



T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KONDÜİTLERDE HAVA GİRİŞİNİN CFD İLE  
MODELLENMESİ**

**FEYZULLAH EREN AŞÇI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2023**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KONDÜİTLERDE HAVA GİRİŞİNİN CFD İLE  
MODELLENMESİ**

**FEYZULLAH EREN AŞÇI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**KAHRAMANMARAŞ 2023**

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Feyzullah Eren AŞÇI

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# KONDÜİTLERDE HAVA GİRİŞİNİN CFD İLE MODELLENMESİ (YÜKSEK LİSANS TEZİ)

FEYZULLAH EREN AŞÇI

## ÖZET

Canlıların yaşamını doğrudan etkileyen suyun kalitesini artıran en önemli parametrelerden birisi çözünmüş oksijen miktarıdır. Suyun içerisinde gerçekleşen biyolojik faaliyetler katı ve sıvı atıklar ile kimyasal reaksiyonlar çözünmüş oksijen miktarını düşürmektedir. Farklı metotlarla artırılabilen çözünmüş oksijen miktarı için gerek maliyet gerekse uygulama kolaylığı nedeniyle en çok tercih edilen yöntem ise havalandırmadır. Havada bulunan oksijenin fiziksel olarak suya aktarılması esasına dayana havalandırma aynı zamanda su içerisindeki istenmeyen gazlarında tahliyesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada havalandırma sistemi için kullanılan ve deneysel çalışmaları daha önce yapılmış olan kondüitlerin sayısal modellemesi ANSYS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. CFD modülü kullanılarak akış analizi gerçekleştirilen kondüitler deneysel sonuçlar ile karşılaştırılarak grafikler halinde verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Konduit, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Havalandırma

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mart / 2023

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ÜNSAL

Sayfa sayısı: 38

# CFD MODELING OF AIR INJECTION IN CONDUITS

(M.Sc. THESIS)

FEYZULLAH EREN ASCI

## ABSTRACT

One of the most important parameters that increase the quality of water that directly affects the life of living things is the amount of dissolved oxygen. Biological activities in the water, solid and liquid wastes and chemical reactions reduce the amount of dissolved oxygen. For the amount of dissolved oxygen that can be increased by different methods, the most preferred method is ventilation, due to both cost and ease of application. Ventilation, which is based on the physical transfer of the oxygen in the air to the water, also allows the undesirable gases in the water to be evacuated. In this study, the numerical modeling of the conduits used for the ventilation system and the experimental studies of which have been done before, was carried out using the ANSYS program. Conduits, whose flow analysis was performed using the CFD module, were compared with the experimental results and given in graphics.

**Keywords:** Conduits, Computer Fluid Dynamics, Aeration

Kahramanmaraş Sütçü Imam University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Civil Engineering March / 2023

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ÜNSAL

Page number: 38

## TEŞEKKÜR

Öncelikle lisans ve lisansüstü eğitim sürecimde gerek ders gerekse tez dönemlerimde bilgi ve tecrübelerinin yanında göstermiş olduğu sabır ve desteklerinden dolayı danışmanım Prof. Dr. Mehmet ÜNSAL hocama, aynı zamanda tez dönemimde vermiş oldukları bilgi ve desteklerden dolayı Arş. Gör. Ayşe Ece YAĞCI ve Arş. Gör. Muhammet İbrahim AŐCI'ya teşekkür ederim.

Ayrıca ve özellikle tüm bu süreçte manevi desteğini bir an olsun esirgemeyen biricik eőim Nur AŐCI'ya ve aileme sonsuz teşekkür ederim.

Feyzullah Eren AŐCI

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER .....	v
ÇİZELGELER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. ANSYS .....	9
3.1 CFD(Computer Fluid Dynamics) .....	11
4. MATERYAL VE METOT .....	14
4.1 Materyal .....	14
4.2 Metot.....	14
4.2.1 Sayısal Modelleme Aşamaları.....	15
5. MODEL SONUÇLARI ve TARTIŞMA .....	17
6. SONUÇLAR.....	22
7. KAYNAKLAR .....	24

## ŞEKİLLER

Şekil 1. ANSYS Fluent Arayüzü.....	13
Şekil 2. Deney Düzenegi(Yücel, 2016).....	14
Şekil 3. Mesh(ağ) Yapısı Görseli .....	16
Şekil 4 a-c. $\beta=20\%$ , $35\%$ , $50\%$ ve $L=75$ cm Uzunluğundaki Modelin.....	18
Şekil 5 a-c. $\beta=20\%$ , $35\%$ , $50\%$ ve $L=100$ cm Uzunluktaki Modelin.....	19
Şekil 6 a-c. $\beta=20\%$ , $35\%$ , $50\%$ ve $L=125$ cm Uzunluktaki Modelin.....	21



## ÇİZELGELER

Tablo 1. Geometri Özellikleri.....	15
Tablo 2. Mesh Özellikleri.....	15
Tablo 3. İnflation Özellikleri.....	16



## SİMGELER VE KISALTMALAR

mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
mg	: Miligram
L	: Litre
CFD	: Computer Fluid Dynamics
HAD	: Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği
m	: Metre
kW	: KiloWatt



## 1. GİRİŞ

Su kalitesini belirleyici parametrelerin başında çözülmüş oksijen miktarı olmakla birlikte; elektriksel iletkenlik, sıcaklık, bulanıklık, pH değeri ve suya çözülmüş maddeler de önemlidir. Oksijen birçok kimyasal reaksiyonda olduğu gibi doğal olarak meydana gelen biyolojik faaliyetlerde de kullanılmaktadır. Sudaki canlı yaşamı oksijen miktarının azalmasına sebep olmaktadır. Su içerisindeki oksijen dengesi; atmosferden tekrar suya oksijen kazandırılarak sağlanır. Oksijenin atmosferden suya kazandırılması işlemi havalandırma olarak adlandırılmaktadır. Havalandırma işlemleri ile suya oksijen kazandırmak, karbondioksit gidermek veya kazandırmak, metanı gidermek ve hidrojen sülfür gidermek mümkündür.

Akarsularda ve nehirlerde ekolojik dengenin korunması için gerekli olan minimum oksijen konsantrasyonu 5 mg/L'dir [1]. Bu sebeple oluşabilecek çözülmüş oksijen konsantrasyonu eksikliğinin ekolojik denge üzerinde olumsuz sonuçlara yol açacağı bilinmektedir. Hidrolik yapıların akarsular ve nehirler üzerine inşa edilmesiyle havalandırma yapılarak suya ihtiyaç duyulan çözülmüş oksijen konsantrasyonu tekrar kazandırılabilir. Kapaklı veya kapaksız dolusavaklar, kalın kenarlı veya ince kenarlı savaklar, kapaklı eşikler ve kapaklı dipsavak çıkış ağızları gibi hidrolik yapılar kullanılarak oksijenin suya kazanımı kolaylıkla sağlanabilmektedir.

Havalandırma işleminin hızlı olması için, oksijen transferi sırasında çok fazla hava kabarcığının su içerisine kazandırılması gerekmektedir. Bu hava kabarcıkları sayesinde kütle transferi için sahip olunan yüzey alanı artar. Atmosferde bulunan hava, su içerisine; hidrolik yapılar ile bir düşü yüksekliği kazandırılmış olan suyun, mansap tarafındaki su yüzeyine içerisine itilmesiyle kazandırılır. Böylelikle suya hızlı bir şekilde oksijen transferi sağlanmış olur. Hidrolik yapılarla yapılan oksijen transferinin verimi; suyun düşme yüksekliği, mansap su derinliği, su kalitesi, su sıcaklığı, debi, hidrolik yapının tipi gibi parametrelere bağlıdır.

Akarsu ve nehirlerin doğal ortamda oksijen kazanması için kilometrelerce uzaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak akarsu ve nehirlerin üzerine inşa edilecek hidrolik yapılar ile oksijen transferi çok hızlı bir şekilde sağlanabilir. Hidrolik yapılar ile yapılan havalandırma işlemleri, farklı yöntemlerle yapılan havalandırma işlemlerine göre daha ekonomiktir. Suların havalandırılmasında; konduitler, venturiler, su jetleri ve savaklar aktif olarak kullanılan hidrolik yapılardır.

Hidrolik yapıların hava girişleri ve havalandırma performansları çeşitli yapay zeka sistemleri ve sonlu elemanlar yöntemleriyle modellenmektedir. Bu metodlardan biri de sonlu elemanlar metodu programı olan ANSYS'tir. ANSYS'in alt modülü olan CFD (Computational Fluid Dynamics) yani HAD (Hesaplamalı Akışkan Dinamiği); sıvı akışının, ısı transferinin, sıvı türbülansının, damlacıkların, kabarcıkların ve parçacıkların çok fazlı bileşenlerinin, türlerin taşınmasının kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonun sayısal simülasyonudur [3]. CFD, sıkıştırılabilir veya sıkıştırılmaz, laminar veya türbülanslı, reaksiyonlu veya reaksiyonsuz, tek fazlı veya çok fazlı ve sabit veya geçici akışlar dahil olmak üzere yüksek hızlı ve büyük bellekli bilgisayarların birçok akış problemine çözüm bulmasını sağlamaktadır.

ANSYS CFD simülasyonu, bir havalandırma tankındaki çok fazlı akış modelini ve çözünmüş oksijenin çok bileşenli dağılımını tahmin etmek için kullanılabilir. Havalandırma tasarımının oksijen transferini ve havalandırma verimliliğini nasıl etkilediğini araştırmak için kullanılabilir [4]. Havalandırma teknolojilerinde süreç iyileştirmelerine olanak tanımaktadır.

