



EGE ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HELİSEL FANLI POMPALARDA HATVE
DEĞİŞİMİNİN VERİME ETKİSİNİN, SONLU
HACİMLER YÖNTEMİ İLE VE DENEYSEL
OLARAK BELİRLENMESİ**

Nadir GAZİOĞLU

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aydoğan ÖZDAMAR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 625.05.00

Sunuş Tarihi: 03.01.2012

Bornova-İZMİR

2012

**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**HELİSEL FANLI POMPALARDA HATVE
DEĞİŞİMİNİN VERİME ETKİSİNİN, SONLU
HACİMLER YÖNTEMİ ile ve DENEYSEL
OLARAK BELİRLENMESİ**

Nadir GAZİOĞLU

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aydoğan ÖZDAMAR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Bilim Dalı Kodu: 625.05.00
Sunuş Tarihi: 03 ŞUBAT 2012**

**Bornova – İZMİR
2012**

Nadir GAZİOĞLU tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Helisel Fanlı Pompalarda Hatve Değişiminin Verime Etkisinin, Sonlu Hacimler Yöntemi ile ve Deneysel Olarak Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma, E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesinin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 03/01/2012 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Aydoğan ÖZDAMAR

Raportör Üye : Prof. Dr. Necdet ÖZBALTA

Üye : Doç. Dr. Mustafa Serhan KÜÇÜKA

ÖZET

**HELİSEL FANLI POMPALARDA HATVE
DEĞİŞİMİNİN VERİME ETKİSİNİN, SONLU
HACİMLER YÖNTEMİ ile ve DENEYSEL
OLARAK BELİRLENMESİ**

GAZİOĞLU, Nadir

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aydoğan ÖZDAMAR

Şubat 2012, 114 sayfa

Santrifüj pompalardan farklı olarak santrifüj çark yerine helis benzeri çarka sahip olan pompalara helisel çarklı pompalar adı verilmektedir. Bu tip pompalar, sıvı ile katı parçacık transferine uygun olduğu için zeytin, turşu, biber, balık, bezelye ve reçel gibi ürünlerin transferinde kullanılmaktadır.

Bu çalışma, zeytin transferinde kullanılan helisel çarklı pompaların daha verimli hale getirilmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaca ulaşabilmek için, deney ve nümerik yöntem kullanılmıştır. Deney ve nümerik yöntemin birbiri ile uyumunu görebilmek için, öncelikle, DN80 ve DN125 giriş ve çıkış çaplarına sahip iki pompa alışımlı yöntemlerle tasarlanmış ve ardından hem denenmiş, hem de sonlu hacimler yöntemini kullanan Solidworks Flow Simulation paket programında sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonra da, DN150 giriş ve çıkış çapına sahip bir pompa, nümerik yöntem aracılığıyla optimize edilmiş, üretilmiş ve nümerik analizi yapılmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışma sonucunda, helisel arklı pompalarda hatve değerinin 1,6 olması ve çarkın arka çaplarının daralan koni biçiminde olması durumunda verimin arttığı saptanmış, ayrıca, deney ve nümerik sonuçların, birbirlerini ikame edecek şekilde yakın sonuçlar verdiği anlaşılmıştır.

.Anahtar sözcükler: Helisel arklı pompa, bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar destekli mhendislik,

ABSTRACT

CALCULATING THE EFFICIENCY CHANGE WITH PITCH SHIFTING IN SCREW CENTRIFUGAL PUMPS WITH NUMERICAL ANALYSIS

GAZIOGLU, Nadir

MSc in Mechanical Eng.

Supervisor: Prof. Dr. Aydoğan OZDAMAR

January 2012, 114 pages

In this thesis, the optimal efficiency change problem with pitch shifting in screw centrifugal pump has been studied.

The first phase of leveling problem is the understanding the effect of the pitch to the pump efficiency.

Pitch, inlet and outlet diameters, mid plane diameter, rotating speed, pitch angle and such variables have been studied to understand the change in pump efficiency.

The most efficient area has been studied with numerical analysis and computer aided engineering.

Keywords: Screw Centrifugal Pump, computational fluid dynamics, computer aided engineering, computer aided design.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca, herhangi bir konuda, desteğini asla esirgemeyen, bu tez çalışmasının ortaya çıkmasını sağlayan, çalışmayı yönlendiren, kıymetli yorum ve değerlendirmeleriyle tezin biçimlendirilmesine büyük katkı sağlayan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Aydoğan ÖZDAMAR'a, bölümümüzde huzur ortamı sağlayan Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Ali GÜNGÖR'e, onunla birlikte her türlü sorunuma büyük bir duyarlılıkla yaklaşıp çözmeye çalışan değerli hocalarım, jürime katılarak öneriler getiren Prof. Dr. Necdet ÖZBALTA ve Doç. Dr. Mustafa Serhan KÜÇÜKA'ya, bu çalışmaya katkıda bulunan hocam Araş. Gör. Dr. Utku ŞENTÜRK'e, tasarlamış olduğumuz ürünün hayata geçirilmesini sağlayan Ortaş Örücüler A.Ş. çalışanlarına ve eğitimimi her zaman destekleyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Nadir GAZİOĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Daha önce yapılan çalışmalar.....	1
1.2. Yapılan Çalışmanın Hedefi ve Kullanılan Yöntem.....	2
1.3. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ve Sonlu Hacimler Yönteminin Uygulama Alanları.....	3
1.4. Sanayide Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği ve Sonlu Hacimler Yönteminin Kullanım Alanları.....	3
1.5. Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği Programları Nasıl Çalışır?.....	3
1.5.1 Solidworks flow simulation mesh.....	4
1.5.2. Solidworks flow simulation	4
1.6. Akışkanlar Mekaniğinde Temel Bilgiler.....	7
1.6.1. Pompa nedir?.....	7
1.7. Akış Makineleri.....	13
1.7.1. Debi:	14
1.7.2. Devir sayısı.....	14
1.7.3. Özgül enerji.....	14
1.7.4. Bernoulli denklemi:.....	15
1.7.5. Güç tanımları.....	17

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

1.7.6. Manometrik basma yüksekliği, basınç katsayısı, viskozitenin etkisi .	20
1.8. Rotodinamik Pompalar (Santrifüj Pompalar)	23
1.8.1. Santrifüj pompanın ana elemanları	24
2. HELİSEL ÇARKLI POMPALAR	27
2.1. Helisel Çarklı Pompalar Nedir?	27
2.2. Yurt Dışı Alanlar	29
2.3. Üretimler ve Genel Bilgiler	29
3. NÜMERİK YÖNTEMLER ile İLGİLİ TEMEL YAKLAŞIMLAR...	35
3.1. Akışkan Hareketinin Korunum Yasaları (Versteeg ve Malalaskera, 1995)	35
3.1.2. Üç boyutta momentum denklemi	38
3.1.3. Üç boyutta enerji denklemi.....	41
3.2. Türbülanslı Akış	45
3.2.1.Reynolds denklemleri	46
3.2.2. Türbülanslı akış denklemleri	48
3.2.3. Türbülans modelleri.....	49
3.3. Sonlu Farklar Yöntemi	51
3.4. Sonlu Hacimler Yöntemi	53

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.4. Denklemlerin ve kontrol hacminin çözümü	56
3.4. Çözümün Yakınsaması.....	58
3.5.Solidworks 3D tasarım programı	60
3.5.1. Solidworks 3 boyutlu tasarım programı ara yüzü	61
3.6. Solidworks 3d ile tasarlanan çark modelleri	63
3.6.5. DN150–100 Modeli	63
3.7. Solidworks Flow Simulation.....	63
3.7.1. Solidworks flow simulation paketinin yetenekleri:.....	64
3.7.2. Diğer flow simulation yetenekleri:.....	64
3.7.3. Flow simulation ile deneyin hazırlanması.....	65
3.8. Solidworks flow simulation ile elde edilen sonuçlar	75
3.8.1. DN150–100 Modeli	75
3.8.9. Hatve değişiminin verime etkisi.....	77
4. DENEYSEL YÖNTEM	87
4.1 Deney Sistemi	89
4.2. DN80 ölçüsüne sahip pompa değerleri	91
4.3. DN125 ölçüsüne sahip pompa değerleri, ...	94

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.4. DN150 ölçüsüne sahip pompa değerleri,.....	97
5. NÜMERİK ve DENEYSEL SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI.	101
6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME	105
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	106
ÖZGEÇMİŞ.....	109
EKLER	111

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Santrifüj pompa.....	9
1.2 Pistonlu pompa.....	10
1.3 Dişli pompa	10
1.4 Paletli pompa.....	11
1.5 Diyaframlı pompa	11
1.6 Kademeli pompa	12
1.7 Derin kuyu pompası	13
1.8 Basit santrifüj pompa	23
1.9 Santrifüj pompa elemanları	24
2.1 Helisel çarklı pompa.....	27
2.2 Helisel çarklı pompa kesit görünüşü	28
3.1 Akışkan elemanında yer alan viskoz gerilmeler ve bileşenleri	36
3.2 Akışkan elemanında yer alan viskoz gerilmeler ve bileşenleri	39
3.3 x ekseninde yer alan basınç ve viskoz gerilme bileşenleri.....	40
3.4 Akışkan elemanında yer alan ısı geçişleri	43
3.5 Ortalama hız ve çalkantı bileşenin zamana bağlı değişimi	46
3.6 Sürekli sınır	51

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.7 Süreksiz sınır	52
3.8 Sonlu farklar yöntemine giriş	52
3.9 Sonlu hacimler yöntemi.....	55
3.10 Nümerik çözüm ile kesin çözüm ilişkisi (karşılaştırma)	57
3.11 Hız bileşenlerinin iterasyona göre değişimi (Gürel, 2003).....	58
3.12 Sonlu hacim sayısının çözüme etkisi.....	59
3.13 Çark çizimi	61
3.14 Salyangoz çizimi.....	61
3.15 Montaj görünümü	62
3.16 DN150 -100 modeli çark çizimi	63
3.17 Montaj dosyasında kapak oluşturulması.....	66
3.18 Montaj dosyasında döner bölgenin oluşturulması	67
3.19 Problem tanımlama.....	67
3.20 Birim sistemi ekranı.....	68
3.21 Birim sistemi ekranı.....	69
3.22 Akışkan seçim ekranı.....	70
3.23 Duvar sınır şartları	70

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.24 Başlangıç koşulları ekranı	71
3.25 Mesh ekranı	72
3.26 Tanımlama sonrası görüntü.....	72
3.27 Giriş debisi tanımlama	73
3.28 Çıkış şartları tanımlama	73
3.29 Çark tanımlaması.....	74
3.30 Verim formülü girişi	75
3.31 Montaj dosyasında basınç çizgilerinin incelenmesi	76
3.32 Hatve değişiminin verime etkisi.....	77
3.33 Üretimi gerçekleştirilecek olan çark	78
3.34 Hesaplaması biten ürünün gerçek montajı	78
3.35 SCP80 Nümerik analiz sonuçlarına göre basma yüksekliği - debi eğrisi	79
3.36 SCP80 Nümerik analiz sonuçlarına göre tork – debi eğrisi	80
3.37 SCP80 Nümerik analiz sonuçlarına göre verim - debi eğrisi.....	80
3.38 SCP125 Nümerik analiz sonuçlarına göre basma yüksekliği - debi eğrisi	81
3.39 SCP125 Nümerik analiz sonuçlarına göre tork - debi eğrisi.....	82

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.40 SCP125 Nümerik analiz sonucu verim - debi eğrisi.....	82
3.41 SCP150 Nümerik analiz sonucu Basma Yüksekliği – Debi eğrisi	84
3.42 SCP150 Nümerik analiz sonucu Tork – Debi eğrisi.....	85
3.43 SCP150 Nümerik analiz sonucu Verim – Debi eğrisi	85
4.1 Deney sistemi akış şeması	87
4.2 Deney sistemi emiş tankı	88
4.3 Deney sistemi basma hattı	88
4.4 SCP80 Helis çarklı pompa.....	91
4.5 SCP80 Deney sonuçlarına göre basma yüksekliği – debi eğrisi	92
4.6 SCP80 Deney sonuçlarına göre güç – debi eğrisi.....	92
4.7 SCP80 Deney sonuçlarına göre verim - debi eğrisi.....	93
4.8 DN80 ölçüsüne sahip pompanın performans eğrileri	93
4.9 SCP125 Helis çarklı pompa.....	94
4.10 SCP125 Deney sonuçlarına göre basma yüksekliği - debi eğrisi	95
4.11 SCP125 Deney sonuçlarına göre güç - debi eğrisi	95
4.12 SCP125 Deney sonuçlarına göre verim - debi eğrisi.....	96
4.13 DN125 ölçüsüne sahip pompanın performans eğrileri	96

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.14 SCP150 montaj resmi.....	97
4.15 SCP150 Deney sonucu Basma Yüksekliği – Debi eğrisi.....	98
4.16 SCP150 Deney sonucu Güç – Debi eğrisi.....	98
4.17 SCP150 Deney sonucu Verim – Debi eğrisi	99
4.18 DN150 ölçüsüne sahip pompanın performans eğrileri.....	99
4.19 Karşılaştırma eğrileri (Deney).....	100
5.1 SCP150 Nümerik Analiz Deney – Deney verim karşılaştırma eğrisi .	103

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Gösterimde kullanılacak kısaltmalar	36
3.2 Üç boyutta momentum değişimi ifadeleri	38
3.3 SCP80 Nümerik analiz sonuçları	79
3.4 SCP125 Nümerik analiz sonuçları	81
3.5 SCP150 Nümerik analiz sonuçları	83
4.1 SCP80 Deney sonuçları.....	91
4.2 SCP125 Deney sonuçları.....	94
4.3 SCP150 Deney sonuçları.....	97
5.1 SCP80 Karşılaştırma tablosu.....	102
5.2 SCP125 Karşılaştırma tablosu.....	102
5.3 SCP150 Karşılaştırma sonuçlar.....	103

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
n	Devir sayısı (dakika).
f	Faz sayısı.
H	Basma yüksekliği (metre).
Y_g	Özgül hidrolik güç (watt).
P	Güç (watt).
ρ	Yoğunluk (m^3/kg).
Q	Debi ($m^3/saat$).
F	Kuvvet (N).
V	Hız (m/s).
m	Kütle (kg).
U	Hız (m/h).
C	Merdiyen Hızı (m/s).
α	Açı (derece).
η	Verim (birimsiz).
τ	Gerilme (mPa).
L	Uzunluk (metre).

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
SHY	Sonlu hacimler yöntemi.
HAD	Hesaplamalı akışkanlar dinamiği.

1. GİRİŞ

Santrifüj pompalardan farklı olarak santrifüj çark yerine helis benzeri çarka sahip olan pompalara helisel çarklı pompalar adı verilmektedir. Bu tip pompalar, sıvı ile katı parçacık transferine uygun olduğu için zeytin, turşu, biber, balık, bezelye ve reçel gibi ürünlerin transferinde kullanılmaktadır.

Bu çalışma, zeytin transferinde kullanılan helisel çarklı pompaların daha verimli hale getirilmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaca ulaşabilmek için, deney ve nümerik yöntem kullanılmıştır. Deney ve nümerik yöntemin birbiri ile uyumunu görebilmek için, öncelikle, DN80 ve DN125 giriş ve çıkış çaplarına sahip iki pompa alışılmış yöntemlerle tasarlanmış ve ardından hem denenmiş, hem de sonlu hacimler yöntemini kullanan Solidworks Flow Simulation paket programında sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonra da, DN150 giriş ve çıkış çapına sahip bir pompa, nümerik yöntem aracılığıyla optimize edilmiş, üretilmiş ve nümerik analizi yapılmıştır.

1.1 Daha önce yapılan çalışmalar

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği alanında yapılan çalışmalar ile, çözümü bulunamayan birçok akış akımının simüle edilerek anlaşılır hale getirilmesi sağlanmıştır. Akışın yapısı analiz edilerek uygun pompa, vana vb. gibi tesisat parçalarının tasarımına olanak sağlanmaktadır. Akışkanın konum, basınç ve kinetik enerjisini değiştirerek, pompaların karakteristik eğrileri olan güç, verim, manometrik basma yüksekliği ve emmedeki pozitif yük eğrileri son yıllarda yaklaşık nümerik yöntemlerle de çıkarılmaktadır.

Akışkanlar mekaniğinin birçok alanında olduğu gibi, çok karmaşık akımların gözlemlendiği, pompaların karakteristik eğrilerinin belirlenmesi, hem deneysel yöntemle hem de sonlu hacimler yöntemini kullanan Ansys Fluent, Solidworks Flow Simulation, Numeca ve Cd – Adapco gibi paket programları tarafından yapılabilmektedir. Bu yöntemin özelliği, irdelenen integral bölgesinin ayrıklaştırılarak parçalara ayrıldıktan sonra, problemin kısmi diferansiyel denklemlerinin yaklaşık olarak çözülmesidir. (Özdamar vd., 2004)

Ülkemizde helisel çarklı pompalara ait bir çalışma bulunmamaktadır. Yurtdışı firmalarda ise helisel pompa çarkı, hatve, çark giriş çapı, çark çıkış çapı, çark boyu ve kanat yatış açısı gibi oldukça fazla değişkene bağlı olduğu için, çark

boyutları santrifüj pompaların ölçülerinin aksine ticari sır olarak paylaşılmamaktadır.

1.2. Yapılan Çalışmanın Hedefi ve Kullanılan Yöntem

Helisel çarklı pompalar, içlerinde büyük bir vidaya benzer çark bulunduran, taneli gıdalar ve yüksek viskoziteli akışkanların basınç kazandırılarak sevki için kullanılan bir pompa türüdür. Vida çark, santrifüj hareket yaparak, akışkanı emme ağzından alarak kanatlar sayesinde pompa salyangozunun arka kısımlarına sevk eder. Arka kısma geçen akışkan burada pompa salyangozunun tasarımı sonucunda, vida çarkın arka bölümü tarafından ivmelendirilerek salyangozdan dışarı atılır. Klasik santrifüj pompalarda olduğu gibi atış açısı 90° olarak keskin değildir. Bu yüzden, pompa dışına akışkanı atmak daha zordur.

Bir pompa performansı olan verim değerleri, genel olarak bilinen iki yöntem ile bulunabilir. Bu yöntemler,

- Deneysel Yöntem,
- Nümerik Yöntemlerdir.

Helisel çarklı pompanın verimini etkileyen en önemli faktörler, çark geometrisi ve pompa salyangozunun yapısıdır. Helisel çark ve pompa salyangoz tasarımında amaç, motordan aldığı enerjiyi en verimli şekilde akışkana verebilmektir. Bu çalışma kapsamında, sabit devir sayısında çark ve salyangozda denemeler yapılmıştır. Ayrıca, sonlu hacimler yöntemini kullanan Solidworks Flow Simulation programı ile analizler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmalarda, ilk etapta DN80 ve DN125 giriş çıkışına sahip pompa tasarımı sanal ortamda tasarlanmış ve bu ürünler üretilerek deneysel sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonra deneysel sonuçlar ile sanal ortamda yapılan nümerik hesaplamalar karşılaştırılmıştır.

Kazanılan birikim sonucu pompa verim değerleri yeterli görülmemiştir. İkinci etapta pompa verim değerinin yükseltilmesi hedeflenerek, pompa verimine etki eden faktörler tekrardan çalışmaya tabi tutulmuştur. Bu çalışmanın sonucu olarak yüksek verimli DN150 giriş çıkışlarına sahip pompa ürün ailesi tasarımı yapılmış ve tamamlanmıştır.

1.3. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ve Sonlu Hacimler Yönteminin Uygulama Alanları

Akışkanlar mekaniği problemleri genel olarak çok karmaşık diferansiyel denklemlerden oluştuğundan, problemin her noktada çözümü zor ve karmaşıktır. Bilgisayar destekli hesaplamalı akışkanlar mekaniği yazılımları ile problem içerisindeki her bir nokta için çözüme rahatlıkla ulaşılır. Hesaplamalı akışkanlar mekaniği, akış akımı, ısı ve kütle transferi, kimyasal reaksiyonlar ve bağıntılı fenomenlerin matematiksel denklemlerinin nümerik çözümünü kütle, momentum ve enerjinin konumuna bağlı kalarak yaklaşık olarak gerçekleştiren bir bilim dalıdır. Hesaplamalı akışkanlar mekaniğinin avantajları kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Deney ortamına kalınmadan problemin çözülebilmesi,
- Çok karmaşık akış ve fiziksel ortamın rahatlıkla simüle edilebilmesi,
- Dış ortam koşullarının rahatlıkla kontrol altında tutulabilmesi,
- Yeni tasarımların konsept çalışmalarına olanak sağlanması,
- Deney ortamına göre daha az maliyet ile detaylı ürün üretiminin sağlanabilmesi,
- Aksaklıkların ürünün test aşamasına gelmeden ön görülerek model ve tasarımda gerekli değişikliklerin yapılabilmesidir.
- Pratikte deneysel yöntemler ile izlenemeyen akışlar, hesaplamalı akışkanlar mekaniği yöntemi kullanılarak rahatlıkla görüntülenebilir.(Ertöz vd., 2005)

1.4. Sanayide Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği ve Sonlu Hacimler Yönteminin Kullanım Alanları

Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği, uçak sanayisi, otomotiv endüstrisi, tıp alanında ve tesisat sanayisinde oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Hesaplamalı akışkanlar mekaniği, bu alanların dışında ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde de geniş bir kullanım alanına sahiptir.

1.5. Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği Programları Nasıl Çalışır?

Gelişen yazılım teknolojisi sayesinde hesaplamalı akışkanlar mekaniği sonlu hacimler yöntemini kullanan pek çok program vardır. Bu çalışmada tasarım için

Solidworks, sonlu hacimler hesaplaması için de Solidworks Flow Simulation programı kullanılmıştır.

1.5.1 Solidworks flow simulation mesh

Flow Simulation Mesh, HAD ve SHY' yi kullanabilen genel amaçlı bir ön işlemcidir. Mesh, HAD ve SHY için en fazla vakit harcanan kısım olan model hazırlama ve sayısal ağ oluşturma işlemlerini, içeriğinde barındırdığı araçların da yardımıyla kolaylaştırma ve hızlandırmayı amaçlayan bir ara yüz programdır. Kendi bünyesinde bulunan, Solidworks 3d ile çizilmiş modelleri tamamen otomatik olarak problemin en kısa ve en doğru şekilde çözülebilmesi için kendisi ağlara ayırır. Bu sayede, kendi programında çizilen tasarımı, başka yan programlarda çeşitli ekleme veya çıkartmalar yaparak, model üzerinde değişikliğe gerek duymadan hızlı bir şekilde ayırır.

Mesh, iki boyutta dörtgen, üç boyutta ise kullanım ve istenilen hesaba göre dörtgen veya üçgen ağlar kullanır. Geçiş noktalarında optimizasyona izin vererek, sıkıntı yaşanan, ağ bağlama noktası konulamayan yüzeyleri el ile düzeltmeye izin verir.

Dönen parçaların ağlara ayırma işleminde, dönen bölgeyi kullanılır. Dönen bölge, model tasarlanırken, ayrı bir parça olarak modellenir. Bu parça, dönen elemanın tamamını örtmek zorundadır. Problem tanımı yapılırken, bu bölge üzerinden dönme hareketi verilir. Bu bölge içerisindeki tüm katı model, verilen açısal hız veya dönmeye göre hareket eder. Hesaplama yapılırken, çözüm dönen bölge içerisine girdiği zaman, denklem, dönen parçalara göre değiştirilir. Bu sayede dönme hareketi sağlanır. Solidworks Flow Simulation Mesh'in diğer programlara göre en önemli üstünlüğü, dönen bölgenin hızlıca tanımlanabilmesidir. Diğer programlarda ise dönen eleman ayrı ağlara bölünür, sabit kısım ayrı ağlara bölünür, arada kalan temas noktaları ise ayrı şekilde eleman tanımı yapılarak çözüme ulaşılır. Tüm bu adımlar oldukça karışık olup oldukça zaman kaybına yol açmaktadır.

1.5.2. Solidworks flow simulation

Solidworks Flow Simulation, sıkıştırılmaz (düşük sabsonik), orta sıkıştırılabilir (transonik) ve yüksek sıkıştırılabilir (süpersonik ve hipersonik) akışlar için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği çözücüsüdür. Yakınsamayı

hızlandıran çoklu ağ metoduyla beraber çoklu çözücü seçenekleri ile Flow Simulation kendi mesh programından aldığı değerleri okuyarak, geniş hız rejimleri aralıklarında optimum çözüm etkinliği ve hasiyeti getirir. Fiziksel modellerin çeşitliliği, laminar geçiş ve türbülanslı akışların, ısı transferinin ve kimyasal tepkimelerin sayısal ağ etkinliği ve çözüm tabanlı ağ uyarlaması ile olabildiğince hassas çözülmesini mümkün kılar. Flow Simulation çözümlerini 4 ana denklem üzerinden yapar.

1.5.2.1 Navier – Stokes (Momentum) denklemleri

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x} \mu \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right] + \rho g_x \quad (1.1)$$

$$\rho \frac{\partial v}{\partial t} + \rho u \frac{\partial v}{\partial x} + \rho v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y} \mu \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right] + \rho g_y \quad (1.2)$$

1.5.2.1 Durum denklemi

$$p = \rho RT \quad (1.3)$$

1.5.2.2 Süreklilik denklemi

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (1.4)$$

1.5.2.3 Rayleigh denklemi

$$R \frac{D^2 R}{Dt^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{DR}{Dt} \right)^2 = \frac{p_v - p}{\rho_L} \quad (1.5)$$

Akışın karakteristiği boyutsuz olan Reynolds sayısının değerine bağlıdır. Reynolds sayısının değeri ise akışkanın fiziksel özelliği olan viskozite, akış hızı ve akış ortamını karakterize eden karakteristik uzunluğun bir fonksiyonudur. Laminer akış, çizgisel bir akış olup, akım iplikçisi boyunca, akış tabakaları birbirinden tamamen ayrı ve karışmaksızın kaldıkları düzgün akımdır. Türbülans akımda ise, akışkan yörüngeleri karışarak akış çalkantılı bir şekilde oluşmaktadır. Pompalardaki akış, yüksek hızdan dolayı genellikle türbülanslı akıştır. Türbülanslı akışların incelenmesi, laminer akışlara göre oldukça zordur. Bu tip problemlerde türbülansın etkisini azaltmak için modeller geliştirilmiştir. Bu modellerde, akışkanın fiziksel viskozitesine ilave olarak, akışın özelliklerine bağlı diğer bir viskozite terimi tanımlanmakta ve ona türbülans viskozitesi denilmektedir. Bu ek viskozite terimini hesaplamak için araştırmacılar tarafından değişik modeller sunulmaktadır. Bu modellerin arasında ise standart olarak $k-\epsilon$ modeli yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu modelde “ k ” türbülansın kinetik enerjisini, “ ϵ ” ise türbülansın yayılımını belirtir. Bu nedenle, türbülanslı akışlarda süreklilik ve momentum denklemlerine, türbülans kinetik enerji ve yayılım denklemleri de eklenmekte, çözülmesi gereken denklem sayısı artmakta ve bu da denklem sisteminin çözümünü zorlaştırmaktadır. Yukarıda belirtilen süreklilik ve momentum denklemlerinin çözülebilmesi ve Flow Simulation’da iyi bir çözüm edilmesi için akış hacminin çevresini oluşturan akışın sınır koşullarının çok iyi bir şekilde modellenmesi gerekmektedir.

1.6. Akışkanlar Mekanizminde Temel Bilgiler

1.6.1. Pompa nedir?

Pompa ya da **basaç**, sıvıları taşımak için kullanılan mekanik bir aygıttır. Bir pompa, sıvıyı düşük basınçtan yüksek basınca hareket ettirir ve bundan dolayı basınç içinde bir fark oluşturur. Basınç farkını, mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye dönüştürerek sağlar. Bir elektrik motoru veya içten yanmalı motordan aldığı dönme hareketini artan hacim – azalan hacim prensibine göre emme hattından emer ve sisteme gönderir. Hidrolik pompalar basınç oluşturmaz. Basınç, akışkanın akışına karşı gelen dirence bağlı olarak oluşur.

Bir tahrik motorundan alınan mekanik enerjiyi pompa içinden geçen sıvıya aktarırlar. Genel olarak, pompalar sıvıların basıncını ve toplam enerjisini artırarak, bir yerden diğer bir yere nakil imkânını sağlar.

İlk pompa M.Ö. 3. yüzyılda Arşimet tarafından tasarlanmıştır. Pompalar mekanik kuvvetlerin fiziksel kaldırma veya sıkıştırma kuvveti ile maddeyi itmesi prensibini kullanarak çalışır.

Pompaları genel olarak iki grupta toplamak mümkündür.

• **Pozitif yer değiştirmeli pompalar (Hacimsel):** Bu pompalarda pompa içindeki akışkan hacmi değiştirmekte, çalışma sadece mekanik ve statik kurallara bağlı kalmaktadır. Hacimsel pompalar şu şekilde sınıflanır:

o Pistonlu pompalar:

▪ Pistonlu pompalar

▪ Diyaframlı pompalar

o Rotatif pompalar:

▪ Tek rotorlu pompalar: Kayar paletli pompalar, esnek borulu pompalar, vidalı pompalar, peristaltik pompalar

▪ Çok Rotorlu Pompalar: Dişli pompalar, loblu pompalar, vidalı pompalar, çevresel pistonlu pompalar

• **Rotodinamik pompalar:** Bu pompalarda ise akışkanın içinde çalışan bir çark bulunur. Kapalı hacim söz konusu değildir. Rotodinamik pompalar da şu şekilde sınıflandırılır:

- o Santrifüj veya radyal akışlı pompalar
- o Eksenel akışlı pompalar
- o Karışık akışlı pompalar

• Bunların içinde maliyeti en düşük olan pompa tipi de santrifüj tipi pompalardır.

• Bunlardan ayrı olarak bir de özel tasarımı pompalar vardır ki bunlara örnek olarak da, jet veya enjektörlü pompalar, elektromanyetik pompalar ve sıvı kumandalı pompalar verilebilir.

Sıvıya enerji veren makineler; Bir tahrik motorundan alınan mekanik enerjiyi pompa içinden geçen sıvıya aktarırlar. Genel olarak, pompalar sıvıların basıncını ve toplam enerjisini arttırarak, bir yerden diğer bir yere nakil imkânını sağlar. Soğutma sularının daimi devrinin sağlanması, bir otomobilde benzin basılması, yağ sevki ve radyatör suyunun devrettirilmesi, bir kalorifer tesisatının suyunun devridaim olması, bir buhar kazanına besleme suyu basılması, şehir ve kasabalarda akarsuyun ve içme suyunun temini gibi sıvıların ve büyük su kütlelerinin bir ortamdan diğer bir ortama nakli için kullanılan endüstrinin, sanayi ve zirai sektörün en büyük ihtiyaçlarından birisi pompalardır.

Tatbikatta ihtiyaçların özelliklerine göre çeşitli pompa tipleri kullanılmaktadır. Genel olarak iki grupta toplanır:

1. Hacimsel pompalar grubunda:

- a) Pistonlu pompalar,
- b) Dişli pompalar,
- c) Paletli pompalar,

d) Diyaframlı pompalar vardır.

2. Santrifüj pompalar grubunda ise;

- a) Salyangozlu pompalar,
- b) Difüzörlü (kademeli) pompalar,
- c) Derinkuyu pompaları mevcuttur.

Hacimsel pompalarda, enerji, sıvıya bir hacim içerisinde hareket eden bir yüzey tarafından hacmin daraltılması suretiyle tatbik edilen bir basınç vasıtası ile ve kesikli olarak devredilir.

Santrifüj pompalarda ise, enerji, sıvıya bir eksen etrafında dönen tek veya belli adetteki kanatlarla bir çark tarafından kinetik enerji şeklinde ve sürekli olarak devredilir. Bu kinetik enerji, sıvı çarkı terk ettikten sonra, yayıcı sabit difüzör kanatları veya salyangoz içerisinde basınç enerjisi şekline döndürülebilir.

Santrifüj pompalarda çark bir mil üzerine monte edilmiş olup, sıvıya devir gereken enerjiyi bu milden alır. Mil, rulman yatakları üzerine mesnetlenmiştir. Bir kaplin kavrama ile tahrik motoruna bağlıdır. Mil ile pompa gövdesi arasında bırakılması mecburi olan boşluklar arasından sıvının dışarıya sızmaması için salmastra tertibatı kullanılır.



Şekil 1.1 Santrifüj pompa

Pistonlu pompalar: Pistonlu pompalarda ana prensip, bir silindir içerisinde bir pistonun ileri ve geri hareketidir. Emme ve basma periyotlarına göre faal duruma geçen subaplar mevcuttur. Pistonlu pompanın basacağı sıvı miktarı (debi) pompanın strok hacmiyle devir adedinin çarpımına bağlı bir değerdir. Pistonlu

pompalar, yüksek binaların her katına su temini için ve zirai ilâçlama motorlarında en çok kullanılır.



Şekil 1.2 Pistonlu pompa

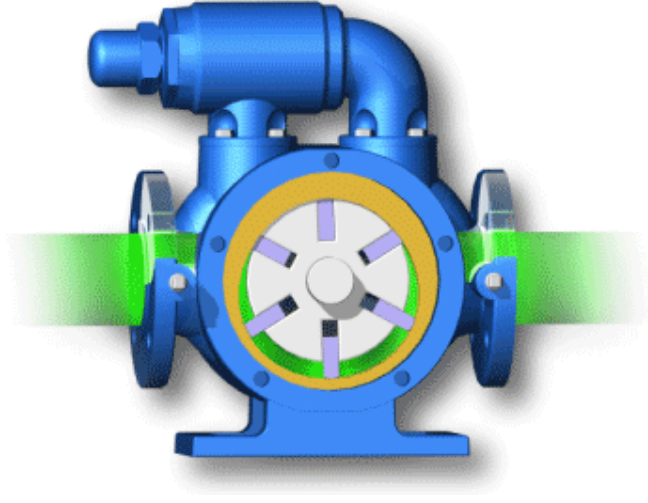
Dişli pompalar: Dişli pompa, bir gövde içinde dönen bir çift dişliden ibarettir. Bu pompalarda hareket ileri-geri olmayıp, bir dönme hareketi şeklindedir. Şekildeki iki alın dişlisinden biri, bir tahrik motoru vasıtası ile döndürüldüğünde diğer dişli de ters yönde dönecektir. Bu dönme hareketi esnasında, emme tarafında pompa gövdesiyle dış boşluğu arasında kalan sıvı, basma tarafına nakledilecek ve daralan hacimde, sıvının basıncı artarak, belli basma yüksekliğine çıkabilecektir. Pompa basma borusu çapı, emme borusu çapından daima küçüktür. Dişli pompaların bilhassa kullanıldığı yerler; sıvı yağlar ve fueloil sıvı yakıt sevkiyatı içindir.



Şekil 1.3 Dişli pompa

Paletli pompalar: Bir dişli pompa gövdesinin içine dişliler yerine, eksantrik şekilli, birbirini içine dokunmadan girip çıkabilen paletler, emme tarafından boşluk kısma aldıkları sıvıyı, basma tarafına naklederler. Çıkışta hacim

daralması suretiyle sıvının basıncı artar. Bir yayın etkisiyle pompa debisini ayarlamak mümkündür.



Şekil 1.4 Paletli pompa

Diyaframlı pompalar: Pistonlu pompalardaki pistonun vazifesini dairesel kesitli, elâstik bir diyafram görür. Diyaframın dış çevresi sabit ve merkezinden de bir krank sistemine bağlıdır. Krankın hareketi diyaframa merkez bölgesinde bir ileri geri hareket sağlayacak şekilde intikal eder ve bir hacim değişikliğine yol açar. Emme ve basma subapları, diyaframın hareketine uygun şekilde açılıp, kapanır.



Şekil 1.5 Diyafamlı pompa

Diyafamlı pompada sıvı, diyaframın tek yüzü ile temasta olup, katiyen sızdırmaz. Sızdırmazlığın bilhassa ehemmiyetli olduğu benzin veya asit gibi sıvıların pompajı için tercih edilir.

Salyangozlu pompalar: Santrifüj pompalar grubunda, tek kademeli olarak da tanınan salyangozlu pompalarda hareketli kısım, pompa mili ve çarktır. Sabit kısım ise, pompanın salyangoz şeklindeki gövdesidir. Çarktan çıkan sıvının toplanması ve sıvının kazandığı kinetik enerjinin, basınç enerjisine dönüşümü gövde tarafından sağlanmaktadır. Sızdırmazlığı önleyecek salmastra tertibatı pompa gövdesinin motor tarafında bulunur. Sızdırmazlık şartı aranıyorsa, tahrik motoru pompa gövdesi içine yerleştirilebilir. Bu tip pompalara da mono blok veya ıslak rotorlu tip denir. En çok kalorifer suyu devridaiminde, klima santrallerinde, soğutma kulelerinde, şehir içme suyu nakli ve sulama suyu dağıtımında, yağmurlamada kullanılır.



Şekil 1.6 Kademeli pompa

Difüzörlü pompalar: Difüzörlü santrifüj pompaların en büyük özelliği, dönen çark adedinin birden fazla ve her çarkın etrafında difüzör denilen sabit kanatların olmasıdır. Ayrıca, kademeleri birbirine bağlı tutan uzun saplamalar mevcuttur. Mile bağlı dönen çarklarda suya kazandırılan kinetik enerji, sâbit kanatlarda (difüzörde) basınç enerjisine dönüşür. Difüzör suya yön vererek suyun diğer kademeye sevkini sağlar. Su, her kademedede artan bir enerjiye sâhip olur. Debi sabit kaldığı halde, suyun basınç enerjisi, kademe sayısı adediyle doğru orantılı olarak artar. Yüksek tazyik ve basma mesâfesi elde edilir. Difüzörlü pompalar en çok 9 veya 12 kademeli olup, en çok kullanıldığı yerler: Buhar kazanlarına besleme suyu basılması, şehir şebekesi içme suyu naklinde ve hidrolik yağ sevkinde kullanılır.

Derinkuyu pompaları: Kademeli, difüzörlü santrifüj pompalara benzer. Ancak, pompa grubu suyun içindedir. Pompa kademeleri birbirine cıvatalarla

bağlıdır. Pompa altında emme borusu ve süzgeci vardır. Krom nikelli çelikten imal edilmiş pompa mili alttan ve üstten yataklanmış olup, dönen fanlar ve fanların etrafında sabit kanatlar suya yön verirler. Suyun kinetik enerjisini basınç enerjisine dönüştürürler.



Şekil 1.7 Derin kuyu pompası

Kullanıldığı yerler: Petrol, içme veya sulama suyu temini içindir. Sondajı yapılan derin kuyu içine pompa monte edilir. Suyun statik seviyesinin iki katı mesafeye kadar pompa indirilir. Pompanın emme noktasından itibaren basma yüksekliği dâhil, toplam seviye, suyun dinamik seviyesidir.

Yağ ile yağlamalı ve suyla yağlamalı tip olmak üzere iki çeşit derin kuyu pompası vardır. Tahrik motoru elektrikli veya dizel motorlu olup, yer üstünde ve dikey vaziyettedir. Hem pompa, hem de elektrik motorunun komple hâlinde suyun içinde olduğu keson kuyulara monte edilebilen dalgıç tip pompalar da vardır.

1.7. Akış Makineleri

Enerji farklı şekillerde bulunabilir. Hidrolik enerji akışkanların sahip olduğu enerjidir. Hidrolik enerji, kinetik, potansiyel, basınç veya termik enerji şeklinde bulunabilir. Makine elemanlarını hareket ettiren veya döndüren mekanik enerji genellikle güç iletimi için kullanılır. Hidrolik makinelerin amacı, ya hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye ya da mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye dönüştürmektir. Eğer hidrolik enerji girdi ise, hidrolik enerji mekanik enerjiye dönüşür ve çıktı dönen bir mil veya makinelerin (türbin veya motor) hareket eden parçalarıdır. Diğer durumda ise, girdi mekanik enerjidir ve bu durumda mekanik

enerji hidrolik enerjiye dönüştürülür ve hareket eden akışkan bazen sıkıştırılır ve bazen da sıcaklıkları yükseltilir. Bu tür makineler pompa, fan veya kompresör olarak adlandırılır.

İlk kategoride, iş makine tarafından yapılır ve enerji makineden çekilir. İkinci kategoride ise, iş akışkana verilir ve akışkana enerji eklenmiş olur.

1.7.1. Debi:

Bir hidrolik makine, maksimum verim sağlayacak şekilde çalıştığı zaman içinden geçen su miktarına, o makinenin nominal debisi denir.

Debi, bir akışkanın aktığı izleğin herhangi bir kesitinden birim zamanda geçen akışkan hacmidir. Örneğin, bir pompa veya türbinin veya bir pompanın içinden birim zamanda geçen sıvının hacmidir.

Bir akarsuyun aktardığı su miktarını, bir boru sisteminin çeşitli noktalarında aktarılan akışkan miktarını belirlerken vb. yerlerde kullanılır. Hidrolojide, hidrolikte, akışkanlar mekaniğinde sıkça başvurulan bir kavramdır. Boyutu hacim / zaman, genellikle kullanılan metrik birimi m³/s ve yaygın göstergesi Q harfidir.

1.7.2. Devir sayısı

Bir makinenin devir sayısının yüksek olması makine boyutlarını buna bağlı olarak düşürür. Su makinelerinde devir sayılarını kavitasyon, senkron hızına uyma zorunluluğu ve mekanik zorluklar sınırlar.

$$n_{senk} = \frac{60 \cdot f}{\text{çift kutup sayısı}} \quad f = 50 \text{ Hz i. in } 6 \text{ çift kutup } n_{senk} = 500 \text{ d/d (1.6)}$$

1.7.3. Özgül enerji

Bir hidrolik güç sisteminin özgül enerjisi 1 kg su güç istasyonunda suyun en üst ve en alt kısımları arasında akarken suyun sahip olduğu potansiyel ve kinetik enerjilerinin toplamına eşittir. Özgül enerjinin birimi [Nm/kg] veya [J/kg] ve [m²/s²] olarak da gösterilebilir..

Toplam özgül hidrolik enerji

Bir güç istasyonunda suyu rezervinin z_{rez} en üst ve en alt z_{alt} arasındaki seviye Dolayısı ile toplam yük (geometrik düşü):

$$H_g = z_{rez} - z_{alt} \quad (1.7)$$

Özgöl hidrolik enerji de:

$$Y_g = g \cdot H_g \quad (1.8)$$

Toplam Güç

$$P_g = Q \rho Y_g = Q \rho g H_g = \gamma Q H_g \quad (1.9)$$

Burada:

P_g	Toplam Güç	[W]
ρ	Suyun Özgöl Ağırlığı	[kg/m ³]
Q	Debi	[m ³ /s]

Enerji bir kuvvetin yaptığı iş olarak tanımlanırsa ve bir akışkan parçasına etkiyen kuvvet;

$$F = m \frac{dV}{dt} = \frac{d(m\vec{V})}{dt} \quad (1.10)$$

olmaktadır. Dolayısı ile çarkın akışkandan veya akışkanın çarktan enerji alabilmesi için akışkanın hareket miktarı da zaman içinde bir değişim yaratmak gerekir. Bunu sağlayabilmek için;

Hız vektörünün doğrultusu değiştirilir, (pelton türbinlerinde olduğu gibi) büyüklüğüne dokunulmaz.

