

**T.C.**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SANTRİFÜJ DEKANTÖRLER İÇİN LAMİNER**  
**AKIŞLI AYARLANABİLİR DİSK TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEHMET BİLİR**

**DENİZLİ, OCAK - 2023**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**SANTRİFÜJ DEKANTÖRLER İÇİN LAMİNER  
AKIŞLI AYARLANABİLİR DİSK TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEHMET BİLİR**

**DENİZLİ, OCAK - 2023**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**Mehmet BİLİR**

## ÖZET

**SANTRİFÜJ DEKANTÖRLER İÇİN LAMİNER AKIŞLI  
AYARLANABİLİR DİSK TASARIMI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MEHMET BİLİR  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ÖZLER KARAKAŞ)**

**DENİZLİ, OCAK - 2023**

Santrifüj dekantör makineleri, açısız hız etkisiyle santrifüj kuvvet oluşturan ve oluşan bu yüksek kuvvet ile katı-sıvı, sıvı-sıvı fazları ayrıştırabilen makinelerdir. Santrifüj dekantörler iki fazlı veya üç fazlı karışımları ayrıştırabilme özelliğine göre gruplandırılır. Faz ayrıştırma ihtiyacı duyulan her sektörde santrifüj dekantör makineleri kullanılabilirliği için endüstriyel anlamda geniş çalışma alanına sahiptir. Santrifüj dekantör makinelerinin faz ayrıştırma işlemini istenilen en uygun şekilde gerçekleştirebilmesi için ayrıştırma sonucu makineden ayrılan sıvı fazın çıkışının gerçekleştiği sacların uygun sıvı çıkış çapına ayarlanması gerekmektedir. Ayarlanan sıvı çıkış çapı her ürün için sabit değildir, birçok etmene göre değişkenlik göstermektedir. Sıvı çıkış çapının ayarlanabilmesi için makine tamamen durdurulup bu ayar yapılabilir. Yapılan bu çalışmada santrifüj dekantör makinelerinin sıvı çıkış çaplarının makine durdurulmadan ayarlanabilmesi için ayarlanabilir disk tasarlanmıştır. Tasarlanan diskin sıvı çıkışını istenilen parametreler dahilinde sağlayabilmesi için nümerik analizler yapıp optimum sıvı akış geometrisi bulunmuştur. Ayarlanabilir diskin, nümerik analizde elde edilen geometriye uygun olarak üretilebilecek ve makineye montajlanabilecek şekilde tasarımı tamamlanmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Santrifüj, Dekantör, Disk, Çökme

## **ABSTRACT**

### **LAMINAR FLOW ADJUSTABLE IMPELLER DESIGN FOR CENTRIFUGAL DECANTER**

**MSC THESIS**

**MEHMET BİLİR**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**MECHANICAL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: PROF.DR. ÖZLER KARAKAŞ)**

**DENİZLİ, JANUARY 2023**

Centrifuge decanter machines are that create centrifugal force with the effect of angular velocity and can separate solid-liquid, liquid-liquid phases with this high force. Centrifuge decanters are grouped according to their ability to separate two-phase or three-phase mixtures. Since centrifuge decanter machines can be used in every sector where phase separation is needed, it has a wide working area in the industrial sense. In order for centrifuge decanter machines to perform the phase separation process in the most appropriate way, the sheets where the liquid phase separated from the machine as a result of separation takes place, must be adjusted to the appropriate liquid outlet diameter. The adjusted liquid outlet diameter is not fixed for each product, it varies according to many factors. In order to adjust the liquid outlet diameter, the machine can be stopped completely and this adjustment can be made. In this study, an adjustable impeller is designed to adjust the liquid outlet diameters of centrifuge decanter machines without stopping machine. In order for the designed impeller to provide the fluid output within the desired parameters, numerical analyzes were made and the optimum fluid flow geometry was found. The design of the adjustable impeller has been completed so that it can be produced in accordance with the geometry obtained in the numerical analysis and can be mounted on the machine.

**KEYWORDS:** Centrifuge, Decanter, Impeller, Sedimentation

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİL LİSTESİ .....	ix
TABLO LİSTESİ .....	xi
SEMBOL LİSTESİ .....	xii
KISALTMALAR LİSTESİ .....	xiii
ÖNSÖZ.....	xiv
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı .....	3
1.2 Literatür Özeti .....	5
1.3 Yöntem .....	10
<b>2. SANTRİFÜJ DEKANTÖR TASARIMI .....</b>	<b>12</b>
2.1 Temel Bileşenler.....	12
2.1.1 Tambur.....	14
2.1.1.1 Ön Kapak .....	16
2.1.1.2 Sıvı Çıkış Sacları.....	16
2.1.1.3 Şimler ve Yivler .....	18
2.1.1.4 Ön Yataklama.....	19
2.1.1.5 Konik Gövde .....	20
2.1.1.5.1 Katı Çıkış .....	21
2.1.1.6 Arka Kapak .....	22
2.1.2 Helezon (Konveyör) .....	23
2.1.2.1 Helezon (Konveyör) Borusu .....	23
2.1.2.2 Kanatlar .....	25
2.1.2.3 Besleme Odası.....	27
2.1.2.4 Aşınma Koruması .....	29
2.1.3 Şanzıman.....	31
2.1.4 Şasi.....	35
2.1.4.1 Hazne ve Kapak .....	36
2.1.4.2 Döküş Şutları.....	37
2.1.5 Ana Motor.....	38
2.1.6 Helezon Motoru .....	40
<b>3. SANTRİFÜJ DEKANTÖR ANA PRENSİPLERİ.....</b>	<b>42</b>
3.1 Santrifüj Dekantörün Temelleri.....	42
3.2 Seperasyon (Ayırma) Presibi.....	43
3.2.1 Karışımların Ayrıştırılması .....	44
3.2.1.1 Tanecik Boyutu Farkından Yararlanılarak Ayırma Yön.....	45
3.2.1.1.1 Ayıklama.....	45
3.2.1.1.2 Eleme .....	45
3.2.1.1.3 Süzme.....	45
3.2.1.1.4 Diyaliz.....	46
3.2.1.2 Yoğunluk Farkından Yararlanılarak Ayırma Yöntemleri .....	46
3.2.1.2.1 Çöktürme .....	46
3.2.1.2.2 Dekantasyon.....	47

3.2.1.2.3	Yüzdürme (Flotasyon) .....	48
3.2.1.3	Çözünürlük Farkından Yararlanarak Ayırma Yöntemleri .....	48
3.2.1.3.1	Kristallendirme .....	48
3.2.1.3.2	Ekstraksiyon (Özütleme-Çekme).....	49
3.2.1.4	Kaynama Noktası Farkından Yararlanarak Ayırma Yön.....	49
3.2.1.4.1	Damıtma (Basit Damıtma).....	49
3.2.1.4.2	Ayrımsal Damıtma.....	50
3.2.1.5	Hal Değişirme Sıcaklıkları Farkı ile Ayrıştırma .....	50
3.3	Sigma Teorisi .....	51
3.4	Merkezkaç Kuvveti .....	52
3.5	Santrifüj Dekantör Boyutlandırma Prensipleri.....	54
3.5.1	Tambur Et Kalınlığı .....	59
3.6	Motor Gücünün Hesaplanması .....	61
<b>4.</b>	<b>MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>64</b>
4.1	Santrifüj Dekantör Gövde Elemanları Malzemeleri.....	64
4.2	Ayarlanabilir Disk .....	64
4.2.1	Ayarlanabilir Disk ve Geleneksel Yöntem .....	65
4.2.2	Ayarlanabilir Disk Montajı Tasarım Özellikleri.....	68
4.2.3	Ayarlanabilir Disk Montajını Oluşturan Parçalar .....	69
4.2.4	Ayarlanabilir Disk Ölçülendirme Esasları .....	73
4.2.4.1	Santrifüj Pompa Çarklarının Teorisi .....	73
4.2.4.1.1	Santrifüj Pompa .....	73
4.2.4.1.2	Santrifüj Pompa Çarkı .....	74
4.2.4.1.3	Santrifüj Pompa Çark Tasarımı .....	75
4.2.5	Ayarlanabilir Disk İçin Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi .	76
4.3	Ayarlanabilir Disk Geometrisi Ölçüleri .....	78
4.4	Sonlu Elemanlar Metodu Çözümü .....	79
4.4.1	Problemin Modellenmesi ve Sınır Şartları.....	80
4.4.2	ANSYS Programı Kullanılarak Yapılan Çözüm .....	81
4.4.2.1	Geometrinin Analize Hazırlanması.....	82
4.4.2.2	Mesh.....	83
4.4.2.3	Ayar (Setup) .....	86
4.4.2.4	Sonuçlar.....	87
<b>5.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>96</b>
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>98</b>
<b>7.</b>	<b>EKLER.....</b>	<b>102</b>
<b>8.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>110</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. 1: Dekantör Çalışma Prensibi .....	2
Şekil 2. 1: Santrifüj Dekantör Ana Parçaları .....	13
Şekil 2. 2: Zıt Yönlü Akış .....	14
Şekil 2. 3: Eş Yönlü Akış .....	14
Şekil 2. 4 : Tambur Montajı .....	15
Şekil 2. 5: Tambur Ön Kapak .....	16
Şekil 2. 6: Sıvı Çıkış Sacı Montajı .....	17
Şekil 2. 7: Tambur ve Şim Montajı .....	18
Şekil 2. 8: Yatak Montaj Parçaları .....	20
Şekil 2. 9: Konik Gövde .....	21
Şekil 2. 10: Konik Gövde Katı Çıkışı .....	22
Şekil 2. 11: Arka Kapak Montajı .....	22
Şekil 2. 12: Helezon Borusu .....	24
Şekil 2. 13: Helezon Borusuna Kaynatılmadan Önce Kanatlar .....	25
Şekil 2. 14: Helezon Kanatlarındaki Pencere Örnekleri .....	26
Şekil 2. 15: Negatif ve Pozitif Helezon Kanat Açısı .....	26
Şekil 2. 16: İki Kanatlı Helezon Tasarım Örneği .....	27
Şekil 2. 17: Besleme Odası .....	27
Şekil 2. 18: Helezon Odaları .....	28
Şekil 2. 19: Alternatif Besleme Odası Tasarımları .....	29
Şekil 2. 20: Helezon Kanat Ucu Aşınma Parçaları .....	30
Şekil 2. 21: Termal Püskürtme Yöntemi ile Yapılan Kaplama İşlemi .....	30
Şekil 2. 22: Aşınma Koruması Yapılan Alanlar .....	30
Şekil 2. 23: İki Kademeli Episiklik Şanzıman (100 Tahvil Oranı) .....	31
Şekil 2. 24: Siklo Şanzıman .....	33
Şekil 2. 25: Santrifüj Dekantör Siklo Şanzıman .....	34
Şekil 2. 26: Sumitomo Firmasının Siklo Şanz. İçin Tork- Dif. Hız Grafiği .....	34
Şekil 2. 27: Şasi Titreşim Takozu .....	35
Şekil 2. 28: Hazne ve Kapak Grubu .....	36
Şekil 2. 29: Hazne ve Kapak Perdeleri .....	37
Şekil 2. 30: Şasi ve Destek Parçaları .....	38
Şekil 2. 31: Ana Motor Montajı .....	39
Şekil 2. 32: Dekantör Helezon Rulmanı Bağlantı Montajı .....	40
Şekil 2. 33: Motorlar ve Şasideki Konumları .....	41
Şekil 3. 1: Santrifüj Dekantör Ana Elemanları .....	43
Şekil 3. 2: Çöktürme Yöntemi .....	47
Şekil 3. 3: Dekantasyon Yöntemi .....	47
Şekil 3. 4: Santrifüj Dekantörde Çöktürme ve Dekantasyon işlemi .....	48
Şekil 3. 5: Damıtma İşlemi .....	49
Şekil 3. 6: Ayrımsal Damıtma İşlemi .....	50
Şekil 3. 7: Küresel Parçacığa Etki Eden Kuvvetler .....	51
Şekil 3. 8: Merkezci Kuvvet .....	53
Şekil 3. 9: Farklı Fazların Tambura Uyguladığı Kuvvet .....	54
Şekil 3. 10: Tambur Tasarımındaki Ana Ölçülerden Bazıları .....	54
Şekil 3. 11: Tambur içerisindeki Karışım Hacmi .....	55
Şekil 3. 12: Tambur İçindeki Küresel Parçacığın Konumu .....	57



Şekil 3. 13: Konik Gövdenin Oluşturduğu Kayma Kuvveti .....	59
Şekil 4. 1: Ayarlanabilir Disk Montajı .....	65
Şekil 4. 2: Ayarlanabilir ve Sabit Sıvı Çıkış Sacları .....	66
Şekil 4. 3: Ayarlanabilir Sıvı Çıkış Saclarında Kumpas ölçüm Noktaları .....	67
Şekil 4. 4: Ayarlanabilir Disk Kontrol Kolu .....	68
Şekil 4. 5: Tambur İçindeki Havuz Derinlikleri .....	68
Şekil 4. 6: Disk Grubu Montaj Parçaları .....	70
Şekil 4. 7: Sıvı Tahliye Grubu Grubu .....	71
Şekil 4. 8: Sıvı Faz Akışının Gerçekleştiği Disk Geometrisi .....	72
Şekil 4. 9: Ayarlanabilir Disk Kullanılan Gövde Grubu İçeri Akış .....	72
Şekil 4. 10: Santrifüj Pompa .....	73
Şekil 4. 11: Santrifüj Pompa Çarkı .....	74
Şekil 4. 12: Özgül Hıza Göre Çark Şekilleri .....	76
Şekil 4. 13: Disk Geometrisi Değişken Ölçüleri .....	78
Şekil 4. 14: Disk içindeki Akışın Gerçekleşeceği Kanal .....	82
Şekil 4. 15: Sıvı Akış Kanalı .....	83
Şekil 4. 16: Body Sizing ve Face Sizing Mesh Özellikleri .....	84
Şekil 4. 17: Akışkan Kanalı Giriş Bölgesi Mesh Yapısı .....	84
Şekil 4. 18: Akışkan Çıkış Bölgesi Mesh Yapısı .....	85
Şekil 4. 19: Inlet ve Outlet Yüzeylerinin Belirlenmesi .....	85
Şekil 4. 20: 20°C Suyun Termofiziksel Özellikleri .....	86
Şekil 4. 21: Kanal Duvarı Kaymama Koşulu .....	87
Şekil 4. 22: Gauge Pressure Basınç Tanımlaması .....	87
Şekil 4. 23: Geometri Basınç Kontürü .....	88
Şekil 4. 24: Geometri Hız Kontürü .....	88
Şekil 4. 25: Geometri Analiz Sonuçları .....	89
Şekil 4. 26: Geometri Basınç Kontürü .....	89
Şekil 4. 27: Geometri Hız Kontürü .....	90
Şekil 4. 28: Geometri Analiz Sonuçları .....	90
Şekil 4. 29: Geometri Basınç Kontürü .....	91
Şekil 4. 30: Geometri Hız Kontürü .....	91
Şekil 4. 31: Geometri Analiz Sonuçları .....	92
Şekil 4. 32: Geometri Basınç Kontürü .....	92
Şekil 4. 33: Geometri Hız Kontürü .....	93
Şekil 4. 34: Geometri Analiz Sonuçları .....	93
Şekil 4. 35: Geometri Basınç Kontürü .....	94
Şekil 4. 36: Geometri Hız Kontürü .....	94
Şekil 4. 37: Geometri Analiz Sonuçları .....	95

## TABLO LİSTESİ

Tablo 4. 1: Disk Grubu Montaj Parçaları Listesi .....	70
Tablo 4. 2: Tahliye Grubu Montaj Parçaları Listesi .....	71
Tablo 4. 3: Disk Tasarımları Değişken Ölçüleri .....	79
Tablo 4. 4: Geometri Tasarım Değişkenlerine Göre Analiz Sonuçları .....	95

## SEMBOL LİSTESİ

<b>G</b>	:	Yerçekimi Kuvvet
<b>F<sub>b</sub></b>	:	Kaldırma Kuvveti
<b>F<sub>d</sub></b>	:	Sürtünme Kuvveti
<b>V<sub>g</sub></b>	:	Sabit Hız
<b>d</b>	:	Partikül Çapı
<b>ρ<sub>y</sub></b>	:	Partikül Yoğunluğu
<b>ρ<sub>s</sub></b>	:	Sıvının Yoğunluğu
<b>g<sub>c</sub></b>	:	Yerçekimi İvmesi
<b>η</b>	:	Sıvının Viskozitesi
<b>r</b>	:	Dönme Ekseninden Olan Uzaklık
<b>ω</b>	:	Açısal Hız
<b>g</b>	:	Yerçekimi İvmesi
<b><math>\vec{F}_m</math></b>	:	Merkezcil Kuvvet
<b>m</b>	:	Kütle
<b>a<sub>m</sub></b>	:	İvme
<b>v</b>	:	Hız
<b><math>\vec{F}_c</math></b>	:	Merkezkaç Kuvveti
<b>D<sub>b</sub></b>	:	Tambur İç Çapı
<b>L/D</b>	:	Boy Çap Oranı
<b>A<sub>cn</sub></b>	:	Tambur Yüzey Alanı
<b>π</b>	:	Pi Sayısı
<b>L<sub>sil</sub></b>	:	Tambur Boyu
<b>D<sub>w</sub></b>	:	Tambur Sıvı Çıkış Çapı
<b>V<sub>s</sub></b>	:	Tambur Toplam İç Hacmi
<b>V<sub>kn</sub></b>	:	Konik Gövde Hacmi
<b>V<sub>sil</sub></b>	:	Tambur Hacmi
<b>V<sub>e</sub></b>	:	Eksenel Hız
<b>V<sub>r</sub></b>	:	Radyal Hız
<b>Q<sub>t</sub></b>	:	Besleme Debisi
<b>T<sub>r</sub></b>	:	Bekleme Süresi
<b>S</b>	:	Kayma Kuvveti
<b>s</b>	:	Tambur Et Kalınlığı
<b>σ</b>	:	Gerilme
<b>P<sub>b</sub></b>	:	Tambur İç Yüzeyine Etkiyen Basınç
<b>R<sub>p0,2</sub></b>	:	Akma Dayanımı
<b>R<sub>m</sub></b>	:	Kopma Dayanımı
<b>P<sub>p</sub></b>	:	Ürünün Tambur Devrine Ulaşması İçin İhtiyaç Duyulan Güç
<b>P<sub>sür</sub></b>	:	Sürtünmeyi Yenmek İçin İhtiyaç Duyulan Güç
<b>P<sub>pt</sub></b>	:	Tambur İçindeki Katının Taşınabilmesi İçin İhtiyaç Duyulan Güç
<b>J</b>	:	Atalet Momenti
<b>t<sub>k</sub></b>	:	Kalkış Süresi
<b>n<sub>s</sub></b>	:	Özgül Hız
<b>H<sub>m</sub></b>	:	Kademe
<b>α</b>	:	Disk Çıkış Açısı
<b>β</b>	:	Disk Çıkış Genişliği

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>HAD</b>	:	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
<b>Pa</b>	:	Pascal
<b>m/s</b>	:	metre/saniye
<b>AISI</b>	:	American Iron and Steel Institute
<b>PIV</b>	:	Particle Image Velocimetry
<b>Hz</b>	:	Hertz
<b>KNO<sub>3</sub></b>	:	Potasyum Nitrat
<b>Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></b>	:	Yerçekimi İvmesi
<b>CO<sub>2</sub></b>	:	Karbondioksit
<b>PLC</b>	:	Programlanabilir Mantıksal Denetleyici

## ÖNSÖZ

Lisans eğitimimde olduğu gibi yüksek lisans eğitimimde de beni her zaman destekleyen, bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, yüksek lisans eğitimimde kendisi ile çalışma fırsatı veren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Özler KARAKAŞ'a çok teşekkür ederim.

Tez sürecimde tüm imkanlarını bana sunan, yüksek lisans eğitimimi destekleyen ve teşvik eden, mevcut makine tasarımları üzerinden yeni tasarımlar oluşturma imkanı ve bu tasarımları tezimde kullanma izni veren Polat Makina Sanayi A.Ş.'ye teşekkürlerimi sunarım.

Tasarım sürecimde her türlü bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan farklı bakış açıları kazandıran iş arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Bütün eğitim hayatımda olduğu gibi yüksek lisans eğitimimde de her zaman yanımda oldukları için ve desteklerini benden hiçbir zaman esirgemedikleri için aileme çok teşekkür ederim. Lisans eğitimimde olduğu gibi yüksek lisans eğitimimde de bana göstermiş olduğu anlayış ve ilgisi için yol arkadaşım Seda ONAR'a çok teşekkür ederim.

# 1. GİRİŞ

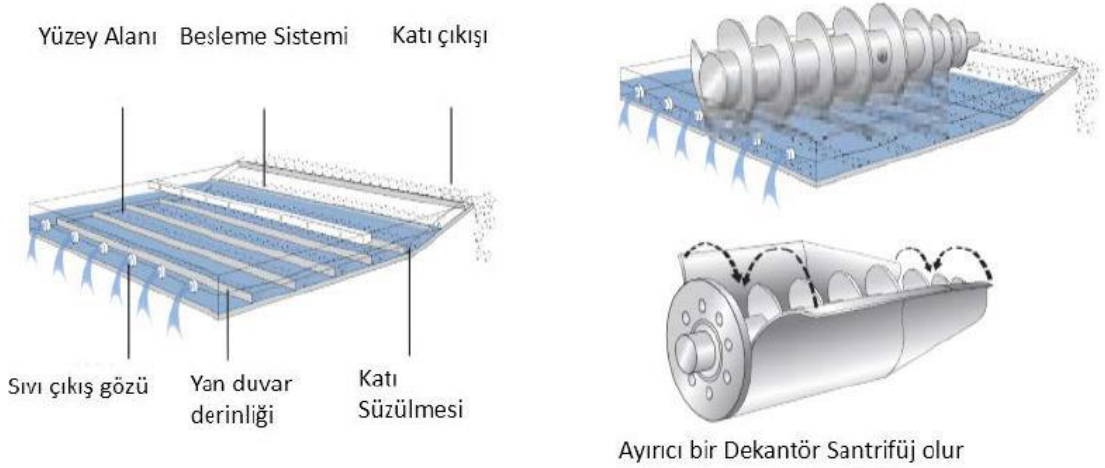
Karışımlar birden fazla maddenin kimyasal özellikleri değişmeyecek şekilde bir araya gelmesiyle oluşan madde topluluğudur ve bu karışımların ayrılması günümüzde önemli bir yere sahiptir. Karışımların ayrılması günümüzde çok farklı amaçlarla farklı sistemlerde karşımıza gelmektedir. Bu karışımların ayrılması da bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmaktadır. Karışımların ayrıştırılmasında ihtiyaç duyulan yerlere örnek olarak çamurun susuzlaştırılması verilebilir bu sistem için yapılan işlem katı-sıvı fazlarının ayrılması olmaktadır bu ayrıştırma sayesinde çevre kirliliği de önlenmiş olacaktır, ya da zeytinyağının elde edilmesi süreci buna örnek verilebilir. Zeytinden yağ elde edilebilmesi için katı-sıvı ve sıvı-sıvı fazların ayrıştırılması gerekmektedir. Bu fazların ayrıştırılması işlemi pirina yağ ve su arasında gerçekleştirilmektedir. Verilen örnekler daha da çoğaltılabilirken çevreden gıdaya, petrolden madene daha birçok sektörde örnekler verilebilir.

Karışımların ayrıştırılması her bir bileşenin fiziksel özelliklerinden faydalanılarak gerçekleşmektedir. Katı-sıvı fazların bir arada bulunduğu karışımlarda katı partiküller yer çekimi etkisiyle çökelirler. Gerçekleşen bu olay çöktürme (sedimentasyon) olarak isimlendirilir. Sedimentasyondan sonra çökeltinin üstünde kalan sıvı fazın mekanik yöntemlerle alt kısımdaki çökeltiden ayrılmasına aktarma(dekantasyon) denir. Dekantasyon, katı-sıvı fazlarının oluşturduğu süspansiyon içindeki sıvı fazın temiz bir şekilde ayrılarak geriye kalan katı fazın mümkün olduğunca kuru olarak elde edilmesi işlemidir. Santrifüj dekantör makineleri de bahsedilen dekantasyon işleminin gerçekleştiği makinelere denilmektedir. Santrifüj dekantörlerde sedimentasyon işlemini gerçekleştirebilmek için santrifüj (merkezkaç) kuvvetten yararlanılmaktadır.

Dekantasyon işleminin gerçekleştiği santrifüj dekantör makinesi, merkezkaç prensibinden yararlanarak katı-sıvı ya da katı-sıvı-sıvı karışımlarını (süspansiyon) ayırtmak için tasarlanmıştır. Santrifüj dekantör makinesi katı fazın süspansiyondan sürekli olarak ayrılabilmesi için yatay konumda silindir-koni biçiminde tambur ve tamburla aynı eksende farklı hızda dönen helezona sahiptir. Düşük yoğunluktaki sıvı faz, tamburun ulaştığı yüksek devirlerde sürekli olarak karışımdan ayrılırken, katı faz

helezonun tambur ile helezon arasındaki hız farkı olarak tanımlanan diferansiyel hız vasıtasıyla sürekli biçimde tahliye edilir.

Ayrılacak olan katı-sıvı-sıvı süspansiyonu dekantör tamburu içerisine ürün besleme borusuyla girer. Merkezkaç kuvvetinin etkisiyle süspansiyon helezon içerisindeki ürün besleme haznesinden tambur iç yüzeyine doğru özgül ağırlıklar farkıyla çöker ve bu çökelmenin etkisiyle katmanlaşır. Çöken katı, helezon vasıtasıyla ve helezon ile tambur arasındaki diferansiyel hız olarak isimlendirilen hız farkıyla konik kısımdan dışarıya taşınırken, ayrılan sıvı(lar) (ağır ve hafif sıvı, örnek yağ ve su) tamburun silindirik bölümünün bitiminde yer alan seviyesi ayarlanabilir saclardan boşalır. Tamburdan çıkan sıvı ve katı fazlar şaseye bağlı hazne içerisine ayrı ayrı bölümlendirilmiş katı ve sıvı-sıvı çıkış haznelerine alınarak makineye bağlı şutlara yönlendirilir. Bu açıdan bakıldığında Dekantör bir çöktürme (savaklama) havuzunun silindirik hale getirilmesi olarak düşünülebilir.



**Şekil 1. 1:** Dekantör Çalışma Prensibi

Santrifüj dekantör makineleri karışımların ayrıştırılmasında, katıların konsantrasyonu ve susuzlaştırılmasında, bileşenlerin özütünü almada (ekstraksiyonunda) etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu kapsamda santrifüj dekantörlerin kullanılabilirdiği prosesler göz önüne alındığında endüstriyel anlamda oldukça geniş bir çalışma sahasına sahiptir.

Bu sektörlerden örnek vermek gerekirse kullanım çeşitlerine göre şu şekilde gruplandırılabilir. Bu grupları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Gıda
- Çevre
- Petrol
- Sondaj
- Maden
- Kimya ve İlaç
- Yenilenebilir Enerji

### 1.1 Tezin Amacı

Santrifüj dekantörler yüksek açısız hız etkisiyle merkezkaç (santrifüj) kuvvet oluşturan ve bu yüksek santrifüj kuvveti ile katı-sıvı, sıvı-sıvı fazları ayırıştırın makinelerdir. Santrifüj dekantörlerin faz ayırıştırma işlemini optimum şekilde gerçekleştirebilmeleri için ayırıştırma sonucu makineden ayrılan sıvı fazın çıktığı sıvı çıkış saclarının çaplarının en uygun konumda ayarlanması gerekmektedir. En uygun konumda ayarlandığı düşünülse de ayarlanan bu sacların konumu her ürün için hatta aynı üründe farklı bölgelerdeki santrifüj dekantörler için bile değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle sıvı çıkışının gerçekleştiği sacların konumunu optimum seviyede olacak şekilde ayarlayana kadar birçok kez sacların ayarı değiştirilmektedir. Konumu ayarlanan bu saclar uygun konuma getirilmeden önce makinede işlenen ürünün nasıl çıktığı gözlemlenip eğer ki istenen özelliklere sahip ürün çıkışı elde edilemiyorsa yeniden sacların konumu ayarlanıp deneme yapılmalıdır. Her bir sıvı çıkış çapının sac ayarı için santrifüj dekantör makinesi durdurulup santrifüj dekantör makinesinin üst kapağı civataları sökülerek açılıp kumpas yardımıyla sacların sayısına bağılı olarak tek tek ölçülerek ayarlanmalıdır. Yapılan ayarlamadan ardından civataları sökülerek açılan üst kapak yeniden civatalar takılarak kapatılıp makine çalıştırılmalıdır. Santrifüj dekantör makineleri yüksek devirlerde döndüklerinden dolayı makineyi durdurmadan önceki devre gelmesi zaman alacaktır bu nedenle sac ayarı yaptıktan sonra çalışma devrine gelebilmesi için de beklemek gerekmektedir. Tüm bu beklemler santrifüj dekantör makinesi nerede ve hangi ürünle çalışırsa çalışsın en uygun çalışma koşullarına ayarlayabilmek için yaşanmak zorundadır. Bu çalışmada yapılan ayarlanabilir disk tasarımı ile en uygun sıvı çıkış çapı makineyi durdurmaya



gerek kalmadan ayar süresini en aza indirerek tamamlamak amaçlanmıştır. Yapılan ayarlanabilir disk tasarımında sıvı çıkışının gerçekleşeceği diskte en uygun akış yolu bulunarak santrifüj dekantör makinesinin verimini üst seviyeye çıkarmak hedeflenmektedir. Yapılan ayarlanabilir disk tasarımı sayesinde birçok sektörde çalışmakta olan santrifüj dekantörlerde yaşanan zaman kaybının önüne geçmek istenilmiştir. Santrifüj dekantör makinesindeki gereksiz dur-kalk operasyonları önlenerek son kullanıcı için zamandan tasarruf etmek amaçlanmıştır. Yalnızca diskin ayarlanabilir olması amaçlanmamış olup aynı zamanda santrifüj dekantör makinesinden çıkan sıvı fazın basıncının ve hızının istenen seviyelerde olması için ayarlanabilir disk için optimum sıvı akış yolunu bulmak amaçlanmıştır. Tüm bu istekler doğrultusunda;

- Standart model santrifüj dekantör göz önüne alınarak ayarlanabilir diskin yer alacağı santrifüj dekantör makinesinden beklenen çalışma parametrelerinin belirlenmesi
- Üç boyutlu tasarım programı ile uygun parametreler dahilinde modellemenin yapılması
- Üç boyutlu tasarım programı kullanılarak yapılan modellemenin istenen parametreleri karşılayabilecek yeterliliğe sahip olup olmadığının değerlendirilebilmesi için tasarlanan üç boyutlu modellerin sonlu elemanlar metodu uygulamalarıyla nümerik analizlerinin yapılması
- Nümerik analizi yapılan üç boyutlu modellerin sonuçlarının irdelenerek istenen parametreleri karşılayan üç boyutlu modelin belirlenip santrifüj dekantör makinesine montaj edilebilir şekilde üç boyutlu tasarımın tamamlanması

hedeflenmekte olup yapılan tasarım sonucu elde edilecek olan olumlu sonuçların santrifüj dekantör sektöründe zaman kaybını ortadan kaldıracığı ve kullanılan ayarlanabilir diskin optimum seçiminin diğer modeller için de fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

## 1.2 Literatür Özeti

Karışım birden fazla maddenin kimyasal özellikleri değişmeyecek şekilde bir araya gelmesiyle oluşan madde topluluğudur. Saf maddeler element ve bileşiklerden oluşur. Maddelerin çoğu saf olmayan karışımlardır. Karışımlar homojen, kolloid ve heterojen olmak üzere üçe ayrılır. Karışımlar farklı biçimlerde olabildiğinden dolayı karışımları ayırmada kullanılan teknikler de farklılık göstermektedir.

1902 yılında ilk santrifüj dekantöre benzeyen cihazı açıklayarak İsveçli mucid Liedbeck patentini almıştır (Liedbeck 1903). Patentini aldığı bu cihazın altında kendi tahrik motoru yer almakta olup dikey olarak monte edilmiştir. Üst kısmı kaporta içerisinde boşluğa sahiptir ve Liedbeck'in bu tasarımı besleme tankı da içermektedir. Bu tasarım mevcut santrifüj seperatörler ile benzer bir tasarımdır. Mevcut 3 faz santrifüj dekantörler ile benzerliği ise bir katı faz ve iki sıvı faz da elde edilebilmektedir. Santrifüj dekantör için Gustaf de Laval tarafından alınmış olan ilk patent kremayı ayırıştırmak için ortaya koyulmuştur. (G. De Laval 1881). De Laval'in ilk tasarımı kabaca küresel bir gövdeye benzemektedir. Disk yığını kapsayan kilit patent ise 1888 yılında Von Bechtolsheim'e verildi (Bechtolsheim 1890). Bu patenti almasına neden olan tasarım ise De Laval'in şirketi tarafından satın alındı. 1930'ların sonunda ise ürün beslemesinin konik tabandan yapıldığı bir dekantör tasarımı ile Pecker yeni bir patent aldı (Pecker 1938). Ardından 1940'ların ortalarında Ritsch proses geliştirme şirketine atanarak konik kısmı daha keskin olan bir tambur grubu tasarımı ile süspansiyon halindeki çöken ve yüzen katıyı ayırmayı amaçlayarak yeni bir patent aldı (Ritsch 1945).

Bird Makine isimli şirket 1946'ların başlarında kaolin üretimi için patent başvurusunda bulundu. 1947'de verilen ancak 1940'ta dosyalanmış olan bir patent olarak tarihe geçti (Bird Makine 1947). Aralık 1949 yılında ise yine Bird Makine şirketi için Milliken ve Topping tarafından üç bölmeli gövde tasarımı ve katı yıkamalı tasarım ile patent başvurusu yapılmıştır. (Bird Makine 1949)

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra ekonomik olarak yavaş ama emin şekilde başarılı bir ilerleme gösteren Bird ve Sharpies şirketleri rakiplerinin pazara akın etmesine neden oldu. Bu rakip şirketler arasında Alfa Laval'ın yanı sıra Klöcker,

Krupp, Rahmesohl & Schmidt (Westfalia), International Combustion ve Dorr Oliver yer almaktadır.

Yapılan çalışmada standart santrifüj dekantör tasarımında yer almayan bir sıvı çıkış elemanı kullanıldığından dolayı santrifüj dekantör makineleri için önceki dönemlerde ilgili sıvı akış elemanı ile ilgili bir çalışma yapılmamıştır. Tasarımda kullanılan ayarlanabilir disk tasarımındaki sıvı akışının olduğu disk geometrisi benzer akışların gerçekleştiği ekipmanlar değerlendirerek literatür incelenmiştir. Literatürde tasarımda yer alan diske benzer işlevleri yerine getirmesi için farklı makinelerde kullanılan disk tasarımları ve bu tasarımları etkileyen parametreler taranmış olup çalışmada disk içerisinde tasarlanan diskin sıvı akış geometrisinin birden fazla oluşturulması için kullanılmıştır. Benzer konuları esas alan çalışmalara ait özetler ise aşağıda verilmiştir.

Öztürk (2004), doktora tez çalışmasında geleneksel pompalardan farklı bir radyal açıklığa ve salyangoz kalınlığına (çark çapının %20 si kadar ve 8mm salyangoz kalınlığı) sahip olan difüzörlü bir santrifüj pompa içindeki akışı sonlu hacimler yöntemi içeren Fluent paket programıyla nümerik olarak incelemiştir. Akış üç boyutlu viskoz, sıkıştırılmaz, türbülanslı, daimi ve daimi olmayan koşullarda kabul edilmiştir. Akış yapısı üç boyutlu geometride 15 farklı debide üç farklı radyal açıklıkta, daimi ve daimi olmayan akış durumları için incelenmiştir. Farklı radyal açıklıkların pompa performansı üzerine etkisini gözlemlemek amacıyla, her bir açıklık için performans eğrilerini elde etmiştir. Çalışma sonucunda %20 radyal açıklığın optimum pompa performansı için daha uygun olduğunu, açıklığın azaltılması durumunda pompa içerisinde akışın olumsuz etkilendiğini ve pompada basınç çalkantılarına yol açtığını gözlemiştir.

Anagnostopoulos (2006), bu çalışmada Reynolds Ortalamalı Navier Stokes denklemlerini kontrol hacmi yaklaşımı ve Kartezyen ızgaralar üzerinde çözerek, santrifüj pompa çarklarında 3 boyutlu türbülanslı akışın simülasyonu için sayısal bir model geliştirmiştir. İkincisi, çok hızlı ve tam otomatik bir algoritma ile oluşturulabilirken, hesaplama alanının düzensiz sınırları üzerinde oluşturulan kısmen doldurulmuş ızgara hücrelerini çözmek için etkili bir sayısal teknik de dahil etmiştir. Belirli bir çarktaki sabit akış alanı için hesaplamalar sunmuş, analiz etmiş ve

karakteristik performans eğrileri oluşturmuştur. Mevcut çalışmada yürüttüğü bu tür parametrik çalışmaların sonuçlarının, çark geometrisinin optimize edilmesiyle hidrolik verimlilikte kayda değer bir kazanım elde edilebileceğini göstermişlerdir.

Korkmaz (2014), çalışmasında radyal akışlı bir pompa tasarımı ve imalatı için sistematik bir yaklaşım sunmuş, tasarım ve imalat aşamalarında dikkat edilmesi gereken hususları ortaya koymuştur.

Zhang vd. (2015), çalışmalarında yarı 3D hidrolik tasarım (Q3DHD), sınır girdap akısı (BVF) teşhisi ve genetik algoritmanın (GA) birleştirilmesiyle çok fazlı pompa çarkı için yeni bir optimizasyon tasarım yöntemi önermişlerdir. Deneysel sonuçlarla, optimize edilmiş çarkın diferansiyel basıncının ve maksimum verimliliğinin sırasıyla %4 ve %2,5 oranında arttığını göstermişlerdir. Bu çalışmada, bu yazıda önerilen optimizasyon tasarım yönteminin uygulanabilir olduğunu göstermişlerdir.

Parlak (2016), çalışmasında santrifüj tipi bir pompa çarkının belirlenen parametre ve bunların seviyeleri arasından, en iyi verim, basma yüksekliği ve debiyi sağlayacak olan değerleri Taguchi yöntemi kullanarak deneysel olarak tespit etmiştir. Parlak bu çalışmasında tasarım parametreleri olarak kanat sayısı, çıkış açısı, çıkış çapı ve çıkış genişliğini kabul etmiş ve bu parametreler ışığında 9 farklı çark geometrisi oluşturmuştur. Oluşturduğu bu 9 farklı geometriyi imal etmiş ve test düzeneğinde test etmiştir. Test düzeneğinde yapılan testler ile sinyal/gürültü oranları sayesinde tüm alternatif tasarımları tahmin ederek optimum tasarımları belirlemiştir.

Capurso vd. (2018), bu çalışmalarında düşük-orta özgül hızlı çift emişli santrifüj pompalar ( $60 < nq <$  için tasarlanmış yeni bir impeller tasarımı önermişlerdir ve bu önermiş oldukları yeni tasarım geleneksel tasarımlara göre bir kayma faktörü artışı, ikincil kayıplar azalması ve ikincil kayıplarla bağlantılı olarak %1–2 oranında bir verimlilik artışı göstermektedir. Yeni çift emişli impeller tasarımı, iki farklı taraftan başlasalar bile aynı çevresel çıkışta dönüşümlü olarak ortaya çıkan akış kanallarının yeni bir düzenlemesi ile karakterize etmişlerdir. İmpeller içinden geçen akış alanını, açık kaynak CFD kodu OpenFOAM aracılığıyla yürütülen sayısal simülasyonlar aracılığıyla incelemişlerdir ve performansı deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Izgara boyutu ve ayırıklaştırma şemaları açısından CFD model

kurulumu, daha önce geleneksel bir santrifüj pompa üzerinde konsolide CFX simülasyonlarının sonuçlarına göre değerlendirmişlerdir.

Martínez-Delgado vd. (2018), bu çalışmada, biri U ve diğeri V yivli kanatlı olmak üzere 45° döndürülmüş dört kanatlı iki yeni tasarım türbinin performansı bölmeli karıştırılmalı tank reaktörde değerlendirilmiş ve normal 4PBT ile karşılaştırmışlardır. Yivli duvarlı ve 4PBT'li yeni tasarım çarkların neden olduğu güç tüketimi, ortalama hızlar, türbülanslı kinetik enerji üretimi (TKE), enerji kayıp hızı ( $\epsilon$ ) ve takip eden girdapları deneysel olarak değerlendirmişlerdir ve bağımsız girdap simülasyonu (DES) yaklaşımı ile modellemişlerdir. Sonuçların doğrulanmasını PIV (Particle image velocimetry) deneysel testleri ile yapmışlardır. Yivli yeni tasarım çarkların üst ve alt yüzlerinde bulunan yeni ve ayırt edici arka girdapların evrimini sunmuşlardır. Açılı çözümlenmiş PIV tekniği ile ölçülmüş ve DES yöntemi ile üç boyutlu olarak görselleştirmişlerdir. V-oluk şekilli çark, deşarj bölgesi boyunca diğer çarklara göre türbülanslı kinetik enerjinin daha büyük bir etki bölgesi oluşturmuştur. Ayrıca, ölçülen açılarının çoğu için daha yüksek ortalama yayılım oranı seviyeleri sunmuş ve diğer türbinlere göre kanatların çevresinde daha fazla sayıda takip girdabını indüklemişlerdir. Geniş bir Reynolds sayısı (Re) aralığında ( $40 \times 10^3 < Re < 125 \times 10^3$ ) şafttan deneysel olarak ölçülen dağılan gücün U ve V için %6 ve %4 mertebesinde azalmalar sunduğunu bulmuşlardır.

Chandrasekaran vd. (2020), bu makalede santrifüj pompalar için MATLAB yazılımı kullanarak sıvı çıkışı için disk tasarımı ve potansiyel akış hesaplarının gerçekleştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Bu tasarımı NX-CAD ile tasarlamış olup, pompanın salyangoz gövdesindeki akış yollarını ANSYS yazılımı ile göstermişlerdir. Disk tasarımındaki değişikliklerin pompanın genel performansına etkisini incelemişlerdir.

