç kuyusundaki suyu boşaltabilmek için Alman KSB firmasınca prototip olarak imal edilmişlerdi.

$Q_{max} = 7,2 m^3/dak. (432 m^3/saat)$
 $H_{max} = 425 mSS$
 $I_{max} = 165$

KADEME	7+7	8+8	11+11
	(Çift emişli)	(Çift emişli)	(Çift emişli)
DEBİ ($Q=m^3/saat$)	450	450	432
Hm (mSS)	320	350	425
Güç (kW) $\frac{P_o}{\eta} = H_o =$	660	700	780
n (dev/dak)	1480	1470	1470
U (V)	3000	3000	3000
I (A)	160,5	165	165
Boy (m)	5,35	6	8
Ağırlık (kg)	6400	7000	9500

Üretildiği dönemde dünyadaki en büyük prototip dalgıç pompalardır (Gunter Matthes).

KSB Pompaların karakteristik ve fiziksel özelliklerini görmekteyiz.

Pompaların onarımı esnasında edinilen tecrübelerden, yeni MAZ pompaların imalatlarında, faydalanılmıştır. Ayrıca, Çatalağzı kuyuda su boşaltımında çalışan Alman Mühendis Gunter Matthes 'in kuruma bıraktığı notlardan özellikle bu büyük pompalar kozlu kuyuya tesis edilirken çok faydalanılmıştır.



Eksenel kaymalı yatak problemi ile ilk kez bu büyük onarım sırasında karşılaşıldı. Sökülen pompaların eksenel yatakları aşırı deforme olduklarından, yatak malzemesi hakkında bilgi sahibi olunamadı. Kaynak ve literatür araştırması sonucu mevcut şartlar için yatak malzemesi olarak (Reçine esaslı-Plastik/Çelik) malzeme çiftinin kullanılabileceği öngörülmüştür.

POLİKİM Firması ile diyalog kuruldu ve bu konudaki görüşleri alındı. Kendilerinin de böylesi bir konuda deneyimlerinin olmamasına rağmen yardım konusunda istekli davranmışlardır. İlk olarak yatak üst parçası (disk) üzeri bronzlu teflon (B-60) ile kaplandı ve segmanlar G-SnBz10 (Kalay bronzu) malzemededen imal edildi. Fakat, daha motor tecrübe aşamasında kaplama sıyırdı ve başarısız olundu.

Daha sonra segmanlar Karbonlu teflon (K-35) ile kaplandı ve disk malzemesi Ç3915 (X12CrNi18 8) seçildi. Bu malzeme çiftinden olumlu sonuç alındı.



Görüntüler Zonguldak limanında çekilmiştir. KSB Pompa 7+7 fanlı çift emişli, 660 kW gücünde, 450 m³ debili ve 320 mSS karakteristik değerlere sahip pompadır. Pompanın motor dahil boyu 5,35 m. olup ağırlığı 6400 kg dır.

..... *Bekle.*

Pompa tüm testleri yapıldıktan sonra, Yeni kuyuda -305 m ye kadar suyu boşaltacağı konumuna tesis edilirken görülmektedir.

Ocaklardaki suyun atımını, alternatif çözümlere rağmen kurumun kendi imkanları ile başarabileceğine inanan ve bu yönde karar alan TTK yönetimi ve bu projede çalışan herkes aşırı stres altındadır. Çanla başla çalışılmaktadır. Pompanın enerji bağlantı uçları, ilk denemede ters bağlandığından pompa ilk çalıştırıldığında ters çalışmıştır. Dolayısıyla su basmamıştır.

Dönemin TTK Genel Müdürü Sn. Hayrettin Soydaş bey, dönemin MMF Müdürü Sn. Tuncer ÖZKAN beye sitem ederek kuyu başını terk etmiştir. Bilahare uçlar düzeltilmiş, pompanın çalıştığı kendilerine telefon ile müjdelenmiştir.

Tuncer bey, O gün saçlarının beyazladığını anlatır.

Suları boşaltılan ocaklardan hasar görüntüleri



Suları boşaltılan ocaklardan hasar görüntüleri.