Bu çalışmada, su mühendisliğinde havalandırma konusunda mevcut oksijen transferi sistemlerine alternatif olarak kullanılan konduit havalandırıcıların hava giriş debisi; farklı daralma oranları, farklı konduit uzunlukları, farklı Reynolds sayıları ve farklı hızlarda su girişi parametreleri bakımından ANSYS (Fluent) yazılımı yardımıyla modellenmiş ve sayısal analizler yapılmıştır. Bu analizlerde kullanılan veriler, Yücel (2016) tarafından gerçekleştirilen deney sonuçlarından elde edilmiş ve deney sonuçları ile model sonuçları karşılaştırılmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Oveson [5], tez çalışmasında dairesel ve serbest kapalı kondüitlerde hava girişi deneysel çalışmalarla araştırmıştır. Kondüitlerde hava girişini etkileyen en önemli parametrelerin, su yüzey pürüzlülüğü, kapak açıklığı ve kondüit uzunluğu olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, çalışmasında hava-su arayüzeyi üzerinde bir hava hızı profili olduğunu saptamıştır. Konduit geometrisi sabit kaldığında, kapak açıklığı oranı ve hava debisinin su debisine oranı (hava giriş oranı) arasında doğrusal bir ilişki olduğu sonucuna varmıştır. Kapak pürüzlülüğünün artmasıyla, su yüzeyi pürüzlülüğünün ve buna bağlı olarak hava giriş oranını artırdığını gözlemlemiştir. Konduit boyunun doğru orantılı olmamasına rağmen, hava giriş deliğinde ölçülen hava girişini önemli ölçüde etkilediğini belirtmiştir. Çalışmada ayrıca serbest yüzeyli kapaklı konduitlerde, hava girişini tanımlamak için Froude sayısının kullanılabileceğini, fakat konduit geometrileri benzer değilse sonuç karşılaştırmaları yapılmaması gerektiğini ifade etmiştir.

Özkan ve diğ. [6] yaptıkları çalışmada, yüksek basınçlı kapaklı konduitler ile venturilerin hava giriş ve havalandırma performansları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, Reynolds sayılarının 100.000'den daha küçük değerlerinde venturilerin, Reynolds sayısının artması durumunda ise yüksek basınçlı kapaklı konduitlerin hava giriş ve havalandırma performansının daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Ünsal [7], gerçekleştirdiği çalışmada serbest yüzeyli ve yüksek basınçlı kondüitler kullanmış ve bu kondüitler ile oksijen transferi ve hava girişi verimliliğini incelemiştir. Çalışmasında farklı kondüit uzunlukları, farklı kapak açıklıkları ve farklı debiler kullanarak sonuçlar elde etmiştir. Çalışmada bu iki tip kondüit tipi için, kapak altı kondüit kapak açıklığı, çözülmüş oksijen eksikliği, Froude sayısı, su sıcaklığı, kondüit boyu gibi parametreleri kullanmıştır. Çalışma sonucunda bu iki tip kondüitin suda çözülmüş oksijen miktarını neredeyse doyum seviyesine yükselttiğini gözlemlemiştir. Aynı zamanda Froude sayısı ile hava girişi ve oksijen verimliliğinin doğru orantılı olduğu ve Froude sayısını 15 ten büyük olduğunda maksimum doyum noktasına ulaşıldığını ortaya koymuştur. Ayrıca kondüit boyu ve kapak açıklığı parametrelerinin havalandırma verimi üzerinde kayda değer bir etkisinin olmadığını gözlemlemiştir.

Baylar ve diğ. [8] yaptıkları çalışmada, venturi tüplerinin hava enjeksiyon oranlarını Hesaplamalı Akışkan Dinamiği (CFD) modellemesi kullanarak analiz etmişlerdir. Bu analizler, sonlu hacim metodunu kullanan FLUENT 6.2 CFD paket programı ile yapılmıştır. Ölçülen ve FLUENT 6.2 CFD paket programı kullanılarak hesaplanan hava

enjeksiyon oranları arasında iyi bir uyum olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda CFD metodunun, venturi tüplerin hava enjeksiyonunu maksimize eden optimum hava giriş delik çapını tahmin etmekte kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Aydın [9] çalışmasında dolu savak havalandırıcıları için CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) analiz sonuçları, başka araştırmacılar tarafından sunulan fiziksel model ve prototip datalarıyla karşılaştırılmıştır. Çalışmada Alttan Alışlı Havalandırıcı diye adlandırılan yeni bir havalandırıcı tipi önerilmiştir. Bu havalandırıcının performansını belirlemek için Fluent yazılımıyla üç boyutlu CFD modelleri kullanılarak data analizi yürütülmüş ve yüksek korelasyonla bazı faydalı bağlantılar elde edilmiştir.

Cici [10] çalışmasında suların havalandırılmasında kullanılan venturi aygıtlarının havalandırma verimlerini araştırmıştır. Araştırmasında üzerinde farklı havalandırma bacaları dizayn edilmiş venturi aygıtının dairesel ve elips kesitli geometrilerini kullanmıştır. Tasarlanan bu venturi modelleri için sayısal ortamda analizler yapılmıştır. Çalışma kapsamında bir Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılımı olan Ansys-Fluent yazılımı ile toplam 240 adet sayısal çalışma yapılmıştır. Elde sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırılmış Ansys-Fluent yazılımının kullanılabilirliği doğrulanmıştır.

Demirel [11] çalışmasında, kapaklı konduitlerde serbest yüzeyli akım durumunda maksimum hava girişi için en uygun tasarımı araştırmıştır. Kapak mansabına belirli aralıklarla hava delikleri açılarak her bir delik için havalandırma performansları ölçülmüştür. Serbest yüzeyli konduit akımlarında kapak mansabında oluşan emme kuvvetinin yersel bir değişim göstermediği anlaşılmıştır. Bütün kapak açıklık oranları için havalandırma deliklerinin tamamında boru boylarının artmasıyla hava giriş oranlarının da arttığı sonucuna varılmıştır. (2013).

Bozkurt [12] çalışmasında Muş Alpaslan II Barajı'nın dolusavağına ait iki boyutlu geometri AutoCAD kullanılarak modellenmiş, dolusavak modeli ile etkileşim halindeki akımı idare eden temel denklemler, sonlu hacimler yöntemine dayalı Ansys-Fluent Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılım programıyla sayısal olarak çözülmüştür. Dolusavak modellemesinde akımda su yüzey alanının sayısal hesaplaması yapılmış ve elde edilen sonuçlar DSİ-TAKK dairesi başkanlığınca yapılan deney sonuçları ile karşılaştırılarak birbiriyle uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Tuna ve diğ. [13], yapmış oldukları çalışmayla yüksek basınçlı kapaklı konduitlerin havalandırma performansını arttırmak için birçok çalışma yapmış ve bu çalışmalar sonucunda havalandırma performansını etkileyen parametrelere ait denklemler ortaya koymuşlardır. Froude sayısının ve enine kesit akış alanının boru kesit alanına oranının

havalandırma verimliliği üzerindeki etkilerinin önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, havalandırma verimliliği için su enine kesitli akış alanının boru en kesit alanına ve Froude sayısına oranına ilişkin bir tasarım formülü sunulmuştur.

Varol [14] çalışmasında, hidrolik yapıdaki hasarı önlemenin bir yolu olan dinlendirme havuzları tasarımı için model oluşturulmuştur. 2,10 m yükseklik ve 2,10 m genişliğine sahip farklı geometrilerdeki 11 adet enerji kırıcı bloklardan meydana gelen ve bir adet de enerji kırıcı bloksuz modelden oluşan, toplam 12 adet model oluşturmuştur. Bu modellerin CFD yazılımı olan Fluent programına gerekli veriler sağlandıktan sonra analizleri yapılarak; hız değişimleri, enerji sönümlenme seviyeleri ve bloklara etki eden dinamik kuvvetleri incelenmiştir. Tasarlanan modeller arasında akımın enerjisini en fazla sönümleyen model tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak, tasarladıkları modeller içerisinde en iyi enerjiyi kırabilen modelin, üçgen geometriye sahip olan modelin olduğu ve elde edilen sayısal çalışma verilerden oldukça memnun edici olduğu söylenilmiştir.

Yücel P. [15] yaptığı tez çalışmasında dairesel kesitli kapaklı kondüitlerde hava giriş deliği çapının hava giriş oranı üzerinde etkisini araştırmıştır. Üç farklı delik çapı etkisini araştırmıştır. Bunlar; 5 mm, 10 mm ve 15 mm çaplarıdır. Hava giriş oranının artması hava giriş deliği çapının artmasıyla doğru orantılı olduğu belirtilmiştir. En yüksek hava giriş oranı değerlerini 15 mm çaplı hava deliğinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Nadal-Rey ve diğ. [16] yaptıkları çalışmada, gerçekçi bir endüstriyel koşullar aralığında ( $40-90 \text{ m}^3$ ,  $0,3-6 \text{ kW m}^{-3}$   $0.5-1 \text{ vvm}$ ) çalıştırılan farklı endüstriyel olarak ilgili reaktör tiplerinin (kabarcık kolonları ve farklı pervane konfigürasyonlarına sahip karıştırılmalı tanklar) Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) kullanarak sayısal bir karşılaştırma sağlamışlardır. İncelenen tüm durumlar için yerel akış değişkenleri ve karıştırma süreleri değerlendirilmiştir. Bu verilerin toplanması, endüstriyel biyoreaktörlerde tipik karıştırma süresi (10-206 s) ve oksijen transfer hızı ( $1-8 \text{ kg m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ) değerlerinin tahmin edilmesini sağlamış ve farklı reaktör tipleri arasındaki karşılaştırma için temel oluşturmuştur.

Janosky K. [17] yüksek lisans tezinde Ansys Fluent'teki çoklu türbülans modellerini laboratuvar test verileriyle karşılaştırmıştır. Çalışmasında, farklı çözücü seçenekleriyle birleştirilmiş belirli türbülans modellerinin belirli uygulamalarda daha iyi performans gösterdiğini görmüştür. Bu sonuçları, gelecekteki simülasyonu laboratuvar testlerinde beklenenle daha iyi ilişkilendirmek için özel bir türbülans katsayıları seti oluşturmak için uygulamıştır. Ayrıca, farklı türbülans modellerinin ve çözücü seçeneklerinin, farklı türbülans modelleriyle eşleştirdiğinde sonuçların hızını ve doğruluğunu nasıl etkilediğini

görmüştür. Sonuç olarak çalışmasında Ansys Fluent kullanarak bir mühendisin, laboratuvar doğrulaması ile benzer bir modelleme yöntemini izleyerek, laboratuvar verilerini daha doğru bir şekilde takip etmek için türbülans modeli katsayılarını değiştirebileceği sonucuna ulaşmıştır.