Peng vd. (2020), bu çalışmada, bir bulamaç pompasında kuvars kumu ve suyun katı-sıvı iki fazlı akışını simüle etmek için Eulerian-Eulerian karışım modelini kullanmışlardır. İmpelleri istatistiksel olarak optimize etmişlerdir. Ardından, 1:0.408 geometrik benzerlik oranı için orijinal pompa tasarımı ve optimize edilmiş pompa tasarımını üretmişlerdir. İki bulamaç pompasındaki aşınma oranlarını daha sonra ağırlık kaybı ölçümleri ile ölçmüşlerdir. Testler, optimize edilmiş pompanın daha az

aşınmaya, daha uzun hizmet ömrüne sahip olduğunu ve bu optimizasyon yönteminin etkili olduğunu gösteren tasarım hedeflerini karşıladığını göstermişlerdir.

Usca vd. (2020), çalışmalarında kalp yetmezliği hastalıklarında tedaviye destek amaçlı olarak kullanılan santrifüj kalp destek pompaları için farklı çark kanat geometrilerinin pompa performansına olan etkisi sayısal olarak incelenmişlerdir. Pompa tasarım parametreleri olarak, yetişkin bir insan kalbinin çalışma parametrelerini baz almışlardır. Ayrıca bu çalışmada parametrelerin ve çark kanat tiplerinin kan hasarına (hemoliz) olan etkilerini inceleyebilmek için cidar kayma gerilmeleri de tespit etmişlerdir.

Sarizeybek (2020), yüksek lisans tezinde Ecmo sisteminde kullanılacak olan santrifüj kan pompası üzerinde nümerik olarak çalışmıştır. Tasarımını Solidworks yazılımını kullanarak gerçekleştirmiş ve tasarım sonrasında hesaplamalı akışkanlar dinamiği hesabı için Ansys yazılımını kullanmıştır. Hesaplamalarında farklı çıkış kanat açıları ve üst boşluk mesafesini (üst salyangoz ve kanat tepesi arasındaki mesafe) değiştirerek pompa basma yüksekliğini ve hidrolik pompa verimliliğini karşılaştırmıştır. Denemeler sonucunda 0,10 mmlik üst boşluk mesafesi olan pompanın istenen basma yüksekliğine ulaştığını gözlemlemiş ve bu sebeple 0,1mmlik pompa dizaynını çalışma için uygun görmüştür.

Tang vd. (2021), bu makalede verimli bir sağlamlık optimizasyonu prosedürü sağlamayı ve operasyonel geometrik belirsizlikler altında santrifüj kompresör diski için temel fiziksel mekanizmayı keşfetmeyi amaçlamışlardır. Santrifüj kompresör diskinin çok amaçlı aerodinamik sağlamlık optimizasyonu ve tasarım araştırması için yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Sinir ağı tabanlı bir Kriging modeli oluşturmuşlar ve aerodinamik sağlamlık optimizasyonuna oluşturdukları bu modeli entegre etmişlerdir. Tasarım değişkenleri ile performans parametreleri arasındaki korelasyon ile optimizasyonu sağlamışlardır. Sinir ağı tabanlı Kriging modelinin belirsiz yaklaşım modellemesi için doğruluk sergilediği ve bu nedenle tercih edildiğini öne sürmüşlerdir.

Ju vd. (2021), bu makalede üç boyutlu gerçekçi imalat belirsizliklerini dikkate alarak bir santrifüj kompresör diskinin deterministik analizini, belirsizlik analizini ve tasarım optimizasyonunu içeren kapsamlı bir araştırma sunmuşlardır. İşlenmiş santrifüj disklerin kanat profili ölçümlerinin istatistiksel analizi sayesinde hem

kanat kamber hem de kalınlık hatalarının Gauss dağılımların uyduğunu doğrulamışlardır. Tasarım optimizasyonunu çözmek için sıralı dolgu örnekleme tabanlı bir optimizasyon yöntemi kullanmışlardır. Azalan kanat açılarının pozitif kanat kalınlığı hatalarının olumsuz etkisini telafi edebileceği ve böylece üretim belirsizliklerine karşı çark performansının sağlamlığını arttırdığını göstermişlerdir. Bu çalışma ile ileri düzey santrifüj kompresörlerin daha fazla belirsizlik ölçümü ve sağlam tasarımı için teorik bir temel oluşturmuşlardır.

### 1.3 Yöntem

Yapılan çalışma konstrüksiyon ve imalat bilimini destekler nitelikte bir çalışma olmuş olup, yapılan çalışmada şu aşamalardan geçilmiştir;

1. Yapılacak olan tasarımın parametrelerinin ne olacağını, makine çıktılarından beklentinin ne olduğunu belirlenebilmesi için sıvı çıkışı olarak geleneksel yöntemin yer aldığı benzer boyutlarda, benzer saatlik işleme kapasitesine sahip dekantör referansı belirlenmiştir.

2. Faz ayrıştırmasını gerçekleştirecek olan makinenin standart makineye göre sıvı çıkış çaplarının yaklaşık kaç olduğu referans alınan geleneksel santrifüj dekantör makinesinden tespit edilip, diskin kaba boyutları belirlenmiştir.

3. İstenen sıvı çıkış çaplarını boyutsal anlamda karşılayabilen üç boyutlu nihai tasarıma karar verilmiştir.

4. Üç boyutlu nihai tasarımı belirlenmiş diskin geleneksel santrifüj dekantörlerden farklı olarak ayarlanabilir hale gelmesi için ayarlanabilir kol ile montajı üç boyutlu ortamda tamamlanmıştır.

5. Üç boyutlu ayarlanabilir kol montajı tamamlanan diskin kol ile hangi sıvı çıkış çapına karşılık geldiği belirlenmiş olup markalama noktalarına karar verilmiştir.

6. Geleneksel sıvı çıkışa sahip dekantörden referans alınarak diskin sıvı akış geometrisinin nümerik analizi için sınır şartları belirlenmiştir.

7. Literatür taramasında karşılaşılan benzer işlevleri gösteren disk tasarımları incelenerek üç adet farklı sıvı akış geometrisine sahip disk tasarımı üç boyutlu ortamda nümerik analiz yapılabilecek şekilde hazırlanmıştır.

8. Nümerik analiz için hazırlanan disk içi sıvı akış geometrileri geleneksel sıvı çıkışına sahip santrifüj dekantörden alınan sınır şartları kullanılarak, hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizi yapılmıştır.

9. Nümerik analiz sonucunda geleneksel sıvı çıkışına sahip dekantör çıktıları incelenerek disk içi sıvı akış geometrisi sonuçları irdelenmiş olup uygun akış geometrisine karar verilmiştir.

10. Nihai sıvı akış geometrisine sahip disk tasarımına karar verilmesinin ardından ayarlanabilir disk montajı geleneksel santrifüj dekantör makinesine montaj edilebilir şekilde tasarım tamamlanmıştır.

Yapılan çalışmada belirlenen sıvı akış geometrilerinin irdelenebilmesi amacıyla her geometri için akışkan su olarak seçilmiş olup her bir geometride akış laminer olarak kabul edilmiştir.

Bu sınır şartları ışığında karar verilen disk akış geometrisi belirlenerek nihai montaj tasarımı yorumlanmıştır.



## 2. SANTRİFÜJ DEKANTÖR TASARIMI

Santrifüj dekantör makinesi, prensipte nispeten basit bir makinedir, ancak üretimi basit olmaktan uzaktır. İçinde bir vidalı konveyör bulunan dönen bir tamburdur, berraklaştırılmış sıvı bir uçtan boşaltılırken, suyu alınmış katılar diğer uçtan dışarı kaydırılır. Santrifüj dekantörün başlıca meziyeti ayrılmış katılarda oldukça düşük seviyede tutulan sıvılar ile bir sıvıdan oldukça yüksek seviyelerde askıdaki katı maddeleri uzaklaştırma yeteneğidir. Dekantör, bulamaç hacminin %100'ünü kaplayan katılar içeren bulamaçları işleyebilir. Bulamaç pompalanabilir olduğu sürece, dekantör bu bulamacı işleyebilecektir. Santrifüj dekantörlerde susuzlaştırılmış keklerin çoğunun nem içeriği, keklerin yığından fazla nem sızmadan istiflenebileceği şekildedir. Bazı kekler serbest akışlı ve ufalanırken, bazıları macunsu veya kile benzer. Bununla birlikte, santrifüj dekantörün bu bariz basitliği, çok geniş bir tasarım varyantları yelpazesi nedeniyle karmaşık hale gelmektedir.

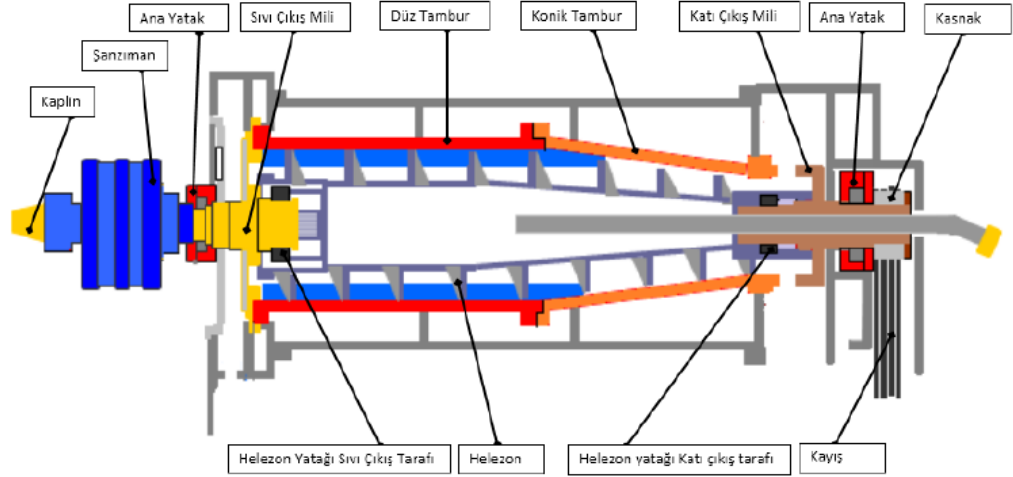
Santrifüj dekantörün kalbi, kendisi ile tambur arasında küçük bir boşluk bulunan bir Arşimet vidalı konveyörü barındıran esasen silindirik bir gövdeden oluşan döner tertibattır. Tamburun bir ucu koni şeklindedir ve bu sayede katıların oradan çıkarılmasına olanak sağlar. Tamburun bir ucuna, konveyör ile tambur arasında küçük bir diferansiyel hız sağlamak için genellikle bir dişli kutusu takılır.

Ürün besleme işlemi işe şasiye monte edilmiş bir boru vasıtasıyla konveyör içinden geçirilerek tambur içine girmesi sağlanarak gerçekleştirilir. Konstrüksiyon malzemeleri temel tasarımda en önemli hususlardan biridir. Çoğu dekantörün ürün ile birebir temas halinde olan parçaları paslanmaz çelikten imal edilirken, ürün ile birebir temas halinde olmayan fakat tasarımda yer alan bazı parçalar da karbon çeliğinden imal edilmiş durumlar da mevcuttur.

### 2.1 Temel Bileşenler

Santrifüj dekantör makinesi bileşenleri gövde grubu, şasi grubu ve tahrik grubu olarak üç ana grup altında toplanabilir.

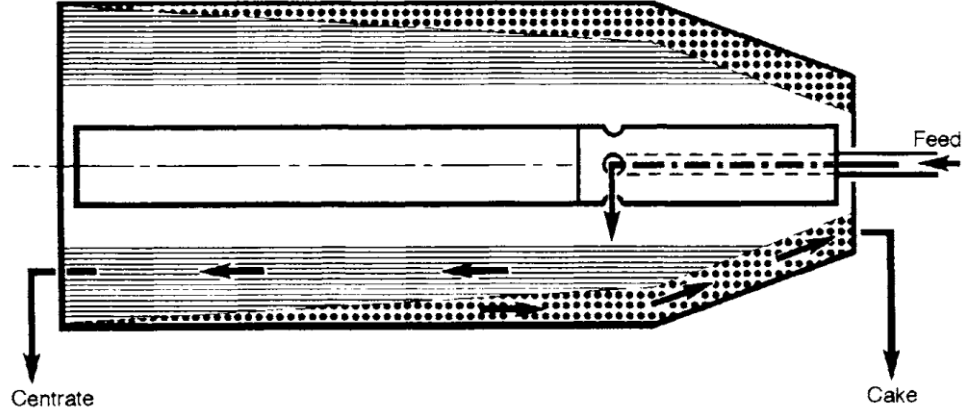
Gövde grubu helezon ve tambur montajının yapıldığı beraber çalışan gruptur. Santrifüj dekantör makinesinin en önemli ve en pahalı kısmı da tüm işin yapıldığı proses ve işçilik anlamında en fazla yeri kaplayan gruptur. Birkaç tona kadar ağırlığa sahip ve santrifüj kuvvet olarak da yüksek santrifüj kuvvete maruz kalan bir gruptur. Balansın üst seviyede dikkat edildiği hassas tolerans aralıklarında işçilik yapılan bir grup olduğu için işleme kabiliyeti gerektiren bir montaj grubudur.



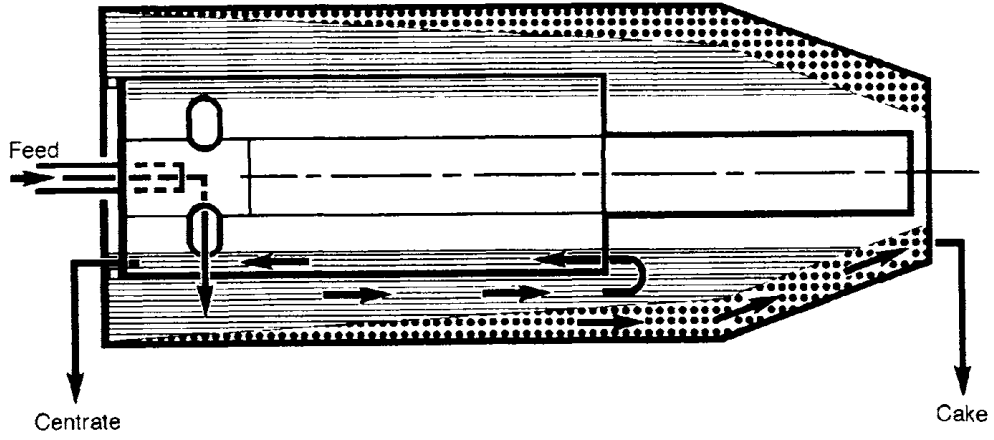
Şekil 2. 1: Santrifüj Dekantör Ana Parçaları

Santrifüj dekantörün gövde grubunda kullanılan rulmanlar ve contalar santrifüj dekantör makinesinin önemli parçalarıdır. Rulmanların düzgün çalışması için genel olarak yağlanması gerekir. Bunu yapmak için keçeler, hem yatakları korumak hem de ürünün veya ortamın yağlayıcı tarafından kirlenmesini önlemek için yağlanan yatakları proses ortamından ayırır. Santrifüj dekantör makinesi içindeki proses sıvılarını ve buharları tutmak için contalara da ihtiyaç vardır. Contalar, prosesin pozitif basınç veya vakum gerektirdiği ve buharların yanıcı veya zehirli olduğu yerlerde özellikle önemlidir.

Artırılmış sıvı ve kekin santrifüj dekantör içindeki akışı eş yönlü veya zıt yönlü akış olabilir. Eş yönlü akış tasarımında, hem katılar hem de sıvılar ayırma bölgesinde aynı yönde, aksel olarak hareket eder ve artırılmış sıvı, çıkış kanallarından katıların boşaltılması için karşı uca yönlendirilir. Zıt yönlü akış tasarımında katılar ve sıvılar, ayırma bölgesinde aksel olarak zıt yönlere hareket eder ve zıt uçlardan boşalır. Her iki tasarımın da güçlü savunucuları ve argümanları vardır.



Şekil 2. 2: Zıt Yönlü Akış



Şekil 2. 3: Eş Yönlü Akış

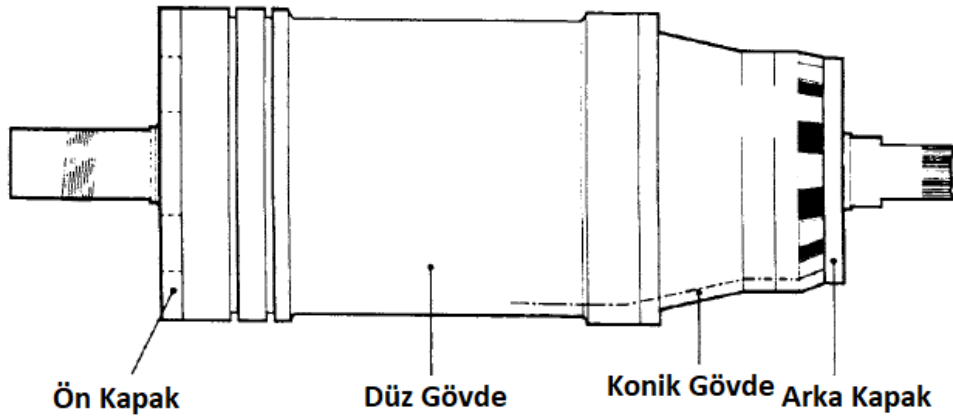
Santrifüj dekantör makinesini oluşturan parçaların malzemeleri çok ve çeşitlidir. Ürün ile temas halinde olan gövde montajının paslanmaz çelikten yapılması daha olağandır. Farklı tip ürün ile çalışan parçalar bu şekilde korozyondan korunmuş olacaktır. Santrifüj dekantör makinesinin şasi grubu parçaları için yüksek kalitede paslanmaz çeliğe gerek yoktur. Ürün ile birebir temas halinde olmayan parçalar oldukları için gövde parçalarının maruz kaldığı kadar yüksek seviyede bir korozif ortama maruz kalmamaktadırlar.

### 2.1.1 Tambur

Modern bir santrifüj dekantördeki tambur her iki ucunda çıkış bulunan bir borudur. Bu borunun bir ucundan sıvı çıkışı olurken diğer ucundan katı çıkışı

gerçekleşir. Katı ve sıvı çıkışlarının gerçekleştiği yerlerde birden fazla tasarım kullanılabilir. Kullanılan tasarımlar arasında burçlu tasarımlar olabildiği gibi, boruya civata ile bağlanan çıkışlar da mevcuttur. Havuz derinliğini ayarlayabilecek şekilde katı ve sıvı çıkışlarında farklı tasarımlarla karşılaşmak mümkündür.

Tambur et kalınlığı tambur için seçilen malzeme, tamburun çıkacağı maksimum devir ve tambur içerisinde olabilecek maksimum ürün miktarına göre hesaplanır.



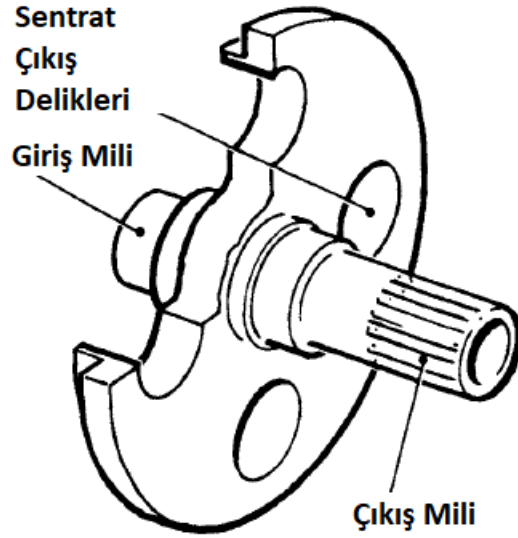
Şekil 2.4 : Tambur Montajı

Tamburun iç yüzeyi düz de işlenebilir fakat kekin tambur gövdesinde kaymadan tutunabilmesi için bazı tasarım alternatiflerine gidilmiştir. İlk alternatif olarak tamburun iç yüzeyine yivler açılıp yüzeyde kekin tutunmasını sağlamak olmuştur. İkinci alternatif ise düz olan tambur iç yüzeyine şim olarak isimlendirilen uzunlamasına parçaların kaynaklanması ile kekin tambur iç yüzeyine tutunması sağlanır.

Tambur çok yüksek devirlerde döndüğünden dolayı tamburda oluşacak balans yüksek titreşimlere sebep olacaktır. Bu titreşimin önüne geçilebilmesi için tamburun balansı alınmalıdır. Tamburdan alınacak olan balans için tamburun her iki tarafında balansı karşılayabilecek talaşı alabilecek kadar et kalınlığı bırakılmalıdır. Bu şekilde kütle ilave ederek değil bölgesel kütle azaltarak balans sağlanmış olacaktır.

### 2.1.1.1 Ön Kapak

Tambur ön kapağı düz gövdenin sonuna civata bağlantısı ile takılır. Helezonu, yatakları ve tamburun bir arada olmasını sağlayan her iki tarafı mil şeklinde olan bir parçadır. Santrifüj dekantör yatağında ve helezonda yer alan rulmanlar ön kapağın önünde ve arkasında millere yataklanır. Yataktaki ve helezondaki rulmanları koruyabilmek amacıyla da takılan sızdırmazlık elemanlarından kapak üzerinde yer alanlar bulunmaktadır.



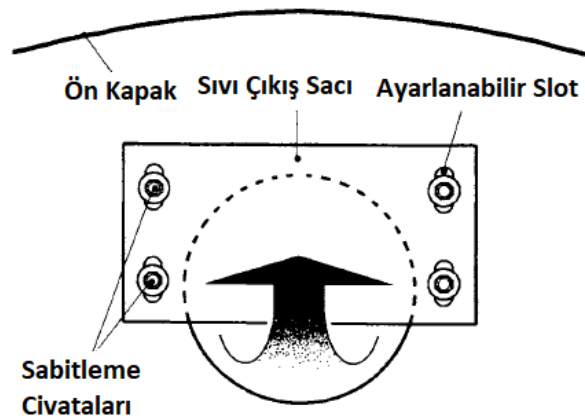
Şekil 2. 5: Tambur Ön Kapak

### 2.1.1.2 Sıvı Çıkış Sacları

Temel bir santrifüj dekantörde sentrat ön kapak üzerinde yer alan sıvı çıkış saclarını aşarak boşalır. Bu ön kapak üzerinde yer alan sıvı çıkış sacları sayesinde santrifüj dekantörün tamburunun içerisinde ne kadar bir havuz derinliği oluşturulacaksa ayarlanabilir. Sıvı çıkış saclarında görülen en basit tasarımlardan biri ön kapak üzerinde yer alan oyuklara civatalanmış şekilde montajlanan dikdörtgen saclar olmuştur. Bu sacların civata ile bağlandığı delikleri genellikle slot kanal ile açılır. Bunun nedeni ise tambur içerisinde istenen havuz derinliğini her defasında farklı bir sıvı çıkış sacıyla ayarlamak yerine, slot kanallar sayesinde sıvı çıkış sacını istenilen ölçüde kaydırarak mümkün olmaktadır. İstenilen ölçüye kaydırılan sıvı çıkış saclarının civataları

tekrardan slot kanal olan delikte ayarlanıp sıkılarak sabitlenecektir. Havuz seviyesi ise her ürün, her proses için farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar bazen 1mm olabildiği gibi bazen 10mm de olmaktadır. Sıvı çıkış sacının istenilen aralıkta olup olmadığı ise deneme yanılma yöntemiyle her defasında sıvı çıkış saclarının civataları gevşetilip slot kanal içerisindeki civata konumu ayarlanıp yeniden sıkılarak gerçekleştirilmektedir. Bu durum her defasında makinenin durdurulup kapak civatalarınının sökülerek gerçekleştirildiği bir olaydır. Bu nedenle uygun havuz derinliği ayarlanana kadar büyük bir zaman kaybı oluşmaktadır. Oluşan bu zaman kaybının önüne geçmek için ve makinenin her havuz derinliği ayarlanmak istendiğinde durdurulup çalıştırılmak istenmediği için farklı tasarımlara gidilmiştir. Yapılan çalışma da bu tasarımlardan biri olup, büyük ölçekte sıvı çıkış sacları ile ayarlanan havuz derinliğinde yaşanan zaman kaybının önüne geçmektedir.

Proses kontrolü sıvı çıkış saclarıyla en iyi şekilde ayarlanmak istendiğinde, tasarımlarda kullanılan sıvı çıkış saclarının genişliği olabildiğince maksimuma yakın olmalıdır. Bunun nedeni sıvı çıkış saclarında oluşacak olan birikmenin minimum olabilmesi içindir. Sıvı çıkış saclarında oluşacak olan bu birikme besleme hızına da bağlı olarak değişmektedir fakat sıvı çıkış saclarının genişliği de burada büyük bir etken olmaktadır. Bu nedenle besleme hızı ne kadar fazla olursa olsun, sıvı çıkış saclarının genişliği ne kadar büyük olursa, birikmenin besleme hızına olan bağlılığı azalmış olacaktır.

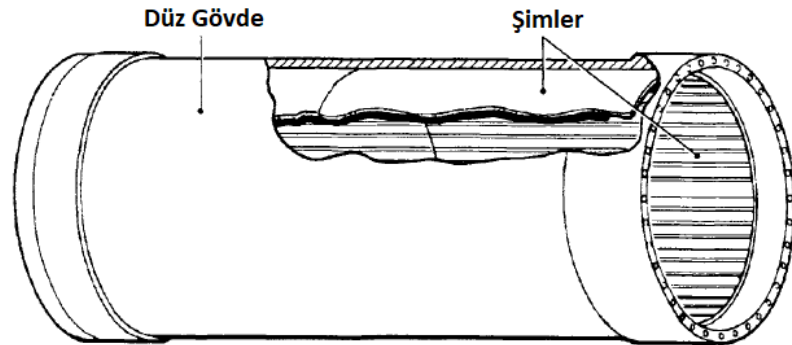


Şekil 2. 6: Sıvı Çıkış Sacı Montajı

### 2.1.1.3 Şimler ve Yivler

Şimler tamburun iç yüzeyine kaynaklanmak üzere ayarlanmış, haddelenerek üretilen metal levhalardır. Tambur iç yüzeyine tambur boyuna göre uzunlamasına şerit şeklinde kaynaklanmaktadır. Şimler ürünün tambur yüzeyinden hızlıca kayıp gidip erozyona uğramasını engellemek amacıyla yerleştirilmiştir. Şim kullanılarak tambur yüzeyinde ürün için tutunma yüzeyi oluşturulmuştur. Şim kullanılan tamburlarda özellikle büyük makinelerde tambur kısmı iki bölümden oluştuğu için (düz gövde ve konik gövde) düz tambur düz gövdesinin boyuna göre ve konik gövdenin boyuna göre farklı uzunluklarda şimler ayarlanmaktadır. Bazı durumlarda tambur iç yüzeyine astar şeklinde bir bütün olarak bir parça kaynakılarak da benzer iç yüzey elde edilebilir. Bu işlem genellikle küçük çaplardaki tambur için uygulanmaktadır. Bazı prosesler için de ürünün tambur iç yüzeyine olan tutunması şim ilavesi ile değil boylamasına yiv adı verilen kanallar açılarak oluşturulmaktadır. Açılan bu kanallar benzer şekilde küçük çaplı tamburlarda astar olarak tambur içerisinde parça kaynakılarak da gerçekleştirilebilir.

Tambur içerisinde yer alan konveyör çapı da tambur iç yüzeyine kaynaklanan şimler düşünülerek uygun çapa getirilmelidir. Bu nedenle tambur iç yüzeyinde şimlerin kullanılacak olduğu prosesler tasarımın en başında karar verilmelidir. Başta şimlerin tambur içerisinde olup olmayacağına karar verilmemesi durumunda helezon montajının ardından karar verilebilecek bir durum değildir. Helezon montajı sonrası şimin tambur iç yüzeyine kaynakılması durumu söz konusu bu nedenle olamaz.



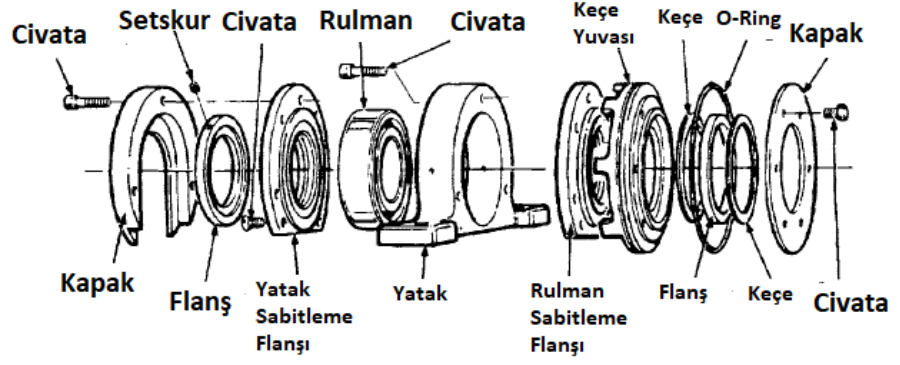
Şekil 2. 7: Tambur ve Şim Montajı

#### 2.1.1.4 Ön Yataklama

İki adet bulunan santrifüj dekantörün yataklarından biri ön kapağa takılmaktadır. İçerisindeki rulman yatak içinde yataklanır, sızdırmazlık elemanları ve labirentler kullanılarak sızdırmazlığı sağlanır. Yataklar şasiye doğru bir şekilde monte edilir ve tam karşısında yer alan diğer yatak ile eşksenelliği sağlanır.

Yatak içerisine seçilen rulmanlar hız ve yükleme koşulları da göz önüne alınarak minimum 100000 saatlik çalışma ömrünü karşılayacak şekilde seçilmelidir. Yataklardaki rulmanların yağlama sistemi ise manuel el pompası ile yapılabildiği gibi ayrıca otomatik sistemler kullanılarak da sirkülasyon edilen yağ ile yağlanabilir. En pahalı yöntemlerden biri olmasına karşın otomatik yağlama sistemleri en güvenilir yağlama sistemi olarak kullanılmaktadır. Bunun sebebi ise rulmanlarda oluşan arızalar göz önüne alındığında arızaların asıl sebebinin yükleme kaynaklı olmadığı yağlama hatasının rulman arızalarında başlıca neden olmasıdır. Bu nedenle rulmanların yağlanması insan kontrolünden çıkarıldığında ve otomatik sistemler kullanıldığında arıza oranı azalacaktır. Bir diğer rulman arızası sebebi ise rulmanın yağ dışında yabancı maddeler ile temas etmesi olacaktır. Bu arızanın önüne geçebilmek için ise sızdırmazlık çok iyi sağlanmalıdır. Sızdırmazlık elemanlarının kullanım yerlerine iyi karar verilmelidir. Otomatik yağlama sistemleri sayesinde yatak içerisinde çalışan rulmandan maksimum verim alınacaktır. Bu da otomatik yağlama sistemlerinin sistemden kirli yağı ve yağı kirleten diğer maddeleri uzaklaştırıp onun yerine filtrelenmiş ve soğutulmuş yağ vermesi ile sağlanacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer husus da şudur; otomatik yağlama sisteminde boşaltılacak yağın kullanılacak olduğu yağ tahliye deliklerinin veya kanallarının yeterli büyüklüğe sahip olması gerekmektedir.





Şekil 2. 8: Yatak Montaj Parçaları

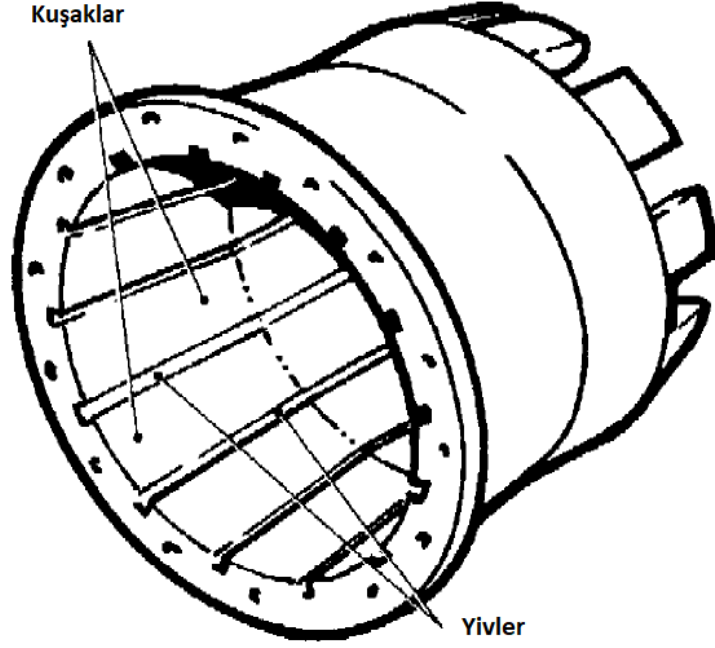
Küçük santrifüj dekantör makinelerinde maliyeti azaltmak için genellikle yağlama için gres yağ kullanılır. Küçük olan santrifüj dekantör yataklarında genellikle silindirik makaralı veya bilyalı tip rulmanlar kullanılır.

Yataklarda kullanılan sızdırmazlık elemanları rulmanda oluşacak termal genişlemeye izin verecek aksel boşluğa göre yerleştirilmelidir. Yataklarda kullanılan rulmanlardan en az biri aksel olarak hareket izin verecek şekilde montajlanmalıdır.

### 2.1.1.5 Konik Gövde

Konik gövde, düz gövdeye civata ile bağlanan bir parçadır ve tambur parçalarından biri olarak kabul edilir. Düz gövde ile beraber konik gövde tambur içerisinde bir havuz oluşmasını sağlar. Düz gövde gibi konik gövde de sürekli olarak ürün ile temas halinde olan parça olduğundan dolayı aynı malzemedan imal edilmelidirler. Konik gövde civata ile düz gövdeye bağlanabildiği gibi özellikle küçük makinelerde geçerli olmak üzere düz gövde ile kaynaklı olarak da üretilebilirler.

Konik gövdenin en sonunda da arka kapak yer almaktadır. Arka kapak da konik gövdeye civata ile bağlanmaktadır. Katı çıkış bu iki parça arasından sağlanmaktadır. Her iki parçanın da tasarımına göre katı çıkışın gerçekleştiği tasarımlar değişkenlik göstermektedir. Yuvarlak delik olarak katı çıkışlar karşımıza gelse de katı çıkışları özel şekillendirilmiş şekilde de görebiliriz. Bu katı çıkışlar genellikle konik gövde üzerinde yer almaktadır.

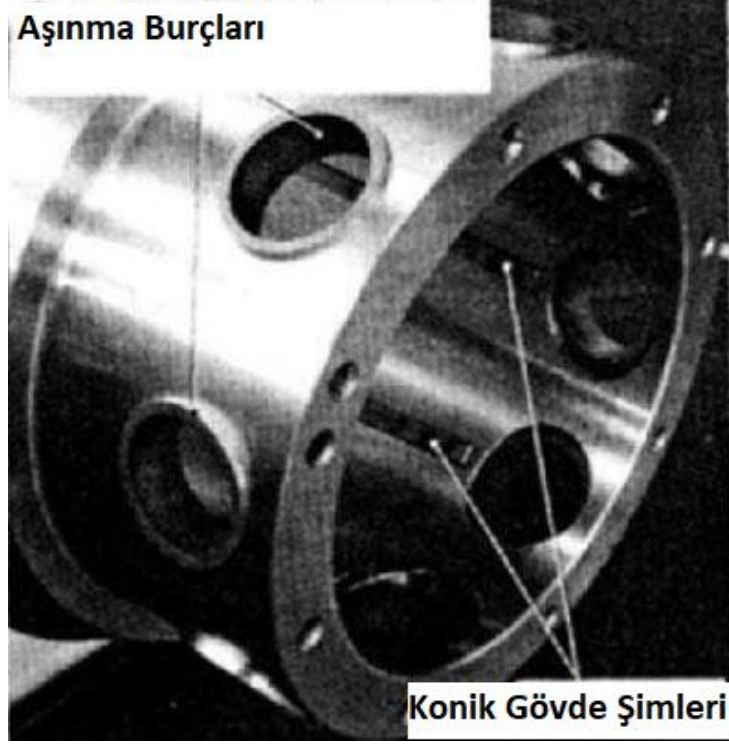


Şekil 2. 9: Konik Gövde

Konik gövdenin konikliğinin sağlanması için seçilen açı daha iyi bir kuruluk ve daha temiz sentrat sağlayabilmek için çok önemlidir. Farklı proseslerde farklı açılar denenerek en uygun konik gövdenin açı değeri elde edilir. Açılar prosesten prosese değişse de genellikle 10-12-15 derece açılar birçok proses için ortak açı değeri olmuştur. Konik gövde de düz gövde gibi yivli veya şimli olarak işlenecek ürüne göre üretilebilir. Bu durum katıların konik gövdeden dışarı taşınmasında önemli bir nokta olarak karşımıza çıkmaktadır.

#### 2.1.1.5.1 Katı Çıkış

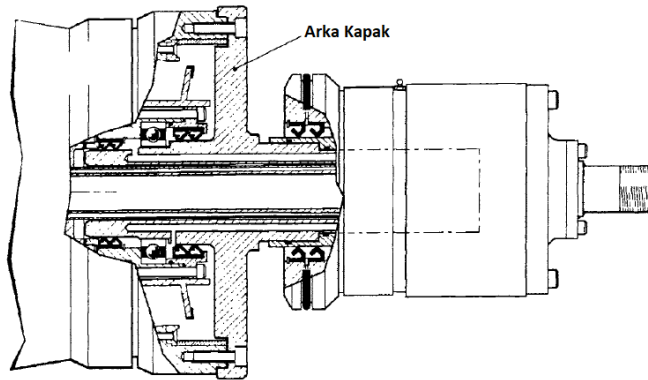
Katı konik gövde ile arka kapak arasından dışarıya atılır. En basit tasarımlarda katı çıkışı için görülebilecek olan tasarım konik gövde üzerinde yer alan yuvarlak delikler olacaktır. Bu delikler genelde tungsten karbürden yapılmış burçlara yatak olacak şekilde tasarlanırlar. Bunun sebebi ise katı çıkışının gerçekleştiği deliklerde oluşacak olan aşınmadır. Katı maddenin oluşturacağı aşınmanın önüne geçmek amacıyla genellikle bu tarz bir yöntem izlenmektedir. Katı çıkışının gerçekleştiği çapı dışarıya atan katıda optimum bir kuruluk elde edebilmek için çok önemlidir. Bu çap da konik gövdenin sonunda düz bir bölüm olarak yer almaktadır ve katı çıkışı da bu bölümden sağlanmaktadır.



Şekil 2. 10: Konik Gövde Katı Çıkışı

#### 2.1.1.6 Arka Kapak

Arka kapak konik gövdeye civata ile bağlanır. Arka kapak üzerinde yer alan sızdırmazlık elemanları ve rulmanlar ön kapağa benzer şekildedir. Arka kapak helezonun bir ucunu silindirik makaralı veya oynak makaralı rulmanlarla destekler. Bir bilyalı veya makaralı rulman helezonun oluşturduğu aksenal yükü de karşılayacaktır. Helezon rulmanlarının tümü gres yağı ile yağlanır, keçe ve o-ring gibi sızdırmazlık elemanlarıyla sızdırmazlığı sağlanır.



Şekil 2. 11: Arka Kapak Montajı

### **2.1.2 Helezon (Konveyör)**

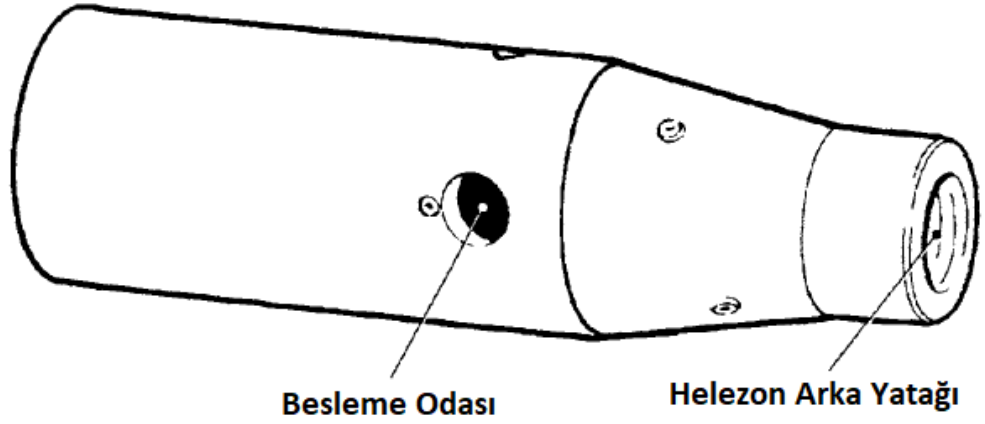
Helezon bir Arşimet vidası şeklide olup, radyal olarak 2 mm'den az boşluk ile iki kapak arasına sabitlenir ve düz gövde ile konik gövdenin içerisinde yer alır. Helezonun başlıca görevi tambur içerisinde yer alan katıyı sürükleyip tamburdan dışarıya atmaktır. Ancak tek görevi de bu değildir, ayrıca ürün beslemesinin tambur içine yapılması helezon içerisinde gerçekleşir.

Helezon en basit haliyle, sürekli bir sarmal yapı oluşturmak için bir boru üzerine kaynatılmış kanatlardan oluşan bir yapıdır. Helezon yatakları ve ilgili contalar kanatların kaynatıldığı merkez borunun her iki ucunda yer alır. Her iki uçta yer alan yatakların ortasında da besleme odası veya besleme bölgesi olarak adlandırılan bir bölüm yer almaktadır. Besleme odası her iki yataktan da izole halde olup sızdırmazlığı sağlanmıştır.

Katı parçaların kendi başlarına ayrılamayacak kadar ince partiküller halinde olduğu bazı uygulamalarda topaklaştırma yardımcısı kullanmak gerekir. Bu yardımcı çok ince partiküller şeklinde bulunan katıların bir araya toplanıp daha büyük partiküller oluşturmasını sağlar. Genellikle tasarımlarda küçük katı partiküllerin bir araya toplanmasında yardımcı olan bu katkı ürün ile beraber besleme sırasında verilmektedir fakat ürün besleme odasının yanına yardımcı oda veya durulama odası olarak da adlandırılan bir oda tasarımı yapılabilir.

