

**TAŞIT İÇ GEOMETRİK PARAMETRE
DEĞİŞİMLERİNE BAĞLI HAVALANDIRMA
OPTİMİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Mine TÜRKSOY
503991152**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Mayıs 2002**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Ali GÖKTAN

Diğer Jüri Üyeleri Doç.Dr. Doğan GÜNEŞ

Prof.Dr. İrfan YAVAŞLIOL

MAYIS 2002

ÖNSÖZ

Günümüzde taşıt içi konforun önemi artmıştır. Taşıt içi havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemlerinde, araştırma ve geliştirme çalışmalarıyla son yıllarda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Taşıt tasarımı aşamasında, daha ekonomik olması ve zaman tasarrufu sağlaması nedeniyle, sıcaklık konforunun optimizasyonu için, bilgisayar destekli analiz yöntemleri tercih edilmektedir. Bu çalışmada da, rahatlık konforu tanıtılmış ve bilgisayar ortamında, taşıt içinde oluşan ve sıcaklık konforunu etkileyen hava hızları incelenmiştir.

Bu çalışmam sırasında bana destek veren aileme; değerli görüşleriyle yol gösteren hocam Prof.Dr. Ali Göktan'a ve Makina Fakültesi asistanlarından Y.Müh. Ali Gökşenli'ye teşekkür ediyorum.

Mayıs 2002

Mine TÜRKSOY

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Taşıt İçi Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme (HVAC)	1
2. HAVALANDIRMA SİSTEMİNİN İNCELENMESİ	4
2.1 Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme'ye (HVAC) Etki eden Faktörler	4
2.2 Rahatlık Konforu	4
2.2.1 Havanın sıcaklığı	5
2.2.1.1 Taşıt içine ısı geçişi	6
2.2.2 Havanın nemi	7
2.2.3 Hava hızı	9
2.2.4 Hava kalitesi	10
2.2.4.1 Taşıt İçinde Oluşan Koku Analizi	11
2.3 Taşıt İklimlendirmesini Zorlaştıran Nedenler	12
2.4 Vücut Sıcaklığı	14
2.4.1 Vücudun Sıcaklık Değişimine Tepkileri	14
2.4.2 Vücut Üzerindeki Bölgesel Etkiler	14
3. KONU İLE İLGİLİ YAZILIMLARLA UYGULANAN ÇÖZÜMLER	16
3.1 GAMBIT Yazılımının Kullanımı	17
3.2 FLUENT Yazılımının Kullanımı	18
3.2.1 Akışa Ait Fiziksel Modelin Tanımı	18
3.2.2 Akışkan Özelliklerinin Tanımlanması	18
3.2.3 Sınır Şartlarının Tanımlanması	19
3.2.4 Çözümleme	19
3.3 Aerodinamik özelliklerin sayısal yöntemlerle belirlenmesi (CFD)	20
3.3.1 Navier-Stokes Denklemleri	21

3.3.2	Ayrıklaştırma	21
3.3.2.1	Sonlu Farklar Yöntemi	22
3.3.2.2	Sonlu Hacimler Yöntemi	23
4.	ISITMA, HAVALANDIRMA ve İKLİMLENDİRME (HVAC)	
	ÇALIŞMALARINDAN ÖRNEKLER	25
4.1	Yolcu Kabinindeki Akışın ve Isı Transferinin Analizi	25
4.2	Yolcu Taşıt Modelinde Akış Alanı Karakteristikleri	31
5.	HAVALANDIRMA KONFORUNUN OPTİMİZASYONU	42
5.1	Taşıt İç Kabini Çizimi	43
5.1.1	Hava giriş ve çıkış noktaları	43
5.1.2	Parametrelerin belirlenmesi	44
5.1.3	Ölçüm yapılan noktalar	45
5.2	Hava Giriş Hızının Seçimi	45
5.3	Belirlenen Hava Hızı ve Havalandırma Yer Seçiminin Analizi	46
5.3.1	A mesafesi değiştirildiğinde	46
5.3.2	B mesafesi değiştirildiğinde	50
5.3.3	H yüksekliği değiştirildiğinde	53
5.3.4	Tek çıkış olduğunda sonuçların değerlendirilmesi	57
5.4	İlave Hava Çıkışı	57
5.4.1	A mesafesi değiştirildiğinde	58
5.4.2	B mesafesi değiştirildiğinde	62
5.4.3	H yüksekliği değiştirildiğinde	65
5.4.4	İkinci çıkış eklendiğinde sonuçların değerlendirilmesi	68
5.5	Taşıt İç Boyutu Sabit Tutularak Yapılan Ölçümler	69
5.5.1	Ön koltuk	73
5.5.2	Arka koltuk	74
5.6	Optimizasyon Çalışması	75
6.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	79
	KAYNAKLAR	82
	ÖZGEÇMİŞ	84

KISATMALAR

HVAC:	Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme
CFD	: Sayısal Akışkanlar Dinamiği
PIV	: Parçacık Görüntü Hızlandırıcısı
ÖY	: Ön Yüz
ÖG	: Ön Gövde
ÖA	: Ön Ayak
AY	: Arka Yüz
AG	: Arka Gövde
AA	: Arka Ayak
H.o.t	: Yüksek mertebeden terimler

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 : %90 Kabul edilebilir çalışma sıcakları	5
Tablo 2.2 : Değişik hareketler sırasındaki ısı üretim	7
Tablo 2.3 : Çeşitli kuru termometre sıcaklıkları için kuru havanın doyma değerleri	8
Tablo 2.4 : Taşıt içerisinde denenmiş hava hızları	9
Tablo 2.5 : Deniz seviyesindeki kuru havanın kompozisyonu	11
Tablo 5.1 : Parametrelerin aldığı sayısal değerler	44
Tablo 5.2 : Taşıt iç boyutu sabit tutularak yapılan çalışmada, parametrelerin aldığı değerler	70

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1 : Klimalı olarak üretilen taşıtların dünya genelinde artış yüzdeleri.....	2
Şekil 2.1 : Taşıt içerisindeki kokular	11
Şekil 2.2 : Park konumundaki aracın ön panel yüzey sıcaklıkları.....	13
Şekil 2.3 : Vücut üzerindeki algılayıcıların yüzde değerleri	15
Şekil 3.1 : İçerisinde düzgün ağ sistemi oluşturulmuş taşıt yolcu kabini.....	18
Şekil 3.2 : Hata eğrilerinin hesaplama sırasında iterasyon adımları ile değişimi.....	20
Şekil 3.3 : Δx uzaklığındaki noktalar	22
Şekil 3.4 : İki boyutlu bir hesap alanı için ağ sistemi ve kontrol hacimleri	23
Şekil 4.1 : Dört değişik taşıt hızındaki sıcaklık dağılımları	26
Şekil 4.2 : Kabin içi ve etrafındaki akış çizgileri	27
Şekil 4.3 : Dış sıcaklık düşük olduğu zaman taşıt içerisindeki oluşan sabit sıcaklık.....	27
Şekil 4.4 : Taşıt içi zamana bağlı ısıtma.....	28
Şekil 4.5 : Kesitlerin gösterimi.....	29
Şekil 4.6 : Üç değişik kesit ve giriş şartı için oluşan sıcaklık profiller	30
Şekil 4.7 : Taşıt içi akış alanları	30
Şekil 4.8 : Taşıt içi çizimi.....	33
Şekil 4.9 : Boş yolcu koltuğu ile kapı arasındaki akış (deneysel,sayısal).....	34
Şekil 4.10: Boş yolcu koltuğunun ortasına doğru olan akış (deneysel,sayısal).....	35
Şekil 4.11: Taşıtın ortasındaki akış (deneysel, sayısal).....	36
Şekil 4.12: Yolcu varken taşıt içindeki akış (deneysel, sayısal).....	37
Şekil 4.13: Yolcunun göğüs seviyesindeki akış (deneysel, sayısal).....	38
Şekil 4.14: Kapı yanındaki düzlemde, ön yolcunun diz seviyesinden başlayan kesitte elde edilen sonuçların karşılaştırılması	39
Şekil 4.15: Kapı yanındaki düzlemde, arka yolcunun diz seviyesinden başlayan kesitte elde edilen sonuçların karşılaştırılması	40
Şekil 4.16: Ön yolcunun dizi seviyesinde başlayan merkezi kesitteki sonuçların karşılaştırılması.....	40
Şekil 4.17: Arka yolcunun dizi seviyesinde başlayan merkezi kesitteki sonuçların karşılaştırılması.....	41
Şekil 5.1 : A, B ve H mesafelerinin taşıt üzerinde gösterimi	44
Şekil 5.2 : Ölçüm yapılan noktaların taşıt içerisindeki yerleri	45
Şekil 5.3 : Taşıt orijinal ölçüsünde iken, taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılım	47
Şekil 5.4 : A= 58cm. olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	48
Şekil 5.5 : A= 61 cm. olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü	

dağılımı eğrileri.....	48
Şekil 5.6 : A = 64 cm. olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	49
Şekil 5.7 : A= 67 cm. olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	49
Şekil 5.8 : A mesafesi değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri	50
Şekil 5.9 : A mesafesi değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri	50
Şekil 5.10: B= 45 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	51
Şekil 5.11: B= 48 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	51
Şekil 5.12: B= 51 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	52
Şekil 5.13: B= 54 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	52
Şekil 5.14: B mesafesi değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda değerleri	53
Şekil 5.15: B mesafesi değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri	53
Şekil 5.16: H =129 cm'ye düşürüldüğünde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	54
Şekil 5.17: H= 132cm'ye düşürüldüğünde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	54
Şekil 5.18: Taşıt orijinal ölçüsünde iken, taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	55
Şekil 5.19: H= 138cm'e yükseltildiğinde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	55
Şekil 5.20: H= 141 cm'e yükseltildiğinde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	56
Şekil 5.21: H yüksekliği değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri	56
Şekil 5.22: H yüksekliği değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri	56
Şekil 5.23: Taşıt orijinal ölçüsünde iken, taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	59
Şekil 5.24: A = 58 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	59
Şekil 5.25: A = 61 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	60
Şekil 5.26: A = 64 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	60
Şekil 5.27: A = 67 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	61
Şekil 5.28: A mesafesi değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)	61
Şekil 5.29: A mesafesi değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)	61
Şekil 5.30: B = 45 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü	