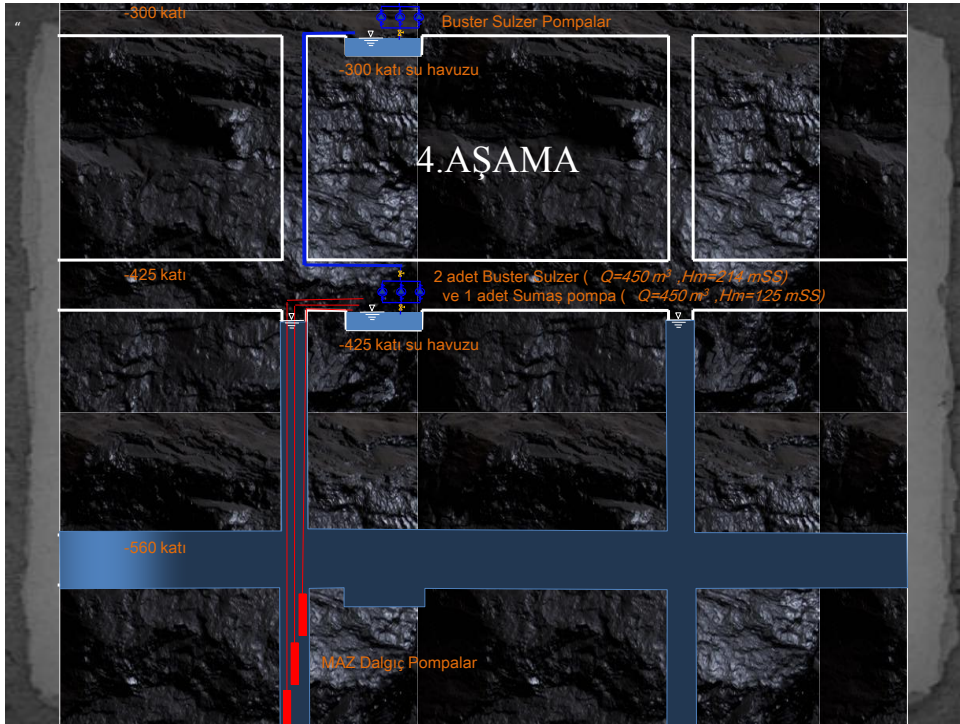
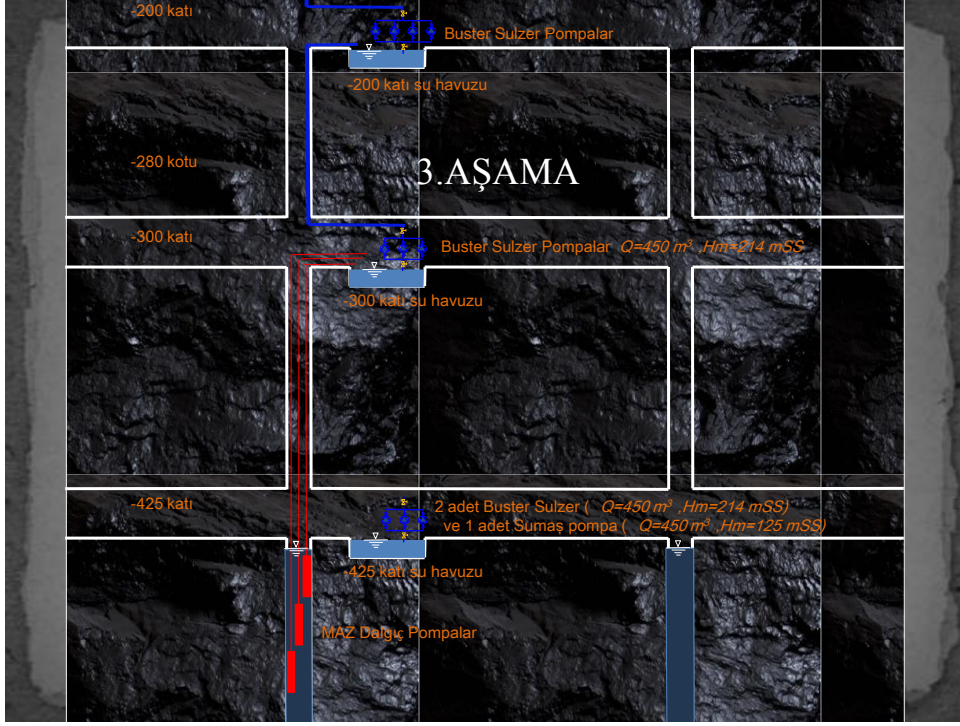


Suları boşaltılan -300 katının su havuzu da gerekli bakım ve onarımlar yapılarak -200 katı su havuzuna su basacak şekilde tesis edildi

Yeni kuyuda görevini tamamlayan KSB pompa 1 nolu kuyuda -425 katının suyunu 300 katı su havuzuna basacak şekilde tesis edildi