Hız vektörünün hem doğrultusu hem de büyüklüğü değiştirilir (Francis, uskur çark ve Kaplan türbinleri, santrifüj pompalar)

1.7.4. Bernoulli denklemi:

Basınç, hız ve ivme arasındaki ilişki ilk kez Bernoulli ve Euler tarafından geliştirildiği için bu denklemler Bernoulli denklemi olarak adlandırılır. Zeminden Z1 yükseklikte U1 hızlı akışkanın basıncı P1, Z2 yükseklikte U2 hızlı aynı akışkanın basıncı P2 ise bu durumda Bernoulli denklemi;

$$P + \frac{1}{2} \rho U^2 + \rho \cdot g \cdot h = \text{sabit} \quad (1.11)$$

$$\frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{U^2}{2 \cdot g} + h = \text{Sabit} \quad (1.12)$$

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{U_1^2}{2 \cdot g} + h_1 + Hm - \xi_{1-2} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{U_2^2}{2 \cdot g} + h_2 \quad (1.13)$$

$$Hm = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{U_2^2 - U_1^2}{2 \cdot g} + h_2 - h_1 \quad (1.14)$$

şeklinde. Bu denklem sürekli sıkıştırılmaz akışkanlar için Bernoulli denklemidir.

1.7.5. Bir Pompanın Geometrik, Statik Basma Yüksekliği, Manometrik Basma Yüksekliği

Pompalar sıvılara enerji veren makinelerdir. Birim ağırlıktaki sıvıya verdiği potansiyel enerjiye statik basma yüksekliği adı verilir. Bu enerji içindeki yükseklik farkı pompanın geometrik basma yüksekliği adı olarak adlandırılır ve H_g ile gösterilir.

$$H_{st} = \left(z_B + \frac{p_B}{\gamma} \right) - \left(z_A + \frac{p_A}{\gamma} \right) \quad (1.15)$$

$$H_g = z_B - z_A \quad (1.16)$$

Pompanın sıvıyı bastığı B haznesindeki sıvı yüzeyi emme haznesi olan A daki akışkan yüzeyi ile aynı düzlemde ya da daha aşağıda ise, pompanın geometrik yüksekliği sıfır veya negatif olur. Statik basma yüksekliği için de aynı durum olabilir. Bu durumda pompanın görevi kendiliğinden akan akışkanın debisini artırmaktır.

Emme ve basma hazneleri atmosfere açık ise, statik ve geometrik basma yükseklikleri biri birine eşittir.

Bir pompanın her birim ağırlıktaki sıvıya kazandırdığı toplam enerjiye o pompanın manometrik basma yüksekliği veya kısaca manometrik yükseklik denir ve H_m ile gösterilir.

Eğer pompanın basma ağzı b ve emme ağzı e ise, V_b ve V_e de ortalama hızlar ise

$$H_m = \left(z_b + \frac{p_b}{\gamma} + \alpha_b \frac{V_b^2}{2g} \right) - \left(z_e + \frac{p_e}{\gamma} + \alpha_e \frac{V_e^2}{2g} \right) \quad (1.17)$$

Eğer pompanın emme ve basma çapları biri birine eşit ise

$$H_m = \left(z_b + \frac{p_b}{\gamma} \right) - \left(z_e + \frac{p_e}{\gamma} \right) = (z_b - z_e) + \left(\frac{p_b}{\gamma} - \frac{p_e}{\gamma} \right) \quad (1.18)$$

Eğer pompanın bağlanacağı boru sistemi belli ise,

$$H_m = H_g + \left(\frac{p_B}{\gamma} - \frac{p_A}{\gamma} \right) + \sum_{A-B} \xi \quad (1.19)$$

Burada emme haznesi A'dan ve basma haznesi B'ye kadar akışkanın karşılaştığı toplam kayıplardır.

1.7.5 Güç tanımları

1.7.5.1 Teorik güç:

Türbomakinanın içinde meydana gelen kayıplara bakılmadan, türbinin akışkandan aldığı veya pompadan akışkana verilen güce teorik güç denir ve N_o ile gösterilir.

$$N_o = \rho g Q H_o = \gamma Q H_o \quad W \quad (1.20)$$

$$N_o = \frac{\rho Q H_o}{75} \quad BG \quad (1.21)$$

Bu gücün bir bölümü türbinin içindeki çeşitli enerji kayıplarını karşılar. Bu nedenle türbin milinden alınan güç teorik güç N_o dan daha küçüktür.

Pompalarda ise akışkana verilen teorik güç;

$$N_o = \rho g Q H_m = \gamma Q H_m \quad W \quad (1.22)$$

$$N_o = \frac{\rho Q H_m}{75} \quad BG \quad (1.23)$$

Pompalarda da akışkanı basabilmek için pompa miline teorik güçten daha fazla bir enerji vermek gerekir.

1.7.5.2 Hidrolik güç: N_h

Türbo makinanın çarkından geçen Q_ζ debisindeki akışkandan türbinin aldığı veya akışkanın pompadan aldığı güce hidrolik güç denir ve N_h ile gösterilir.

$$N_h = \rho Q_\zeta (c_{u1} \cos \alpha_1 - c_{u2} \cos \alpha_2) = \rho Q_\zeta (c_{u1} u_1 - c_{u2} u_2) \quad W \quad (1.24)$$

$$N_h = \frac{\rho Q_\zeta (c_{u1} \cos \alpha_1 - c_{u2} \cos \alpha_2)}{g 75} = \frac{\rho Q_\zeta (c_{u1} u_1 - c_{u2} u_2)}{g 75} \quad BG \quad (1.25)$$

Pompalarda ise hidrolik güç;

$$N_h = \rho Q_\zeta (c_{u2} \cos \alpha_2 - c_{u1} \cos \alpha_1) = \rho Q_\zeta (c_{u2} u_2 - c_{u1} u_1) \quad W \quad (1.26)$$

$$N_h = \frac{\rho Q_\zeta (c_{u2} \cos \alpha_2 - c_{u1} \cos \alpha_1)}{g 75} = \frac{\rho Q_\zeta (c_{u2} u_2 - c_{u1} u_1)}{g 75} \quad BG \quad (1.27)$$

Türbomakinanın N_o teorik gücü ile N_h hidrolik gücü arasındaki fark, çark içinde ve türbomakinanın sabit parçalarında, sürtünme, çarpma, difüzyon vb. yollarla meydana gelen çeşitli güç kayıplarının toplamını ve aynı zamanda çark ile gövde arasındaki boşluklardan, salmastralardan, dengeleme disklerinden enerji

alışverişine katılmayan q debisindeki akışkanın kayıp kabul edilen gücünü karşılar.

Kaçak debi ve toplam debi arasındaki ilişki pompa ve türbinler için

$$Q = Q_{\zeta} + q \quad \text{Türbinde} \quad (1.28)$$

$$Q = Q_{\zeta} - q \quad \text{Pompada} \quad (1.29)$$

Çarktan geçen Q_{ζ} debisine ait teorik güç N_o' ile gösterilirse

$$N_o' = \gamma Q_{\zeta} H_o \quad \text{Türbin için} \quad (1.30)$$

$$N_o' = \gamma Q_{\zeta} H_m \quad \text{Pompa için} \quad (1.31)$$

1.7.5.3 Efektif (Etkin) güç, mil gücü: N_e

Türbin durumunda dış ortamın türbin milinden çektiği veya türbin tarafından dış ortama verilen güce; pompa halinde ise, pompa miline verilmesi gereken veya pompanın dış ortamdan çektiği güce efektif (etkin) güç veya mil gücü denir ve N_e ile gösterilir.

N_h hidrolik güç ile N_e efektif güç arasındaki fark, turbomakinanın yataklarında, salmastralarda, çark diskinin dış yüzeyleri arasında kaybolan gücü karşılar.

Her hidrolik makine için kaçak verim, mekanik verim, hidrolik verim ve genel verim tanımlanır.

1.7.5.4 Kaçak (hacimsal) verim: (η_k) Eksenini etrafında dönen makinenin sabit duran gövde arasındaki boşluklardan, çark üzerindeki dengeleme deliklerinden, salmastralardan, hidrolik contalardan, kaçan veya Pelton türbinlerinde olduğu gibi kepçelere girmeyip kaçan, bu nedenle de enerji alışverişine katılmayan akışkanın toplam debisi q (kaçak debisi) ve çark içinden geçerek enerji alışverişinde bulunan akışkanın debisi Q_{ζ} ile gösterilirse ve toplam debi Q ise;

$$\eta_k = \frac{N_o'}{N_o} = \frac{N_o - (N_o - N_o')}{N_o} = \frac{Q_{\zeta}}{Q} = \frac{Q - q}{Q} = 1 - \frac{q}{Q} \quad \text{Türbinler için} \quad (1.32)$$

$$\eta_k = \frac{N_o'}{N_o} = \frac{N_o' - (N_o' - N_o)}{N_o'} = \frac{Q}{Q_{\zeta}} = \frac{Q}{Q + q} = \frac{1}{1 + \frac{q}{Q}} \quad \text{Pompalar İçin} \quad (1.33)$$

1.7.5.5 Mekanik verim: (η_m) Türbomakinenin yataklarında, salmastra kutusunda, çark diskinin dış yüzeylerinde, dengeleme diskinde, yani hidrolik makinelerinin akım kanalları dışındaki sürtünmeler dolayısı ile meydana gelen kayıpları tanımlar.

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_h} = \frac{N_h - (N_h - N_e)}{N_h} \quad \text{Türbinler için} \quad (1.34)$$

$$\eta_m = \frac{N_h}{N_e} = \frac{N_e - (N_e - N_h)}{N_e} \quad \text{Pompalar İçin} \quad (1.35)$$

1.7.5.6 Hidrolik (manometrik) verim: (η_h) Türbomakinenin içinden akan akışkanın sürekli yük kaybı, yerel kayıp, çarpma kaybı, difüzyon kaybı gibi akışla ilgili kayıpları içerir.

$$\eta_h = \frac{N_h}{N_o} = \frac{N_o' - (N_o' - N_h)}{N_o'} = \frac{c_1 u_1 \cos \alpha_1 - c_2 u_2 \cos \alpha_2}{g H_o} \quad \text{Türbinler için} \quad (1.36)$$

$$\eta_h = \frac{N_h}{N_e} = \frac{N_e - (N_e - N_h)}{N_e} = \frac{g H_m}{c_2 u_2 \cos \alpha_2 - c_1 u_1 \cos \alpha_1} \quad \text{Pompalar İçin} \quad (1.37)$$

1.7.5.7 Genel (toplam) verim: (η_g) Türbomakineden alınan güçle ona verilen güç arasındaki oranla ilgilidir.

$$\eta_g = \frac{N_e}{N_o} = \eta_m \eta_h \eta_k \quad \text{Türbinler için} \quad (1.38)$$

$$\eta_g = \frac{N_o}{N_e} = \eta_m \eta_h \eta_k \quad \text{Pompalar İçin} \quad (1.39)$$

1.7.5.8 Efektif (etkin) güç bağıntıları:

$$N_e = \rho g Q H_o \eta_g = \gamma Q H_o \eta_g \quad (1.40)$$

ρ : kg/m³, g : m/s², H_o :m, Q :m³/s, N_e : Nm/s veya W eğer BG ile ifade etmek gerekirse,

Türbin için

$$N_e = \frac{\rho Q H_o \eta_g}{75} \quad (1.41)$$

1 BG = 0.736 kW veya 1 kW = 1.36 BG

Pompa için

$$N_e = \frac{\gamma Q H_m}{\eta_g} \text{ (W)}, \quad N_e = \frac{\rho Q H_m}{75 \eta_g} \text{ (BG)} \quad (1.42)$$

1.7.6. Manometrik basma yüksekliği, basınç katsayısı, viskozitenin etkisi

Bir pompanın, 'bastığı sıvının her birim ağırlığına, giriş ve çıkış ağzları arasında kazandırdığı toplam enerji miktarına o pompanın manometrik basma H_m ile gösterilerek metre sıvı sütunu (mSS) birimi ile verilir. Pompanın basma ağzı b, emme ağzı e indisi ile gösterilirse

Eğer pompanın basma ağzı b ve emme ağzı e ise, V_b ve V_e de ortalama hızlar ise

$$H_m = \left(z_b + \frac{p_b}{\gamma} + \alpha_b \frac{V_b^2}{2g} \right) - \left(z_e + \frac{p_e}{\gamma} + \alpha_e \frac{V_e^2}{2g} \right) \quad (1.43)$$

olur. Eğer pompanın giriş ve çıkış kesitleri aynı ($V_e=V_b$) ve giriş ile çıkış arasındaki yükseklik farklı ihmal edilebilecek kadar küçük ise ($Z_e=Z_b$) ;

$$H_m = \frac{\Delta p}{\gamma_{sivi}} \quad (1.44)$$

elde edilir.

A emme haznesinde serbest sıvı yüzeyi üzerindeki mutlak basınç p_A , B basma haznesinde serbest yüzey üzerindeki mutlak basınç p_B ise, her iki hazneyi birleştiren borunun karakteristik eğrisinin denklemi, eğer pompanın giriş ve çıkış kesitleri aynı ($V_e=V_b$) ve giriş ile çıkış arasındaki yükseklik farklı ihmal edilebilecek kadar küçük ise ($Z_e=Z_b$) ;

$$H_m = \frac{\Delta p}{\gamma_{sivi}} \quad (1.45)$$

elde edilir.

$$H_m = \left(z_B + \frac{p_B}{\gamma} \right) - \left(z_A + \frac{p_A}{\gamma} \right) + \sum_{A-B} \xi = H_g + \left(\frac{p_B}{\gamma} - \frac{p_A}{\gamma} \right) + \sum_{A-B} \xi \quad (1.46)$$

olur. Burada H , birim ağırlıktaki sıvıyı borunun içinden geçirerek A dan B ye iletmek için ona verilmesi gereken enerjiyi, $\sum_{A-B} \xi$ ise A dan B ye kadar boru içinde meydana gelen toplam yük kaybını göstermektedir.

$$\sum_{A-B} \xi = \frac{f_i L_i}{D_i} \frac{V_i^2}{2g} + \sum k_j \frac{V_j^2}{2g} = KQ^2 \quad (1.47)$$

yazılabilir.

$$H = H_g + \left(\frac{p_B}{\gamma} - \frac{p_A}{\gamma} \right) + KQ^2 \quad (1.48)$$

eşitliği yazılabilir.

Her iki hazne atmosfere açık ise; $P_A=P_B$ olur.

Pompanın içinde meydana gelen hidrolik, mekanik ve kaçak kayıpları karşılamak için birim ağırlıktaki sıvıya H_m den daha büyük H_{teo} enerji vermek gerekir. Bu değere pompanın ‘Teorik Manometrik Basma Yüksekliği’ veya ‘Hidrolik Yükseklik’ adı verilir.

$$H_{teo} = H_h = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} - \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g} = \frac{c_{u2}u_2 - c_{u1}u_1}{g} \quad (1.49)$$

Görüldüğü gibi, H_{teo} değeri sıvının türüne, fiziksel özelliklerine değil, sadece hızlara, yani belli bir devir sayısında pompanın debisine bağlı olur.

Hidrolik verim η_h bilinirse, pompanın H_m manometrik basma yüksekliği,

$$H_m = \eta_h H_{teo} = \frac{c_{u2}u_2 \cos \alpha_2 - c_{u1}u_1 \cos \alpha_1}{g} \eta_h = \frac{c_{u2}u_2 - c_{u1}u_1}{g} \eta_h \quad (1.50)$$

Aynı pompa ile değişik viskoziteli sıvılar basıldığında,

a) Pompalanan sıvının viskozitesi arttıkça, benzerlik bağıntıları, su haline oranla, tam doğru sonuç vermekten az çok uzaklaşırlar: Pompanın verimi genellikle yüksek devir sayılarında daha iyi olduğu için, devir sayısı artırıldığı vakit mil gücü devir sayısının kübünden daha yavaş büyür.

b) Pompanın dönme hızı değiştiğinde, basılan sıvının viskozitesi ne olursa olsun maksimum verim noktasındaki özgül hızın değeri aynı kalır.

c) Sabit devir sayısında pompalanan sıvının viskozitesi ne olursa olsun, sıfır debisindeki H_{mo} manometrik basma yüksekliği, esas itibarı ile değişmez. Ancak, viskozite arttıkça pompanın geometrisinin H_{mo} üzerindeki etkisi daha belirginleşir.

d) Sabit dönme hızında pompalanan sıvının viskozitesi ne kadar yüksek olursa, pompanın H_m manometrik basma yüksekliği ve Q debisi o kadar azalır, maksimum verim noktası o kadar küçük debilere doğru kayar. Bu noktadaki özgül hız değişmediğinden, aynı bir pompa (1) ve (2) gibi değişik viskoziteli iki sıvı ile çalıştırılırsa, en iyi verim noktalarındaki Q_1 ve Q_2 debileri arasında

$$\frac{n}{\sqrt{H_{m1}}} \sqrt{\frac{Q_1}{\sqrt{H_{m1}}}} = \frac{nQ_1^{\frac{1}{2}}}{H_{m1}^{\frac{3}{4}}} = \frac{n}{\sqrt{H_{m2}}} \sqrt{\frac{Q_2}{\sqrt{H_{m2}}}} = \frac{nQ_2^{\frac{1}{2}}}{H_{m2}^{\frac{3}{4}}} \quad (1.51)$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{H_{m1}}{H_{m2}} \right)^{\frac{3}{4}} \quad (1.52)$$

Bağıntısı yazılabilir.

e) Sıvının viskozitesi sabit iken pompanın devir sayısı yükseltirirse, maksimum verim noktasındaki genel verim değeri de yükselir. Zira, bu durumda pompanın mil gücü devir sayısının kübü ile orantılı olarak arttığı halde, disk sürtmesi ile kaybolan güç, laminar rejim halinde hızın 2,5; türbülanslı halde 2,8

inci kuvveti ile, yani daha yavaş artar, dolayısıyla pompanın mekanik verimi iyileşir.

f) Maksimum verim noktasında pompanın efektif gücü sıvının viskozitesi ile artar. Yani, viskozite yükseldikçe pompanın genel verimi; H_m ve Q değerlerinden daha hızlı düşer.

g) Pompalanan sıvının viskozitesi büyüdükçe, debinin oldukça geniş bir değişim aralığında $N_e=f(Q)$ eğrisi hemen hemen kendisine paralel kalarak yükselir.

Güç ve Verim İfadeleri

$$N_e = \frac{M_e \omega}{75g} \text{ BG} \quad (1.53)$$

$$N_h = \frac{M_h \omega}{75g} = \frac{\gamma Q_\phi (c_{u3} u_3 - c_{u0} u_1)}{g 75} \text{ BG} \quad (1.54)$$

$$N_o' = N_h \eta_h \quad (1.55)$$

$$\eta_h = \frac{N_h}{N_e} = \frac{g H_m}{c_2 u_2 \cos \alpha_2 - c_1 u_1 \cos \alpha_1} \quad (1.56)$$

$$N_o = \rho g Q H_m = \gamma Q H_m \text{ kW} \quad (1.57)$$

$$N_o = \frac{\rho Q H_m}{75} = \frac{\rho Q H_m}{75} \text{ BG} \quad (1.58)$$

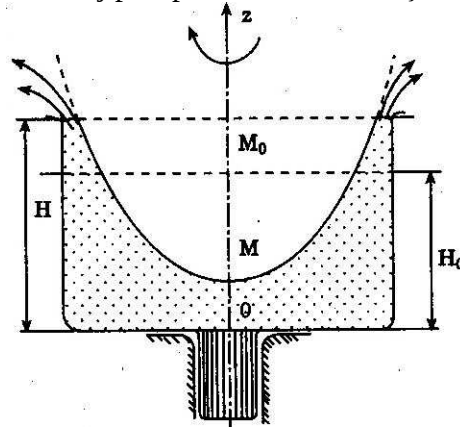
$$\eta_g = \frac{N_o}{N_e} = \eta_m \eta_h \eta_k \quad (1.59)$$

$$N_e = \frac{\gamma Q H_m}{\eta_g} \text{ (W)}, \quad N_e = \frac{\rho Q H_m}{75 \eta_g} \text{ (BG)} \quad (1.60)$$

1.8. Rotodinamik Pompalar (Santrifüj Pompalar)

Portekiz'de San Domingos bakır madeni ocaklarında yapılan kazılar sırasında, Milattan sonra V. inci yüzyıla ait olduğu saptanan ahşaptan yapılmış santrifüj çarklar bulunmuştur. Elbet teorisi bilinmeyen ve bilimsel irdelemesi bulunmayan bu çark' hayal ürünü olup' bir sanat eseri olarak değerlendirilebilir.

Santrifüj pompa ile ilgili ilk bilimsel yaklaşımı, İtalya'da, Leonardo Da vinci (1452 -1519) yapmıştır. Bu maksatla, silindirik bir kap içerisinde bulunan bir sıvının, kap eksenini etrafında dönerken, cidar üzerinde yükselip çevreye doğru taşımamasını, yani cebri-vortex hareketini esas almıştır. Şekilde görüldüğü gibi, H yüksekliğinde silindirik bir kap içerisinde, denge halinde H_0 yüksekliğinde bir sıvı bulunsun. Kap Oz eksenini etrafında uygun bir devir sayısında döndürüldüğünde, sıvının çeperler üzerinde yükselerek dışarıya taşıdığı görülür. Ayrıca, kap cidarı üzerine delikler açıldığında, kap dönerken sıvının bu deliklerden dışarıya doğru yüksek hızla fırladığı görülür. Sıvı taneciklerini bu şekilde hareket ettiren, kap dönerken sıvı bünyesinde oluşan santrifüj kuvvetlerdir. Bu düşünce santrifüj pompanın temelini oluşturur.



Şekil 1.8 Basit santrifüj pompa

Santrifüj pompayı hayal eden, teorisini yapıp ilk uygulayan Denis Papin (1647-1714) olmuştur. Bu sahada yapmış olduğu bilimsel ve deneysel çalışmalar günümüzde aynen geçerlidir. Papin'den sonra bu sahada yapılan çalışmalar, önceki çalışmaları doğrulamış, fakat bir yenilik ilavesi yapmamıştır.

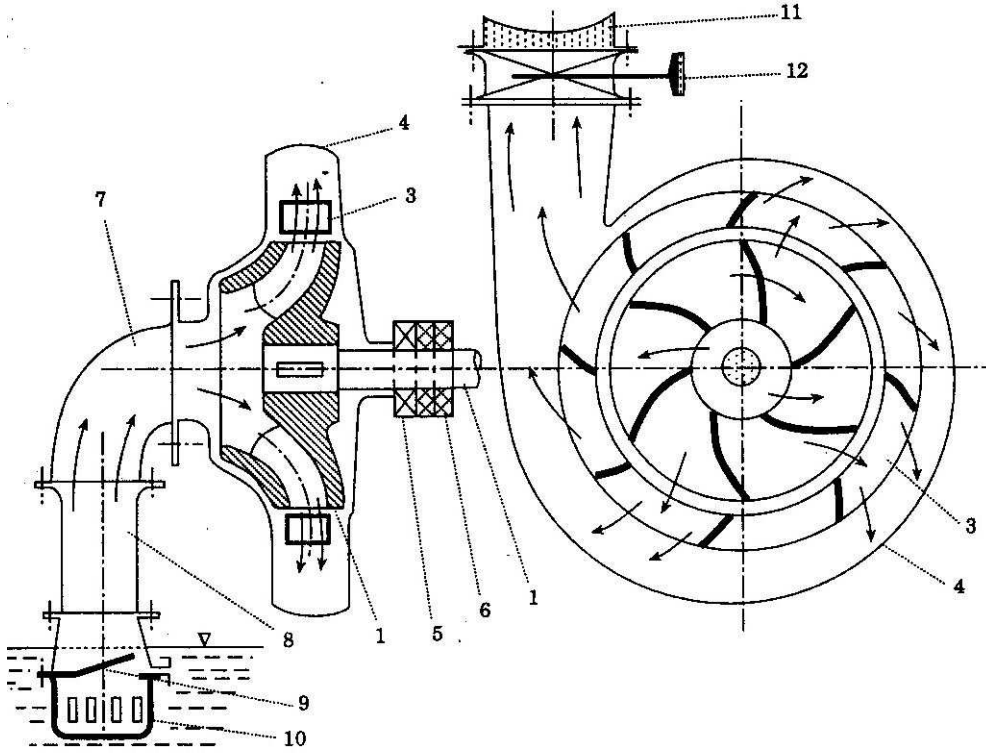
İsviçre'de Leonhard Euler (1707 - 1783) ve Daniel Bernoulli (1700 - 1782) hidrolik bilimi üzerinde önemli teoriler geliştirmişlerdir; bu teorileri akım makinaları (santrifüj pompalar ve buhar veya gaz türbinleri) üzerine de

uygulamışlardır. Bu yeni yaklaşımlar Denis Papin'in çalışmalarına kayda değer ilaveler yapamamıştır.

Papin'in geliştirdiği seviyede santrifüj pompaların hidrolik verimleri düşük çıkmakta idi. 1818 yılında ABD'de Massachusetts pompa fabrikası, santrifüj pompaları seri halde imal etmeye başladı. 1850 yılında, İngiliz fizikçisi, J.Thomson pompa verimini, dağıtıcı kanatlar (difüzör) kullanarak yükseltmeyi başardı. Üzerinde yapılan çeşitli deneysel çalışmalarla, santrifüj pompalar, uygulamada büyük bir kullanım alanına yayıldı. 1900 yılları başında, ancak 40 bar basınçlara kadar kullanılabilirken, günümüzde 400 bar basınç sağlayan santrifüj pompalar yapılabilmektedir.

1.8.1. Santrifüj pompanın ana elemanları

Dönen bir çarkın kanatları arasına alınan sıvı taneciklerinin ivmelendirilerek çevreye savrulması prensibine göre çalışan pompalara "rotadinamik" veya "santrifüj pompa" denilir. Alet en basit haliyle şekilde görülen elemanlardan meydana gelmiştir.



Şekil 1.9 Santrifüj pompa elemanları

1-) Pompa mili: Çarka doğrudan kamalı olup, mil dönünce çarkta döner.

2-) Çark: Üzerinde kanatlar bulunan elemandır. Çark dönerken üzerinde bulunan sıvı tanecikleri ivmelenir ve çevreye fırlatılır. Fırlamayı sağlayan kuvvete santrifüj kuvvet denilir.

3-) Dağıtıcı: Çarktan gelen sıvıyı çevreye doğru yönlendirir bu sırada sıvının kinetik enerjisi büyük ölçüde, basınç enerjisine dönüştürülmüş olur.

4-) Salyangoz: Pompanın dış muhafazası olup, sıvı içerisinde toplanarak, çıkışa sevk olur. Şekilde görüldüğü gibi, dağıtıcı ve salyangozun merkezleri farklıdır.

5-) Mil yatağı: Mil bir yatak içerisinde döner. Genel olarak, bronz, teflon gibi özel malzemelerden yapılmış yataklar kullanıldığı gibi, rulmanlı yataklarda kullanılır.

6-) Salmastra kutusu: Bu bölgede çarkın içerisine hava sızmaması için çeşitli keçeler, yağlı keten ipler, benzeri sızdırmazlık elemanları kullanılır. Santrifüj pompanın ilk hareketi sırasında, çark içerisinde hava tanecikleri vardır. Çark sahip olduğu dönme hızında onları çark dışına atabilecek santrifüj kuvveti uygulayamaz. Sıvı emilemediği için basılamaz. O yüzden ilk hareket sırasında çark içerisine sıvı doldurulur; böylece pompa yola koyulmuş olur. Eğer pompa çalışırken, çark içerisine hava sızıntısı oluyorsa, sıvı yine emilip basılamaz. Pompa boş yere enerji tüketimi yapar. Santrifüj pompalarda bu yüzden salmastra kutusu çok önemlidir; sık sık arıza yapan bölgedir.

7-) Emme dirseği: Enerji kaybını azaltmak üzere, deveboynu dirsek kullanmak faydalı olur.

8-) Emme borusu: Akışkanın pompaya emildiği hattır.

9-) Dip klapesi: Pompa çalışırken klape yukarıdaki gibi yukarı kalkar suyun geçişine müsaade eder. Pompa durduğunda klape kendi ağırlığı ve suyun ağırlığı ile kapanır. Böylece pompa girişi ile klape arası su, korunmuş olur. Pompa ilk hareket sırasında doğrudan sıvıyı emer ve santrifüj pompanın ilk hareket zorluğu ortadan kalkmış bulunur.

10-) Süzgeç: Emme borusu üzerinden çarka irili ufaklı katı parçacıklarının gelmesini önlemek üzere kullanılan bir filtredir.

11-) Basma borusu: Akışkanın pompa tarafından basınçlandırılıp basıldığı hattır.

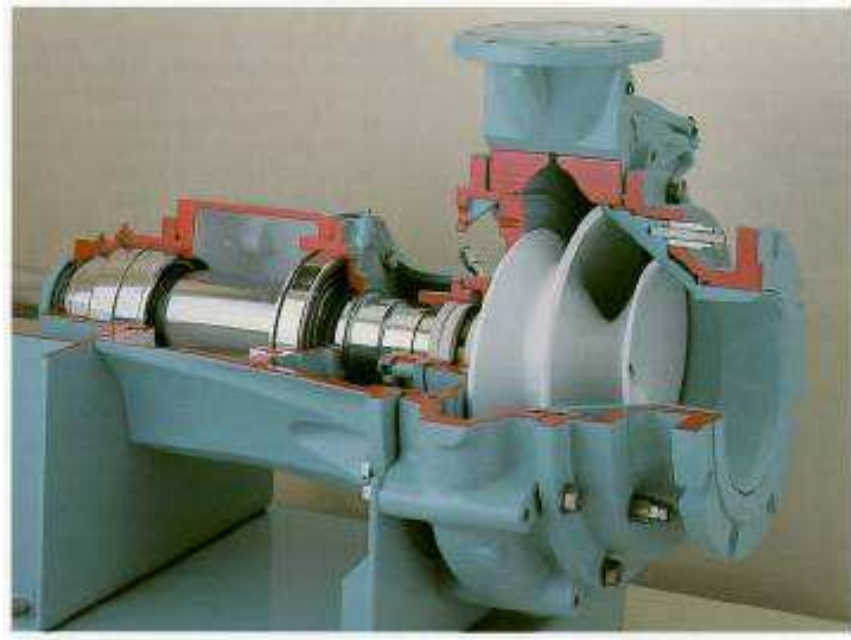
12-) Çıkış vanası: Bu vana kapalı tutulduğunda sıvı çark içerisinde kalır ve pompa çalışmaya devam eder; sadece sıvı emip basamamış olur. Vana açılarak sıvı akışına müsaade edilir. Vana açıklığı ayar edilerek basılan sıvı debisi de ayar edilmiş olunur.

2. HELİSEL ÇARKLI POMPALAR

Tez, helisel çarklı pompalar üzerine olduğu için, bu bölümde, helisel çarklı pompalar ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.1. Helisel Çarklı Pompalar Nedir?

Helisel çarklı pompalar, normal santrifüj pompalardan farklı olarak santrifüj çark yerine helis benzeri çarka sahip olan pompalardır. Vida tipi çark yapısı, pompa içinde tıkanma yapmamasını sağlar. Akış çizgisinde kopukluk olmaması sonucu, nazik transfere izin verir. Helis yapısı abrasif dostudur. Akış çizgisinin keskin bir şekilde yön değiştirmemesi, katı parçacıklı transfere izin verir. Paçavra ve lifli malzemeler klasik santrifüj pompada transferi mümkün değildir. Burgu şeklinde transfer paçavra ve lifli malzemelerin, helis çarka dolanmadan transferini sağlar. Diğer bir şekilde de, yüksek viskoziteli malzemelerin transferine izin verir. Santrifüj çarklı pompalarda, yüksek viskoziteli akışkanların transferi mümkün değildir. Akış çizgisinin keskin bir şekilde değişimi sonucunda, akışkanda kesiklikler meydana gelmektedir. Bunun sonucunda emme basma kuvvetleri kaybolmakta ve pompa boşa çalışmaktadır. Helisel çarklı pompada ise yüksek viskoziteli akışkanların transferi, akış çizgisinin keskin değişmemesinden dolayı mümkün olmaktadır. Çamur, kireç, prina gibi transferi oldukça zor akışkanların transferi kolaylaşmaktadır.

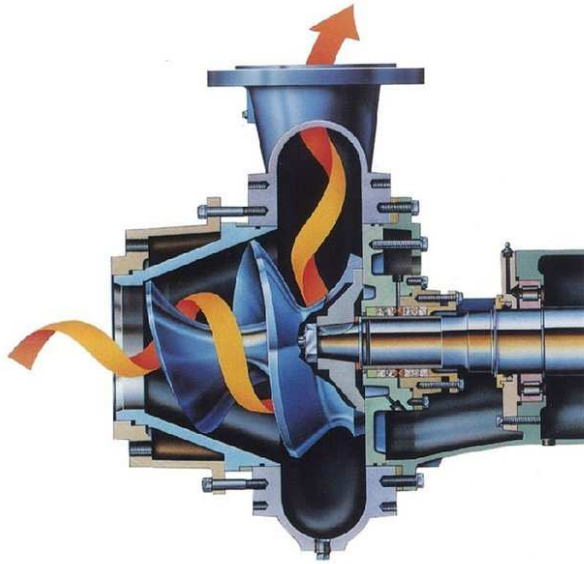


Şekil 2.1 Helisel çarklı pompa

Helisel çarklı pompalar günümüzde tıkanma yapmadığı için arıtma tesislerinde oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Büyük arıtma tesislerinin en maliyetli arızaları, pompaların tıkanması ve sistemin gereğinden fazla çevrimdışı kalmasıdır. Bazı uygulamalarda, ürün, sıvı ile katı parçacık transferine uygun olduğu için zeytin, turşu, biber, balık, bezelye ve reçel gibi ürünlerin transferinde kullanılmaktadır. Tezimde incelemiş olduğum helis çark verim değişkenleri zeytin transferine yöneliktir. Bitmiş ürün, zeytini ticari değeri kaybolmadan istenilen yerden istenilen noktaya rahatlıkla göndermektedir.

Avrupa gıda standartları doğrultusunda gıda transferine herhangi bir şekilde insan eli değmemesi gerekmektedir. Bu kriterler sonucu uygulamada transferde çözüm için helisel çarklı pompa kullanılması maliyet açısından ve uygulanması gereken gıda standartları açısından en uygun çözümdür. Normal bir zeytin işletmesi için inceleme yapmamız durumunda, kullanılan sistem kendini bir senden az bir zamanda amorti etmektedir.

Helisel çarklı pompaların dezavantajlarından bir tanesi, pozitif emme yüksekliği çok kısıtlı olup, akışkan içerisinde bir kesiklik oluşması sonucu pompa basmasını kaybetmektedir. Görülen problem sonucu dik mili veya derin kuyu şeklinde uygulamaya gidilmiştir.



Şekil 2.2 Helisel çarklı pompa kesit görünüşü

2.2. Yurt Dışı Alanlar

Helisel çarklı pompalar, yurtdışında kullanım alanlarında farklılıkları göstermektedir. Genellikle evsel atıkların bir yerden bir yere transferinde kullanılmaktadır. İspanyol menşeli firmaların öncülüğünde, helisel çarklı pompalar taneli gıdaların transferinde kullanılmaya başlanmıştır. Yurtiçinde ise evsel atıkların transferinde kullanılan yabancı menşeli pompalar satılmaktadır. Yurtdışından ortalama bir pompa 120.000TL'ye ithal edilmektedir. Dünya'da Amerika kıtasında Vaughan Chopper Pumps, Avrupa kıtasında ise Hidrostal LTD ve HUS olmak üzere üç imalatçı firma bulunmaktadır. İmalatı ileri teknoloji gerektirdiğinden dolayı henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Pompa çarkı, hassas döküm tekniği ile dökülmektedir.

2.3. Üretimler ve Genel Bilgiler

Yerli üretimde helisel çarklı pompalar, 2008 yılından itibaren iki firmanın girişimleriyle üretilmeye çalışılmıştır. İlk üretimler yurtdışından birer örnek getirilmiş ve kopyalama yöntemiyle üretilmiştir. Yürütülen çalışmalar sonucu pompa genel verimleri yaklaşık %34 civarında gezmektedir. %34 verim kullanım açısından oldukça verimsiz bir değerdir. Verim düşüklüğü konstrüksiyonda kullanılan elektrik motorunun büyümesine yol açmaktadır. Elektrik motorunun gereğinden fazla büyük, maliyetlerin büyük olmasına ve enerji sarfiyatının büyümesine yol açmaktadır. Yerli üretim satış fiyatı değişkenlik göstermekle birlikte, vakum pompası ile birlikte tüm sistem yaklaşık 30.000TL'ye satılmaktadır.

Tarım ve hayvancılık endüstrisinde, taneli gıdaların veya taneli ara ürünlerin en kısa sürede, en verimli bir şekilde elde edilmesi, işlenmesi ve taşınması gibi iş kolları, kalifiye elemanlar ile yapılması gereken, işçilik maliyetleri oldukça yüksek olan işlemlerdir. Taneli ve posalı akışkanların sevkinde, vişne, zeytin, turşu, bezelye gibi mahsullerin, transfer aşamasında zarar görmemesi aranılan en önemli özelliktir. Çeşitli proses işlem aşamalarına bu malzemeleri güvenle ulaştırmak, piyasa arz şartlarına kaliteli ürün verebilmek için gereklidir.

Bu konuda, işlemlerin insan gücüyle gerçekleştirmesini sağlamak, hem işçilik maliyetinin yükselmesine, hem de piyasaya cevap verebilme hızının düşmesine neden olur. Söz konusu gıda ürünlerinde, insan gücü ile transfer

durumunda ürünün hava ile teması, ortam koşullarından etkilenmesi diğer bir olumsuz durumdur.

Tüm bu nedenlerle bu sahada pompa kullanılması; hem tarım ve hayvancılık sektörünün verimliliğinin sağlanmasına, hem de toplumun geniş kesimini oluşturan bir meslek grubunun ayakta kalması ve ülkenin gıda konusunda kendi kendine yeterli olabilmesine yol açacaktır.

İyi bir pompa üretimi, helisel çarklı pompaların tasarımı, nümerik analizi ve üretimi ileri teknoloji ile mümkün olabilmektedir. Ülkemizde bu hesaplamalara dayalı üretimler henüz yapılmamaktadır. Nümerik analizin karmaşıklığı ve istenilen verim, debi, basınç gibi şartların yerine getirilememesi nedeniyle bu özellikteki pompalar ithal etme yoluna başvurulmaktadır. Sipariş verilen firmaların sınırlı olması, ürünün Türkiye şartları için çok pahalı olması (yaklaşık 50 bin Avro), gümrük işlemlerinde yaşanan sıkıntılar gibi nedenler ürünün kullanımını cazip olmaktan uzaklaştırmaktadır. Herhangi bir arıza durumunda veya parçaların rutin olarak değişmesi söz konusu olduğunda, istenilen yedek parçalar da bulunamamaktadır. Parçanın ithalatının zaman ve üretim kaybına yol açması, kısacası piyasadaki arz boşluğu sonucu, bu pompalar konusunda çalışma yapılmıştır.

Değişik basınç, debi ve devir sayılarında ihtiyaçlara, süratli ve yüksek doğrulukta cevap verilebilmesi için helisel çark yapısında çeşitli parametreler değiştirilerek istenilen sonuca göre imalata geçilmektedir. Piyasanın ihtiyacı olan çeşitli basınç ve debilerde helis çarklı pompa ihtiyacına cevap verebilmek için süratli bir şekilde tasarım yapmamız ve yüksek doğrulukta çözüm üretmemiz gerekmektedir. Piyasadan gelen taleplere cevap verme konusunda, helisel çark yapısının çeşitli parametreler sonucunda ne gibi bir durum sergilediğini bu proje sayesinde öğrenmek, bu bilgiyi bir sistematik bir yapıya dönüştürmek ve bir denklem sistemine oturtmak öncelikle hedeflenmiştir. Tüm bu know – how sonucunda da en yüksek pompa verimini sağlayacak bir tasarım gerçekleştirilecektir.

Üründe ulaşılması planlanan sonuçlar, öncelikle en verimli noktayı bulmak olarak özetlenebilir. Günümüz koşullarında, enerji verimliliği çok önem kazanmıştır. Dünya piyasası, gelişen teknoloji ve hesap yeteneği sayesinde, çevreyi daha az kirleten ve daha kaliteli ürünler istemektedir. Ülkemizde de, Avrupa Birliği Çerçeve Programları içerisinde, enerji verimliliği en ön sıralarda

gelmektedir. İstenilen ürünün, ülkemizde henüz geliştirilip üretilmemesi, piyasadaki talebin karşılanamamasına yol açmaktadır. Helisel çarklı pompalar gibi bir yüksek teknoloji ürününü, en verimli şekilde üretmek, başlıca üretim hedeflerimiz arasındadır.

Helisel çarklı pompalar, su içerisinde bulunan taneli gıdaların zarar görmeden pompalar vasıtasıyla bir yerden başka bir yere aktarılmasına olanak sağlayan pompalardır. Meyvelere zarar vermemek için ve gıda tüzüklerine uygun olması açısından paslanmaz çelikten dökülecek olan pompa çarkı ve gövdesi tasarımı, test ve deneme üretimi önemli bir husustur.

Bu pompa sistemi ile gıda, tarım ve hayvancılık sektörlerinde kütle transfer kullanımına yönelik pompa ürün gamımız tamamlanmış olacaktır. Müşterinin isteği doğrultusundaki debi-basınç – devir sayısına sahip yeni pompalar üretimi ile geniş bir ürün yelpazesine sahip olacak ve gıda, tarım, bahçecilik ve hayvancılık sektörlerine yönelik kütle transferi hususunda ortaya çıkan problemlere mekanize, otomatik, sağlıklı ve ekonomik bir çözüm getirilmiş olacaktır.

Proje Ar-Ge faaliyetlerinde, dünyada kullanılan son teknoloji tasarım ve hesaplama programları (Solidworks Flow Simulation) kullanılacaktır. Bu programlar sayesinde, küçük değişkenler de dâhil edilerek hesaplama katılacaktır. Hesaplama yeteneği ve hızı sayesinde geri besleme arttırılacaktır. Geri besleme sonucunda, en verimli ve uygun koşullarda ürün ortaya çıkacaktır.

Gerekli performans standartları ve ürünün kalitesini belirleyecek standartlar oluşturulacaktır. Ön çalışmaları takip eden tasarım çalışmalarında önceki safhadaki çıktılar girdi olarak kullanılacaktır. Piyasada kullanımda olan mevcut olan ithal taneli gıdaların ve posalı akışkanların transferine yönelik pompaların yapıları ve bunların yurtdışındaki emsalleri incelenip üstün ve eksik yönleri belirlenecektir. Mevcut ürünlerin teknik özelliklerin ve maliyetlerin karşılaştırması yapılacak ve yurtiçi piyasasındaki taneli gıda üreticilerinin ve posalı akışkanların sevkini konusunda müşteri ihtiyacına göre teknik özellikler belirlenecektir. Bilgisayar destekli tasarım programları kullanılarak, pompa ve bileşenlerine ait 3 boyutlu katı modellemeler ve 2 boyutlu teknik resimler oluşturulmaya başlanacaktır. Tasarım aşamasında ihtiyaç duyulan teknik hesaplamalar ilgili yazılı yayın (kitap, dergi, katalog ve tablolar) kullanılarak ve internet üzerinden literatür araştırması yapılarak gerçekleştirilmektedir.

