



T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KLİMA SANTRALLERİNDEKİ BOŞ HÜCRELER  
İÇİN TASARLANAN KESİK KONİ PROFİLLİ  
DELİKLİ DİFÜZÖRÜN AKIŞA VE BASINÇ  
DÜŞÜMÜNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK  
İNCELENMESİ**

**KERİM SÖNMEZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2017**

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

**KLİMA SANTRALLERİNDEKİ BOŞ HÜCRELER  
İÇİN TASARLANAN KESİK KONİ PROFİLLİ  
DELİKLİ DİFÜZÖRÜN AKIŞA VE BASINÇ  
DÜŞÜMÜNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK  
İNCELENMESİ**

**KERİM SÖNMEZ**

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

**KAHRAMANMARAŞ 2017**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Kerim SÖNMEZ tarafından hazırlanan “KLİMA SANTRALLERİNDEKİ BOŞ HÜCRELER İÇİN TASARLANAN KESİK KONİ PROFİLLİ DELİKLİ DİFÜZÖRÜN AKIŞA VE BASINÇ DÜŞÜMÜNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 09/03/2017 tarihinde oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Ahmet KAYA (DANIŞMAN) .....

Makine Mühendisliği

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. İ. Gökhan Aksoy (ÜYE) .....

Makine Mühendisliği

İnönü Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Muharrem İMAL (ÜYE) .....

Makine Mühendisliği

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ .....

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.

Kerim SÖNMEZ

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.

**KLİMA SANTRALLERİNDEKİ BOŞ HÜCRELER İÇİN TASARLANAN KESİK  
KONİ PROFİLLİ DELİKLİ DİFÜZÖRÜN AKIŞA VE BASINÇ DÜŞÜMÜNE  
ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ  
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**KERİM SÖNMEZ**

**ÖZET**

Klima santrallerinin içinde hareket eden hava, santrallerin yapılarından dolayı sistem bileşenleriyle temas etmektedir. Klima santrallerinin verimli çalışması için klima santralindeki fan hücrelerinden geçen havanın santral elemanları ile buluşmadan önce homojen akışa ulaşması gerekmektedir. Fan hücrendeki havanın çıkış boyutları hava kanalına göre küçüktür. Küçük bir kesitten büyük kesite çıkan havayı yaymak için fan hücresi çıkış bölgesinin önünde delikli difüzörler kullanılmaktadır. Ayrıca havanın santral bileşenleriyle teması basınç kaybı oluşturmaktadır. Basınç kayıplarının yüksek olması daha büyük güçte motor seçimi gerektirmektedir.

Bu çalışmada, klima santrallerindeki boş hücrede akışı homojen dağıtmak için farklı delik geometrilerine sahip kesik koni profilli difüzör tasarlanmış ve akış analizi sayısal olarak yapılmıştır. Difüzörün hava çıkış bölgesinin önüne konulduğunda havanın yayılma özellikleri ve basınç kayıpları farklı delik geometrisi, farklı difüzör geometrisi ve farklı difüzör koniklik açısı için incelenmiştir. Sayısal çalışmalarda Ansys-Fluent programı kullanılmıştır. Ayrıca optimum geometri parametrelerini elde etmek için Taguchi optimizasyon yöntemi uygulanmıştır.

Delik geometrisinin, silindir ve altıgen olduğu durumlarda kare delik geometrisine göre basınç düşümünün daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dışbükey kesik koni profilli difüzörde en yüksek basınç düşümü, içbükey kesik koni profilli difüzörde ise en düşük basınç düşümü elde edilmiştir. Ayrıca koniklik açısının arttığı tüm difüzör geometrilerinde basınç kayıplarının da arttığı görülmüştür. Taguchi optimizasyon yöntemi ile optimum difüzör yapısı belirlenmiş, en düşük basınç düşümünü ve homojen dağılma özelliği gösteren difüzörün 60° koniklik açısına sahip kare delik geometri ile içbükey kesik koni profil olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Klima santrali, Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD), Fan, Delikli difüzör, Taguchi Optimizasyonu, Basınç kaybı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Şubat / 2017

Danışman: Doç. Dr. Ahmet KAYA  
Sayfa Sayısı: 53

**A NUMERICAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFUSION FLOW  
AND PRESSURE REDUCTION OF PERFORATED CUTTING CONE PROFILE  
DIFFUSER DESIGNED FOR EMPTY CELLS IN AIR HANDLING UNITS**

**(M.Sc. THESIS)**

**KERİM SÖNMEZ**

**ABSTRACT**

The air moving in air-handling units is in contact with system component due to the construction of the system. For the efficient operation air-handling units, the air passing through the fan cell in the air handling unit must reach the homogeneous flow before meeting with the power plant components. The air outlet size on the fan cell is smaller than the air duct. Perforated diffusers used in front of air outlet area of the fan cell to distribute the air from large section to a small section. It also creates pressure loss associated with the central component of the air. Higher-pressure losses require greater engine selection.

In this study, empty air conditioning fan cell with cut cone profile with different hole geometry have used. When the diffuser placed in front of outlet section of fan cell, the air diffusivity characteristic and pressure losses are numerically investigated for different hole geometry, different diffuser geometry and different diffuser angle. The Ansys-Fluent program was used in numerical studies. Taguchi optimization method also has been applied to obtain optimum geometry parameters.

It has been found that when the hole geometry is square, cylinder and hexagonal, the pressure drop is the lowest the square hole geometry. The lowest pressure drop in the convex truncated cone profile diffuser and the highest pressure drop in the concave truncated cone profiled diffuser were also obtained. Furthermore, pressure losses were seen to increase in all diffuser geometries due to the taper angle. The optimal diffuser structure was determined by Taguchi optimization method, and the diffuser with the lowest pressure drop and homogeneous diffusing property was found to have a concave conical profile with square hole geometry with  $60^{\circ}$  taper angles.

**Keywords:** Air handling unit (AHU), Calculated fluid dynamics, Fan, Perforated diffuser, Taguchi Optimization, Pressure loss

University of Kahramanmaraş Sutcu Imam  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mechanical Engineering, February / 2017

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ahmet KAYA

Number of Pages: 53

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım sırasında beni destekleyen, bilgi ve tecrübesini esirgemeyerek bana yol gösteren değerli hocam sayın Doç. Dr. Ahmet KAYA' ya teőekkürlerimi sunarım.

Tüm çalıőmalarım süresince değerli görüő ve fikirlerini benimle paylaşan ve çalıőmalarımda yardımlarını esirgemeyen Uzman Muhammed Safa KAMER' e őükranlarımı sunarım.

Son olarak, bugünlere gelmemde her türlü maddi ve manevi desteklerini gördüğüm annem Nuran SÖNMEZ' e, babam Kemal SÖNMEZ' e ve varlığıyla sürekli yanımda olan abim Halit SÖNMEZ' e teőekkürlerimi sunarım.



Kerim SÖNMEZ

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	2
2.1. Klima Santralleri.....	2
2.1.1. Filtreler.....	2
2.1.2. Serpantinler .....	2
2.1.3. Nemlendirici.....	3
2.1.4. Fan motoru ve fan hücresi.....	3
2.1.5. Susturucu.....	3
2.1.6. Karışım Odası.....	4
2.1.7. Damla Tutucu.....	4
2.2. Klima Santrallerinin Sınıflandırılması.....	4
2.2.1. Bireysel klima santralleri.....	5
2.2.2. Merkezi klima santralleri.....	5
2.3. Klima Santrallerinde Kullanılan Boş Hücre.....	6
2.4. Difüzör Çeşitleri.....	8
2.4.1. Türbülanslı difüzör.....	8
2.4.2. Dört yönlü difüzör.....	9
2.4.3. Lineer (Slot) difüzör.....	9
2.4.4. Swirl (Girdap) difüzör.....	9
2.4.5. Konfor difüzör.....	10
2.5. Ansys.....	10
2.5.1. Ansys fluent akış modelleme yazılımı.....	11
2.6. Taguchi Optimizasyon Yöntemi.....	13
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	15
4. MATERYAL ve METOD .....	19
4.1. Tasarım Aşamaları .....	19
4.1.1. Delikli difüzörlü boş hücre.....	19
4.2. Değişken Parametreler.....	21
4.3. Sayısal Modelleme.....	22



	<b><u>Sayfa No</u></b>
4.3.1. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi (HAD).....	22
4.3.1.1. Türbülans modeli seçimi.....	24
4.3.1.1.1. Standart k-e türbülans modeli.....	25
4.3.2. Optimum geometrinin bulunması ve sayısal çalışmalar.....	25
4.3.2.1. Taguchi optimizasyon yöntemiyle optimum geometrinin bulunması....	25
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI .....	27
5.1. Sayısal Analiz ve Sonuçları.....	27
5.2. Taguchi Yönteminin Uygulanması ve Optimum Geometrinin Bulunması.....	40
6.SONUÇLAR.....	46
7.ÖNERİLER.....	46
8.TEŞEKKÜR.....	47
KAYNAKLAR .....	48
ÖZGEÇMİŞ .....	51

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 2.1. Klima santrali prensip şeması .....	2
Şekil 2.2. Serpantin.....	3
Şekil 2.3. Susturucu.....	3
Şekil 2.4. İklimlendirme santrallerinde kullanılan hava karışım odası.....	4
Şekil 2.5. Klima santralinin sınıflandırılması.....	5
Şekil 2.6. Döner ısı eşanjörlü iki katlı klima santrali düzenlemesi.....	6
Şekil 2.7. Döner ısı eşanjörü santralin üzerinde, mili santrale dik olarak yerleştirilmiş tek katlı klima santrali düzenlemesi.....	6
Şekil 2.8. Merkezi klima santrali örneği.....	6
Şekil 2.9. Klima santrallerinde kullanılan boş hücre.....	7
Şekil 2.10. Fan çıkışındaki kanalda akışın gelişimi, hız profilleri ve efektif kanal uzunluğu.....	8
Şekil 2.11. Türbülanslı difüzör.....	8
Şekil 2.12. Dört yöllü difüzör .....	9
Şekil 2.13. Lineer (Slot) difüzör .....	9
Şekil 2.14. Swirl (Girdap) difüzör.....	10
Şekil 2.16. Konfor difüzör.....	10
Şekil 2.16. Ansys ürünleri .....	11
Şekil 2.17. Ansys CFD-Post sonuç görüntüleri.....	12
Şekil 4.1. Delikli difüzörlü boş hücre.....	19
Şekil 4.2. Düz kesik koni profilli delikli difüzörlü boş hücre.....	20
Şekil 4.3. Delikli düz kesik koni profil difüzörlü boş hücrenin teknik detayları.....	20
Şekil 4.4. Difüzör delik geometrileri.....	21
Şekil 4.5. Difüzör geometrileri.....	21
Şekil 4.6. Sayısal analizde kullanılan ağ yapısı.....	23

Şekil 5.1. a) 60° Silindir delikli, b) 80° Silindir delikli, a) 100° Silindir delikli d) 60° Kare delikli, e) 80° Kare delikli, f) 100° Kare delikli, g) 60° Altıgen delikli, h) 80° Altıgen delikli ve ı) 100° Altıgen delikli düz kesik koni profilli difüzör için çıkıştaki basınç dağılımları.....	28
Şekil 5.2. a) 60° Silindir delikli, b) 80° Silindir delikli, a) 100° Silindir delikli d) 60° Kare delikli, e) 80° Kare delikli, f) 100° Kare delikli, g) 60° Altıgen delikli, h) 80° Altıgen delikli ve ı) 100° Altıgen delikli düz kesik koni profilli difüzör için orta düzlemdeki hız dağılımları.....	29
Şekil 5.3. a) 60° Silindir delikli, b) 80° Silindir delikli, a) 100° Silindir delikli d) 60° Kare delikli, e) 80° Kare delikli, f) 100° Kare delikli, g) 60° Altıgen delikli, h) 80° Altıgen delikli ve ı) 100° Altıgen delikli düz kesik koni profilli difüzör için girişteki hız dağılımları.....	30
Şekil 5.4. Farklı delik geometrileriyle oluşturulan düz kesik koni profilli difüzör için farklı koniklik açılarında oluşan basınç kayıpları .....	31
Şekil 5.5. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli düz kesik profilli difüzörün 100° difüzör açıklığı için girişteki basınç dağılımı.....	32
Şekil 5.6. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli düz kesik profilli difüzörün 100° difüzör açıklığı için orta düzlemdeki hız dağılımı.....	33
Şekil 5.7. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli düz kesik profilli difüzörün 100° difüzör açıklığı için girişteki hız dağılımı.....	33
Şekil 5.8. Farklı delik geometrileriyle oluşturulan içbükey kesik koni profilli difüzör için farklı koniklik açılarında oluşan basınç kayıpları .....	34
Şekil 5.9. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli içbükey kesik profilli difüzörün 100° difüzör açıklığı için girişteki basınç dağılımı.....	35
Şekil 5.10. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli içbükey kesik profilli difüzörün 100° difüzör açıklığı için orta düzlemdeki hız dağılımı.....	36
Şekil 5.11. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli dışbükey kesik profilli difüzörün 100° difüzör açıklığı için girişteki hız dağılımı.....	36
Şekil 5.12. Farklı delik geometrileriyle oluşturulan dışbükey kesik koni profilli difüzör için farklı koniklik açılarında oluşan basınç kayıpları .....	37
Şekil 5.13. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli dışbükey kesik profilli difüzörün 100° difüzör açıklığı için girişteki basınç dağılımı.....	38
Şekil 5.14. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli dışbükey kesik profilli difüzörün 100° difüzör açıklığı için orta düzlemdeki hız dağılımı.....	39

Şekil 5.15. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli dışbükey kesik profilli difüzörün 100° difüzör açıklığı için girişteki hız dağılımı.....	39
Şekil 5.16. Optimum seriden elde edilen kare gözenekli içbükey kesik koni profilli difüzörün 100° difüzör açıklığı için girişteki basınç (a) orta düzlemdeki hız dağılımı (b) ve çıkıştaki hız dağılımı (c).....	43
Şekil 5.17. Taguchi ortalamalarından elde edilen basınç kayıpları .....	44
Şekil 5.18. V profilli difüzörün girişteki basınç dağılımı (a) ve içbükey kesik koni profilli difüzörün girişteki basınç dağılımı (b).....	45
Şekil 5.19. V profilli difüzörün çıkıştaki hız dağılımı (a) ve içbükey kesik koni profilli difüzörün çıkıştaki hız dağılımı (b) .....	45



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Taguchi ortogonal dizilim seçim tablosu .....	14
Çizelge 2.2. Taguchi L9 ortogonal dizilimi.....	14
Çizelge 4.1. Difüzör tasarımında kullanılan parametreler.....	19
Çizelge 4.2. Problemden tanımlanan sınır koşulları.....	22
Çizelge 4.3. Problemden girilen özellikler.....	23
Çizelge 5.1. En düşük basınç kayıplarını veren difüzör geometrileri.....	40
Çizelge 5.2. Parametreler ve seviyeler.....	41
Çizelge 5.3. Taguchi L9 ortogonal dizilimi ve uygulaması.....	41
Çizelge 5.4. Belirlenen parametrelerin L9 ortogonal dizilimine uygulanması.....	42
Çizelge 5.5. Taguchi optimizasyon sonuçları.....	42
Çizelge 5.6. Optimum seri.....	43
Çizelge 5.7. 60 <sup>0</sup> difüzör koniklik açısı için profil geometrilerinin karşılaştırılması.....	44

## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

- $C_p$  : Özgül 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)
- $F_7, F_9$  : Orta filtreler
- $G_k$  : Türbülans kinetik enerjisi üretimi ( $kg/m \cdot s^3$ )
- $G_4$  : Kaba filtreler
- $k$  : Türbülans kinetik enerjisi ( $m^2/s^2$ )
- $P$  : Basınç ( $N/m^2$  veya Pa)
- $Re$  : Reynolds sayısı
- $S_\epsilon$  :  $\epsilon$  için kaynak terimi ( $m^2/s^4$ )
- $t$  : Zaman (s)
- $u$  : Yatay doğrultudaki hız bileşeni (m/s)
- $\bar{u}$  : Yatay doğrultudaki ortalama hız bileşeni (m/s)
- $u'$  : Yatay doğrultudaki çalkantı hız bileşeni (m/s)
- $\nu$  : Akışkanın kinematik viskozitesi ( $m^2/s$ )
- $\dot{V}$  : Hacimsel debi ( $m^3/s$ )
- $x$  : Yatay koordinat (m)
- $\Delta P$  : Basınç kaybı (Pa)
- $\alpha$  : Difüzör koniklik açısı (Derece)
- $\epsilon$  : Türbülans yitim (kayıp) oranı ( $m^2/s^3$ )
- $\epsilon_y$  : Ortalama yüzey pürüzlülüğü ( $\mu m$ )
- $\mu$  : Dinamik viskozite ( $kg/m \cdot s$ )
- $\mu_s$  : Sürtünme katsayısı
- $\mu_t$  : Türbülans viskozitesi ( $kg/m \cdot s$ )

- $\rho$  : Yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>)
- $\sigma_k$  :  $k$  için türbülanslı Prandtl sayısı
- $\sigma_\varepsilon$  :  $\varepsilon$  için türbülanslı Prandtl sayısı

### **Kısaltmalar**

- 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)
- S/N** : Sinyal gürültü oranı

## 1. GİRİŞ

Küresel dünyadaki nüfusun sürekli artması ve teknolojik gelişmeler olması daha fazla enerji tüketimi anlamına gelmektedir. Enerji ihtiyacının artmasıyla enerjinin daha verimli kullanılması konusu gündeme gelmektedir. Bu sebeple konut ve endüstriyel işletmelerdeki iklimlendirmelerdeki optimum konfor şartlarından ödün vermeden enerji kullanımını azaltmak hem enerji kaynaklarının bilinçli kullanımı sağlayacak hem de ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

Enerji harcayan kaynaklardan biri olan klima santrallerini kısaca hava şartlandırma sistemleri olarak tanımlayabiliriz. Klima santrallerinin amacı konut veya endüstriyel işletmelerdeki bir ortama istenilen sıcaklık ve nem değerlerinde temiz hava sağlamaktır. Klima santrallerinin içinde hareket eden hava klima santrallerinin yapılarından dolayı sistem bileşenleriyle temas etmektedir. Havanın her santral bileşeniyle temas etmesi basınç kaybına neden olmaktadır. Basınç kayıplarının yüksek olması ise daha büyük güçte motor seçimi gerektirmektedir. Klima santralindeki iç kayıpların azaltılması daha düşük kapasitelerde motor seçimi sağlayacaktır Bu sayede enerji verimliliği elde edilecektir.

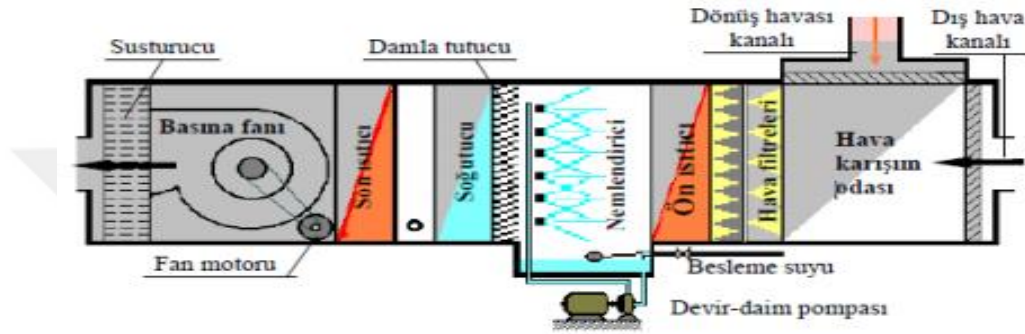
Bu çalışmada, klima santralinin fan hava çıkış kesitinin önüne farklı delik geometri kesik-koni profilli difüzör eklenmesi sonucu oluşan basınç kayıpları Ansys-Fluent programında sayısal olarak incelenmiştir. Difüzör geometrisi olarak içbükey kesik koni, dışbükey kesik koni ve düz kesik koni Solidworks programında tasarlanmıştır. Bu difüzör üzerine kare, silindir ve altıgen geometri delikler açılmış ve sayısal analizler sonucunda da basınç kayıplarının delik geometrisiyle değişimi elde edilmiştir. Kesik koni-profilli delikli difüzör modeli üzerinde; farklı difüzör koniklik açısı, difüzör geometrisi ve delik geometrisi gibi parametrelerin, basınç kayıpları ve basınç-hız dağılımları üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen basınç kayıp değerleri Taguchi optimizasyon yöntemiyle birleştirilerek en uygun difüzör parametreleri belirlenmiş, belirlenen difüzör için akış analizi yapılmıştır.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Klima Santralleri

Bir klima santrali, havanın hareketlendirilmesi, temizlenmesi, ısıtılması, soğutulması, nemlendirilmesi ve kurutulması (neminin alınması) için gereken farklı ünitelerden oluşur. Havanın klima santrali içindeki yolu; karışım odası, nemlendirici, filtreler, damla tutucu, ön ısıtıcı, son ısıtıcı, soğutucu, fanlar ve susturucu elemanları şeklindedir (Şekil 2.1) [1].