dağılım eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	62
Şekil 5.31: B= 48 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılım eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	63
Şekil 5.32: B= 51 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılım eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	63
Şekil 5.33: B= 54 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılım eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	64
Şekil 5.34: B mesafesi değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	64
Şekil 5.35: B mesafesi değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	64
Şekil 5.36: H= 129cm'e düşürüldüğünde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	66
Şekil 5.37: H= 132 cm'e düşürüldüğünde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	66
Şekil 5.38: H= 138 cm'e yükseltildiğinde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	67
Şekil 5.39: H= 141 cm'e yükseltildiğinde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	67
Şekil 5.40: H yüksekliği değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	68
Şekil 5.41: H yüksekliği değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri (ikinci çıkış eklenmiş durumda).....	68
Şekil 5.42: Taşıt iç boyutu sabit tutulup A= 35cm'e düşürüldüğünde (B=74 cm)taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	70
Şekil 5.43: Taşıt iç boyutu sabit tutulup A= 55cm'e yükseltildiğinde (B=51 cm) taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	71
Şekil 5.44: Taşıt iç toplam boyutu sabit tutulup A= 58 cm'e yükseltildiğinde (B= 51 cm) taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	71
Şekil 5.45: Taşıt iç toplam boyutu sabit tutulup A= 61 cm'e yükseltildiğinde (B=48 cm) taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	72
Şekil 5.46: Taşıt iç toplam boyutu sabit tutulup A= 64 cm'e yükseltildiğinde (B=45 cm) taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	72
Şekil 5.47: Taşıt iç toplam boyutu sabit tutulup A= 74 cm'e yükseltildiğinde (B= 35 cm) taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri.....	73
Şekil 5.48: Taşıt iç toplam boyutu sabit tutulup A mesafesi değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri	73
Şekil 5.49: Taşıt iç toplam boyutu sabit tutulup A mesafesi değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri	73
Şekil 5.50: A mesafesi değiştirildiğinde ön ve arka koltuk için belirli noktalardaki toplam düzeltilmiş hız.....	77
Şekil 5.51: B mesafesi değiştirildiğinde ön ve arka koltuk için belirli noktalardaki toplam düzeltilmiş hız.....	77
Şekil 5.52: H yüksekliği değiştirildiğinde ön ve arka koltuk için belirli	

	noktalardaki toplam düzeltilmiş hız.....	77
Şekil 5.53:	Taşıt iç toplam boyutu sabit tutularak A mesafesi değiştirildiğinde ön ve arka koltuk için belirli	
	noktalardaki toplam düzeltilmiş hız.....	78

SEMBOLLER

I	:	Alınan koku
S	:	Koku miktarı
S₀	:	İnsan tarafından hissedilebilecek minimum koku miktarı
I_d	:	Kıyafete bağlı katsayı
K_t	:	Karışık sistem sabiti
I_t	:	Uzaklaştırılan gazın koku miktarı
ΔI	:	Kokudaki azalma miktarı
J	:	Atılan gaz miktarı
μ	:	Viskozite
p	:	Basınç
B	:	Birim hacme gelen kütle kuvveti
Γ	:	Genel difüzyon katsayısı
Φ	:	Genel bağımlı değişken

ÖZET

Taşıt İç Geometrik Parametre Değişimlerine Bağlı Havalandırma Optimizasyonu

Taşıt içi havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemlerinde araştırma ve geliştirme çalışmalarıyla son yıllarda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Taşıt içi konforun önemi günden güne artmış ve günümüz taşıtlarında en çok aranan özelliklerden birisi haline gelmiştir. Taşıt içi konfor denilince akla ilk gelen sıcaklık konforudur. Isıtma havalandırma ve soğutma bu konfor için belirleyici özelliklerdir. Bu çalışmada daha çok havalandırma üzerinde durulmuştur.

Taşıt içi ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC)'ye etki eden parametreler iç ve dış olarak ikiye ayrılır. Dış parametreler taşıt hızı, dış hava sıcaklığı, rüzgarın hızı ve yönüdür. İç parametreler ise HVAC girişlerindeki hava sıcaklığı ve hızı, bağıl nem, hava giriş ve çıkış noktalarının yerleştirilmesi ve sayısı, taşıt duvarının ısı iletim özellikleri, taşıt üzerindeki cam miktarı, özellikleri ve yolcuların kişisel faktörleridir. Taşıt içerisindeki insanların rahat olabilmeleri için, içeride var olan havanın bazı şartları sağlaması gerekmektedir. Rahatlık konforu taşıt içerisindeki havanın hızına, sıcaklığına, nemine ve kalitesine bağlıdır. Bu temel faktörlerin insan vücudu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu şartlar literatür araştırması ile etüd edilmiştir.

Taşıt içi havalandırması binalara göre daha karmaşıktır. İçerideki cam miktarının fazla olması dışarıdan içeriye ısı geçişini artırır ve sıcaklık özellikle yaz aylarında çok yükselir. Sıcaklığın kısa bir sürede istenilen seviyeye gelmesi beklenir. Taşıt iç hacmi $0.5m^3$ gibi küçük bir alandır serin havanın devridaim yapacağı serbest hacim kısıtlı olduğundan yolcular, gönderilecek hava ile doğrudan temasta olacaklardır ve hava akışı koltuklar ve yolcuların varlığıyla zorlaşmaktadır.

Taşıt içerisindeki havalandırma özelliklerinin belirlenmesinde “FLUENT” ve “GAMBIT” adı verilen yazılımlar kullanıldı. “FLUENT”, kabin içerisindeki hava akışının modellenmesi, aerodinamik özellikleri ile hızın sayısal değerlerinin belirlenmesi, taşıt içi sıcaklık dağılımı ve oluşan basınçların incelenmesi için

kullanılır. Sayısal bir çözümlemenin yapılması için hesap alanının sonlu sayıda hacme bölünmesi gerekmektedir. “GAMBİT” yazılımında taşıt iç geometrisi oluşturulur ve ağ sistemi çizilir. Böylece “FLUENT ” ortamına aktarılan çizimde sınır şartları belirlenir. Ağ sistemi oluşturulmuş yüzeyde ; hız, sıcaklık, basınç yoğunluk ölçümleri yanı sıra boru akışı incelemeleri ve yanma analizleri de yapılabilir.

FLUENT ortamında yapılan bir araştırmada, taşıt hızının, akış ve sıcaklık dağılımı kadar kabin klima özelliklerine de etkisinin olduğu görülmüştür. Hız büyüklüğü arttıkça taşıt hızının kabin havalandırmasına olan etkisi azalır. Tahmin edilebileceği gibi dış sıcaklıkla orantılı olarak, taşıt iç sıcaklığı değişim gösterir. Hava giriş ve çıkış özellikleri taşıt içerisindeki sıcaklık dağılımını etkiler. Ön panelden yapılan havalandırma, ayak bölgesinden yapılana göre daha etkin sonuçlar verir. Hava çıkış yerlerinin doğru seçilmesi HVAC sisteminin verimini çok arttırmaktadır. Hava giriş ve çıkış özellikleri değiştirilerek hava dolaşımının az olduğu bölgelerin varlığı gibi bir takım olumsuzlukların da giderilebileceği görülmüştür.

Taşıt içerisinde oluşan hava hızının tespit edilmesi aşamasında deneysel ve sayısal(CFD) yöntemler kullanılarak bunların sonuçları karşılaştırılmıştır. Deneysel veri olarak, literatürden, kabin içerisindeki akışkanın hareketi Lazerli Tabaka Görüntüleyici (Laser Sheet Visualisation) ve Parçacık Görüntü Hızlandırıcısı (Particle Image Velocimetry) kullanılarak incelenmiş olan ve parçacıkların kamerada büyütülüp hareketlerinin izlendiği, taşıt içi hava akımları ile ilgili bilgiler kullanılmıştır. Geri dönen akışların, pis hava birikim bölgelerinin nerelerde oluştuğu tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında yapılan ve son bölümde anlatılmış olan “taşıt içi havalandırma optimizasyonu” yine “FLUENT” ortamında gerçekleştirilmiştir. İçeride yolcu olmadığı düşünülmüş ve çalışma iki boyutlu yapıldığından taşıt genişliği boyunca oluşan hava akışı ölçülememiştir. Bu yüzden sonuçlar kesinlik oluşturmaz. Ford Escort sedan modeli üzerinden alınan ölçülerle “GAMBİT” ortamında taşıt iç hacmi çizilmiş ve ağ sistemi oluşturulduktan sonra, ilk aşamada hava giriş hızı ve yönü tayin edilmiştir.

Havanın giriş noktaları birincisi ön panel üzerine, diğeri ayak bölgesine olmak üzere iki adet giriş noktası belirlenmiştir. Bir adet çıkış noktası arka yolcunun ense bölgesine yerleştirilmiştir. Hava giriş hızının ve yönünün belirlenme aşamasında insan vücudu üzerinde üç nokta seçilmiştir. Bu noktaların birisi yüz üzerinde, ikincisi

göğüs bölgesinde ve üçüncüsü de ayakla diz arasında bir bölgede bulunmaktadır. İnsan vücudunun konforlu hissetmesi için üzerine gelecek hava hızı en fazla 3 m/s olmalıdır. Çeşitli hız değerleri denenmiş giriş hızının 6.5 m/s olması uygun görülmüştür. Taşıt içerisinde ön koltuk ile ön panel mesafesi, ön koltuk ile arka koltuk mesafesi ve taşıt yüksekliği gibi üç parametre belirlenmiştir ve bu parametreler üzerinde değişiklikler yapılarak hava akışının nasıl etkilendiği gözlenmiştir. Bu parametreler arttırılırken taşıt iç boyutu da artmıştır.

