



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

**MERKEZİ KLİMA SANTRALLERİNDEKİ BOŞ
HÜCRELER İÇİN TASARLANAN BAZI
DİFÜZÖRLERİN AKIŞA ETKİSİ**

AHMET VAKKAS VAKKASOĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2019

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MERKEZİ KLİMA SANTRALLERİNDEKİ BOŞ
HÜCRELER İÇİN TASARLANAN DİFÜZÖRLERİN
AKIŞA ETKİSİ

AHMET VAKKAS VAKKASOĞLU

Bu tez,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2019

TEZ ONAY SAYFASI

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ahmet Vakkas VAKKASOĞLU tarafından hazırlanan “MERKEZİ KLİMA SANTRALLERİNDEKİ BOŞ HÜCRELER İÇİN TASARLANAN BAZI DİFÜZÖRLERİN AKIŞA ETKİSİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 01/07/2019 tarihinde oy birliği ile Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. AHMET KAYA

Makine Mühendisliği Bölümü

Termodinamik Ana Bilim Dalı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi



Prof.Dr. NECMETTİN ŞAHİN

Makine Mühendisliği Bölümü

Enerji Ana Bilim Dalı

Aksaray Üniversitesi



Dr.Öğr.Üyesi BERİL ÖZÇELİK

Makine Mühendisliği Bölümü

Konstrüksiyon Ve İmalat Ana Bilim Dalı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi



Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. MUSTAFA YAZICI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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.

Ahmet Vakkas Vakkasoğlu



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.

**MERKEZİ KLİMA SANTRALLERİNDEKİ BOŞ HÜCRELER İÇİN
TASARLANAN BAZI DİFÜZÖRLERİN AKIŞA ETKİSİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

AHMET VAKKAS VAKKASOĞLU

ÖZET

Merkezi klima santrallerinde, fanın dönüş hareketiyle santral girişinden emilen hava hızlanarak, fan çıkış kanalı boyunca ilerleyerek, fan çıkış kesitinden sonra yer alan boş hücreye geçer ve daha sonra diğer klima santrali elemanlarıyla temas ederek santral çıkışına doğru akış gösterir. Hızlanan hava, santral elemanlarıyla temas ederken hız ve basınç değerlerinde azalma gösterir. Havanın santral elemanlarıyla temasında, ısı transferi, gürültü absorbe edilmesi, nemlendirme ve tozdan arındırma işlemlerinin etkin bir şekilde yapılabilmesi için akışın homojen bir dağılım göstermesi beklenmektedir. Bu amaçla, fan çıkışında dar kesitten çıkan havanın, klima santralinin geniş kesitine en kısa mesafede en az basınç düşümüyle genişleyerek santral elemanlarına ulaşması sağlanmalıdır.

Bu çalışmada, merkezi klima santrallerinde kullanılan boş hücrelerde, havanın daha kısa sürede yayılmasını sağlamak amacıyla tasarlanarak imal edilen üç farklı (düz ve piramit anemostat, V profilli delikli difüzör) difüzörün oluşturduğu basınç düşümü deneysel olarak incelenmiştir. Difüzörler, fan çıkış kesitin merkezine, merkezden yukarı-aşağı yönde ve merkezden yatayda farklı uzaklıklara konumlandırılmıştır. Difüzörlerin, fan çıkış kesitinden yatayda farklı uzaklıklara konumlandırılmasının, basınç düşümü üzerinde önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Deneysel çalışma sonucunda; en düşük basınç düşümüne sahip olan difüzör tipinin piramit anemostat tip olduğu belirlenmiş ve bu difüzörün boş hücre içerisindeki konumunu sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal çalışmalar ANSYS-Fluent programında yapılmıştır. Boş hücre içinde en iyi hız dağılımının, piramit anemostat tip difüzörün yatayda 5mm uzaklıkta, düşeyde ise 20mm yukarı yönde monte edilmesi ile elde edilmiştir. En az basınç düşümü değerinin ise 105mm yatay 0mm düşey konumda gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Klima Santrali, Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD), Fan, Piramit Anemostat, Basınç Düşümü

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Haziran/ 2019

Danışman: Prof. Dr. Ahmet KAYA

Sayfa sayısı: 47+x

**EFFECT OF SOME DIFFUSERS DESIGNED FOR EMPTY CELLS IN CENTRAL
AIR CONDITIONING PLANTS (M.Sc. THESIS)**

AHMET VAKKAS VAKKASOĞLU

ABSTRACT

In central air handling units, the air sucked from the entrance of the plant with the rotation of the fan accelerates in the direction of the empty cell and shows flow. Accelerated air continues to come into contact with the central elements while showing a decrease in speed and pressure values. The smoothness of the flow profile in these contacts increases the quality of heat transfer, noise reduction, humidification and dust removal processes that are required to occur in the central elements. The air coming out of the narrow section at the fan outlet should be expanded with minimum pressure drop in the shortest distance to the wide section of the air handling unit and reach to the plant elements.

In this study, the pressure drop caused by three different (flat and pyramid anemostat, V profile perforated diffuser) diffusers which are designed and manufactured in order to spread the air in the shorter distance in the empty cells used in central air handling units are investigated experimentally. The diffusers are positioned at the center of the fan outlet section, up-down from the center and at different distances from the center to the horizontal. It has been determined that the positioning of the diffusers at different distances from the fan outlet section horizontally has a significant effect on the pressure drop. As a result of the experimental study; It is determined that the diffuser type having the lowest pressure drop is pyramid anemostat type and the position of this diffuser in the empty cell is investigated numerically. Numerical studies were performed in ANSYS-Fluent program. The best speed distribution in the empty cell was obtained by mounting the pyramid anemostat type diffuser at a distance of 5mm in the horizontal and 20mm in the vertical direction. The minimum pressure drop value was determined as 105mm horizontal 0mm vertical position.

Key Words: Air handling unit, Computational fluid dynamic (CFD), Fan, Pyramid Anemostat, Pressure drop

Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Institute for Graduate Studies in Science and Technology
Department of Mechanical Engineering, June/2019

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet KAYA

Page number: 47+x

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında bana bilgilerini ve tecrübelerini aktararak yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Kaya'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tüm çalışmalarım süresince değerli görüş ve fikirlerini benimle paylaşan ve çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Muhammed Safa KAMER' e şükranlarımı sunarım.

Son olarak, bugünlere gelmemde her türlü maddi ve manevi desteklerini gördüğüm annem Emine Ülkü VAKKASOĞLU' na, babam Ali Rıza VAKKASOĞLU' na ve varlığıyla sürekli yanımda olan kardeşlerim Nurdide ve Yusuf VAKKASOĞLU' na hürmet ve şükranlarımı sunarım.



Ahmet Vakkas VAKKASOĞLU

İçindekiler Tablosu

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SEMBOLLER	ix
Kısaltmalar	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. İklimlendirme ve klima santralleri	2
2.2. Klima Santrallerinin Sınıflandırılması	2
2.2.1. Bireysel klima santralleri	3
2.2.2. Merkezi klima santralleri	3
2.3. Klima Santrallerinde Kullanılan Boş Hücre	5
2.4. Klima Santrali Elemanları	5
2.4.1. Fanlar	5
2.4.2. Difüzörler	7
2.4.3. Nemlendirici	8
2.4.4. Filtreler	9
2.4.5. Serpantinler	9
2.4.6. Damla Tutucu	10
2.4.7. Karışım Odası	10
2.4.8. Ön Isıtıcı	10
2.4.9. Soğutucu	10
2.4.10. Susturucu	10
2.5. Ansys	10
2.5.1. Ansys-Fluent Sayısal Analiz Programı	12
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	14
4. MATERYAL VE METOT	16
4.1. Deney Aşamaları	16
4.2. Tasarım Aşamaları	19
4.2.1. Piramit tip anemostat difüzörlü boş hücre	20
4.3. Değişken Parametreler	21
4.4. Sayısal Modelleme	21
4.4.1. Navier-Stokes Denklemleri	22

4.4.2.	Türbülans modeli seçimi.....	22
4.4.2.1.1.	Standart k-ε türbülans modeli	23
4.4.3.	Ağ yapısının belirlenmesi	24
4.4.4.	Deneysel ve sayısal sonuçların karşılaştırılması.....	25
5.	BULGULAR VE ANALİZ	27
5.1.	Deneysel Çalışma Sonuçları.....	27
5.2.	Sayısal Çalışma Sonuçları	34
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	42
6.1.	Sonuçlar	42
6.2.	Öneriler.....	42
KAYNAKLAR.....		44
ÖZGEÇMİŞ.....		47

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Klima santrallerinin sınıflandırılması	3
Şekil 2.2. Döner ısı eşanjörlü iki katlı klima santrali düzenlemesi	4
Şekil 2.3. Döner ısı eşanjörlü santralin üzerinde, mili santrale dik olarak yerleştirilmiş tek katlı klima santralinin düzenlenmesi	4
Şekil 2.4. Merkezi klima santrali örneği	4
Şekil 2.5. Klima santrallerinde kullanılan boş hücre	5
Şekil 2.6. Sık kanatlı fanlar	6
Şekil 2.7. Seyrek kanatlı fanlar	6
Şekil 2.8. Plug fanlar	7
Şekil 2.9 Yaygın kullanılan difüzör tipleri	8
Şekil 2.10. Filtreler	9
Şekil 2.11 Serpantin	9
Şekil 2.12. Ansys ürünleri	11
Şekil 2.13 Ansys CFD-Post sonuç görüntüleri	12
Şekil 4.14 Klima santrali deney düzeneği	16
Şekil 4.15 Giriş ölçüm hücresi hız ve basınç ölçüm problemleri	17
Şekil 4.16 Çıkış ölçüm hücresi hız ve basınç problemleri	17
Şekil 4.17 Difüzör montaj uzatma aparatları	18
Şekil 4.18 V profilli delikli difüzör	18
Şekil 4.19 Anemostat tip difüzör	19
Şekil 4.20 Piramit tip anemostat difüzör	19
Şekil 4.21. Kullanılan deney düzeneğinin 3boyutlu modeli	20
Şekil 4.22. Sayısal çalışmalar için oluşturulan difüzörlü boş hücre modeli ve montaj konumları	20
Şekil 4.23. Sayısal çalışmada kullanılan piramit tip anemostat tip difüzörün katı modeli ..	21
Şekil 4.24 Modelin ağ yapısı	24
Şekil 4.25 Giriş ölçüm hücresindeki hava hızlarının, farklı devir sayılarında deneysel ve sayısal karşılaştırılması	26
Şekil 4.26 Çıkış ölçüm hücresindeki hava hızlarının, farklı devir sayılarında deneysel ve sayısal karşılaştırılması	26
Şekil 5.27 Düz anemostat difüzörün boş hücredeki konumunun basınç düşümüne etkisi ..	28

Şekil 5.28 Piramit tip anemostat difüzörün boş hücredeki konumunun basınç düşümüne etkisi	29
Şekil 5.29 V profilili delikli difüzörün boş hücredeki konumunun basınç düşümüne etkisi	30
Şekil 5.30 Difüzörlerin ileri (yatay) konumlarının basınç düşümüne etkisi.....	31
Şekil 5.31 Bütün difüzörlerin boş hücredeki düşey konuma göre basınç düşümüne etkisi	31
Şekil 5.32 Difüzör tipleri ve konumlandırmanın basınç düşümüne etkisi	32
Şekil 5.33 Boş hücre içerisinde difüzör kullanmadan gerçekleştirilen sayısal çalışmanın akış çizgileri.....	34
Şekil 5.34 Difüzör kullanılmadan yapılan sayısal çalışmanın akış görüntüsü	35
Şekil 5.35 Yatayda 5mm ileri konumda montajı yapılan difüzörlerin akış analizi (a) Merkezde (b) Merkezden 20mm yukarıda (c) Merkezden -20mm aşağıda	36
Şekil 5.36 Yatayda 55mm ileri konumda montajı yapılan difüzörlerin akış analizi (a) Merkezde (b) Merkezden 20mm yukarıda (c) Merkezden -20mm aşağıda	36
Şekil 5.37 Yatayda 105mm ileri konumda montajı yapılan difüzörlerin akış analizi (a) Merkezde (b) Merkezden 20mm yukarıda (c) Merkezden -20mm aşağıda	37
Şekil 5.38 Yatay konumlara göre hız dağılımları.....	39
Şekil 5.39. Difüzörün 5mm yatay +20mm düşey konumundaki akış ve hız dağılımları	40

ÇİZELGELER DİZİNİ.

Çizelge 4.1. Farklı çözücü modelleriyle yapılan sayısal çalışmaların karşılaştırılması	23
Çizelge 4.2 Farklı ağ yapısında yapılan analizlerin sonuçları	25
Çizelge 5.3 Deneylerde farklı konumlar için ölçülen basınç düşümü değerleri.....	33
Çizelge 5.4 Akış dağılımının homojene yaklaştığı fan çıkış kesitinden oluşan uzaklıkların karşılaştırılması.....	38



SEMBOLLER

C_p : Özgöl ısı ($J/kg \cdot K$)

$C_1, C_2, C_{1\epsilon}, C_{2\epsilon}, C_\mu$: Türbülans modeli sabitleri

D : Geometrinin karakteristik uzunluğu, dairesel boru için çap (m)

F : Kuvvet (N)

G_k : Türbülans kinetik enerjisi üretimi ($kg/m \cdot s^3$)

k : Türbülans kinetik enerjisi (m^2/s^2)

P : Basınç (N/m^2 veya Pa)

Re : Reynolds sayısı

S_ϵ : ϵ için kaynak terimi (m^2/s^4)

t : Zaman (s)

u : Yatay doğrultudaki hız bileşeni (m/s)

u : Yatay doğrultudaki ortalama hız bileşeni (m/s)

u' : Yatay doğrultudaki çalkantı hız bileşeni (m/s)

ν : Akışkanın kinematik viskozitesi (m^2/s)

V : Hacimsel debi (m^3/s)

x : Yatay koordinat (m)

ΔP : Basınç kaybı (Pa)

α : Difüzör koniklik açısı (Derece)

ϵ : Türbülans yitim (kayıp) oranı (m^2/s^3)

ϵ_y : Ortalama yüzey pürüzlülüğü (μm)

μ : Dinamik viskozite ($kg \cdot m/s$)

μ_s : Sürtünme katsayısı

μ_t : Türbülans viskozitesi ($kg \cdot m/s$)

ρ : Yoğunluk (kg/m^3)

σ_k : k için türbülanslı Prandtl sayısı

σ_ϵ : ϵ için türbülanslı Prandtl sayısı

KISALTMALAR

CAD : Computer aided design (Bilgisayar destekli tasarım)

CAE : Computer aided engineering (Bilgisayar destekli mühendislik)

CFD : Computational fluid dynamics

FAE : Finite element analysis (Sonlu elemanlar analizi)

HAD : Hesaplamalı akışkanlar dinamiği

UDF : User defined functions (Kullanıcı tanımlı fonksiyonlar)

3D : 3 dimension (3 boyut)



1. GİRİŞ

Günümüzde artan nüfusla birlikte enerji ihtiyacı da giderek artış göstermektedir. Enerji ihtiyacında ki artışa karşılık doğal kaynaklar da azalma göstermektedir. Kısıtlı kaynaklarla artan ihtiyacı karşılamak için enerjiyi verimli kullanmak önem arz etmektedir. Her geçen gün, enerji tüketen her türlü cihazın daha verimli modelleri piyasa sürülmektedir. Tüm sektörlerde olduğu gibi HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning) sistemlerinde de enerji verimliliği üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Isıtma ve soğutma sistemleri için tüketilen enerji, ülkenin toplam enerji tüketiminin %20 sini oluşturmaktadır. Bu da HVAC sistemlerinde ki yapılacak enerji verimliliğinin önemini vurgulamaktadır. Konfor şartlarından ödün vermeden yapılacak enerjiyi azaltmaya yönelik çalışmalar ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. [1]

Merkezi klima santrallerinde fan çıkışında hızlanan hava, klima santralinin bileşenleriyle temas ederken yavaşlamakta ve basınç kayıplarının artmasına sebep olmaktadır. Basınç kayıplarının büyümesi, çıkışta istenilen basınç değerlerini sağlamak için motor kapasitesinin de büyütülmesi anlamına gelmektedir. Klima santrallerindeki iç kayıpların azaltılması daha düşük kapasitelerde motor seçimini sağlayarak, enerji tasarrufu sağlayacaktır.

Klima santrallerinin içerisinde fan çıkışında dar kesitten çıkan havayı, geniş kesitteki santral hücrelerine homojen bir şekilde genişletmek için boş hücre kullanılmakta ve havanın boş hücreden geçerek diğer santral elemanlarıyla en az basınç kaybıyla temas etmesini hedeflenmektedir. Bu boş hücreler hem ilk yatırım maliyetini artırmakta, hem de binaya ek yük getirmektedir.

Bu çalışmada, klima santrallerindeki boş hücrede kullanılan bazı difüzörlerin (düz ve piramit anemostat ve V profilli delikli difüzör) basınç düşümüne etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmada Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Makine Mühendisliği Laboratuvarlarında bulunan klima santrali Deney Düzeneginde gerçekleştirilmiştir. Boş hücre içerisinde en düşük basınç düşümüne sebep olan difüzörün piramit anemostat tip difüzör olduğu deneysel olarak belirlenmiştir. Bu difüzörün boş hücre içerisindeki konumunun akışa ve basınç düşümüne etkisi deneysel ve sayısal olarak araştırılmıştır. Deney düzeneginin 3D modeli Solidworks programında çizilerek HAD (Hesaplamalı akışkanlar dinamiği) prensibiyle çalışan ANSYS-Fluent paket programında sayısal analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

Teknolojinin tarihsel gelişimi incelendiğinde, teknolojinin insan yaşamında, gerek konfor gerekse sağlıklı yaşam için ne kadar büyük bir rol oynadığı görülür. Konforu sağlayabilen sistemler dendiğinde ilk olarak iklimlendirme ve havalandırma sistemleri akla gelmektedir. Bu sistemler sayesinde gerekli olan ısı, nem, basınç ve temiz hava gibi parametreler rahatlıkla kontrol altına alınabilmektedir.[35]

2.1. İklimlendirme ve klima santralleri

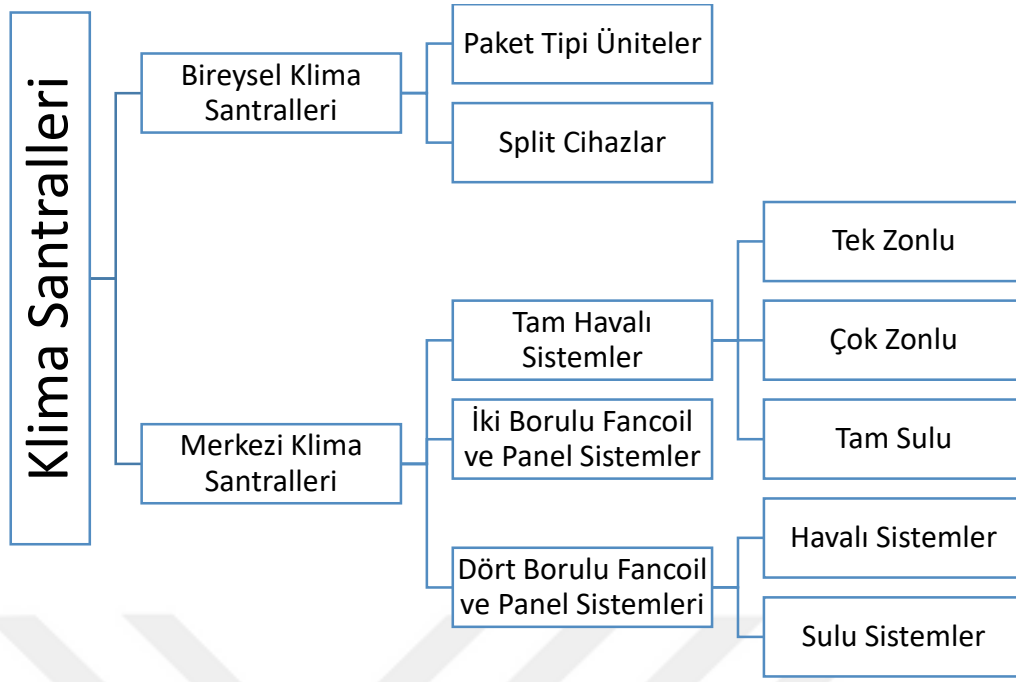
İklimlendirme en genel anlamda, konfor şartlarını sağlayarak, tüm canlıların yaşadığı ortamları veya endüstriyel bir ürünün imali sırasında gerekli ortam şartlarının istenilen düzeyde kontrol altında tutulması işlemi olarak ifade edilebilir. [11,23]

Isıtma, soğutma, nemlendirme, kurutma ve hava tazeleme amacıyla havanın hareketlendirilmesi için kullanılan cihazlara genel olarak klima denir. İklimlendirme sağlanırken ortamda bulunan canlıların konfor şartları da sağlanmalıdır. Konfor şartları hava hızı, tazelenme süresi, toz/kirden arındırma, nem oranı, sıcaklık ve gürültü olarak tanımlanabilir.[23]

2.2. Klima Santrallerinin Sınıflandırılması

Binaların kullanım amaçları, bulundukları bölge ve bölgeye bağlı olarak dış hava şartları değişken olduğundan bina sahipleri veya binayı kullananlar farklı işletme şartları talebinde bulunabilirler. Bu nedenlerle klima sistemleri bu ihtiyaçları karşılamak amacıyla genellikle çeşitli tipte ve özellikte projelendirilir, monte edilir ve işletilirler [11,24].