Şekil 2.1. Klima santrali prensip şeması [1]

#### 2.1.1. Filtreler

Klima santraline giren havanın barındırdığı toz taneciklerinin arındırılması işlemi filtreler ile yapılmaktadır. Pratikte klima santrallerinin giriş ve çıkışında sırasıyla kaba (G4) ve orta filtreler (F7) bulunur. Genellikle F7 filtre yerine F9 sınıfı filtre tercih edilmektedir. Bu durumda birinci filtre kademesinde G4 filtreden sonra ilave olarak F7 filtre de kullanılmaktadır [2].

#### 2.1.2. Serpantinler

Serpantinler şartlandırılan havanın yüzeye olan temas alanının artırılması olarak tanımlanabilir (Şekil 2.2). Isıtıcı serpantinler kullanılarak havanın istenilen sıcaklık değerleri kontrol edilmektedir. Soğutucu serpantinden sonra kullanılan damla tutucu, serpantin üzerinde yoğunlaşan suyun klima santralinin diğer hücrelerine geçmesini engellemek gerekmektedir. Ayrıca yoğunlaşma tavaında biriken su bekletilmeden santralden uzaklaştırılmalıdır. Bunun için çift yönlü yoğunlaşma tavaları tercih edilmektedir [2].



Şekil 2.2. Serpantin [3]

### 2.1.3. Nemlendirici

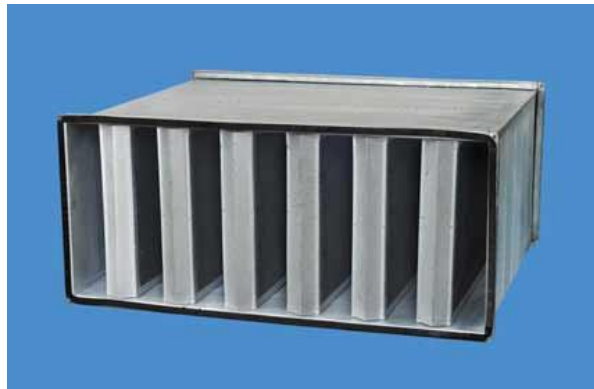
Nemlendirme işlemi havanın özgül hacmini arttırmak amacıyla yapılmaktadır. Klima santrallerinde nemlendiricilerin görevi proseste kullanılan suyun, sıvı halden gaz (buhar) haline geçirecek hava ile karışmasını sağlamaktır. Pratikte kireçlenmeye izin vermeyen ve şehir şebeke suyu ile çalışan buharlı nemlendiriciler kullanılmaktadır [4].

### 2.1.4. Fan motoru ve fan hücresi

Klima santrallerinde kullanılan fan motoru iki çeşittir. Salyangozlu fanlar ve salyangozsuz plug fanlar klima santrallerinde kullanılmaktadır. Plug fanlarda kayış-kasnak mekanizmasının kullanılmaması bir avantajdır. Fan kaidesi ve fanın kendisi kolaylıkla temizlenebilir yapıda olmalıdır [2].

### 2.1.5. Susturucu

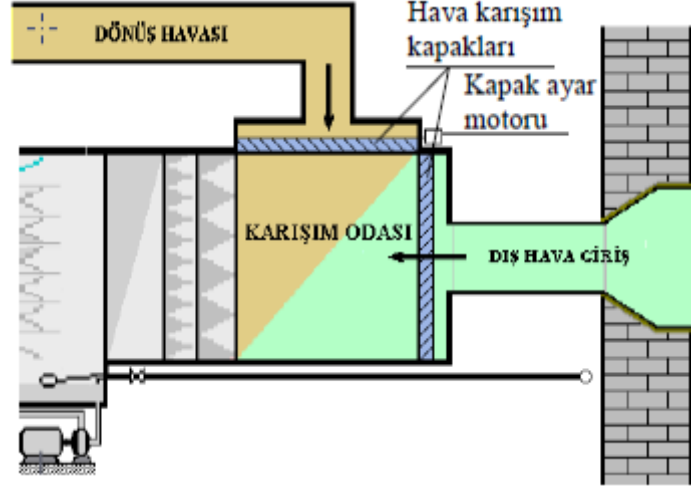
Susturucular iklimlendirme sistemlerinde akustik değerlere göre ses azaltıcı olarak kullanılır. Susturucular yüksek ses azaltma kapasitesine ve düşük hava direncine sahip olmalıdır [5].



Şekil 2.3. Susturucu [5]

### 2.1.6. Karışım odası

Hava karışım odaları farklı fiziki şartlara sahip olan havaların karıştırıldığı odacık olarak tanımlanmaktadır. Hava karışım odası iklimlendirme santralinde Şekil 2.4.' de görüldüğü gibi, dönüş havası ile dış ortamdan alınan temiz havayı karıştırarak sistem havasını oluşturmada kullanılmaktadır [1].



Şekil 2.4. İklimlendirme santrallerinde kullanılan hava karışım odası [1]

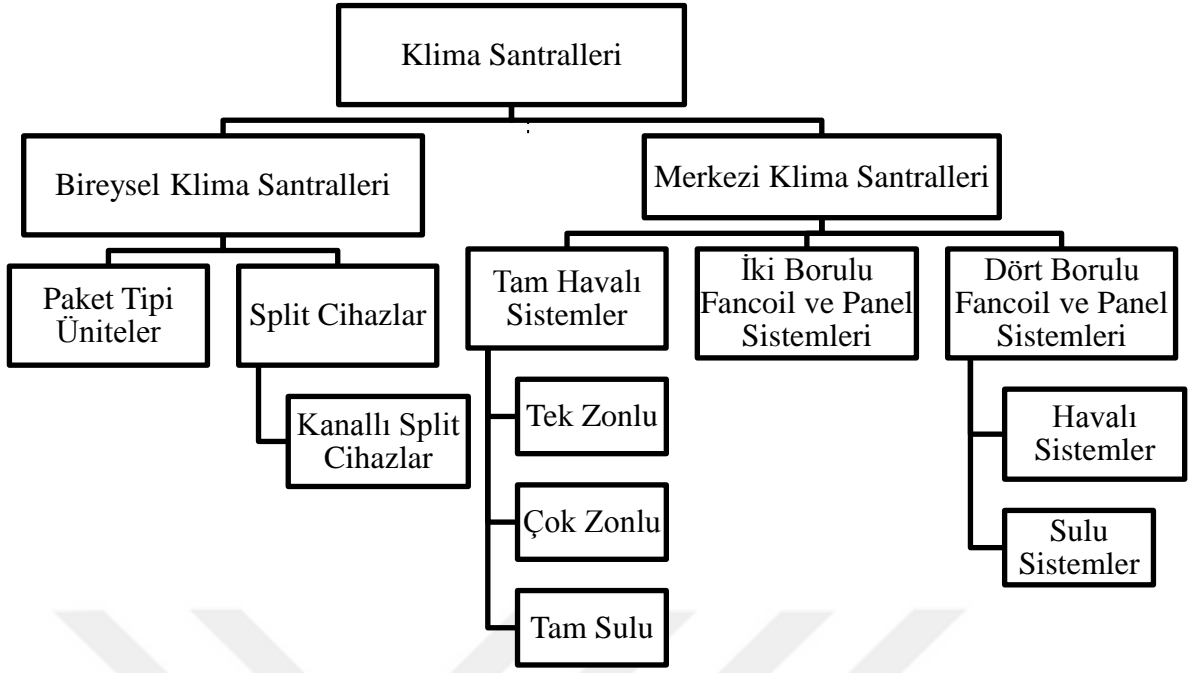
### 2.1.7. Damla tutucu

Damla tutucular nemlendiricilerden sonra yerleştirilir. Damla tutucuların klima santralindeki görevi, havanın nemlendirilmesi sırasında hava ile temas eden su damlacıklarının klima sisteminin diğer elemanlarıyla temasını önlemektir [1].

## 2.2. Klima Santrallerinin Sınıflandırılması

Binaların kullanım amaçları, buldukları bölge ve bölgeye bağlı olarak dış hava şartları değişkenlik göstermektedir. Bina sahipleri veya binayı kullananlar farklı işletme şartları talebinde bulunabilirler. Bu nedenlerle klima sistemleri bu ihtiyaçları karşılamak amacıyla genellikle çeşitli tipte ve özellikle projelendirilir, monte edilir ve işletilirler [6].

Klima santralleri, merkezi klima santralleri ve bireysel klima santralleri olarak iki ana başlık altında incelenmektedir. Bu iki sistem Şekil 2.5. de görülmektedir. [1].



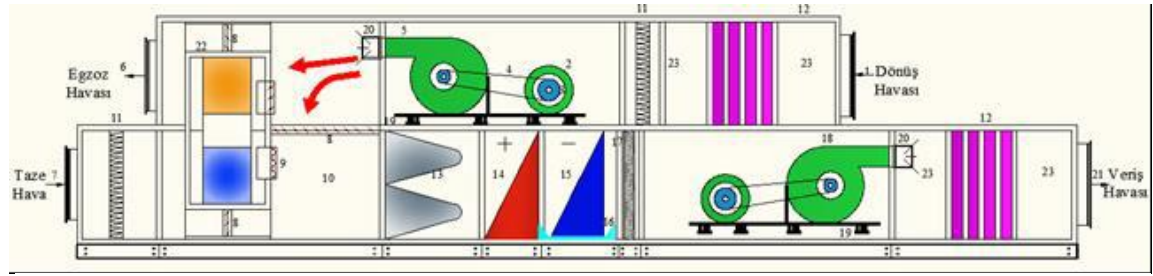
Şekil 2.5. Klima santrallerinin sınıflandırılması

### 2.2.1. Bireysel klima santralleri

Bireysel klima sistemleri genellikle 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 [6].

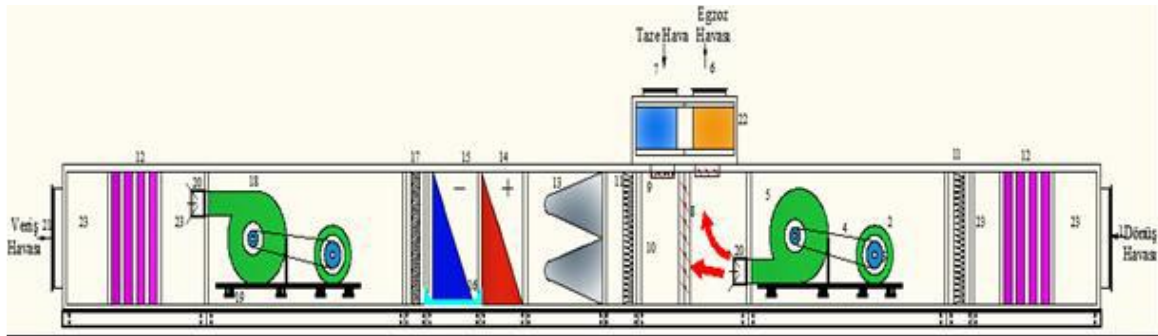
### 2.2.2. Merkezi klima santralleri

Merkezi klima sistemleri genellikle okul, hastane, alış-veriş merkezi gibi büyük alana sahip mahallerin iklimlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bireysel tip klima santrallerinden farklı olarak, ısıtıcı ve soğutucu, filtre, nemlendirici, fan ve motor, karışım odası, damla tutucu, susturucu ve boş hücre kapalı bir sistem içinde bir araya getirilerek klima santrali oluşturulur. Bu kapalı sistemdeki merkezi klima santrali elemanlarına ek olarak tesisat elemanları ve hava kanalları merkezi klima santralini oluşturan elemanlar arasındadır. Şekil 2.6' da iki katlı karışım havalı döner ısı eşanjörlü ve Şekil 2.7 'de tek katlı karışım havalı döner ısı eşanjörlü örnek merkezi klima santralleri görülmektedir [6]. Şekil 2.8' de de örnek bir merkezi klima santrali görülmektedir.



- |                     |                            |                              |  |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|--|
| 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 2.6. Döner ısı eşanjörlü iki katlı klima santrali düzenlemesi [6,7]



- |                     |                            |                              |  |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|--|
| 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 |  |

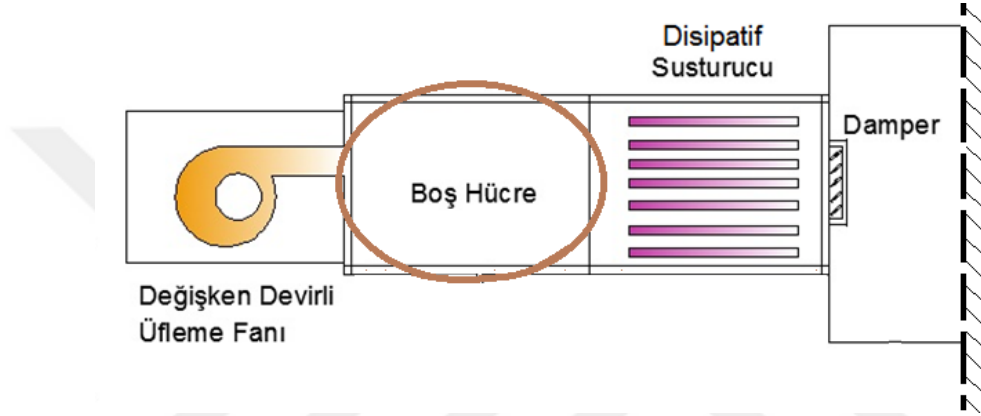
Şekil 2.7. Döner ısı eşanjörlü santralin üzerinde, mili santrale dik olarak yerleştirilmiş tek katlı klima santrali düzenlemesi [6,7]



Şekil 2.8. Merkezi klima santrali örneği

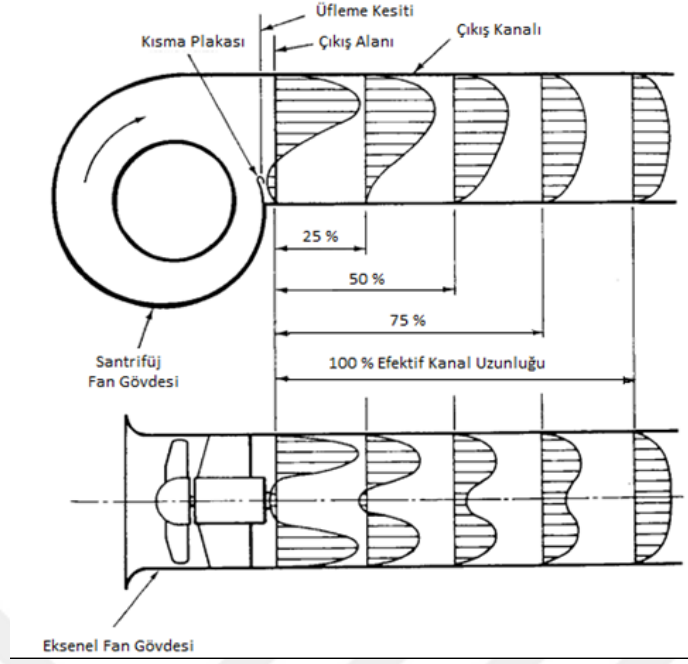
### 2.3. Klima Santrallerinde Kullanılan Boş Hücre

Merkezi klima santrallerinde fan hücrelerinden sisteme alınan hava, susturucuyla temas etmeden önce boş bir hücreden geçirilmektedir (Şekil 2.9). Bu boş hücrenin konulmasının amacı, havanın sonraki hücrelere (ısıtma/soğutma bataryaları, filtre, susturucu, karışım odası veya ısı geri kazanım vb.) daha iyi yayılmasını sağlamaktır [6]. Havanın daha iyi yayılması için fan çıkış bölgesindeki hava akışının tam gelişmiş türbülanslı akış olması gerekmektedir. Aksi halde santral içindeki hava; santralin diğer odacıklarına iyi derecede yayılmayacaktır ve verimli bir ısı transferi gerçekleşmeyecektir [6].



Şekil 2.9. Klima santrallerinde kullanılan boş hücre [5]

Klima santrallerinde emiş ve/veya üfleme fanlarının çıkış noktasındaki hava akış hızları minimum 8-10 m/s aralığında olmaktadır [6,8]. Hava akışının hız dağılımı ise tam gelişmiş türbülanslı akıştaki hız dağılımından oldukça farklıdır (Şekil 2.10). Bu durumda tam gelişmiş türbülanslı akıştaki hız dağılımının oluşabilmesi için % 100 efektif kanal uzunluğuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kanal uzunluğu, fan çark çapının yaklaşık 3.5-3.7 katı uzunluğunda olan ek bir üfleme kanalına ihtiyaç duyulmaktadır [6,8]. Bu ek üfleme kanalının sisteme dâhil edilmesi durumunda hem ilk yatırım maliyetini artacaktır hem de kanalın boyutları nedeniyle fazladan kurulum alanı gerekecektir. Fan hava çıkış bölgesinin önüne yerleştirilecek bir difüzör ile tam gelişmiş türbülanslı akışı elde edebilmek için gerekli olan %100 efektif kanal uzunluğunun yarısı uzunluğunda bir üfleme kanalı ile yeterince gelişmiş türbülanslı akışa elde edilmektedir. Böylece tam gelişmiş türbülanslı akışı elde edebilmek için gerekli efektif kanal uzunluğu, fan çarkın çapının 0.8-1.5 katı mertebelerine düşürülebilmektedir [6,8].



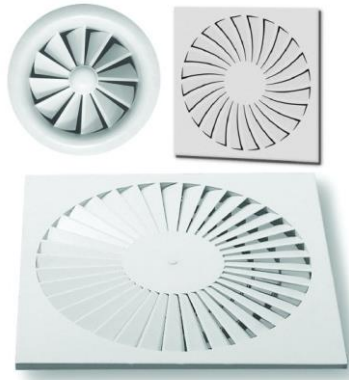
Şekil 2.10. Fan çıkışındaki kanalda akışın gelişimi, hız profilleri ve efektif kanal uzunluğu [6,8].

## 2.4. Difüzör Çeşitleri

Difüzörler genel anlamıyla akışı yönlendirmek için kullanılmaktadır. Difüzörler arıtma tesislerinde ve iklimlendirme uygulamalarında akış hızını ayarlamak için kullanılmaktadır. Türbülanslı difüzör, dört yönlü difüzör, lineer (slot) difüzör, swirl (girdap) difüzör ve konfor difüzörlü gibi farklı amaçlarda kullanılan difüzörler mevcuttur [9].

### 2.4.1. Türbülanslı difüzör

Mahal yüksekliği 4 metreye kadar olan alanlarda ve yüksek akış debilerinin olduğu uygulamalarda bu tip difüzörler kullanılmaktadır. Bu tip difüzörler, giren havanın sıcaklık farkının ve hava hızının türbülans etkisi ile sönmelenmesini sağlamaktadır. Bu tip difüzörler kare veya dairesel olarak üretilmektedir (Şekil 2.11) [9].



Şekil 2.11. Türbülanslı difüzör [10]

#### 2.4.2. Dört yönlü difüzör

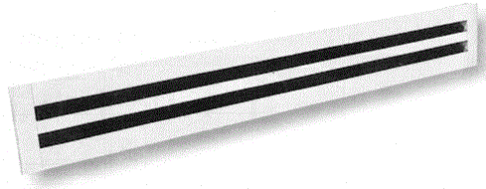
Dört yönlü difüzörler yüksek tavana sahip alanlarda ve yüksek debili akışlarda kullanılmaktadır. Türbülans etkisi ile giren havanın sıcaklık farkının ve hava hızının çok yönlü dağıtılmasını sağlar. Kare model olarak kullanılabilir (Şekil 2.12) [9].



Şekil 2.12. Dört yönlü difüzör [9]

#### 2.4.3. Lineer ( Slot ) difüzör

Slot difüzörler havalandırma sistemlerinde, özellikle basık tavana sahip alanlarda hava dağıtıcı veya hava toplayıcı olarak kullanılır. Bu tip difüzörler, mahale üflenen havanın düşey yönde ya da tavana paralel yönde üflenmesini sağlayan yönlendirici kanatlara sahiptir. Toplayıcı difüzör yönlendirici kanatlara sahip değildir. Ortama aktarılacak hava miktarı alüminyum damper aracılığıyla kontrol edilmektedir (Şekil 2.13) [9].

