

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SANTRİFÜJ POMPALARININ GENEL
TASARIMLARININ İNCELENMESİ**

Makine Müh. Onur MARTİ

**F.B.E Konstrüksiyon Anabilim Dalında Makine Teorisi Ve Kontrol Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Y. Doç. Dr. Muharrem E. BOĞOÇLU

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTIMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. SANTRİFÜJ POMPALARIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI.....	2
2.1 Santrifüj Pompaların Tanımı.....	2
2.2 Santrifüj Pompaların Sınıflandırılması	2
2.2.1 Kademeli Pompalar.....	2
2.2.1.1 Yatay Milli Pompalar.....	3
2.2.1.2 Düşey Milli Kademeli Pompalar	4
2.2.2 Çift Emişli Pompalar.....	5
2.2.3 Dalgıç Pompalar.....	7
2.2.4 Tek Kademeli Norm Santrifüj Pompalar	9
2.2.5 Yangın Pompaları	11
2.2.6 Frekans Konvertörlü Santrifüj Pompalar	13
3. SANTRİFÜJ POMPA ELEMANLARI.....	16
3.1 Temel Santrifüj Pompa Elemanları.....	16
3.2 Santrifüj Pompa Ana Elemanları	18
3.2.1 Salyangoz.....	18
3.2.2 Çark.....	19
3.2.3 Mil.....	21
3.2.4 Pompalarda Sızdırmazlık Elemanları	21
3.2.4.1 Yumuşak Salmastralar:	23
3.2.4.2 Mekanik Salmastralar	27
3.2.5 Yataklar.....	30
3.2.5.1 Rulmanların Sınıflandırılması.....	31
3.2.5.2 Rulmanlı Yataklarda Yatak Boşluğu ve Geçmeler	35
3.2.5.3 Yatakların Montajı	35
3.2.6 Kaplin ve Millerin Eksenel Ayarı	36
3.2.6.1 Kaplinlerin Mile Takılıp Sökülmesi	37
3.2.6.2 Kaplin İç Çapı İle Mil Arasında Boşluk Sıkılık Durumu	38
3.2.6.3 Eksenel Ayar Metodları	38
3.2.7 Santrifüj Pompaların Kaidesi.....	42
3.2.8 Santrifüj Pompa Ana Elemanlarının Değerlendirilmesi	43
4. SANTRİFÜJ POMPANIN TEMEL BÜYÜKLÜKLERİNİN HESABI	44
4.1 Pompa Tipinin Saptanması	44

4.2	Pompa Mil Gücünün Hesabı.....	45
5.	POMPA ORGANLARININ HESABI.....	46
5.1	Pompa Çarkı Giriş Boyutları	46
5.2	Çarkın Çıkış Koşulları ve Boyutlarının Hesaplanması	48
5.3	Minimum Kanat Yüzeyinin Saptanması (ZL) _{min} Kontrolü.....	51
5.4	Difüzörün Gerekli Olup Olmadığının Kontrolü	52
5.5	Salyangoz Hesabı.....	52
5.6	Çark Karşı Görünüşü ve Kanat Çizimi	53
5.6.1	Tek Daire Metodu ile Kanat Çizimi.....	53
5.6.2	Çift Daire Metoduna Göre Kanat Çizimi.....	53
5.6.3	Nokta Nokta Kanat Çizimi.....	53
6.	SANTRİFÜJ POMPA İŞLETME KARAKTERİSTİKLERİ	54
6.1	Emme Derinliği ve Kaviteasyon.....	54
6.2	Emmedeki Net Pozitif Yük Değeri (ENPY).....	56
6.3	Toplam Kayıplar ve Geometrik Yükseklik.....	57
6.4	Kritik Hız Hesabı	57
7.	İSTENİLEN ÖZELLİKLERDE POMPA İMALİ İÇİN HESAPLAMALAR	59
7.1	Pompa Tipinin Saptanması	59
7.2	Pompa Mil Gücü Hesabı.....	59
7.3	Pompa Organlarının Hesabı	60
7.3.1	Pompa Çark Giriş Boyutları.....	60
7.3.2	Çarkın Çıkış Koşulları ve Boyutlarının Hesaplanması	61
7.3.3	Minimum Kanat Yüzeyinin (ZL) _{min} Kontrolü	63
7.3.4	Difüzörün Gerekli Olup Olmadığının Kontrolü	64
7.3.5	Salyangoz Hesabı.....	64
7.3.6	Pompa İşletme Karakteristikleri	66
7.3.7	Emmedeki Net Pozitif Yük Değeri(ENPY).....	66
7.3.8	Toplam Kayıplar ve Geometrik Yükseklik.....	67
7.3.9	Kritik Hız Hesabı	67
7.3.10	Eksenel İtme Kuvvetinin Hesaplanması	68
7.3.11	Rulman Hesabı.....	68
7.3.12	Hesaplanan Değerlerin Uygulanabilirliği	70
8.	SONUÇLAR	72
	KAYNAKLAR	73
	EKLER.....	74
	Ek 1 Pompa genel veriminin özgül hız ve debiye göre değişim eğrileri	75
	Ek 2 Emme borusundaki hızların debi ve devir sayısı ile değişimi	76
	Ek 3 Basınç katsayısının ve D ₁ /D ₂ oranının n _s özgül hıza göre değişimi	77
	Ek 4 Özgül hız ve k _{cm1} ve k _{cm2} grafiği	78
	Ek 5 Hareketli dairesel kaskat için Weinig Diyagramı.....	79
	Ek 6 Santrifuj pompalarda kritik kaviteasyon faktörünün özgül hız ile değişimi	80
	Ek 7 ENPY değerlerinin debi ve devir sayısına göre değişimi.....	81
	Ek 8 Boru bağlantı elemanları ve kayıp katsayıları	82

Ek 9 Milin yataklanma konumlarına göre sehim değerleri.....	83
Ek 10 Çark boyutlarına ait değerler	84
Ek 11 A-A Kesiti salyangoz boyutlarına ait değerler	85
Ek 13 Tek daire metodu ile kanat çizimi	87
Ek 14 Çift daire metodu ile kanat çizimi	88
Ek 15 Kanat açılarının değişiminin saptanması.....	89
Ek 16 150/400 Norm tip pompa test raporu	90
Ek 17 150/400 Norm tip pompa karakteristik eğrileri.....	91
Ek 18 150/400 Norm tip pompa çarkı imalat resmi.....	92
Ek 19 150/400 Norm tip pompa gövdesi imalat resmi	93
ÖZGEÇMİŞ	94

SİMGE LİSTESİ

b	Genişlik
C	Mutlak hız
C_u	Mutlak hızın çevresel hız üzerindeki bileşeni
D, d	Çap
e	Kanat kalınlığı
E	Elastisite modülü
f, y_o	Sehim
g	Yer çekimi ivmesi
h	Basınç yükseltisi
H_a	Atmosferik basınç yükseltisi
H_v	Emme yüksekliği
H_e	Basma yüksekliği
H_g	Geometrik yükseklik
H_{ke}	Emme borusundaki kayıplar
H_{kt}	Toplam Kayıplar
H_m	Manometrik yükseklik
H_s	Statik emme yüksekliği
l	Atalet momenti
i	Kademe katsayısı
K	Kayıp katsayısı
m	Moment
N_e	Mil gücü(Efektif güç)
N_e	Motor gücü
n	Dönme hızı, devir sayısı
n_{kr}	Kritik dönme hızı
n_s	Özgül hız (Debiye göre tanımlanmış)
p	Basınç
P	Kuvvet, ağırlık
Q, q	Hacimsel debi
R	Eğrilik yarıçapı
τ	Kayma gerilmesi
U	Teğetsel hız
V	Ortalama hız

W	Bağıl hız(izafi hız)
Z	Çark kanat sayısı
Z_i	Difüzör kanat sayısı
ω	Açısal hız
ζ	Birim ağırlık başına kayıp enerji
ψ	Basınç katsayısı
γ	Özgül ağırlık
ρ	Yoğunluk
$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \delta$	Açılar
η_g	Genel verim
η_h	Hidrolik verim
η_k	Kaçak verim
η_m	Mekanik verim
σ	Thoma kavitasyon faktörü
σ_s	Schulz katsayısı
Γ	Sirkülasyon

KISALTMA LİSTESİ

ENPY	Emmedeki Net Pozitif Yük Değeri
(ZL)min	Minimum Kanat Yüzeyi
PTFE	Politetra fluoretilen

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Yatay milli çok kademeli santrifüj pompalar	3
Şekil 2.2 Düşey milli çok kademeli pompalar	4
Şekil 2.3 Çift emişli pompa	5
Şekil 2.4 Dalgıç pompalar	7
Şekil 2.5 Dalgıç pompa fan tipleri	8
Şekil 2.6 Norm tip santrifüj pompa	9
Şekil 2.7 Elektrik ve dizel tahrikli yangın pompaları, yangın sistemi	12
Şekil 2.8 Frekans konvertörlü sistem	13
Şekil 3.1 Norm tip santrifüj pompa kesiti	16
Şekil 3.2 Model için hazırlanmış maça	18
Şekil 3.3 Salyangoz teknik resmi	19
Şekil 3.4 Tek girişli ve açık tip santrifüj pompa çarkı, eksenel kuvvet ayar delikleri	19
Şekil 3.5 Mil, çark, gövde	21
Şekil 3.6 Yumuşak salmastra ve mekanik salmastra kesit resmi	22
Şekil 3.8 Yumuşak salmastra sızıntı yolları	24
Şekil 3.9 Salmastra kesim tipleri	25
Şekil 3.11 Mekanik salmastra kesit resmi	28
Şekil 3.12 Tek sıra sabit bilyalı rulmanın	30
Şekil 3.15 Şim hesabı	39
Şekil 3.16 Yatay düzlemde açısal hata	40
Şekil 3.19 Düşey düzlemde paralel kayma hatası	41
Şekil 6.1 Kaviteye uğramış pompa fanları	54

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Santrifüj pompa ana elemanları	17
Çizelge 3.2 Yumuşak salmastraların malzeme ve çalışma şartları	26
Çizelge 3.3 Mekanik salmastra ölçü değerleri ve montaj boy toleransları	27
Çizelge 3.4 Pompa ana elemanlarının malzeme ve kullanım alanları	43
Çizelge 4.1 Pompa tipi	44
Çizelge 6.1 Sıcaklık-basınç	55
Çizelge 6.2 Yükseklik-basınç	55
Çizelge 7.1 Yataklama uzaklıkları	69

ÖNSÖZ

Bu tezde tesislerin ve konutların su ihtiyacının karşılanmasından kimya sanayisine kadar oldukça geniş bir kullanım alanı bulan santrifüj pompalar incelenmiştir.

Bu çalışmanın giriş bölümünde, tezle ilgili genel bilgiler verilmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde günümüzde en çok kullanılan santrifüj pompa tipleri hakkında genel bilgiler verilmiş ve santrifüj pompaların sınıflandırması yapılmıştır.

Üçüncü bölümde norm tip santrifüj pompa ele alınarak ana elemanları tanımlanmış elemanların tipleri, malzeme yapısı, konstrüksiyon ve genel tasarımı incelenmiştir.

Dördüncü bölümde santrifüj pompanın temel büyüklüklerinin klasik hesaplama yöntemiyle hesabı yapılmıştır.

Beşinci bölümde pompa organlarının hesaplama yöntemleri ve izlenecek yol anlatılmıştır. Hesaplamadan sonra yapılacak çizim yöntemleri çizilerek anlatılmıştır.

Altıncı bölümde çalışma koşullarının, tasarlanan pompanın karakteristik büyüklükleri üzerinde oluşturacağı etkiler incelenmiştir.

Yedinci ve son bölümde pompa imali için gerekli proje hesaplarının tamamı 1450 d/d dönüş hızına sahip, 40 mss manometrik basma yüksekliği ve 80 lt/sn debi sağlayan bir pompanın çark ve salyangozuna ait ölçü değerleri hesaplanarak, bu iki pompa organına ait çizimlerde gösterilmiştir. Sonuçlar kısmında yapılan çalışmayla ilgili değerlendirme yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında tezin başlangıcından tamamlanmasına kadar değerli görüşlerini, zamanını ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Y. Doç. Dr. Muharrem E. Boğoçlu'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmamda yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen İSDEMİR A.Ş 'de görev yapan amirlerime ve çalışmalarım sırasında kapılarını bana açarak yardımlarını esirgemeyen Mas Pompa, Turbosan ve Standart Pompa fabrikası yöneticilerine teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bana destekte bulunan aileme ve yardımlarından dolayı Yük. Mak. Müh. Sevgihan Yıldız'a ayrıca teşekkür ederim.

ÖZET

Bu çalışmada, su ihtiyacının karşılanmasında kullanılan santrifüj pompalar hakkında genel kavramlar verilmiş olup santrifüj pompaların tanımı ve sınıflandırması yapılmıştır.

Çalışmanın içerisinde santrifüj pompanın ana elemanları tanıtarak elemanların tipleri, malzeme yapısı, konstrüksiyon ve genel tasarımları incelenip temel büyüklüklerinin klasik hesaplama yöntemindeki bağıntıları ve pompa organlarının hesap ve çizim yöntemleri verilmiştir. Norm tip santrifüj pompa ele alınarak, gerekli proje hesaplarının tamamı 1450 d/d dönüş hızına sahip, 40 mss manometrik basma yüksekliği ve 80 lt/sn debi sağlayan bir pompanın çark ve salyangozuna ait ölçü değerleri hesaplanarak, bu iki pompa organına ait çizimlerde gösterilmiştir.

Santrifüj pompalar hakkında bizzat üretimi yapılan pompa fabrikalarından, herhangi bir kaynaktan kolaylıkla elde edilemeyecek bilgiler bu çalışma içerisinde toparlanmıştır.

Bu çalışmada yapılmış olan teorik hesapların sonuçları üretimi yapılan pompa fabrikalarından birinde incelenerek bu tip pompalara ait değerlendirme sonuçlar kısmında yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: santrifüj pompa, pompa çarkı ve salyangoz

ABSTRACT

This study includes main description, properties and classification of centrifugal pumps that use to provide for general usage of water.

In the project main elements of centrifugal pumps introduced and type of elements, material structure and main constructions are examined. Classical relations of calculation methods of pump basic elements and calculations of main elements and sketches are given. The calculations and sketching the pump graphs are made by assuming as follows;

Pump Type: Norm Type Centrifugal Pump

Speed of Rotation: 1450 rpm

Static Head of Pump: 40 mWC

Flow Rate: 80 lt/sec

Also design values of propeller and housing of the pump had been calculated and sketched by means of above assumption.

Pump information that not easily get from a printed source, are collected from pump manufacturers by visiting the work shops and die houses.

Results of theoretical calculations and assumptions had been concluded at the one of the manufacturer's work shop and evaluated at the Conclusion part of the project.

Key words: centrifugal pomp, propeller, housing of the pomp

1. GİRİŞ

Günümüzde pompalar kendilerine oldukça geniş bir kullanım alanı bulmuşlardır. Su temininde, tarımsal sulamada, yağmurlamada, klima tesislerinde, soğutma ve ısıtma tesislerinde, endüstride, özellikle kimya sanayide, gıda ve içecek sanayisinde, ham maddenin iletilmesinde, tesislerin ve konutların su ihtiyacının karşılanmasında ve bir çok alanlarda pompalardan yararlanılmaktadır. Endüstride pompa iki amaç için kullanılır. Bunlar devir daim ettirmek ve nakil etmektir.

Günümüz teknolojisinde en çok kullanılan santrifüj pompa tipleri, genel bilgileri, santrifüj pompaların sınıflandırması, akışkan cinsi, işletme karakteristik değerleri ele alınarak değerlendirilmektedir. Bu değerler, pompa fabrikalarında ve işletmelerde yapılan gözlemler ve analizler sonucunda, yüksek mühendislik teknolojisiyle her geçen gün daha iyi verim elde edilecek şekilde ar-ge çalışmalarıyla geliştirilmektedir. Bu kapsamda santrifüj pompalarda görev yapan ana elemanların malzeme yapısı, konstrüksiyon ve genel tasarımı incelenmektedir.

Santrifüj pompanın temel büyüklükleri klasik hesaplama yöntemiyle elde edilmektedir. Hesaplamalardan sonra yapılacak çizimler ve çalışma koşullarının, tasarlanan pompanın karakteristik değerleri üzerinde oluşturacağı etkiler incelenmelidir.

Bu çalışmanın içerisinde santrifüj pompanın ana elemanları tanıtilerek elemanların tipleri, malzeme yapısı, konstrüksiyon ve genel tasarımları incelenip temel büyüklüklerinin klasik hesaplama yöntemindeki bağıntıları ve pompa organlarının hesap ve çizim yöntemleri verilmiştir. Norm tip santrifüj pompa ele alınarak, gerekli proje hesaplarının tamamı 1450 d/d dönüş hızına sahip, 40 mss manometrik basma yüksekliği ve 80 lt/sn debi sağlayan bir pompanın çark ve salyangozuna ait ölçü değerleri hesaplanarak, bu iki pompa organına ait çizimler de gösterilmiştir. Bu çalışmada yapılmış olan teorik hesapların sonuçları üretim yapılan pompa fabrikalarından birinde incelenerek santrifüj pompalara ait bir değerlendirme yapılmıştır.

2. SANTRİFÜJ POMPALARIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

2.1 Santrifüj Pompaların Tanımı

Bir gövde içinde yer alan kanatlı bir pervanede (çark) oluşan bu pompalarda sıvı, bir girişten çarkın ortasına iletilir. Basınç, sıvının çarkla döndürülmesiyle elde edilir.

Bir santrifüj pompada sıvının izlediği yol şu şekildedir. Çarkın emiş tarafında meydana gelen vakum nedeniyle sıvı çarkın kanatları arasına girer. Çark kanatları arasından geçen sıvı, çarkın dönüş hareketleriyle büyük teğetsel bir hız kazanır. Çark kanatları ile çarkın ön ve arka profili tarafından sınırlanan kanallar arasındaki sıvı çarkın çıkış tarafına doğru dönme hareketi esnasında meydana gelen santrifüj kuvvetler etkisiyle itilir. Bu şekilde oluşan hareket, sıvının devamlı akışını ve pompanın emme tarafındaki emişini sağlar. Çark kanatlarını büyük bir teğetsel hızla terk eden sıvının içerdiği kinetik enerji, sabit difüzör kanatları arasında salyangoz boşluğunda basınç enerjisine çevrilir.

Artı yer değiştirmeli pompanın tersine santrifüj pompanın basma valfi yoktur. Belirli bir dönme hızıyla en yüksek basınç elde edilir. Bu tür bir pompanın bir hidrodinamik pompa olduğu söylenebilir. Bütün sıvılarda kullanılmaya elverişlidir. Plastikten, bronzdan, titanyum ve tantal gibi maddelere kadar her türlü maddeden yapılabilir.

Santrifüj pompaların çeşitleri ve farklı konumları vardır. Kademeli pompalar, yatay milli kademeli pompalar ve düşey milli kademeli pompalar olmak üzere 3 çeşittir. Çift emişli Ç.T.P tip norm pompalar, vorteks tip tıkanmayan pompalar, dalgıç tip pompalar, derin kuyu pompaları, kendinden emişli pompalar, sirkülasyon pompaları, salyangoz tip norm pompaları santrifüj pompa çeşitleridir. Bu pompalarda kendi içlerinde bağlantı şekillerine, kullanıldıkları çark tiplerine, kademelerine, bastıkları sıvı çeşitlerine ve konumlarına göre farklı tiplere ayrılırlar. En çok kullanılan santrifüj pompa tipleri bu tez içerisinde açıklanacaktır.

2.2 Santrifüj Pompaların Sınıflandırılması

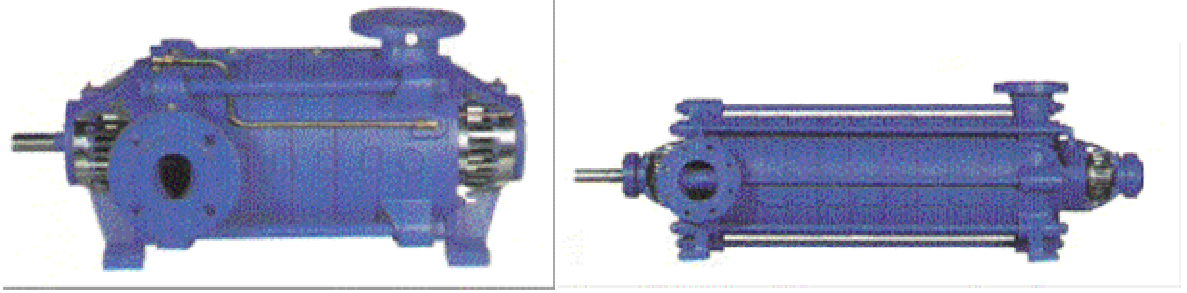
2.2.1 Kademeli Pompalar

Bu tip pompalar içinde aşındırıcı, katı parçacıklar ve elyaf bulunmayan temiz veya çok az kirli düşük vizkoziteli sıvıları basmaya uygundur. Pompaların her iki ucunda da ağır hizmet tipi bilyalı veya masuralı rulmanlar kullanılmaktadır. Rulmanlar, gres veya sıvı yağ ile yağlanmalıdır. Kademeli pompalarda katı parça boyutu ve yüzdesi yüksek sıvıların basılması

halinde kullanım süreleri kısalmaktadır. Kademeli pompalarda gövde pik döküm ise gövde basınçları 30 bardır. Daha fazla basınç için gövde çelik döküm olarak seçilir. İmal edilen her yeni pompaya kapalı vana basıncının 1,5 katı statik basınç testi ve performans testi uygulanmaktadır. Emme basma ve kademe gövdelerinin sızdırmazlığı aksel harekete engel olmayan o ringler ile sağlanmaktadır.

Kademeli pompalar dıştan uzun saplamalarla birbirlerine bağlanmaktadır. Kademeli pompalar 1450 d/d veya 2900 d/d hız ile motorlarla tahrik edilmektedir. 1450 d/d pompa hiçbir zaman 2900 d/d bir motor ile çalıştırılmaz. Yine kademeli pompalarda 2900 d/d pompa 1450 d/d bir motor ile çalıştırılmaz, çünkü pompa karakteristik değerlerini vermez. Dönüş yönü genelde fanların emiş ağızlarına göre değişir.

2.2.1.1 Yatay Milli Pompalar



Şekil 2.1 Yatay milli çok kademeli santrifüj pompalar

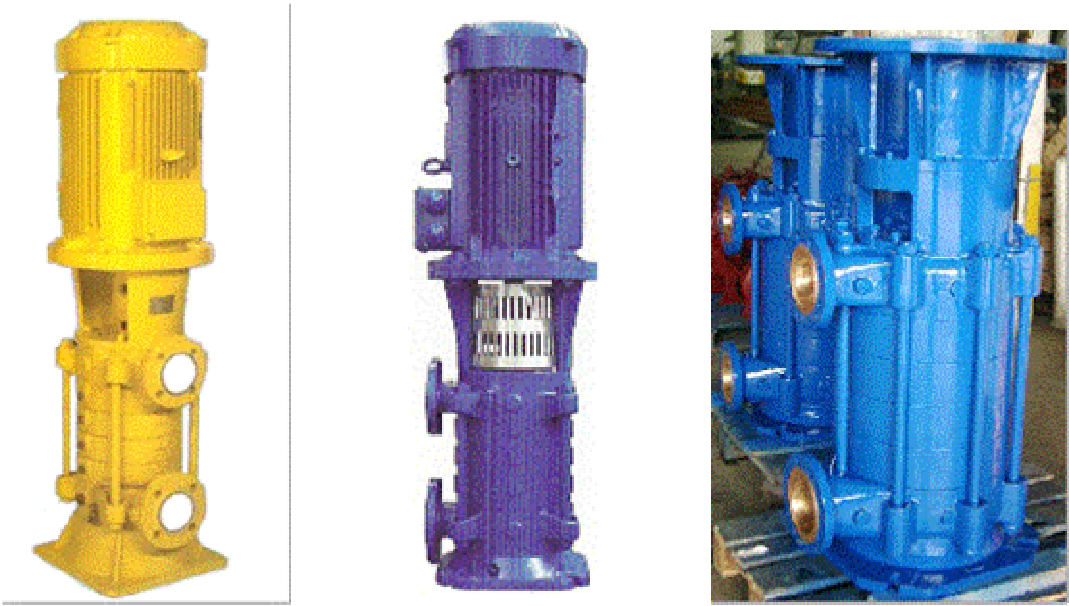
Genel su temininde, tarımsal sulama, yağmurlama, basınçlı su temini hidrofor sistemleri, kazan besleme ve kondens, ısıtma ve soğutma tesisleri, sirkülasyon sanayi, güç istasyonları ve yangın söndürme sistemleri kullanım yerleri arasındadır. İçinde aşındırıcı veya katı parçacıklar ve elyaf bulunmayan, temiz veya çok az kirli, düşük vizkoziteli sıvıları basmaya uygundur.

Yatay milli, orta ve yüksek basınçlı, kendinden emişli olmayan santrifüj pompalardır. Fanlar gövde içerisine art arda sıralanmışlardır. Emme ağız uçta ve merkezde, basma ağız üstte eksenden kaçık olabilir. Kademeli pompaların kademe sayıları basacakları sıvının metre olarak yüksekliği ile doğru orantılıdır. Fan ve kademe sayısı arttıkça basıncı ve basacağı yükseklikte artar. Basınç arttıkça debisi de o oranda düşer. Kademeli pompalarda kaplin, emme ağız tarafındadır. Özel hallerde emiş ters istikamette olabilir.

- Basma flanşı genelde DN 32.... DN200 mm aralığındadır.

- Debi 700 m³/h' e kadar çıkabilir.
- Basma yüksekliği 400 m' ye kadar çıkabilir.
- Hızı 2900 d/d' ya kadar çıkabilir.
- Çalışma sıcaklığı -10 °C ' den +120 °C ' ye kadar çıkabilir.
- Gövde basıncı maksimum 40 bara kadar çıkabilir. (Maksimum basınç, emme basıncı ve kapalı vanadaki basma yüksekliğinin toplamıdır.)

2.2.1.2 Düşey Milli Kademeli Pompalar



Şekil 2.2 Düşey milli çok kademeli pompalar

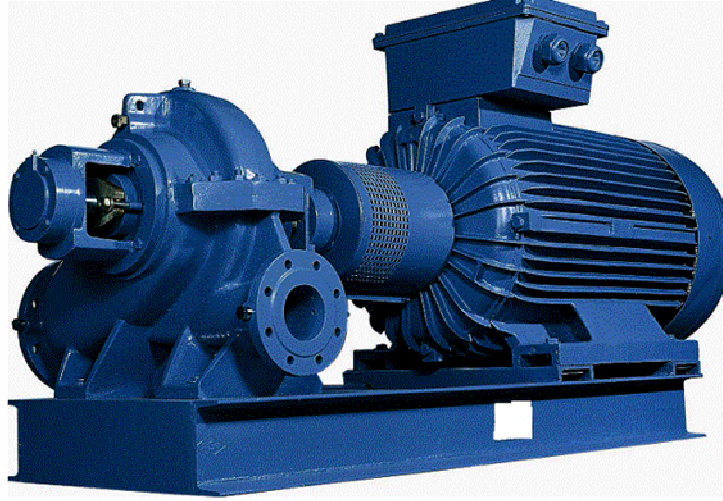
Su temininde, inşaatlarda, fabrikalarda, seralarda, belediyelerde, yağmurlama sistemlerinde, hidrofor tesislerinde, maden ocaklarında, tarımsal sulamada kullanılır. İçinde aşındırıcı veya katı parçacıklar ve elyaf bulunmayan temiz veya çok az kirli, düşük vizkoziteli sıvıları basmaya uygundur. Bu tip pompalar horizontal tip kademeli pompaların kullanıldığı her alanda iş görür ve kullanılır. Vertikal tip kademeli pompaların kullanıldığı her yerde horizontal tip kullanmak yer ve düzlem açısından hemen hemen imkansızdır, çünkü yatay milli kademeli pompalar monte edildikleri yere altına bir şase montajı ile bağlanıp fazla yer işgal ederler.

Bu pompalar düşey milli çok kademeli, kapalı çarklı, difüzörlü, santrifüj pompalardır. Genelde elektrik motoruna elastik kavrama ile bağlanır. Pompaya gelen aksenal kuvvet arka aşınma halkası/dengeleme delikleri yöntemi ile dengelenir. Mil sızdırmazlığı yumuşak

salmastra veya mekanik salmastra ile sağlanır. Pompalarda kullanılan malzemeler pik, sfero, paslanmaz çelik ve bronzdur. Basılan sıvının cinsine, çalışma sıcaklığına ve basıncına bağlı olarak pompa malzemesi değişir. Dönme yönü motor tarafından bakıldığında saat ibresinin tersi yönündedir.

- Basma flanşları DN32 mmDN150 mm aralığındadır.
- Debi 400 m³/h' e kadar çıkabilir
- Basma yüksekliği 350 m' ye kadar çıkabilir.
- Hızı 2900 d/d' ya kadar çıkabilir.
- Çalışma sıcaklığı -10 °C ' den +120 °C ' ye kadar çıkabilir.
- Gövde basıncı maksimum 40 bara kadar çıkabilir (Maksimum basınç, emme basıncı ve kapalı vanadaki basma yüksekliğinin toplamıdır).

2.2.2 Çift Emişli Pompalar



Şekil 2.3 Çift emişli pompa

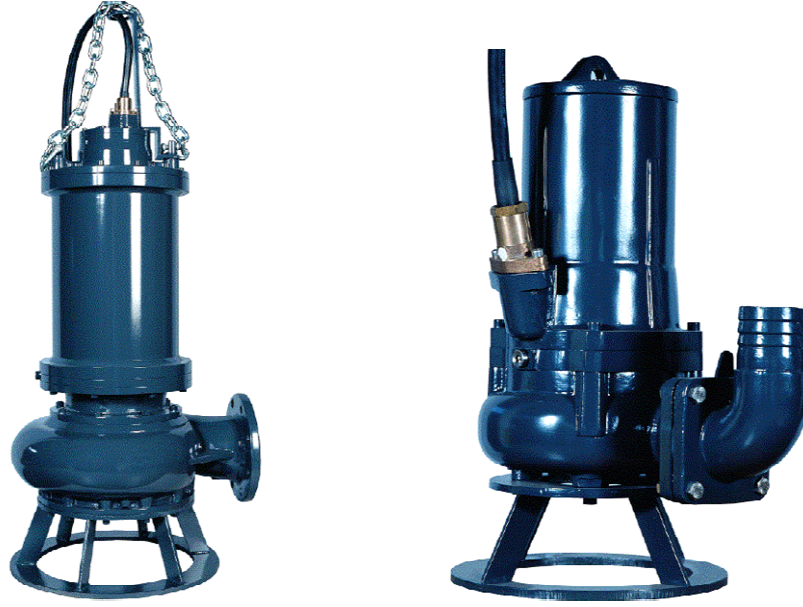
Sulama pompa istasyonlarında, içme suyu pompa tesislerinde, rafinerilerde, petrol boru iletim tesislerinde, soğutma suyu sirkülasyon devrelerinde, genel ihtiyaç için çeşitli pompa tesislerinde kullanılır. Yatay milli, tek kademeli, salyangozlu, gövdesi eksenel ayrılabilir, çift emişli kapalı çarklı santrifüj pompalardır. Temiz veya çok az kirli, düşük vizkoziteli sıvıları basmaya uygundur.