Kullanım alanlarına ve kapasitelerine göre bireysel klima santralleri ve merkezi klima santralleri olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Şekil 2.1.'te klima santrallerinin sınıflandırılması gösterilmektedir.[11,24]



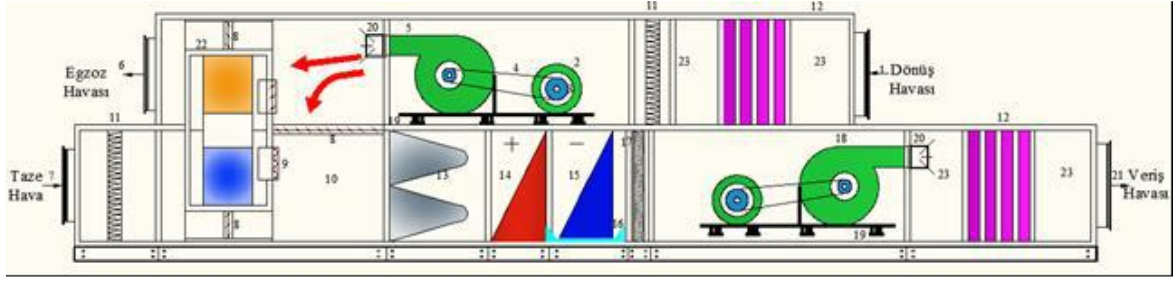
Şekil 2.1. Klima santrallerinin sınıflandırılması [14,24]

2.2.1. Bireysel klima santralleri

Bireysel klima santralleri genelde fazla geniş olmayan ortamların iklimlendirilmesinde kullanılır. Paket tipi üniteler ve split cihazlar bireysel tip klima sistemlerine örnek klima türleridir. Paket tipi ünitelerde kompresör, kondenser ve evaporatör aynı paketin içindedir. Sadece cihaz dış hava ile irtibatlandırılır veya cihaza soğutma suyu bağlantısı yapılır. Split cihazlarda ise kompresör ve kondenser ünitesi bina dışına yerleştirilir. Evaporatör ünitesi ise içeridedir. Arada boru bağlantısı vardır. İç üniteye oda havası soğutulur [11].

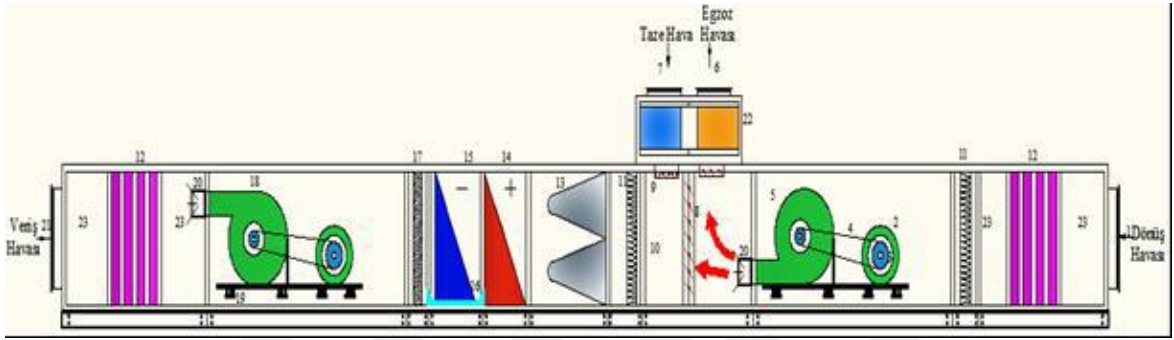
2.2.2. Merkezi klima santralleri

Merkezi klima santrallerini bireysel klima santrallerinden farklı olarak okul, hastane, havaalanı, alış-veriş merkezleri gibi büyük alanları iklimlendirmek için kullanır. Yapısında karışım odası, filtre, ön ısıtıcı, nemlendirici, damla tutucu, soğutucu, fan, susturucu, boş hücre elemanlarını bulundurur. Şekil 2.2.'de iki katlı karışım havalı döner ısı eşanjörlü ve Şekil 2.3. 'de tek katlı karışım havalı döner ısı eşanjörlü örnek merkezi klima santralleri görülmektedir [6]. Şekil 2.4.' de de örnek bir merkezi klima santrali görülmektedir.[11]



- | | | | |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|--|
| 1 - Dönüş Havası | 7 - Taze Hava | 13 - Torba Filtre (F7) | 19 - Titreşim Absorbe Edici Takoz |
| 2 - Elektrik Motoru | 8 - Paralel Kanatlı Damper | 14 - Isıtıcı Batarya | 20 - Difüzör |
| 3 - Kasnak | 9 - Karşıt Kanatlı Damper | 15 - Soğutucu Batarya | 21 - Veriş Havası |
| 4 - Kayış | 10 - Karışım Hücresi | 16 - Eğimli Kondens Tava | 22 - Döner Tamburlu Isı Geri Kazanım Ünitesi |
| 5 - Emiş Fanı | 11 - Panel Filtre (G4) | 17 - Damla Tutucu | 23 - Boş Hücre |
| 6 - Egzoz Havası | 12 - Susturucu | 18 - Çift Emişli Üfleme Fanı | |

Şekil 2.2. Döner ısı eşanjörlü iki katlı klima santrali düzenlemesi [11]



- | | | | |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|--|
| 1 - Dönüş Havası | 7 - Taze Hava | 13 - Torba Filtre (F7) | 19 - Titreşim Absorbe Edici Takoz |
| 2 - Elektrik Motoru | 8 - Paralel Kanatlı Damper | 14 - Isıtıcı Batarya | 20 - Difüzör |
| 3 - Kasnak | 9 - Karşıt Kanatlı Damper | 15 - Soğutucu Batarya | 21 - Veriş Havası |
| 4 - Kayış | 10 - Karışım Hücresi | 16 - Eğimli Kondens Tava | 22 - Döner Tamburlu Isı Geri Kazanım Ünitesi |
| 5 - Emiş Fanı | 11 - Panel Filtre (G4) | 17 - Damla Tutucu | 23 - Boş Hücre |
| 6 - Egzoz Havası | 12 - Susturucu | 18 - Çift Emişli Üfleme Fanı | |

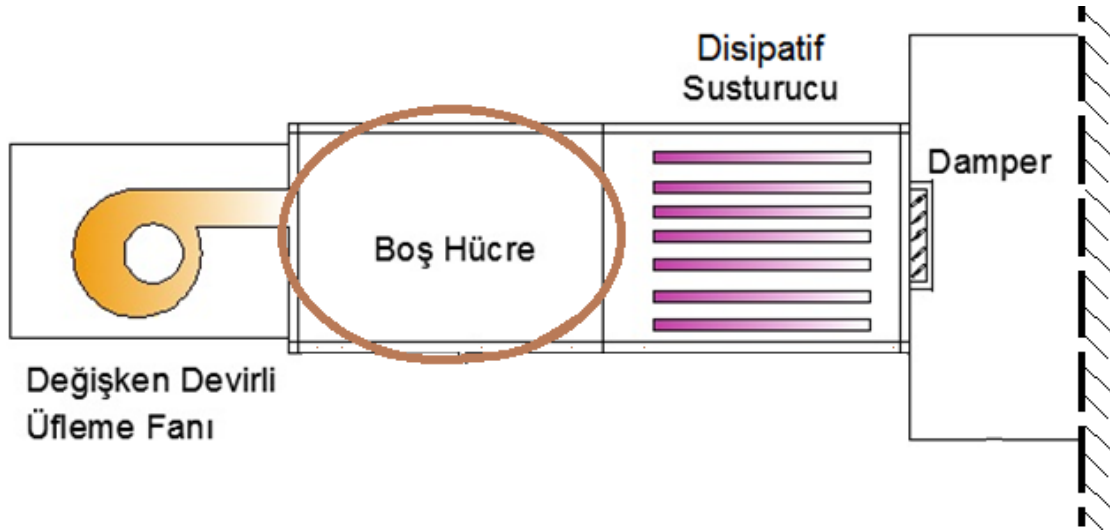
Şekil 2.3. Döner ısı eşanjörlü santralin üzerinde, mili santrale dik olarak yerleştirilmiş tek katlı klima santralinin düzenlenmesi [11]



Şekil 2.4. Merkezi klima santrali örneği [19]

2.3. Klima Santrallerinde Kullanılan Boş Hücre

Klima santrallerinde hava fan çıkışında gelen hava, santral elemanlarıyla (nemlendirici, filtreler, serpantin, damla tutucu, karışım odası, ısıtıcı, ön soğutucu ve susturucu) temas etmeden önce boş bir hücreden geçirilir. Bu hücrenin amacı, fan çıkışında ki dar kesitten gelen havanın, daha geniş olan santral elemanları kesitine genişletilmesini sağlamaktır. Bu genişleme sırasında en az basınç düşümü ve en kısa mesafede genişleme sağlanması esasına dayanmaktadır. Tam gelişmiş türbülanslı akış özelliklerine sahip olamayan hava santral elemanlarıyla düzgün temas edemeyecek ve verimli bir ısı transferi sağlanamayacaktır. Boş hücre boyutlarında küçülme yapılması amacıyla içerisinde fan çıkış kesitinde kullanılmak üzere farklı geometrik özelliklerde difüzörler kullanılır. (Şekil 2.5.) [14]



Şekil 2.5. Klima santrallerinde kullanılan boş hücre [14]

2.4. Klima Santrali Elemanları

Klima santrali; fan, difüzör, nemlendirici, filtreler, serpantin, damla tutucu, karışım odası, ısıtıcı, ön soğutucu ve susturucu gibi elemanlarından oluşmaktadır.[6]

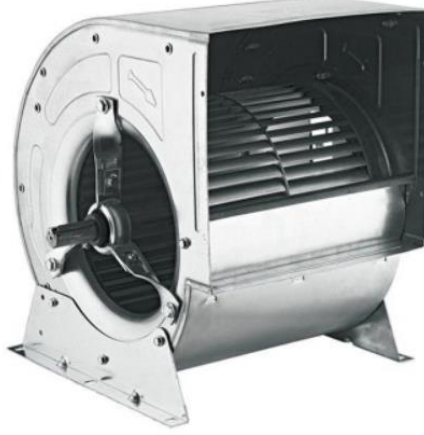
2.4.1. Fanlar

Basınç farkı meydana getirerek havanın hareketlenmesini sağlayan cihazlara fan denir. Kullanılan kanat şekli ve sayısı; hava yönü, akışın debisi ve basınç türü farklılık göstermektedir. [6]

Klima santrallerinde 3 farklı tip fan kullanılmaktadır:

1. Sık kanatlı fanlar (Öne eğik fanlar) (Şekil 2.6.)

Fan çarkları dönüş yönüne doğru eğimlidir. Fan verimliliği %50-%65 aralığındadır. Fan devirleri seyrek kanatlı fanlara göre düşük olan salyangoz tipi fanlardır.[6]



Şekil 2.6. Sık kanatlı fanlar [25]

2. Seyrek kanatlı fanlar (Geriye eğik kanatlı fanlar) (Şekil 2.7.)

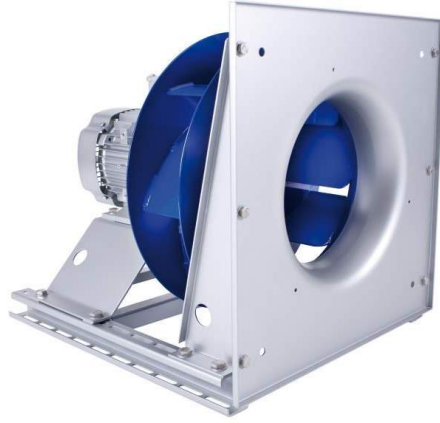
Fan kanatları dönüş yönüne göre geriye eğik olan fanlardır. Fan verimliliği %70-%80 aralığındadır. Fan devirleri sık kanatlı fanlara göre yaklaşık 2 kat daha fazla olan salyangoz tipi fanlardır.[6]



Şekil 2.7. Seyrek kanatlı fanlar [26]

3. Serbest dönen fanlar (Plug fanlar) (Şekil 2.8.)

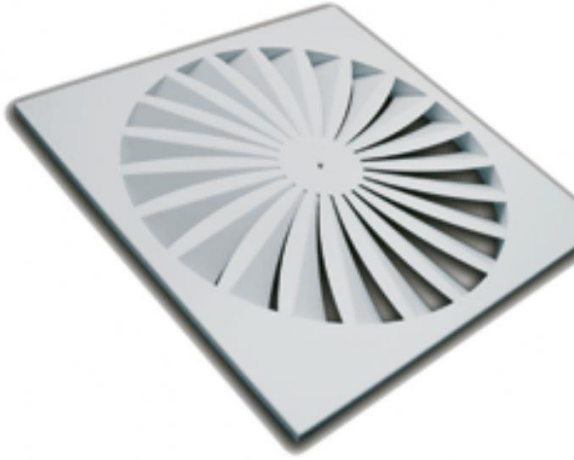
Fan verimliliği %85 seviyesine kadar çıkabilen yüksek verimli fanlardır. Fanda salyangoz özelliği olmadığından fan motora direkt bağlanır. Titreşim seviyesi klima santralinde kullanılan diğer fanlara göre daha düşüktür. [2]



Şekil 2.8. Plug fanlar[27]

2.4.2. Difüzörler

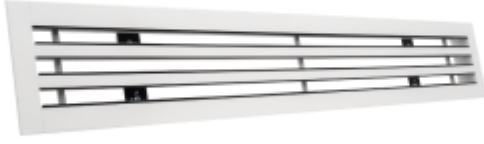
Difüzörler genel anlamda akışı yönlendirmek için kullanılan, farklı geometrik özelliklerde olan elemanlardır. Türbülanslı difüzör, dört yönlü difüzör, lineer (slot) difüzör, swirl (girdap) difüzör ve konfor difüzörlü gibi farklı amaçlarda kullanılan difüzörler mevcuttur. (Şekil 2.9.)



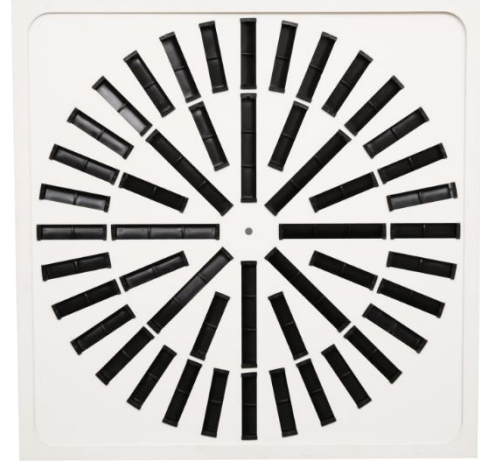
Türbülanslı menfez [29]



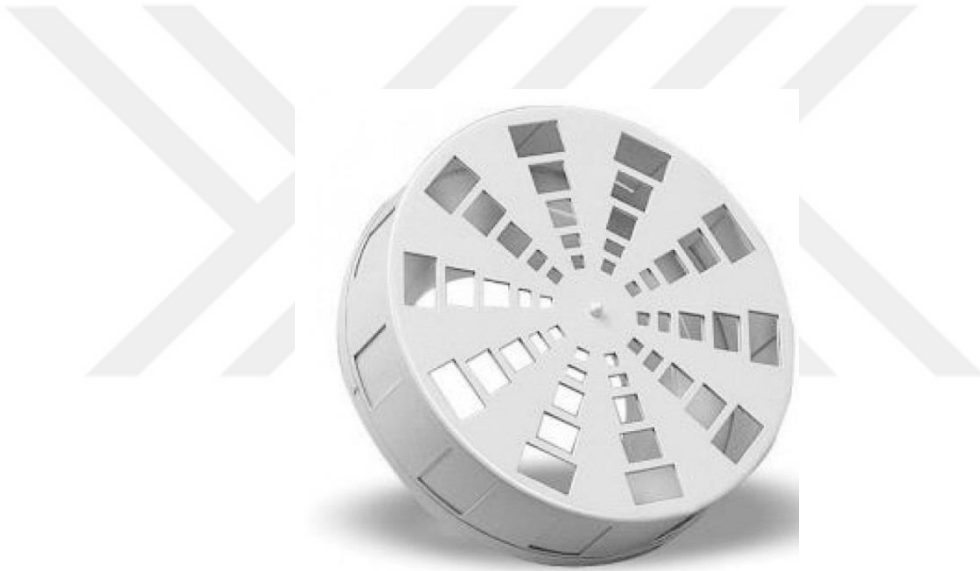
Dört yönlü menfez [30]



Lineer (Slot) difüzör [31]



Swirl Difüzör [32]



Konfor difüzör [33]

Şekil 2.9 Yaygın kullanılan difüzör tipleri

2.4.3. Nemlendirici

Nemlendirme işlemi havanın özgül hacmini artırmak amacı ile kullanılmaktadır. Sıvı halde bulunan suyu gaz hale getirerek hava ile karışmasını sağlar ve sisteme verir. Nemlendirme, iklimlendirme sistemlerinde, özellikle bazı endüstriyel iklimlendirmelerde ürün kalitesini artırmak amacıyla dikkat edilmesi gereken önemli bir atmosferik özellik olabilmektedir. [34]

2.4.4. Filtreler

Sisteme giren havanın toz, kir ve taneciklerden arındırılması için kullanılan gözenekli yapılara filtre denir. Klima santrallerinde, giriş ve çıkışta sırasıyla kaba ve orta filtreler bulunur. [3] (Şekil 2.10.)



