

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ŞEHİR İÇİ OTOBÜSLERDE TEKSTİL
HAVA KANALI TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Akın ÖZKAN

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ŞEHİR İÇİ OTOBÜSLERDE TEKSTİL
HAVA KANALI TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Akın ÖZKAN
(503121202)**

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hikmet KOCABAŞ

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503121202 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Akın ÖZKAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ŞEHİR İÇİ OTOBÜSLERDE TEKSTİL HAVA KANALI TASARIMI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Hikmet KOCABAŞ**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Cem PARMAKSIZOĞLU**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hakan DEMİR

Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **13 Aralık 2014**

Savunma Tarihi : **13 Ocak 2015**

Çalışma arkadaşlarıma,

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında benden desteğini esirgemeyen başta tez danışmanım Prof. Dr. Hikmet KOCABAŞ'a, hocam Prof. Dr. Cem PARMAKSIZOĞLU'na, yöneticilerim Mak. Müh. Sami DOĞRU'ya, Mak. Müh. Ali YAZICI'ya, çalışma arkadaşlarım Mak. Müh. Ceren GENÇ'e, Mak. Yük. Müh. Mustafa ÇOLAK'a, Mak. Müh. Volkan AY'a, Mak. Müh. Selim AYDIN'a, Mak. Müh. Şevki ÇİFÇİ'ye, ev arkadaşlarım Kaan NUHOĞLU'na ve P. Sadık Eren TAŞTEKİN'e, son olarak da nişanlım Cansu CANDEMİR'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Aralık 2014

Akın ÖZKAN
(Makina Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Literatür Araştırması	2
2. HAVA KANALI.....	7
2.1 Kullanım Amacı	7
3. AYRIK HAVA KANALI.....	9
3.1 Amaç	9
3.2 Ayrık ABS Hava Kanalı.....	9
3.3 Ayrık Tekstil Hava Kanalı	10
4. TEST UYGULAMALARI	13
4.1 Debi Ölçümü	14
4.2 Yönlendirici Seçimi.....	15
4.3 Hız Ölçümü	17
4.4 Sıcaklık Dağılımı.....	17
4.5 Fan Karakteristik Eğrisi.....	18
5. AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ ANALİZİ	21
5.1 Geometri ve Sınır Şartları	21
5.2 Hız dağılımı.....	23
5.3 Basınç Dağılımı.....	24
6. KARŞILAŞTIRMALAR.....	25
6.1 Akış Kesit Alanı ve Kütle	25
6.2 Bağlantı Şekli	26
6.3 Lojistik ve Ambarlama.....	28
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	31
KAYNAKLAR	33
ÖZGEÇMİŞ.....	34

KISALTMALAR

ABS : Akrlonitril Bütadien Stiren
HAD : Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 7.1 : Maliyet verileri	32

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Araç içi ve dışı sıcaklık dağılımı.....	3
Şekil 1.2 : Sıcaklık – Hava akış hızı.....	4
Şekil 1.3 : Piyasadaki örnek bir uygulama.....	6
Şekil 2.1 : Hava kanalı genel görünüşü.....	7
Şekil 2.2 : Tavan kaplaması içi genel görünüşü.....	7
Şekil 3.1 : Ayrık ABS hava kanalı genel görünüşü.....	10
Şekil 3.2 : Ayrık tekstil hava kanalı genel görünüşü.....	10
Şekil 4.1 : Test Odası.....	13
Şekil 4.2 : Odanın İklim Şartları.....	14
Şekil 4.3 : Rüzgar Havuzu.....	15
Şekil 4.4 : Yönlendiricilerin Debiye Etkisi.....	15
Şekil 4.5 : Ek Nozulun Debiye Etkisi.....	16
Şekil 4.6 : Genel Debi Karşılaştırması.....	16
Şekil 4.7 : Genel Debi Karşılaştırması-2.....	17
Şekil 4.8 : Sıcaklık Dağılımı.....	18
Şekil 4.9 : Sıcaklığın Dengeye Gelmesi (Noktasal).....	18
Şekil 4.10 : Fan Özellikleri.....	19
Şekil 4.11 : Fan Karakteristik Eğrisi.....	19
Şekil 5.1 : Geometri.....	21
Şekil 5.2 : Geometrik tanımlamalar.....	22
Şekil 5.3 : Kanalin bölgelere ayrılması.....	22
Şekil 5.4 : Kontrol hacim elemanları.....	23
Şekil 5.5 : Kanal boyu hız dağılımı.....	23
Şekil 5.6 : Kanal boyu basınç dağılımı.....	24
Şekil 6.1 : Akış kesit alanı: (a)Ayrık ABS hava kanalı.....	25
Şekil 6.2 : Kütle karşılaştırması.....	26
Şekil 6.3 : Tekstil hava kanalı bağlantı şekli.....	27
Şekil 6.4 : Tekstil hava kanalı genel görünüş.....	28
Şekil 6.5 : Ambarlama: (a)Ayrık ABS hava kanalı (b)Ayrık tekstil hava kanalı.....	29

ŞEHİR İÇİ OTOBÜSLERDE TEKSTİL HAVA KANALI TASARIMI

ÖZET

Sanayileşmenin kaçınılmaz sonucu olarak şehirleşme tüm dünyada hızla gelişmektedir. Ancak bu gelişme beraberinde bazı sorunlar getirmektedir. Bu sorunlara ise ülkenin gelişmişliğiyle orantılı olarak çözümler üretilmeye çalışılmaktadır.

Gelişen şehirlerdeki sorunların başında ulaşım sorunu gelmektedir. Bu soruna çözüm olarak sürekli yeni yollar yapmak sorunu çözecek gibi dursa da bunun kısa vadeli olduğu, uzun vadede insanları daha fazla araç almaya teşvik ettiği ve bu yöntemin yanlış olduğu anlaşılmıştır. Bu sebeple gelişmiş ülkelerde ulaşım sorunu insanları toplu taşımaya yönlendiren yatırımlar yaparak çözülmeye çalışılmıştır.

Toplu taşımının en başında karayolu taşımacılığı ve karayolunda da otobüs kullanımı gelmektedir. Bu çerçevede otobüs üreticilerinin, otomobillerinden feragat etmiş insanlar için konforlu bir ortam sunmak zorunda olduğu açıktır. Bu konfor elemanlarının başında da havalandırma sistemi gelmektedir.

Bu çalışmada şehir içi otobüslerinden Mercedes-Benz Conecto aracının havalandırma sistemi için müşterinin talepleri doğrultusunda araç içi sıcaklık dağılımını daha düzenli hale getirecek ve kanal boyu basınç düşüşünü en aza indirecek ve böylece daha dengeli havalandırma sağlayacak bir sistemin araştırması yapılmıştır. Bu amaçla mevcut hava kanalı sistemi, bu sistemin müşteri özel isteğiyle verilen bir konstrüksiyonu ve asıl olarak da bu özel konstrüksiyonu daha ucuz, daha basit ve daha hafif üretmenin yolları araştırılmıştır. Bu doğrultuda itfaiye hortumlarının çalışma şekline ve piyasadaki basit uygulamalardan yola çıkarak tekstil hava kanalı fikri incelenip mevcut sistemle gerekli karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu yeni uygulama çalışılırken başta DIN 1946-3 Yolcu Araçları ve Ticari Araçlar İçin İklimlendirme Standardı ile ASHRAE 62-1999 İç Mekanlar İçin Havalandırma Standardı olmak üzere kanal boyutları için ve debi ölçümü için ilgili normlar dikkate alınmıştır.

Çalışmada seri durum olarak 'ayrık hava kanalı olmayan durum', müşteri özel isteği olarak 'ayrık ABS hava kanalı' ve yeni konstrüksiyon için 'ayrık tekstil hava kanalı' ifadeleri kullanılmıştır.

Çalışmada seri durumdaki havalandırma sistemi ile müşteri özel isteği sonucu üretilen ayrık ABS kaplama hava kanalı konstrüksiyonu incelenip daha sonra ayrık tekstil hava kanalı bileşenlerinin neler olduğu, konstrüksiyonunda kullanılan bazı makina elemanlarının tayin edilme bilgileri yer almaktadır. Ayrıca mevcut durum ile

yeni geliştirilen konstrüksiyonun karşılaştırmalı ağırlık ve maliyet verileri incelenmiştir. Son olarak da bu üç durum için yapılmış olan test verilerinin incelenmesinin yanında yeni konstrüksiyon için Star CCM+ Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği programında akış analizi yapılmış ve gerekli iyileştirmelere analiz sonucunda gidilmiştir.

Gerek hesaplamalardan, gerek testlerden, gerekse de akış analizinden çıkan sonuçlara göre tekstil hava kanalı konstrüksiyonun daha ucuz, daha hafif, daha kolay monte-demonte edilebildiği ve üretilen havanın daha az kayıpla yolculara ulaştırılabildiği ortaya çıkmıştır.

TEXTILE AIR DUCT DESIGN FOR CITY BUSES

SUMMARY

Urbanization has developed all over the world as an inevitable consequence of the industrialization. However, this development brings with it some problems. For these problems, it is attempted to produce solutions related to the development of the country.

Transport problem is one of the biggest problems in developing cities. As a solution to this problem, even though it seems that building roads constantly will solve the problem, it is understood that this method is short-dated, it incites people to buy more vehicles and it is wrong way to manage this problem. For this reason, it is tried to figure out the transport problem in developed countries by making investments to make people to use public transport.

Overland transport is at the top of public transport and bus is the top of the overland transport. Therefore, it is evident that bus manufacturers have to present a comfortable environment for people who give up using their cars. In addition, one of the most important comfort components is ventilation system.

Providing sufficient internal air circulation is one of the most important parameters for passenger comfort in intercity public transportation. Effectivity of ventilation and air conditioning in vehicles (Indoor Air Quality: IAQ) can be raised through optimally management of air that is released from air conditioning system in order to raise the passenger comfort to a higher level. Especially, considering vehicle manufacturers use air conditioners, which have similar properties, the importance of duct flow in vehicle air conditioning can be seen obviously.

Within the project, which is supported by Mercedes Benz Turk A.Ş. , design of a new bus air duct system which ensures desired passenger comfort conditions with optimized air outlet properties is envisioned. For this purpose the present air duct system, a construction given by the special request of customer and essentially the way of producing this construction cheaper, easier and lighter is researched. Accordingly, based on the manner of work of fire hoses and the simple applications on the market, by examining the idea of the textile air duct, essential comparisons with present system has been made.