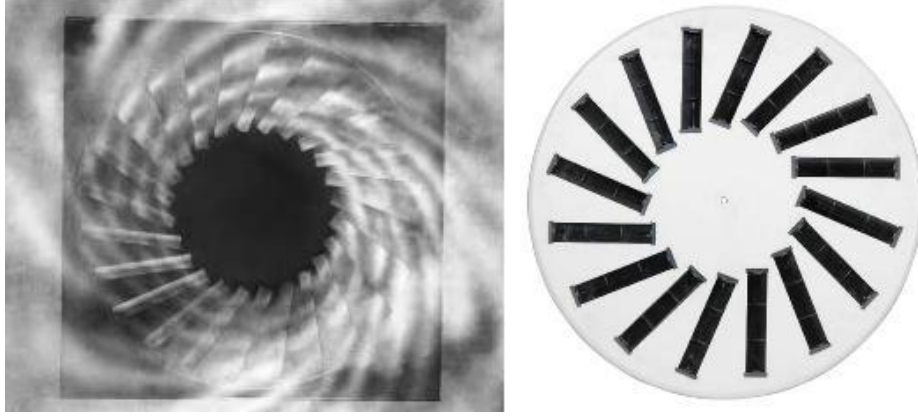


Şekil 2.13. Lineer ( Slot ) difüzör [11]

#### 2.4.4. Swirl (Girdap) difüzör

Swirl difüzörler özel kanat yapısına sahiptir. Bu kanat yapısı sayesinde üfleme havası döner (Swirl) bir hareket kazanır. Bu tip akış ile üfleme havası ile mahal havası çok hızlı ve etkin bir şekilde karışmış olur. Hava çıkışındaki siklon (girdap şekilli hava akışı) şeklindeki dönüş nedeni ile oda havasının iklimlendirilmesi çok hızlı yapılır. Havanın dağıtılması istenen mahallerde 2.60-4.0 m. kat yükseklikleri arasında kullanılabilir (Şekil 2.14) [12].

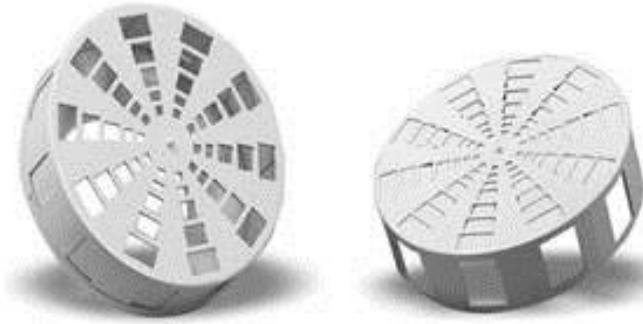




Şekil 2.14. Swirl (Girdap) difüzör [12]

#### 2.4.5. Konfor difüzör

Konfor difüzörler yatay ve düşey yönde hava akışına olanak sağlayacak şekilde tasarlanmışlardır. Bu tip difüzörlerin sahip olduğu yatay ve düşey hava kanalları sayesinde soğutmada işleminde yan yüzeylerden, ısıtma işleminde ise alt yüzeylerden hava çıkışı gerçekleşmektedir. Ayrıca hava ayar kapakları aracılığıyla debi ayarı yapılabilmektedir. Yüksek tavana sahip alanlarda ( 4 - 15 m ) optimum hava dağılımında etkilidir (Şekil 2.15) [9].

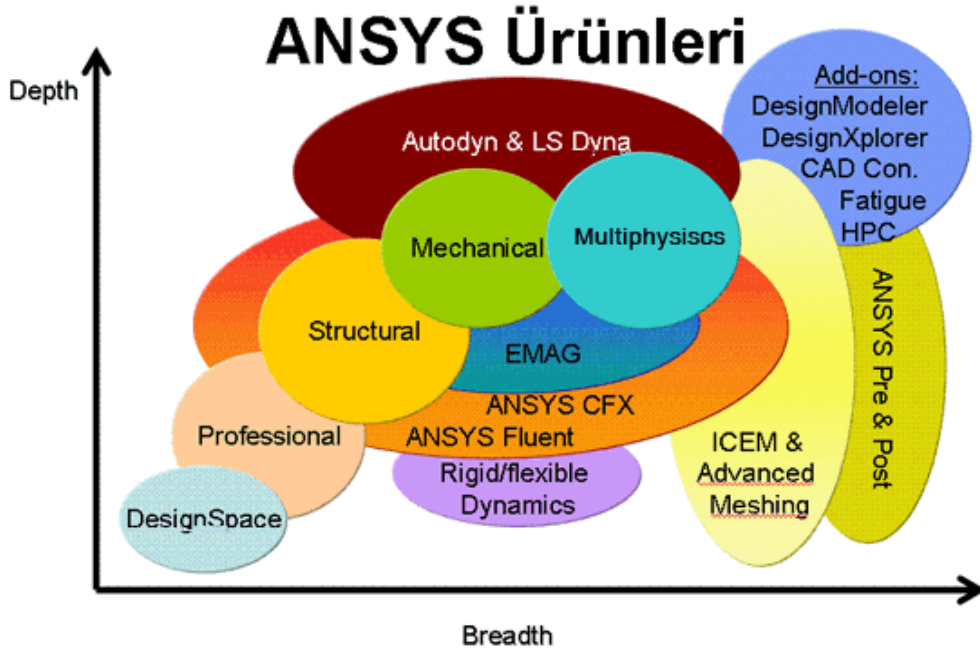


Şekil 2.15. Konfor difüzör [9]

#### 2.5. Ansys

Ansys yazılımı mühendislerin mukavemet, titreşim, akışkanlar mekaniği ve ısı transferi ile elektromanyetik alanlarında fiziğin tüm disiplinlerinin birbiri ile olan etkileşimini analiz etmekte kullanılabilen genel amaçlı bir sonlu elemanlar yazılımıdır. Gerçekleştirilen testlerin ya da çalışma şartlarının analiz edilmesine olanak sağlayan Ansys, bu sayede ürünlerin henüz prototipleri üretilmeden bilgisayar ortamında test edilmelerine olanak sağlar. Ayrıca bilgisayar ortamdaki 3 boyutlu analizler (3D) neticesinde yapıların zayıf noktalarının tespiti ve iyileştirilmesi ile ömür hesaplarının gerçekleştirilmesi ve muhtemel problemlerin öngörülmesi mümkün olmaktadır. Şekil 2.16'de görülebilen

modüler yapısı sayesinde Ansys yazılımını sadece ihtiyaç duyulan özelliklerin alınmasına fırsat vererek ilave edilebilen CAD (bilgisayar destekli tasarım) ve FEA (sonlu elemanlar analizi) bağlantı modülleri ile masa üstünde kullanılan diğer mühendislik yazılımları ile entegre bir şekilde çalışabilmektedir [13].



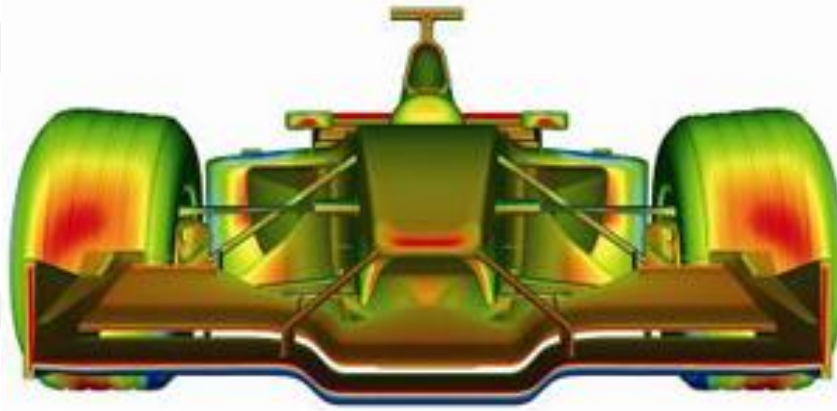
Şekil 2.16 Ansys ürünleri [13]

Ansys yazılımını 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 yazılımını ile zamana bağımlı yüklemeye özellikleri ve lineer olmayan malzeme modelleri sayesinde yüksek mühendislik seviyesindeki analizler hızlı, güvenilir ve pratik bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir [13].

### 2.5.1. Ansys-Fluent akış modelleme yazılımı

Ansys-Fluent yazılımını 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 [14].

Bugün, dünyada binlerce şirket Ansys-Fluent yazılımını ürün geliştirmelerinin tasarım ve optimizasyon aşamalarında temel bir parça olarak kullanmaktadır. Gelişmiş çözücü 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 2.17) ve farklı durumlardan sonuçlar karşılaştırılabilir [14].



Şekil 2.17. Ansys CFD-Post sonuç görüntüleri [14]

Ansys-Fluent yazılımının Ansys-Workbench ile bütünleştirilmesi 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 analizlerde 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 [14].

## 2.6. Taguchi Optimizasyon Yöntemi

Taguchi Yöntemi; tasarım sürecinde elde edilecek parametreleri azaltmayı sağlamaktadır. Yöntemin asıl amacı; yüksek kalitede ürünü düşük maliyet ve zamanlarda üretebilmektir. Taguchi yöntemi Japon mühendis Dr. Genichi Taguchi tarafından geliştirilmiştir. Taguchi; bir işlemde çeşitli unsurların o işleme etkilerini araştırmak için deneysel araştırmalarda kullanılmak üzere bu yöntemi geliştirmiştir. Taguchi'nin ortaya koyduğu yaklaşımla farklı her bir parametre için belirli bir seviye belirleyerek ortogonal dizilim elde etmeyi amaçlayarak sayısal ve deneysel incelemeye olanak sağlamıştır [15]. Taguchi Deney Tasarımı Yönteminde elde edilen deney sonuçları sinyal/gürültü (S/N) oranına çevrilerek değerlendirilmektedir. Sinyal/gürültü oranı üç farklı kalite değerlerine göre hesaplanır ve analizi yapılır. Bu kalite değerleri, en küçük kalite değeri için en iyi veriler, nominal kalite değerleri için en iyi veriler ve en büyük kalite değerleri için en iyi veriler olarak ifade edilmektedir. Bu üç farklı kalite değerlendirme yönteminde elde edilen S/N oranı, hangi kalite değeri yönteminde kullanılırsa kullanılsın, sonuç olarak karşımıza çıkan değerlerde daha büyük olan S/N oranı daha iyi deney sonucunu ifade eder. Böylelikle deneylerde ele alınan faktörlerin seviyeleri içerisinde en yüksek S/N oranına sahip olan değerler en iyi performansı verecektir [6]. Taguchi optimizasyon yöntemi her ne kadar deneysel çalışmalar için kullanılan bir yöntem olsa da, farklı parametrelerin incelendiği sayısal çalışmalarda da bu yöntemin kullanıldığı çok sayıda çalışmaya literatürde rastlanmıştır.

Kim C. ve ark. FEM (sonlu elemanlar metodu) ve Taguchi yönteminin kombinasyonunu kullanarak XLPE (cross-linked polyethylene - elektrik kablolarında yalıtım amacıyla kullanılan termoplastik bir madde) kablo izolasyonunda su ağaçlandırma bozulması üzerine sayısal analiz gerçekleştirmiştir [16]. Fusayasu ve ark., bir manyetik aktüatörün optimizasyonu için Taguchi çok değişkenli analiz yöntemini kullanarak sayısal analiz yapmıştır [17]. Yazdani ve ark., yaptıkları çalışmadan toprak yapı modellerinin kalibrasyonunda Taguchi optimizasyon yöntemi kullanarak sayısal analiz gerçekleştirmiştir [18].

Çizelge 2.1 Taguchi ortogonal dizilim seçim tablosu [6]

		PARAMETRE SAYISI								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
SEVİYE SAYISI	2	L4	L4	L8	L8	L8	L8	L12	L12	L12
	3	L9	L9	L9	L18	L18	L18	L18	L27	L27
	4	L16	L16	L16	L16	L32	L32	L32	L32	L32
	5	L25	L25	L25	L25	L25	L50	L50	L50	L50

Taguchi yöntemi daha çok deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Fakat bu çalışmada Taguchi yöntemi “sayısal deney” olarak da tanımlanan HAD ile yapılan analizler için kullanılmıştır [19]. Sayısal çalışmalarda yapılan analizler; tekrarlanması durumunda deneysel analizlerdeki gibi sonuçlarda farklılık (ortam şartlarından etkilenme, ölçme hataları vb. gibi sebeplerden dolayı) göstermeyeceğinden bu çalışmada sinyal/gürültü (S/N) analizi yapmaya gerek kalmamıştır. Bu çalışmada belirlenen üç ayrı parametrenin her biri için üç farklı seviye bulunmaktadır. Parametre ve seviye sayısına göre hangi ortogonal dizilimin kullanılacağını belirleyebilmek için Çizelge 2.1’ de ortogonal dizilim seçim tablosunun ilgili bölümü verilmiştir.

Bu tez çalışmasında, sayısal analizler yapılmadan önce parametre ve seviyeler belirlendikten sonra varyans analizi yapılarak Fluent programında yapılacak olan analiz sayısı düşürülmüş olacaktır. Böylelikle hem zamandan tasarruf sağlanacak hem de en uygun analiz sonucu elde edilmiş olacaktır. Çizelge 2.2’ de ortogonal dizilim seçim tablosuna göre üç parametre ve üç seviyeden oluşan L9 dizisi gösterilmektedir [6].

Çizelge 2.2. Taguchi L9 ortogonal dizilimi

Analiz Numarası	Değişkenler		
	Değişken 1	Değişken 1	Değişken 1
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

### 3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde klima santralleri ve difüzörler için çeşitli deneysel ve sayısal çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir. Ayrıca optimum parametrelerin bulunması amacıyla kullanılan Taguchi Optimizasyon yöntemi ile ilgili çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

Şahin ve Ward-Smith (1987), yaptıkları çalışmada bir havalandırma sistemindeki fanın çıkış bölümünde yer alan deliksiz difüzörde oluşan akışı sayısal olarak incelemişlerdir. Çalışmada farklı difüzör açıları kullanılarak difüzör duvarında oluşan statik basınç dağılımlarını elde etmişlerdir. Difüzörün çıkış bölümündeki akışın düzenli olmadığını ve her noktada farklı türbülans değerlerinin olduğunu ortaya koymuşlardır [20].

Şahin (1989), deliksiz konik bir yayıcı içerisinde akışa dik yönde delikli levhalar yerleştirilerek, levhaların akışa olan etkisi üzerinde sayısal çalışma yapmıştır. Akış sırasında levhalarda meydana gelen jetlerin akış açılarını, hız dağılımlarını ve statik basınçlarını deneysel olarak elde etmiştir. Düşük gözenekli levhalarda akış profilinin düzensizliğinin daha fazla olduğunu ve delikli levhalardaki basınç kayıplarının karakteristiklerini temel teorik ve ampirik eşitliklerle sunmuştur [21].

Şahin ve Ward-Smith (1990), deliksiz difüzör içerisindeki akışın doğrultusuna dik yönde yerleştirilen, birleştirilmiş delikli levha dizilimlerinin akış karakteristiğine etkisini araştırmışlardır. Bu araştırma sonucunda, duvar ve oluşan jet özelliklerinin, delikli levhaların konumlarının değişmesiyle farklılık gösterdiğini ortaya koymuşlardır [22].

Şahin ve Ward-Smith (1991), hız profilini kontrol etmek için amacıyla üç adet delikli difüzör ile deneysel çalışma yapmışlardır. Ayrıca kullanılacak nihai levhanın porozitesini değiştirmek amacıyla farklı kesme tekniklerini de araştırmışlardır. 5 delikli bir pitot tüpü ve bir mikrobilgisayar kullanarak akış özelliklerini elde etmişlerdir [23].

Şahin ve Ward-Smith (1993), deliksiz bir yayıcının içerisine, akış doğrultusuna dik yönde yerleştirilmiş iki adet delikli levhanın oluşturduğu akışın yapısını deneysel olarak çalışmışlardır. Yapılan deneysel çalışma ile akışın oluşturduğu statik basınç dağılımını ve levhaların oluşturduğu akış modelini elde etmişlerdir. Yayıcı içine yerleştirilen delikli levhaların düzeni ve levhaların porozite farklılıklarının akış modeli ve basınç kayıplarına olan etkilerini göstermişlerdir [24].

Şahin ve ark.(1995), kanal içerisindeki geniş açılı bir difüzörün içerisine akışa dik yönde konumlandırılan delikli levhaların oluşturduğu akış modelini ve basınç kaybı deneysel olarak incelemiştir. Farklı levha konumları ve levha porozitelerinin oluşturduğu statik basınç değerleri elde edilmiştir. Levha konumlarının, basınç düşümü ve hız dağılımı üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir [25].

Bayramgil ve ark. (1998), klima santrallerindeki fan çıkışındaki deliksiz yayıcı içerisindeki akışı sayısal olarak incelemiştir. Yapılan sayısal çalışmada; farklı difüzör açıları kullanılmış ve difüzör duvarındaki statik basınç değerleri elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre yayıcı çıkışındaki akışın düzensiz olduğunu ve türbülans etkilerinin her noktada farklılık gösterdiğini ortaya koymuşlardır [26].

Noi-Mehidi ve ark. (2005), simetrik olmayan geniş açılıya sahip deliksiz difüzör içerisindeki akışı sayısal olarak incelemiştir. Düzenli akış elde etmek amacıyla akış yönüne dik doğrultuda delikli levhalar yerleştirmişlerdir. Difüzörün çıkışına yerleştirilen levhaların konumları ve sayılarının düzenli akışa olumlu olarak etkilediğini belirlemişlerdir [27].

Shende ve ark. (2012), geniş açılıya sahip deliksiz difüzör içerisindeki akışı deneysel olarak incelemiştir. Çalışma sonucunda düzgün hız profilinin oluşabilmesi için difüzöre en az iki adet delikli plaka yerleştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir [28].

Gho ve ark. (2013), kanal içerisindeki akışa dik yönde yerleştirilen delikli bir plakanın deliklerinden geçen akışın Reynolds sayısı, porozite, delik çapı, yüzey pürüzlülüğü ve plakanın eğim açısı gibi farklı parametrelerin akış modeli ve basınç kaybı üzerindeki etkilerini sayısal olarak araştırmışlardır. Delikli plakanın arkasında genişleyen akışın basınç kaybına sebep olduğunu ortaya koymuşlardır [29].

Bayazit ve ark. (2014), kanal içerisindeki akışa dik doğrultuda yerleştirilen bir delikli plakayı farklı akış koşullarında sayısal ve deneysel olarak incelemiştir. Türbülanslı ve laminer akış koşullarında yaptıkları deneysel ve sayısal çalışmalar sonucunda, laminer akış koşulunda kanal içerisine yerleştirilen plakanın et kalınlığının yüksek basınç kaybıyla ilişkili olduğunu, türbülanslı akış koşulunda ise yüksek porozitenin düşük basınç kaybına sebep olduğunu ifade etmişlerdir [30].

Erdoğan ve ark.(2015), fan çıkışındaki boş hücre içerisine yerleştirilmiş, kare tabanlı kesik piramit geometrisine sahip bir delikli difüzör kullanmışlardır. Havanın boş hücreden sonraki üniteye yayılma durumu ve delikli difüzörlü boş hücrenin sebep olduğu basınç düşüşünü sayısal olarak incelemişlerdir. Porozite, giriş hızı, difüzör et kalınlığı ve koniklik açısı gibi farklı parametrelerin basınç kaybına olan etkilerini elde etmişlerdir. Porozite ve koniklik açısının artması ile difüzörün çıkış bölgesindeki havanın hız dağılımının homojenliğe yaklaştığını göstermişlerdir [31].

Şahin ve ark (2015), V-profilli delikli difüzörlü boş hücre kullanılmıştır. Bu durumda havanın boş hücreden sonraki üniteye yayılma durumu ve delikli difüzörlü boş hücrenin sebep olduğu basınç düşüşü farklı tepe açıları, delik geometrisi ve gözeneklilik için sayısal olarak araştırılmıştır. Tepe açısının artmasıyla basınç kaybının arttığını ve kare geometrili deliklere sahip difüzörlerin basınç kayıplarının azaldığını ortaya koymuşlardır [32].

Taçgün (2016), klima santraline eklenecek delikli difüzörün basınç kaybına etkilerini araştırmışlardır. V-profilli delikli bir difüzörde akışı ve basınç kaybını sayısal ve deneysel olarak incelemişlerdir. Ayrıca Taguchi Optimizasyon yöntemi kullanarak yapılması gereken analiz sayısını da azaltmayı amaçlamıştır. Yaptığı çalışma sonucunda porozite artışının basınç kaybını düşürdüğü ve difüzör açısının artmasıyla basınç kaybının arttığını elde etmiştir [6].

Literatürde karşılaşılan, Taguchi optimizasyon yöntemi hakkında yapılan çalışmalar aşağıda mevcuttur.

Özpolat (2012), altıgen kanatçıklara sahip lüle şeklindeki difüzör çiftlerinin ısı transferi ve akış özelliklerine etkilerini Taguchi deney tasarımı yöntemi kullanarak incelemiştir. Altıgen kanatçıklara sahip difüzörün tüm lüle çaplarında Reynolds sayısının ve Nusselt Sayısının arttığını ve daralan-genişleyen difüzör geometrisinde dizilmiş altıgen kanatçıklı ısı değiştiricilerindeki basınç katsayılarının düşük seviyelerde olduğunu bulmuştur [33].

Chamoli (2015), pürüzlendirilmiş dik geometrili bir kanala V profilli delikli levha ekleyerek akış için deneysel çalışma yapmıştır. Değişken parametrelerin optimum değerleri Taguchi yöntemiyle bulmuştur. [34].



Bu tez çalışmasında literatürde kullanılan difüzörlerden farklı olarak değişken parametrelere sahip bir difüzör üzerinde sayısal çalışma yapılmıştır. Difüzör geometrisi (içbükey, dışbükey ve düz), delik geometrisi (silindir, kare ve altıgen) ve difüzör koniklik açısı ( $60^0$ ,  $80^0$  ve  $100^0$ ) gibi parametrelerin basınç düşümü ve akışa olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca Taguchi optimizasyon yöntemi kullanılarak optimum difüzör parametreleri elde edilmiştir.