#### **2.1.2.1 Helezon (Konveyör) Borusu**

Helezonun (Konveyörün) bu kısmı helezonun en önemli yeridir. Bakıldığında çelik bir boru olarak görünse de malzeme olarak ve tasarım olarak çok önemlidir. Her iki ucunda helezonun yataklanabilmesi için yerler bulunur ve konik gövdenin içine giren kısım helezon borusunda da konik olarak tasarlanmıştır.



Şekil 2. 12: Helezon Borusu

Besleme odası tasarımı düz gövdenin konik gövdeye yakınında olan bir bölümde helezon borusunda yer alır. Besleme odasının yanına küçük katı partiküllerin bir araya toplanmasını sağlayan yardımcı eklenebilmesi için de ikinci bir oda tasarımı yapılabilir. Bazı durumlarda besleme odası ile yardımcı (katkı) madde odası arasında havuza çıkış portları olan bir tampon odası yapılabilir. Bu oda helezon borusu üzerinde bir tampon diski kaynatılarak elde edilir. Tampon diskini besleme odasıyla katkı maddesi odası arasına koyarak katkı maddesinin ürün ile kirlenme olasılığı düşürülür.

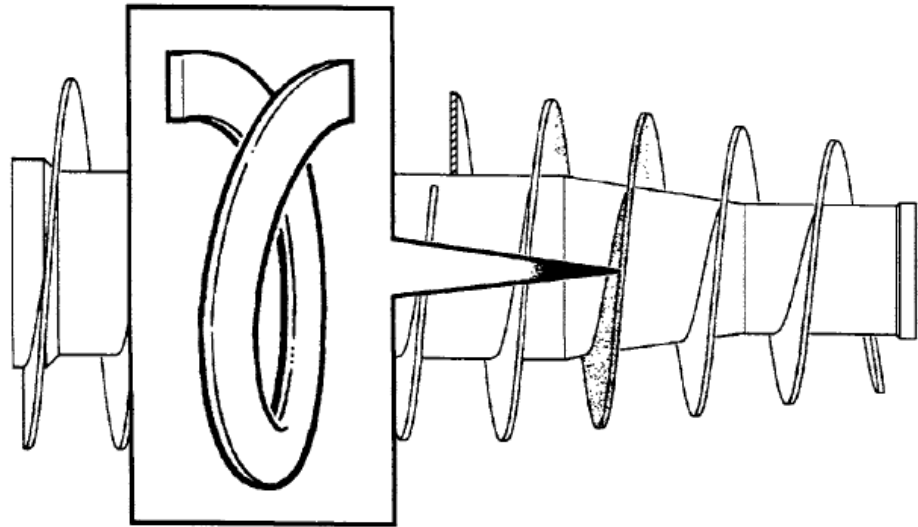
Konveyörün doğal titreşim frekansı santrifüjün maksimum hızını kontrol eden sınırlayıcı bir özelliktir. Bu durum özellikle L/D (uzunluk/çap) oranı 4.0 ve üzerine çıktığında gerçekleşen bir durum olarak belirmektedir. Modern santrifüj dekantörler daha yüksek kapasiteye ulaşmak için uzadığında L/D oranının üzerinde çıkılacağından dolayı bu durum kritik hale gelecektir. Helezon borusu çapı küçülürse helezon esnekliği artar ve böylece doğal frekans düşer. Helezon borusu çapını arttırma her ne kadar bu sorunu çözsün de daha derin havuzların kullanıldığı uygulamalarda helezon borusu havuzun içine daldırılmış olacaktır. Havuzun içine helezon borusunun daldırılması durumunda ise helezon daha fazla hidrolik türbülansa ve dolayısıyla yüzeyindeki sürtünmeden dolayı daha az ayrılmaya ve yapışkan bir yüzey nedeniyle helezon borusu üzerinde olası birikmeye neden olacaktır. Bu birikme sonucunda birikmenin eşmerkez olarak gerçekleşmeyeceğinden ve simetrik olarak yansımayan kaldırma kuvveti etkisinden dolayı mekanik titreşim sorunuyla karşılaşılacaktır. Bu gibi durumlarla karşılaşılmamak için helezon borusu geometrisine yüksek hassasiyet gösterilmelidir.

### 2.1.2.2 Kanatlar

Helezon kanatları düzenli bir Arşimet vidası şeklinde sarmal oluşturabilmek için uygun bir biçimde kıvrılmış ve uç uca kaynaklanmış halka şeklindeki disklerin parçalarından imal edilir. Kaynatılan disklerin konik gövde tarafına da uyum sağlayabilmesi için kanatlar kaynatıldıktan sonra tornalama işlemi uygulanarak konik gövdeye uygun açıyla konikleştirilmelidir. Her disk belirli bir sırayla helezon borusuna kaynaklanır. Kanatlar helezon borusuna çift taraflı kaynak ile kaynaklanır.

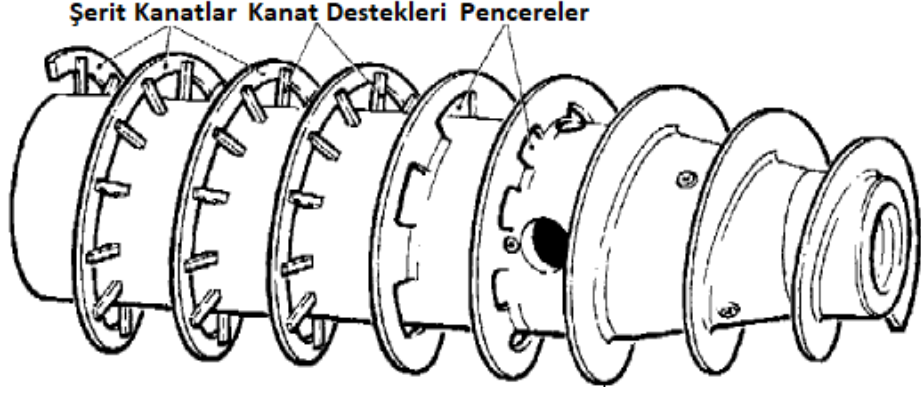
Kanatlar normalde santrifüj dekantör eksenine veya tambur duvarına dik olacak şekilde kaynatılmalıdır. Dekantör üreticilerinin seçimine bağlı olarak bu durum eksene göre diklik veya oluşacak havuz yüzeyine göre diklik olarak tercih edilebilir. Bir kanat yüzeyinin karmaşık bir yapıda olması akıştaki düzensizliklere neden olacağından dolayı istenen bir durum değildir. Santrifüj dekantördeki her bir kanat adımındaki açı minimum  $5^\circ$  olacaktır. Eğim açısı kanatların ucunun helezon borusu yüzeyine baktığı açı olacaktır. Helezon kanatlarını santrifüj dekantör eksenine sabit bir açıda tutmak için  $5^\circ$ 'lik eğim açısı kanatların kökünde neredeyse iki katına çıkmış olacaktır.

Kanatların uçlarında aşınmayı önlemek amacıyla kaplamalar yapılır ve en uçta oluşacak olan torku en aza indirmek amacıyla kanat uçları pürüzsüz bir hale getirilip akış yönüne uygun pahlar yapılır.



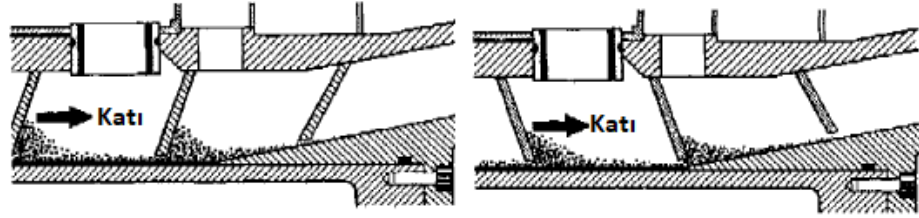
Şekil 2. 13: Helezon Borusuna Kaynatılmadan Önce Kanatlar

Helezon kanatları kapalı bir tasarıma alternatif olarak arıtılmış olan sıvının besleme odası alanından aksenal akışına izin vermek için pencerelere sahip olan tasarımlardır. Bu pencerelerin kanatlar üzerindeki şekli üreticiden üreticiye farklılık gösterebilir.



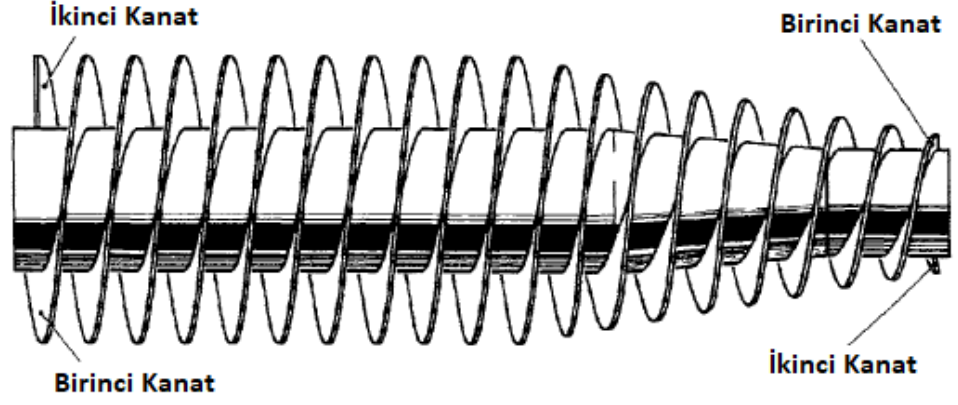
Şekil 2. 14: Helezon Kanatlarındaki Pencere Örnekleri

Helezonun hatvesi, hatve açısı, kanatların eğim açısı uygulamalara göre farklılık göstermektedir. İşlenecek olan ürünün fiziksel özellikleri incelenerek helezon kanatlarında farklı arayışlara girilmiş ve farklı tasarımlar elde edilmiştir.



Şekil 2. 15: Negatif ve Pozitif Helezon Kanat Açısı

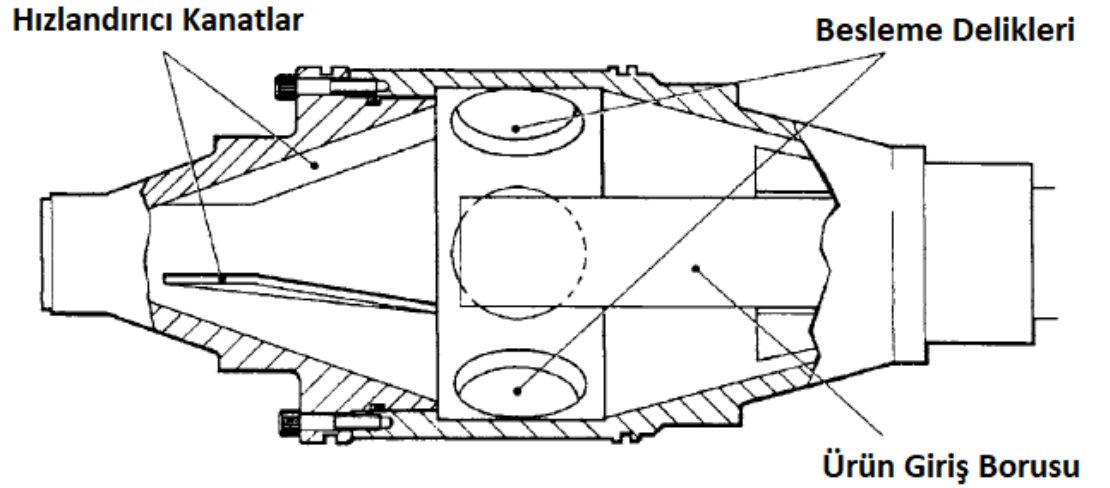
Santrifüj dekantörlerin helezon kanatları büyük çoğunlukla tek kanatlıdır. Tek kanatlı tasarımlara alternatif olarak iki veya üç kanatlı tasarımlar da vardır. Bu tasarımlar iç içe geçmiş kanatlar sayesinde sağlanmaktadır. Farklı kanat sarım başlangıçlarıyla iç içe geçen kanatlar sayesinde iki veya üç adet kanat bir arada yer alabilir. Çok kanatlı helezonlarda avantaj görülebilecek başlıca olay ise tek kanatlı tasarımlarda doğacak tasarım asimetrisinden kaynaklı doğacak dengesizliklerin azalacak olmasıdır.



Şekil 2. 16: İki Kanatlı Helezon Tasarım Örneği

### 2.1.2.3 Besleme Odası

Besleme odası için birçok tasarım mevcuttur, bu tasarımlardan bazıları çok karmaşık olarak görünse de bazıları da çok basit tasarımlar olmuştur. Ürün giriş borusu aracılığıyla besleme odasına girer ve besleme odasından da tambur içerisine ayrıştırılmak için iletilmiş olur. Ürün girişinin hızlanmasına yardımcı olmak için bazen ürün giriş borusu ucunun karşısındaki plaka olan hedef üzerinde hızlandırıcı kanatlar bulunur. Bu kanatlar radyal, açılı veya kavisli olabilir.



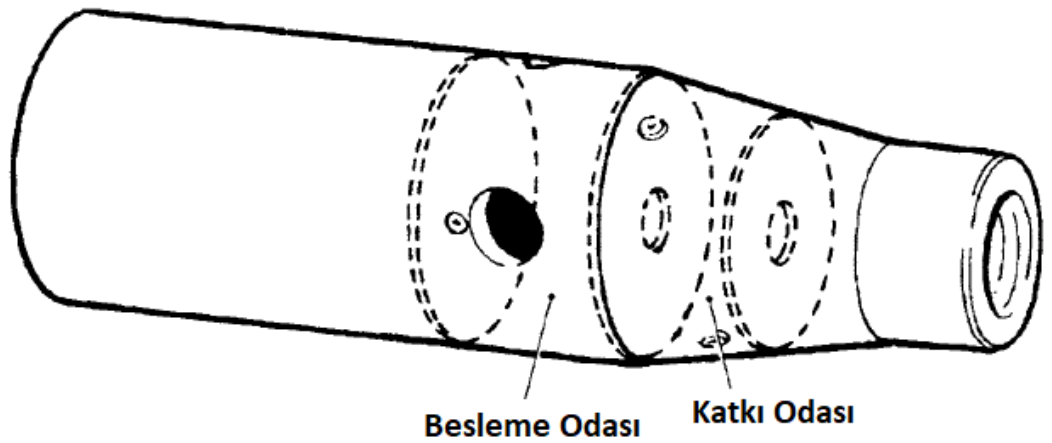
Şekil 2. 17: Besleme Odası

Besleme odasının üründen dolayı aşınmasını engellemek için bazı tasarımlarda farklı malzemeler kullanıldığı gibi bazı durumlarda da aşınmanın önüne geçebilmek amacıyla kaplamalar yapılabilir. Hızlandırıcı kanatların kullanıldığı



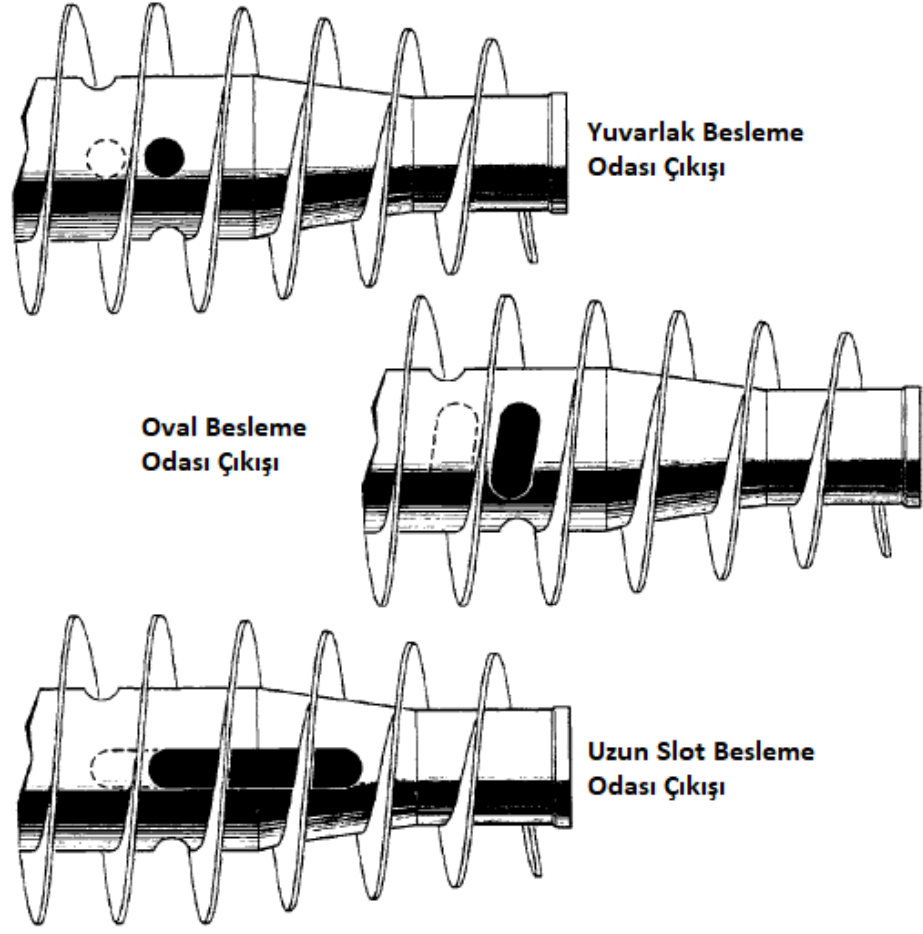
durumlarda özellikle hızlandırıcı kanatlara aşınmadan korumak için kaplama yapılmalıdır. Bazı hızlandırıcı kanat tasarımlarında kanatların tamamen kauçuktan yapıldığı da görülebilir.

Ürün besleme odasından çıkarken çoğu zaman yüksek bir aksel hızıdır. Dönen bir hedefe çarptığında kaçınılmaz olarak bir miktar sıçrama meydana gelir. Besleme odasının arkasına bazen ürün giriş borusunu çevrelemek için bir parça yerleştirilir. Yerleştirilen bu parçanın etrafına da akışı hızlandırması amacıyla kanatlar eklenebilir. İdeal olarak istenen tasarımda havanın ürün giriş borusunun çevresinden besleme odasının içine girmesidir. Hava besleme odasından fan etkisiyle içeri çekilecek ve besleme odası çıkışlarından atılacaktır. Hava daha sonra tamburdan dışarı çıkmak için tambur boyunca geçer. Havanın izlemiş olduğu bu yol da besleme odasından ürünün geri sıçramasını engellemiş olur.



Şekil 2. 18: Helezon Odaları

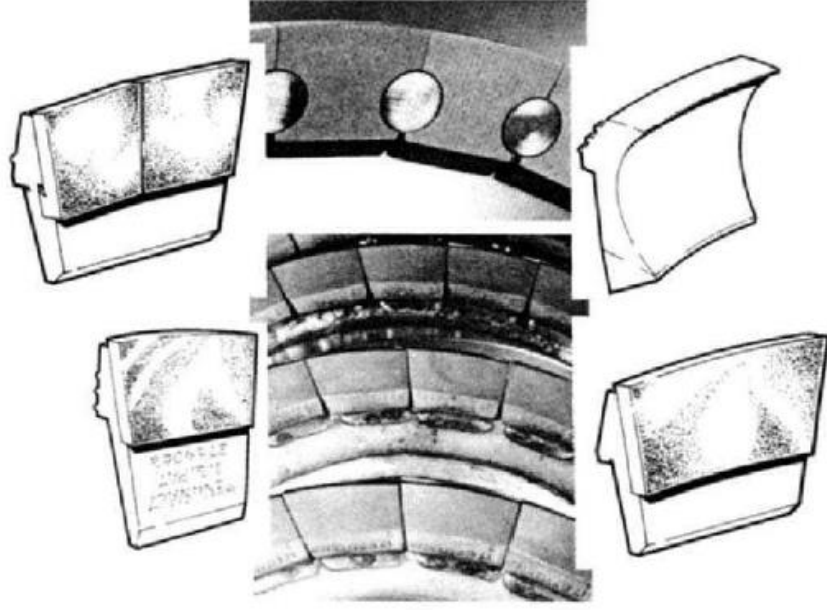
Besleme odasından çıkış delikleri ürünün tambur içerisine nasıl giriş yaptığını etkilediğinden dolayı öneme sahiptir. Bu nedenle besleme odasının çıkışlarında birçok tasarım görülebilir, yeniliklere ve iyileştirmelere de açık bir bölümdür. Besleme odasından tambur içine ürün çıkışını gerçekleştirmek için yalnızca bir adet delik, pencere, oda vs. kullanmak doğru değildir. Dönen parçalar olduklarından dolayı helezon montajı üzerinde dengesizliğe neden olacaktır. Bu nedenle besleme odasından yapılan bu çıkışlar genellikle iki, dört, altı veya sekiz adet olarak çift sayı olacak şekilde tasarlanmalıdır. Temel tasarımlarda karşımıza çıkacak olan besleme odasından ürün çıkışının gerçekleştiği tasarımlar genellikle boru şeklindeki çıkışlar olup bu boruların üzerine kaplamaların yapıldığı durumlar olarak görünmektedir.



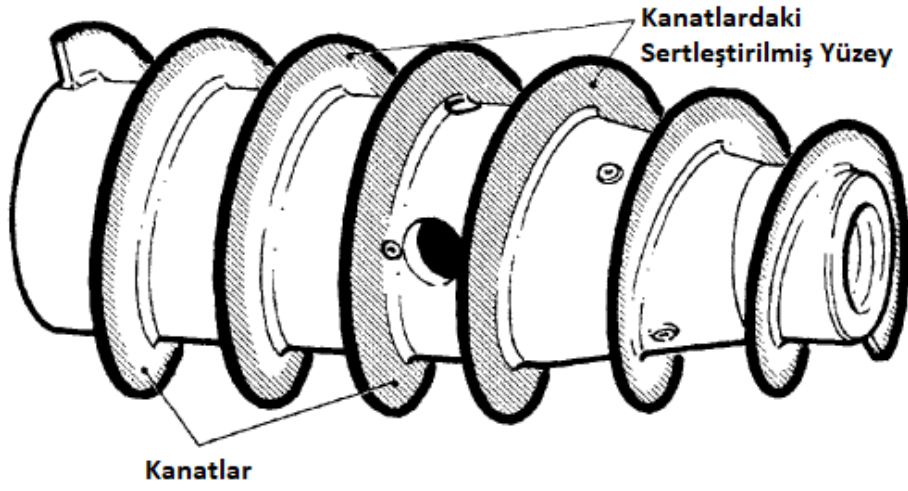
Şekil 2. 19: Alternatif Besleme Odası Tasarımları

#### 2.1.2.4 Aşınma Koruması

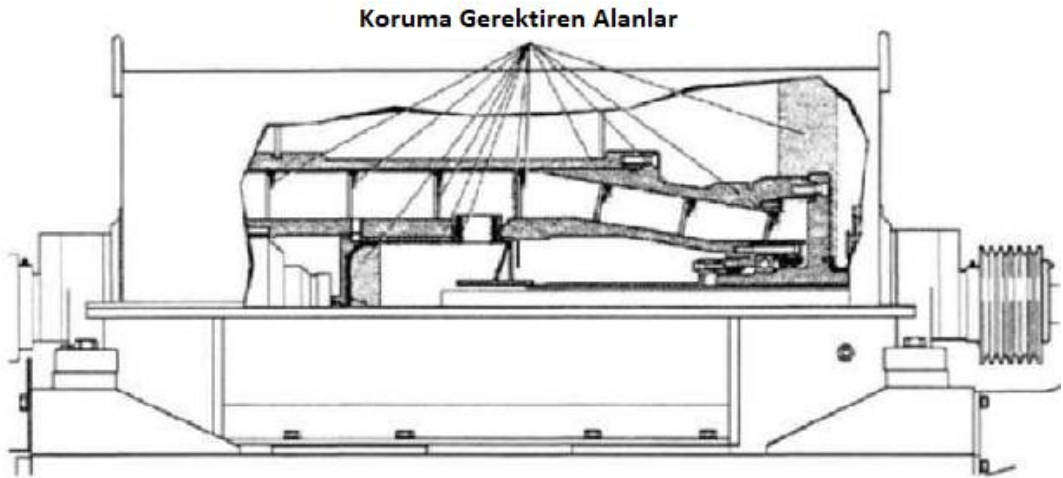
Uygulamadan uygulamaya göre kaplama çeşitleri ve seviyeleri aşınma korumasının derecesine göre değişmektedir. Konveyör üzerinde aşınma koruması gerektiren yerler ise besleme odası, kanat yüzeyleri ve kanat uçlarıdır. Aşınması ön görülen parçaların genellikle tasarımlarda kaynaklı bağlantı ile yapmak yerine sökölüp takılabilir bir halde olması daha ekonomik olacaktır. Bu sayede aşınan parçalarda komple bir değişime gidilmesi yerine sökölüp takılabilen parçalar kullanılarak ekonomik bir şekilde işlem tamamlanabilir. Helezon haricinde şasi üzerindeki belirli bölgelere de kaplama yapmak gerekmektedir. Helezon kanat uçlarına farklı boyut ve şekilde tungsten karbür parçacıkları içeren bir metal alaşımı alevle uygulanan bir malzeme ile kaplanabilir ve ardından bir füzyon işlemi yapılabilir.



Şekil 2. 20: Helazon Kanat Ucu Aşınma Parçaları



Şekil 2. 21: Termal Püskürtme Yöntemi ile Yapılan Kaplama İşlemi

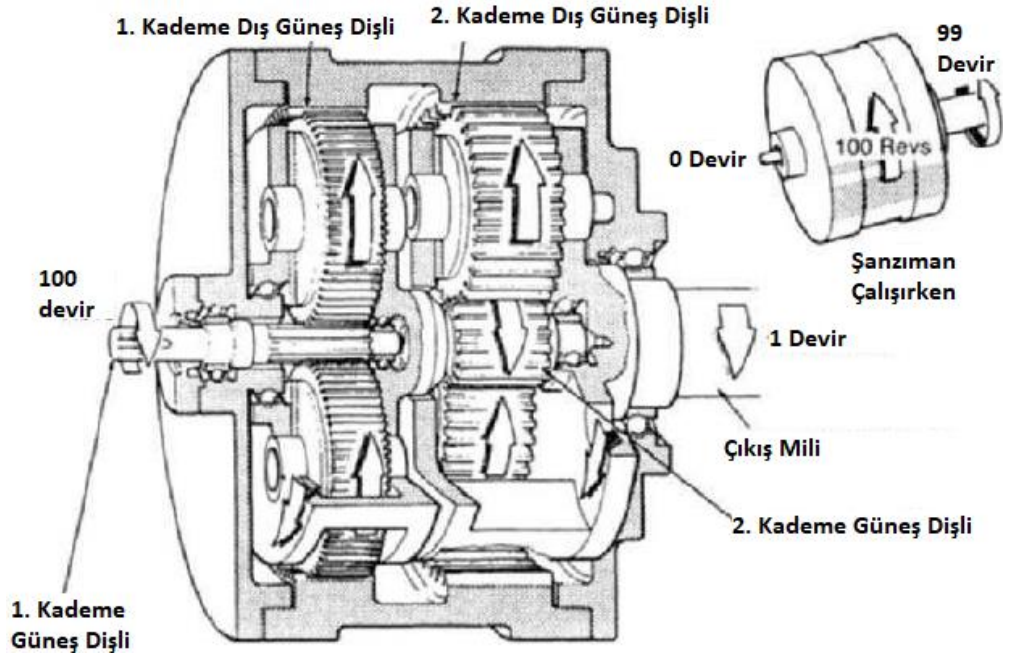


Şekil 2. 22: Aşınma Koruması Yapılan Alanlar

### 2.1.3 Şanzıman

Şanzıman santrifüj dekantör makinesinin en önemli parçalarından biridir. Dönen ekipmanların kalbi olarak nitelendirilebilir. Santrifüj dekantör makinesinin kullanılan iki ana şanzıman tipi vardır, bunlar Japon Sumitomo firması tarafından geliştirilen episiklik şanzıman ve siklo şanzımandır. Bununla birlikte İsviçre şirketi olan Viscotherm tarafından üretilen Rotodiff adı verilen bir hidrolik sistem kullanarak şanzımanı ortadan kaldıran birkaç santrifüj dekantör vardır.

Episiklik sistem bir pinyon mili ve dişliden oluşur bu dişli üç planet dişliyi birbirine geçirir ve bunlar da dişli kutusu gövdesine sabitlenmiş bir dış güneş dişliye geçer. Son zamanlarda üç kademeli episiklik şanzıman olmasına rağmen santrifüj dekantör makinesi için episiklik şanzıman iki kademe içermektedir. Birinci kademenin taşıyıcı plakası ikinci kademe için güneş dişlisini taşıyan bir pinyon milini tutar. Şanzıman oranı her kademedeki oranların çarpımına eşit olmaktadır.



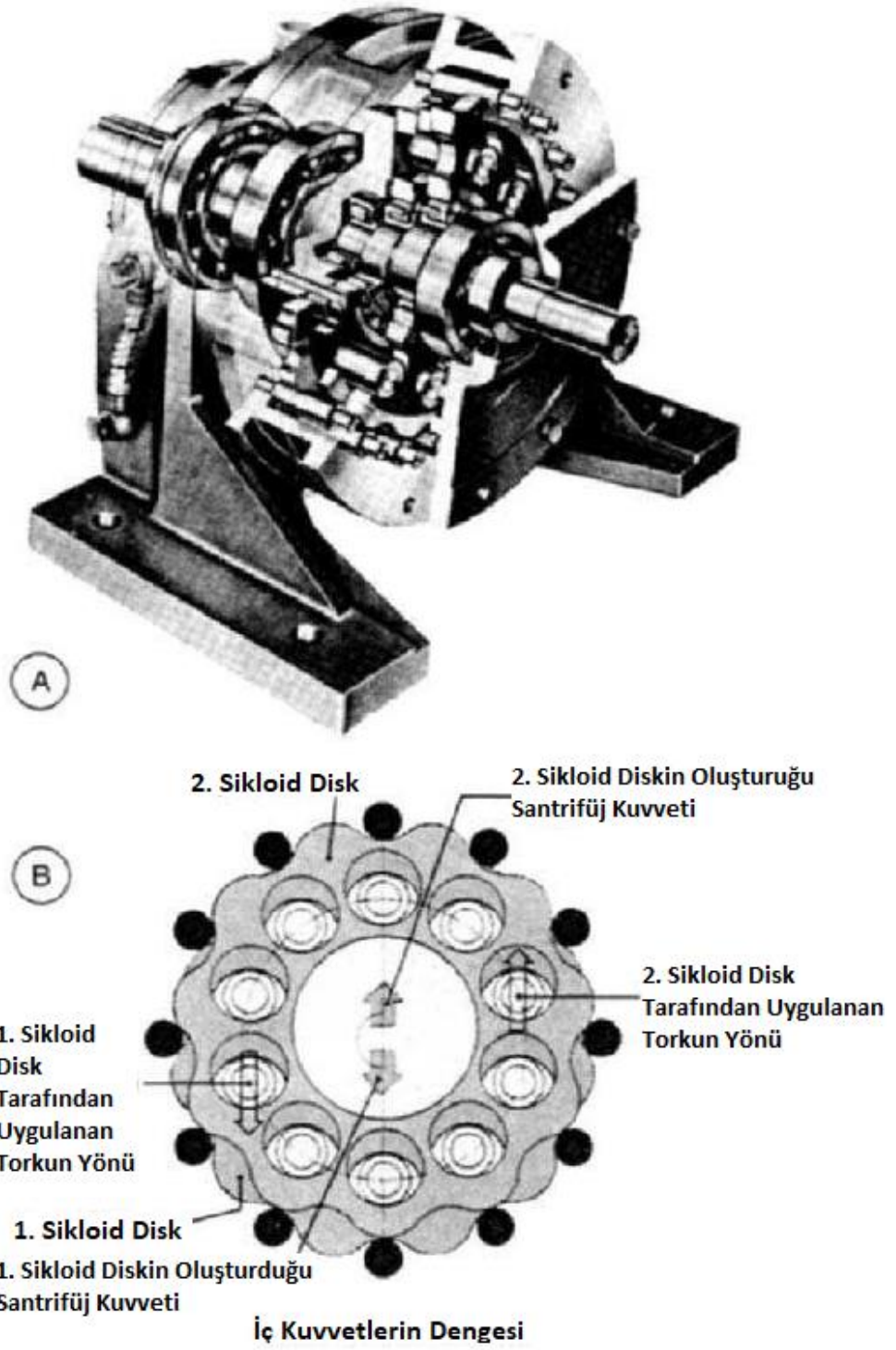
Şekil 2. 23: İki Kademeli Episiklik Şanzıman (100 Tahvil Oranı)

Merkez pinyon mili sabit tutulursa helezon ile tambur arasındaki diferansiyel hız farkı, tambur hızının şanzıman tahvil oranına bölümü olacaktır. Pinyon milinin tambur hızının altında bir hızda dönmesine izin verilirse o zaman tambur ve konveyör arasındaki hız farkı, tambur hızı ile pinyon hızı arasındaki farkın şanzıman

tahvil oranına bölümü olacaktır. Pinyon mili hızı bir fren veya değişken hızlı bir motor kullanılarak kontrol ediliyorsa, diferansiyel hız fren en yavaş hızındayken maksimum, fren tambur hızındayken de diferansiyel hız minimum olur. Pinyon milinin hızının sıfırın altına düşürülmesi yani tersine çevrilmesi daha yüksek diferansiyel hızların elde edilmesini sağlar. Bir episiklik şanzıman kullanmak helezonun tamburdan daha yavaş dönmesine neden olurken bir siklo şanzıman ise helezonun tamburdan daha hızlı dönmesini sağlayabilir. Genel olarak konveyör ile saat yönünün tersine dönerken siklo şanzıman ile saat yönünde dönmektedir.

Episiklik şanzımana ana alternatif olarak ise siklo şanzımandır. Siklo şanzımanı 1931 yılında Alman Lorenz Baren şirketi icat etmiştir. Bu tarihten kısa bir süre sonra ise Japon Sumitomo şirketi siklo şanzımanı lisansladı ve Alman şirketi de kendi bünyesine dahil etti.

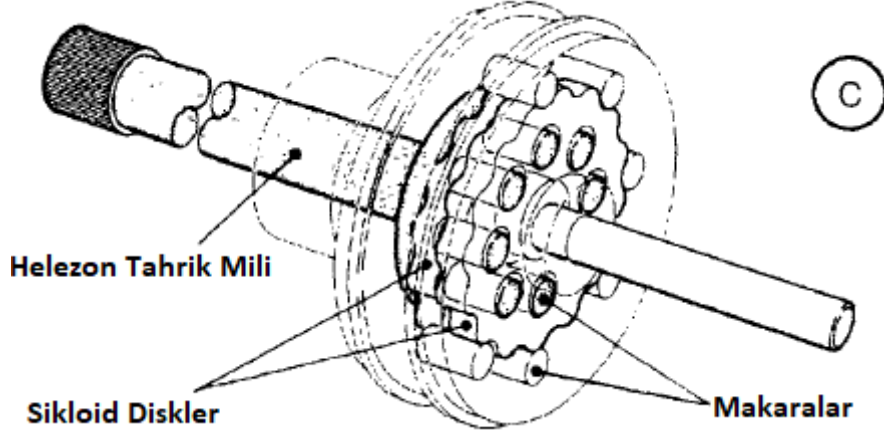
İç dişli çark belirli bir yarıçapta, belirli aralıklarla delinir. Delinen bu deliklere giriş mili ile aynı eksen üzerine iç dişli çarka geçen pimler takılmıştır. İç dişlideki delikler, çıkış milini bozmadan bu dişlinin dış dişliye geçmesine izin verecek boyutta delinmiştir. İki dişlinin birbirine göre konumları ne olursa olsun delikler ve pimler temas halinde kalır.



Şekil 2. 24: Siklo Şanzıman

Santrifüj dekantör makinesinde pinyon mili olarak adlandırılan giriş mili, şanzıman kullanıldığında sabit tutulur veya tambur hızının altında bir hıza kadar frenlenir. Dış dişli çarkını tutan dişli kutusunun gövdesi tambur hızında döner , konveyöre bağlanan çıkış mili tamburdan biraz daha hızlı döner.

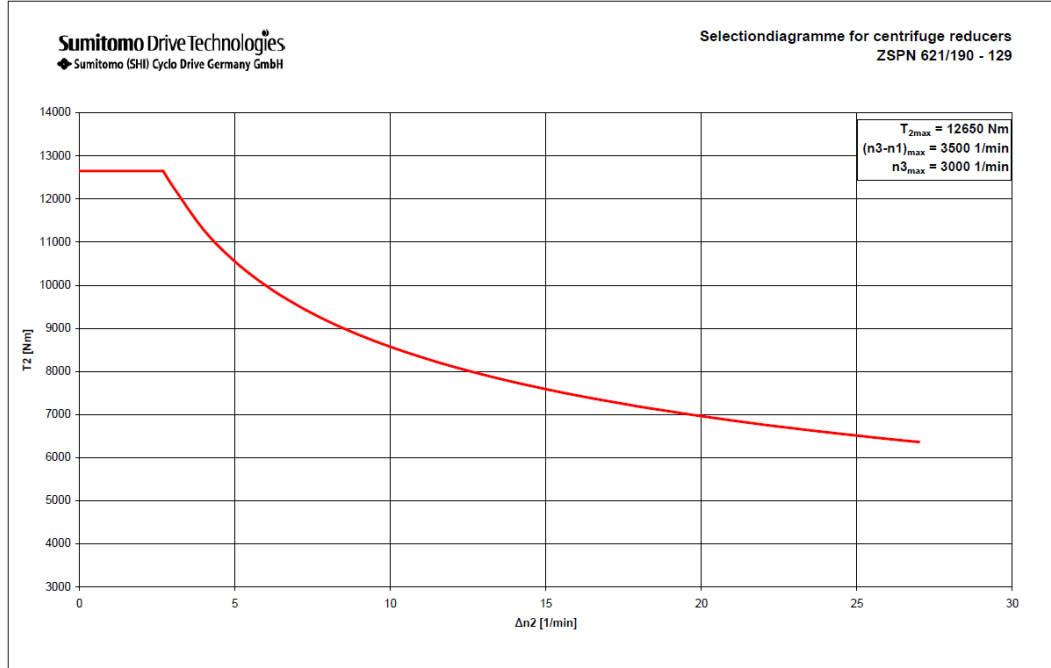




Şekil 2. 25: Santrifüj Dekantör Siklo Şanzıman

Bir siklo şanzımanın tahvil oranı yaklaşık 6 dan maksimum 120'ye kadardır. Bu nedenle santrifüj dekantör için birçok siklo şanzımanın yalnızca tek kademeli olması gerekir, bu da üretim maliyetlerini önemli ölçüde azaltır.

Siklo şanzımanın tork özellikleri episiklik şanzımana göre farklıdır. Siklo şanzımanda tork kapasitesi diferansiyel hıza göre değişirken episiklik şanzımanın maksimum tork iletimi bütün diferansiyel hızlar için sabit kalır. Diferansiyel hız siklo şanzımanlarda minimumdan maksimuma yükseltildiğinde tork kapasitesi yaklaşık olarak yarıya düşmektedir.

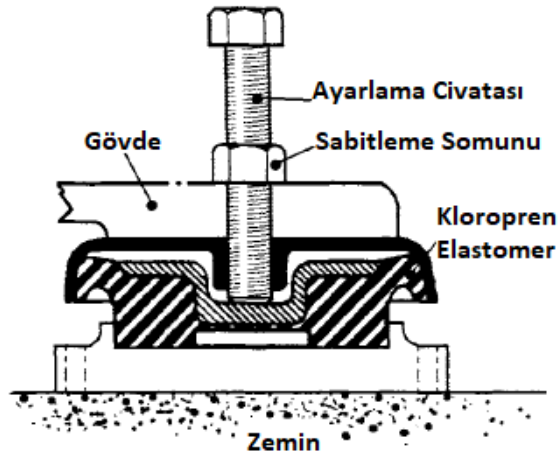


Şekil 2. 26: Sumitomo Firmasının Siklo Şanz. İçin Tork- Dif. Hız Grafiği

Santrifüj dekantörlerde kullanılan bütün şanzıman tasarımları için ortak olan şey ise; helezon torkunun diferansiyel hız ne olursa olsun, pinyon mili torku ile şanzıman tahvil oranı çarpımına eşit olduğudur. Belirli bir tork kapasitesi için siklo şanzıman episiklik şanzımana göre daha büyük bir değere sahiptir ancak daha kısa olma eğilimindedir. Rotodiff ise her iki tip şanzımana göre daha hafif olacaktır, bu hafiflik de ona ekstra yüksek torklar gerektirdiğinde avantaj sağlayacaktır. Bunun nedeni ise rotodinamik ve mekanik gerilim kısıtlamalarının dönen tertibattan kaldırılabilir ağırlığı sınırlamasıdır. Santrifüj dekantörler için ihtiyaç olan tork kapasitesine göre yapılacak olan şanzıman seçiminde ise şanzımanın ağırlığı önemli bir husus olmaktadır.

#### 2.1.4 Şasi

Şasi santrifüj dekantör makinesinin temel elemanlarından bir tanesi olup yüksek devirlerde dönen gövdenin rijit bir şekilde çalışmasını sağlar. Şasi üzerine gövde grubu montajı yataklar vasıtasıyla sabitlenir ve belirli bölgelere muhafazalar eklenerek dönen ekipmanlar gizlenmiş olur. Tambur içerisinde ayrıştırılan katı ve sıvı madde santrifüj dekantör makinesini şasi üzerinde yer alan çıkış şutlarından terk eder. Santrifüj dekantör makinesinin çalışacak olduğu ortamda sabitlenebilmesi amacıyla yere şasi ayaklarından sabitlenir. Yere sabitlenen ayakların santrifüj dekantör makinesinin oluşturduğu titreşimleri absorbe edebilmesi için şasi ayaklarına titreşim takozları yerleştirilir. Yerleştirilen bu titreşim takozları sayesinde yüksek devirlerde yaşanacak olası titreşimler ortamdan izole edilir.