Li M. ve diğ. [18] çalışmalarında CFD-DEM birleştirme yöntemini kullanarak hidrolik su rezervuarlarında parçacıklar ve sıvı arasındaki etkileşimi ortaya çıkarmak; parçacıkların hareketleri ve birikme durumlarını görebilmek için çeşitli deneyler ve simülasyonlar gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlar, CFD-DEM birleştirme yönteminin, akış alanındaki küçük ölçekli türbülans etkisini göz ardı ederken demir parçacıklarının ve kum parçacıklarının doğru biriktirme konumunu tahmin edebildiğini göstermektedir. Ayrıca, rezervuardaki parçacık hareket izleri ve biriktirme modelleri, alt yüzeydeki akış gelişiminin parçacıkların dönmesine neden olduğunu ve parçacıkların düşük akış enerjisi konumunda yerleşme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Parçacıkların hareketi ayrıca parçacıkların Stokes sayısı ile de bağlantılıdır ve aynı boyuttaki kum parçacıkları sıvı tarafından kolayca sürülür. Çalışmada CFD-DEM birleştirme yönteminin, hidrolik rezervuardaki parçacık hareketini ve birikme modelini tahmin etmek için kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Zeng J. Ve diğ. [19] yaptıkları çalışmada su kontrol yapılarının performans ve risk değerlendirmesini değerlendirmek için küçültülmüş ölçekli fiziksel modeller kullanılmasına bir alternatif olarak, Güney Florida'daki alçak kapaklı dolusavakların tasarım optimizasyonu ve performans değerlendirmesinde hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) modellemesini uygulamışlardır. Uygulamada iki tip analiz yapılmıştır. Bunlar; S5AS Dolusavak'ın aşağı akışında aşırı akış koşulları altında erozyon kontrolü için çeşitli senaryoların risk değerlendirmesi ve S49 Dolusavak'ın değiştirme tasarımının optimizasyonudur. Her iki durumda da basınç alanını, hız dağılımını ve potansiyel aşınma etkisini optimize etmek için farklı tasarım, yapım ve çalıştırma senaryolarının CFD simülasyon sonuçları kullanılmıştır. Bu çalışma, uygun bir araç olarak CFD'nin, çok sayıda yeni ve mevcut yapının tasarım optimizasyonu ve yenileme sürecini uygun maliyetli bir şekilde hızlandırmaya yardımcı olabileceğini göstermektedir.

Deeb R. ve Sidenkov D. V. [20] çalışmalarında büyük ölçekli bir hidrolik test tezgahında karmaşık hava-su akışını doğru bir şekilde tahmin etmek için hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) metodolojisini kullanmışlardır. Serbest su yüzeyi gelişimini tahmin etmek için sıvı hacmi (VOF) modelinin potansiyeline odaklanılmıştır. Simülasyonlar, kararsız akış rejiminde üç boyutlu Navier-Stokes denklemlerini kullanan

ANSYS Fluent 17.0 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Standart ke türbülans modeli kullanılmış ve sonlu hacim yöntemi dikkate alınmıştır. Sayısal belirsizlik, ızgara yakınsama indeksi (GCI) yöntemiyle ölçülmüştür. Sayısal sonuçların deneysel verilerle son derece uyumlu olduğu bulunmuştur.

Yıldız M. C. ve Yarar A. [21] yaptıkları çalışmada farklı şev açlarına sahip geniş başlıklı savak modellerinin akım üzerindeki etkileri deney ortamında incelenmiştir. Üç farklı geniş başlıklı savak modeli oluşturulmuş ve her bir modelde 41 farklı debi için savak yükü okuması yapılmıştır. Yapılan deneylerle aynı şartları sağlayan sayısal modeller, hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı olan ANSYS-FLUENT ile çözülmüştür. Deneysel ve sayısal modellerden elde edilen sonuçlar kıyaslanmış ve sonuçların oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.

Smitha Mohan K ve Greeshma Elandassery [22] çalışmalarında, FLUENT yazılımında 2B model kullanılarak ogee tipli dolusavak üzerindeki akış simüle edilmiştir. Simülasyon için iki fazlı VOF modeli kullanılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, FLUENT sayısal modeli tarafından elde edilen basınç yükü gibi akış parametresinin, ogee tipli dolusavak üzerinden akış için deneysel sonuçlar ve Flow3D sonuçları ile iyi bir uyum içinde olduğunu ve CFD'nin bu tür hidrolik yapıların analizi veya tasarımı için kullanılabileceğini göstermiştir. Sonuçların doğruluğu temel olarak meshlemenin inceliğine bağlıdır ve bu çalışma sonuçlarını etkilemiştir. Sayısal modeller genellikle fiziksel modellerden çok daha az zaman alır. Ayrıca, sayısal modellerin hesaplama maliyeti, deneysel testlere göre düşüktür. Sayısal bir modelde, tasarımdaki değişiklikler kolayca mevcut modele uyarlanabilir. Yüksek kapasiteli bilgisayarlar ve verimli CFD kodları, CFD'nin sanal laboratuvar olarak düşünülebilmesi için gerçekçi sıvı akışı çözümleri sağlar. Bu çalışmada Ansys'in sıvı akışı sorunları için çok daha verimli bir çözüm üretebileceği, böylece hesaplama daha kısa sürede deneysel çalışmayla daha ilişkilendirilebilir hale geleceği sonucuna varılmıştır.

SURI, Y ve diğ. [23] yaptıkları çalışmada, hidrolik kırılmalarda propant sıvısı çok fazlı akışının tahmini için üç boyutlu bir Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) modelleme tekniğinin geliştirilmesini sunmuşlardır. Önerilen modelde kırılma duvarından sıvı sızıntısı davranışını simüle etmişlerdir. Çalışmalarında Euler-Granular ve CFD-Discrete Element Method (CFD-DEM) çok fazlı modelleme yaklaşımı uygulanmış ve akışkan-propant ve propantlar arası etkileşimi tanımlayan denklemler sonlu hacim tekniği kullanılarak çözülmüştür. Hidrolik kırıklarda propant taşınımı kapsamlı bir şekilde incelenmiştir ve

propant dağılımının hesaplamalı modelleme sonuçlarının ve diğer akış özelliklerinin, yayınlanan deneysel çalışma ile iyi bir uyum içinde olduğu görülmüştür.



### 3. ANSYS

Bir sonlu elemanlar metodu programı olan ANSYS mühendislik sorunlarının detaylı olarak kendi içerisinde farklı modüllerde tanımlanarak mesh yapısı doğrultusunda çözümlenmesini sağlayan programdır. Isı transferinden akışkanlar mekaniğine, statik ve dinamik analizlerden mukavemet analizine kadar pek alanda bu program ile sorunlara çözümler getirilebilmektedir. Ayrıca farklı malzemelerin benzer geometriler üzerine uyarlanması ile mühendislik malzemelerinin kullanımı içinde geniş bilgi alanı sunmaktadır. Tüm bu yönleriyle ANSYS klasik deneme yanılma yöntemlerinin aksine ekonomik bir mühendislik ön hazırlığı sunmaktadır.

ANSYS programı sunduğu çözümler ile bir çok alanda kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları şöyledir:

- Otomotiv sanayisi
- Havacılık ve uzay
- Enerji teknolojileri
- Isıtma ve Soğutma sektörü
- Havalandırma sektörü
- Üretim sektörünün hemen hemen tamamı
- Kömür, petrol ve doğal gazın işlenmesi
- Yenilenebilir enerji sektörü
- Elektronik ve robotik

ANSYS programları problemleri “Sonlu Elemanlar Yöntemi” kullanarak çözmektedir. Bu yöntem tek parça halinde çözülmesi zor ve güçlü olan sistemleri parça parça bölerek oluşan küçük elemanların analiz sonrası sonuçlarını birleştirerek tek ve tutarlı bir analiz sonucu elde etmektedir. Bahsedilen bölünerek küçük elemanları oluşturma olayı sistemine “Mesh” sistemi denilmektedir. İçerisine eklenen geometri dosyasını çok küçük parçalar haline getirerek sistemin analizi ve çözümlenmesi için hazır hale getirmektedir. Bilgisayar sistemlerinin hem matematiksel sistemleri çözme hızını hem de karmaşık, çözülmesi çok zor görünen sistemlere alternatif çözümleri hızlıca ön görüp çözümlenmesini göz önüne alındığı zaman yukarıda da ifade edildiği gibi hem zamansal olarak hem de iş yükü olarak kullanıcılara büyük bir avantaj sağlamaktadır. Kullanıcılar sadece ANSYS sistemi içerisine malzemeyi eklemeyip aynı zamanda eklemiş olduğu malzemelere basınç, sıcaklık, hız, debi, ağırlık gibi fiziksel özellikler de ekleyebilir.

ANSYS Mühendislik anlamında çok geniş bir kullanım alanı sunmaktadır ve böylece Mühendislik alanlarını tek bir çığta altında toplamaktadır.

John Swanson tarafından 1970 yılında kurulan ANSYS, 2000'li yıllarda akışkan dinamiğı, elektron tasarımı ve diğere fizik analizleri için ek teknoloji sağlayarak çok sayıda mühendislik paketlerini de dahil etmiştir. Ve halen günümüze kadar gelişimini de devam ettirmektedir. ANSYS içerisinde yapılacak olan analiz ve simülasyonların hepsi ANSYS'in Workbench bölümünde gerçekleşmektedir.

ANSYS Discovery 3D tasarımı yazılımı sayesinde ANSYS içerisinde kullanıcılar çok rahat ve çok stabil bir şekilde ürünlerini üretebilmekte ve aynı zamanda ürünlerinde yenilik yapıp, bu ürünleri daha optimize bir şekilde üretimini sağlayabilmektedir. Ürettikleri ürünleri ise bu yazılım sayesinde kullanıcılar dijital ortamda ürünlerini gözlemleyebilme fırsatı sunmaktadır.