While studying on this new air duct application, the norms, notably DIN 1946-3, the climatization standard for passenger vehicles and commercial vehicles, and ASHRAE 62-1999, the ventilation standard for interior spaces, have been taken into consideration for air flow rate and duct size. According to DIN 1946-3, the well-being of the person in the passenger compartment of a bus is determined by the

influencing variables of temperature, air velocity, air humidity, radiation from components, radiation to and from the surrounding surfaces, direct solar radiation, noises, etc.

In urban transportation, one of the most important parameter is undoubtedly to provide adequately the ventilation in vehicle. For bringing the passenger comfort at the highest level, by managing the air going out of air-conditioner most appropriately, the effects of the ventilation in vehicle and the climatization could be increased. The air duct, which forms the connection between the vehicle and the air conditioner, is the main factor for providing the air velocity outlet values and the air circulation accepted as reference values for passenger comfort. Especially, by taking into consideration that the vehicle manufacturers use the air conditioners which have the same features, the importance of the induct flow improvement has been seen obviously.

In the study, the expressions ‘non separate air duct’ for in series, ‘separate ABS air duct’ for previous special request of customer, and ‘separate textile air duct’ for new construction, is used.

In the study, air duct system in series and air duct construction with separate ABS covering which is produced as a result of the special request of customer have been examined and afterwards, textile air duct components, the informations about the assignment of some machine elements have taken place. Besides, the present situation and the comparative weight and cost data of newly developed construction are examined. In addition, air activity in concept duct geometry, which is designed as part of the project, is numerically computed using computational fluid dynamics (CFD) techniques by using STAR CCM+ computational fluid dynamic software and current concept is optimized repetitively. Passing of conditioned air from air duct into vehicle interior is simulated and investigated. Changes, which are desired for optimization of concept air duct geometry is done repetitively with respect to assessment of simulation results and duct geometry that provides optimal channel outlet flow conditions are obtained. For analysis, the steady state incompressible Reynolds-averaged Navier-Stokes equations, K- ϵ turbulence model and the finite volume method are used.

According to the examination within preliminary research of the project, it is observed that patents about constructive designs of public transport vehicle’s air duct systems have been found. In accordance with the examinations, it is concluded that in terms of the duct geometry and construction, new air duct design, which is predicted as a part of the project, has a patent potential. The project could be secured by patent with the necessary changes of the optimization studies, following the different designs. In addition, integration of new textile air duct concept to newly developed vehicles, whose mass production starts in 2017, which are produced for very hot countries or vehicles that are still being developed is envisioned.

As a result of this study and tests, it is seen from prototypes that this new textile air duct design is cheaper than previous air duct design. In addition, separated ABS air

duct construction is heavier than this new textile air duct construction. For replacement parts, it is easier to manage new design. One of the advantages of textile air duct is, while assembling this duct, there is no need to disassemble the front window. Because separated ABS air duct parts are 9 meters extrusion parts, it is hard to assemble. Moreover, if some problems occur, first of all front window must be disassembled and after that ABS air duct can be taken off. With this proses, there could be some damages and corrosions to front body.

As a continuation of this study, a more detailed calculation of the machine elements can be used, so losses in duct can be reduced. Thus, a better quality of airflow can be provided. Seals used in duct can be examined in detail and with this, would have avoided the dangers that may occur in the future, such as tearing.

1. GİRİŞ

Şehir içi yolcu taşımacılığında, yolcu konforu açısından en önemli parametrelerden biri kuşkusuz araç içi hava dolaşımının yeterli derecede sağlanabilmesidir. Yolcu konforunu üst seviyelere çıkarabilmek için klima cihazından çıkan hava en uygun şekilde yönetilerek araç içi havalandırma ve iklimlendirme etkileri arttırılabilir. Araç ile iklimlendirme cihazları arasındaki bağlantıyı teşkil eden hava kanalı, yolcu konforu açısından referans değerler olarak kabul edilen hava dolaşımının ve hava hızı çıkış değerlerinin sağlanmasında temel etken konumundadır. Özellikle taşıt üreticilerinin benzer özelliklere sahip iklimlendirme cihazlarını kullandıkları göz önünde bulundurulduğunda kanal içi akışın iyileştirilmesinin önemi açıkça görülmektedir.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada Mercedes-Benz Conecto şehir içi otobüslerindeki optimize edilmiş hava çıkış özellikleriyle istenen konfor değerlerini sağlayan yeni bir hava kanalı geometrisi tasarlanması öngörülmüştür. Böylece klimadan gelen havanın hava kanalı içinde kablo demetlerine, kapı için basınçlı tüplere ve diğer elemanlara temasını istemeyen müşteriler için geliştirilecek yeni konsept ile araç içerisine iklimlendirilen havanın belirlenen konfor şartlarına uygun şekilde girmesinin sağlanması ve mevcut durumdan daha iyi bir havalandırmanın gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Proje kapsamında yapılacak analiz çalışmalarıyla hava kanalı içi ve otobüs içinde lokal hava hızı ve basınç değerlerinin hesaplanması yapılacak, elde edilen veriler değerlendirilerek lokal problemler tespit edilerek konsept kanal geometrisi üzerinde optimizasyon çalışmaları yapılacaktır. Bu kapsamda serideki hava kanalı uygulaması ile müşteri özel isteğiyle çalışılan ayrık ABS hava kanalı uygulaması incelenip daha ucuz, daha hafif ve daha basit yapıda bir konstrüksiyonun araştırmaları yapılacaktır. Yeni konstrüksiyon olarak tekstil hava kanalının debi, kanal boyu havanın hız değişimi ve kanaldan gönderilen hava ile otobüs içindeki noktasal sıcaklık dağılımı deneylerle zamana göre incelenecektir.

Çalışma sonucunda hedeflenen hava kanalı konsepti etkin iklimlendirme ve yolcu konforunun sağlanması yönüyle hem konstrüktif açıdan hem de iklimlendirme açısından özgün tasarım niteliği taşımaktadır.

1.2 Literatür Araştırması

ASHRAE 62-1999 İç Mekanlar İçin Havalandırma Standardına göre hava içinde kirletici değişiklikleri bilinen, değişim değerleri belirlenen sınırların üzerinde olmayan ve bu havaya maruz olan insanların büyük çoğunluğunun (%80 veya daha fazlası) rahatsızlık belirtmediği havanın durumuna kabul edilebilir iç hava kalitesi denilir. Bu nedenle iç hava mahalde bulunan insanların sağlıklarına olumsuz etki edecek şekilde veya insanlara hoşnutsuzluk yaratacak değişikliklerde kirletici madde içermemelidir. Gazlar, buharlar, mikroorganizmalar, duman ve diğer tanecikli maddeler kirletici maddeler olarak tanımlanabilir. Ayrıca dış havada bulunan kirletici seviyelerinin de sınır değer ve altında, kontrolde tutulabilmesi için işlenmesi gerekmektedir. Mahalde bulunan insanlar; karbondioksit, su buharı ve içinde tanecikler, biyolojik aerosoller ve uçucu organik bileşimler bulunan kirleticiler üretir. Bu mahaldeki CO₂ derişikliğinin dış havadaki fazlalığı 700 ppm'den az olduğu zaman, insanlardan kaynaklanan biyolojik kirleticiler konusunda konfor (koku) ölçütünün sağladığı düşünülür [1].

Klima donanımının görevi; saf, konfor şartlarına uygun olarak ısıtılmış ve nemi alınmış kabin içi hava için sıhhi ve fizyolojik temel esasları sağlamaktır. Burada hava sıcaklığı, havanın akış hızı ve nemi, ısı taşınımı önemli faktörlerdir. Yolculara güvenli ve gerilimsiz seyahat imkanı, rahatlık hissi ve konfor sağlanır. Araç içinde sıcaklığın baş hizası ve ayak hizasında farklı olması sağlanarak konforlu bir iç ortam sıcaklığı elde edilmelidir. Araç içinde bağıl nem, taze hava ve içeri alınan dış hava nemliliği ve yolculardan gelen bağıl nem ile ilişkilidir. Nem oranının kontrol seviyelerinde tutulması camların buğulanmaması için önemlidir. Havalandırma da konfor şartları için önemli bir parametredir. Temiz ve sağlıklı ortam havası için ortama hava damperi yardımı ile mümkün olduğunca fazla taze hava alınabilir. Fakat alınan taze hava miktarının artması ile daha fazla hava şartlandırma işlemi gerçekleşeceği için yakıt tüketiminin artmasına sebep olur. Bu nedenle; taze hava miktarı ekonomiklik ve iklimsel konfor ile dengede tutulacak şekilde kontrol edilmelidir.

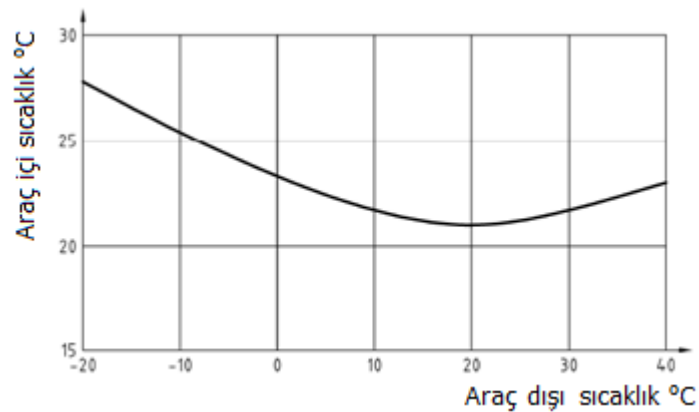
DIN 1946-3 Yolcu Araçları ve Ticari Araçlar İçin İklimlendirme Standardı'na göre araç içi hava koşullarında aşağıdaki değerlerin insan üzerinde etkisi vardır;

- Hava sıcaklığı (araç içinde heterojen),
- Hava akış hızı (hava akış bölgesinde heterojen),
- Havadaki nem,
- Çevre ile aradaki sınır bölgesindeki yüzey sıcaklıkları (ışınım yoluyla ve iletimle)
- Direkt güneş ışınları,
- Havanın hijyeni,
- Gürültü,
- Araç içi hava basıncı,
- Salınımlar.

Bu istekler genelde tabela ve diyagramlarla verilmiştir. Bunun sebebi bu değerler için kesin olarak standardize edilmiş bir fizyolojik değerlendirmenin bulunmamasıdır. Bu sebeple subjektif değerlendirmeler için testler yapılmalıdır [2].