## 4. MATERYAL ve METOD

Bu tez çalışmasında, klima santrallerinde kullanılan boş hücre için kesik koni profilli delikli difüzör tasarlanmış ve difüzörün akış dağılımına etkisi ve oluşan basınç kayıplarını elde etmek için sayısal analiz gerçekleştirilmiştir. Difüzör geometrileri Solidworks programında elde edilmiş ve Ansys 14.0 paket programı kullanılarak delikli difüzörlü boş hücre için sayısal analizler yapılmıştır.

### 4.1 Tasarım Aşamaları

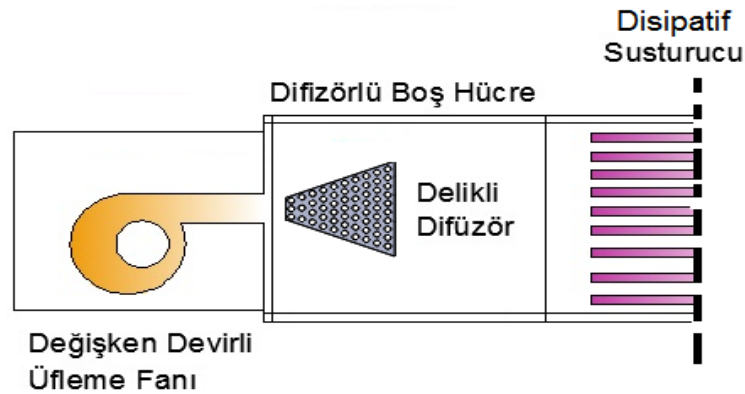
Kesik-koni profilli delikli difüzörlü boş hücre için sayısal analizler ANSYS 14.0 paket programında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üç farklı delik geometrisi (kare, silindir ve altıgen), üç farklı difüzör koniklik açısı ( $\alpha = 60^\circ, 80^\circ$  ve  $100^\circ$ ) ve 3 farklı kesik koni geometrisi (içbükey kesik koni, dışbükey kesik koni ve düz kesik koni) belirlenerek analizler gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan farklı parametrelerin basınç kaybına etkisi ve klima santralindeki boş hücrenin çıkışındaki hız dağılımı sayısal olarak incelenmiştir. Çizelge 4.1.' de difüzör tasarımında kullanılan parametreler verilmiştir.

Çizelge 4.1 Difüzör tasarımında kullanılan parametreler

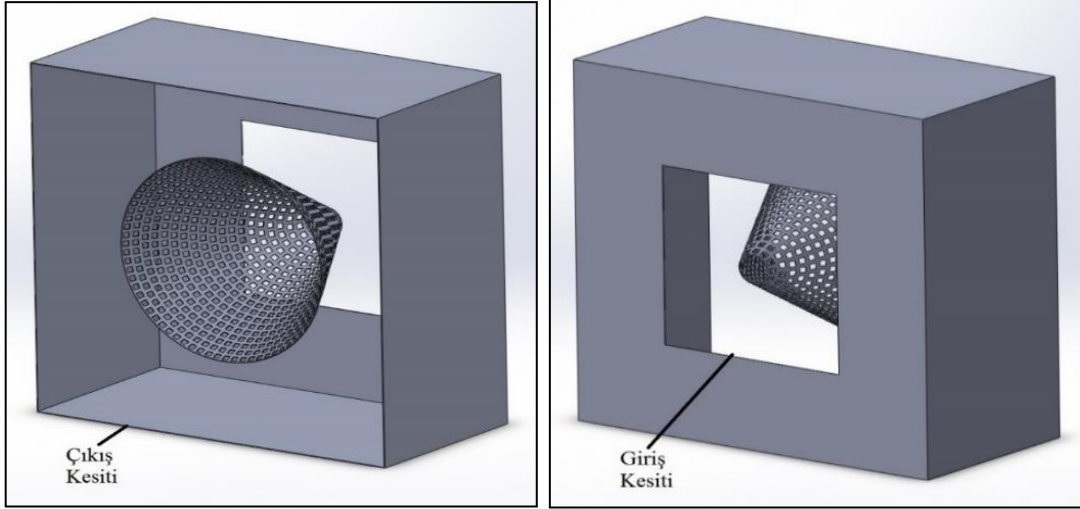
Difüzör Geometrisi	Delik Geometrisi	Difüzör Koniklik Açısı
Düz Kesik Koni	Silindir	$60^\circ$
İçbükey Kesik Koni	Kare	$80^\circ$
Dışbükey Kesik Koni	Altıgen	$100^\circ$

#### 4.1.1. Delikli difüzörlü boş hücre

Sayısal analizlerde, Solidworks programı kullanılarak tasarlanan kesik koni profilli delikli difüzörlü boş hücrenin geometrisi Şekil 4.1' de ve Şekil 4.2' de verilmiştir.

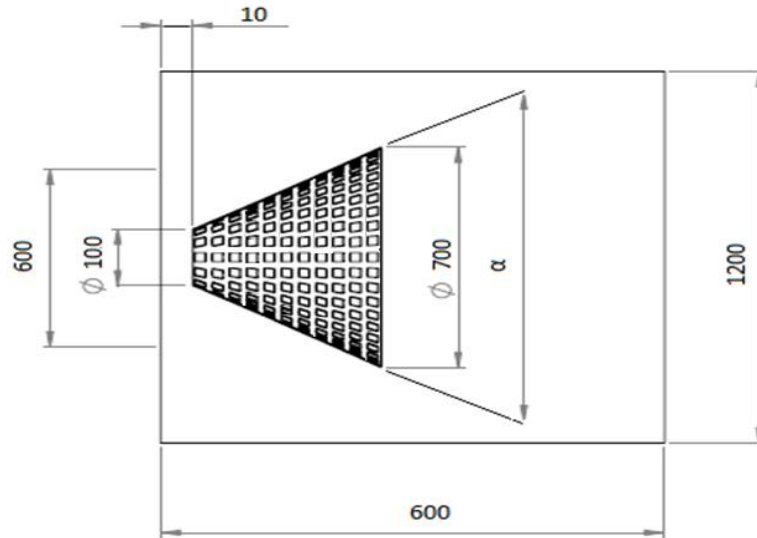


Şekil 4.1 Delikli difüzörlü boş hücre



Şekil 4.2. Kesik düz kesik koni profilli delikli difüzörlü boş hücre

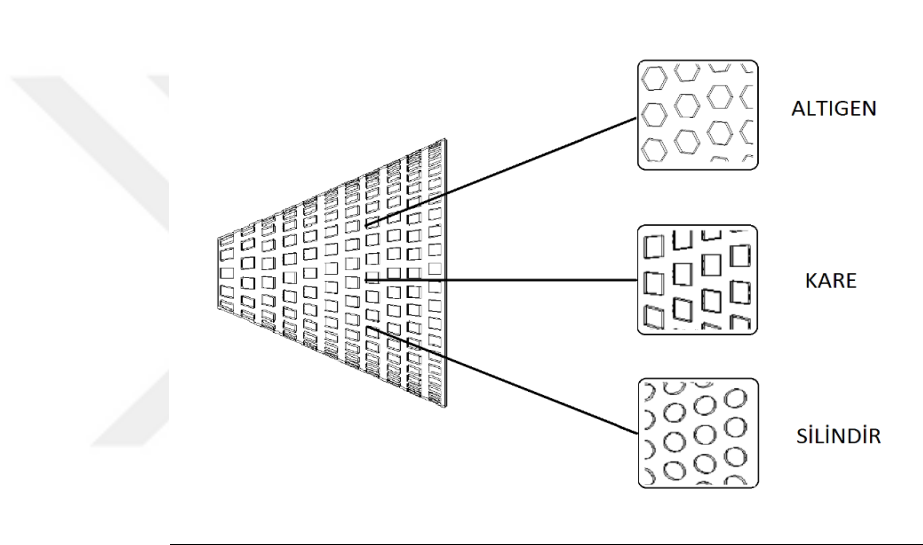
Yapılan çalışmada klima santralindeki boş hücrenin ölçüleri 1200 mm x 1200 mm boyunda ve genişliğinde, boş hücrenin derinliği de 600 mm olarak belirlenmiştir. Havanın fan hücrelerinden boş hücreye girdiği kesitin ölçüleri 600 mm x 600 mm genişliğindedir. Delikli difüzör, havanın giriş kesitinden havanın çıkış kesitine doğru 10 mm ileride olacak şekilde monte edilmiş (600 mm x 600 mm' lik kesit alanından 1200 mm x 1200 mm' lik kesit alanına). Difüzörün giriş kesiti  $\text{Ø}100$  mm ve çıkış kesiti  $\text{Ø}700$  mm boyutlarında tasarlanmıştır ve difüzör klima santralindeki boş hücrenin tam ortasına yerleştirilmiştir. Difüzör üzerine yerleştirilen delikler silindir ( $\text{Ø}20$  mm), altıgen (11.17 mm x 6) ve kare (18 mm x 18 mm) geometriye sahiptir. Delikli difüzörlü boş hücrenin teknik resim bilgileri Şekil 4.2' de gösterilmiştir. Şekil 4.2' de ve Şekil 4.4' te gösterilen  $\alpha$  sembolü delikli difüzörün koniklik açısını belirtmektedir.



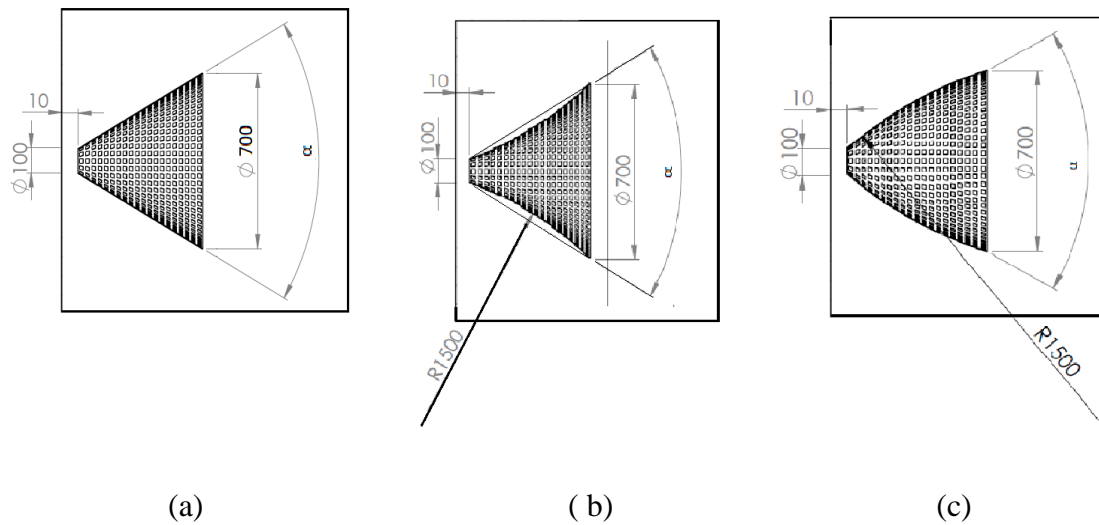
Şekil 4.3. Delikli düz kesik koni profilli difüzörlü boş hücrenin teknik detayları

## 4.2. Değişken Parametreler

Bu çalışmada, difüzör geometrisi, delik geometrisi ve koniklik açısı  $\alpha$  olarak üç farklı parametre belirlenmiştir. Kesik koni profilli difüzörler üzerine açılan delik geometrisi Şekil 4.3'te görüldüğü gibi; kare, silindir ve altıgen olarak belirlenmiştir. Porozite (açıklık oranı, perforasyon oranı); difüzörün yüzeylerindeki bütün deliklerin toplam alanının, deliklerin bulunduğu yüzeylerin toplam alanına oranı olarak tanımlanmaktadır. Difüzör geometrisi içbükey kesik koni, düz kesik koni ve dışbükey kesik koni olarak tasarlanmış ve içbükey ve dışbükey kesik koninin eğrilik yarıçapı 1500 mm olarak tasarlanmıştır. Şekil 4.4'te difüzör geometrileri verilmiştir.



Şekil 4.4. Difüzör delik geometrileri



Şekil 4.5. Düz kesik koni (a), içbükey kesik koni ve dışbükey kesik koni profilli difüzör geometrileri

### 4.3. Sayısal Modelleme

#### 4.3.1. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi (HAD)

Yapılan sayısal çalışmada, Solidworks programında tasarlanan geometrilerin akış analizleri ANSYS-Fluent 14.0 programında gerçekleştirilmiştir.

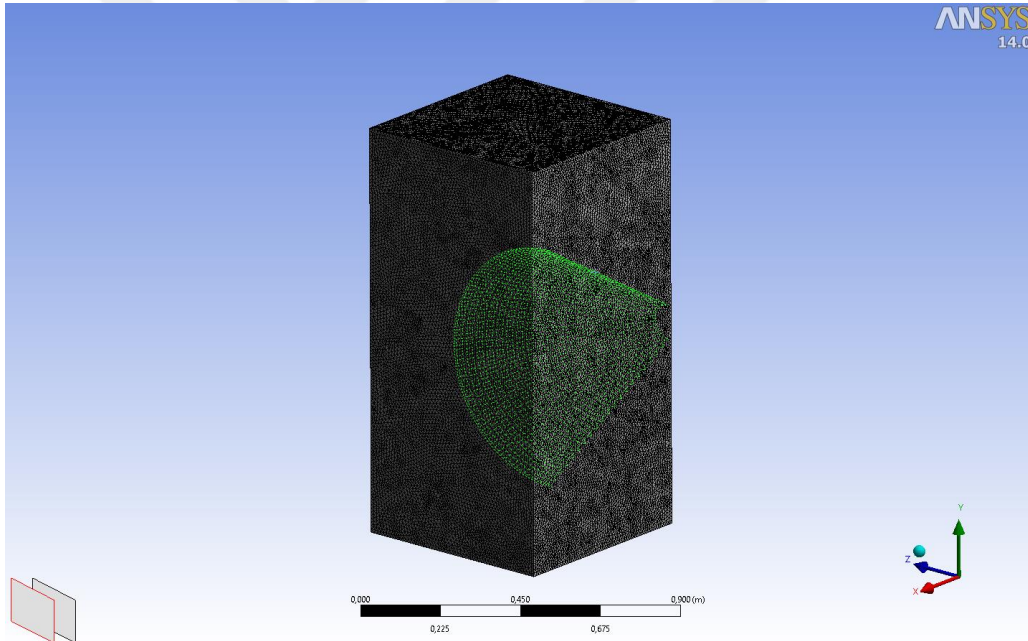
ANSYS-Fluent programında, akışkan olarak hava seçilmiştir. Havanın klima santralinin boş hücresine girdiği kesit (600 mm x 600 mm' lik) için 'velocity-inlet' tanımlanmıştır ve giriş hızı 8.2 m/s olarak belirlenmiştir. Akış zamandan bağımsız (Steady) olarak girilmiştir. Havanın boş hücreden çıktığı kesit (1200 mm x 1200 mm' lik) için 'pressure-outlet' tanımlanmıştır. 'Pressure-outlet' sınır şartı tanımlanan boş hücrenin çıkış bölümündeki statik basınç 700 Pa olarak girilmiştir. Klima santralinde kullanılan boş hücre malzemesi olarak alüminyum seçilmiş ve 'wall' sınır şartı boş hücrenin yüzeylerine tanımlanmıştır. "Wall" sınır koşulu için yüzey pürüzlülüğü 0.0032 mm (0,0032 değeri Alüminyum malzemenin yüzey pürüzlülüğüdür) olarak alınmıştır [35]. Ağ eleman boyutu ve türbülans modeli literatürde benzer bir çalışmadan alınmıştır. Literatürde kullanılan [6] parametrelere göre, ağ elemanı boyutu (mesh yapısı) 0.01 m belirlenmiş ve türbülans modeli olarak standart k-ε modeli seçilmiştir. Probleme tanımlanan sınır koşulları Çizelge 4.2' de verilmiştir. Tanımlanan sınır koşullarına göre girilen özellikler Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. ANSYS-Fluent paket programının oluşturulan sayısal modelin mesh yapısı Şekil 4.5' te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Probleme tanımlanan sınır koşulları

Parametreler	Tanımlanan Sınır Koşulları
Hava Giriş Kesiti (600mmx600mm)	velocity-inlet
Hava Çıkış Kesiti (1200mmx1200mm)	pressure-outlet
Boş Hücrenin Duvarları	wall

Çizelge 4.3. Problemdede girilen özellikler

Parametreler	Girilen özellikleri
Giriş Hızı (velocity-inlet)	8,2 m/s
Çıkış Basıncı (pressure-outlet)	700 Pa
Boş Hücre Duvarının Yüzey Pürüzlülüğü (Wall)	0,0032
Ağ Eleman Boyutu (Mesh Boyutu)	0.01 m
Akışkan türü ve Boş Hücre Malzemesi	Hava (Air) / Alüminyum(Aluminum)
Seçilen Türbülans Modeli	Standart k-ε
Akış Türü	Zaman Bağımsız (Steady)



Şekil 4.6. Sayısal analizde kullanılan mesh (ağ) yapısı

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 [36].

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

Atalet kuvvetleri = basınç kuvveti + sürtünme kuvveti + kütleli kuvvetler

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

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

#### 4.3.1.1 Türbülans modeli seçimi

Bir türbülans modelini, akış karakteristiğini tanımlayan temel denklemleri çözebilmek için gerekli olan hesaplama işlemi olarak tanımlanabilir. Son yıllarda iki denklemlilik model k-ε ve Reynolds Gerilme Modeli ticari yazılımlarda en çok kullanılan yöntemlerdir. Endüstriyel uygulamaların çoğunda standart k-ε modeli yeterli çözümler sağlamasına rağmen daha özel akış problemlerinin karşılaşıldığı durumlarda optimum türbülans modelini belirlemek gerekebilir [6,37].

Standart k-ε türbülans modeli Reynolds ortalama ve iki denklem içeren yarı ampirik bir model ifade etmektedir. Literatürde standart k-ε türbülans modeli ile gerçekleştirilen akış analizlerinde doğru ve doğruya çok yakın sonuçların elde edildiği görülmüştür. Standart k-ε türbülans modelinin akış üzerine yapılan çalışmalarındaki doğruluğundan dolayı bu çalışmada sayısal model olarak seçilmiştir.

Hesaplamalı akışkanlar dinamiğinde farklı türdeki türbülanslı akışlar farklı türbülans modellerinin uygulanmasını gerektirmektedir. Türbülans tipinin bilinmediği durumlarda analiz başlangıcı olarak türbülans modelinin Standart k-ε türbülans modelinin seçilmesi önerilmektedir. Standart k-ε türbülans modeli, endüstriyel uygulamalarda bir fiili standart olmuştur ve halen endüstriyel hesaplamalarda kullanılmaktadır [6,37].

#### 4.3.1.1.1. Standart $k - \varepsilon$ türbülans modeli

İki denklemlili 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 ( $\varepsilon$ ) için yazılan iki adet transport denkleminin çözümü ve türbülans viskozitesinin ( $\mu_t$ ) hesabını içerir. Kaldırma kuvvetleri etkisi ihmal edildiğinde, bu transport denklemleri  $k$  ve  $\varepsilon$  için sırası ile Denklem 4.4 ve Denklem 4.5’de verilen şekilde yazılabilir [38].

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

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

Bu denklemlerde: “Standart  $k - \varepsilon$ ” 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 [24].

#### 4.3.2. Optimum geometrinin bulunması ve sayısal analizler

Klima santrallerinde bulunan boş hücrelerdeki akışı yaymak için tasarlanan kesik koni profilli difüzör ile daha kısa mesafede tam gelişmiş türbülanslı akış elde etmek amaçlanmıştır. Ancak fan çıkış kesitinde difüzör kullanımı boş hücredeki basınç kayıplarını arttıracaktır. En iyi akış dağılımı ve en düşük basınç kaybının elde edileceği difüzörü tasarlamak ve analizini gerçekleştirmek çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bir çok parametreye sahip olan difüzör tasarımı için optimum geometriyi bulmak amacıyla; Taguchi optimizasyon yöntemi kullanılmıştır. Optimum geometrik modeli bulabilmek için; Taguchi Optimizasyon yöntemi ile parametre ve seviye sayılarına göre ortogonal dizilim türü belirtilerek “en iyileme” işlemi yapılır. Bu çalışmada basınç kaybının en az olması istenildiği için “en küçük en iyi” amacına göre optimizasyon işlemi yapılacaktır. Parametre ve seviyeler belirlenerek optimizasyon işlemi yapılmaktadır. Parametre ve seviyeler, difüzör ve santral geometrisi ile akış özellikleri arasındaki değişkenlerden seçilerek bulunmuştur [6].

##### 4.3.2.1. Taguchi optimizasyon yöntemiyle optimum geometrinin bulunması

Optimizasyon işleminde parametre seçimi önemlidir. Akış esnasında oluşabilecek basınç kayıplarını etkileyecek parametreler seçilmez. Bu nedenle difüzör geometrisiyle ilgili olan aşağıda belirtilen parametreler optimizasyon için kullanılmıştır.