Bir sonraki aşamada İmalatı biten MAZ Elektro-Dalgıç pompalar, KSB pompanın yerine tesis edildiler

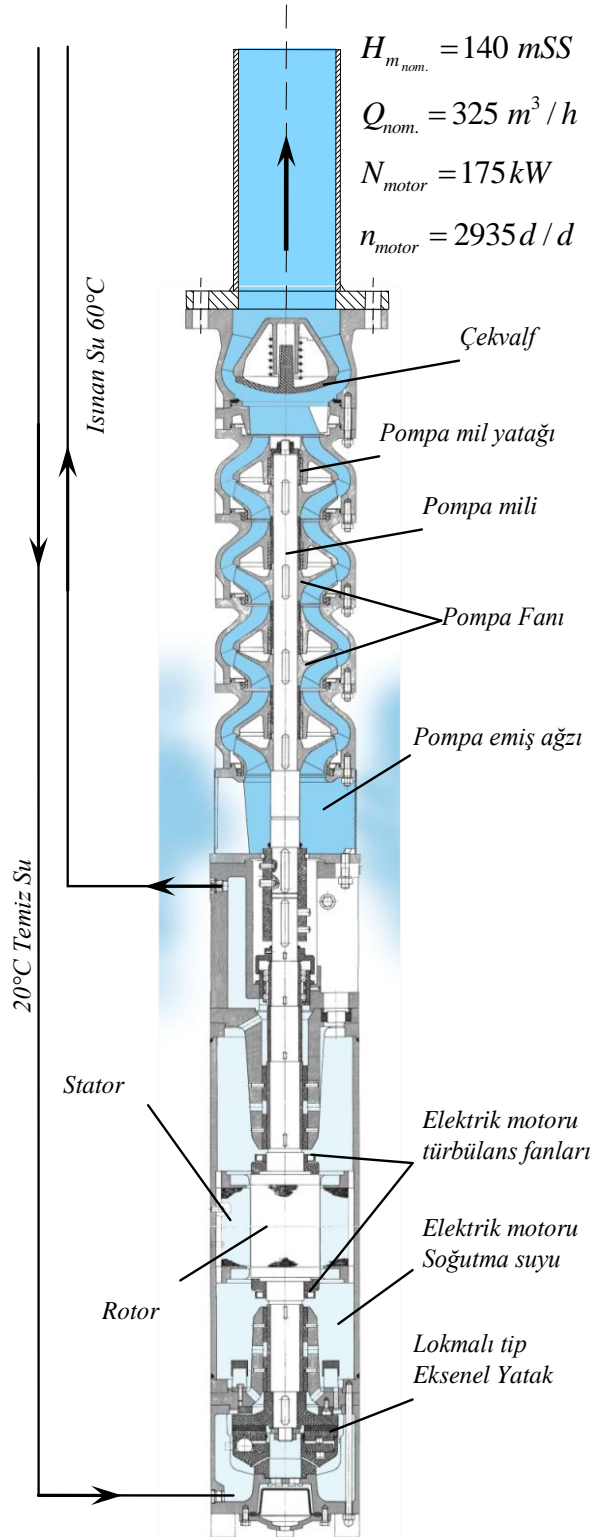
Sonraki süreçte boşalan her katın su havuzundaki pompalar onarımdan geçirilerek bir üst katın su havuzuna su basacak şekilde tesis edildiler ve dalgıç pompalar da bir alt katı boşaltmak üzere tesis edildiler.



Proje edilen tüm aşamalar başarılı şekilde tamamlanmışlardır.

$U = 550V$

$I = 185 A$



Motor alta yerleştirilmiştir.

Emiş, pompa ile motor arasında bulunan emme odasından yapılır.