Bu çalışmada yapılan testlerin de sınırlarını belirleyen bazı kriterler şu şekildedir;

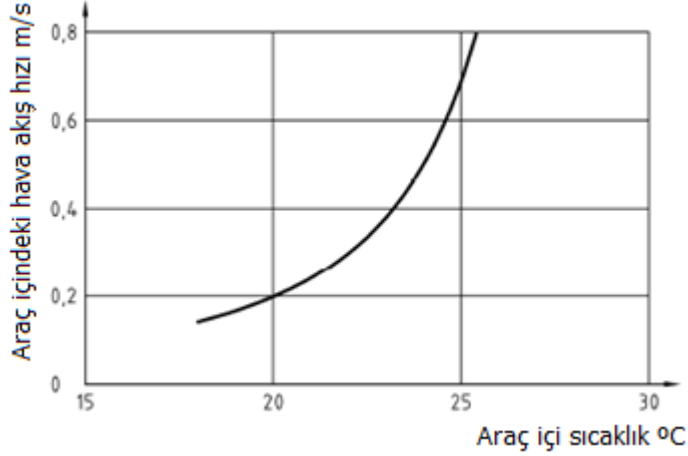
Tasarım için konfor şartlarını belirleyen bu normda araç içi ve araç dışı sıcaklık arasındaki bağıntı Şekil 1.1'deki gibidir;



Şekil 1.1 : Araç içi ve dışı sıcaklık dağılımı.

Bu grafiğe göre kış şartlarında ısı alışverişi olan yüzeylerdeki kayıpları kompanse edebilmek için araç içi 20 °C sıcaklığın üstünde şartlanmalıdır.

Hareket eden hava, durağan havaya göre daha soğuk hissedilir bu nedenle konfor şartlarına uygun hava üfleme hızı belli bir değeri aşmamalıdır. Ayrıca konfor şartına uygun hız değerini aşan hızlar yolcularda baş ağrısı ve yorgunluk gibi etkiler yaratmaktadır. Araç içi hava sıcaklığı ile kanal dışındaki hava hızı arasındaki ilişki, ışıma hesaba katılmadan, ilgili normda Şekil 1.2'deki gibi belirtilmektedir.



Şekil 1.2 : Sıcaklık – Hava akış hızı.

Işıma hava akış hızını değiştirebilir. Bu değer yazın araç içindeki yolcuların üst kısımlarına etki eder. Araç içerisindeki sıcaklık deri yüzeyi sıcaklık değerlerine ulaştığında araç içindeki havanın hızının artırılması durumun iyileştirilmesi yönünde sonuç vermez. Bu sebeple yüksek sıcaklıklarda ve yüksek güneş ışınlarına maruz kalınması durumunda uygun hava koşulları sadece havanın soğutulmasıyla sağlanabilir [2].

Taşıtlarda kişi başına düşen dış hava gereksinimi 8 L/s'dir [1]. Hava kanalları, düşük veya yüksek hızlı olarak hava hızına göre sınıflandırılır. Hava kanallarında, konfor tesisatı için hava hızı 10 m/s'yi geçmez. Endüstri tesislerindeki hava hızı yaklaşık 12-15 m/s'dir. Yüksek hızlı kanallar bu hız değerlerinden daha fazla olan kanallardır. Menfezler, havalandırma sisteminde mahal içinde bulunan sistemin en son unsurudur. Gerekli hava debisini vermesi, havanın mahal içinde yayılmasının sağlanması, rahatsızlık veren hava akımları oluşturmaması, gürültü oluşturmaması ve mimari tasarıma uygun olması menfezlerden beklenen özelliklerdir.

Konu ile ilgili literatür araştırması olarak, daha önceden yapılmış otobüslerde kullanılan hava kanalı mekanizmaları, bu konularda alınmış patentler ile güncel yönetmelikler incelenmiştir.

Hava kanalları ve araç kokpitlerinin havalandırma ve iklimlendirmesini konu alan akademik ve endüstriyel çeşitli CFD uygulamaları yapılmıştır. Wang ve Xiang tarafından yapılan çalışmada otobüs içi hava hız gradyanları ve sıcaklık dağılımlarını hesaplamalı akışkanlar dinamiği metodu ile nümerik olarak belirlemişlerdir [3]. Aracın, rejim durumunda, sıkıştırılmaz, Reynolds-Averaged ve Navier-Stokes (RANS) denklemleri, türbülans modelleri sonlu hacim metodunda ağ örme işlemi yapılarak üç boyutlu modellenmiş ve araç içi hava akışı ve yolcu bölgesinin sıcaklık dağılımı nümerik olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında hesaplamalar K-ε türbülans modeli ve SIMPLE algoritması kullanılarak yürütülmüştür. Güneş ışınımı ve yolcuların vücut ısısı enerji denklemine eklenmiştir. Yolcuların ve güneş ışınımı etkilerinin, hava hızı ve sıcaklık üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre mevcut hava dağıtımını homojen olarak yapılmıştır. Yolculardan ortaya çıkan vücut ısısı ve güneş ışınımının hava akış hızlarına etkisinin az miktarda ancak araç içi sıcaklık dağılımına etkisinin yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Simülasyon sonucunda aracın iki tarafında iki büyük çalkantının ortaya çıktığı ve artan hava çıkış hızlarında bu çalkantıların yukarı yönlü hareket ettiği gözlemlenmiştir. Ayrıca araç içinde bulunan koltuklar hava akımını engellediğinden koltukların alt seviyelerinde daha yüksek sıcaklık dağılımına rastlanmıştır. Sıcaklık dağılımının düşey doğrultuda önemli ölçüde değiştiği ve üst bölgelerde sıcaklığın alt bölgelerden daha düşük seyrettiği gözlenmiştir.

Oualit ve Markowitz [4], Ford firmasıyla ortak yapılan çalışmada araç yolcu kabini ısı ve havalandırmasının 3 boyutlu CFD kullanılarak hesaplamasını ve iyileştirmesini yapmışlardır. Değişik konumlara yerleştirilmiş küçük hava çıkışları ve daha büyük tek bir hava çıkışı içeren farklı iki hava çıkış konseptinin sürekli ve geçici rejim çözümleri Fluent 5.4.8 yazılımıyla yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma esnasında standart k-ε türbülans modeli, standart duvar fonksiyonlarıyla kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre endirekt havalandırma sisteminin kullanımıyla yolculara nüfuz eden hava akım hızının daha düşük ve daha az türbülanslı olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun sonucunda yolcu bölgesinin alçak kısımlarındaki sıcaklık değerleri daha yüksek seyretilmektedir.

Bu proje kapsamında piyasadaki benzer bir uygulamaya sahip otobüs incelenmiştir. Şekil 1.3'te de açıkça görünen bu yapının çok kıvrımlar içermesi kayıpların fazla

olacağı şeklinde yorumlanmış ve yapılacak konstrüksiyonda tek bir ana borudan havayı otobüse dağıtmanın daha uygun olacağı ön görülmüştür.

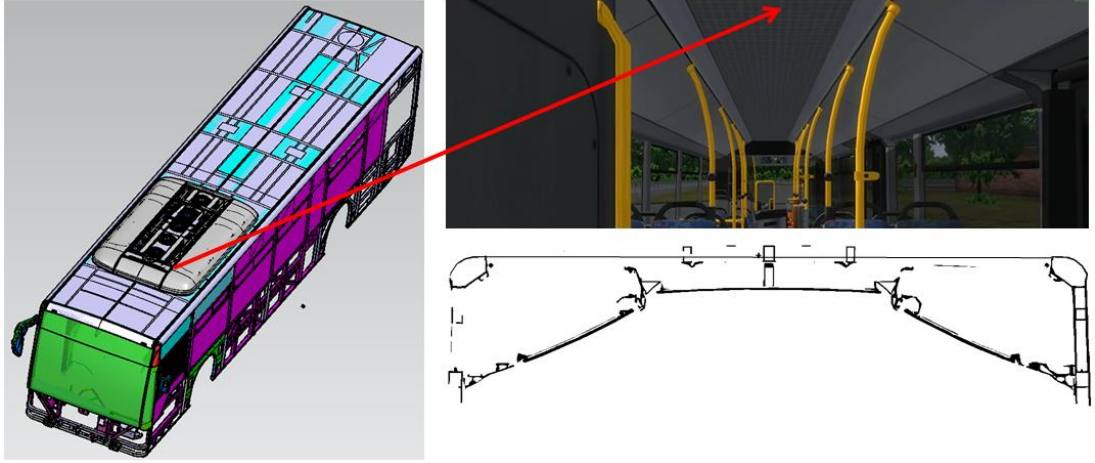


Şekil 1.3 : Piyasadaki örnek bir uygulama.

2. HAVA KANALI

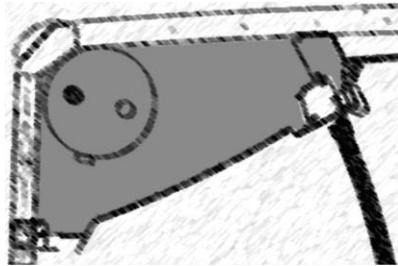
2.1 Kullanım Amacı

Şehir içi otobüslerde ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri için kullanılan klima sistemlerinde havanın tavan kaplamalarının oluşturduğu hacimden otobüs mahaline aktarılması işini hava kanalları üstlenir. Bu kanalların Mercedes-Benz Conecto otobüslerindeki yerleşimi Şekil 2.1'deki gibidir.



Şekil 2.1 : Hava kanalı genel görünüşü.

Otobüsün içinden bakıldığında estetik bir görüntü sağlayan tavan kaplamalarının bir diğer görevi tavanda bulunan elemanların muhafazasını sağlayan bir hacim yaratmaktır. Bu hacimde kapı için basınç tüplerinden elektrik kablolarına, semt ve numara göstergelerinden tutunma boruları elemanlarına kadar birçok eleman Şekil 2.2'deki gibi mevcuttur.



Şekil 2.2 : Tavan kaplaması içi genel görünüşü.

Ayrıca klimada devir daim olan hava bu hacimden akarak otobüs içinin şartlanmasını sağlamaktadır.

Bu konstrüksiyon, bu tip otobüs için seri durum olarak kullanılmaktadır. Ancak bu hacim içinde akan havanın birçok eleman üzerinden akarak otobüs iç mahaline ulaşması esnasında kayıplar oldukça fazladır ve havalandırma sistemi özellikle sıcak ülke müşterilerinin ihtiyaçlarını tam olarak karşılayamamaktadır. Bu sorun birkaç yolla aşılabılır. Bunlardan birincisi klima kapasitesini artırmak ve diğeri de havanın akacağı hacimden diğeri elemanları ortadan kaldırmak. Birinci çözüm her otobüs için farklı klima tipleri yaratacağından kısmen pahalı bir çözüm olacaktır ve çözüme hava kanalı tasarımını değiştirmekle ulaşılmıştır. Bu çözüm ayrı hava kanalı çözümdür.