ANSYS programı sayesinde üretilecek olan elektronik sistemlerin bileşeni devresi ve sistem tasarımı da oldukça rahat bir şekilde üretilip teorik olarak bu elektromanyetik sistemlerde sonucun olacağını tahmin etmekten çok simülasyonlar yaparak karşımıza ne gibi sorunlar ve sıkıntılar çıkacak sorusuna da cevap vermektedir. Böylelikle bu sorunları deneme yanılma yöntemi ile elektronik sistemlere zarar vermekten ziyade envanterdeki ürünlerin çok daha sağlıklı ve başarılı bir şekilde kullanılmasına da olanak sağlamaktadır. Sistemde yalnızca sorunlar değil sistemin çalıştıktan sonra veya çalışma esnasında nasıl bir sıcaklık, nasıl bir titreşim ve nasıl bir etki gösterdiğini de ANSYS yazılımı sayesinde fikir sahibi olunabilmektedir.

ANSYS içerisinde aynı zamanda otomatik kod üreticisi ve model tabanlı bir gömülü yazılım geliştirmesi sayesinde sistemlerin hem yazılımsal hem de birbirleri arasındaki uyumunu da simüle edebilmektedir.

ANSYS yazılımı içerisindeki malzeme envanteri sayesinde sistemlerin daha doğru, tutarlı ve izlenebilir bir detaylı malzeme bilgisi sağlamaktadır. Bu sayede kullanıcılar üretecekleri ürünlerin doğru malzeme ile doğru şekilde kolayca üretmek istedikleri ürünlerin üretimini gerçekleştirebilmektedirler.

ANSYS elektronik sistemlerde sadece iletken malzemelerde işlem yapmadığı gibi aynı zamanda yarı iletken sistemlerde de çoklu fizik simülasyonları yaparak onların ısı, genişleme gibi çeşitli faktörlerden de etkilerini incelemektedir. Bu gibi programların büyük hesaplar ve büyük işlemler yapmasının yanı sıra güncel teknolojileri güncel yazılımları da içerisinde barındırarak günümüz çağına sürekli güncel bir şekilde kalmaktadır. Bu yüzden ANSYS sistemi sürekli gelişmekte ve gelişmeye de devam etmektedir. Her sürümde yeni

özellik kazanan ANSYS sadece özellik kazanmakla kalmayıp yeni çıkaracağı sürümün de o zamanın programlarının güncel estetik görüntüsünü de düşünerek çeşitli değişiklikler çeşitli yenilikler de yapmaktadır. Yani yeni bir kullanıcı ANSYS programını kullanmadan önce öncesinde kullanmış olduğu programların tasarımına aşına olduğundan dolayı ANSYS programını da rahat bir şekilde kullanabilmektedir.

ANSYS programı güçlü işlemler yapmasının yanı sıra çalışacağı bilgisayar sistemlerinin performansından etkilenmektedir. Sonlu elemanlar ile işlemlerini gerçekleştiren ANSYS Güçlü sistemlerde daha rahat ve daha stabil çalışabilmektedir. İşlemci gücü, ekran kartı ve ram gibi çeşitli donanımsal etkenler hem analiz süresini etkilemekle beraber hem de sistemin daha rahat ve daha sorunsuz çalışabilmesinde önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda kullanıcılar analize başlamadan önce ANSYS sistemine bilgisayarlarındaki işlemcinin kaç çekirdek ile çalışacağı gibi çeşitli parametreleri de sistem içerisine belirtebilmektedir.

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği otomotiv sektöründen, medikal sektörüne, uçak ve mekik gibi havacılık sektöründe aerodinamik hesaplamalara kadar çok farklı ve geniş alanda kullanıma sahiptir. Tüm bu alanlarda mühendislik adına oluşan problemlerin çözümleri ve test edilmelerinde aktif olarak kullanılmaktadır. Ayrıca akademik çalışmalar için ekonomik ve hızlı bir çözüm ortağı olan ANSYS içerisinde onlarca modül ile birbirinden farklı sorunlara yenilikçi çözümler sunmaktadır.

### **3.1 CFD(Computer Fluid Dynamics)**

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği sistemlerdeki akışkanların modellenerek hesaplandığı ve sonlu elemanlar metodu ile çözümünün gerçekleştirildiği yöntemdir. Yazılımda hız, sıvı/gaz yoğunluğu, basınç ve vizkozite gibi parametreler değişken olarak tanımlanabilmektedir[24]. Bu yöntem ile akışkan hareketlerinin olduğu sistemlerdeki ısı transferi, akış yönlenmesi, faz değişimi, kütle hesapları gibi problemler çözülebilmektedir. Hesaplamalı yöntemlerinin henüz gelişmediği dönemlerde denklem çözümlerinde yetersiz kalınmasından dolayı mecburi olarak test ve deney yapılması gerekmekte idi. Bunun için de deney numunelerinin prototip olarak oluşturulmasının ardından rüzgar türbini gibi ortamlarda test edilmesi veya gerçek ortamında çalıştırılarak denemeler yapılmaktaydı. Hesaplamalı akışkanlar mekaniğinin ortaya çıkması ve gelişmesiyle birlikte deney ve testler ortadan kaldırılarak zaman ve maliyetten tasarruf sağlanmıştır[25].

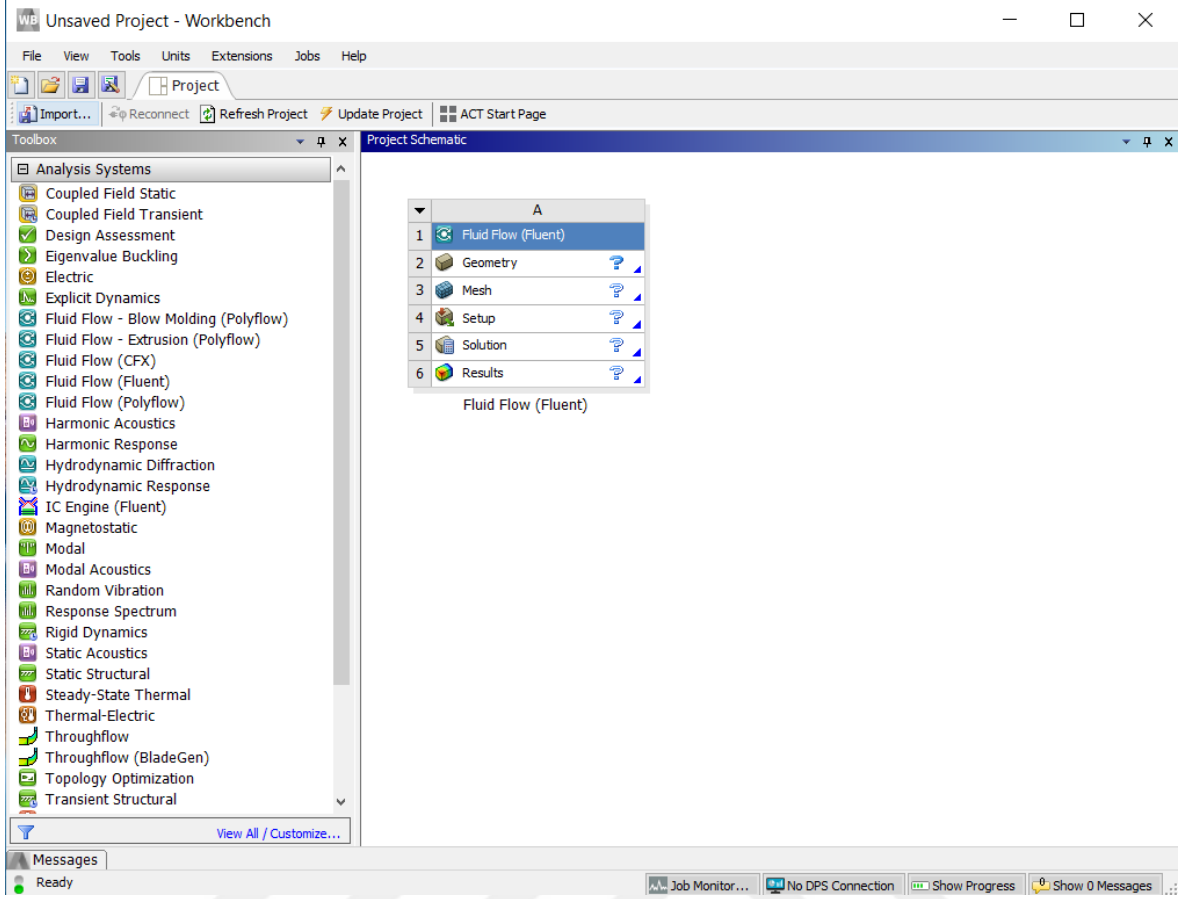
ANSYS Fluent modülünde işlem yapabilmek için yüksek parametre giriş sayısı kaynaklı oldukça fazla hakimiyet gereklidir. Özellikle problem tanımlaması aşamasında her bir parametrenin giriş nedeni dikkate alınarak kontrollü şekilde girilmesi

gerekmektedir. Bu modülde iş akışı diğerlerine göre farklılıklar içermektedir. Örneğin diğer modüllerden farklı olarak girişte malzeme tanımlaması yapılmamaktadır. Malzeme analizin ilerleyen süreçlerinde sisteme tanımlanmaktadır. İş akışı genel hatlarıyla şöyle tanımlanabilir:

- Geometrinin import edilmesi
- Mesh yapısının oluşturulması
- Akış noktalarının tanımlanması (İnlet, outlet vb.)
- Setup bilgileri içerisinde ayarların yapılması
- Çözücü ayarları yapılarak analiz başlatılır.

Çözücü ayarları için daha ayrıntılı bilgi vermek gerekirse, çözücü türünün pressure based veya density based olarak belirlenmelidir.