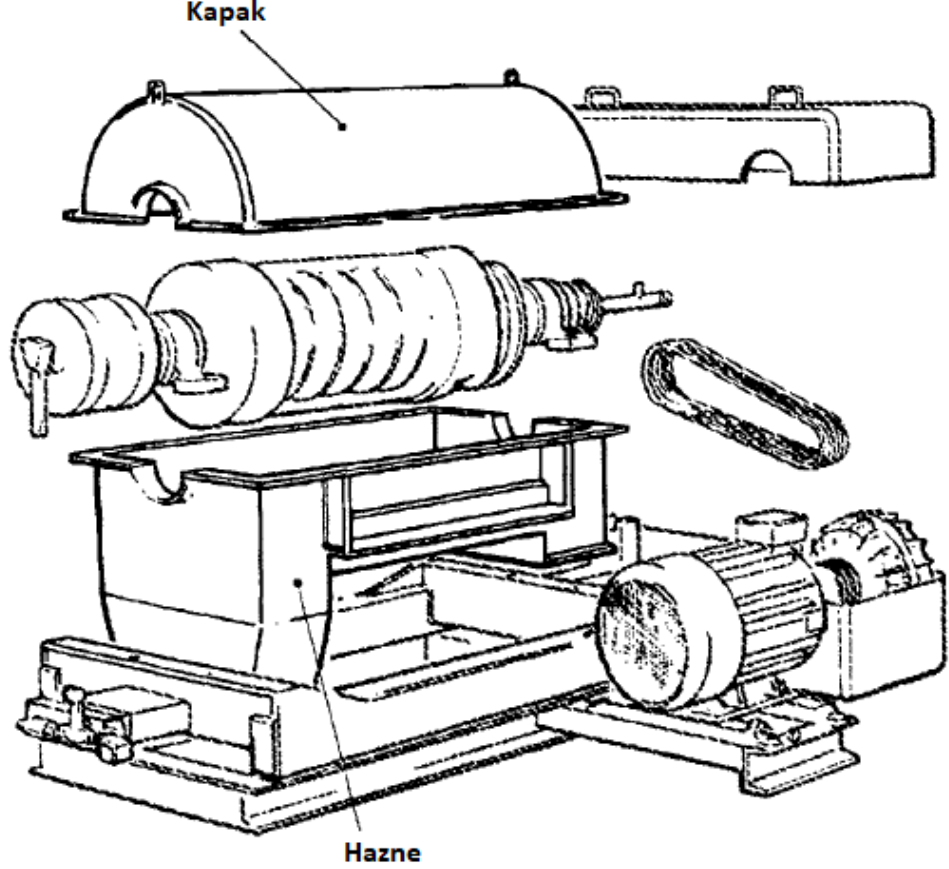


Şekil 2. 27: Şasi Titreşim Takozu



#### 2.1.4.1 Hazne ve Kapak

Hazne ve kapak, gövde grubundan boşalan katı ve sıvı maddeler için toplayıcı görevi üstlenir. Toplanan bu katı ve sıvı maddelerin bir sonraki işlem için yönlendirilmesini kapak ve hazne sağlayacaktır.

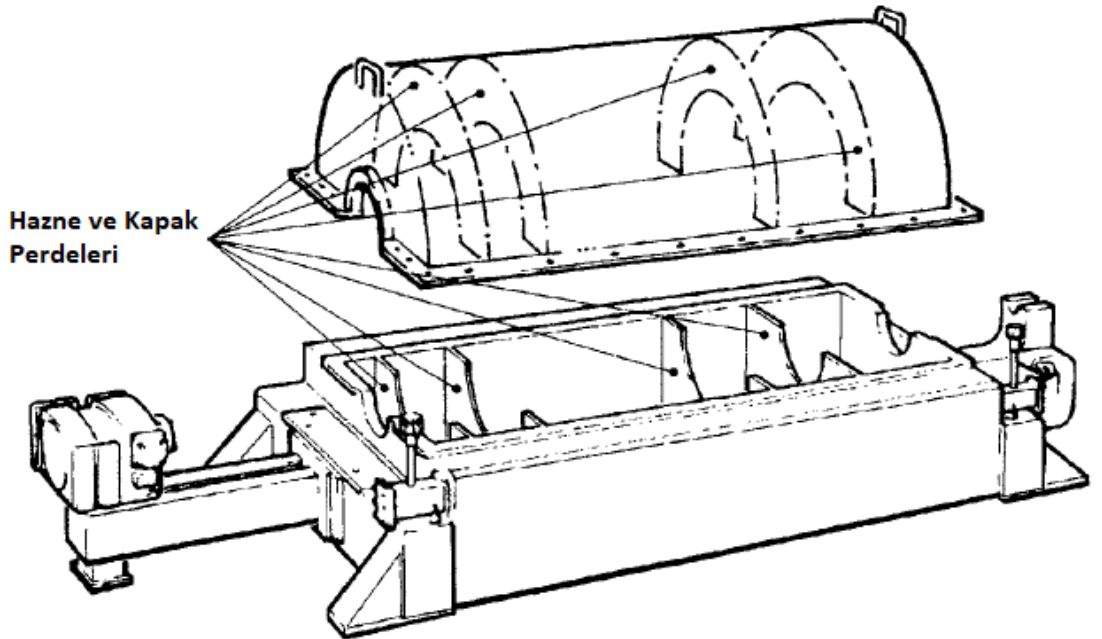


Şekil 2. 28: Hazne ve Kapak Grubu

Basit bir şekilde ifade etmek gerekirse hazne bir tarafta katı maddeleri toplayıp tahliyesini sağlarken bir taraftan da sıvı maddeyi toplayıp tahliyesini sağlamaktadır. Santrifüj dekantör makinesini oluşturan ekipmanları önem sırasına göre sıralamak gerekirse en az önem gösterilen parçaya şasi diyebiliriz. Bu nedenle diğer ekipmanlar kadar hassasiyet göstermemesi nedeniyle de üreticiden üreticiye birçok farklılıklar görülebilmektedir. Her bir üretici kendi imzasını oluşturabilmek amacıyla hem kapakta hem de şaside birbirinden farklı tasarımlar gerçekleştirmişlerdir. Tasarımlar her ne kadar birbirinden çok farklılık gösterse de temelde her bir kapak ve hazne aynı işlevselliği göstermektedir.

Kapak da bir menteşe ile şasiye civata ile sabitlenir ve kapak uçlarına takılan conta ile kapak içerisinden dışarıya olabilecek sızıntılar için sızdırmazlığı sağlanır. Kapak ve hazne içerisinde gerçekleşen katı ve sıvı maddelerin yönlendirilmesi için dönen gövdeye çok yakın olacak şekilde kaynatılmış perdeler yer almaktadır.

Santrifüj dekantör makinesinden çıkan katı ve sıvı maddelerin akışlarındaki düzensizlikle başa çıkabilmek için çıkışlarda yer alan açıklıklar mümkün olduğunca geniş ve büyük olmalıdır. Katı ve sıvı madde dönen gövdeden dışarıya çıktığından dolayı 360°'lik bir açıyla ve yüksek hızda boşalır. Özellikle katı maddelerin çıkış şutlarına yapışmasının önlenmesi için yönlendirilmesi çok iyi ayarlanmalıdır.

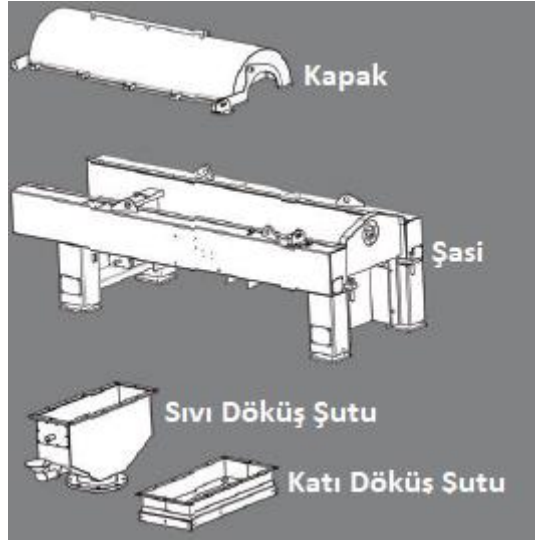


Şekil 2. 29: Hazne ve Kapak Perdeleri

#### 2.1.4.2 Döküş Şutları

Santrifüj dekantör makinesinden çıkan sıvı maddeleri sistemden boruyla uzaklaştırmak genelde en mantıklı yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Santrifüj dekantör makinesini sıvı maddeler terk ederken sıvı döküş şutundan ilerlemektedir. Sıvı döküş şutundan ilerleyen sıvı maddelerin boru ile bağlantısının yapılabilmesi için sıvı döküş şutu tasarımı konikleşerek biter ve en sonuna boru bağlantı flanşı kaynatılır.

Katı döküş şutlarında ise katı maddeler büyük hacimli olarak santrifüj dekantör makinesinden uzaklaştığından dolayı boru ile uzaklaştırmak pek mümkün değildir. Katı maddeler genelde sistemden katı çıkış şutlarının altında yer alan Arşimet vidalı konveyörler ile uzaklaştırılır. Bu nedenle katı döküş şutlarında herhangi bir daralma söz konusu olamaz mümkün olduğunda büyük ve geniş ölçülerde olmalıdır.



Şekil 2. 30: Şasi ve Destek Parçaları

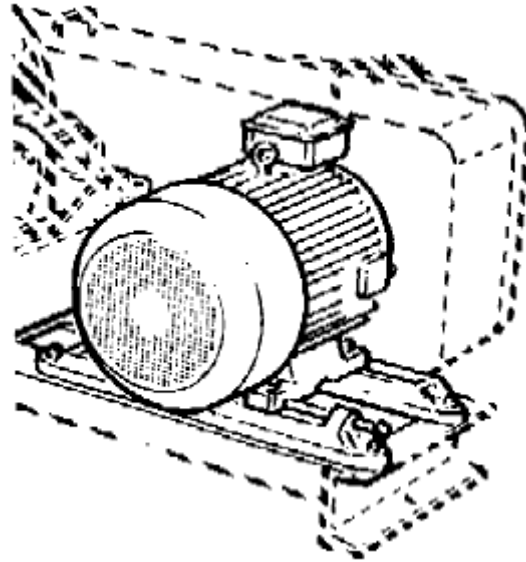
### 2.1.5 Ana Motor

Ana motor şasi veya alt şasi üzerine monte edilmiş V kayışlar ile santrifüj tahrik kasnağına bağlanan bir elektrik motorudur. V kayış ile tahrik edilen kasnakları amaca uygun şekilde kapatacak dışında bir muhafaza yer almaktadır. Belirli bir santrifüj dekantör makinesi büyüklüğünün üzerine çıkıldığında ise artan hacimden dolayı motor güç değerleri de artmaktadır. Motorlarda artan bu güç değerleri motorların hacimsel ve kütsel olarak da artmasına neden olmaktadır. Bu tarz hacimsel ve kütsel olarak büyük olan motorların şasiye bağlanması pek uygun olmamaktadır. Bu şekilde büyük olan motorlar için santrifüj dekantör makinesinin yere sabitlendiği şekilde motor da yere sabitlenmektedir.

Ana motor santrifüj dekantör makinesinin başlatılması sırasında yüksek bir atalet yükünü hızlandırmak zorundadır. Ana motorun diferansiyel hız farkıyla tambur

içerisindeki katının dışarıya atılabilmesi için gerekli olan gücü sağlaması gerekmektedir. Yüksek atalete sahip santrifüj dekantör makinesini çalıştırmanın çeşitli yöntemleri vardır. Değişken proses koşullarından dolayı santrifüj dekantör makinesi hızındaki değişikliklerin önemli olduğu kabul edilirse, değişken hızlı sürücü düşünülebilir. Bununla birlikte santrifüj dekantör makinelerinin ana motorlarında büyük çoğunlukla sabit hızlı ana tahrik motoru kullanılmaktadır. Ana motor asla şiddetli olarak elektriksel veya mekanik yükse maruz kalmaz. Şiddetli frenlere maruz kalmaz, nadiren durdurup yeni başlatma işlemi yapılır.

Bunun yanında ana motorun yerine getirmesi gereken ve diğer başka proseslerde kullanılan elektrik motorlarından farklı olan bir görevi daha vardır. Yüksek ataletli bir yükü hızlandırmak için termal kapasiteye sahip olması gerekir. Aşırı sıcaklık artışları nedeniyle motor sargılarına zarar vermemesi gerekmektedir. Motorun ve santrifüj dekantörün tam hıza ulaşması için geçen süre ana motor seçiminde önemli bir faktördür ve bu durum motorun ve santrifüj dekantörün birleşik ataletine bağlıdır. Bu aşamada motorun tork/hız karakteristikleri, santrifüj dekantöre gelen reaktif tork, sürtünme kayıpları ve santrifüj dekantörün çalıştırılacağı hıza bağlı olarak karar verilmelidir.



Şekil 2. 31: Ana Motor Montajı

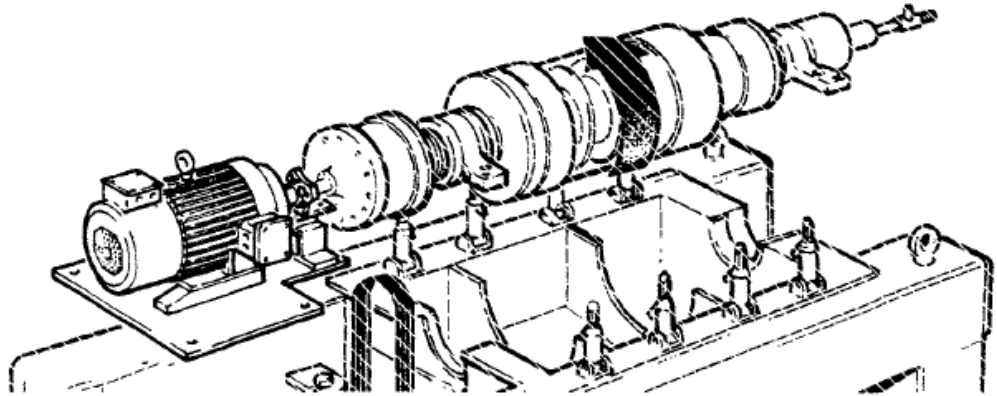
Motorlar 50Hz'de 3000,1500 veya 1000 rpm senkron hızlar veren iki dört veya altı kutuplu olabilir. En yaygın kullanılan motorlar ise motorlarda daha genel

bir standart olan ve iki kutuptan daha iyi dengeleyen dört kutuplu motordur. Düşük hız nedeniyle altı kutuplu motor santrifüj dekantör makineleri için alışılmadık bir seçim olacaktır. Ana motordan sağlanan tork ister yıldız-üçgen ister doğrudan hat üzerinde olsun başlatma yöntemine göre değişir. Yıldıza bağlı bir motor doğrudan yol verirken sağlananın üçte biri kadar yol verme torku üretir. Doğrudan hat üzerinde başlatma torku, motorun tam yük torkunun iki buçuk katı olabilir ve başlangıç akımı yük akımının altı katı olabilir.

Avrupa’da AC motorlarda genellikle yıldız-üçgen bağlantı kullanılır ve motorlar için invertör kullanılır. İntertör motorlar için yumuşak bir başlatma sağlar ve farklı proses gereksinimleri için hız ayarına izin verir. İnterter motorlar ana elektrik besleme hatlarında istenmeyen elektriksel parazitlere ve harmonik dalga formlarına neden olabilir. Bu sorunlar, elektrikli filtreler ve en son ileri elektrik teknolojisi kullanılarak en aza indirilebilir.

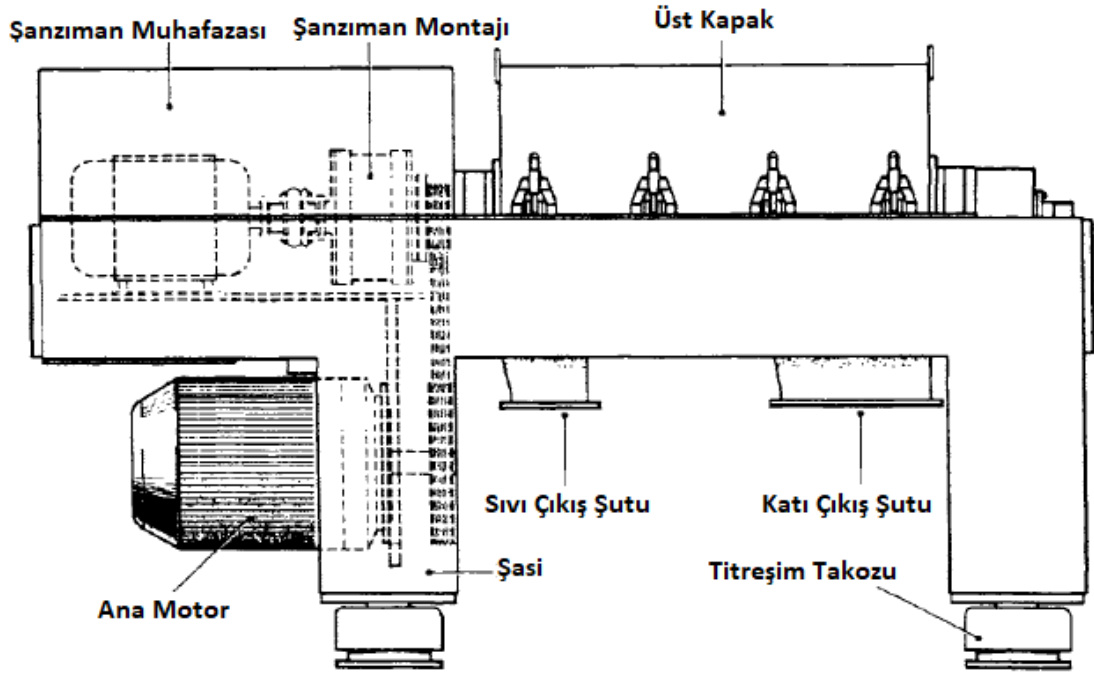
### 2.1.6 Helezon Motoru

Helezon motorlu santrifüj dekantörlerde kullanılan sistem örneğin bir motor veya fren kullanarak şanzıman pinyon milinin hızını (dolayısıyla diferansiyel hızı) kontrol etmenin bir yoludur. Helezon motoru ana tahrikle aynı şekilde şanzıman milinden dengelenip bir kayışla bağlanabilir. Helezon motorunun dişli kutusuna akuple bir şekilde bağlandığı tasarımlar da mevcut tasarımlar içerisinde bulunmaktadır.



Şekil 2. 32: Dekantör Helezon Rulmanı Bağlantı Montajı

Helezon tahrik sisteminin ana bileşeni bir girdap akım freni, invertör motoru veya bir DC motoru olabilir. Viscotherm Rotodiff hidrolik helezon tahriki sabit hızlı bir hidrolik motorla çalıştırılan değişken hızlı bir cihazdır.



Şekil 2. 33: Motorlar ve Şasideki Konumları

### **3. SANTRİFÜJ DEKANTÖR ANA PRENSİPLERİ**

Santrifüj dekantör makinesi çok çeşitli çalışma alanına sahiptir. Özellikle son yıllarda çevre kirliliğinin önüne geçmek amacıyla atık su arıtma tesislerinde büyük rol oynamaktadır. Bunun yanında santrifüj dekantör makinesinin kullanıldığı öncü sektörlerden biri de gıda sektörü olarak karşımıza çıkmaktadır. Başlıca karşımıza çıkan sektörler bu iki sektörmüş gibi görünse de bu iki sektörün yanında maden ve petrol sektörlerinde de santrifüj dekantör makinesi proses basamaklarında yerini almaktadır. Santrifüj dekantör makinesi gelişen teknoloji göz önüne alındığında her geçen gün bir yeni sektörde daha proses basamaklarında kullanılabilir hale gelmektedir.

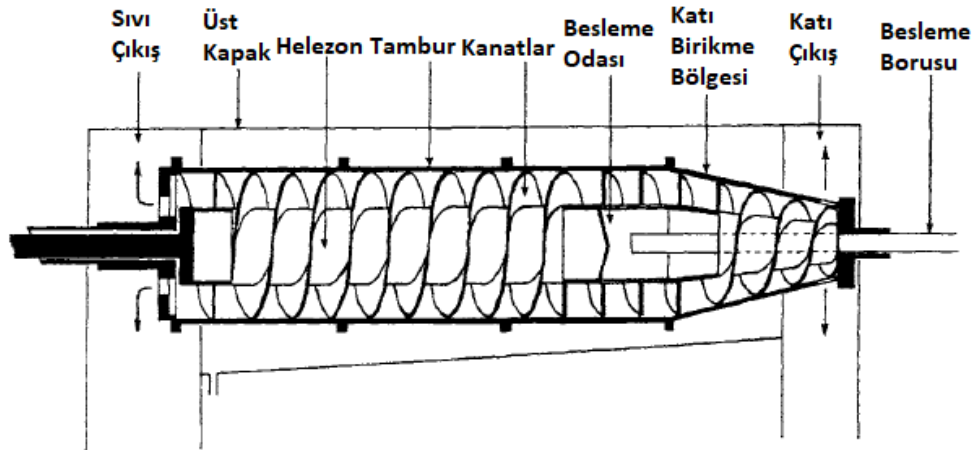
Santrifüj dekantör makinesinin en temel çalışma prensibi şu şekilde açıklanabilir, dekantörün kalbi olarak nitelendirilen ve bütün işlemlerin gerçekleştiği gövde yüksek hızda dönen bir tambur içerir, tamburun içinde de Arşimet vidası şeklinde tambur ile farklı hızlarda dönen bir helezon yer almaktadır. Tambur ve helezon arasındaki hız farkı, tambur yüzeyinde biriken katıların toplanıp makineden uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. En temel anlamıyla bütün santrifüj dekantör makineleri bu ana prensip üzerinde çalışmaktadır.

#### **3.1 Santrifüj Dekantörün Temelleri**

Santrifüj dekantörün merkez bölgesinden, sıvı ve askıda katı maddelerden oluşan bulamaç şeklindeki ürün makineye beslenir. Makineye beslenen ürün, besleme odasına ulaştıktan sonra tambur içerisine ayrıştırılmak üzere yüksek santrifüj kuvvetinin etkisiyle dışarıya savrulur. Aynı santrifüj kuvvet tambur içerisinde yer alan ürüne uygulanmaya devam eder ve askıdaki katı maddeler bu santrifüj kuvvetinin etkisiyle tambur duvarına çöküp birikmeye başlar. Askıdaki katı maddelerden arıtılmış olan sıvı tambur boyunca ilerler ve tamburdaki sıvı çıkışını kontrol eden saca ulaşır. Tamburun diğer ucu ise tambur duvarına çöken katıların sıvılardan ayrı bir şekilde ilerleyebilmesi için konik bir tasarıma sahiptir. Bu konik olan tasarım sayesinde arıtılmış sıvıların katılardan tamamen ayrılarak, arıtılmış

sıvıların oluşturduğu havuza dahil olup akışı gerçekleştirmesi beklenir. Helezon tamburun iki ucunda yer alan bölgelerden yataklanır ve tambur ile beraber hareket etmesi sağlanır. Helezonun kanatlarının çapı, kanatların sayısı, kanatların eğim açısı, havuz derinliği, tambur uzunluğu, diferansiyel hız gibi parametreler işlenecek olan bulamaç şeklindeki ürünün özellerine göre seçilir.

Çoğu santrifüj dekantör makinesi yatay olarak çalışmaktadır, bu durumda gövde şasi üzerinde yer alan 2 adet yatak ile yataklanır. Dönen ve ayırıştırma işleminin gerçekleştiği parça olan gövde, katı ve sıvının ayrıştırılmasının gerçekleştiğinden sonra karışmasını engellemek amacıyla hazne ve üst kapak ile muhafaza altına alınıp perdeler ile çıkışlar da ayrılmıştır. Temel olarak bütün dekantörler elektrikli bir motor ve diferansiyel hızın kontrol edildiği bir şanzıman ile beraber çalışmaktadır.



Şekil 3. 1: Santrifüj Dekantör Ana Elemanları

### 3.2 Seperasyon (Ayrırma) Presibi

Santrifüj dekantör makinesi esas olarak askıdaki katı maddelerin, askıda buldukları sıvıdan daha yüksek yoğunlukları nedeniyle ayrılmasına neden olan bir işlem olan çökeltme ile çalışır. Yoğunluk farkının yüksek olduğu karışımlarda yer çekimi büyük tanklarda veya lamelli eğimli plakalar ile beraber çökeltmeyi makul sürede gerçekleştirir, fakat yoğunluk farkının çok büyük olmadığı durumlarda ise bu işlemi yer çekimi etkisiyle gerçekleştirebilmek için geçecek olan süre hiç makul olmamaktadır. Bu durumda ise küçük yoğunluk farklarında bu işlemi makul



sürelerde gerçekleştirebilmek için itici bir güce ihtiyaç duyulmaktadır. Bu itici güç de santrifüj dekantör makinesinde santrifüj kuvvet ile sağlanmaktadır.

### 3.2.1 Karışımların Ayrıştırılması

Birden fazla madde kimyasal özellikleri değişmeyecek şekilde bir araya gelerek karışımları oluştururlar. Saf madde olarak nitelendirilen maddeler ise element ve bileşiklerin bir araya gelmesiyle oluşurlar. Maddelerin çoğu genellikle ne tek bir elementtir ne de bir bileşiktir, çoğunlukla maddeler karışımıza karışım şekliyle gelirler. Karışımlar ise homojen, heterojen ve kolloid olmak üzere üçe ayrılırlar.

Homojen karışımlar her tarafında aynı özelliği gösteren tek bir madde gibi görünen karışımlardır. Bu tür karışımlar gözle incelendiğinde o karışımı meydana getiren diğer maddeler görünmezler. Bu tür karışımlara genellikle “çözelti” de denilmektedir. Bu tür karışımlara örnek olarak ise tuzlu su, şekerli su, alkollü su ve çeşme suyu verilebilir.

Heterojen karışımlar her tarafında aynı özelliği göstermeyen ve içindeki taneciklerin gözle görülebildiği karışımlardır. Heterojen karışımlarda süspansiyon emülsiyon ve aerosol olarak da üçe ayrılmaktadır. Bir sıvıda çözünmeyen başka bir sıvının heterojen olarak bulanık bir şekilde dağılmış olan hali emülsiyon olarak adlandırılmaktadır. Emülsiyon karışımlarına su-zeytinyağı ve su-benzin karışımları örnek olarak verilebilir. Bir sıvıda çözünmeyen katının heterojen olarak dağılmış karışım şekline de süspansiyon denir. Süspansiyon karışımlarına örnek olarak da su-kum, su-tebeşir karışımları verilebilir. Bir katı veya sıvının gaz içerisinde dağılmasıyla oluşan karışımlar ise aerosol olarak adlandırılırlar. Aerosol karışımlara da örnek olarak; sis, sprey, baca dumanı verilebilir.

Kolloid karışımlar bir maddenin sıvı içerisinde asılı kalmasıyla oluşan karışımlardır. Homojen karışım gibi görünseler de karışımı oluşturan maddeler gözle görülemezler, karışımın içerisinde yer alan maddeler ancak karışımdan ışın demeti veya lazer ışını geçirilerek fark edilebilirler. Kolloid karışımlara da örnek olarak duman, jöle ve boya gibi maddeler verilebilir.

Yukarıda örnekleriyle beraber yer alan karışımları ayırıştırmak için kullanılan yöntemler ise beş ana başlık altında toplanabilir. Bu başlıklar da tanecik boyutu farkından yararlanarak ayırma, yoğunluk farkından yararlanarak ayırma, çözünlülük farkından yararlanarak ayırma, kaynama noktası farkından yararlanarak ayırma ve hal değiştirme sıcaklıkları farkı ile ayırma olarak sıralanabilir.

### **3.2.1.1 Tanecik Boyutu Farkından Yararlanılarak Ayırma Yön.**

#### **3.2.1.1.1 Ayıklama**

Tanecik boyutları, şekilleri vb. özellikleri farklı olan heterojen katı-katı karışımları ayırmada kullanılan yöntemdir. Ayıklama yöntemine örnek olarak mıknaatısla ayıklama verilebileceği gibi nohutun fasulyenin ayıklanması da bu yönteme örnek olarak verilebilir.

#### **3.2.1.1.2 Eleme**

Katı-katı heterojen karışımları bileşenlerine ayırmak için tanecik boyutu farkından yararlanılarak yapılan işlemdir. Eleme işlemi yapılırken kullanılan araçlara da “elek” adı verilir. Eleme ile ayırma yöntemine örnek olarak çakıl ile kumun ayrılması, unun yabancı maddelerden ayrılması ve bakliyatların yabancı maddelerden ayrılması verilebilir.

#### **3.2.1.1.3 Süzme**

Katıların sıvı içinde dağılmasıyla oluşan heterojen karışımların bileşenlerine ayrılması işlemidir. Süzme işleminde kullanılan araçlara örnek olarak da; çayın posasını ayırmada kullanılan “süzgeç”, makarnayı suyundan süzmede kullanılan “kevgir” ve laboratuvarlarda kullanılan “süzgeç kağıdı” örnek olarak verilebilir. Süzme yöntemi sadece heterojen katı-sıvı karışımlarını ayırmak için değil, katı-gaz karışımlarını ayırmak için de kullanılır. Bu işleme örnek olarak da toz ve gaz

maskeleri, hava filtreleri ve baca filtreleri verilebilir. Bir diğerk süzme işleml olarak da verilebilecek olan örnek ise naftalin-su ve tebeşir tozu-su karışımlarının da ayrılması verilebilir.

#### **3.2.1.1.4 Diyaliz**

Sıvı-katı heterojen karışımlarda katı, süzgeç kağıdından geçebilecek kadar küçük ise süzme ile ayrılamayacağı için santrifüjleme yapılır. Santrifüjleme ile sonuç alınamayan kolodial maddeler için diyaliz yöntemi kullanılır. Diyaliz koloit karışımların gözenekli zarlardan geçebilmesi temeline dayanan ayırma yöntemidir. Bu yöntem için yarı geçirgen bir zar kullanılır. En bilinen örnek ise kanın diyaliz makinesiyle temizlenmesi olarak verilebilir.

#### **3.2.1.2 Yoğunluk Farkından Yararlanılarak Ayırma Yöntemleri**

Farklı iki katı maddeden oluşan bir karışımı ayırmak için, bu karışımın üzerine bileşenlerle etkileşmeyen ve yoğunluğu bileşenlerin yoğunluk değerleri arasında olan bir sıvı eklenir. Yoğunlukları farklı ve birbiri içinde çözünmeyen sıvı-sıvı karışımlarının ayrılmasında ayırma hunisi kullanılır. Sütün üzerindeki kaymağın ayrılması yoğunluk farkından yararlanılarak olur.

#### **3.2.1.2.1 Çöktürme**

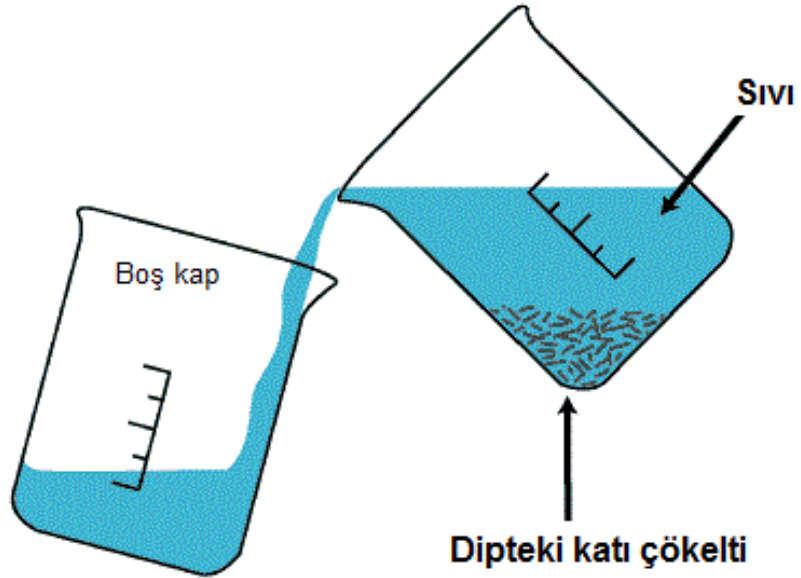
İki çözelti birbiri ile karşılaştırıldığında çözeltildeki iyonların birbiriyle tepkime vererek suda çözünmeyen katı oluşturmasına çökme, oluşan katıya çökelek, yapılan işleme ise çöktürme denir. Suyun arıtılmasında içme suyundan demirin uzaklaştırılmasında, atık sulardan fosfatlarına uzaklaştırılmasında kullanılır. Laboratuvarında çöktürme işleml büyük taneciklerle çalışıyorsa bir beherglas içerisinde küçük taneciklerle çalışılıyorsa bir santrifüj tüpünde yapılır.



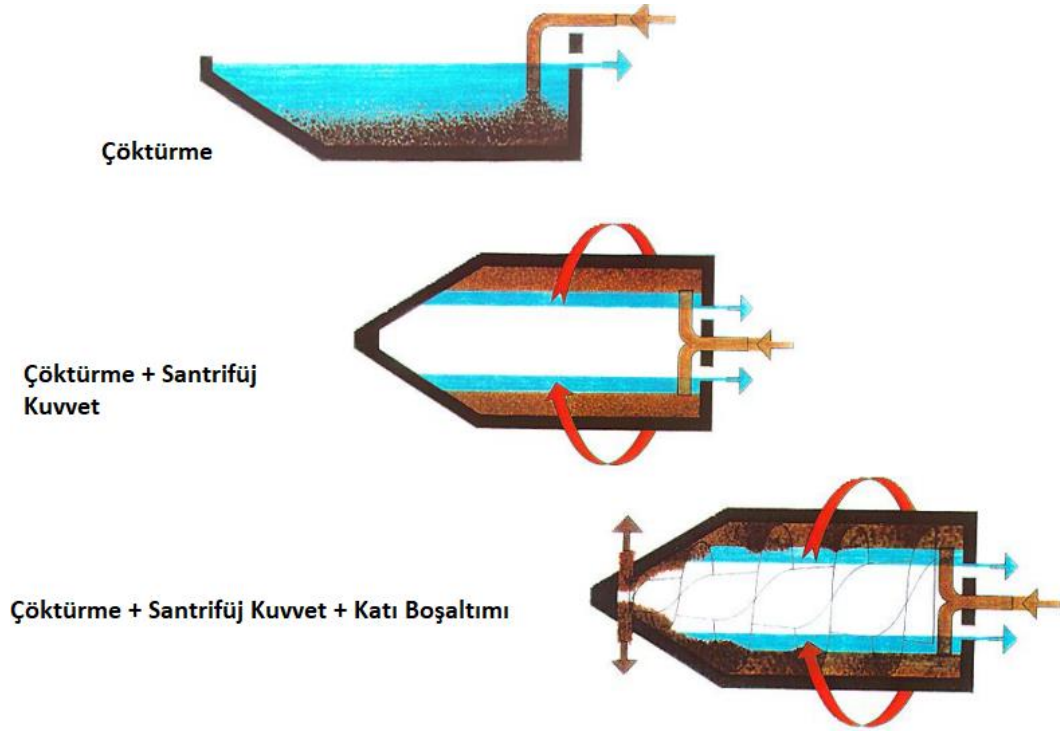
Şekil 3. 2: Çöktürme Yöntemi

### 3.2.1.2.2 Dekantasyon

Çöktürme işleminde oluşan çökeleğin tamamen dibe çökmesi beklenir. Üstte kalan sıvının bulandırılmadan dikkatlice başka bir kaba ayrılması işlemine denir. Bu işlemde çökeleğin ağır, iri taneli ve kristal yapıda olması gerekir. Örnek olarak da altının saflaştırılması ve zeytinyağının posasından ayrılması verilebilir.



Şekil 3. 3: Dekantasyon Yöntemi



Şekil 3. 4: Santrifüj Dekantörde Çöktürme ve Dekantasyon işlemi

### 3.2.1.2.3 Yüzdürme (Flotasyon)

Sudan hafif, askıda olan katı taneciklerinin su yüzeyine yükseltilecek uzaklaştırılmasıdır. Bakır, kurşun ve çinko cevherlerinin ayrılmasında bu yöntem sıklıkla kullanılır.

### 3.2.1.3 Çözünürlük Farkından Yararlanarak Ayırma Yöntemleri

#### 3.2.1.3.1 Kristallendirme

Sıcaklığın düşmesiyle çözünürlüğü azalan maddenin düzgün geometrik şekilli katı parçalar halinde çöktürülmesine kristallendirme denir. İki veya daha çok maddenin ( $KNO_3$ - $Ce(SO_4)_2$ , tuz-şeker) çözünürlük farkıyla ayrılmasına ayrımsal kristallendirme denir.

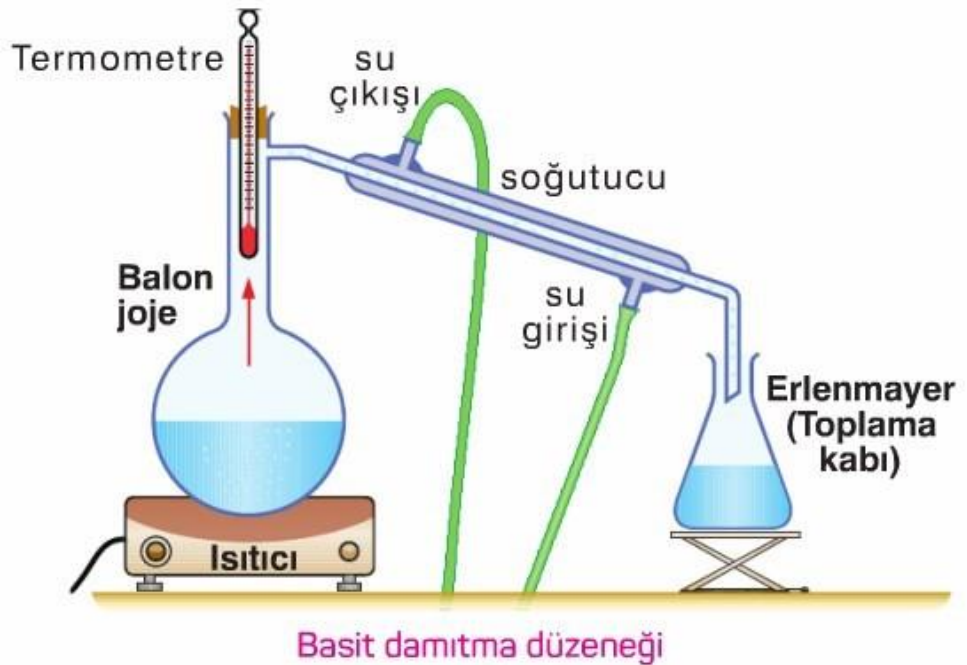
### 3.2.1.3.2 Ekstraksiyon (Özütleme-Çekme)

Katı veya sıvı bir karışımın ilave edilen çözücü yardımıyla karışmış olduğu diğer katı ve sıvıdan ayrılması işlemidir. Şeker pancarından şeker, karanfilden karanfil yağı eldesinde kullanılır. Yeni sistemler arasında kullanılmaya başlanan CO<sub>2</sub> çözücüsü yardımıyla ayırma işlemi gerçekleştiren ekstraksiyon makineleri de sektörde yer edinmeye başlamıştır.

### 3.2.1.4 Kaynama Noktası Farkından Yararlanarak Ayırma Yön.

#### 3.2.1.4.1 Damıtma (Basit Damıtma)

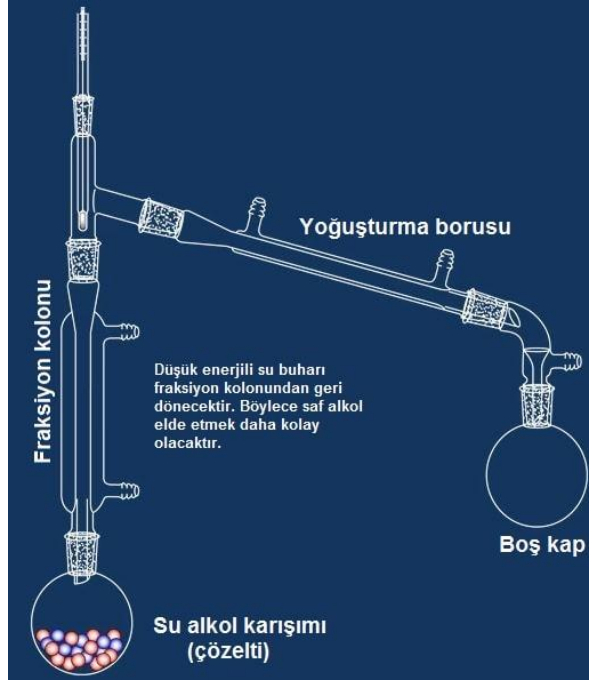
Bir katının çözünmesiyle oluşan homojen karışımlardan sadece katı bileşeni elde etmek istiyorsak buharlaştırma işlemi, her iki bileşeni elde etmek istiyosak basit damıtma (destilasyon) işlemi yapılır. Damıtma ile elde edilen sıvıya da “destilat” denir.



Şekil 3. 5: Damıtma İşlemi

### 3.2.1.4.2 Ayrımsal Damıtma

Kaynama noktaları birbirine yakın homojen sıvı-sıvı karışımlarının bileşenlerine daha saf olarak ayrılması için kullanılır. Ayrımsal damıtma ile damıtma arasındaki tek fark ayrımsal damıtma düzeneğinde fraksiyon kolunun bulunmasıdır. Alkol-su karışımının ayrılmasında ve petrol rafinerilerinde çeşitli ürünlerin ayrılmasında kullanılır.