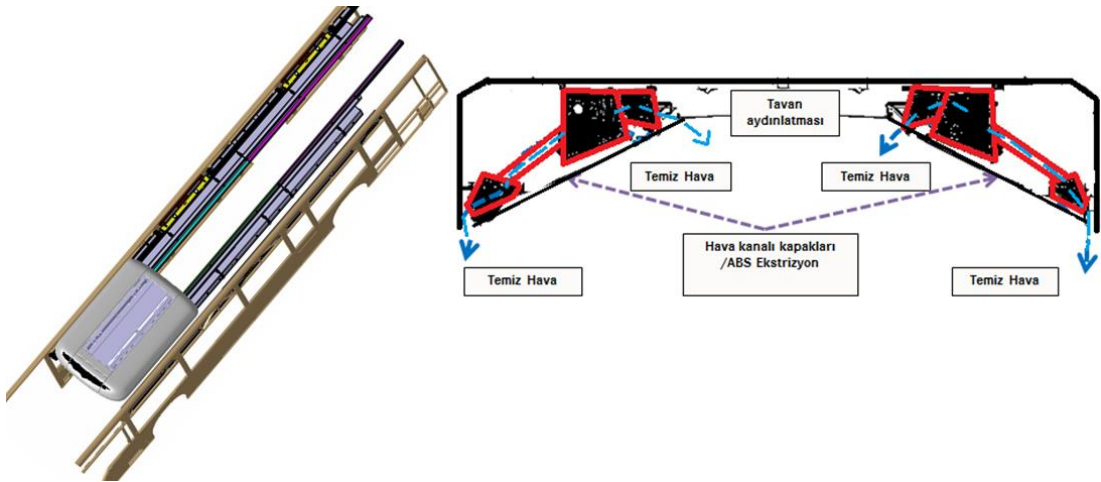
3. AYRIK HAVA KANALI

3.1 Amaç

Mercedes-Benz Conecto otobüslerinde seri durumda hava, klimadan fanlar yardımıyla içinde kabloların, kapı basınç tüplerinin, boruların bulunduğu ve bu yapıların bir kaplama vasıtasıyla kapatıldığı hacme verilir. Bu hacimde biriktirilen hava cam kenarlarından ve otobüs orta kısmından yolcuların bulunduğu hacme aktarılır. Böylece konfor şartları sağlanmaya çalışılır. Böyle bir konstrüksiyonda kanal içinde kayıplar olduğundan ve klima kapasitesini de artırmadan iç mahal hava kalitesini istenen seviyeye çekmek amacıyla havanın bu hacimden ayrılarak bir kanal içinden geçirilmesi ve otobüs iç mahaline gönderilmesi şeklinde bir konstrüksiyon geliştirilmiştir. Özellikle sıcak ülke müşterilerine sunulan bu çözüm ayrı ABS hava kanalı çözümüdür.

3.2 Ayrı ABS Hava Kanalı

Konstrüktif detaylarına 6. bölümde değinilecek olan ayrı ABS hava kanalının genel görünüşü Şekil 3.1'deki gibidir.



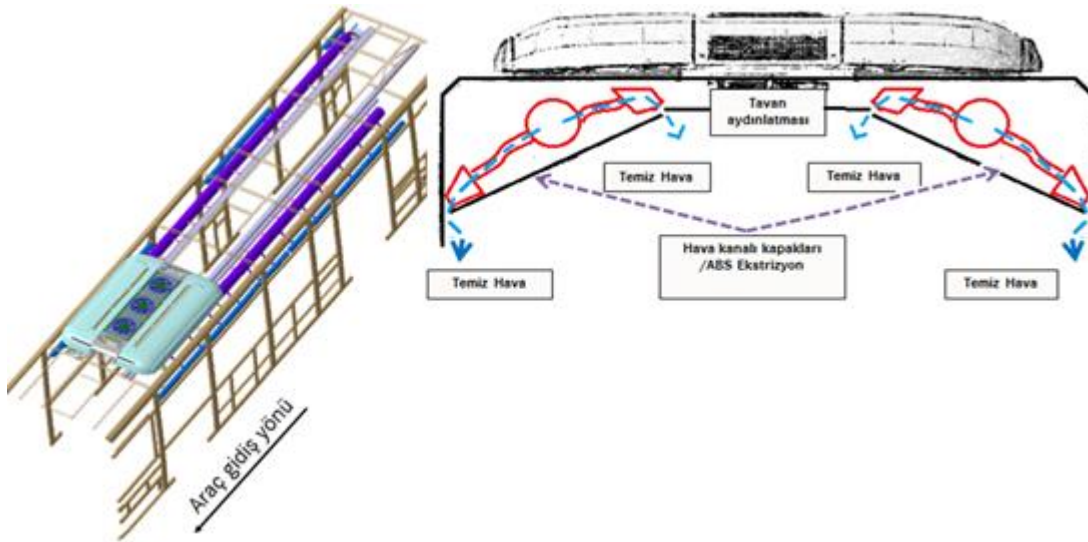
Şekil 3.1 : Ayrık ABS hava kanalı genel görünüşü.

Bu konstrüksiyonla klimadan gelen hava, sadece hava için ayrılmış bölmeden geçerek tavan tarafındaki nozullardan ve cam tarafındaki yönlendiricilerden otobüs iç mahaline aktarılır. Bir sonraki bölümde değinilecek olan testler sonucunda da görülmüştür ki bu çözüm ile kayba neden olacak elemanların ortadan kaldırılmasıyla hava akış kalitesi artmış ve konfor şartları daha kolay ve iyi sağlanmıştır. Böylece yakıt tasarrufu sağlanacağı görülmüştür.

Ancak bu çözümün istenen hava konfor şartlarını sağlamanın yanında ilerleyen süreçte görülmüştür ki bu konstrüksiyonun ağırlık, montaj-demontaj zorluğu, maliyet, işçilik gibi geliştirilmesi gereken eksikleri mevcut. Bu amaçlar doğrultusunda, bu çalışmanın da temel konusu olan ayrık tekstil hava kanalı projesi çalışılmıştır.

3.3 Ayrık Tekstil Hava Kanalı

Konstrüktif detaylarına 6. Bölümde değinilecek olan ayrık tekstil hava kanalının genel görünüşü Şekil 3.2'deki gibidir.



Şekil 3.2 : Ayrık tekstil hava kanalı genel görünüşü.

Bu yeni geliştirilen konstrüksiyonun da çalışma prensibi ayrı ABS hava kanalındaki gibidir; klimadan gelen hava, sadece hava için ayrılmış bölmeden geçerek tavan tarafındaki nozullardan ve cam tarafındaki yönlendiricilerden otobüs iç mahaline aktarılır. İtfaiye hortumlarının yapısından yola çıkarak geliştirilen bu proje havanın kanaldan ayrılması konusunda olmasa da kanal boyunca tekstil kullanılması düşüncesi yönünden özgün bir projedir.

Öncelikli olarak, kullanılması ön görülen tekstil kumaşı üzerine çalışmalar yapılmış ve çeşitli kriterler belirlenmiştir. Bunlar kumaşın dışarıdan içeriye sıvı ve hava almaması, polyester iplikten dokunmuş olması, küf ve koku yapmaması gibi kriterlerdir. Son halde kumaşın metrekare ağırlığı, kopma, yırtılma ve sürtünme mukavemetleri, su geçirmezlik değeri, yıkamadan sonra boyut değişimi, yağ iticilik değeri, su buharı geçirme direnci gibi değerleri tespit edilmiştir. Ancak firma gizliliği sebebiyle bu başlıkların sayısal değerleri çalışmada yer almamaktadır.

Mevcut sistemlerden elde edilen tecrübeler ek olarak yan sanayi ile iş birliği sonucu geliştirilen ilk prototiplerle gerçek otobüs üzerinde çeşitli testler yapılmıştır. Bu testler sonucunda projede sürekli olarak iyileştirmeler yapılmıştır. Bu testlerin detayları 4. bölümde ayrıntılandırılmıştır.

4. TEST UYGULAMALARI

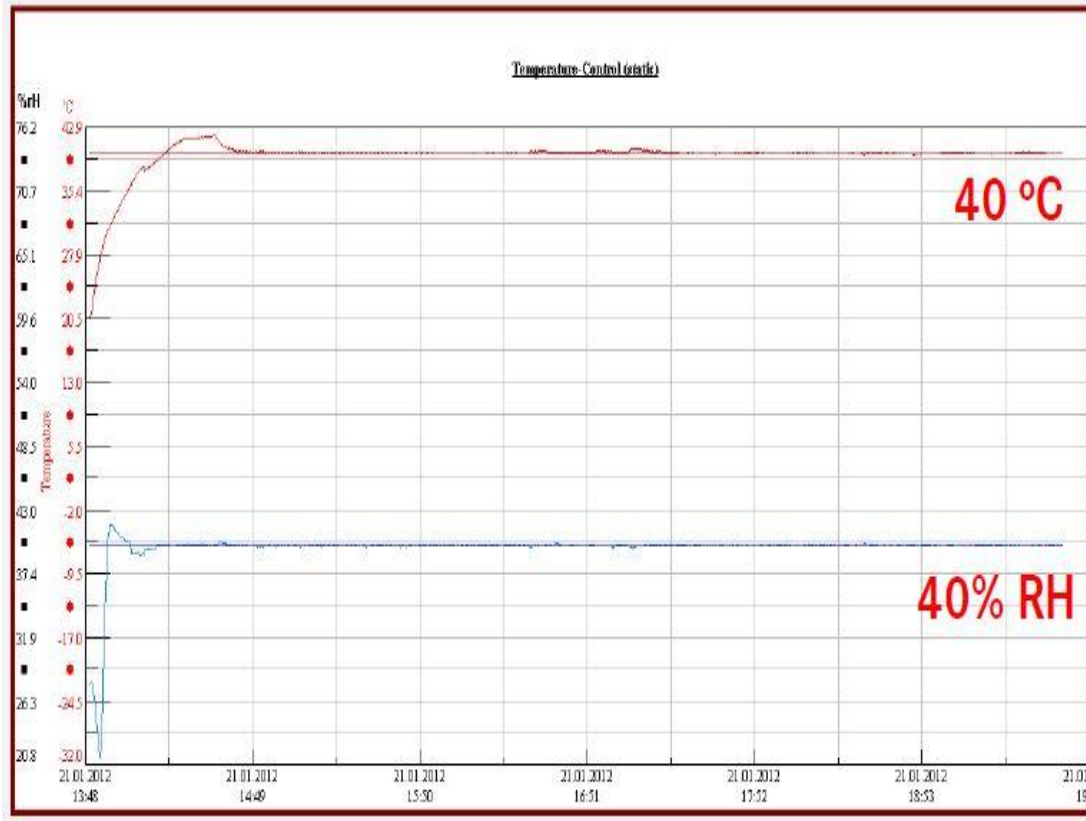
Tekstil hava kanalı çalışması için konstrüktif detaylara zaman içinde karar verilmiştir. Konstrüksiyonda tecrübelerle ilerleme kaydedildikçe testler yapılmıştır. Testler sonucunda ihtiyaç varsa konstrüksiyonda değişikliğe gidilmiştir. Araçta 32 kW'lık klima için hava debisi, yönlendiricilerin debiye etkisi, kanal boyu hız dağılımı, yolcu bölmesindeki sıcaklık dağılımı için çeşitli ölçümler yapılmıştır. Debi-Basınç değişimi grafiği ile fan karakteristik eğrisi üzerinden yapının karakteristiği irdelenmiştir. Bu ölçümlerde Daimler AG normları dikkate alınmıştır.