Çift emişli pompalar debisi fazla ve tek kademeli pompalardır. Bu tip pompalarda kullanılan fanlar özel olarak itina ile dizayn edilmektedir. Genelde dönük kanatlı ve kapalı tiplerdendir

.Bundan dolayı benzerlerine oranla daha yüksek verim elde edilmekte ve daha büyük emme derinliklerinde kavitsyonsuz çalışma imkanı sağlanmıştır. Çift emişli pompalarda debi kaçaklarını azaltmak ve uzun süre çalışma sonucunda aşınan kısımları ucuz ve kolayca onarabilmek için çarkların emme kısmı, gövde aşınma bilezikleri (ring, yıpranma halkaları) ile donatılmaktadır. Pompa üst kapağı ayrılabilir olduğu için pompa gövdesi ve emme basma boruları yerinden sökülmeden bütün iç parçaları kolayca değiştirilebilir veya rotor bakımı yapılabilir. Yataklar çalışma şartlarına göre gres veya sıvı yağ ile yağlanmaktadır. Çift emişli pompalarda normal olarak paket salmastra kullanılır, pompaların bastıkları sıvının özelliğine göre salmastra seçilir. Çarkın çift yönden emişli olması dolayısı ile aksel itme kuvveti dengelenmiştir. Pompa dönüş yönü normal olarak tahrik tarafından bakıldığında saat ibresi yönündedir. Ancak özel durumlarda yer ve konum itibari ile tersi de olabilir. Devir yönleri değiştiği sürece emme ve basma ağızları da konuma göre sağ veya sol diye değişir. Normal imalatta çark ve yıpranma halkası, ringler ve fener halkası bronzdan imal edilmektedir. Miller C 1040 veya C 1050 imalat çeliğidir. Salmastra burcu AISI-316 paslanmazdan üretilir. Alt ve üst gövde salmastra kutusu, yatak gövdeleri, yatak kapakları pik döküm malzemedan imal edilmektedir. Özel hallerde çark çelik döküm veya paslanmaz çelikten imal edilmektedir. Diğer metal parçalar çelik döküm ve mil paslanmaz çelikten imal edilmektedir.

- Basma flanşları DN65 mm ... DN350 mm aralığındadır.
- Debi 3500 m³/h' e kadar çıkabilir.
- Basma yüksekliği 180 m' ye kadar çıkabilir.
- Hızı 2900 d/d' ya kadar çıkabilir.
- Çalışma sıcaklığı -20 °C ' den +80 °C ' ye kadar çıkabilir.
- Gövde basıncı maksimum 25 bara kadar çıkabilir. Maksimum basınç, emme basıncı ve kapalı vanadaki basma yüksekliğinin toplamıdır.

2.2.3 Dalgıç Pompalar

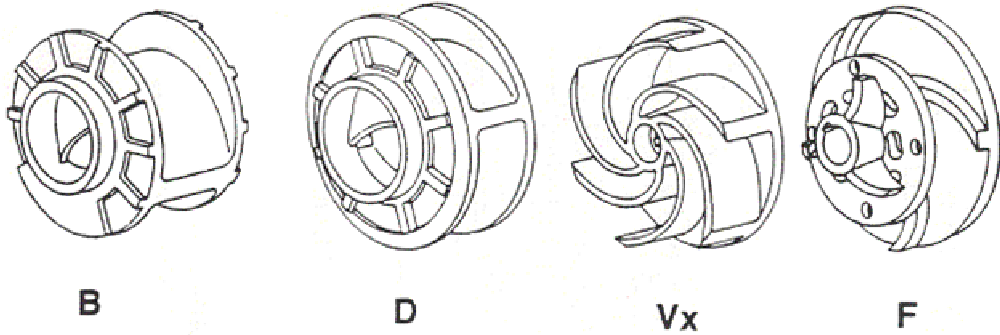


Şekil 2.4 Dalgıç pompalar

Evsel ve endüstriyel ham atık suların basılmasında, atık su arıtma tesislerinde, yağmur sularının basılmasında, drenaj ve tahliye işlerinde kullanılır. Dalgıç pompaların tamamı genelde monoblok tipi yani tek kademeli dalgıç tip pompalardır. Bu pompalar motor ile birlikte tamamen suya gömülü şekilde çalışır. Genelde su altında çalışacak şekilde monte edilirler. Bu tip pompaların su üzerinde 5 dakikadan fazla çalışması sakıncalıdır, çünkü gövde soğutması su altında olduğu için dışarıda çok fazla çalışamazlar. Dalgıç pompalar A ve C tipi diye ikiye ayrılırlar. A tipi pompaların su gövde içerisinden geçer ve gövdeyi her zaman soğutur. Bu pompalar her zaman su altında durması gerekmez. Her şartlarda ve her türlü suyu basmakta kullanılırlar. C tipi dalgıç pompası daima suya gömülü vaziyette çalışır. Çünkü bastığı su pompanın gövdesini soğutmaz, suyun çıkışı hemen salyangoz üzerindedir. Bu pompalar su altında çalışmak için dizayn edilmişlerdir.

Pompa motor milini iki adet bilyalı rulman merkezler, aksenel kuvvetler iki adet eğik bilyalı rulmanla karşılanır, rulmanlar gresle yağlanmıştır, yağ banyosuna su kaçması halinde yağ banyosu içindeki elektrot sistemi sinyalle motoru durdurur, böylece pompa motorunun zarar görmesi önlenir. Rotor ve pompa fanı tek bir mil üzerindedir. Dalgıç pompalar için imal edilen motorların tamamı ıslak statorlu olarak dizayn edilmiştir. Stator sargıları özel telden yapılmaktadır.

Pompanın çarklarının yaptığı işe göre çeşitleri vardır. Bunlar 4 ayrı gruba ayrılır. B tipi fanlar büyük boyutlu katı parçaları tıkanmadan basabilen geniş kanallı, büyük debili, küçük basınçlı fan tipidir. Tek veya iki kanatlı kapalı tipin her iki tarafında radyal kanatçıklar vardır. Daha çok 1450 d/d için uygundur. D tipi fan B tipine benzer ancak 2800 d/d için yapılmıştır. Katı parça boyutu daha küçüktür, büyük basınç küçük debi için uygundur. Vx tipi serbest vorteks fanı, açık tip salyangozun üst kısmında yer alır. Pompa ağız çapı boyutundaki katı parçaları geçirebilir. Lifli sıvılar için uygundur. Ancak pompa genel verimi diğer tiplere göre oldukça küçüktür. F tipi fan, parçalayıcı bıçaklı fanıdır. Pompa çarkının önünde yüksek kaliteli ve sertleştirilmiş çelikten yapılmış parçalayıcı bıçak sistemi yer alır. Sabit bıçak, çok sayıda tırnaklı kesici ağızlar ihtiva eder, katı parçaları tırnaklarıyla tutmaya yarar. Döner bıçak çarkın merkezine tespit edilmiştir. Herhangi bir katı madde pompa çarkına ulaşana kadar iki defa bıçakların arasından geçmek durumundadır. Bu sebeple ancak iyice parçalanmış küçük parçalar çarka ulaşabilir. Pompa çarkı yarı açık tiptedir, küçük debili ve yüksek basınçlı sistemler için uygundur. Bu tipin de pompa genel verimi düşüktür.



Şekil 2.5 Dalgıç pompa fan tipleri

Normal imalatta dalgıç pompaların, motor gövdesi, yağ kutusu, motor kapağı, salyangoz, emme ağız, gövde, çark, pik dökümdür, rotor mili motor tarafı C 1040 pompa tarafı paslanmaz çelikten imal edilir. Civatalar ve somunlar paslanmaz çelikten imal edilir. Sabit ve döner bıçaklar sertleştirilmiş ve taşlanmış özel çelikten imal edilir.

- Basma flanşları DN50 mmDN300 mm aralığındadır.
- Debi 1600 m³/h' e kadar çıkabilir.
- Basma yüksekliği 95 m' ye kadar çıkabilir.
- Hızı 2900 d/d' ya kadar çıkabilir.
- Çalışma sıcaklığı max +80 °C ' ye kadar çıkabilir.
- Gövde basıncı maksimum 10 bara kadar çıkabilir.

2.2.4 Tek Kademeli Norm Santrifüj Pompalar



Şekil 2.6 Norm tip santrifüj pompa

Norm serisi pompalar 4-500 lt/sn debi ve 5-95m manometrik yükseklik değerlerinin sınırladığı hidrolik alan içerisindeki tüm pompaj işlemleri için kullanılan genel amaçlı pompalardır. Aşındırıcı olmayan, içinde katı parçacıklar ve elyaf bulunmayan, temiz veya çok hafif kirli, düşük vizkoziteli sıvıları basmaya uygun pompalardır. Kullanma alanları şöyle sıralanabilir. Tarımsal sulama ve yağmurlama tesislerinde, yangın söndürme tesislerinde, ev, bina, kasaba, şehir içme suyu tesislerinde, çeşitli sanayi kollarında düşük vizkoziteli sanayi sıvılarının basılmasında, soğutma suyu devrelerinde, demir çelik gibi günde 24 saat çalışan ağır sanayi tesislerinde kullanılırlar.

Bu pompalar düşük orta basınçlı tek kademeli salyangozlu santrifuj pompaları kapsamaktadır. Pompalar TS-268 (DIN 24255)' e uygun boyut ve özelliklerdeki modellere uygun şekilde üretilmektedir. Özel durumlarda istek üzerine pompa çıkış ağızları TS 268-1'e göre çıkış ağızları üst ortada olarak imal edilir. Kapalı tipte ve dönük kanatlı (Francis tipi) çarklar kullanılmaktadır. Böylece benzerlerine oranla daha yüksek genel verim daha fazla manometrik yükseklik ve daha büyük emme derinliklerinde kavitasyonsuz çalışma imkanı sağlanmış bulunmaktadır. Pompa çarkları statik ve dinamik olarak dengelenmektedir. Debi kaçaklarını azaltmak uzun süre çalışma sonucunda aşınan kısımları kolayca ve ucuz olarak onarabilmek için çarkın iki yanı yıpranma halkaları ile donatılmıştır.

Pompa milleri iki adet ağır hizmet tipi (6300 serisi) rulman ile yataklanmaktadır. Yataklar genel olarak gres ve gereken hallerde sıvı yağ ile yağlanmaktadır. Eksenel itme kuvveti aşınma bileziği dengeleme delikleri sistemi ile dengelenmektedir. Pompalarda normal olarak paket salmastra kullanılmaktadır, sıvının cins ve sıcaklığına göre özel salmastra cinslerinden biri seçilmektedir. Paket salmastra paslanmaz çelikten mamül sertleştirilmiş veya taşlanmış burç üzerinde çalışmaktadır. Böylece salmastranın değiştirilmesi veya ilave edilmesi çok kolaylaştırılmıştır.

- Basma flanşları DN32 mmDN250 mm aralığındadır.
- Debi 1700 m³/h' e kadar çıkabilir.
- Basma yüksekliği 100 m' ye kadar çıkabilir.
- Hızı 2900 d/d'ya kadar çıkabilir.
- Çalışma sıcaklığı -10 °C' den +140 °C ' ye kadar çıkabilir.
- Gövde basıncı maksimum 16 bara kadar çıkabilir. (Maksimum basınç, emme basıncı ve kapalı vanadaki basma yüksekliğinin toplamıdır.)

2.2.5 Yangın Pompaları

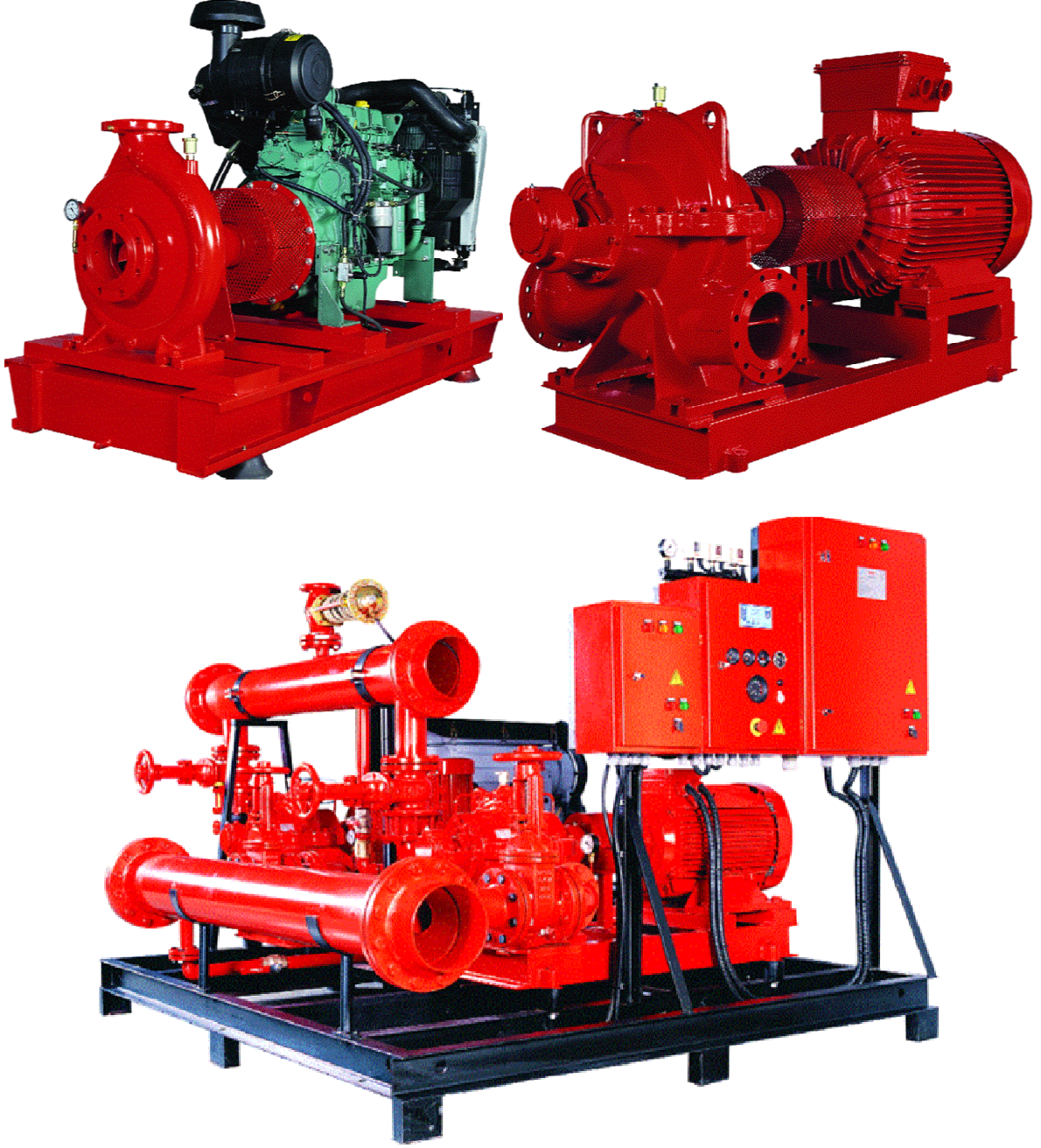
Genelde kullanılan yangın pompaları tipleri norm tip santrifüj, çift emişli santrifüj ve çok kademeli santrifüj pompalardır. İstenilen debi ve basma yüksekliğine göre yangın sistemleri bu pompalardan oluşturulur. Yangın sistemleri genelde bir şase üzerine monte edilmiş 1,2 veya 3 adet santrifüj pompa ile emiş basınç kollektörleri, izolasyon vanaları, çekvalfler ve ihtiyaç duyulan diğer elemanlardan oluşmaktadır. Genelde sistemde kullanılan kollektörler, redüksiyonlar elektro galvaniz kaplı çelikten oluşmakta olup ihtiyaca göre paslanmaz malzemedenden de imal edilebilir.

Pompa sistemi, NFPA 20 standardına uygun olmalıdır. Bu standart yangından korunma için sabit pompaların tesisatı ile ilgili gerekenleri tanımlayan ve dünyada bu konuda en çok benimsenmiş, yangın söndürme sistemlerinde kullanılan en yaygın ve en ayrıntılı olan bir standarttır. NFPA 20 standardı yangın pompalarının seçimini, montajını, kabul deneylerini ve işletimini kapsamaktadır. NFPA 20 standardının gerekleri şunlardır :

Pompalar için ayrı kumanda panoları olacak, emme borusunda hızlar 4,57 m/s den küçük olacak. Sıfır debide basınç, anma değerinin 1,4 katını geçmeyecek, 1,5 kat anma debisinde anma basıncının 0,65 inden küçük değerler düşmeyecek, elektrik motorlarının servis faktörü (aşırı yüklenebilme çarpanı) 1.15 katını geçmeyecek, pompa gövdesi GG 25 pik döküm, pompa çarkı bronz, pompa mili AISI 316 veya AISI 304 olacaktır. Sızdırmazlık yumuşak salmastra ile sağlanıp, yataklama en az 5000 saat ömürlü rulman ile olacaktır. Flanşlar DIN 2533-PN 16 olarak üretilecektir.

Yangın pompalarının basma yükseklikleri NFPA 20 'de belirtilmekte (30-140m) olup, anma debi değerleri de (5,7-1703 m³/h) mevcuttur.

Yangın pompaları elektrik ve dizel tahrikli olabilir. NFPA 20' ye uygun elektrik tahrikli, dizel tahrikli ve oluşturulmuş bir yangın sistemi şekil 2.7 ' de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Elektrik ve dizel tahrikli yangın pompaları, yangın sistemi

2.2.6 Frekans Konvertörlü Santrifüj Pompalar

Pompaların debilerinin aslında mevsimler, iklim şartları, gündüz-gece çalışma saatleri, zonlar arasındaki farklılıklar, proses şartları vb. bir dizi dış etkene bağlı olarak değişken olması gerekmektedir.

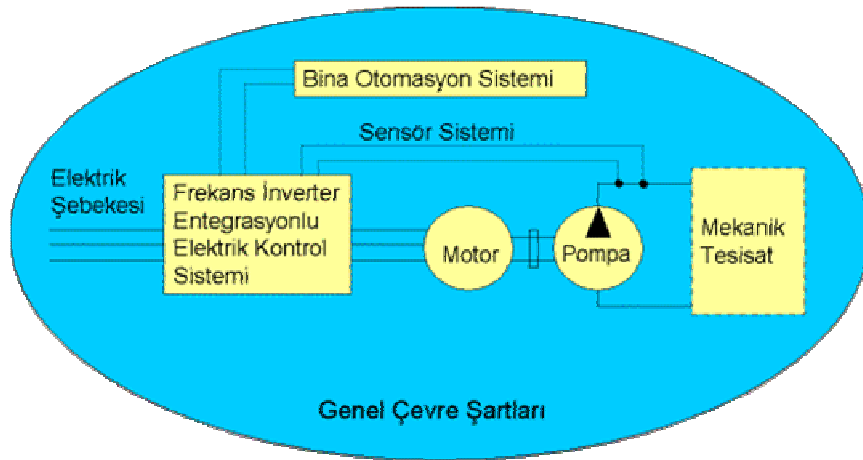
Dolayısı ile tesisatlarda kullanılan pompaların aslında gücünü, yani debi ve basıncını, tesisatın o anki gereksinimine uygun olarak ayarlayabilmesi gerekmektedir.

Sabit debili pompa sistemlerinde, pompalar her zaman nominal devir hızlarında çalışarak, en yüksek değerde elektrik tüketmekte ve işletme giderlerinin gereksiz yere yükselmesinin yanı sıra, pompa ve diğer tesisat ekipmanlarının da en yüksek mertebede aşınmasına sebep olmaktadır.

Bu pompa sistemlerinin başlıca avantajları, elektrik tasarrufu, tesisat ekipmanlarından tasarruf, pompa ve diğer ekipmanların işletim ömrünün uzaması, işletim ve kullanım konforunun yükselmesi, işletim güvenilirliğinin artması, proje, seçim ve uygulama hatalarının telafi edilmesi, elektrik şebekesinin hatalarının düzeltilmesi, çevre kirliliğinin azaltılmasına katkı, ömür boyu maliyetinin düşük oluşu başlıca avantajlarıdır.

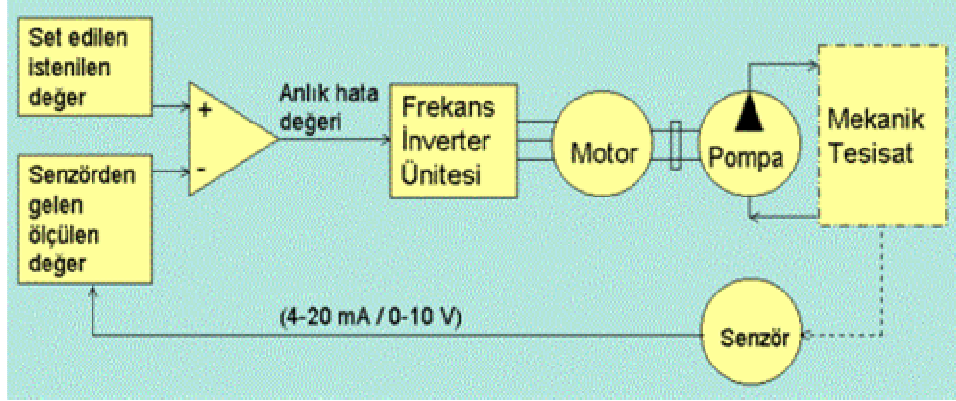
Frekans konvertörlü pompa sistemini belirleyen şartların bazıları şunlardır:

Elektrik şebekesinin ana besleme değerleri, frekans inverter entegrasyonlu elektrik kontrol donanımı, elektrik motoru, santrifüj pompa, ölçme ve geri besleme donanımı, tesisatı oluşturan ekipmanlar, tesisatın işletim karakteristiği, bina otomasyon sistemi, çevre şartları, kullanıcının özellikleridir.



Şekil 2.8 Frekans konvertörlü sistem.

Pompa sistemlerinin kontrolünde en çok kullanılan ve kontrole baz oluşturan fiziksel değerler Şunlardır: zaman (t), basınç (p), diferans basıncı (Δp), sıcaklık (T), diferans sıcaklığı (ΔT), debi (Q).

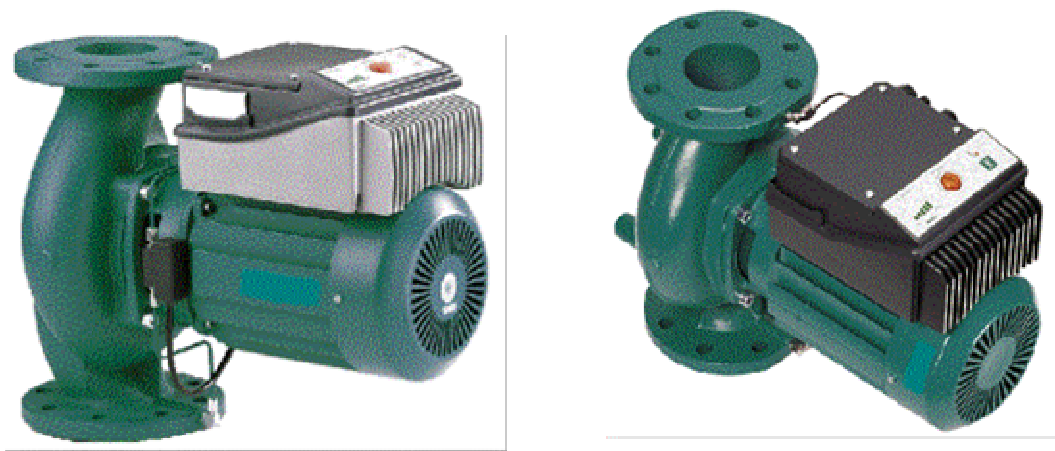


Şekil 2.9 Sensörler (Analog algılayıcılar)

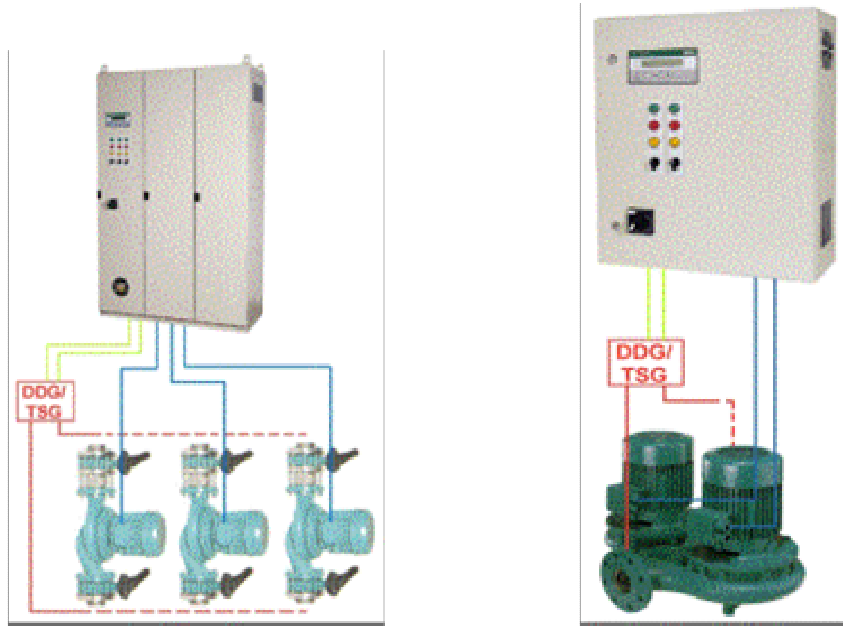
Analog algılayıcılar bu fiziksel değerleri ölçüp, bunları gerilim (genelde 0-10 V) veya akım (genelde 4-20 mA) değerlerine dönüştüren, ölçüm hassasiyetleri yüksek, kendileri de elektrik gücüyle çalışan (10-30 VDC/3-5 W arası) cihazlardır.

Frekans konvertörü ile devir hızı kontrolü uygulamalarında pompa-motor ve kontrol cihazının şekli ve konumu itibariyle iki değişik seçenekte sistem vardır.

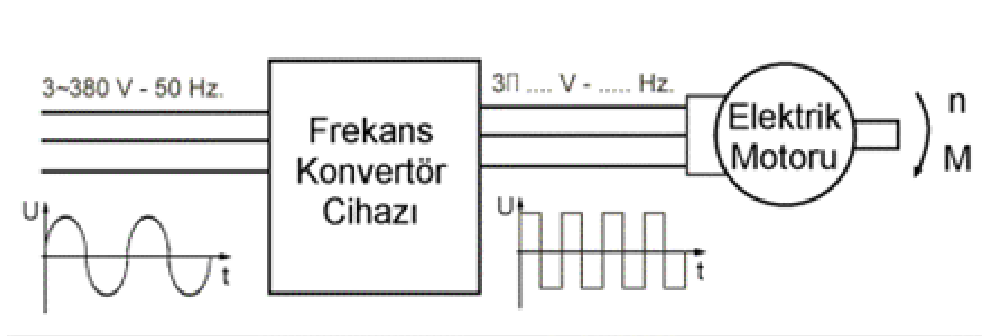
1.Frekans inverter entegrasyonlu kontrol cihazının ve sensör donanımının direkt motorun üzerine yerleştirilmiş olduğu pompa sistemi.



Şekil 2.10 Frekans kontrol cihazının motor üzerine yerleştiği sistem



Şekil 2.11 Frekans kontrolünün pompadan bağımsız kullanıldığı sistem.



Şekil 2.12 Frekans konvertör cihazı

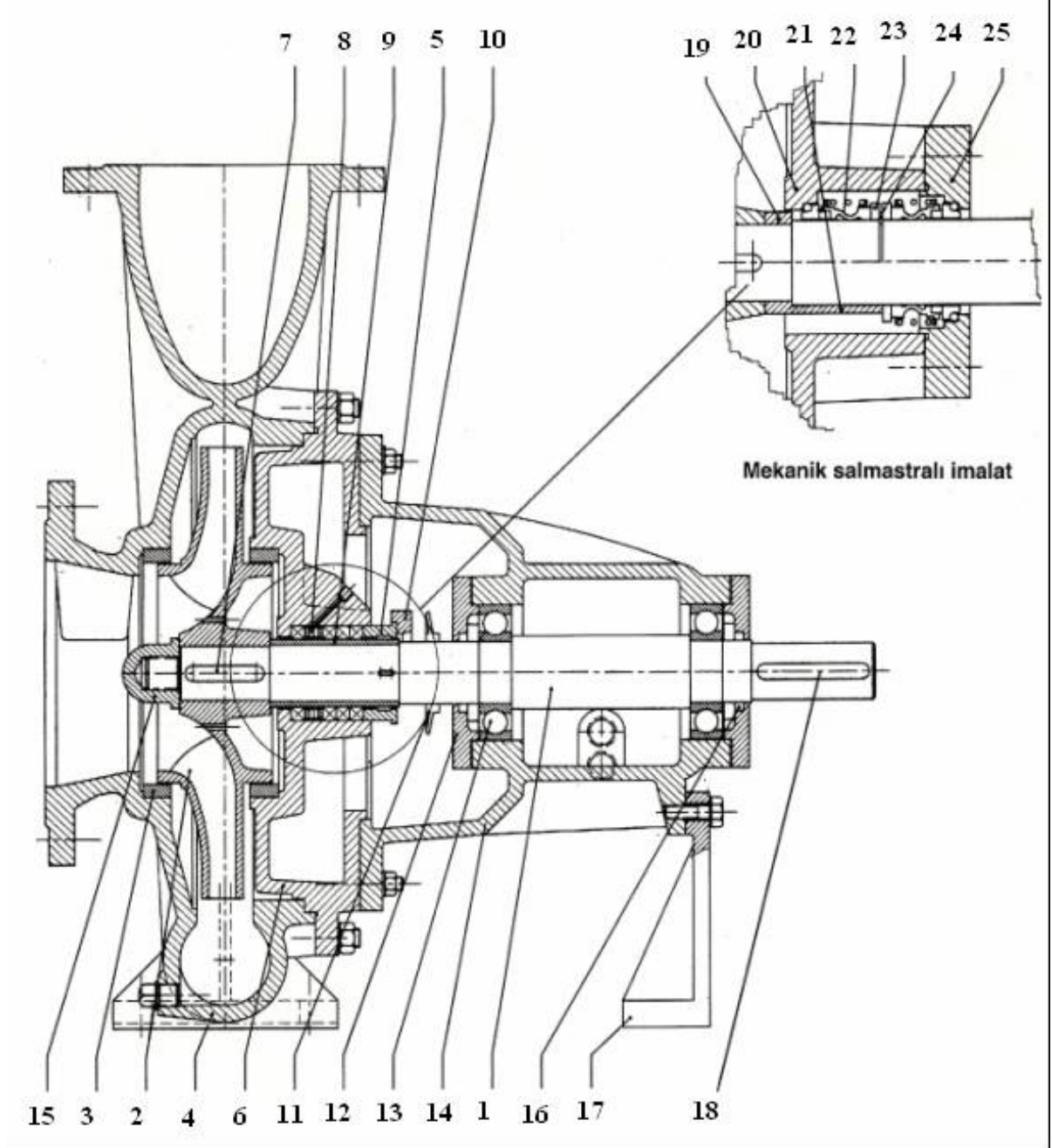
$$n = (120 \cdot f) / p$$

f (Hz) = Besleme geriliminin frekansı , p = Motorun kutup sayısıdır.