Tasarım aşamasında ortaya konan modeller prototipleme safhasının temelini oluşturacaktır. Bu safhada izlenecek yol şu şekildedir:

- Bilgisayar ortamında katı modelleme ve CFD programları ile tasarım ve iç akış analizlerinin yapılarak, en uygun çark-gövde tasarımının elde edilmesi,
- Çark modellemesi devam ederken her iki pompa için de pompa gövdesi ve köprü gövdesi gibi temel bileşenler tasarımdaki ölçülere uygun olarak 5 eksenli freze ve çeşitli talaşlı imalat yöntemleriyle model imal edilmesi,
- Mevcut geometrideki çark modeliyle olumlu sonuç alınması ile pompa vida (çark) çark yapısının 5 eksenli freze, talaşlı imalat ve kaynak yöntemleriyle model vasfıyla imal edilmesi,
- Kalıp imalatlarının iç ve dış atölyelerde gerçekleştirilmesi ve firma içi atölye koşullarında montajı,
- Pompanın model (çark, pompa gövdesi ve çark gövdesi) kullanılarak oluşturulması ve denemeye tabi tutulması,
- Modeller ile gerçekleştirilen deneme sonuçlarına göre gerekli düzeltme ve geliştirmelerin yapılarak nihai geometrilerin elde edilmesi,
- Deneyler sonucunda ortaya çıkacak nihai geometrilerin bilgisayar ortamında parça ve kalıp tasarımlarına aktarılması,
- Firma dışı diğer imalat faaliyetlerinin takip edilmesi,
- Hazır bileşenlerin ve hammaddenin alımı,
- Firma dışı atölyelerde döküm işlemi,
- Alınan hammadde ve ara bileşenler kullanılarak firma içi atölyede pompa bileşenlerinin (pompa şasesi, pompa mili vb.) hazırlanması,
- Firma dışı atölyelerde dökülen bileşenlerin (çark, pompa gövdesi, köprü gövdesi) talaşlı işlemlerinin yapılması,

- Dış atölyelerde imal edilen veya işlenen, satın alınan ve firma içinde üretilen ve tesviye edilen bileşenlerin montajı,
- Elektrik ve elektronik pano yapılarının pompalama sistemine yerleştirilmesi,

Tasarımda izlenecek yol aşağıda belirtilmiştir:

- o Vida çark tasarımı
- o Pompa gövdesi tasarımı
- o Köprü gövdesi tasarımı
- o Pompa mili tasarımı
- o Pompa şasesi tasarımı
- o Mekanik salmastra seçimi
- o Rulman seçimi

Test faaliyetleri:

- Pompa debi ölçümü
- Pompa basınç ölçümü
- Pompa mili tork ölçümü
- Debi – basınç grafiğinin oluşturulması
- Manometrik basma yüksekliği – debi grafiğinin oluşturulması
- Devir sayısı grafiği oluşturulması
- Pompa mili moment eğrisinin oluşturulması

3. NÜMERİK YÖNTEMLER ile İLGİLİ TEMEL YAKLAŞIMLAR

Tasarımı yapılan ve bölüm 2’de anlatılan helisel çarklı pompanın verim eğrisi için CFD (Computational Fluid Dynamics – Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) ile çözüme başvurulmuştur. Bu amaç doğrultusunda “Sonlu Hacimler Yöntemi” çözümlenmesi için SolidWorks Flow Simulation paket programı kullanılmıştır. Program kullanılarak, pompa modellerinin manometrik basma yükseklikleri, çarkın dönebilmesi için gereken moment ve debi grafikleri çıkarılmıştır. Sonlu hacimler yöntemi, akışkan hareketi denklemlerinin ayrıklaştırılması ve çözümlenmesinde kullanılır. Analize geçilmeden önce, akışkan hareketinin korunumu yasalarından, “Navier – Stokes Denklemleri”nden ve türbülans kavramından bahsedilecektir.

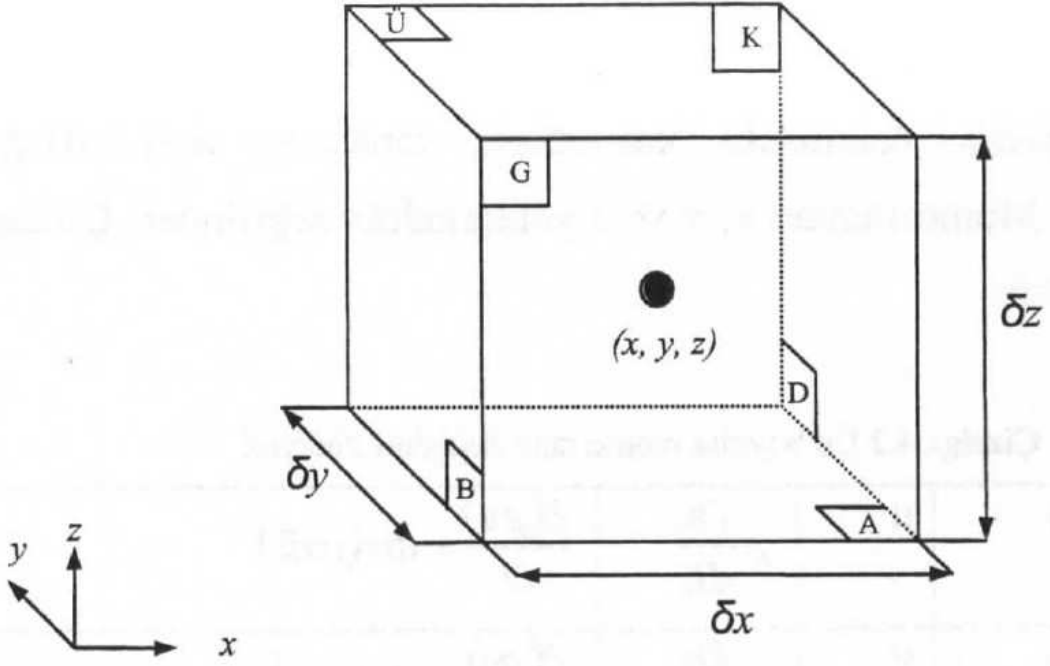
3.1. Akışkan Hareketinin Korunum Yasaları (Versteeg ve Malalaskera, 1995)

Akışkan hareketinin denklemleri, fiziğin korunum yasalarının matematiksel olarak ifade edilmesinden başka bir şey değildir. Buna göre,

- Akışkanın kütlesi korunur.
- Momentumun zamana bağlı değişimi, akışkan parçacığı üzerindeki kuvvetlerin toplamına eşittir (Newton’un 2. Yasası).
- Enerjinin zamana bağlı değişimi, ısı girdisi ve akışkan parçacığı üzerinde yapılan net işin toplamına eşittir (Termodinamiğin 1. Yasası).

Akışkan Hareketinin analizi için makroskopik boyutta ($1 \mu\text{m}$ ve üzeri) inceleme yapılır ve moleküler yapı ile moleküler hareketler ihmal edilir. Akışkan davranışı; hız, basınç, yoğunluk ve sıcaklık gibi makroskopik özellikler ve bunların zamana ve konuma bağlı türevlerinden oluşan terimlerle ifade edilir.

Kenar uzunlukları δx , δy ve δz ve merkezi (x, y, z) olan çok küçük bir akışkan elemanı ele alınsın,



Şekil 3.1 Akışkan elemanında yer alan viskoz gerilmeler ve bileşenleri

Burada 6 adet yüzey için K, G, D, B, Ü ve A kısaltmaları sırasıyla; Kuzey, Güney, Doğu, Batı, Üst ve Alt anlamına gelmektedir. Tüm akışkan özellikleri zamana ve konuma bağlı olarak değişmektedir. Yoğunluk, basınç ve hız vektörü gibi büyükler, denklemlerde karmaşa yaratması amacıyla Çizelge 3.1’de verildiği gibi yazılacaktır.

Çizelge 3.1 Gösterimde kullanılacak kısaltmalar

	Normal Gösterim	Kısaltılmış Gösterim
Yoğunluk	$\rho (x, y, z)$	ρ
Basınç	$p (x, y, z)$	P
Sıcaklık	$T (x, y, z)$	T
Hız Vektörü	$u (x, y, z)$	u

Şekil 3.1.’de verilen elemanın çok küçük seçilmesinden dolayı yüzeylerdeki akışkan özellikleri, Taylor Serisi açılımının ilk 2 terimi ile yeterli ölçüde ifade edilebilir. Buna göre, merkezden $\frac{1}{2} \delta x$ kadar uzaktaki D ve B yüzeylerindeki basınç için,

$$p_D = p - \frac{\partial p}{\partial x} \frac{1}{2} \delta x$$

$$p_B = p + \frac{\partial p}{\partial x} \frac{1}{2} \partial x \quad (3.1)$$

yazılabilir.

3.1.1. Üç boyutta kütlenin korunumu

İlk olarak kütle dengesinin yazılmasını gerekir. Akışkan elemanındaki zamana göre kütle artışı,

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \partial x \partial y \partial z) = \frac{\partial}{\partial t} \partial x \partial y \partial z \quad (3.2)$$

İle ifade edilir. Akışkan elemanının herhangi bir yüzeyinden geçen kütle debisi; yüzey alanı, akışkan yoğunluğu ve hızının çarpımı olacağına göre, eğer tüm yüzeyler için kütle girişi yazılırsa,

$$\begin{aligned} & \left[\partial u - \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} \frac{1}{2} \partial x \right] \partial y \partial z - \left[\partial u + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} \frac{1}{2} \partial x \right] \partial y \partial z \\ & + \left[\rho v - \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} \frac{1}{2} \partial y \right] \partial x \partial z - \left[\rho v + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} \frac{1}{2} \partial y \right] \partial x \partial z \\ & + \left[\rho w - \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} \frac{1}{2} \partial z \right] \partial x \partial y - \left[\rho w + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} \frac{1}{2} \partial z \right] \partial x \partial y \end{aligned} \quad (3.3)$$

elde edilir. Denklem 4.2 ve Denklem 4.3 birbirine eşitlenir ve eleman hacmi olan $\rho x \rho y \rho z$ ile bölünürse,

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (3.4)$$

veya

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{u}) = 0 \quad (3.5)$$

bulunur. Bu ifade, sıkıştırılabilir akışkanlar için; zamana bağlı, 3 boyutta kütlenin korunumu veya süreklilik denklemi olarak adlandırılan denklemdir.

Sıkıştırılmaz akışkanlar için yoğunluk değişimi olmadığından birinci terim kaybolur ve

$$\text{div}(\rho \bar{u}) = 0 \quad (3.6)$$

olur.

3.1.2. Üç boyutta momentum denklemi

Newton'un 2. Yasası'na göre, momentumun zamana bağlı değişiminin, akışkan parçacığı üzerindeki kuvvetlerin toplamına eşit olduğu vurgulanmıştır. Momentumun; x, y ve z yönlerindeki değişimleri Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Üç boyutta momentum değişimi ifadeleri

X momentumu	u	$\rho \frac{Du}{Dt}$	$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \text{div}(\rho u \bar{u})$
Y momentumu	v	$\rho \frac{Dv}{Dt}$	$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \text{div}(\rho v \bar{u})$
Z momentumu	w	$\rho \frac{Dw}{Dt}$	$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \text{div}(\rho w \bar{u})$

Burada,

$$\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial x}{\partial t} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial z}{\partial t} \frac{\partial}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial t} + \text{div}(\bar{u}) \quad (3.7)$$

olarak tanımlıdır.

Akışkan parçacığı üzerine etkiyen kuvvetler iki guruba ayrılır. Bunlar:

1. Dış Kuvvetler:
 - a. Basınç kuvvetleri,
 - b. Viskoz kuvvetler,
2. İç kuvvetler:
 - a. Yerçekimi kuvveti,
 - b. Merkezkaç kuvveti,
 - c. Coriolis kuvveti,
 - d. Elektromanyetik kuvvet.

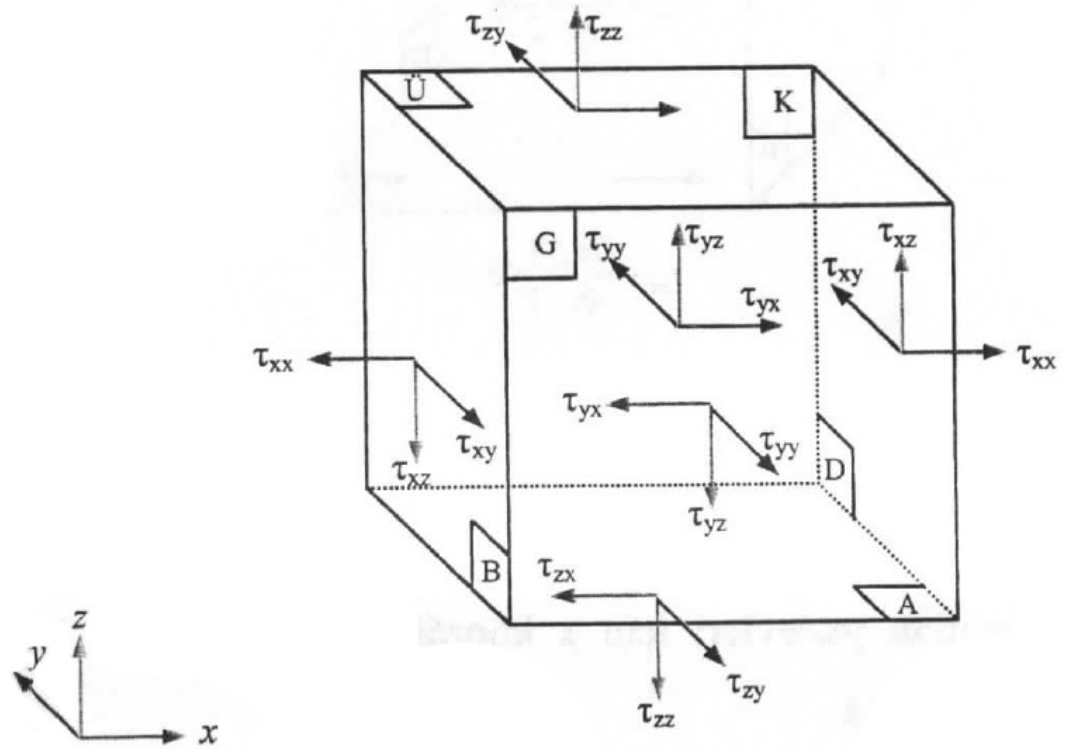
olarak sınıflandırılır. Elde edilecek momentum denklemlerinde, dış ve iç kuvvetlerin ayrı terimler halinde gösterilmesine dikkat edilecektir.

Akışkan elemanına etkiyen viskoz kuvvetler Şekil 3.2. ile verilmiştir. Normal gerilme olan basınç p ile viskoz gerilmeler τ_{ij} ile gösterilmiştir. Gösterimde yer alan ait indislerle ilgili olarak,

İ: Gerilme yönünü,

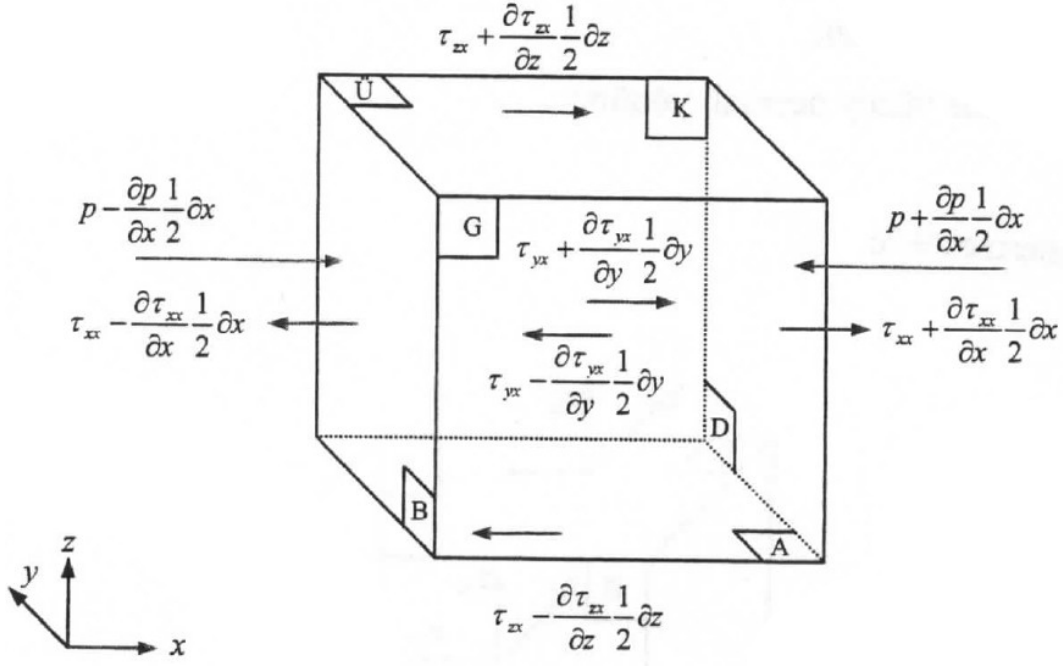
J: gerilme yüzey normali yönünü

göstermektedir.



Şekil 3.2 Akışkan elemanında yer alan viskoz gerilmeler ve bileşenleri

Öncelikle τ_{xx} , τ_{yx} , τ_{zx} gerilmelerinden ve p basıncından doğan kuvvetlerin x bileşenleri incelenir. Bu durumda akışkan elemanına etkiyen kuvvetler Şekil 3.3.'te verilmiştir.



Şekil 3.3 x ekseninde yer alan basınç ve viskoz gerilme bileşenleri

Kuvvet, basınç ve basıncın uyguladığı yüzeyin alanı çarpımı olduğuna göre; Doğu ve Batı yüzeyleri için x koordinat yönü dikkate alınarak toplam kuvvet yazılırsa,

$$\begin{aligned}
 & \left[\left(p - \frac{\partial p}{\partial x} \frac{1}{2} \partial x \right) - \left(\tau_{xx} - \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} \frac{1}{2} \partial x \right) \right] dy dz + \\
 & \left[- \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} \frac{1}{2} \partial x \right) + \left(\tau_{xx} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} \frac{1}{2} \partial x \right) \right] dy dz \\
 & = \left(- \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} \right) \partial x \partial y \partial z
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

olur. Aynı şekilde, kuzey ve güney yüzeyleri için,

$$- \left(\tau_{yx} - \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} \frac{1}{2} \partial y \right) \partial x \partial z + \left(\tau_{yx} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} \frac{1}{2} \partial y \right) \partial x \partial z = \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} \partial x \partial y \partial z \tag{3.9}$$

bulunur. Son olarak üst ve alt yüzeyler için yazılırsa,

$$- \left(\tau_{zx} - \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \frac{1}{2} \partial z \right) \partial x \partial y + \left(\tau_{zx} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \frac{1}{2} \partial z \right) \partial x \partial y = \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \partial x \partial y \partial z \tag{3.10}$$

elde edilir. Birim akışkan hacmi için toplam kuvvet, Denklem 3.8, Denklem 3.9 ve Denklem 3.10'un toplamına eşittir. O halde denklemler toplanır, $\delta x \delta y \delta z$ ile bölünürse dış kuvvetlerden doğan momentum değişimi denklemi elde edilir. İç kuvvetler de S_{MX} ile gösterilir ve denkleme eklenirse, momentum denkleminin x bileşeni bulunmuş olur.

$$\rho \frac{Du}{Dt} = \frac{\partial(-p + \tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\tau_{zx}}{\partial z} + S_{Mx} \quad (3.11)$$

Aynı yöntemle bulunan y ve z momentum denklemleri de sırasıyla Denklem 3.12 ve Denklem 3.13 ile verilmiştir.

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = \frac{\tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial(-p + \tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\tau_{zy}}{\partial z} + S_{My} \quad (3.12)$$

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = \frac{\tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial(-p + \tau_{zz})}{\partial z} + S_{Mz} \quad (3.13)$$

S_{Mx} , S_{My} ve S_{Mz} iç kuvvetler olup dış kuvvetlerden ayrıca incelenirler. Örneğin, yer çekiminden doğan iç kuvvet hesaba katılacaksa, $S_{Mx}=0$, $S_{My}=0$ ve $S_{Mz}=-\rho g$ olur.

3.1.3. Üç boyutta enerji denklemi

Enerji denklemi, Termodinamiğin 1. Yasası'ndan türetilir. Buna göre, akışkan parçacığına olan ısı girdisi ve yapılan işin toplamı, parçacığın zamana bağlı enerji değişimini verir.

3.1.3.1. Yüzey kuvvetleri tarafından yapılan iş

Akışkan parçacığı yüzey kuvveti ile aynı yüzeydeki hız bileşenlerinin çarpımı, zamana bağlı olarak yapılan işe eşit olacaktır. Eğer x yönündeki kuvvet ve hız bileşenleri için eşitlik yazılırsa,

$$\begin{aligned}
& \left[\left(\rho u - \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} \frac{1}{2} \partial x \right) - \left(\tau_{xx} u - \frac{\partial(\tau_{xx} u)}{\partial x} \frac{1}{2} \partial x \right) - \left(\rho u + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} \frac{1}{2} \partial x \right) \right] \partial y \partial z \\
& + \left(\tau_{xx} u - \frac{\partial(\tau_{xx} u)}{\partial x} \frac{1}{2} \partial x \right) \\
& + \left[- \left(\tau_{yx} u - \frac{\partial(\tau_{yx} u)}{\partial y} \frac{1}{2} \partial y \right) + \left(\tau_{yx} u + \frac{\partial(\tau_{yx} u)}{\partial y} \frac{1}{2} \partial y \right) \right] \partial x \partial z \\
& + \left[- \left(\tau_{zx} u - \frac{\partial(\tau_{zx} u)}{\partial z} \frac{1}{2} \partial z \right) + \left(\tau_{zx} u + \frac{\partial(\tau_{zx} u)}{\partial z} \frac{1}{2} \partial z \right) \right] \partial x \partial y
\end{aligned} \tag{3.14}$$

Sadeleştirme yapılırsa, dış kuvvetlerin x yönünde yaptığı net iş

$$\left[\frac{\partial[u(-p + \tau_{xx})]}{\partial x} + \frac{\partial(u\tau_{yx})}{\partial y} + \frac{\partial(u\tau_{zx})}{\partial z} \right] \partial x \partial y \partial z \tag{3.15}$$

olarak bulunur. Aynı yöntemle y ve z yönleri için bulunan, akışkan parçacığı üzerinde yapılan zamana bağlı net iş denklemleri, Denklem 3.16 ve Denklem 3.17 ile verilmiştir.

$$\left[\frac{\partial(v\tau_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial[v(-p + \tau_{yy})]}{\partial y} + \frac{\partial(v\tau_{zy})}{\partial z} \right] \partial x \partial y \partial z \tag{3.16}$$

$$\left[\frac{\partial(w\tau_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial(w\tau_{zz})}{\partial y} + \frac{\partial[w(-p + \tau_{yz})]}{\partial z} \right] \partial x \partial y \partial z \tag{3.17}$$

Denklem 3.15, Denklem 3.16 ve Denklem 3.17 toplanır ve $\delta x \delta y \delta z$ ile bölünürse yapılan işin zamana bağlı denklemi elde edilir (Denklem 3.18).

$$\left[-\text{div}(p\bar{u}) \right] + \left[\begin{aligned} & \frac{\partial(u\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(u\tau_{yx})}{\partial y} + \frac{\partial(u\tau_{zx})}{\partial z} + \frac{\partial(v\tau_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial(v\tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial(v\tau_{zy})}{\partial z} \\ & + \frac{\partial(v\tau_{zy})}{\partial z} + \frac{\partial(w\tau_{xz})}{\partial x} + \frac{\partial(w\tau_{yz})}{\partial y} + \frac{\partial(w\tau_{zz})}{\partial z} \end{aligned} \right] \tag{3.18}$$

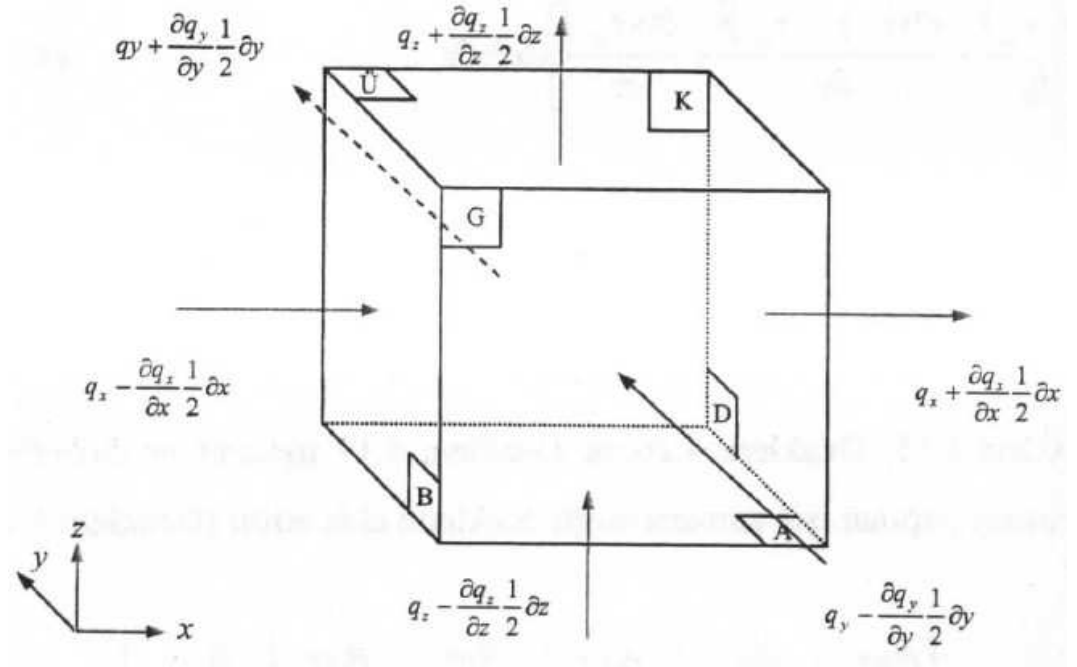
Burada,

$$\text{div}(p\bar{u}) = \frac{\partial(up)}{\partial x} + \frac{\partial(vp)}{\partial y} + \frac{\partial(wp)}{\partial z} \tag{3.19}$$

olarak tanımlıdır.

3.1.3.2. Isı iletimine bağlı enerji akısı

Isı akısı q ve bileşenleri q_x , q_y ve q_z olmak üzere akışkan elemanın yüzeylerinden olan ısı geçişleri Şekil 3.4 ile verilmiştir.



Şekil 3.4 Akışkan elemanında yer alan ısı geçişleri

Bu durumda, x eksen yönünde akışkan parçacığına olan net ısı transferi,

$$\left[\left(q_x - \frac{\partial q_x}{\partial x} \frac{1}{2} \Delta x \right) - \left(q_x + \frac{\partial q_x}{\partial x} \frac{1}{2} \Delta x \right) \right] \Delta y \Delta z = - \frac{\partial q_x}{\partial x} \Delta x \Delta y \Delta z \quad (3.20)$$

olur. Benzer şekilde y ve z yönleri için yazılırsa,

$$- \frac{\partial q_y}{\partial y} \Delta x \Delta y \Delta z \text{ ve } - \frac{\partial q_z}{\partial z} \Delta x \Delta y \Delta z \quad (3.21)$$

elde edilir. Şimdi birim akışkan hacmi için ısı akışının bulunması için Denklem 3.20 ve Denklem 3.21 toplanır. $\Delta x \Delta y \Delta z$ ile bölünür.

(Denklem 3.22)

$$- \frac{\partial q_x}{\partial x} - \frac{\partial q_y}{\partial y} - \frac{\partial q_z}{\partial z} = - \text{div} \bar{q} \quad (3.22)$$

Fourier'in ısı iletim yasasına göre, ısı akısı, yerel sıcaklık gradyentine bağlıdır. O halde,

$$q_x = -k \frac{\partial T}{\partial x} \quad q_y = -k \frac{\partial T}{\partial y} \quad q_z = -k \frac{\partial T}{\partial z} \quad (3.23)$$

olur. Vektör formunda yazılır ve Denklem 3.23'te yerine konulursa; akışkan parçacığına olan, ısı iletimine bağlı ısı girdisi, bulunmuş olur.

$$\begin{aligned} \bar{q} &= -k \text{grad} T \\ -\text{div} \bar{q} &= \text{div}(k \text{grad} T) \end{aligned} \quad (3.24)$$

3.1.3.3. Enerji denklemlerinin oluşturulması

Bir akışkanın sahip olduğu özgül enerji; iç enerji, kinetik enerji ve potansiyel enerjinin toplamına eşittir. Denklem 3.18 ve Denklem 3.22 ile verilen iş ve ısı geçişi denklemleri taraf tarafa toplanır ve potansiyel enerji etiketlerini içeren δ_E terimi eklenirse denklemin son hali bulunmuş olur (Denklem 3.25).

$$\begin{aligned} \rho \frac{DE}{Dt} &= -\text{div}(p\bar{u}) + \left[\frac{\partial(u\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(u\tau_{yx})}{\partial y} + \frac{\partial(u\tau_{zx})}{\partial z} + \frac{\partial(v\tau_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial(v\tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial(v\tau_{zy})}{\partial z} \right. \\ &\quad \left. + \frac{\partial(w\tau_{xz})}{\partial x} + \frac{\partial(w\tau_{yz})}{\partial y} + \frac{\partial(w\tau_{zz})}{\partial z} \right] + \\ &\quad \text{div}(k \text{grad} T) + S_E \end{aligned} \quad (3.25)$$

3.1.3.4. Newton tipi akışkanlar için Navier – Stokes Denklemleri (Kırıkköprü ve Ayder, 2004)

Akışkan akışı için korunum denklemlerinin en kullanışlı formu, τ viskoz gerilmeleri için uygun bir model geliştirilmesiyle elde edilir. Newton tipi akışkan için viskoz gerilmeler, elemanın şekil değiştirme hızları ve viskozite katsayısı ile orantılıdır. Sıkıştırılamaz akış için gerilmeler,

$$\begin{aligned}
\tau_{xx} &= 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \\
\tau_{yy} &= 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \\
\tau_{zz} &= 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \\
\tau_{xy} &= \tau_{yx} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \\
\tau_{xz} &= \tau_{zx} = \mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \\
\tau_{yz} &= \tau_{zy} = \mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)
\end{aligned} \tag{3.26}$$

biçiminde olup, burada μ viskozite katsayısıdır. Bu ifadeler, Denklem 3.11, Denklem 3.12 ve Denklem 3.13 ile verilen momentum denklemlerinde yerine konulursa, Navier – Stokes Denklemleri elde edilir.

$$\begin{aligned}
\rho \frac{Du}{Dt} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \text{div}(\mu \text{grad} u) + S_{Mx} \\
\rho \frac{Dv}{Dt} &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \text{div}(\mu \text{grad} v) + S_{My} \\
\rho \frac{Dw}{Dt} &= -\frac{\partial p}{\partial z} + \text{div}(\mu \text{grad} w) + S_{Mz}
\end{aligned} \tag{3.27}$$

3.2. Türbülanslı Akış

Atalet ve viskoz kuvvetlerinin bir ölçüsü olan Reynolds Sayısı (Re) Denklem 3.28 ile verilmiştir.

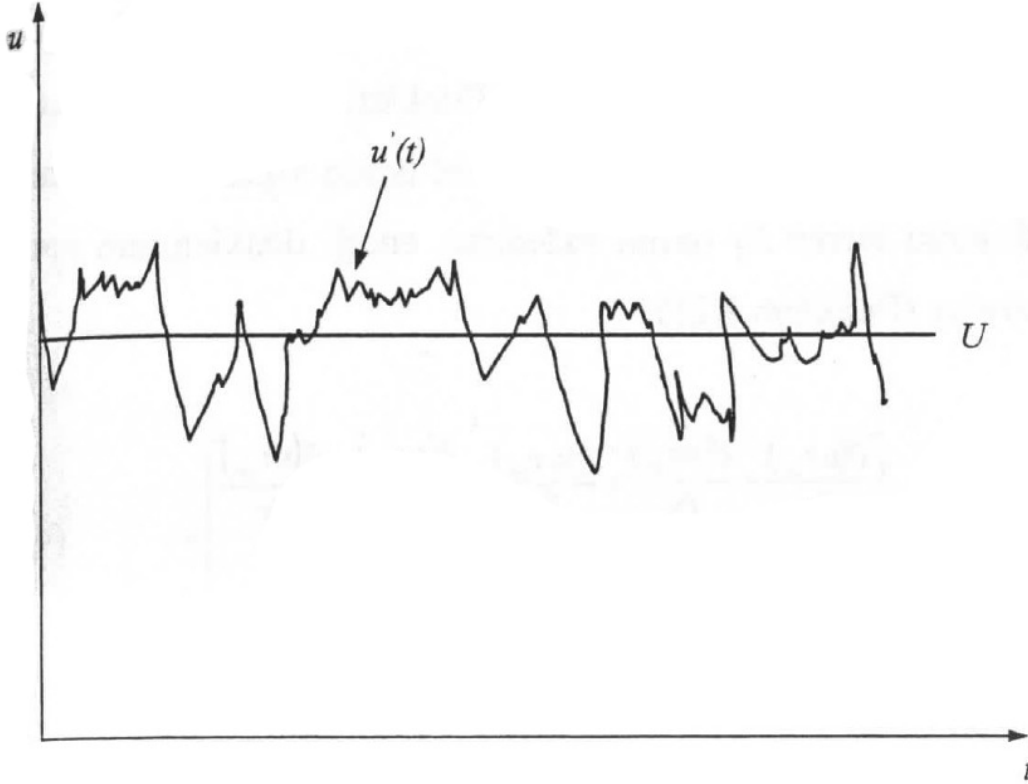
$$Re = \frac{UL}{\nu} \tag{3.28}$$

Tüm akışlar, “Kritik Reynolds Sayısı (Re_{kritik})” adı verilen belirli bir değerden sonra kararsız hale gelir. Kritik değer altında Re sayısına sahip akışlarda, düzgün ve ardışık akışkan katmanları birbiri üzerinde kayar. Bu akış rejimine “Laminer Akış” adı verilir.

Yüksek Re değerinde ise, akış karakterinde radikal değişimlere yol açan karmaşık bir durum söz konusudur. Akışkan hızı ve değerler tüm özelliklerle;

rastgele ve kaotik bir şekilde değişim gösterirler. Bu akış rejimine “Türbülanslı Akış” adı verilir.

Türbülanslı akışın bahsi geçen rastgele hali, her akışkan parçacığının hareketinin tam anlamıyla tanımlanmasını ve buna bağlı yapılacak hesapları da engellemektedir. Bunun yerine, örneğin hız için, Şekil 3.5 ile verilen kararlı hal ortalama hız değeri U 'ya, çalkantı bileşeni $u'(t)$ değeri eklenir.



Şekil 3.5 Ortalama hız ve çalkantı bileşenin zamana bağlı değişimi

$$u(t) = U + u'(t) \quad (3.29)$$

Türbülanslı akışta genel olarak tüm akışkan özellikleri; ortalama değerleri (U , V , W , P vs.) biçiminden ifade edilir.

3.2.1.Reynolds denklemleri

Öncelikle, herhangi bir akışkan özelliği olan ϕ için ortalama değer

$$\phi = \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} \phi(t) dt \quad (3.30)$$

olarak verilir. Tanım gereği, ϕ çalkantıların zaman ortalaması sıfırdır.

(Denklem 3.31)

$$\bar{\phi} = \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} \phi'(t) dt \equiv 0 \quad (3.31)$$

Türbülansın, birim kütle için sahip olduğu kinetik enerji,

$$k = \frac{1}{2} (\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2}) \quad (3.32)$$

ile verilir. Türbülans yoğunluğu (T_1), kinetik enerjiye ve referans ortalama hız değerine (U_{ref}) bağlıdır ve

$$T_1 = \frac{\left(\frac{2}{3}k\right)^{1/2}}{U_{ref}} \quad (3.33)$$

şeklinde tanımlıdır.

Türbülans çalkantılarının etkilerinin gözlemlenmesi amacıyla, sabit viskoziteye sahip sıkıştırılamaz akış için süreklilik ve Navier – Stokes Denklemleri ele alınsın. (denklem 3.34)

$$\begin{aligned} \text{div} \bar{u} &= 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + \text{div}(u\bar{u}) &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \text{divgrad} u \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \text{div}(v\bar{u}) &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \text{divgrad} v \\ \frac{\partial w}{\partial t} + \text{div}(w\bar{u}) &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \text{divgrad} w \end{aligned} \quad (3.34)$$

Hızlar ve basınç, çalkantı bileşenleri ile birlikte yazıldığında,

$$\begin{aligned}
\bar{u} &= \bar{U} + \bar{u}' \\
u &= U + u' \\
v &= V + v' \\
w &= W + w' \\
p &= P + p'
\end{aligned} \tag{3.35}$$

olur. Denklem 3.36'da verilen matematiksel eşitlikler de kullanılarak Denklem 3.34'te yerine konursa,

$$\begin{aligned}
\overline{\text{div} \bar{u}} &= \text{div} \bar{U} = 0 \\
\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} &= \frac{\partial U}{\partial t} \\
\overline{\text{div}(u\bar{u})} &= \text{div}(U\bar{U}) + \text{div}(u' \bar{u}') \\
-\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} \\
\overline{v \text{divgrad} u} &= v \text{divgrad} U
\end{aligned} \tag{3.36}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial U}{\partial t} + \text{div}(U\bar{U}) &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + v \text{divgrad} U + \left[-\frac{\partial \bar{u}'^2}{\partial x} - \frac{\partial \bar{u}' v'}{\partial y} - \frac{\partial \bar{u}' w'}{\partial z} \right] \\
\frac{\partial V}{\partial t} + \text{div}(V\bar{U}) &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + v \text{divgrad} V + \left[-\frac{\partial \bar{u}' v'}{\partial x} - \frac{\partial \bar{v}'^2}{\partial y} - \frac{\partial \bar{v}' w'}{\partial z} \right] \\
\frac{\partial W}{\partial t} + \text{div}(W\bar{U}) &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + v \text{divgrad} W + \left[-\frac{\partial \bar{u}' w'}{\partial x} - \frac{\partial \bar{v}' w'}{\partial y} - \frac{\partial \bar{w}'^2}{\partial z} \right]
\end{aligned} \tag{3.37}$$

elde edilir. Denklem 3.37 ile verilen bu denklemlere “Raynolds Denklemleri” adı verilir.

3.2.2. Türbülanslı akış denklemleri

Reynolds Denklemleri'nin eldesinde akışkan yoğunluğu sabit kabul edilmiştir. Ancak pratikte, ortalama yoğunluk değişken olabilir ve anlık yoğunluk, her zaman türbülans çalkantıları sergiler.

Sıkıştırılabilir türbülanslı akışlar için ortalama yoğunluk değişimleri göz önünde bulundurulurken, yoğunluk çalkantıları ihmal edilir. Bu durumda

süreklilik ve Reynolds Denklemleri; diğer bir deyişle, Türbülanslı Akış Denklemleri, Denklem 3.38 ile verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \bar{U}) &= 0 \\
 \frac{\partial(\rho U)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho U \bar{U}) &= -\frac{\partial P}{\partial x} + \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} U) + \left[-\frac{\partial \overline{u'^2}}{\partial x} - \frac{\partial \overline{u'v'}}{\partial y} - \frac{\partial \overline{u'w'}}{\partial z} \right] + S_{Mx} \\
 \frac{\partial(\rho V)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho V \bar{U}) &= -\frac{\partial P}{\partial y} + \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} V) + \left[-\frac{\partial \overline{u'v'}}{\partial x} - \frac{\partial \overline{v'^2}}{\partial y} - \frac{\partial \overline{v'w'}}{\partial z} \right] + S_{My} \\
 \frac{\partial(\rho W)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho W \bar{U}) &= -\frac{\partial P}{\partial z} + \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} W) + \left[-\frac{\partial \overline{u'w'}}{\partial x} - \frac{\partial \overline{v'w'}}{\partial y} - \frac{\partial \overline{w'^2}}{\partial z} \right] + S_{Mz}
 \end{aligned} \tag{3.38}$$

3.2.3. Türbülans modelleri

Türbülans modeli, geniş çapta akış problem türlerinin hesaplanabilmesi amacıyla, türbülanslı akış denklemlerine yaklaşık olarak geliştirilen bir prosedürdür.

Türbülans modelleri,

- Cebirsel (Sıfır Denklem) Modelleri,
- Bir Denklem Modelleri,
- İki Denklem Modelleri, (k-ε, k-ω)
- İkinci Dereceden Kapalılık Modelleri

olarak sınıflandırılırlar (Oertel Jr ve Böhle, 2002)

3.2.3.1 k-ω türbülans modeli (Wilcox, 1994)

İki denklemlili türbülans modellerinin ilk örneği Kolmogorov (1942) tarafından önerilmiştir. Bu modelde Kolmogorov, birinci parametre olarak türbülans kinetik enerjisini (k) olarak seçmiş ve diferansiyel hal denklemlerini oluşturmuştur. Daha sonra, ikinci parametreyi, birim türbülans kinetik enerjisi için yayılma (ω) olarak belirlemiştir.

Buna göre, girdap viskozitesi,

$$\mu_T = \frac{\rho k}{\omega} \quad (3.39)$$

türbülans kinetik enerjisi,

$$\rho \frac{\partial k}{\partial t} + \rho U_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \tau_{ij} \frac{U_i}{\partial x_j} - \beta^* \rho k \omega + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \sigma^* \mu_T) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \quad (3.40)$$

Özgül yayılma oranı,

$$\rho \frac{\partial \omega}{\partial t} + \rho U_j \frac{\partial \omega}{\partial x_j} = \alpha \frac{\omega}{k} \tau_{ij} \frac{U_i}{\partial x_j} - \beta \rho \omega^2 + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \sigma \mu_T) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right] \quad (3.41)$$

Bu ifadede yer alan kapalılık katsayıları

$$\alpha=5/9, \beta=3/40, \beta^*=9/100, \sigma=1/2, \sigma^*=1/2$$

olarak verilmiştir. Bunun yanında harici denklemler,

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \beta^* \omega k \\ l &= \frac{k^{1/2}}{\omega} \end{aligned} \quad (3.42)$$

olarak tanımlıdır.

3.2.3.2. k-ε türbülans modeli

Belki de bilinen en yaygın model standart k-ε modelidir. Bu modele göre kullanılacak türbülans viskozitesi denklem aşağıda verilmiştir. Bu modelde türbülans kinetik enerjisi ve viskoz kaybolma terimleri kullanılmaktadır. Daimi akış için türbülans kinetik enerjisi denklemi,

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho u k)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v k)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w k)}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) + \mu_t \phi - \rho \varepsilon \\ \mu_t &= C_\mu \cdot \rho \cdot \frac{k^2}{\varepsilon} \end{aligned} \quad (3.43)$$

Kinetik enerji (k), aşağıda denklem (3.44)'de ifade edilmiştir.

$$k = \frac{1}{2}(\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2}) \quad (3.44)$$

φ , viskoz kaybolma fonksiyonu olarak bilinir ve ifadesi aşağıdaki denklemde verilmiştir.

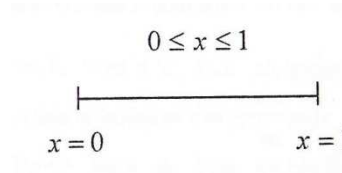
$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho u \varepsilon)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v \varepsilon)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w \varepsilon)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) \\ + C_{1\varepsilon} \mu_t \frac{\varepsilon}{k} \phi - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \end{aligned} \quad (3.45)$$

$C_\mu, C_{1\varepsilon}, C_{2\varepsilon}, \sigma_k$ ve σ_k katsayıları sabit olup,

$$C_\mu = 0.009, C_{1\varepsilon} = 1.44, C_{2\varepsilon} = 1.92, \sigma_k = 1, \sigma_\varepsilon = 1.3 \text{ dür.}$$

3.3. Sonlu Farklar Yöntemi

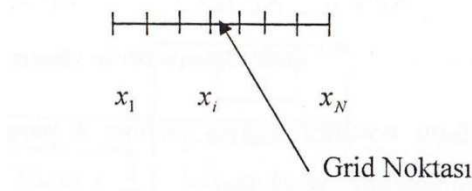
Sayısal hesap yöntemlerinden biri olan sonlu farklar yönteminde problem sonsuz küçük diferansiyeller yerine sonlu küçük farklar konularak çözülür. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği çözümlemesi yapılırken kullanılan sonlu hacimler yönteminde sonlu eleman çözüm yöntemi izlenir. Söz konusu yöntemde; sürekli bir sınır boyunca her hangi bir parametreyi incelemek için sistem süreksiz bir sınır boyunca ele alınan elemanlar üzerinden yola çıkarak sınır tamamına yayılır. Sürekli sınır probleminde, akış ile ilgili her parametre akış hattı boyunca tek bir değer ile tanımlanır.