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

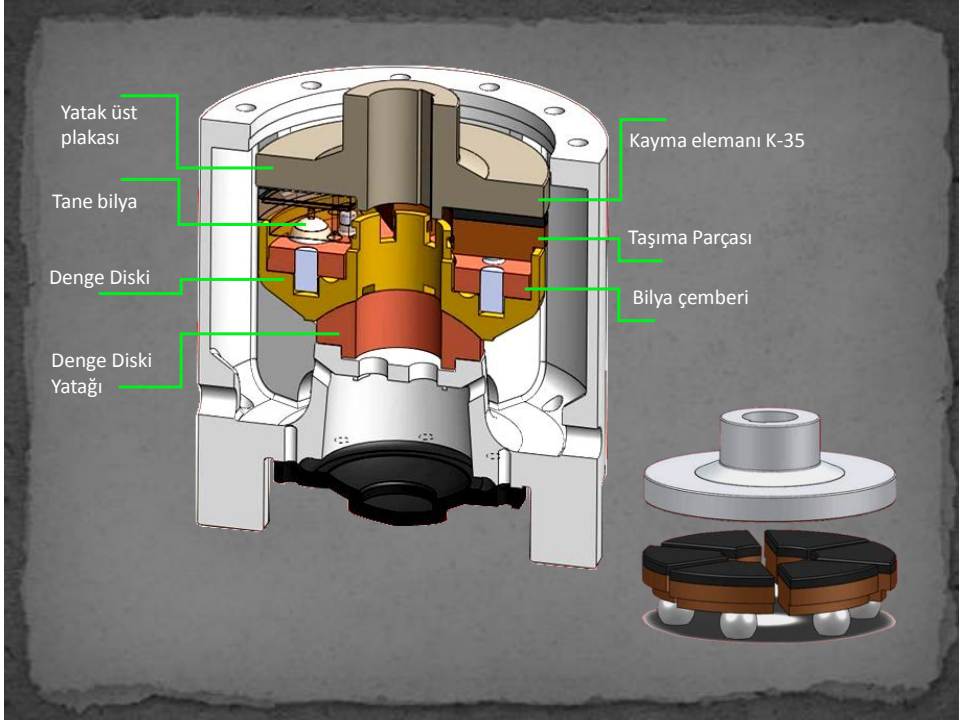
Radyal yatakları ve aksenal yükleri karşılayan aksenal yatağı su ile yağlanmaktadır.

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 genişmesi ile oluşacak olan yüksek basıncı dengeler.

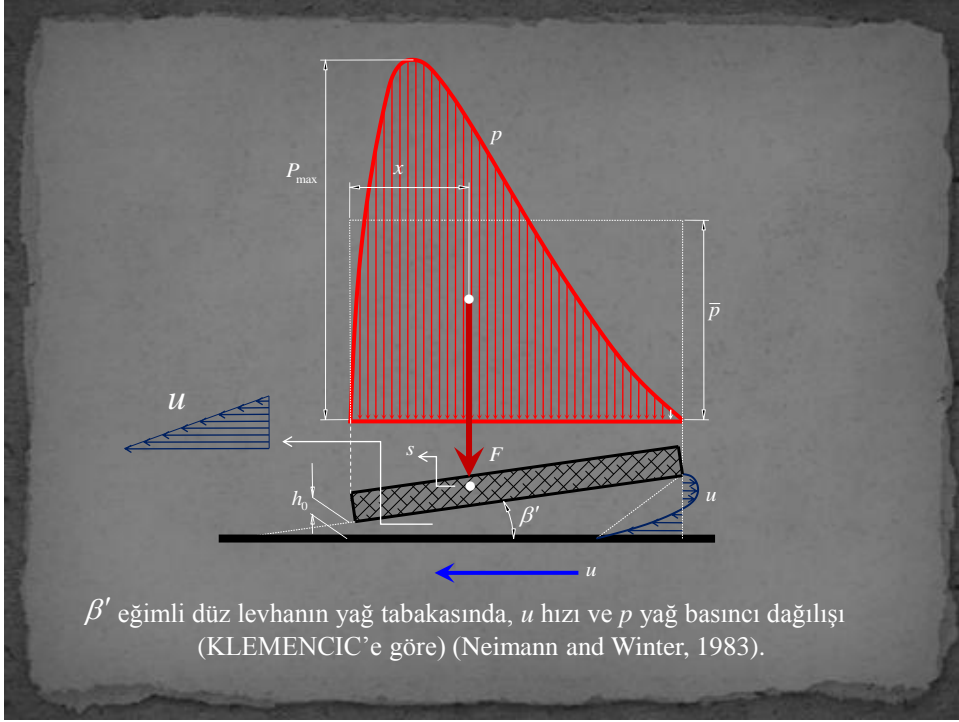
MAZ Tarafından imal edilen Pompanın işletme şartlarındaki kesit resmi



Şekilde oynak segmanlı aksenal kaymalı yatağın pompa üzerindeki kesit görüntüsü görülmektedir. Segmanlar bir serbestlik dereceli denge diski üzerine monte edilmişlerdir ki yataklar ile disk arasında bu sayede tam olarak yüzeysel temas sağlanabilmektedir.