Şekil 2.10. Filtreler [4]

2.4.5. Serpantinler

Havanın yüzeye olan temas alanını arttırılmasını sağlamak üzere kullanılan elemanlardır. Serpantin içinde dolaşan akışkan sayesinde ısıtma ve soğutma işlemleri sağlanır. (Şekil 2.11.) Soğutma işleminde serpantin üzerinde yoğunlaşan hava damla tutucularla, klima santralinin diğer bölümüne geçmesi engellenmelidir. [3]



Şekil 2.11 Serpantin [5]

2.4.6. Damla Tutucu

Klima santralinde, nemlendiriciden sonra bulunur. Havanın nemlendirilmesi veya soğutulması durumunda yoğunlaşan suyun hava ile temasını engelleyerek diğer klima sistemi elemanlarıyla temasını önlemektir.[6]

2.4.7. Karışım Odası

Hava karışım odaları farklı fiziki özellikteki ve farklı amaçlı havaların karışmasına olanak sağlar. Bu karışım sonucunda yeni fiziki özelliklere sahip hava istenilen değerlerde oluşturulur. İklimlendirme sistemlerinde hava karışım odası dönüş havası ile dış ortamdan alınan havayı karıştırarak sisteme verilecek havayı oluşturur. Mahal girişlerine yerleştirilen hava karışım odaları ise aynı santralden beslenen iki mahalin farklı özelliklerdeki havalara sahip olması için kullanılmaktadır [17].

2.4.8. Ön Isıtıcı

Genellikle kış dönemlerinde gereken bir ısıtma ünitesi durumundadır. Atmosferden alınan düşük nemli havanın nem tutma kapasitesini nemlendirici girişinden önce artırmak adına ön ısıtıcılar kullanılır [17].

2.4.9. Soğutucu

Yapı olarak ısıtıcılara benzer yapıdadırlar. Akışkan olarak soğutucu akışkanlar kullanıldığından soğutma etkisi gösterirler [17].

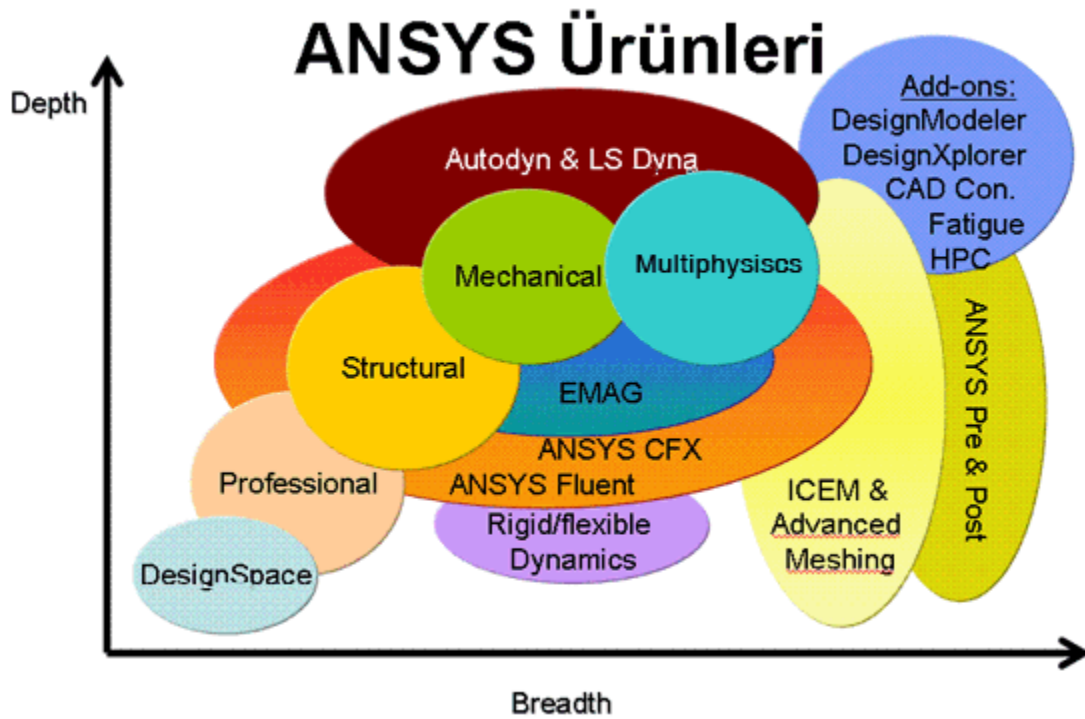
2.4.10. Susturucu

Susturucular iklimlendirme sistemlerinde akustik değerlere göre ses azaltıcı olarak kullanılır. Susturucular yüksek ses azaltma kapasitesine ve düşük hava direncine sahip olmalıdır [18].

2.5. Ansys

Ansys yazılımı mühendislerin mukavemet, titreşim, akışkanlar mekaniği ve ısı transferi ile elektromanyetik alanlarında fiziğin tüm disiplinlerinin birbiri ile olan interaksyonunu (etkileşimini) simüle etmekte kullanılabilen genel amaçlı bir sonlu elemanlar yazılımıdır. Gerçekleştirilen testlerin ya da çalışma şartlarının simüle edilmesine olanak sağlayan Ansys, bu sayede ürünlerin henüz prototipleri üretilmeden sanal ortamda test edilmelerine olanak

sağlar. Ayrıca sanal ortamdaki 3 boyutlu simülasyonlar neticesinde yapıların zayıf noktalarının tespiti ve iyileştirilmesi ile ömür hesaplarının gerçekleştirilmesi ve muhtemel problemlerin öngörülmesi mümkün olmaktadır. Şekil 2.12.'de görülebilen modüler yapısı sayesinde Ansys yazılımı sadece ihtiyaç duyulan özelliklerin alınmasına fırsat vererek ilave edilebilen CAD ve FEA bağlantı modülleri ile masa üstünde kullanılan diğer mühendislik yazılımları ile entegre bir şekilde çalışabilmektedir.[16]



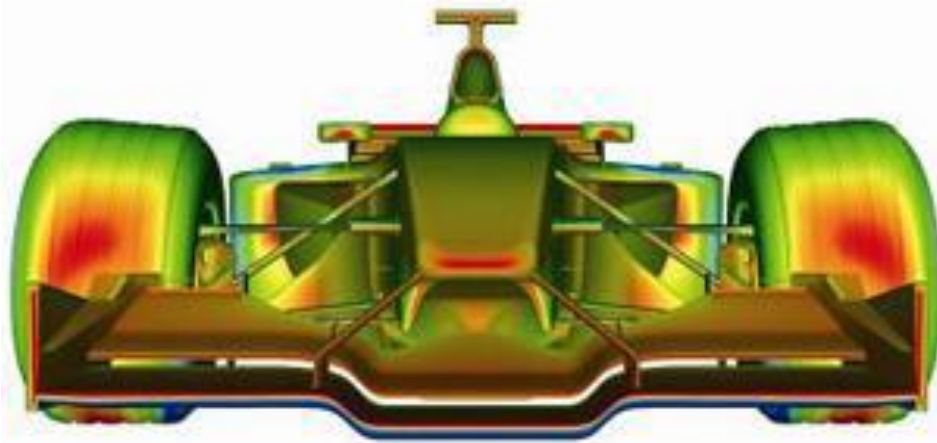
Şekil 2.12. Ansys ürünleri [16]

Ansys yazılımı hem dışarıdan CAD datalarını alabilmekte hem de kendi içinde geometri oluşturulmasına izin vermektedir. Oluşturulan geometri için uygun ağ yapısı oluşturulmaktadır. Yüklerin tanımlanmasından sonra ve gerçekleştirilen analiz neticesinde sonuçlar sayısal ve grafiksel olarak elde edilebilir. Ansys yazılımı ile zamana bağımlı yükleme özellikleri ve nonlinear malzeme modelleri sayesinde yüksek mühendislik seviyesindeki analizler hızlı, güvenilir ve pratik bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir [16].

2.5.1. Ansys-Fluent Sayısal Analiz Programı

Ansys-Fluent yazılımı geniş bir fiziksel modelleme kapasitesine sahip olup akış, türbülans ve ısı transferi hesaplarının yanı sıra uçak kanadı üzerinden olan akıştan bir fırın içindeki yanmaya, kabarcık kolonlarından petrol kulelerine, kan akışından yarı iletken üretimine, temiz oda tasarımından atık su arıtma tesislerine kadar farklı endüstriyel alanlarda analiz imkanlarına sahiptir. Silindir içindeki yanma, turbo makineler ve çok fazlı akışları analiz imkânı veren özel modeller, yazılımın kullanıldığı alanları artırmaktadır. [15]

Bugün, dünyada binlerce şirket Ansys-Fluent yazılımını ürün geliştirmelerinin tasarım ve optimizasyon aşamalarında temel bir parça olarak kullanmaktadır. Gelişmiş çözücüsü sayesinde hızlı ve gerçeğe yakın sonuçlar elde edilirken, bu çözücü hareket edebilen ve deforme olabilen sayısal ağların (mesh) kullanımını ve paralel işlemlerdeki üstün performans kabiliyetini de sunmaktadır. Kullanıcı tanımlı fonksiyonlar (UDF), kullanıcıların kendi modellerini tanımlama ve hazır modelleri kapsamlı şekilde değiştirme imkânı sunar. Ansys-Fluent' in etkileşimli arayüzü sayesinde tek bir uygulama altında hesaplanmakta olan bir işlem kolayca durdurulabilir, bütünleşmiş çözüm sonrası işlemlerle sonuçlar incelenebilir, ayarlar değiştirilebilir ve çözüme tekrar devam edilebilir. Problem ve sonuca ait dosyalar Ansys CFD-Post yazılımı kullanılarak gelişmiş çözüm sonrası araçlarla detaylı şekilde incelenebilir (Şekil 2.13.) ve farklı durumlardan sonuçlar karşılaştırılabilir [15].



Şekil 2.13. Ansys CFD-Post sonuç görüntüleri[15]

Ansys-Fluent yazılımının Ansys-Workbench'e entegre edilmesi sayesinde, kullanıcılar çok yönlü olarak başlıca tüm CAD sistemlerine çok yönlü bağlantı sağlayabilmekte, güçlü bir

geometri düzeltme ve oluşturma aracı olan Ansys-DesignModeler ve gelişmiş sayısal ağ (mesh) oluşturma aracı Ansys-Meshing araçlarını kullanabilmektedirler. Ansys-Workbench ile "sürükle-bırak" şeklinde veri transferi yapılabilmekte ve farklı uygulamalar arasında sonuçlar paylaşılabilir (örnek olarak bir akış analizinin çözümünü, onu takip eden yapısal bir mekanik simülasyonda yük sınır şartı olarak tanımlama verilebilir). Ansys-Fluent'in kapsamlı fiziksel modelleme imkânları, hızlı ve gerçeğe yakın sonuçlar gibi özellikleri sayesinde şu anda CFD (HAD) alanında dünyanın en kapsamlı yazılım paketlerinden birisi olmaktadır [15].



3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde taramasında, klima santralleri ve boş hücrelerde kullanılan difüzörler hakkında yapılan çeşitli çalışmalara rastlanmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Şahin ve Ward-Smith (1987), fan çıkış kesitinde bulunan deliksiz difüzörde oluşan akışı sayısal olarak incelemişlerdir. Farklı kanat açıları kullanılarak difüzör üzerinde oluşan statik basınç dağılımları belirlenmiştir. Difüzör çıkışında düzenli bir akışın olmadığı ve farklı türbülans modellerinin olduğunu ortaya koymuşlardır.[21]

Şahin (1989), akışa dik yönde yerleştirilen deliksiz konik bir difüzörün akışa olan etkisi sayısal olarak incelemiştir. Akış sırasında levhalarda meydana gelen hız dağılımlarını ve statik basınç değerlerini deneysel olarak elde etmiştir.[22]

Bayramgil ve diğ.(1998), bir iklimlendirme sistemi fanının çıkış kesitinde bulunan deliksiz difüzör içerisindeki akışı sayısal olarak incelemişlerdir. Difüzördeki akışın sayısal incelemesi için çeşitli difüzör açılarındaki cidar statik basınç dağılımlarını ölçmüşlerdir. Difüzör çıkışındaki akışın düzgün olmadığını, türbülans seviyesinin noktadan noktaya önemli ölçüde değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuşlardır.[36]

Literatür araştırmasında klima santralinde kullanılan kare kesitli kesik piramit şeklindeki bir delikli difüzörlü boş hücre için yapılan bir HAD (hesaplama akışkanlar dinamiği) çalışmasında iki farklı ebattaki geometriler için sayısal analiz çalışması yapılmış olup, hücre çıkışındaki hız dağılımları incelenmiştir. (Bulut ve diğ., 2011; Tanyol, 2012). [37,38]

Bulut ve diğ.(2011), iklimlendirme sistemlerinde kullanılan klima santrallerinin veriminin artırılmasına yönelik CFD (hesaplama akışkanlar dinamiği) yöntemiyle incelemeler yapmışlardır. Klima santrallerindeki mevcut hücre yapısını CFD analiz programı olan Fluent’de çözerek, çıkan sonuçları değerlendirip akışın yapısını bozan ve yüksek basınç düşümüne neden olan kısımlar tespit edilmiştir.[37]

Yiğit ve diğ.(2013), piyasada mevcut standart difüzörlerden (yayıcı) farklı olarak dağıtıcılık özelliği yüksek bir difüzörün tasarlanması amacıyla, çeşitli düşey kanat açısına sahip olan difüzörlerin ortamdaki hava dağıtıcılığını sayısal olarak incelemişlerdir. Oda içerisine yerleştirilen difüzörün çeşitli düşey kanat açılarındaki sayısal testlerini yaparak havanın ortamdaki dağılımını, hızını ve difüzörde ortaya çıkan basınç düşümlerini, ANSYS-Fluent paket programı kullanılarak belirlemişlerdir. [39]

Kaya ve diğ.(2017), düz ve piramit şekilli anemostat tip difüzör kullanılması durumu için havanın boş hücreden sonraki üniteye yayılma durumunu ve difüzör tiplerinin boş hücrede sebep olduğu statik basınç düşüşünü sayısal olarak araştırmışlardır. Boş hücre içinde en homojen hava akışının düz anemostat tip difüzörde 80° kanat açısında olduğu tespit edilmiştir. [7]

Sönmez ve diğ.(2017), kesik koni profilli delikli difüzörün akışa ve basınç düşümüne etkisinin sayısal olarak incelemesini gerçekleştirmiştir. Akışı iyileştirmek amacı ile farklı delik geometrili difüzörler tasarlanmış ve akışa etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Delik geometrisinin daire ve altıgen olduğu durumlarda kare delik geometrisine göre basınç düşümünün daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En iyi dağılım gösteren ve en düşük basınç kaybına 60° koniklik açısına sahip kare delik geometrili iç bükey kesik koni profil olduğu tespit edilmiştir. [14]

Taçgün(2016), akışa dik doğrultuda yerleştirilmiş V profilli delikli difüzörlü hücrenin akış performansına olan etkisini deneysel ve sayısal olarak incelemiştir. Çalışmanın sonucunda optimum difüzör tasarımı ile ne kadar kazanç sağlanacağı hesaplanmıştır.[11]

Erdoğan (2017), yaptığı çalışmada kare kesik piramit delikli difüzörlü hücrenin akışa etkisini ve akustik değerlerini deneysel ve sayısal olarak incelemiştir. [40]

Bu tez çalışmasında ise ilk olarak, merkezi klima santrallerindeki boş hücrelerde kullanılan bazı difüzör tiplerinin (V profilli delikli difüzör, düz ve piramit tip anemostat) boş hücre içindeki konumlarının, basınç düşümüne etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Difüzör tipleri içerisinde, boş hücre içinde piramit tip anemostat difüzörün, çalışılan bütün montaj konumları için, en az basınç düşümüne sebep olduğu belirlenmiştir. Piramit tip anemostat difüzörün boş hücre içindeki konumunun (fan çıkış kesitinden düşey ya da yatay konumlandırılması) akışa etkisi ayrıca sayısal olarak araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar KSÜ Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Klima Santrali Deney Setinde gerçekleştirilmiştir. Sayısal çalışmalar ise 3 boyutlu olarak ve sistemin tamamının katı modeli oluşturularak ANSYS programında gerçekleştirilmiştir. Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak difüzör öncesinde, hava giriş hızları uniform olarak verilmemiş, modellenen fan geometrisine ANSYS-Fluent programında devir sayısı girilerek, fanın kendi karakteristiğiyle havayı üflemesi sağlanmıştır. Fanın döndürülmesiyle oluşan akışın gerçeğe daha yakın olduğu belirlenmiştir.

4. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışması deneysel ve sayısal çalışmalardan oluşmaktadır. Deneysel çalışma kapsamında, V profilli, düz ve piramit anemostat tip difüzörler imal edilerek, klima santrallerindeki boş hücrede oluşan basınç düşümleri incelenmiştir. Deneysel çalışma KSÜ Makine Mühendisliği bölümünde bulunan klima santrali deney setinde yapılmıştır. Sayısal çalışma kapsamında ise, deneysel olarak elde edilen en iyi sonuç için, klima santrali ve difüzörün 3 boyutlu katı modeli Solidworks programında oluşturulmuş ve ANSYS programında akış analizi yapılmıştır.