Ancak arka yolcu üzerindeki hava hızının, yetersiz olduğu görülmüş ve bir hava çıkışı daha arka yolcunun ayak bölgesinde koltukla yerin birleştiği yere yerleştirilmiştir. Ancak bu kez hava hızında düşüş gözlenmiş, yine aynı çalışmalar yapılarak hava hızı 8 m/s'ye çıkartılmıştır. Yapılan bu optimizasyonla arka yolcuya da yeterli havanın ulaştırılması sağlanmıştır. İçerideki hava akışı bu kez de taşıt iç toplam boyutu sabit tutularak, yalnızca ön koltuğun yeri değiştirilmek suretiyle yapılmıştır. Bu işlemlerden sonra, yaklaşık katsayılarla çarpılarak ideal ölçülerin hangileri olabileceği yaklaşık olarak tespit edilmiştir.

SUMMARY

Optimization Of Ventilation Related To Modification Of Geometrical Parameters Of Vehicle Interior

Recently, research and development of HVAC in cabs is improved a lot. The most demanding characteristic of a vehicle is thermal comfort in cabs. Thermal comfort is an important concern for occupants in an enclosed environment such as the passenger compartment of a vehicle. Thermal comfort is determined with heating, ventilation and cooling. We will especially study ventilation in this thesis.

The parameters effecting HVAC (heating, ventilating and air conditionning) are classified as interior and exterior. Exterior parameters are velocity of the vehicle, air temperature outside the vehicle, direction and the velocity of the wind. Interior parameters are the air temperature and velocity at the HVAC inlets, the number and location of inlets / outlets, humidity and the quality of the air, thermo-conductive properties of the car walls, the types of the window glass. The comfort of the people depends on the air inside the vehicle which must supply some conditions. These conditions are obtained with research of the other supplies.

Ventilation of a vehicle is more complicated than a building. The heat transfer is increased according to the rate glass area and heat is increased especially in the summer. The temperature should reach the comfort level in a short time. The area inside the cab is 0.5 m^2 and because of this little space, the presence of the seats and of the occupants are all factors that make difficult a good air distribution.

“FLUENT” and “GAMBIT” softwares are used to determine the ventilation properties inside a cab. “FLUENT” is used for modelling flow field in cabs, determining aerodynamic properties and numerical value of the velocity, studying heat distribution and changes of pressure. For generating a numerical simulation, domain has to be divided by finite volumes. Interior cab geometry and grid network are designed with “GAMBIT”. The surface mesh is exported into “FLUENT” for

determining the boundary conditions. It's possible to solve the analysis of velocity, temperature, pressure, density and also the pipe flow in grid generated surface.

In a research obtained by "FLUENT", the results indicate that both external parameters such as car velocity and outside temperature play an important role in determining of car HVAC system efficiency as much as the air velocity and temperatures inside a car. The influence of the vehicle velocity on the cabin climate decreases with increase of the velocity magnitude. Not surprisingly, both the air temperature and velocity at the inlets play an important role in determining cabin climate. The results indicate that some of negative effects, such as development of zones of low air circulation can be significantly reduced by improving inlet / outlet configuration.

Particle Image Velocimetry (PIV) and Computational Fluid Dynamics (CFD) were applied to determine the velocity field due to both windshield defrosters and instrument panel registers, results from both techniques were compared at several planes. Laser Sheet Visualisation (LSV) and PIV are used to scrutinize the fluid motion within the cabin. The locations of maximum velocity as well as the characteristics of the re-circulation regions, are correctly predicted.

In this thesis, optimisation of ventilation inside a car is studied with "FLUENT" in last chapter. It's assumed that there's no passenger in the car. This study examined the airflow inside a two-dimensional car model so airflow cannot be analysed through the width of the vehicle. And there's no accuracy on the results. With the dimensions taken from Ford Escort sedan model, interior cab geometry is designed and after the generation of surface mesh, firstly air velocity and direction of the inlet vent are selected.

Two inlet vents are determined, one on instrument panel and the other one in the foot area. And one outlet is placed just behind the passenger neck, on the parcel shelf. In the stage of determining velocity inlet and direction, three points are selected on the passenger body. These points are located on the face, the chest and between the knee and the foot. For the passenger comfort, the air velocity reaching the passenger must be maximum 3 m/s. Various velocity values are tested and suitable inlet velocity is determined as 6.5 m/s. Three parameters are determined; these are; the distance between the instrument panel and the front seat; front seat and rear seat and also vehicle height. By making some modifications on these parameters, effects on

velocity field are observed. As these parameters are increased, the inner vehicle space is increased, too.

However air velocity reaching the rear passenger is insufficient, so another outlet vent is added on the foot area of the rear passenger. But in this case, air velocity decrease is observed, so with the same studies, air velocity at the HVAC inlet is increased to 8 m/s. By this optimisation, sufficient air has reached the passenger. Air flow is observed by keeping the inner cab space constant, just the position of the front seat is changed. Afterwards, by multiplying velocity values with some approximate coefficients, ideal parameters are established.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Gelişen makinelileşme ve endüstrileşme, toplumda insanların bir çoğunun yaşamlarının büyük bir kısmını, yapay iklimli ortamlarda geçirmesiyle sonuçlanmıştır. Günümüz teknolojisinde, hemen hemen her dahili ortamın iklimlendirilmesi mümkündür. İnsan kullanımı için yaratılan yapay iklimlerin bulunduğu ortamlarda amaç, her bireyin ısı konfora sahip olacağı bir ısı ortamının oluşturulmasıdır. Isıl konfor yaratmanın ilk ve en önemli nedeni insanoğlunun ısı olarak rahat olma isteğidir. Isıl konfor, insan performansı üzerinde etkilidir. İnsanların zihinsel, manuel ve algısal performansları, ısı konforda bulunduklarında en üst seviyededir. Varolan çevresel sistemlerin çalışması ve mantıksal olarak hesaplanması, tamamen yeni sistemlerin geliştirilmesi, istenen dahili iklim için güvenilir nicel koşulların bulunması gereklidir. Kapalı bir bölge içinde ısı konfor analizi yapılabilmesi için öncelikle, o bölgedeki sıcaklık dağılımının ve enerji alışverişinin bilinmesi gerekmektedir. Sıcaklık dağılımı belirlendikten sonra istenilen dağılımın elde edilebilmesi amacıyla ısıtma ya da soğutma elemanları ve bölgeyi çevreleyen malzemeleri seçilebilir. [14]

Bu çalışmada kapalı bir bölgeye sahip olan taşıt iç kabin geometrisi ele alınmış, taşıt içerisindeki ısı konfor tasarımının yapılabilmesi için gerekli olan faktörler tanıtılmış ve bunlardan biri olan hava hızının, parametre değişimlerine bağlı değişimi gözlenmiştir. Bu çalışma bilgisayar ortamında sayısal akışkanlar dinamiği (CFD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar doğal ortamda da gerçekleştirilebilir ve sonuçlar karşılaştırılabilir. Ancak bu doğal ortamda, istenilen koşullar her zaman rahatlıkla elde edilememektedir. Bu hem zaman, hem de maddi kayba neden olmaktadır. Bilgisayar destekli analiz yöntemleri, deneysel çalışmalara göre daha ekonomik olması ve daha hızlı sonuç vermesi açısından tercih edilmektedir.

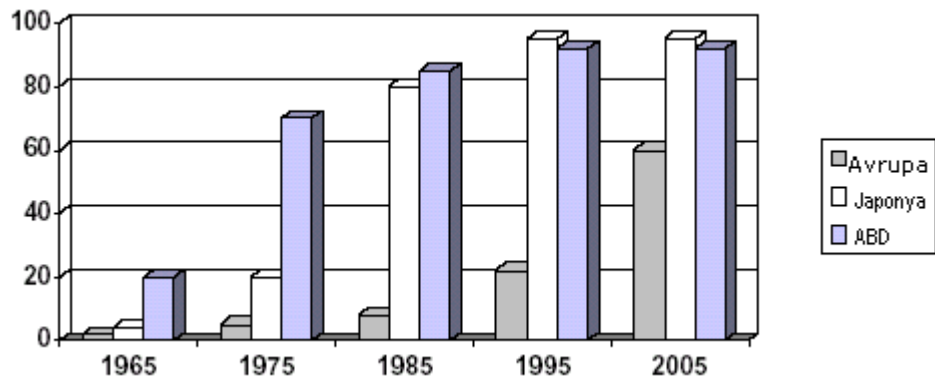
1.1 Taşıt İçi Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme (HVAC) Gelişimi

Taşıt içi havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemlerinde, araştırma ve geliştirme çalışmalarıyla son yıllarda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Taşıt içi konforun

önemi günden güne artmış ve taşıt üreticileri arasında önemli bir rekabet unsuru olmuştur.

Günümüzde taşıt tasarım aşamaları, süre olarak oldukça kısalmıştır. Klasik taşıt tasarımında, 5-6 yıl içinde taşıt tasarlanırken artık bu zaman dilimi iki yıla indirilmiştir. Tasarımcılar bu kısalmış süreden dolayı yoğun bir baskı altındadır. Daha kısa sürede analiz ve optimizasyon faaliyetlerinde bulunmak zorundadırlar. Analiz ve optimize edilmesi gereken fonksiyonlardan biri de iklimlendirme konforudur. Yeni taşıtın modelleme aşamasına geçmeden önce, taşıtın iklimlendirme konforu büyük doğrulukla bilinmesi gerekmektedir. Çalışmamda oluşturduğum model ile, taşıt iç parametre değişimlerinin iklimlendirme konforu üzerinde etkisini inceleyebilme imkanı mevcuttur. Böylece tasarımcının elinde, daha taşıt tasarımının erken aşamalarında, iklim konforuna uygun, taşıt içi dizaynı için analiz ve optimizasyon programı bulunma olanağı olmuştur.