Pressure-based çözücü türü düşük hızlı sıkıştırılamaz akışlar için tercih edilmektedir. Density-based türünde ise çözücü yüksek hızlı, sıkıştırılabilir akışlar için tercih edilmektedir. Density-based yüksek hızlı sıkıştırılabilir akışlar için pressure-based'e göre daha yüksek doğruluk sağlamaktadır. Daha sonra Time ifadesi için steady veya transient akış türü seçimi yapılmalıdır. Bu noktada steady akış kararlı duruma gelene kadar (sınırsız süre) çözümün devam edeceğini ifade eder. Transient ise denge durumuna ulaşılmasını beklemeden kaç iterasyon girildiyse o kadar işlem yaparak çözümü tamamlamaktadır. Setup-models başlığında ise problemin tanımlanması gerekmektedir. Materials başlığında akışkan malzemelerin girilmesi ve tanımlanması istenmektedir. Boundary conditionsda Mesh analizi sırasında tanımlaması yapılan ve Named Selections olarak girilen inlet outlet vb. parametreleri girilmektedir. Run Calculation kısmında Transient analizler için iterasyon sayısı belirlenerek ve çözüm işlemi başlatılmaktadır. Çözüm işleminden sonra rapor kısmından istenen rapor şablonları ve detayları girilerek analiz nihayete erdirilmiş olur. Aşağıda Şekil 1'de Fluent arayüzü gösterilmektedir.



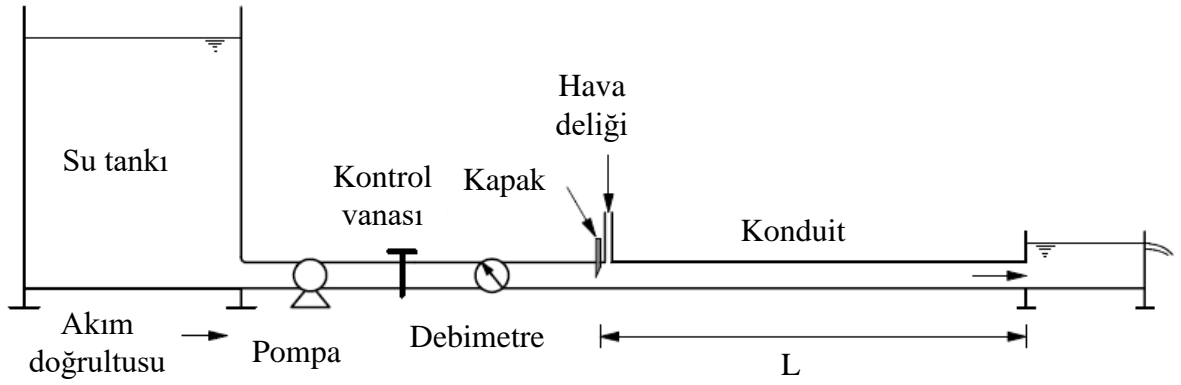
Şekil 1. ANSYS Fluent Arayüzü

## 4. MATERYAL VE METOT

### 4.1 Materyal

Bu çalışmada Yücel (2016) tarafından yapılan çalışmadan elde edilen veriler kullanılmıştır. Yücel (2016) yaptığı çalışmada, dairesel kesitli yüksek basınçlı kapaklı konduit konduitlerde hava delik çapının havalandırma performansına etkisini araştırmıştır. Konduitte; farklı hava delik çapları, farklı daralma oranları, farklı debi değerleri ve farklı konduit uzunluklarına bağlı olarak hava girişi oranlarını belirlemiştir.

Deneyde kapaklı konduit olarak 27,7 mm çapında dairesel kesitli metal bir boru kullanılmıştır. Konduit boyu 75, 100 ve 125 cm; hava delik çapı ise 5, 10 ve 15 mm olarak değişmektedir. Konduitin kapak kısmında, mevcut alanın %20, %35 ve %50'sine karşılık gelecek şekilde daralma ( $\beta$ ) yapılmıştır. Kapak mansabında açılan delik aracılığıyla dış ortamdaki havanın sistem içerisine girmesi sağlanmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan deney düzeneği Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Deney Düzeneği (Yücel, 2016)

### 4.2 Metot

Yücel (2016) yapılan çalışmada en yüksek hava girişi 15 mm delik çapına sahip yüksek basınçlı kapaklı dairesel konduitte gerçekleşmiştir. Bu nedenle çalışmada bu değerler kullanılarak ANSYS programı FLUENT modülünde modelleme yapılmıştır.

Modelleme çalışması için öncelikle SOLIDWORKS katı modelleme programı ile 15mm delik çapına sahip 75, 100 ve 125 cm uzunluğunda  $\beta =$  %20, %35 ve %50 olan konduitlerin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu tasarımların ANSYS programına aktarılabilmesi adına Step. uzantılı formatları alınmıştır. ANSYS programında sırasıyla mesh(ağ) yapısı oluşturulması, analiz kurulumunun yapılması ve ardından son kontroller yapılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Aşağıda bu aşamalar detaylarıyla açıklanmıştır.

#### 4.2.1 Sayısal Modelleme Aşamaları

Sayısal analizi gerçekleştirilecek parçalar öncelikle katı model haline getirilerek sanal ortama birebir aktarılmaktadır. Bu çalışmada katı modelleme için SOLIDWORKS programı kullanılmış olup bu programdan elde edilen data STEP. Uzantılı olarak ANSYS programına aktarılmıştır. Aşağıda Tablo 1’de 3 boyutlu modelleme programı ile analizler için hazırlanmış geometrilerin özellikleri verilmiştir.

Tablo 1. Geometri Özellikleri

	$\beta$	Uzunluk	Delik Çapı
1	20%	75cm	15mm
2	20%	100cm	15mm
3	20%	125cm	15mm
4	35%	75cm	15mm
5	35%	100cm	15mm
6	35%	125cm	15mm
7	50%	75cm	15mm
8	50%	100cm	15mm
9	50%	125cm	15mm

Mesh(ağ) yapısı sonlu elemanlar yöntemleri ile çözüm işlemine tabi tutulan analizlerde sonucun doğruluğunu direk olarak etkileyen bir parametredir. Mesh(ağ) yapısı ve eleman sayısı analizin süresini de doğrudan etkilemektedir. Bu çalışma için kullanılan mesh yapısı özellikleri Tablo 2’de verilmiştir. Aynı zamanda her bir analiz için mesh bağımsızlığı gereksinimleri sağlanmış olup analiz sonucunun değişmediği optimum mesh yapısı ve eleman sayılarına her bir analiz için ayrı ayrı ulaşılmıştır.

Tablo 2. Mesh Özellikleri

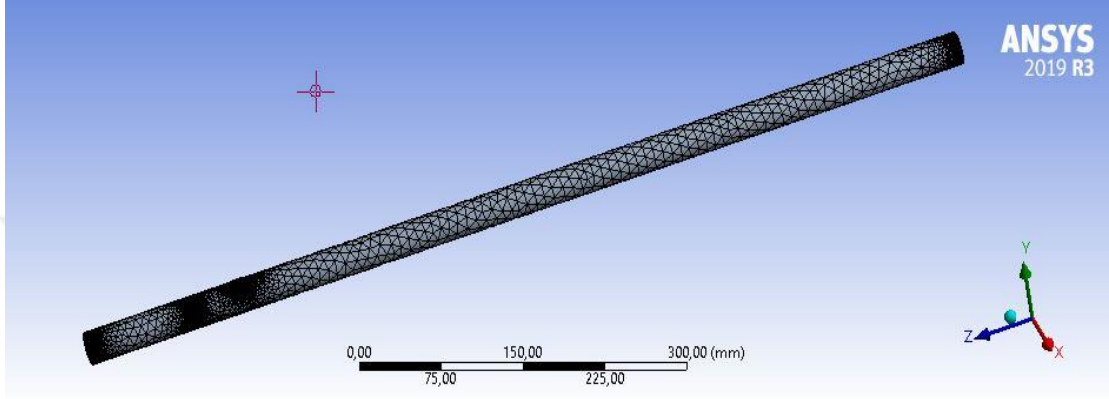
Uygulanan Mesh yapısı	Eleman Büyüklüğü	Skewness Değeri	Eleman Sayısı	Nokta Sayısı
Standart Mesh	0,1mm	0,90206	1023884	1961012

Yukarıda belirtilen mesh özelliklerinin yanında aşağıda Tablo 3’te verilen inflation ataması da gerçekleştirilerek sınır noktalarında akış analizinin doğruluğunu artırıcı mesh yapısı oluşturulmuştur.

Tablo 3. İnflation Özellikleri

Uygulanan Mesh yapısı	Geçiş Oranı	Maksimum Katman Sayısı	Büyüme Oranı
İnflation	0,5	5	1,3

Aşağıda Şekil 3'te ANSYS programı ile gerçekleştirilen mesh atama işlemi görseli verilmiştir.



Şekil 3. Mesh(ağ) Yapısı Görseli

Mesh yapısının ardından analiz işleminin diğer basamağını Setup bölümü oluşturmaktadır. Bu bölümde ANSYS Fluent modülünün analiz isterleri doğrultusunda veri girişi yapılmaktadır. Bu bölümde analiz için sırasıyla;

- Çözüm modeli oluşturulması
- Materyal tanımlamaları
- Sınır koşullarının belirlenmesi
- Hız isterinin girilmesi
- Rapor çıktılarının belirlenmesi
- Analiz başlatma ayarlarının seçilmesi

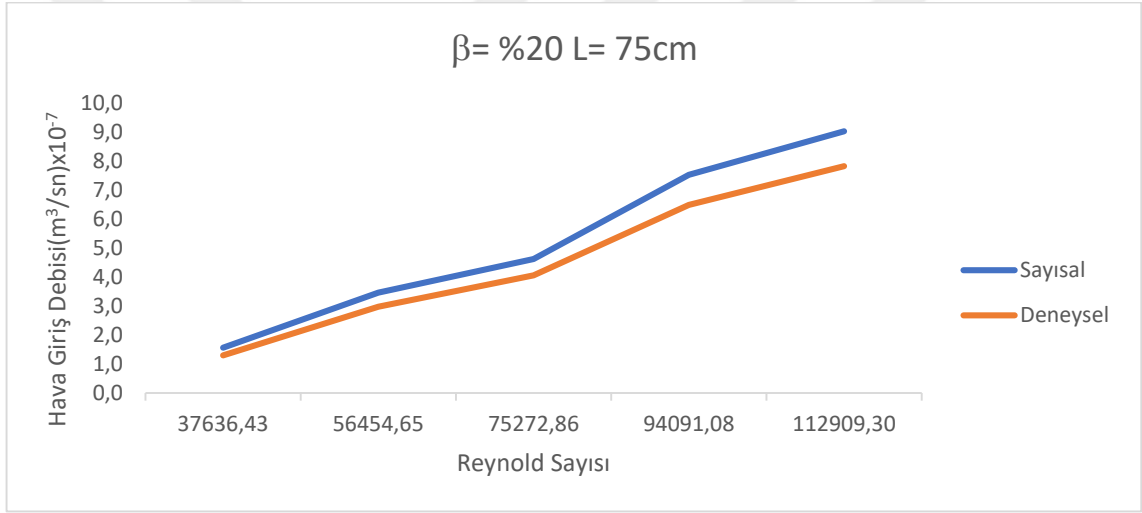
Ve analizin gerçekleştirilmesi işlemleri yapılmaktadır.