4.1. Deney Aşamaları

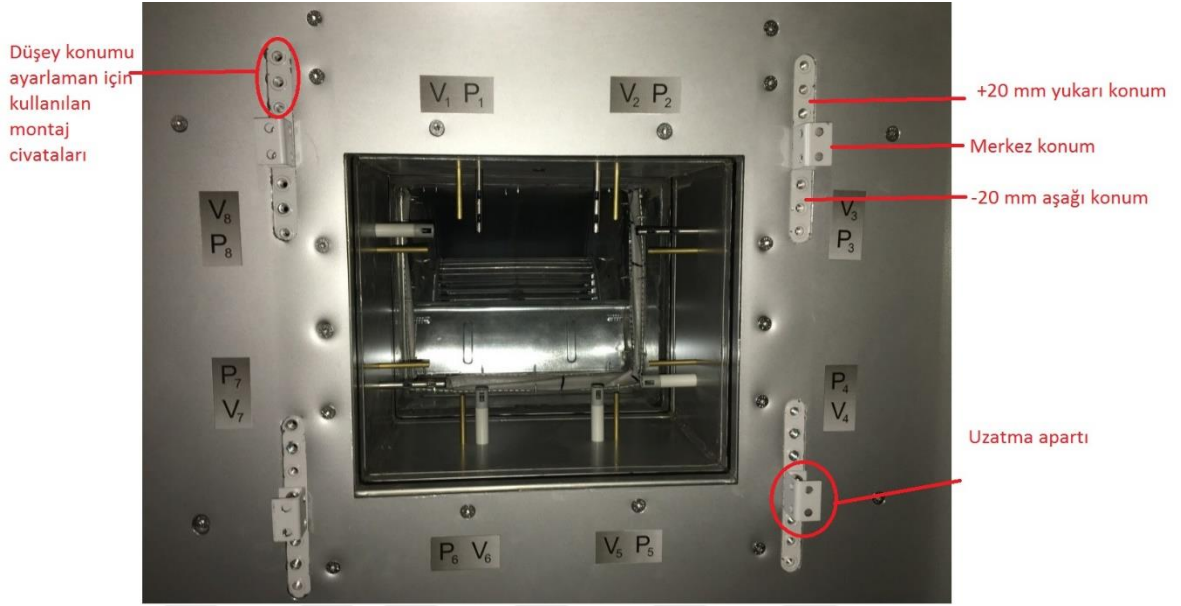
Deneysel çalışmalarda KSÜ Makine Mühendisliği Laboratuvarında bulunan deney düzeneği kullanılmıştır (Şekil 4.14.). Deney düzeneği 1. Hücre (Fan hücresi), Giriş ve Çıkış ölçüm hücreleri ve akışın genişletildiği 2. ve 3. boş hücreler olmak üzere farklı bölümlerden oluşmaktadır. PLC kontrol ünitesinden fan devir sayısı kontrol edilerek ölçüm hücrelerinden alınan hız ve basınç değerleri, PLC kontrol ekranında gösterilmektedir. Ölçüm hücrelerinden alınan hız ve basınç değerleri, PLC kontrol ünitesinde bulunan bilgisayar bağlantısıyla, bilgisayara aktarılarak her bir difüzör montaj konumu ve fan devri için, belirli zaman aralıklarıyla 50'şer sonuç kaydedilerek ortalaması alınarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.14. Klima santrali deney düzeneği

Fan hücresinde; motor, fan, kayış kasnak tertibatı ve fan salyangozu bulunmaktadır. Fan kasnağı üzerine yerleştirilen devir ölçer ile fan devri PLC üniteye iletilmektedir. Fan çıkış kesiti 285 mm x 330 mm ve fan çıkış kesitinden sonra gelen boş hücre boyutları 800 mm x

800 mm ve uzunluğu 2000 mm'dir. Fan çıkış kesiti Şekil 4.15.'de görülmektedir. Bu kesitin kenarlarında difüzör montaj delikleri bulunmaktadır.



Şekil 4.15. Giriş ölçüm hücresi hız ve basınç ölçüm problemleri

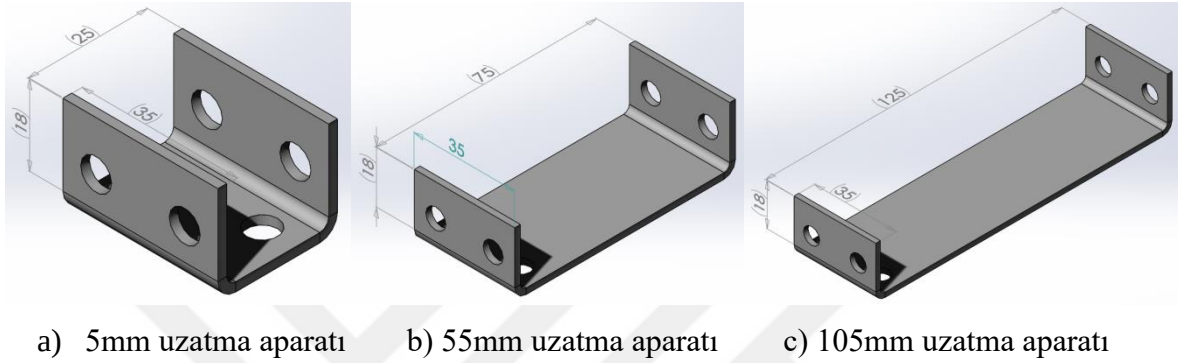
Fan çıkışına yakın konumda bulunan 8'er adet hız ve basınç ölçüm problemlerinden değerler alınarak akışın farklı bölgelerdeki hızı belirlenebilmektedir. Ölçüm problemlerinin olduğu fan çıkışında bulunan ölçüm hücresi "Giriş Ölçüm Hücresi" olarak adlandırılmaktadır (Şekil 4.15.).



Şekil 4.16. Çıkış ölçüm hücresi hız ve basınç problemleri

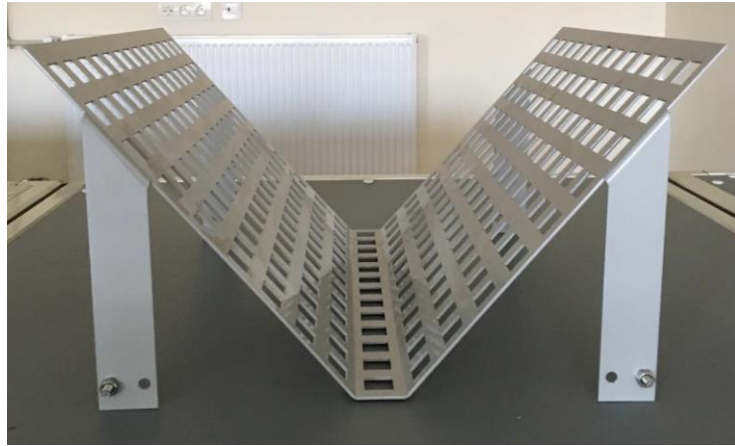
Boş hücrenin orta kısmında bulunan ve üzerinde 9’ar adet hız ve basınç probu bulunan ölçüm hücresi Şekil 4.16’da görülmektedir. Bu hücre “Çıkış Ölçüm Hücresi” olarak adlandırılmaktadır.

Ölçüm hücrelerinden alınan değerler PLC ünitede bulunan bilgisayar bağlantısıyla istenilen aralıklarla kayıt edilmektedir. Fan çıkış kesitinde bulunan montaj delikleriyle difüzör yukarı-aşağı düşey olarak farklı konumlara monte edilebilmektedir.

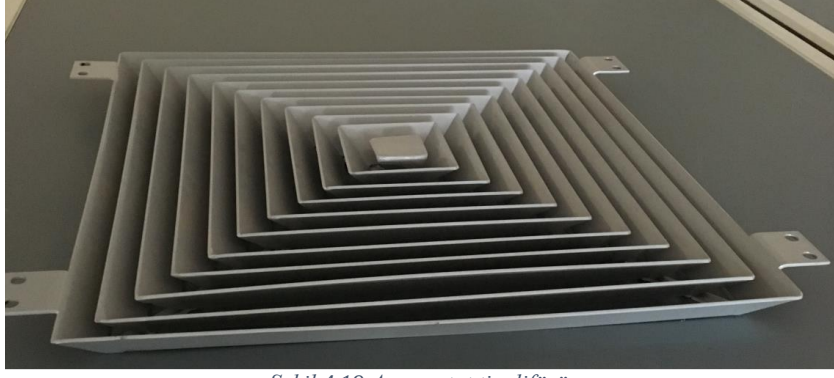


Şekil 4.17. Difüzör montaj uzatma aparatları

Şekil 4.17.’de difüzörün fan çıkış kesitinden ileri doğru monte edilmesini sağlayan uzatma aparatları görülmektedir. Bu aparatlar Şekil 4.15.’de bulunan montaj deliklerine monte edilerek difüzörle fan çıkış kesiti arasında ki yatay mesafeyi kontrol edebilme imkânı sağlamaktadır.



Şekil 4.18 V profilli delikli difüzör



Şekil 4.19 Anemostat tip difüzör

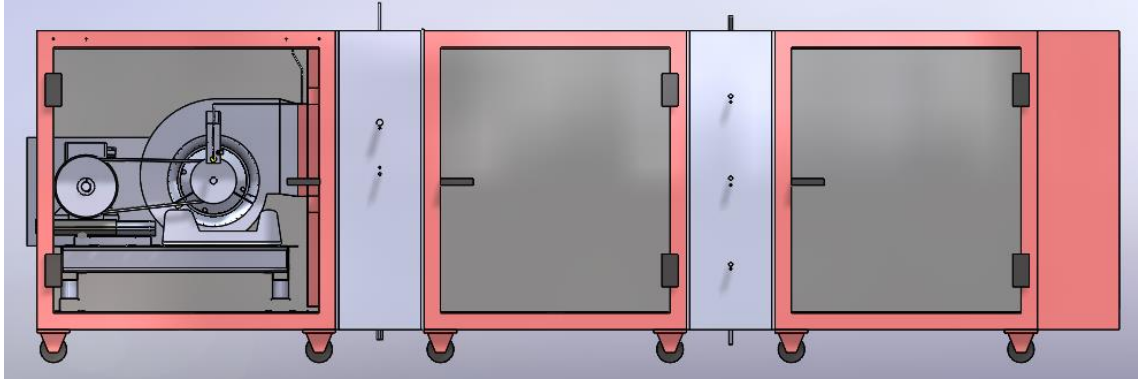


Şekil 4.20 Piramit tip anemostat difüzör

Deneysel çalışmalarda kullanılan V profilli delikli difüzör (Şekil 4.18), düz (Şekil 4.19.) ve piramit tip (Şekil 4.20) anemostat difüzörler verilmiştir. Boyutları literatürdeki önceki çalışmalar referans alınarak belirlenmiştir. [7]

4.2. Tasarım Aşamaları

Deneysel çalışmalarda piramit anemostat tip difüzör, diğer difüzör tiplerinden daha az basınç düşümü sağladığından sayısal çalışmalar bu difüzör tipi için yapılmıştır. Kullanılan deney seti ve difüzör geometrileri Solidworks programı kullanılarak modellenmiştir. Çizilen model geometrisi sonlu hacimler yöntemi temelli olan Ansys 18.1 paket programına tanıtılarak Fluent modülünde HAD analizleri gerçekleştirilmiştir. Difüzör boş hücre içerisine, fan çıkış kesit merkezine göre farklı konumlara yerleştirilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Solidworks programı yardımıyla modellenen geometri Şekil 4.21’da gösterilmiştir. Çizilen model ve kullanılan deney seti aynı ölçülerdedir.

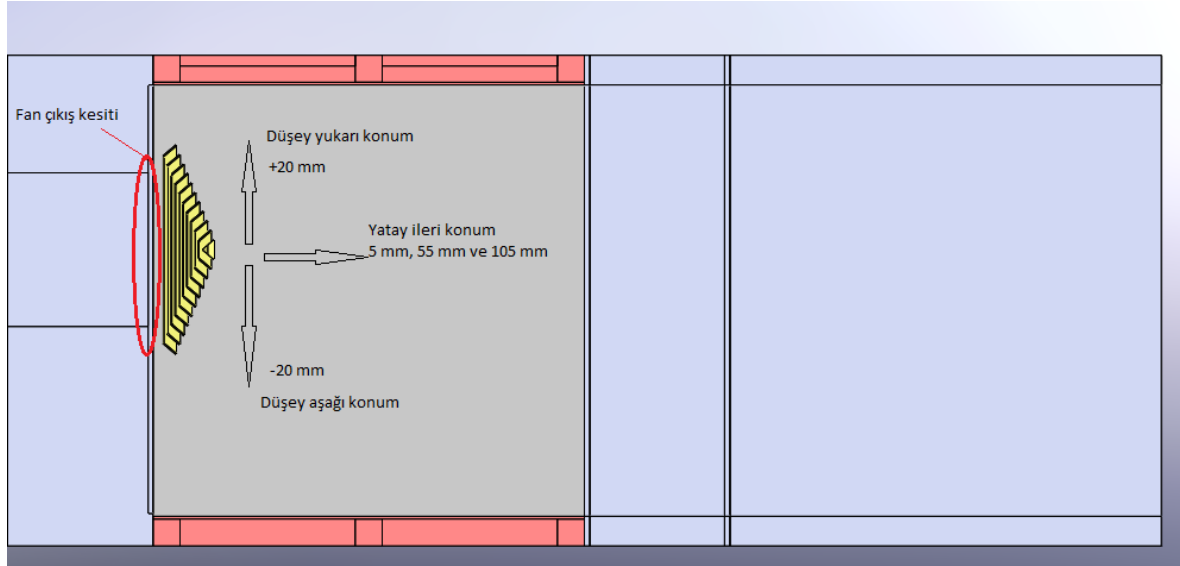


Şekil 4.21. Kullanılan deney düzeneğinin 3boyutlu modeli

Yapılan deneysel çalışmalarda, boş hücre içerisindeki, en az basınç düşümünü Piramit tip anemostat difüzörün sağladığı belirlendiğinden, sayısal çalışmalarda Piramit tip anemostat difüzör kullanılmıştır.

4.2.1. Piramit tip anemostat difüzörlü boş hücre

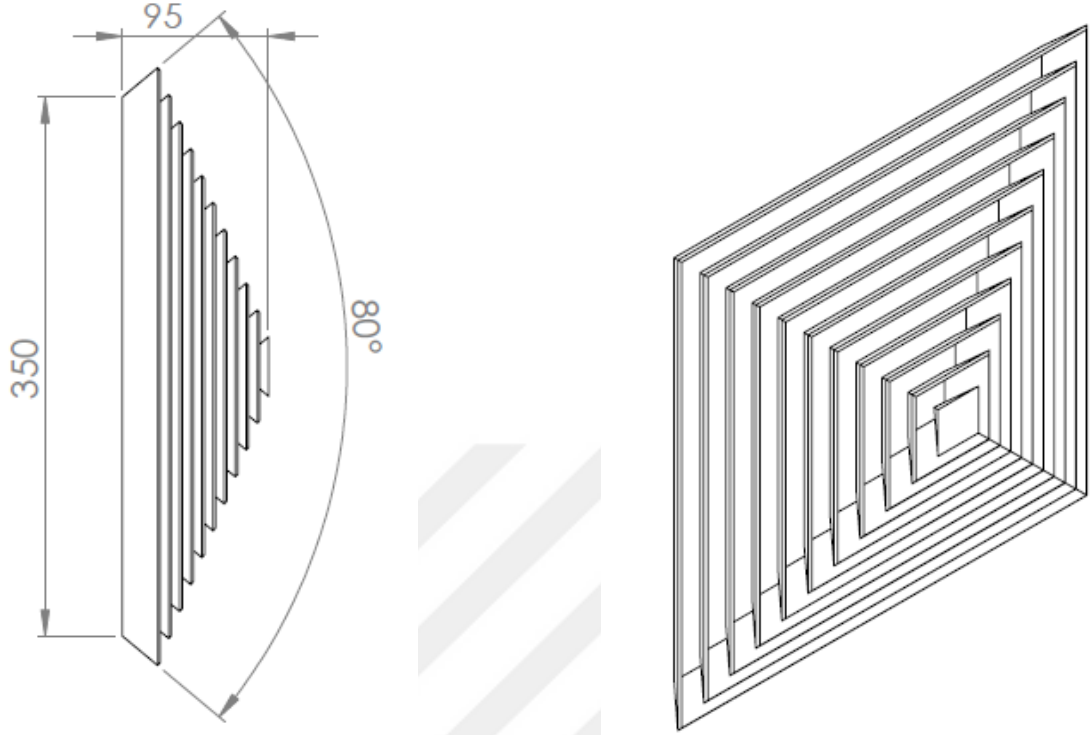
Yapılan çalışmada, sayısal olarak incelenecek difüzörlü boş hücrenin görünümü Şekil 4.22’de verilmiştir. Difüzör kanat açıları 80° ve boyutları 350 mm x 350 mm ve piramit yüksekliği 95 mm’dir. Difüzör kanatları 3mm kalınlığında, demir esaslı malzemeden üretilmiş ve kanat genişlikleri 30 mm ve 10 kanatlı olarak imal edilmiştir. Şekil 4.23’de difüzör çizimi ve ölçüleri verilmiştir.



Şekil 4.22. Sayısal çalışmalar için oluşturulan difüzörlü boş hücre modeli ve montaj konumları

Şekil 4.22’de difüzörün boş hücre içerisinde yatay ve düşey olarak montajı yapılan konumları gösterilmektedir. Tasarlanan modelde, klima santrali deney setinde olduğu gibi

fan çıkış kesiti 285x330 mm, boş hücre kesiti 800x800mm ve boyu 2000mm olarak modellenmiştir.



Şekil 4.23. Sayısal çalışmada kullanılan piramit tip anemostat tip difüzörün katı modeli

4.3. Değişken Parametreler

Bu çalışmada, fan çıkış kesit merkezine göre düşey ve yatay olarak farklı difüzör montaj konumlarına yerleştirilen piramit anemostat tip difüzörün, akış üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yukarı-aşağı yönlü konumlardan, çalışmanın devamında “Düşey Konum” olarak bahsedilecektir. Fan merkezinden ileri yönlü konumlar ise “Yatay Konum” olarak bahsedilecektir. Yatayda 3 farklı uzaklık (5mm, 55mm ve 105mm) ve düşeyde 3 farklı konum (+20 mm, 0mm merkez konum, -20mm) olmak üzere toplam 9 farklı konum üzerine yerleştirilen piramit tip anemostat difüzörün akışa ve basınç düşümüne etkisi incelenmiştir.

4.4. Sayısal Modelleme

Solidworks programında tasarlanan akış geometrisi, Ansys-Fluent 18.1 programında açılarak sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Akışkan olarak hava seçilmiştir. Havanın santrale girdiği 800x800mm’lik giriş kesitine “Pressure-inlet” tanımlanmış ve statik basınç

0 olarak belirlenmiştir. Havanın boş hücreden çıktığı 800x800mm'lik çıkış kesatine “Pressure-outlet” tanımlanmış ve statik basınç 0 olarak belirlenmiştir. Çözüm zamandan bağımsız (steady) olarak gerçekleştirilmiştir. Hava hareketini tasarımda bulunan fan salyangozu içinde bulunan fanın dönme hareketi sağlamaktadır. Fanın dönme etkisiyle giriş kesitinden emiş yapılan hava fan salyangozu vasıtasıyla çıkış kesatine doğru yönlendirilmektedir. Santral malzemesi olarak alüminyum seçilmiş ve alüminyum malzemenin yüzey pürüzlülük değeri olan 0,0032mm tanımlanmıştır. Hücre yüzeyleri “Wall” olarak tanımlanmıştır. [10] Fan devri olarak, deneysel çalışmalarda kullanılan 1250 d/d değeri sayısal çalışmalara girilmiştir..

Bu çalışmada, klima santrali bir bütün olarak modellenmiş ve fan dönüşü sağlanarak akış analizi yapılmıştır. Problem, deney koşulları ile birebir örtüştürülmüştür.

4.4.1. Navier-Stokes Denklemleri

Sıkıştırılamaz bir akışkanın zaman bağımlı hareketi, kartezyen koordinatlarda Navier-Stokes denklemleri (Denklem 4.1) ve süreklilik denklemi (Denklem 4.2) ile tanımlanmaktadır. Bu denklemlerde, hız ve basınç büyüklükleri zaman ortalamalı ve çalkantı terimleri cinsinden yazıldığında, zaman ortalamalı denklemler Reynolds ortalamalı Navier-Stokes denklemleri (Denklem 4.3) olarak elde edilmektedir. Bu denklemlerde yer alan çalkantı terimlerinin hesaplanmasına yönelik olarak çok sayıda türbülans modeli geliştirilmiş ve geliştirilmektedir [41].