Şekil 3.6 Sürekli sınır

$V=V(x)$, $0 < x < 1$ olarak belirtilir. Süreksiz sınır problemlerinde her N noktası için değerler farklıdır.

$$V=V(x_i), i=1,2,3,\dots,N$$



Şekil 3.7 Süreksiz sınır

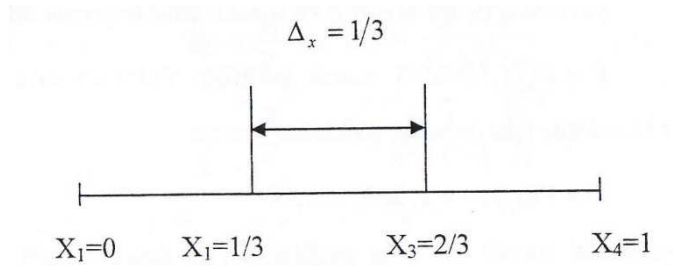
Hesaplamalı akışkanlar mekaniği çözümlerinde sonuç için ilgili noktanın değeri alınır. Diğer nokta değerlerine enterpolasyonla ulaşılır. Kısmi diferansiyel denklemler ve sınır koşulları değişkenler p ve V 'ye göre tanımlanır.

P_i ve V_i değer ve vektörleri süreksiz bir sınır boyunca değişken olduğundan, cebirsel denklemlerin çözülebilmesi için, birbirini tekrar eden işlemlerin yapılması gerekir. Bu da, bilgisayar destekli ortamda sağlanabilir. Bu işlem tüm sınır boyunca uygulanırsa, kontrol hacminin genelinde araştırılan parametrelerin değişimi elde edilir.

Şekil 3.2' de verilen sınır boyunca Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği uygulanırsa;

$$\frac{du}{dx} + u^m = 0; 0 \leq x \leq 1; u(0) = 1 \quad (3.46)$$

Öncelikle denklemin lineer olması ve $m=1$ hali için;



Şekil 3.8 Sonlu farklar yöntemine giriş

Sınır boyunca seçilen eleman 4 parçaya bölünür ve her nokta arasındaki mesafe Δx olursa;

(3.1) nolu denklem, her denklem için doğru olur. Bu durum;

$$\left(\frac{du}{dx}\right)_i + u_i = 0 \quad (3.47)$$

Şeklinde ifade edilir. İ indisi denklemin hangi eleman için olduğunu belirtir.

u_{i-1} terimi Taylor serisine açılırsa;

$$u_{i-1} = u_i - \Delta x \left(\frac{du}{dx}\right)_i + 0\Delta x^2 \quad (3.48)$$

Bu denklem ise;

$$\left(\frac{du}{dx}\right)_i = \frac{u_i - u_{i-1}}{\Delta x} + 0(\Delta x) \quad (3.49)$$

şeklini alır.

$(du/dx)_i$ ifadesinde Taylor açılımından gelen hata terimi $0(\Delta x)$ ihmal edilir.

Denklem, (3.2) ve (3.3) no'lu denklemler ile birleştirirsek;

$$\frac{u_i - u_{i-1}}{\Delta x} + u_i = 0 \quad (3.50)$$

Denklemini haline dönüşür. Burada problem, diferansiyel denklemden cebirsel denkleme dönüşmüş olur. İncelenen eleman boyunca sistem sonlu farklar metodu kullanılarak irdelenmiştir.

3.4. Sonlu Hacimler Yöntemi

Kompleks ve eğrisel geometrilere uygulanabilmesi ile en kolay ve hassas çözümlerin elde edilebildiği yöntem sonlu hacimler yöntemi denir. Temel olarak bir akışkanın incelenebilmesi için süreklilik, momentum (Navier – Stokes Denklemleri) ve enerji denklemleri, uygun başlangıç ve sınır koşulları ile beraber çözülmesi gerekir. Yapılan çalışmalarda akışkan sıcaklığı 20°C’de sabit kabul edilmiş ve enerji denkleminin çözülmesine gerek kalmamıştır. Denklem çözülmeden önce akış hacminin ve sınır koşullarının belirtilmiş olması gerekmektedir. Akış hacminin net olarak bilinmesi önemli olup, denklemlerin hangi hacim için çözüleceği net olarak belirlenmelidir.

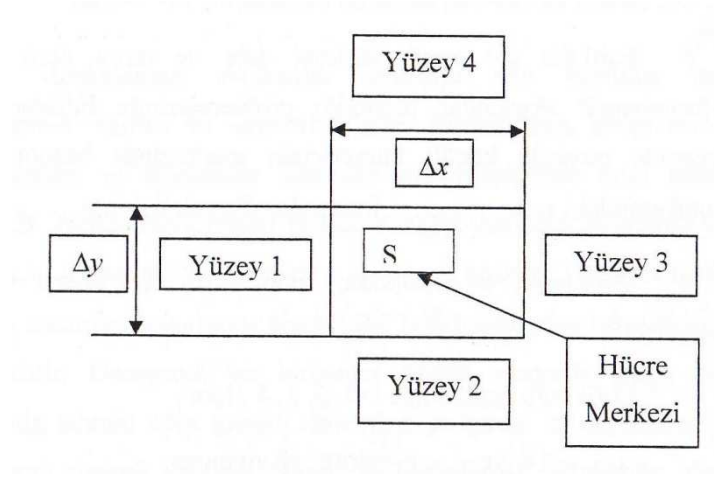
Sonlu hacimler yönteminde, akış hacmi küçük sonlu hacimlere bölünmekte (discretization) ve ilgili denklemler her bir sonlu hacim için ayrı ayrı çözülmektedir. Akış hacminin düzgün elemanlara bölünebilecek şekilde hazırlanması ve akış hacmini oluştururken olabildiğince etkisi küçük sivri yüzeylerden kaçınılması gerekmektedir. Akış hacminin bölünmesi sırasında basınç ve hız dağılımının hassas olarak istenilen bölgelerde daha küçük hacimler kullanılmalıdır.

Pompada, hız ve basınç değişiminin yüksek olduğu, dönen yüzeylerde hassas sonuç alabilmek için küçük sonlu elemanlar kullanılmıştır.

Her ne kadar küçük sonlu hacimlerin kullanılması daha hassas çözümün elde edilmesini sağlasa da, akış hacminin gereğinden fazla sayıda sonlu hacimlere bölünmesi bilgisayar kapasitesi zorlanmakta ve analiz zamanını uzatmaktadır. Uygun bölme sayısının bulunması için tavsiye edilen yöntem, bölme işlemine öncelikle büyük sonlu hacimler ile başlamak ve analiz sürecinin belirli bir evresinde sonlu hacimlerin küçük olması gereken yerleri tespit edip, sadece o bölgedeki hacimleri daha küçük sonlu hacimlere bölmektir.

Akış hacmi bölündükten sonra yüzeylerdeki sınır şartlarının tipi bilgi olarak girilmelidir. Akış hacminin hangi bölgelerinin akışkan, hangi bölgelerinin katı sınırlar ile çevrili olduğu hassas bir şekilde belirtilmelidir. Sınır şartlarına hangi bölgeden ne kadar akışkan gireceği ve çıkacağı ara bilgi olarak denklemlere yazılmalıdır.

Bir akışın incelenmesinde, katı yüzeylerinde oluşan sınır tabakaya önem verilmelidir. Sınır tabakanın göz ardı edilmesi, hem yanlış hız dağılımının elde edilmesi hem de katı yüzeylerdeki hız değişimine göre hesaplanan gerilmeler, sürtünme katsayısı ve tork değerlerinin yanlış bulunmasına neden olmaktadır. Bu sebeple, katı yüzeylerine yakın bölgelerde, daha yoğun ve sınır tabakanın akışına uygun bölmeler yapılmalıdır.



Şekil 3.9 Sonlu hacimler yöntemi

Sonlu hacimler yönteminde kararlı, sıkıştırılamayan bir akım için;

$$\int \vec{V} \cdot \vec{n} dS = 0 \quad (3.51)$$

Bu denklemde S kontrol hacim yüzeyini, n yüzey normal vektörünü belirtmektedir. Burada kontrol hacminin debisi sıfırdır.

Şekildeki kontrol hacminin hız vektörü;

$$\vec{V}_i = u_i \vec{i} + v_i \vec{j} \quad (3.52)$$

(3.5) Denklemi kontrol hacmine uygulanırsa;

$$-u_1 \Delta y - v_2 \Delta x + u_3 \Delta y + v_4 \Delta x = 0 \quad (3.53)$$

halini alarak ilgili hacmin süreklilik denklemi olur.

Eşitliğin sol tarafı kütleli debi ve sıfıra denk gelmektedir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği problemlerinde bilinmeyen değerler genelde modelin küçük hücrelerinin merkezinde bulunurlar. Hacmin merkezindeki u_1 , u_2 , v_1 , v_2 interpole edilerek bulunur.

Probleme bu noktada, momentum ve enerji eşitlikleri de eklenebilir.

(3.6) nolu denklemde $i=1, 2, 3, 4$, için;

$-u_{i-1} + (1 + \Delta x)u_i = 0$ eşitliği uygulanırsa;

$$-u_1 + (1 + \Delta x)u_2 = 0 \quad (i = 2) \quad (3.54)$$

$$-u_1 + (1 + \Delta x)u_2 = 0 \quad (i = 3) \quad (3.55)$$

$$-u_3 + (1 + \Delta x)u_4 = 0 \quad (i = 4) \quad (3.56)$$

$$u = 1 \quad (3.57)$$

Denklem son olarak matris haline dönüştürülür.

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1(1 + \Delta x) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1(1 + \Delta x) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1(1 + \Delta x) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.58)$$

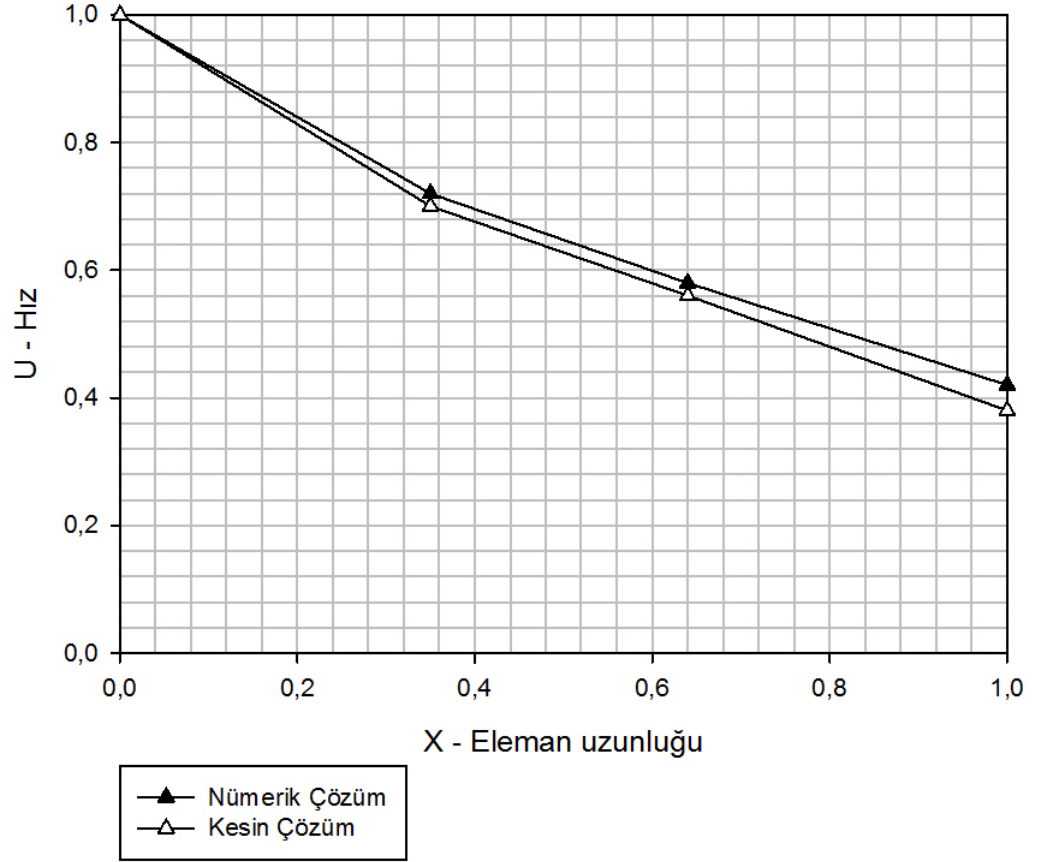
3.4. Denklemlerin ve kontrol hacminin çözümü

Akış hacmini sonlu hacimlere böldükten sonra elde edilen sayısal ağ, asıl çözücü programa aktarılır. Daha sonra sınır koşullarının değerleri girilir ve ara yüzeyler eşitlenir. Sonlu hacimler yönteminde, denklemlerin çözülmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Kullanılan yazılıma bağlı olarak, program bir veya birden fazla çözüm yöntemi sunabilir. Çözümün elde edilebilmesi için, çözücü yöntem seçilir ve problem ilklendirildikten sonra iterasyona başlanır.

(3.10) nolu denklemle belirtilen sistemde $\Delta x = 1/3$ alınarak $u_1 = 1$, $u_2 = 3/4$, $u_3 = 9/16$, $u_4 = 27/64$ bulunur.

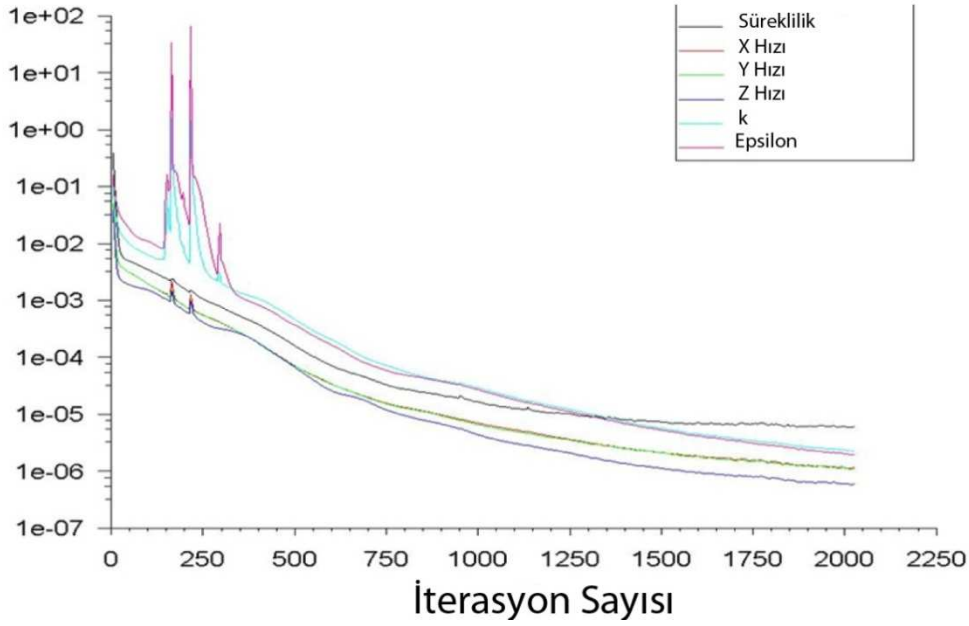
Aşağıdaki 3.10 şeklinde kesin çözüm ile dört düğüm noktasından elde edilen çözüm eğrileri verilmiştir.

Çözüm Grafikleri



Şekil 3.10 Nümerik çözüm ile kesin çözüm ilişkisi (karşılaştırma)

Her iterasyonda bilgisayar programı, süreklilik momentum ve türbülans denklemlerini sayısal ağda bulunan sonlu hacimler için çözer. Ardışık iterasyonlar arasında elde edilen basınç, hız veya debi gibi akışa bağlı olan bir parametrenin değerindeki maksimum fark kullanıcı tarafından belirlenen değerden daha küçük olduğunda çözüm yakınsamış kabul edilir ve çözüm değerlendirmeye alınır. Şekil 3.6'da yarı eksenel bir pompaya ait akış hızına bağlı parametrelerin (X, Y, ve Z yönündeki hız vektörlerinin değerleri, süreklilik, türbülans kinetik enerjisi ve türbülans yayılımı), iterasyonlara göre değişimini göstermektedir. Görüldüğü gibi iterasyon arttıkça ardışık iterasyonlar arasında değişim azalmakta ve program yakınsamaktadır.



Şekil 3.11 Hız bileşenlerinin iterasyona göre değişimi (Gürel, 2003)

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği için yazılmış programları kullanmak eğitim ve uzmanlık isteyen bir iştir. Kullanıcının, programın çözüldüğü denklemler ve akışkanlar dinamiği teorisi hakkında bilgi sahibi olması gerekir. Programın girdileri ne kadar doğru yapılırsa ve çözüm yöntemleri ne kadar doğru seçilirse sonuca o kadar yaklaşılr. Hangi bölgelerde küçük sonlu hacimler kullanılması gerektiğini belirlemek yine uzmanlık ve tecrübe gerektirir. Deneyimli bir kullanıcı çözüm sırasında çıkan problemleri başında tahmin edip gerekli önlemleri programı çalıştırmadan önce alır. Devamlı değişik projeler yapan ve hesaplamalı akışkanlar yöntemlerini kullanan bir kullanıcının doğru sonuca ulaşabilmesi için yaygın olarak kullanılan yöntemleri bilmesi gerekir.

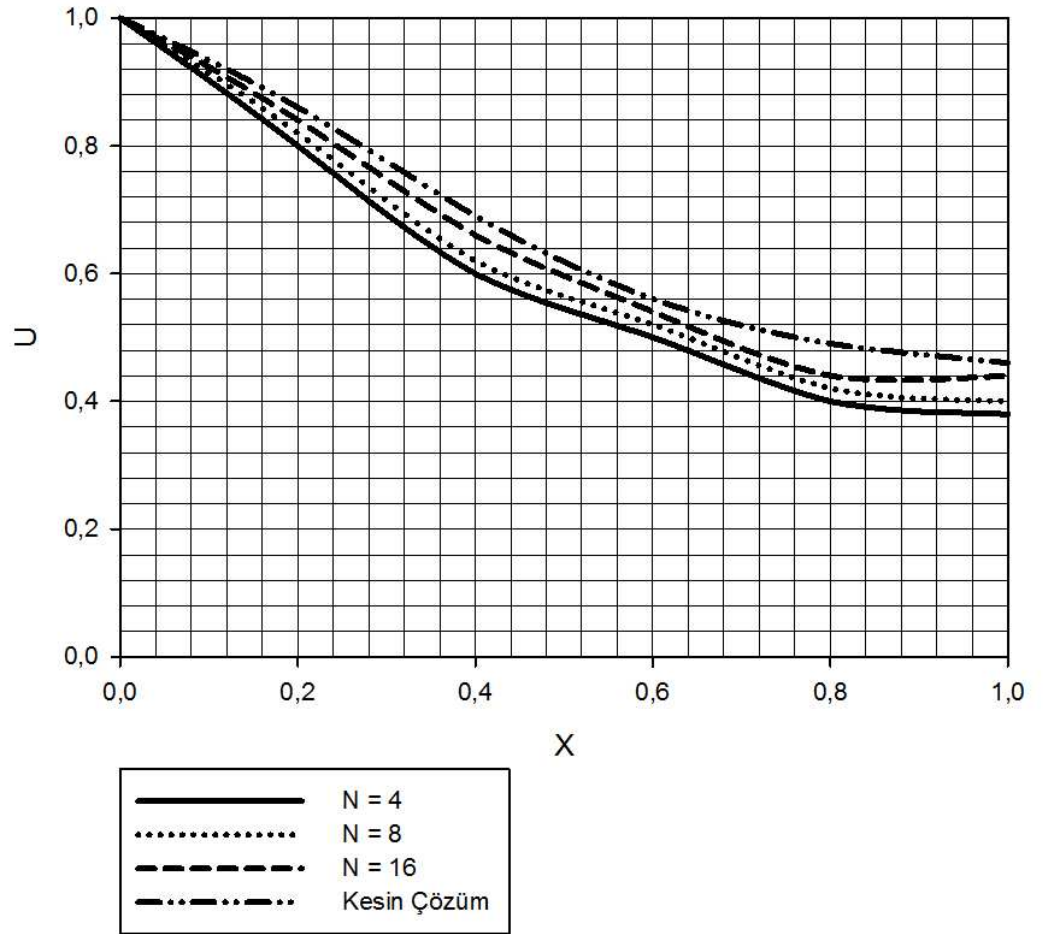
3.4. Çözümün Yakınsaması

Daha önce de belirtildiği gibi, bilgisayara aktarılan girdiler, pompanın çalıştığı koşullara uygun ise ve akış hacmi düzgün bir şekilde sonlu hacimlere bölündüyse, program kullanıcı tarafından belirtilen yakınsama kriterlerini sağladığında durmaktadır. Ancak herhangi bir nedenle girdilerde yanlışlık varsa veya bölünme işlemi hatalı yapıldıysa program istenilen kritere yakınsamaz veya yanlış sonuçlar ortaya çıkar. Bu durumda problemi yeniden gözden geçirerek kurmak ya da problemin girdilerini tekrar gözden geçirip, hataların bulunması gerekmektedir.

Hesaplmalı akışkanlar dinamiğinde elde edilen çözüm sayısal ağa veya başka bir deyişle sonlu hacimlerin sayısına çok bağlıdır. Sonlu hacimlerin sayısı ve sonlu hacimlerin boyutu problemin fiziği ve sınır koşullarına bağlıdır. Hız ve basınç değişiminin büyük olduğu akış problemlerinde, doğru sonuç alabilmek için çok sayıda sonlu hacim kullanmak gerekir. Sonlu hacim sayısı deneme yanılma yöntemiyle bulunmaktadır. Genellikle bir problemde birden fazla ağ için sonuç elde edilmekte ve sonucu sayısal ağ ve sonlu hacimlerin sayısından bağımsız hale getirilmektedir.

Hesaplmalı akışkanlar dinamiğinin zorluklarından birisi ise bilgisayarın çalışma süresidir. Çalışma süresi kullanılan sonlu hacimlerin sayısına bağlıdır. Sayı arttıkça çalışma süresi de artmaktadır. Böylelikle kullanıcı, yakınsama sonuçlarını kıstas alarak uygun çalışma aralığını bulabilir.

Çözüm Yakınsaması



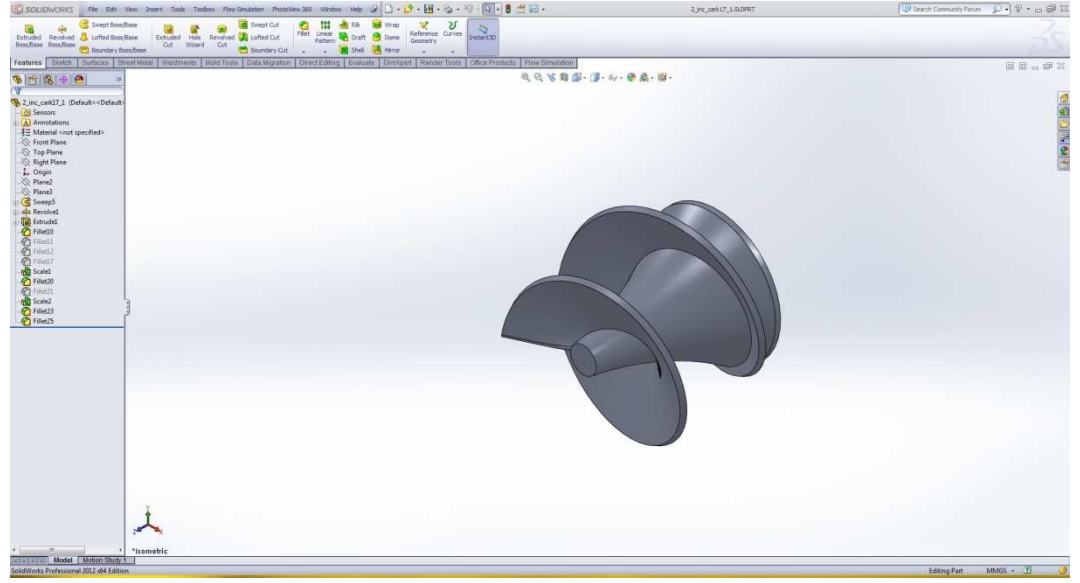
Şekil 3.12 Sonlu hacim sayısının çözüme etkisi

3.5.Solidworks 3D tasarım programı

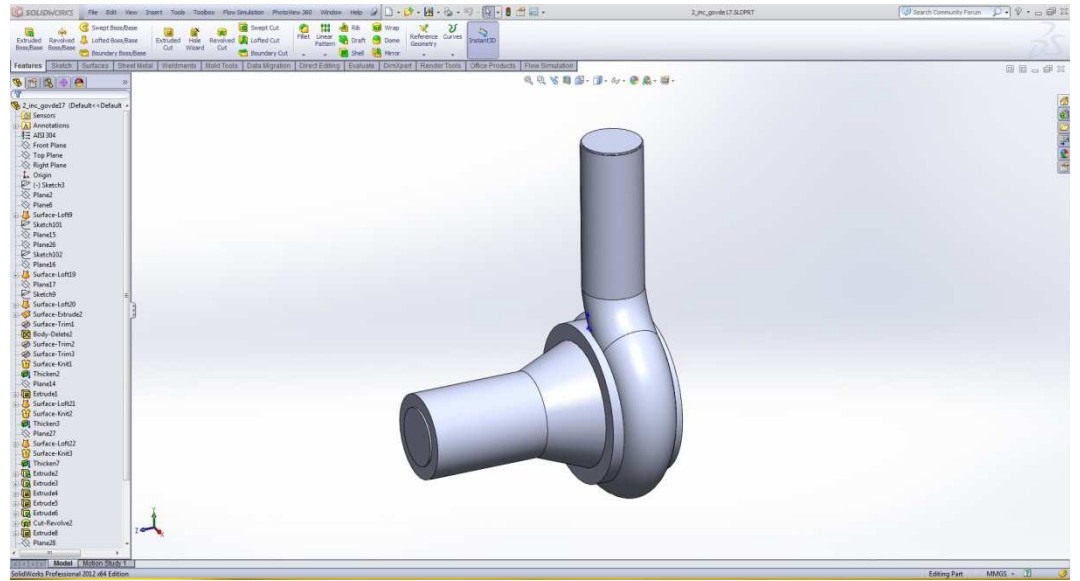
Solidworks, 3 Boyutlu bir bilgisayar destekli tasarım (3D CAD) yazılımıdır. Solidworks Corporation 1993 yılında Jon Hirschtick tarafından Concord, Massachusetts`te kuruldu. Yazılımın ilk versiyonunu 1995`te piyasaya çıkardıktan sonra 1997 yılında Dassault Systemes Solidworks Corp. tarafından satın alındı. Windows'a entegre ilk 3 boyutlu katı modelleme (3D CAD) yazılımıdır. Tek bir çizgi çizmeksizin parça ve montaj modelinin teknik resimlerini çıkartır. Parça ve Montajda yapılan değişiklikleri teknik resimlere ve malzeme listesine (BOM) otomatik olarak yansıtır. Bunun yanında kurumsal entegrasyonu tamamlayacağınız Kurumsal Veri Yönetimi çözümü Enterprise PDM ile ERP programlarına kadar entegre olabilmektedir. Ürün gamına en son eklediği 3DVIA Composer ürünü ile ürün dokümantasyonunda devrimsel bir çözüm sunmaktadır. Tüm ürün kılavuzlarının çok daha kaliteli ve zengin içerikli sağlanmasını sağlayan 3DVIA composer, direk 3B CAD modelle bağlı olarak ilgili kılavuz imajlarını oluşturmakta ve ürünlerdeki tüm revizyonları kataloglardaki imajlara kadar güncellemesini sağlamaktadır.

Solidworks internette bulunabilecek birçok ücretsiz eğitim notu ile kolaylıkla öğrenilebilir. En yaygın kullanılan 3 boyutlu katı modelleme yazılımıdır. Birçok Üniversite, Meslek Yüksek Okulu ve Teknik Lisede eğitimi verilmektedir. AutoCAD kullanıcılarının çoğu, 2 boyuttan 3 boyuta geçiş için Solidworks'ü tercih etmiştir. Bunun sebebi AutoCAD dosyaları ile en uyumlu 3D CAD yazılımının Solidworks olmasıdır. Solidworks makine, mobilya, plastik/sac kalıpcılığı, otomasyon, mekatronik, endüstriyel ürün tasarımı gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

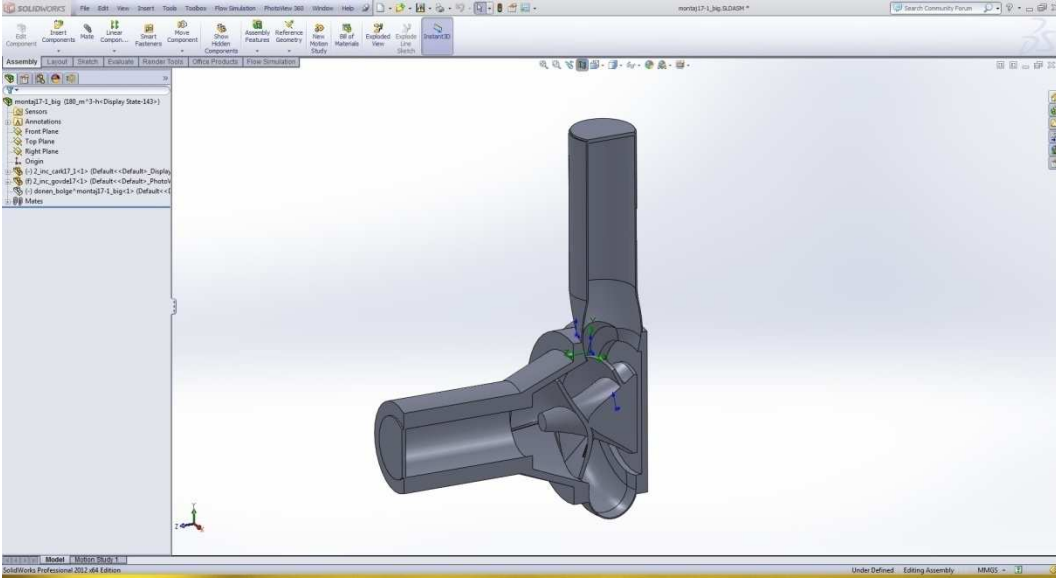
3.5.1. Solidworks 3 boyutlu tasarım programı ara yüzü



Şekil 3.13 Çark çizimi



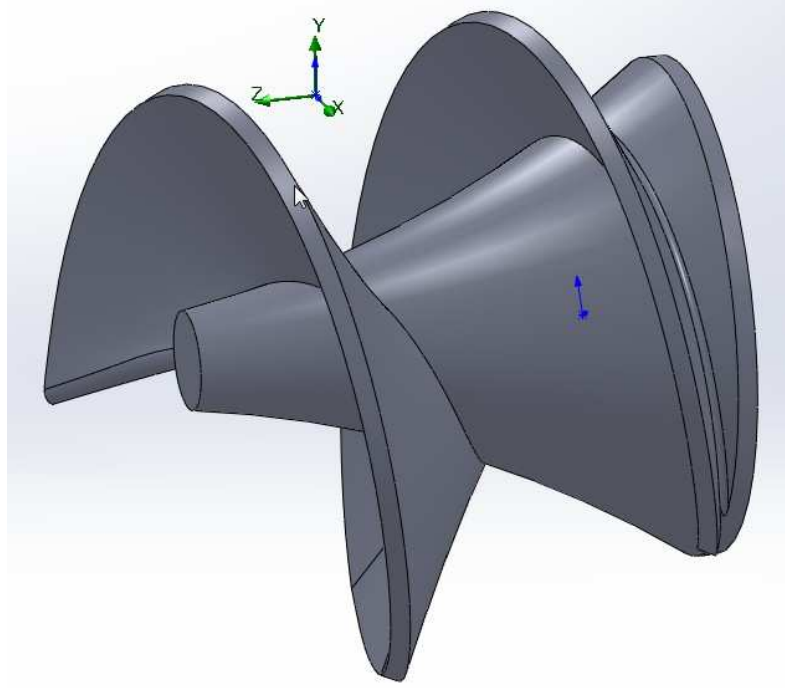
Şekil 3.14 Salyangoz çizimi



Şekil 3.15 Montaj görünümü

3.6. Solidworks 3d ile tasarlanan çark modelleri

3.6.5. DN150–100 Modeli



Şekil 3.16 DN150 -100 modeli çark izimi

3.7. Solidworks Flow Simulation

Birçok CFD (Computational Fluid Dynamics) yazılımının aksine, Solid Works Flow Simulation kullanım kolaylığı ile ön plana çıkar. SolidWorks CAD yazılımı ile bütünleşik olarak alışan Flow Simulation, akışkan analizlerine ihtiyaç duyulan tüm mühendislik alanlarına çözümler sunar. Solid Works Flow Simulation' ın CFD analiz yetenekleri ile gaz ve sıvı akışlarını gerçek çalışma şartları için simule edebilirsiniz. Akışkan akış etkileri, ısı transferi ve sıvıya batırılmış bileşenlerin üzerindeki kuvvetlere bağlı analizleri hızlı bir şekilde gerçekleştirebilirsiniz. Analiz esnasında hava, su, kimyasal sıvılar, gazlar, dondurma, bal, plastik eriyik, diş macunu, kan vb. birçok akışkanı kullanabilirsiniz.

3.7.1. Solidworks flow simulation paketinin yetenekleri:

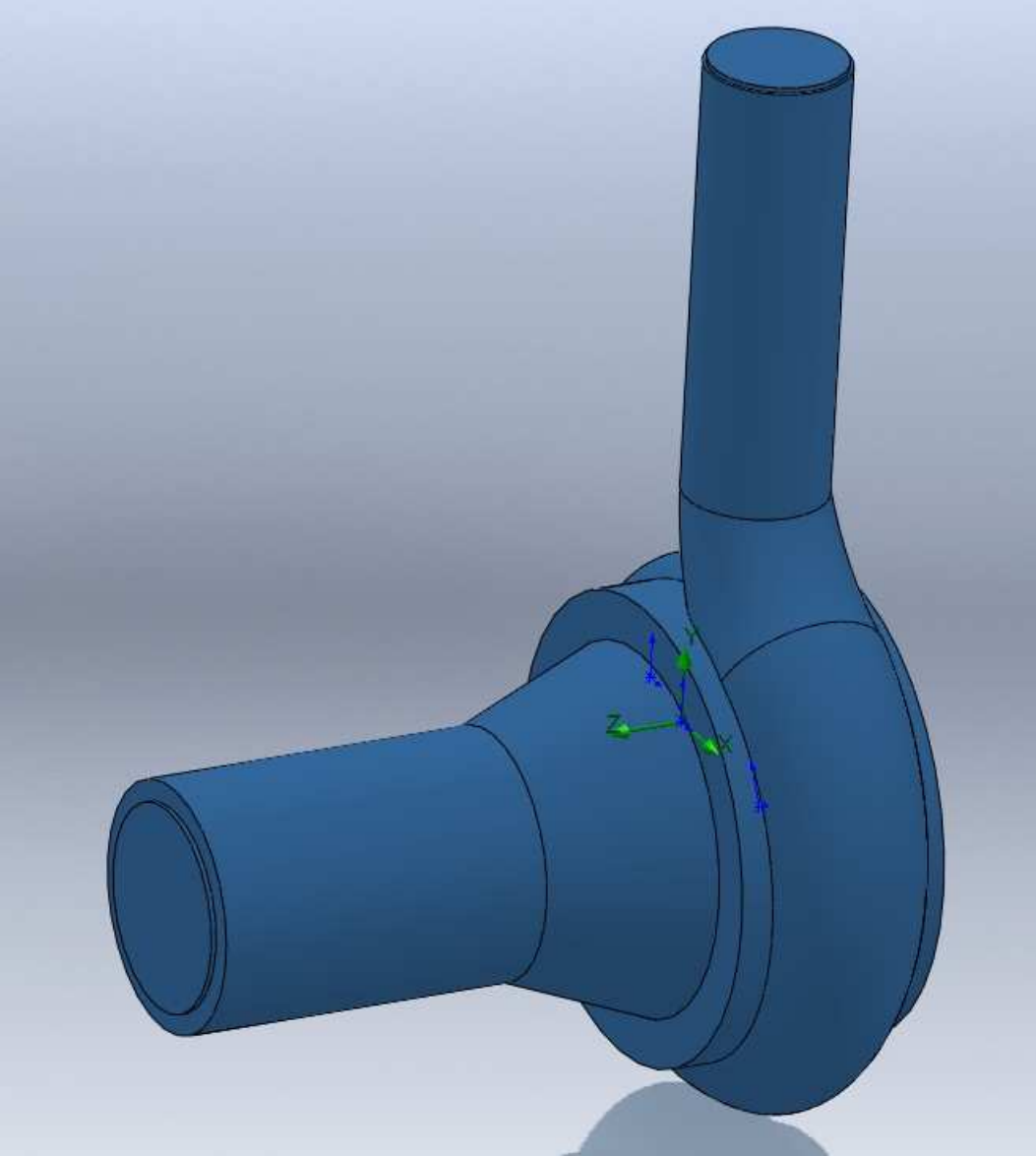
Yüksek sıcaklığa sahip yüzeyler arasında ışınlama (radiation) ısı transfer analizlerini gerçekleştirir. Ayrıca güneş ışınlarından (solar radiation) kaynaklanan etkileri hesaplanabilir. Boru, regülatör ve valfler sayesinde sıvı ve gazların iç akış analizleri yapılabilir. Turbo makine sistemlerinde (Pompa, Impeller vb.) karmaşık dönel akışlar için döner referanslı akış analizleri ile kararsız akış durumları için zamana bağlı akış analizleri, konduksiyon (iletim) ve konveksiyon (yayınım) ısı transfer analizlerini gerçekleştirebilir.

3.7.2. Diğer flow simulation yetenekleri:

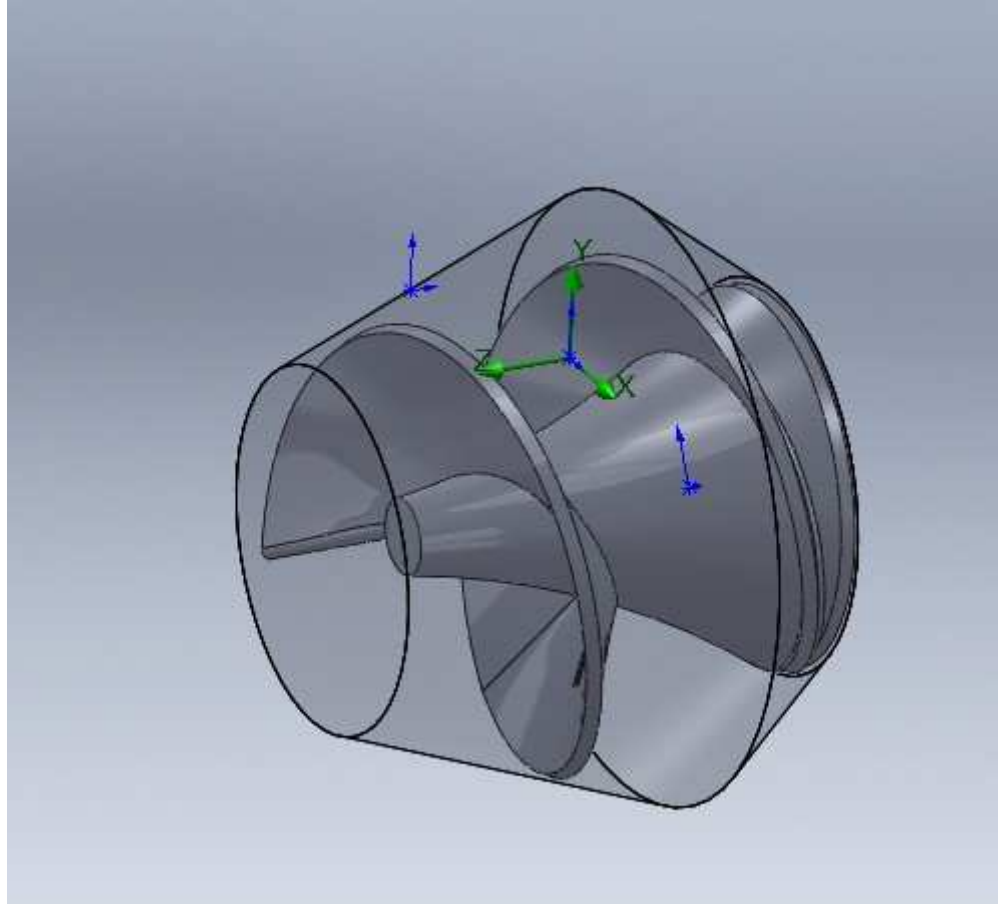
- Katı cisimler etrafında sıvı ve gazların dış akış analizi (Uçak kanadı üzerindeki hava akışı, deniz altı etrafındaki su akışı).
- Akışın etki alanındaki türbülansların simüle edilmesi için K-E modeli kullanılmasıyla gerçekleştirilen türbülans akış analizleri (Uçak motoru egzozu gaz çıkışı simülasyonları v.b)
- Yüksek basınç ya da düşük sıcaklıklı gaz uygulamalarında gerçekçi çözümler için ideal gaz simülasyonları.
- Sesaltı (subsonic), ses ötesi (transonic) ve ses üstü (supersonic) hız bölgeleri içinde gaz akışları için sıkıştırılabilir akış analizleri
- Yüzey pürüzlülüğü değerlerini kullanarak borular üzerinde basınç kayıplarının hesaplanması.
- CFD tabanlı akış ve ölçü parametrelerini kullanarak tasarım optimizasyonu
- Non-Newtonian akışkanların akış analizi (kan, diş macunu, plastik eriyiği vb.).
- Hareketli ortamlarda akışkan analizleri, hareketli referans yüzeylerdeki akışkan analizleri birbirine göreceli olarak gerçekleştirilir.
- Kavitezyon Analizi
- Klima kontrol uygulamaları için nem (humidity) analizi.