Şekil 4.1'de genel olarak görünen test odası egzoz gazını dışarı atan baca hattından, dışarıya atılan kirli hava kadar temiz hava alan ayrıca bir bacadan ve odanın nemliliğini ayarlayan nemlendiricilerden oluşmaktadır. Ayrıca yolcu yükünü simüle eden nemlendiriciler otobüs içinde mevcut.



Şekil 4.1 : Test Odası.

Test odasının iklim şartları standartlarda belirtildiği haliyle Şekil 4.2'deki grafikteki gibidir. Bu değerler kabinin yazılımlarından alınmıştır ve normlarla belirlenmiştir.



Şekil 4.2 : Odanın İklim Şartları.

4.1 Debi Ölçümü

Yapay fanın önünde peteklerle odaya sıcak ya da soğuk hava verilebiliyor. Bu hava belli bir kesitten geçirilir. Sadece böyle bir tünelle bu bölgeye girilebiliyor. Normalde tünelden çıkan havanın olduğu bölgenin havayı laminer akış durumuna getirebilmek için daha uzun olması gerekiyor. Bu şekilde ölçüm için daha uygun ortam sağlanacaktır ancak alan kısıtından dolayı bunu yapma imkanı pek yoktur. Koltukların, tutunma borularının olduğu bir ortamda bu mümkün değildir. Bu sebeple bu ölçümde bir miktar hata payı oluyor ancak seri durumu, ABS kaplamalı ayırık hava kanalı ve tekstil hava kanalı kendi içinde karşılaştırarak test ettiğimiz için bu hata payıyla bile karşılaştırma imkanı olabiliyor. Otobüs içine Şekil 4.3'teki rüzgar kanalı yerleştirilir ve klimadan fanlara ve fanlardan da tekstil hava kanalı içine test odasındaki rüzgar hızını oluşturan yapay fan ile verilen havanın bu havuza dolması sağlanır.



Şekil 4.3 : Rüzgar Havuzu.

Hava tünelinin alt tarafındaki kare kesiti küçük karelere ayırarak ölçümler bu küçük karelerdeki sensörler vasıtasıyla alınıyor. Burada ne kadar çok küçük kareler oluşturursak ölçüm o derece hassaslaşıyor ancak iterasyon sayısı arttığı için daha yavaş bir çözüm oluyor. 50cm x 50cm'lik bu kesit 25 kareye bölünmüş ve toplam 25 noktadan ölçüm alınıp ortalama değer debiyi vermiştir.

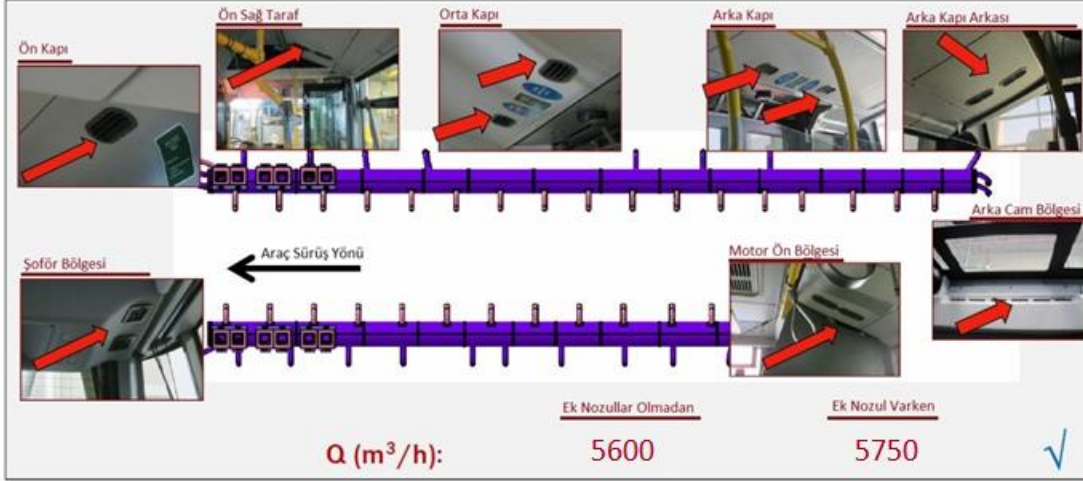
4.2 Yönlendirici Seçimi

Fanların ucuna koyulacak yönlendiriciler tekstil hava kanalı içindeki havanın debisini etkileyecek önemli elemanlardır. Bu sebeple bu parçanın tasarımı sonraki yapacağımız testleri etkileyecektir. Bu yönlendiriciler için 6 çeşit ön görülmüştür. Bu yönlendiricilerde debi üstte anlatılan yöntemle tekrar ölçülmüş ve aşağıdaki Şekil 4.4'teki gibi sonuç çıkmıştır.



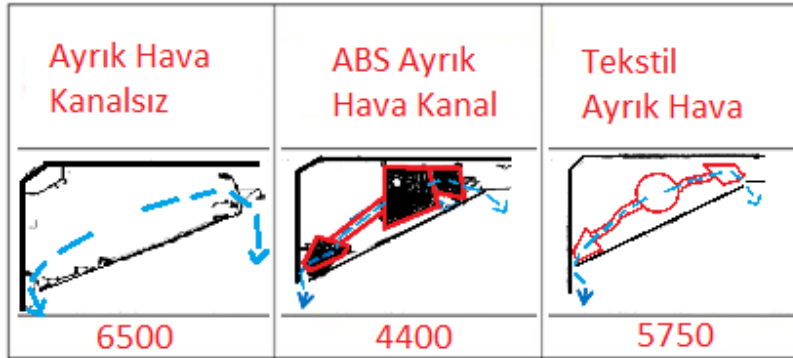
Şekil 4.4 : Yönlendiricilerin Debiye Etkisi.

Grafikte seri durumdaki debi (hiç yönlendirici ve ayrık hava kanalı yokkenki durum) 6500 m³/h ve buna en yakın değer 6. tip yönlendiricideki 5600 m³/h değeridir. Bu yönlendiriciye ek olarak kapı bölgelerine Şekil 4.5'teki gibi ilave nozullar eklenerek tekrar debi ölçümü yapıldığında, hava daha düzgün bir şekilde yolcu bölmesine ulaştığı için, 5750 m³/h okunmuştur.



Şekil 4.5 : Ek Nozulun Debiye Etkisi.

6 numaralı yönlendirici ve ek nozulların olduğu haldeki debi ile seri durum, ABS kaplamalı ayrık hava kanallı durum ve 1 numaralı yönlendiricinin olduğu durumlardaki debi miktarları aşağıda Şekil 4.6'da görülmektedir.

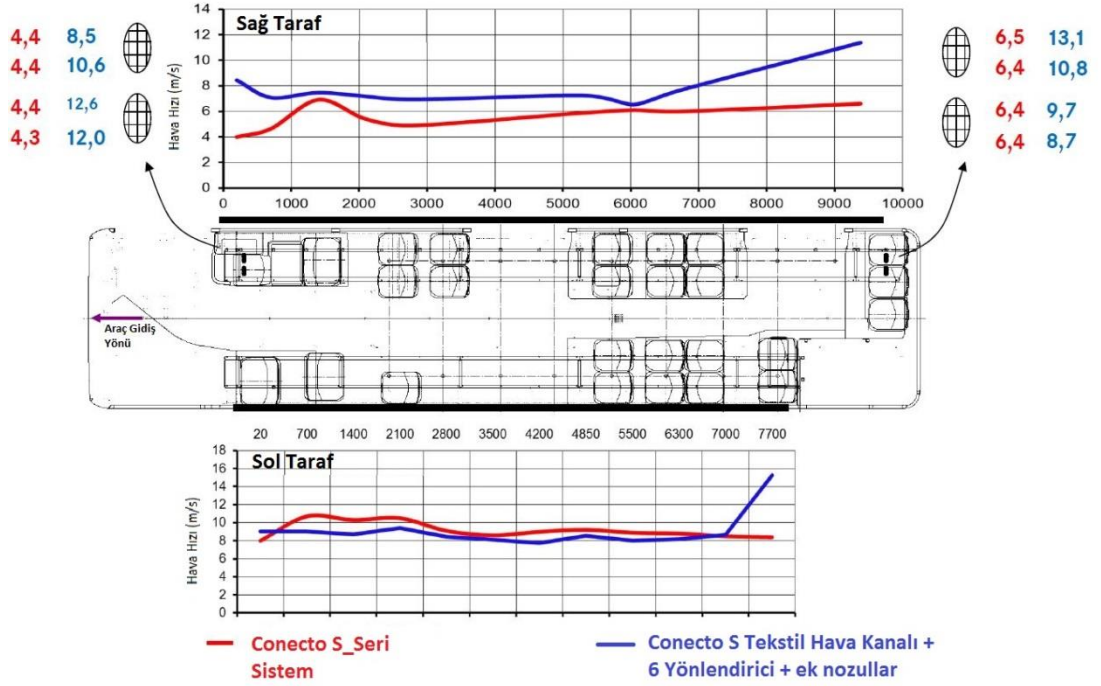


Şekil 4.6 : Genel Debi Karşılaştırması.

Bu sebeple tekstil hava kanalı konstrüksiyonunda işlemler bundan sonra 6 numaralı yönlendirici ve ek nozullar kullanılarak yapılacaktır.