- *Difüzör koniklik açısı (a)* : Difüzör geometrisinin sahip olduğu koniklik açısını belirtir.
- *Difüzör Geometrisi (t)*: İçbükey kesik koni, Dışbükey kesik koni ve düz kesik koni profilli difüzör geometrisi olarak tanımlanmıştır.
- *Delik geometrisi (s)* : difüzöre yerleştirilen üç farklı delik geometrisini (kare, silindir ve altıgen) belirtir.

Yukarıdaki belirtilen parametrelerin Taguchi Optimizasyonuna uygulanabilmesi için uygun bir Taguchi seviyesi belirlenmelidir. Bu seviye, belirlenen parametrelerin akış esnasında alabilecekleri değerleri ifade etmektedir. Bu değerlerin gerçekçi olmalı ve akış sırasında basınç kaybını azaltıcı etkiye sahip olması istenmektedir.

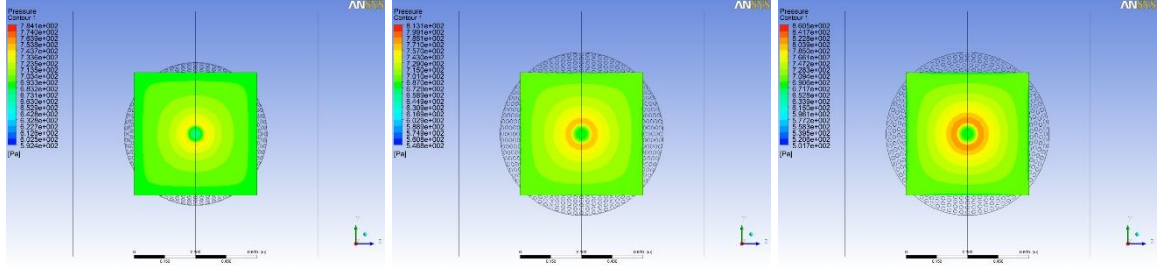


## 5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Bu tez çalışmasında, literatürde rastlanan klima santrallerindeki boş hücreler için tasarlanan V-profilli kare delikli difüzörden farklı olarak üç farklı kesik koni geometrisi, üç farklı delik geometrisi ve üç farklı difüzör koniklik açısı kullanılarak kesik koni profilli delikli difüzör tasarlanmıştır. Tasarlanan kesik koni profilli delikli difüzör klima santralindeki boş hücreye yerleştirilerek basınç-akış dağılımları ve basınç kayıpları HAD (hesaplama akışkanlar dinamiği) yazılımı olan Ansys-Fluent programında sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal analizde kullanılan parametreler deneysel çalışmaya göre seçilmiştir. Hava giriş hızı 8.2 m/s, çıkış basıncı 700 Pa olarak girilmiştir. Literatürde benzer çalışmada olduğu gibi [6], ağ eleman boyutu (mesh yapısı) 0,01m ve türbülans modeli standart k-  $\epsilon$  olarak seçilmiştir. Kullanılan akışkan olarak hava ve boş hücre malzemesi olarak Alüminyum seçilmiştir. Boş hücre için yüzey pürüzlülüğü 0.0032 olarak girilmiştir. Ansys-Fluent programında tanımlanan sınır koşulları ve programa girilen parametre ve özellikler çizelgelerde verilmiştir (Çizelge 4.2, Çizelge 4.3). Sayısal analizlerin sonucunda elde edilen veriler Taguchi Optimizasyon yönteminde kullanılarak optimum difüzör parametreleri elde edilmiştir.

### 5.1. Sayısal Analiz ve Sonuçları

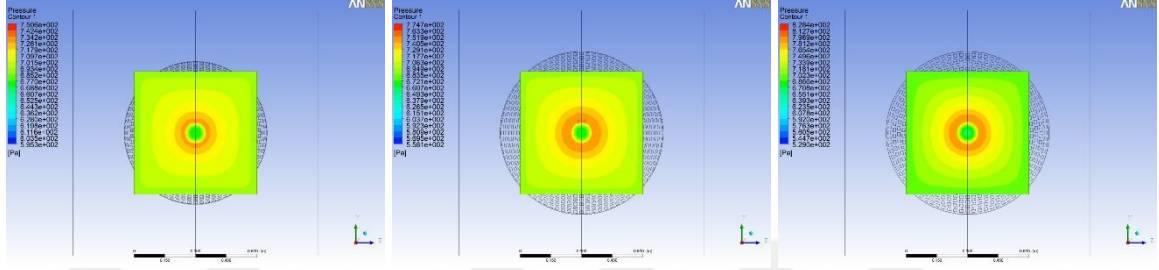
İlk olarak düz kesik koni profilli farklı delik geometrili difüzör için sayısal çalışmalar yapılmıştır. Şekil 5.1.' de giriş kesitindeki basınç dağılımları görülmektedir. Kare delikli kesik koni profilli difüzörlerde en düşük basınç kayıplarının elde edilmiştir ancak Şekil 5.1.' de en düzgün basınç dağılımlarının silindir delikli difüzörlerde olduğu görülmektedir.



a) 60° Silindir Delikli

b) 80° Silindir Delikli

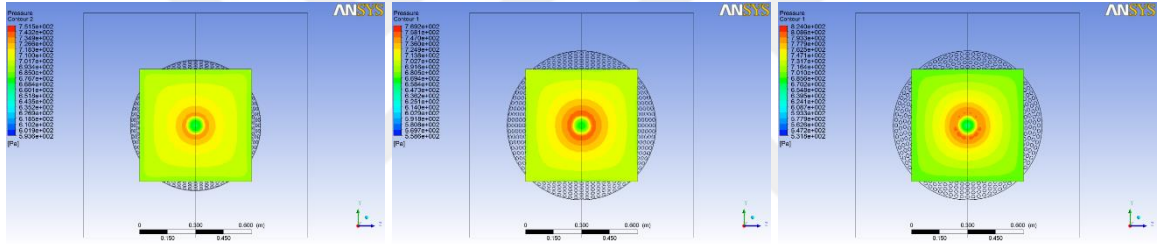
c) 100° Silindir Delikli



d) 60° Kare Delikli

e) 80° Kare Delikli

f) 100° Kare Delikli



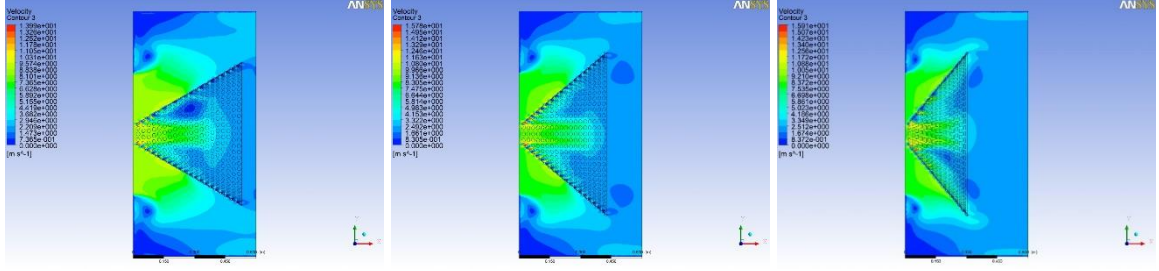
g) 60° Altıgen Delikli

h) 80° Altıgen Delikli

ı) 100° Altıgen Delikli

Şekil 5.1. a) 60° Silindir delikli, b) 80° Silindir delikli, a) 100° Silindir delikli d) 60° Kare delikli, e) 80° Kare delikli, f) 100° Kare delikli, g) 60° Altıgen delikli, h) 80° Altıgen delikli ve ı) 100° Altıgen delikli düz kesik koni profilli difüzör için çıkıştaki basınç dağılımları

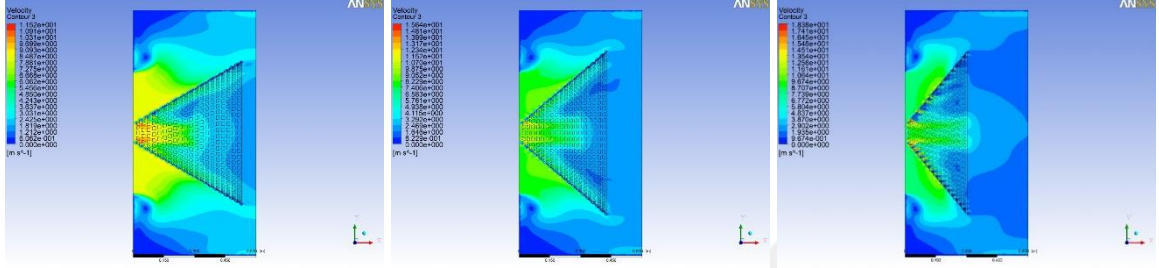
Şekil 5.2' de düz kesik koni profilli difüzörün orta düzlemindeki hız dağılımları tüm delik geometrileri için verilmiştir. Düz kesik koni profilli difüzör için silindir, kare ve altıgen delik geometrilerinin orta düzlemindeki akış dağılımları incelendiğinde, altıgen delikli difüzör geometrisinde daha düzgün olduğu görülmektedir. Tüm delik geometrileri için koniklik açısı arttıkça akışın daha homojen olduğu elde edilmiştir.



a) 60° Silindir Delikli

b) 80° Silindir Delikli

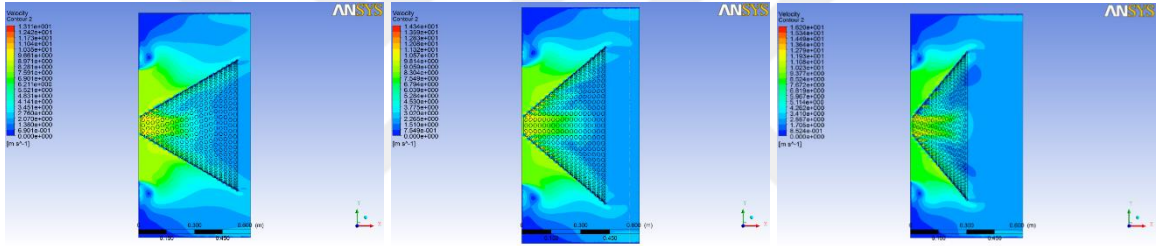
c) 100° Silindir Delikli



d) 60° Kare Delikli

e) 80° Kare Delikli

f) 100° Kare Delikli



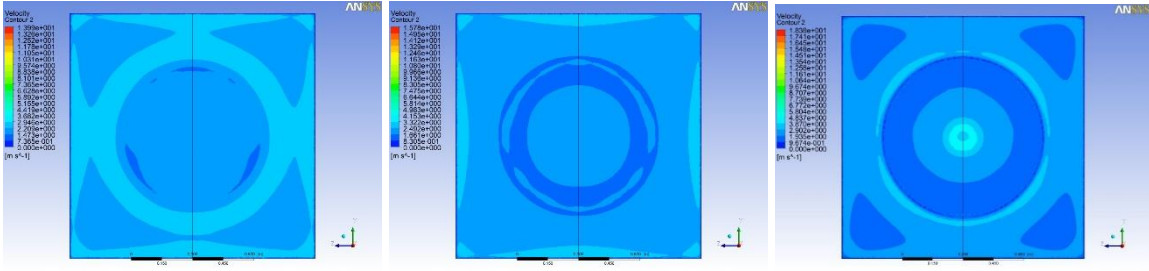
g) 60° Altıgen Delikli

h) 80° Altıgen Delikli

i) 100° Altıgen Delikli

Şekil 5.2. a) 60° Silindir delikli, b) 80° Silindir delikli, a) 100° Silindir delikli d) 60° Kare delikli, e) 80° Kare delikli, f) 100° Kare delikli, g) 60° Altıgen delikli, h) 80° Altıgen delikli ve i) 100° Altıgen delikli düz kesik koni profilli difüzör için orta düzlemdeki hız dağılımları

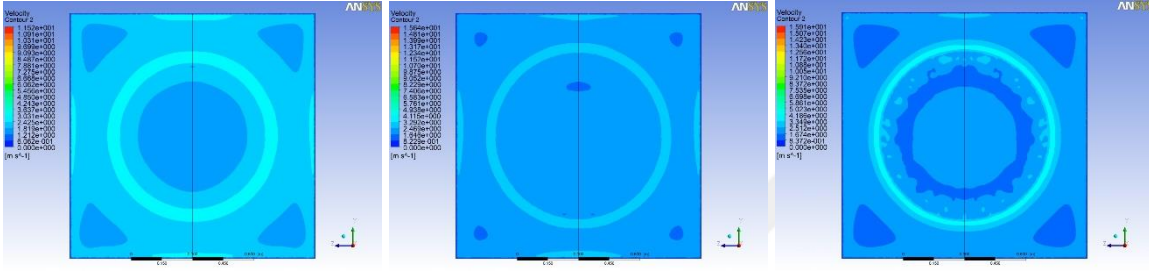
Şekil 5.3' te düz kesik koni profilli difüzörün çıkış kesindeki hız dağılımları tüm delik geometrileri için verilmiştir. Tüm delik geometrileri için difüzör bitiminin 50 mm önünden alınan görüntülerin akış dağılımları incelendiğinde, altıgen delikli difüzör geometrisinin akış dağılımının diğer delik geometrilerinin akış dağılımlarından daha düzgün olduğu görülmektedir. Tüm delik geometrileri için koniklik açısı arttıkça akışın daha homojen olduğu elde edilmiştir.



a) 60° Silindir Delikli

b) 80° Silindir Delikli

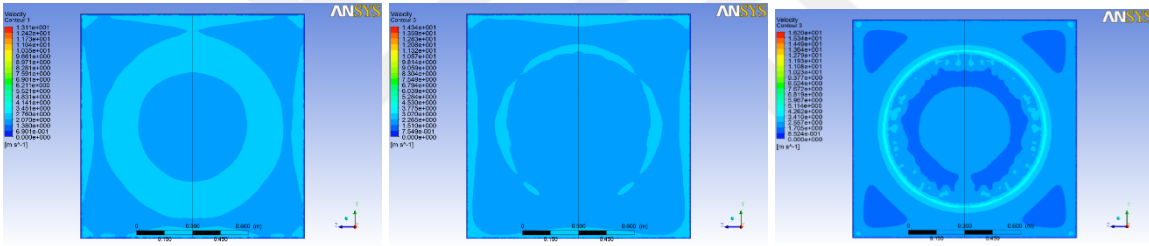
c) 100° Silindir Delikli



d) 60° Kare Delikli

e) 80° Kare Delikli

f) 100° Kare Delikli



g) 60° Altıgen Delikli

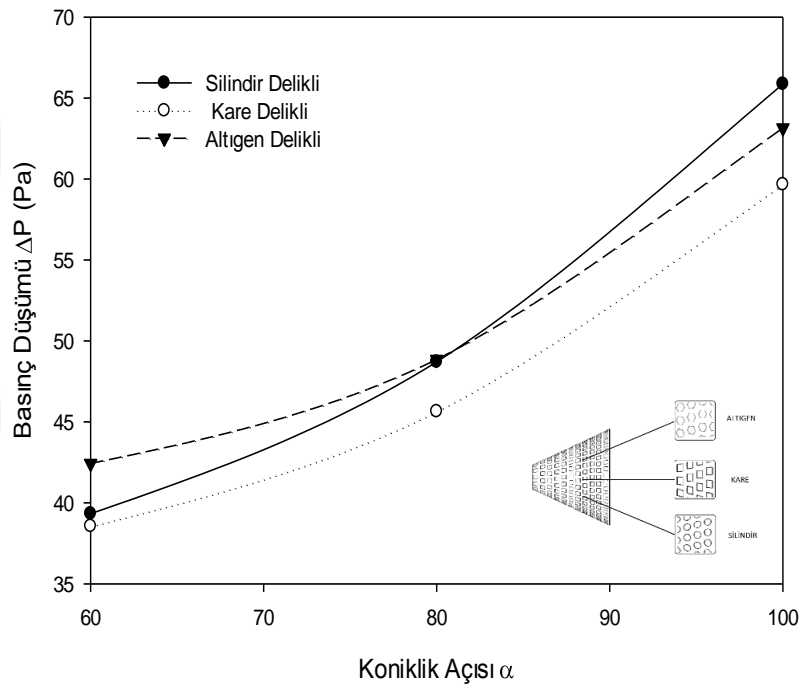
h) 80° Altıgen Delikli

i) 100° Altıgen Delikli

Şekil 5.3. a) 60° Silindir delikli, b) 80° Silindir delikli, a) 100° Silindir delikli d) 60° Kare delikli, e) 80° Kare delikli, f) 100° Kare delikli, g) 60° Altıgen delikli, h) 80° Altıgen delikli ve i) 100° Altıgen delikli düz kesik koni profilli difüzör için girişteki hız dağılımları

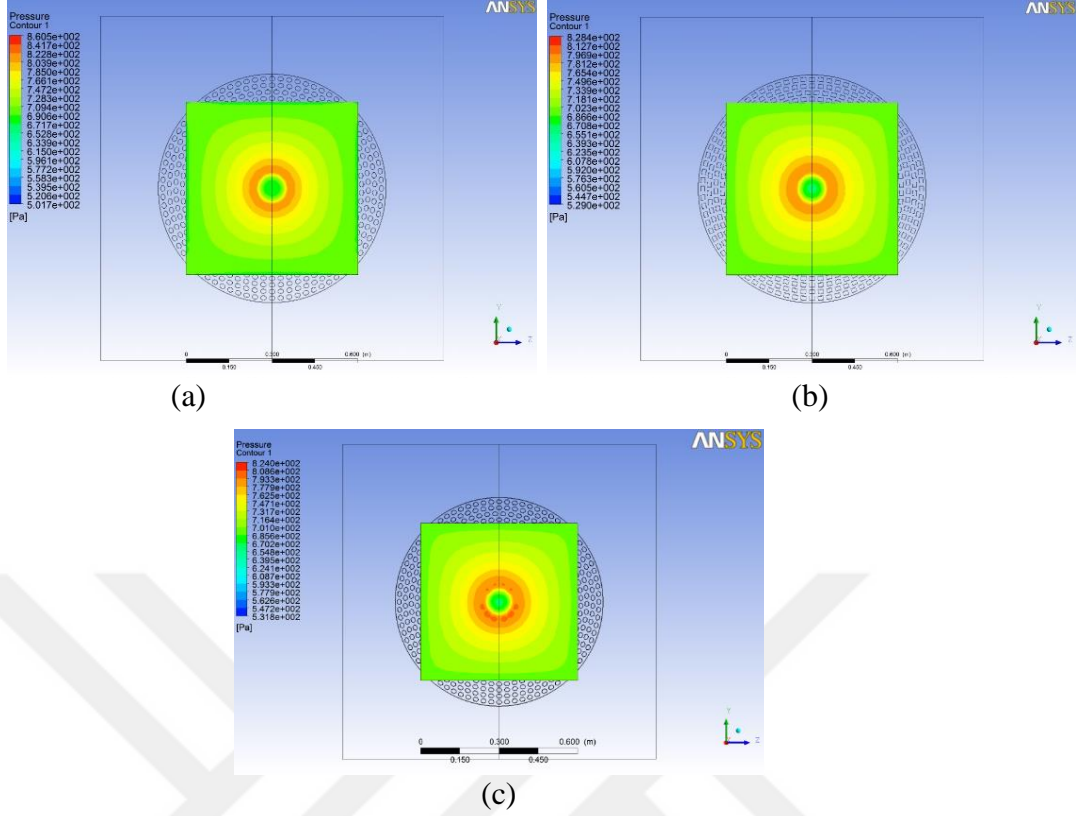
ANSYS programında gerçekleştirilen analizler sonucunda, silindir, kare ve altıgen delikli düz kesik koni profilli difüzör için elde edilen basınç kaybı Şekil 5.4’ te verilmiştir. Bütün difüzörler için, koniklik açısı arttığında akışa karşı bir engel teşkil ettiğinden basınç kayıplarının arttığı görülmüştür. En küçük koniklik açılı düz kesik koni profilli difüzörde, akışa karşı gösterilen direnç azaldığından en düşük basınç kaybına sebep olmuştur.

Difüzör delik geometrisi bakımından incelendiğinde düz kesik koni profilli difüzör için kare delik geometrili difüzörün tüm koniklik açılarında basınç kayıplarının en az olduğu elde edilmiştir (Şekil 5.4).