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + F \quad 4.1$$

Atalet kuvvetleri = basınç kuvveti + sürtünme kuvveti + kütleli kuvvetler

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0 \quad 4.2$$

$$\frac{\partial(\rho \bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \bar{u}_i \bar{u}_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \rho \overline{u'_i u'_j} \right] + F_i \quad 4.3$$

4.4.2. Türbülans modeli seçimi

Türbülans modeli, akışın karakteristiğini belirlemek için kullanılan temel denklemleri çözmek üzere gerekli olan hesaplama işlemleri olarak tanımlanabilir. Ticari yazılımlarda en

çok kullanılan model olarak k-ε ve Reynolds gerilme modeli son yıllarda yapılan çalışmalarda tercih edilmiştir. Standart k-ε modeli çalışmalarda yeterli çözümler sağlamasına rağmen farklı geometriler üzerinde yapılacak çalışmalarda uygun türbülans modelini belirlemek gerekmektedir.[11]

Bu çalışmada farklı türbülans modelleri seçilerek analizler yapılmış ve deneysel sonuçlar referans alınarak gerçeğe en yakın çözümü veren türbülans modeli belirlenmiştir. Yapılan türbülans modeli seçimiyle ilgili sayısal çalışmaların sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı çözücü modelleriyle yapılan sayısal çalışmaların karşılaştırılması

Çözücü Modeli	Fan Çıkış Hızı (m/s)		Hata Oranı %
	Sayısal Sonuçları	Deneysel Sonuçlar	
k-ε-RNG	17,61	23,87	26,22%
k-ω	16,82		29,55%
Standart k-ε	22,93		3,94%

Çizelge 4.1.’de görüldüğü gibi deneysel sonuca en yakın değer Standart k-ε türbülans modelinde ulaşılmıştır. Yapılan sayısal çalışmalarda türbülans modeli olarak Standart k-ε türbülans modeli belirlenmiştir.

4.4.2.1.1. Standart k-ε türbülans modeli

İki denklemlilik türbülans modelleri arasında ekonomikliği ve pek çok akış olayında kabul edilebilir doğrulukta sonuç vermesi açısından yaygın olarak kullanılan yarı ampirik bir modeldir. Türbülans kinetik enerjisi (k) ve kayıp oranı (ε) için yazılan iki adet transport denkleminin çözümü ve türbülans viskozitesinin (μ_t) hesabını içerir. Kaldırma kuvvetleri etkisi ihmal edildiğinde, bu transport denklemleri k ve ε için sırası ile Denklem 4.4 ve Denklem 4.5’te verilen şekilde yazılabilir [12].

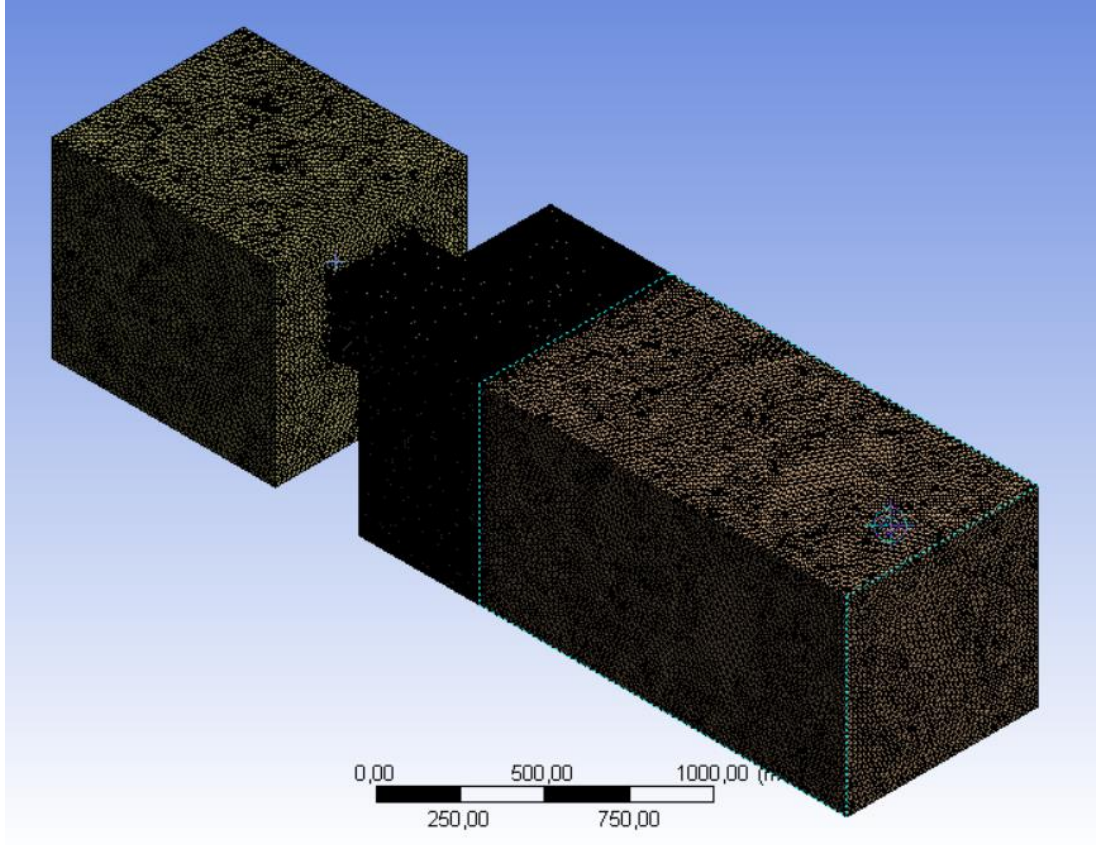
$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k - \rho \varepsilon \quad 4.4$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad 4.5$$

Bu denklemlerde: “Standart k-ε” türbülans modelinin sabitleri aşağıda belirtilen değerlere sahiptir ve $C_{1\varepsilon} = 1.44$, $C_{2\varepsilon} = 1.92$, $C_\mu = 0.09$, $\sigma_k = 1.0$, $\sigma_\varepsilon = 1.3$ olarak verilmektedir [13].

4.4.3. Ağ yapısının belirlenmesi

Kullanılan akış geometrisi yine ANSYS paket programının içerisinde bulunan Meshing modülünde modelin ağ yapısı oluşturulmuştur. Oluşturulan ağ yapısı Şekil 4.24.'te görüldüğü gibidir.



Şekil 4.24 Modelin ağ yapısı

Model ağı oluşturulurken kullanılan geometri küçük parçalara bölünmektedir. Çözüm küçük parçalardan iterasyonlarla tüm geometrinin çözülmesi esasına dayanmaktadır. Oluşan parçaların geometrik olarak uyumu, düzensiz şekilli parçaların oluşmaması ve ani boyut büyümelerinden kaçınarak daha kaliteli bir ağ yapısı oluşturmak mümkündür. Ağ kalitesinin yüksek olması, analiz sonuçların gerçeğe daha yakın sonuçlar vermesini sağlarken eleman sayısını artırarak daha yüksek kapasiteli bilgisayarlara ihtiyaç duyulmasını gerektirmekte ve analiz sürelerini artırmaktadır.[3]

Oluşturulan ağ yapısında smoothing (düzgünlük) high (yüksek) ve Relevance Center Fine (sıkı ağ) olarak seçilmiştir. Farklı kesitlerde ve küçük boyutlu parçaların bulunduğu model bölümlerinde farklı ağ yapıları ve eleman boyutları oluşturularak bunlar arasında uygun bir

geçiş sağlanmıştır. Farklı büyüklükteki elemanların ani büyüme veya küçülmelerini önlemek için Growth rate (büyüme oranı) 1.2 olarak seçilmiştir.

Kullanılacak ağ yapısının kalitesi analiz sonuçlarının doğruluğunu önemli ölçüde etkilemektedir. Uygun ağ yapısını belirlemek için ağ iyileştirme çalışması yapılmıştır. Farklı eleman boyutlarının bulunduğu ağ yapılarındaki modeller ANSYS programında analiz edilerek optimum ağ yapısı belirlenmiştir. Çizelge 4.2’de yapılan ağ iyileştirme çalışması sonuçları gösterilmektedir.

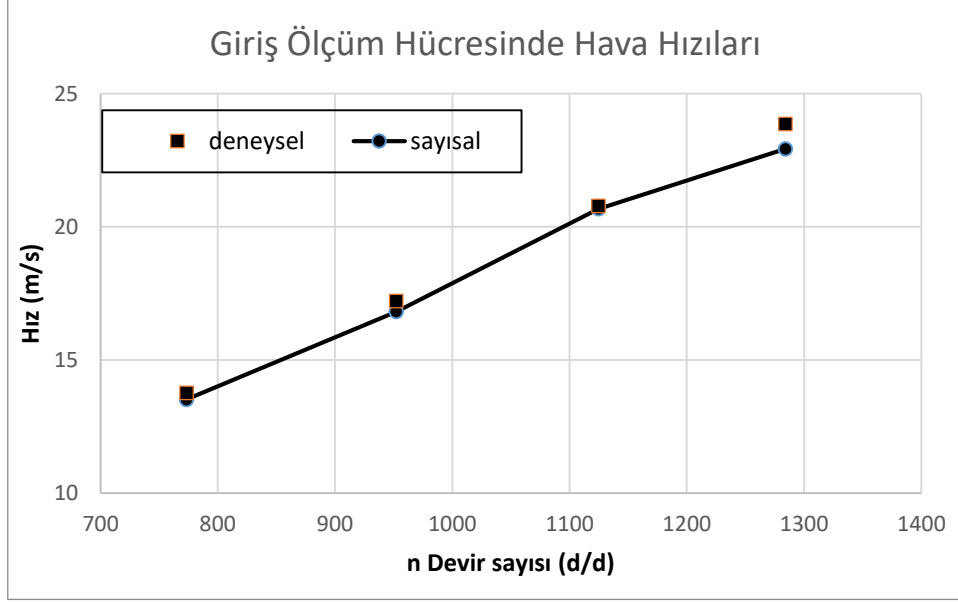
Çizelge 4.2 Farklı ağ yapısında yapılan analizlerin sonuçları

Eleman sayısı	Skewness	Fan Çıkış Hızları (m/s)		Hata Oranı %
		Sayısal Sonuçlar	Deneyisel Sonuçlar	
5.153.045	0,96928	22,68	23,87	4,99%
8.799.416	0,94606	22,93		3,94%
13.831.027	0,94615	20,9		12,44%

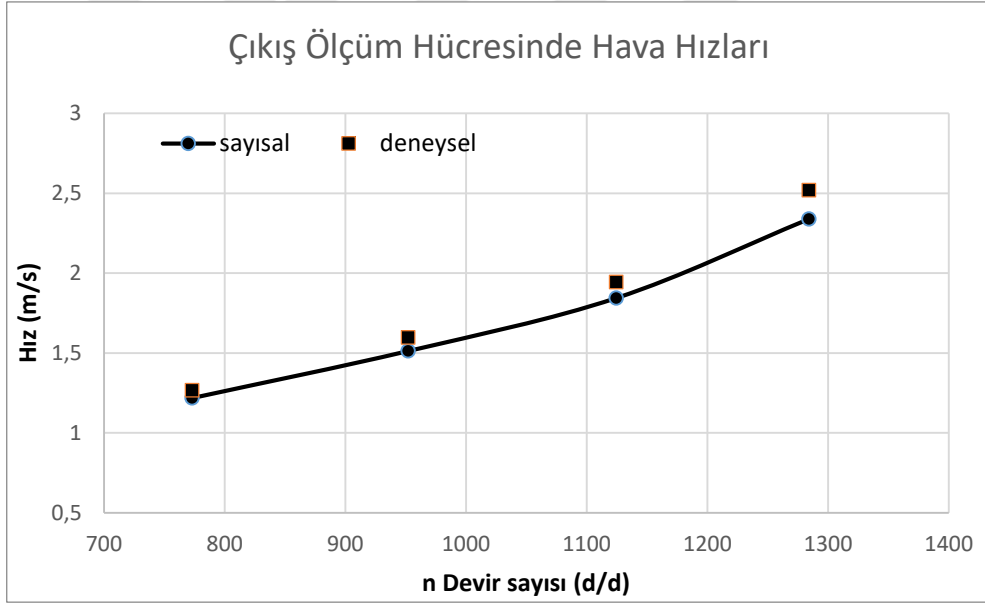
Deneyisel fan çıkış hızı 23,87 m/s olduğu göz önüne alındığında, deneyisel değere en yakın sonucu, modelin 8.799.416 elemana sahip ağ yapısında sağlandığı görülmektedir. Bütün sayısal çalışmalarda 0,94606 skewness değerine sahip, 8.799.416 elemanlı ağ yapısı kullanılmıştır.

4.4.4. Deneyisel ve sayısal sonuçların karşılaştırılması

Uygun türbülans modeli ve ağ yapısı belirlendikten sonra ANSYS-Fluent programından elde edilen sonuçlarla deneyisel sonuçlar karşılaştırıştır ve iyi bir sonuç yakalanmıştır. Bu uyumun sağlanması sayısal çalışmaların doğruluğunu göstermektedir. Şekil 4.25 ve Şekil 4.26 da fan çıkışında ve boş hücre ortasındaki hız değerlerinin farklı devir sayıları için sayısal ve deneyisel karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 4.25 Giriş ölçüm hücresindeki hava hızlarının, farklı devir sayılarında deneysel ve sayısal karşılaştırılması



Şekil 4.26 Çıkış ölçüm hücresindeki hava hızlarının, farklı devir sayılarında deneysel ve sayısal karşılaştırılması

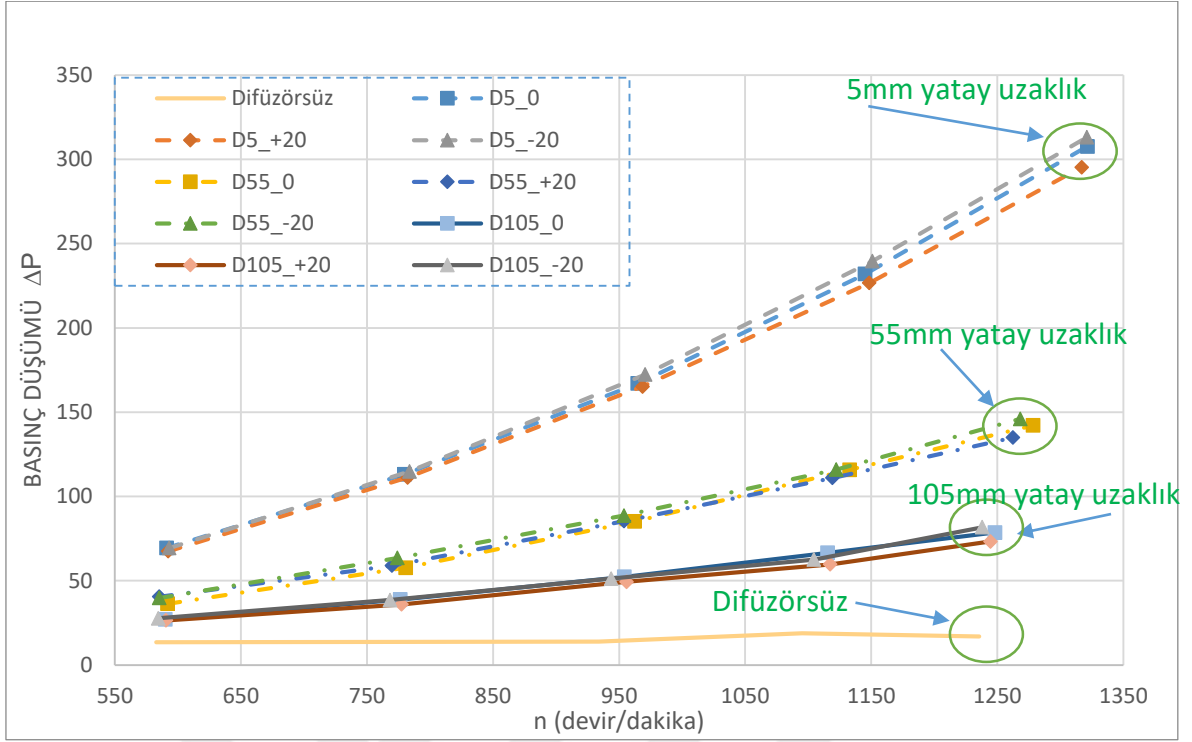
Yapılan bu karşılaştırmalarda sayısal çalışma sonuçlarının, deneysel sonuçlara olan yakınlığı görülmektedir. Türbülans modeli ve ağ yapısı belirlenerek deneysel ve sayısal karşılaştırılması yapılarak sayısal sonuçların doğruluğu sağlanmıştır.

5. BULGULAR VE ANALİZ

Bu çalışmada, fandan çıkan havanın, difüzörün fan çıkış kesitine göre farklı montaj konumlarında bulunmasının akışa etkisi incelenmiştir. Fandan çıkan homojen olmayan havanın, difüzör kullanarak boş hücre içerisine homojen bir şekilde genişletilmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışmalarda KSÜ Makine Mühendisliği bölümünde bulunan deney düzeneği kullanılmıştır. Sayısal çalışmalar için kullanılan giriş parametreleri yapılan deneylere göre seçilmiştir. Sayısal çalışmaların sonuçlarının doğruluğu deneysel çalışmalarla karşılaştırılarak sağlanmıştır. Literatürde benzer çalışmalarda olduğu gibi, [11,14] türbülans modeli olarak standart k- ϵ seçilmiştir. Türbülans modeli seçiminde diğer türbülans modelleri de aynı geometri üzerinde analiz edilmiş ve gerçek değerlere en yakın sonuçları standart k- ϵ modelinin verdiği görülmüştür. Ağ yapısını eleman boyutlarını değiştirerek gerçeğe daha yakın sonuçlar veren ağ yapısı belirlenmiş ve sayısal çalışmalarda kullanılmıştır.