4.3 Hız Ölçümü

Kanaldaki çıkışlara yerleştirilen sensörler marifetiyle otobüs boyunca cam tarafındaki hızlar ölçülmüştür. Grafiklerde kırmızı ile seri durum yani ayırık hava kanalının olmadığı durumun değerleri, mavi ile tekstil hava kanalının değerleri aynı grafiğe işlenmiştir. Ayrıca ek nozullardaki hızların değerleri Şekil 4.7'deki gibidir.

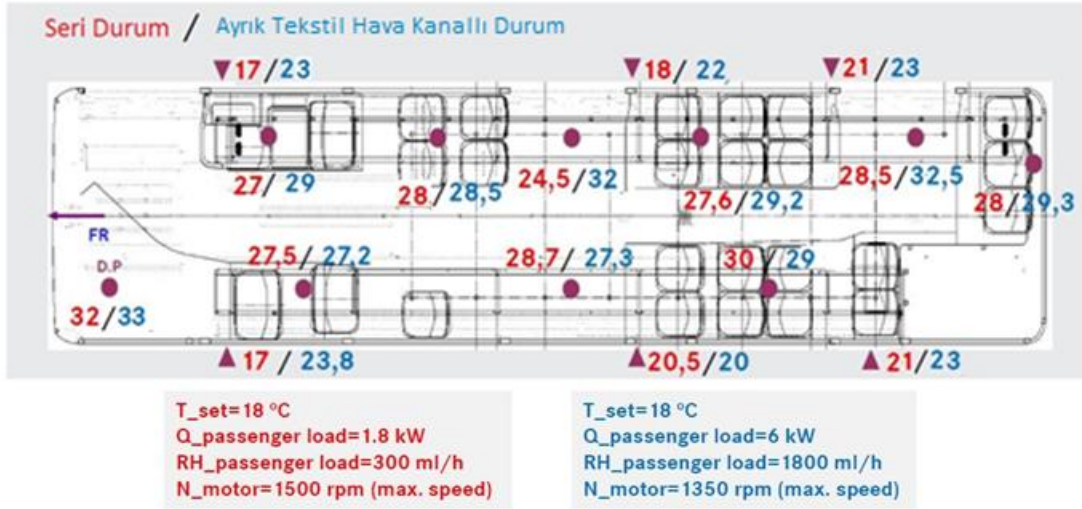


Şekil 4.7 : Genel Debi Karşılaştırması-2.

Kanal boyu hız dağılım grafiğinde görüldüğü üzere tekstil hava kanalında daha yüksek hızlara ulaşılabilir. Kanal sonlarına doğru hızlarda geri dönen havadan dolayı bir artış söz konusu. Kanal içinde istenen hız yaklaşık 8 m/s 'dir ve bu şart bu konstrüksiyonda sağlanıyor.

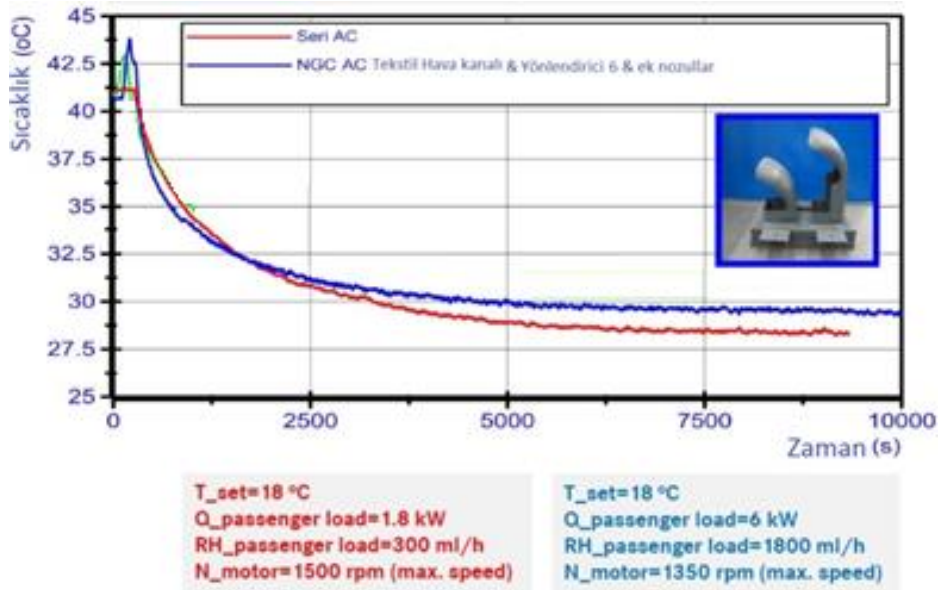
4.4 Sıcaklık Dağılımı

Otobüs içine yerden belli bir yüksekliğe yerleştirilen termocouplelardan bütün ölçüm boyunca alınan değerler sonucu rejim durumundaki otobüs boyunca aşağıdaki Şekil 4.8'deki gibi işlenmiştir.



Şekil 4.8 : Sıcaklık Dağılımı.

Ayrıca termocoupleların bulunduğu noktaların dengeye ulaşma grafiği 6 numaralı yönlendiricinin takılı olduğu durumda Şekil 4.9'daki gibidir.



Şekil 4.9 : Sıcaklığın Dengeye Gelmesi (Noktasal).

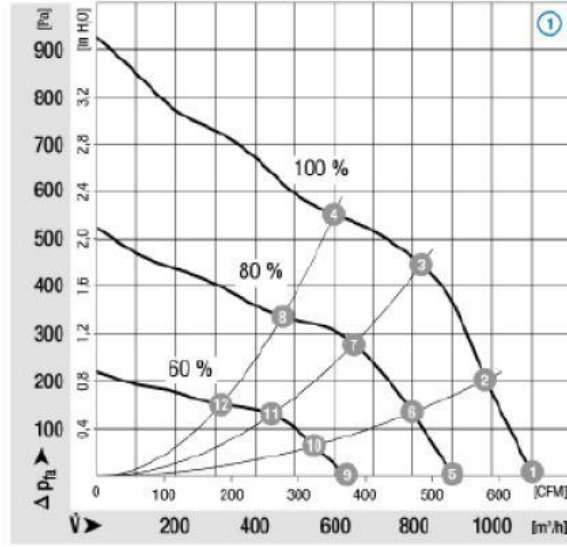
4.5 Fan Karakteristik Eğrisi

Hava klimadan solda 3 ve sağda 3 adet olmak üzere toplam 6 adet fan ile tekstil kanala iletiliyor. Burada Fan olarak özellikleri Şekil 4.10'da görünen Konvekta 32 kW AC sistem K11002206 seçilmiştir. Şekil 4.11'den havanın uğradığı basınç

kayıplarıyla birlikte açıklık oranına göre debi değeri bulunur ve böylece ölçtüğümüz debinin doğruluğunu kontrol etmiş oluruz.

Model	Karakteristik Eğrisi	Voltaj	Voltaj Aralığı	Hacimsel Debi	Devir Sayısı	Güç	Akım	Ses Basınç Seviyesi	Çalışma Sıcaklığı	Kütle	Bağlantı Şeması	
Typ	Motor	VDC	VDC	m ³ /h	min ⁻¹	W	A	dB(A)	°C	kg	F	
K3G 097-BK34 -65 ⁽¹⁾	M3G074-CF	①	26	16-32	1110	4040	344	13,3	70	-40..+85 ⁽²⁾	2,0	F

Şekil 4.10 : Fan Özellikleri.



Şekil 4.11 : Fan Karakteristik Eğrisi.

5. AKIŞKANLAR DİNAMIĞI ANALİZİ

5.1 Geometri ve Sınır Şartları

Prototip aşamasında elde edilen ve 4. bölümde değinilen test sonuçlarını yorumlamaya yardımcı olması adına tekstil hava kanalının sağ kısmı hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) programı olan STAR CCM+ programında akış analizine tabi tutulmuştur.

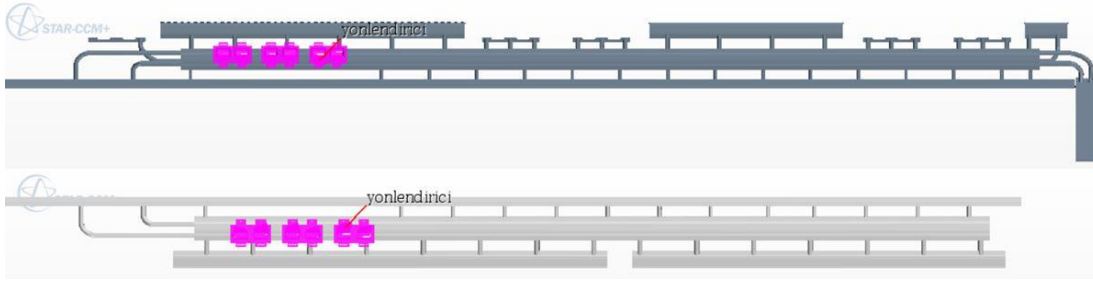
Bu kapsamda geometri tamamen katı halde tekrar tasarlanmış ve analiz programının içinde geometrik, fiziksel ve akış modeli özellikleri yapıya uygun şekilde seçilmiştir. Bu aşamada şu şekilde kabuller yapılmıştır: Akış; Newtonian, daimi, tek fazlı, sabit viskoziteli, sıkıştırılmaz kabul edilmiştir. Zamana bağlı Reynolds Avaraged ve Navier Stokes denklemleri ile bu tip akışa en uygun olan K-ε türbülans modeli kullanılmıştır. Ayrıca HAD içinde Navier-Stokes denklemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılan sayısal yöntemler bütünü olan Simple Algoritması kullanılmıştır.

Program kendi içinde modellemeye olanak sağlamasının yanında dışarıdan alınan geometriyi de tanımaktadır. Bu şekilde alınan hava kanalının sağ tarafı Şekil 5.1'deki gibidir.



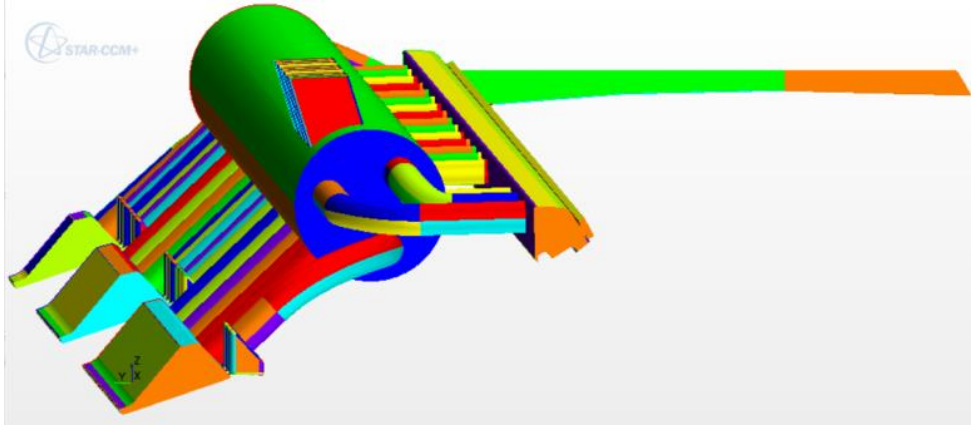
Şekil 5.1 : Geometri.