3. SANTRİFÜJ POMPA ELEMANLARI

3.1 Temel Santrifüj Pompa Elemanları

Dönen bir çarkın kanatları arasına alınan sıvı taneciklerinin ivmelendirilerek çevreye savrulması prensibine göre çalışan santrifüj pompaların kesiti ve parça listesi şekil 3.1’ de gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Norm tip santrifüj pompa kesiti

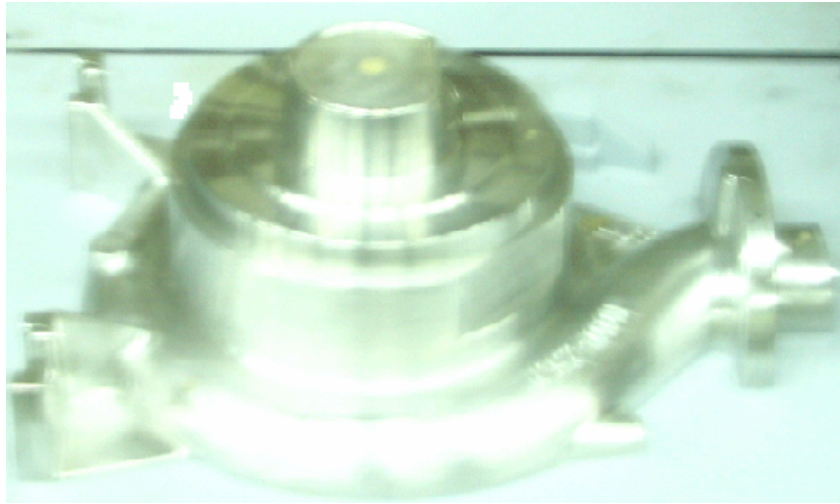
Çizelge 3.1 Santrifüj pompa ana elemanları

No	Parça İsmi	No	Parça İsmi
1	Pompa mili	14	Yatak gövdesi
2	Çark	15	Çark somunu
3	Yıpranma halkası	16	Yağ keçesi
4	Salyangoz	17	Destek ayak
5	Mil yatağı	18	Kaplin kaması
6	Salmastra kutusu	19	Mek. salmastra burcu(çift)
7	Çark kaması	20	Salmastra kutusu
8	Fener halkası	21	Mek. salmastra burcu (tek)
9	Mil kılıfı	22	Mekanik salmastra
10	Glen	23	Mek.salmastra pulu
11	Su siperi	24	Segman
12	Yatak kapağı	25	Mek.salmastra kapağı
13	Rulman		

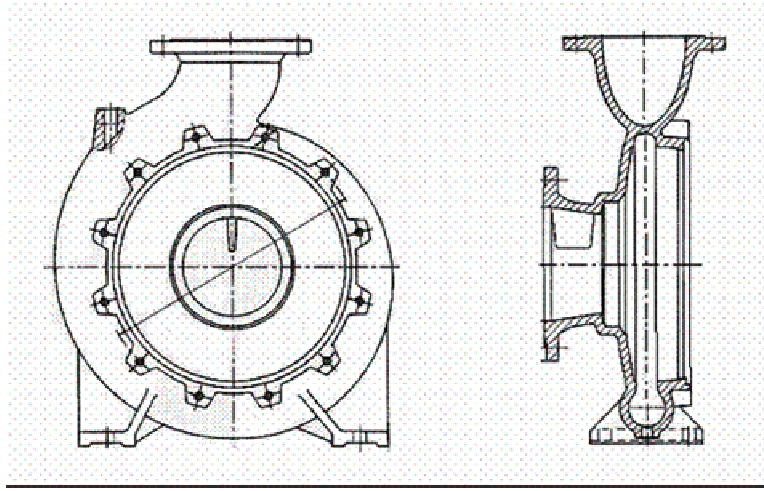
3.2 Santrifüj Pompa Ana Elemanları

3.2.1 Salyangoz

Bu kısma pompanın gövdesi de denilmektedir. Salyangoz kısmı çarkın basmış olduğu sıvının akış doğrultusunda değişmesine girdap ve türbülansların sebep olduğu kayıpları azaltmak için pompanın gövdesi salyangoz şeklinde yapılmıştır. Salyangoz ayrıca çarktan çıkan sıvıları toplayarak su çıkış borusuna gönderen difüzörü olmayan pompalarda difüzör görevini de gören kısımdır. Salyangoz pompanın ana yapısını oluşturur. Genelde dökme demirden yapılır. Pompanın durumuna göre tek parçadan, iki parçadan ve çok parçadan meydana gelebilir. Çok kademeli pompalardaki salyangoz sayısı çark sayısından mutlaka bir adet fazladır. Çok kademeli pompalarda salyangoz içerisine kılavuz cihazlar yerleştirilmiştir. Kılavuz cihazlar tek kademeli salyangozların yaptıkları görevleri yaparlar. Kılavuz cihazda birinci çarktan ikinci çarka su geçiş kısımları arasında açılı farkı 120° olarak yerleştirilmelidir. Buda basılan suyun geri kaçışını engeller. Şekil 3.2’ de gösterilen maçalar modelin içindeki boşluğu almak için kullanılır.



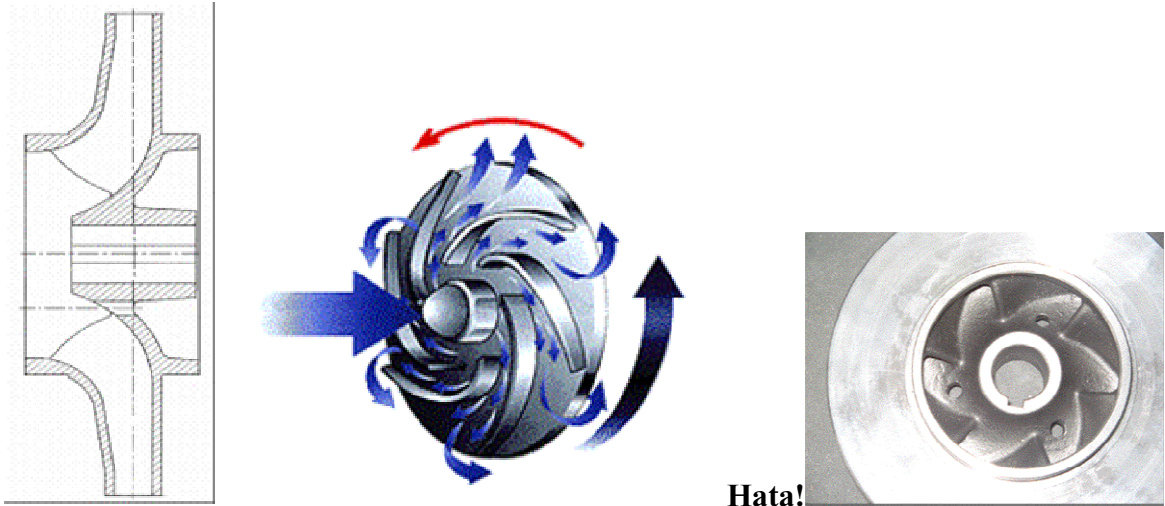
Şekil 3.2 Model için hazırlanmış maça



Şekil 3.3 Salyangoz teknik resmi

3.2.2 Çark

Pompa motorunun vermiş olduğu dönüş hareketini yani mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren üzerinde kanatçıklar bulunan elemandır. Çarklar pompanın basmış olduğu sıvının cinsine uygun olarak dökme demirden veya bronzdan imal edilebilirler. Pompalarda çark sayısı birden fazla olabilir. Çark sayısına kademe sayısı da denir. Birden fazla çark olan pompalara ise çok kademeli pompalar denir. Pompalarda genel olarak üç tip çark kullanılır. Bunlar yapı bakımından farklı, kullanım amacı bakımından aynıdır.

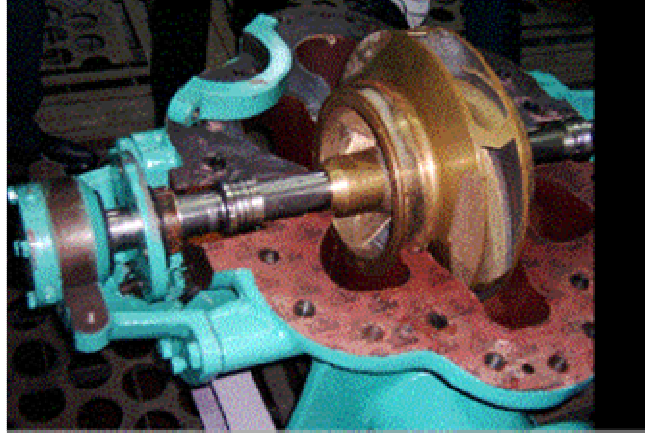


Şekil 3.4 Tek girişli ve açık tip santrifüj pompa çarkı, aksenal kuvvet ayar delikleri

Pompa, motorun vermiş olduğu dönüş hareketini yani mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren üzerinde kanatçıklar bulunan elemandır. Çarklar pompanın basmış olduğu sıvının cinsine uygun olarak dökme demirden veya bronzdan imal edilebilirler. Pompalarda çark sayısı birden fazla olabilirler, çark sayısına kademe sayısı denir.

Birden fazla çark olan pompalara ise çok kademeli pompalar denir. Pompalarda genel olarak üç tip çark kullanılır. Bunlar yapı bakımından farklı, kullanım amacı bakımından aynıdır. Bu çarklar açık tip, tek girişli ve çift girişli çarklar diye sınıflandırılırlar. Açık tip çarklarda kanatçıklar sadece çarkın bir tarafında bulunan diske bağlıdır. Diğer taraf ise açıktadır. Burada açık konumda bulunan çarkın kanatçıkları arasına giren sıvı çarpılmak sureti ile harekete geçirilerek salyangoz içerisinde toplanır. Tek girişli çarklarda kanatçıklar iki diskin arasına yerleştirilmiştir. Çarkın göbeğine orta kısımdan su dolmaktadır, çarkın dönüş hareketi sayesinde göbekteki sıvılar merkezkaç kuvvetinden dolayı etrafa savrularak salyangoz içerisinde toplanır. Sonrada basma borusuna doğru gönderilir. Çarkın dönmesi ve çarkın göbeğindeki sıvıların basma borusuna yollanması ile çarkta ve salyangoz içerisinde meydana gelen vakum sayesinde sıvıların pompa içerisi dolması sağlanır. Tek girişli çarklardaki debi çift girişli çarklara nazaran daha azdır. Çift girişli çarklarda sıvının göbeğe girişi iki taraftan olmaktadır. Çarkın orta kısmında bulunan kanatçıklar iki yüzlü olarak iki diskin arasına yerleştirilmişlerdir. Çarkların diskleri arasındaki kanatçıklar devamlı surette geriye doğru kıvrılırlar. Kanatların kıvrım yönleri çarkın çalışması yönünden önemlidir. Kanatçıklar sağ ve sol kıvrımlı olmak üzere ikiye ayrılır. Sağ kıvrımlı kanatçıklarda kanatçık kısmına baktığımız zaman kanatçıkların istikameti yani uç kısımları saat ibresi yönünde ise bütün kanatçıklara sağ helis veya sağ kıvrımlı kanatçıklar denir. Sol kıvrımlı kanatçıklarda kanatçıkların dönüş yönü saat ibresinin tersi ise sol helis veya sol kıvrımlı kanatçık denir. Çarklarda kanat sayısının artması ile sirkülasyon azalır. Yani pompanın debisi azalır. Pompanın kanat verimi artarak basıncı yükselir. Ayrıca kanatçıklardaki sürtünme kayıpları da artar. Pompanın suyu daha iyi basabilmesi için çark kanatçıklarının uç kısımlarına doğru biraz daha incilmesi daha olumlu netice verir. Pompa kanatçıklarında aşınmaların meydana gelmesi durumunda pompanın sıvı basma kapasitesi düşer ve pompa basıncı azalır. Bu gibi durumlarda çark değiştirilmelidir. Bazı pompalarda çark ile salyangoz arasına yerleştiren ve çarktan çıkan suyun hızını azaltarak yüksek kinetik enerjinin bir kısmını basınç enerjisi haline dönüştüren halka şeklindeki kısma da difüzör denir. Fanlarda aksenal kuvveti ayarlamak için delikler açılmaktadır. Açılan delikler şekil 3.4’ de gösterilmektedir.

3.2.3 Mil



Şekil 3.5 Mil, çark, gövde

Pompanın tahrik organıdır. Elektrik motorundan alınan dönüş hareketini çarka aktaran ve çok kademeli pompalarda rotorun parçalarını üzerinde taşıyan kısımdır. Pompalarda istenilen basıncı elde edebilmek için mil üzerinde birden fazla çark bulunabilir. Pompa mili yataklar tarafından hassas olarak yataklanmalıdır. Yataklama işlemi hassas olarak yapılmaz ise mil üzerinde bulunan çarklar salyangoza veya aşınma ve yıpranma halkalarına çarparak sistemin kısa zamanda hasar görmesine neden olur. Milin pompa gövdesinden dışarı çıkış ve giriş yerlerinden sıvıların kaçışını pompanın içerisine hava girişini önlemek amacı ile salmastralar kullanılmıştır. Mil hareketini elektrik motorundan, kaplinler vasıtası ile alır. Küçük tip pompalarda ise mil hareketini direkt olarak elektrik motorundan alabilir. Pompa mili çarka doğrudan kamalı olup, mil dönünce çarkta döner. Genelde mil malzemesi Ç1040-1050 olarak kullanılır. Özel durumlarda AISI 304-316 gibi paslanmaz malzemeden imal edilirler. Millerin rulman içerisinden geçen kısımları taşlanarak hassas işlenirler.

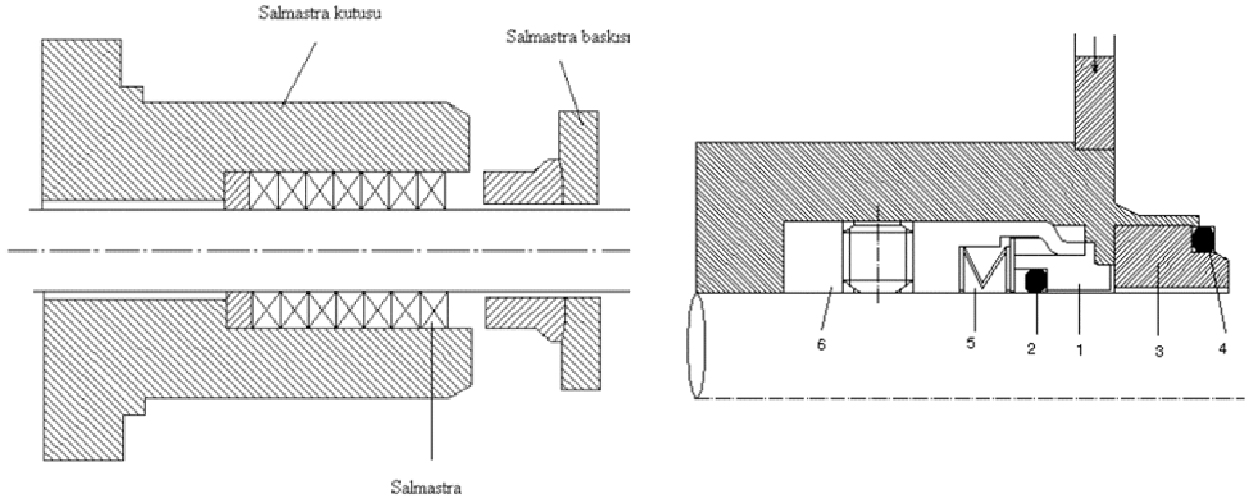
3.2.4 Pompalarda Sızdırmazlık Elemanları

Hareketsiz makine parçaları ile buna göre hareketli veya hareket halindeki makine parçaları arasındaki sızdırmazlığı sağlayan sızdırmazlık elemanlarıdır. Salmastraları kullanıldıkları yerlerdeki makine parçalarının en az bir tanesi hareketlidir. Salmastra malzemeleri ise genel olarak yumuşak gereçlidir. Salmastraların cinsi akışkanın cinsine göre değişir veya akışkanın cinsine göre salmastra seçimi yapmak gerekir. Salmastra seçiminde akışkanın kimyasal ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra sıcaklığı ve işletme basıncıda dikkate alınmaktadır. Genelde bütün salmastralar, salmastra baskısı yapılabilmesi için salmastra kutusunun içerisine yerleştirilmeleri gerekir. Bunu sağlayan kısımda salmastra kutusudur.

İdeal bir salmastra :

- Basınç, hız, sıcaklık, akışkan gibi, kullanılacağı ortam şartlarına uygun olmalıdır. Değişik şartlarda kullanılabilmesi, böylece stok çeşitleri en aza indirilebilmelidir.
- İlk alıştırma periyodunda mil ve salmastra yuvasına kolay ve kısa sürede adapte olabilmelidir.
- Mil salgısını hareket halindeyken absorbe edecek kadar elastik olmalıdır.
- Fazla sürtünme ve ısı oluşturmamalıdır.
- Mili aşındırmamalı, korozif etkisi olmamalıdır.
- Sık sık bakım ve ayarlama gerektirmemelidir.
- İstenilen çapta bükülebiyecek kadar esnek olmalı, büküldüğünde kesitinde deformasyon olmamalıdır.
- Uzun ömürlü ve ekonomik olmalıdır.

Hiçbir salmastra bu özelliklerin tümünü bir arada taşımaz. Bu nedenle çeşitli kullanım yerleri ve şartlarına uygun salmastra tipleri geliştirilmiştir.



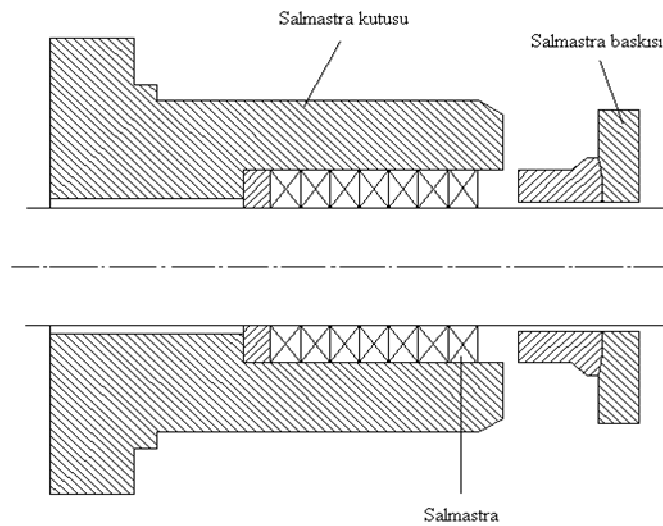
Şekil 3.6 Yumuşak salmastra ve mekanik salmastra kesit resmi

Salmastralar iki çeşittir: Yumuşak salmastralar ve mekanik salmastralar. Yumuşak salmastralar ekonomik olduğu için tercih edilir. Akışkan kaçağını önlemek içinse mekanik salmastralar tercih edilir.

3.2.4.1 Yumuşak Salmastralar:

Yumuşak salmastralar örgü yapısı ana malzemesi ve empreyne maddeleri açısından incelenir. Malzemenin yumuşak salmastra kordonu şekline getirilmesi, liflerin çapraz örgüsü ile, şerit halinde dokunmuş liflerin sarılması, merkezde bir çekirdek yapı etrafında örme ve kalıptan çekme ile sağlanır. Malzemenin örgü yapısı çalışma sınırlarını, çalışma güvenilirliğini, kullanım süresini etkiler. Yumuşak salmastraların ana malzemeleri, doğal lifler (pamuk ve keten), mineral lifler (beyaz asbest ve mavi asbest), yapay lifler (ptfe, yapay grafit) den oluşmaktadır. Empreyne maddeler örgü işlemi sırasında ana malzemeye emdirilir. Empreyne maddelerin terkihi işlem sırasında uygulanan sıcaklık, işlem şekli, sırası vb. birçok faktör yumuşak salmastranın kalitesini belirler. Genel olarak, kuru grafit ve mika, grafit-yağ, kauçuk-grafit, beyaz ve kırmızı gres, asit ve kostik dirençli bileşimler teflon gibi empreyne maddeleri kullanılır.

Akışkanın cinsine göre yumuşak salmastralar 3'e ayrılırlar, 30⁰C sıcaklığa kadar olan asitsiz ve kumsuz sularda kösele, kauçuk, kendir tipli salmastralar kullanılır. 30⁰C sıcaklığın üzerinde olan yerlerde; teflon, asbest (amyant), grafit emdirilmiş salmastralar kullanılır, yüksek sıcaklıkta ve basınçlı olan yerlerde kombine edilmiş salmastra veya metalik salmastralar kullanılır.



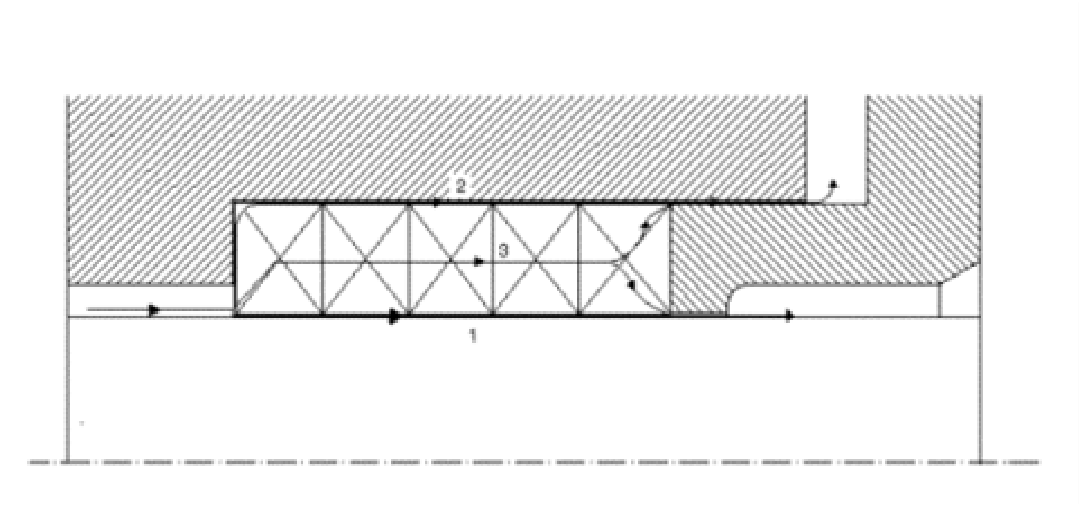
Şekil 3.7 Yumuşak salmastra, salmastra kutusu ve baskısı kesit resmi

Salmastra kutusunun görevi kaçaqları önlemek, kademeli pompalarda emme tarafında hava girişlerini engellemek, basınçlı su ile beslenen sistemlerde kısmen mili yataklamak ve

soğutmaktır. Santrifüj pompanın ilk hareketi kısmen mili yataklamak ve soğutmaktır. Santrifüj pompanın ilk sırasında çark içerisinde hava tanecikleri vardır. Çark sahip olduğu dönme hızında onları çark dışına atabilecek santrifüj kuvveti uygulayamaz. Sıvı emilmediği için basılamaz. Bu nedenle çark içerisine hava sızıntısının önlenmesi gerekir.

Salmastralardaki sızıntının mümkün olan üç yolu vardır:

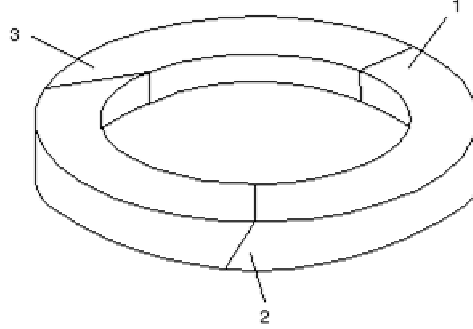
1. Mil (mil burcu) ile salmastra temas yüzeyinden, bu yola mil yüzeyinde soğutma ve yağlama temin etmek için zorunlu olarak izin verilir. Pompalarda bu sızıntı tamamen durdurulmaz, ancak esas problem kontrol edebilmektedir.
2. Salmastra ile salmastra muhafazası arasından, en aldatıcı olan sızıntıdır çünkü pompa işletmeye alındıktan sonra görülen sızıntının bir nolu yoldan geldiği sanılabilir. Oysa salmastra gerçekte kuru çalışmaktadır. Kısa zamanda ve farkına varılmadan salmastra tahrip olabilir. Salmastra uçları ring şeklinde getirilerek ağız ağza geldiğinde açılı olacak şekilde kalmamalıdır. Salmastralar doğru kesilerek birbirine dik bir şekilde dayanmalıdır.
3. Salmastra dokusu arasından gelen sızıntıdır, bu sızıntı yolu salmastra ana malzemesine emdirilen katkı maddelerinin yıkanıp gitmesine neden olur. Bunu önlemek için talimatlara uygun yerleştirme yapmak, uygun örgü yapısı ve kaliteli malzemeden yapılmış yumuşak salmastra seçmek gerekir.



Şekil 3.8 Yumuşak salmastra sızıntı yolları

Salmastraların kesilmesi üç şekilde yapılmaktadır: 1.Dik kesit, 2.Radyal kesit, 3.Tanjantinal kesit

Salmastra ringleri tek tek kesilmelidir, bir model üzerine sararak hepsini birden kesmekte mümkündür.



Şekil 3.9 Salmastra kesim tipleri

Örgülü Yumuşak Salmastraların malzeme ve çalışma şartlarıyla ilgili özellikleri Çizelge 3.2' de belirtilmektedir. Çizelge 3.2' de kullanılan kısaltmalar ve örgüler aşağıda belirtilmektedir.

Kısaltmalar:

A- Aramid	P- Poliamid fiber
C- Cam Elyaf	R- Remie
G- Grafit	S- Seramik
K- Karbon	T- PTFE(Teflon)
N- Nomex	Y- Amyant

Örgüler :

2-5 mm : 2 kat diyagonal

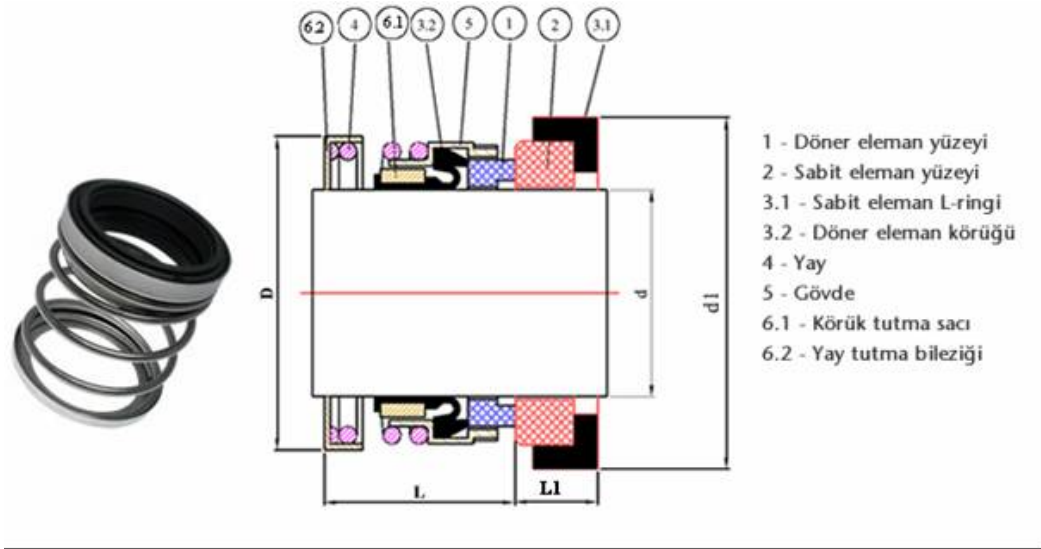
6-11 mm : 3 kat diyagonal

12-25 mm : 4 kat diyagonal

Çizelge 3.2 Yumuşak salmastraların malzeme ve çalışma şartları

YUMUŞAK SALMASTRA TİPİ	MALZEMELER			ÇALIŞMA ŞARTLARI					
	İPLİK	KATKI	YAĞ	Dayanım Sıcaklığı (°C)	Ph	Tavsiye edilen en fazla çevresel hız V[m/sn]	Dayanım Basıncı [bar]		
							Pompalarda	Pistonlarda	Vanalarda
AMYANT ESASLILAR									
Teflonlu amyant	Y	T	-	200	4_12	10	25	50	100
Yağlı teflonlu amyant	Y	T	+	200	4_12	14	30	50	100
Grafitli tefyonlu amyant	Y	T,G	+	200	4_12	16	30	50	100
Grafitli amyant			-	600	2_14	10	30	100	500
PTFE(Teflon) ESASLILAR									
Saf PTFE	T	-	-	270	0_14	2	7	20	40
Sinterlenmiş saf teflon	T	-	-	270	0_14	5	20	150	250
Saf PTFE-Slikon yağlı	T	-	-	270	0_14	8	15	100	150
Grafitli PTFE	T	G	-	270	1_13	10	15	100	150
Sinterlenmiş grafitli teflon	T	G	-	270	1_13	10	20	150	250
GRAFİT ESASLILAR									
Saf grafit	G	-	-	500	0_14	20	20	100	300
Tel takviyeli grafit	G	-	-	500	0_14	20	20	100	300
ARAMİD(KEVLER) ESASLILAR									
Saf aramid	A	T	-	280	3_12	15	50	100	100
Köşe aramid,saf PTFE	A,T	-	-	280	3_12	10	150	300	500
Aramid,saf PTFE zigzag örgü	A,T	-	-	280	3_12	10	170	350	550
Köşe aramid,grafitli PTFE	A,T	G	-	280	3_12	25	70	250	350
Aramid grafitli PTFE zigzag örgülü	A,T	G	-	280	3_12	25	100	300	400
CAM ELYAF ESASLILAR									
Cam elyaf	C	-	-	550	5_9	2	5	20	50
Nikel tel takviyeli cam elyaf	C	-	-	550	5_9	2	8	25	60
Nikel tel kafesli cam elyaf	C	-	-	550	5_9	-	-	-	-
Grafitli cam elyaf	C	G	-	700	5_9	4	3	10	25
LİF ESASLILAR									
Karbon fiber salmastra	K	T	-	280	2_12	25	20	100	200
Remie salmastra	R	T	-	140	4_11	12	25	100	100
Poliamid fiber salmastra	P	T	-	315	1_13	20	25	100	200
Seramik salmastra	S	-	-	650	0_14	5	5	15	30

3.2.4.2 Mekanik Salmastralar



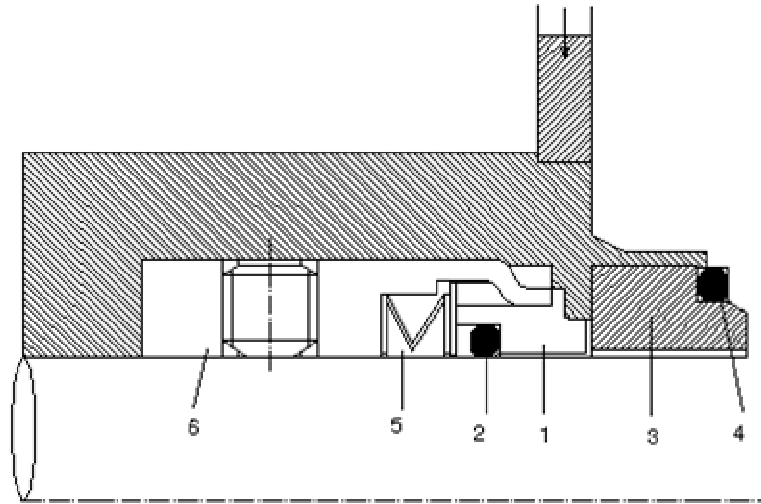
Şekil 3.10 Mekanik salmastra

Çizelge 3.3 Mekanik salmastra ölçü değerleri ve montaj boy toleransları

Mil çapı(d)	D	d1	L	L1	Montaj Boy Toleransları		
16	27	27	26	10,3			
18	31	33	27	10,3			
20	34	35	27	10,3			
22	34	37	27	11			
24	40	39	29	11			
25	40	40	29	11			
28	45	43	32	11			
30	47	45	32	11			
32	47	48	32	11			
33	51	48	32	11			
35	52	50	32	11			
38	54	56	34	11			
40	58	58	32	12,7			
43	62	61	32	12,7			
45	62	63	32	12,7			
48	66	66	32	12,7			
50	71	70	35	12,7			
53	74	73	33	14,2			
55	76	75	33	14,2			
58	79	78	38	14,2			
60	82	80	38	14,2			
63	87	83	38	14,2			
65	85	85	36	16	d≥	d≤	Tolerans
68	92	90	36	16	6	12	L± 0,5 mm
70	92	92	44	16	14	18	L± 1 mm
73	92	93	44	16	20	25	L± 1,5 mm
75	99	97	44	16	28	80	L± 2 mm

Çap değerleri 16-75 mm aralığında 0-12 bar basınç aralığında, çevresel hız 15 m/sn, sıcaklık değerleri -20°C ile 200°C arasında çalışabilecek döner elemanı karbon malzemeden, sabit elemanı seramik malzemeden yapılmış olan, elastomer olarak EPDM malzeme kullanılmış bir mekanik salmastraya ait teknik resimler ölçü değerleri ve montaj toleransları şekil 3.10' da ve çizelge 3.3' de gösterilmektedir.