Tüm bu analiz ayarlarının ardından 9 farklı geometri için 5 farklı hızda 45 analiz nihai olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca her bir analiz nihai sonuca erdirilmeden önce mesh bağımsızlığı için birçok kez çalıştırılarak mesh yapısındaki iyileştirmenin sonucu değiştirmedeği ana kadar analizler tekrarlanmıştır.

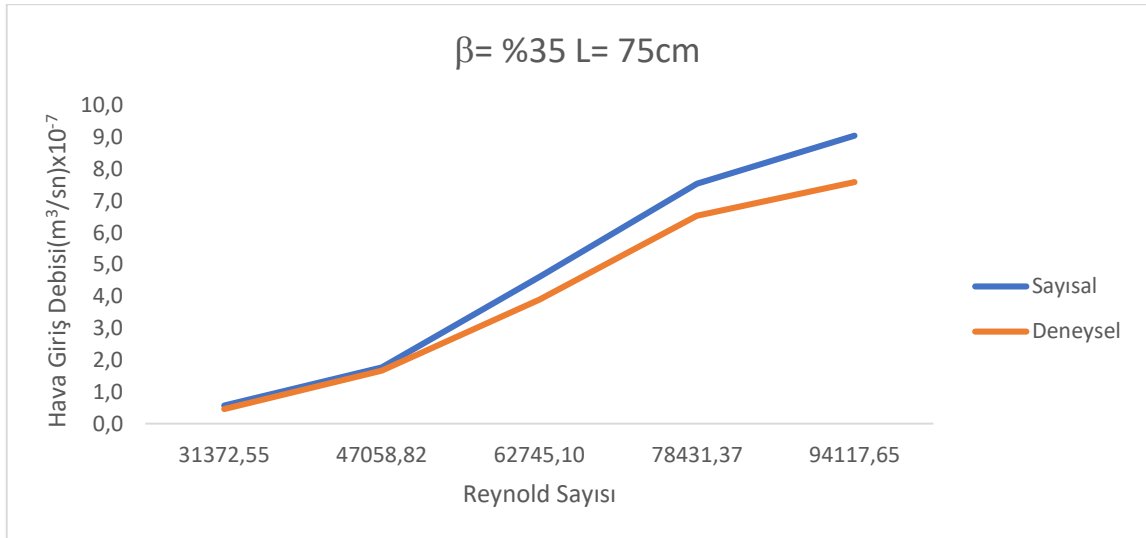
## 5. MODEL SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Gerçekleştirilen sayısal çalışmalar sonucunda aşağıda yer alan sonuçlar elde edilmiş ve grafikler halinde sunulmuştur.

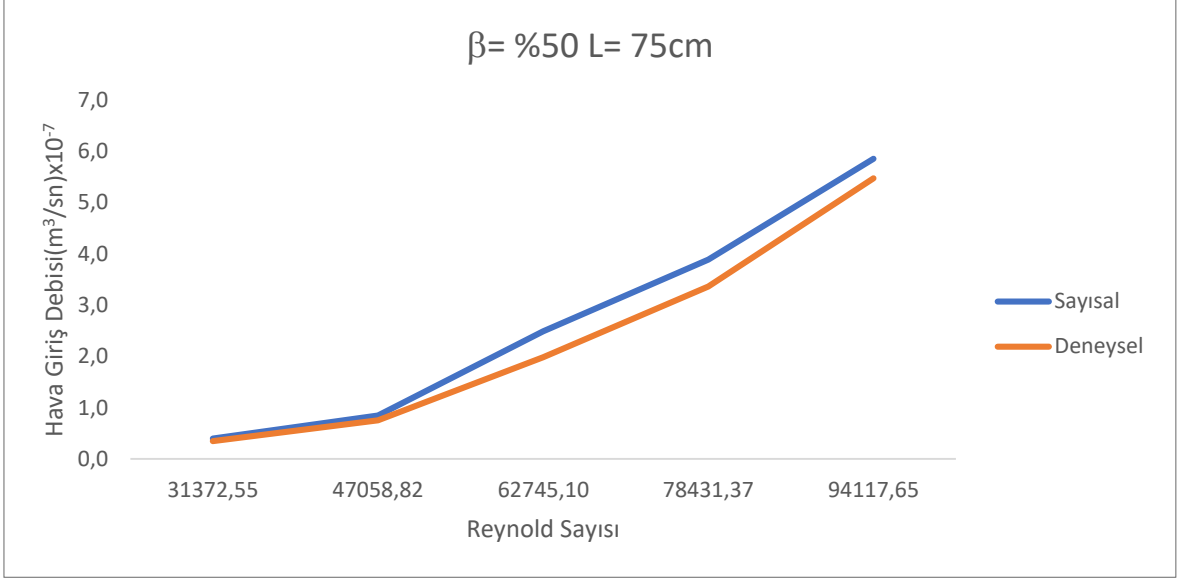
Şekil 4 a-c' de  $L= 75$  cm uzunluğundaki kondüitin  $\beta= \%20$ ,  $\%35$  ve  $\%50$  değerlerinde deneysel ve sayısal sonuçlarının karşılaştırmaları grafiklerle verilmiştir. Tüm grafiklerden görüleceği üzere Reynold Sayısının yaklaşık 50 000 değerine kadar model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında hemen hemen aynı değerler elde edilirken, Reynold Sayısının yaklaşık 50 000 değerinden sonra model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında farklılıklar oluşmuştur. Şekil 4 a-c'de hata payları  $\% 6,02$  ile  $\%19,8$  arasında değişmektedir. Genel olarak deneysel sonuçlar ile model sonuçları arasında bir uyum olduğu ifade edilebilir.



(a)



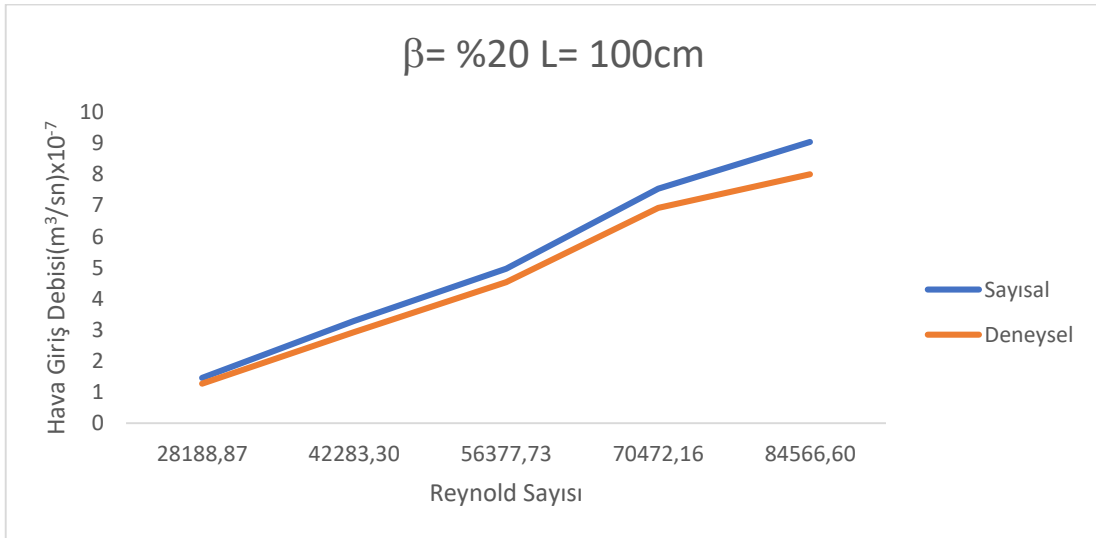
(b)



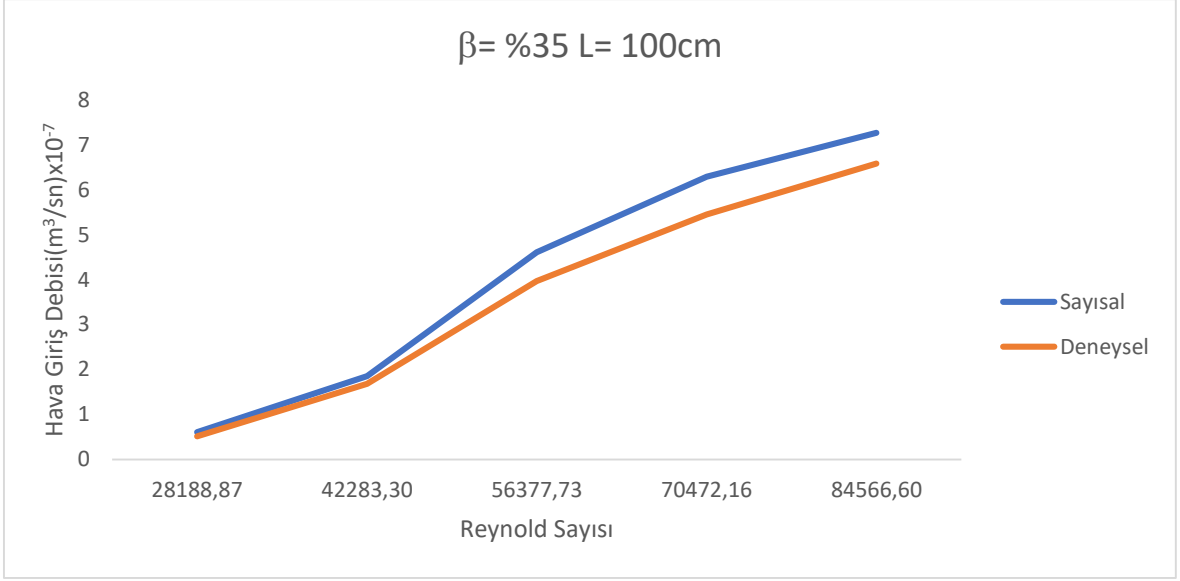
(c)