Bu aşamadan sonra yapılar fiziksel özelliklerine göre programa tekstil hava kanalı, yönlendiriciler ve kanalda akacak hava şeklinde Şekil 5.2'deki gibi tanımlanmıştır.



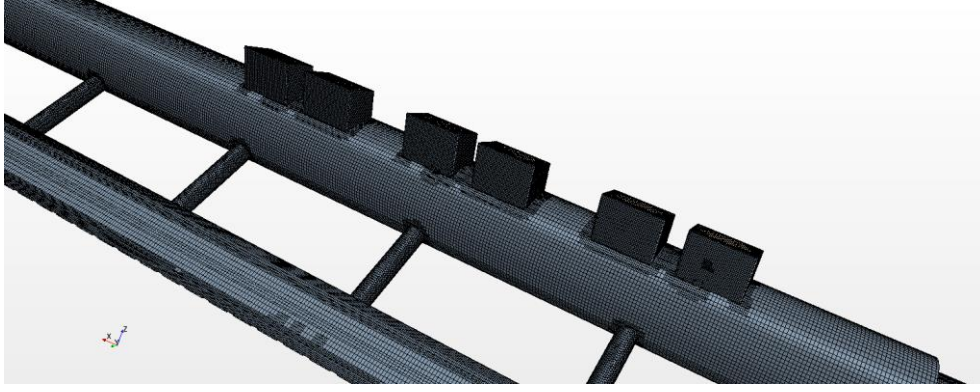
Şekil 5.2 : Geometrik tanımlamalar.

Daha sonra yapı bölgelere ayrılmış ve kendi içinde ‘hava giriş’, ‘hava çıkış’, ‘yonlendirici’ şeklinde gruplandırılmıştır. Şekil 5.3’te genel yapısı görünen sağ kanalda hava girişi için 6 bölge, cam tarafındaki çıkış için 164 bölge, koridor tarafındaki çıkış için 1 bölge ve yonlendirici için 6 bölge mevcuttur.



Şekil 5.3 : Kanalın bölgelere ayrılması.

Programın, çözüm ağı oluşturma süresini kısaltacak özelliği olan yüzey sarmalama işlemi yapıp kaliteli üçgenler elde edilir ve böylece karışık geometrideki gereksiz delikler otomatik kapatılarak sayısal çözüm ağının otomatik oluşturulması için uygun sürekli yüzey elde edilir [5]. Şekil 5.4’te genel haliyle belirtilen, çoğunluğu altı yüzlü elemanlardan oluşan kontrol hacim elemanları oluşturulup uygun türbülans modeli seçilir.



Şekil 5.4 : Kontrol hacim elemanları.

Program yakınsayana kadar koşturulduktan sonra hız ve basınç dağılımları için grafik raporları alınır.

5.2 Hız dağılımı

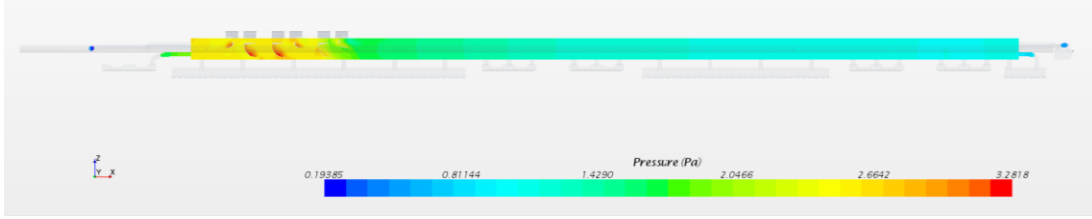
Kanal boyunca hız dağılımı için grafik Şekil 5.5'teki gibidir. Bu grafikte de görüldüğü üzere havanın ilk verildiği kısımlarda hava hızı yüksek ve kanal sonuna doğru hızlar düşme eğiliminde. Kanal sonunda da hız değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Konstrüksiyonda sağ tarafta bulunan 6 adet yönlendiriciden 1 tanesi ön tarafa, diğerleri ise arka tarafa doğru hava göndermektedir. Bunun mahal içinde istenen şartları sağlamada uygun olduğu ancak sonlara doğru kanaldan mahale bakan borularda kanala dik bir yerleşimdenise açılı bir yerleşimin daha uygun olduğu düşünülmektedir. Böylece daha eşit bir hava dağılımı elde edilebilir.



Şekil 5.5 : Kanal boyu hız dağılımı.

5.3 Basınç Dağılımı

Konstrüksiyonu iyileştirmek için baz alınacak bir diğer değer de kanala gönderilen havanın basınç değişimini incelemek. Bu dağılım Şekil 5.6'da da görüleceği üzere kanal başında basınç yüksek ve kanal sonuna doğru basınç düşmektedir.



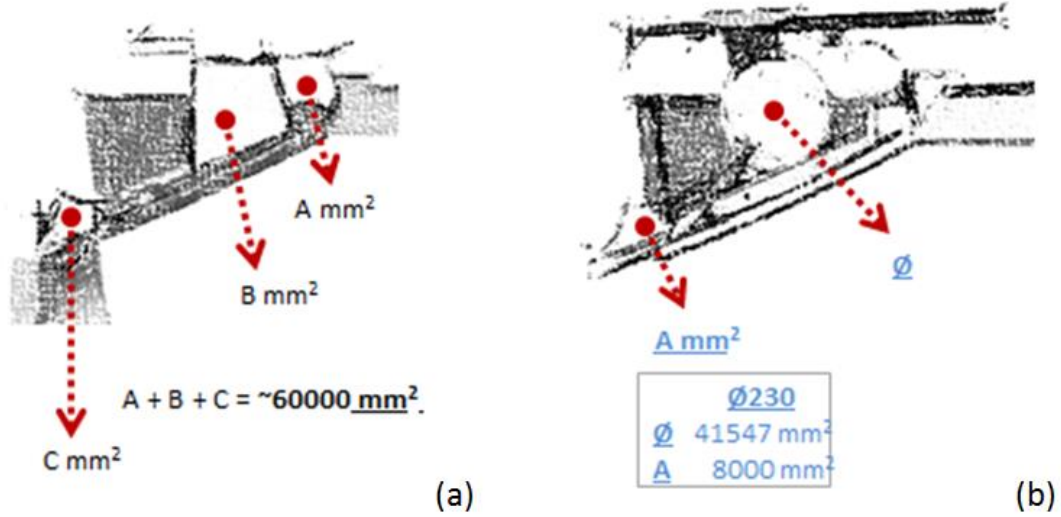
Şekil 5.6 : Kanal boyu basınç dağılımı.

6. KARŞILAŞTIRMALAR

Ayrık ABS hava kanalı ve tekstil hava kanalı ile ilgili konstrüktif detaylar, akış alanı, toplam kütle, montaj şekli, lojistik ve mali yönden karşılaştırmalar incelenmiştir.

6.1 Akış Kesit Alanı ve Kütle

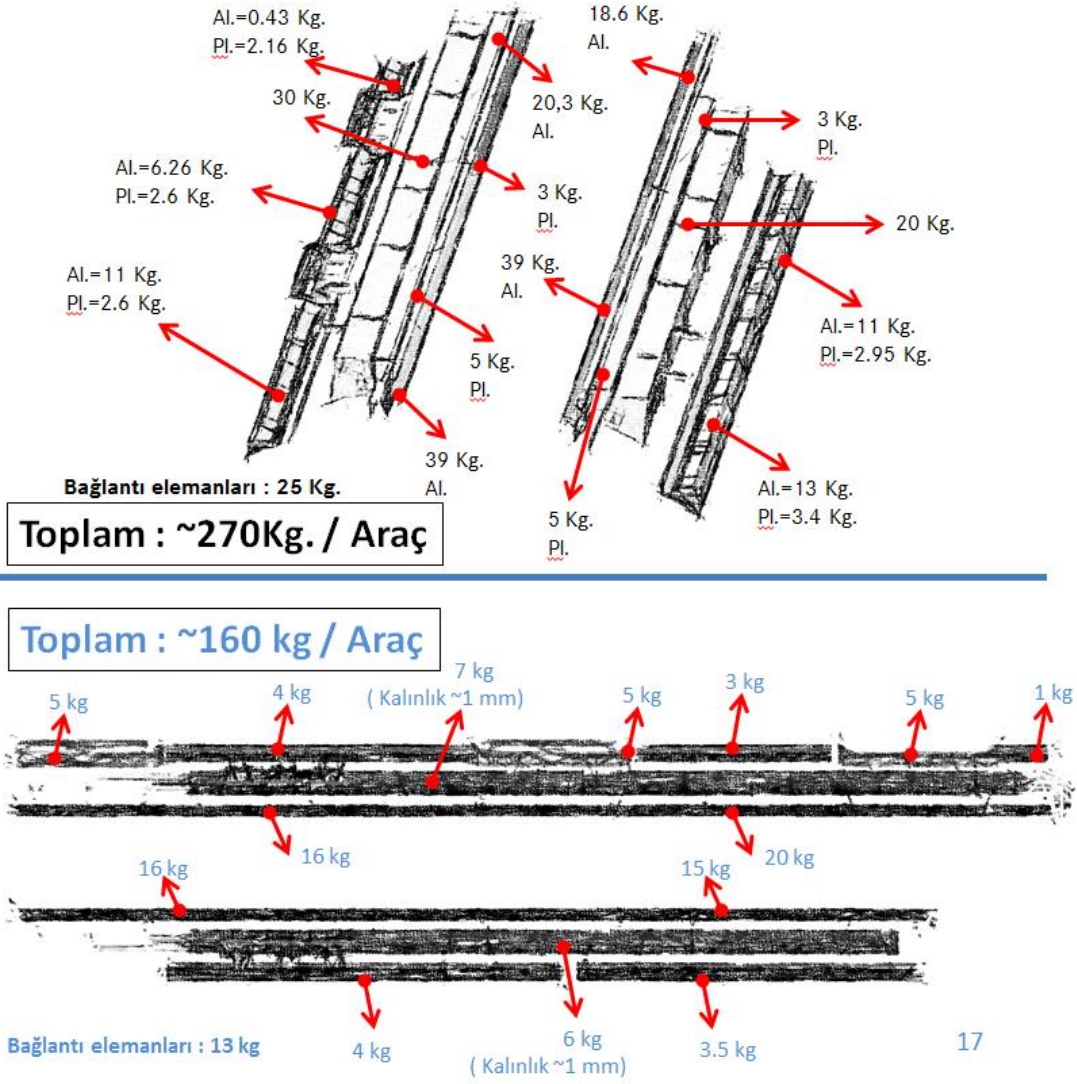
Akış kesit alanı ayrık ABS hava kanalı için Şekil 6.1 a'da da görüldüğü üzere yaklaşık 60000 mm^2 'dir.