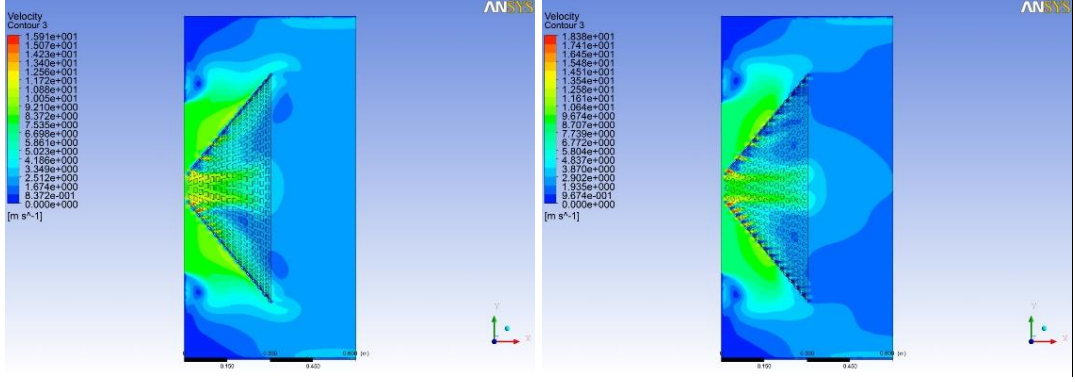
Şekil 5.4. Farklı delik geometrileriyle oluşturulan düz kesik koni profilli difüzör için farklı koniklik açılarında oluşan basınç kayıpları

Şekil 5.5’ te silindir, kare ve altıgen gözenekli düz kesik koni profilli difüzör için koniklik açısının  $\alpha=100^\circ$  olması durumunda basınç dağılımları görülmektedir. Klima santrallerindeki boş hücre fan giriş kesitinden alınan görüntülerde, silindir delikli düz kesik koni profilli difüzör en düzgün basınç dağılımını verdiği görülmektedir.



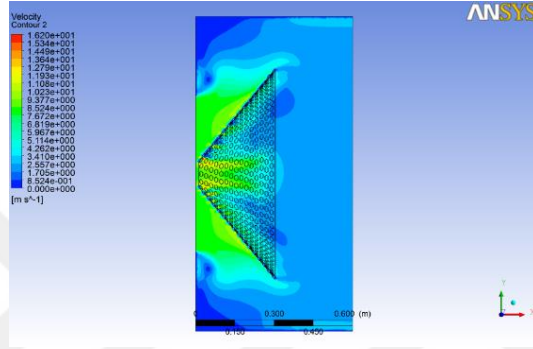
Şekil 5.5. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli düz kesik profilli difüzörün  $100^\circ$  difüzör açıklığı için girişteki basınç dağılımı

Şekil 5.6' da ve Şekil 5.7' de koniklik açısının  $\alpha=100^\circ$  olması durumunda silindir, kare ve altıgen gözenekli düz kesik koni profilli difüzör için elde edilen orta düzlemdeki ve çıkıştaki hız dağılımları gösterilmiştir. Klima santrallerindeki boş hücre içerisine yerleştirilen kesik koni profilli difüzörün 50 mm sonrasında ve difüzörün orta düzleminden alınan görüntülerde, altıgen delik geometrili düz kesik koni profilli difüzörde hız dağılımının diğer delik geometrilerinden daha düzgün olduğu elde edilmiştir. Şekil 5.6' da ve Şekil 5.7' de kare ve silindir delik geometrili kesik koni profilli difüzörlerdeki hız dağılımlarının daha düzensiz olduğu tespit edilmiştir.



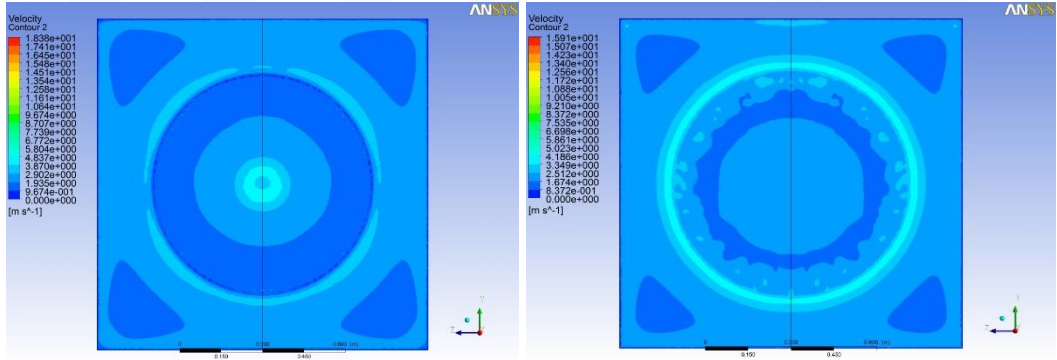
(a)

(b)



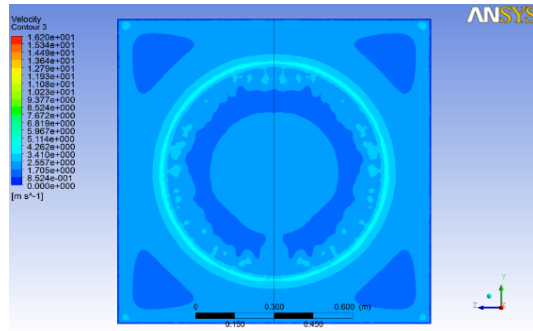
(c)

Şekil 5.6. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli düz kesik profilli difüzörün 100° difüzör açıklığı için orta düzlemdeki hız dağılımı



(a)

(b)

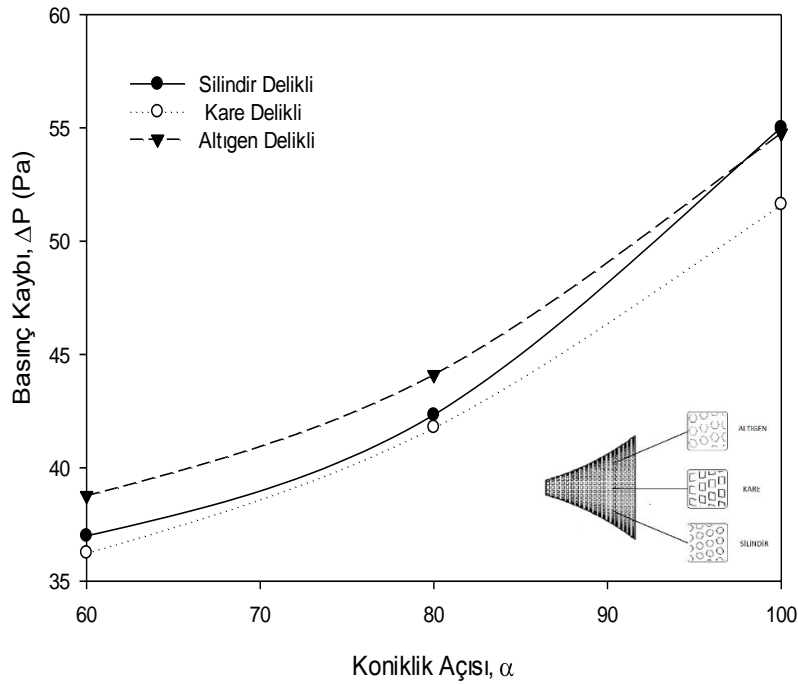


(c)

Şekil 5.7. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli düz kesik profilli difüzörün 100° difüzör açıklığı için çıkıştaki hız dağılımı

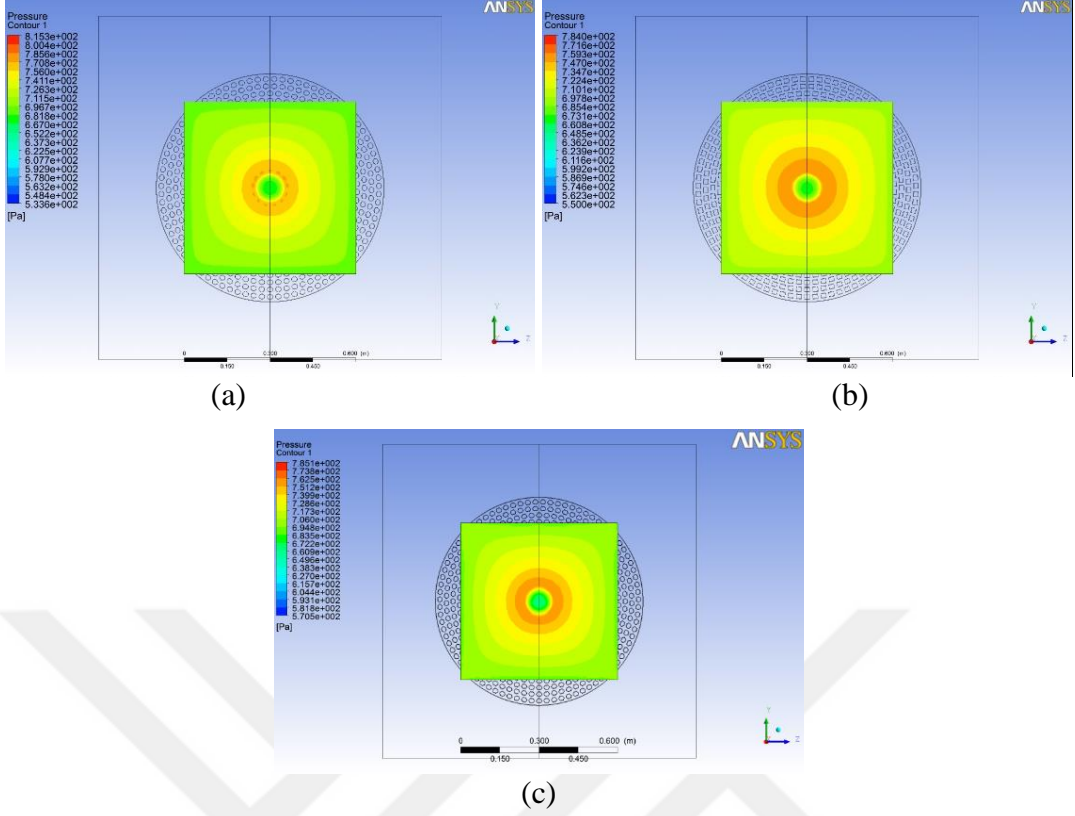


Sayısal çalışmanın ikinci kısmında içbükey kesik koni profilli farklı delik geometrileri için analizler gerçekleştirilmiştir. ANSYS-Fluent programında yapılan analizlerin sonucunda silindir, kare ve altıgen delikli içbükey kesik koni profilli difüzör için elde edilen basınç kaybı Şekil 5.8’ de verilmiştir. Tüm difüzör delik yapısında da koniklik açısının artmasıyla akışa olan direnç daha da arttığından basınç kaybını artmıştır. En küçük koniklik açılı içbükey kesik koni profilli difüzörün akışa gösterilen direnç azaldığı için en düşük basınç kaybına sebep olmuştur. Difüzör delik tipi açısından incelendiğinde kare delikli difüzör basınç kayıpları açısından daha iyi sonuç vermiştir (Şekil 5.8).



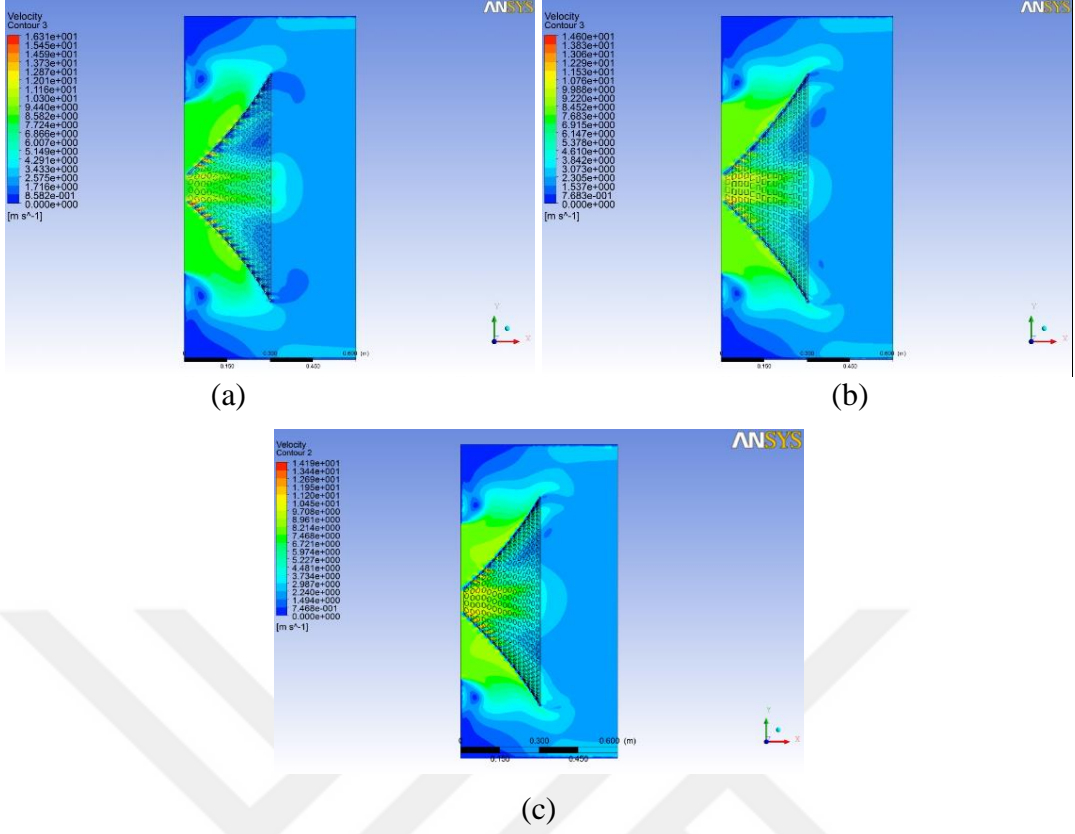
Şekil 5.8. Farklı delik geometrileriyle oluşturulan içbükey kesik koni profilli difüzör için farklı koniklik açılarında oluşan basınç kayıpları

Şekil 5.9’ da silindir, kare ve altıgen gözenekli içbükey kesik koni profilli difüzör için koniklik açısının  $\alpha=100^\circ$  olması durumunda basınç dağılımları görülmektedir. Klima santrallerindeki boş hücre giriş kesitinden alınan görüntülerde, silindir delikli içbükey kesik koni profilli difüzör en düzgün basınç dağılımını verdiği görülmüştür.

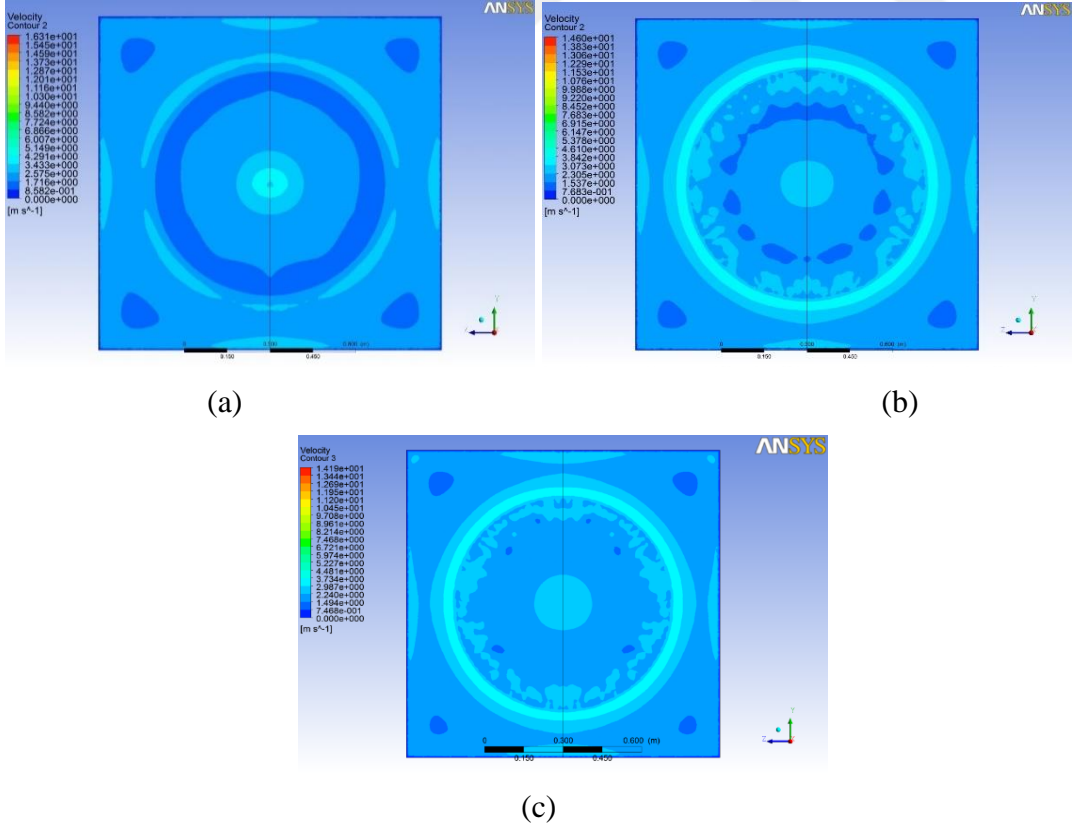


Şekil 5.9. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli içbükey kesik profilli difüzörün  $100^\circ$  difüzör açılışı için girişteki basınç dağılımı

Şekil 5.10' da ve Şekil 5.11' de koniklik açısının  $\alpha=100^\circ$  olması durumunda silindir, kare ve altıgen gözenekli içbükey kesik koni profilli difüzör için elde edilen orta düzlemdeki ve çıkıştaki hız dağılımları gösterilmiştir. Klima santrallerindeki boş hücre içerisine yerleştirilen kesik koni profilli difüzörün 50 mm sonrasında ve difüzörün orta düzleminden alınan görüntülerde, altıgen delik geometrili içbükey kesik koni profilli difüzörde hız dağılımının diğer delik geometrilerinden daha düzgün olduğu görülmüştür. Şekil 5.10' da ve Şekil 5.11' de kare ve silindir delik geometrili kesik koni profilli difüzörlerin hız dağılımlarının daha düzensiz olduğu tespit edilmiştir.

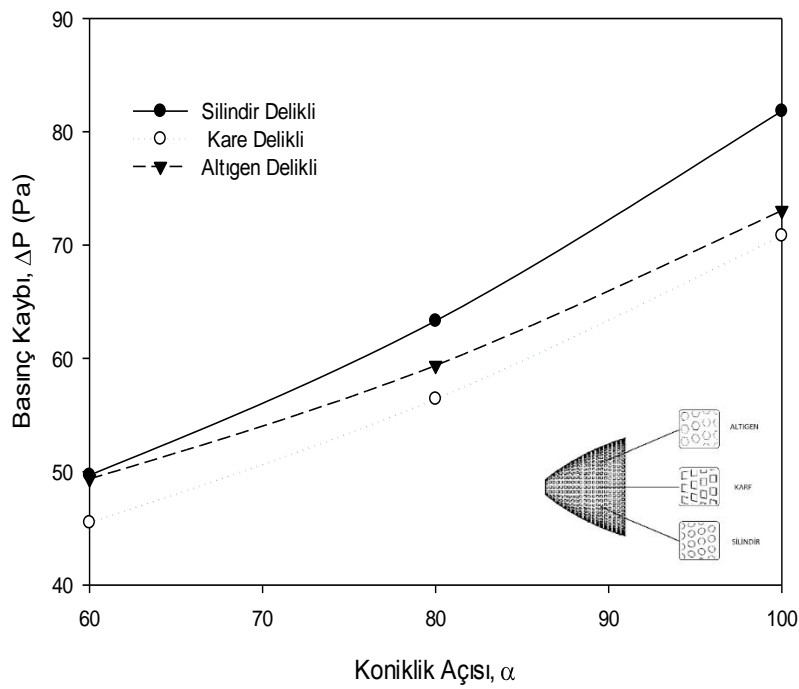


Şekil 5.10. Silindirik (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli içbükey kesik profilli difüzörün  $100^\circ$  difüzör açığı için orta düzlemdeki hız dağılımı



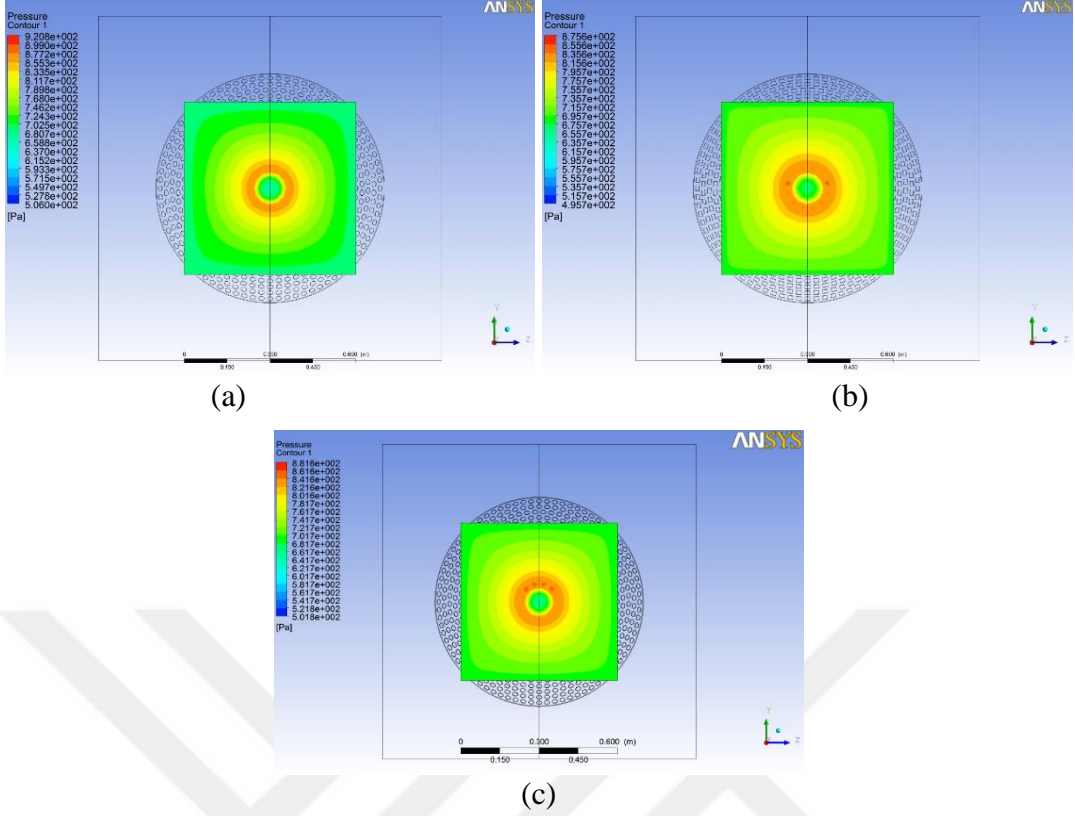
Şekil 5.11. Silindirik (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli içbükey kesik profilli difüzörün  $100^\circ$  difüzör açığı için çıkıştaki hız dağılımı

Sayısal çalışmada son olarak dışbükey kesik koni profilli farklı delik geometrili difüzör için sayısal çalışmalar yapılmıştır. ANSYS-Fluent programında yapılan analizler sonucunda, silindir, kare ve altıgen delikli dışbükey kesik koni profilli difüzör için elde edilen basınç kaybı Şekil 5.12’ de verilmiştir. Bütün difüzör delik geometrisinde de difüzör koniklik açısının artmasıyla akışa olan direnç arttığından basınç kaybı artmıştır. En küçük koniklik açılı dışbükey koni profilli difüzörün akışa gösterdiği direnç azaldığı için en düşük basınç kaybına sebep olmuştur. Difüzör delik tipi geometrisi açısından incelendiğinde kare delik geometrili difüzörün basınç kayıpları bakımından daha iyi sonuç verdiği görülmüştür (Şekil 5.12).