Mekanik salmastralar dinamik ekipmanlarda mil veya mil burcu boğazındaki akışkan sızıntılarının engellenmesi için kullanılan sızdırmazlık elemanı olmakla beraber yabancı akışkan veya parçacıkların ortama girmesini ve yataklara sızarak yağ kaybını önler. Mekanik salmastralar su damlatmadan çalışırlar ve bu nedenden dolayı ayrıca bir enerji kaybı yaratmazlar. Kullanılan kendinden ayarlı yaylı tip mekanik salmastralarda, işletme süresince ayrıca bir ayar yapmak gerekmemektedir. Mekanik salmastraların normal çalışma şartlarında 1,5-2 veya azami 3 yıl kadar bir işletim ömrü vardır. Akışkanın kirliliği, katkılar aşırı sıcaklık ve kuru çalışma gibi faktörler bu süreyi önemli ölçüde kısaltmaktadır. Mekanik salmastralar az sızdırmazlık, uzun ömür, ekonomik minimum yüzey gereksinimi, düşük güç harcanımı, az ısı üretimi sebebiyle tercih edilmektedir. Akışkanın cinsine, sıcaklığına, basıncına ve pompa milinin dönüş yönüne bağlı olarak değişik tipte mekanik salmastralar dizayn edilirler. Şekil 3.11' de Mekanik salmastranın çalışma prensibi açıklanmaktadır.



Şekil 3.11 Mekanik salmastra kesit resmi

1.Döner Yüzey 2.Dinamik O-Ring 3. Sabit Yüzey 4.Statik O-Ring 5.Yay 6.Tahrik Kovanıdır

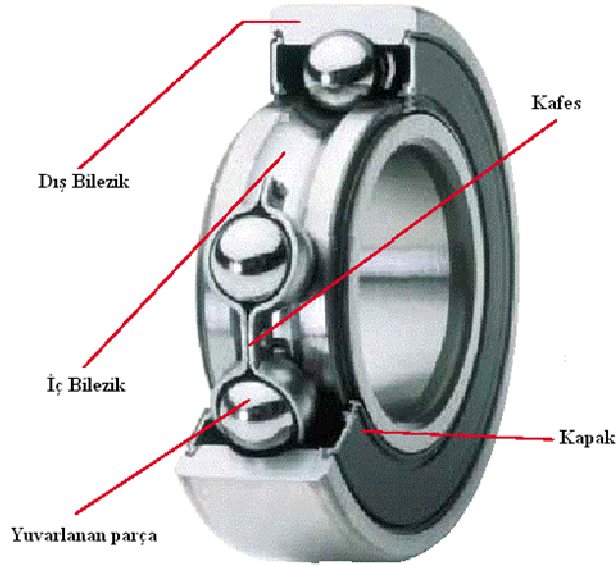
Döner eleman ve mil beraber dönmekte olup yay ile baskı altında tutulmak koşulu ile sabit eleman parçaya belli bir kuvvet ile basmaktadır. Sabit eleman yatağa o-ring ile oturmuştur. Sabit eleman ve statik O-Ring, dış ortam ile temasta olduğundan atmosfer tarafı olarak da adlandırılabilir. Dinamik O-Ring ve yay döner eleman ile mil devrinde dönmektedir. Döner eleman ve sabit eleman yüzeyleri hassas olarak leplenmiştir. Döner eleman mil ile beraber döndüğünden milde oluşumu kaçınılmaz olan bazı hareketleri kompanse etmesi için radyal ve aksiyal flexibiliteler O-Ring ve yay vasıtası ile sağlanır. Basınçlı akışkan pompanın çalışması esnasında ürün tarafından atmosfer tarafına doğru kaçmaya çalışacaktır. Mil üzerindeki sızıntı dinamik O-Ring ile engellenir, yuvadan sabit eleman dışına sızmaya çalışan akışkan statik O-Ring ile dengelenecektir. Akışkanın sızmaya çalışacağı son sızıntı yolu olarak döner eleman ve sabit eleman parçalarının sürtünme yüzeyi kalmıştır. Bu yüzeyler çok hassas leplenir. Bu yüzden basınçlı akışkan bu yüzeyler arasında yalnızca yağlayıcı bir film tabakası oluşturur. Her ne kadar bu yüzeylerin temasta olduğundan bahsediliyorsa da aslında bu yüzeyler arasında bir sıvı film vardır. Bu film yağlayıcı görevini üstlenmektedir. Mekanik salmastralar hiçbir zamana kuru olarak çalışmazlar. Yayın görevi pompanın durması esnasında döner ve sabit elemanın temas hallerini devam ettirmektir. Çalışma durumunda bu temas basıncı basınçlı akışkan tarafından sağlanmaktadır.

En genel olarak mekanik salmastralar içten montaj ve dıştan montaj olarak ikiye ayrılırlar. Çok özel uygulamalar dışında mekanik salmastralar içten montajlı olarak dizayn edilirler. Genelde pompalardaki akışkan basıncı atmosfer basıncından yüksek olduğundan sabit elemanın açılması söz konusu olmaz ve bu nedenle çalışma emniyeti iyidir. Paslandırıcı ve aşındırıcı etkisi yüksek olan akışkanlarda, hiçbir metal parçanın pompalanan akışkan ile temas etmesine izin verilmez. Bu akışkanlar için dıştan montaj mekanik salmastralar kullanılır. Bu dizaynda akışkanın yüzeyler ile teması minimuma indirilmiştir. Bu uygulamalarda genellikle korozyona dayanıklı seramik (alüminyum oksit) ve PTFE (politetra fluoretilen) körükler kullanılır.

3.2.5 Yataklar

Pompa milinin yatak içerisinde kalan kısmına muylu denir. Muyluları çevreleyerek destekleyen ve dönebilmelerini sağlayan makine elemanlarıdır yataklar. Makine gücünün veriminin artması ve çalışma düzgünlüğünün üzerinde yatakların etkisi büyüktür. Yataklar çalışma sırasındaki olaya göre iki gruba ayrılabilir. Kaymalı yataklar ve rulmanlı (yuvarlanmalı) yataklar. Çalışma sırasında yatağın herhangi bir yeri hareket etmiyor ve muylu yatak içerisinde sürtünerek dönme hareketi yapıyor ise böyle yataklara kaymalı yataklar denir. Kaymalı yataklarda enine ve boyuna kaymalı yataklar olmak üzere ikiye ayrılır. Santrifüj pompalarda nadir olarak kullanılan yatak tipleridir.

Muylunun dönmesi için muylu ile yatağın hareketsiz kısmı arasına yuvarlanan parçalar yerleştirilmiş olan yataklar rulmanlı (yuvarlanmalı) yataklar olarak nitelendirilir. Pompalarda en çok kullanılan yataklar rulmanlı yataklardır. İç bilezik, yuvarlanan parçalar, kafes, dış bilezik, yatak kutusu rulmanlı yatakların ortak kısımlarıdır.



Şekil 3.12 Tek sıra sabit bilyalı rulmanın

İç bilezik çelikten yapılır, sertleştirilir ve taşlanır. Bileziğin muyluyla dönebilmesi için muyluya sıkıca geçirilir veya sıkıştırma kovanları ile tespit edilir. Muyluya sıkıca geçirilecek rulmanlı yatakların iç bilezikleri silindirikdir. Sıkıştırma kovanı kullanılan rulmanlı yatakların iç bilezikteki delikleri ise konik olarak yapılır, iç bilezikteki delikleri ise konik olarak yapılır.

Yuvarlanan parçalar yatak için sürtünme direncini azaltmak amacı ile kullanılan iç bilezik ile dış bilezik arasındaki parçalardır. Bu parçalara rulman dendiğinden bu tür yataklara da rulmanlı yataklar adı verilir. Rulmanlar muylu dönerken kendi ekseninde ve iç bileziğin çevresinde yuvarlanma hareketi yaparlar. Rulmanlı yatakların adlandırılması rulmanın biçimine göre olur.

Kafes kullanılmaz ise rulmanlar birbirine değeri. Muylu dönünce rulmanları harekete geçirir ve rulmanların birbirine değeri kısmındaki dönme yönleri ters olduğu için kısa zamanda birbirini aşındırırlar, kafes rulmanları eşit aralıkta tuttuğu için birbirini aşındırmasını önler ve rulmanların aynı değerde yüklenmesini sağlar. Kafes rulmanlarla sürekli olarak sürtüneceği ve aşınmanın rulmanlar yerine kafeste olması istendiği için kafesler yumuşak gereçlerden yapılır.

Dış bilezik çelikten yapılır ve sertleştirilir, taşlanır. Dış bileziğin yatak kutusuna veya makine gövdesine sıkıca geçmesi, veya özel bir konstrüksiyon ile alandan sıkılarak dönmesi önlenir.

Yatak blokları yatağın kullanma yerine göre hazırlanır ve değişik yapılarda olur. Yatağa yabancı maddelerin girmesini önler. Yatağı taşır ve tespit edilmesine yarar. İki parçalı, yekpare, iki delikli flanşlı, dört delikli flanşlı, üç delikli flanşlı, kızak bağlantılı olmak üzere çeşitli yatak blokları vardır. Santrifüj pompalarda en genel kullanılan iki parçalı yatak bloğudur.

3.2.5.1 Rulmanların Sınıflandırılması

1. Taşıdığı yüklere göre , radyal, aksenel ve kombine olarak sınıflandırılır.

- Radyal yataklar aksenine dikey olarak zorlanan muyluları desteklemekte kullanılır. Radyal yataklar rulmanlarına göre tiplere ayrılır.

Sabit bilyalı yataklarda iç bilezik ve dış bilezikte yuvalar mevcut olup rulmanlar bu yuvalara oturmaktadır. Bu yatakların bir tarafı veya iki tarafı kapaklı olarak yapılabilir. Kapaklar, yatağa konan yağ tuttuğu gibi rulmanlar arasına yabancı ve zararlı maddelerin girmesini önler. Santrifüj pompalarda en çok kullanılan yatak tipi olup Şekil 3.12' de gösterilmektedir.

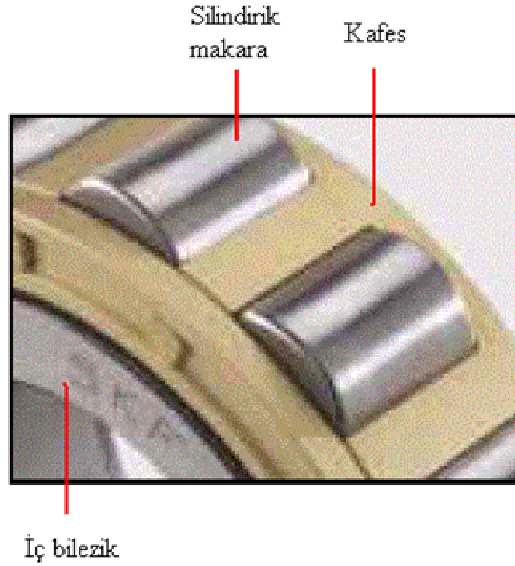
Oynak bilyalı yataklarda iç bilezik kafes bilyalar ile birlikte yatak merkezi etrafında yana doğru yatabilir. Bu yatakların bu özelliği çok önemlidir. Yatak yuva eksenlerinin eğik olduğu yani mil akseni ile çakışmadığı hallerde bu kusuru kendiliğinden ayarlar. Fazla yükten dolayı mil eğildiğinde milin hareketini takip eder. Dönme esnasında bu yüzden fazla bir sürtünme kaybı meydana gelmez .

Omuzlu yatakların sabit bilyalı yataklardan farkı dış bileziğin bir tarafının açık oluşudur. Yük taşıma gücü azdır.

Eğik bilyalı yataklar tek yönde ve çok büyük aksenal yükleri taşır. Karşılıklı takılarak daima çift olarak kullanılır.

Silindirik makaralı yataklarda rulmanlar küçük silindirlerdir. Bu silindirler ya dış bileziğin veya iç bileziğin faturaları tarafından sevk edilirler. Silindirik makaralı yataklar ağır radyal yükleri taşırlar. Uygun sürtme şartları dolayısı ile yüksek dönüş hızlarında kullanılır.

Oynak makaralı yataklar oynak bilyalı yatağın özelliğine sahiptir. Makara (fıçı) biçimindeki rulmanların yuvalara daha fazla temas etmelerinden dolayı oynak bilyalı yataklardan çok daha fazla yük kaldırırılar. Bu yataklar en ağır yükleri karşılamaya en elverişli rulmanlı yataklardır.



Şekil 3.13 Makaralı rulman iç yapısı

Konik makaralı yataklar radyal kuvvetleri karşılamaktan başka eksen yönünde (tek taraflı olmak üzere) önemli aksenal kuvvetleri de karşılar.

- Aksenal yataklar aksenal yönden gelen kuvvetleri karşılarlar. Bunlar radyal yük taşımazlar.

Aksenal sabit bilyalı yatakların bir sıra bilyası vardır. Bilyalar muhafazalı bir kafeste bulunmakta ve iki kafes arasında dönmektedir. Bu bileziklerin biri mile diğeri ise gövdeye geçirilir.

Eksenel oynak makaralı yatakların diğer eksenel yataklardan üstünlüğü radyal kuvvetleri de karşılayacak durumda olmalarıdır. Bu yatakların taşıma gücü de oldukça yüksektir.

Kombine yataklar, radyal ve iki taraflı eksenel yükü taşıyan yataklardır. Sabit bilyalı rulmanlar kombine yatak sınıfına da girmektedir.

2. Rulmanlar yuvarlanma elemanlarına göre; bilyalı, makaralı, iğneli olarak sınıflandırılır.

• Bilyalı rulmanlar: Temas noktasaldır.

Tek sıra sabit bilyalı rulmanlar : 6000, 16000, 60000 serisi

Çift sıra sabit bilyalı rulmanlar : 4200, 4300 serisi

Tek sıra eğik bilyalı rulmanlar : 7200, 7300 serisi

Çift sıra eğik bilyalı rulmanlar : 3200, 3300 serisi

Oynak bilyalı rulmanlar : 12, 13, 22, 23 serisi

Eksenel sabit bilyalı rulmanlar (tek yönlü) : 51000, 53000 serisi

Eksenel sabit bilyalı rulmanlar (çift yönlü) : 52000, 54000 serisi

Fener mili rulmanlar : 71000 serisi

Dört nokta rulmanlar : QJ200, QJ300 serisi

Tespit bilezikli rulmanlar : 162, 362B, 562,

• Makaralı Rulmanlar: Temas yüzeyseldir.

Tek sıra silindirik makaralı rulmanlar : NU, NUP, N, NJ serisi

Çift sıra silindirik makaralı rulmanlar : NN, NNU,

Silindirik makaralı rulmanlar(tek,çift sıra,sık dizi) : NNF, NCF, NNC, NJ serisi

Konik makaralı rulmanlar : 30000 serisi

Tek sıra oynak makaralı rulmanlar : 20000 serisi

Çift sıra oynak makaralı rulmanlar : 21000, 22000, 23000, 24000 serisi

Eksenel silindirik makaralı rulmanlar : 81000, 811, 812/500

Eksenel oynak makaralı rulmanlar : 29000, 292, 294/500 serisi

- İğneli rulmanlar : Temas yüzeyseldir.

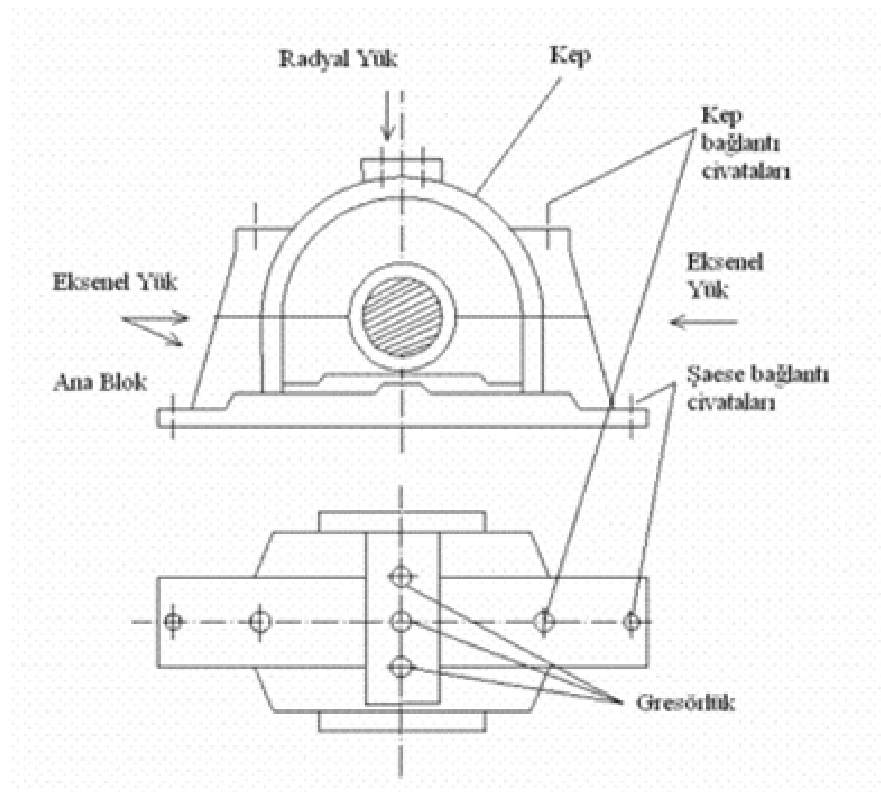
Tek ve çift sıralı rulmanlar : NK, RNA, NKS, NA, NKI serisi

3. Ebatlarına göre küçük tip, orta tip, büyük tip rulmanlar olarak adlandırılır.

Küçük tip rulmanlar 1-80 mm iç çapına, orta tip rulmanlar 80-200 mm iç çapına ve büyük tip rulmanlar 200mm den büyük iç çapa sahiptir.

Santrifüj pompalarda en yaygın olarak kullanılan yataklar, tek sıra oynak bilyalı, çift sıra eğik bilyalı ve tek sıra eğik bilyalı rulmanlarda, özel durumlarda çift sıra oynak makaralı rulmanlarda tercih edilir.

Rulmanlı yataklar iki parçalı, yekpare gövdeli, iki delikli flanşlı yatak bloğu, dört delikli flanşlı, üç delikli flanşlı, kızak bağlantılı olmak üzere çeşitli tip yatak blokları içerisine yerleştirilmektedir. Santrifüj pompalarda en çok kullanılan yatak bloğu iki parçalı yatak bloklarıdır. Şekil 3.14' de gösterilmektedir.



Şekil 3.14 İki Parçalı Yatak Bloğu

3.2.5.2 Rulmanlı Yataklarda Yatak Boşluğu ve Geçmeler

Genel olarak yataklarda bilya ile bilezikler arasında fazlaca bir boşluk bırakılmıştır. İç bileziği mile sıkı olarak taktığımızda bilezik şişer. Dış bilezikte yatak yuvasına sıkı olarak takıldığı zaman biraz sıkışır ve bırakılan boşluk küçüldüğünden geriye bilyaların bilezikler arasında yuvarlanmasına en uygun olan hesaplanmış bulunan bir boşluk kalır. Şayet rulmanlı yatakların toleranslarına uyulmaz ve çok daha bir sıkı geçme kullanılırsa bilya ile bilezikler arasındaki boşluk sifira iner ve bilya sıkışır. Bu yüzden gerek bilyalar gerekse bilezik ve yatak yüzeyleri bozulur. Yatak gürültü yapmaya başlar, salgı artar ve bozulur. Daha gevşek bir geçmenin de seçilmesi zararlıdır. O zaman milin iç bilezik içinde ve dış bileziğinde yatak yuvası içinde dönmesi mümkündür. Toleranslara uygun olarak yapılan geçmelerde yatak boşluğunun normal olarak verilebilmesi için muylunun iç bilezikten büyüklüğü ve yatak yuvası çapının dış bilezikten küçüklüğü çoğunlukla 0,005 mm ile 0,045 mm olarak yapılmalıdır. Bu miktar üzerine işletme şartları, yatağın tipi gibi faktörler etki eder. Her rulmanlı yatak aynı hassasiyette yani aynı derecede boşluklu olarak yapılmaz. Rulmanlı yatak yapan firmalar yatak miktarını sembol ile belirlerler. C₁, C₂, C₃, C₄ rulmanlarını kullanır. Rakam değeri büyüdükçe boşluk miktarı artar.

3.2.5.3 Yatakların Montajı

Yatakların randımanlı çalışması ve zamanından önce bozulmaması için takma işleminin doğru ve temiz olması şarttır. Takma işlemi temiz bir yerde yapılmalı ve uygun takım seçilmelidir. Mevcut bir pres var ise preste montaj yapılabilir. Presle iç bilezik arasına kapak veya temiz bir boru parçası konulmalıdır. Büyük yataklar önceden yağ banyosu içinde ısıtılırsa kolayca monte edilir. Isıtma işlemi 120 °C' den fazla olmamalıdır. Bir yatak açıkta asla ısıtılmamalıdır. Sıcak yatağın tutulması için temiz eldiven veya bez kullanılmalıdır, yatak soğuyana kadar dayanma yüzeyi ince kuvvetle bastırılmalıdır. Bu şekilde milin faturasına yatağın dayanması sağlanır.

Yuva içine sıkı geçmelerde, yatak oturma yüzeyi hafifçe yağlanarak boru parçası yardımı ile yatak takılır bu gibi durumlarda boru parçası dış bileziğe dayatılmalı ve kuvvet dış bileziğe uygulanmalıdır..

Silindirik makaralı yataklarda yatağın iki bileziği birbirinden ayrı olduğu için önce serbest bilezik takılır. Bunun yüzeyi hafifçe yağlandıktan sonra makaraları taşıyan bilezik takılır. Bu esnada mil veya yuva hafifçe döndürülmeli tutukluk olmamasına dikkat edilmelidir.

Konik makaralı yataklarda montaja dış bileziğin takılması ile başlanır, bunun için bir borudan faydalanılır. Sonra iç bilezikler takılır. Mil somunu yerine vidalanır ve bir yandan da kasnak veya mil döndürülür. Hafif frenlenene kadar sıkılır. Bundan sonra mil kolay dönünceye kadar somun gevşetilir. Mil somunu emniyete alınır.

Konik delikli yataklarda iç bilezik manşon üzerine sıkı geçme olarak takılır. Manşonu sökerken işaretlenen yere kadar sürülür. Manşon yarığına bir tornavida takılarak esnetilmek suretiyle işlem kolayca yapılır. Yatak yerine takılmadan delik yüzeyindeki koruyucu madde temizlenir. Yatak manşon üzerine sürüldükten sonra somun sıkılır.

3.2.6 Kaplin ve Millerin Eksenel Ayarı

Bir santrifüj pompanın kaplin ve mil eksenel ayarında en önemli iki etken titreşim ve balanssızlıktır. Titreşime neden olan arızalar; balanssızlık, eksenel ayarsızlık, mekanik gevşeklik, rulman arızası, yağlama hatasından kaynaklanan arızalar, elektrik kökenli arızalar olabilir. Balanssızlık nedenleri ise hatalı montaj, malzeme aşınması, kırılan ya da düşen parçalar, malzemenin dökümü esnasındaki görülemeyen noktalarda oluşan boşluk ya da boşluklar, kama ile kama yolunun uyumsuzluğu, çevresel takılı olan civata, somun gibi nesnelereki ağırlık farklılıkları, bakım esnasındaki yeni parçaların ilave edilmesidir. Aynı eksen üzerindeki millerin birbirleri ile sıkı, oynak, veya çözülür kapanır şekilde birleştirmek ve dolayısı ile güç ve hareket iletmek kaplinlerin değeridir. Ölçüleri genellikle mil çaplarına göre standardize edilmişlerdir. Kaplin bağlantılarında kaplinin her iki yanına birer yatak yerleştirilmelidir. Kaplinleri yataklardan uzağa yerleştirmek hatalıdır. Kaplinler çalışma şartlarına uygun olarak çeşitli tipte yapılırlar. Genel olarak şu şekilde gruplara ayrılırlar:

1. Sabit kaplinler motor ve pompa milini birbirine sabit olarak bağlayan kaplinlerdir. Bu tip kaplinler iyi ayarlandıklarında arıza yapma ihtimalleri çok düşüktür. Bu kaplinlerin en büyük avantajı civata veya kaplin kesmedikçe bozulmamalarıdır. Dezavantajı ise son derece hassas bir ayar gerektirmeleridir. İki mil birbirine sabit olarak bağlandıklarından dolayı eksen kaçıklıkları kesinlikle kabul edilmez.

2. Dişli kaplinler dörde ayrılır.

- Fast's ve ara parçalı fast's kaplinler yüksek devirde güç iletimi için uygundur. Bu tip kaplinler yük miktarı ve devir sayısına göre uygun seçilmişlerse kırılma ve sıyırılma problemi olmaz. Yapısal özellikleri dolayısı ile küçük açısız eksenel ayarsızlıkları dengeleyebildiklerinden, yatak bozma ve mil kesme hadiseleri çok az görülür. Verilen

toleranslar dahilinde kaplin ayarı yapıldığında ve dengeleme kurallarına uygun bağlandııklarında vibrasyonlu çalışmaz ve ses yapmazlar. Uygun ve sağlam cıvata kullanılıp yağlama yapıldığında ve yukarıda belirtilen hususlar yerine getirildiğinde uzun bir süre arıza vermeden güç iletimini sürdürebilirler.

- Plastik zarflı kaplinler çoğunlukla hidrolik pompa-motor kaplinlerinde kullanılır. Plastik zarf makinaların mekanik olarak aşırı yüklenmelerini önlediğinden, çelik malzemedan imal edilmiş olan kaplin yarıları genellikle hasarlanmazlar.
- Zincirli kaplinler her devirde kullanılabilir. Ancak yüksek güçlere dayanıklı değildirler. Özellikle darbeli kalkışlar için uygun değildirler.
- Yaylı kaplinlerde yarıları arasında bağlantı çelik bir yay ile sağlanır. Bu yay vasıtası ile gelen titreşim ve darbe tesirleri azalır.
- Elastomerli kaplinler sürekli dönmeyen ve nispeten düşük oranda güç ileten makine millerini birbirine bağlamada kullanılırlar. Üç ağızlı ve çok ağızlı, silindirik, yekpare elastomerli, periflex kaplinler olmak üzere dört çeşittir.
- Hidrolik kaplinler sert kalkıştan dolayı meydana gelen darbelerin sistem üzerindeki olumsuzluklarını ortadan kaldırmak üzere kullanılırlar. Bu kaplinler hareketi yavaş ve sarsıntısız olarak içlerine doldurulmuş olan yağ vasıtası ile iletirler.

3.2.6.1 Kaplinlerin Mile Takılıp Sökülmesi

Santrifüj pompalarda Kaplinlerin millere takılıp sökülmesinde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Kaplinler, çapına ve taşıyacağı yüke uygun standartta bir kama ile mile montajı yapılmalıdır.
- Kaplin yarıları genellikle mile çakılarak monte edilir, ancak yarı kaplinden önce kaplin kepi mile takılır, daha sonra yumuşak bir malzemedan yapılmış bir tokmak vasıtası ile kama merkezletilir, uygun tipte bir gres yağı sürüldükten sonra yerli kaplin mile takılmalıdır.
- Şayet kaplin belirli bir sıklık nedeniyle normal çakma yöntemi ile mile takılamıyor ise ısıtma işlemi uygulanır. Bu ısıtma işlemi şaloma ile değil, uygun bir yağ kabındaki yağ ile homojen olarak gerçekleştirilmelidir. Kaplinler mile ortam sıcaklığı dahil maksimum 180 °C ısıtılarak çakılır. Kaplin çapı küçüldükçe aynı oranda ısıtma derecesi de düşer. Örneğin 100 mm iç çapındaki bir kaplin, ortalama 125 °C ısıtılarak mile çakılır.

- Kaplinlerin çakılıp sökülmesi esnasında yataklardaki mevcut rulman, kapak gibi elemanların tasarlanmaması için tedbir alınmalıdır.
- Kaplinlerin takılması işleminde genel olarak fiziki yapılarına zarar verebilecek her türlü davranıştan kaçınılmalıdır.

3.2.6.2 Kaplin İç Çapı İle Mil Arasında Boşluk Sıkılık Durumu

Genel olarak kaplinlerin mile montajı esnasında mil ile kaplin arasındaki sıkılık durumu, çalışma şartlarına ve boyutlarına uygun olarak tolerans cetvellerinden tespit edilir. Bazen malzeme cinsi yanı sıra boyutları da dikkate alınmadan 0,05 mm sıkılık toleransı belirtilir. Bunun sonucunda da olumsuz hadiseler yaşanır. Özellikle sıcak çalışma ortamlarında yüke göre sıkılık az geldiğinde mil yuvaya tutulamaz, ve tüm yük kamaya biner. Özellikle hareketin iki yönlü sağ sol olduğu durumlarda kama ve çalıştığı yuvalar bozulur. Bazı kaplinlerin malzemesi mil malzemesinden farklı olmakta ve bunun sonucunda da genişleme katsayısı farklılığından dolayı, kaplin mile ya aşırı sıkılıkta ya da boşluklu geçmektedir. Çap farkları açısından da dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Küçük çaplı miller küçük yükleri, büyük çaplı miller de büyük yükleri taşıdıklarından dolayı bu miller üzerinde çalışan kaplinlere mil çapı yazılıp uygun ölçüye göre toleransı konur. Mil çapı daima tam değer olarak düşünülür.

3.2.6.3 Eksenel Ayar Metodları

Kaplinlerde genel olarak merkezlemeye çok önem verilmelidir. Merkezlemeden maksat kaplinlerin birbirine bağlanacağı iki milin eksenlerinin üst üste çakışmasının sağlanmasıdır. Sıkı kaplinlerde merkezleme iyi olmaz ise veya hiç yapılmaz ise mil eksenlerinin üst üste düşmesi sağlanamaz. Böylece miller düzgün çalışmaz. Bunun sonucu olarak kenar sürtünmelerinden dolayı yatak muyluları kısa zamanda bozulurlar. Kaplin ayarları kaba olarak sentille, hassas olarak kompratörlerle yapılırlar.

Kaplinlerdeki muhtemel ayarsızlık durumları Şekil 3.16, 3.17, 3.18, 3.19'da gösterilmektedir.

1. Milin doğrusallık kontrolü: Eğrilmiş bir mil, kaplin ve yataklarda aşırı derecede aşınmaya neden olur. Bir milin doğrusallık kontrolü en iyi biçimde atelye şartlarında ve mil makinadan söküldükten sonra yapılabilir. Doğrusallık kontrolünden önce mil üzerindeki çapak ve darbe görmüş yerler eğe ve zımpara ile temizlenmeli, ayrıca yağ ve kir silinmelidir.

2.Kaplin dikliğinin kontrolü: Kaplin parçalarının mile olan diklik kontrolleri ayrı ayrı

yapılmalıdır. Bu kontrol kompratör saati ile yapılır. Kaplin alın yüzüne tebeşir ile 90°C ara işareti ile işaret konulur. Mil el ile döndürülür. Kompratörün dört noktada gösterdiği değerler not edilir. Kompratör saatinin gösterdiği değerler sıfırdan farklı ise, kaplin hatalı monte edilmiş olabilir, mil kendi ekseninde geriye doğru yatak boşluğu kadar hareket etmektedir. Mil eğrilmiş olabilir, yataklar aşınmış olabilir, kaplin deforme olmuş olabilir.