Güvenlik ve sürüş konforunun sağlanması için taşıt içerisindeki ısı konforu bazı sınır değerleri sağlaması gerekmektedir. Otomotiv mühendisliğindeki gelişmelerle, yolcuların ısı konforlarının optimize edilmesi kısmen sağlanmıştır ve bu konudaki çalışmalar hızla devam etmektedir. [12] Şekil 1.1’de HVAC sistemlerinin dünya üzerindeki hızlı yayılımını görülmektedir. Japonya ve Amerika’da son senelerde HVAC sistemleri ile donatılmış taşıt sayısı, toplam taşıtların %90’lık bir kısmını oluşturmaktadır. Bu sistemin yaygınlaşmasını engelleyen en büyük sorun ise yakıt sarfiyatıdır. İklimlendirme sisteminin güç tüketimi azaltılarak yakıt ekonomisinin geliştirilmesi, bu sistemin her bir elemanının veriminin yükseltilmesi, optimum çalışma kontrolünün sağlanması ve soğutma yüklerinin azaltılması ile mümkündür.



Şekil 1.1: Klimalı olarak üretilen taşıtların dünya genelinde artış yüzdeleri [7]

Günümüze kadar taşıt üzerinde yapılan gelişmelerde amaç, yolcuların konforunu arttırmak ve daha ekonomik taşıtlar üretmektir. Bu çalışmada ısı konforu etkileyen taşıt içi hava hızı üzerinde tartışılmıştır. Yolcu üzerinde oluşacak hava tabakasının, yolcuyu rahatsız etmeyecek boyutta olması gerekir. Taşıt içerisindeki hava sıcaklığı uygun değerde bile olsa, insan üzerine gelen havanın hızı yetersiz yada çok yüksek olabilir veya yolcunun kafa bölgesinde kirli hava oluşabilir. Bu durum ortamın konforsuz olduğunu gösterir.

Taşıt içerisinde üç adet parametre ele alınmış ve bu parametrelerin değişiminin, yolcu üzerinde seçilen noktalar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu noktalar üzerinde oluşan hava hızları üzerinde çalışılmış ve karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM 2. HAVALANDIRMA SİSTEMİNİN İNCELENMESİ

Taşıt içi yolcu konforunun iyileştirilmesi için yapılan çalışmalarla, yüksek performanslı HVAC sistemleri her geçen gün daha çok geliştirilmektedir. Performanslarının artırılabilmesi için bu sistemlerin hangi faktörlerden etkilendiğinin araştırılması gerekmektedir.

Havalandırma ve ısıtma, taşıt içindeki havayı yenilemek ve ısıtmak, böylece yolculuk konforunu iyileştirmek amacıyla kullanılır. Taşıt içinde bulunanlar için olabildiğince az hava akımı (esintisi) oluşturacak, pencereleri buğulamayacak, şekilde gönderilir.

2.1 Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme'ye (HVAC) Etki eden Faktörler

Parametreler iki bölüme ayrılır : İç ve dış parametreler. Dış parametreler taşıt hızı, dış hava sıcaklığı, rüzgarın hızı ve yönüdür. İç parametreler ise HVAC çıkışlarında hava sıcaklığı, hava hızı, bağıl nem, hava giriş ve çıkış noktalarının yerleştirilmesi ile sayısı, taşıt duvarının ısı iletim özellikleri, taşıt üzerindeki cam miktarı, cam özellikleri ve yolcuların kişisel faktörleridir (kıyafet). [1]

Hava buharının, insanın teni üzerinden kıyafete veya koltuğa geçişi de yolcunun konforunu etkiler. Eğer nem, yolcu ile koltuk yüzeyi arasında birikirse bu durum rahatsızlık yaratır. Koltukların buhar geçirici bir malzemeden yapılması gerekir, bu ise koltuk yüzeyinin delikli yapıda olmasıyla mümkündür. [16]

Bu çalışmada, taşıt içi parametrelerinin tanımları üzerinde durulacaktır.

2.2 Rahatlık Konforu

İklimlendirme sisteminin amacı yolcular için en tatmin edici şartları sağlamaktır. Bu şartlar yolcuyla direkt olarak etkiler. Bu şartlar aşağıda gösterildiği gibidir.

- Havanın kuru termometre sıcaklığı

- Havanın bağıl nemi
- Havanın hızı
- Havanın kalitesi

Yolcunun rahatlığı yalnızca bu faktörlerle belirlenemez , kişisel parametreler de yolcu konforunu etkiler. Yolcunun üzerinde bulunan kıyafet, psikolojik ve fizyolojik durumu da konforun birer parçasıdır. Ancak bu özellikler kişiden kişiye değişir ve bir sınır koymamız mümkün değildir, bu sebeple bu dört temel faktör incelenmiştir.

2.2.1 Havanın Sıcaklığı

Sıcaklığı, vücut içerisindeki ortalama kinetik enerji olarak düşünebiliriz. Eğer vücut ısı enerjisini kaybederse sıcaklık düşer, eğer ısı enerjisi kazanırsa sıcaklık yükselir. Oda koşullarında hava sıcaklığı 21°C - 24°C'ler arası konforludur. İnsan iç vücut sıcaklığı, sürekli olarak yaklaşık 37°C'de tutulmaya çalışılır.[3] Vücut sıcaklığındaki artışlar çok ciddi sonuçlar doğurur. Vücut sıcaklığı, vücudu kaplayan maddelere bağlı olarak değişir. Vücudun bir kısmı kıyafet ve diğer kısmı da hava ile kaplıdır. Vücut hava ile sürekli ısı alışverişi yapar. Vücut sıcaklığını etkileyen en önemli faktör taşıt içindeki hava sıcaklığıdır. İnsan vücudundan uzak olan havanın sıcaklığı, ısı akışının anlaşılması için fazla yardımcı olmaz, ancak vücuda çok yakın olan bölgedeki hava sıcaklığının bilinmesi gerekir. Yakın bölgedeki hava sıcaklığı da sınır şartları etkisi altındadır. Buradan şu sonucu çıkarabiliriz: Soğuk bir ortamda vücudu sarmalayan bir ılık hava tabakası mevcuttur. [15]

Tablo 2.1 : %90 Kabul edilebilir çalışma sıcaklıkları (Bağıl nem %50) [13]

Mevsim	Mevsime Göre Giyilen Kıyafet	I _a *	Optimum Çalışma Sıcaklığı	Kabul Edilebilir Çalışma Sıcaklığı Aralığı
Kış	Kalın pantolon, uzun kollu tişört ve kazak	0.9	22 °C 71 F	20-23.5 °C 68-75 F
Yaz	İnce pantolon ve kısa kollu tişört	0.5	24.6 °C 76 F	23-26°C 73-79 F
	Minimum	0.05	27 °C 81 F	26-29°C 79-84 F

Sıcaklığın veya soğğun hissedilme derecesi psikolojik bir olaydır. Sıcaklığa uyum sağlayan fizyolojik bir mekanizma vardır ve vücut tepkileri kişiden kişiye farklılıklar gösterir.

Vücut ile çevre arasında ısı dengesi kurulmuş olsa bile yine de bölgesel rahatsızlıklar meydana gelebilir. Bu rahatsızlıkların önemli sebebi bölgedeki hava sıcaklığının artışı yada azalışı, türbülans meydana gelmesi ve ışıyım asimetrikleridir. Taşıt içerisinde camların yerleştirilme şekli ve cam miktarının çok olması buna bağlı olarak göğüs, baş ve kol bölgesinde, güneş geliş açısına bağlı olarak sıcaklık artışı olur. Güneş etkisi bölgenin coğrafyasına, senenin hangi ayı olduğuna, saate ve taşıtın yönüne (camın yönüne) göre değişir. [10]

Hava giriş noktaları da taşıt içindeki hava sıcaklığını etkiler. Ön panelden ve ayak bölgesine gelen havalandırma noktalarının hepsinin devreye sokulmasıyla veya kademeli olarak ayarlanarak, taşıt içine alınan havanın miktarı arttırılmak suretiyle sıcaklık ayarı yapılır. Taşıtta oluşan düzensiz sıcaklık dağılımı, bütün hava girişlerinin devreye sokulmasıyla kısa süre içerisinde ayarlanabilir. Sıcaklık, zamana bağlı olarak artış gösterir. Lee, S.J.'nin yaptığı çalışmada ön panel üzerindeki hava girişinin ve ayak bölgesinden giren hava girişinin vücut sıcaklığına olan etkileri karşılaştırılmıştır. Arka koltukta oluşan sıcaklıklar, ayak bölgesinden gelen havadan çok ön panel üzerinden gelen havadan ısıtılmaktadır. [12]

Yaz aylarında, dış hava sıcaklığı 40°C civarındayken taşıt güneşte park edilmiş ise camlardan gelen güneş ışıını ile taşıt iç sıcaklığı 80-100°C sıcaklığa erişir. Bu durumda iç sıcaklığın çok kısa sürede düşürölmesi istenir. Hava sıcaklığının insan üzerindeki etkisini göstermek için şu açıklamaların yapılması gerekli. Ortamdaki hava sıcaklığındaki 1°C'lik sapma, kalbin bir dakika içerisinde 35 kez daha fazla atmasına neden olur. Bu insanı rahatsız eden bir değerdir. [6]

Taşıt iç sıcaklığının artışı içeriye doğru olan ısı geçişlerine ve içeride bulunan ısı vericilere bağlıdır. Bu yüzden taşıt içerisinde gerçekleşen ısı geçişlerinin incelenmesi gerekmektedir.