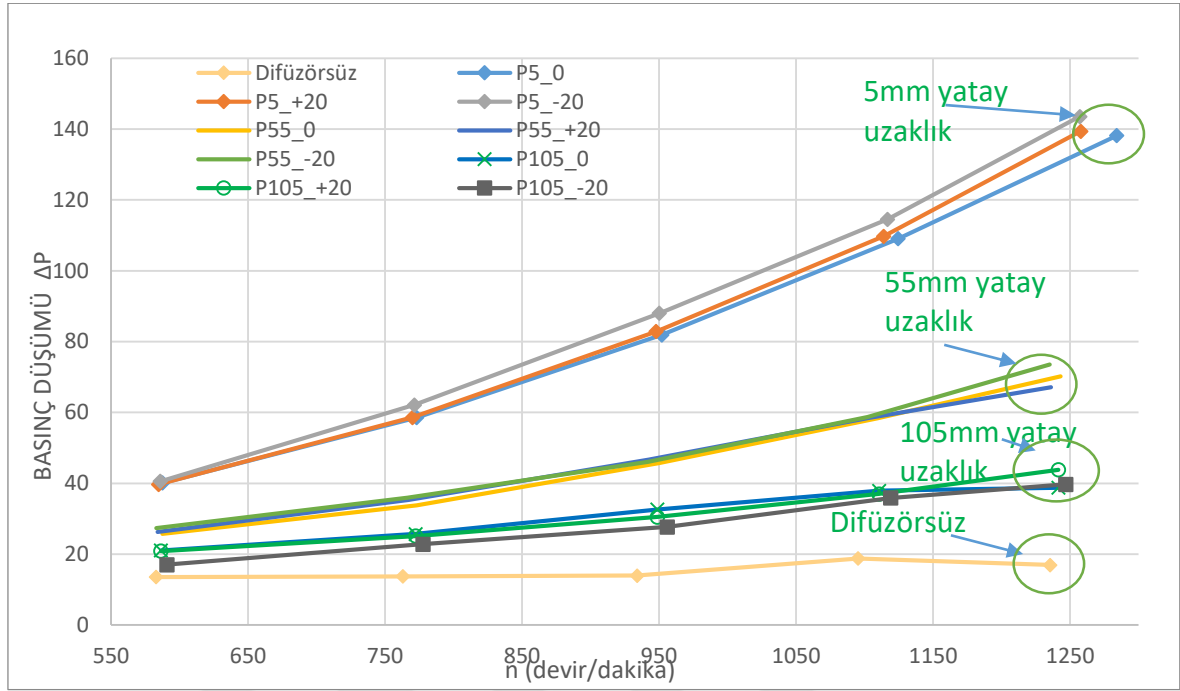
5.1. Deneysel Çalışma Sonuçları

Deneysel çalışmalarda, öncelikle boş hücrede difüzör kullanmadan oluşan basınç ve hız değerleri elde edilmiştir. Deneylerin ölçüm hatalarını gidererek sonuçların doğruluğunu artırmak için, deney düzeneğinin kontrol ünitesinde bulunan bilgisayar bağlantısıyla sonuçlar bilgisayar ortamına aktarılmış ve belirli zaman aralıklarıyla her fan devri değeri için 50 sonuç kaydedilmiş ve sonuçların ortalaması alınarak değerlendirilmiştir. Böylece deneyde oluşabilecek ölçüm hatalarının önüne geçilmeye çalışılmıştır. Deneysel çalışmalarda 5 farklı fan devri kullanılarak sonuçları kaydedilmiştir. Böylelikle fan devrinin akış üzerinde ki etkileri incelenmiştir. V profilili delikli difüzör, düz ve piramit anemostat tip difüzörler boş hücre içerisine belirlenen konumlara yerleştirilerek 5 farklı fan devrinde, belirli zaman aralıklarıyla 50'şer sonuç kaydedilmiştir. Her konumda 5 farklı fan devri değeri için sonuçlar kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.27 den Şekil 5.32'e kadar grafikler halinde verilmiştir.



Şekil 5.27 Düz anemostat difüzörün boş hücredeki konumunun basınç düşümüne etkisi

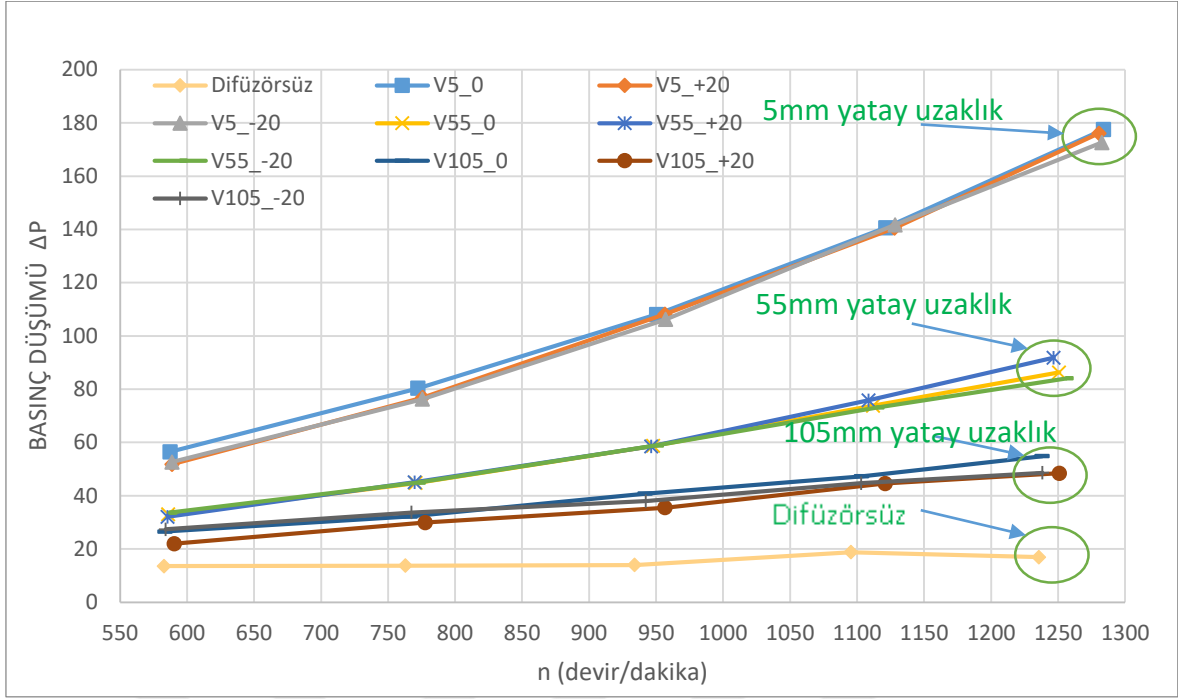
Deneysel çalışmalarda her difüzör tipi için, difüzörler merkeze, merkezden yukarı-aşağı (+20,-20mm) montaj konumlarına ve merkezden ileri (5,55,105mm) uzaklıklara konumlandırılmıştır. Düz anemostat tip difüzörde, farklı difüzör montaj konumları için elde edilen deneysel sonuçlar Şekli 5.27’de verilmiştir. Devir sayısı arttıkça, basınç düşümü değeri de artmıştır. Düşey montaj konumlarının, basınç düşümü üzerinde azda olsa etki ettiği görülmektedir. Düz anemostat difüzör kullanılarak yapılan çalışmalarda en az basınç düşümünü 105mm ileri ve +20 yukarı konumda ölçülmüştür. En fazla basınç düşümü ise 5mm ileri ve -20mm aşağı konumda ölçülmüştür.



Şekil 5.28 Piramit tip anemostat difüzörün boş hücredeki konumunun basınç düşümüne etkisi

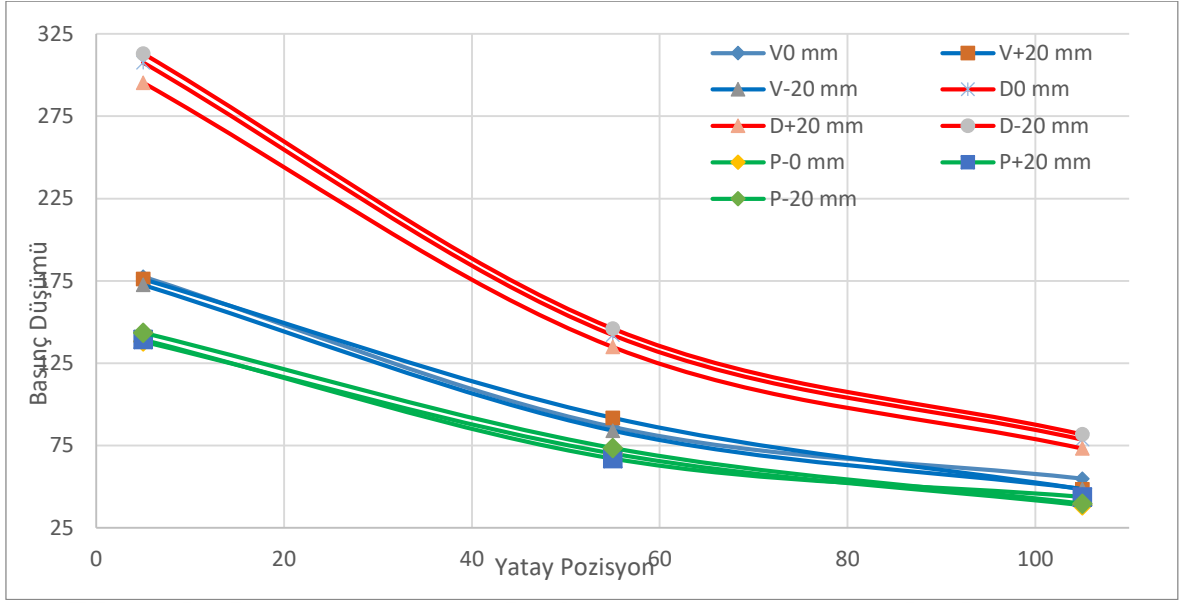
Şekil 5.28’de, piramit tip anemostat difüzörün, fan çıkış kesit merkezinden yukarı (+20mm), aşağı (-20mm) yönde ve yatayla farklı uzaklıklara (5,55,105 mm) konumlandırılmasının basınç düşümüne etkisi gösterilmiştir. Boş hücre içinde difüzör kullanılmadığı durumda basınç düşümü oldukça düşüktür ancak akışın homojen dağılımı için boş hücre boyutunun uzatılması gerekmektedir. Boş hücre boyutunun küçültülmesi hedeflendiğinden difüzörler kullanılmaktadır.

Şekil 5.28 incelendiğinde, difüzör yatay konumda uzaklaştırıldıkça, akışa karşı gösterdiği direnç azaldığından, basınç düşümü de azalmaktadır. Difüzörün aşağı-yukarı yönlü, düşey hareketlerinin, akış üzerinde az da olsa etki gösterdiği belirlenmiştir.



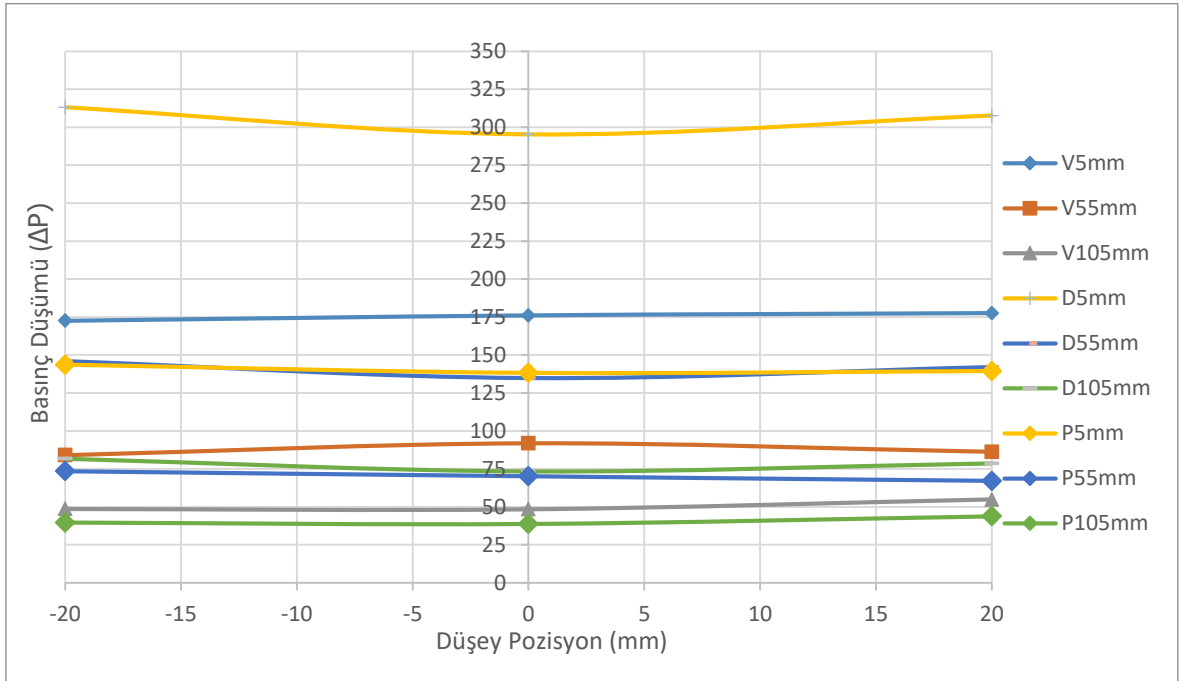
Şekil 5.29 V profilili delikli difüzörün boş hücredeki konumunun basınç düşümüne etkisi

V profilili delikli difüzör için yapılan deneysel sonuçlar Şekil 5.29’da verilmiştir. Deneysel çalışmada V profilili delikli difüzör için merkez, merkezden yukarı-aşağı (+20mm,-20mm) ve merkezden ileri (5,55,105mm) uzaklıklar kullanılmıştır. Devir sayısı arttıkça, basınç düşümü değeri de artmıştır. Düşey montaj konumlarının, diğer difüzör tiplerinde olduğu gibi basınç düşümü üzerinde etkisinin az olduğu belirlenmiştir. V profilili delikli difüzör kullanılarak yapılan çalışmalarda en az basınç düşümünü 105mm ileri ve +20 yukarı konumda ölçülmüştür. En fazla basınç düşümü ise 5mm ileri ve 0mm aşağı konumda ölçülmüştür.



Şekil 5.30 Difüzörlerin ileri (yatay) konumlarının basınç düşümüne etkisi

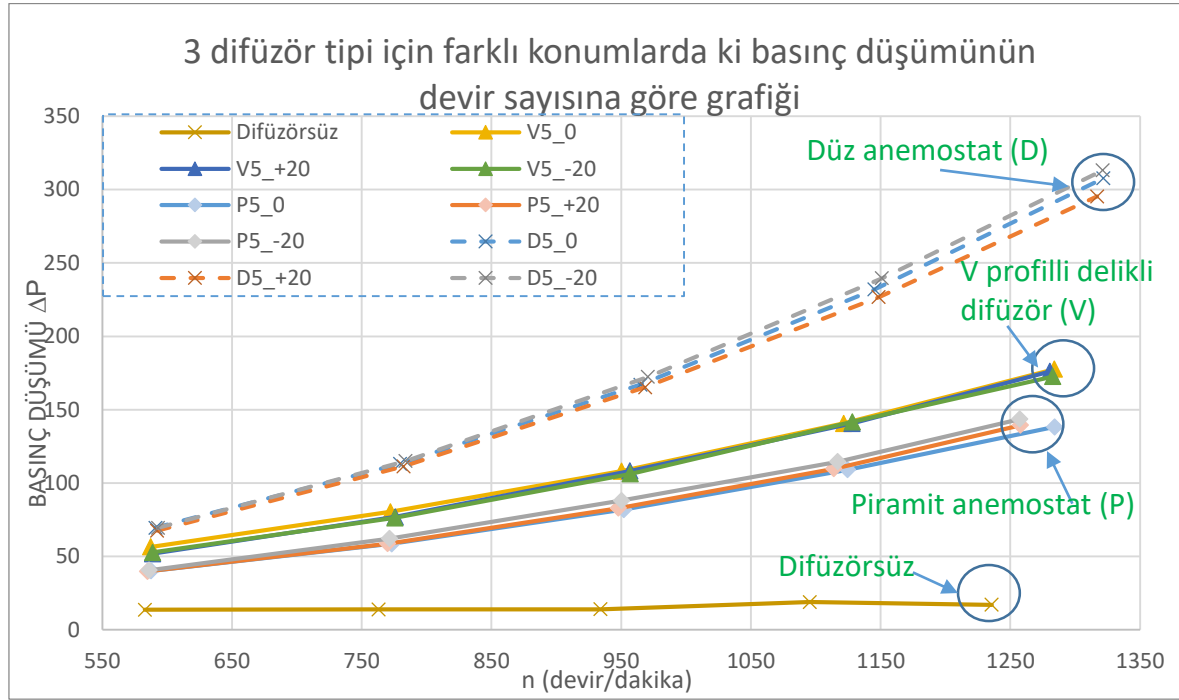
Şekil 5.30'te her düşey konum için yatay konumun basınç düşümüne etkisi gösterilmektedir. Fan çıkış kesitinden uzaklaştıkça, difüzörlerin akışa karşı gösterdiği direnç azaldığından, basınç düşümü değeri de azalmaktadır. En az basınç düşümü değerleri Piramit tip anemostat difüzörde gerçekleşmektedir.



Şekil 5.31 Bütün difüzörlerin boş hücredeki düşey konuma göre basınç düşümüne etkisi

Difüzörlerin merkeze (0), merkezden 20mm aşağı ve yukarı yönde konumlandırılmasının basınç düşümüne etkisi Şekil 5.31’de gösterilmiştir. Difüzörlerin yukarı aşağı yönlü düşey hareketinin basınç düşümü üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir.

Yapılan deneysel çalışmalarda basınç düşümü değerine önemli etkinin, fan çıkış kesitinden uzaklık olduğu, düşey konumun basınç düşümü üzerinde önemli etki göstermediği belirlenmiştir.



Şekil 5.32 Difüzör tipleri ve konumlandırmanın basınç düşümüne etkisi

Deneysel çalışmalarda elde edilen bütün difüzörlerin 5mm ileri konumda oluşturduğu basınç düşümü değerleri Şekil 5.32’de gösterilmiştir. Tüm difüzör tipleri için devir sayısı arttıkça, difüzör üzerine gelen hava debisi arttığından difüzörün gösterdiği direnç artmış, bu artış basınç düşümü değerini yükseltmiştir. Difüzörlerin, fan çıkış kesitinden yukarı ve aşağı yönlü hareketlerinin basınç düşümü üzerinde az da olsa etki gösterdiği belirlenmiştir. Kullanılan üç farklı difüzör tipinde en az basınç düşümü değerini piramit tip anemostat difüzörün sağladığı belirlenmiştir. Difüzör kullanılmadan yapılan deneysel çalışmada basınç düşümünün oldukça az olduğu belirlenmiş fakat ölçüm hücrelerin farklı noktalarındaki problemlerden alınan değerlere göre akışın homojen bir dağılım göstermediği belirlenmiştir.

Basınç düşümü değeri olarak “Giriş Ölçüm” hücresinden ölçülen basıncının, boş hücrenin içerisinde bulunan “Çıkış Ölçüm” hücresinden alınan basınç değerlerinin farkı alınarak belirlenmiştir. Her deney için 5 farklı devir sayısı kullanılarak, devir sayısına göre basınç düşümü değeri elde edilmiştir.

Çizelge 5.3 Deneylerde farklı konumlar için ölçülen basınç düşümü değerleri

Yatay Konum	Düşey Konum	$\Delta P(P_g-P_c)$ Pa
5mm	0mm	138,2
5mm	20mm	139,38
5mm	-20mm	143,57
55mm	0mm	70,2
55mm	20mm	67,14
55mm	-20mm	73,53
105mm	0mm	38,79
105mm	20mm	43,83
105mm	-20mm	39,72

Çizelge 5.3.'de Piramit tip anemostat difüzörün, 1250 d/d fan devri için dokuz farklı difüzör montaj konumunda oluşan basınç düşümü değerleri verilmiştir. En az basınç düşümü 105mm yatay ve 0mm merkez konumda ölçülürken en fazla basınç düşümü 5 mm yatay - 20mm düşey konumda ölçülmüştür.