3. Ayarlanacak ekipman ekseninin sabit ekipman eksenine paralel olabilmesi için gerekli şim kalınlığı hesabı Şekil 3.15'te gösterilmektedir.

A: Kaplin yarımları arası üst ölçü (mm)

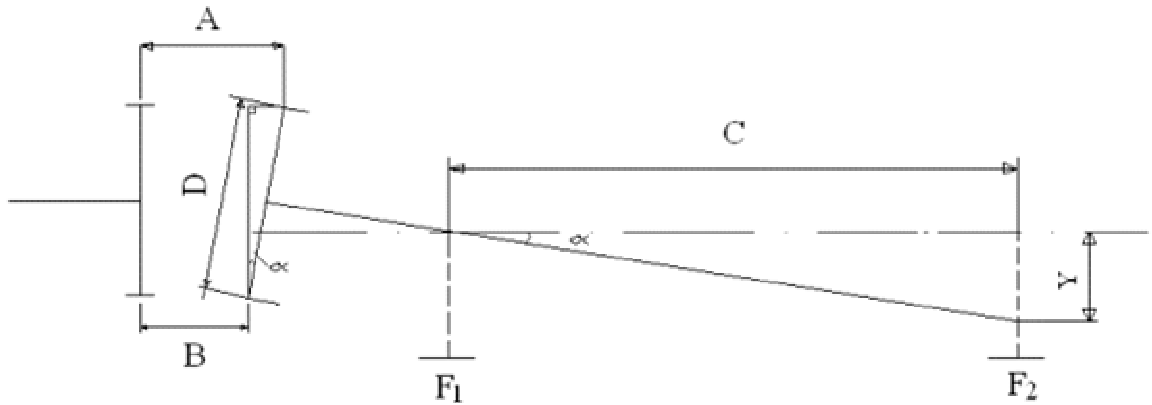
B: Kaplin yarımları arası alt ölçü (mm)

C: Pompanın şaseye bağlantı civatalarının eksenleri arası mesafe (mm)

D: Ayarlanmak istenen mile bağlı kaplin yarısının çapı (mm)

Y: Gerekli şim kalınlığı

X: Kaplin yarım aralıkları arasındaki alt-üst fark



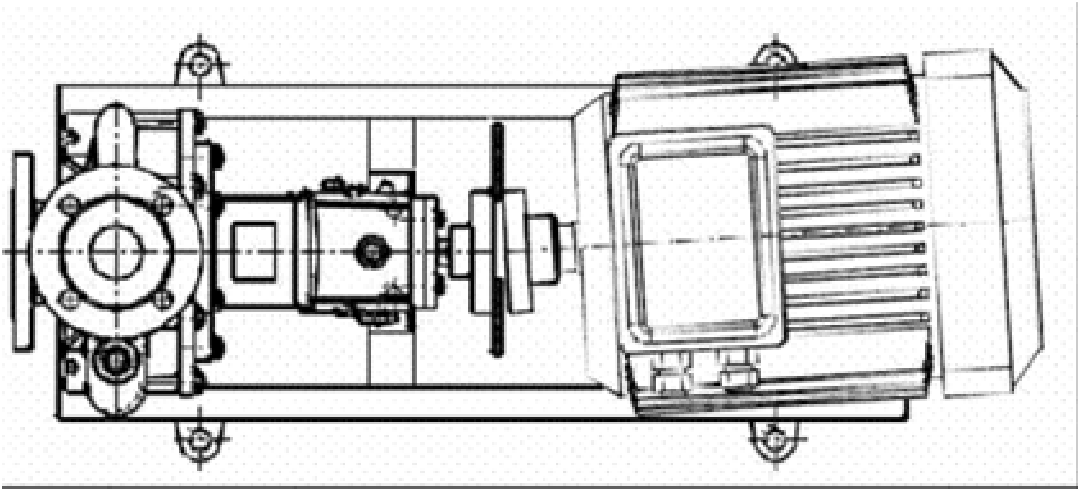
Şekil 3.15 Şim hesabı

$A > B$ ise $X = A - B$ dır. Şim F_2' ye konur

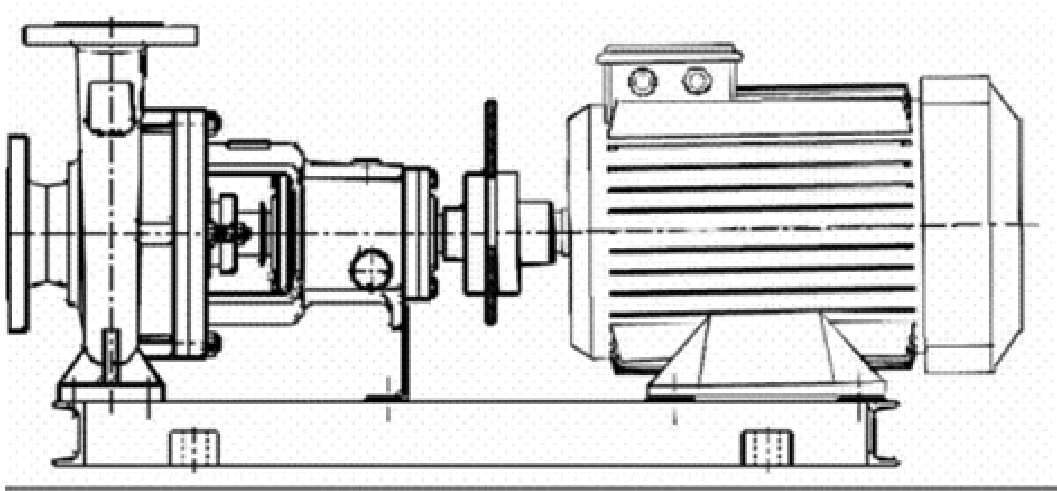
$B > A$ ise $X = B - A$ dır. Şim F_1' e konulur.

$\sin\alpha = X/D$ buradan α bulunur.

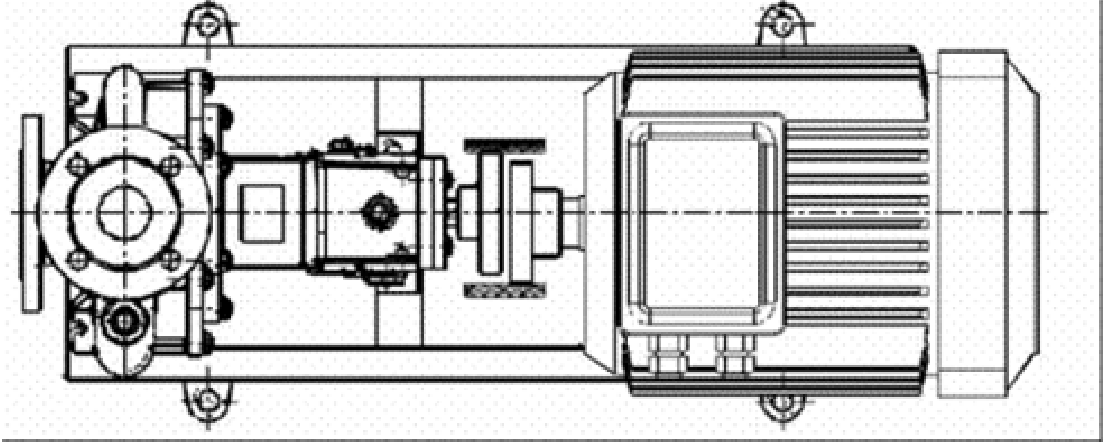
$Y = C \cdot \tan\alpha$ teorik şim kalınlığı formülüdür. Şayet $X/D \leq 0,0872$ ise $Y = C \cdot X/D$ alınabilir.



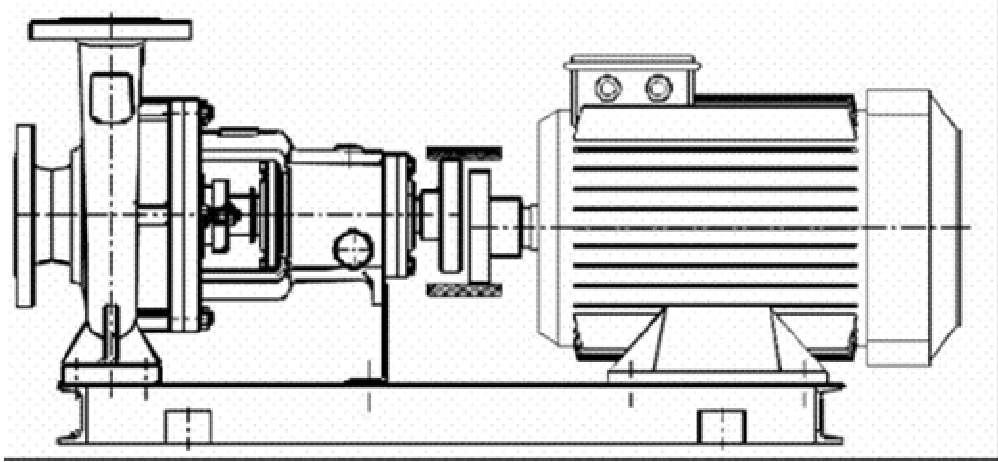
Şekil 3.16 Yatay düzlemde açısai hata



Şekil 3.17 Düşey düzlemde açısai hata



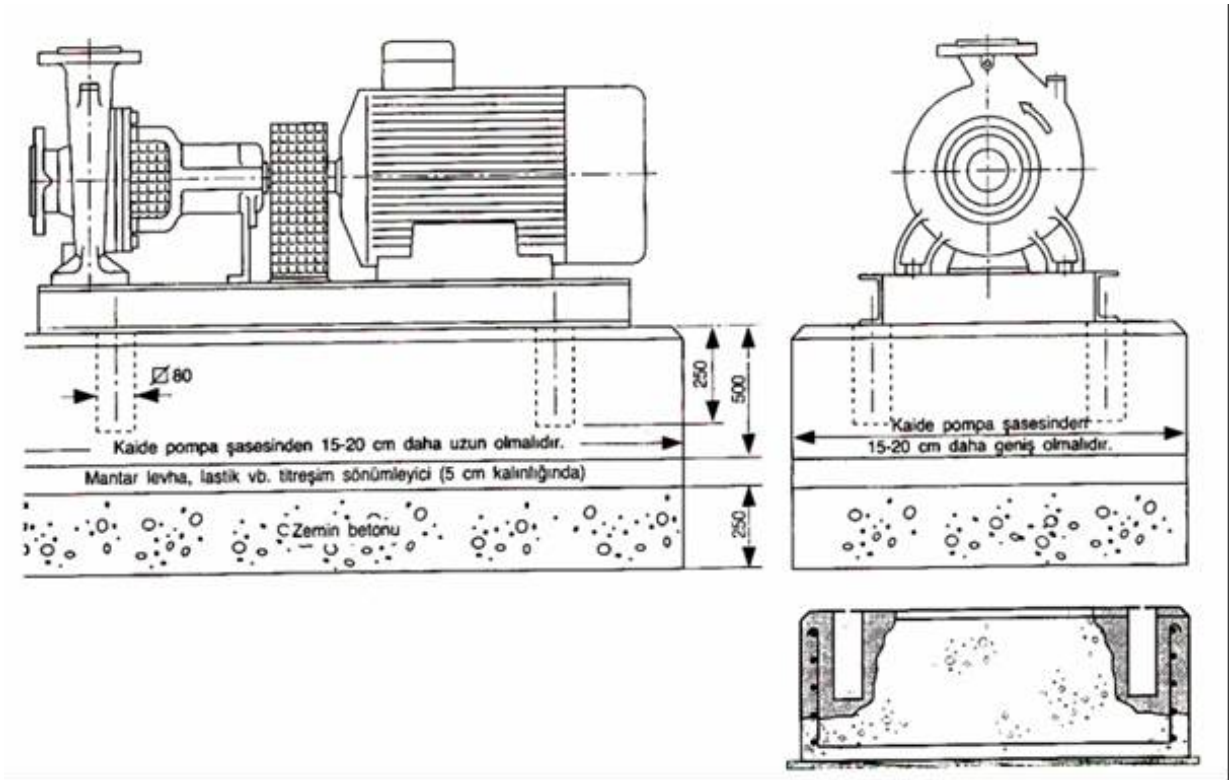
Şekil 3.18 Yatay düzlemde paralel kayma hatası



Şekil 3.19 Düşey düzlemde paralel kayma hatası

3.2.7 Santrifüj Pompaların Kaidesi

Şaseli santrifüj pompaların gürültüsüz çalışabilmesi için pompa kaidesinin doğru planlanması ve inşası son derece önemli bir faktördür. Doğru yapılmış bir kaideye, pompa şasesinin sağlam bir şekilde bağlanması ve her pompa için ayrı bir kaide öngörülmesi, mümkün olduğunca sessiz ve titreşimsiz bir işletim için tavsiye edilmektedir. Titreşimin binaya aktarılmasına engel olmak için, kaide betonunun bina yapısından esnek bir izolatör ile ayrılması gerekmektedir. Kaide betonunun dökülmesi esnasında mekanik bağlantı sağlayarak ses köprüleri oluşmasına neden olabilecek harç akıntısı, çakıl, tuğla parçası, inşaat artıkları vb. malzemelerin bina ile kaide betonu arasında bulunmamasına dikkat edilmelidir. Pompanın boru bağlantılarının pompa gövdesine yük bindirmeyecek şekilde monte edilmesine dikkat edilmelidir. Emme ve basma borularının pompa flanşlarına yakın bölgelerden kelepçeler ile desteklenmesi tavsiye edilir. Pompa şasesinin üzerine yerleştirileceği beton kaidenin yapılmasında dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır :



Şekil 3.20 Santrifüj pompanın şase üzerine montajı

- Kaide kalıbının en altına önce 15-25 cm kalınlığında küçük çakıl taşlarından oluşmuş temel

çakılı serilmelidir.

- Kalıbın içine Ø 12 mm' lik inşaat demiri çubuklarından yapılmış stabilizasyon kafesi işlenmelidir.
- Kalıbın içine, özellikle ankraj saplamalarının içine yerleştirileceği beheri 250-300 mm uzunluğunda ve Ø 80 mm boyutunda 4 veya 6 adet erkek kalıplar öngörülmalıdır.
- Beton iyice donduktan sonra ankraj kalıpları sökülmalıdır.
- Bir ucu çatal yapılmış korozyona dayanıklı ankraj civataları pompa şasesinin delik ölçülerine uygun olarak ankraj deliklerinin içine yerleştirilmeli ve deliklere beton şerbeti dökülerek dondurulmalıdır.

3.2.8 Santrifüj Pompa Ana Elemanlarının Değerlendirilmesi

Çizelge 3.4 'te işletme karakteristiklerine göre pompa malzemeleri ve kullanım alanları gösterilmektedir.

Çizelge 3.4 Pompa ana elemanlarının malzeme ve kullanım alanları

Pompa Ana Elemanları	Malzeme	Kullanım Alanları
Çark	GGG30-40(Sferro Döküm)	Temiz su, saf su, atık su, tufallı su
	GG 20-25 (Pik Döküm)	Temiz su, saf su, atık su, tufallı su
	GS 20-25 (Çelik Döküm)	Temiz su, saf su, atık su, tufallı su
	AISI 304-316 (Paslanmaz Çelik)	Asit, derişik çözeltiler, deniz suyu
	Bronz	Temiz su, saf su, atık su, tufallı su
Mil	Ç 1040-1050	Temiz su, saf su, atık su, tufallı su
	AISI 304-316 (Paslanmaz Çelik)	Asit, derişik çözeltiler, deniz suyu
Gövde	GG 20-25 (Pik Döküm)	Temiz su, saf su, atık su, tufallı su
	GS 20-25 (Çelik Döküm)	Temiz su, saf su, atık su, tufallı su
	AISI 304-316 (Paslanmaz Çelik)	Asit, derişik çözeltiler, deniz suyu
Yumuşak Salmastralar	Kösele, kauçuk, kendir	30 °C sıcaklığa kadar asitsiz ve kumsuz su
	Teflon, asbest(amyant), grafit	30 °C sıcaklığın üzerinde asitsiz ve kumsuz su
	kombine,metalik	Yüksek sıcaklıkta asitsiz ve kumsuz su
Mekanik Salmastralar	EPDM, PTFE, Seramik	Temiz su, saf su, atık su, tufallı su, değerli akışkanlar

4. SANTRİFÜJ POMPANIN TEMEL BÜYÜKLÜKLERİNİN HESABI

4.1 Pompa Tipinin Saptanması

Genel olarak santrifüj pompalarda özgül hız arttıkça çark radyal halden aksenal hale döner. Özgül hıza göre santrifüj pompaların sınıflandırılması aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.1 Pompa tipi

Tip	n_s
Tam Santrifüj Pompalar	60-150 dev/dak
Heliko Santrifüj Pompalar	150-400 dev/dak
Yarı Aksenal Santrifüj Pompalar	400-700 dev/dak
Aksenal Santrifüj Pompalar	700-1000 dev/dak

Özgül hıza göre pompa tayini için

$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \frac{Q^{1/2}}{H_m^{3/4}} \quad (4.1)$$

Yukarıdaki formülde n (dev/dak), Q (m^3/sn), H_m (m) olarak alındığı takdirde n_s (dev/dak) olarak bulunacaktır.

Bazı teknik literatürde, özgül model pompa, $Q^*=1m^3/sn$, $H_m=1mss$ değeriyle tarif edilmiştir. Bu pompanın devir sayısı n_{sq} ile gösterilmektedir.

$$n_{sq} = \frac{n \cdot Q^{1/2}}{H_m^{3/4}} \quad \text{olduğundan}$$

$N_s = 3,65 \cdot n_{sq}$ bağıntısı yazılabilir. Eğer özgül hız değeri çok küçük ise pompa kademeli olarak, çok büyük ise çift girişli olarak tasarlanabilir.

4.2 Pompa Mil Gücünün Hesabı

Pompa mili ileteceği moment, devir sayısı ve malzeme özelliğine göre tayin edilir ve boyutlandırılır.

$$N_e = \frac{\nu \cdot Q_0 \cdot H_m}{\eta_g \cdot 75} \text{ (H.P)} \quad \eta_g = \text{genel pompa verimi (Ek 1)} \quad (4.2)$$

ε emniyet katsayısı olmak üzere

$$N_{ef} = \varepsilon \cdot N_e \quad (4.3)$$

ve

$$N_e < 4 \text{ kW} \quad \text{için} \quad \varepsilon = 1,2-1,3$$

$$4 < N_e < 20 \text{ kW} \quad \text{için} \quad \varepsilon = 1,1-1,2$$

$$N_e > 20 \text{ kW} \quad \text{için} \quad \varepsilon = 1,05-1,1$$

$$M = 716,2 \cdot \frac{N_{ef}}{n} \text{ (kg.cm)} \quad (4.4)$$

$$d_{mil} = \sqrt{\frac{16M}{\pi \cdot \tau}} \text{ (cm)} \quad (4.5)$$

Yukarıdaki formülde N_e (B.G), n (dev/dak), d_{mil} = (cm) olarak bulunur.

5. POMPA ORGANLARININ HESABI

5.1 Pompa Çarkı Giriş Boyutları

Çark pompanın en önemli organıdır. Hesaplama ve imalat safhasında büyük özen gösterilmelidir. Hesaplama esnasında izlenecek yolda önce pompanın emme ağzından itibaren, çarkın giriş ağzının boyutlar ve kanat giriş açısının hesaplanması gerekir.

D_e = Emme borusu çapı

D_o = Çark giriş ağzı çapı

D_1 = Emme borusu çapı

b_1 = Çark giriş genişliği

β_1 = Kanat giriş açısı

$$D_e = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V_e}} \quad (\text{m}) \quad (5.1)$$

Bu formülde $Q(\text{m}^3/\text{sn})$, emme borusundaki hız ve V_e ise (m/sn) dir. V_e için (Ek 2) den debi ve devir sayısına bağlı olarak bir değer okunur.

$$C_0 = \frac{4Q_t}{(D_o^2 - d_g^2)\pi} \quad (5.2)$$

$$Q_T: \text{Çarkın içinden geçen } = Q/\eta_k \text{ ya da ilk yaklaşıkla } Q_T = (1,05-1,1) \times Q \quad (5.3)$$

olarak alınabilir.

$$D_g = \text{göbek çapı} = 1,5 d_{\text{mil}} \text{ olarak alınabilir.} \quad (5.4)$$

D_1 ; çark giriş ortalama çapına ait kesitteki C_1 mutlak hızı C_0 hızına göre bir miktar artırılır.

$$C_1 = 1,1 C_0 \quad (5.5)$$

Bu hız arttırmanın sebebi kanatlardan dolayı kesitte oluşacak küçülmeden kaynaklanır. Kesit daraldığında hız 1.05-1.1 oranında bir artış gösterir.

Optimum çalışma için giriş hız üçgeninde $\alpha_1 = 90^\circ$ alındığında çarka girişteki C_1 mutlak hızının C_{m1} meridyen hızına eşit alınması gerekir.

$$\alpha_1 = 90^\circ \text{ için } C_1 = C_{m1} \quad (5.6)$$

D_1 çark giriş kanadı ortalama çapı; D_o çapından biraz küçük seçilerek boyutlandırılır.

Schulz katsayısı $\sigma_s=0,90\sim 0,95$ olmak üzere

$$D_1 = \sigma_s \cdot D_o \quad \text{alınır.} \quad (5.7)$$

D_{1d} ; kanat giriş kenarının çark üst kapağına değme noktası D_{11} ; kanat giriş kenarının çark alt kapağına değme noktası olmak üzere

$$D_{1d} = D_o + (2\sim 4) \quad (\text{mm}) \quad (5.8)$$

$$D_{11} = 2D_1 - D_{1d} \quad (\text{mm}) \quad (5.9)$$

β_1 kanat girişindeki akışkana ait giriş açısı; optimum çalışma noktasında C_{u1} giriş dönel hızının sıfır olduğu kabulüyle; kolayca hesaplanabilir.

$$\alpha_1 = 90^\circ \quad C_{u1} = 0 \quad C_1 = C_{m1}$$

$$U_1 = \pi \cdot D_1 \cdot n / 60 \quad (\text{m/sn}) \quad (5.10)$$

$$\text{tg}\beta_1 = C_{m1} / U_1 \quad (5.11)$$

Kanat giriş açısının 10° ile 20° arasında kalması uygundur. Kaviteasyon bakımından en uygun açı 17° olmakla beraber kanat uzunluğunun büyük ve kanat kanalları arasındaki koniklik bakımından en uygun açı 12° 'dir.

Bu açının diğer bir yönden kontrolü yapılmak istenirse aşağıdaki yol izlenir.

$$U_{11} = \pi \cdot D_1 \cdot n / 60 \quad ; \quad U_{1d} = \pi \cdot D_{1d} \cdot n / 60 \quad (5.12)$$

$$\text{tg}\beta_{11} = C_{m1} / U_{11} \quad ; \quad \text{tg}\beta_{1d} = C_{m1} / U_{1d} \quad (5.13)$$

Silindirik kanat imali için

$(\beta_{11} - \beta_{1d}) < 6$ olmasına dikkat edilmelidir.

Kaskat kanat etkilerinden dolayı akışkanın çarka girebilmesi için β_1 açısı (δ) kadar büyütülmelidir. ($1^\circ \sim 3^\circ$) Çark giriş genişliği olan b_1 ; kanat sayısı ve kanat sayısı ve kanat giriş kalınlığı henüz hesaplanmadığından yaklaşık olarak bulunur. Daralma katsayısı λ' nın gerçek değeri bulunduktan sonra b_1 gerçek değeri de bulunur. λ_1 ilk yaklaşık $0,6 \sim 0,7$ arasında alınır.

$$b_1 = Q_T / \pi \cdot D_1 \cdot \lambda \cdot C_{m1} \quad (5.14)$$

5.2 Çarkın Çıkış Koşulları ve Boyutlarının Hesaplanması

Kanat çıkış hız üçgenlerinin oluşma teorisinden bilindiği üzere sonsuz ince ve sonsuz kanat sayısındaki çıkış teorik hız üçgeni ile akışkana ait gerçek hız üçgenlerinin saptanması ve gerekli boyutların hesaplanması gerekir. Önce D_2 çark çıkış çapı bulunmalıdır.

$$H_m = \psi \cdot U_2^2 / 2g \quad (5.15)$$

Burada U_2 çıkış çevresel hızı olup (m/sn) 'dir.

ψ : Basınç katsayısı Ek 3' den n_s ' ye bağlı olarak okunur. D_2 çapı U_2 'nin yardımıyla

$$U_2 = \pi \cdot D_2 \cdot n / 60 \text{ formülünden çekilir.} \quad (5.16)$$

Ayrıca (Ek 4)'den özgül hıza bağlı olarak bir k_{u2} bulunur.

$$U_2 = k_{u2} \sqrt{2 \cdot g \cdot H_m} \quad (5.17)$$

Formülünden yeni bir U_2 ve dolayısıyla yeni bir D_2 elde edilir. Bulunan D_2 arasında büyük olan normlara uygun hale getirilerek kullanılır. Bu norm çapa uygun yeni bir U_2 hesaplanmalıdır.

Büyük çap alınmasının nedeni yapılacak olan kontrol ve deneylerden sonra küçültülebilmemesinin mümkün olmasıdır.

D_2 çapı bulunduktan sonra D_2 / D_1 oranı sınır değerleri için (Ek 3)'den özgül hıza bağlı olarak kontrol edilmelidir.

C_{m2} çıkış meridyen hızı; ilk yaklaşık C_{m1} 'e eşit veya biraz küçük alınabilir. Ayrıca (Ek4)'den k_{cm2} değeri özgül hıza bağlı olarak okunur.

$$C_{m2} = k_{cm2} \sqrt{2 \cdot g \cdot H_m} \quad (5.18)$$

Formülünden de C_{m2} hesaplanabilir.

C_{u2} teğetsel hız bileşeni, akışkanın çarkı terk ederken teğet doğrultusu ile yaptığı β_2 açısının ve dolayısı ile kanat çıkış açısı olan β_{2k} açısının saptanması için bilinmesi gereken bir büyüklüktür.

Euler denkleminde $\alpha_1 = 90^\circ$ için

$$C_{u2} = g \cdot H_m / U_2 \cdot \eta_h \quad (m/sn) \quad (5.19)$$

η_h = hidrolik verimi tablolardan η_s 'e bağılı olarak okunur. Böylece kaskat kanat halinde akışkana ait gerçek hız üçgeninde β_2 gerçek çıkış açısı formülü

$$tgB_2 = \frac{C_{m2}}{U_2 - C_{u2}} \text{ olarak yazılabilir.} \quad (5.20)$$

Ancak kaskat kanat etkisi nedeniyle, konstrüktif kanat açısı olan β_{2k} açısı hesaplanan β_2 açısından daha büyük olmalıdır.

Yani eğer akışkanın çarkı β_2 açısı ile terk etmesini istiyorsak sapma da göz önüne alınarak β_{2k} kanat açısını β_2 ' den büyük seçmek zorundayız.

$\beta_{2k} = \beta_{2\infty}$ açısının saptanabilmesi için $C_{u2\infty}$ teorik teğetsel hız bileşeninin bilinmesine ihtiyaç vardır.

$$tgB_{2k} = \frac{C_{m2}}{U_2 - C_{u2\infty}} \quad (5.21)$$

Teorik ve gerçek teğetsel bileşenleri arasında $C_{u2\infty} = K.C_{u2}$ bağıntısı vardır. (5.22)

Burada K, sapma katsayısı şuna eşittir.

$$K = 1 + \frac{1,6(1 + \sin \beta_{2k})}{Z} \frac{1}{1 - \left(\frac{D_1}{D^2}\right)^2} \quad (5.23)$$

Eğer $D_1/D_2 = 0,5$ olursa

$$K = 1 + \frac{1,6(1 + \sin \beta_{2k})}{Z} \text{ şekline dönüşür.} \quad (5.24)$$

Z: kanat sayısıdır ve,

$$Z = 6,5 \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \cdot \sin\left(\frac{\beta_{1k} + \beta_{2k}}{2}\right) \text{ olarak formüle edilmiştir.} \quad (5.25)$$

Yukarıdaki formüllerden anlaşılacağı üzere $C_{u2\infty}$ değerini hesaplayabilmek için β_{2k} açısının bilinmesine ihtiyaç vardır. Diğer taraftan β_{2k} açısı da ancak $C_{u2\infty}$ değeri bilindikten sonra saptanabilir. Burada uygulanması gereken yöntem iterasyon yardımıyla, bir β_{2k} değeri seçilip işlemlerden sonra bulunan β_{2k} ile karşılaştırılmasıdır. Eğer yapılacak işlemleri maddeleştirirsek:

- $\beta_{2k} < 30$ olmak kaydıyla ($28^0 \sim 30^0$), β_{2k} açısı kanat açısı seçilir.
- (30) nolu formül yardımıyla Z kanat sayısı hesaplanır.
- (29) nolu formül yardımıyla K sapma katsayısı hesaplanır.
- (27) nolu formülden $C_{u2\infty}$ bulunur.
- Bulunan değerlerin (5.21) nolu formülde yerine konmasıyla β_{2k} kanat açısı bulunur. Bulunan ve seçilen β_{2k} açıları karşılaştırır. $2^0 \sim 3^0$ arasında çıkan farklar önemsizdir.

Ortalama bir değer alınarak β_{2k} saptanır.

Çark çıkış genişliği b_2 ' nin bulunması için süreklilik denklemi çark çıkışı için yazılırsa,

$$Q_T = \pi \cdot D_2 \cdot b_2 \lambda_2 C_{m2} \quad (5.26)$$

Buradan

$$b_2 = \frac{Q_T}{\pi \cdot D_2 \cdot \lambda_2 \cdot C_{m2}} \quad (5.27)$$

Yukarıdaki formülde λ_2 çark çıkışında kanat kalınlığından dolayı çıkış kesitinin daralmasını karakterize eder. Daralma katsayısı adını alır.

Artık kanat sayısı ve giriş çıkış kanat açıları bilindiği için λ_1 ve λ_2 daralma katsayılarının gerçek değeri bulunabilir.

$$\lambda_2 = \text{Net çıkış kesidi} / \text{Kanatsız çıkış kesidi} = 1 - \frac{Ze_2}{\pi \cdot D_2 \sin \beta_{2k}} \quad (5.28)$$

$$\lambda_1 = 1 - \frac{Ze_1}{\pi \cdot D_1 \sin \beta_{1k}} \quad (5.29)$$

Kanat kalınlığı e_2 ;

Font çark için 4-8 mm

Dökme çelik, bronz hafif alaşımlı çark için 3-6 mm olarak alınır.

Ayrıca pompa büyüklüğüne bağlı olarak λ_2 daralma katsayısı 0,75 ile 0,98 arasında değişir.

Hesaplamalarda $e_2 = 5 \text{ mm}$ olarak alınacaktır.

(5.29) nolu formülden elde edilen yeni λ_1 değeri (5.14) no'lu formülde yerine konularak gerçek b_1 değeri bulunacaktır.

Böylece çarkın çizimi ve imali için gerekli büyüklükler hesaplanır. Çark çiziminde ilk olarak meridyen kısmın çizimi yapılır. Tam santrifüj pompalarda akışın çark girişinde aksenal, çıkışında ise radyal yönde olması gerekir. Çark çizimi ve çark kanatlarının çizimi ilerde yapılacaktır.

5.3 Minimum Kanat Yüzeyinin Saptanması $(ZL)_{\min}$ Kontrolü

Hesaplanan Z kanat sayısı ve L kanat uzunluğu çarpımının minimum bir değeri vardır. Kovat's metoduna göre is kaskat kanat etkisi de gözönüne alınarak, $b=1$ kabulüyle çark kanatlarının toplam yüzeyi bulunur.