İstenecek özelliklerin hepsini üzerinde barındıran tek bir yatak malzemesi tarifi zordur. Kostrüktör en uygun yatağın seçiminde çoğunlukla zorluk çeker ve çoğu zaman denemeler neticesinde seçim yapar.

KSB pompada yaşanan tecrübe sonrası yatak için K_35 Karbonlu Teflon/Ç3915 malzeme çifti seçilmiştir.



Kalınlığı hareket yönünde azalan her yağ filmi, yük taşıyabilme özelliğine sahiptir.

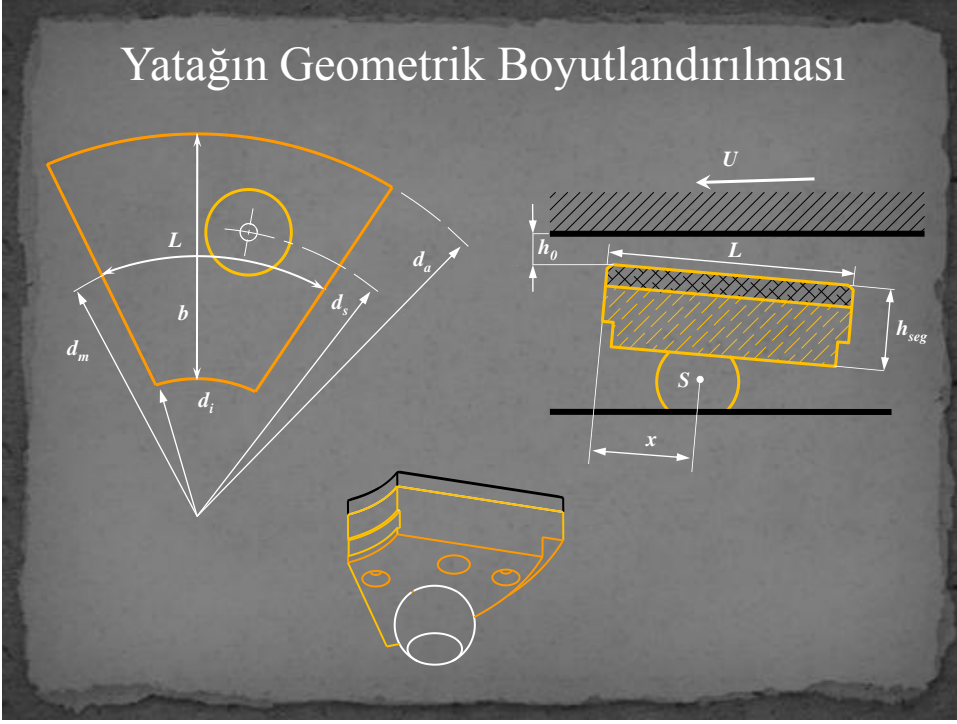
Oynak segman üzerinde oluşan yüklerin bileşkesinin etkidiği nokta "s" noktası olup bu nokta aynı zamanda bilya destek noktasıdır

Konstrüksiyonlarda segmanların uygun açığı kendi kendine ayarlamasından başka, yükün bütün segmanlara eşit şekilde dağılmasına ve yükün segmanlara dik gelmesine gayret edilir.

Her yük ve devir için en iyi aksenal yatak çözümü, oynak segmanlı yataklardır. Bu yataklar kendi yağ basınçlarını kendileri meydana getirirler ve sürtünme katsayıları küçüktür.

.

Yatağın Geometrik Boyutlandırılması



Ŗekilde, oynak segmanın imal edilebilmesi için gerekli geometrik boyutları görölmektedir.

Gerekli hesaplamaları yapabilmek için aksenal kaymalı yatağın taşıyacağı yükün miktarı ve motor devir sayısı pompa projesinde hesaplanmış bilinen parametrelerdir.

Bunlar;

$$F_{ek} = 9050 N \quad F_{pompa} = 320 N \quad F_{motor} = 1200 N$$

$$F = F_{ek} + F_{motor} + F_{pompa}$$

$$F = 10570 N$$

$$n_{motor} = 2935 \text{ dev} / \text{dak.}$$

İdi.

Eksenel yatak projesi için seçilen parametreler.

$\bar{p} = 50 \text{ N / cm}^2$ Polikim firmasından görüş alındı (Kabul).