Şekil 3. 6: Ayrımsal Damıtma İşlemi

### 3.2.1.5 Hal Değişirme Sıcaklıkları Farkı ile Ayrıştırma

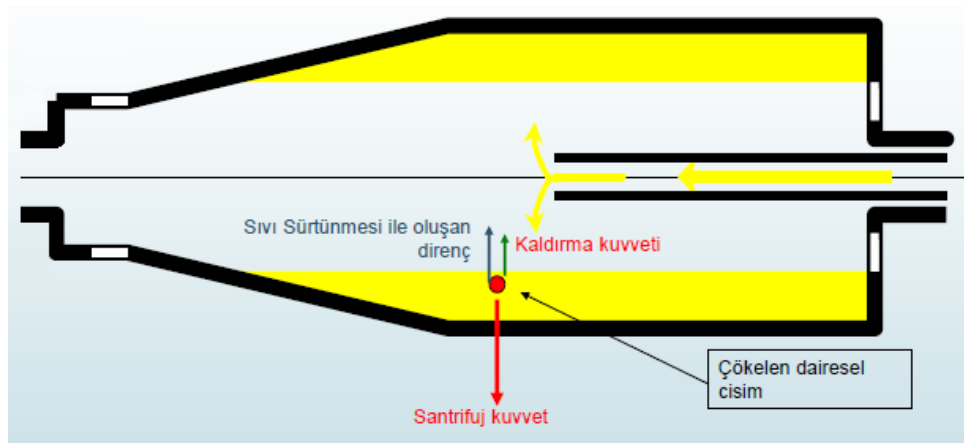
Hal değişirme sıcaklığından yararlanarak erime noktası farkı olan katı-katı karışımları, kaynama noktası farklı sıvı-sıvı karışımları ve yoğunlaşma noktaları farklı gaz-gaz karışımları birbirinden ayrılabilir. Bunlara örnek olarak demir ve kurşundan oluşan bir karışımın bileşenlerine ayrılması işlemi gösterilebilir. Burada kullanılan hal değişirme farkı ise maddelerin erime sıcaklıkları olur. Demir 1540°C'de erirken kurşun 327,5 °C 'da eridiği için sıvı hale geçen kurşun süzülerek ayrılmış olur. Saf maddelerde hal değişimi süresince sıcaklık sabittir. Örneğin su 1atm basınçta 100°C'de kaynarken 0°C'de donar ve bu süreçte sıcaklık hep sabittir.

Çözeltilerde ise hal değişimi süresince sıcaklık sabit değildir. Çözeltilerde kaynama süresince sıcaklık artma, donma süresince sıcaklıkta azalma gözlenir.

### 3.3 Sigma Teorisi

Santrifüj dekantör makinelerinin süspansiyon karışımlardan katı partikülleri ayırması işlemi beraberinde birçok teoriyi de oluşturmuştur. Bu teorilerin az bir kısmı kesin bir sonuç verse de kesin bir sonuca ulaşmayan diğer teoriler pek çoğuna ışık tutmuş oldu. Santrifüj sistemi ve kullanılan süreçler çok karmaşık olduğundan bu teorilerin kesin sonuca ulaşmayanları bile bu doğrultuda büyük katkı sağlamışlardır. Bir santrifüj dekantör makinesinde sıvı ve katı maddeler sarmal bir yol takip ederler. Dönme hızı, tambur yüzeyinden tambur merkezine doğru geldikçe değişebilir. Pek çok teori genellikle gerçekte olandan çok farklı bir şekilde laminer akış rejiminde katı ve sıvı maddelerin tambur içerisinde ilerlediği varsayarak oluşturulmuştur.

Santrifüj dekantörün tarihinden bugüne aslında birçok ayrıştırma teorisi, Ambler'in Sigma Teorisi ile karakterize edilmiştir. Bu teori küresel parçacıkların Stokes yasasına göre sabit açısız hızla dönen silindirik bir tamburda laminer bir akış rejiminde yerleştiğini varsaymaktadır. Ambler tarafından bulunan bu teorinin ardından bu teori çerçevesinde birçok teori geliştirilmiştir.



Şekil 3. 7: Küresel Parçacığa Etki Eden Kuvvetler

Sigma teorisinde santrifüj dekantörün sabit bir açısız hızla döndüğü ve tambur içerisindeki sıvının tambur boyunca laminer bir akışla ilerlediği kabul edilmektedir. Ayrıca bu homojen ve laminer bir akış içerisinde ilerlediği kabul edilen



parçacığın küresel bir parçacık olduğu da kabul edilmiştir. Tüm bu varsayımlar doğrultusunda küresel parçacığın yerçekimi kuvveti ( $G$ ), akışkanın uyguladığı kaldırma kuvveti ( $F_b$ ) ve akışkanın viskozitesine bağlı olan sürtünme kuvveti ( $F_d$ ) etkisi altında olduğu kabul edilir. Bu kuvvetlerin etki ettiği küresel parçacık kuvvetlerin denge durumunda bir sabit hıza ulaşır ve bu sabit hız da  $V_g$  ile gösterilir.  $V_g$  olarak gösterilen bu sabit hıza birçok değişken etki etmektedir. Etki eden diğer bileşenler ile birlikte Stoke Yasası'ndan türetilen formül ile küresel parçacığının sabit hızı hesaplanır.

$$V_g = \frac{d^2 \cdot (\rho_p - \rho_s)}{\eta \cdot 18} \cdot g_c \quad (3.1)$$

$V_g$ : Küresel parçacığa etki eden sabit hız,  $d$ : partikülün çapı  $\rho_p$ : partikülün yoğunluğu,  $\rho_s$ : sıvının yoğunluğu,  $g_c$ : yerçekimi ivmesi,  $\eta$ : sıvının viskozitesidir.

Küresel parçacığa aynı zamanda santrifüj kuvvet de etki ettiğinden dolayı formülde yer alan  $g$  yerçekimi ivmesi değeri santrifüj kuvvetin etkisine göre şu şekilde kabul edilmektedir:

$$g_c = \frac{r\omega^2}{g} \quad (3.2)$$

$r$ : Dönme ekseninden olan uzaklık,  $\omega$ : açısal hız,  $g$ : yerçekimi ivmesini göstermektedir. Bu formül ile santrifüj dekantör makinesinin yer çekimi ivmesine kıyasla kaç kat ivme oluşturduğu da hesaplanmış olacaktır.

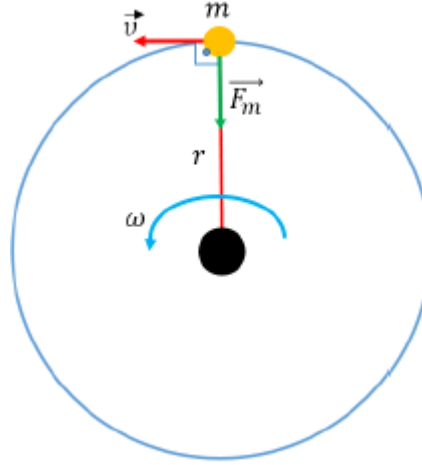
### 3.4 Merkezkaç Kuvveti

Bölüm 3.2'de anlatıldığı üzere santrifüj dekantör makinelerinde gerçekleşen seperasyon (ayırma) işlemi askıdaki katı maddenin askıda bulunduğu sıvıdan daha yüksek yoğunluğa sahip olması nedeniyle çökmesi sonucu gerçekleşmektedir. Bu çökme işlemi yer çekimi etkisi altında uzun süreler dahilinde gerçekleştirilebildiği gibi uzun süreler harcamamak adına bu işlem merkezkaç kuvvetinden yararlanarak kısa süreler dahilinde gerçekleştirilebilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere askıdaki katı maddeye uygulanan kuvvetler ne kadar arttırılırsa süre de o kadar kısalmaktadır. Bu doğrultuda yerçekimi kuvvetini arttırmak imkansız olduğundan

dolayı etki eden kuvveti arttırabilmek adına merkezkaç kuvveti kullanılmaktadır. Merkezkaç kuvveti merkezciil kuvveti dengeleyen kuvvet olarak açıklanabilir. Merkezciil kuvvet de dairesel veya dairesel olmayan hareketler sonucunda elde edilir.

$$\vec{F}_m = m \cdot a_m = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (3.3)$$

$$\vec{F}_c = -\vec{F}_m \quad (3.4)$$



Şekil 3. 8: Merkezciil Kuvvet

Santrifüj dekantör makinesinin bir diğer önemli prensiplerinden bir tanesi de merkezkaç kuvvetidir. Santrifüj dekantör makinesi kaç fazlı bir sistem için çalıştırılıyorsa tambura etki eden merkezkaç kuvvetini hesaplayabilmek için her bir faz ayrı ayrı ele alınıp toplam merkezkaç kuvveti bulunmalıdır. Bu duruma örnek olarak zeytinyağı-su emülsiyonu verilebilir ve her bir madde için:

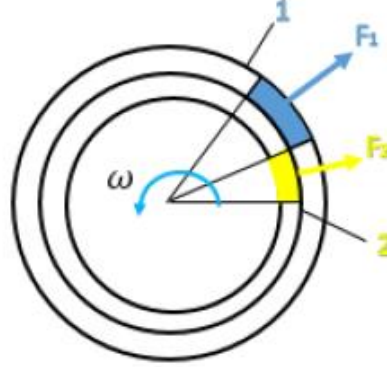
$$\vec{F}_1 = m_1 \cdot \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60} \right)^2 \cdot \vec{r}_1 \quad (3.5)$$

$$\vec{F}_2 = m_2 \cdot \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60} \right)^2 \cdot \vec{r}_2 \quad (3.6)$$

olarak hesaplanır. Toplam merkezkaç kuvveti ve uygulanan merkezkaç kuvvetlerinin oranı elde edilebilir (Denklem (3.8)).

$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (3.7)$$

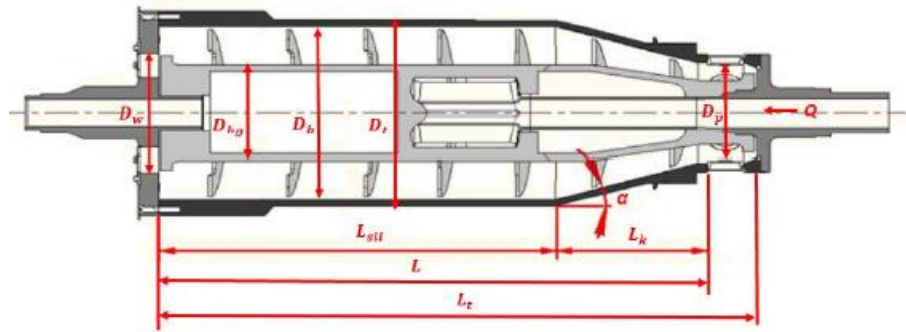
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1 \cdot r_1}{m_2 \cdot r_2} \quad (3.8)$$



Şekil 3. 9: Farklı Fazların Tambura Uyguladığı Kuvvet

### 3.5 Santrifüj Dekantör Boyutlandırma Prensipleri

Santrifüj dekantör makineleri kendi içlerinde sınıflandırılırken en belirgin özellikleri kapasiteleri olmaktadır. Kapasitenin belirlenmesinin ardından ana ekipmanların boyutlandırılmasına başlanır. Kapasitenin belirlenmesinin ardından boyutlandırması yapılan diğer ekipmanlar için santrifüj dekantör makinesinde işlenecek olan ürün geometride bazı değişikliklere sebep olacaktır. Santrifüj dekantör makinesindeki boyutlandırması yapılan diğer ekipmanlar için ana çıkış noktası ise kapasiteye göre belirlenmiş olan gövde grubu ekipmanlarının ölçüleri olmaktadır. Gövde grubu ekipmanlarının ölçülerine göre diğer bütün ekipmanların ölçüleri şekillenmektedir.



Şekil 3. 10: Tambur Tasarımındaki Ana Ölçülerden Bazıları

Santrifüj dekantör makinelerinde kapasite belirlerken izlenen ilk yol tambur iç çapı ( $D_b$ ) ölçüsü olmaktadır. Santrifüj dekantör makinesinin tasarımındaki ana ölçü parametrelerinden olan boy çap oranı ( $L/D$ ) ve santrifüj dekantör makinesinin ürüne uygulayabildiği maksimum santrifüj kuvveti gibi nicelikler hesaplanırken mutlak suretle tambur iç çapı biliniyor olmalıdır. Tambur iç çapı biliniyor ise bu parametrelerin hesaplanabilmesi mümkün olmaktadır. Karışım içerisinde yer alan askıdaki katıların sıvı ile ayrıştırılmasının gerçekleştiği yüzey ise tambur içindeki silindirik alan olmaktadır. Bu alan şu şekilde hesaplanmaktadır (Denklem (3.9)).

$$A_{cn} = \pi \cdot D_B \cdot L_{sil} \quad (3.9)$$

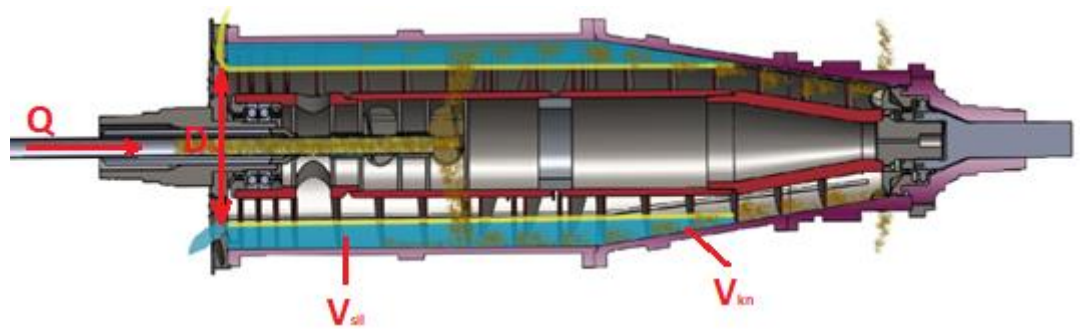
Tambur hacmi ise sıvı çıkışının gerçekleştiği ayar saclarına kadar ölçülen karışımı içinde barındıran hacimdir. Bu hacim tambur geometrisinden dolayı konik ( $V_{kn}$ ) ve silindirik ( $V_{sil}$ ) bir hacim içerir.

$$V_{sil} = \frac{\pi \cdot (D_b^2 - D_w^2) \cdot L_{sil}}{4} \quad (3.10)$$

$$V_{kn} = \frac{\pi \cdot (D_b - D_w)}{8 \cdot \tan(\alpha)} \cdot \left( \frac{(D_b^2 + D_b) \cdot (D_w + D_w^2)}{3} - D_w^2 \right) \quad (3.11)$$

$$V_s = V_{sil} + V_{kn} \quad (3.12)$$

Formülde  $V_s$  olarak gösterilen hacim ne kadar büyük olursa yani havuz derinliği ne kadar fazla olursa daha iyi bir ayrıştırma sağlanır.



Şekil 3. 11: Tambur içerisindeki Karışım Hacmi

Tambur içerisindeki akışkan içerisinde herhangi bir küresel parça göz önüne alındığında, akışkanın izlediği yol düşünüldüğünde küresel parçanın tambur içerisinde aksel ve radyal hızlarının olması gerektiği anlaşılacaktır (Denklem (3.13) ve (3.14)).

$$V_e = \frac{Q_f}{\pi \left( \left( \frac{D_b}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_w}{2} \right)^2 \right)} = \frac{L}{t_e} \quad (3.13)$$

$$V_r = V_g \frac{\omega^2 \cdot r}{g} \quad (3.14)$$

Debinin belirli bir kesitten geçen birim zamandaki madde miktarı olduğu düşünülürse; santrifüj dekantör makinesi için bunu tambur içerisindeki akışı bir boru iç akışı gibi düşünüp iki parametreye bağımlı kılabiliriz. Bu parametrelerden birincisi akışın gerçekleşeceği kesit olan tambur yarıçapı olup ikinci parametre ise süre olacaktır. Bu doğrultuda Denklem (3.14)'ün integrali alınıp Denklem (3.13) ile eşit süreler için ortak çözüm yapılırsa ortaya çıkacak olan denklem ile tambur içerisine yapılan ürün beslemesinin debisi bulunacaktır (Denklem (3.15)).

$$Q_f = \frac{\pi \cdot L \cdot \omega^2}{g} \cdot \frac{\left( \left( \frac{D_b}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_w}{2} \right)^2 \right)}{\ln \left( \frac{D_b}{D_w} \right)} \cdot V_g \quad (3.15)$$

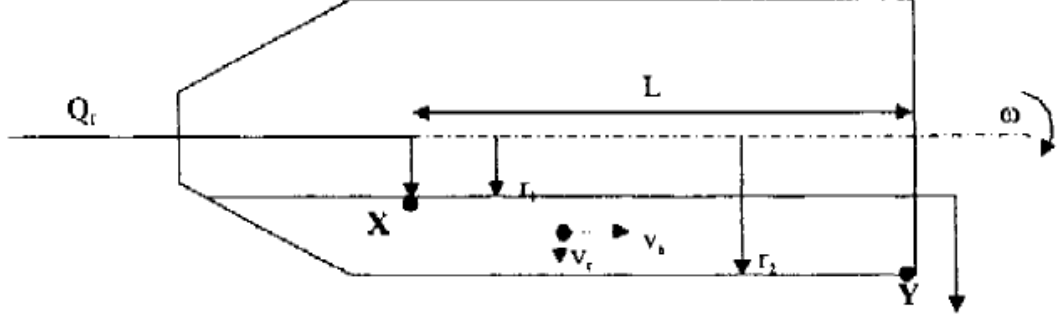
$$Q_f = \sum V_g \quad (3.16)$$

Denklem (3.15) incelendiğinde, tambur içerisinde homojen ve laminar bir akış içerisinde ilerlediği kabul edilen küresel parçacığa etki eden kuvvetlerin bileşkesi sonucu sahip olduğu sabit hız olan  $V_g$  ve santrifüj dekantör tamburu için ana boyutsal parametrelerin çarpıldığı görülüyor. Bu çarpım sonucu elde edilecek olan değer ise santrifüj dekantör makinesinin ayırma kapasitesi olarak nitelendirilmektedir.

$$\Sigma = \frac{\pi \cdot L \cdot \omega^2}{g} \cdot \frac{\left( \left( \frac{D_b}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_w}{2} \right)^2 \right)}{\ln \left( \frac{D_b}{D_w} \right)} \quad (3.17)$$

Eğer  $D_w/D_b \leq 0.65$  ise Denklem (3.17) uygulanabilir. Denklem (3.17) sayesinde santrifüj dekantörlerin performans değerlendirmeleri de rahatça yapılabildiği gibi aynı zamanda yeni yapılacak olan tasarımlara da bu performans parametresi ışık tutmaktadır (Denklem (3.18)).

$$\frac{Q_{f1}}{\Sigma_1} = \frac{Q_{f2}}{\Sigma_2} \quad (3.18)$$



Şekil 3. 12: Tambur İçindeki Küresel Parçacığın Konumu

Performans parametrelerini belirleyen değerlerin hepsi santrifüj dekantör makinesi tamburu içindeki akışa dahil olan küresel bir parçacık üzerinden değerlendirilebilir. Bu küresel parçacığın kendisinin bir yoğunluğu aksenal ve radyal hızı olduğu gibi aynı zamanda askıda bulunduğu sıvının da bir yoğunluğu ve viskozitesi bulunmaktadır. Şekil 46'da görüleceği üzere ürün tambur içine,  $t=0$  anında ve X noktasında  $r_1$  yarıçapında ve  $Q_f$  debisi ile girer. Küresel parçacık tamburun ayrıştırma uzunluğu olan L uzunluğunu  $t=t_e$  süresi içinde geçtiğinde parçacık eğer helezon tarafından toplanacaksa tamburun iç çapı olan Y noktasında bir  $r_2$  yarıçapına çökmelidir. Sabit  $\omega$  açsal hızı ile dönen tambur yüzeyine çöken bu parçacık ise helezon tarafından konik gövdeye doğru iletilerek tamburdan dışarıya tahliye olur.

Bekleme süresi ( $T_r$ ): Santrifüj dekantör makinesinin tamburu içerisine beslenen ürünün merkezkaç kuvvete ne kadar süre maruz kaldığını göstermektedir. (Denklem (3.19))

$$T_r = \frac{3600 \cdot V_s}{Q} \quad (3.19)$$

Bekleme süresi tambur içerisinde ne kadar fazla olursa karışımın ayrıştırılması o kadar yüksek olacaktır. Bunu belirleyen etken ise tambur içerisindeki karışım hacmi olacaktır. Bekleme süresi her bir ürün her bir proses için farklılık göstermektedir. Bekleme süresi santrifüj dekantör makinesinden alınacak olan

verimde büyük rol oynamaktadır. Bekleme süresini etkileyen diğer parametreler ise karışım içerisindeki partikül boyutu, karışımı oluşturan bileşenlerin yoğunluk farkları, karışım içerisindeki sıvı maddelerin viskozitesi ve karışım içerisindeki sıvı maddelerin hacimce oranı olacaktır. Tambur içerisindeki bekleme süresini en kolay kontrol etmenin yolu sıvı çıkışının gerçekleştirileceği sıvı çıkış saclarını ayarlamaktır. Sıvı çıkış saclarını tambur içindeki karışım hacmini ne kadar arttırmak istiyorsak o kadar değiştirerek karışımın tambur içindeki bekleme süresini o oranda arttırmış oluruz.

Bekleme süresini daha spesifik olarak ayarlamak ise tambur ile helezon arasındaki diferansiyel hız farkı ile olmaktadır. Bu doğrultuda örnek vermek gerekirse, helezon hızının tambur hızından ne kadar yavaş olması tambur içerisindeki katının o kadar yavaş ilerlemesi demek olacaktır. Bu durum da karışımın bekleme süresini taşıma hızı yavaşlayacağı için arttıracak olup tambur içindeki katı maddenin sıvı maddeden çok daha iyi ayrıştırılmasını sağlayacak ve aynı zamanda ayrıştırılan sıvı içerisinde de askıda kalacak olan katı madde miktarını bir o kadar da azaltmış olacaktır.

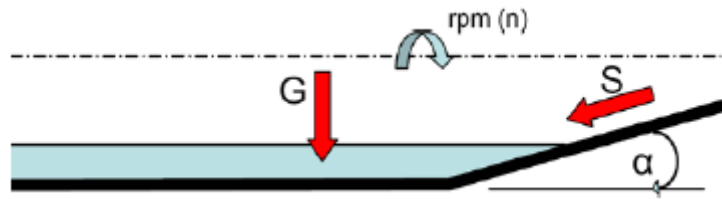
Katı maddelere gövdenin  $\alpha$  açılı konik bölümünde taşınırken etkiyen bir kayma kuvveti (S) vardır. Bu kayma kuvveti (S) tambur içerisinde işlenen her ürüne göre değişkenlik göstermektedir. Bunun sebebi ise işlenecek olan karışımları oluşturan maddelerin yoğunlukları olmaktadır. Katı maddelerin  $\alpha$  açılı konik bölüme geçerken karşılaştığı kayma kuvveti (S) Denklem (3.20) ile hesaplanmaktadır.

$$S = G \cdot \sin(\alpha) \quad (3.20)$$

Denklem (3.20)'den de anlaşılacağı üzere  $\alpha$  koniklik açısı ne kadar büyük olursa kayma kuvveti (S) değeri de o kadar büyük olacaktır. Kayma kuvveti (S)'nin küçük olması helezonlarda yaşanacak olan aşınmanın da az olmasını sağlayacaktır bu nedenle; çok yoğun bir yapısı olan ve helezonun ürünü taşıması için yüksek tork gerektiren ürünlerde düşük konik açısı kullanılmalıdır.

Santrifüj dekantör makinelerinde en iyi ayrıştırmayı sağlamak için ayrıştırmanın gerçekleşeceği tamburun uzunluğu önemli rol oynamaktadır. Tambur

uzunluğu ne kadar büyük olursa ayrıştırmanın gerçekleşeceği yüzey alanı da doğru orantılı olarak artacağı için aynı çapa sahip tamburlar karşılaştırıldığında boyu uzun olan tamburda daha iyi bir ayrıştırma gerçekleşmesi beklenir. Tambur boy uzunluğu seçilirken ise dikkat edilmesi gereken başka bir durum ise; tambur boy uzunluğunun arttırılmasının her zaman avantaj yaratmayacak olamasıdır. Tambur boy uzunluğu çapa göre belirli bir uzunluğunun üstüne çıktığında tambur içerisinde gerçekleşen akışın rejimini bozup düzensizliğe sebep olacak ve türbülanslı bir akış oluşacaktır. Türbülanslı akış da ayrıştırmayı olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle santrifüj dekantör makinelerinin tambur çaplarına göre boy uzunluğu seçilirken bu işlem belirli oranlar çerçevesinde gerçekleşmektedir. Tambur tasarımdaki bu oran boy çap oranı (L/D) olarak ifade edilmektedir. Her bir firmanın üretmiş olduğu belirli çaptaki tamburları için tecrübelerin de katkısıyla belirledikleri bir L/D oranı bulunmaktadır. Bu oran prodesten prosese farklılık gösterse de 3-3,6-4 gibi değerler olabilir.



Şekil 3. 13: Konik Gövdenin Oluşturduğu Kayma Kuvveti

Tambur çapına göre boyu arttırmamızdaki asıl hedefimiz olan ayrıştırmanın gerçekleşeceği yüzey alanı temizleme alanı ( $A_c$ ) olarak ifade edilmektedir. Tambur boyu ve çapı firmadan firmaya nasıl farklılık gösteriyorsa aynı şekilde formüller de farklılık göstermektedir. En basit temizleme alanı ( $A_c$ ) yaklaşımı olarak Sokolov formülü kabul edilebilir ve kullanılabilir.

$$A_c = \pi \cdot D_b \cdot L_{sil} \quad (3.21)$$

### 3.5.1 Tambur Et Kalınlığı

Santrifüj dekantör tamburu yüzeyine birden fazla etkene bağlı olarak kuvvet etki etmektedir. Etki eden kuvvetler öncelikle tamburun kendi ağırlığı ve tambur içindeki ürüne etki eden merkezkaç kuvveti sonucu tambura etkiyen kuvvet olmaktadır. Tambur ile beraber dönen ekipmanlar arasında yer alan helezon ve



şanzıman da tambura dinamik bir kuvvet olarak etki etmektedir. Bu sebeple santrifüj dekantörün tamburunun et kalınlığı önem arz etmektedir.

Santrifüj dekantör tamburunun et kalınlığı hesaplayabilmek için tambur iç yüzeyine etkiyen basınç ne olmaktadır bilmek gerekmektedir. Santrifüj dekantör makinesi tamburunu kapalı bir boru olarak düşünürsek etki eden toplam F kuvvetini tambur içerisindeki ürün hacmi, sıvı çıkış yarıçapı ve tambur iç çapı ile sınırlandırıp hesaplayarak bu kuvveti de silindirik yüzey alanına bölerek tambur et kalınlığını hesaplayabilmek için ihtiyacımız olan basınca ulaşabiliriz.

$$\frac{s}{D_t} \leq 0,1 \quad (3.22)$$

$$P_b = \frac{\rho_1 \omega^2}{2} \cdot \left( \frac{D_b^2 - D_w^2}{4} \right) \quad (3.23)$$

Bulmuş olduğumuz santrifüj dekantör makinesi tamburu cidarına etki eden basıncın ardından oluşacak olan gerilme değerini de Denklem (3.24) ile bulabiliriz.

$$\sigma_{t1} = \frac{\rho_1 \cdot \omega^2 \cdot [D_b^2 - D_w^2] \cdot D_b}{16 \cdot 10^9 \cdot s} \quad (3.24)$$

Yalnızca tambur üzerinde içindeki ürünün oluşturduğu bir basınç değil aynı zamanda tamburun kendi ağırlığından da kaynaklı oluşan merkezkaç etkisi de ekstra bir basınç oluşturmaktadır.

$$\sigma_{t2} = \frac{\rho_2 \cdot \omega^2 \cdot (D_b + s)}{4 \cdot 10^9} \quad (3.25)$$

Santrifüj dekantör makinesinin tamburu ince cidarlı bir kapalı kap gibi düşünüldüğünden dolayı, ince cidarlı kaplarda aksel gerilme teğetsel gerilmenin yarısı kabul edildiği için aksel gerilmeler ayrıca hesaplanmamıştır. Tambura etki eden hem tambur içerisindeki üründen kaynaklı hem de tamburun kendi ağırlığının oluşturduğu gerilmeler hesaplandıktan sonra toplam gerilme Denklem (3.26) ile bulunabilir.

$$\sigma_T = \sigma_{t1} + \sigma_{t2} \quad (3.26)$$

Santrifüj dekantör makinesi tamburu cıvatalı bağlantı ile oluşturulabileceği gibi aynı zamanda kaynaklı yöntemi ile de oluşturulabilir. Kaynaklı tasarım olan durumlarda elde edilen toplam gerilme kaynak doğrulama katsayısına bölünür. Gerilme dayanımı ise Avrupa Mühendislik Talimatlarına (EED) göre, izin verilen maksimum çalışma sıcaklığında, malzemenin akma dayanımının %66 altında malzeme kopma dayanımının %44'ü kadar olmalıdır (Records ve Sutherland 2001).

$$\sigma_{z1} = 0,33 \cdot R_{p0,2} \quad (3.27)$$

$$\sigma_{z2} = 0,44 \cdot R_m \quad (3.28)$$

Son olarak da kalınlığın emniyet faktörü ile doğruluğunu tespit etmek için gerilim toplamı, dayanım toplamı ile kıyaslanır.

$$S_a = \frac{\sigma_{z1}}{\sigma_T} \quad (3.29)$$

$$S_k = \frac{\sigma_{z2}}{\sigma_T} \quad (3.30)$$

Santrifüj dekantör makinesi tamburunda katı yoğunluğu konik kısımda daha fazla olduğundan dolayı, pratik hesap yapabilmek adına düz kısımda hesaplanan et kalınlığının konik kısımda 1,5 kat fazla olması tercih edilmektedir.

### 3.6 Motor Gücünün Hesaplanması

Santrifüj dekantör makinesinin güç ihtiyacını birçok parametre belirlemektedir. Bu parametreleri değerlendirdiğimizde; tambur içindeki ürünün tambur devrine ulaşması için ihtiyaç duyulan güç ( $P_p$ ), dönme sırasındaki sürtünme kayıpları ve akışa engel olan hava direncinin yenilmesi için ihtiyaç duyulan güç ( $P_{sür}$ ), tambur içinde ayrıştırılan katının katı çıkışına taşınması için ihtiyaç duyulan güç ( $P_{pt}$ ) ve gövde grubu (tambur, konik kısım, helezon, şanzıman vb.) ekipmanlarının sahip olduğu kütlelerinden kaynaklı ataletlerini yenebilmek için ihtiyaç duyulan güç ( $P_t$ ) olarak karşımıza güç ihtiyacı çıkmaktadır. İhtiyaç duyulan bu güç grupları içerisinde gövde grubunun ateletini yenebilmesi için ihtiyaç duyulan güç ayrı değerlendirilebilir çünkü santrifüj dekantör makinesi önce tambur boşken çalıştırılır ve istenilen çalışma devrine ulaşması sağlanır. Tamburun istenilen çalışma

devrine ulaşmasının ardından tambur içerisine ürün beslemesi yapılır bu durum ihtiyaç duyduğumuz motor gücünün azalmasını sağlayacaktır. Tüm bu durumları bir arada incelemek gerekirse de denklem (3.31) ile ifade edilebilir.

$$P_T = P_p + P_{sür} + P_{Pt} + P_r \quad (3.31)$$

Tamburun ilk hareketi sırasında ihtiyacımız olan ataleti yenebilmek için hesaplanması gereken moment, tamburun kütleini ve ataletini hesaplayarak mümkün olacaktır.

$$m_{sil} = V \cdot \rho_b = \pi \cdot \frac{(D_b + 2s)^2 - D_b^2}{4} \cdot L \cdot \rho_b \quad (3.32)$$

$$J_{sil} = m_{sil} \cdot \frac{(D_b + 2s)^2 + D_b^2}{8} \quad (3.33)$$

Tambur için ihtiyaç duyulan atalet momentinden motor milinde oluşturulması gereken atalet momentine ise denklem (3.34) ile geçilmektedir. Bu sayede motor miline indirgenmesi gereken atalet momenti hesaplanacaktır.

$$J_{ind} = \frac{J \cdot n_2^2}{n_1^2} \quad (3.34)$$

Santrifüj dekantör makinesinin ilk kalkışı esnasında ihtiyaç duyulan güç, motor miline indirgenen atalet momenti sonrasında hesaplanabilecektir. Bu hesaplama yapılırken kalkış süresi ( $t_k$ ) kapasiteden kapasiteye göre değişiklik gösterebileceği için ortalama 3 dk olarak seçilmiştir. Motorun kendi ataleti ise tambur için ihtiyaç duyulan ataletin yanında çok küçük kaldığından dolayı ihmal edilmiştir.

$$M_k = J_{ind} \cdot \alpha \quad (3.35)$$

$M_k$  denkleminde yer alan  $\alpha$  değeri bize ivmelenmeyi belirtmektedir ve Denklem (3.36) ile hesaplanmaktadır.

$$\alpha = \frac{\omega}{t_k} \quad (3.36)$$

Santrifüj dekantör makinesi tamburunu harekete geçirebilmek için ihtiyaç duyulan toplam moment ise Denklem (3.37) ile hesaplanmaktadır.

$$M_{sil} = M_k + M_L \quad (3.37)$$

Santrifüj dekantör makinesinin tamburu için kalkış operasyonunun tamamlanmasının ardından istenilen devre ulaşması için yenilmesi gereken tek direnç rulmanların kendi içlerinde oluşturmuş oldukları direnç olmaktadır. Bu dirençten kaynaklı ihtiyaç duyulan tahrik momenti ise Denklem (3.38) ile hesaplanabilir.

$$M_L = m_{sil} \cdot g \cdot \mu_r \cdot \left( \frac{d_{mil}}{(D_b + 2s)} \right) \quad (3.38)$$

Tahrik momentinin bulunmasının ardından ihtiyaç duyulan motor gücüne geçmek için ise Denklem (3.39) kullanılacaktır.

$$P_{r sil} = \frac{M_L \cdot N}{9550} \quad (3.39)$$

## **4. MATERYAL VE YÖNTEM**

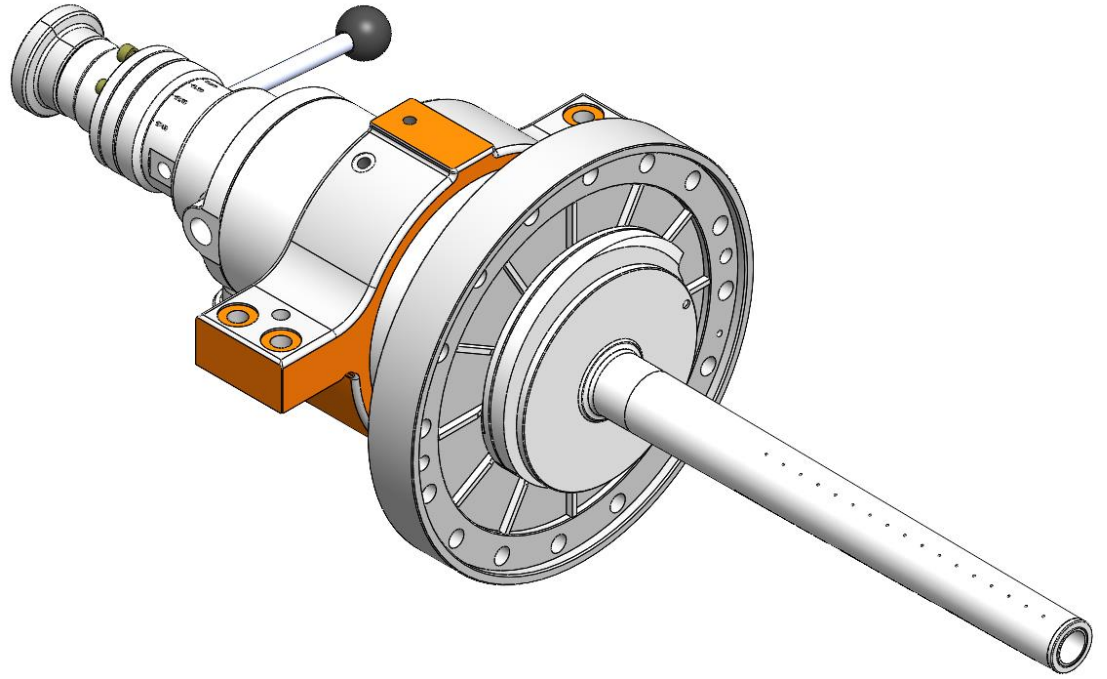
### **4.1 Santrifüj Dekantör Gövde Elemanları Malzemeleri**

Santrifüj dekantör makinesinin ürün ile temas halinde olan bütün parçalarında paslanmaz çelik kullanılmalıdır. Paslanmaz çelik kalitesi göz önüne alınarak ürün ile temas halinde olan bütün parçalarda aynı kalitede paslanmaz çelik de kullanılmamaktadır. Santrifüj dekantör parçalarında kullanılan ürün ile temas halindeki malzeme kalitelerine örnek olarak; 1.4301 (AISI 304), 1.4401 (AISI 316), 1.4404 (AISI 316L), 1.4539 (AISI904L), 1.4462 (Dubleks), 1.4507 (Süper Dubleks) malzemeler verilebilir. Tambur içerisindeki ürün nedeniyle tambur ve helezon parçaları yalnızca korozyon dayanımı olan ürünler değil aynı zamanda aşınmaya karşı da dayanımı olan malzemeler seçilmelidir. Bu nedenle tambur grubu parçalarında yüksek kalitede paslanmaz çelikler olarak kabul edilen 1.4539 (AISI 904L), 1.4462 (Dubleks) veya 1.4507 (Süper Dubleks) malzemeler tercih edilirken helezon grubu parçalarında bu malzemelere ek olarak 1.4401 (AISI 316) ve 1.4404 (AISI 316L) kalitede malzemeler kullanılmaktadır.

### **4.2 Ayarlanabilir Disk**

Bölüm 2.1.1.2' de anlatıldığı üzere santrifüj dekantör makinesi tamburu içerisindeki arıtılmış sıvı tambur ön kapağında yer alan sıvı çıkış saclarını aşarak tamburu terk etmektedir. Bu durumda sıvı çıkışı gerçekleşirken herhangi bir basınç oluşmamakta açıklıktan atmosfer basıncıyla sıvı çıkış saclarını aşarak sıvı tahliye olmaktadır. Tambur içerisinde ayrıştırılan sıvının bir disk yardımıyla tamburdan uzaklaştırıldığı sistemdir. Sıvı çıkış saclarının havuz derinliğini ayarlamak amacıyla belirli çaplarda yapıldığı durumlar yerine ön kapak ile beraber çalışan bir ayarlanabilir disk montajı yapılmıştır. Bu montaj içerisinde çalışan diskin konumu kontrol edebilmek amacıyla bir hareket kolu tasarlanmış

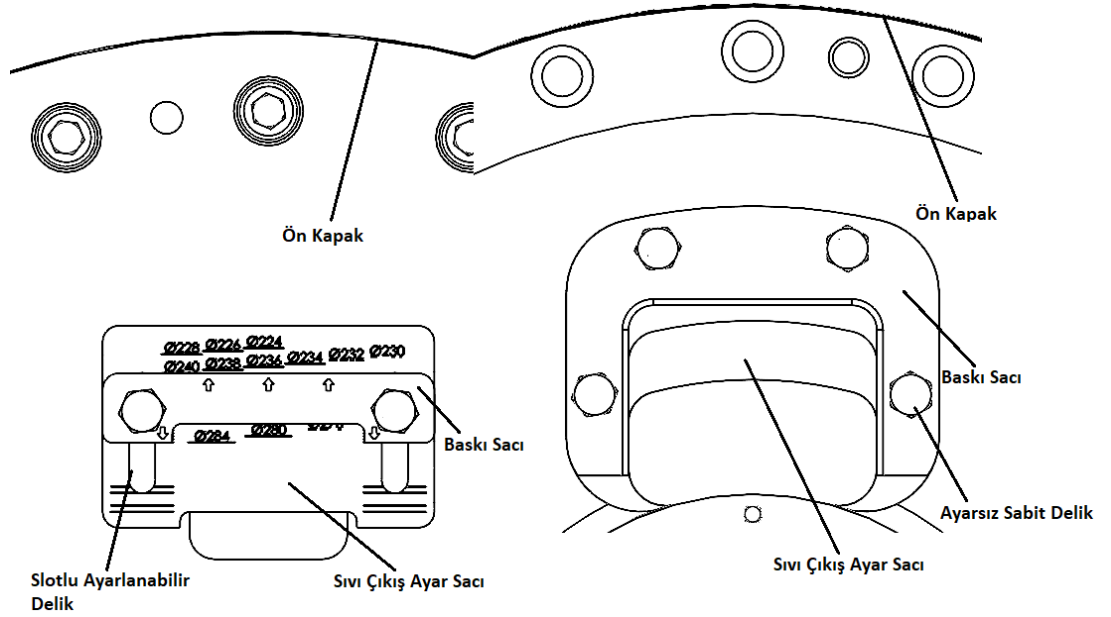
olup sıvı çıkış saclarında ayarlanan saclar ayarlanabilir disk montajında bu hareket kolu ile kontrol edilmektedir.