3.7.3. Flow simulation ile deneyin hazırlanması

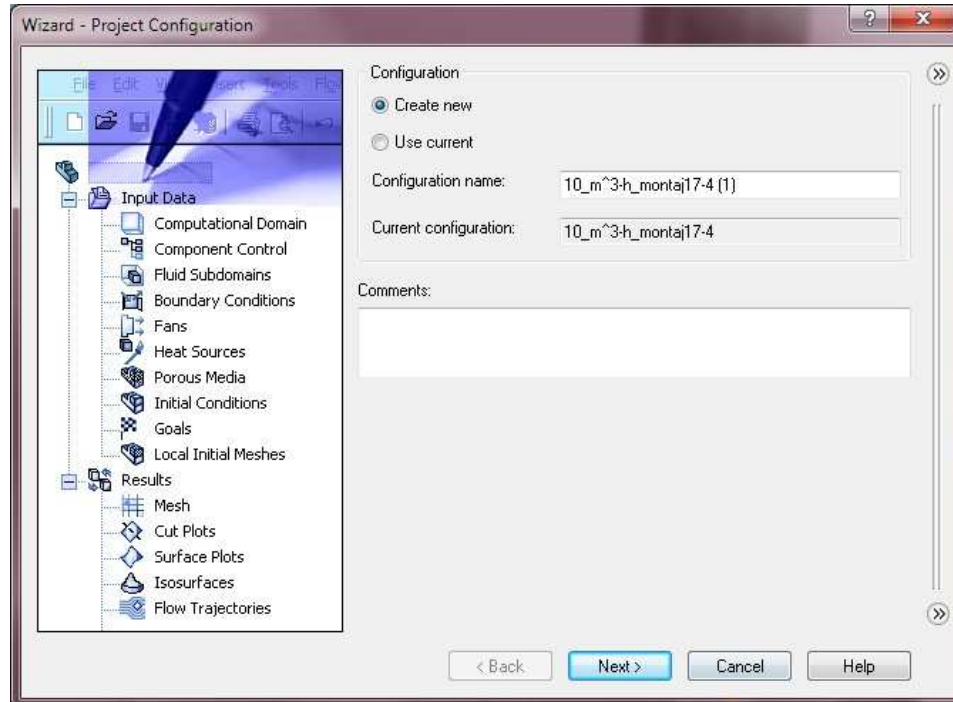
Çizimi gerçekleştirdikten sonra oluşturulan montaj dosyası flow Simulation çözücüsüne aktarılır. Flow Simulation ile iç akış problemi çözüleceği için, salyangoz kısmında bulunan giriş ve çıkış delikleri kapaklar ile kapatılarak iç hacim oluşturulur. Aynı zamanda sonradan oluşturulan bu kapaklar, girdileri tanımlarken giriş hacmi ve çıkış hacmini tanımlamada yardımcı olacaktır. Bilinmesi gereken bir diğer konu ise dönen parçaların içindeki türbülans denklemlerinin değişebilmesi için, bu dönen parçaların dönen eleman olarak tanımlanması gerekmektedir. Bunun için flow Simulation programında, dönen bölge tanımlaması yapılır. Dönen bölge, dönen parça sınır şartlarından büyük olmak zorundadır. Dönen bölge, bu parçalardan ayrı olarak parça dosyası şeklinde çizilip montaj dosyasında tanımlanması yapılır. Tanımlama yapılırken bu bölge dönen bölge olarak tanımlanır. Montaj dosyası hazırlandıktan sonra flow Simulation sekmesi altında wizard sekmesi ile problem kurma ve tanımlama adımlarına geçilir.



Şekil 3.17 Montaj dosyasında kapak oluşturulması

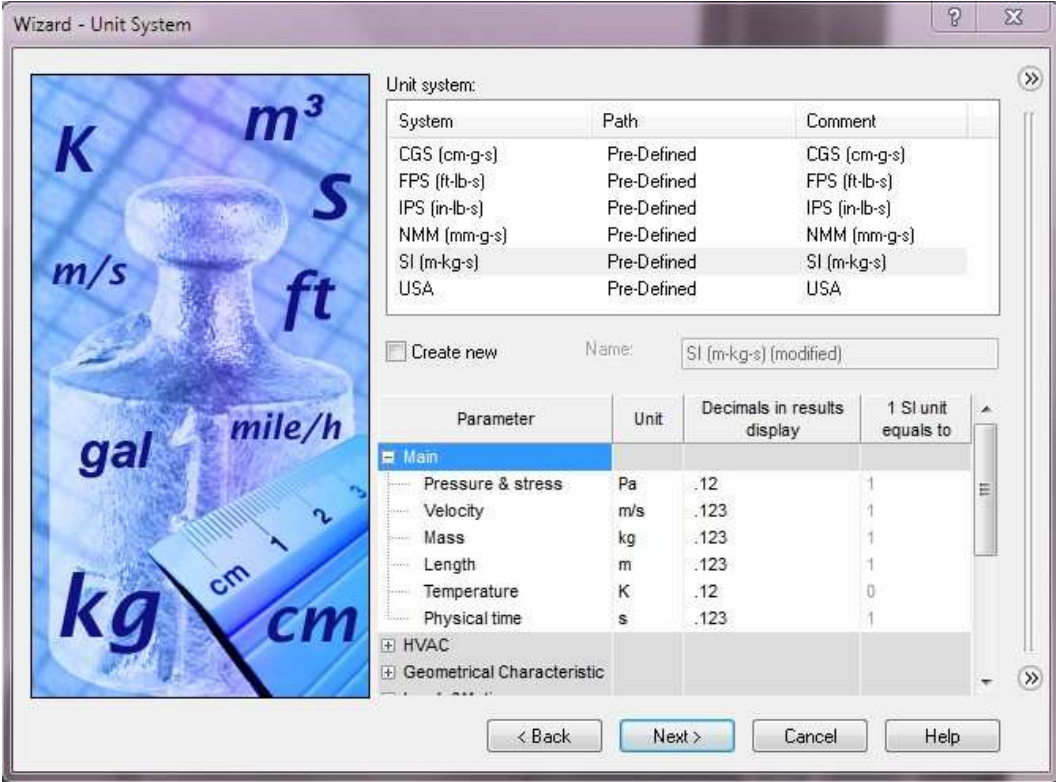


Şekil 3.18 Montaj dosyasında döner bölgenin oluşturulması



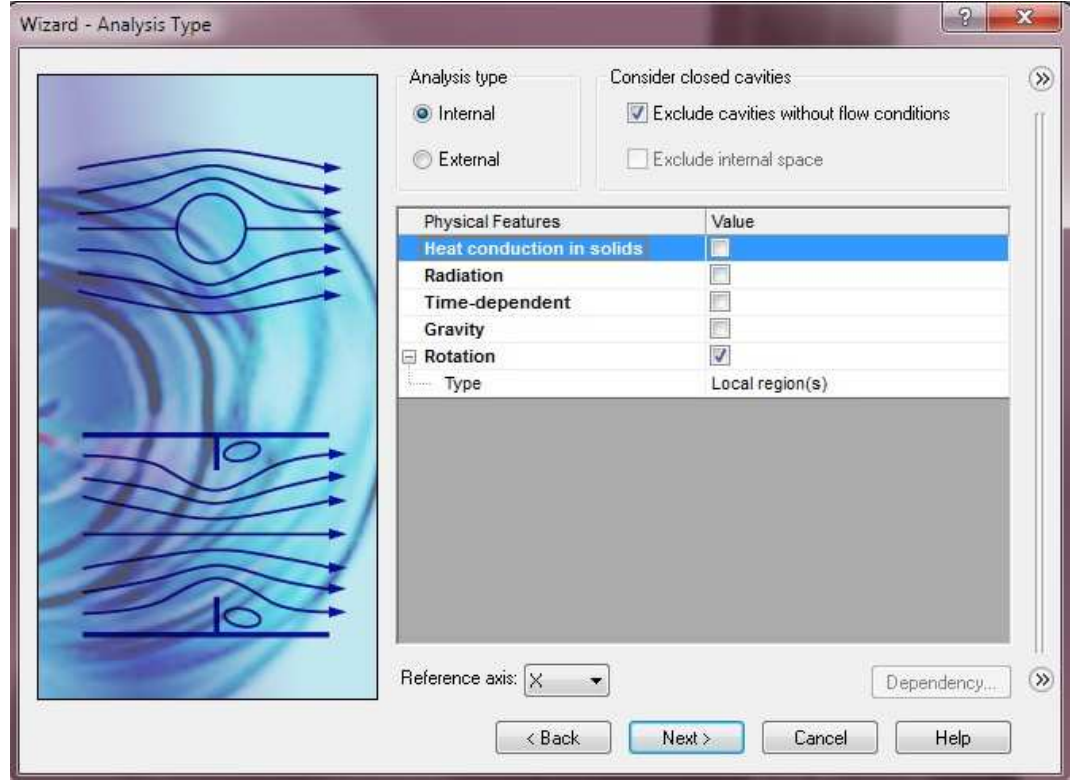
Şekil 3.19 Problem tanımlama

İlk adımda gelen pencerede flow Simulation bizden çalışmamızın yeniden mi tanımlanacağını yoksa mevcut çözümden mi devam edileceğini sorar. Yeni proje seçtikten sonra ikinci satırda proje ismini giriyoruz. İleri sekmesi ile birim sistemi ekranı karşımıza çıkar. Birim sistemi ekranında program bizden hangi birim sistemini kullanacağını sorar. Basınç, hız, kütle, uzunluk... gibi birimleri tanımlayabiliriz. İstenmesi durumunda kendi mevcut birim sistemi de tanımlanması mümkündür. Ön tanımlı olarak SI birim sistemini seçip devam ediyoruz.



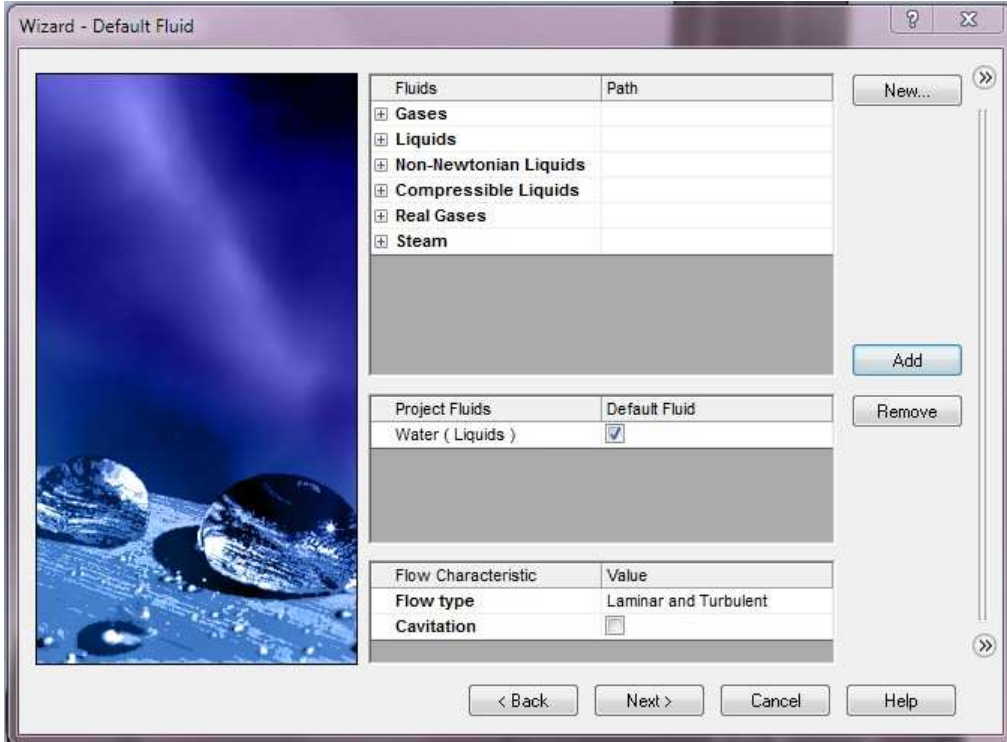
Şekil 3.20 Birim sistemi ekranı

Birim sistemi ekranında çözüm için istenilen birim sistemi tanımlandıktan sonra, bizi analiz tipi ekranı karşılamaktadır. Analiz tipi ekranında iç akış veya dış akış tanımlaması yapılır. Bu problemde çalıştığımız hacim iç akış olduğu için “internal” yani iç akış seçilir. Physical features sekmesi altında, problem için gereken diğer fiziksel özellikler seçilir. Pompa probleminde mevcut sistem içerisinde dönen bir çark olduğu için, dönen bölge tanımlaması gerekmektedir. Bu bölge parça olarak çizilmiştir. Bu ekranda rotation yani dönen kısım işaretlenerek probleme dönen bölge ön tanımlaması yapılır. İstenmesi durumunda katılarda ısı iletimi, radyasyon, zaman bağıllık, yer çekimi gibi ön tanımlar buradan yapılır.



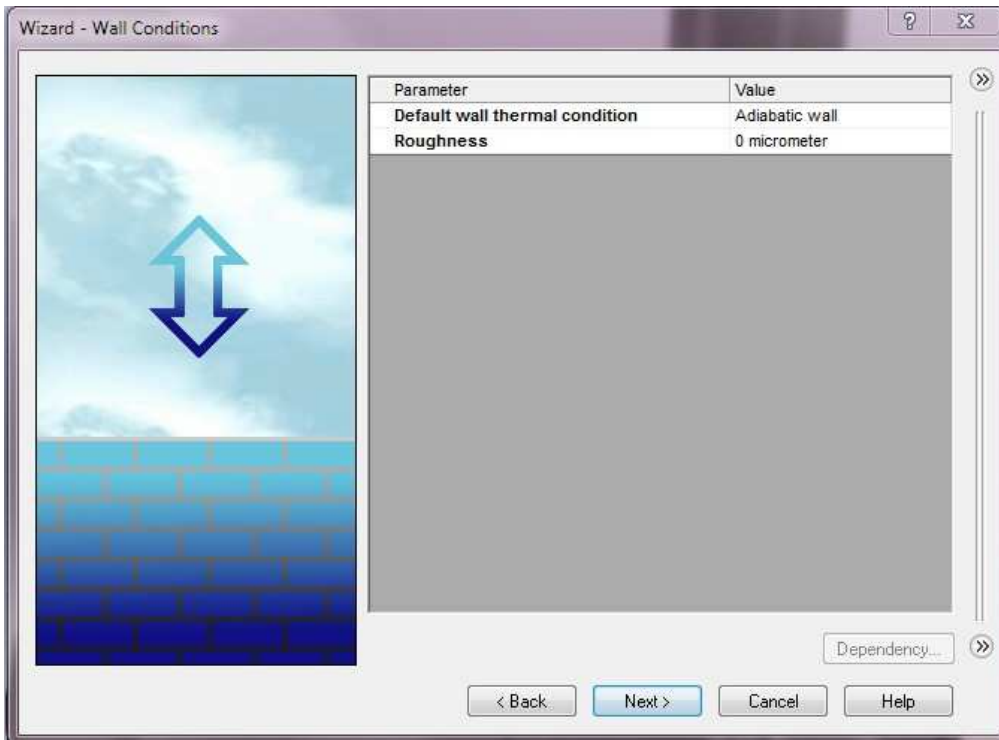
Şekil 3.21 Birim sistemi ekranı

Fiziksel bağılıklar tanımlandıktan sonra akışkan seçim ekranı çıkar. Problem için kullanılacak akışkan flow Simulation kütüphanesinden seçilir. Bulunamayan özellikteki akışkanlar için ekle seçeneği ile istenilen özellikteki akışkan tanımı yapılır. Alt ekranda ise akış problemindeki akışkanın, laminar mı türbülanslı mı aktığı veya kavitasyon hesabı isteyip istemediğimizi sormaktadır.



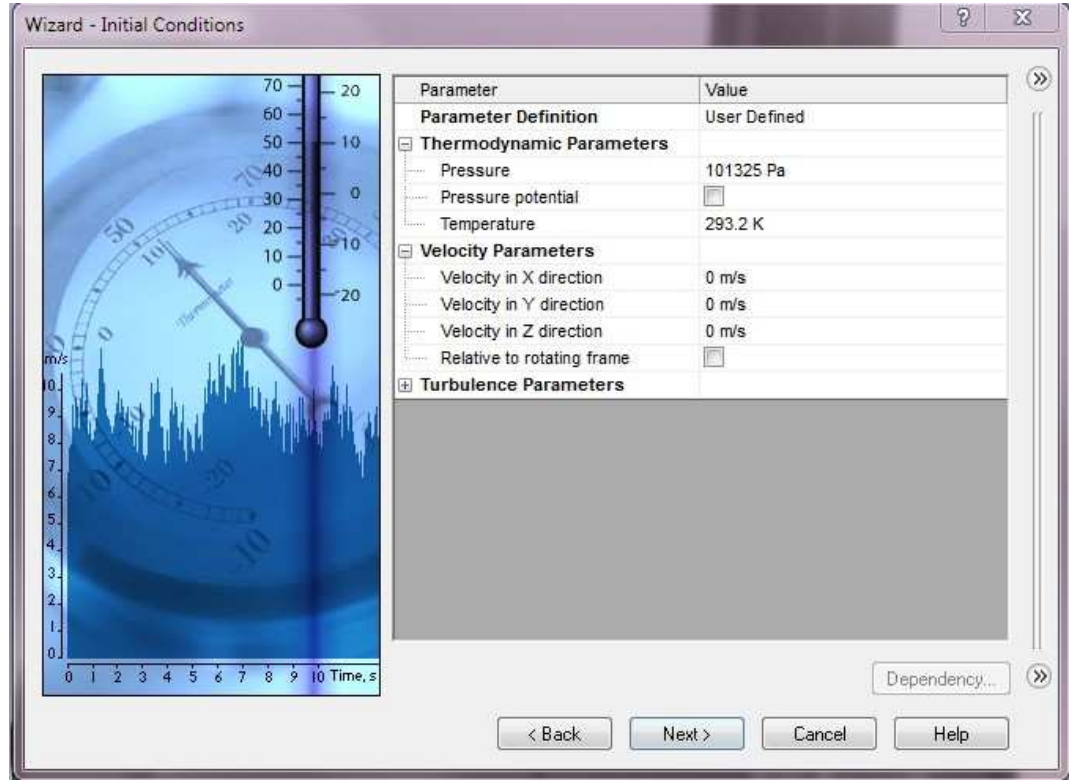
Şekil 3.22 Akışkan seçim ekranı

Akışkan tanımlaması yapıldıktan sonra duvar sınır şartları ekranına ulaşırız. Bu ekranda duvarların yalıtımlı olup olmadığı ve pürüzlülüğü tanımlanır.



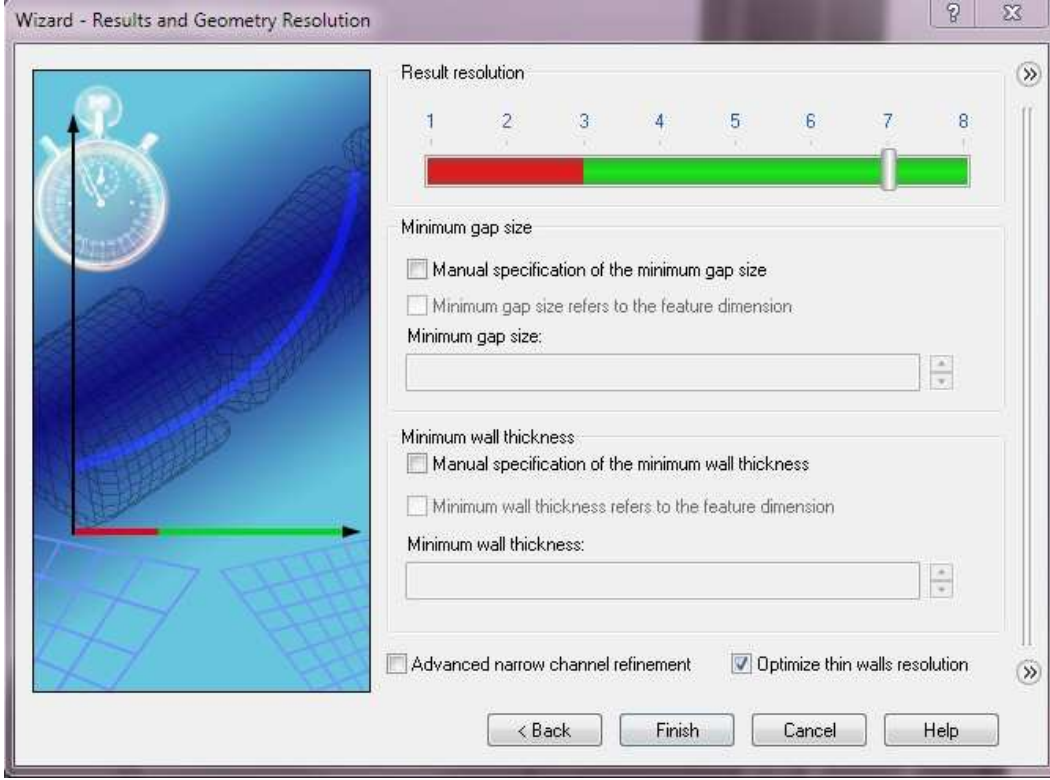
Şekil 3.23 Duvar sınır şartları

Duvar sınır şartlarından sonraki adımda ise başlangıç koşulları tanımlaması istenir. Başlangıç koşulları, problemin çözüme başladığı zamandaki koşullardır.



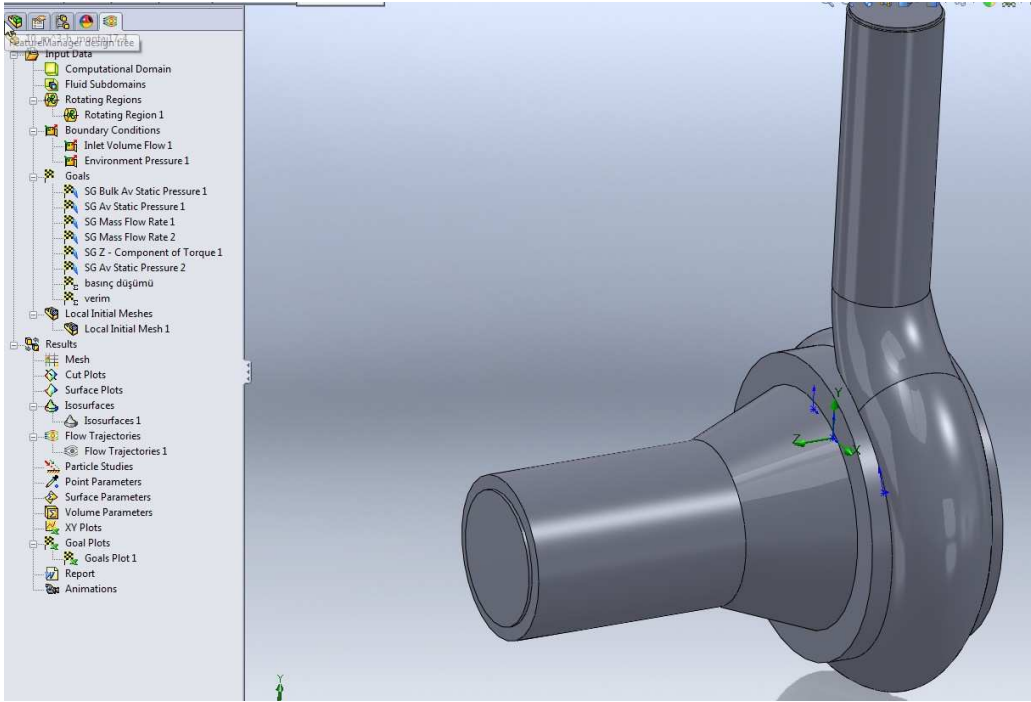
Şekil 3.24 Başlangıç koşulları ekranı

Başlangıç koşulları tanımlandıktan sonra problemin çözümü için gereken eleman ayırma ve eleman boyutları tanımlaması yapılır. Elemanların sayısı ve problemin doğru yakınsaması bir önceki konuda anlatılmıştır. Bu ekranda ise daha önceki denemelerimiz doğrultusunda mesh sıklığını sık yönüne doğru 7 olarak ayarlıyoruz. Ayarın 8 yapılması durumunda mesh elemanları oldukça fazlalaşmakta ve bu problem çözümü sırasında bilgisayar ram hatası vermektedir. Daha önceki yapılan çalışmalarda 7 sıklığında mesh, gerçek değerlere oldukça yakın yakınsamıştır. Bu problemde de 7 alınacaktır.



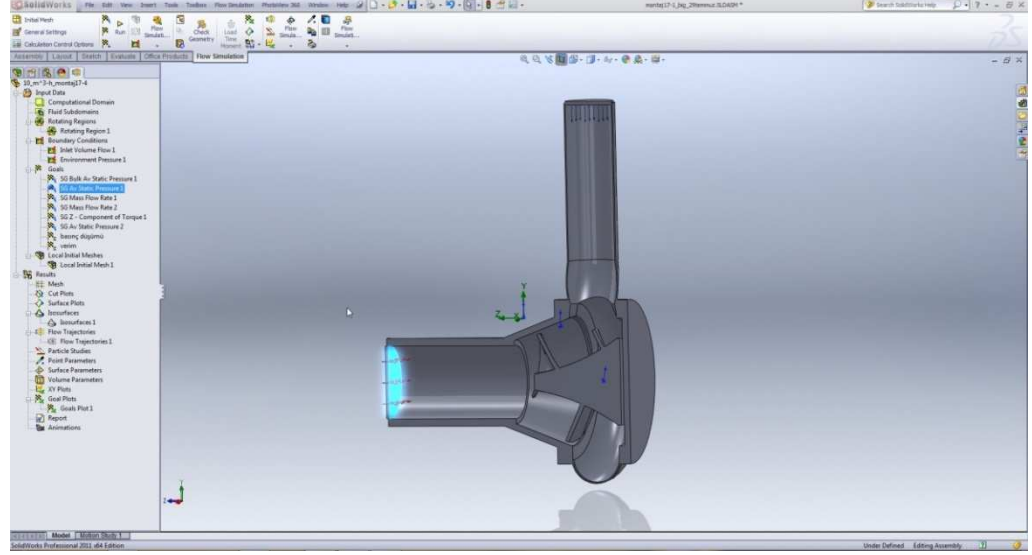
Şekil 3.25 Mesh ekranı

Mesh ayarları da yapıldıktan sonra istediğimiz problem ön tanımlı şekilde ayarlanmıştır.



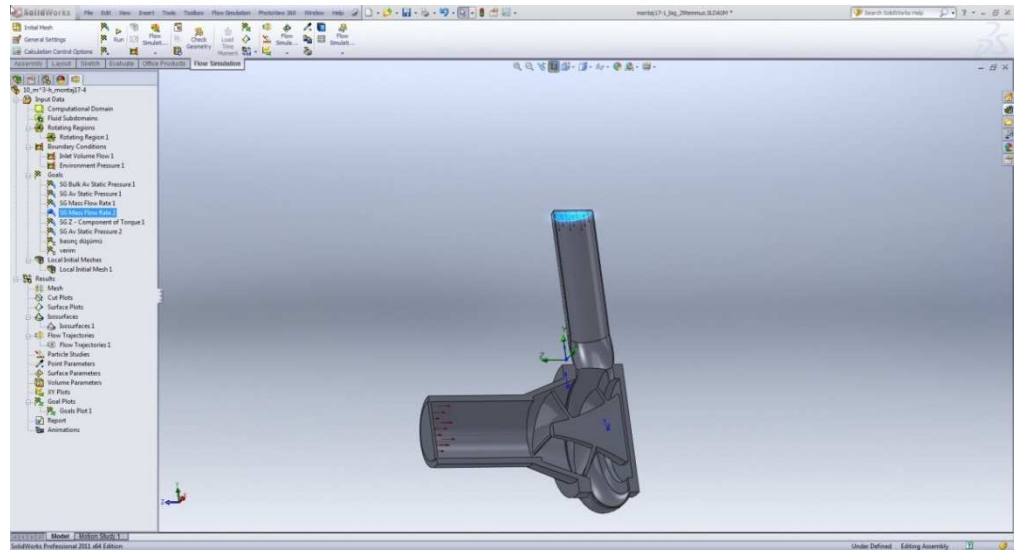
Şekil 3.26 Tanımlama sonrası görüntü

Tanımlama yapıldıktan sonra, problemde kullanılacak giriş debisi, çıkış koşulları ve çark dönüş hızı tanımlaması yapılır. Sol menü ağacından giriş debisi aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, problemin başında çizilen ön kapağın arkasından tanımlanır.



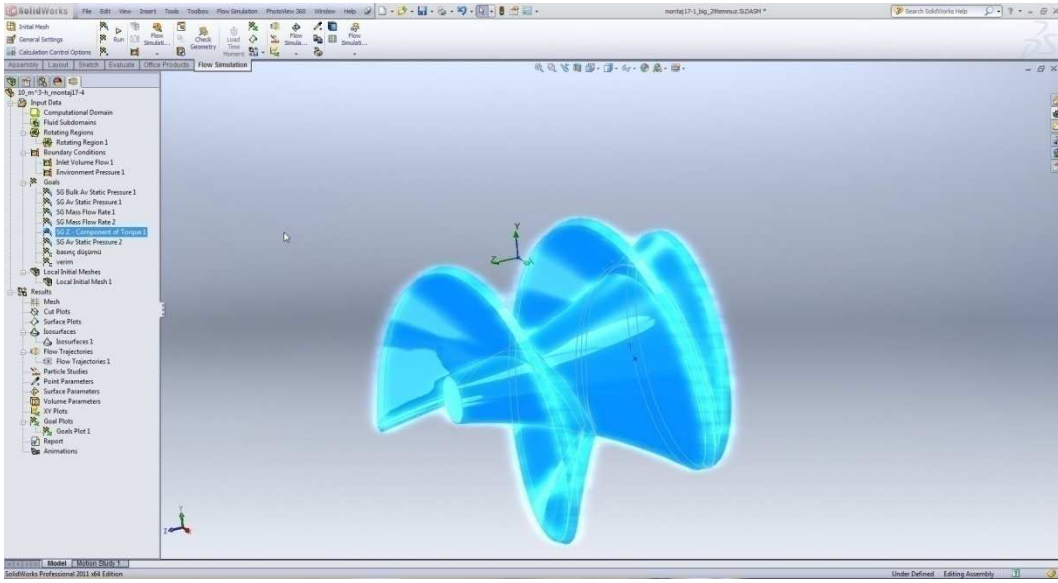
Şekil 3.27 Giriş debisi tanımlama

Problemde verim eğrisi oluşturabilmek için, giriş debisi her çözümde değiştirilir. Bu değişim sonucu çıkış basıncı ve çarkın ihtiyacı olan tork değeri değişir. Bu üç değer her seferinde takip edilir. Debi tanımlamasından sonra salyangoz içinden çıkan akışkanın çıkış şartları tanımlanır. Çıkış şartları için atmosfer şartları kabul edilmiştir.



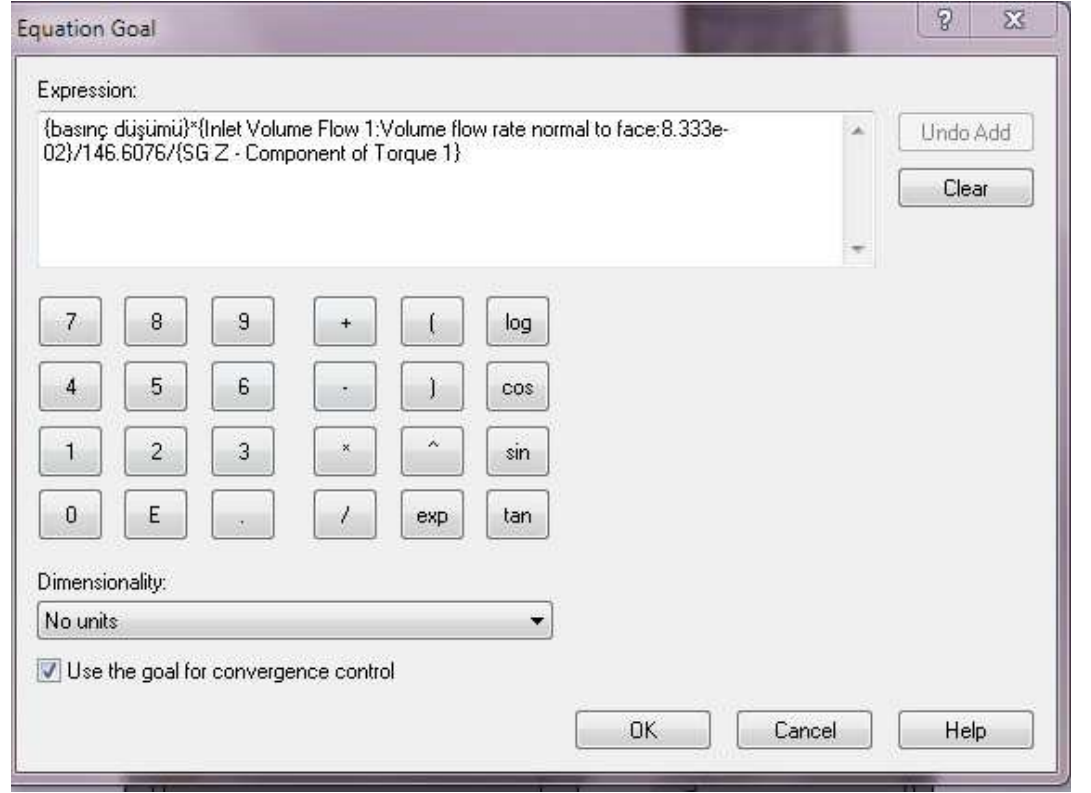
Şekil 3.28 Çıkış şartları tanımlama

Çıkış şartlarından sonra verim için gerekli olan verilen enerjiyi hesaplayabilmek için çarkın akışkanı basınçlandırması için gerek tork değerini hesaplatmamız gerekmektedir. Çark tork değeri sol menü ağacından tüm seçilerek tanımlanır. Çarkın dönme hızı rotating region yani dönen bölge kısmından seçilir. Tanımlama alanına daha önceden dönen bölge olarak tanımladığımız parça seçilir. Parçanın dönme hızı 2800 rpm olarak girilir.



Şekil 3.29 Çark tanımlaması

Tüm bu işlemler sonucu verimi de verim formülünü el ile girerek hesaplayabiliriz. Sol menü ağacında goal kısmı altında yeni diyerek tanımlama işlemini başlatırız. İstenilen kısımda equation goal yani denklem girdisi seçilir. Önceki konuda anlatıldığı üzere verim formülü el ile girilir.

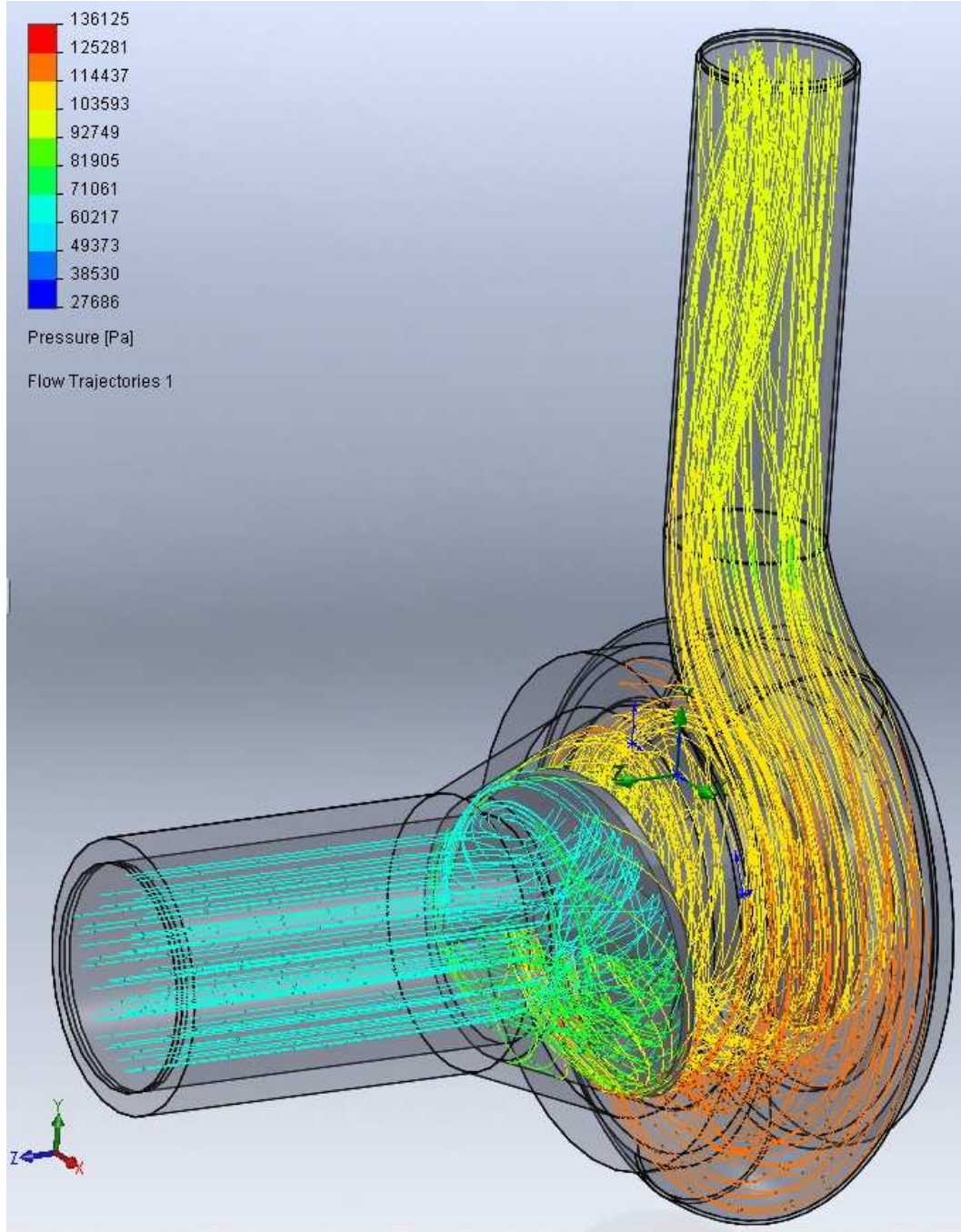


Şekil 3.30 Verim formülü girişi

3.8. Solidworks flow simulation ile elde edilen sonuçlar

3.8.1. DN150–100 Modeli

Tanımlama işlemleri ve sonuç girdileri yapıldıktan sonra run komutu ile program çözmeye bırakılır. Program çözücüsü otomatik olarak tanımladığı yakınsama kriterlerine göre problemi çözer. Problem çözümü bittikten sonra ana ekrana dönüş gerçekleşir. Sol menü ağacından flow trejectories sekmesi ile akım iplikçikleri izlenebilir.

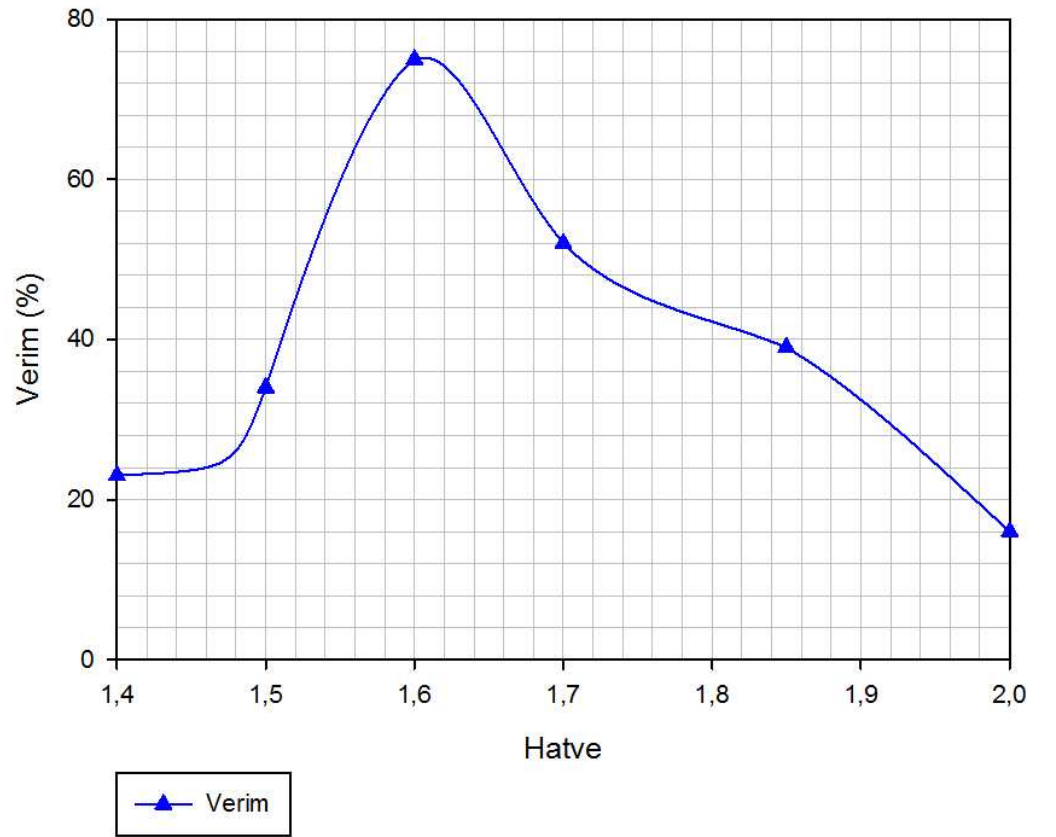


Şekil 3.31 Montaj dosyasında basınç çizgilerinin incelenmesi

3.8.9. Hatve değişiminin verime etkisi

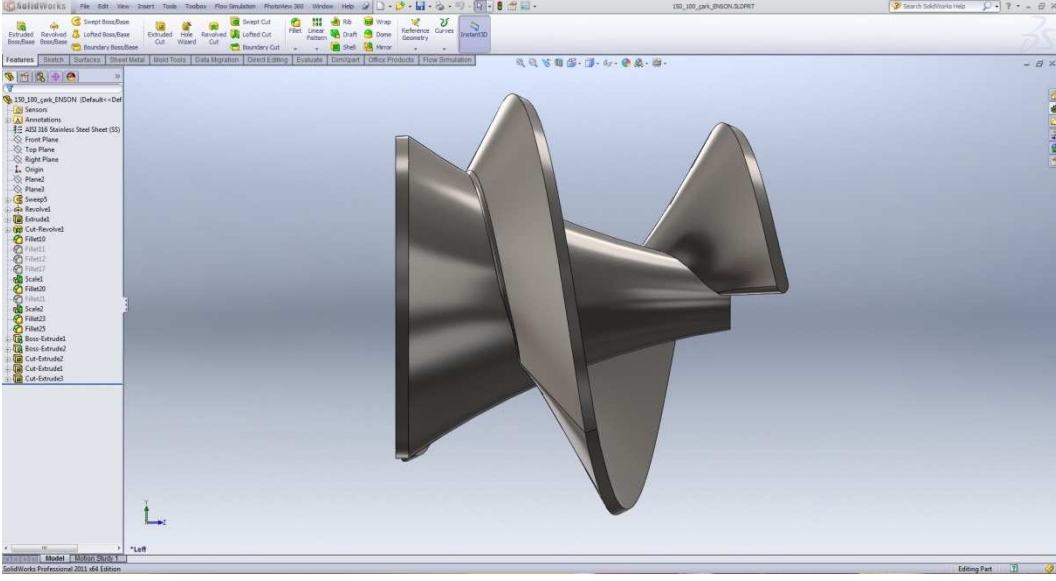
Nümerik analiz sonucu, hatve değerinin değiştirilmesi ile elde edilen verimdeki değişme aşığıdaki grafikte gösterilmiştir.

Hatve değişiminin verime etkisi

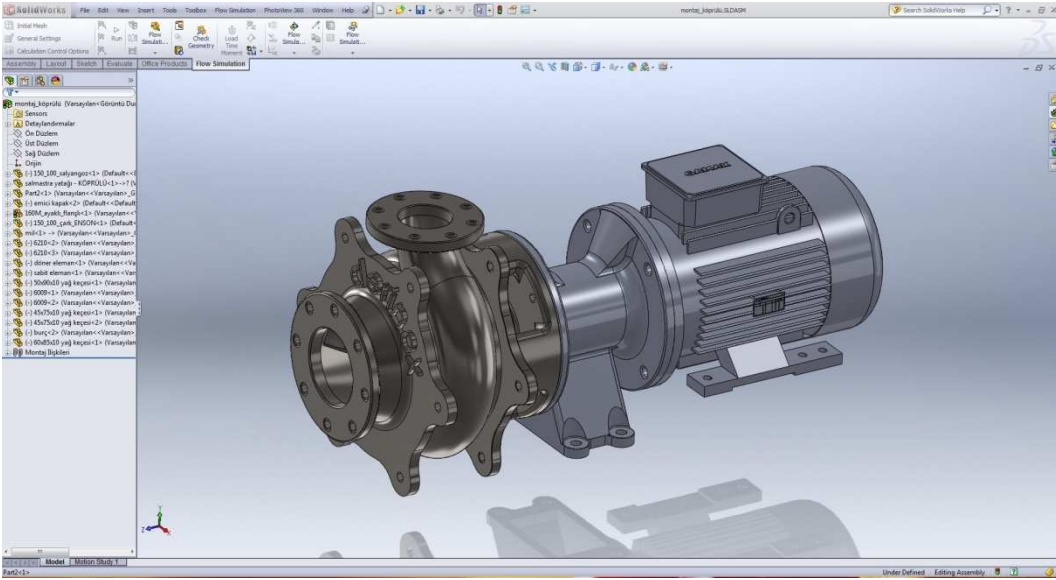


Şekil 3.32 Hatve değişiminin verime etkisi

Bu sonuçlar doğrultusunda en verimli noktanın hatve değerinin yaklaşık 1,6 değeri olduğu görölmektedir. Ayrıca, analizler sonucunda, çarkın arka çaplarının daralan koni biçiminde olması durumunda verimin arttığı saptanmış ve bu da DN150'ye uygulanmıştır.