**Şekil 4 a-c.**  $\beta = 20\%$ ,  $35\%$ ,  $50\%$  ve L = 75 cm Uzunluğundaki Modelin Karşılaştırması

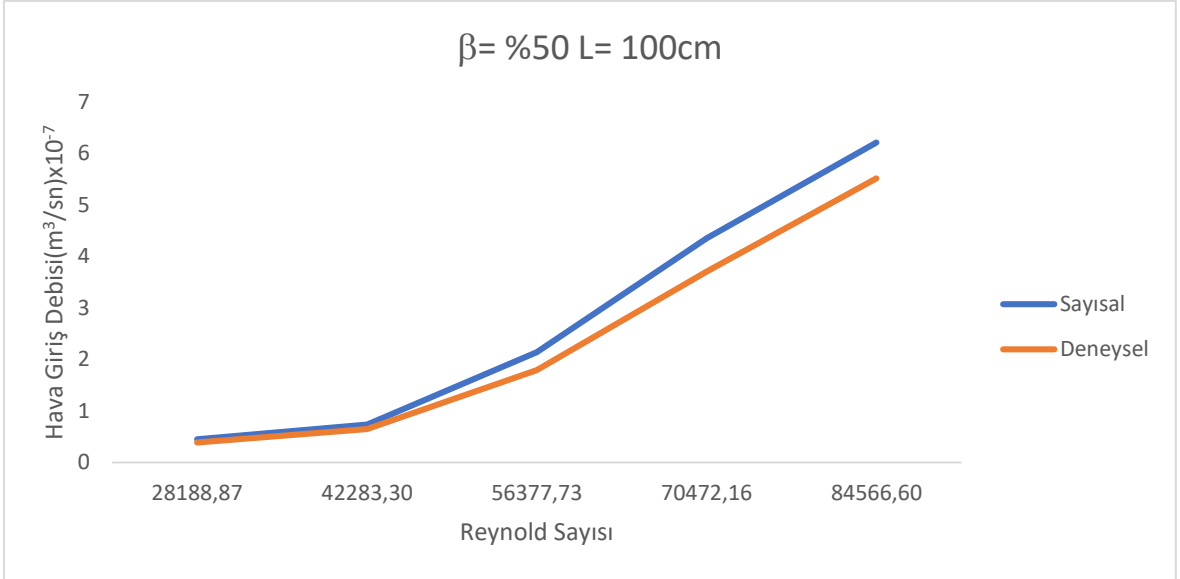
L = 100 cm uzunluğunda ve  $\beta = 20\%$ ,  $35\%$  ve  $50\%$  değerlerinde elde edilen deneysel veriler ile model sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir (Şekil 5 a-c). Tüm grafiklerden görüleceği üzere Reynold Sayısının yaklaşık 45 000 değerine kadar model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında hemen hemen aynı değerler elde edilirken, Reynold Sayısının yaklaşık 45 000 değerinden sonra model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında farklılıklar oluşmuştur. Şekil 5 a-c'de hata payları % 8,91 ile %19,31 arasında değişmektedir. Genel olarak deneysel sonuçlar ile model sonuçları arasında bir uyum olduğu ifade edilebilir.



(a)



(b)



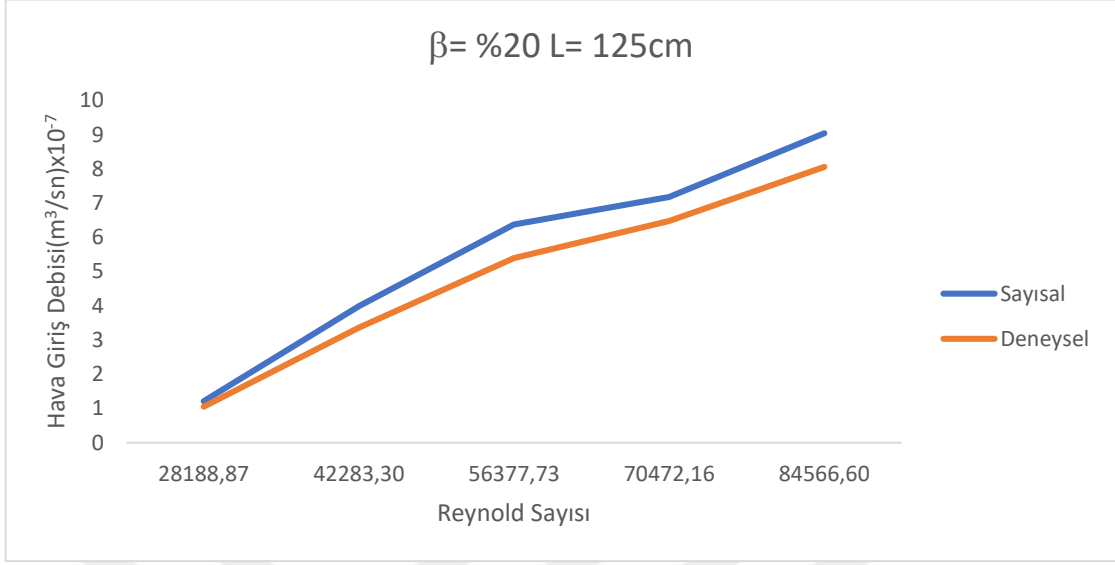
(c)

Şekil 5 a-c.  $\beta = \%20, \%35, \%50$  ve L= 100 cm Uzunluktaki Modelin

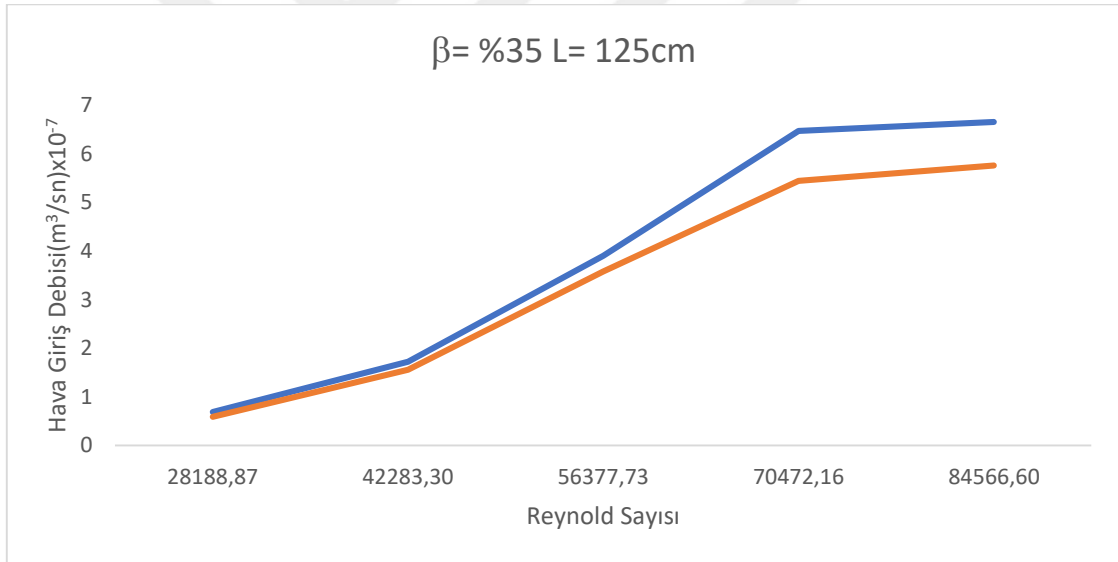
Karşılaştırması

Şekil 6 a-c'de L=125 cm uzunluğunda ve  $\beta = \%20, \%35$  ve  $\%50$  değerlerinde deneysel ve sayısal çalışmanın karşılaştırması verilmiştir.  $\beta = \%20$  değeri için Reynold Sayısının yaklaşık 40 000 değerine kadar model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında hemen hemen aynı değerler elde edilirken (Şekil 6 a),  $\beta = \%35$  değeri için Reynold Sayısının yaklaşık 50 000 değerine kadar model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında hemen hemen aynı değerler elde edilmiş (Şekil 6 b) ve  $\beta = \%50$  değeri için Reynold Sayısının yaklaşık 60 000 değerine kadar model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında hemen hemen aynı değerler elde edilmiştir (Şekil 6 c). Şekil 6 a-c'de hata payları % 9,04