Şekil 4. 1: Ayarlanabilir Disk Montajı

#### 4.2.1 Ayarlanabilir Disk ve Geleneksel Yöntem

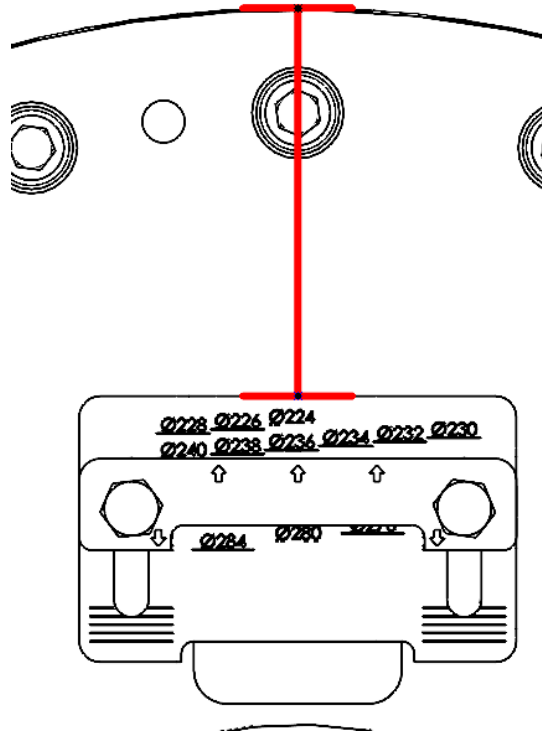
Ayarlanabilir diskin geleneksel yöntem sıvı çıkış saclarına göre en büyük avantajı ayarlanabilir olmasıdır. Daha da önemlisi ayarlama yapılan bu diskin santrifüj dekantör makinesini durdurmaya gerek kalmadan ayarlanabiliyor olmasıdır. Geleneksel yöntem sıvı çıkış saclarının bazılarının kapak bağlantısı bir delik ile yapılırken bazı sıvı çıkış sacları da slot kullanılarak yapılmaktadır. Slot kullanılarak yapılan sıvı çıkış sacları bazı çaplar için ayarlanabilir olsa da bazı çapları ayarlamak için kullanılan sac yetersiz gelecek ve başka sac kullanmaya ihtiyaç duyulacaktır. Başka sac kullanılarak ayarlanan sıvı çıkış çapları da slot kanalıyla yeniden ayarlanmalıdır.



Şekil 4. 2: Ayarlanabilir ve Sabit Sıvı Çıkış Sacları

Tüm bu sıvı çıkış çaplarını ayarlama işlemlerinin yapılabilmesi için sökme takma işlemi yapılmak zorundadır. Sökme Takma işlemleri sırasında üst kapağın açılması gerekmektedir. Üst kapağın açılabilmesi için ise üst kapağı şasiye bağlayan bütün civataların sökülmesi gerekmektedir. Şasi ile üst kapağı birbirine bağlayan civatalar söküldükten sonra gövde grubuna erişilebilecektir. Gövde grubuna erişmek için ise gövde grubunun tamamen durmuş olması gerekmektedir. Santrifüj dekantör makinesi yüksek devirlerde çalıştığından dolayı, gövde grubunun ulaştığı çalışma devrinden tamamen durması için geçireceği bir süre bulunmaktadır. Bu süre çalışan makineye göre farklılık gösterse de ortalama olarak 20 dk gibi bir süre geçmektedir. Bu süreyi geçirdikten sonra üst kapak ile şasiyi birbirine bağlayan civatalar sökülebilir olacaktır.

Üst kapak ile şasiyi birbirine bağlayan civataların sökülmesinin ardından, gövde grubuna ulaşılabilmesi için eğer sıvı çıkış ayar saclarının tasarımı slotlu ayarlanabilir şekildeyse ve üzerlerinde her birinin çıkış çaplarını belirten markalamalar yapıldıysa, kaç adet sıvı çıkış ayar sacı bulunuyorsa her biri için tek tek istenilen çıkış çapı civatalar sökülüp ayarlanıp yeniden sıkılarak uygulanmalıdır. Yapılacak olan bu işlem eğer sıvı çıkış ayar saclarının üzerinde markalama bulunmuyor veya markalamalar ürün sebebiyle okunmuyorsa kumpas ile ön kapağın teğet noktasından sıvı çıkış ayar sacının üst kenarına olan mesafe her biri için tek tek ölçülerek ayarlanmalıdır.



Şekil 4. 3: Ayarlanabilir Sıvı Çıkış Saclarında Kumpas ölçüm Noktaları

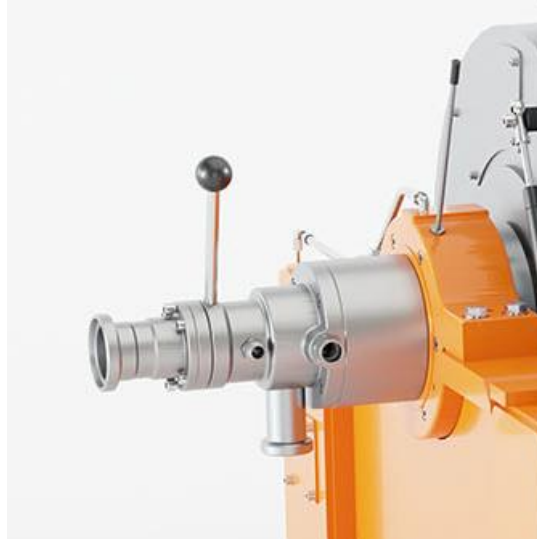
Sıvı çıkış ayar sacları kumpas ile tek tek ayarlanıp civataları sıkıldıktan sonra, yeniden üst kapak ve şasi bağlantı civataları sıkılarak santrifüj dekantör makinesi çalışabilir hale getirilir. Santrifüj dekantör makinelerinin nasıl tamamen durması için belirli bir süre geçirmesi gerekiyorsa, istenilen devre ulaşması için de bir süre geçirmesi gerekmektedir. Bu süre tamamen durması için geçen süre kadar olmasa da ortalama 3-5 dk sürmektedir. Tüm bu işlemler ve duruş-kalkış süreleri dikkate alındığında toplam geçen süre için yaklaşık 45-50 dk ayrılması gerekebilir. Santrifüj dekantör makinesinin optimum çalışma koşullarını sağlayabilmesi için sıvı çıkış ayar sacları en uygun havuz derinliği sağlanacak konuma getirilmelidir. En uygun konumun bulunması için ise her bir üründe ve her bir çalışma lokasyonunda farklı sıvı çıkış çapları denenmelidir. Denenecek olan her bir sıvı çıkış çapı için ise bahsedilen ayar süresi (45-50 dk) harcanmalıdır. İşletmeler göz önüne alındığında bu ayarlamalar için harcanan süreler büyük önem arz etmektedir. Bu yapılan sıvı çıkış sacı ayarlamaları makinenin yalnızca ilk kurulumu sırasında gerçekleşen olay değildir. Makede ayrıştırılacak olan ürünün karışım özellikleri değişirse santrifüj dekantör makinesi çıktıları değişecektir. Değişen ürünün karışım özelliklerine uyacak şekilde yeni bir sıvı çıkış çapı bulunup uygun havuz derinliği değişen ürün



karışımına göre sağlanmalıdır. Tüm bu ayarlamalar için harcanan süreler işletmeler özelinde çok önemlidir, bu nedenle harcanan süreler bertaraf edilmek istenmektedir.

#### 4.2.2 Ayarlanabilir Disk Montajı Tasarım Özellikleri

Sıvı çıkışın gerçekleştiği diskin ayarlanabilir olmasını sağlayan bir mekanizma bulunmaktadır. Bu mekanizma bir kol yardımı ile diskin istenen havuz derinliğini sağlayabilmek amacıyla uygun çapa diskin getirilmesini sağlamaktadır. Diski kontrol eden kol ile tambur içerisinde yüksek ve düşük havuz derinliği olması durumu sağlanmış olacaktır.



Şekil 4. 4: Ayarlanabilir Disk Kontrol Kolu

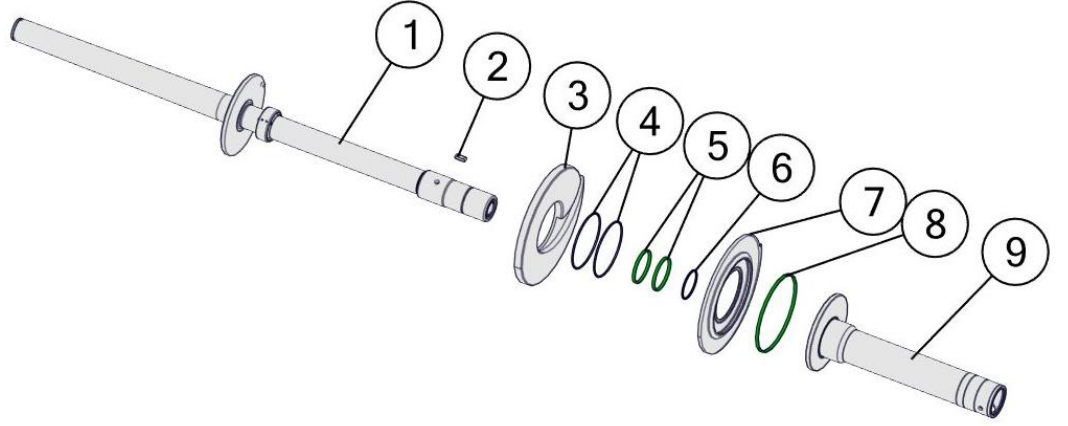


Şekil 4. 5: Tambur İçindeki Havuz Derinlikleri

Bölüm 3.5' de bahsedildiği üzere havuz derinliği ayırıştırma bölgesinin uzunluğu açısından önemlidir. Havuz derinliği karışım içerisinde yer alan askıdaki katı maddelerin ayırıştırılmasında büyük rol oynamaktadır. Bu da makineden çıkan katı madde ve sıvı madde kalitesini etkilemektedir. Tambur içerisinde işlenecek ürüne bağlı olarak ve bu ürünün katı-sıvı fazlarının makineden çıkışının nasıl olmasının istendiğine bağlı olarak havuz derinliği değişmektedir. Eğer havuz derinliği yüksek olacak şekilde disk ayarlanırsa sıvının teorik olarak tambur içinde harcadığı süre artacaktır. Artan bu süre sentratın daha berrak bir şekilde elde edilmesini sağlayacaktır. Yüksek havuz derinliğinin olduğu durumda sıvının tambur içinde daha fazla zaman harcadığı gibi katı maddenin de tambur içinde harcadığı zaman ters orantılı olarak azalacaktır. Katı maddenin harcadığı zaman azaldığında ise katı çıkışının daha nemli olması beklenmektedir. Bu durum da makinenin susuzlaştırma performansının azaldığı anlamına gelecektir. Katı ve sıvı fazı etkileyen bu havuz derinliği ayarlanabilir disk sayesinde hem sıvı fazdan hem de katı fazdan optimum sonucu elde edebilecek şekilde uygun konuma getirilecektir.

#### **4.2.3 Ayarlanabilir Disk Montajını Oluşturan Parçalar**

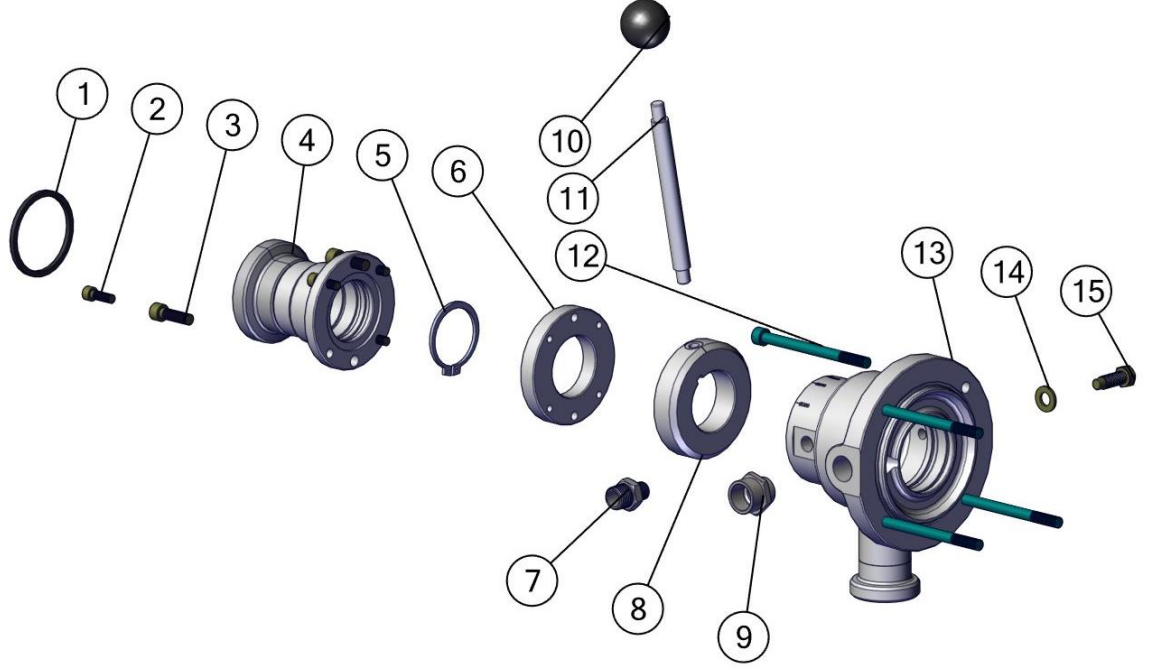
Ayarlanabilir diskin montajını değerlendirmek gerekirse iki gruptan bahsetmek gerekecektir. Birinci grup ürün beslemesinin ve sıvı faz tahliyesinin gerçekleştirildiği içinde diskin de yer disk grubu olurken, ikinci grup da sıvı fazın makineden uzaklaştırıldığı ve diskin kontrolünün sağlandığı kontrol kolunun yer aldığı sıvı tahliye grubu olacaktır.



Şekil 4. 6: Disk Grubu Montaj Parçaları

Tablo 4. 1: Disk Grubu Montaj Parçaları Listesi

Montaj Numaraları	Parça Adı
1	Ürün Giriş Borusu
2	Kama
3	Disk 1. Parça
4	O-Ring
5	Keçe
6	O-Ring
7	Disk 2. Parça
8	Keçe
9	Ürün Giriş Ara Borusu

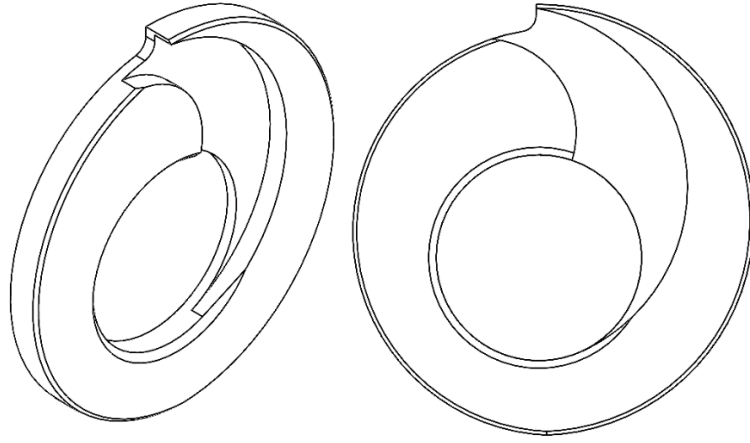


**Şekil 4. 7:** Sıvı Tahliye Grubu Grubu

**Tablo 4. 2:** Tahliye Grubu Montaj Parçaları Listesi

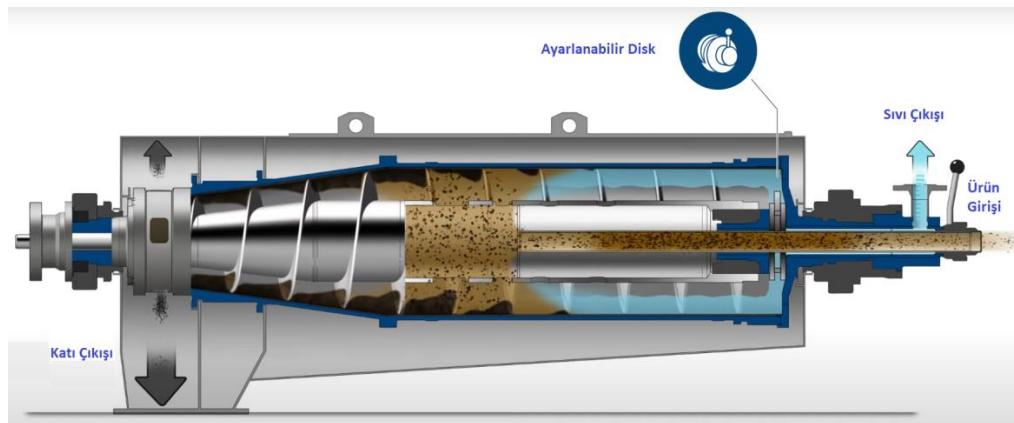
Montaj Numaraları	Parça Adı
1	Rakor Contası
2	Civata
3	Civata
4	Ürün Giriş Bağlantısı
5	Segman
6	Flanş
7	Redüksiyon
8	Tutma Kolu Kovanı
9	Redüksiyon
10	Tutma Topuzu
11	Tutma Kolu Mili
12	Civata
13	Ürün Çıkış Parçası
14	Rondela
15	Civata

Ayarlanabilir disk montajı oluşturan parçalar makineden makineye çok farklılık göstermezken ana parçaların yalnızca ebatlarında değişiklik olmaktadır. Bu çalışmanın önem arz eden kısmı ise sıvı çıkışının gerçekleştiği asıl montaj elemanı olan disk parçasıdır. Montaj grubunda yer alan disk Şekil 4.6’da gösterildiği üzere 2 parçadan oluşmaktadır. Şekil 4.6’deki 7 numaralı disk parçası yalnızca diskteki akışın gerçekleşmesini sağlayan bir disk kapağı görevi görse de asıl akışın gerçekleştiği parça 3 numara ile belirtilen disk parçası olmaktadır. Bunun sebebi ise akışın gerçekleştiği akış geometrisi 3 numaralı parçada yer almaktadır. Sıvı faz çıkışındaki sıvı fazın basıncını ve hızını belirleyen ana etmen 3 numaralı disk parçasıdır.



**Şekil 4. 8:** Sıvı Faz Akışının Gerçekleştiği Disk Geometrisi

Ürün beslemesi tambur içine yapılmak istendiğinde ilk olarak ayarlanabilir diskin tahliye grubu montaj grubuna ulaşmakta, ayrıştırılan sıvı ise uygun havuz derinliği ayarlanan disk içinden geçerek farklı bir yolu takip edip gövde grubundan uzaklaşmaktadır.



**Şekil 4. 9:** Ayarlanabilir Disk Kullanılan Gövde Grubu İçi Akış

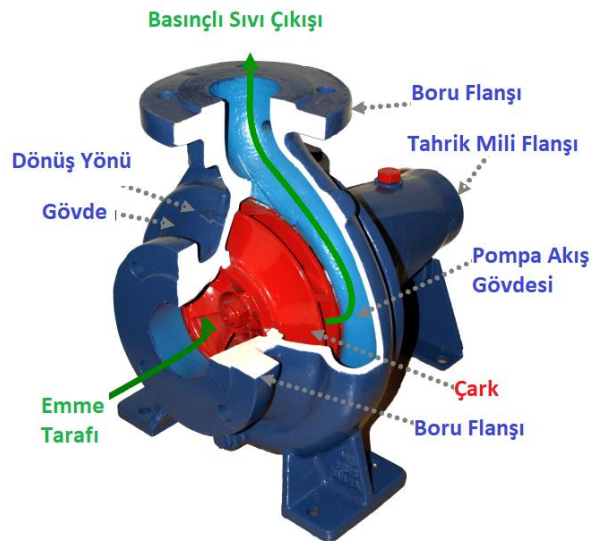
## 4.2.4 Ayarlanabilir Disk Ölçülendirme Esasları

Literatür taramasında görüldüğü üzere santrifüj dekantör makineleri için daha önce herhangi bir ayarlanabilir disk için yapılmış çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle santrifüj dekantör makinesi için tasarlanmış olan ayarlanabilir disk için yapılan ölçülendirmeler genellikle santrifüj pompalarda kullanılan çarklar için araştırılmıştır.

### 4.2.4.1 Santrifüj Pompa Çarklarının Teorisi

#### 4.2.4.1.1 Santrifüj Pompa

Pompalar, mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren makinelerdir. Pompaların görevi, sıvıları bir hat boyunca taşımak ve bu işlemi akışkana enerji vermek suretiyle gerçekleştirmektir. Verilen bu enerji sıvının bir boru içinde akışını sağlayacak ve akışkan ile boru arasındaki sürtünme kayıplarını karşılayacak veya akışkanın potansiyel ve kinetik enerjisini arttıracaktır. Pompa kullanımındaki esas amaç ise akışkanın hızını değil basıncını arttırmaktır. Pompa organları arasında en önemli parçalardan birisi pompa çarkıdır ve çark içerisinde aksel, radyal veya karışık akış söz konusu olabilir.

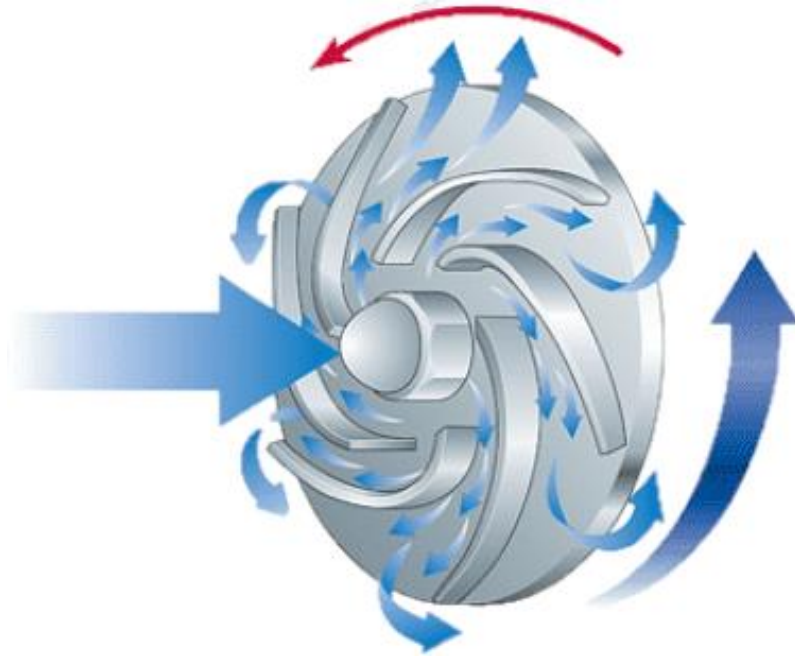


Şekil 4. 10: Santrifüj Pompa

Tipik bir santrifüj pompada akışkan önce Şekil 4.10'da gösterilen pompanın merkezine (emme tarafı) girer. Çark kanatları arasından geçen akışkan, çarkın dönme hareketleriyle teğetsel bir hız kazanır. Çark kanatları ile çarkın ön ve arka duvarları ile sınırlanan kanallar arasındaki akışkan meydana gelen santrifüj kuvvetleri etkisiyle basma tarafına doğru itilir. Bu şekilde oluşan hareket, sıvının akışını ve pompanın emme tarafındaki emişini sağlar.

#### 4.2.4.1.2 Santrifüj Pompa Çarkı

Santrifüj pompa çarkı mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren ve üzerinde çok sayıda kıvrık kanatlar bulunan elemandır. Dönen çark, sıvıyı kendisiyle birlikte bir dönme hareketi yapmaya zorlamaktadır. Akışkan çark kanatları arasından geçerken dönme hareketi ile teğetsel hız kazanır. Sıvı, dönme sebebiyle kanatlarda oluşan santrifüj kuvveti sayesinde çıkışa doğru itilir. Hidrolik açıdan enerji aktarımı çark içerisinde gerçekleştiği için, çark tasarımı pompa tasarımının en önemli kısmıdır. Bu bağlamda çarkla ilgili tasarım parametrelerinin boyutlandırılması, hidrolik açıdan yüksek verim ve mekanik açıdan da uzun ömür kriterini karşımıza çıkarmaktadır.



Şekil 4. 11: Santrifüj Pompa Çarkı

#### 4.2.4.1.3 Santrifüj Pompa Çark Tasarımı

Santrifüj pompalarda kullanılacak olan çark tipine özgül hız değeri ile karar verilir. Oluşacak olan çark geometrisi özgül hıza göre değişim göstermektedir. Bir pompanın özgül hızı bu pompaya hidrolik ve geometrik olarak benzeyen ve optimum çalışma durumunda 1 m manometrik yüksekliğe, 1 m<sup>3</sup>/s debi ile su ileten model pompanın dakikadaki devir sayısıdır. Şekil...’de özgül hıza göre çark şekilleri, çıkış hız üçgenleri ve pompa karakteristik eğrileri gösterilmiştir. Özgül hız, Q (m<sup>3</sup>/s), H<sub>m</sub> (m) ve n (d/d) olmak üzere Denklem (4.1)’deki gibi ifade edilmektedir.

$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{(H_m)^{5/4}} \quad (4.1)$$

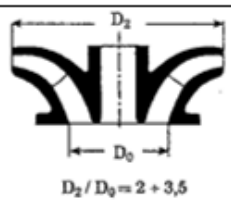
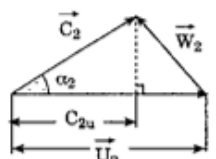
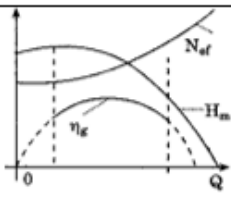
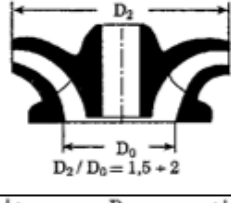
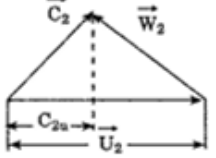
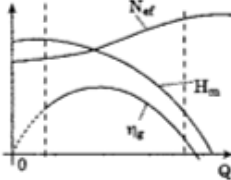
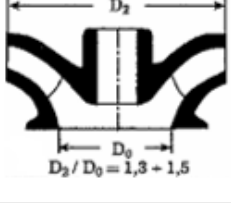
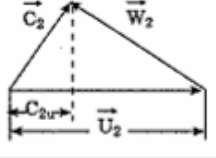
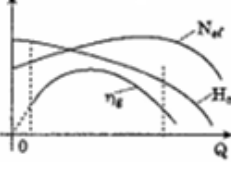
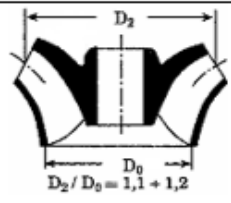
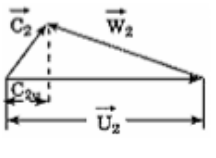
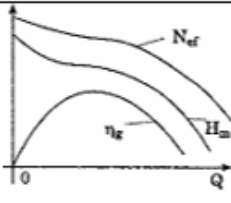
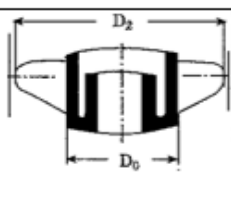
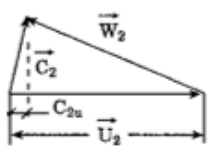
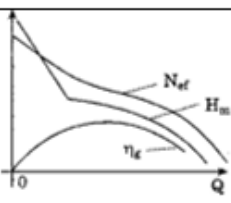
Tam santrifüj pompalarda özgül hız 50-200 d/d arasında olmaktadır. Özgül hızın küçük olduğu durumlarda pompa kademeli olarak yapılmaktadır. i kademe sayısını ifade etmektedir.

$$H_{m1} = \frac{H_m}{i} \quad (4.2)$$

Denklem (4.2), Denklem (4.1) eşitliğinde yerine koyulursa çark hesabı bir kademe için bulunan H<sub>m1</sub> ve n<sub>s1</sub> değerlerine göre gerçekleştirilir. Bu şekilde özgül hız (i)<sup>3/4</sup> kadar büyütülmüş olur Denklem (4.3) elde edilir.

$$n_{s1} = n_s \cdot (i^{3/4}) \quad (4.3)$$



$n_s$ (d/d)	Çark Şekli	Hız Üçgenleri	Karakteristik Eğriler
40 ÷ 110	 $D_2 / D_0 = 2 + 3,5$		
110 ÷ 200	 $D_2 / D_0 = 1,5 + 2$		
200 ÷ 300	 $D_2 / D_0 = 1,3 + 1,5$		
300 ÷ 500	 $D_2 / D_0 = 1,1 + 1,2$		
500 ÷ 1200	 $D_2 / D_0 = 1,1 + 1,2$		

Şekil 4. 12: Özgül Hıza Göre Çark Şekilleri

Kanat tipinin belirlenmesinin ardından çark tasarımını belirleyen başlıca parametreler bulunmaktadır. Bu parametreler çarkta yer alan kanat sayısı, çıkış açısı, çıkış çapı ve çıkış genişliği olmaktadır. (Parlak 2016)

#### 4.2.5 Ayarlanabilir Disk İçin Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi

Santrifüj dekantör makinesinde kullanılan, ayarlanabilir disk montajında yer alan disk geometrisi tasarımındaki parametreler Bölüm 4.2.4.1.3’de de belirtildiği üzere kanat sayısı, çıkış açısı, çıkış çapı ve çıkış genişliği olarak karar verilmiştir. Bu parametreler ışığında değerlendirildiğinde su çıkış çapının santrifüj dekantör

makinesi tamburu için belirli aralıklar dahilinde olması gerekmektedir. Belirli aralıklar dahilinde olması gereken sıvı çıkış çapları nedeniyle disk tasarımındaki dış ölçüler santrifüj pompa çarkından farklı olarak belirli ölçüler dahilinde sabit kalmaktadır.

Santrifüj pompa çarkından farklı olarak belirlenen bir diğer parametre de santrifüj pompada emme, çark merkezinden olurken santrifüj dekantörler için kullanılan diskte emme, disk üstü çaptan yapılmaktadır. Basınçlı sıvı çıkışı ise disk merkezinden gerçekleştirilmektedir. Basınçlı sıvı çıkışının disk merkezinden gerçekleştirilmesi nedeniyle santrifüj dekantör makinesi tasarımında kullanılan sıvı çıkış borusu ölçüsü, tambur sıvı çıkış çapına göre değişmemektedir. Bu durum santrifüj pompa çarkı tasarımında kullanılan parametre olan su çıkış çapı parametresini değişken olmadığı için ortadan kaldırmaktadır.

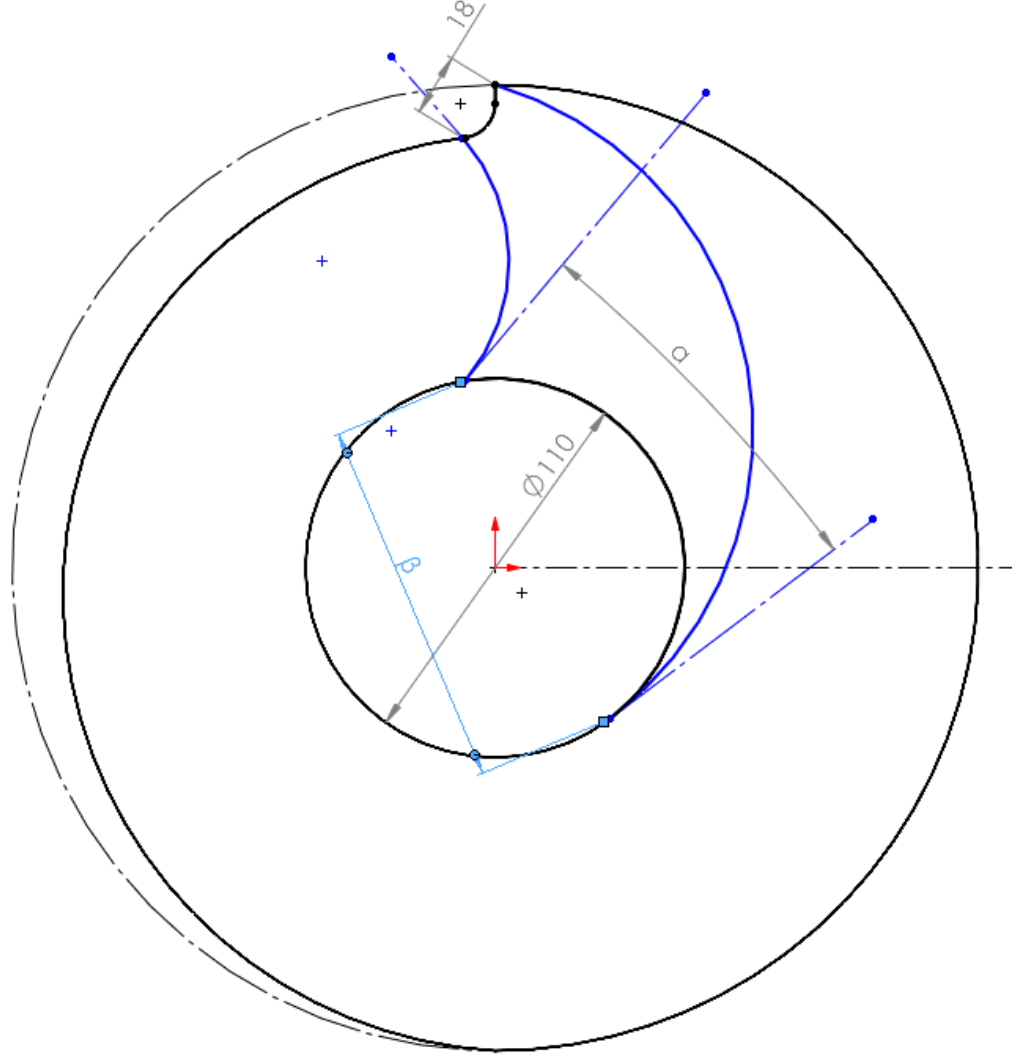
Santrifüj dekantör makinesinde kullanılan ayarlanabilir disk eksantrik bir mil ekseninde hareket ettiği için sıvı akışının gerçekleştiği geometri sıvı akışının tek bir yoldan ilerlemesini gerektirmektedir. Bu durum da santrifüj pompa çarkı tasarımındaki diğer parametre olarak belirlenen kanat sayısı parametresini oradan kaldırmış olmaktadır.

Ayarlanabilir disk tasarımında kanat kullanılmıyor olup, santrifüj pompa çarkı tasarımında kullanılan kanatların arasındaki sıvı akış geometrisi disk üzerinde tek bir sıvı akış yolu oluşturacak şekilde esas alınmıştır. Tek bir akış yolu belirlenmesinde kullanılan radyal sıvı akış yolları sıvı çıkış açısı değiştirildiğinde değişeceği için sıvı çıkış genişliği de kullanılmamaktadır. Tüm bu bilgiler doğrultusunda disk tasarımında kullanılan parametre radyal santrifüj pompa çarkı geometrisi incelenerek oluşturulmuş olup sıvı çıkış açısı kullanılmıştır (Parlak 2016).

Polat Makine A.Ş. mevcut ürün portföyünde yer alan makinesinde kullanılmakta olan ayarlanabilir disk montajındaki diskte, oluşturulan sıvı akış geometrisi firma tecrübesiyle ortaya çıkarılmıştır. Yapılan çalışmada oluşturulan disk geometrilerine ilave olarak mevcutta kullanılmakta olan disk de incelenmiş ve analizler yapılmıştır.

### 4.3 Ayarlanabilir Disk Geometrisi Ölçüleri

Ayarlanabilir disk için kullanılan ölçüler belirli değişkenler çevresinde oluşturulmuş olup, mevcutta kullanılan disk tasarımı da bu tasarımlar içerisine dahil edilmiştir. Tasarımda geometri oluşturulurken belirli ölçüler sabit tutulup belirli ölçüler değişken olarak bırakılmış olup bu ölçüler Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 13: Disk Geometrisi Değişken Ölçüleri

HAD analizine dahil edilen tasarımlar için değişken olan ölçüler Şekil 4.13’de gösterilmiştir. Bu ölçülerden çıkış açısı ölçüsü  $\alpha$  ile gösterilmiş olup, çıkış genişliği ölçüsü de  $\beta$  ile belirtilmiştir. Bu ölçüler dahilinde tasarımlar Solidworks programı kullanılarak tamamlanmıştır.

**Tablo 4. 3:** Disk Tasarımları Değişken Ölçüleri

<b>Geometri</b>	<b><math>\alpha</math> Ölçüsü (<math>^{\circ}</math>)</b>	<b><math>\beta</math> Ölçüsü (mm)</b>
1	46	106,3
2	24	108,8
3	13	106,7
4	15	107,2
5	30	109,5

Tablo 4.3'te yer alan ölçüler doğrultusunda analize hazırlanması için 5 farklı geometri oluşturulmuştur. Bölüm 4.2.4.1'de anlatıldığı üzere oluşturulan geometride santrifüj pompaların radyal çark tasarımları dikkate alınmıştır.

#### **4.4 Sonlu Elemanlar Metodu Çözümü**

Sonlu elemanlar metodu yöntemi mühendislik problemleri çözümünde kullanılan numerik bir yöntemdir. Bu yöntemin ilk kullanılma amacı gerilme analizi problemleri olmuştur. Sonlu elemanlar metodu katı mekaniği, akışkanlar mekaniği, ısı transferi ve titreşim problemlerinin kullanıldığı mühendislik çözümlerinde kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar metodu temelinde problem için kullanılan modeller sonsuz sayıda elemanlara ayrılırlar ve bu elemanlar birbirine düğüm (node) adı verilen noktalardan bağlanırlar. Buradan hareketle bir model üzerindeki düğümde meydana gelen yer değiştirmelerle elemanlardaki yer değiştirmeler, elemanlardaki yer değiştirmelerle ise düğümlerdeki yer değiştirmeler ilişkili olduğundan dolayı sonlu elemanlar metodu yönteminde model çözümü bu temel üzerinde ilerlemektedir. Bu şekilde elemanlar ile düğümler arasındaki ilişki kullanılarak cebri bir denklem takımı elde edilir. Ele alınana probleme bağlı olarak yüzlerce hatta binlerce denklem elde edilebilir. Denklem sayısı yüzlerle hatta probleme göre binlerle ifade edildiğinden dolayı problem çözümünde bilgisayar kullanılmak zorunlu olmaktadır. (Pençe 2007).

Sonlu elemanlar metodu yaklaşımıyla, normalde çok pahalı deney düzenekleriyle hesaplanabilen karmaşık yapılar, makine elemanları çok kısa süre içerisinde bilgisayarlar kullanılarak hesaplanabilir hale gelmiştir. Bu sayede kısa

sürede çözüme ulaşılabilindiğinden dolayı farklı tasarım arayışlarına gidilebilmektedir. Farklı tasarımları birlikte irdeleyip optimum tasarıma ulaşabilmek konusunda sonlu elemanlar metodu vazgeçilmez bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

Sonlu elemanlar metodunun akışkanlar mekaniğine uyarlanmış şekli de Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) olarak isimlendirilmektedir. HAD temel olarak, akışkan davranışının yapılan tasarımda önemli bir rol üstlendiği ve probleme sebep olacağı durumlarda, sonlu elemanlar metodunu akışkanlar mekaniği üzerinde uygulayarak yapılan sayısal çözümlerdir. Sonlu elemanlar metodunun akışkanlar mekaniğine uygulanmasıyla ulaşılan bu HAD sayesinde türbülanslı, çok fazlı ve süpersonik akışkanlar kolaylıkla modellenmektedir. HAD otomotiv endüstrisinden, uzay ve havacılığa, elektronikten, çevre, enerji, medikal uygulamaları dahil olmak üzere birçok kullanım sahası olan bir yöntem olarak karşımıza gelmektedir. HAD bize; kararlı rejim veya zamana bağlı akışkan davranışları, basınç-hız-sıcaklık dağılımları, ısı transferi, tek ve çok fazlı akışlar, sabit yoğunluklu ve sıkıştırılabilir akışlar problemlerinde çözüm sağlamaktadır.

Mühendislik hesaplamalarında, akışkan davranışının doğru tespit edilmesi oldukça önem arz etmektedir. Kompleks modellerin analitik yöntemlerle hesaplanamayan ısı transferi, basınç kayıpları, akış hızları gibi verileri, sayısal yöntemlerle parçanın tasarım aşamasında belirlenebilmektedir. Bu durum üretime geçilmeden tasarımcıya ve üreticiye zaman ve maliyet anlamında büyük avantajlar sağlamaktadır. Çok fazlı akışlar, Newton tipi olan veya Newton tipi olmayan akışkanlar, katı-sıvı etkileşim analizleri, ileri türbülans modelleri, dönen parçaların analizleri gibi birçok uygulamada HAD, doğru ve hızlı sonuç elde etmemize olanak sağlamaktadır.

#### **4.4.1 Problemin Modellenmesi ve Sınır Şartları**

Bu çalışmada yapılan modelleme ve belirlenen sınır şartları ANSYS Fluent programı ile kullanılmıştır. Sınır şartları santrifüj dekantör makinesi ayarlanabilir disk montajında yer alan disk modeli için, santrifüj dekantör makinesi tamburunun sıvı çıkışındaki fiziksel koşullar göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Bu durumda santrifüj dekantör makinesinin çalışma sahasının genişliğinden dolayı, tambur sıvı

çıkışındaki ayrıştırılan sıvı fazdaki maddenin birçok madde olabileceği düşünülmüştür. Santrifüj dekantör makinesinde işlenen ürünler göz önüne alındığında ise genellikle karışımların çoğunun su içerdiği tespit edilmiştir.

Bu nedenle santrifüj dekantör makinesi sıvı çıkışındaki maddenin su olduğu kabul edilmiştir. Aynı zamanda santrifüj dekantör makinesine beslenen karışımdaki düzensizlikler nedeniyle, oluşabilecek olan tambur içerisindeki türbülanslı akış göz ardı edilerek, disk içerisinde laminer akış kabulü yapılmıştır. Sınır şartlarında kabul edilen suyun fiziksel özellikleri ise ANSYS programında 20°C sıcaklıktaki su için seçilmiştir. Tasarımı yapılan tüm geometriler için kullanılan sıvının fiziksel özellikleri ortak kabul edilmiştir.

Bir başka sınır şartı olarak disk girişindeki sıvı akış hızı kullanılmıştır, sıvı akış hızının geometriden kaynaklı sapmalardan etkilenmemesi için akış hızı manuel olarak kontrol edilmemiştir. Geometri girişindeki sıvı akış hızı, ANSYS programına hacimsel debi tanımlanarak otomatik belirlenmiştir. Hacimsel debi santrifüj dekantör makinesine ürün beslemesi yapan pompa ile kontrol edilmektedir. Santrifüj dekantör makinesine ait PLC ekranından istenilen debi kontrol edilebilmektedir. Santrifüj dekantör makinesi PLC ekranındaki debi değeri ile pompa üzerinde yer alan debimetreden de anlık ölçüm gerçekleştirilebilmektedir. Bu doğrultuda tüm geometrilerin giriş hızını belirleyebilmek amacıyla programa debi 10 m<sup>3</sup>/h olarak tanımlanmıştır.