$z = 6$ İmalat açısından (Kabul)

$\varphi' = 0.8$ Doluluk derecesi. Segmanlar arasındaki boşluğu belirten faktördür. (Kabul)

$\frac{L}{b} = 0.9$ 0,7 ... 1,2 aralığında seçilir. Yüksek devirli motorlar için küçük değerleri seçilir. (Kabul)

$\vartheta_{\text{yatak}} = 60^\circ\text{C}$ Yatak mukavemeti için max. işletme sıcaklığı

$\eta_{60^\circ\text{C}} = 469.87 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 60°C su için dinamik viskozite (Dubbel)

\bar{p} : Ortalama yüzey basıncı. (Polikim) Elektrik ve su makinaları, $n > 1500$ ve durma zamanı < 8 dakika değerleri dikkate alındı.

z : Segman sayısı, yatak büyüklüğüne göre $z = 4 \dots 12$ aralığında seçilir.

φ' : Doluluk derecesi. Segmanlar arasındaki boşluğu belirten faktördür. Ekseriya 0,8 tavsiye edilir.

$\frac{L}{b}$: $\left[\frac{L}{b} \cong 0.7 \dots 1.2 \right]$ en çok kullanılan değerlerdir. $\left[\frac{L}{b} \cong 1 \right]$ için taşıma kabiliyeti maksimum sürtünme minimumdur. Yüksek devirli yataklarda küçük değerleri seçilir.

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

$\vartheta_{60^\circ\text{C}}$: Yatağın emniyetli çalışabileceği işletme sıcaklığı (kabul).

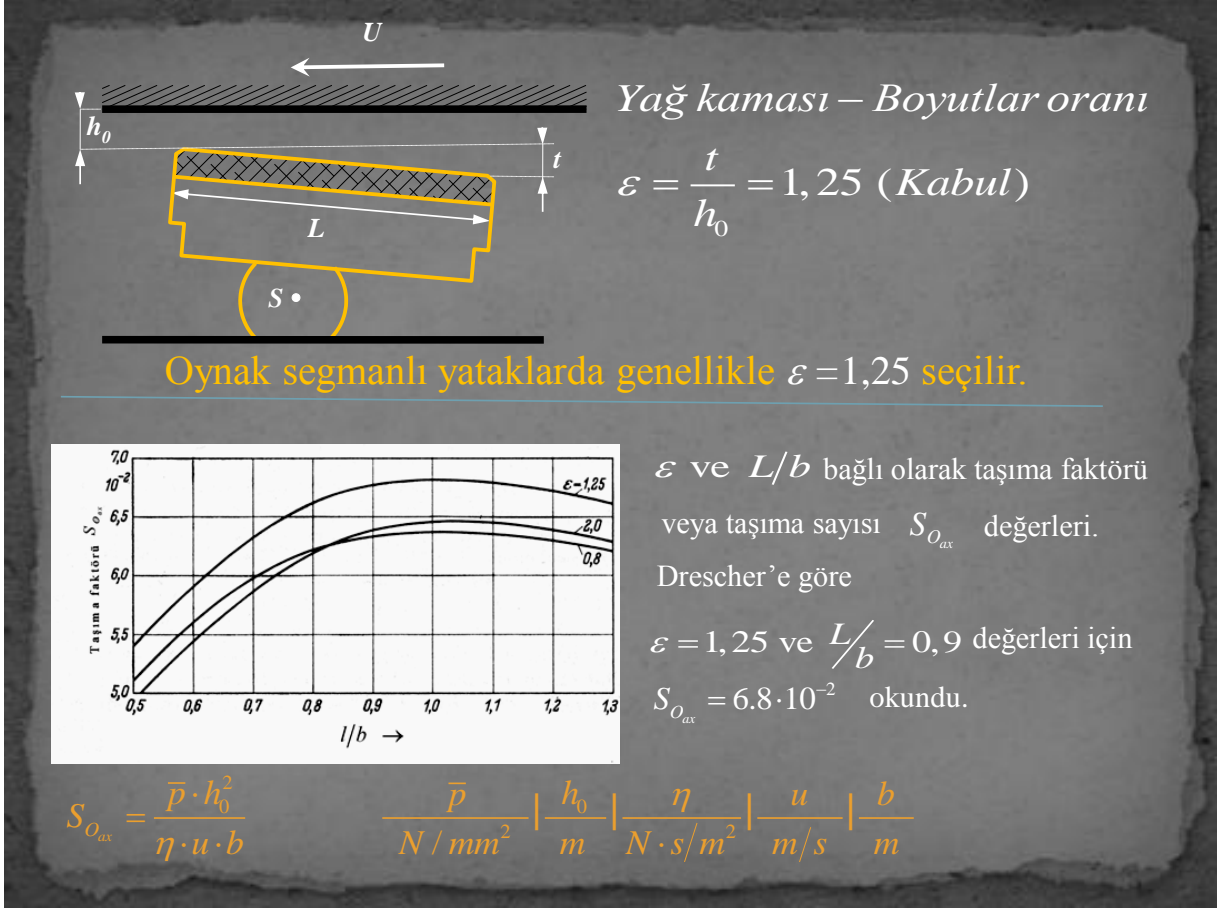
Ort. segman uzunluđu	$L = \sqrt{\frac{F \cdot (L/b)}{\bar{p} \cdot z}}$	$L = 56.3 \text{ mm}$
Taşıyıcı yatak genişliği	$b = \frac{L}{0.9}$	$b = 63 \text{ mm}$
Ortalama yatak çapı	$d_m = \frac{Z \cdot L}{\pi \cdot \phi'}$	$d_m = 134 \text{ mm}$
Yatak dış çapı	$d_a = d_m + b$	$d_a = 197 \text{ mm}$
Yatak iç çapı	$d_i = d_m - b$	$d_i = 72 \text{ mm}$
Destek ağırlık merkezi çapı	$d_s = \sqrt{0.5 \cdot (d_a^2 + d_i^2)}$	$d_s \cong 148 \text{ mm}$
Oynak eksenin konumu	$x = 0.42 \cdot \frac{L \cdot d_s}{d_m}$	$x = 24 \text{ mm}$
Segman kalınlığı	$h_{seg} = 0.25 \cdot \sqrt{b^2 + L^2}$	$h_{seg} \cong 21 \text{ mm}$
Ort. çapın çevresel hızı	$u = \pi \cdot d_m \cdot n / 60$	$u \cong 20.8 \text{ m/s}$