Yüksek basınç düşümü değerleri klima santrallerinde istenmeyen bir özelliktir. Boş hücrede yüksek basınç düşümü değeriyle genişleyen hava, klima santralinin diğer elemanlarına istenilen hızda ve basınçta temas etmeyeceği için klima santralinin verimi düşmektedir. Verimi artırmak için motor gücü artırılması gibi önlemler alınması gerekmektedir. Bu önlemlerde enerji tüketimini artırmaktadır.

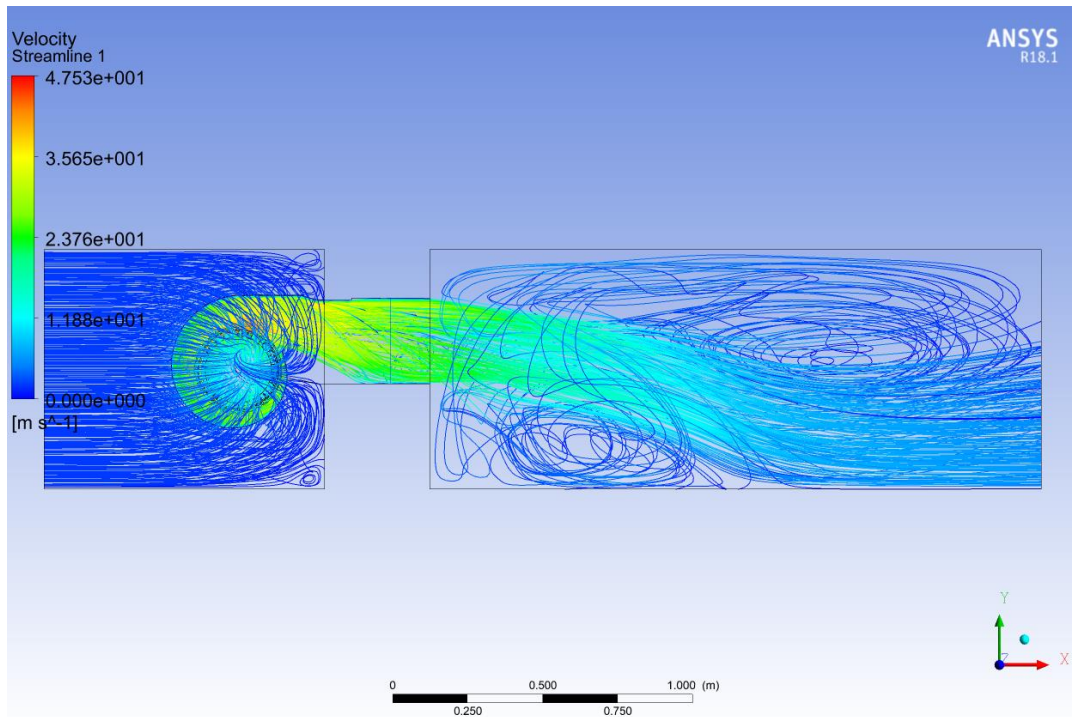
Deneyssel çalışmalarla piramit tip anemostat difüzör için, en iyi sonuçları yatayda fan çıkış kesitinden 105mm uzakta ve düşeyde 0 mm konumunda gerçekleştiği görülmektedir. En fazla basınç düşümü değerinin ise yatayda 5mm ve düşeyde -20 mm konumunda gerçekleştiği belirlenmiştir.

Deneyssel çalışmalar basınç düşümü hakkında önemli bilgiler vermektedir fakat akışın boş hücre içerisindeki dağılımı hakkında bilgi vermekte yetersiz kalmaktadır. Akış çizgilerini ve karakteristiğini belirlemekte sayısal çalışmaların yapılmasının gerekliliği açıkça görülmektedir.

5.2. Sayısal Çalışma Sonuçları

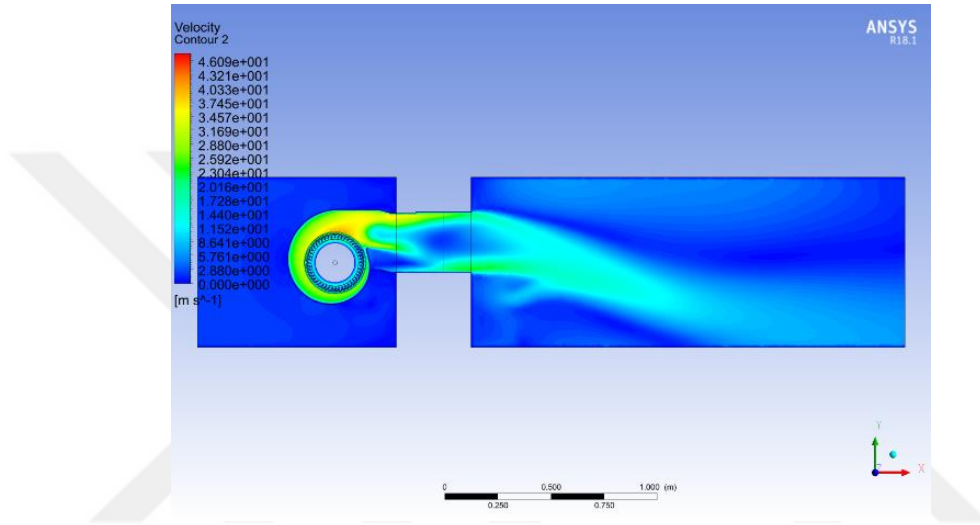
Sayısal çalışmalarda deneylerde kullanılan giriş değerleri ve ortam şartları kullanılmıştır. Giriş ve çıkışlar da pressure inlet-outlet (basınç girişi-çıkışı) sınır şartları tanımlanarak, basınç değeri olarak her iki sınıra da 0 Pa olarak girilmiştir. Deney düzeneğinde kullanılan fan kanatları Solidworks programında birebir modellenerek kullanılmıştır. Böylece deney şartları sayısal modelde aynı şekilde sağlanarak gerçeğe daha yakın bir sayısal çalışma gerçekleştirilmiştir. Hava girişi fana verilen devir sayısı ile oluşan emiş kuvvetinin etkisiyle gerçekleşmektedir.

Literatürde rastlanan klima santrali ile ilgili çalışmalarda fan kanatlarının sayısal çalışmalarda kullanılmadığı, bunun yerine fan çıkış kesitine “velocity-inlet” sınır şartı tanımlanarak, boş hücre içerisine homojen ve çıkış kesitine dik doğrultuda akış girişi sağlandığı görülmüştür. Fanın karakteristiğinden ve dönme etkisinden dolayı fan çıkışından gelen havanın homojen bir akış sergilemediği ve akışın fan çıkış kesitine dik doğrultuda olmadığı deneysel ve sayısal çalışmalarda belirlenmiştir. Hava fan çıkış kesitinin üst kısımlarında daha hızlı gerçekleşirken kesitinin alt kısımlarına doğru hız azalmaktadır. Şekil 5.33’da difüzör kullanmadan yapılan sayısal çalışmanın akış çizgileri görüntüsü verilmiştir.

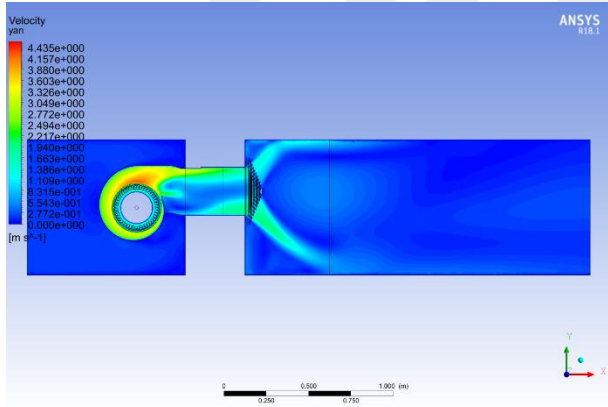


Şekil 5.33 Boş hücre içerisinde difüzör kullanmadan gerçekleştirilen sayısal çalışmanın akış çizgileri

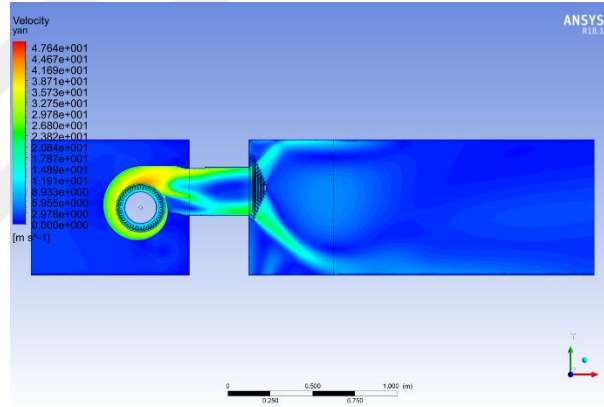
Şekil 5.33’da görüldüğü gibi fan çıkış kanalında üst bölgelerde hız fazla olurken alt bölgelerde daha düşüktür. Fan karakteristiğinin akış üzerindeki etkisi bu çalışmada görülmektedir. Fan çıkış kesitinden sonra aşağı yönlü hava hareketi olduğu ve boş hücrenin üst kesimlerinde havanın nispeten hareketsiz kaldığı belirlenmiştir. Havanın klima boş hücre kesitine homojen dağılımının olabilmesi için, boş hücre uzunluğunun oldukça fazla olacağı düşünülmektedir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında boş hücre içerisinde difüzör kullanımının önemi açıkça görülmektedir.



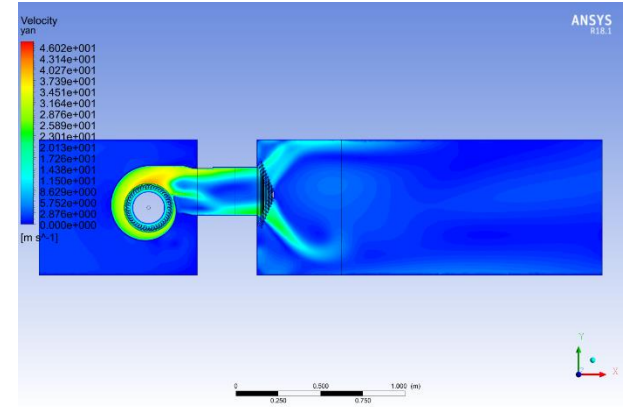
Şekil 5.34 Difüzör kullanılmadan yapılan sayısal çalışmanın akış görüntüsü



(a)

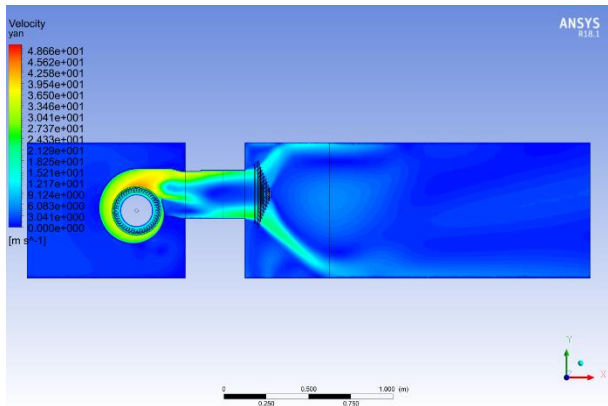


(b)

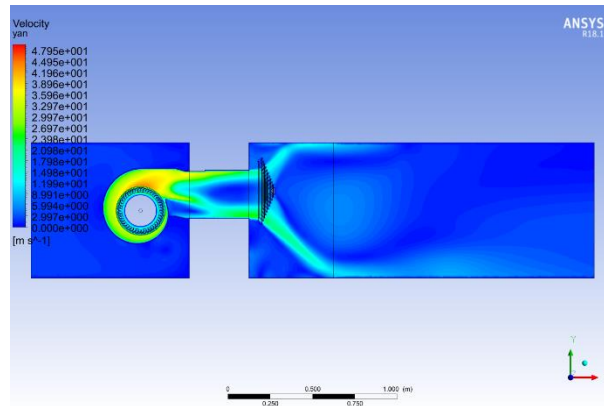


(c)

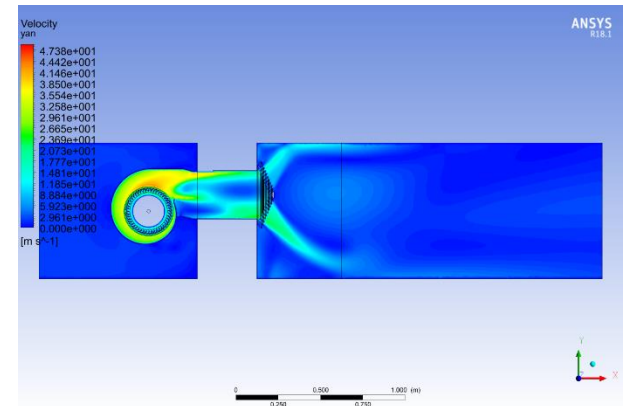
Şekil 5.35 Yatayda 5mm ileri konumda montajı yapılan difüzörlerin akış analizi (a) Merkezde (b) Merkezden 20mm yukarıda (c) Merkezden -20mm aşağıda



(a)

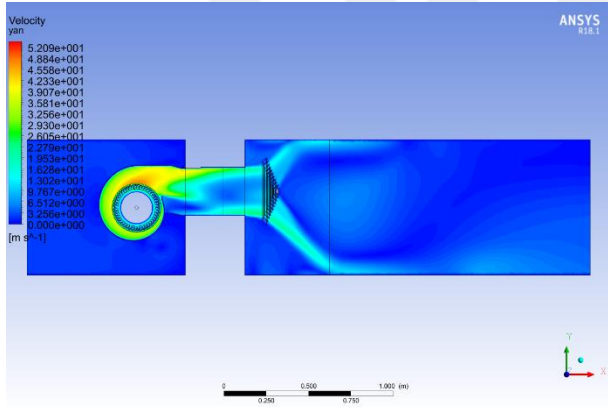


(b)

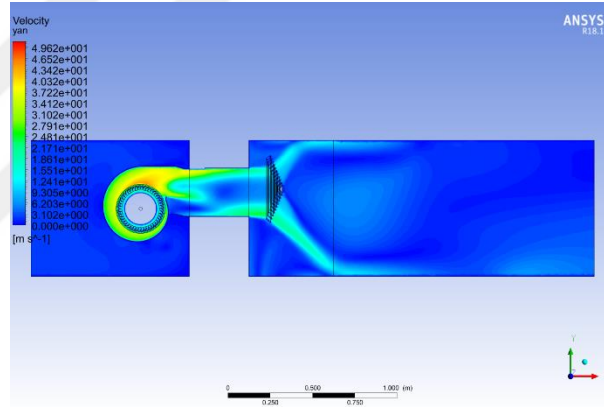


(c)

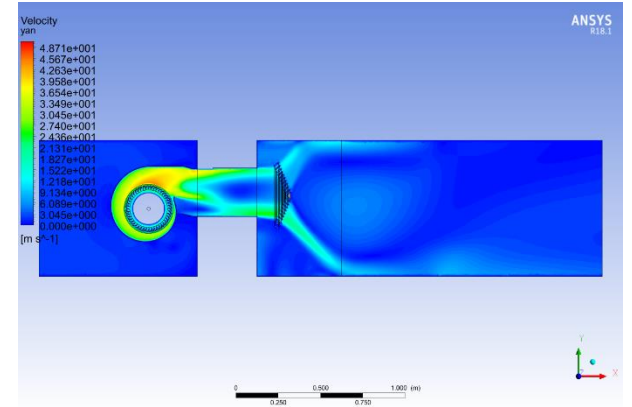
Şekil 5.36Yatayda 55mm ileri konumda montajı yapılan difüzörlerin akış analizi (a) Merkezde (b) Merkezden 20mm yukarıda (c) Merkezden -20mm aşağıda



(a)



(b)



(c)

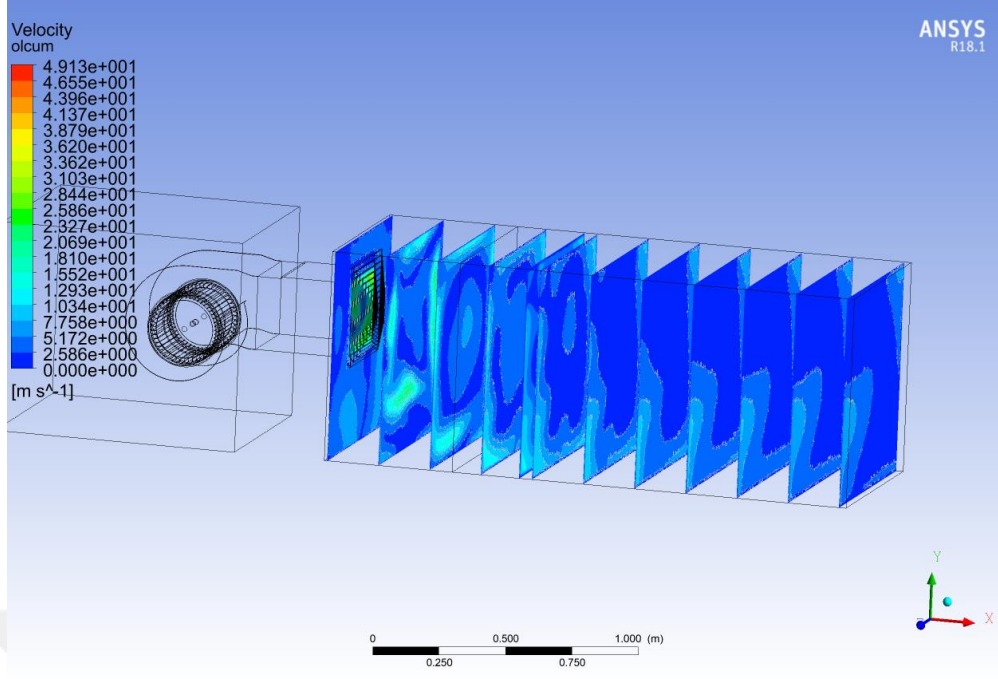
Şekil 5.37 Yatayda 105mm ileri konumda montajı yapılan difüzörlerin akış analizi (a) Merkezde (b) Merkezden 20mm yukarıda (c) Merkezden -20mm aşağıda

Şekil 5.34’de havanın radyal fan karakteristiğinden dolayı aşağı doğru yığılma gösterdiği görülmektedir. Şekil 5.35’den Şekil 5.37’ye kadar olan hız dağılımlarında 9 farklı difüzör montaj konumu için hız dağılımları verilmiştir. Fandan çıkan aşağı yönlü hava difüzör etkisiyle boş hücre içerisinde daha homojen dağılım göstermektedir.