Disk için tanımlanması gereken giriş ve çıkış basıncı “Gauge pressure” prensibine göre tanımlanmıştır. Diske olan sıvı girişi ve çıkışı atmosfere açık olarak kabul edilip, sıvı basıncının atmosfer basıncıyla ne kadar pozitif bir fark oluşturduğu incelenmiştir.

#### **4.4.2 ANSYS Programı Kullanılarak Yapılan Çözüm**

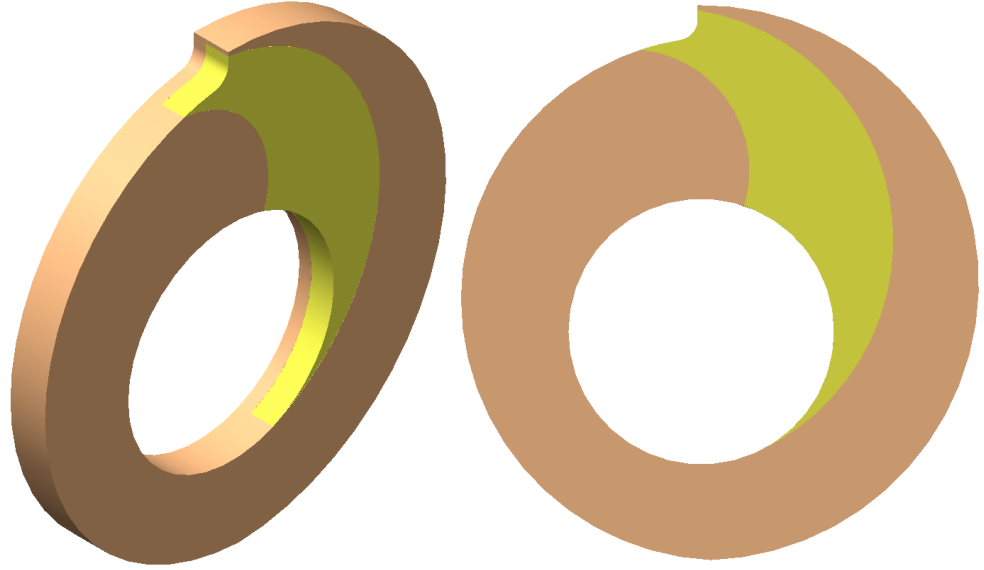
Bu başlık altında ANSYS programında ayarlanabilir disk akış probleminin modellenmesi ve çözümü incelenmiştir. Her bir çözüm beş farklı geometri için uygulanmıştır, çözümlerde tüm geometriler için ortak olarak kabul edilen çözüm

koşulları belirtilmiştir. Her bir geometri için çözüm 4 basamakta gerçekleştirilmiştir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir;

1. Çözüm yapılacak olan geometrinin analize hazırlanması.
2. Geometrinin mesh işleminin tamamlanması.
3. Çözüm için ayar (setup) işleminin yapılması.
4. Sonuçların değerlendirilmesi.

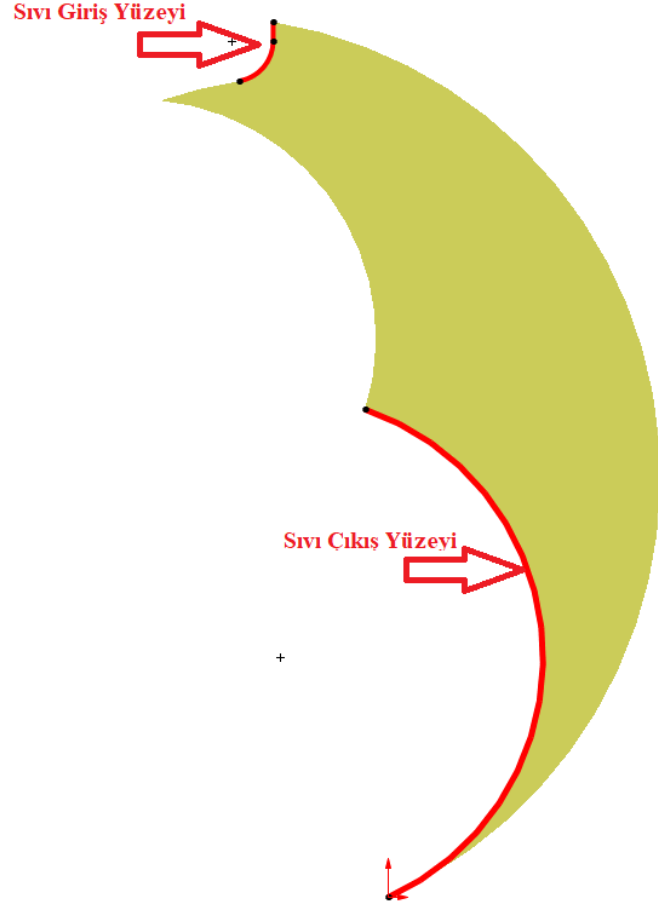
#### 4.4.2.1 Geometrinin Analize Hazırlanması

Bölüm 4.2.5'te belirtildiği üzere disk giriş yüzeyi sıvı çıkış yüzeyi sabit tutulması gerektiğinden dolayı her bir geometride aynı yüzey olarak alınmıştır. Yine aynı şekilde Bölüm 4.2.5'te belirtildiği üzere santrifüj dekantör gövde gurubu tasarımından kaynaklı olarak çıkış çapı da her geometri için sabit olduğundan sıvı çıkış yüzeyi de her bir geometri için sabit kabul edilmiştir.



**Şekil 4. 14:** Disk içindeki Akışın Gerçekleşeceği Kanal

Şekil 4.14'te gösterilen disk ANSYS programında analiz için kullanılırken yalnızca akışın gerçekleştiği kanal kullanılmıştır. Bu sayede çözüm için yapılan geometri süreyi kısaltmış olup ilgili bölüm incelenmiştir. Yapılan geometri işlemi, analiz için kullanılacak olan her bir geometri de uygulanmış olup akışın gerçekleşeceği kanal seçilmiştir.



Şekil 4. 15: Sıvı Akış Kanalı

Bütün geometriler için sıvı giriş yüzeyi ve çıkış yüzeyi aynı yüzey olarak seçilmiş olup ayarlanabilir disk içerisinde kanal aynı şekilde çıkartılmış ve analize dahil edilmiştir.

#### 4.4.2.2 Mesh

Yapılan HAD analizinde bütün geometriler için mesh işlemi aynı şekilde yapılmıştır. Analize dahil edilen bütün tasarımlar için mesh işleminde ilk olarak analizde kullanılacak olan hacimlerin fiziksel halleri “Geometry” başlığı altında tanımlanmıştır. Mesh yapısı yaratılmak üzere öncelikle “Mesh” başlığı altından “Smoothing seçeneği “High” olarak ayarlandı. Yapılan bütün tasarımların analizindeki mesh basamağında “Body Sizing” değeri 0,5mm olarak girilmiştir. Katı ve akışkan hacimlerinin temas yüzeylerine “Inflation” seçeneği kullanılarak sınır

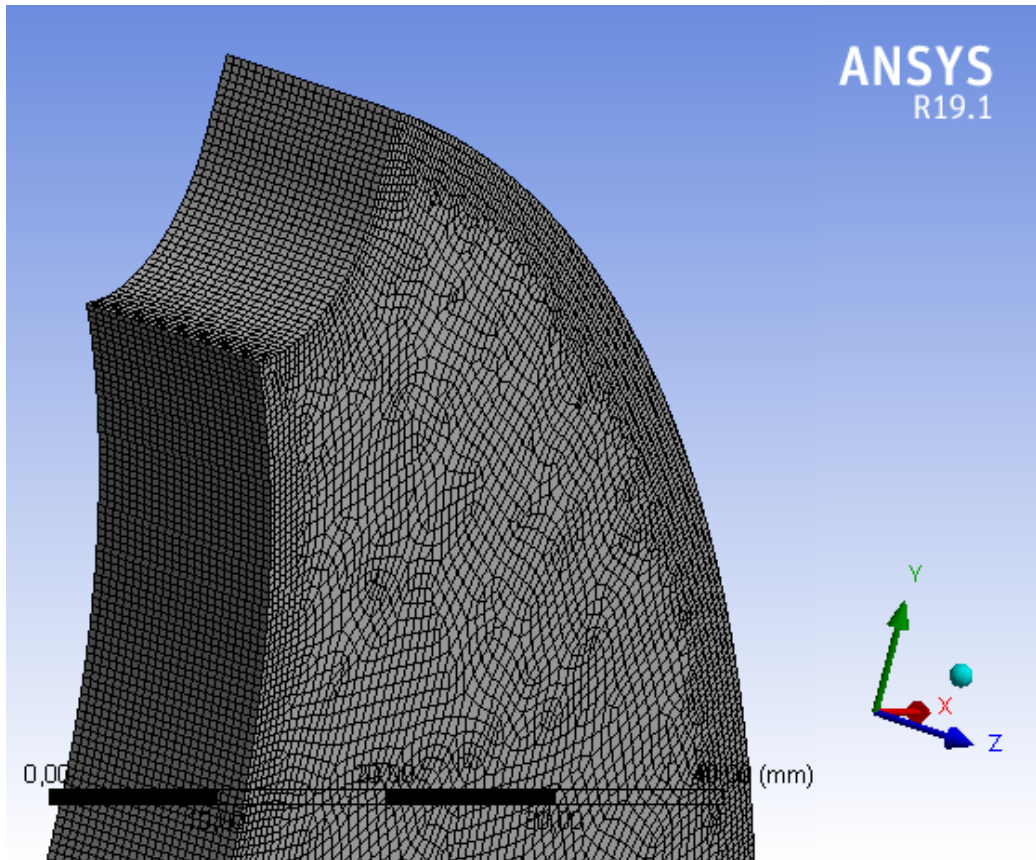


bölgelerindeki mesh yoğunluğu artırıldı. Hacmin akışkan tarafındaki temas yüzeylerine “Face Sizing” uygulandı. “Element Size” değeri için 1mm değeri girildi.

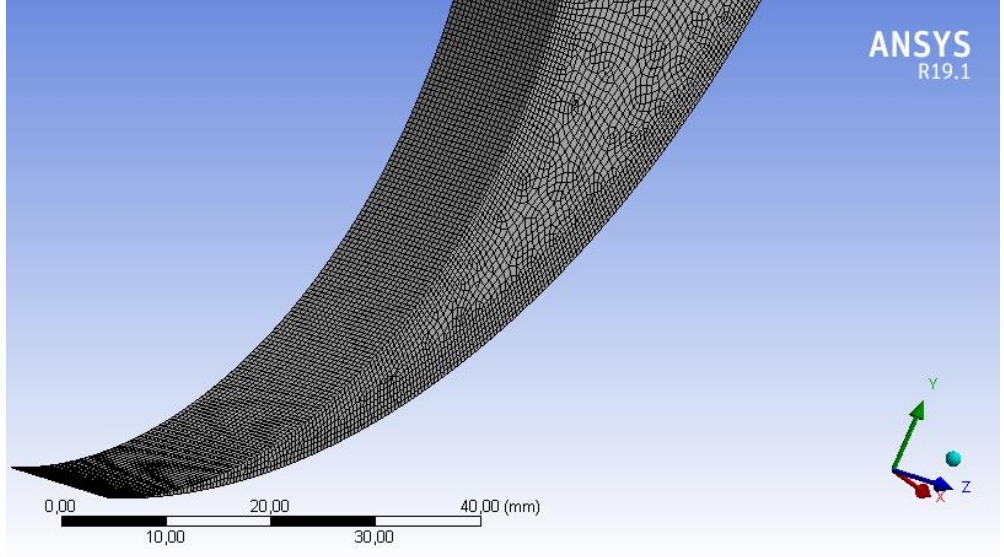
Scope		Scope	
Scoping Method	Geometry Selection	Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body	Geometry	5 Faces
<b>Definition</b>		<b>Definition</b>	
Suppressed	No	Suppressed	No
Type	Element Size	Type	Element Size
<input type="checkbox"/> Element Size	0,5 mm	<input type="checkbox"/> Element Size	Default (1, mm)
<b>Advanced</b>		<b>Advanced</b>	
<input type="checkbox"/> Defeature Size	Default (5, e-003 mm)	<input type="checkbox"/> Defeature Size	Default (5, e-003 mm)
Behavior	Soft	Behavior	Soft
<input type="checkbox"/> Growth Rate	Default (1,2)	<input type="checkbox"/> Growth Rate	Default (1,2)
Capture Curvature	No	Capture Curvature	No
Capture Proximity	No	Capture Proximity	No

Şekil 4. 16: Body Sizing ve Face Sizing Mesh Özellikleri

Mesh basamağında katı ve sıvı temas yüzeylerinde “Inflation” seçeneği kullanılarak mesh yoğunluğunun artırılması sağlandı ve bu sayede elde edilecek çözüme daha gerçekçi yaklaşım sağlanmış oldu.

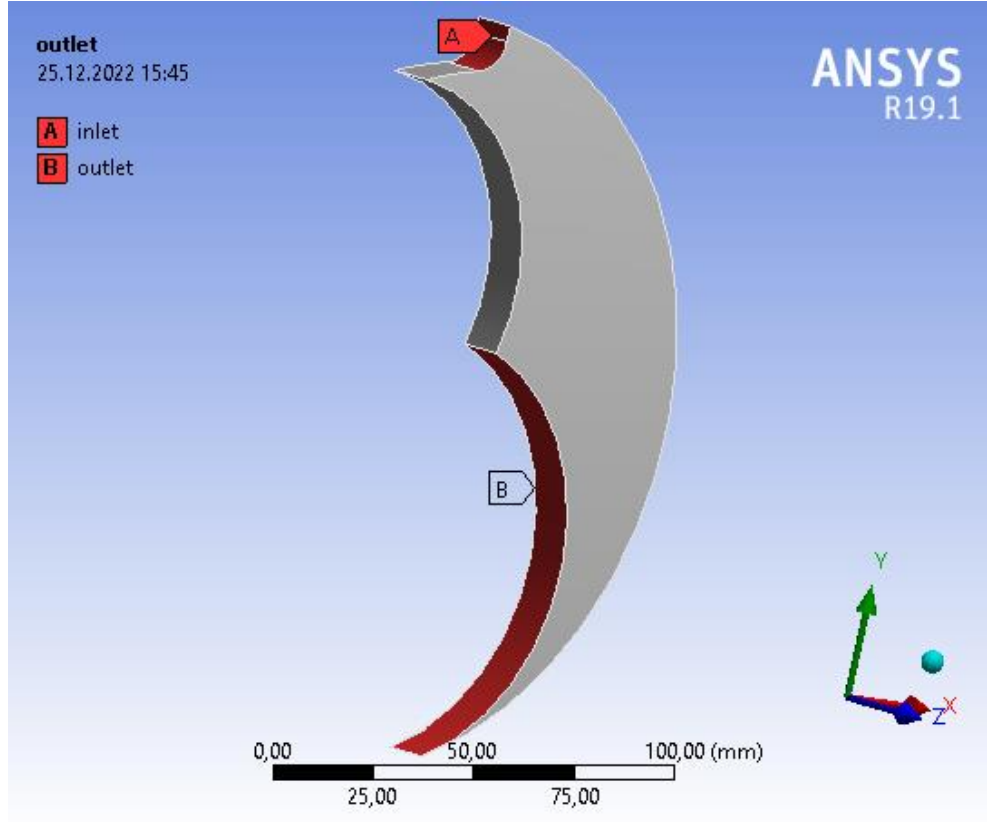


Şekil 4. 17: Akışkan Kanalı Giriş Bölgesi Mesh Yapısı



Şekil 4. 18: Akışkan Çıkış Bölgesi Mesh Yapısı

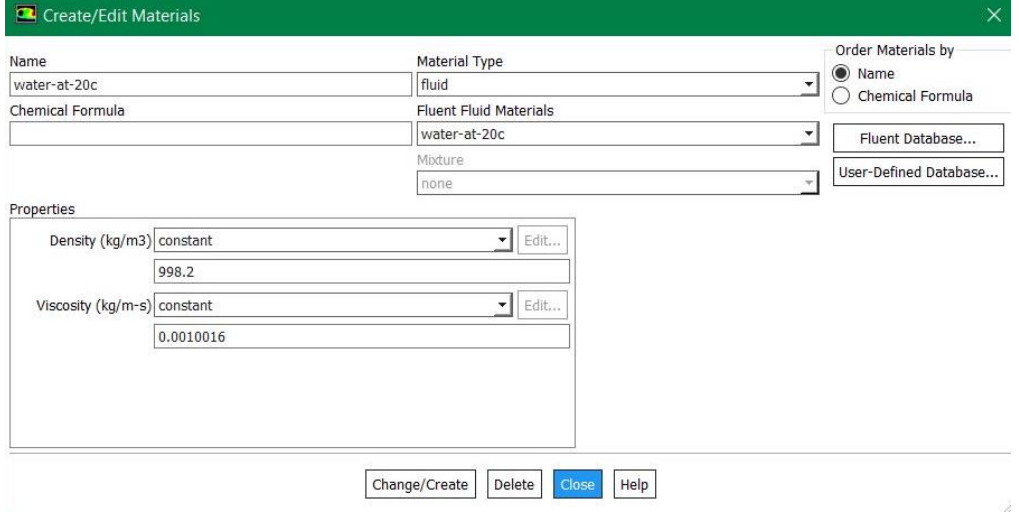
Mesh modülü içerisinde “Named Selections” seçeneği kullanılarak akışkan hacimlerinin “outlet ve inlet” yüzeyleri belirlendi. Akışkan hacminde belirlenen “outlet ve inlet” yüzeyler bütün geometriler için ortak olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. 19: Inlet ve Outlet Yüzeylerinin Belirlenmesi

### 4.4.2.3 Ayar (Setup)

Setup modülünde Bölüm 4.4.1’de anlatılan sınır şartları tanımlanmıştır. Yapılan çözümde santrifüj dekantör makinesi tamburu sıvı çıkışında laminer bir akış olduğu kabul edilmiştir. Sıvı olarak seçilen madde su olarak kabul edilmiştir ve suyun fiziksel özellikleri için 20°C’deki su kullanılmıştır.



The screenshot shows the 'Create/Edit Materials' dialog box. The 'Name' field contains 'water-at-20c'. The 'Material Type' dropdown is set to 'fluid'. The 'Chemical Formula' field is empty. The 'Fluent Fluid Materials' dropdown is set to 'water-at-20c'. The 'Mixture' dropdown is set to 'none'. The 'Order Materials by' section has 'Name' selected. The 'Properties' section shows 'Density (kg/m³)' set to 'constant' with a value of 998.2, and 'Viscosity (kg/m-s)' set to 'constant' with a value of 0.0010016. The 'Change/Create', 'Delete', 'Close', and 'Help' buttons are visible at the bottom.

Şekil 4. 20: 20°C Suyun Termofiziksel Özellikleri

Sıvı akışının gerçekleştiği kanal girişindeki hıza ulaşabilmek amacıyla her bir geometride ortak olacak şekilde 10 m<sup>3</sup>/h debi tanımlanmıştır. Akışkan hacminin girişindeki ve çıkışındaki basınç, “Gauge Pressure” prensibine uygun olarak 0 Pa tanımlanmıştır. Bölüm 4.4.1’de anlatıldığı üzere kaymama koşulu “no-slip condition” setup modülünde tanımlanmıştır. Bu tanımlama ile sıvı-katı sınırındaki sıvı hızının katı sınırının hızına eşit olduğu, yani katı yüzeyindeki sıvı moleküllerinin yapıştığı kabul edilmiştir.

**Wall**

Zone Name: wall

Adjacent Cell Zone: part\_1

Momentum | Thermal | Radiation | Species | DPM | Multiphase | UDS | Wall Film | Potential

Wall Motion:  Stationary Wall  Moving Wall

Motion:  Relative to Adjacent Cell Zone

Shear Condition:  No Slip  Specified Shear  Specularity Coefficient  Marangoni Stress

Wall Roughness: Roughness Height (m): 0 constant; Roughness Constant: 0.5 constant

OK Cancel Help

Şekil 4. 21: Kanal Duvarı Kaymama Koşulu

**Pressure Outlet**

Zone Name: outlet

Momentum | Thermal | Radiation | Species | DPM | Multiphase | Potential | UDS

Backflow Reference Frame: Absolute

Gauge Pressure (pascal): 0 constant

Pressure Profile Multiplier: 1

Backflow Direction Specification Method: Normal to Boundary

Backflow Pressure Specification: Total Pressure

Radial Equilibrium Pressure Distribution

Average Pressure Specification

Target Mass Flow Rate

Turbulence: Specification Method: Intensity and Viscosity Ratio

Backflow Turbulent Intensity (%): 5

Backflow Turbulent Viscosity Ratio: 10

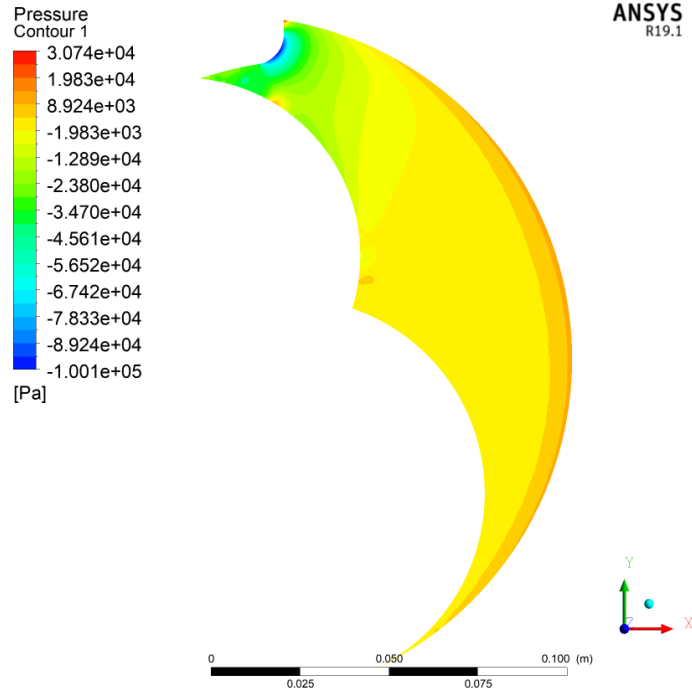
OK Cancel Help

Şekil 4. 22: Gauge Pressure Basınç Tanımlaması

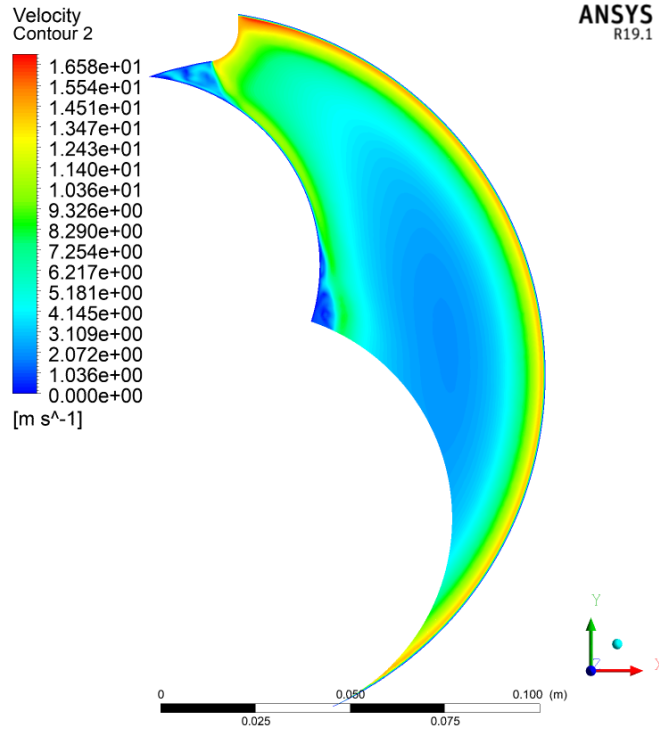
#### 4.4.2.4 Sonuçlar

Yapılan HAD analizi işlemleri 5 farklı geometri için yapılmış olup her bir tasarımdaki akış kanalındaki basınç ve hız değişimleri incelenmiştir. Tasarımdaki kritik nokta basınç olmaktadır. Bunun nedeni ise santrifüj dekantör sıvı çıkışıdaki

sıvının herhangi bir pompaya ihtiyaç duyulmadan belirli uzaklığa iletilebilmesi amaçlanmaktadır. Her bir geometri için yapılan analiz sonuçları için basınç ve hız kontürleri incelenmiştir.



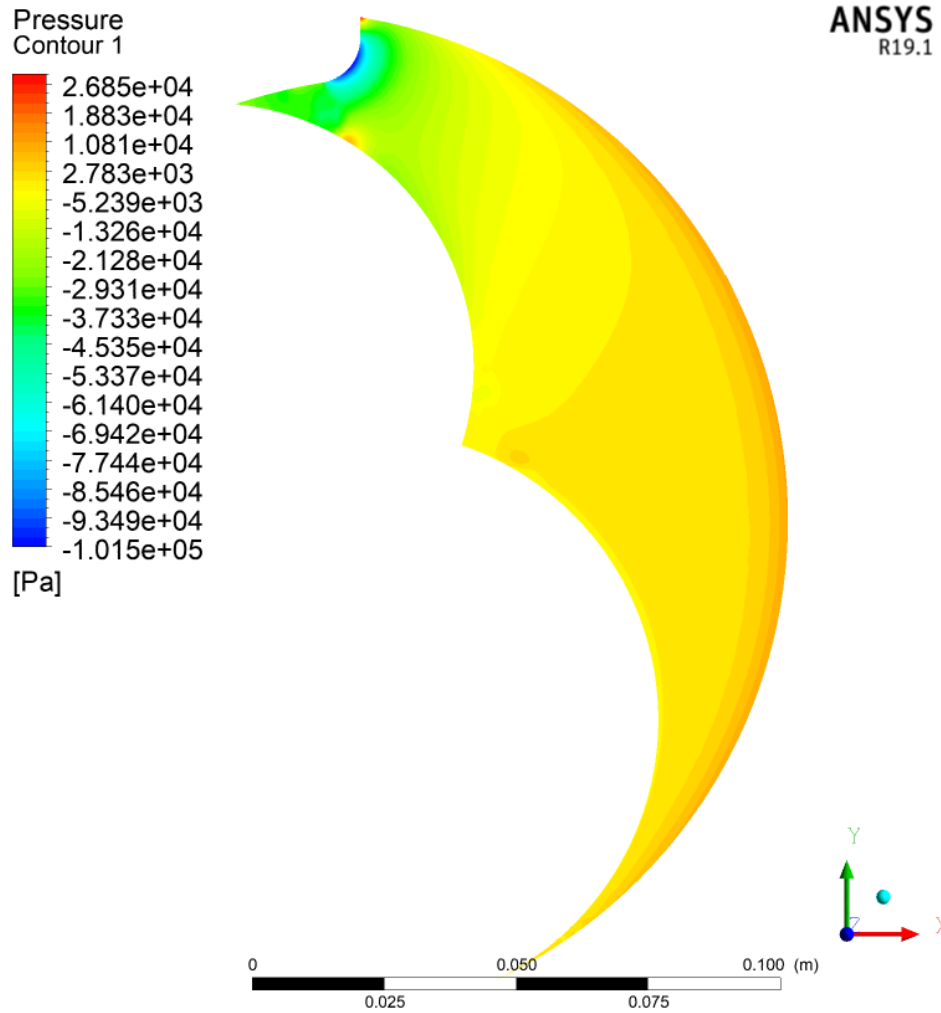
Şekil 4. 23: 1.Geometri Basınç Kontürü



Şekil 4. 24: 1.Geometri Hız Kontürü

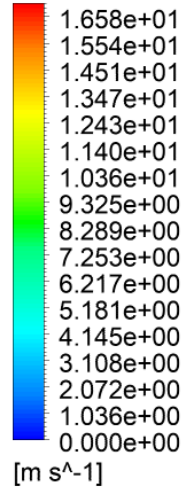
Mass Flow Rate		(kg/s)
inlet		2.7676649
outlet		-2.7685029
Net		-0.0008379856
Area-Weighted Average		(pascal)
outlet		25424.493
Area-Weighted Average		(m/s)
inlet		14.467502
outlet		5.8506316
Net		6.7833561

Şekil 4. 25: 1.Geometri Analiz Sonuçları

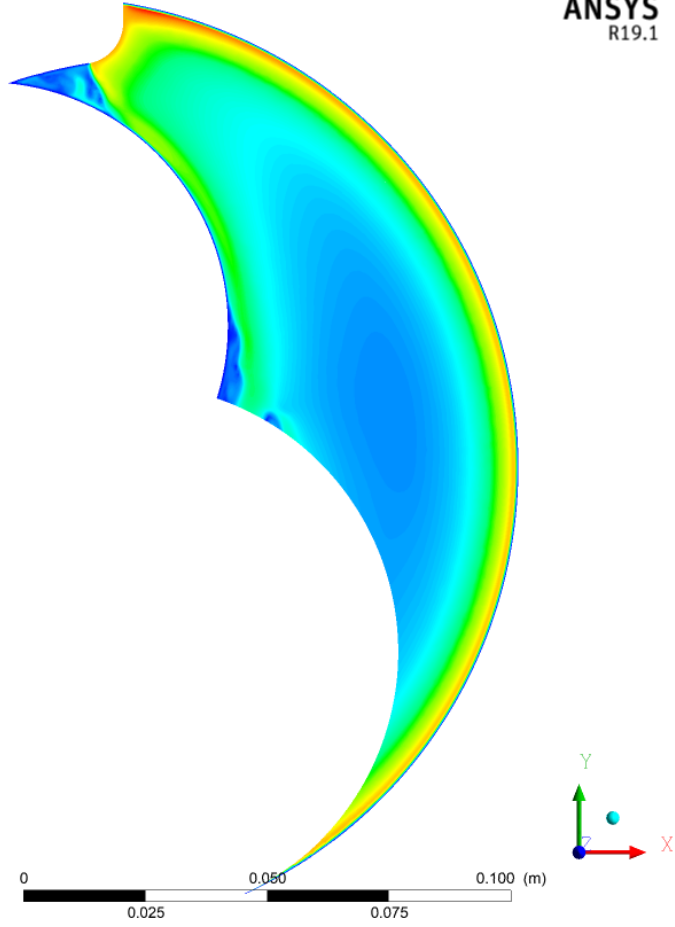


Şekil 4. 26: 2.Geometri Basınç Kontürü

Velocity  
Contour 2



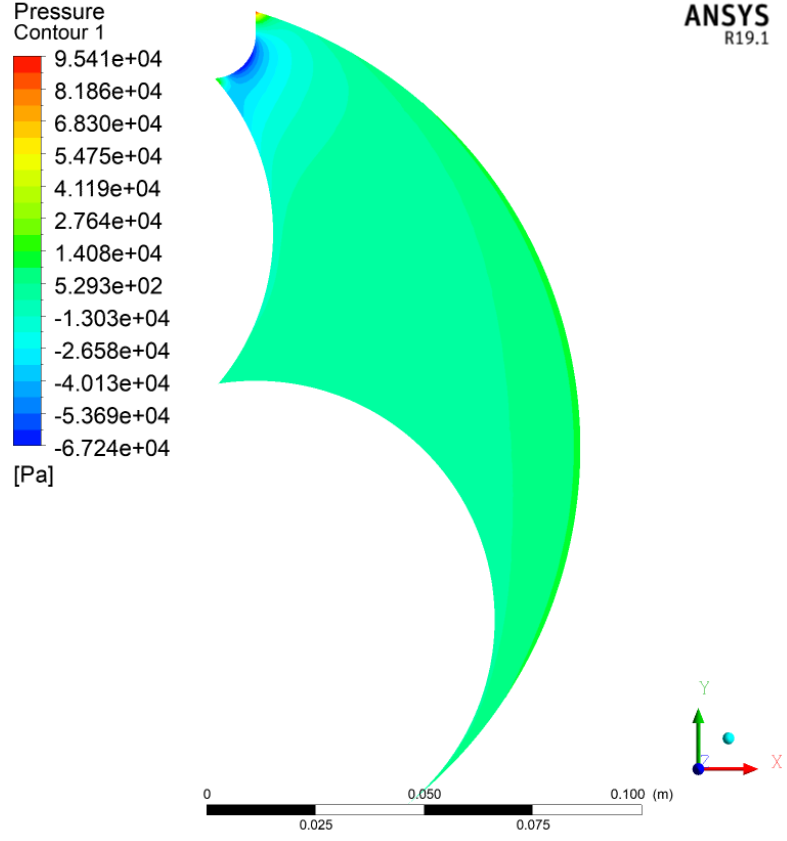
ANSYS  
R19.1



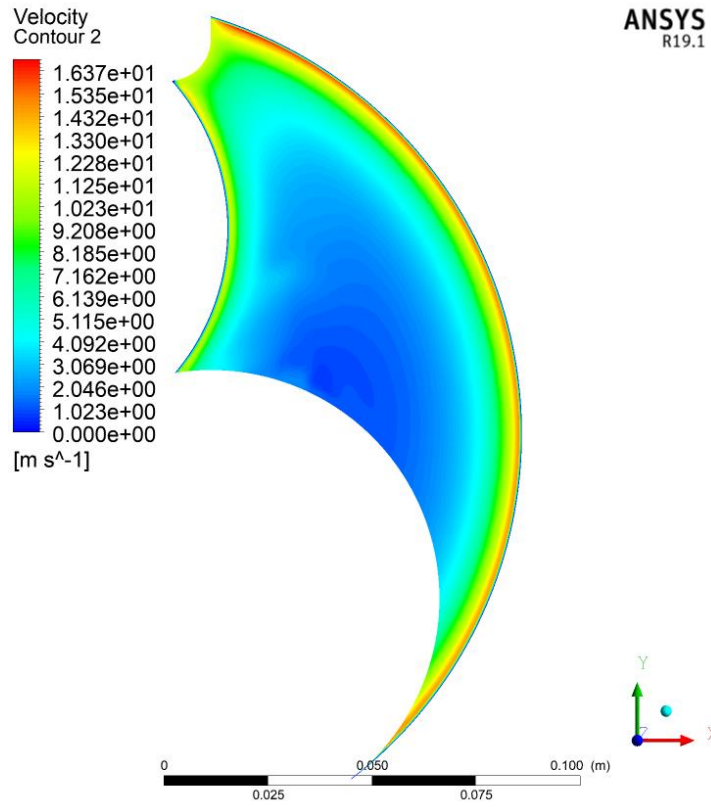
Şekil 4. 27: 2.Geometri Hız Kontürü

Area-Weighted Average		(m/s)
inlet		14.467502
outlet		5.8780324
Net		6.807791
Area-Weighted Average		(pascal)
outlet		25543.403
Mass Flow Rate		(kg/s)
inlet		2.7676649
outlet		-2.7714759
Net		-0.003811027

Şekil 4. 28: 2.Geometri Analiz Sonuçları



Şekil 4. 29: 3.Geometri Basınç Kontürü

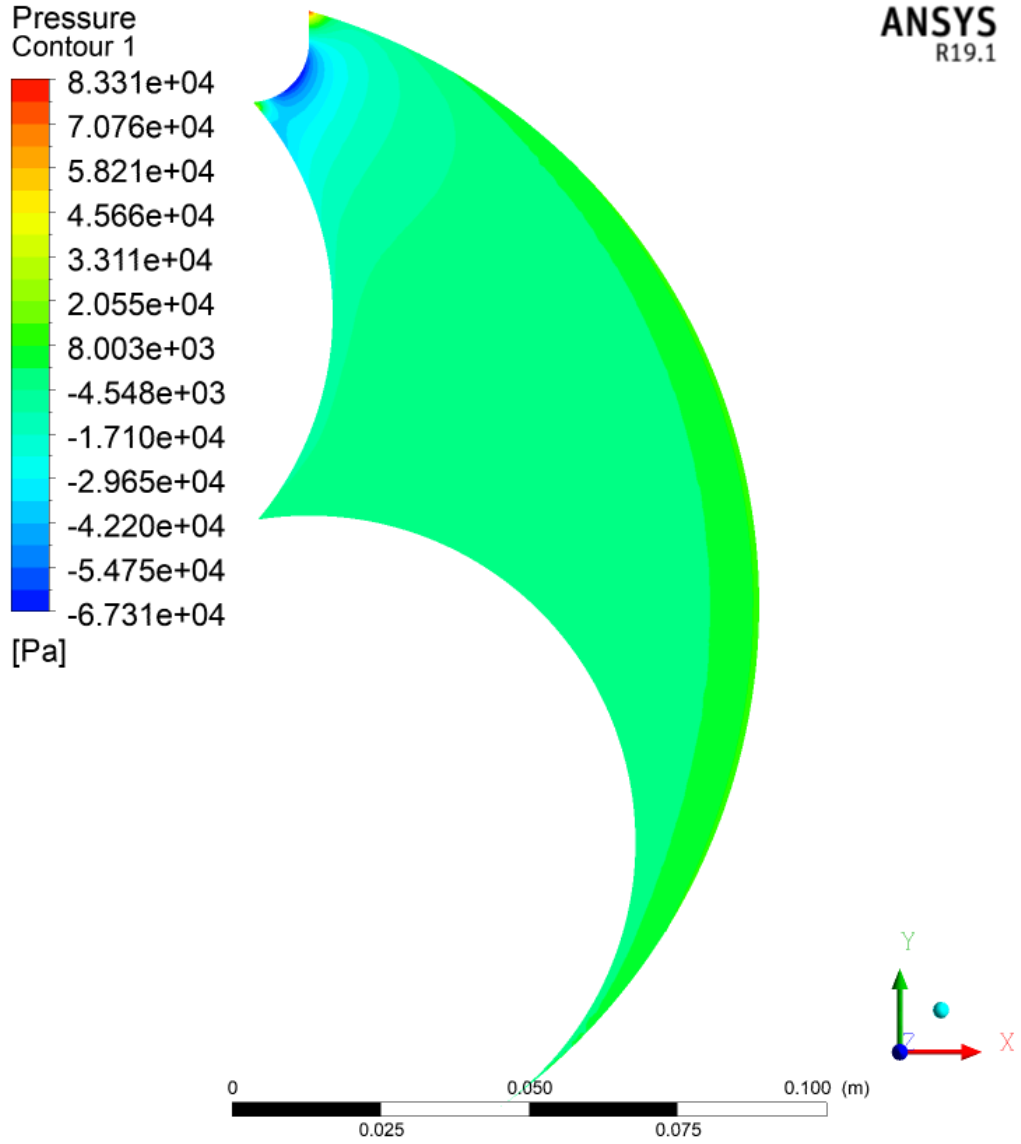


Şekil 4. 30: 3.Geometri Hız Kontürü



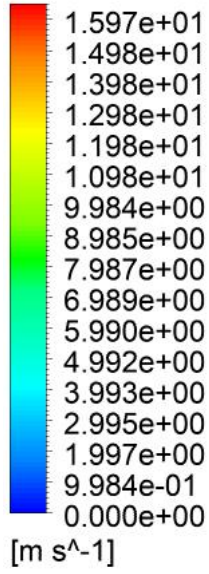
Area-Weighted Average		(m/s)
inlet		11.661741
outlet		4.9771136
Net		5.7780764
Area-Weighted Average		(pascal)
outlet		23314.29
Mass Flow Rate		(kg/s)
inlet		2.7727777
outlet		-2.7752887
Net		-0.0025110552

Şekil 4. 31: 3.Geometri Analiz Sonuçları

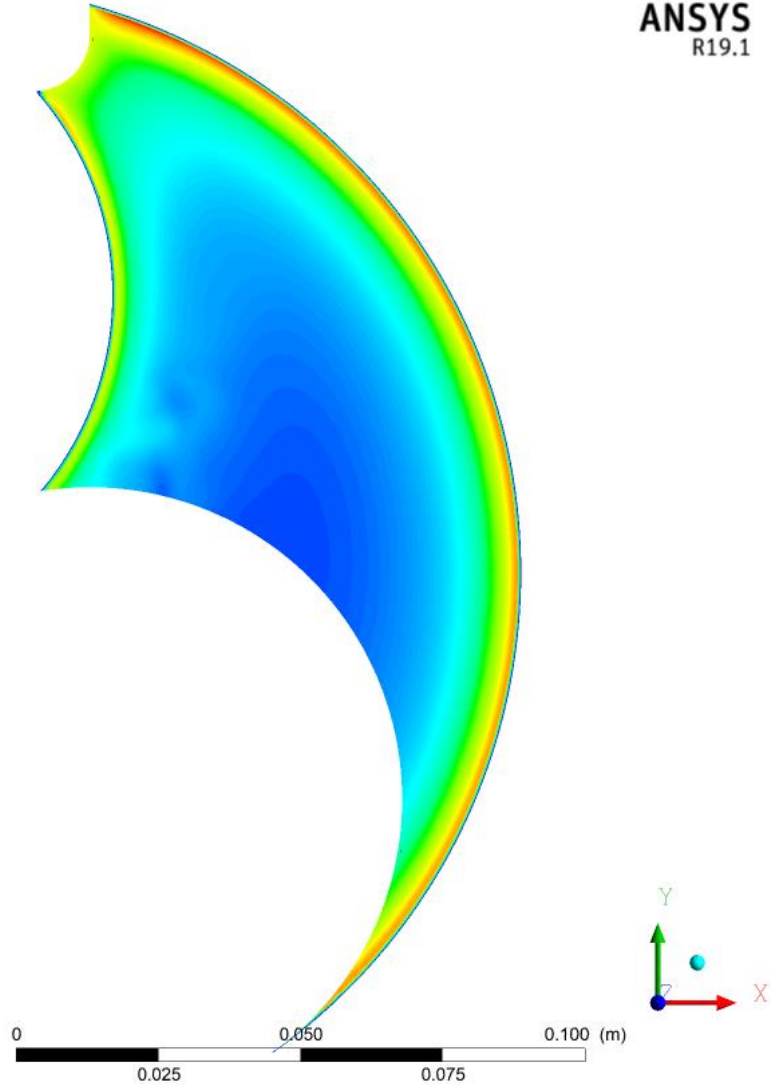


Şekil 4. 32: 4.Geometri Basınç Kontürü

Velocity  
Contour 2



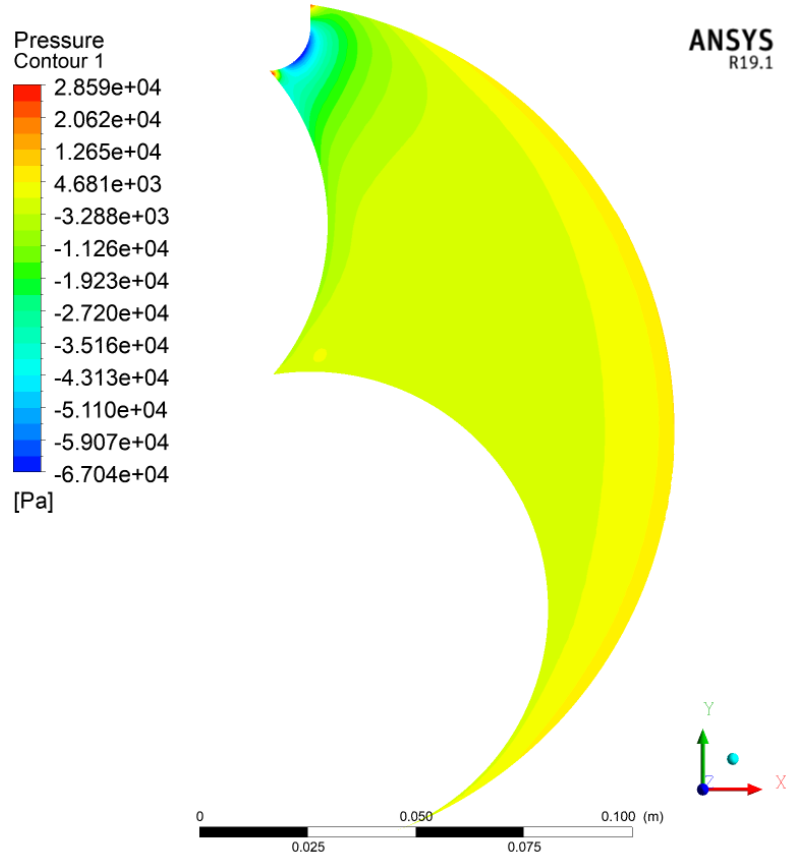
ANSYS  
R19.1



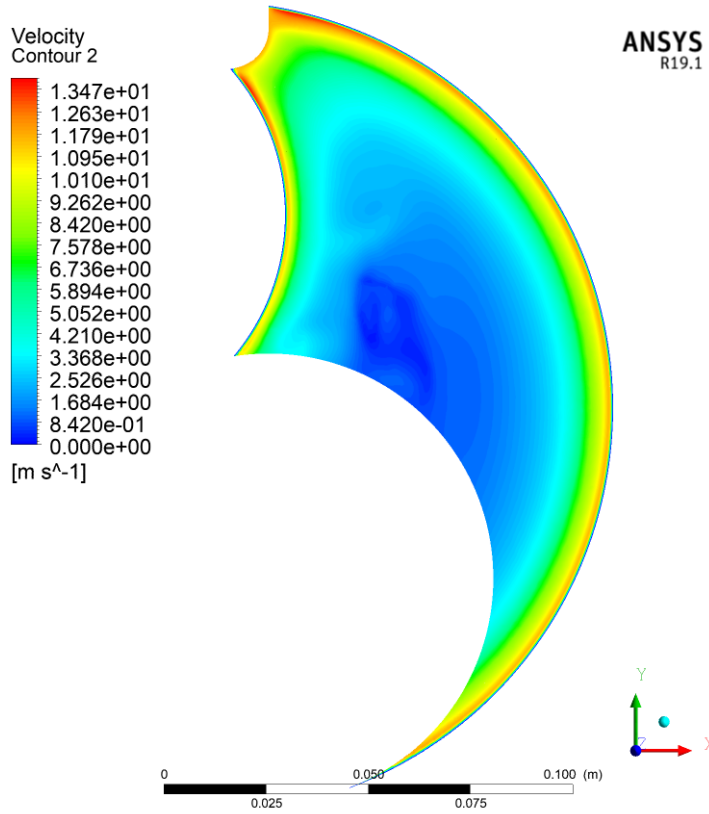
Şekil 4. 33: 4.Geometri Hız Kontürü

Area-Weighted Average	(m/s)
inlet	11.661741
outlet	4.8433878
Net	5.650458
Area-Weighted Average	(pascal)
outlet	22188.035
Mass Flow Rate	(kg/s)
inlet	2.7727777
outlet	-2.7748093
Net	-0.0020316709

Şekil 4. 34: 4.Geometri Analiz Sonuçları



Şekil 4. 35: 5.Geometri Basınç Kontürü



Şekil 4. 36: 5.Geometri Hız Kontürü

Mass Flow Rate		(kg/s)
inlet		2.7727777
outlet		-2.7747634
Net		-0.0019857597
Area-Weighted Average		(pascal)
outlet		15849.917
Area-Weighted Average		(m/s)
inlet		11.661742
outlet		4.1907931
Net		5.0052834

**Şekil 4. 37:** 5.Geometri Analiz Sonuçları

Bu sonuçlar doğrultusunda her bir tasarım için basınç ve hız değerleri incelenmiştir.