Denklemler için kaynak

Mashinen Elemente Band II – Band III, Niemann and Winter, 1983

Kullanılmıştır.

Bulunan deđerler genel konstrüksiyon için de uygun değerlerdir.



Yatağın yük taşıma kabiliyetini irdelemek için gerekli parametreler.

S_{0ax} , Yük denkleminde veya ε ve L/b ye bağlı şekildeki Drescher'in çalışması grafikten alınır.

Yatağın Yük Taşıma Kabiliyeti (60°C İşletme Şartlarında)

Min. yağ filmi kalınlığı (işletme şartlarında) ;	$h_0 = \sqrt{\frac{S_{o_m} \cdot \eta \cdot u \cdot b}{\bar{p}}}$	$h_0 \cong 9.112 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
Sürtünme gücü ;	$P_r = 3 \cdot u \cdot \sqrt{F \cdot u \cdot Z \cdot L} \cdot \sqrt{\eta}$	$P_r \cong 0.4 \text{ kW}$
Geçiş yükü	$F_u = 9.6 \cdot 10^8 \cdot \eta \cdot b^2 \cdot d_m \cdot n$	$F_u \cong 11670 \text{ N}$
Sıvı sürtünmeye geçiş devir sayısı ;	$\frac{F_u}{F} = \frac{n}{n_u}$	$n_u = 2671 \text{ d / dak}$
Yatağın aşınma emniyeti	$Sem = \frac{F_u}{F}$	$Sem = 1.104 > 1$

$$\vartheta_{yatak} = 60^\circ\text{C}$$

$$\eta_{60^\circ\text{C}} = 469.87 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

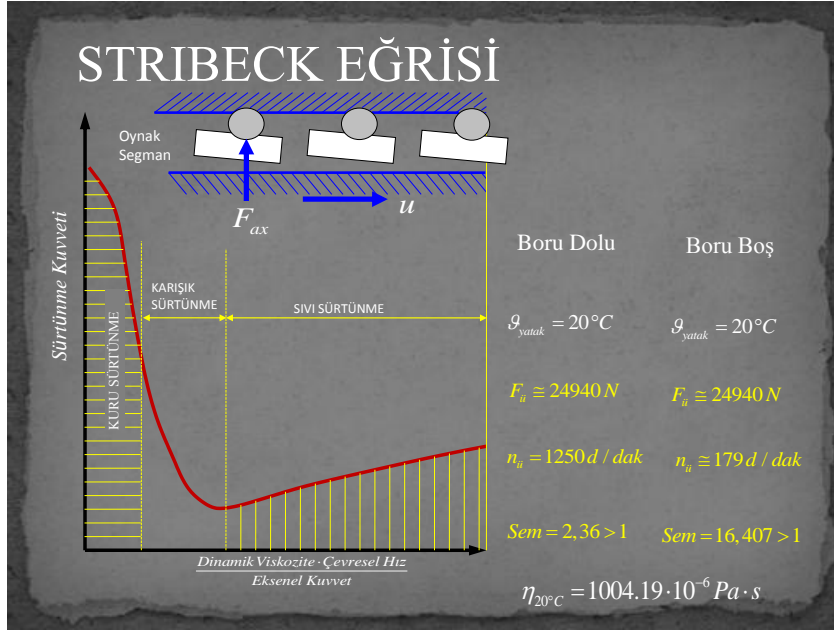
Gerektiğinde açıklanacak...