Çizelge 5.4 Akış dağılımının homojene yaklaştığı fan çıkış kesitinden oluşan uzaklıkların karşılaştırılması

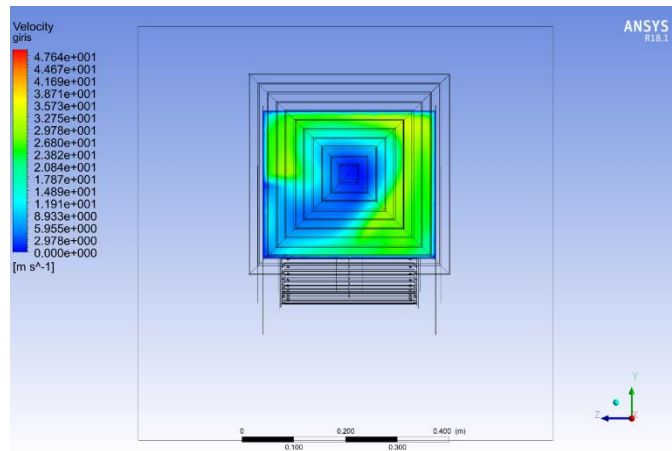
FAN ÇIKIŞ KESİTİNDE GÖRE AKIŞIN HOMOJENE YAKLAŞTIĞI KESİTLERİN UZAKLIKLARI		
Aşağı-Yukarı Konum	İleri Konum	Fan çıkış kesitinden uzaklık
0	5	1050mm
20	5	750mm
-20	5	800mm
0	55	850mm
20	55	800mm
-20	55	800mm
0	105	850mm
20	105	850mm
-20	105	850mm
Difüzörsüz boş hücre uzunluğu		2000 mm

Çizelge 5.4.’te dokuz farklı difüzör konumu için, fan çıkış kesitinden ne kadar uzaklıkta akış dağılımının homojene yaklaştığı gösterilmiştir. Akışın, piramit anemostat tip difüzörlü boş hücre içinde en kısa mesafede homojene yakın dağılım gösterdiği difüzör montaj konumunun, merkezden 20mm yukarı yönde ve 5mm ileri konumda olduğu belirlenmiştir.

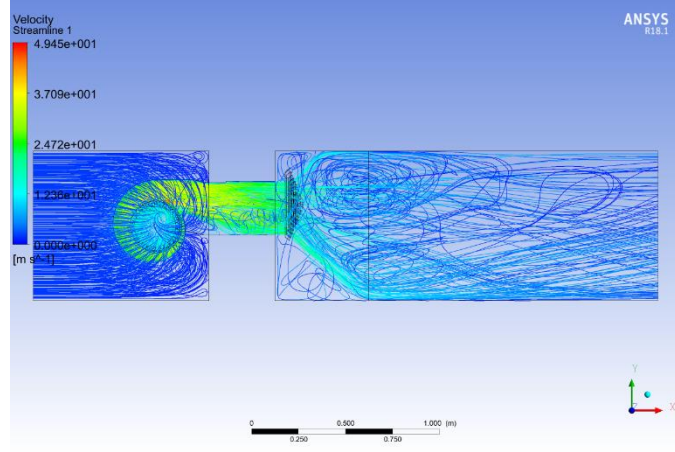


Şekil 5.38. Yatay konumlara göre hız dağılımları

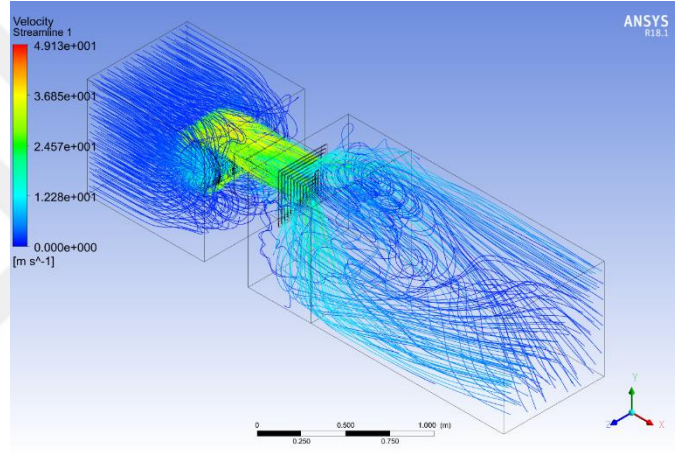
Tüm difüzör montaj konumları için yapılan incelemelerde; en iyi hız dağılımını, en kısa boş hücre mesafesinde, düşeyde +20mm ve fan çıkış kesitinden 5mm uzaklıktaki difüzör konumunda olduğu görülmektedir. Şekil 5.2.38’de görüldüğü gibi fan çıkış kesitinden ileri doğru hız dağılımları elde edilmiş ve hız dağılım grafiğinde farklı bölgeler arasındaki hız farkının en aza indiği, fan çıkış kesitinden olan uzaklık belirlenmiştir. Belirlenen bu konuma ait diğer akış çizgileri ve hız dağılımları Şekil 5.39’te verilmiştir.



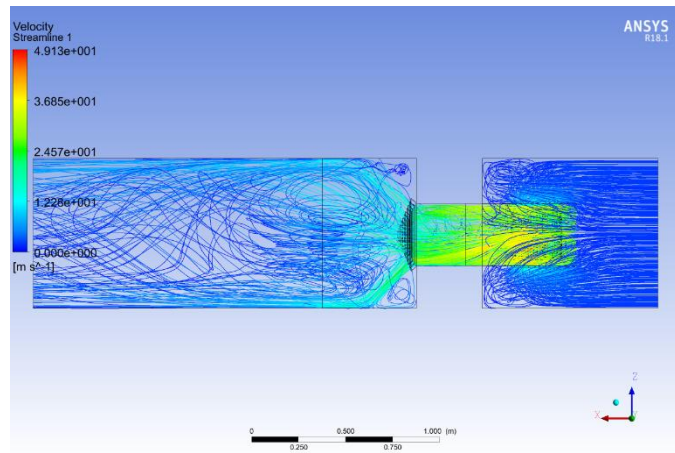
(a) Fan çıkış kesiti hız dağılımı



(b) Akış çizgileri yan görünüşü



(c) Akış çizgileri izometrik görünüşü



(d) Akış çizgileri üst görünüşü

Şekil 5.39. Difüzörün 5mm yatay +20mm düşey konumundaki akış ve hız dağılımları

Şekil 5.39.'de sayısal çalışmalarda, homojene yakın hız dağılımını en kısa mesafede veren difüzör montaj konumu için hız dağılımı ve akış çizgileri verilmiştir. Fanın, hücre içerisinde oluşturduğu akış, fan karakteristiğinden dolayı bölgesel farklılıklar göstermekte ve türbülanslı bir akış sergilemektedir. Bu sayısal sonuçlar deneysel ölçümlerle uygunluk göstermektedir. Giriş ve çıkış ölçüm hücrelerinin içerisinde bulunan problemlerden alınan hız değerleri akışın gerçekte de homojen olmadığı, fan karakteristiğinden dolayı akışın farklı yönlerde farklı hızlarla akış gösterdiği belirlenmiştir. Difüzörün etkisiyle, akış çizgilerinde oluşan düzgünleşme, akışın daha kısa mesafede boş hücre kesitine genişleyerek homojene yakın bir dağılım sergilediği görülmektedir.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, klima santrali için tasarlanan ve boş hücrede kullanılan bazı difüzörlerin basınç düşümüne etkisi deneysel olarak çalışılmış, en iyi sonucu veren piramit tip anemostat difüzörün akışa etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalar KSÜ Makine Mühendisliği bölümünde bulunan deney düzeneğinde yapılmıştır. Sayısal çalışmalar için, kullanılan deney düzeneği Solidworks programında modellenmiştir. Modellenen geometri HAD (Hesaplamalı akışkanlar dinamiği) yazılımı olan ANSYS paket programına tanıtılarak akış analizleri Fluent modülünde gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

1. Difüzörlerin boş hücredeki farklı konumları için, fan devrinin artmasıyla basınç düşümü artmıştır.
2. Difüzörlerin yatayda konum değeri arttıkça (fan çıkış kesitinde uzaklaştıkça) basınç düşümü azalmıştır.
3. Bütün difüzörlerin düşeyde aşağı-yukarı yönlü hareketi basınç düşümü üzerinde önemli bir etki göstermemiştir
4. Deneysel çalışmalarda, boş hücrede en düşük basınç düşümünün piramit tip anemostat difüzör kullanılmasıyla oluştuğu belirlenmiştir.
5. Piramit anemostat tip difüzörün boş hücre içindeki konumu ayrıca sayısal olarak incelenmiş ve akışın homojene yakın dağılım sergilediği “difüzör montaj konumu” belirlenmiştir. Buna göre, difüzörün boş hücrede, merkezden 20mm yukarıya ve 5mm ileriye konumlandırılması uygun olarak görülmüştür.

6.2. Öneriler

1. İmalat sırasında basınç düşümü değeri dolayısıyla daha küçük motor gücü seçimi önemliyse 105mm yatay 0 mm düşey konuma difüzör montajı gerçekleştirilebilir.
2. Daha küçük boş hücre boyutları imalat sırasında önemli bir kriter oluşturuyor ise 5mm yatay +20 mm düşey konuma difüzör montajı gerçekleştirilebilir.
3. İki değer birlikte etkili olduğu durumlarda optimum konum değeri tez çalışmasında ki sonuç değerleri göz önüne alınarak değerlendirilebilir.

4. Difüzör tasarımında akış çizgileri belirlenerek uygun difüzör konumu belirlendikten sonra akışa uygun kanat açıları belirlenerek daha etkin bir difüzör tasarımı yapılabilir.
5. Boş hücre girişi, akışa uyumlu olarak konik veya piramit olarak imal edilerek kütlesi azaltılabilir ve akışa olumlu etkileri değerlendirilebilir.
6. Farklı konumlarda yapılan ölçümler akustik açıdan değerlendirilerek gürültü durumu incelenebilir.



KAYNAKLAR

- [1] İklimlendirmede enerji tasarrufu tedbirleri, URL (erişim tarihi: 01.05.2019) http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/75b0868c3d1a72d_ek.pdf?tipi=&turu=&su be=3
- [2] Klima santralinde kullanılan fanlar, URL (erişim tarihi 21.05.2019) <http://www.klimasantrali.com/klima-santrali/25-Fanlar.html>
- [3] Kamer M. S.,2014, Şebeke suyu kesilmesi durumunda açık unutulmuş vanalardan olan su kaybının engellenmesi yöntemi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 102s.
- [4] Filtreler, URL (erişim tarihi 21.05.2019) <https://www.tesisatmarket.com/urunler/camfil-den-opakfil-es-kompakt-filtre-ve-cam-elyaf-medyalı-hi-flo-ii-torba-filtre>
- [5] Serpantinler, URL (erişim tarihi:21.05.2019) <http://www.planersogutma.com/bataryalar.html>
- [6] Bulut H., Klima, URL (Erişim:21.05.2019), <http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/Klima.pdf>
- [7] Kaya, A., Kamer M.S., Sönmez K., Vakkasoğlu A.V., “Klima Santrallerindeki boş hücreler için tasarlanan bir anemostat tip difüzörün akış analizi”, IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu, Trakya Üniversitesi, 18-20 Nisan 2018, 1266s.
- [8] Vakkasoğlu, A.V., Kamer, M.S., Kaya, A., “Klima Santrallerindeki Boş Hücreler İçin Tasarlanan Bazı Difüzörlerin Oluşturduğu Basınç Düşümünün Deneysel Olarak İncelenmesi”, Uluslararası Faydalı Mühendislik Teknolojileri Sempozyumu, Kahramanmaraş, 2-4 Mayıs 2019
- [9] HAD Hesaplamalı akışkanlar dinamiği, URL (erişim:03.06.2019) http://www.desica.com.tr/cfd_nedir.html
- [10] Bağcı, M., 1998, Teknik Resim, Birsen Yayınevi Limited Şirketi, ISBN: 975-511-128 X, İstanbul, 286s.
- [11] Taçgün E.,2016, Klima santrallerinde kullanılan V profil delikli difüzörlü hücrenin akış performansının sayısal ve deneysel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Malatya. 93s
- [12] Şimşek, O., 2011,, Eğrisel Geniş Başlıklı Savak Üzerinden Geçen Açık Kanal Akımının Deneysel ve Teorik Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 109s.
- [13] Şahin, B., Ward-Smith A.J., The pressure distribution in and flow characteristics of wide-angle diffusers using perforated plates for flow control with application to electrostatic precipitators, International Journal of Mechanical Science, 35, pp. 117-127, (1993).

- [14] Sönmez, K., 2017, Klima santrallerindeki boş hücreler için tasarlanan kesik koni profilli delikli difüzörün akışa ve basınç düşümüne etkisinin sayısal olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 68s
- [15] Ansys Fluent Akış Modelleme Yazılımı, (t.y.), Figes Anonim Şirketi, URL (Erişim tarihi: 09.04.2019), <http://www.figes.com.tr/ansys/fluent.php>
- [16] Ansys Nedir, (t.y.), Figes Anonim Şirketi, URL (Erişim tarihi: 09.04.2019) <http://www.figes.com.tr/ansys/ansys-nedir.php>
- [17] Klima santrali donanımları URL (erişim tarihi:09.04.2019) <https://klimatamircisi.com.tr/klima/santral-ekipmanlari/>
- [18] Anıl O.B., Mobedi M., Özerdem M. B., Hastane hijyenik ortamlarının klima ve havalandırma sistemleri, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, TMMOB, 513-525, (2007)
- [19] Klima Santralleri, URL (erişim tarihi 09.04.2019) <http://www.seveniklimlendirme.com.tr/klima-santrali>
- [20] Anıl O.B., Mobedi M., Özerdem M. B., Hastane hijyenik ortamlarının klima ve havalandırma sistemleri, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, TMMOB, 513-525, (2007)
- [21] Şahin, B., Ward-Smith A.J., The use of perforated plates to control the flow emerging from a wide-angle diffuser, with application to electrostatic precipitator design, Heat and Mass Transfer, 8, pp. 124-131, (1987).
- [22] Şahin, B. Pressure losses in an isolated perforated plate and jets emerging from the perforated plate, International Journal of Mechanical Science, 31, pp. 51-61, (1989).
- [23] İklimlendirme sistemlerinin sınıflandırılması, URL erişim (17.06.2019) <https://www.tesisat.org/klima-santrali-nedir-klima-santrali-sistemleri.html>
- [24] Baser, A. İklimlendirme sistemlerinde enerji taşıma yöntemlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya. (2006)
- [25] Sık kanatlı fanlar, URL (erişim terihi:17.06.2019) <https://www.havalandirma.com.tr/radyal-fan-sik-kanatli.html>
- [26] Seyrek kanatlı fanlar, URL (erişim tarihi:27.06.2019) <https://fanbak.com/BSK-Cift-Emisli-Seyrek-Kanatli-Radyal-Fan.php>
- [27] Plug fanlar, URL (erişim tarihi: 17.06.2019) <https://www.munters.com/tr/specific-pages/uk/plugfanupgrade/>

- [28] Difüzör nedir, Anonim, URL (erişim tarihi:17.06.2019), <https://www.nedir.com/difuzor>
- [29]Türbülanslı difüzör, Teknikar menfez, URL (erişim tarihi 17.06.2019) <http://www.menfezair.com/menfezdetay-90-turbulans-difuzor>
- [30] Dört yönlü difüzör, MKS menfez, URL (erişim tarihi: 17.06.2019) <https://www.mksmenfez.com/urun/dort-yonlu-swirl-difuzor-sd-dy>
- [31] Lineer slot difüzör, Kes Klima, URL (erişim tarihi: 17.06.2019) <http://www.kesklima.com/urunler/difuzorler/29-CHA-slot-difuzor>
- [32] Swrill difüzör, HTK Klima, URL (erişim tarihi: 17.06.2019) <https://htkklima.com/urun-detay/swril-difuzor-hswd/>
- [33] Konfor Difüzör, Birlik menfez, URL (erişim tarihi: 17.06.2019) <http://www.birlikmenfez.com/makina.asp?id=28>
- [34] Ses Absorberi (susturucu) ES-KON havalandırma sistemleri, URL (erişim tarihi: 17.06.2019) <http://www.es-kon.com/urunayrinti.aspx?Rf=1202&d=tr>
- [35] Dişli, E., Temiz Oda İklimlendirme Sistemi Tasarımına Etki Eden Parametrelerin Teorik Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 94s.
- [36] Bayramgil, V., Bayrak, S., Yükselen, M.A., Erim, M. Z., “Experimental Investigation of A Diffuser For Cooling And Air Conditioning System”, 21st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, Victoria, AUSTRALIA, 13-18 Eylül 1998
- [37] Bulut, S., Ünveren, M., Arısoy, A., Böke, Y. E., “CFD Analiz Yöntemiyle Klima Santrallerinde İç Kayıpların Azaltılması”, T.M.M.O.B., X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, TÜRKİYE, pp. 291-326, 13-16 Nisan 2011.
- [38] Tanyol, İ., “Klima Santrallerinde Enerji Tasarrufu ve CFD Analizi İle İç Dirençlerin Azaltılması”, I. Ulusal İklimlendirme Soğutma Eğitimi Sempozyumu, Çağrılı Konuşma, Balıkesir, TÜRKİYE, 13-15 Eylül 2012.
- [39] Yiğit, Ş., Sungurlu, C., Çuhadaroglu, B., “HVAC Sistemlerinde Kullanılabilecek Yeni Tip Bir Difüzör İçin Performans İncelemesi”, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, TÜRKİYE, pp. 19-36, 17-20 Nisan 2013.
- [40] Erdoğan, A., Klima Santrallerinde Kullanılan Kare Kesik Piramit Delikli Difüzörlü Akışa Etkisinin Sayısal ve Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya, 89s
- [41] Özmen, Y., 2006, Farklı Çatı Tipleri ve Eğimlerindeki Binalar Üzerinde Rüzgar Etkilerinin Deneysel ve Teorik İncelenmesi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri – Enstitüsü. Trabzon, 191s

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, Soyadı :Ahmet Vakkas VAKKASOĞLU
Uyruğu :T.C.
Doğum tarihi ve yeri :05.09.1991 - KAHRAMANMARAŞ
Medeni hali :Bekâr
Telefon :0 (539) 469 29 19
E-posta :avakkasoglu@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	2019
Lisans	Kayser Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü	2015
Lise	Kahramanmaraş Kadriye Çalık Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-2012	Gemciler Güven Metal	Stajyer Mühendis
2012-2013	Kipaş Kağıt Sanayi	Stajyer Mühendis
2015-2016	Okçuerler Tekstil	Atölye ve AR-GE sorumlu Makine Mühendisi
2017-2019	Blt-Gökmar Asansör	Sorumlu Asansör Mühendisi
2019-Halen	Ede Asansör	Sorumlu Asansör Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Yayınlar

ULUSLARARASI BİLİMSEL TOPLANTILARDA SUNULAN VE BİLDİRİ KİTABINDA (PROCEEDINGS) BASILAN BİLDİRİLER

1. Kaya, A., Kamer, M.S., Sönmez, K., Vakkasoğlu, A.V., “Klima Santrallerindeki Boş Hücreler İçin Tasarlanan Bir Anemostat Tip Difüzörün Akış Analizi”, IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu, Trakya Üniversitesi pp. 1226-1277, Edirne Türkiye 18-20 Nisan 2018
2. Vakkasoğlu, A.V., Kamer, M.S., Kaya, A., “Klima Santrallerindeki Boş Hücreler İçin Tasarlanan Bazı Difüzörlerin Oluşturduğu Basınç Düşümünün DeneySEL Olarak İncelenmesi”, Uluslararası Faydalı Mühendislik Teknolojileri Sempozyumu, Kahramanmaraş, 2-4 Mayıs 2019