Hesaplanan ve çizimde gerçek ölçü kabul edilecek olan gerçek $(Z.L)$ değeri; Kovat's metodu ile hesaplanan $(Z.L)_{\min}$ değerinden büyük olmalıdır. Teorik anlatıma girilmeden direkt formülize edilirse

$$(Z.L)_{\min} = \frac{2\pi.D_2.C_{u2}}{1,5W_{\infty}(\mathfrak{Z}_p^1 / \mathfrak{Z}_p)} \text{ bağıntısı yazılır.} \quad (5.30)$$

W_{∞} değeri giriş-çıkış bağıl hızlarının vektörel ortalaması olup

$$W_{\infty} = \frac{U_1 + U_2 - C_{y2}}{2 \cdot \cos \beta_{\infty}} \text{ şeklinde yazılabilir.} \quad (5.31)$$

$$\text{Burada } \text{tg} \beta_{\infty} = \frac{2C_{m2}}{U_1 + U_2 - C_{u2}} \text{ dir.} \quad (5.32)$$

$$\beta_m = \frac{\beta_{1k} + \beta_{2k}}{2} \quad (5.33)$$

$$C = \frac{D_2 - D_1}{2 \sin \beta_m} \quad (5.34)$$

$$\frac{t}{L} = \frac{\pi(D_1 \div D_2)}{2ZL} \quad (5.35)$$

Tüm yukarıdaki bağıntılar sırasıyla hesaplandıktan sonra (Ek 5) yardımıyla ve $t/L, \beta_m$ 'e bağlı

olarak (ξ_p^1/ξ) değeri okunur. Elde edilen sonuçların hepsi (5.30) nolu denklemde yerine konur.

Gerçek boyutları=Z.L dir.

$(Z.L) > (Z.L)_{\min}$ kontrolü yapılmalıdır. Bu kontrolün temel sebebi; işletme karakteristiklerinin ve özellikle manometrik yüksekliğin sağlanabilmesidir.

5.4 Difüzörün Gerekli Olup Olmadığının Kontrolü

Akışkana ait hız üçgeninden

$$tg\alpha_2=Cm^2/Cu^2 \text{ ise ve } \alpha_2 > 10^0 \text{ ise difüzöre gerek yoktur.} \quad (5.36)$$

5.5 Salyangoz Hesabı

Salyangoz hesabında ilk adım salyangoz eşit dilimlere bölünür; ve Q debisinin çevre boyunca eşit miktarda salyangoza girdiği kabul edilir. Örneğin salyangoz 6 kesite bölünürse 6. kesitten debinin tamamının geçtiği kabul edilir.

D_3 salyangoz giriş çapı; çark çapından 2-4 mm büyük alınır. Çıkış borusunun konikliği en fazla 7^0-10^0 seçilir. Başlangıç ağzının çapı ise pratikte $d_f < (0,2\sim 0,3).D_3$ seçilmelidir. Salyangoz dilinin D_3 çaplı daireye uzaklığı,

$$e = D_3/60 \text{ alınabilir.} \quad (5.37)$$

$$\text{Alanlar Sabitesi (A)} = C_{u2} \cdot (D_2/2) \text{ ve} \quad (5.38)$$

$$A_{\pi r_x^2} - Q_x (R_3 + t) \quad (5.39)$$

Bağıntısı her kesit için uygulanır ve r_x ' ler bulunursa böldüğümüz kesit sayısı kadar çap elde etmiş oluruz. Koniklik açısının 10^0 ' den küçük olması kontrolü ile salyangoz çıkışı flanşı arasındaki uzaklık tespit edilir.

5.6 Çark Karşı Görünüşü ve Kanat Çizimi

5.6.1 Tek Daire Metodu ile Kanat Çizimi

Küçük çaplı çarklar örneğin $D_2 \leq 100$ mm; için kullanışlı bir metottur. D_1 ve D_2 çaplı daireler çizilir. D_1 çaplı daire üzerinde herhangi bir K noktası seçilir. OK ile $\beta_{2k} + \beta_1$ açısını yapan doğrunun D_2 çaplı daireyi kestiği A noktası kanat başlangıç noktası olur (Ek 13).

$OBN = \beta_{2k}$ olacak şekilde BN çizilirse G noktası ile bu iki nokta AB doğrusunun orta dikmesi ile kesim noktasıdır; kanat daire yayının merkezi olur. Böylece kanat çizilmiş olur.

5.6.2 Çift Daire Metoduna Göre Kanat Çizimi

D_1 ve D_2 çaplı daireler çizilir. D_1 çaplı daire $t = \pi d/z$ yardımıyla birbirini izleyen kanalların giriş noktaları A_1, A_2, \dots saptanır. o merkezli ve $d = D_1 \sin \beta_1$ çaplı daire çizilir. A_1 noktasından d çaplı daireye A_1, J_1 A_2 den A_2, J_2 teğetleri çizilir. A_2' den itibaren e kenar kalınlığı ve $\alpha = \pi d/z$ kadar alınarak F noktası bulunur. FA' nın orta dikmesi ile A_1, J_1 teğetinin kesim noktası M_1 merkezli ve A_1F' den geçen daire yayı çizilirse kanat iç yüzeyine ait kısım belirlenir. Kanat kalınlığı e dışa doğru verilerek çizim tamamlanır (Ek 14).

5.6.3 Nokta Nokta Kanat Çizimi

Gerçekte kanat çizimi en uygun yol kanat girişi β_1 açısı ile çıkış β_{2k} açısına kadar kanat boyunca nokta nokta β açılarının değerlerini saptamak ve kanadı bu açılara uygun şekilde yerleştirmektir. Bu metod yüksek özgül hızlı ve yarı aksenel pompalarda da rahatlıkla uygulanabilir. Ancak yüksek özgül hızlı pompalarda gerçek açıları bulmak için çok zaman konik açılımlar söz konusu olur. Ancak santrifüj pompalarda kanat girişindeki açılar gerçek değerinden biraz farklı ise de kanadın büyük bir kısmında gerçek açı ile izdüşümü büyük bir hata yapmaksızın aynı kabul edilebilir.

Bu metotta yapılacak ilk işlem kanat boyunca hız üçgenlerini çizmek ve β açılarının değerlerini girişten çıkışa saptamaktır. Çizim ayrıntıları ile (Ek 15)' te gösterilmiştir.

6. SANTRİFÜJ POMPA İŞLETME KARAKTERİSTİKLERİ

Bu bölümde; çalışma koşullarının, tasarlanan pompanın karakteristik büyüklükleri üzerinde oluşturacağı etkiler incelenecektir.

Bu tarz özellikler proje hesaplarında çok büyük bir değişiklik meydana getirmez. Sadece pompanın şeklinin belirlenmesinde önemli rol oynar.

6.1 Emme Derinliği ve Kaviteasyon

Pompalarda emme derinliği önemli özelliklerdendir. İşletme karakteristikleri ile birlikte ön şart koşulur. Kaviteasyon olayı ise bu emme derinliğini sınırlayan en büyük etkidir. Sadece emme derinliğini sınırlamakla kalmaz; gürültü ve titreşim gibi yan etkilere bunlara bağlı olarak da malzeme aşınması nedeniyle pompa ömrünün kısılmasına yol açar. Bu nedenle kaviteasyona izin verilmemelidir. Özgül hız arttıkça, kaviteasyona karşı olan hassasiyet de artar. Bunun yanı sıra pompa devir sayısı da kaviteasyon olayında etkilidir. Örneğin aynı debi ve manometrik yüksekliği sağlayan iki pompadan düşük devirde çalışanı kaviteasyonsuz çalışabilirken, yüksek devirde çalışanda kaviteasyon olayı görülür. Akışkanın sıcaklığı kaviteasyon oluşumunda diğer bir faktördür. Sıcaklık arttıkça kaviteasyon riski yükselmektedir. Bu durum akışkanın buharlaşma basıncı ile ilgilidir. Akışkanın buharlaşmaması için gerekli olan asgari basınç akışkanın sıcaklığı ile birlikte artmaktadır.



Şekil 6.1 Kaviteasyona uğramış pompa fanları

Çizelge 6.1 Sıcaklık-basınç

Suyun sıcaklığı(t)	20 ⁰	40 ⁰	60 ⁰	80 ⁰	100 ⁰
Buharlaşma basıncı(H _v)	0,283	0,738	1,99	4,74	10,13

Çizelge 6.2 Yükseklik-basınç

Yükseklik (m)	Ortalama atmosfer basıncı				
	N/m2	Bar	Mbar	mm Hg	Kgf/cm2
0	101300	1,013	1013	760	1,033
500	95300	0,953	953	715	0,973
1000	89700	0,897	897	673	0,916
2000	79600	0,796	796	597	0,81

Pompanın kavitasyonsuz çalışabilmesi için

$$\sigma_{\text{mevut}} > \sigma_{\text{kritik}} \text{ olmaktadır.} \quad (6.1)$$

$$\sigma_{\text{mevut}} = \frac{H_a - H_s - H_v - H_{ke}}{H_m} \quad (6.2)$$

Yukarıdaki formülde

H_a = Pompanın deniz seviyesinden çalışma yüksekliğine bağlı olarak Çizelge 6.1' den (mss)

H_v = Su sıcaklığına bağlı olarak suyun buharlaşma basıncı Çizelge 6.2' den (mss)

σ_{kritik} = kavitasyon faktörü özgül hız değerine bağlı olarak Ek 6 ' dan bulunurlar.

$$\sigma_{\text{mevut}} = 1,1 \sigma_{\text{kritik}} \quad (6.3)$$

$$H_{ke} = \left(\lambda \frac{L_e}{D_e} + K_s + K_d \right) \frac{V_e^2}{2g} \quad (6.4)$$

Yukarıda (6.4) nolu formülde

K_s = çekvalf ve süzgeç kayıp katsayısı (Ek 8)

K_d = Dirsek kaybı katsayısı (Ek 8)

V_e = emiş hızı (Ek 5)

λ = Sürekli yük kayıp katsayısı; Moody diyagramından Re ve (K/D) pürüzlülük oranına bağlı olarak bulunur.

σ_{kr} hesabı için hem(Ek 6) kullanılabilir, hem de Wislicenus, Watson ve Karassik gibi araştırmacıların elde ettiği, santrifüj pompalarının deneysel sonuçlarına dayanan aşağıdaki formüller kullanılabilir.

Tek girişli santrifüj pompalar için ;

$$\sigma_{kr} = 2.14 \cdot 10^{-4} n_s^{4/3} \quad (6.5)$$

Çift girişli santrifüj pompalar için ;

$$\sigma_{kr} = 1,84 \cdot 10^{-4} n_s^{4/3} \quad (6.6)$$

Bu değerle kritik kavitezyon faktörü olarak kabul edilebilirler. Tablodan okunan değeri ise 1.05 ile 1.1 emniyet payları ile kullanmakta fayda vardır. Tüm bu değerler yerine yazıldığında H_{smax} değeri bulunacaktır.

6.2 Emmedeki Net Pozitif Yük Değeri (ENPY)

Pompa seçiminde ve pompanın emiş şartlarının belirlenerek yerleşim planının yerleşim yapılmasında önemle dikkate alınması gereken bir husus da, pompanın performans eğrilerinin alt kısımlarında gösterilen NPSH karakteristiğidir. Bu değerler, gaz ve hava kabarcıklarından arınmış temiz su için geçerlidir. Net pozitif emme basıncı diye isimlendirilen NPSH değeri bir pompanın öngörülen işletme değerinde kavitezyonsuz ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için pompanın emiş ağzında varolması gereken asgari nominal su basıncını ifade etmektedir. Verilmiş bir pompa tesisatı için geçerli ENPY değeri aşağıdaki bağıntıyla bulunur.

$$ENPY = H_a - H_{smax} - H_v - H_{ke} \quad (6.7)$$

Eğer (Ek 7) yardımıyla bir ENPY değeri bulunursa yeni bir H_{smax} değeri de elde edilmiş olur. Böylece bir önceki bölümde bulunan H_{smax} değeri ile emniyet açısından karşılaştırılabilir.

6.3 Toplam Kayıplar ve Geometrik Yükseklik

Toplam kayıp ve geometrik yükseklik hesabı da, aynı emme derinliği ve kavitasyon hesabında olduğu gibi belirli bir tesisat göz önüne alınarak yapılır.

$$H_{kb} = \left(\lambda \cdot \frac{L_b}{D_b} + K_d + K_v + K_a \right) \cdot \frac{V_b^2}{2g} \quad (6.8)$$

Bu formülde L_b basma borusu uzunluğu, D_b ise basma borusu çapıdır.

Toplam kayıplar.

$$H_{kt} = H_{kb} + H_{ke} \quad (6.9)$$

Eğer basma deposuna akan suyun enerjisi de göz önüne alınırsa

$$\Sigma H_{kt} = H_{kt} + V_0^2/2g \text{ (mss) olarak bulunur.} \quad (6.10)$$

Şu halde geometrik yükseklik

$$H_g = H_m - \Sigma H_{kt} \text{ (m) bulunur.} \quad (6.11)$$

6.4 Kritik Hız Hesabı

Kritik hız hesabında; pompanın normal çalışma devriyle kritik devir arasındaki farka bağlı olarak pompanın mili için tehlikeli bir durum oluşup oluşmadığı incelenecektir.

Hesabı yapılan pompa tipine uygun yataklama biçimi Ek 9' dan seçilecektir. Tek kademeli, salyangozlu tam santrifüj pompalarda genellikle milin bir ucunda çark diğer ucunda kasnak sistemi bulunur. Yataklama işlemi 2 rulman vasıtası ile yapılır. Kritik hız hesabı için, çarkın P ağırlığı silindirik parçalardan oluşmuş gibi düşünülerek hesaplanmalıdır.

İlk önce çarka ait silindirik parçaların hacimleri dm^3 cinsinden hesaplanır. Daha sonra Z kanat sayısı yardımıyla toplam kanat hacmi bulunacaktır.

Bulunan toplam hacimden çark ağırlığına geçilebilir.

Tasarlanan pompa tek kademeli, salyangozlu tam santrifüj tipte olduğundan Ek 9' dan sehim formülü için;

$$Y_0 = \frac{p(L_1 + L_2)L_1^2}{3EI} \text{ (cm) okunur.} \quad (6.12)$$

Yukarıdaki formülde L_1 ve L_2 yataklama mesafeleridir. Eğer hesapların sonucunda kritik hız pompa normal devrine yakın çıkarsa L_1 ve L_2 mesafeleri değiştirilir.

$$N_n = 300 / \sqrt{Y_0} \text{ (dev/dak) olarak tanımlanır.} \quad (6.13)$$

7. İSTENİLEN ÖZELLİKLERDE POMPA İMALİ İÇİN HESAPLAMALAR

7.1 Pompa Tipinin Saptanması

Pompa aşağıdaki değerlere uygun olarak tasarlanacaktır.

$$n=1450 \text{ dev/dak.}$$

$$Q=80 \text{ lt/sn} = 0,08 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$H_m=40 \text{ m}$$

Pompa tipi için (4.1) nolu formülden

$$n_s=3,65 \cdot 1450 \cdot \frac{0,08^{1/2}}{40^{3/4}} = 94,12 \text{ (dev/dak)}$$

Pompa tam santrifüj, tek kademeli ve tek girişli.

7.2 Pompa Mil Gücü Hesabı

Pompa genel verimi =0,82 (Ek 1)

Verime ait emniyet payı=%5

$$(\text{Verim}) \eta_g=0,78$$

$$\text{Mil gücü} = \frac{10^3 \cdot 0,08 \cdot 40}{75 \cdot 0,78} = 54,7 \text{ (BG)}$$

Mil gücü > 20 kW olduğundan $\varepsilon=1,1$ alınır.

$$N_e=1,1 \cdot 54,7 = 60,2 \text{ (B.G)} = 44,925 \text{ (kW)}$$

Pompa mili için ortalama bir kayma gerilmesi değeri alırsak C1040 için τ ,120 kg/cm² olarak (4.5) nolu formülden bulunur.

$$D_{\text{mil}}=14,4 \sqrt[3]{\frac{60,2}{1450}} = 4,98 \text{ cm}$$

Standart mil çapı $d_m=50 \text{ mm}$

Göbek çapı $d_g=1,5d_m=1,5 \cdot 50=75 \text{ mm}$

7.3 Pompa Organlarının Hesabı

7.3.1 Pompa Çark Giriş Boyutları

$n=1450(\text{dev/dak})$; $Q=80(\text{lt/sn})$ için $V_e=3,4(\text{m/sn})$ (Ek 2)

$$(5.1) \text{ nolu formülden } D_e = \sqrt{\frac{4.0,08}{\pi.3,4}} = 0,173 \text{ (m)} = 173 \text{ mm}$$

D_e değeri normlaştırılırsa $D_e=200(\text{mm})$ olur. Buna bağlı olarak $V_e=2,55 \text{ (m/sn)}$ bulunur.

$$D_0 \approx D_e$$

(5.3) nolu formülden $Q_T=1,05.80=84 \text{ (lt/sn)}$

$$(5.2) \text{ nolu formülden } C_0 = \frac{4.0,084}{\pi(0,2^2 - 0,075^2)} = 3,11 \text{ (m/sn) olarak bulunur.}$$

$C_0 \leq 1,2 V_e$ olmalıdır. ($1,2 V_e=3,06 \text{ m/sn}$)

$$3,06 = \frac{4.0,084}{\pi.(D_0^2 - 0,075^2)} \text{ denkleminde } D_0' \text{ i çözersek}$$

$$D_0=0,200 \text{ (m)}$$

$$C_0=3,088 \text{ (m/sn)}$$

(5.5) nolu formülden $C_1=1,1.3,088=3,4 \text{ (m/sn)}$

$$C_1=C_{m1}=3,4 \text{ (m/sn)}$$

(5.7) nolu formülden $D_1=0,93.0,2=0,186 \text{ (m)}$

(5.8) nolu formülden $D_{1d}=200+4=204 \text{ (mm)}$

(5.9) nolu formülden $D_{11}=168 \text{ (mm)}$ olarak bulunur.

Bulunan değerler (5.10) ve (5.11) nolu formüllerde yerlerine yazılırsa

$$U_1 = \pi.0,186.1450 / 60 \text{ (m/sn)}$$

$$\text{tg}\beta_1 = 3,4/14,11=0,24$$

$$\text{Buradan } \beta_1=13^{\circ}30'$$

$$U_{11} = \pi.0,168.1450 / 60=12,75(\text{m/sn})$$

Formül (5.12);

$$U_{1d} = \pi \cdot 0,204 \cdot 1450 / 60 = 15,5 \text{ (m/sn)}$$

$$\text{tg}\beta_{11} = 3,4 / 12,75 = 0,266 \quad , \quad \beta_{11} = 14^{\circ}55'$$

Formül (5.13);

$$\text{tg}\beta_{1d} = 3,4 / 15,5 = 0,266 \quad , \quad \beta_{1d} = 12^{\circ}22'$$

$\beta_{11} - \beta_{1d} = 2,56 < 6$ olduğundan uygundur.

$\beta_{1k} = 13^{\circ}30' + 1^{\circ}30' = 15^{\circ}$ olarak bulunur.

Formül(5.14) ;

$$b_1 = \frac{0,084}{\pi \cdot 0,186 \cdot 0,7 \cdot 3,4} = 0,06 \text{ (m)}$$

7.3.2 Çarkın Çıkış Koşulları ve Boyutlarının Hesaplanması

Ψ (Basınç Katsayısı)=0,98 (Ek 3)

$$U_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 40}{0,98}} = 28,298 \text{ (m/sn)}$$

Formül (5.16);

$$28,298 = \pi \cdot D_2 \cdot 1450 / 60$$

Buradan $D_2 = 0,373 \text{ (m)}$

Kontrol amacıyla

$K_{U2} = 0,98$ (Ek 4)

Formül (5.17);

$$U_2 = 0,98 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 40} = 27,45 \text{ (m/sn)}$$

$$D_2 = \frac{60 \cdot 27,45}{\pi \cdot 1450} = 0,362 \text{ (m)}$$

Büyük D_2 çapı seçilir. Emniyet açısından $D_2 = 380 \text{ (mm)}$ alınır.

$U_2=28,83$ (m/sn) olarak bulunur.

$n_s=94,12$ ve $D_1/D_2=0,489$ için (Ek 3) den kontrol yapılarak emniyet sınırları içerisinde kaldığı tespit edilir.

Formül (5.18);

$$C_{m2}=0,121 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 40} = 3,38 \text{ (m/sn)}$$

(5.19) nolu formülden

$$C_{U2} = \frac{9,81 \cdot 40}{28,83 \cdot 0,86} = 15,82 \text{ (m/sn) olarak hesaplanır.}$$

Bulunan değerler formül (5.20)' e taşınırsa

$$\text{tg} \beta_2 = \frac{3,38}{(28,83 - 15,82)} = 0,26$$

Buradan da $\beta_2=14^{\circ}34'$ olarak bulunur.

β_{2k} , açısının bulunabilmesi için iterasyon yapılması uygundur. (5.21), (5.22), (5.23), (5.24) ve (5.25) nolu formüller kullanılarak, işlemler gerçekleştirilecektir.

a) $\beta_{2k}=30^{\circ}$ seçelim

$$\text{b) } Z=6,5 \frac{380+186}{380-186} \cdot \sin\left(\frac{15+30}{2}\right) = 7,26; Z=8 \text{ kanat}$$

$$\text{c) } K=1 + \frac{1,6(1 + \sin 30)}{8} = 1,3$$

$$\text{d) } C_{U2\infty}=1,3 \cdot 15,82=20,566 \text{ (m/sn)}$$

$$\text{e) } \text{tg} \beta_{2k}=3,38/(28,83-20,566)=0,4; \beta_{2k}=22^{\circ}24'$$

Fark büyük olduğundan yeni bir β_{2k} seçilmesi gerekir.

a) $\beta_{2k}=25^{\circ}$ seçelim.

$$\text{b) } Z=6,5 \frac{380+186}{380-186} \sin\left(\frac{15+25}{2}\right) = 6,5; Z=7 \text{ kanat}$$

$$\text{c) } K=1 + \frac{1,6(1 + \sin 25)}{7} = 1,3$$

$$d) C_{U2\infty}=1,325.15,82=20,96 \text{ (m/sn)}$$

$$e) \text{tg } \beta_{2k}=3,38/(28,83-20,96=0,43 ; \beta_{2k}=23^{\circ}24'$$

Bu durumda $\beta_{2k}=25^{\circ}$ alınabilir. $Z=7$ dir.

(5.28) nolu formül yardımıyla

$$\lambda_2=1-\frac{7,5}{\pi.380.\sin 25} = 0,93 \quad (5.27) \text{ nolu formülde yerine konulursa}$$

$$b_2=\frac{0,084}{\pi.0,380.0,93.3,38} = 0,022(m) = 22 \text{ (mm)}$$

(5.29) nolu formülden

$$\lambda_1=1-\frac{7,5}{\pi.186.\sin 15} = 0,768$$

$$b_1=\frac{0,084}{\pi.0,186.0,768.3,4} = 0,055(m) = 55 \text{ (mm) olarak bulunurlar.}$$

7.3.3 Minimum Kanat Yüzeyinin (ZL)min Kontrolü

Bölüm 5,3'te açıklanan (5.30), (5.31), (5.32), (5.33), (5.34) ve (5.35) nolu formüller kullanılacaktır.

$$\text{tg}\beta_{\infty}=\frac{2,3,38}{14,11+28,83-15,82} = 0,25 \quad \beta_{\infty} = 13,99 \approx 14^{\circ}$$

$$W_{\infty}=\frac{14,11+28,83-15,82}{2 \cos 14} = 13,97 \text{ (m/sn)}$$

$$\beta_m = \frac{15 + 25}{2} = 20^{\circ}$$

$$L=(0,380-0,186)/2.\sin 20=0,284 \text{ (m)}=284(\text{mm})$$

$$t/L=\frac{\pi(0,186+0,38)}{2.7.0,284} = 0,45$$

$t/L=0,45$ ve $\beta_m = 20^{\circ}$ için

$$\xi_p^1 / \xi_p = 1,4 \text{ (Ek 5)}$$

Bulunan bütün değerler (5.30) nolu formülde yerine yazılırsa

$$(ZL)_{\min} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0,380 \cdot 15,82}{1,5 \cdot 13,97 \cdot 1,4} \cdot 1,28$$

Gerçek boyutlarda $ZL = 7,0,284 = 1,988$

$1,988 > 1,28$ olduğundan uygundur.

7.3.4 Difüzörün Gerekli Olup Olmadığının Kontrolü

Bilinen değerler formül (5.36)'da yerine konulursa

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = 3,38 / 15,82 = 0,213, \alpha_2 = 12^{\circ} 3'$$

$\alpha_2 > 10^{\circ}$ olduğundan difüzöre gerek yoktur.

7.3.5 Salyangoz Hesabı

Formül (5.38)'den $A = 15,82 \cdot (0,38/2) = 3 \text{ (m}^2/\text{sn)}$ olarak bulunur.

Salyangoz hesabı 8 kesit için yapılacaktır.

a) 1. Kesit için

$$Q_{x1} = 0,08 / 8 = 0,01 \text{ (m}^3/\text{sn)} \text{ olarak bulunur.}$$

$$\text{Formül (5.39)'dan } 3\pi \cdot r_{x1}^2 - 0,01 r_{x1} = 0,01(0,192 + 0,015)$$

$$9,42 r_{x1}^2 - 0,01 r_{x1} - 0,002 = 0$$

Denklem köklerine ayrılırsa;

$$r_{x1} = 0,015 \text{ (m)} \quad d_1 = 30 \text{ (mm)}$$

b) 2. Kesit için

$$Q_{x2} = 0,02 \text{ (m}^3/\text{sn)} \text{ olarak bulunur.}$$

$$9,42 r_{x2}^2 - 0,02 r_{x2} - 0,004 = 0$$

$$\text{Buradan } r_{x2} = 0,022 \text{ (m)} \quad d_2 = 44 \text{ (mm)}$$

c) 3. Kesit için

$$Q_{x3} = 0,03 \text{ (m}^3/\text{sn)} \text{ olarak bulunur.}$$

$$9,42 r_{x3}^2 - 0,02 r_{x3} - 0,006 = 0$$

Buradan $r_{x3} = 0,028$ (m) $d_3 = 56$ (mm)

d)4.Kesit için

$Q_{x4} = 0,04$ (m³/sn) olarak bulunur.

$$9,42 r_{x4}^2 - 0,02 r_{x4} - 0,008 = 0$$

Buradan $r_{x4} = 0,031$ (m) $d_4 = 62$ (mm)

e)5.Kesit için

$Q_{x5} = 0,05$ (m³/sn) olarak bulunur.

$$9,42 r_{x5}^2 - 0,02 r_{x5} - 0,01 = 0$$

Buradan $r_{x5} = 0,035$ (m) $d_5 = 70$ (mm)

f)6.Kesit için

$Q_{x6} = 0,06$ (m³/sn) olarak bulunur.

$$9,42 r_{x6}^2 - 0,02 r_{x6} - 0,012 = 0$$

Buradan $r_{x6} = 0,039$ (m) $d_6 = 78$ (mm)

g)7.Kesit için

$Q_{x7} = 0,07$ (m³/sn) olarak bulunur.

$$9,42 r_{x7}^2 - 0,02 r_{x7} - 0,014 = 0$$

Buradan $r_{x7} = 0,035$ (m) $d_7 = 84$ (mm)

h)8.Kesit için

$Q_{x8} = 0,08$ (m³/sn) olarak bulunur.

$$9,42 r_{x8}^2 - 0,02 r_{x8} - 0,016 = 0$$

Buradan $r_{x8} = 0,046$ (m) $d_8 = 92$ (mm) (Ek11 ve Ek 12)

Son kesitte su hızı

$$C = Q / (\pi \cdot r_{x8}^2) = 0,08 / \pi \cdot 0,046 = 12,04 \text{ (m}^3/\text{sn)}$$

Koniklik açısının 10^0 den küçük olması için son kesit ile salyangoz flanşı arasındaki uzaklık

$$\text{tg}5^0 = (200-92) / 2L_b \quad : L_b = 0,617 \text{ (m)} = 617 \text{ (mm)}$$

Salyangoz çıkış flanş çapı 120 mm seçilirse;

$$\text{tg}5^0 = (0,12-0,092) / 2.L_b' = 0,087 \quad : L_b' = 0,16 \text{ (m)} = 160 \text{ (mm)}$$

7.3.6 Pompa İşletme Karakteristikleri

Bu bölümde yapılacak hesaplamalarda kullanılacak pompa tesisatı ile ilgili tüm değerler planlaması yapılmış bir tesisat olduğu varsayılarak yapılacaktır.

(6.4) nolu formülden yola çıkılarak

$$H_{ke} = (0,025.100 / 0,200 + 4 + 0,3).3,4^2 / (2.9,81) = 3,27 \text{ (mss)}$$

Yukarıdaki hesaplamada

$$K_s = 4 \text{ (Ek 8)}$$

$$K_d = 0,3 \text{ (Ek 8) (Boru çapı dirsek yarı çapına bağlı olarak değişir)}$$

Tablo 6.2' den $H_a = 10,2 \text{ (mss)}$ (100 m yükseklik için)

Çizelge 6.1 'den $H_v = 0,283 \text{ (mss)}$ (Su sıcaklığı 20^0)

Ek 5' den $\sigma_{kr} = 0,105$ olarak okunur.

Bu değer formül (6.3)' de yerine yazılırsa

$$\sigma_{mevcut} = 1,1.0,105 = 0,1155$$

Bütün bulunan değerler (6.2) nolu formülde yerine konulursa

$$H_{smax} = 10,2 - 0,1155.40 - 0,283 - 3,27$$

$H_{smax} = 2,03 \text{ (m)}$ olarak bulunur.

7.3.7 Emmedeki Net Pozitif Yük Değeri (ENPY)

(Ek 7)den $ENPY = 2,25 \text{ (m)}$ olarak okunur.

$$H_{smax} = 10,2 - 2,25 - 0,283 - 3,27 = 4,4 \text{ (m) bulunur.}$$

7.3.8 Toplam Kayıplar ve Geometrik Yükseklik

Eğer $L_b=60$ m; $D_b=200$ mm olduğu varsayılırsa

$$V_0=4Q/(\pi D_b^2)=3,18(\text{m/sn})$$

$$K_d=3.0,3=0,9$$

$$K_v=2$$

$K_\zeta=3$ değerleri (6.8) nolu formüle uygulanırsa

$H_{kb}=6,91$ (mss) olarak bulunur.

Toplam kayıplar $H_{kt}=H_{kb}+H_{ke}=6,91+3,27=10,18$ (mss)

Basma deposuna akan suyun enerjisi ile birlikte,

$$\Sigma H_{kt}=10,18+3,18^2/(2.9,81)=10,7$$
 (mss)

Geometrik Yükseklik formül (6.11)' den

$$H_{gm}=40-10,7=29,3$$
 (m)

7.3.9 Kritik Hız Hesabı

Kritik hız hesabı Ek 10 yardımıyla yapılacaktır. Çarka ait silindirik parçaların hacimleri (dm^3)'tür.

$$1) \frac{\pi(3,8^2 - 0,75^2)}{4} \cdot 0,05 = 0,544(\text{dm}^3)$$

$$2) \frac{\pi(3,8^2 - 2,2^2)}{4} \cdot 0,05 = 0,376(\text{dm}^3)$$

$$3) \frac{\pi(2,2^2 - 2^2)}{4} \cdot 0,4 = 0,264(\text{dm}^3)$$

$$4) \frac{\pi(0,75^2 - 0,5^2)}{4} \cdot 0,75 = 0,184(\text{dm}^3)$$

Ayrıca bir kanadın hacmi $e=L_x \cdot b$

Toplam kanat hacmi= $7.0,05.2,84.0,3=0,298$ (dm^3)

Toplam hacim= $0,544+0,376+0,264+0,184+0,298=1,666$ (dm^3)

Çark bronzdan imal edileceğinden

$$\gamma_b=8,8 \text{ (kg/dm}^3\text{)}$$

Buradan çark ağırlığı $P=1,666.8,8=14,66(\text{kg})\approx 15\text{kg}$

Ek 9'dan yataklama şekli seçilir.