—Roloff/Matek ;

Müsaade edilen (emniyetli) en küçük yağ filmi kalınlığını,

$$h_{0_{em}} \cong (5 \dots 15) \cdot (1 + 0,0025 \cdot dm) \quad \frac{h_{0_{em}}}{\mu\text{m}} \Big| \frac{dm}{\text{mm}}$$

şeklinde vermiştir.



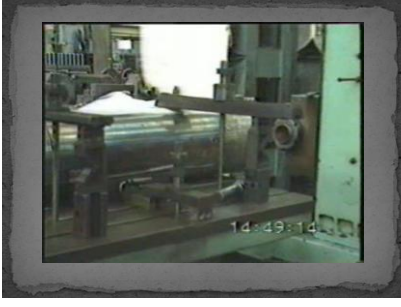
İlk yol verme esnasında ve pompanın stop edildiği durumda Eksenel yatak çifti bir süre karışık ve kuru çalışma bölgesinde çalışır ki yatak üzerindeki aşınmalar bu sırada maksimumdur.

İşletme şartlarında ($60^\circ C$ 'de) sıvı sürtünmeye geçiş devri motor devrine çok yakın bir değerdir. Motor stop edildiğinde çok kısa bir süre sonra kuru sürtünme başlayacaktır.

Tecrübeler..

Pompaya ilk yol verilme esnasında Sıvı sürtünme devrine çabuk ulaşmak için motorun ortam sıcaklığına yakın bir değere kadar soğumasında fayda vardır.

Ayrıca Dalgıç pompaların çekvalflerinde iki küçük delik vardır ve pompa çalışmadığı zaman borudaki su düşük hızda boşalır. Böylece ilk yol vermelerde $S_{em}=16$ civarlarına kadar artış sağlanır. Pompa tesis edildiği konumdan sökülürken borudaki su ağırlığı yukarı çekilmemiş olur.



MAZ Dalgıç pompalar üretildiği dönemde Türkiye’de 185 kW gücünden daha büyük pompa üretilmemiştir.

Stator ve rotor saç paketinin yapımı için EMTAŞ firmasına rica edildi.

Bobin telleri de özeldir. Stator komple su içinde olduğundan, tellerin izolasyon katının üzerinde koruyucu katının olması, yalıtkanının eğilebilir olması, patlamama özelliğinin olması v.s. özelliklerinin olması gerekiyordu. Hontel Firmasına rica edildi. Firma üçüncü denemede başarılı oldu.

Motorların ısı kontrolü için su ortamında çalışacak özel termokupul yaptırıldı. Termokupullar aksenal yatağın ömür faktörü için kondu.

Motorların içine filtre edilmiş içme suyu doldurulmuştur.

Motor veya pompa komple, imalatın her aşamasında Zonguldak limanında denendi.

Limanın daimi müdavimleri şarapçı vatandaşlarımızdan motor denmelerinde su basmıyor diye fırça dahi yenmiştir.

SONUÇ

Ocaktaki 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.

Çizelge 1. Su içinde çalışan motorun maruz kaldığı sürtünme kayıp güçleri

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

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

$$P_{Ksürtünme} = 1.61 \text{ kW}$$

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

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

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

ölçülmüştür.

Toplam kayıp güç,

$$P_V = P_{Ksürtünme} + P_{Fe} + P_{Cu} \quad [10]$$

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

olarak bulunur.

Suyun içindeki elektrik motoru gövdesinden ($60^\circ\text{C}/20^\circ\text{C}$) şartlarındaki ısı enerji transferi

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

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

$$P_{KHAVA} = 0.3 \text{ kW}$$

Isı enerjisi transfer edilecekti.

Motor su içinde olmadığına yeterli soğutma yapılamıyor. Motor dış ortamda çalışamaz.