Şekil 6.1 : Akış kesit alanı: (a)Ayrık ABS hava kanalı. (b)Ayrık tekstil hava kanalı.

Ayrık tekstil hava kanalı tasarımında bu kesit alanı küçültülerek yaklaşık 50000 mm^2 yapılmıştır. Bu şekilde daha etkili bir havalandırma gerçekleşecektir.

Ayrık ABS hava kanalının ABS kısmı, havayı cam tarafından ve tavan tarafından aktaran alüminyum parçaları ile bağlantı elemanlarının genel olarak araç başı toplam kütlesi 270 kg 'dır. Ayrık tekstil hava kanalında ise ana hacmin tekstil olmasından dolayı kayda değer bir kütle kazancı sağlanmakla beraber tekstil kanaldan cam tarafına ve tavan tarafına hava aktaran alüminyum yapılar ile beraber bu yapılar arasındaki boruların ve bağlantı elemanlarının araç başı yaklaşık kütlesi 160 kg 'dır. Bu yapıların genel hali Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



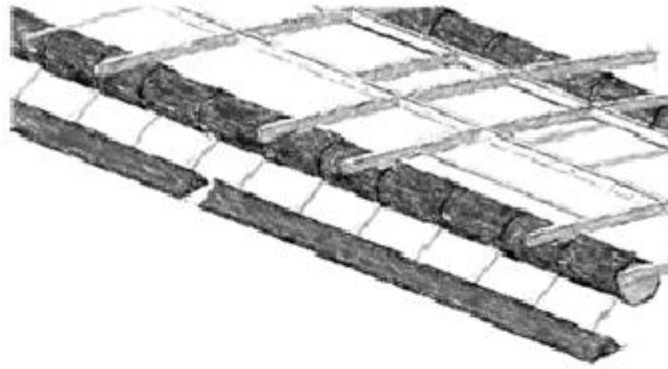
Şekil 6.2 : Kütle karşılaştırması.

6.2 Bağlantı Şekli

Ayrık ABS hava kanalının elemanları 9 m'lik ekstrüzyon yapılar olduğu için montajı, aracın ön camı takılmadan yapılmaktadır. Montaj, hem yapının ağırlığından hem de işçiyeye hareket kabiliyeti sağlamamasından dolayı oldukça zor ve uzun sürmektedir. Karoseriye kaynatılan bağlantı elemanlarına tutturulan bu elemanlarda yaşanacak herhangi bir sorunda eğer demontajı gerekirse ön camın sökülmesi gerekmektedir. Bu hem zahmetli hem de ön camın sökülüp tekrar takılması işlemi

sırasında karoseriye mutlaka zarar verildiğinden ilerde yaşanacak korozyon problemlerine karşı risk içeren bir uygulamadır.

Ayrık tekstil hava kanalının montajı ise oldukça basittir. Kanal, tellerle boğumlanmış ve bu boğumlardan karoseriye tutturulmaktadır. Esnek yapısından dolayı ön camı sökmeye gerek olmaması ve kütlesinin azlığından dolayı taşıma kolaylığının olması montaj veya demontaj süresini oldukça kısaltmaktadır. Buradaki önemli kriterlerden bir tanesi tekstil kanalı iyice gerdirmek ve camlara ve tavan tarafına hava gönderen küçük boruları oldukça düzgün yerleştirmektir. Bu halkalar ve kanalın karoserideki duruşu Şekil 6.3'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3 : Tekstil hava kanalı bağlantı şekli.

Kanalın otobüs boyunca yerleşimi ve borular Şekil 6.4'teki gibidir. Burada tekstil kanalı çevreleyen halkaların, karoseri boyunca uzanan 3 adet metal çubuklardan geçirildiği görülmektedir. Bu çubuklar sayesinde kanala hava gönderildiğinde kanaldaki sarsılmalar sönümlenmektedir.



Şekil 6.4 : Tekstil hava kanalı genel görünüş.

6.3 Lojistik ve Ambarlama

Ayrık ABS hava kanalının genel ölçüleri Şekil 6.5 a’da gösterilmiştir. Bu şekilde büyük bir yapının yan sanayiden getirilmesi, ambarlanması, banda taşınması ve araca montajı güçlükler yaratmaktadır. Ayrıca yedek parça maliyeti de oldukça yüksektir.

Şekil 6.5 b’deki ayrık tekstil hava kanalı ise kanala bağlı borularla birlikte nispeten az yer kaplamakta ve lojistiği daha kolay olmaktadır. Hafifliğinden dolayı banda taşınması ve montajı daha kolaydır. Kanaldan cam tarafına ve tavan tarafına hava gönderen küçük borular da üretici firma tarafından birleştirilmiş halde gönderilmektedir.



Paketleme
300 x 400 x 9000

(a)



Paketleme
650 x 600 x 1200

(b)

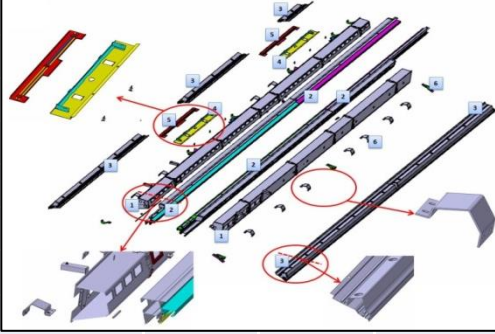
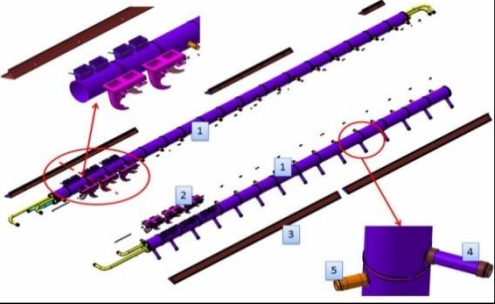
Şekil 6.5 : Ambarlama: (a)Ayrık ABS hava kanalı (b)Ayrık tekstil hava kanalı.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mevcut ayırık ABS hava kanalı ile yeni tasarlanan tekstil hava kanalı arasında maliyet araştırması yapılmıştır. Kanal bileşenlerinin birim fiyatları, bileşenler için imalat aşamasında yapılan işçilik süreleri ve buna bağlı olarak işçilik fiyatları, kanalın araca montaj ve araç üzerinde ayar yapılma süresi ve kanalların ağırlıkları karşılaştırılmıştır. Çıkan sonuca göre yeni tasarlanan tekstil kanal daha ucuz, daha hafif, işçilik süresi daha az ve montaj-demontaj süresi daha kısa ve kolaydır. Ayrıca konfor normlarına göre daha kaliteli bir hava yolculara aktarılmaktadır. Çizelge 7.1'de de görüldüğü üzere imalat ve montaj süresi ~ 1 sa kısalmıştır. Toplam kütle ~ % 40 (110 kg) azalmıştır. Toplam maliyet ~ % 21 (750 TL) azalmıştır.

Bu çalışmanın devamı olarak, kullanılan makine elemanlarının daha detaylı hesaplaması yapılabilir ve böylece kayıplar üstüne daha çok gidilebilir. Böylece daha kaliteli bir hava akışı sağlanabilir. Kullanılan sızdırmazlık elemanları detaylı bir şekilde incelenebilir ve ileride oluşabilecek yırtılma gibi tehlikelerin önüne geçilmiş olur.

Çizelge 7.1 : Maliyet verileri.

	Ağırlık (kg)	Toplam Ağırlık (kg)	İşçilik (sa)	Lojistik Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
	1. Ana hava kanalı, ABS	50	270	500	3500
	2. Koridor tarafı aktarma kanalı, Al	116,3			
	3. Cam tarafı aktarma kanalı, Al	55,4			
	4. Kapı tarafı tutucu 1, st37	5			
	5. Kapı tarafı tutucu 2, st37	4			
	6. Tutucu, st37	14,3			
	Bağlantı Elemanları	25			
	1. Tekstil kanal, kumaş	13	160	300	2750
	2. Yönlendiriciler, ABS	6			
	3. Cam tarafı aktarma kanalı, Al	30,5			
	4. Cam tarafı gırtlak boru, polietilen	5			
	5. Orta taraf gırtlak boru, polietilen	3			
	6. Koridor tarafı aktarma kanalı, Al	83,5			
	Bağlantı Elemanları	19			

KAYNAKLAR

- [1] **ASHRAE Standardı** (1999). ASHRAE 62-1999: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ASHRAE, Atlanta.
- [2] **DIN 1946-3 Standardı** (2006). Airconditioning of passenger cars and commercial vehicles.
- [3] **Wang, H., Xiang, L.** (2009). “Numerical Simulation of Air conditioning Vehicle Using Computational Fluid Dynamics”.
- [4] **Oualit, N., Markowitz, M.** (2007). “CFD Simulation of an indirect ventilation system in vehicle”.
- [5] **Url-1**, < <http://www.a-ztech.com.tr/starccm.html>>, 15.11.2014.
- [6] **Genç, C.**, 2011. A-Ztech Bilgisayar Destekli Mühendislik Teknolojileri firması çalışanı, kişisel görüşme.
- [7] **Havalandırma Tesisatı** (2006). TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No:MMO/297-5.
- [8] **Doğru, S.** (2014). Mercedes-Benz Otobüs AR-GE İç Donanım Müdürü, kişisel görüşme.
- [9] **Url-2**, < <http://www.epo.org/>>, 10.10.2014.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Akın Özkan
Doğum Yeri ve Tarihi : Gürün, 10.12.1988
E-Posta : akin_ozkn@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2011, İTÜ, Makina Fakültesi, Makine Müh. B.
- **Yüksek Lisans** : 2015, İTÜ, Makina Müh., Konstrüksiyon Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

2011- MBtech Müh. ve Danışmanlık LTD. ŞTİ., proje mühendisi