2.2.1.1 Taşıt içine ısı geçişı

- Taşıta dışarıdan geçen ısı
- Taşıt içindeki bazı donanımların depolayacağı ısı
- Taşıt içindeki bazı donanımların üreteceğı ısı
- Yolcuların verdiği ısı
- Havalandırma ve enfiltrasyon ısısı

En önemli soğutma yüklerinden birisi güneş ışıdır. Taşı tavan ve kapılarından yutulacak ışı, büyük ölçüde taşı boya cinsine rengine bağıdır. Genel olarak yutma katsayısı siyah boyalı yüzeylerde 0.9, beyaz boyalı yüzeylerde 0.5 civarındadır. Bu ise siyah boyalı gövdenin, beyaz boyalıya göre yaklaşık iki katı güneş ışı yuttuğunu göstermektedir. Camların yansıtma, yutma ve geçirgenlik özellikleri malzeme, kalınlık, ışı açısı gibi faktörlerle değıir.

Kişiler tarafından taşı içerisine verilen ısı miktarı iş yapan sürücü ve oturan yolcular için farklıdır. Sürücü için 200kcal/h, yolcu başına 100kcal/h kullanılan değıerlerdir.[4]

Tablo 2.2’de değıişik hareketler sırasında, dış ortama insan tarafından verilen ısı miktarları görölmektedir.

Tablo 2.2 : Değıişik hareketler sırasındaki ısı üretimi [13]

	Btu /(hr-ft ²)
Uyuma	13
Oturma	18
Ayakta durma (rahat pozisyonda)	22
Yürüme (0.89 m/s)	37
Yürüme (1.34 m/s)	48
Yürüme (1.79 m/s)	70
Okuma	18
Araba kullanma	18-37
Ağır vasıta kullanma	59

2.2.2 Havadaki nem

Su ve ter insan vücudu tarafından ısıtılsa buhar haline gelir ve ortamda kaybolur, ısı vücut içerisinden ortama aktarılmış olur. Vücut bir miktar soğur. Bu buhar oluşumunun sebebi deri yüzeyi ve çevre arasındaki mutlak nem farkıdır. [15]

Atmosferin havası, kuru hava ve nemin karışımından oluşur. Nemin ağırlığı, en nemli iklimlerde bile toplam ağırlığın %3’ünden azdır. Ancak insan sağığı üzerindeki etkisi önemlidir. [4]

Atmosferik havanın durumunu ve içerdği nemi anlatmak için iki sıcaklık değerinden yararlanılır.

Kuru termometre sıcaklığı : Bu normal bir termometre ile ölçülen sıcaklıktır (°C olarak). Günlük hayatta kullandığımız sıcaklık değeri budur.

Yaş termometre sıcaklığı : Bu kökü su ile ıslatılmış ince bir bezle kaplı bir termometre ile ölçülen sıcaklıktır. (°C olarak)

Yaş termometre sıcaklığı daima kuru termometre sıcaklığından daha düşük bir sıcaklık gösterir. Çünkü bezdeki su havada buharlaşarak, kökün bir miktar soğumasına neden olur. Bu iki değer kullanarak, belli bir miktardaki kuru havada bulunan nem miktarı belirlenebilir. Bu değere mutlak ya da özgül nem denir ve 1 kilogram havada bulunan gram nem miktarı olarak ifade edilir. [4]

Bu iki termometre değerlerini kullanarak belirlenen ve daha genel kullanımlı bir başka değer daha vardır. Buna bağıl nem denir ve bir yüzde olarak, havadaki nemi, aynı basınç ve sıcaklık koşullarında (buhar halinde) bulunabilecek maksimum miktarla kıyaslayarak ifade eder. Eğer belli bir miktardaki hava, bir karışım halinde belli bir miktarda nem içeriyorsa ve bir yoldan, ilk miktardaki havaya daha fazla nem eklenirse, öyle bir noktaya gelinir ki hava daha fazla nem kabul edemez, ilave edilen nem ayrışır ve yoğunur.

Tablo 2.3 : Çeşitli kuru termometre sıcaklıkları için kuru havanın doyma değerleri [4]

Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Buhar ağırlığı (gram)
0	3.8
5	5.4
10	7.6
20	14.8
30	27.3

Böylece atmosferik basınçta, 20°C'lik bir kuru termometre sıcaklığında ve 1014.8 ağırlığında bir hava karışımı (1kg. kuru hava) düşünürsek, bunun bağıl nemi %100'dür ve karışım doymuştur.

Bağıl nem konforu sağlamak amacıyla %30 ile %70 arasında olmalıdır.

- %30'un altında, burun ve boğaz kuruması aşırıdır ve solunum sisteminin enfeksiyonlara yatkınlığı fazladır.
- %70'in üzerinde, cilt üzerinde rahatsız edici bir nem hissi olur. [4]

Fanger çalışmaları sonucunda, daha rahat ve serin hissedilmesi için nem miktarının %40'ın altında tutulmasını önermiştir. Bu sonuç çok şaşırtıcı değildir. Aynı sıcaklıktaki havada nem miktarı arttırılarak deney yapıldığında, nemin yüksek olması durumunda en fazla sıcaklık hissedilir.

Kışın vücudun ısı kaybını önlemek ve sıcaklık hissi vermek için nem arttırabilir, tam tersine yazın ise, vücudun ısı kaybını arttırmak için havadaki nem miktarı azaltılabilir.

2.2.3 Hava Hızı

Vücut üzerindeki hava hareketleri, vücuda ve vücuttan dışarı olan ısı akışını etkiler. Hava hareketleri zamana, yere ve yöne bağlı olarak değişir. Hava hızı, hava sıcaklığı ile birlikte, ılık hava ve buhar atımını etkiler. Bu özellikler ise vücut sıcaklığını değiştirirler.

DİN 1946 normuna göre kişi başına gerekli olan taze hava miktarı $0.5 \text{ m}^3/\text{dk}$ 'dır. Taşıt iç alanın ölçümü yaklaşık 0.5 m^2 'dir. Bu alan içerisinde taşıt iç kesidi boyunca rahatlatıcı kabul edilen 0.3 m/s hızda bir hava akımının sağlanabilmesi için vantilatör debisi $9 \text{ m}^3/\text{dk}$ civarında olmalıdır. Yeterli hava miktarını sağlayacak hızda hava gönderilmelidir. Dış ortam sıcaklığı yüksek olduğunda ise havalandırma ızgaralarından üflenlen havanın yolculara $2-3 \text{ m/s}$ 'lik bir hızla erişmesi gerekir ki bu da $10 \text{ m}^3/\text{dk}$ debili bir vantilatörle sağlanabilmektedir. [9]

Taşıt üzerinde değişik hızlarda çalışmalar yapılmıştır, bu çalışmalarda havanın çıkış hızı 1 m/s ile 10 m/s arasında değişmektedir.

Tablo 2.4 : Taşıt içerisinde denenmiş hava hızları [17]

Minimum Hava hızı	Maksimum hava hızı	
3.9 m/s	6.5 m/s	(Barbieri, 1972)
1.5 m/s	2 m/s	(Lemke, 1975)
9.3 m/s	27 m/s	(Rholes, 1979)

Barbieri'nin ve Lemke'nin çalışmasında, hava ön yolcu üzerine 1 m/s, arka yolcu üzerine ise 2m/s ile ulaşmaktadır. Rholes'un çalışmasında ise bu değerler ön yolcu için 2.0 m/s ve arka yolcu için 5.5 m/s olmaktadır.

Aynen sıcaklığa karşı olduğu gibi hava hızına karşı da vücut üzerinde hassasiyet gösteren bölgeler vardır, bu bölgelere gelen havanın hızı sınırlandırılmalıdır. Yüz ve kafa bölgesi hava hızından çok etkilenir, kıyafetle kaplanmış bölgelerde ise hava hızına karşı aynı hassasiyet görülmez. [6] Hava çıkış yerlerinin ayarlanabilir olması ve hava çıkış açısının hesaplanması ile yolcunun hassas bölgelerine gelen hava etkisi azaltılır.

Hava hızının yüksek olması ancak bazı özel durumlarda istenir; örneğin araca ilk binme durumunda, ısıtma veya soğutmayı hemen sağlayabilmek için, sıcaklık istenilen konfora ulaşana kadar hızın yüksek olması beklenir. Ön camın buğu ve buzunun açılabilmesi için direkt ön cama gönderilen ve ön camın önüne yerleştirilmiş olan hava giriş yerlerinden, camın hemen çözülebilmesi için, yüksek hızda hava gönderilmesi gerekir. [17] Taşıtın hızı arttırıldığında ya da azaltıldığında taşıt içerisine giren hava hızının sabit kalması beklenir. [6]

Havanın hızına etki eden önemli bir diğer faktör hava giriş yerleri ve taşıtın iç dizaynıdır. Hava akışı koltuğa ve arka cama çarparak geri döner bu ise hava hızının sabit olarak, her bölgede aynı kalmasını engeller.

2.2.4 Hava Kalitesi

Hava kalitesi, sağlık ve konforu çok yakından etkiler. Havanın kalitesini, saflık derecesi belirler.

İnsan vücudu, çevresindeki havanın kompozisyonunu değiştirir. Taşıttaki hava içerisinde zamana bağlı olarak bazı kokular, sigara dumanı, istenmeyen gazlar birikir, patojen bakterilerin oluşumu artar. Kabin içerisindeki karbondioksit miktarı artar, oksijen miktarı düşer. Tablo 2.5'de temiz havanın kompozisyonu görülmektedir.