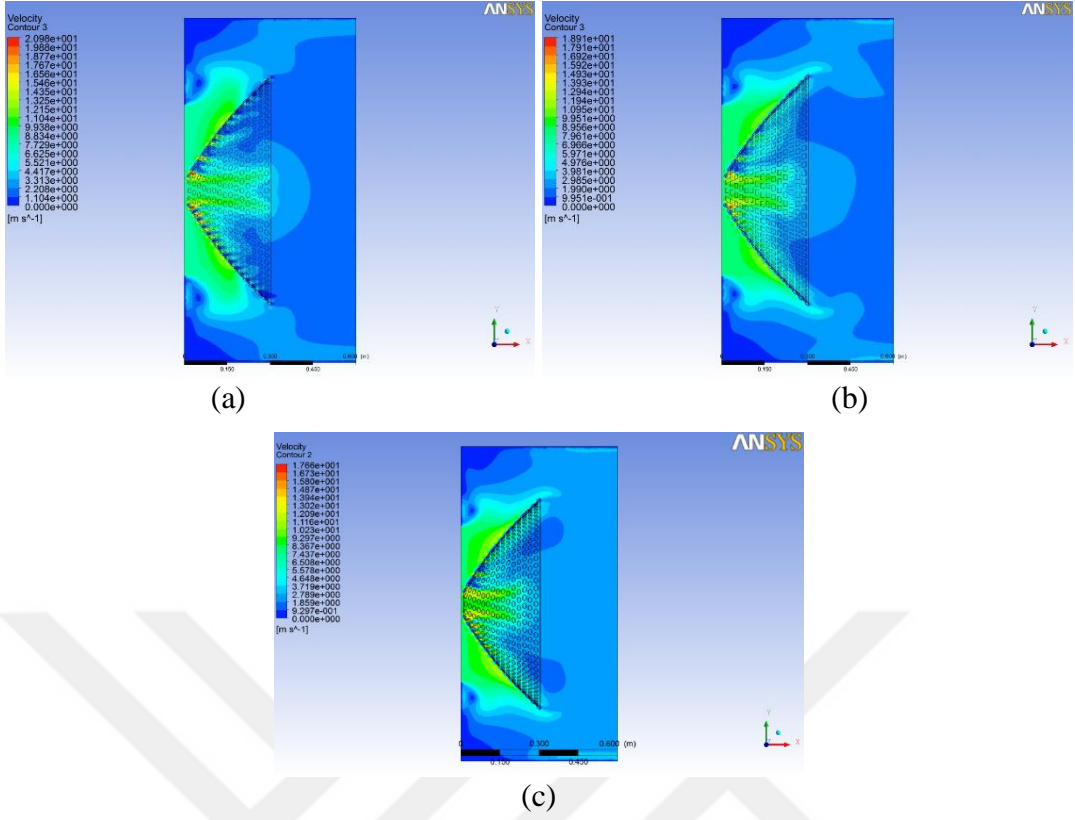
Şekil 5.12. Farklı delik geometrileriyle oluşturulan dışbükey kesik koni profilli difüzör için farklı koniklik açılarında oluşan basınç kayıpları

Şekil 5.13’ de silindir, kare ve altıgen gözenekli dışbükey kesik koni profilli difüzör için koniklik açısının  $\alpha=100^\circ$  olması durumunda basınç dağılımları görülmektedir. Klima santrallerindeki boş hücre giriş kesitinden alınan görüntülerde, silindir delikli dışbükey kesik koni profilli difüzör en düzgün basınç dağılımını verdiği görülmüştür.

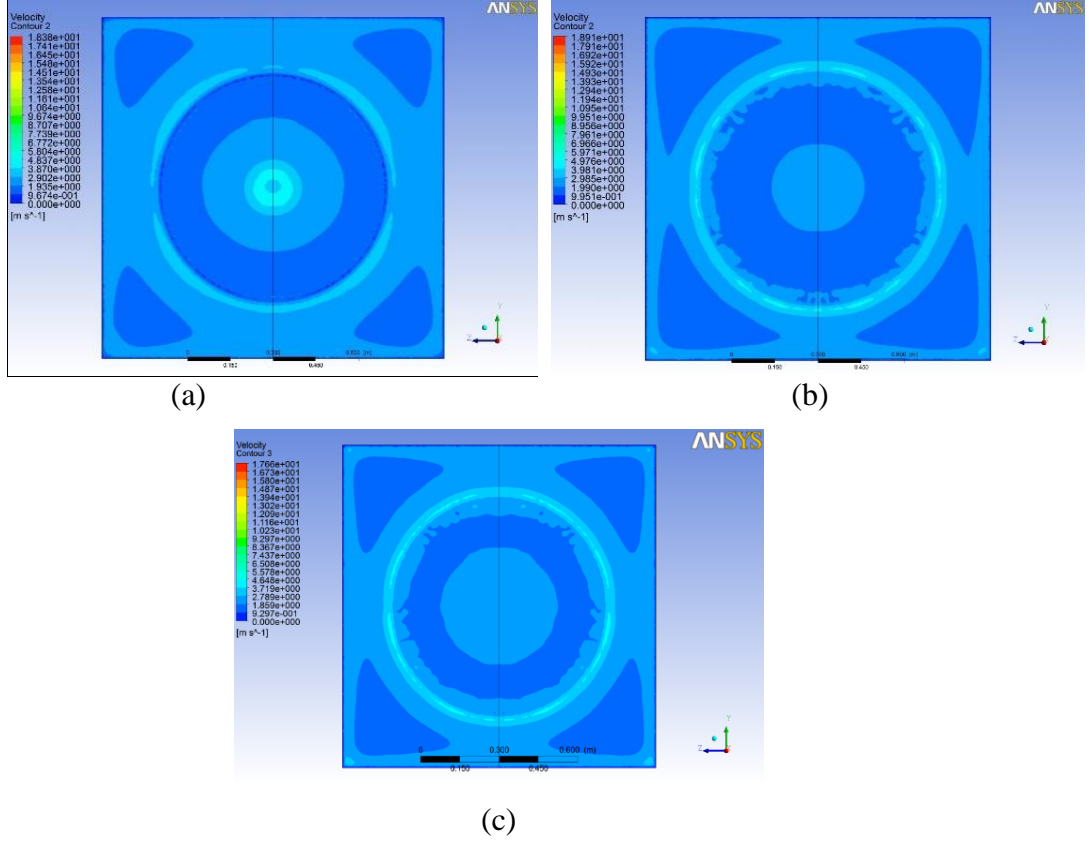


Şekil 5.13. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli dışbükey kesik profilli difüzörün  $100^\circ$  difüzör açıklığı için girişteki basınç dağılımı

Şekil 5.14' te ve Şekil 5.15.'de koniklik açısının  $\alpha=100^\circ$  olması durumunda silindir, kare ve altıgen gözenekli dışbükey kesik koni profilli difüzör için elde edilen orta düzlemdeki ve çıkıştaki hız dağılımları gösterilmiştir. Klima santrallerindeki boş hücre içerisine yerleştirilen kesik koni profilli difüzörün 50 mm sonrasında ve difüzörün orta düzleminde alınan görüntülerde, altıgen delik geometrili dışbükey kesik koni profilli difüzörde hız dağılımının diğer delik geometrilerinden daha düzgün olduğu görülmüştür. Şekil 5.14' te ve Şekil 5.15' de kare ve silindir delik geometrili kesik koni profilli difüzörlerdeki akış dağılımının daha düzensiz olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.14. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli dışbükey kesik profilli difüzörün  $100^\circ$  difüzör açıklığı için orta düzlemdeki hız dağılımı



Şekil 5.15. Silindir (a), kare (b) ve altıgen (c) gözenekli dışbükey kesik profilli difüzörün  $100^\circ$  difüzör açıklığı için çıkıştaki hız dağılımı

Delikli difüzör geometrilerinin tümünde açı arttıkça basınç kaybının artmasına rağmen akışın daha kısa mesafede tam gelişmiş türbülanslı akış olma eğiliminin arttığı görülmüştür. Bütün difüzör geometrisinde, silindir delikli difüzörlerin en iyi hız ve basınç dağılımına sahip olduğu görülmüştür. Kare delik geometrili tüm kesik koni profilli difüzörlerde basınç kayıplarının en az olduğu elde edilmiştir. Çizelge 5.1’ de difüzör geometrisi ve delik geometrisine göre en düşük basınç kayıpları verilmiştir. Kare delikli içbükey kesik koni profilli difüzörün en düşük basınç kayıplarına sahip olduğu Çizelge 5.1’ de görülmektedir. Ayrıca tüm difüzör geometrilerinde difüzör koniklik açısı arttıkça basınç kayıplarının arttığı elde edilmiştir. Bu sayısal çalışma sonunda elde edilen veriler Taguchi Optimizasyon yönteminde kullanılarak optimum parametrelere sahip difüzör geometrisi elde edilmiştir.

Çizelge 5.1. En düşük basınç kayıplarını veren difüzör geometrileri

Açı	Kare Delikli Düz Kesik Koni Basınç Kaybı $\Delta P$ (Pa)	Kare Delikli İçbükey Kesik Koni Basınç Kaybı $\Delta P$ (Pa)	Kare Delikli Dışbükey Kesik Koni Basınç Kaybı $\Delta P$ (Pa)
60°	38.558	36.255	45.509
80°	45.646	41.793	56.418
100°	59.663	51.626	70.831

## 5.2 Taguchi Yönteminin Uygulanması ve Optimum Geometrinin Bulunması

Ansys-Fluent programında gerçekleştirilen sayısal çalışmalar; tez kapsamında tasarlanan difüzör parametrelerine göre basınç değişimini içermektedir. Taguchi optimizasyon yöntemi kullanılarak çalışmada tasarlanan kesik koni profilli difüzör geometrisi için “en düşük basınç kaybını” veren serinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan bu sayısal çalışmalarda en düşük basınç kaybı bulunmak istenildiğinden, bu yöntem; en düşük basınç kaybı olan parametrelerin bulunmasına yardımcı olacaktır. Bunun için ilk olarak parametre sayısı ve optimizasyon seviyesinin belirlenmesi gerekmektedir. Parametre ve seviyeler, difüzör geometrisi ve analizde kullanılan değişkenler ile akış özellikleri arasındaki değişkenlerden seçilmiştir.

- *Difüzör koniklik açısı (a)* : Difüzör geometrisinin sahip olduğu koniklik açısını belirtir. Çalışmada üç (3) farklı difüzör koniklik açısı (60°, 80° ve 100°) belirlenmiştir.

- *Difüzör Geometrisi (t)*: İç bükey Koni, Dış bükey koni ve düz koni profilli difüzör geometrisi olarak tanımlanmıştır.
- *Delik geometrisi (s)* : difüzöre yerleştirilen üç farklı delik geometrisini (kare, silindir ve altıgen) belirtir.

Parametreler belirlendikten sonra Taguchi optimizasyonu için seviyeler belirlenmelidir. Seviye, parametrelerin akış esnasında alabilecekleri değerleri ifade etmektedir. Bu seviye, belirlenen parametrelerin akış esnasında alabilecekleri değerleri ifade etmektedir. Bu değerlerin gerçekçi olması ve akış sırasında basınç kaybını azaltıcı etkiye sahip olması istenmektedir. Çizelge 5.2’ de parametreler ve seviyeler gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Parametreler ve Seviyeler

Parametreler	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Difüzör koniklik Açısı ( $a$ )	60 <sup>0</sup>	80 <sup>0</sup>	100 <sup>0</sup>
Difüzör Geometrisi	Düz kesik Koni	İçbükey kesik Koni	Dışbükey kesik Koni
Delik Geometrisi	Silindir	Kare	Altıgen

Çizelge 5.2’ te farklı delik geometrisi, difüzör geometrisi ve difüzör koniklik açısı olarak parametreler ve seviyeler belirlenmiştir. Bu seviye ve parametreler için L9 ortogonal dizilim seçilmiş ve uygulanmıştır (Çizelge 5.3, Çizelge 5.4).

Çizelge 5.3. Taguchi L9 ortogonal dizilimi ve uygulaması

Analiz No	Kolonlar		
	Difüzör Koniklik Açısı ( $a$ )	Difüzör Geometrisi	Delik Geometrisi
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2



Çizelge 5.4 Belirlenen parametrelerin L9 Ortogonal dizilimine uygulanması

Analiz No	Kolonlar			
	Difüzör Koniklik Açısı (a)	Difüzör Geometrisi	Delik Geometrisi	Sayısal Analiz Sonuçları (Pa)
1	60	Düz Kesik Koni	Silindir	39,329
2	60	İçbükey Kesik Koni	Kare	36,255
3	60	Dışbükey Kesik Koni	Altıgen	49,361
4	80	Düz Kesik Koni	Kare	45,646
5	80	İçbükey Kesik Koni	Altıgen	44,109
6	80	Dışbükey Kesik Koni	Silindir	63,307
7	100	Düz Kesik Koni	Altıgen	63,152
8	100	İçbükey Kesik Koni	Silindir	55,015
9	100	Dışbükey Kesik Koni	Kare	70,831

Yukarıdaki analizler sonucunda Taguchi Optimizasyon yöntemiyle indirgeme işlemi yapılmıştır. Çizelge 5.5’ de Taguchi Optimizasyon yönteminin analiz sonuçları görülmektedir. Taguchi optimizasyonuna göre optimum dizilimi bulmak için her parametrenin ilk üç grubunda (1-3,4-6,7-9) en düşük değerleri elde etmek gerekmektedir. Çizelge 5.6’ da elde edilen sonuçlara göre optimum serinin 1-2-2 olduğu görülmektedir. Yani optimizasyon yöntemi koniklik açısı  $60^0$ , içbükey koni profili ve kare delikli difüzörün en az basınç kaybına sahip olduğunu göstermektedir.

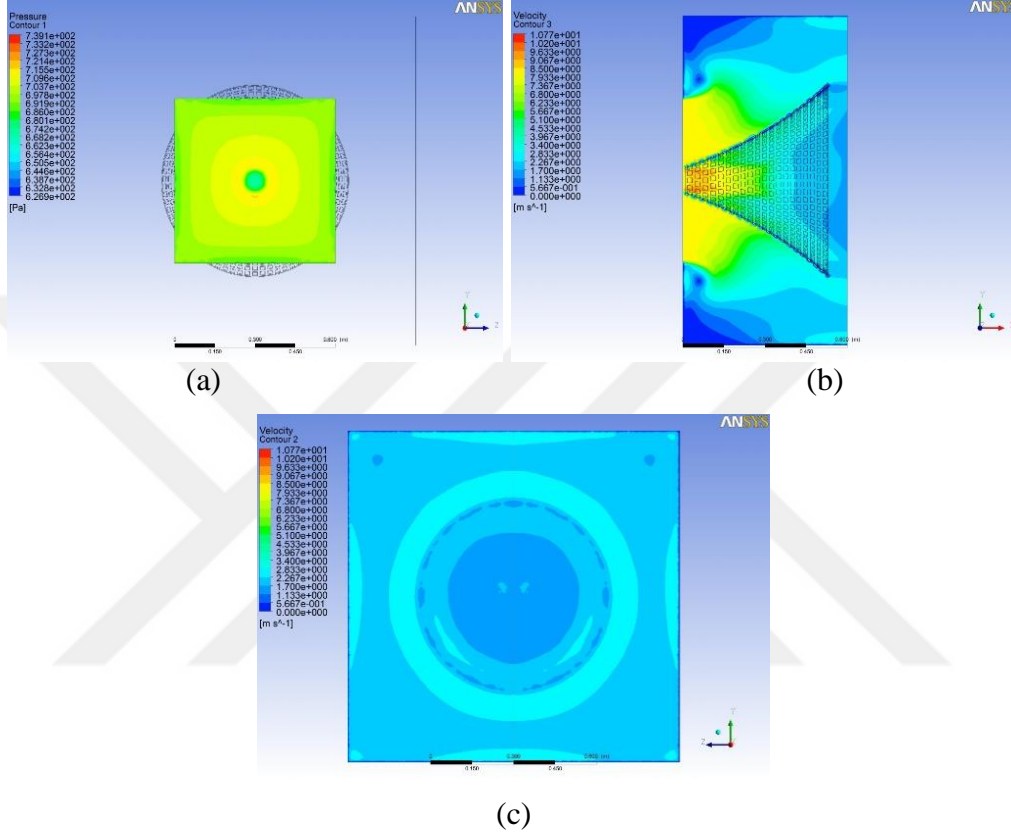
Sayısal çalışmalar sonucunda elde edilen en düşük basınç kaybının 36,255 Pa olduğu bulunmuştur. Taguchi optimizasyon yönteminin optimum serisindeki değer ile aynı olduğu görülmektedir. Bu tasarlanan difüzör geometrisi en düşük basınç kaybını vermektedir. Şekil 5.16’ da optimum seri için hız ve basınç dağılımları görülmektedir. Ayrıca Şekil 5.17’ de sayısal analizler sonucunda bulunan basınç kayıpları da görülmektedir.