Şekil 3.33 Üretimi gerçekleştirilecek olan çark



Şekil 3.34 Hesaplaması biten ürünün gerçek montajı

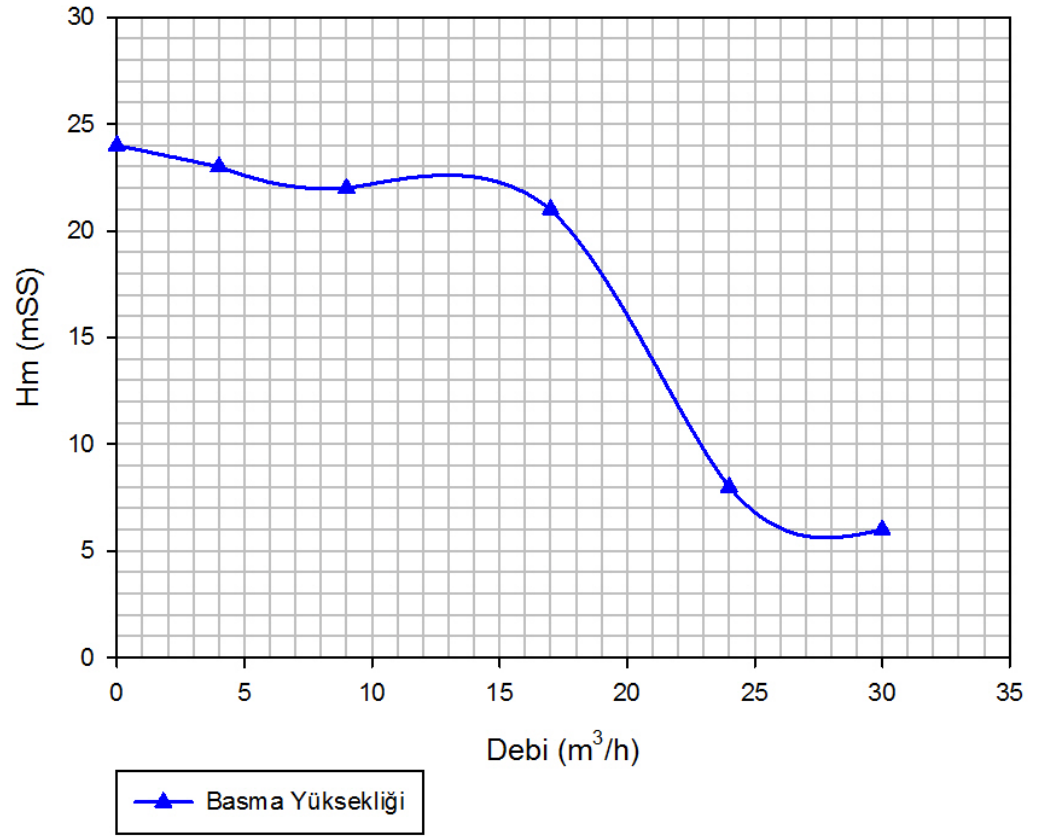
3.8.9.1. DN80 ölçüsüne sahip pompanın nümerik sonuçları

Çizelge 3.3’de, DN80 için nümerik analiz sonuçları verilmektedir. Daha sonra da, Şekil 3.42-3.44’de bu sonuçlar grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 3.3 SCP80 Nümerik analiz sonuçları

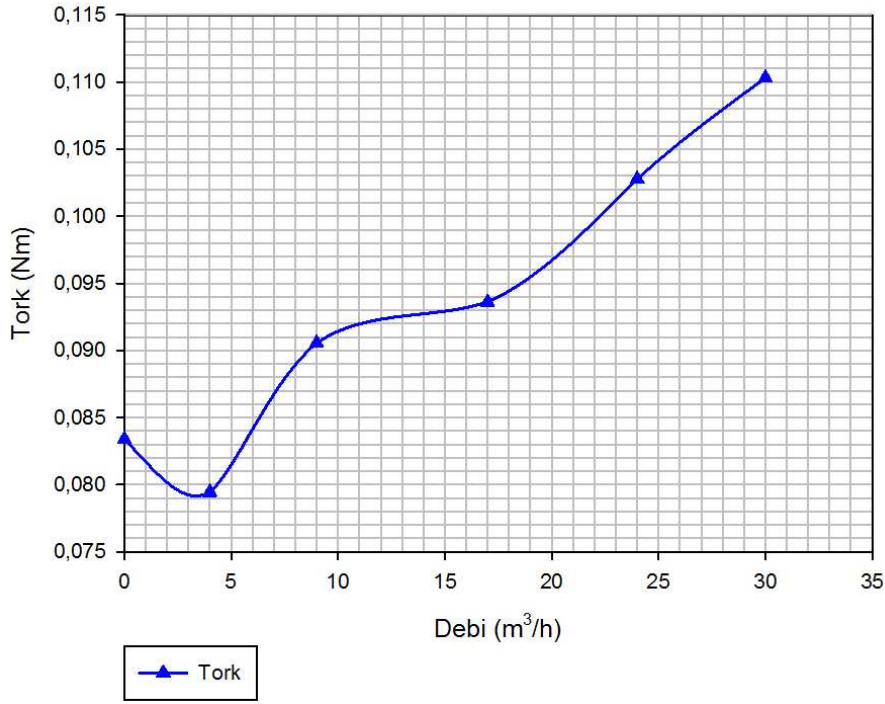
Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)	ΔP (mSS)	rpm	W (radyan)	T (Nm)	Güç (Watt)	Verim (%)
30	0,0083333333	6	2800	293,2153143	0,110305135	32,34315476	15,12
24	0,0066666667	11	2800	293,2153143	0,141312921	41,43511265	17,31
17	0,0047222222	23	2800	293,2153143	0,102514483	30,0588165	35,34
9	0,0025	25	2800	293,2153143	0,102900644	30,17204467	20,26
4	0,0011111111	26	2800	293,2153143	0,089806678	26,33269338	10,73
0	0	27	2800	293,2153143	0,083369951	24,44534645	0

Nümerik Analiz - Basma Yüksekliği Eğrisi



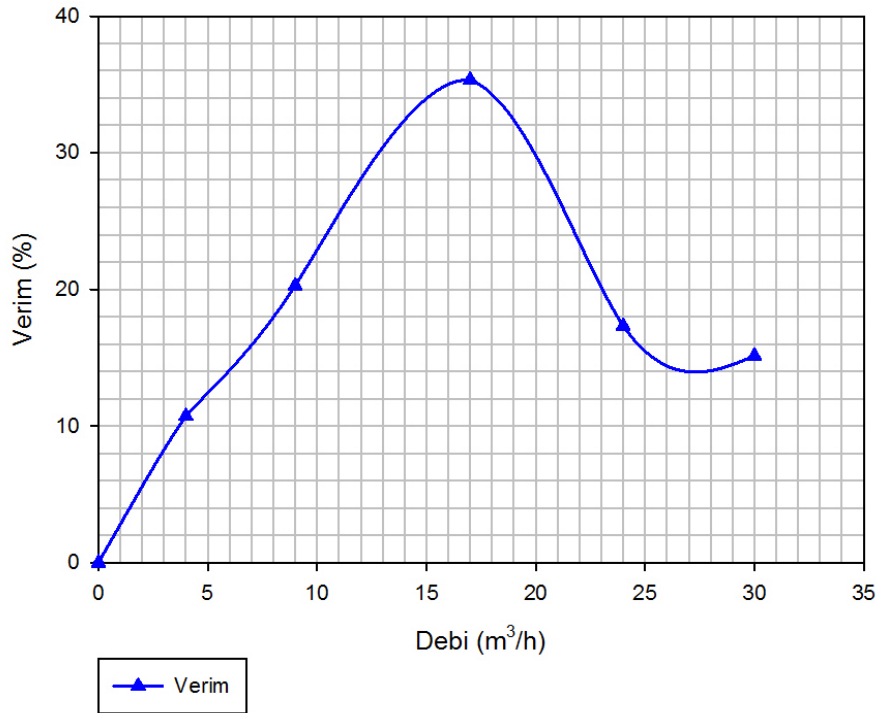
Şekil 3.35 SCP80 Nümerik analiz sonuçlarına göre basma yüksekliği - debi eğrisi

Nümerik Analiz - Tork Eğrisi



Şekil 3.36 SCP80 Nümerik analiz sonuçlarına göre tork – debi eğrisi

Nümerik Analiz - Verim Eğrisi



Şekil 3.37 SCP80 Nümerik analiz sonuçlarına göre verim - debi eğrisi

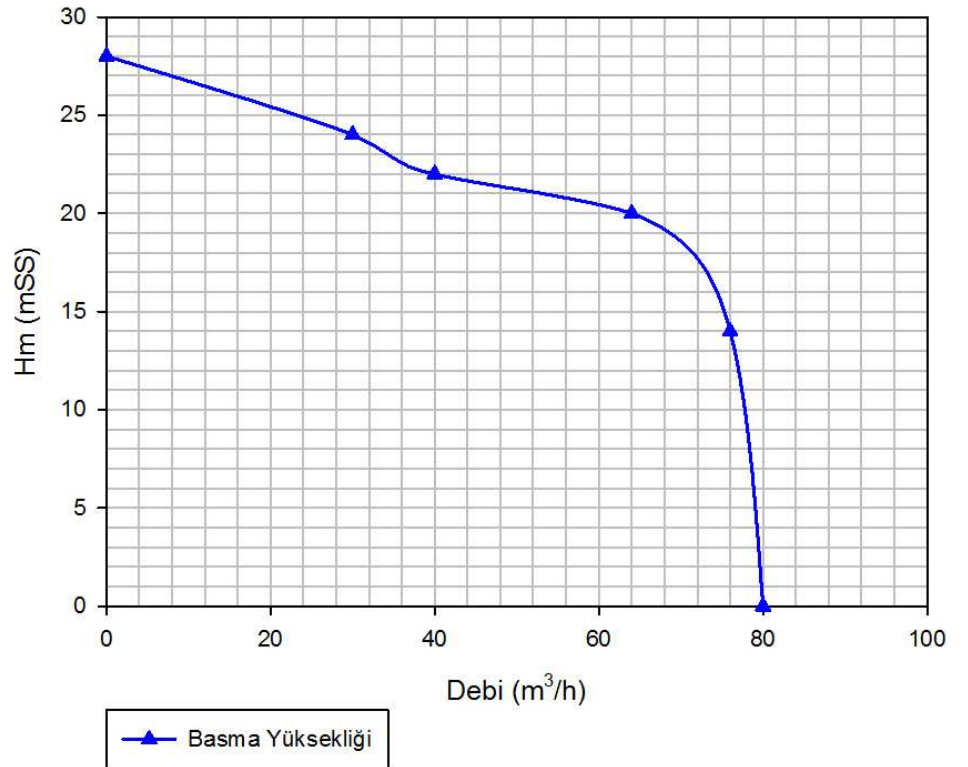
3.8.9.2 DN125 ölçüsüne sahip pompanın nümerik sonuçları

Çizelge 3.4’de, DN125 için nümerik analiz sonuçları verilmektedir. Daha sonra da, Şekil 3.45-3.47’da bu sonuçlar grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 3.4 SCP125 Nümerik analiz sonuçları

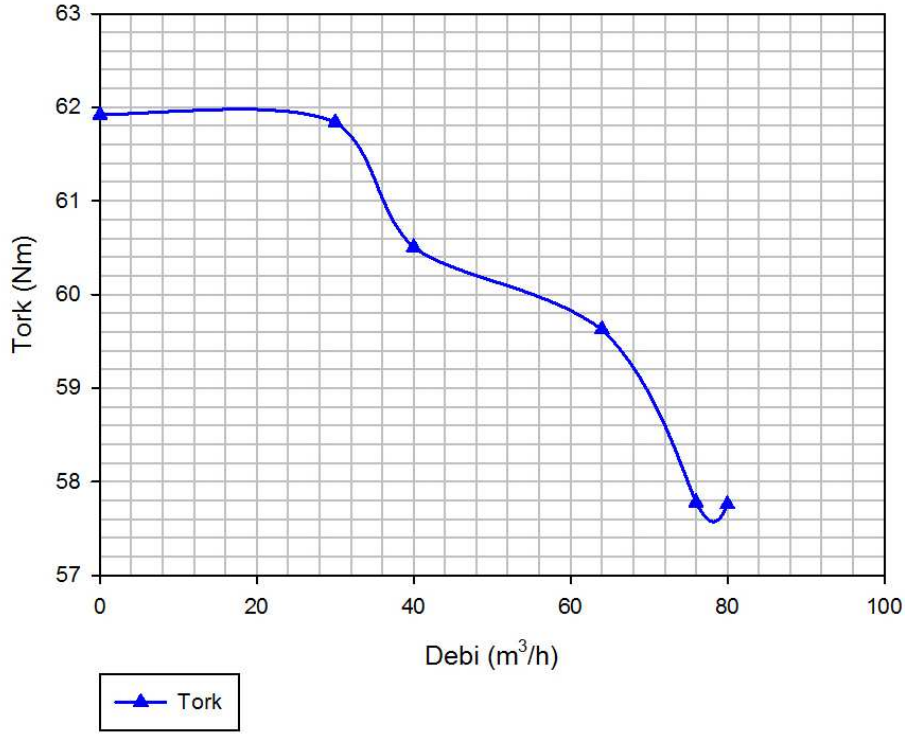
Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)	ΔP (mSS)	rpm	W (radyan)	T (Nm)	Güç (watt)	Verim (%)
80	0,022222	0	2800	293,2153143	57,7582383	310,6456845	0
76	0,021111	17	2800	293,2153143	57,78022513	122,5606809	28,64
64	0,017778	23	2800	293,2153143	59,62614485	107,7361638	37,12
40	0,011111	25	2800	293,2153143	60,5044346	111,1175869	24,45
30	0,008333	27	2800	293,2153143	61,83937249	111,1428409	19,8
0	0	30	2800	293,2153143	61,91675575	226,6579567	0

Nümerik Analiz - Basma Yüksekliği Eğrisi



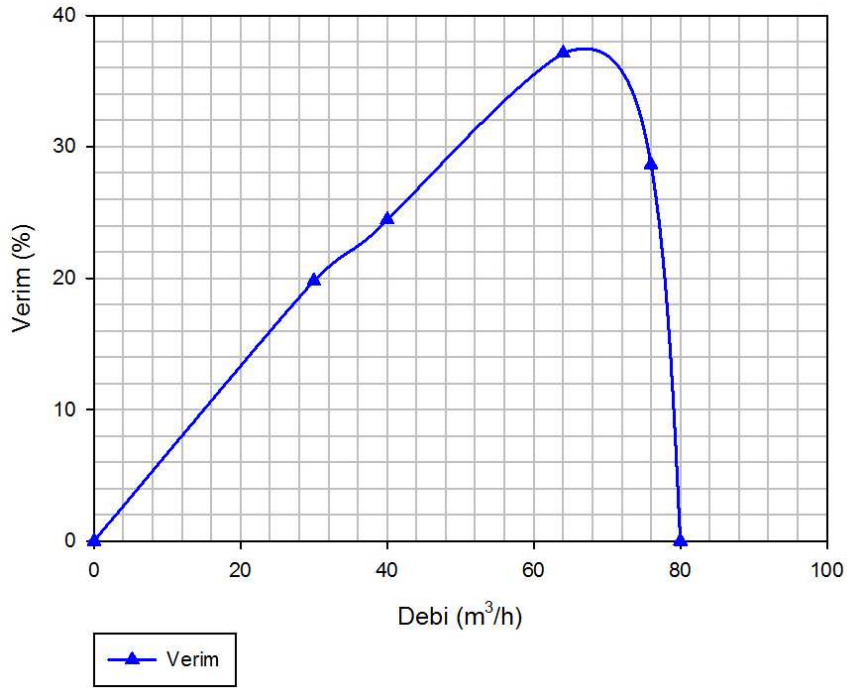
Şekil 3.38 SCP125 Nümerik analiz sonuçlarına göre basma yüksekliği - debi eğrisi

Nümerik Analiz - Tork Eğrisi



Şekil 3.39 SCP125 Nümerik analiz sonuçlarına göre tork - debi eğrisi

Nümerik Analiz - Verim Eğrisi



Şekil 3.40 SCP125 Nümerik analiz sonucu verim - debi eğrisi

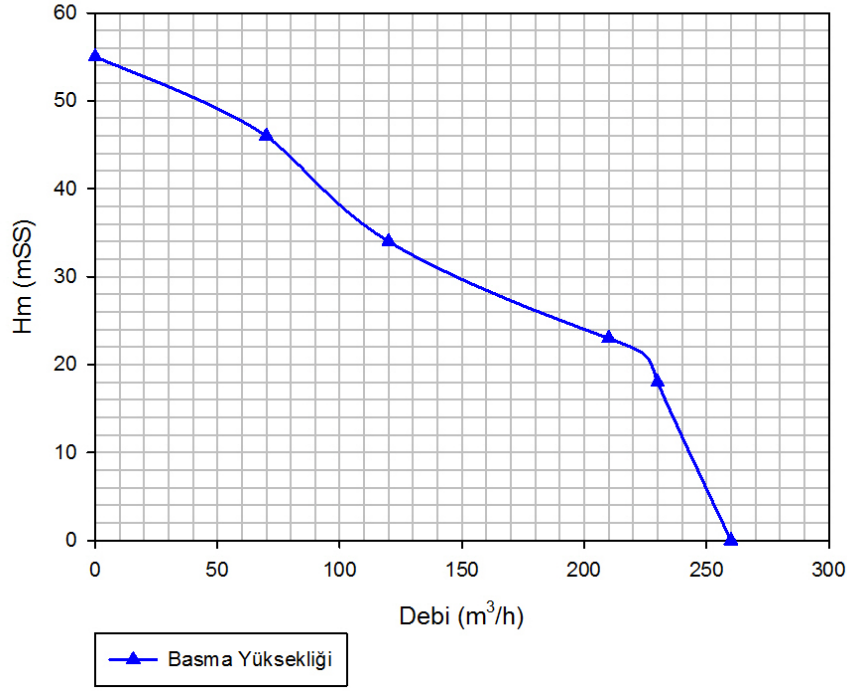
3.8.9.3 DN150 ölçüsüne sahip pompanın nümerik sonuçları

Çizelge 3.5’de, DN125 için nümerik analiz sonuçları verilmektedir. Daha sonra da, Şekil 3.48-3.50’de bu sonuçlar grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 3.5 SCP150 Nümerik analiz sonuçları

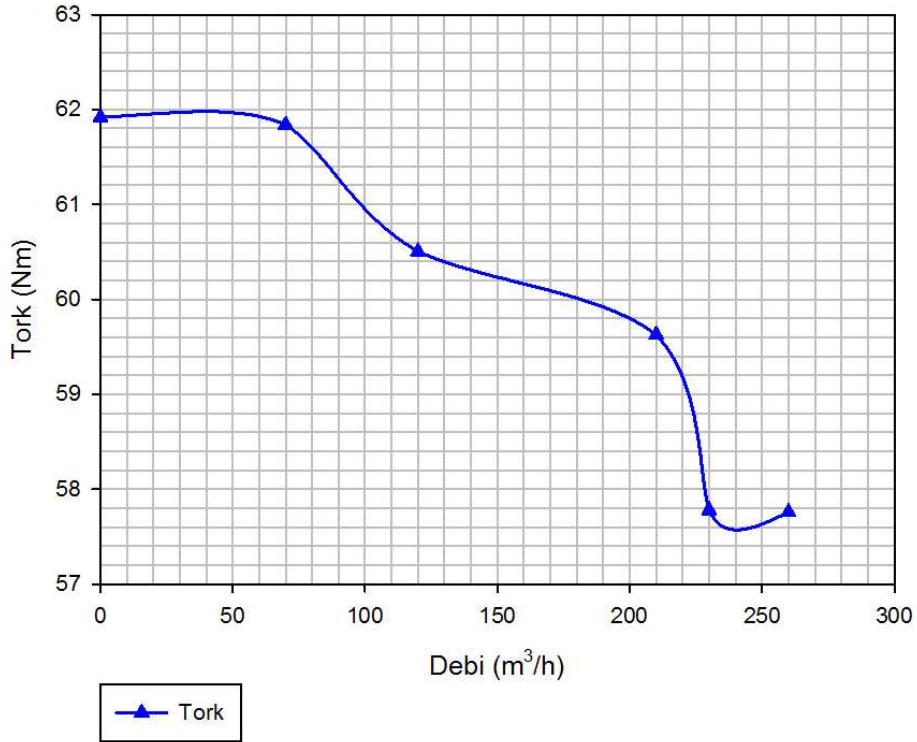
Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)	Hm (mSS)	rpm	W (radyan)	T (Nm)	Güç (watt)	Verim (%)
260	0,072222222	0	2800	293,2153143	57,7582383	16935,6	0
230	0,063888889	18	2800	293,2153143	57,78022513	16942,04688	66,389
210	0,058333333	23	2800	293,2153143	59,62614485	17483,2988	75,056
120	0,033333333	34	2800	293,2153143	60,5044346	17740,82681	62,481
70	0,019444444	46	2800	293,2153143	61,83937249	18132,25104	48,2465
0	0	55	2800	293,2153143	61,91675575	18154,941	0

Nümerik Analiz - Basma Yüksekliği Eğrisi



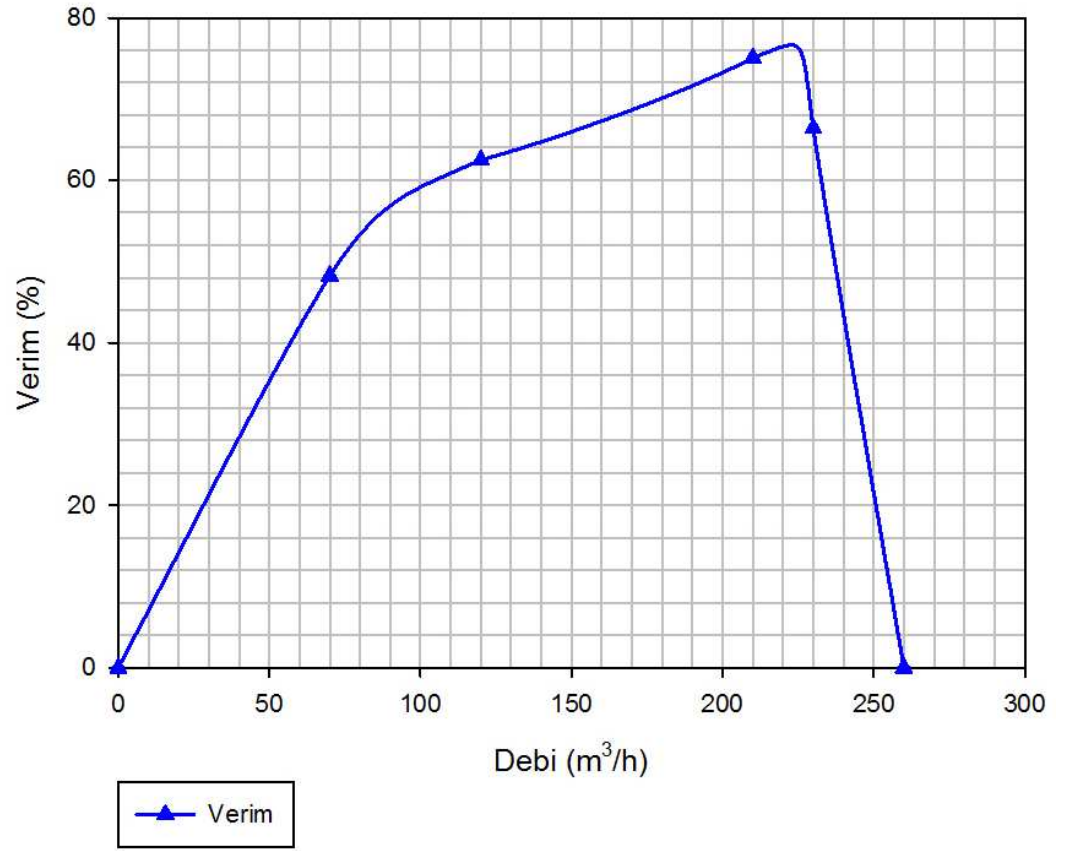
Şekil 3.41 SCP150 Nümerik analiz sonucu Basma Yüksekliği – Debi eğrisi

Nümerik Analiz - Tork Eğrisi



Şekil 3.42 SCP150 Nümerik analiz sonucu Tork – Debi eğrisi

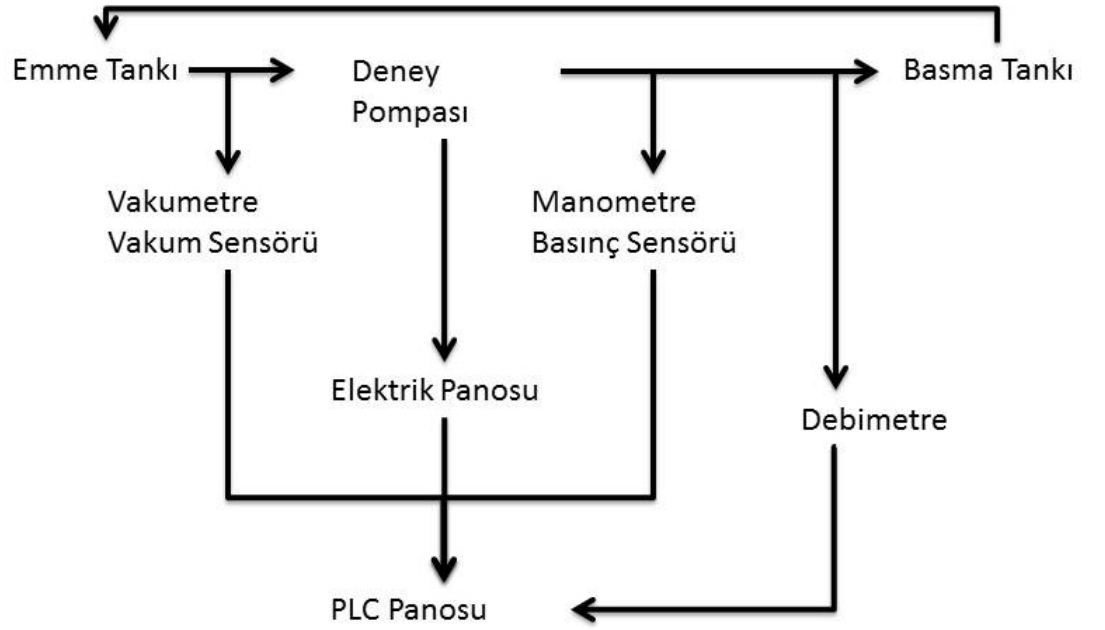
Nümerik Analiz - Verim Eğrisi



Şekil 3.43 SCP150 Nümerik analiz sonucu Verim – Debi eğrisi

4. DENEYSEL YÖNTEM

DN80 ve DN125 ölçülerine sahip helisel çarklı pompayı test etmek için, aşağıdaki sistem kullanılmıştır. Deney düzeneği Şekil 4.1 de gösterilmiş olup düzenekteki elemanlar aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 4.1 Deney sistemi akış şeması



Şekil 4.2 Deney sistemi emiş tankı



Şekil 4.3 Deney sistemi basma hattı

4.1 Deney Sistemi

Sistem elemanları;

Emme tankı,

Giriş kolektörü,

Çıkış kolektörü,

Emme hattı vakum metresi,

Emme hattı vakum sensörü,

Basma hattı manometresi,

Basma hattı basınç sensörü,

Basma hattı debimetresi,

Basma hattı plc kontrollü kısılma vanası,

Basma hattı el ile kontrollü vanası,

Basma hattı boşalma tankı,

Geri besleme hattı

Elektrik besleme panosu

olarak belirtilmiştir. Emme tankında yaklaşık olarak oda sıcaklığına yakın 20°C su bulunmaktadır. Suyun yoğunluğu 997,7kg/m³ olarak hesaba katılacaktır.

Test yapılacak pompa, emme tankının bağlı olduğu giriş kolektörü ile basma kolektörü arasına bağlanır. Pompa motorunun harcadığı enerjinin ölçülebilmesi için ise elektrik motoru, bilgisayar kontrollü plc panosuna bağlanır. Test sırasında emme hattındaki vakum, emme hattı vakumetresinde göz ile takip edilirken bir yandan da emme hattı vakum sensörü ile bilgisayara aktarılır. Çıkış

kollektöründen sonra ise basma hattı manometresinden okunurken, basma hattı basınç sensörü ile bilgisayara veri aktarılır. Hattın sonuna yakın bulunan debimetre ile hat boyunca geçen akışkanın debisi okunur. Bilgisayar kontrolünde deney başlatılır. İstenilen zaman aralığında, otomatik kontrollü olarak pompa çalıştırılır ve hat sonunda mevcut vana kısılmaya tabi tutulur. Kısılma devam ederken diğer iki sensör ve sayısal debimetreden veriler kaydedilmeye devam edilir. Deney sonucunda vana tamamen kısılrken debimetre 0 değerini okur ve deney otomatik olarak durur. Bilgisayardaki değerler zamana bağlı olarak çıkarılır. Elektriksel değerler akım üzerinden okunduğu için bu değerler 3faz veya 2faz durumuna göre enerji birimine çevrilir. Basınç ve vakum sensörlerinden gelen değerler ise bar birimindedir. Bu değerler dönüşüm yapılarak mSS birimine çevrilir. Değerler excel tablosundan alınarak istenilen basma yüksekliği – debi ve güç – debi eğrileri elde edilir.

4.2. DN80 ölçüsüne sahip pompa değerleri



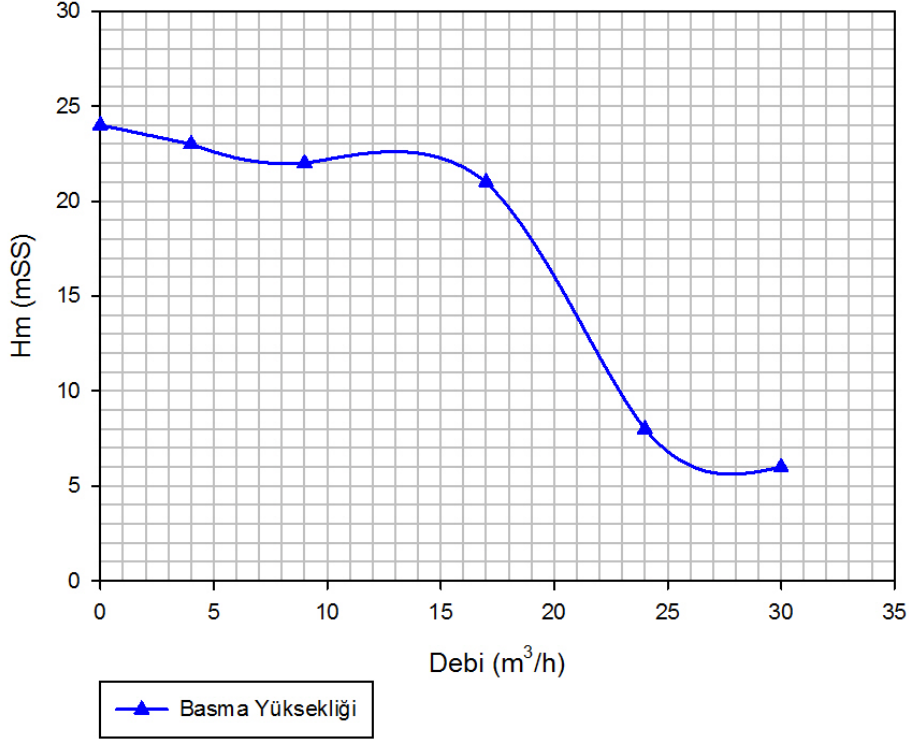
Şekil 4.4 SCP80 Helis çarklı pompa

Çizelge 4.1’de, DN80 için deney sonuçları verilmektedir. Daha sonra da, Şekil 4.5-4.8’de bu sonuçlar grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 4.1 SCP80 Deney sonuçları

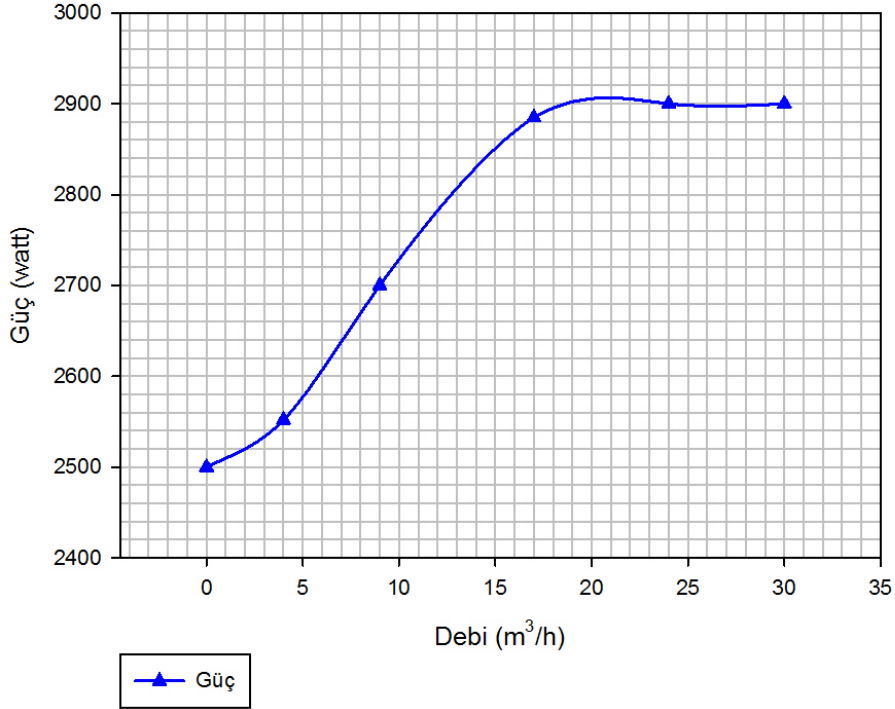
Q m ³ /h	Hm	Güç (watt)	Verim %
30	6	2900	16,86305
24	8	2900	17,98726
17	21	2885	33,61894
9	22	2700	19,92338
4	23	2552	9,794197
0	24	2500	0

Deney - Basma Yüksekliği Eğrisi



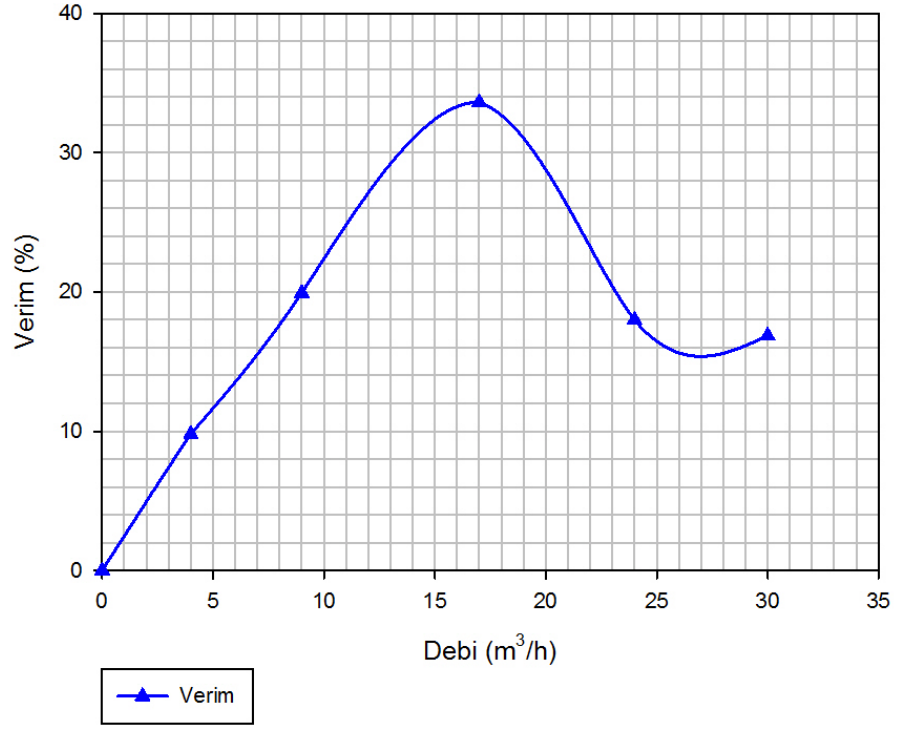
Şekil 4.5 SCP80 Deney sonuçlarına göre basma yüksekliği – debi eğrisi

Deney - Güç Eğrisi

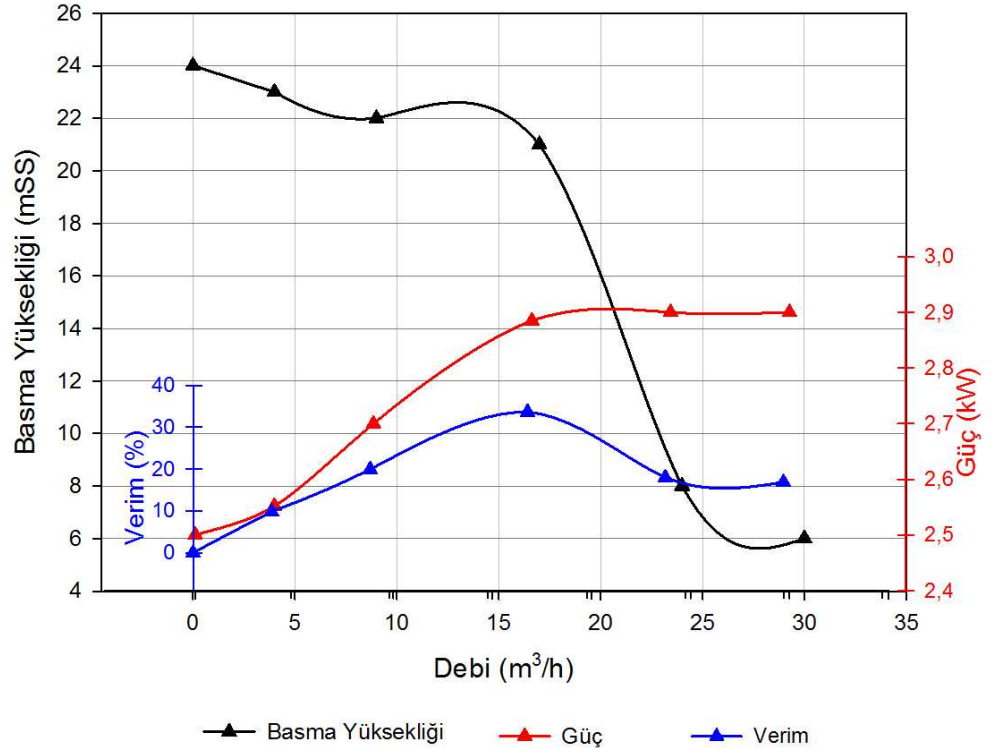


Şekil 4.6 SCP80 Deney sonuçlarına göre güç – debi eğrisi

Deney - Verim Eğrisi



Şekil 4.7 SCP80 Deney sonuçlarına göre verim - debi eğrisi



Şekil 4.8 DN80 ölçüsüne sahip pompanın performans eğrileri

4.3. DN125 ölçüsüne sahip pompa değerleri,



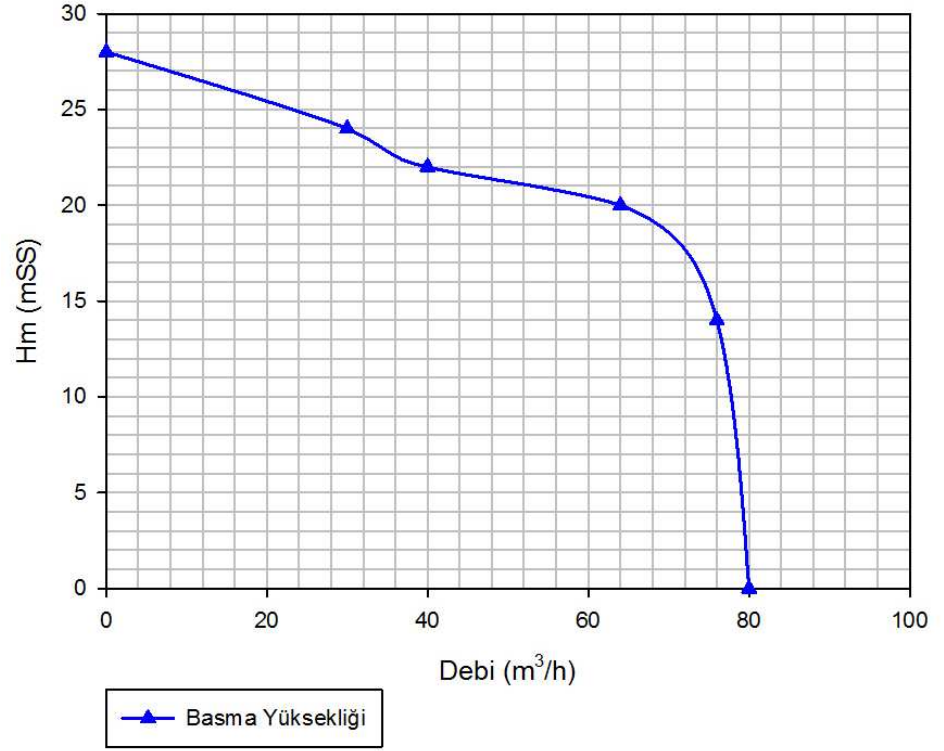
Şekil 4.9 SCP125 Helis çarklı pompa

Çizelge 4.2’de, DN125 için deney sonuçları verilmektedir. Daha sonra da, Şekil 3.10-3.12’de bu sonuçlar grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 4.2 SCP125 Deney sonuçları

Q m ³ /h	Hm	Güç	Verim %
80	0	10100	0
76	14	10000	28,90702
64	20	9500	36,60564
40	22	9550	25,03462
30	24	9400	20,80972
0	28	9350	0