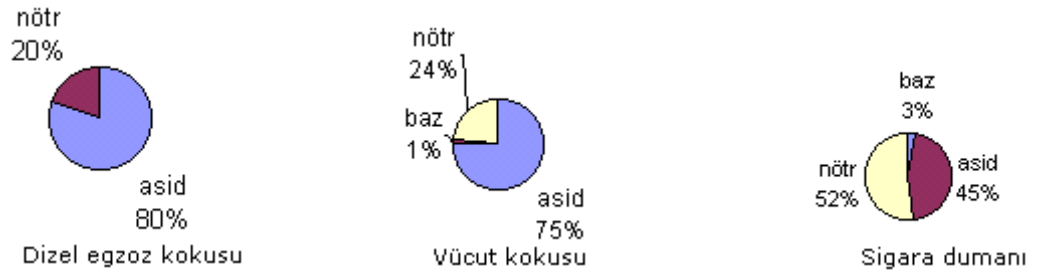
Tablo 2.5 : Deniz seviyesindeki kuru havanın kompozisyonu [4]

Element	Hacim Yüzdesi	Ağırlık Yüzdesi
Oksijen	20.99	23.19
Azot	78.03	74.47
Argon	0.93	1.29
Karbondioksit	0.03	0.05
Hidrojen	0.01	-

İçeri alınan havanın sürekli yenilenmesi gereklidir. İçeri alınan taze hava miktarının %20 olması idealdir, %80 içerdeki hava yeniden kullanılır. Ruth, çalışmasında %100 temiz hava kullanmış ancak ortam soğuduktan sonra içeri temiz hava alınmamıştır. İçeri alınan havanın %100'ü tekrardan kullanılırsa, soğutma yükü azalır, ancak içerideki koku oluşumu artar. [17]

2.2.4.1 Taşıt İçinde Oluşan Koku Analizi

Taşıt içerisinde zamana bağlı olarak, sigara dumanı, vücut kokuları ve dışardan içeri giren dizel egzoz kokuları birikir. Bu kokular nötr, asidik ve bazik kokular olmak üzere üçe ayrılırlar. Taşıt içindeki kokuyu azaltmak için koku filtreleri geliştirilmiştir. Bu filtreler aynı zamanda toz filtresi görevi de görür. 1990'ların başında kokuyu azaltan, taşıt içerisine dizel egzoz kokusunun girmesini engelleyen hava filtrelerinin kullanımına başlandı. Şekil 2.1'de taşıt içerisindeki oluşan kokuların yapısı görülmektedir. Asidik yapının içinde asetaldehit, bazik yapıda amonyak ve nötr yapıda ise tolüen en çok bulunan maddelerdir. [11]



Şekil 2.1: Taşıt içerisindeki kokular

Weber-Fechner's kanunu ile insan tarafından algılanan koku yaklaşık olarak hesaplanabilir.

I : Alınan koku

S : Koku miktarı

S₀ : İnsan tarafından hissedilebilecek minimum koku miktarı

K : Sabit

$$I = K \ln (S / S_0) \quad (2.1)$$

Eğer S/ S₀ değeri 1 ‘den büyükse koku rahatsız edici boyuttadır, 1’den küçükse hissedilemeyecek düzeyde demektir. Eğer içerde var olan birden fazla gazın oluşturacağı toplam koku miktarı hesaplanmak istenirse, toplam hissedilen koku :

K_t= Karışık sistem sabiti

$$I_t = K_t \ln (S_A / S_{A0} + S_B / S_{B0} + S_C / S_{C0}) \quad (2.2)$$

$$I_t = K_t \ln \sum S_i / S_{i0} \quad (2.3)$$

Yüzerme (adsorption) ile atılan kokunun geri kalan kısmı S (I-J) olursa:

J: Atılan gaz miktarı

Geriye kalan algılanan koku miktarı:

$$S / S_0 (I-J) \quad (2.4)$$

I_t: Uzaklaştırılan gazın koku miktarı

ΔI : Kokudaki azalma miktarı

$$\Delta I = I_0 - I_1 = K_T \ln \frac{\sum S / S_{i0}}{\sum S / S_{i0} \cdot (1 - J_i)} \quad [11] \quad (2.5)$$

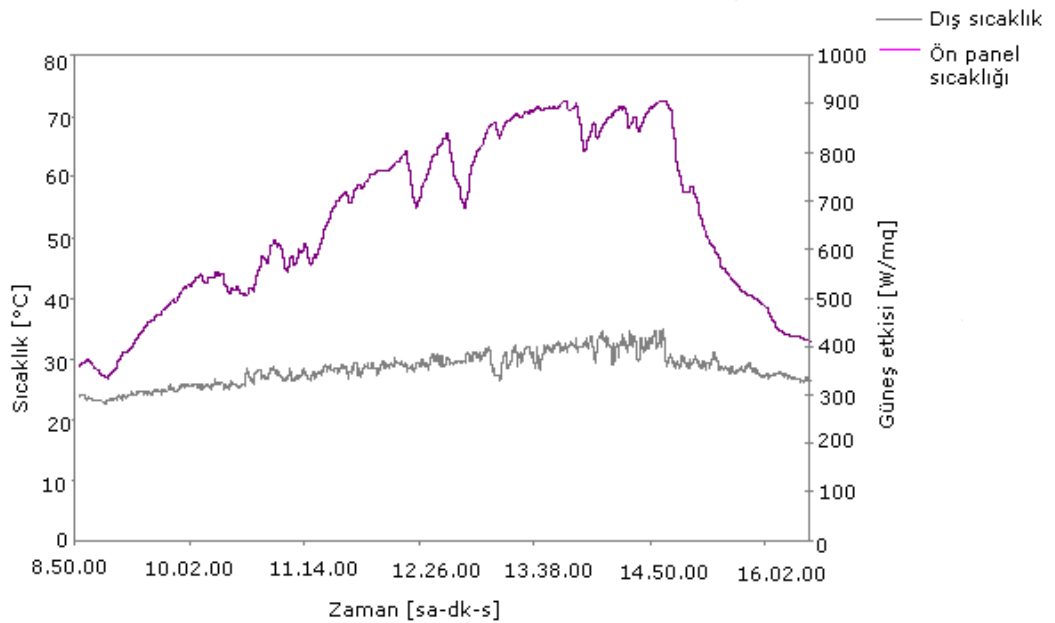
2.3 Taşıt İklimlendirmesini Zorlaştıran Sebepler

Taşıt iç kabinin havalandırılması, soğutulması ve ısıtılması esnasında bazı parametrelerin değişik olması nedeniyle, binalarla karşılaştırıldığında belirli zorluklar doğmaktadır. Serin havanın sirküle edeceği serbest hacim kısıtlı olduğundan, yolcular, gönderilecek hava ile doğrudan temasta olacaklardır. Kabin içi, yüksek sıcaklıkların olduğu motor bölümünden yalıtılarak ayrılmış olmasına rağmen ısı geçişi tam olarak önlenememiştir. Taşıtı havalandırmada kullanılan hava giriş alanlarının çok geniş olmaması nedeniyle, yüksek hava hızları ve türbülans oluşmaktadır. Hava hızının yüksek olması konforu çok etkiler.

Taşıt iç alanı çok küçüktür, yolcu ve koltukların varlığı hava dağılımının iyi olmasını engellemektedir. Serin havanın iklimlendirilen ortama dağıtılması taşıtlarda en çok tartışılan konulardan biridir. Dört yolcusu bulunan otomobilde yolcuların kapladığı hacim toplam hacmin %10'u iken, 10 kişinin bir odada kaplayacağı hacim toplam hacmin yalnızca %1'i olmaktadır.

Taşıt dizaynında gerçekleştirilen bazı parametrelerin, havalandırma esnasında yolcu üzerinde bazı dezavantajları olmaktadır. Günümüze kadar yapılan HVAC konusundaki çalışmalar, taşıt üzerindeki cam miktarının artış hızıyla orantılı olarak geliştirilememiştir. Taşıt içerisindeki, taşıt iç hacmine göre çok fazla olan cam alanı, içeride oluşan sıcaklığın ayarını güçleştirmektedir. Cam alanının fazlalığı neticesinde yolcunun göğüs ve baş kısmında istenmeyen sıcaklık artışı görülmektedir. Motor, bagaj, yer ve tavan gibi kısımlardan farklı miktarda ısının geçmesi bu kısımların ayrı ayrı incelenmesini gerektirir.

Yolcu vücudu üzerinde, bölgesel olarak değişik vücut sıcaklığı mevcuttur. Bu yüzden, vücudun değişik bölgeleri için farklı havalandırma yapılmalıdır. Örneğin yüz bölgesi özellikle gözler, yüksek hava hızına ve sıcaklığına çok duyarlıdır, ama eller değişik şartlara kolayca uyum sağlayabilmeleri nedeniyle hassas bir bölge olarak görülmez. [17,6] Ancak taşıta ilk binış anında, ısının hemen istenilen seviyeye gelebilmesi için hava hızının yüksek olması gerekse de hava giriş hızı sınırlandırılmıştır.



Şekil 2.2 : Park konumundaki aracın ön panel yüzey sıcaklıkları [6]

Şekil 2.2’de 7 ağustos tarihinde Turin’de park konumunda olan aracın, dış hava sıcaklığına bağlı olarak artış gösteren iç sıcaklık değişimi görülmektedir. İç sıcaklığın 70°C’nin üzerine kadar çıkabileceği görülmüştür.

2.4 Vücut Sıcaklığı

İnsan vücudu üzerindeki sıcaklığı ikiye ayırabiliriz; vücut sıcaklığı (core temperature) ve ortalama deri sıcaklığı (mean skin temperature). Vücut sıcaklığı genel olarak 37°C civarındadır, gece 36°C’ye düşebilir ya da ağır işler altında 39°C’ye ve hatta daha yüksek değerlere kadar çıkabilir. Vücut sıcaklık seviyesi, ısıya duyarlı olan iç ısı alıcıları tarafından belirlenir.