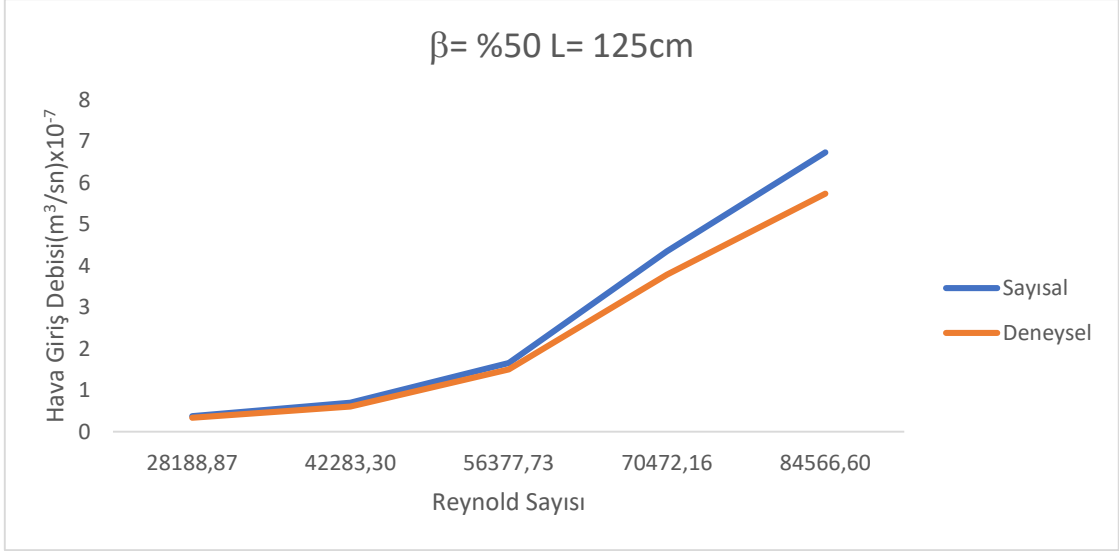
ile %18,92 arasında değişmektedir. Genel olarak deneysel sonuçlar ile model sonuçları arasında bir uyum olduğu ifade edilebilir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 6 a-c.  $\beta = \%20, \%35, \%50$  ve L=125 cm Uzunluktaki Modelin Karşılaştırması

## 6. SONUÇLAR

Su kalitesini belirleyici parametrelerin başında çözülmüş oksijen olmakla birlikte; elektriksel iletkenlik, sıcaklık, bulanıklık, pH değeri ve suda bulunan maddeler de önemlidir. Oksijen birçok kimyasal reaksiyonda olduğu gibi doğal olarak meydana gelen biyolojik faaliyetlerde de kullanılmaktadır. Sudaki canlı yaşamı oksijen miktarının azalmasına sebep olmaktadır. Su içerisindeki oksijen dengesi; atmosferden tekrar suya oksijen kazandırılarak sağlanır. Oksijenin atmosferden suya kazandırılması işlemi havalandırma olarak adlandırılmaktadır.

Akarsu ve nehirlerin doğal ortamda oksijen kazanması için kilometrelerce uzaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak akarsu ve nehirlerin üzerine inşa edilecek hidrolik yapılar ile oksijen transferi çok hızlı bir şekilde sağlanabilir. Hidrolik yapılar ile yapılan havalandırma işlemleri, farklı yöntemlerle yapılan havalandırma işlemlerine göre daha ekonomiktir. Suların havalandırılmasında; konduitler, venturiler, su jetleri, savaklar vb. aktif olarak kullanılan hidrolik yapılardır.

Bu çalışmada, su mühendisliğinde havalandırma konusunda mevcut oksijen transferi sistemlerine alternatif olarak kullanılan konduit havalandırıcıların debisi; farklı daralma oranları, farklı konduit uzunlukları, farklı Reynolds sayıları ve farklı hızlarda su girişi parametreleri bakımından ANSYS (Fluent) yazılımı yardımıyla modellenmiş ve sayısal analizler yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre;

- $L= 75$  cm uzunluğundaki kondüitin  $\beta= \%20, \%35$  ve  $\%50$  değerlerinde Reynold Sayısının yaklaşık 50 000 değerine kadar model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında hemen hemen aynı değerler elde edilirken, Reynold Sayısının yaklaşık 50 000 değerinden sonra model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında farklılıklar oluşmuştur. Bu uzunluktaki kondüitlerde hata payları hata payları  $\% 6,02$  ile  $\%19,8$  arasında değişmektedir.
- $L= 100$  cm uzunluğundaki kondüitin  $\beta= \%20, \%35$  ve  $\%50$  değerlerinde Reynold Sayısının yaklaşık 45 000 değerine kadar model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında hemen hemen aynı değerler elde edilirken, Reynold Sayısının yaklaşık 45 000 değerinden sonra model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında farklılıklar oluşmuştur. Bu uzunluktaki

kondütlerde hata payları hata payları % 8,91 ile %19,31 arasında değişmektedir.

- L=125 cm uzunluğunda;  $\beta$ =%20 değerinde Reynold Sayısının yaklaşık 40 000 değerine kadar model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında hemen hemen aynı değerler elde edilirken,  $\beta$ = %35 değeri için Reynold Sayısının yaklaşık 50 000 değerine kadar model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında hemen hemen aynı değerler elde edilmiş ve  $\beta$ =%50 değeri için Reynold Sayısının yaklaşık 60 000 değerine kadar model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında hemen hemen aynı değerler elde edilmiştir. Bu uzunluktaki kondütlerde hata payları hata payları % 9,04 ile %18,92 arasında değişmektedir.



## 7. KAYNAKLAR

- [1] Baylar, A. Savak havalandırıcılarda tip seçimin oksijen transferinde etkisinin incelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Türkiye, (2002)
- [2] Chaudhry M. H. Yevjevich V. "Closed-conduit flow" Water resources publication, Michigan, USA, (1981)
- [3] Ranade, V.V., 2002, Computational flow modeling for chemical reactor engineering by Vivek V. Ranade, 2002, Academic Press, San Diego, CA. Book
- [4] Brannock, M.W.D., 2003. Computational fluid dynamics tools for the design of mixed anoxic wastewater treatment vessels. PhD thesis. University Queensland, Australia
- [5] Oveson, D. P., Air Demand in Free Flowing Gated Conduits. Master of Science Thesis. Utah State University School of Graduate Studies. Logan, Utah. 82s. (2008).
- [6] Özkan, F., Baylar, A., Ünsal, M., Tuğal, M. Konduit ve Venturilerin Havalandırma Performanslarının Karşılaştırılması. DSİ. Teknik Bülteni, Ankara. Sayı:106, s.31-37 (2009).
- [7] Ünsal, M. Suların Havalandırılmasında Yüksek Basıncılı ve Serbest Yüzeyle Konduitlerin Kullanılması. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ. 71s. (2007).
- [8] Baylar, A. et al. "Numerical modeling of venturi flows for determining air injection rates using FLUENT V6. 2." Mathematical and Computational Applications 14.2 (2009): 97-108.
- [9] Aydın, M. C. Altın Alışlı Dolusavak Havalandırıcıların CFD Analizi. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ. 156s. (2005).
- [10] Cici, İ. Sayısal Yöntemler Kullanılarak Suların Havalandırılmasında Yeni Venturi Aygıtı Tasarımlarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Malatya. 87s. (2019).
- [11] Demirel, İ. H. Kapaklı Konduitlerde Serbest Yüzeyle Akım Durumunda Maksimum Hava Girişi için En Uygun Tasarım. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ. 49s. (2013).
- [12] Bozkurt, H. Barajlarda Dolusavak Etrafındaki Akış Yapısının Cfd İle Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Osmaniye. 109s. (2022).
- [13] Cihat Tuna, M., Fahri Ozkan, and Ahmet Baylar. "Experimental investigations of aeration efficiency in high-head gated circular conduits." Water Science and Technology 69.6 (2014): 1275-1281.

- [14] Varol, Ş. Düşüm Havuzlarına Yerleştirilen Farklı Tip Enerji Kırıcı Blokların Enerji Sönümlenme Oranlarının Sayısal Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ. 120s. (2007).
- [15] Yücel, P. Dairesel Konduitlerde Hava Delik Çapının Havalandırma Performansına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 62s. (2016).
- [16] Nadal-Rey, Gisela, et al. "Computational fluid dynamics modelling of hydrodynamics, mixing and oxygen transfer in industrial bioreactors with Newtonian broths." *Biochemical Engineering Journal* 177 (2022): 108265.
- [17] 2020, Master of Science in Mechanical Engineering, Cleveland State University, Washkewicz College of Engineering
- [18] Li et al. *Chinese Journal of Mechanical Engineering* (2022) 35:118 <https://doi.org/10.1186/s10033-022-00788-z>.
- [19] Zeng, Jie, et al. "Optimization and risk assessment in design and operation of hydraulic structures using three-dimensional CFD modeling." *World Environmental and Water Resources Congress 2020: Hydraulics, Waterways, and Water Distribution Systems Analysis*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2020.
- [20] Numerical analysis of heat transfer and fluid flow around circular and non-circular tubes To cite this article: R Deeb and D V Sidenkov 2021 *J. Phys.: Conf. Ser.* 2088 012008.
- [21] Yıldız, Murat Can, and Alpaslan Yarar. "Experimental and Numerical Modeling of Head Over Broad Crested Weirs." *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi* (2020).
- [22] Numerical Investigation of Energy Dissipation in Ogee Spillway *International Journal of Scientific & Engineering Research* Volume 9, Issue 4, April-2018 47 ISSN 2229-5518.
- [23] Surı, Y., Islam, S.Z. And Hossain, M. 2020. Numerical modelling of proppant transport in hydraulic fractures. *Fluid dynamics and materials processing* [online], 16(2), pages 297-337. Available from: <https://doi.org/10.32604/fdmp.2020.0842>.
- [24] Yıldız, E. 2023. Gaz Türbinlerinde Soğutmalı Türbin Kanadının Had İle Optimum Tasarımı Ve Analizi. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [25] Aksoy, E. 2022. Sınır Tabaka Bariyerinin S-Kanal İçerisindeki Hava Akışına Etkisinin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (Had) İle İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- CADSAY web sayfası. Web: <http://cadsay.com/ansys-nedir> , Erişim Tarihi: 18.01.2023

CADSAY web sayfası. Web: <http://cadsay.com/ansys-nedir> , Erişim Tarihi: 18.01.2023

CADSAY web sayfası. Web: <https://marsisinovasyon.com/ansys-nedir-ne-ise-yarar>

Erişim Tarihi: 3.02.2023

Web:<https://muhendistan.com/ansys-nedir-nerelerde-kullanilir> Erişim Tarihi: 28.03.2023

Web:<https://cagatayakinci.com/ansysteki-modullerin-kisaca-tanitilmasi> Erişim Tarihi:  
28.03.2023