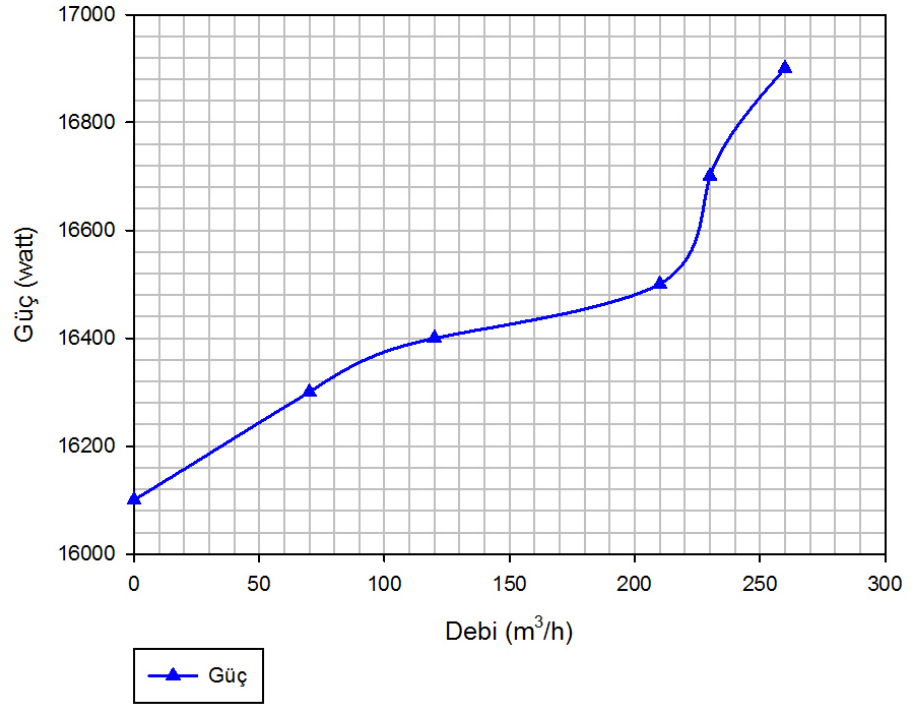
Deney - Basma Yüksekliği Eğrisi



Şe

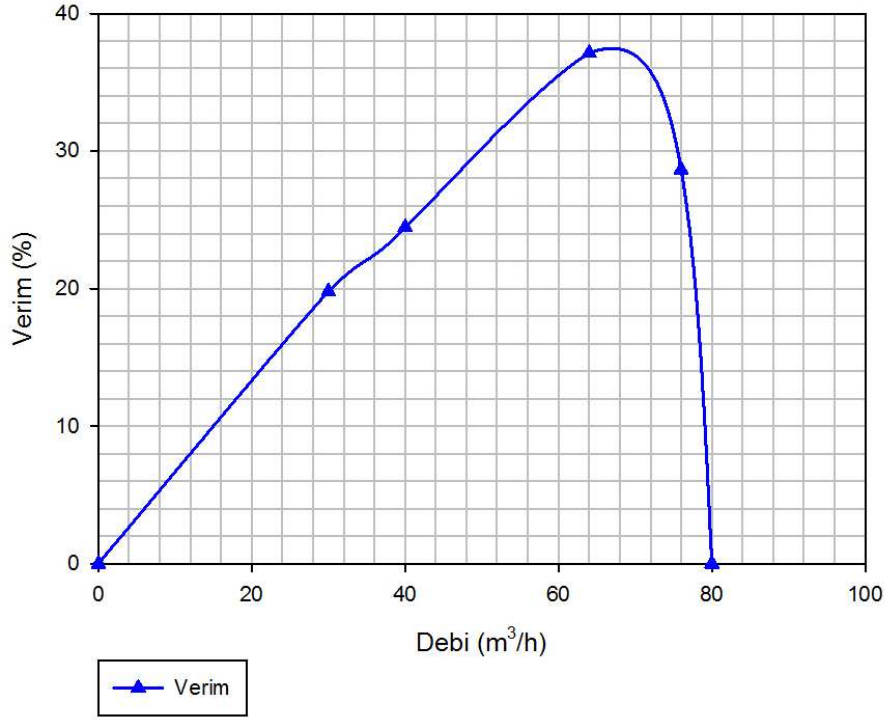
kil 4.10 SCP125 Deney sonuçlarına göre basma yüksekliği - debi eğrisi

Deney - Güç Eğrisi

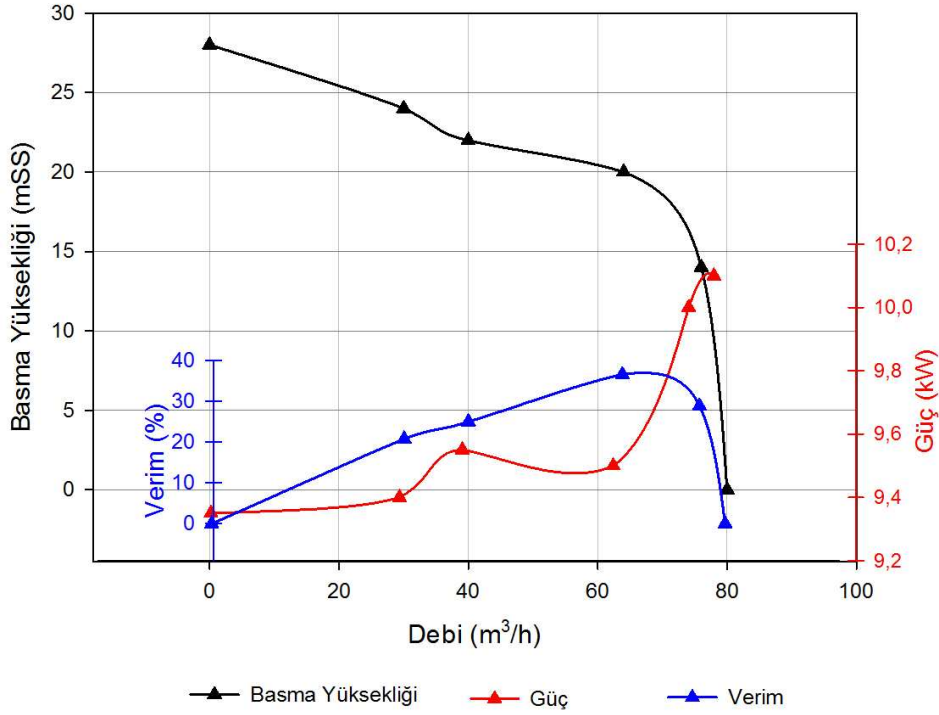


Şekil 4.11 SCP125 Deney sonuçlarına göre güç - debi eğrisi

Nümerik Analiz - Verim Eğrisi

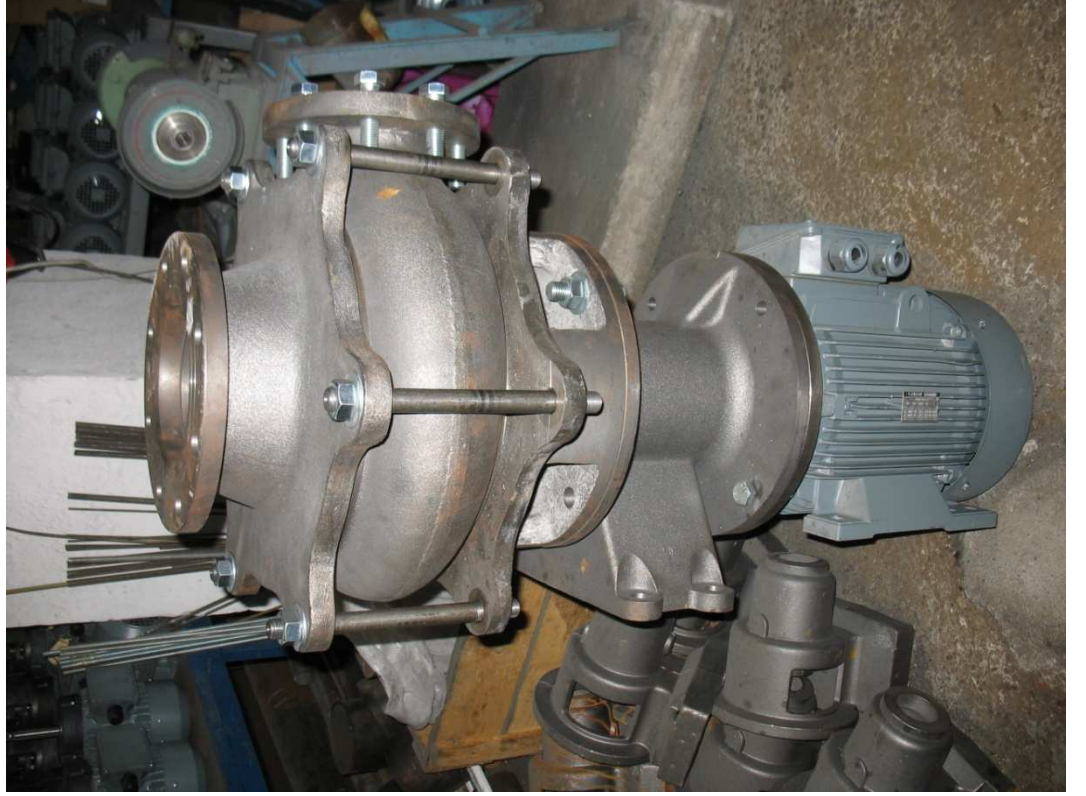


Şekil 4.12 SCP125 Deney sonuçlarına göre verim - debi eğrisi



Şekil 4.13 DN125 ölçüsüne sahip pompanın performans eğrileri

4.4. DN150 ölçüsüne sahip pompa değerleri,



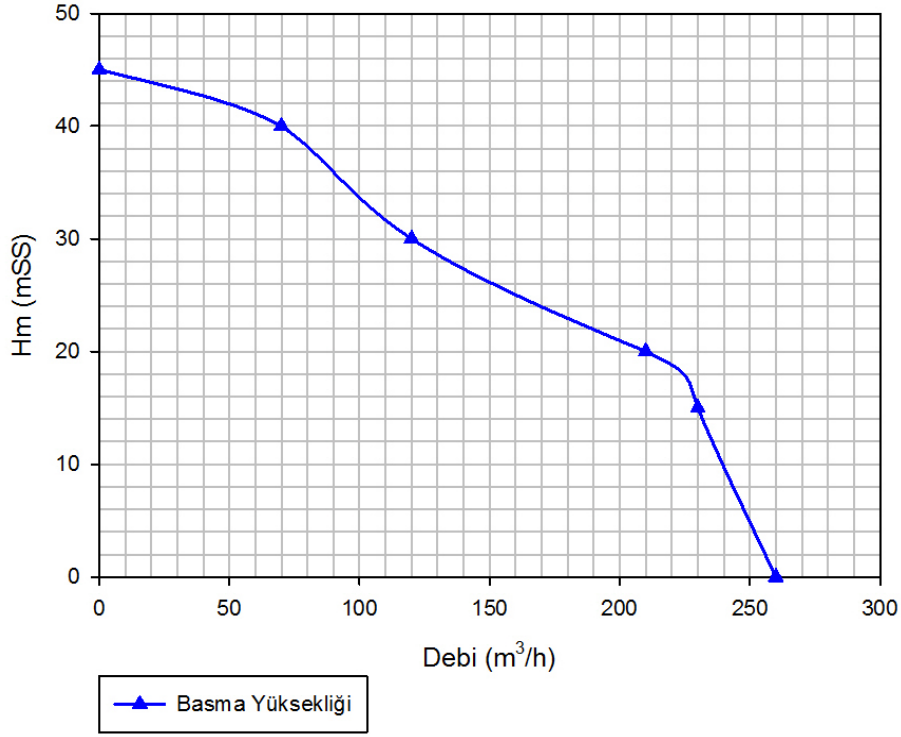
Şekil 4.14 SCP150 montaj resmi

Çizelge 4.3’de, DN150 için deney sonuçları verilmektedir. Daha sonra da, Şekil 4.15-4.17’de bu sonuçlar grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 4.3 SCP150 Deney sonuçları

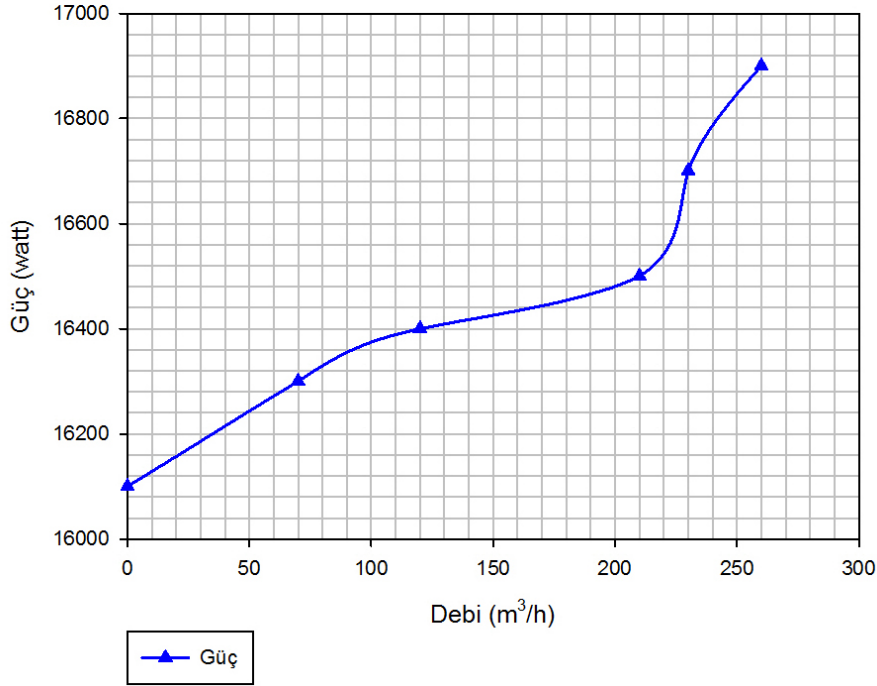
Q (m ³ /h)	H _m (mSS)	Güç (watt)	Verim (%)
260	0	16900	0
230	15	16700	56,12
210	20	16500	69,15
120	30	16400	59,63
70	40	16300	46,66
0	45	16100	0

Deney - Basma Yüksekliği Eğrisi



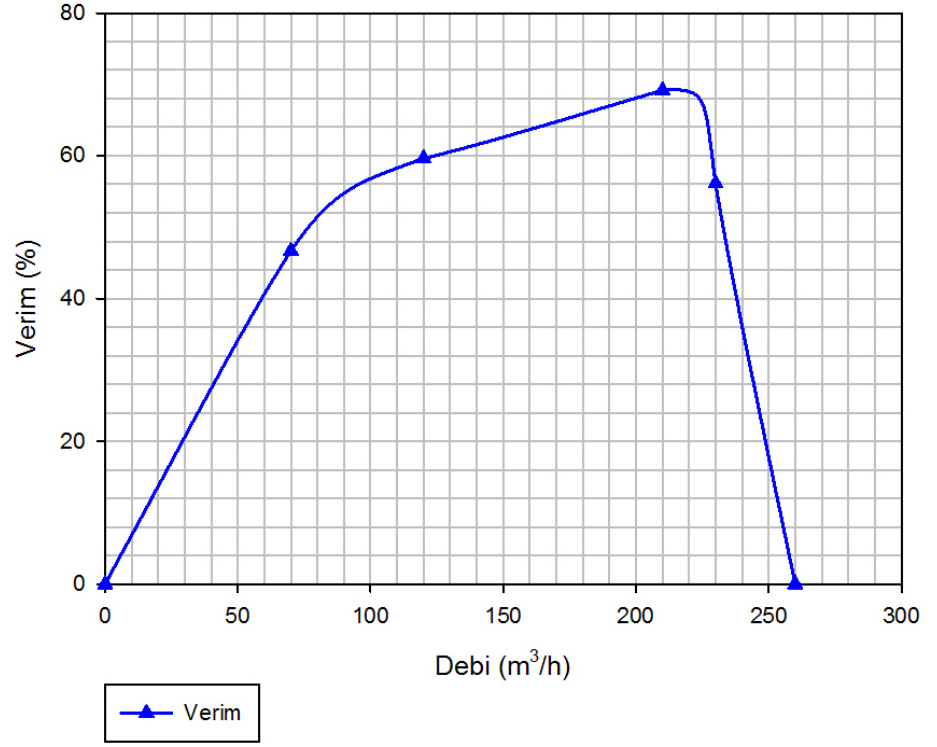
Şekil 4.15 SCP150 Deney sonucu Basma Yüksekliği – Debi eğrisi

Deney - Güç Eğrisi

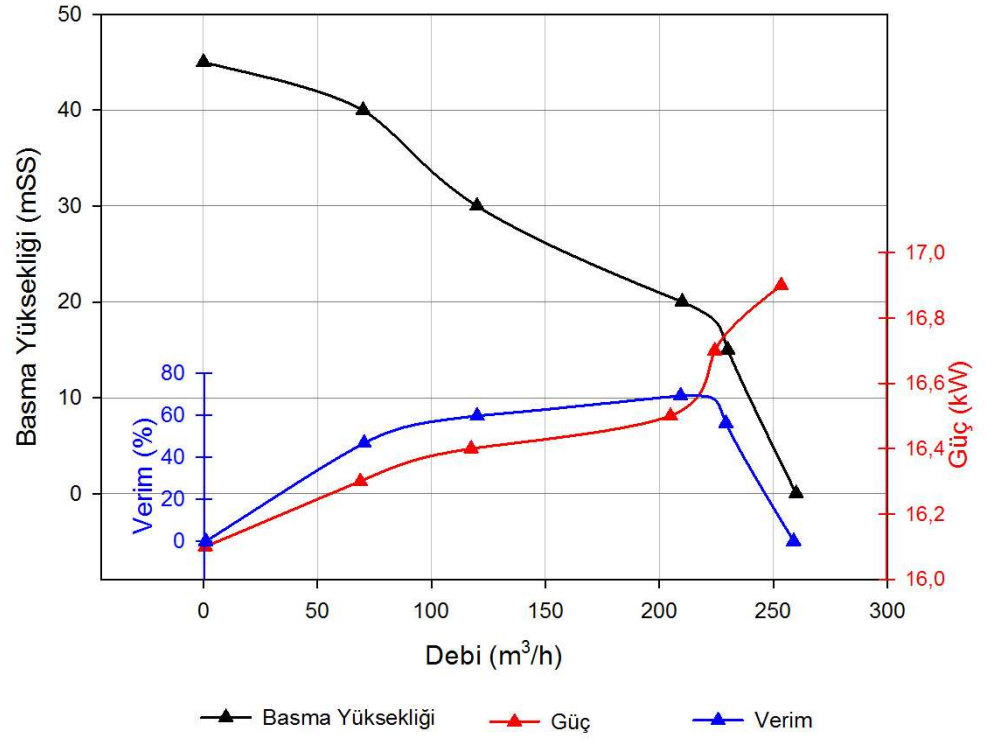


Şekil 4.16 SCP150 Deney sonucu Güç – Debi eğrisi

Deney - Verim Eğrisi

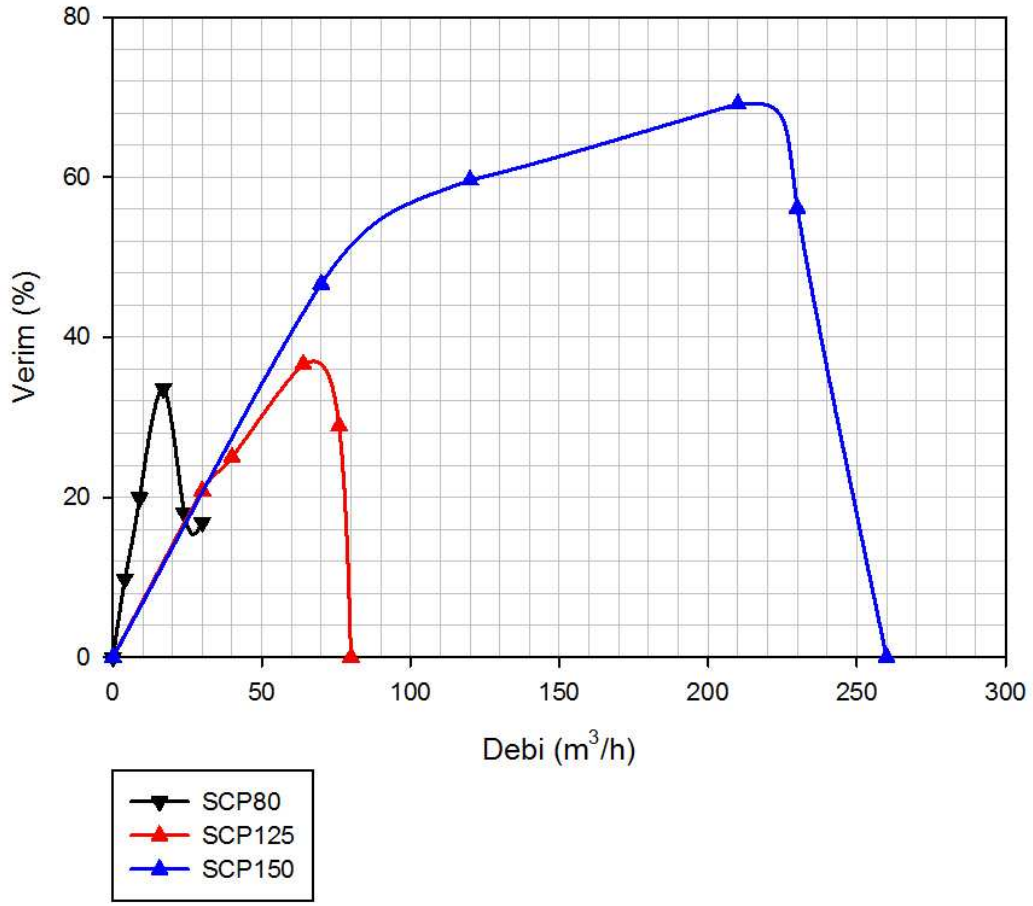


Şekil 4.17 SCP150 Deney sonucu Verim – Debi eğrisi



Şekil 4.18 DN150 ölçüsüne sahip pompanın performans eğrileri

Karşılaştırma Eğrileri



Şekil 4.19 Karşılaştırma eğrileri (Deney)

5. NÜMERİK ve DENEYSEL SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Tasarımı yapılan DN80 ölçülerindeki pompa için bilgisayar modellemesi sonucu yapılan flow simulation çözümünde, verim değeri maksimum %34 bulunmuştur. Pompa üretilip deney standında teste tabi tutulduktan sonra yapılan incelemede, maksimum verim değerinin %36 olduğu görülmüştür. İki eğri birbiriyle karşılaştırılırsa, deney düzeneği ile bilgisayar tasarımında bulunan sonuçlar arasında %2'lik bir sapma vardır.

Daha sonra bilgisayarda modellenen DN125 ölçülerine sahip helisel çarklı pompada nümerik verim değeri, maksimum %35 hesaplanmıştır. Pompa imalatı tamamlandıktan sonra pompa test düzeneğinde yapılan ölçüm ve hesaplama sonucunda, maksimum verim değeri %36,5 olarak hesaplanmıştır. Bunun sonucunda bilgisayar hesaplaması ve gerçek deney sonuçları arasında %1,5 fark bulunmuştur.

İmalatı gerçekleştirilen her iki pompa için tasarım sürecinde bulunan değerler ile gerçekte hesaplanan verim değerleri arasında pompa imalatı için küçük sayılabilecek fark değerleri yakalanmıştır.

DN150 modelinde ise, çark tasarımında kullanılan hesaplamalı akışkanlar mekaniği programı sayesinde, çark verimi gözle görülür değerde artmıştır. Bu şekilde, çark geometrisinin verime direk etkisi kanıtlanmıştır.

DN80, DN125 ve nümerik yöntem ile geliştirilerek üretilen DN150 için elde edilen nümerik ve deneysel sonuçlar ile deney-nümerik yöntem arasındaki fark değerleri, çizelge 5.1, çizelge 5.2, çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 SCP80 Karşılaştırma tablosu

Nümerik Analiz				Deney				
Q (m ³ /h)	Hm (m)	Güç (watt)	Verim (%)	Q (m ³ /h)	Hm (m)	Güç (watt)	verim %	Fark (%)
0	6	32,34315476	15,12	30	6	2900	16,86305	-1,74305
0	11	41,43511265	17,31	24	8	2900	17,98726	-0,67726
0	23	30,0588165	35,34	17	21	2885	33,61894	1,721056
0	25	30,17204467	20,26	9	22	2700	19,92338	0,336617
0	26	26,33269338	10,73	4	23	2552	9,794197	0,935803
0	27	24,44534645	0	0	24	2500	0	0

Çizelge 5.2 SCP125 Karşılaştırma tablosu

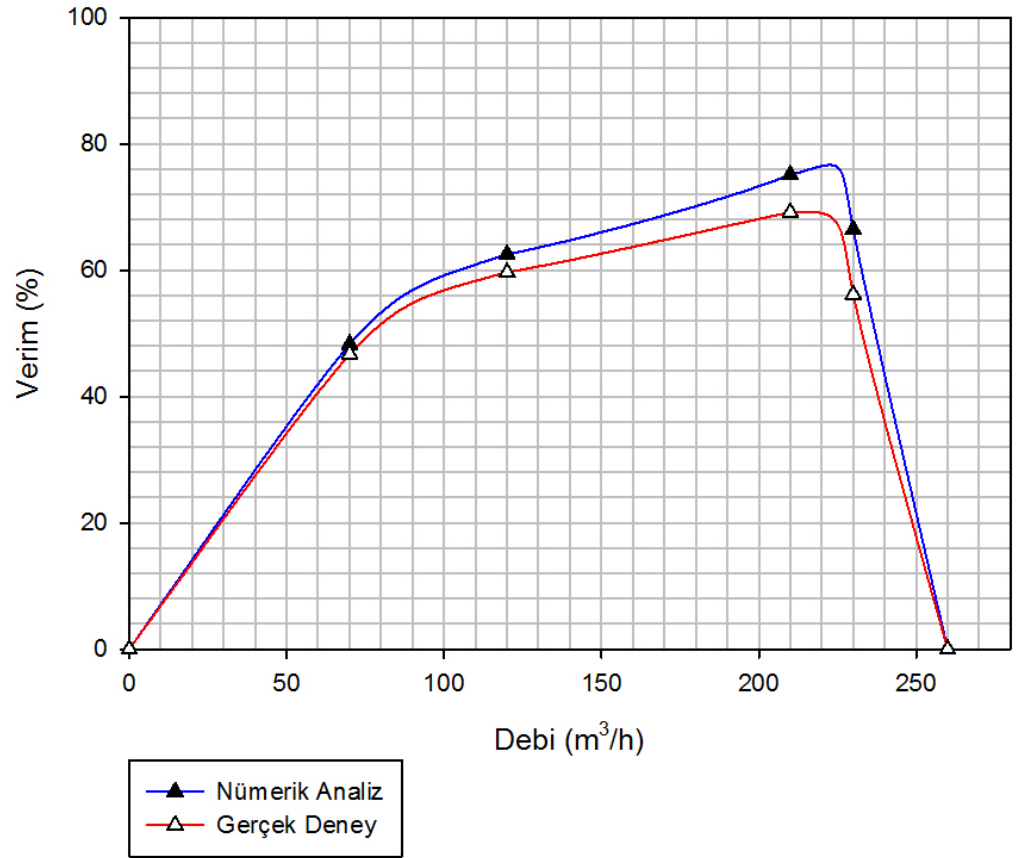
Nümerik Analiz				Deney				
Q (m ³ /h)	Hm (m)	Güç (watt)	Verim (%)	Q (m ³ /h)	Hm (m)	Güç (watt)	verim (%)	Fark (%)
80	0	310,6456845	0	80	0	10100	0	0
76	17	122,5606809	28,64	76	14	10000	28,90702	-0,26702
64	23	107,7361638	37,12	64	20	9500	36,60564	0,514358
40	25	111,1175869	24,45	40	22	9550	25,03462	-0,58462
30	27	111,1428409	19,8	30	24	9400	20,80972	-1,00972
0	30	226,6579567	0	0	28	9350	0	0

Çizelge 5.3 SCP150 Karşılaştırma sonuçlar

Nümerik Analiz				Deney				
Q (m ³ /h)	Hm (m)	Güç (watt)	Verim (%)	Q (m ³ /h)	Hm (m)	Güç (watt)	verim (%)	Fark (%)
260	0	16935,6	0	260	0	16900	0	0
230	18	16942,05	66,389	230	15	16700	56,12	10,269
210	23	17483,3	75,056	210	20	16500	69,15	5,906
120	34	17740,83	62,481	120	30	16400	59,63	2,851
70	46	18132,25	48,2465	70	40	16300	46,66	1,5865
0	55	18154,94	0	0	45	16100	0	0

Şekil 5.1’de de, çalışma kapsamında geliştirilerek üretilen DN150 pompasına ait deneysel ve nümerik verim değerlerinin debi ile değişimi verilmiştir.

Deney - Nümerik Analiz Karşılaştırma Eğrisi



Şekil 5.1 SCP150 Nümerik Analiz Deney – Deney verim karşılaştırma eğrisi

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Yeni nesil tasarımların gerçekleştirilmesi tasarım sürecinde oldukça olumlu verim değerlerinin yakalanmasına yol açmıştır. Verim değerlerinin yükselmesi, tasarım maliyetlerinin düşmesini sağlayacaktır. Sistemi çevirmek için harcanacak enerjinin azalması, enerji verimliliğini olumlu etkileyerek, kullanıcının enerji maliyetlerinin düşmesini sağlayacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma sonucunda, helisel çarklı pompalarda hatve değerinin 1,6 olması ve çarkın arka çaplarının daralan koni biçiminde olması durumunda verimin arttığı saptanmış, ayrıca, deney ve nümerik sonuçların, birbirlerini ikame edecek şekilde yakın sonuçlar verdiği anlaşılmıştır

KAYNAKLAR DİZİNİ

Soldiworks Corp, 2011, Solving Engineering problems

Soldiworks Corp, 2011, Technical reference

Anonim, 2004, E.C.A Vana Katalogları.

Anonim, 2004, SITEC Kataloğu, No: 710,01.

Anonim, 2001, “FLUENT 6 GettingStarted”, Lübnan,.

Larachi F., Petre C. F., Iliuta I. and Grandjean B., 2003, Tailoring the pressure drop of structured packings through CFD simulations, Chemical Engineering and Processing 42 535-541.

Erdal A., 1997, A numerical investigation of different parameters that affect the performance of a flow conditioner, Flow. Meas. Instrum. 8/2 93-102.

Halupovich Y., Natan B. and Rom J., 1999, Numerical solution of the turbulent supersonic flowover a backward facing step, Fluid Dynamics Research 24 251-273.

Erdal A. and Andersson H. I., 1997, Numerical aspects of flow computation through orifices, Flow. Meas. Instrum. 8/1 27-37.

Menshov I. S. and Nakamura Y., 2000, Numerical simulations and experimental comparisons for high-speed non equilibrium airflows, Fluid Dynamics Research 27 305-334.

Fu W.-S. and Ger J.-S., 1999, A concise method for determining a valve flow coefficient of a valve under compressible gas flow, Experimental Thermal and Fluid Science 18 307-313.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Amati G., Succi S. and R. Benzi, 1997, Turbulent channel flow simulations using a coarse-grained extension of the lattice Boltzmann method, Fluid Dynamics Research 19 289-302.

Makarytchev S. V., Langrish T. A. G. and Fletcher D. F., 2002, CFD analysis of spinning cone columns: Prediction of unsteady gas flow and pressure drop in a dry column, Chemical Engineering Journal 87 301-311.

Oertel H. and Böhle, M., 2002, “Strömungsmechanik”, Vieweg Verlag, Wiesbaden,.

Gökeli, A. T., 1984, “Hidrolik Makineler”, Birsan Yayınları, İstanbul.

White F. M. (Çevirenler: **Kırkköprü K., Ayder E.**), 2004, “Akışkanlar Mekaniği”, 4. Basımın Türkçesi, Literatür Yayınları, İstanbul.

Özgür C., 1980, “Deneyisel Hidromekanik”, İTÜ Makina Fakültesi, İstanbul.

Dönmezer H., 1973, “Teorik ve Pratik Hidrolik”, Uluğ Kitabevi Yayınları, İstanbul.

Edis K., 1972, “Uygulamalı Akışkanlar Mekaniği”, İTÜ Kütüphanesi, İstanbul.

Incropera F. P. and Witt D. P., 1985, “Fundamentals of Heat and Mass Transfer”,

Yazıcı Hasan Fehmi, 1988, Su Makinaları Problemleri (Teori ve Uygulamalar), İTÜ Matbaası, İstanbul.

Yalçın Kırkor, 1998, Hacimsel ve Santrifüj Pompalar, Santrifüj Pompaların Proje Hesabı ve Çizimi, Çözümlü Problemler, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.

Gökeli Ahmet Turan, 1984, Hidrolik Makineler Çözülmüş Problemlerle, Birsan Kitabevi Yayınları, İstanbul.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Gökelim Ahmet Turan, 1976, Pompalar, Birsen Kitabevi Yayınları, İstanbul.

Adolph Max, 1972, Akım Makineleri Temel Bilgiler, Fatih Yayınevi Matbaası, İstanbul.

Lalik Sıtkı, 1971, Hidrolik Makinalar, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul.

Oyman Bülent, 1976, Pompa El Kitabı, Tmmob Makine Mühendisler Odası, Ankara.

Tuzson John, 2000, Centifugal Pump Design, John Wiley&Sons INC, New York.

Douglos J.F., Gasioerek J.M. and Swaffield J.A., 1991, Fluid Mechanics, Logman Scientificand Technical, John Wiley&Sons INC, New York.

ÖZGEÇMİŞ

Nadir GAZİOĞLU, 1985 yılında İzmir’de doğmuştur. İlkokul eğitimini PETKİM İlkokulunda, ortaokul eğitimini Aliğa Anadolu Lisesinde ve lise eğitimini Çiğli Milli Piyango Anadolu Lisesinde tamamlamıştır.

2003 yılında Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’ne girmiş ve 2008 yılında mezun olarak askere gitmiştir.

2009 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Enerji Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır.

Kasım 2010 tarihinden itibaren Öртаş Örücüler A.Ş. bünyesinde makine mühendisi olarak işe başlamıştır. Ağustos 2011 tarihinden sonra Öortaş Örücüler A.Ş. Ar – Ge bölümünden sorumlu olarak görevine devam etmektedir.

EKLER

Ek 1 Hesaplamada İzlenen Yollar ve Sonuçlar

Ek 2 Ürün Kalıp Resimleri

Ek 1 Hesaplamada İzlenen Yollar ve Sonuçlar

Bu bölümde deney bilgisayarda yapılmış olan, en verimli geometriye ulaşmak için kullanılmış olan temel değerler, tablo olarak verilmiştir.

Adım No	Dpç (mm)	Dpç (mm)	Dpg (mm)	Dpg (mm)	s (mm)	Dçç (mm)	Lh (mm)	nh	L (mm)	çarpın	L1 (mm)	L2 (mm)	α (derece)	λ (derece)	β (derece)	Q (m³/3h)	n (d/d)	w (rad/s)	Vg (m/s)	Vç (m/s)	DURUM	
1	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,3	31,5	73,5	20	23,1755776	66,824422	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
2	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,3	31,5	73,5	20	23,1755776	66,824422	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARILI	
3	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,3	31,5	73,5	20	23,1755776	66,824422	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARILI	
4	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,3	31,5	73,5	20	23,1755776	66,824422	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
5	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,3	31,5	73,5	30	27,4538923	62,546108	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
6	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,3	31,5	73,5	30	27,4538923	62,546108	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ	
7	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,3	31,5	73,5	30	27,4538923	62,546108	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
8	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,3	31,5	73,5	30	27,4538923	62,546108	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
9	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,3	31,5	73,5	40	32,2815429	57,718457	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
10	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,3	31,5	73,5	40	32,2815429	57,718457	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ	
11	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,3	31,5	73,5	40	32,2815429	57,718457	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
12	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,3	31,5	73,5	40	32,2815429	57,718457	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
13	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,4	42	63	63	20	29,2534993	60,746501	1	1400	146,6076572	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
14	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,4	42	63	63	20	29,2534993	60,746501	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
15	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,4	42	63	63	20	29,2534993	60,746501	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
16	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,4	42	63	63	20	29,2534993	60,746501	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
17	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,4	42	63	63	30	35,082689	54,917311	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
18	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,4	42	63	63	30	35,082689	54,917311	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
19	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,4	42	63	63	30	35,082689	54,917311	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
20	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,4	42	63	63	30	35,082689	54,917311	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
21	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,4	42	63	63	40	41,2462302	48,75377	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
22	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,4	42	63	63	40	41,2462302	48,75377	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
23	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,4	42	63	63	40	41,2462302	48,75377	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
24	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,4	42	63	63	40	41,2462302	48,75377	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
25	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,5	52,5	52,5	52,5	20	36,6832593	53,316741	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
26	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,5	52,5	52,5	52,5	20	36,6832593	53,316741	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
27	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,5	52,5	52,5	52,5	20	36,6832593	53,316741	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
28	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,5	52,5	52,5	52,5	20	36,6832593	53,316741	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
29	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,5	52,5	52,5	52,5	30	43,7802084	46,219792	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
30	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,5	52,5	52,5	52,5	30	43,7802084	46,219792	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
31	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,5	52,5	52,5	52,5	30	43,7802084	46,219792	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
32	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,5	52,5	52,5	52,5	30	43,7802084	46,219792	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
33	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,5	52,5	52,5	52,5	40	50,6606794	39,339321	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
34	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,5	52,5	52,5	52,5	40	50,6606794	39,339321	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
35	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,5	52,5	52,5	52,5	40	50,6606794	39,339321	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
36	50	60	60	60	4	100	70	1,5	105	0,5	52,5	52,5	52,5	40	50,6606794	39,339321	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
37	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,3	36,75	85,75	20	21,2671516	68,732848	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
38	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,3	36,75	85,75	20	21,2671516	68,732848	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ	
39	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,3	36,75	85,75	20	21,2671516	68,732848	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
40	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,3	36,75	85,75	20	21,2671516	68,732848	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
41	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,3	36,75	85,75	30	25,6722896	64,32771	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
42	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,3	36,75	85,75	30	25,6722896	64,32771	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ	
43	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,3	36,75	85,75	30	25,6722896	64,32771	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
44	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,3	36,75	85,75	30	25,6722896	64,32771	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
45	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,3	36,75	85,75	40	30,6615938	59,338406	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
46	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,3	36,75	85,75	40	30,6615938	59,338406	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ	
47	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,3	36,75	85,75	40	30,6615938	59,338406	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
48	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,3	36,75	85,75	40	30,6615938	59,338406	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
49	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,4	49	73,5	20	27,2374017	62,762598	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
50	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,4	49	73,5	20	27,2374017	62,762598	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ	
51	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,4	49	73,5	20	27,2374017	62,762598	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
52	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,4	49	73,5	20	27,2374017	62,762598	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
53	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,4	49	73,5	30	33,305275	56,694725	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
54	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,4	49	73,5	30	33,305275	56,694725	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ	
55	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,4	49	73,5	30	33,305275	56,694725	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
56	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,4	49	73,5	30	33,305275	56,694725	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
57	50	60	60	60	4	100	70	1,75	122,5	0,4	49	73,5	40	39,7438143	50,256186	1	1400	146,6076572	9,82438E-08			

[illegible]

118	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	40	35.2195861	54.780414	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
119	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	40	35.2195861	54.780414	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
120	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	40	35.2195861	54.780414	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
121	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	20	32.8902329	57.109767	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
122	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	20	32.8902329	57.109767	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
123	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	20	32.8902329	57.109767	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
124	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	20	32.8902329	57.109767	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
125	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	30	38.2713417	51.728658	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
126	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	30	38.2713417	51.728658	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
127	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	30	38.2713417	51.728658	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
128	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	30	38.2713417	51.728658	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
129	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	40	43.9332588	46.066741	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
130	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	40	43.9332588	46.066741	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
131	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	40	43.9332588	46.066741	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
132	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	40	43.9332588	46.066741	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
133	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	20	40.3252205	49.674779	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
134	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	20	40.3252205	49.674779	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
135	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	20	40.3252205	49.674779	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
136	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	20	40.3252205	49.674779	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
137	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	30	46.7275959	43.272404	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
138	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	30	46.7275959	43.272404	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
139	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	30	46.7275959	43.272404	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
140	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	30	46.7275959	43.272404	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
141	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	40	52.9356431	37.064357	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
142	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	40	52.9356431	37.064357	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
143	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	40	52.9356431	37.064357	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
144	50	60	60	60	4	100	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	40	52.9356431	37.064357	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
145	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	20	24.3625988	65.637401	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
146	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	20	24.3625988	65.637401	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
147	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	20	24.3625988	65.637401	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
148	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	20	24.3625988	65.637401	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
149	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	30	28.55865	61.44135	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
150	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	30	28.55865	61.44135	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
151	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	30	28.55865	61.44135	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
152	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	30	28.55865	61.44135	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
153	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	40	33.2833029	56.716697	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
154	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	40	33.2833029	56.716697	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
155	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	40	33.2833029	56.716697	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
156	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	40	33.2833029	56.716697	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
157	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	20	30.4966885	59.503311	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
158	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	20	30.4966885	59.503311	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
159	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	20	30.4966885	59.503311	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
160	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	20	30.4966885	59.503311	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
161	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	30	36.1750377	53.824962	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
162	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	30	36.1750377	53.824962	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
163	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	30	36.1750377	53.824962	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
164	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	30	36.1750377	53.824962	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
165	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	40	42.1677689	47.832231	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
166	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	40	42.1677689	47.832231	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
167	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	40	42.1677689	47.832231	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
168	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	40	42.1677689	47.832231	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
169	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	20	37.9383628	52.061637	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
170	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	20	37.9383628	52.061637	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
171	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	20	37.9383628	52.061637	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
172	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	20	37.9383628	52.061637	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
173	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	30	44.7968769	45.203123	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
174	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	30	44.7968769	45.203123	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
175	50	60	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.1									

177	50	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.5	48,125	40	51,444,685	38,555,315	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ	
178	50	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.5	48,125	40	51,444,685	38,555,315	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ	
179	50	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.5	48,125	40	51,444,685	38,555,315	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ	
180	50	60	60	4	100	55	1.75	96.25	0.5	48,125	40	51,444,685	38,555,315	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ	
181	50	60	60	4	100	55	2	110	0.3	33	77	20	22,573,996	67,426	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARILU
182	50	60	60	4	100	55	2	110	0.3	33	77	20	22,573,996	67,426	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
183	50	60	60	4	100	55	2	110	0.3	33	77	20	22,573,996	67,426	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
184	50	60	60	4	100	55	2	110	0.3	33	77	20	22,573,996	67,426	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
185	50	60	60	4	100	55	2	110	0.3	33	77	30	26,893,038	63,106,966	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
186	50	60	60	4	100	55	2	110	0.3	33	77	30	26,893,038	63,106,966	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
187	50	60	60	4	100	55	2	110	0.3	33	77	30	26,893,038	63,106,966	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
188	50	60	60	4	100	55	2	110	0.3	33	77	30	26,893,038	63,106,966	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
189	50	60	60	4	100	55	2	110	0.3	33	77	40	31,772,185	58,227,815	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
190	50	60	60	4	100	55	2	110	0.3	33	77	40	31,772,185	58,227,815	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
191	50	60	60	4	100	55	2	110	0.3	33	77	40	31,772,185	58,227,815	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
192	50	60	60	4	100	55	2	110	0.3	33	77	40	31,772,185	58,227,815	9	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,27324E-06	BA\$ARISZ
193	50	60	60	4	100	55	2	110	0.4	44	66	20	28,620,287	61,379,713	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
194	50	60	60	4	100	55	2	110	0.4	44	66	20	28,620,287	61,379,713	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
195	50	60	60	4	100	55	2	110	0.4	44	66	20	28,620,287	61,379,713	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
196	50	60	60	4	100	55	2	110	0.4	44	66	30	34,525,268	55,474,732	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,27324E-06	BA\$ARISZ
197	50	60	60	4	100	55	2	110	0.4	44	66	30	34,525,268	55,474,732	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	1,41471E-07	BA\$ARISZ
198	50	60	60	4	100	55	2	110	0.4	44	66	30	34,525,268	55,474,732	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
199	50	60	60	4	100	55	2	110	0.4	44	66	30	34,525,268	55,474,732	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
200	50	60	60	4	100	55	2	110	0.4	44	66	40	40,775,4718	49,224,528	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARILU
201	50	60	60	4	100	55	2	110	0.4	44	66	40	40,775,4718	49,224,528	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
202	50	60	60	4	100	55	2	110	0.4	44	66	40	40,775,4718	49,224,528	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
203	50	60	60	4	100	55	2	110	0.4	44	66	40	40,775,4718	49,224,528	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
204	50	60	60	4	100	55	2	110	0.4	44	66	40	40,775,4718	49,224,528	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
205	50	60	60	4	100	55	2	110	0.5	55	55	20	36,039,883	53,960,117	1	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
206	50	60	60	4	100	55	2	110	0.5	55	55	20	36,039,883	53,960,117	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
207	50	60	60	4	100	55	2	110	0.5	55	55	20	36,039,883	53,960,117	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	1,41471E-07	BA\$ARILU
208	50	60	60	4	100	55	2	110	0.5	55	55	20	36,039,883	53,960,117	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
209	50	60	60	4	100	55	2	110	0.5	55	55	30	43,258,5271	46,741,473	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARILU
210	50	60	60	4	100	55	2	110	0.5	55	55	30	43,258,5271	46,741,473	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
211	50	60	60	4	100	55	2	110	0.5	55	55	30	43,258,5271	46,741,473	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
212	50	60	60	4	100	55	2	110	0.5	55	55	30	43,258,5271	46,741,473	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
213	50	60	60	4	100	55	2	110	0.5	55	55	40	50,258,5888	39,741,411	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
214	50	60	60	4	100	55	2	110	0.5	55	55	40	50,258,5888	39,741,411	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
215	50	60	60	4	100	55	2	110	0.5	55	55	40	50,258,5888	39,741,411	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
216	50	60	60	4	100	55	2	110	0.5	55	55	40	50,258,5888	39,741,411	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
217	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.3	18	42	20	32,300,1622	57,699,838	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
218	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.3	18	42	20	32,300,1622	57,699,838	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
219	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.3	18	42	20	32,300,1622	57,699,838	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
220	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.3	18	42	20	32,300,1622	57,699,838	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
221	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.3	18	42	30	35,890,4883	54,109,512	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
222	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.3	18	42	30	35,890,4883	54,109,512	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
223	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.3	18	42	30	35,890,4883	54,109,512	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
224	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.3	18	42	30	35,890,4883	54,109,512	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
225	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.3	18	42	40	39,890,329	50,110,967	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
226	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.3	18	42	40	39,890,329	50,110,967	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
227	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.3	18	42	40	39,890,329	50,110,967	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
228	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.3	18	42	40	39,890,329	50,110,967	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
229	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.4	24	36	20	38,596,9506	51,403,049	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
230	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.4	24	36	20	38,596,9506	51,403,049	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
231	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.4	24	36	20	38,596,9506	51,403,049	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
232	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.4	24	36	20	38,596,9506	51,403,049	9	1400	146,607,657	9,824,38E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
233	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.4	24	36	30	43,242,3898	46,757,61	1	1400	146,607,657	9,824,38E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
234	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.4	24	36	30	43,242,3898	46,757,61	5	1400	146,607,657	9,824,38E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
235	50	60	60	4	100	40	1.5	60	0.4	24	36	30	43,242,3898	46,757,61	7	1400	146,607,657	9,824,38E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ

295	50	60	60	4	100	40	2	80	0.3	24	56	30	31,1562636	58,843736	7	1400	146,6076572	6,87070E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
296	50	60	60	4	100	40	2	80	0.3	24	56	30	31,1562636	58,843736	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
297	50	60	60	4	100	40	2	80	0.3	24	56	40	35,631326	54,368674	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
298	50	60	60	4	100	40	2	80	0.3	24	56	40	35,631326	54,368674	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
299	50	60	60	4	100	40	2	80	0.3	24	56	40	35,631326	54,368674	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
300	50	60	60	4	100	40	2	80	0.3	24	56	40	35,631326	54,368674	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
301	50	60	60	4	100	40	2	80	0.4	32	48	20	33,3974034	56,602597	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
302	50	60	60	4	100	40	2	80	0.4	32	48	20	33,3974034	56,602597	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
303	50	60	60	4	100	40	2	80	0.4	32	48	20	33,3974034	56,602597	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
304	50	60	60	4	100	40	2	80	0.4	32	48	20	33,3974034	56,602597	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARILI
305	50	60	60	4	100	40	2	80	0.4	32	48	30	38,7145065	51,285494	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
306	50	60	60	4	100	40	2	80	0.4	32	48	30	38,7145065	51,285494	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
307	50	60	60	4	100	40	2	80	0.4	32	48	30	38,7145065	51,285494	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
308	50	60	60	4	100	40	2	80	0.4	32	48	30	38,7145065	51,285494	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
309	50	60	60	4	100	40	2	80	0.4	32	48	40	44,306083	45,693917	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
310	50	60	60	4	100	40	2	80	0.4	32	48	40	44,306083	45,693917	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
311	50	60	60	4	100	40	2	80	0.4	32	48	40	44,306083	45,693917	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
312	50	60	60	4	100	40	2	80	0.4	32	48	40	44,306083	45,693917	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
313	50	60	60	4	100	40	2	80	0.5	40	60	20	40,826039	49,173961	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
314	50	60	60	4	100	40	2	80	0.5	40	60	20	40,826039	49,173961	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
315	50	60	60	4	100	40	2	80	0.5	40	60	20	40,826039	49,173961	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
316	50	60	60	4	100	40	2	80	0.5	40	60	20	40,826039	49,173961	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
317	50	60	60	4	100	40	2	80	0.5	40	60	30	47,1324269	42,867573	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
318	50	60	60	4	100	40	2	80	0.5	40	60	30	47,1324269	42,867573	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
319	50	60	60	4	100	40	2	80	0.5	40	60	30	47,1324269	42,867573	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
320	50	60	60	4	100	40	2	80	0.5	40	60	30	47,1324269	42,867573	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
321	50	60	60	4	100	40	2	80	0.5	40	60	40	53,2487123	36,751288	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
322	50	60	60	4	100	40	2	80	0.5	40	60	40	53,2487123	36,751288	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
323	50	60	60	4	100	40	2	80	0.5	40	60	40	53,2487123	36,751288	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
324	50	60	60	4	100	40	2	80	0.5	40	60	40	53,2487123	36,751288	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
325	60	60	60	4	85	70	1,5	105	0.3	31,5	73,5	20	18,0588309	71,941169	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
326	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.3	31,5	73,5	20	18,0588309	71,941169	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
327	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.3	31,5	73,5	20	18,0588309	71,941169	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
328	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.3	31,5	73,5	20	18,0588309	71,941169	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
329	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.3	31,5	73,5	30	22,6607245	67,339276	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
330	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.3	31,5	73,5	30	22,6607245	67,339276	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
331	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.3	31,5	73,5	30	22,6607245	67,339276	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
332	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.3	31,5	73,5	30	22,6607245	67,339276	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
333	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.3	31,5	73,5	40	27,9093704	62,09063	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
334	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.3	31,5	73,5	40	27,9093704	62,09063	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
335	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.3	31,5	73,5	40	27,9093704	62,09063	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
336	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.3	31,5	73,5	40	27,9093704	62,09063	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
337	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.4	42	63	20	23,8003343	66,199666	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
338	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.4	42	63	20	23,8003343	66,199666	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
339	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.4	42	63	20	23,8003343	66,199666	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
340	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.4	42	63	20	23,8003343	66,199666	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
341	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.4	42	63	30	30,2555627	59,744437	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
342	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.4	42	63	30	30,2555627	59,744437	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
343	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.4	42	63	30	30,2555627	59,744437	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
344	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.4	42	63	30	30,2555627	59,744437	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
345	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.4	42	63	40	37,1553022	52,844698	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
346	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.4	42	63	40	37,1553022	52,844698	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
347	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.4	42	63	40	37,1553022	52,844698	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
348	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.4	42	63	40	37,1553022	52,844698	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
349	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.5	52,5	63	20	31,050694	58,949306	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
350	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.5	52,5	63	20	31,050694	58,949306	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
351	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.5	52,5	63	20	31,050694	58,949306	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
352	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.5	52,5	63	20	31,050694	58,949306	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
353	50	60	60	4	85	70	1,5	105	0.5	52,5	63	30	39,1953686	50,804631	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ

354	50	60	60	4	85	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	30	39,1953686	50,804631	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
355	50	60	60	4	85	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	30	39,1953686	50,804631	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
356	50	60	60	4	85	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	30	39,1953686	50,804631	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
357	50	60	60	4	85	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	40	47,1283057	42,871694	1	1400	146,6076572	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
358	50	60	60	4	85	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	40	47,1283057	42,871694	5	1400	146,6076572	7,07355E-07	BAŞARISIZ	
359	50	60	60	4	85	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	40	47,1283057	42,871694	7	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
360	50	60	60	4	85	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	40	47,1283057	42,871694	9	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
361	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	20	16,7917051	73,208295	1	1400	146,6076572	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
362	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	20	16,7917051	73,208295	5	1400	146,6076572	7,07355E-07	BAŞARISIZ	
363	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	20	16,7917051	73,208295	7	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
364	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	20	16,7917051	73,208295	9	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
365	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	30	21,4651702	68,53483	1	1400	146,6076572	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
366	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	30	21,4651702	68,53483	5	1400	146,6076572	7,07355E-07	BAŞARISIZ	
367	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	30	21,4651702	68,53483	5	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
368	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	30	21,4651702	68,53483	9	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
369	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	40	26,811428	63,188572	1	1400	146,6076572	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
370	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	40	26,811428	63,188572	5	1400	146,6076572	7,07355E-07	BAŞARISIZ	
371	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	40	26,811428	63,188572	7	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
372	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	40	26,811428	63,188572	9	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
373	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	20	22,4266666	67,573333	1	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,41471E-07	BAŞARISIZ
374	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	20	22,4266666	67,573333	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
375	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	20	22,4266666	67,573333	5	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
376	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	20	22,4266666	67,573333	7	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
377	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	30	29,028882	60,971118	1	1400	146,6076572	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
378	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	30	29,028882	60,971118	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
379	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	30	29,028882	60,971118	7	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
380	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	30	29,028882	60,971118	9	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
381	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	40	36,1095462	53,890454	1	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,41471E-07	BAŞARISIZ
382	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	40	36,1095462	53,890454	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
383	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	40	36,1095462	53,890454	5	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
384	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	40	36,1095462	53,890454	9	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
385	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	20	29,5988219	60,401178	1	1400	146,6076572	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
386	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	20	29,5988219	60,401178	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
387	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	20	29,5988219	60,401178	7	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
388	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	20	29,5988219	60,401178	9	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
389	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	30	38,0052039	51,994796	1	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,41471E-07	BAŞARISIZ
390	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	30	38,0052039	51,994796	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
391	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	30	38,0052039	51,994796	7	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
392	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	30	38,0052039	51,994796	9	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
393	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	40	46,2107276	43,789272	1	1400	146,6076572	1,41471E-07	BAŞARISIZ	
394	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	40	46,2107276	43,789272	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
395	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	40	46,2107276	43,789272	7	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
396	50	60	60	4	85	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	40	46,2107276	43,789272	9	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
397	50	60	60	4	85	70	2	140	0.3	42	98	20	15,8300625	74,169938	1	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,41471E-07	BAŞARISIZ
398	50	60	60	4	85	70	2	140	0.3	42	98	20	15,8300625	74,169938	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
399	50	60	60	4	85	70	2	140	0.3	42	98	20	15,8300625	74,169938	7	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
400	50	60	60	4	85	70	2	140	0.3	42	98	20	15,8300625	74,169938	9	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
401	50	60	60	4	85	70	2	140	0.3	42	98	30	20,5553847	69,444615	1	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,41471E-07	BAŞARISIZ
402	50	60	60	4	85	70	2	140	0.3	42	98	30	20,5553847	69,444615	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
403	50	60	60	4	85	70	2	140	0.3	42	98	30	20,5553847	69,444615	7	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
404	50	60	60	4	85	70	2	140	0.3	42	98	30	20,5553847	69,444615	9	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
405	50	60	60	4	85	70	2	140	0.3	42	98	40	25,97373	64,02627	1	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,41471E-07	BAŞARISIZ
406	50	60	60	4	85	70	2	140	0.3	42	98	40	25,97373	64,02627	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
407	50	60	60	4	85	70	2	140	0.3	42	98	40	25,97373	64,02627	7	1400	146,6076572	9,90297E-07	BAŞARISIZ	
408	50	60	60	4	85	70	2	140	0.3	42	98	40	25,97373	64,02627	9	1400	146,6076572	1,27324E-06	BAŞARISIZ	
409	50	60	60	4	85	70	2	140	0.4	56	84	20	21,3781743	68,621826	1	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,41471E-07	BAŞARISIZ
410	50	60	60	4	85	70	2													

472	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	20	18.855857	71.144143	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
473	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	30	23.4109029	66.589097	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
474	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	30	23.4109029	66.589097	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
475	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	30	23.4109029	66.589097	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
476	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	30	23.4109029	66.589097	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
477	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	40	28.5966956	61.403304	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
478	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	40	28.5966956	61.403304	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
479	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	40	28.5966956	61.403304	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
480	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	40	28.5966956	61.403304	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
481	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	20	24.6597152	65.340285	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
482	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	20	24.6597152	65.340285	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
483	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	20	24.6597152	65.340285	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
484	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	20	24.6597152	65.340285	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
485	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	30	31.0206138	58.979386	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
486	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	30	31.0206138	58.979386	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
487	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	30	31.0206138	58.979386	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
488	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	30	31.0206138	58.979386	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
489	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	40	37.8060972	52.193903	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
490	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	40	37.8060972	52.193903	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
491	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	40	37.8060972	52.193903	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
492	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	40	37.8060972	52.193903	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
493	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	20	31.9522229	58.047777	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
494	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	20	31.9522229	58.047777	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
495	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	20	31.9522229	58.047777	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
496	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	20	31.9522229	58.047777	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
497	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	30	39.932382	50.067618	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
498	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	30	39.932382	50.067618	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
499	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	30	39.932382	50.067618	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
500	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	30	39.932382	50.067618	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
501	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	40	47.696217	42.303783	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
502	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	40	47.696217	42.303783	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
503	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	40	47.696217	42.303783	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
504	50	60	60	4	85	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	40	47.696217	42.303783	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
505	50	60	60	4	85	55	2	110	0.3	33	77	20	17.6575685	72.342431	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
506	50	60	60	4	85	55	2	110	0.3	33	77	20	17.6575685	72.342431	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
507	50	60	60	4	85	55	2	110	0.3	33	77	20	17.6575685	72.342431	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
508	50	60	60	4	85	55	2	110	0.3	33	77	20	17.6575685	72.342431	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
509	50	60	60	4	85	55	2	110	0.3	33	77	30	22.282518	67.717482	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
510	50	60	60	4	85	55	2	110	0.3	33	77	30	22.282518	67.717482	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
511	50	60	60	4	85	55	2	110	0.3	33	77	30	22.282518	67.717482	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
512	50	60	60	4	85	55	2	110	0.3	33	77	30	22.282518	67.717482	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
513	50	60	60	4	85	55	2	110	0.3	33	77	40	27.5623882	62.437612	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
514	50	60	60	4	85	55	2	110	0.3	33	77	40	27.5623882	62.437612	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
515	50	60	60	4	85	55	2	110	0.3	33	77	40	27.5623882	62.437612	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
516	50	60	60	4	85	55	2	110	0.3	33	77	40	27.5623882	62.437612	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
517	50	60	60	4	85	55	2	110	0.4	44	66	20	23.3663126	66.633687	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
518	50	60	60	4	85	55	2	110	0.4	44	66	20	23.3663126	66.633687	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
519	50	60	60	4	85	55	2	110	0.4	44	66	20	23.3663126	66.633687	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
520	50	60	60	4	85	55	2	110	0.4	44	66	20	23.3663126	66.633687	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
521	50	60	60	4	85	55	2	110	0.4	44	66	30	29.8684978	60.131502	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
522	50	60	60	4	85	55	2	110	0.4	44	66	30	29.8684978	60.131502	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
523	50	60	60	4	85	55	2	110	0.4	44	66	30	29.8684978	60.131502	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
524	50	60	60	4	85	55	2	110	0.4	44	66	30	29.8684978	60.131502	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
525	50	60	60	4	85	55	2	110	0.4	44	66	40	36.8256376	53.174362	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
526	50	60	60	4	85	55	2	110	0.4	44	66	40	36.8256376	53.174362	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
527	50	60	60	4	85	55	2	110	0.4	44	66	40	36.8256376	53.174362	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
528	50	60	60	4	85	55	2	110	0.4	44	66	40	36.8256376	53.174362	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
529	50	60	60	4	85	55	2	110	0.5	55	55	20	30.5934034	59.406597	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
530	50	60	60	4	85	55	2	110	0.5	55	55	20	30.5934034	59.406597	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ

531	50	60	60	4	85	55	2	110	0.5	55	20	30,5934034	59,406597	7	1400	146,6076572	6,87070E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
532	50	60	60	4	85	55	2	110	0.5	55	30	30,5934034	59,406597	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
533	50	60	60	4	85	55	2	110	0.5	55	30	38,8209555	51,179044	1	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,41471E-07	BA\$ARISZ
534	50	60	60	4	85	55	2	110	0.5	55	30	38,8209555	51,179044	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
535	50	60	60	4	85	55	2	110	0.5	55	30	38,8209555	51,179044	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
536	50	60	60	4	85	55	2	110	0.5	55	30	38,8209555	51,179044	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
537	50	60	60	4	85	55	2	110	0.5	55	40	46,8397212	43,160279	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
538	50	60	60	4	85	55	2	110	0.5	55	40	46,8397212	43,160279	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
539	50	60	60	4	85	55	2	110	0.5	55	40	46,8397212	43,160279	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
540	50	60	60	4	85	55	2	110	0.5	55	40	46,8397212	43,160279	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
541	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.3	42	20	24,399343	65,600657	1	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
542	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.3	42	20	24,399343	65,600657	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
543	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.3	42	20	24,399343	65,600657	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
544	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.3	42	20	24,399343	65,600657	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
545	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.3	42	20	28,5928082	61,407192	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
546	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.3	42	30	28,5928082	61,407192	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
547	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.3	42	30	28,5928082	61,407192	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
548	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.3	42	30	28,5928082	61,407192	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
550	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.3	42	40	33,3142448	56,685755	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
551	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.3	42	40	33,3142448	56,685755	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
552	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.3	42	40	33,3142448	56,685755	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
553	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.3	42	36	30,5350388	59,464961	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
554	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.4	36	30	30,5350388	59,464961	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
555	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.4	24	36	30,5350388	59,464961	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
556	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.4	24	36	30,5350388	59,464961	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
557	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.4	24	36	36,2086938	53,791306	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
558	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.4	24	36	36,2086938	53,791306	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
559	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.4	24	36	36,2086938	53,791306	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
560	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.4	24	36	36,2086938	53,791306	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
561	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.4	24	36	40,42,1961431	47,803857	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
563	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.4	24	36	40,42,1961431	47,803857	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
564	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.4	24	36	40,42,1961431	47,803857	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
565	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.5	30	20	37,9769121	52,023088	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
566	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.5	30	20	37,9769121	52,023088	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
567	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.5	30	20	37,9769121	52,023088	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
568	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.5	30	20	37,9769121	52,023088	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
569	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.5	30	30	44,8280841	45,171916	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
570	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.5	30	30	44,8280841	45,171916	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
571	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.5	30	30	44,8280841	45,171916	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
572	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.5	30	30	44,8280841	45,171916	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
573	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.5	30	30	40,51,4687604	38,53124	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
574	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.5	30	40	51,4687604	38,53124	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
575	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.5	30	40	51,4687604	38,53124	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
576	50	60	60	4	85	40	1.5	60	0.5	30	40	51,4687604	38,53124	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
577	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.3	49	20	22,3470386	67,652961	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
578	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.3	49	20	22,3470386	67,652961	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
579	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.3	49	20	22,3470386	67,652961	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
580	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.3	49	20	22,3470386	67,652961	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
581	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.3	49	30	26,6812605	63,31874	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
582	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.3	49	30	26,6812605	63,31874	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
583	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.3	49	30	26,6812605	63,31874	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
584	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.3	49	30	26,6812605	63,31874	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
585	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.3	49	40	31,5797147	58,420285	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
586	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.3	49	40	31,5797147	58,420285	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
587	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.3	49	40	31,5797147	58,420285	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
588	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.3	49	40	31,5797147	58,420285	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
589	50	60	60	4	85	40	1.75	70	0.4	42	20	28,3808391	58,4219161	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ

590	60	60	4	85	40	1,75	70	0,4	28	42	20	28,3808391	61,619161	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
591	60	60	4	85	40	1,75	70	0,4	28	42	20	28,3808391	61,619161	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
592	60	60	4	85	40	1,75	70	0,4	28	42	20	28,3808391	61,619161	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
593	60	60	4	85	40	1,75	70	0,4	28	42	30	34,3142881	55,685712	1	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,41471E-07	BAŞARISIZ
594	60	60	4	85	40	1,75	70	0,4	28	42	30	34,3142881	55,685712	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
595	60	60	4	85	40	1,75	70	0,4	28	42	30	34,3142881	55,685712	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
596	60	60	4	85	40	1,75	70	0,4	28	42	30	34,3142881	55,685712	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
597	60	60	4	85	40	1,75	70	0,4	28	42	40	40,5971969	49,402803	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
598	60	60	4	85	40	1,75	70	0,4	28	42	40	40,5971969	49,402803	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
599	60	60	4	85	40	1,75	70	0,4	28	42	40	40,5971969	49,402803	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
600	60	60	4	85	40	1,75	70	0,4	28	42	40	40,5971969	49,402803	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
601	60	60	4	85	40	1,75	70	0,5	35	35	20	35,7958668	54,204133	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
602	60	60	4	85	40	1,75	70	0,5	35	35	20	35,7958668	54,204133	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
603	60	60	4	85	40	1,75	70	0,5	35	35	20	35,7958668	54,204133	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
604	60	60	4	85	40	1,75	70	0,5	35	35	20	35,7958668	54,204133	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
605	60	60	4	85	40	1,75	70	0,5	35	35	30	43,0605598	46,93944	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
606	60	60	4	85	40	1,75	70	0,5	35	35	30	43,0605598	46,93944	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
607	60	60	4	85	40	1,75	70	0,5	35	35	30	43,0605598	46,93944	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
608	60	60	4	85	40	1,75	70	0,5	35	35	30	43,0605598	46,93944	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
609	60	60	4	85	40	1,75	70	0,5	35	35	40	50,1060322	39,893968	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
610	60	60	4	85	40	1,75	70	0,5	35	35	40	50,1060322	39,893968	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
611	60	60	4	85	40	1,75	70	0,5	35	35	40	50,1060322	39,893968	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
612	60	60	4	85	40	1,75	70	0,5	35	35	40	50,1060322	39,893968	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
613	60	60	4	85	40	2	80	0,3	24	56	20	20,766804	69,233196	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
614	60	60	4	85	40	2	80	0,3	24	56	20	20,766804	69,233196	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
615	60	60	4	85	40	2	80	0,3	24	56	20	20,766804	69,233196	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
616	60	60	4	85	40	2	80	0,3	24	56	20	20,766804	69,233196	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
617	60	60	4	85	40	2	80	0,3	24	56	30	25,2040262	64,795974	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
618	60	60	4	85	40	2	80	0,3	24	56	30	25,2040262	64,795974	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
619	60	60	4	85	40	2	80	0,3	24	56	30	25,2040262	64,795974	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
620	60	60	4	85	40	2	80	0,3	24	56	30	25,2040262	64,795974	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
621	60	60	4	85	40	2	80	0,3	24	56	40	30,2348475	59,765152	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
622	60	60	4	85	40	2	80	0,3	24	56	40	30,2348475	59,765152	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
623	60	60	4	85	40	2	80	0,3	24	56	40	30,2348475	59,765152	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
624	60	60	4	85	40	2	80	0,3	24	56	40	30,2348475	59,765152	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
625	60	60	4	85	40	2	80	0,4	32	48	20	26,7052991	63,294701	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
626	60	60	4	85	40	2	80	0,4	32	48	20	26,7052991	63,294701	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
627	60	60	4	85	40	2	80	0,4	32	48	20	26,7052991	63,294701	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
628	60	60	4	85	40	2	80	0,4	32	48	20	26,7052991	63,294701	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
629	60	60	4	85	40	2	80	0,4	32	48	30	32,8348346	57,165165	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
630	60	60	4	85	40	2	80	0,4	32	48	30	32,8348346	57,165165	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
631	60	60	4	85	40	2	80	0,4	32	48	30	32,8348346	57,165165	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
632	60	60	4	85	40	2	80	0,4	32	48	30	32,8348346	57,165165	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
633	60	60	4	85	40	2	80	0,4	32	48	40	39,3454627	50,654537	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
634	60	60	4	85	40	2	80	0,4	32	48	40	39,3454627	50,654537	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
635	60	60	4	85	40	2	80	0,4	32	48	40	39,3454627	50,654537	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
636	60	60	4	85	40	2	80	0,4	32	48	40	39,3454627	50,654537	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
637	60	60	4	85	40	2	80	0,5	40	40	20	34,0771814	55,922819	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
638	60	60	4	85	40	2	80	0,5	40	40	20	34,0771814	55,922819	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
639	60	60	4	85	40	2	80	0,5	40	40	20	34,0771814	55,922819	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
640	60	60	4	85	40	2	80	0,5	40	40	20	34,0771814	55,922819	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
641	60	60	4	85	40	2	80	0,5	40	40	30	41,6642952	48,335705	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
642	60	60	4	85	40	2	80	0,5	40	40	30	41,6642952	48,335705	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
643	60	60	4	85	40	2	80	0,5	40	40	30	41,6642952	48,335705	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
644	60	60	4	85	40	2	80	0,5	40	40	30	41,6642952	48,335705	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
645	60	60	4	85	40	2	80	0,5	40	40	40	49,0303446	40,969655	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
646	60	60	4	85	40	2	80	0,5	40	40	40	49,0303446	40,969655	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
647	60	60	4	85	40	2	80	0,5	40	40	40	49,0303446	40,969655	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
648	60	60	4	85	40	2	80	0,5	40	40	40	49,0303446	40,969655	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ

649	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.3	31.5	73.5	20	12.6266255	77.373375	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
650	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.3	31.5	73.5	20	12.6266255	77.373375	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
651	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.3	31.5	73.5	20	12.6266255	77.373375	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
652	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.3	31.5	73.5	20	12.6266255	77.373375	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
653	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.3	31.5	73.5	30	17.5085596	72.49144	5	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
654	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.3	31.5	73.5	30	17.5085596	72.49144	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
655	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.3	31.5	73.5	30	17.5085596	72.49144	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
656	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.3	31.5	73.5	30	17.5085596	72.49144	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
657	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.3	31.5	73.5	40	23.1535543	66.846446	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
658	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.3	31.5	73.5	40	23.1535543	66.846446	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
659	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.3	31.5	73.5	40	23.1535543	66.846446	9	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
660	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.3	31.5	73.5	40	23.1535543	66.846446	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
661	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.4	42	63	20	17.8491764	72.150824	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
662	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.4	42	63	20	17.8491764	72.150824	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
663	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.4	42	63	20	17.8491764	72.150824	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
664	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.4	42	63	20	17.8491764	72.150824	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
665	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.4	42	63	30	24.9038046	65.096195	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
666	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.4	42	63	30	24.9038046	65.096195	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
667	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.4	42	63	30	24.9038046	65.096195	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
668	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.4	42	63	30	24.9038046	65.096195	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
669	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.4	42	63	40	32.5690093	57.430991	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
670	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.4	42	63	40	32.5690093	57.430991	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
671	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.4	42	63	40	32.5690093	57.430991	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
672	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.4	42	63	40	32.5690093	57.430991	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
673	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	20	24.6649814	65.335019	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
674	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	20	24.6649814	65.335019	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
675	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	20	24.6649814	65.335019	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
676	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	20	24.6649814	65.335019	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
677	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	30	33.9243179	56.075682	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
678	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	30	33.9243179	56.075682	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
679	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	30	33.9243179	56.075682	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
680	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	30	33.9243179	56.075682	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
681	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	40	43.0558064	46.944194	5	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
682	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	40	43.0558064	46.944194	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
683	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	40	43.0558064	46.944194	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
684	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.5	105	0.5	52.5	52.5	40	43.0558064	46.944194	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
685	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	20	12.0953359	77.904664	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
686	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	20	12.0953359	77.904664	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
687	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	20	12.0953359	77.904664	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
688	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	20	12.0953359	77.904664	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
689	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	30	17.0007433	72.99257	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
690	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	30	17.0007433	72.99257	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
691	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	30	17.0007433	72.99257	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
692	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	30	17.0007433	72.99257	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
693	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	40	22.6811799	67.31882	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
694	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	40	22.6811799	67.31882	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
695	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	40	22.6811799	67.31882	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
696	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.3	36.75	85.75	40	22.6811799	67.31882	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
697	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	20	17.2586628	72.741337	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
698	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	20	17.2586628	72.741337	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
699	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	20	17.2586628	72.741337	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
700	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	20	17.2586628	72.741337	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
701	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	30	24.3670744	65.632926	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
702	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	30	24.3670744	65.632926	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
703	50	60	60	4	70	70	70	70	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	30	24.3670744	65.632926	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ

708	50	60	60	4	70	70	70	1.75	122.5	0.4	49	73.5	40	32,1052687	57,894731	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
709	50	60	60	4	70	70	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	20	24,0178908	65,982109	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
710	50	60	60	4	70	70	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	20	24,0178908	65,982109	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
711	50	60	60	4	70	70	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	20	24,0178908	65,982109	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
712	50	60	60	4	70	70	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	20	24,0178908	65,982109	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
713	50	60	60	4	70	70	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	30	33,3841999	56,6168	1	1400	146,6076572	8,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
714	50	60	60	4	70	70	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	30	33,3841999	56,6168	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
715	50	60	60	4	70	70	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	30	33,3841999	56,6168	9	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
716	50	60	60	4	70	70	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	30	33,3841999	56,6168	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
717	50	60	60	4	70	717	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	40	42,6367712	47,363229	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
718	50	60	60	4	70	70	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	40	42,6367712	47,363229	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
719	50	60	60	4	70	70	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	40	42,6367712	47,363229	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
720	50	60	60	4	70	70	70	1.75	122.5	0.5	61.25	61.25	40	42,6367712	47,363229	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
721	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.3	42	98	20	11,6954733	78,304527	1	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,41471E-07	BA\$ARISZ
722	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.3	42	98	20	11,6954733	78,304527	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
723	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.3	42	98	20	11,6954733	78,304527	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
724	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.3	42	98	20	11,6954733	78,304527	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
725	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.3	42	98	30	16,618062	73,381938	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
726	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.3	42	98	30	16,618062	73,381938	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
727	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.3	42	98	30	16,618062	73,381938	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
728	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.3	42	98	30	16,618062	73,381938	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
729	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.3	42	98	40	22,3247465	67,675254	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
730	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.3	42	98	40	22,3247465	67,675254	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
731	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.3	42	98	40	22,3247465	67,675254	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
732	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.3	42	98	40	22,3247465	67,675254	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
733	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.4	56	84	20	16,8132751	73,186725	1	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
734	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.4	56	84	20	16,8132751	73,186725	5	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,41471E-07	BA\$ARISZ
735	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.4	56	84	20	16,8132751	73,186725	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
736	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.4	56	84	30	16,8132751	73,186725	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
737	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.4	56	84	30	23,9615103	66,03849	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
738	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.4	56	84	30	23,9615103	66,03849	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
739	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.4	56	84	30	23,9615103	66,03849	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
740	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.4	56	84	30	23,9615103	66,03849	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
741	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.4	56	84	40	31,7543412	58,245659	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
742	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.4	56	84	40	31,7543412	58,245659	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
743	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.4	56	84	40	31,7543412	58,245659	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
744	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.4	56	84	40	31,7543412	58,245659	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
745	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.5	70	70	20	23,5282515	66,471748	1	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
746	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.5	70	70	20	23,5282515	66,471748	5	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
747	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.5	70	70	20	23,5282515	66,471748	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
748	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.5	70	70	20	23,5282515	66,471748	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
749	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.5	70	70	30	32,974654	57,025346	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
750	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.5	70	70	30	32,974654	57,025346	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
751	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.5	70	70	30	32,974654	57,025346	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
752	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.5	70	70	30	32,974654	57,025346	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
753	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.5	70	70	40	42,3187448	47,681255	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
754	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.5	70	70	40	42,3187448	47,681255	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
755	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.5	70	70	40	42,3187448	47,681255	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
756	50	60	60	4	70	70	70	2	140	0.5	70	70	40	42,3187448	47,681255	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
757	50	60	60	4	70	55	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	20	13,6347378	76,365262	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
758	50	60	60	4	70	55	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	20	13,6347378	76,365262	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
759	50	60	60	4	70	55	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	20	13,6347378	76,365262	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
760	50	60	60	4	70	55	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	20	13,6347378	76,365262	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
761	50	60	60	4	70	55	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	30	18,4701398	71,52986	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
762	50	60	60	4	70	55	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	30	18,4701398	71,52986	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ
763	50	60	60	4	70	55	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	30	18,4701398	71,52986	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BA\$ARISZ
764	50	60	60	4	70	55	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	30	18,4701398	71,52986	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BA\$ARISZ
765	50	60	60	4	70	55	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	40	24,0461522	65,953848	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BA\$ARISZ
766	50	60	60	4	70	55	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	40	24,0461522	65,953848	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BA\$ARISZ

767	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	40	24,0461522	65.953848	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
768	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.3	24.75	57.75	40	24,0461522	65.953848	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
769	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	20	18.9656384	71.034362	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
770	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	20	18.9656384	71.034362	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
771	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	20	18.9656384	71.034362	7	1400	146.6076572	8.770707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
772	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	20	18.9656384	71.034362	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
773	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	30	25.9155934	64.084407	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
774	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	30	25.9155934	64.084407	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
775	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	30	25.9155934	64.084407	7	1400	146.6076572	8.770707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
776	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	30	25.9155934	64.084407	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
777	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	40	33.4411657	56.558834	1	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
778	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	40	33.4411657	56.558834	5	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
779	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	40	33.4411657	56.558834	7	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
780	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.4	33	49.5	40	33.4411657	56.558834	9	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
781	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	20	25.8818432	64.118157	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
782	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	20	25.8818432	64.118157	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
783	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	20	25.8818432	64.118157	7	1400	146.6076572	8.770707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
784	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	20	25.8818432	64.118157	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
785	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	30	34.9367017	55.063298	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
786	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	30	34.9367017	55.063298	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
787	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	30	34.9367017	55.063298	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
788	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	30	34.9367017	55.063298	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
789	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	40	43.8401547	46.159845	1	1400	146.6076572	8.770707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
790	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	40	43.8401547	46.159845	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
791	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	40	43.8401547	46.159845	7	1400	146.6076572	8.770707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
792	50	60	60	4	70	55	1.5	82.5	0.5	41.25	41.25	40	43.8401547	46.159845	9	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
793	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	20	12.9635792	77.036421	1	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
794	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	20	12.9635792	77.036421	5	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
795	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	20	12.9635792	77.036421	7	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
796	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	20	12.9635792	77.036421	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
797	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	30	17.8302486	72.169751	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
798	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	30	17.8302486	72.169751	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
799	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	30	17.8302486	72.169751	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
800	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	30	17.8302486	72.169751	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
801	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	40	23.4524359	66.547564	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
802	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	40	23.4524359	66.547564	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
803	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	40	23.4524359	66.547564	7	1400	146.6076572	8.770707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
804	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.3	28.875	67.375	40	23.4524359	66.547564	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
805	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	20	18.2229359	71.777064	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
806	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	20	18.2229359	71.777064	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
807	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	20	18.2229359	71.777064	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
808	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	20	18.2229359	71.777064	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
809	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	30	25.2429525	64.757047	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
810	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	30	25.2429525	64.757047	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
811	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	30	25.2429525	64.757047	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
812	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	30	25.2429525	64.757047	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
813	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	40	32.8616451	57.138355	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
814	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	40	32.8616451	57.138355	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
815	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	40	32.8616451	57.138355	7	1400	146.6076572	8.770707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
816	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.4	38.5	57.75	40	32.8616451	57.138355	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
817	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	20	25.0733114	64.926689	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
818	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	20	25.0733114	64.926689	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
819	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	20	25.0733114	64.926689	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
820	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	20	25.0733114	64.926689	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
821	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	30	34.2645058	55.735494	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
822	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	30	34.2645058	55.735494	5	1400	146.6076572	4.91219E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
823	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	30	34.2645058	55.735494	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
824	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	30	34.2645058	55.735494	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
825	50	60	60	4	70	55	1.75	96.25	0.5	48.125	48.125	40	43.3195191	46.680481	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ

885	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.4	24	36	40	34.9261595	55.07384	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
886	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.4	24	36	40	34.9261595	55.07384	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
887	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.4	24	36	40	34.9261595	55.07384	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
888	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.4	24	36	40	34.9261595	55.07384	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
889	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.5	30	30	20	27.9520713	62.047929	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
890	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.5	30	30	20	27.9520713	62.047929	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
891	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.5	30	30	20	27.9520713	62.047929	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
892	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.5	30	30	20	27.9520713	62.047929	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
893	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.5	30	30	30	36.6498721	53.350128	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
894	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.5	30	30	30	36.6498721	53.350128	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
895	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.5	30	30	30	36.6498721	53.350128	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
896	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.5	30	30	30	36.6498721	53.350128	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
897	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.5	30	30	40	45.1647169	44.835283	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
898	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.5	30	30	40	45.1647169	44.835283	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
899	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.5	30	30	40	45.1647169	44.835283	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
900	50	60	60	4	70	40	1.5	60	0.5	30	30	40	45.1647169	44.835283	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
901	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.3	21	49	20	14.4683357	75.531664	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
902	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.3	21	49	20	14.4683357	75.531664	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
903	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.3	21	49	20	14.4683357	75.531664	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
904	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.3	21	49	20	14.4683357	75.531664	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
905	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.3	21	49	30	19.2633283	70.736672	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
906	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.3	21	49	30	19.2633283	70.736672	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
907	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.3	21	49	30	19.2633283	70.736672	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
908	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.3	21	49	30	19.2633283	70.736672	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
909	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.3	21	49	40	24.7806423	65.219358	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
910	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.3	21	49	40	24.7806423	65.219358	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
911	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.3	21	49	40	24.7806423	65.219358	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
912	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.3	21	49	40	24.7806423	65.219358	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
913	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.4	28	42	20	19.8847757	70.115224	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
914	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.4	28	42	20	19.8847757	70.115224	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
915	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.4	28	42	20	19.8847757	70.115224	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
916	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.4	28	42	20	19.8847757	70.115224	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
917	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.4	28	42	30	26.745719	63.254281	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
918	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.4	28	42	30	26.745719	63.254281	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
919	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.4	28	42	30	26.745719	63.254281	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
920	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.4	28	42	30	26.745719	63.254281	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
921	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.4	28	42	40	34.1548274	55.845173	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
922	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.4	28	42	40	34.1548274	55.845173	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
923	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.4	28	42	40	34.1548274	55.845173	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
924	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.4	28	42	40	34.1548274	55.845173	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
925	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.5	35	35	20	26.8771397	63.12286	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
926	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.5	35	35	20	26.8771397	63.12286	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
927	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.5	35	35	20	26.8771397	63.12286	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
928	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.5	35	35	20	26.8771397	63.12286	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
929	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.5	35	35	30	35.761713	54.238287	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
930	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.5	35	35	30	35.761713	54.238287	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
931	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.5	35	35	30	35.761713	54.238287	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
932	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.5	35	35	30	35.761713	54.238287	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
933	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.5	35	35	40	44.4784083	45.521592	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
934	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.5	35	35	40	44.4784083	45.521592	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
935	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.5	35	35	40	44.4784083	45.521592	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
936	50	60	60	4	70	40	1.75	70	0.5	35	35	40	44.4784083	45.521592	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
937	50	60	60	4	70	40	2	80	0.3	24	56	20	13.7810535	76.218947	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
938	50	60	60	4	70	40	2	80	0.3	24	56	20	13.7810535	76.218947	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
939	50	60	60	4	70	40	2	80	0.3	24	56	20	13.7810535	76.218947	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ
940	50	60	60	4	70	40	2	80	0.3	24	56	20	13.7810535	76.218947	9	1400	146.6076572	8.84194E-07	1.27324E-06	BA\$ARISZ
941	50	60	60	4	70	40	2	80	0.3	24	56	30	18.609488	71.390512	1	1400	146.6076572	9.82438E-08	1.41471E-07	BA\$ARISZ
942	50	60	60	4	70	40	2	80	0.3	24	56	30	18.609488	71.390512	5	1400	146.6076572	9.82438E-07	7.07355E-07	BA\$ARISZ
943	50	60	60	4	70	40	2	80	0.3	24	56	30	18.609488	71.390512	7	1400	146.6076572	6.87707E-07	9.90297E-07	BA\$ARISZ

944	50	60	60	4	70	40	2	80	0,3	24	56	30	18,609488	71,390512	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
945	50	60	60	4	70	40	2	80	0,3	24	56	40	24,1753043	65,824696	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
946	50	60	60	4	70	40	2	80	0,3	24	56	40	24,1753043	65,824696	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
947	50	60	60	4	70	40	2	80	0,3	24	56	40	24,1753043	65,824696	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
948	50	60	60	4	70	40	2	80	0,3	24	56	40	24,1753043	65,824696	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
949	50	60	60	4	70	40	2	80	0,4	32	48	20	19,1272358	70,872764	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
950	50	60	60	4	70	40	2	80	0,4	32	48	20	19,1272358	70,872764	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
951	50	60	60	4	70	40	2	80	0,4	32	48	20	19,1272358	70,872764	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
952	50	60	60	4	70	40	2	80	0,4	32	48	20	19,1272358	70,872764	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
953	50	60	60	4	70	40	2	80	0,4	32	48	30	26,061724	63,938276	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
954	50	60	60	4	70	40	2	80	0,4	32	48	30	26,061724	63,938276	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
955	50	60	60	4	70	40	2	80	0,4	32	48	30	26,061724	63,938276	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
956	50	60	60	4	70	40	2	80	0,4	32	48	30	26,061724	63,938276	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
957	50	60	60	4	70	40	2	80	0,4	32	48	40	33,5669162	56,433084	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
958	50	60	60	4	70	40	2	80	0,4	32	48	40	33,5669162	56,433084	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
959	50	60	60	4	70	40	2	80	0,4	32	48	40	33,5669162	56,433084	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
960	50	60	60	4	70	40	2	80	0,4	32	48	40	33,5669162	56,433084	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
961	50	60	60	4	70	40	2	80	0,5	40	40	20	26,0572569	63,942743	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
962	50	60	60	4	70	40	2	80	0,5	40	40	20	26,0572569	63,942743	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
963	50	60	60	4	70	40	2	80	0,5	40	40	20	26,0572569	63,942743	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
964	50	60	60	4	70	40	2	80	0,5	40	40	20	26,0572569	63,942743	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
965	50	60	60	4	70	40	2	80	0,5	40	40	30	35,0822966	54,917703	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
966	50	60	60	4	70	40	2	80	0,5	40	40	30	35,0822966	54,917703	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
967	50	60	60	4	70	40	2	80	0,5	40	40	30	35,0822966	54,917703	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
968	50	60	60	4	70	40	2	80	0,5	40	40	30	35,0822966	54,917703	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ
969	50	60	60	4	70	40	2	80	0,5	40	40	40	43,9528481	46,047152	1	1400	146,6076572	9,82438E-08	1,41471E-07	BAŞARISIZ
970	50	60	60	4	70	40	2	80	0,5	40	40	40	43,9528481	46,047152	5	1400	146,6076572	4,91219E-07	7,07355E-07	BAŞARISIZ
971	50	60	60	4	70	40	2	80	0,5	40	40	40	43,9528481	46,047152	7	1400	146,6076572	6,87707E-07	9,90297E-07	BAŞARISIZ
972	50	60	60	4	70	40	2	80	0,5	40	40	40	43,9528481	46,047152	9	1400	146,6076572	8,84194E-07	1,27324E-06	BAŞARISIZ

EK 2 Ürün Resimleri

Ek 2 Ürün Resimleri



Şekil 1 6" Helis Çark Kalıbı



Şekil 2 6" Helis Çark Kalıbı



Şekil 3 6” Helis Çark Kalıbı



Şekil 4 6” Helis Çark Kalıbı