Deri sıcaklığı günlük hayat şartlarında bile değişkenlik gösterir. Ayak sıcaklığı 30°C, alın sıcaklığı ise 34°C olabilir. Vücudun değişik bölgelerindeki ortalama sıcaklık ise 33°C’dir. Hipotalamus ayarlama merkezi, bir termostat gibi çalışır: İç sıcaklığı sabit 37°C’de, deri sıcaklığını ise ortalama 33°C’de tutmaya çalışır. Vücut sıcaklığında, bu referans değerler üzerinde herhangi bir değişiklik olduğunda vücudun bazı tepkileri olur. [6]

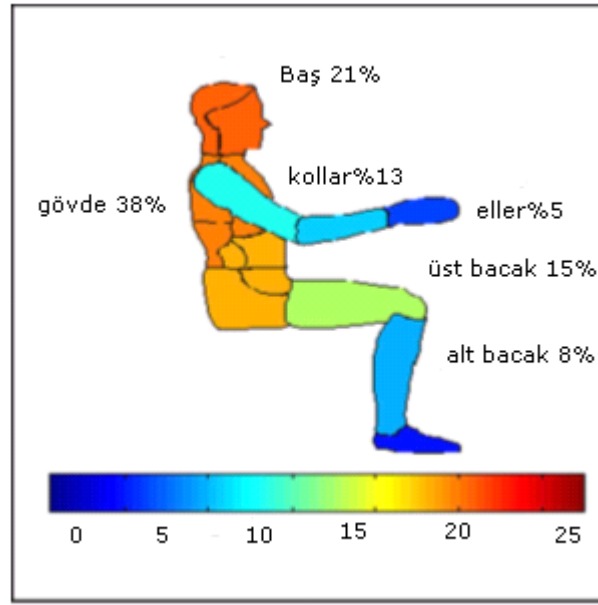
2.4.1 Vücudun Sıcaklık Değişimine Tepkileri

Vücudun sıcağa göstereceği ilk tepki davranışla gerçekleşir. Bölgesel deri sıcaklığındaki değişim vücutta bazı ani değişikliklere sebep olur. Sıcakla temas eden bölgeyi, ısı kaynağından hızla uzaklaştırma, kıyafet eklemek ya da çıkarmak gibi önlemler alınır. Vücut sıcağa fizyolojik olarak da cevap verir. Sıcaklığın azaltılma veya yükseltilme ihtiyacına göre ısı düzenleme sistemi emirler verir. Damarlar büzülme ya da genişleme yapar, kaslar kasılarak ısı üretmeye çalışır. Ter bezleri, ter salgılayarak vücudu soğutmaya çalışır. [6]

2.4.2 Vücut Üzerindeki Bölgesel Etkiler

Vücuttaki sıcaklık algılayıcılarının özellikleri, optimal sıcaklık konforunun ve taşıttaki ısıtma / soğutma sisteminin temellerinin belirlenmesine yardımcı olur. Vücudumuzun her bölgesinin sıcaklığı algılayışı farklıdır. Göz ve kafa bölgesi hassastır, hava sıcaklığına çok duyarlıdır, bu kritik bölgelerde oluşacak olan sıcaklıklara dikkat edilmelidir. Burun içerisindeki mukoza zarında kuruma ve boğaz ağrısı oluşabilir, özellikle lens kullananlarda büyük rahatsızlıklara neden olabilir.

Eller sıcaklığa kolay adaptasyon sağladıkları için, sorun yaratmazlar ama direksiyonla direkt temas halinde olduğu için, araca ilk binildiğinde alışma sürecinde az da olsa rahatsızlık oluşur. Şekil 2.2 'de görüldüğü gibi algılayıcıların %5'lik bir kısmı el üzerinde bulunmaktadır. Ancak, vücuttaki ısı algılayıcılarının en fazlası yüz bölgesinde bulunmaktadır ve en etkili ısıtma yüzüne yapılmalıdır. Sıcaklık değişimleri ayak bölgesi için de kritik durum yaratabilir. Ayaklar sıcaklık değişimine adapte olabilirler, ama diğer bölgelere göre adaptasyonları daha yavaş gerçekleşir. Bunun sebebi kan dolaşımının burada yavaş gerçekleşmesidir ve taşıt içerisinde hareketsiz kalan bir bölgemiz olmasıdır. [6,7]



Şekil 2.3 : Vücut üzerindeki algılayıcıların yüzde değerleri [7]

Kullanılan camın bölgesel vücut sıcaklığına etkisi vardır. Dış hava sıcaklığının yüksek olduğu günlerde kol ve baş bölgesinde sıcaklık artışı görülmektedir. Cam sıcaklığı 10 °C arttığında, özellikle üst kol bölgesinde 4 °C'lık dikkat çekici sıcaklık artışı görülmektedir. Güneş etkisi vücudun üst bölümünde daha çok görülmektedir, bunun sebebi ise ön panelin, güneş etkisini, vücudun alt bölgesine geçişini engellemesidir. [10]

3. TAŞIT İÇİ HAVALANDIRMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİNDE KULLANILAN BİLGİSAYAR YAZILIMLARI

Taşıt içerisindeki hava akışının modellenmesi, aerodinamik özelliklerinin ve hızın sayısal değerlerinin belirlenmesi, taşıt içi sıcaklık dağılımı ve oluşan basınçların incelenmesi için tercih edilen bir bilgisayar yazılımı kullanılmaktadır. Bu çalışmada yalnızca taşıt içerisindeki hava hızı incelenmiştir.

Çözümlemenin yapılması için ilk olarak, incelenecek yüzeyin fiziksel geometrisi bilgisayar ortamında oluşturulmalıdır. Bu model “GAMBIT” adı verilen bir çizim yazılımında oluşturulur. GAMBIT yazılımında taşıt üzerinde bire bir alınmış ölçülerle, taşıt iç geometrisi çizilir. Hesapların yapılabilmesi için, yine GAMBIT ile bu model üzerine bir ağ sistemi yerleştirilir. Ağ sisteminin dörtgen, üçgen gibi değişik şekilleri mevcuttur. Bu ağ sisteminin oluşturulmasının amacı ise ; daha sonra aktarıldığı “FLUENT” yazılımında sayısal çözümlemenin yapılabilmesidir. Esas analizlerin yapıldığı FLUENT yazılımıdır ve bu analizler sonlu hacimler yöntemi kullanılarak yapılmaktadır.

FLUENT yazılımı ile giriş şartları belirlenmiş her türlü akışkanın ya da havanın belirtilen bir model üzerinde, akışının incelenmesi mümkündür. Çeşitli karmaşık akış şartlarında, sayısal simülasyon yapmak amacıyla kullanılır. Havanın, taşıt kompartımanının boşluğuna doğru hareket etmesinden meydana gelen parabolik ve eliptik akış rejimlerinin karışımını, iç kesim noktaları ve akış karakteristiklerine bağlı geri dolaşım bölgelerini görmek mümkündür. [2]

Bundan sonraki kısımda örnek alınmış taşıt üzerinde GAMBIT ve FLUENT yazılımları yardımı ile yapılan aerodinamik çözümleme başlangıcındaki çizim aşamalarına ait açıklamalar bulunmaktadır.

3.1 GAMBİT Yazılımının Kullanımı

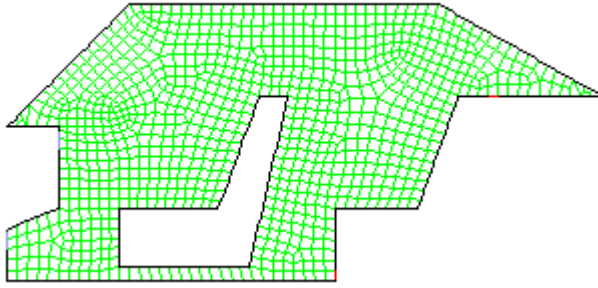
Burada ilk olarak istenilen çözümlemenin kaç boyutlu olacağına karar vermek gerekir. Bu çalışmada akış incelenmesinin çok karmaşık olmasını engellemek için iki boyutlu analiz yapılması uygun görülmüştür. Taşıtın fiziksel iç geometrisi program içerisindeki mevcut ikonlar yardımıyla çizilir. Çizim yapılırken ilk olarak noktalar belirlenir, bunların birleştirilmesiyle kapalı bir iç alan oluşturulur. Ancak çizgilerle sınırları belirlenmiş bu yüzeyin alan olarak tanıtılması gerekmektedir. Aynı şekilde 3 boyutlu çalışmalar için yeni bir hacim oluşmuş olursa, bu bölgenin de ayrıca hacim olarak tanıtılmış olması gerekmektedir. Sayısal bir çözümlemenin yapılması için hesap alanının sonlu sayıda hacme bölünmesi gerekmektedir. Bu amaçla çizilmiş olan yolcu kabinin içerisinde bir ağ sistemi oluşturulur. Ağ sisteminin meydana gelmiş olduğu dörtgen veya üçgen şeklindeki küçük parçaların boyutları değiştirilerek, daha detaylı bir çalışma yapmak da mümkündür. Bu şekilde hava akımının kabin içerisinde her yere ulaşması sağlanacak, ancak analizin yapılması daha uzun zaman alacaktır. Ağ sistemi oluşturulurken 2 boyutlu analiz için üçgen veya dörtgen parça kullanımı; 3 boyutlu analiz için ise prizmatik parçaların kullanımı ön görülür. Ağ sisteminin meydana getirilmesiyle analizin yapılacağı düğüm noktaları da belirlenmiş olur. Ağ sistemlerini, yapısal açıdan düzgün yapılı ve düzgün olmayan yapılı ağ sistemleri olmak üzere de ikiye ayırılır. Analiz yapılacak yüzey üzerinde fiziksel özelliklere göre farklı büyüklükte ve özellikte parçalar kullanılabilir.

Ağ sisteminin eleman sıklığı veya çözünürlüğü istenildiği gibi ayarlanabilir. Kenar yüzey ve hacim için değişik ağ sistemi oluşturulabilir, bunun için kullanılan aralık değerlerinde değişiklik yapılır. Genel akış içerisinde gradyanların yüksek olması beklenen bölgeler ile katı yüzeylere komşu bölgelerde eleman sayısı artırılarak ağ sisteminin bu bölgelerdeki çözünürlüğü artırılır.

Ağ sistemi oluşturulduktan sonra, gerekli sınır şartları tanıtılır. Yüzey özellikleri belirlenir. Sınır şartları yazılım üzerindeki seçeneklerden seçilir. Hava (ya da başka bir akışkan) giriş ve çıkış yerleri bu yazılım ile şekil üzerinde belirlenir. Çizim üzerindeki bütün sınırların özellikleri belirtilir. Bu aşamada, çizimi tamamen hazır olan dosya FLUENT ortamına aktarılır.