Yataklama mesafeleri $L_1=30 \text{ (cm)}$ $L_2=20(\text{cm})$ olsun

$$E=2,1.10^6(\text{kg/cm}^2), I=\pi d_m^4/64 =\pi.5^4/64=30,68(\text{cm}^4)$$

$$Y_0=\frac{15(20+30).30}{3.2.1.10^6.30,68}=0,00349 \text{ (cm)}$$

Kritik hız formül (6.13)

$$N_{kr}=300 / \sqrt{0,00349}=5078,2 \text{ (dev/dak) olarak bulunur.}$$

Pompanın normal çalışma devrinin 3,4 katı büyük olduğundan mil bakımından tehlikeli bir durum yoktur.

7.3.10 Eksenel İtme Kuvvetinin Hesaplanması

Bilinen değerler (6.14) nolu formülde yerlerine yazıldıklarında

$$P_1=10^3.\pi.\left(\frac{0,2^2+0,075^2}{4}\right)\left[40-\frac{28,83^2}{8.9,81}\left(1-\frac{0,2^2+0,075^2}{2.0,38^2}\right)\right]$$

$P_1=838,74 \text{ (kg)}$ bulunur.

$$P_2=g.Q_T.C_0=26,44(\text{kg})$$

Toplam eksenel itme kuvveti

$$P_T=838,74-26,44=812,3 \text{ (kg) olarak bulunur.}$$

7.3.11 Rulman Hesabı

Rulman hesabı için yataklama uzaklıkları ve şekil daha önceden bulunmuştu (Ek 9). Rulmanların hesaplarında FAG rulman katalog değerleri kullanılmıştır.

Aynı yataklama şekli üzerinde A ve B yataklarına gelen kuvvetler hesaplanırsa; ki bu hesaplamada radyal kuvvet olan çark ağırlığı iki yatak arasında paylaştırılmış, eksenel itme

kuvvetinin ise A yatağına etkidiği göz önüne alınmıştır.

Çizelge 7.1 Yataklama uzaklıkları

	Radyal Kuvvet (daN)	Eksenel Kuvvet (daN)	Mil Çapı (mm)	Mil Hızı (dev/dak)
A	14,715	398,4	50	1450
B	-	398,4	50	1450

Rulman ömrü için $L_h=20000$ h yeterlidir.

B yatağı : C (dinamik yük sayısı)

$$C_{hes} = \frac{F_L}{F_n} \cdot F_B \quad (6.17) \quad F_B = F_{AB} = 398,4 \text{ (daN)}$$

$$F_L = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500}} \quad (6.18) \quad F_L = \sqrt[3]{\frac{20000}{500}} = 3,42$$

$$F_N = \sqrt[3]{\frac{100}{3n}} \quad (6.19) \quad F_N = \sqrt[3]{\frac{100}{3 \cdot 1450}} = 0,284$$

$$C_{hes} = 4797,6 \text{ daN} = 47976 \text{ (N)}$$

Rulman katoloğundan B yatağı için 6410 nolu rulman seçilir.

$$C_{tablo} = 67000 \text{ (N)}$$

$$\text{A yatağı : } F_A = C F_r + Y F_a$$

Önce tablolardan bir rulman seçilerek eksenel kuvvetin statik yük katsayısına oranı olan e sayısı bulunur. Daha sonra $\frac{F_a}{F_r} \leq e$ veya $\frac{F_a}{F_r} > e$ koşulları ile eksenel ve radyal yöndeki kuvvetlerin çarpılacakları katsayılar bulunur.

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{398,4}{14,715} = 27,07$$

Büyük eksenel kuvvetin yanında radyal kuvvete de sahip olduğundan tek sıralı çift çalışan

eğik bilyalı yataklardan 7210 BG nolu yatak seçilir.

$$C_0=46500 \text{ (N)}$$

$$E=F_a/C_0=0,085$$

$$\frac{F_a}{C_0} < \frac{F_a}{Fr} \text{ olduğundan tablodan } X=0,57, Y=0,93 \text{ olarak okunur.}$$

$$F_A=0,57.147,15+0,93.3984=3788,99 \text{ (N)}$$

$$C_{hes}=\frac{3,42}{0,284} 378,99 = 45628 \text{ (N)}$$

Tabloda seçilen rulman için verilmiş dinamik yük katsayısı $C_{tablo} = 46500 \text{ (N)}$.Bu nedenle A yatağı için 7210 BG nolu rulman seçilir.

A yatağının ömür yönünden de kontrolü yapılırsa

$$L_h=\frac{10^6}{60_r} \left(\frac{C}{Fl} \right)^P = \frac{10^6}{60.1450} \left(\frac{46500}{3798,99} \right)^3 = 21245,61 \text{ (h)}$$

P=3 Bilyalı Yataklar

P=10/3 Makaralı Yataklar

Zaten yağı seçerken de 20000 saatlik çalışma yeterlidir denilmiştir.

7.3.12 Hesaplanan Değerlerin Uygulanabilirliği

1450 d/d dönüş hızında 40 mss basma yüksekliği ve 80 lt/sn debi sağlayan bir pompanın çark ve salyangozuna ait ölçü değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama yöntemiyle çıkartılan bu sonuçlar Turbo San fabrikasında yapmış olduğum araştırmalarda, aynı işletme şartları göz önüne alınarak aynı tip bir pompanın, norm 150/400 tip pompaya çok yakın değerler olduğu tespit edilmektedir. Üretimi yapılmakta olan Norm 150/400 tip pompaya ait imalat resimlerindeki değerler hesaplanan pompadaki sayısal değerlere yakın değerler olduğu gözlemlenmektedir. Ek 16 ve 17 de pompa fabrikasından edinilen değerlerin günümüzde teknolojinin gelişmesi ve hesaplamalarda emniyet katsayılarının yüksek tutulması gerektiği düşüncesiyle, tecrübelerle dayanarak ele alınmaktadır. Sadece hesaplanan sayısal değerlerle imalat yapılması doğru olmamakla beraber, imal edilen pompaların zaman içerisinde işletme şartlarında göstermiş oldukları davranışları pompalar konusunda uzmanlaşmış mühendisler

tarafından incelenerek günümüz şartlarına daha az enerji tüketen pompalar üretilmeye çalışılmaktadır.

Hesaplanan değerlere sahip pompaya eş hidrolik konstrüksiyon özelliklere sahip, Turbo San'da üretilmekte olan Norm 150/400 tip bir santrifüj pompaya ait performans değerleri Ek 18 ve Ek 19 da bulunmaktadır. Fabrika içerisinde pompaların performans testlerinin yapılmış olduğu kapalı tip bir sisteme sahip test standında ölçülmüştür. Pompalarda performans eğrilerine bakarak pompanın gösterebileceği performans değerleri gözlemlenmektedir.

8. SONUÇLAR

Bu çalışmada santrifüj pompaların tanımı sınıflandırması, temel büyüklüklerinin klasik hesaplama yöntemi, pompa organlarının hesap ve çizim yöntemleri ele alınmıştır.

Norm tip bir santrifüj pompada dönüş hızı basma yüksekliği ve debisi sayısal değerler belirlenerek, çark ve salyangozun ana boyutları hesaplanmıştır. Fabrikada üretimi yapılmakta olan hesaplanan değerlere sahip pompa ile aynı konstrüksiyon özelliklere sahip bir santrifüj pompa ele alınarak incelenmiştir. Fabrika içerisinde pompaların performans testlerinin yapılmış olduğu kapalı bir tip sisteme sahip test standında ölçümler yapılmıştır.

Sonuç olarak bir santrifüj pompa tasarımı yaparken klasik hesaplama yöntemleri ile elde edilen değerler ile üretimi yapılmakta olan santrifüj pompaların imalat değerlerinin yakın olduğu görülmektedir ancak klasik yöntemler ile hesaplanan bazı değerlerin pratikte yetersiz olduğu görülmektedir. İşletme şartlarından kaynaklanan olumsuzlukların, pompalarda emniyet katsayılarının çok daha yüksek tutulmasını gerektirdiği gözlemlenmiştir.

Korozyonun, özellikle korozyonun bir çeşidi olan kavitasyonun pompalara çok zarar verdiği görülmektedir. Santrifüj pompaların seçiminde korozyon etkisi göz önüne alınarak seçilen pompaların ömrünün daha uzun olduğu, çalışma süresinin de daha uzun olduğu görülmektedir. Eğer bir sistemde kullanılacak olan pompaların, karakteristik özellikleri doğru tespit edilemez ise sadece pompalar zarar görmekle kalmamakta aynı zamanda sistem de zarar görmekten kurtulamamaktadır.

KAYNAKLAR

Sönmez F. (1980) , “Santrifüj Pompalar”, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul

Japikse D., Marscher W.D,Furst R.B., (1997), “Centrifugal Pump Design and Performance” Wilder, Vt - USA

Baysal, B.K.(1979) “Tam Santrifüj Pompalar’’, İTÜ Matbaası

Gökelim A.T. , (1976) , “Pompalar”, Birsen Yayınevi, İstanbul

Stepanoff, A.J, (1948), “Centrifugal and Axial Flow Pump”

Şenel M.(2004), “Rulman Bilgisi”, İSDEMİR Eğitim Müdürlüğü

Demirdelen H., “Kurs Notları”, İSDEMİR Eğitim Müdürlüğü

FAG Rulman Kataloğu, İstanbul

Burgmann, “Mekanik Salmastra Seminer Notları”, İstanbul

Burgmann, “Sızdırmazlık Elemanları Teknolojisinde Yumuşak Salmastralar Tekniği ve Uygulamaları”, İstanbul

Standart Pompa Kataloğu, “Pompa Kullanıcılarına Notlar”(2004), İstanbul

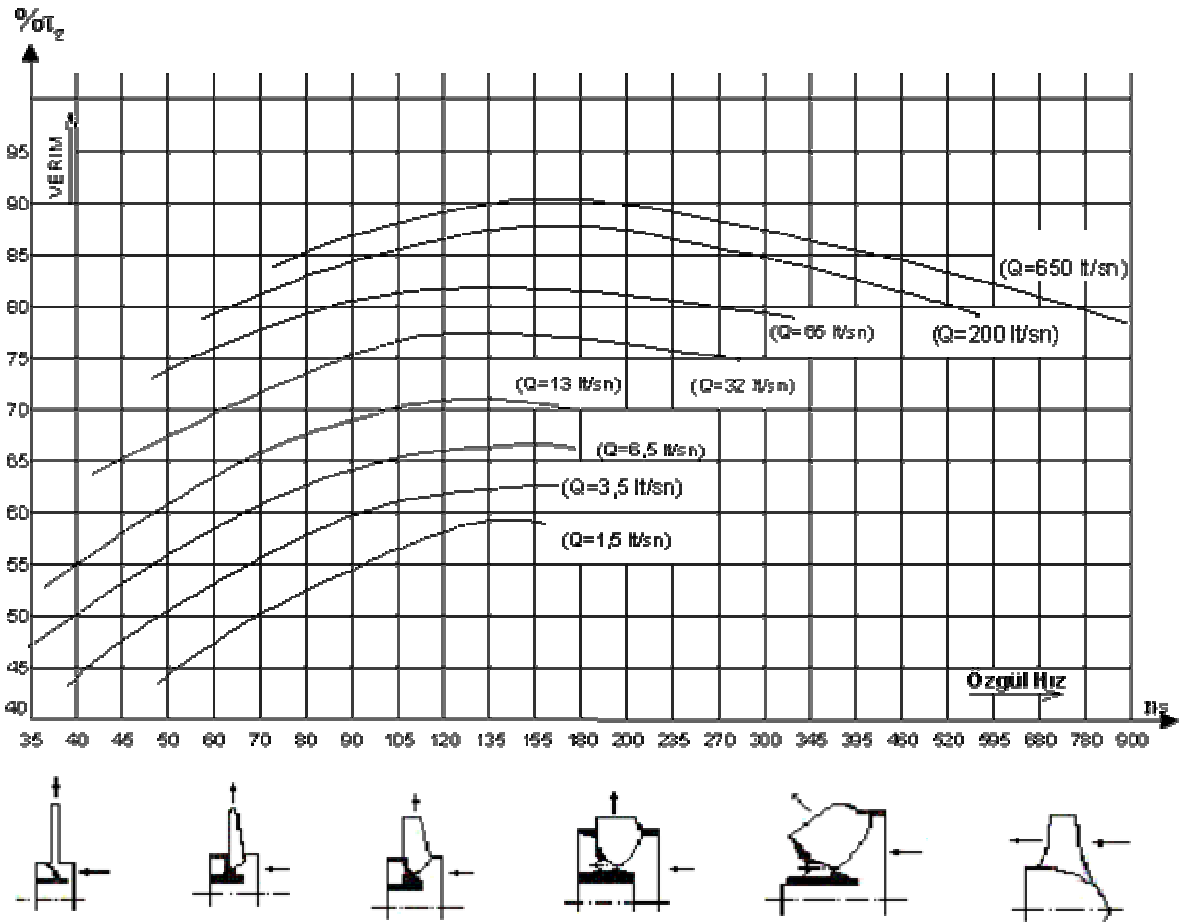
Turbosan Pompa Kataloğu, (2004), İstanbul

“5.Pompa ve Vana Kongresi (2004) ”, İstanbul

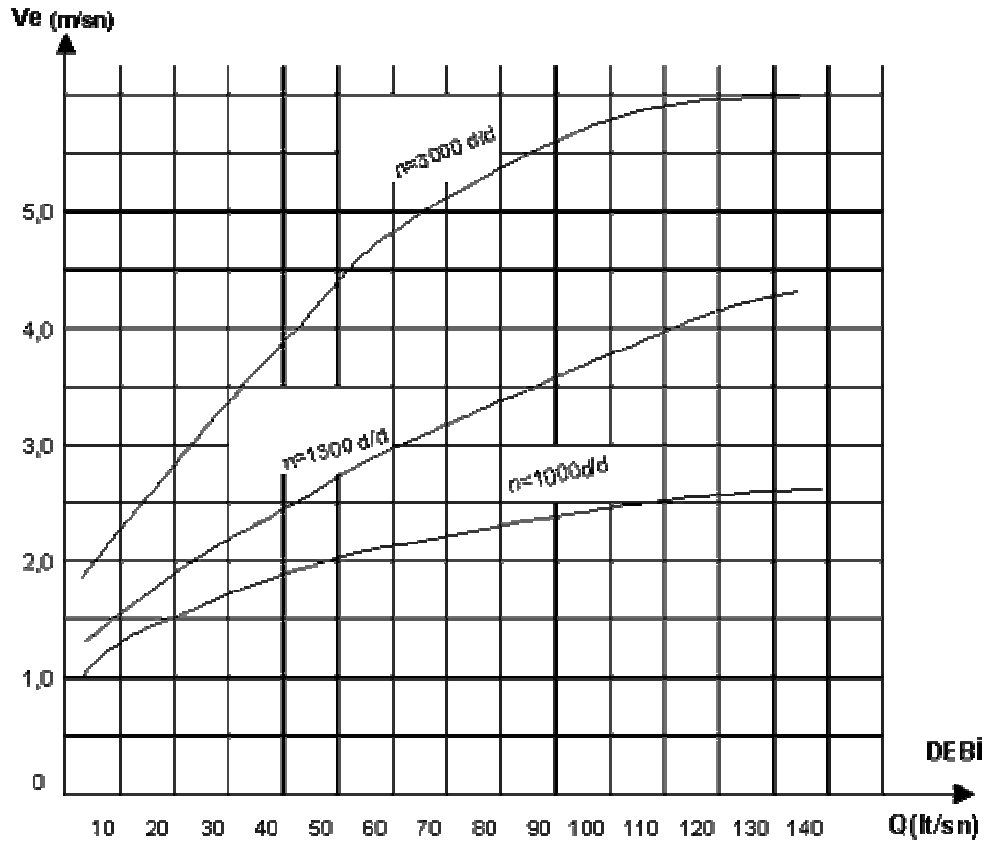
EKLER

- Ek 1 Pompa genel veriminin özgül hız ve debiye göre değişim eğrileri
- Ek 2 Emme borusundaki hızların debi ve devir sayısı ile değişimi
- Ek 3 Basınç katsayısının ve D_1/D_2 oranının n_s özgül hıza göre değişimi
- Ek 4 Özgül hız ve k_{cm1} ve k_{cm2} grafiği
- Ek 5 Hareketli dairesel kaskat için Weinig Diyagramı
- Ek 6 Santrifuj pompalarda kritik kavitasyon faktörünün özgül hız ile değişimi
- Ek 7 ENPY değerlerinin debi ve devir sayısına göre değişimi
- Ek 8 Boru bağlantı elemanları ve kayıp katsayıları
- Ek 9 Milin yataklanma konumlarına göre sehim değerleri
- Ek 10 Çark boyutlarına ait değerler
- Ek 11 A-A Kesiti salyangoz boyutlarına ait değerler
- Ek 12 B-B Kesiti salyangoz boyutlarına ait değerler
- Ek 13 Tek daire metodu ile kanat çizimi
- Ek 14 Çift daire metodu ile kanat çizimi
- Ek 15 Kanat açılarının değişiminin saptanması
- Ek 16 150/400 Norm tip pompa test raporu
- Ek 17 150/400 Norm tip pompa karakteristik eğrileri
- Ek 18 150/400 Norm tip pompa çarkı imalat resmi
- Ek 19 150/400 Norm tip pompa gövdesi imalat resmi

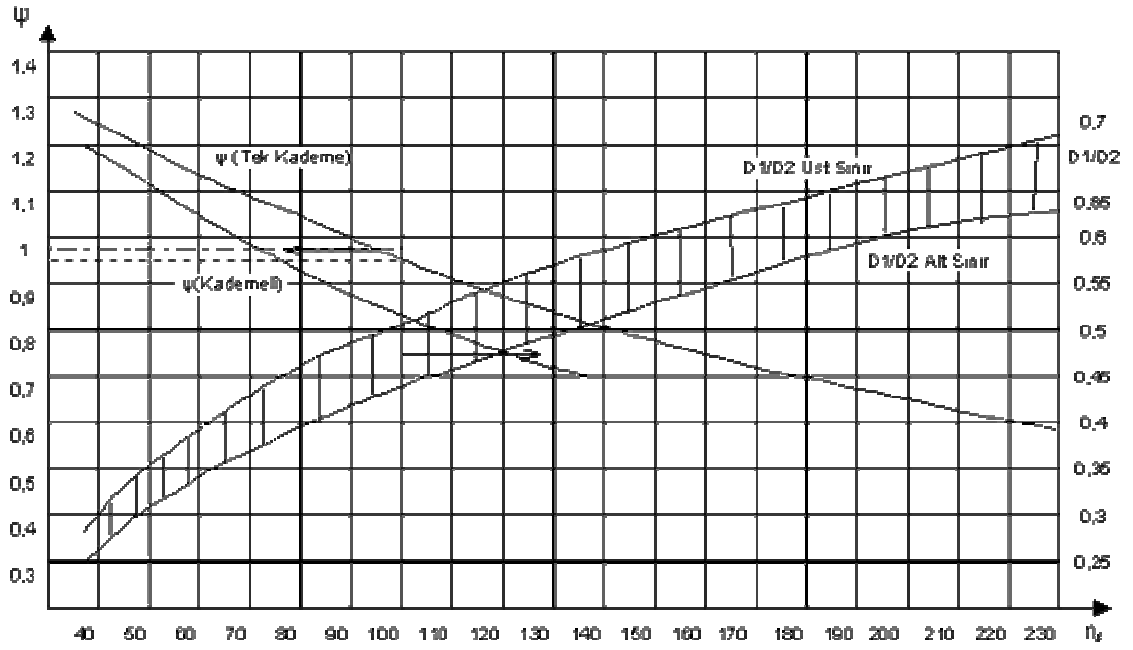
Ek 1 Pompa genel veriminin özgül hız ve debiye göre değişim eğrileri

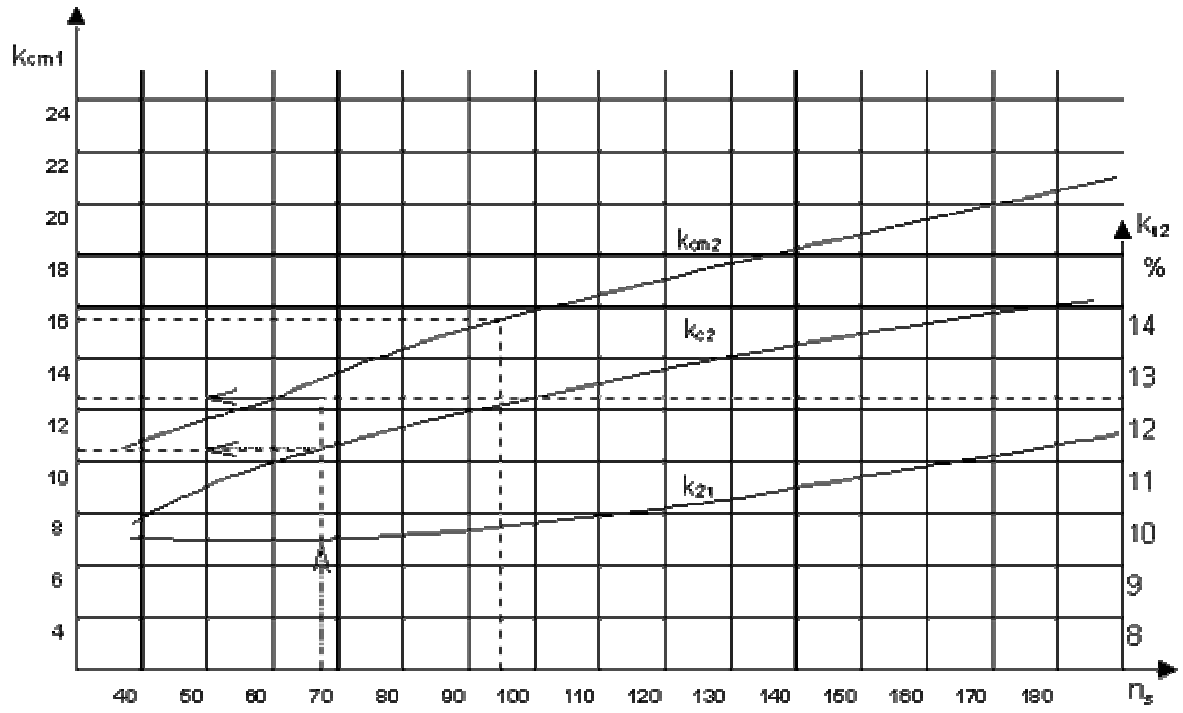


Ek 2 Emme borusundaki hızların debi ve devir sayısı ile değişimi

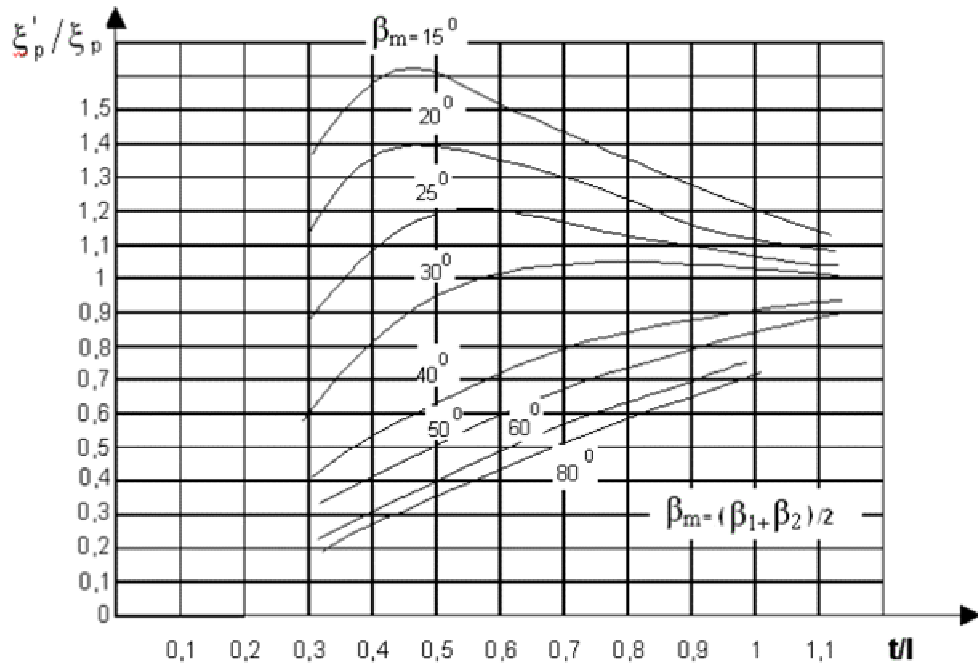


Ek 3 Basınç katsayısının ve D_1/D_2 oranının n_s özgül hıza göre değişimi

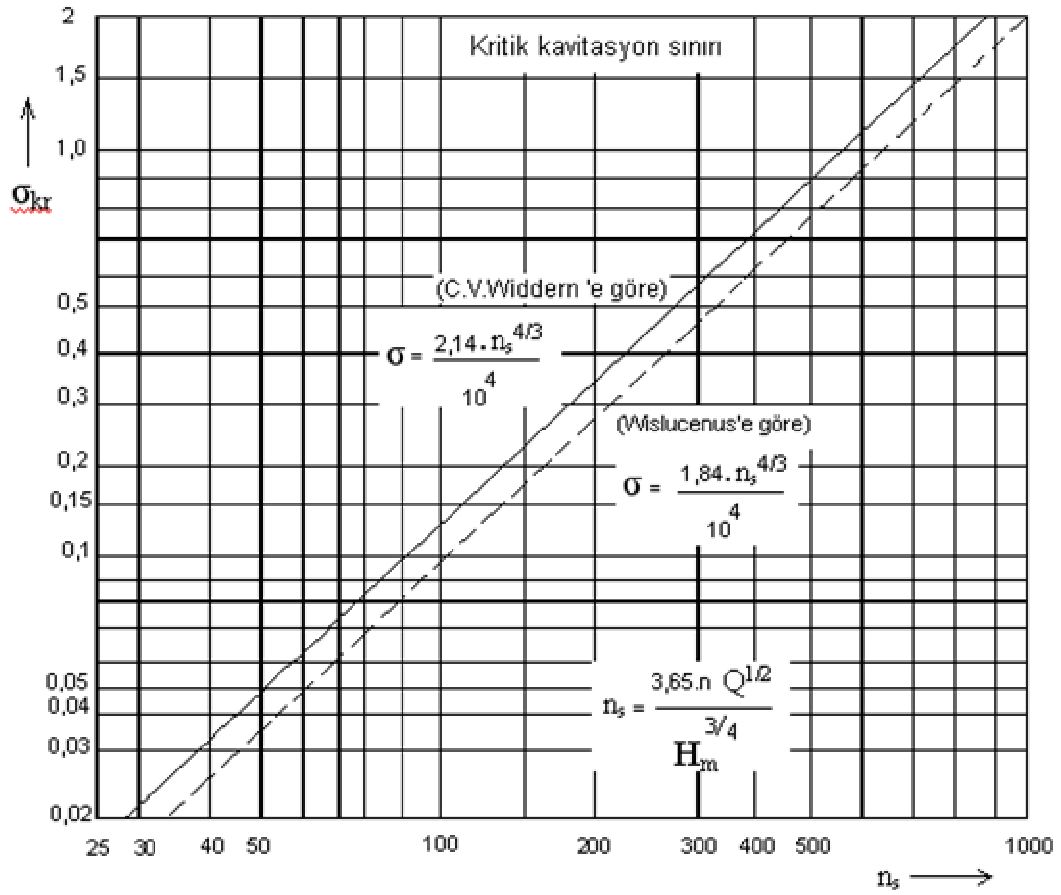


Ek 4 Özgül hız ve k_{cm1} ve k_{cm2} grafiği

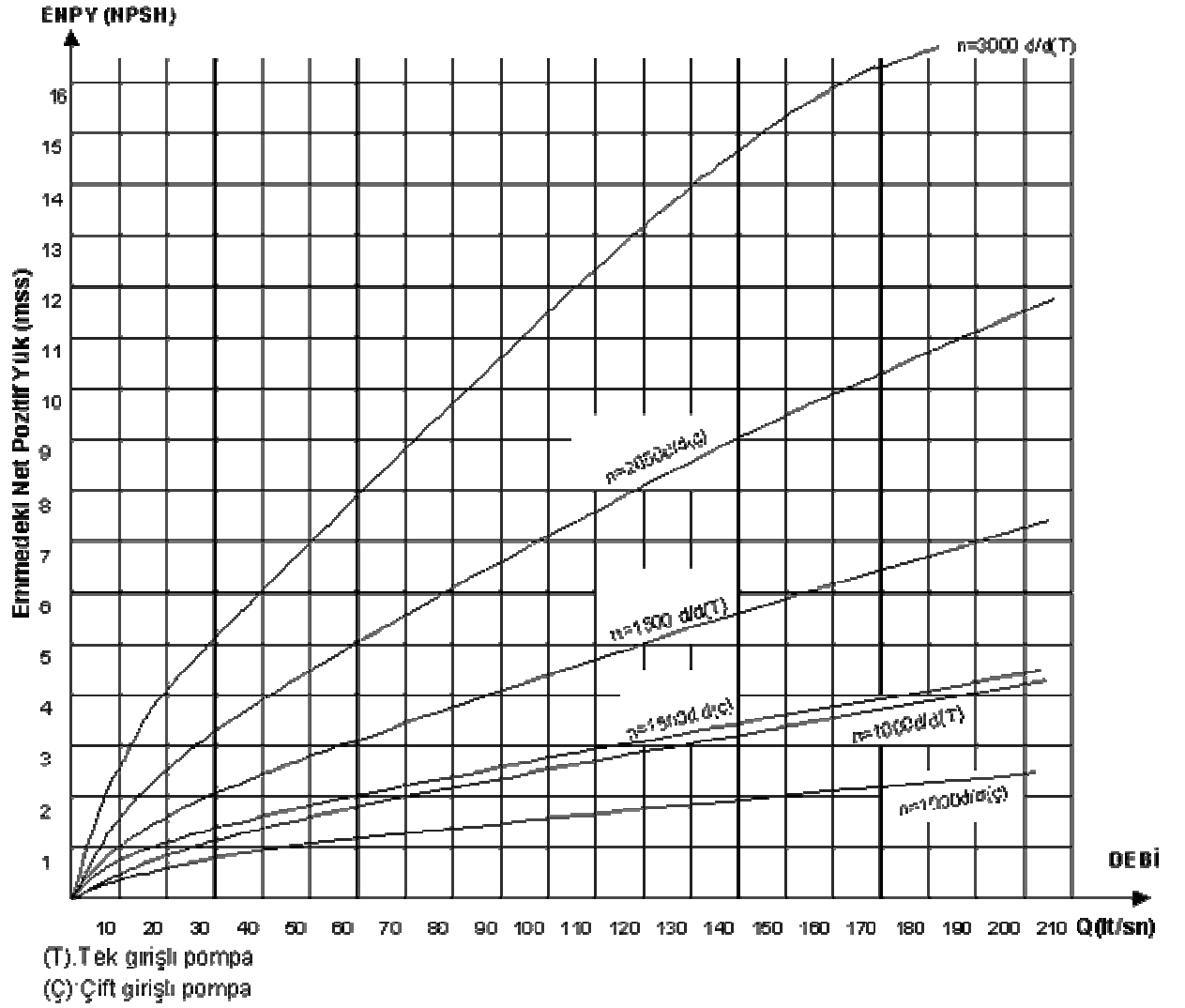
Ek 5 Hareketli dairesel kaskat için Weinig Diyagramı



Ek 6 Santrifuj pompalarda kritik kavitasyon faktörünün özgül hız ile değişimi



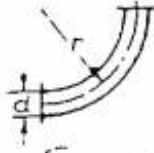
Ek 7 ENPY değerlerinin debi ve devir sayısına göre değişimi



Ek 8 Boru bağlantı elemanları ve kayıp katsayıları

Lokal (yersel) kayıp : $h_f = K \cdot \frac{V^2}{2g}$ (m.s.s.)