Çizelge 5.5. Taguchi optimizasyon sonuçları

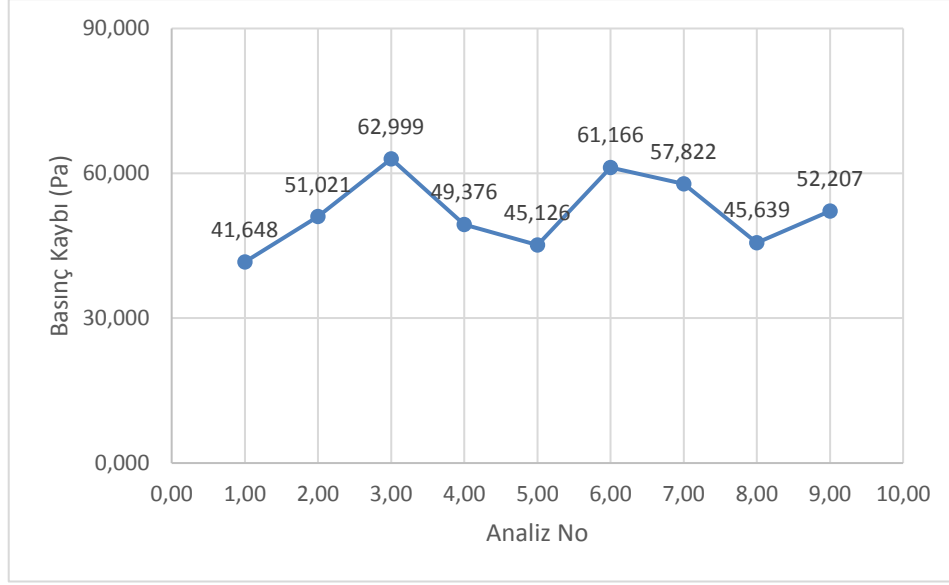
Analiz No	Kolonlar					
	Difüzör Koniklik Açısı (a)		Difüzör Geometrisi		Delik Geometrisi	
	Seviye Ortalaması	Taguchi Ortalama Sonuçları	Seviye Ortalaması	Taguchi Ortalama Sonuçları	Seviye Ortalaması	Taguchi Ortalama Sonuçları
1	1-1-1	41,648	1-1-1	55,263	1-1-1	52,550
2	2-2-2	51,021	2-2-2	45,639	2-2-2	50,911
3	3-3-3	62,999	3-3-3	54,767	3-3-3	52,207
En Düşük Değerler		1		2		2

Çizelge 5.6. Optimum seri

Optimum Seri	Kolonlar			
	Difüzör Koniklik Açısı (a)	Difüzör Geometrisi	Delik Geometrisi	Optimum Sonuç (Pa)
1-2-2	60°	İçbükey Kesik Koni	Kare	36,255



Şekil 5.16. Optimum seriden elde edilen kare gözenekli içbükey kesik koni profilli difüzörün 60° difüzör açıklığı için girişteki basınç (a) orta düzlemdeki hız dağılımı (b) ve çıkıştaki hız dağılımı (c)



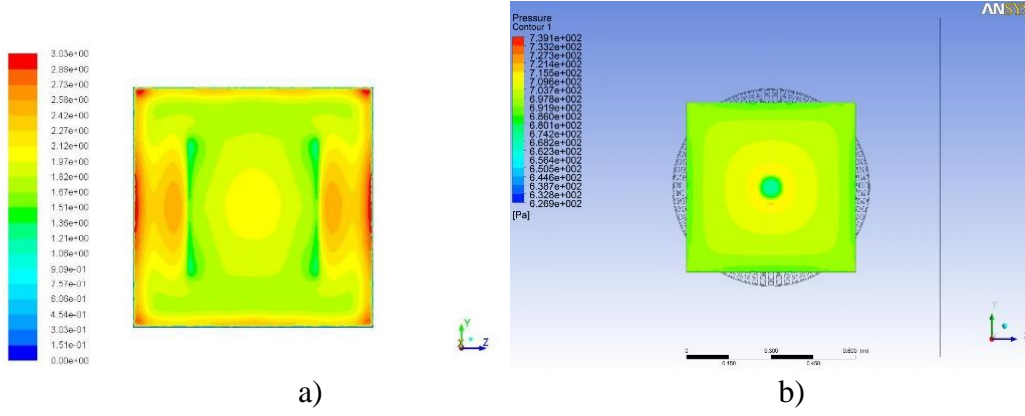
Şekil 5.17. Taguchi ortalamalarından elde edilen basınç kayıpları

Literatürde karşılaşılan V profilli delikli difüzör için [6], elde edilen basınç kaybı ve basınç-akış dağılımları kesik koni profilli delikli difüzör için elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Çizelge 5.7’ de görüldüğü gibi V profilli delikli difüzörün en düşük basınç kaybının kesik koni profilli difüzörün sonuçlarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca Çizelge 5.7’ de Taguchi optimizasyonu sonucunda elde edilen optimum değerler de görülmektedir.

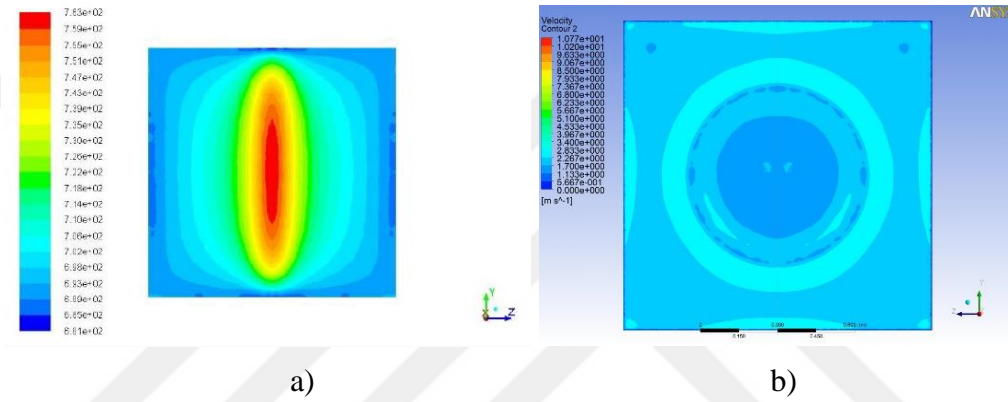
Çizelge 5.7  $60^0$  difüzör koniklik açısı için profil geometrilerinin karşılaştırılması

	Açı	V Profilli Difüzörün Basınç Kaybı ( $\Delta P$ ) [Pa]	Koni Profilli Difüzörün Basınç Kaybı ( $\Delta P$ ) [Pa]		
			Düz Kesik Koni	İçbükey Kesik Koni	Dışbükey Kesik Koni
		V profil			
	$60^0$	63,32	39,329	36,255	49,361
<b>Optimum</b>		<b>54,53</b>	<b>39,329</b>		

Şekil 5.18’ de V profilli delikli difüzörün ve içbükey koni profilli delikli difüzörün, klima santralinde bulunan boş hücreye girişindeki maruz kaldıkları basınç dağılımları görülmektedir. İçbükey kesik koni profilli delikli difüzörün basınç dağılımının daha düzgün olduğu görülmektedir. Şekil 5.19 incelendiğinde içbükey kesik koni profilli delikli difüzörün boş hücre çıkışındaki hız dağılımının V profilli delikli difüzörden daha düzgün olduğu görülmektedir.



Şekil 5.18. V profilili difüzörün girişteki basınç dağılımı (a) ve içbükey kesik koni profilili difüzörün girişteki basınç dağılımı (b)



Şekil 5.19. V profilili difüzörün girişte hız dağılımı (a) ve içbükey koni profilili difüzörün çıkıştaki hız dağılımı (b)

Bu çalışmada gerçekleştirilen farklı geometrili koni profilili delikli difüzörün literatürde rastlanan V profilili delikli difüzörün sonuçları ile karşılaştırılması sonucunda koni profilili difüzörün hem akış ve basınç dağılımları yönünden hem de en az basıncı elde etme yönünden daha iyi bir tasarım olduğu görülmektedir. Koni profilili difüzörün literatürde rastlanan önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında optimum geometri olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca delik geometrisinin basınç düşümüne etkileri de bu çalışmayla ortaya koyulmuştur.

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada klima santrallerinde kullanılan boş hücredeki akış dağılımı için difüzör tasarımı Solidworks programında yapılmış ve akış analizi Ansys programında gerçekleştirilmiştir. Difüzöre, üç farklı delik geometrisi (silindir, kare ve altıgen), üç farklı kesik koni profilli difüzör geometrisi (düz kesik koni, içbükey kesik koni ve dışbükey kesik koni) uygulanarak HAD (hesaplamalı akışkanlar dinamiği) yazılımı olan Ansys-Fluent programında sayısal analizler yapılmıştır. Ayrıca Taguchi Optimizasyon Yöntemi kullanılarak en az basınç kaybını veren optimum seri elde edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda belirlenmiştir;

1. Difüzör koniklik açısının artmasıyla basınç kaybı artmıştır.
2. Analizi yapılan tüm koniklik açılarında kare delikli difüzörde basınç kaybının daha az olduğu tespit edilmiştir.
3. Analizi yapılan tüm koniklik açılarında altıgen delikli difüzörde hız daha homojen olduğu tespit edilmiştir.
4. Analizi yapılan tüm koniklik açılarında silindir delikli difüzörde basınç dağılımının daha homojen olduğu tespit edilmiştir.
5. Taguchi Optimizasyon yöntemi ile optimum değerlere ulaşmak için gereken analiz sayısının düşürülebileceği ve kısa süre içinde optimum analizin elde edileceği sonucuna ulaşılmıştır. Taguchi Optimizasyon yöntemi ile 60<sup>0</sup> koniklik açısına sahip içbükey kesik koni geometrili ve kare delikli difüzörün optimum difüzör geometrisi olduğuna ulaşılmıştır.
6. Elde edilen sayısal analiz verilerine göre kesik koni profilli difüzörün klima santralindeki boş hücreye uygulanmasıyla efektif kanal uzunluğu mesafesinin azaltılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç ile daha düşük yatırım maliyeti, daha az kurulum alanı ve daha düşük kapasiteli fan motoru seçimi sağlanarak enerjinin daha verimli kullanılacağı öngörülmektedir.

## 7. ÖNERİLER

- 1- Gerçekleştirilen sayısal çalışmanın deney düzeneği kurularak deneysel çalışma yapılabilir.
- 2- Koni profilli difüzör için yapılan bu çalışmanın farklı difüzör geometrilerinde de çalışması yapılabilir.

- 3- Bu çalışmada klima santralindeki boş hücre için enerji verimliliği üzerinde durulmuştur. Bütün sistemin dâhil edileceği bir çalışma yapılarak tüm sistemin enerji verimliliği araştırılabilir.
- 4- Sayısal çalışma kapsamında daha güçlü bilgisayarlar kullanılarak ağ yapısı iyileştirilebilir, Mesh (ağ yapısı) yapısı daha fazla eleman sayılı ağ yapılarıyla yaklaşık çözüm aranabilir.
- 5- Sistemin akustik ölçümleri incelenerek akustik açıdan difüzör geometrileri incelenebilir.

## **8. TEŞEKKÜR**

Bu çalışma; Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 114M748 numara ile desteklenen proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Bulut H., Klima, URL (Erişim:23.11.2016), <http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/Klima.pdf>
- [2] 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.
- [3] Serpantinler, URL (erişim tarihi: 23.11.2016),[http://www.studyocrea.net/klimasantrali/klima-santrali/26-Serpantinler-\(Bataryalar\).html](http://www.studyocrea.net/klimasantrali/klima-santrali/26-Serpantinler-(Bataryalar).html)
- [4] Ses Absorberi (susturucu) ES-KON havalandırma sistemleri, URL (erişim tarihi: 05.12.2016) <http://www.es-kon.com/urunayrinti.aspx?Rf=1202&d=tr>
- [5] Anıl O.B., Mobedi M., Özerdem M. B., Hastane hijyenik ortamlarının klima ve havalandırma sistemleri, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, TMMOB, 513-525, (2007)
- [6] 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
- [7] Yılmaz, Ş., İpek, M., Uç, H. İ., 2013, Optimum Klima Santrali Tasarımı, Bitirme Projesi, İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü.
- [8] HVAC Systems Duct Design, Fourth Edition, Chapter 6, SMACNA, (2006)
- [9] Difüzör nedir, Anonim, URL (erişim tarihi:24.11.2016), <http://www.nedir.com/dif%C3%BCz%C3%B6r>
- [10] Türbülanslı Difüzör, Emka Menfez, URL (erişim tarihi: 24.11.2016), <http://www.emkamenfez.com/urunler/difuzor-cesitleri/turbulansli-difuzor/>
- [11] Difüzörler ve menfezler, Beşiktaş Havalandırma Sistemleri, URL (erişim tarihi: 24.11.2016), <http://www.besiktashavalandirma.net/difuzorler-ve-menfezler/>
- [12] Swirl Difüzörler, Doğu iklimlendirme, URL (erişim tarihi: 03.02.2017), <http://www.doguklimlendirme.com/urun/osm-duz-kanati-swirl-difuzor>
- [13] Ansys Nedir, (t.y.), Figes Anonim Şirketi, URL (Erişim tarihi: 09.01.2017) <http://www.figes.com.tr/ansys/ansys-nedir.php>
- [14] Ansys Fluent Akış Modelleme Yazılımı, (t.y.), Figes Anonim Şirketi, URL (Erişim tarihi: 09.01.2017), <http://www.figes.com.tr/ansys/fluent.php>
- [15] Taguchi Optimization Method, URL (erişim tarihi: 05.07.2016) [https://controls.engin.umich.edu/wiki/index.php/Design\\_of\\_experiments\\_via\\_taguchi\\_methods:\\_orthogonal\\_aRrays](https://controls.engin.umich.edu/wiki/index.php/Design_of_experiments_via_taguchi_methods:_orthogonal_aRrays)
- [16] Kim C., Duan J., Huang X., Hyon S., Numerical analysis on water treeing deterioration of XLPE cable insulation using combination of FEM and Taguchi method, European Transactions on Electrical Power , 20(6), pp. 747-759, (2010).

- [17] Fusayasu H., Yokoya Y., Iwata Y., Inoue H., Optimization of a magnetic actuator with Taguchi method and multivariate analysis method, *IEEE Transactions on Magnetism*, 34, pp. 2138 - 2140, (1998).
- [18] Yazdani M., Daryabari A., Farshi A., Talathari S., Application of Taguchi Method and Genetic Algorithm for Calibration of Soil Constitutive Models, *Journal of Applied Mathematics*, 2013, pp. 11, (2013).
- [19] Sözen A., Çiftçi E., Isı Tekerleği Performansının Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile Belirlenmesi, *Politeknik Dergisi*, 19, pp. 547-554, (2016).
- [20] 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).
- [21] 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).
- [22] Şahin, B., Ward-Smith A.J., Effect of perforated plates on wide-angle diffuser-exit velocity profiles, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 34, pp. 113-125, (1990).
- [23] Şahin, B., Ward-Smith A.J., Flow control by perforated plates using a blanking technique in wide-angle diffusers employed in practical electrostatic precipitator systems, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 37, pp. 269-284, (1991).
- [24] 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).
- [25] Şahin, B., Ward-Smith A.J., Lane D., The pressure drop and flow characteristics of wide-angle screened diffusers of large area ratio, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 58, pp. 33-50, (1995).
- [26] Bayramgil, V., Bayrak S., Yükselen M.A., Erim M. Z., Experimental investigation of a diffuser for cooling and air conditioning system, *International Council of the Aeronautical Sciences and The American Institute of Aeronautics and Astronautics*, (1998).
- [27] Noui-Mehidi, M.N., Wu, J., Sutalo, I.D., Grainger, C., Velocity distribution downstream of an asymmetric wide-angle diffuser, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 29, 649-657, (2005).
- [28] Shende M.D., More K. C., Rakhade R.D., An Experimental Investigation to Control the Flow Emerging From a Wide Angle Diffuser, *IOSR Journal of Engineering* 27, 2250-3021 (2012)



- [29] Guo, B.Y., Hou, Q.F., Yu, A.B., Li, L.F., Guo, J., Numerical modelling of the gas flow through perforated plates, *Chemical Engineering Research and Design*, 91, 403-408, (2013).
- [30] Bayazit, Y., Sparrow, E. M., Joseph, D. D., Perforated plates for fluid management: Plate geometry effects and flow regimes. *International Journal of Thermal Sci.* 85, 104-111 (2014).
- [31] Erdoğan A., Taçgün E., Kamer M.S., Erdoğan A., Sönmez K., Kaya A., Aksoy İ.G., Canbazoglu S., Şahin H.E., Klima Santralleri İçin Tasarlanan Bir Delikli Difüzörlü Boş Hücredeki Hava Akışının Sayısal Olarak İncelenmesi, 3. Anadolu Enerji Sempozyumu, 481, (2015)
- [32] Şahin H.E., Kamer M.S., Taçgün E., Canbazoglu S., Aksoy İ.G., Kaya A., Sönmez K., Klima Santralleri İçin Tasarlanan Bir V Profil Delikli Difüzörlü Boş Hücredeki Hava Akışının Sayısal Olarak İncelenmesi, 3. Anadolu Enerji Sempozyumu, 71-83, (2015)
- [33] Özpolat Y. E., 2012, Çarpan jet ile ısı transferinde altıgen kanatçıklı ısı alıcının Taguchi yöntemiyle optimizasyonu. Yüksek lisans tezi. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- [34] Chamoli S., A Taguchi approach for optimization of flow and geometrical parameters in a rectangular channel roughened with V down perforated baffles, *Case Studies in Thermal Engineering*, 5, pp. 59-69, (2015)
- [35] Bağcı, M., 1998, *Teknik Resim*, Birsen Yayınevi Limited Şirketi, ISBN: 975-511-128 X, İstanbul, 286s.
- [36] 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
- [37] Tu, J, *Computational Fluid Dynamics A Pratical Approach Second Edition*, ISBN: 0080982433, Australia, 456s.
- [38] 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.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı, Soyadı : Kerim SÖNMEZ  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 21.08.1991 - ADANA  
Medeni hali : Bekâr  
Telefon : 0 (530) 066 94 96  
E-posta : kerimsonmezz@gmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü	2017
Lisans	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü	2014
Lise	Adana Borsa Lisesi / Fen Bilimleri Bölümü	2009

### İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2011-2012	Cey-tech Attachments	Stajyer Mühendis
2012-2013	Kipaş Mensucat – Ring Bölümü	Stajyer Mühendis
2014-2016	İnönü Üniversitesi Tubitak Bursiyeri	Makine Mühendisi 1001 Nolu proje kapsamında Tubitak Bursiyeri

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobiler

Otomobil Sporları, Sinema, Yüzme, Model Uçak, Futbol, Mühendislik Araştırmaları

## Yayınlar

### A- ULUSLARARASI HAKEMLİ DERGİLERDE YAYINLANAN MAKALELER

1. M. S. Kamer, H. E. Şahin, **K. Sönmez**, A. Kaya, Kabak ve Patlıcan Dilimlerinin Kuruma Davranışlarının Deneysel İncelenmesi”, KSU Journal of Engineering Sciences, 19(2) (2016) 1-8.
2. M. İmal, A. Kaya, M. Güneş, M. E. Kuyumcu, **K. Sönmez**, Birleşik Isı ve Güç Üreten Sistemlerin Uygulamalı Analizi ve KSÜ Hastanesi Örnek Çalışması, KSU Journal of Engineering Sciences, 18(2) (2015) 33-40.

### B- ULUSAL HAKEMLİ DERGİLERDE YAYINLANAN MAKALELER

1. H.E. Şahin, M.S. Kamer, E. Tacgün, A. Erdoğan, **K. Sönmez**, A. Kaya, İ.G. Aksoy, S. Canbazoglu, "Klima Santralleri İçin Tasarlanan Bir V-Profil Delikli Difüzlü Boş Hücredeki Hava Akışının Sayısal Olarak İncelenmesi", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 12(4) (2015) 71-83.
2. M.S. Kamer, H.E. Şahin, **K. Sönmez**, İ.G. Aksoy, E. Tacgün, A. Erdoğan, S. Canbazoglu, A. Kaya, "Klima Santralleri İçin Tasarlanan Bir Kesik Koni Delikli Difüzlü Boş Hücredeki Hava Akışının Sayısal Olarak İncelenmesi", TTMD Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi, 103 (2016) 38-46.
3. **K. Sönmez**, M. E. Kuyumcu, P. Yağlıca Altuntaş, A. Kaya, Gözenekli Bir Ortamdaki Düşey Plaka Üzerinden Olan Akışa Birleşik Isı Transferi ve Isı Üretiminin Etkisi, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 12(3) (2015) 47-60.

### 4. C- ULUSAL BİLİMSEL TOPLANTILARDA SUNULAN VE BİLDİRİ KİTAPLARINDA BASILAN BİLDİRİLER

1. M.S. Kamer, E. Tacgün, H.E. Şahin, A. Erdoğan, **K. Sönmez**, A. Kaya, İ.G. Aksoy, S. Canbazoglu, "Klima Santralleri İçin Tasarlanan Bir V-Profil Delikli Difüzlü Boş Hücredeki Hava Akışının Sayısal Olarak İncelenmesi", 3. Anadolu Enerji Sempozyumu, 1-3 Ekim 2015, pp. , 796-805, Muğla, TÜRKİYE.
2. A. Erdoğan, E. Tacgün, M.S. Kamer, S. Canbazoglu, İ.G. Aksoy, A. Kaya, **K. Sönmez**, H.E. Şahin, "Klima Santralleri İçin Tasarlanan Bir Delikli Difüzlü Boş Hücredeki Hava Akışının Sayısal Olarak İncelenmesi", 3. Anadolu Enerji Sempozyumu, 1-3 Ekim 2015, pp. , 481-490, Muğla, TÜRKİYE.

3. **K. Sönmez**, M. E. Kuyumcu, P. Yağlıca Altuntaş, A. Kaya, Gözenekli Bir Ortamdaki Düşey Plaka Üzerinden Olan Akışa Birleşik Isı Transferi ve Isı Üretiminin Etkisi, 3. Anadolu Enerji Sempozyumu, 1-3 Ekim 2015, Muğla, TÜRKİYE.
4. M. E. Kuyumcu, H. E. Şahin, **K. Sönmez**, A. Kaya, Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi Kullanılarak Bir Laboratuvarın Soğutulmasının Teorik İncelenmesi, : 20. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Balıkesir, TÜRKİYE.

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

1. A. Erdogan, E. Tacgun, M.S. Kamer, S. Canbazoglu, I.G. Aksoy, A. Kaya, H.E. Sahin, **K. Sonmez**, “A Numerical Investigation on Pressure Loss in A Chamber with Truncated Pyramid Perforated Diffuser Designed for Air Handling Units”, 8. International Ege Energy Syposium, 11-13 May 2016, pp. , 823-828, Afyonkarahisar, TURKEY.