**Tablo 4. 4:** Geometri Tasarım Değişkenlerine Göre Analiz Sonuçları

Geometri	$\alpha$ Ölçüsü (°)	$\beta$ Ölçüsü (mm)	Çıkış Basıncı (Pa)	Çıkış Hızı (m/s)
1	46	106,3	25424,5	5,9
2	24	108,8	25543,4	5,9
3	13	106,7	23314,3	5
4	15	107,2	22188	4,8
5	30	109,5	15849,9	4,2

İnceleme sonucuna bakıldığında iki tasarımın basınç ve hız değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu değerler 1. geometri için 5,85 m/s çıkış hızı ve 25424 Pa çıkış basıncı olarak elde edilirken, 2. geometri için 5,87 m/s çıkış hızı ve 25543 Pa çıkış basıncı olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar içerisinde en iyi değerlere 1. ve 2. geometriler sahip olmuştur.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, santrifüj dekantör makinesinde kullanılmak üzere tasarlanmış ayarlanabilir diskte istenilen şekilde bir akış gerçekleştirebilmek için, beş farklı diskin tasarımları ve analizleri gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada yapılan disk tasarımlarında diskin çalışmasına engel olabilecek mevcut tasarım üzerindeki belirli ölçüler sabit tutulup, literatür araştırmasında tespit edilen kanat tasarımlarındaki parametrelerden değişken ölçüler doğrultusunda olanlar belirlenmiştir. Değişken olabilecek ölçüler parametreler doğrultusunda belirlendikten sonra beş farklı disk tasarımı oluşturulmuştur. Her bir disk için HAD çözümlenmesi ANSYS programı kullanılarak yapılmıştır. Disklerin her birinde ortak kabuller yapılarak ve ortak sınır şartları belirlenerek çözüme tabii tutulmuş. Elde edilen sonuçlar beş farklı disk için çıkış basıncı ve çıkış hızı olarak değerlendirilmiştir.

İlgili analiz sonuçları incelendiğinde en iyi sonuçları gösteren tasarımın 2 numaralı geometri olduğu tespit edilmiştir. 2 numaralı geometride 5,87 m/s çıkış hızı 25543 Pa çıkış basıncı olduğu tespit edilmiştir. 1 numaralı geometri analizinde ise 2 numaralı geometriye çok yakın değerler elde edilmiş olup, 5,85 m/s çıkış hızı 25424 Pa çıkış basıncı, olarak tespit edilmiştir.

1. ve 2. geometrinin birbirine yakın sonuçlar sergilediği görülse de 2. geometrinin çıkış hızında 0,02 m/s daha yüksek bir hıza ve 119 Pa yüksek bir basınca sahip olduğu tespit edilmektedir. Bu sonuç da ayarlanabilir disk montajında 2 numaralı tasarımın kullanılmasının uygun olduğu yönündedir.

Beş farklı tasarımı bir arada değerlendirmek gerekirse; bu tasarımlar çıkış hızı ve çıkış basıncı durumuna göre ayrı ayrı sıralanmalıdır. Tasarımların çıkış hızları incelendiğinde 2>1>3>4>5 şeklinde bir sıralama yapılabilir. Yine aynı şekilde beş farklı tasarımı çıkış basıncına göre sıralamak gerekirse de 2>1>3>4>5 şeklinde bir sıralama yapılabilir. Her iki sıralama da birlikte incelendiğinde görülüyor ki en iyi tasarım 2 numaralı geometri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yapılan bu çalışma ile literatürde daha önce çalışılmamış bir konuya değinilmiş olup santrifüj dekantörler için bir bakış açısı kazandırılmıştır. Santrifüj

dekantör makinelerinde önümüzdeki yıllarda daha da çok göreceğiz olduğumuz ayarlanabilir disk montajı için referans oluşturabilecek bir çalışma olmuştur.

Yapılan bu çalışma mevcut tasarımlardan farklı kapasitede çalışan santrifüj dekantör makineleri için de incelenip uygun disk tasarımının bulunmasında öncülük etmiş olacaktır. Santrifüj dekantör makinesi kullanımında kaybedilen zamanın önüne geçebilmek için geleneksel yöntem tambur sıvı çıkış saclarına sahip makinelerde de ayarlanabilir disk montajı kullanılmak istenmektedir. Önümüzdeki zamanlarda ayarlanabilir disk montajı tasarımına sahip makine tasarımı sayısı daha da artacaktır. Yapılan çalışma bu doğrultuda büyük öneme sahip olacaktır.

Yeni yapılacak olan disk tasarımlarında yapılan çalışma, oluşturulacak disk geometrisinin hangi bölgelerinin daha çok önem arz ettiğini ve tasarımda büyük rol oynadığını gösterecek olup, bu doğrultuda yeni geometrinin şekillenmesini sağlayacaktır. Oluşturulan yeni disk geometrilerinin hangi doğrultuda daha iyi sonuçlar vereceğini gösterecektir.

Yapılan çalışmadan hareketle, spesifik olarak belirli ürünler için tasarlanan santrifüj dekantörler dikkate alınarak, yeni disk tasarımları bu çalışmanın ışığında oluşturulup, yeni bilimsel yayınlar yapılabilir. Bu sayede yapılan tez çalışmasının ardından literatüre yeni çalışmalar kazandırılabilir.

## 6. KAYNAKLAR

Records, A. and Sutherland, K. , *Decanter Centrifuge Handbook*, Oxford:Elsevier Science Ltd., (2001).

Liedbeck, A. “Centrifugal Apparatus.” US Patent: 750668., (1903).

De Laval, G. “(AB Seperator) Centrifugal Creamer.” US Patent: 247804, (1881).

Becktolshheim, C. Y. “(AB Seperator) Centrifugal Liquid Seperator” US Patent: 432719, (1890).

Pecker, J. S. “Centrifugal Machine” US Patent:2283457., (1938).

Ritsch, H. P. “(Process Development Co.) Centrifugal Seperator.” US Patent: 2528974., (1945)..

Lyons, S. C. “(Bird Machine) Improving Kaolin and Products Thereof” US Patent: 2524816., (1946).

Adnan Ö., “Santrifüj Pompada Çark-Difüzör Etkileşimi Üzerine Bir Çalışma”, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, (2004).

John A., “CFD Analysis and Design Effects in a Radial Pump Impeller”, *Wseas Transactions Fluid Mechanics*,7(1),87-90, (2006).

Korkmaz E., “Radyal Akışlı Bir Pompa Çarkı Tasarımı Ve İmalatı”, *SDU International Technologic Science*, 6(3), (2014).

Parlak Z., “En Uygun Çark Tasarımı İle Bir Santrifüj Pompa Performansının İyileştirilmesi”, *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*,20(3), 667-676, (2016).

Capurso T.,Bergamini L. and Torresi M. “Design and CFD Performance Analysis of a Novel Impeller for Double Suction Centrifugal Pumps”, *Nuclear Engineering and Design*, 341(5), 155-166, (2018).

Sergio M., Alejandro A., Victor M., Israel G. and Antonio Y., “Analysis of the Turbulent Flow and Trailing Vortices Induced by New Design Grooved Blade Impellers in a Baffled Tank”, *Chemical Engineering Journal*,358(9),225-235,(2018).

Chandrasekran M., Santhanam V. and Venkateshwaran N., “Impeller design and CFD analysis of fluid flow in rotodynamic pumps”, *Materials Today: Proceedings*,30(15),146-157,(2020).

Guanjie P., Fengyi F., Ling Z., Xin H. and Junfei M., “Optimal Hydraulic Design to Minimize Erosive Wear in a Centrifugal Slurry Pump Impeller”, *Engineering Failure Analysis*,123,260-270,(2020).

Usame U., Mahir U., Rafet Y. ve Ömer I., “Farklı Tiplerdeki Çark Kanatlarının Santrifüj Kalp Destek Pompa Performansına Etkisinin Sayısal Olarak İncelenmesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*,27(1),78-79,(2021).

Ceren S., “Santrifüj Kan Pompası Dizaynı”, Yüksek Lisans Tezi, *İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir,(2020).

Xinzi T., Nengwei G., Wenbin W., Zhe W. and Ruitao P., “Aerodynamic robustness optimization and design exploration of centrifugal Compressor impeller under uncertainties”, *International Journal of Heat and Mass Transfer*,5(2),7320-7328,(2021).

Yaping J., Yiming L., Wei J. and Chuhua Z., “.Aerodynamic Analysis and Design Optimization of a Centrifugal Compressor Impeller Considering Realistic Manufacturing Uncertainties”, *Aerospace Science and Technology*,79,632-637,(2021).

Fatih Y., “Hibrit Kompozit Malzeme Kullanarak Dekantör Santrifüj Makinesi Tasarımı, Analizi ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli,(2015).

Ahmet A., “Dekantörlerde Helezon ve Tambur Tasarımı ve Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa,(2018).



Pençe E., “Eğitim Amaçlı ANSYS Paket Programının Tanıtılması, ANSYS Öğretimi ve Uygulama Örnekleri”, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, (2007).

Flottweg., “Adjustable Impeller [online]”, (30.03.2022), <https://www.flottweg.com/engineering/decanter-features/adjustable-impeller/>, (2022).

Ders T., “Karışımın Ayırıştırılması [online]”, (15.11.2022), <https://www.dersteknik.com/2011/09/karisimlarin-ayristirilmesi-kimya-dersi.html>, (2022).

Kırdan İ., “Dekantör Nedir? [online]”, (22.12.2022), <https://www.kirmaksan.com.tr/dekantor-nedir/>, (2022).

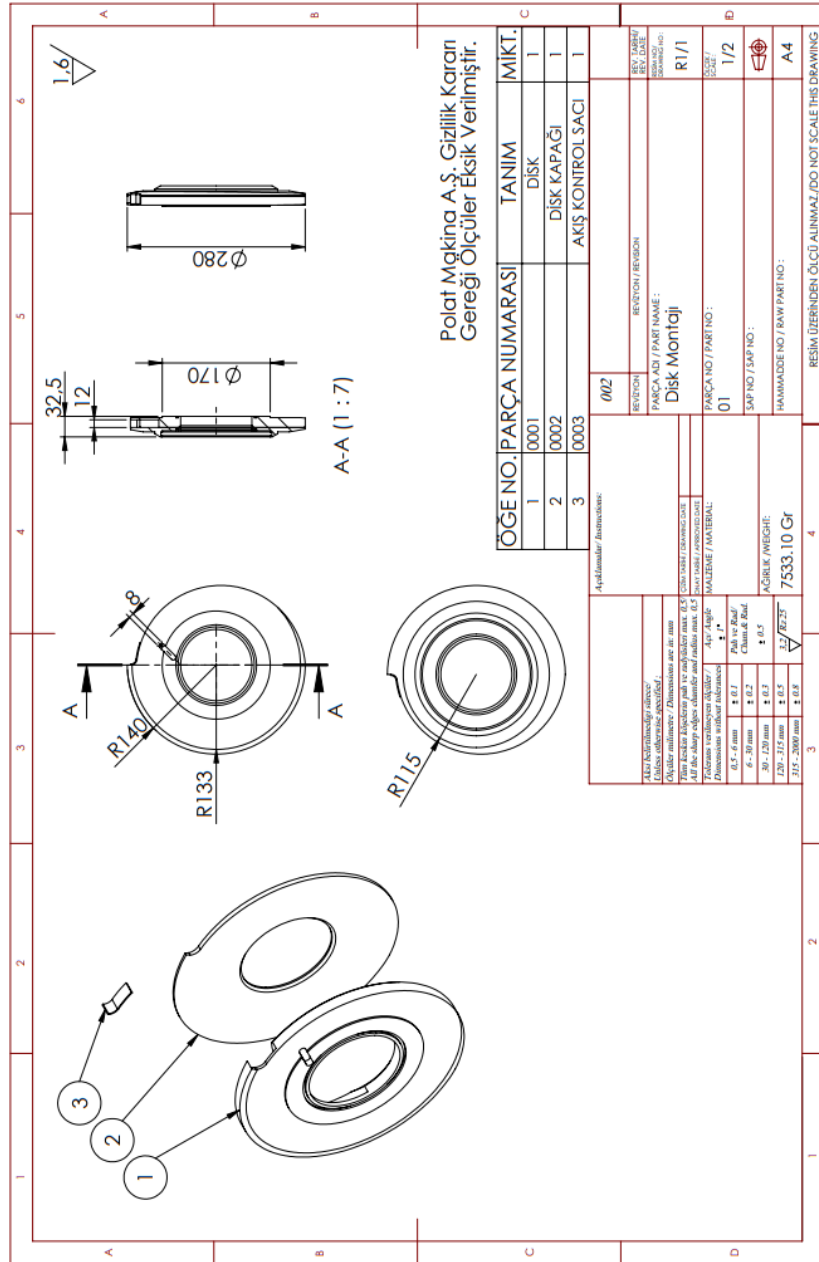
Aysu S., “Polat Makine Endüstriyel Çözümler [online]”, (10.10.2022), <https://www.polatas.com.tr/pdf/Polat-Makina-Endustriyel-Cozumler.pdf>, (2022).

# **EKLER**

## 7. EKLER

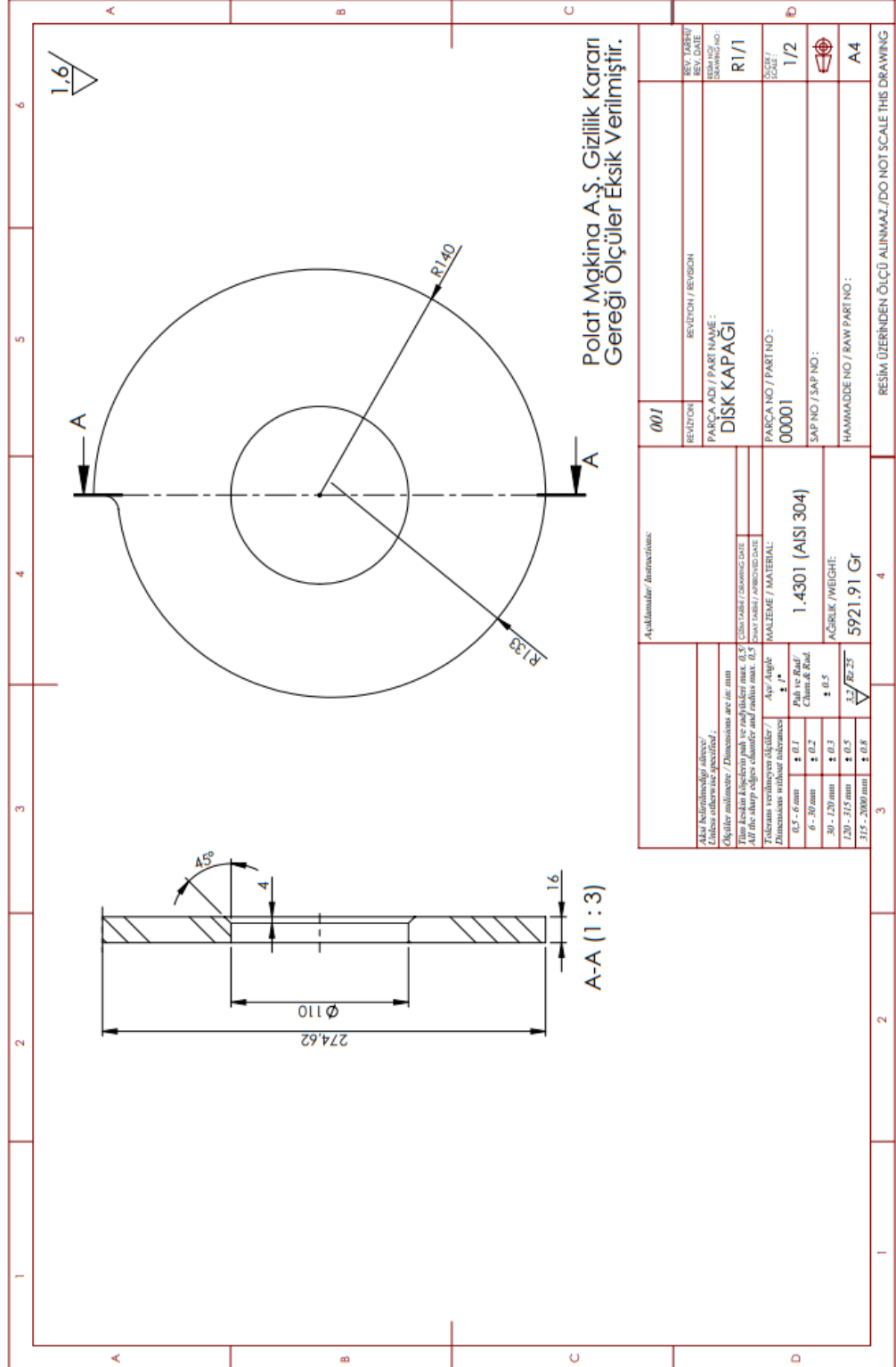
### EK A Disk Montajı Teknik Resmi

Ayarlanabilir diski montajının montaj teknik resmi oluşturulmuştur.



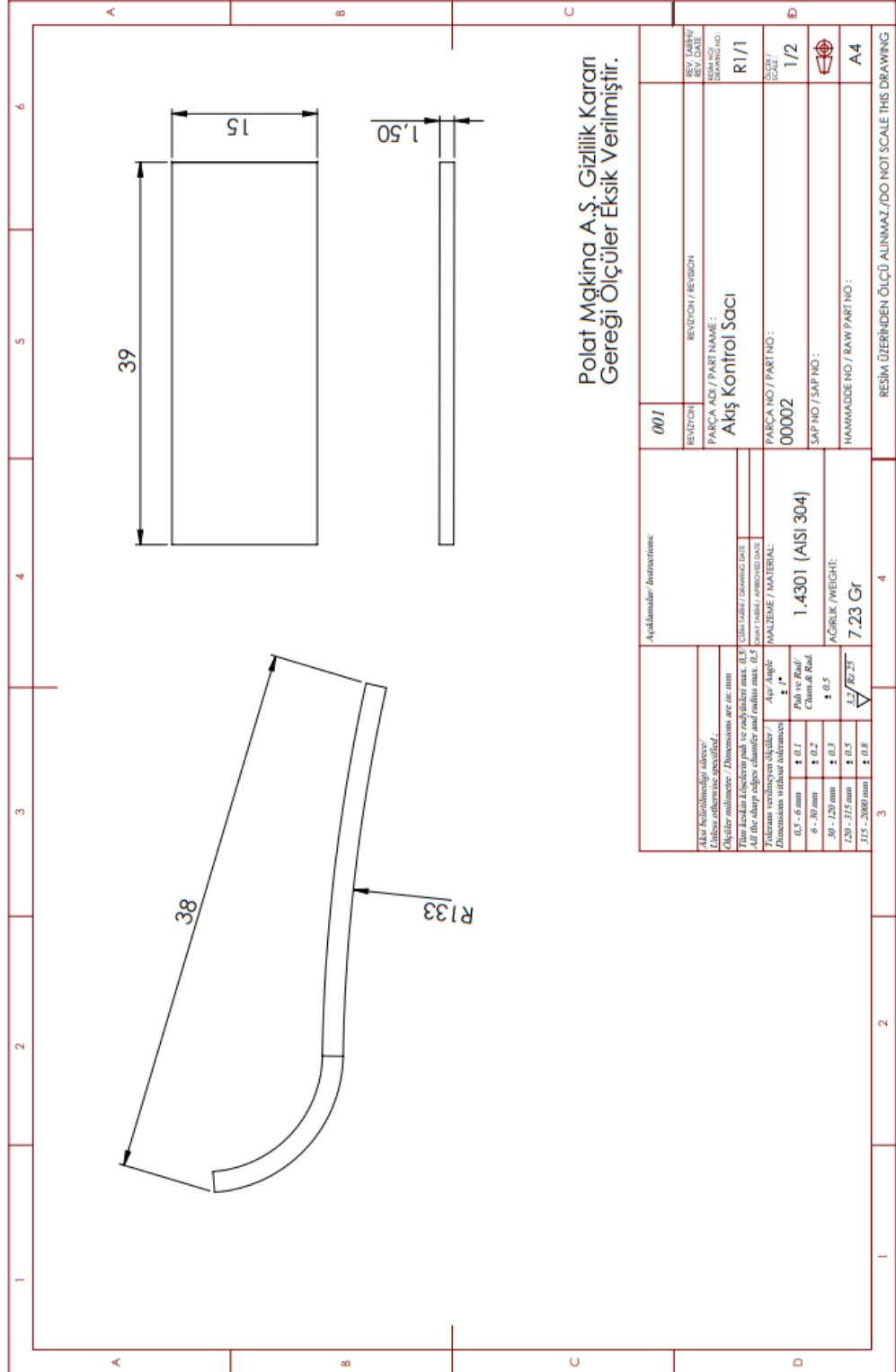
## EK B Disk Kapağı Teknik Resmi

Ayarlanabilir diskin kapak rolünü üstlenen disk kapağı teknik resmi oluşturulmuştur.



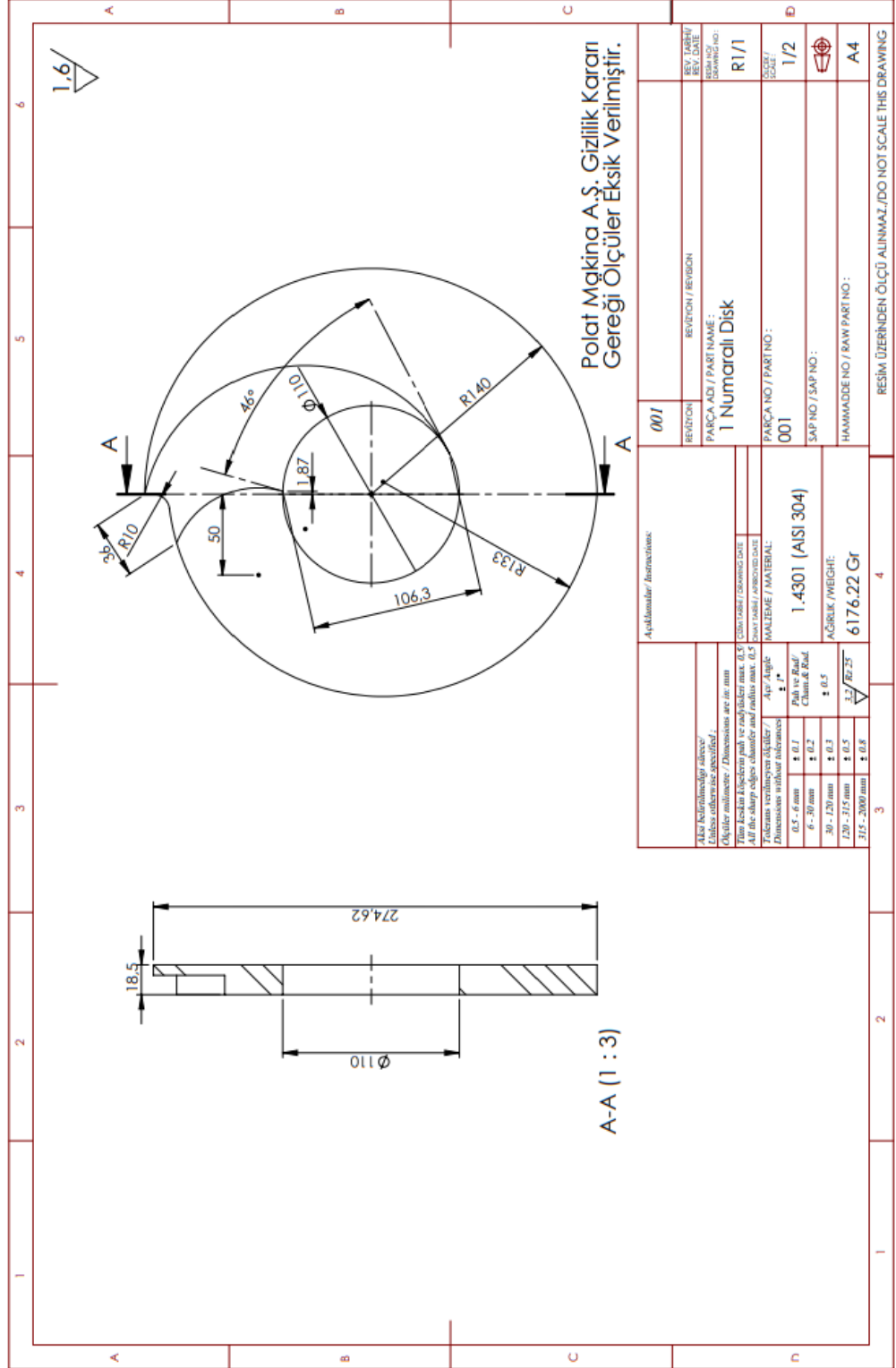
## EK C Akış Kontrol Sacı Teknik Resmi

Ayarlanabilir disk montajında akışı kontrol etmesi için kullanılan sacın teknik resmi oluşturulmuştur.



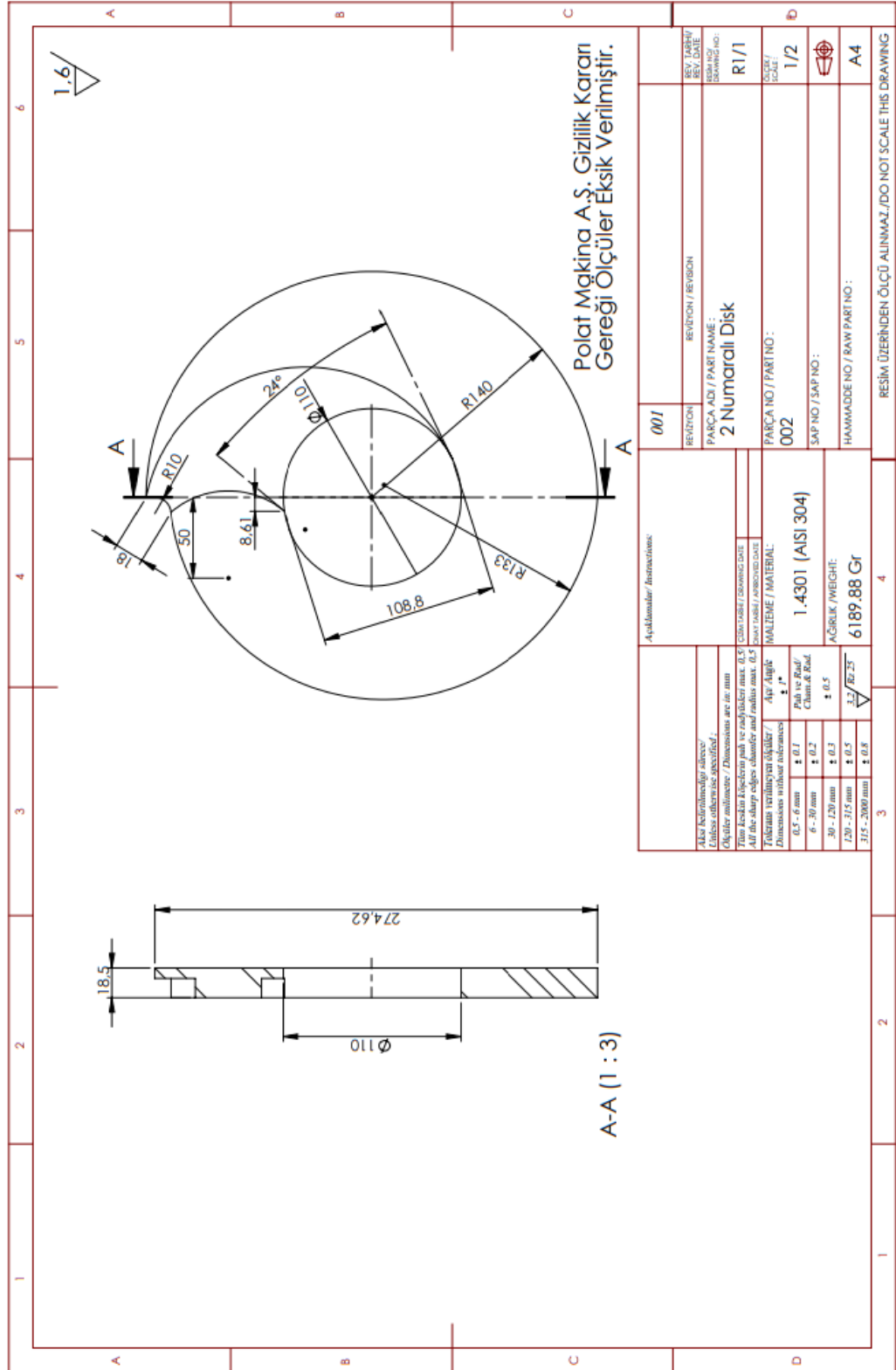
## EK D 1 Numaralı Disk Teknik Resmi

Mevcut diskin teknik resmi oluşturulmuştur.



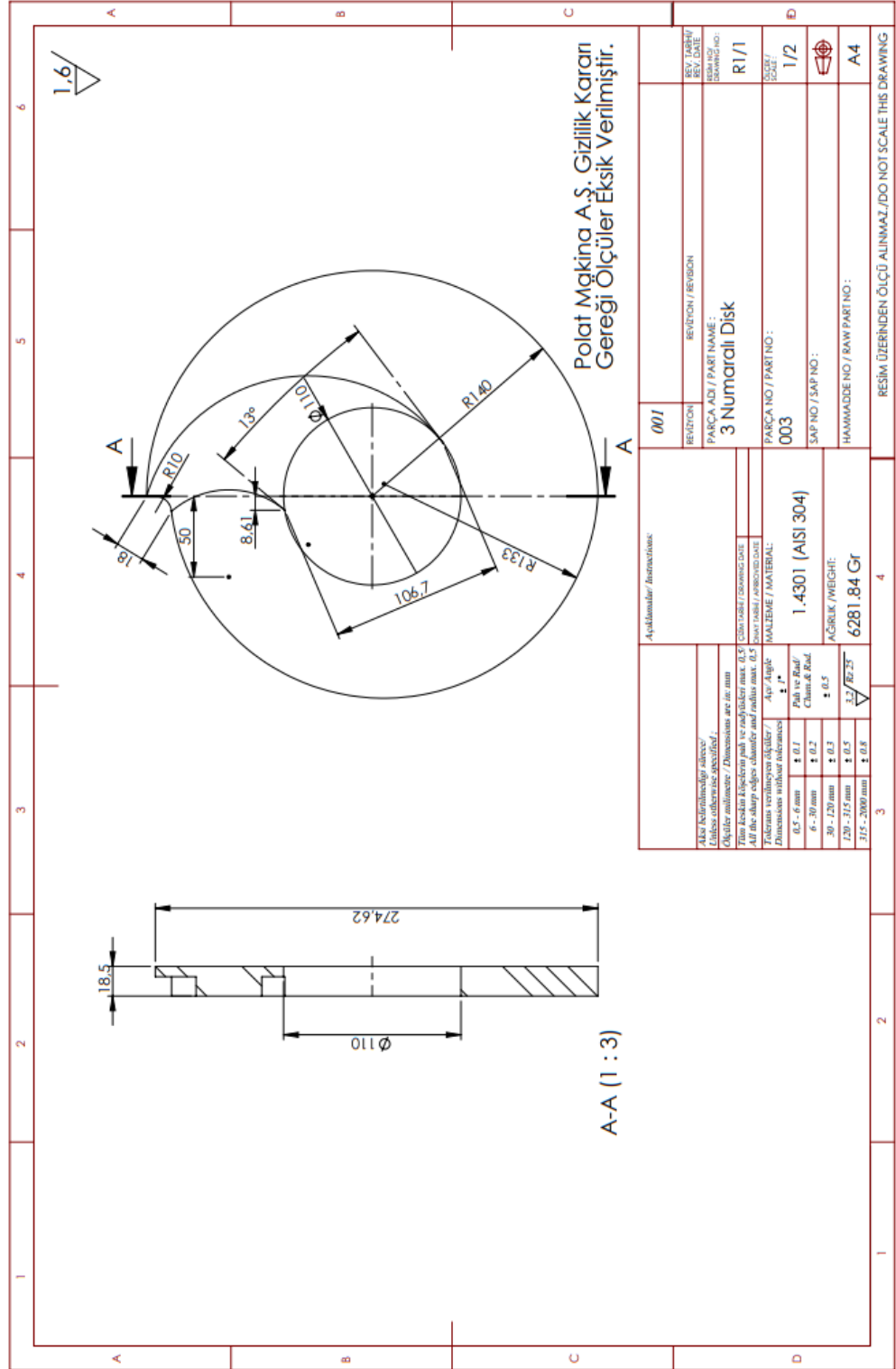
## EK E 2 Numaralı Disk Teknik Resmi

Çıkış açısı ve genişliği değiştirilmiş disk teknik resmi oluşturulmuştur.



## EK F 3 Numaralı Disk Teknik Resmi

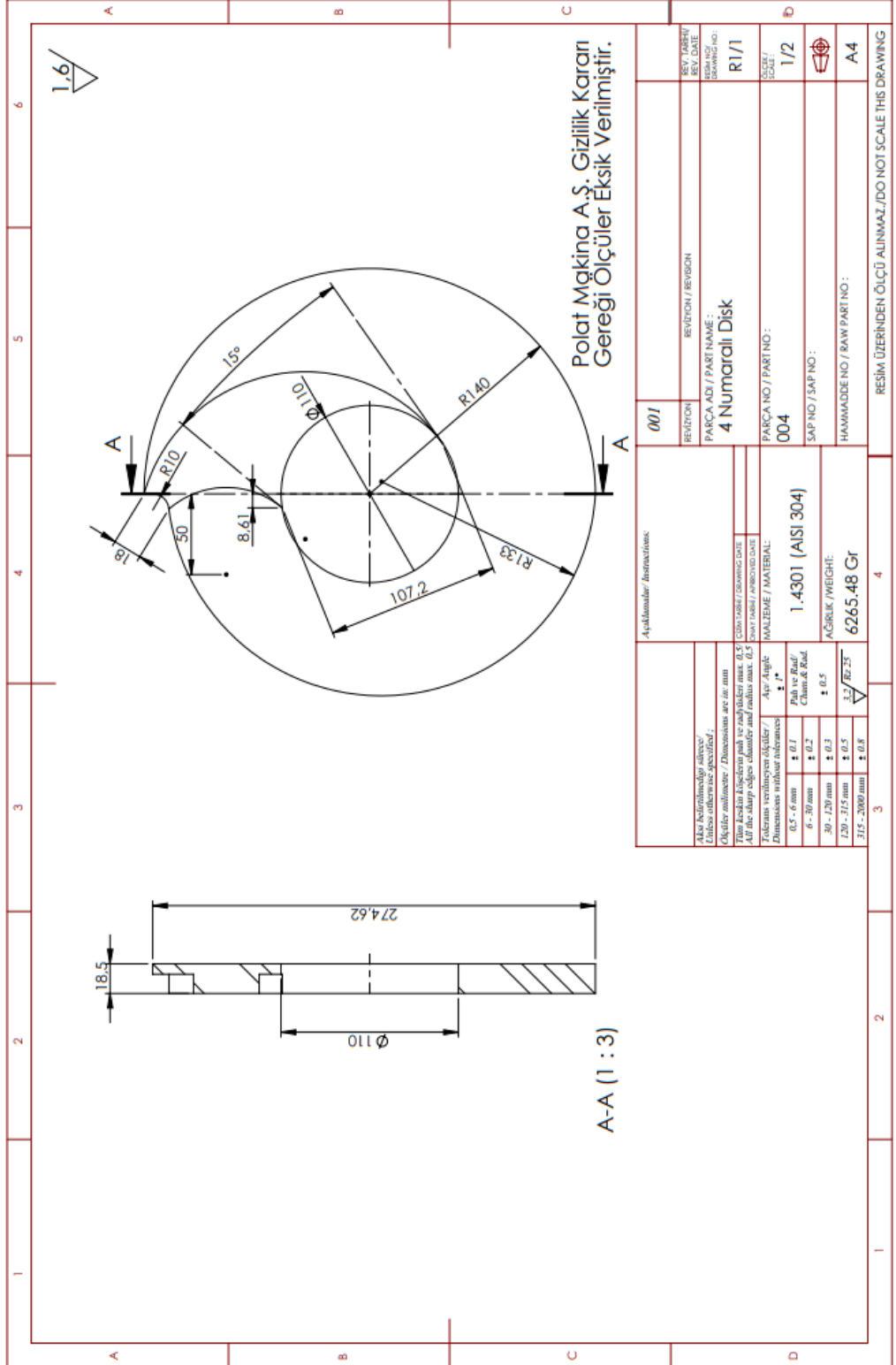
Çıkış açısı ve genişliği değiştirilmiş disk teknik resmi oluşturulmuştur.





## EK G 4 Numaralı Disk Teknik Resmi

Çıkış açısı ve genişliği değiştirilmiş disk teknik resmi oluşturulmuştur.



## EK H 5 Numaralı Disk Teknik Resmi

Çıkış açısı ve genişliği değiştirilmiş disk teknik resmi oluşturulmuştur.