Boru dirseği :



$$K = 0,13 + 0,16 \left(\frac{d}{r}\right)^{3,5}$$

$$\frac{d}{r} = 0,4 \quad 0,8 \quad 1,0 \quad 1,4 \quad 1,8 \quad 2,0$$

$$K = 0,14 \quad 0,2 \quad 0,3 \quad 0,56 \quad 1,4 \quad 2,0$$

T-Bağlantı parçası:



$$K = 0,8 \dots 1,7$$

Geri tepme ventili (Çek.valf):

a) klâpeli



$$K = 3,4 \dots 4,3$$

b) küresel kaswa tipi



$$K = 1,8 \dots 3,3$$

Sürgülü vana :



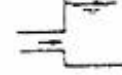
$$K = 0,22 \dots 0,38$$

Dip klâpesi ve süzgeci :



$$K = 3 \dots 15$$

Hazne girişi :



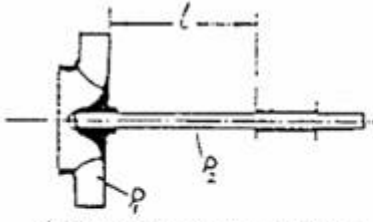
$$K = 1$$

Hazne çıkışı :



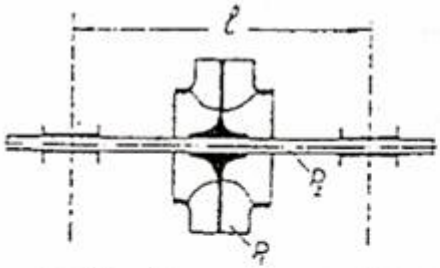
$$K = 0,5$$

Ek 9 Milin yataklanma konumlarına göre sehim değerleri



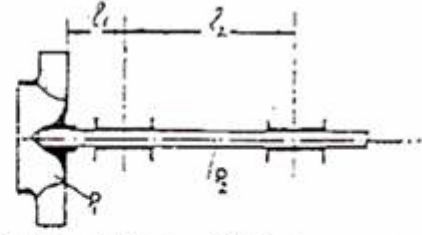
a) Tek yataklı ile konsol giriş durumunda mil.

$$y_0 = \frac{l^3}{E \cdot I} \left(\frac{P}{3} + \frac{P_2}{8} \right) \text{ (cm)}$$



c) İki yataklı arasına yerleştirilmiş çark (çift girişli pompa hali)

$$y_0 = \left(\frac{P}{48} + \frac{5P_2}{384} \right) \cdot \frac{l^3}{E \cdot I} \text{ (cm)}$$



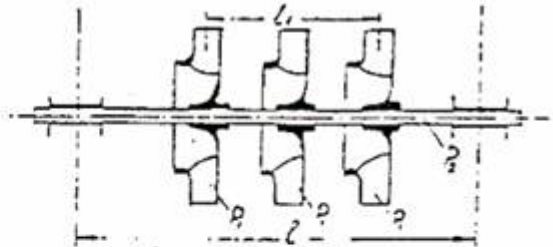
b) İki yataklı konsol giriş durumunda mil.

$$y_0 = \frac{P_1 (y_1 + y_2)^2 + P_2 (y_1 + y_2)^2}{P (y_1 + y_2) + P_2 (y_1 + y_2)} \text{ (cm) veya ilk yat.}$$

$$\left(\begin{aligned} y_1 &= \frac{P_2 \cdot l_1^3 \cdot l_2}{12 \cdot E \cdot I} ; y_2 = \frac{5 \cdot P_1 \cdot l_2^3}{384 \cdot E \cdot I} \\ y_1' &= \frac{P_2 \cdot (l_1 - l_2) \cdot l_2^2}{3 \cdot E \cdot I} ; y_2' = \frac{P_1 \cdot l_1^3 \cdot l_2}{24 \cdot E \cdot I} \end{aligned} \right)$$

$$y_1 = y_2 \text{ alınarak}$$

$$y_0 = \frac{P_1 \cdot (l_1 + l_2) \cdot l_2^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

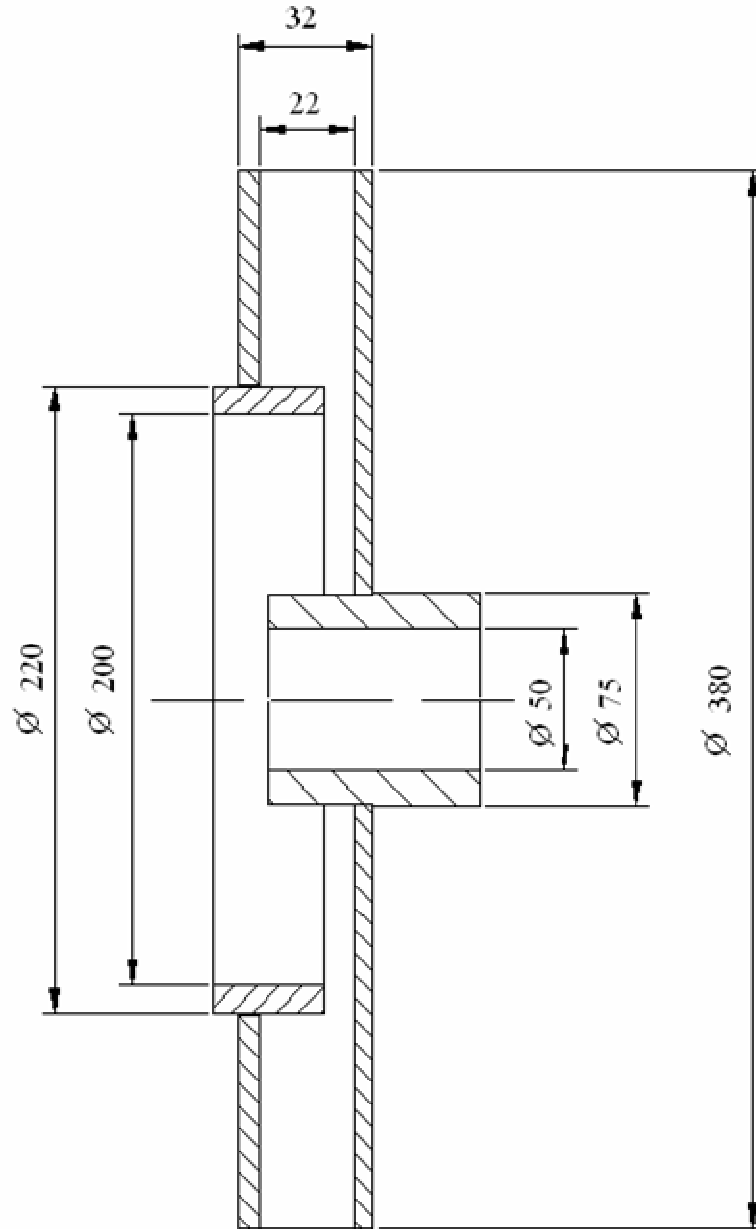


d) İki yataklı arasına yerleştirilmiş çok sayıda çark. (Kocarmeli pompa hali)

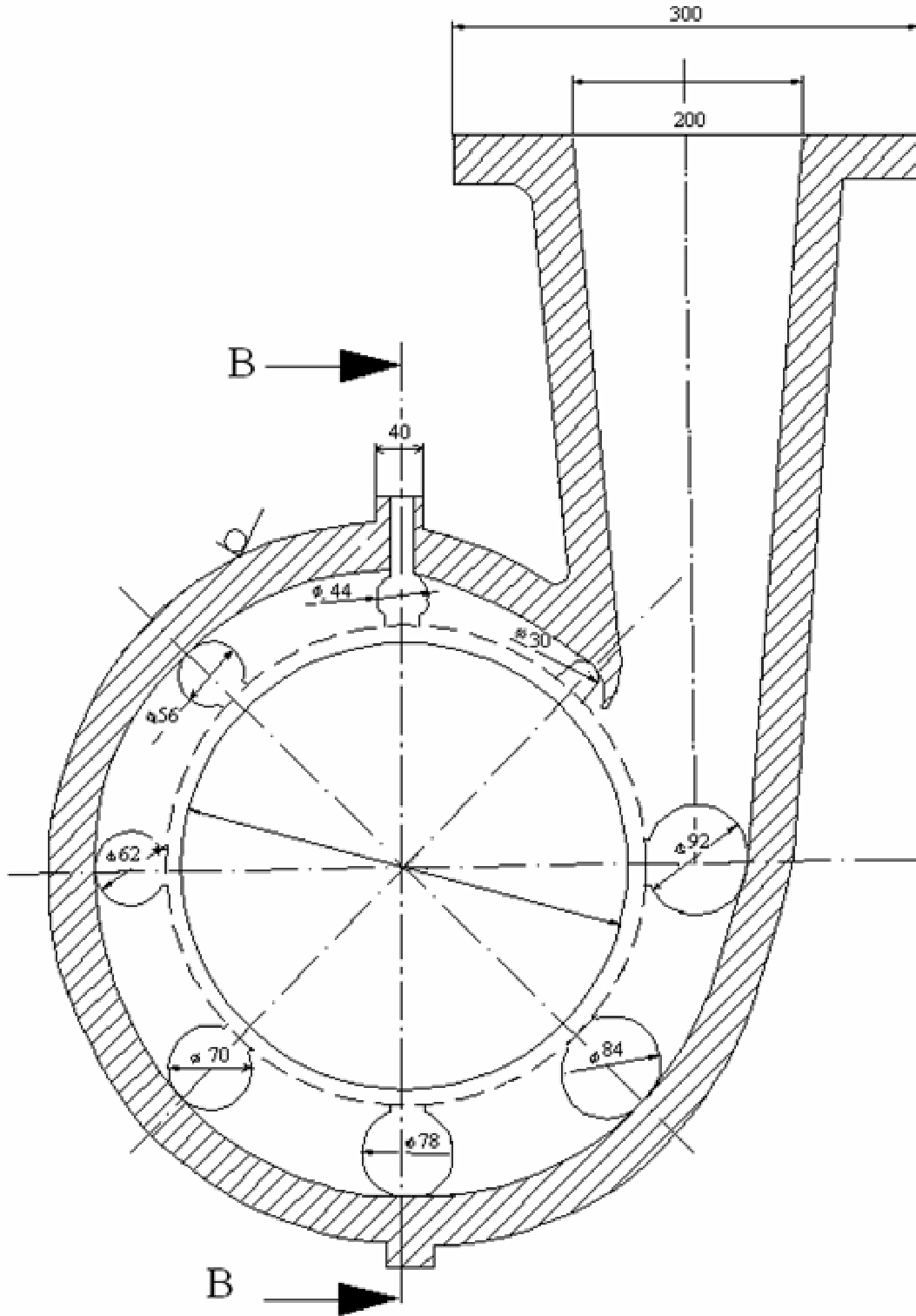
$$y_0 = \frac{i \cdot P_1 + P_2}{E \cdot I} \cdot \left(\frac{l^3}{48} - \frac{5 \cdot l_1^3}{384} \right) \text{ (cm)}$$

(i: çark sayısı)

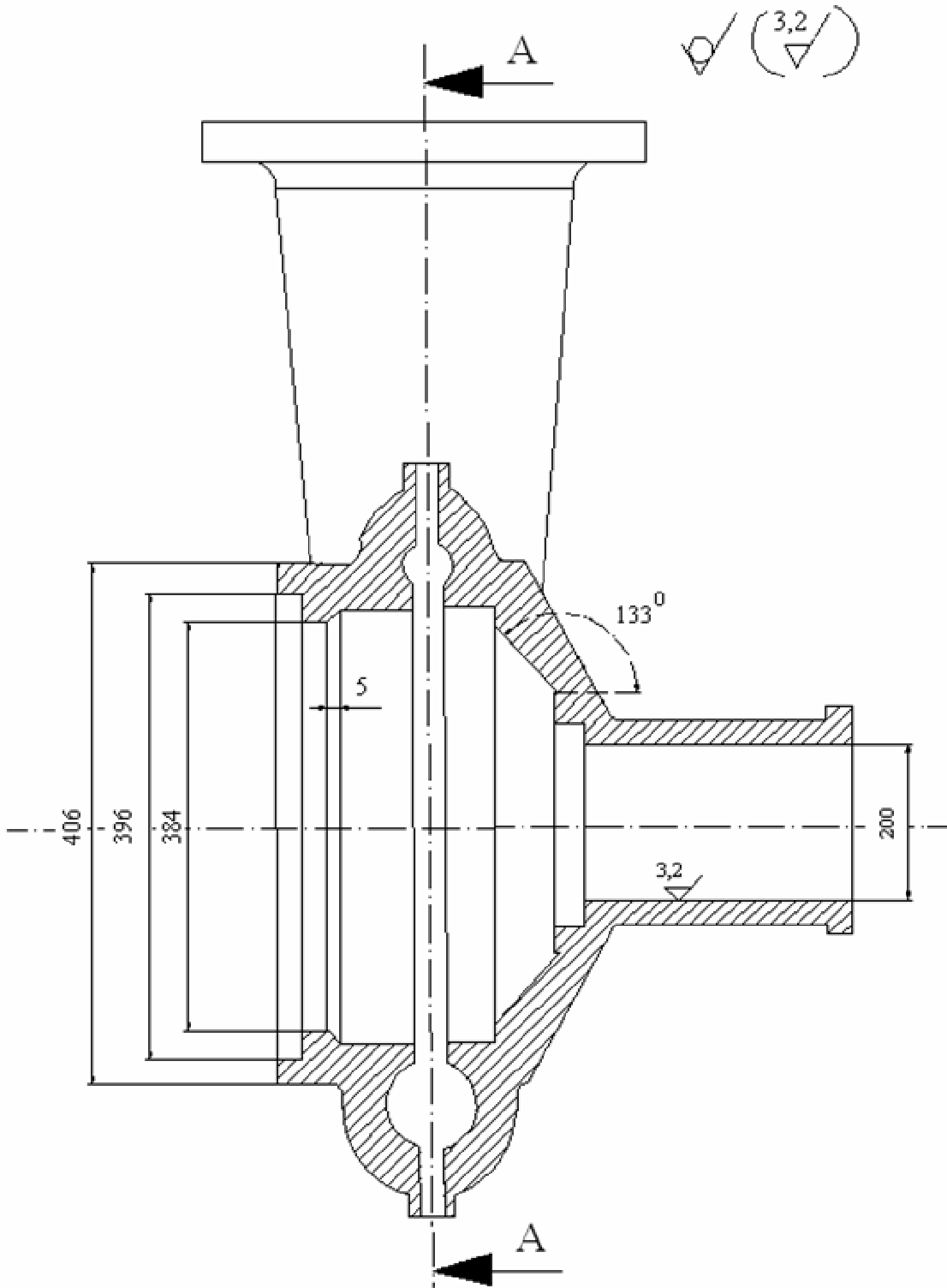
Ek 10 ark boyutlarına ait değerler



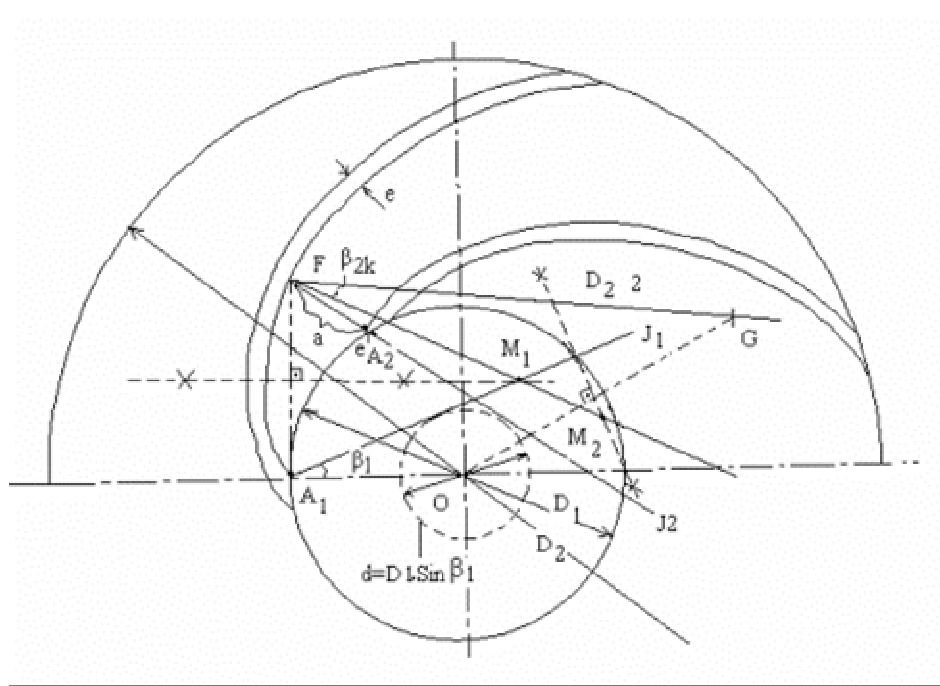
Ek 11 A-A Kesiti salyangoz boyutlarına ait değerler



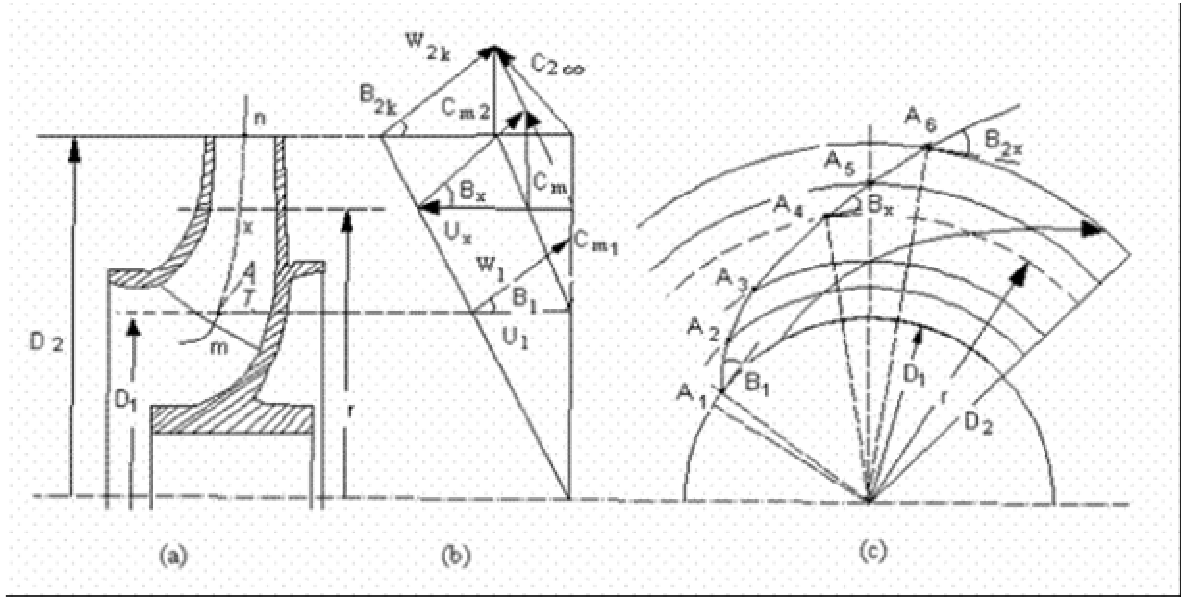
Ek 12 B-B Kesiti salyangoz boyutlarına ait değerler



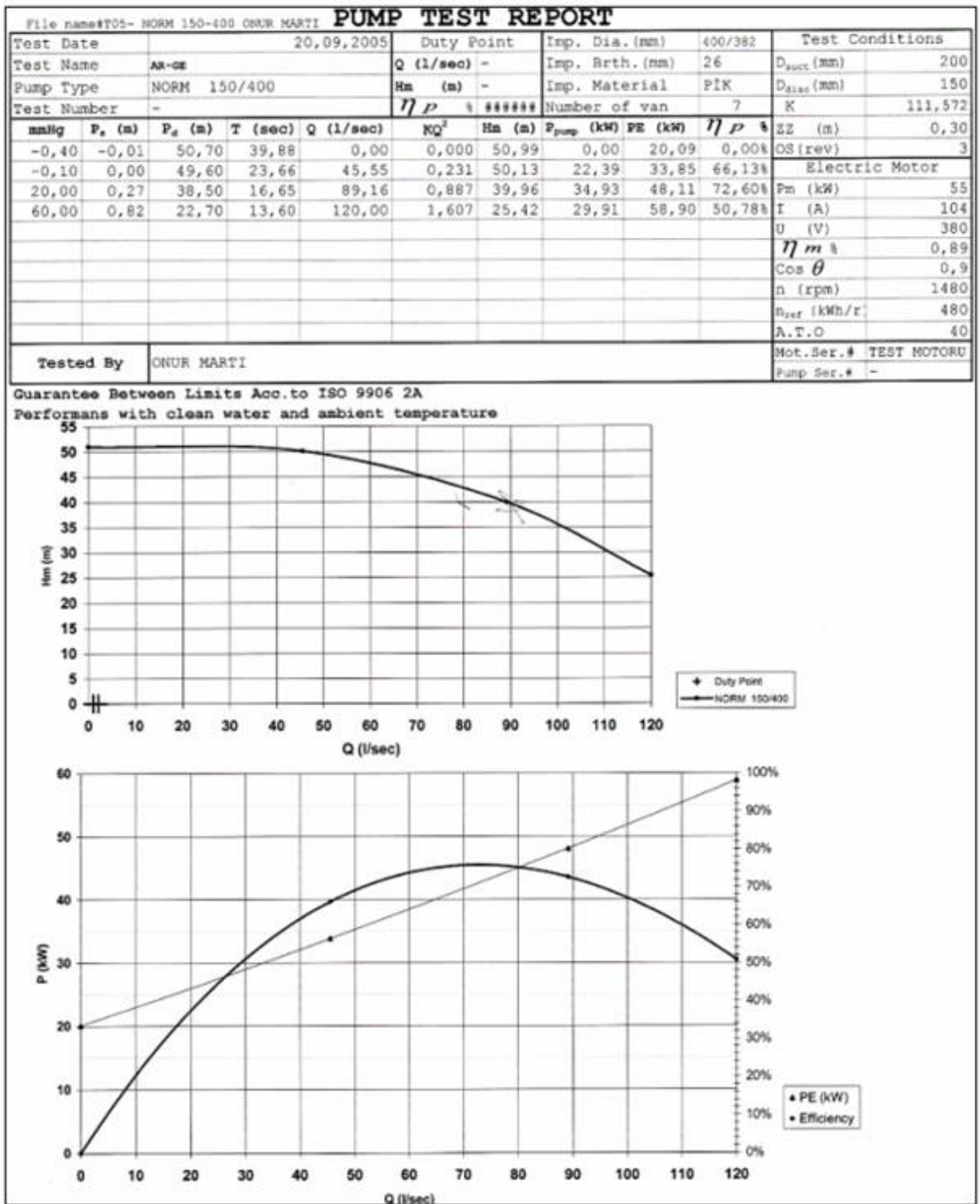
Ek 14 Çift daire metodu ile kanat çizimi



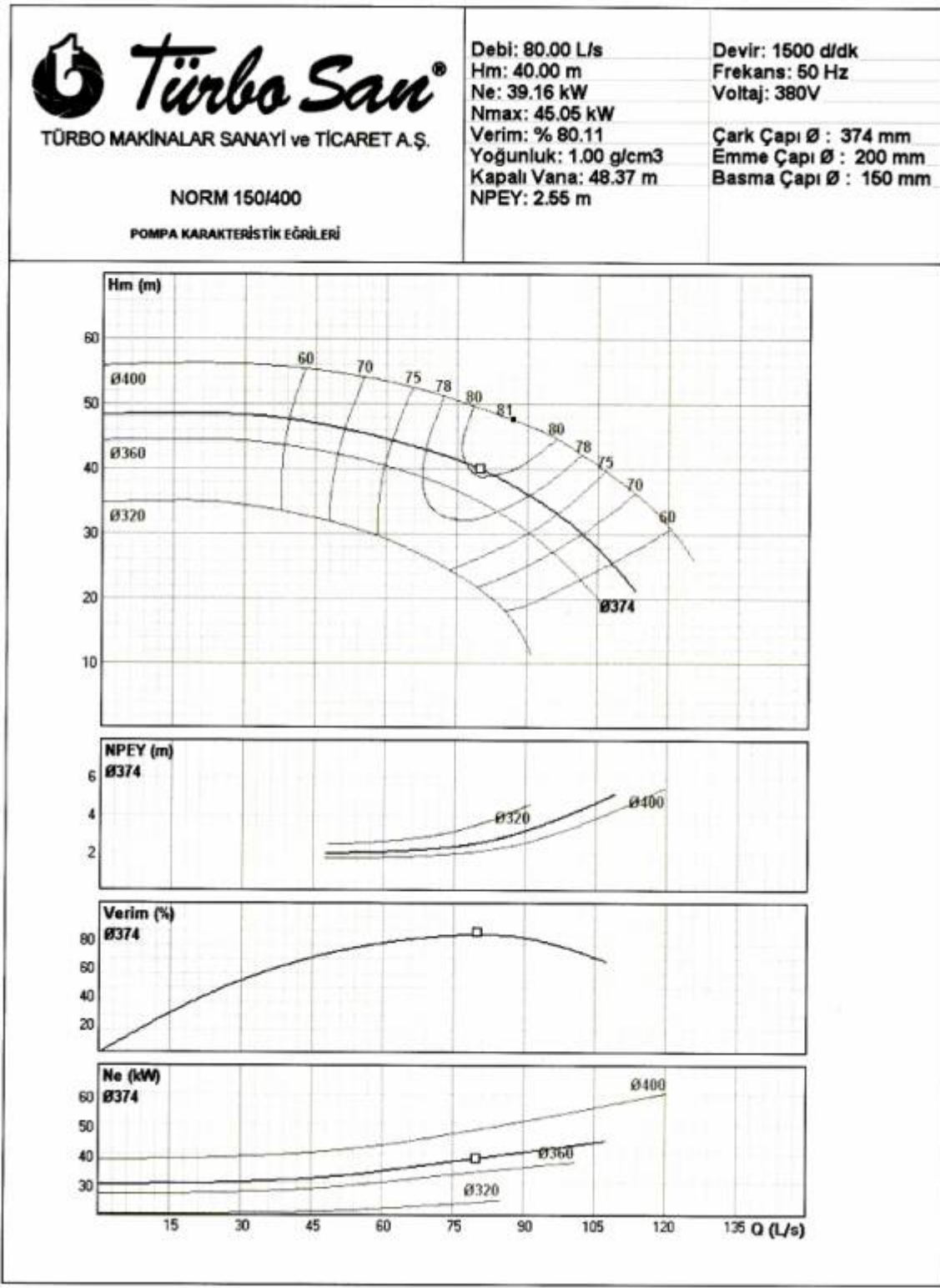
Ek 15 Kanat açılarının değişiminin saptanması



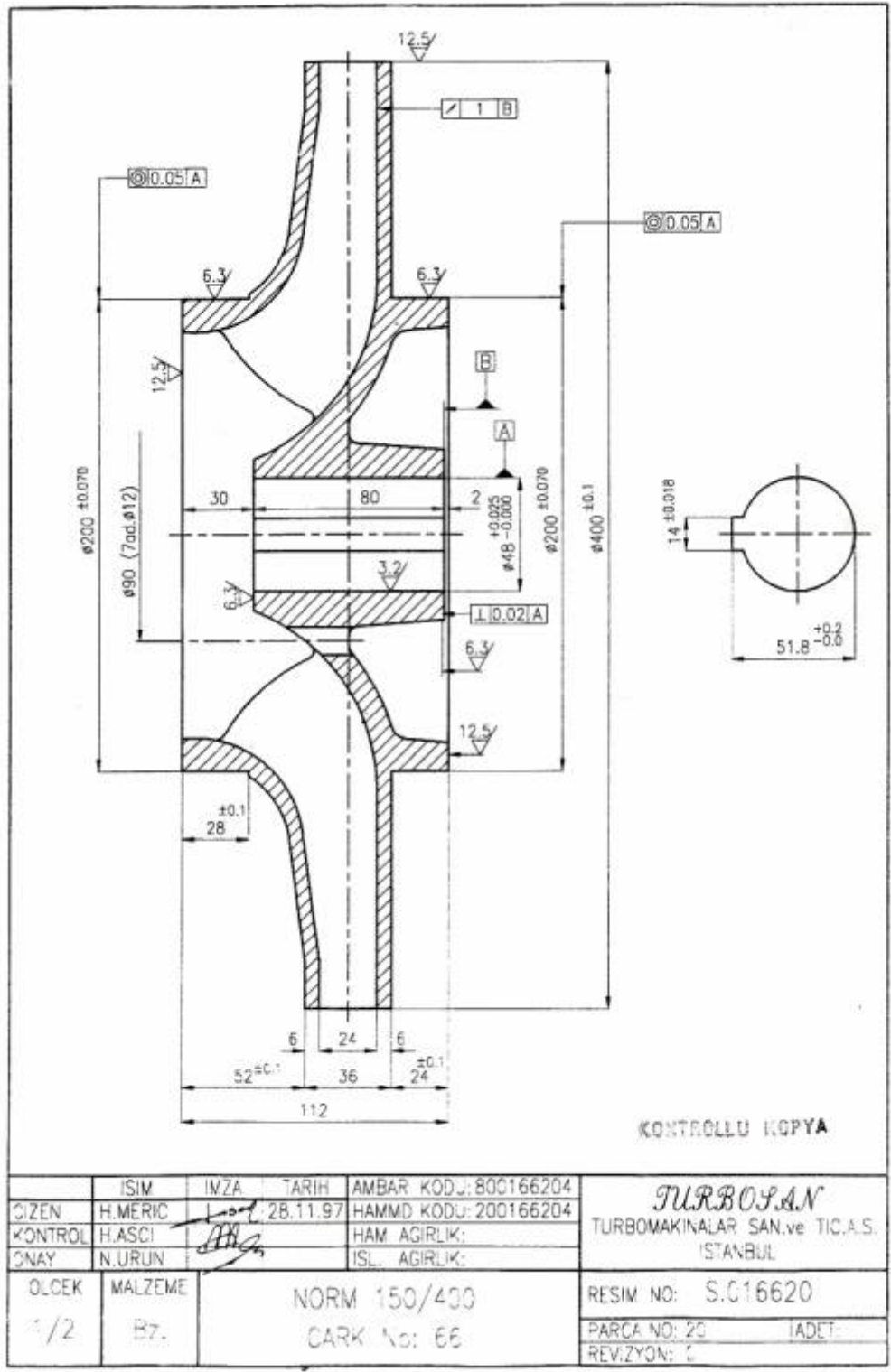
Ek 16 150/400 Norm tip pompa test raporu



Ek 17 150/400 Norm tip pompa karakteristik eğrileri



Ek 18 150/400 Norm tip pompa çarkı imalat resmi



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	02.12.1979	
Doğum yeri	Kdz.Ereğli	
Ortaokul-Lise	1995-1998	Kdz.Ereğli Anadolu Lisesi
Lisans	1998-2002	Uludağ Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2003-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Mak.Teorisi ve Kontrol Programı

Çalıştığı kurumlar

2002-2003	VW Yazıcıoğlu Yetkili Servisi
2003-2004	Huzur Isıtma ve Soğutma
2004-2006	İSDEMİR A.Ş.