3.2 FLUENT Yazılımının Kullanımı

Programın ilk açılması aşamasında çözümlemenin 2 veya 3 boyutlu olmasına göre program açılıp, GAMBIT yazılımında daha önceden oluşturulmuş olan dosya okutulur. Bu bir ağ dosyasıdır. Bize gerekli olan akış çözümlenmesi ve diğer bütün analizler FLUENT yazılımında yapılmaktadır. FLUENT yazılımında her türlü akışkanla analiz yapmak mümkündür. Ağ sistemi oluşturulmuş yüzeyde ; hız, sıcaklık, basınç yoğunluk ölçümleri yanı sıra boru akışı incelemeleri ve yanma analizleri de yapılabilir. Şekil 3.1’de düzgün ağ sistemi oluşturulmuş bir taşıtın yolcu kabini görülmektedir.



Şekil 3.1 : İçerisinde düzgün ağ sistemi oluşturulmuş taşıt yolcu kabini

3.2.1 Akışa Ait Fiziksel Modelin Tanımı

Çözümlemenin ilk aşaması akışın fiziği modellenmelidir. Çözümleyici tipi olarak ayırık veya çiftli (coupled); zamansal açıdan zamana bağlı veya daimi; formülasyon açısından implisit veya eksplisit; hız formülasyonu açısından mutlak veya bağlı seçeneklerinden biri kullanılabilir. Bu çalışmada ayırık çözüm, implisit formülasyon, daimi akış ve mutlak hız formülasyonu şartları altında çözümleme yapılmaktadır. Akışın viskoz modeli olarak da laminar veya türbülanslı çözüm yapılabilmekte ve burada türbülanslı akış kabulü altında standart k- ϵ türbülans modeli kullanılmaktadır.

3.2.2 Akışkan Özelliklerinin Tanımlanması

Bu bölümde kullanılan akışkanın özellikleri belirtilir. Yapılan çalışmada kullanılan akışkan havadır. Kullanılan havanın yoğunluğu, viskozitesi, sıcaklığı tanımlanır. Akışın tipinin sıkıştırılabilir ya da sıkıştırılamaz olarak, akışkan özellikleri sabit ya

da sıcaklığa bağımlı olarak alınabilir. Sıkıştırılamaz akış kabulünde yoğunluk ve viskozite gibi akışkan özellikleri sabit olarak tanımlanmaktadır.

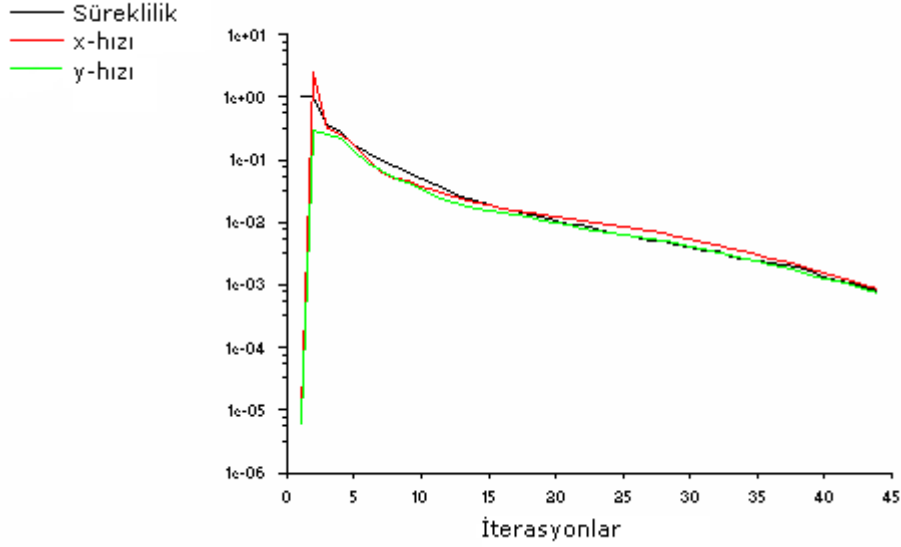
3.2.3 Sınır Şartlarının Tanımlanması

Hesaplanacak alan içerisinde bulunan bütün sınırlar için sınır şartları tanımlanmalıdır. Bu şartlar zaten GAMBİT ortamında belirtilmişti. FLUENT üzerinde değişimler yapmak mümkündür. Her bir sınır için, işlevine göre sınır şartı tanımlanmalıdır. Kullanılan sınır şartları ve tanımlanan değişkenler şunlardır:

- Taşıt içerisine hava girişinin olduğu sınır- giriş sınırı : Hava hızı sınır şartı belirtilir. Hızın büyüklüğü, giriş doğrultusu, k ve ϵ değerleri girilir.
- Taşıt içerisinden dış ortama hava çıkışının olduğu sınır- çıkış sınırı: Basınç çıkış şartı, bu değer program tarafından belirlenir.
- Taşıt yüzeyi ve koltuk yüzeyi arasındaki sınır-cidar sınırı : Sınır hareketli ise, bu aşamada hareket özellikleri girilir, cidar özellikleri belirtilir. Yapılan çalışmada yüzeyler durağan kabul edilmiş ayrıca, cidarın düzgün olduğu varsayılmıştır.

3.2.4 Çözümleme

Çözümlemenin yapılabilmesi için kullanılan akış ve türbülans denklemlerinde bulunan değişkenler için kullanılan yakınsama katsayıları ayırıklaştırma yöntemi mertebeleri ile birlikte belirlenir. Yapılan çalışmada birinci mertebeden öne doğru farklar yöntemi kullanılmaktadır. Çözümlemeye başlamadan evvel efektif basınç , k ve ϵ değerleri için ilk şartlar verilir. Ayrıca her bir değişkene ait oluşan hatalar (residuals) için yakınsama kriterleri belirlenir. Hesaplamalar iterasyon yardımıyla gerçekleşir. Çözüm yakınsaması sağlanıncaya kadar iterasyon devam eder. İlk başta iterasyon sayısı belirtilir. Ancak çözüm yakınsamamışsa iterasyon sayısı artırılır. Şekil 3.2’de çözümün yapılmasını sağlayan hata eğrileri görülmektedir. Bu eğrilerin tamamı, yakınsama kriterlerinde tanımlanan değerlere eriştiğinde hesaplamalar durur.



Şekil 3.2 : Hata eğrilerinin hesaplama sırasında iterasyon adımları ile değişimi

3.3 Aerodinamik özelliklerin sayısal yöntemlerle belirlenmesi (CFD)

Taşıtlarda aerodinamik özelliklerin belirlenmesi için sayısal yöntemler de kullanılmaktadır. Bunun esas nedeni ürün geliştirme sırasında zaman kazanmaktır. Taşıt modelinin bilgisayar ortamında oluşturulması, gerçeğini üretmeye göre daha kolaydır. Ayrıca model üzerinde kolay ve hızlı olarak değişiklik yapılabilir. Yapılan hesaplar ile bu tür değişikliklerin ne tür etkiler yaratacağı hakkında hızlı bir biçimde bilgi sahibi olunabilir. Sayısal akışkanlar dinamiği (CFD) ile taşıt içerisindeki havanın hız, sıcaklık ve basınç dağılımı elde edilebilir.

Karayolu taşıtlarına uygulanabilecek dört çeşit CFD yaklaşımı mevcuttur.

- Potansiyel akışlar
- Reynolds ortalımalı Navier-Stokes denklemleri
- Direkt sayısal simülasyon
- Bölgesel modeller

Bu çalışmada Reynolds ortalımalı Navier-Stokes denklemleri çözümü üzerinde durulmaktadır.

3.3.1 Navier-Stokes Denklemleri

Sayısal akışkanlar dinamiği ile verilen fiziksel şartlar için, akış alanı ve ısı transferini yöneten matematik denklemleri çözülür. Bu çözümlerde Navier-Stokes denklemlerinden yararlanılır.

Kütle korunumu:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \vec{V} = 0 \quad (3.1)$$

Momentum korunumu :

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{V} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right] + B_x \quad (3.2)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{V} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] + B_y \quad (3.3)$$

$$\rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{V} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] + B_z \quad (3.4)$$

Diferansiyel denklemler burada kartezyen koordinatlarda ifade edilmektedir. Üç uzaysal koordinat x, y, z olarak ve buna tekabül eden hız bileşenleri de u, v, w olarak gösterilmektedir. Bu denklemlerde μ viskoziteyi, P basıncı, B ise değişik yönlerde birim hacme gelen kütle kuvvetini göstermektedir.

3.3.2 Ayırıklaştırma

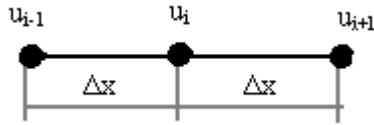
Ayrıklaştırma, her bir değişken için konum ve zamana bağlı olarak ifade edilen diferansiyel denklemlerin, cebirsel denklem takımı haline dönüştürüldüğü bir yaklaşım yöntemidir. Kısmi diferansiyel denklemlerin kesin çözümündeki sürekli bilgi, ayrık değerler haline dönüşmektedir.

Sayısal akışkanlar dinamiğinin çözümünde temel olarak iki tip yöntemden faydalanılır. Sonlu farklar yöntemi ve sonlu hacimler yada kontrol hacimleri yöntemidir.

3.3.2.1 Sonlu Farklar Yöntemi:

Kısmi diferansiyel denklemlerin sayısal çözümünde kullanılan en eski metottur. Çözümlemeye diferansiyel formdaki korunum denklemi ile başlanır. Hesaplama bölgesi parçalara bölünür. Her bir ağ sistemi noktasında çözümlenecek olan diferansiyel denklem, fonksiyonun düğüm noktasındaki değerlerden kısmi türevler yaklaşık olarak çözümlenerek, her bir ağ sistemi noktasında cebirsel denklem elde edilir. Elde edilen cebirsel denklemler bütün ağ sistemi için çözülür. Bilinmeyen değişken her bir düğüm noktası ile komşu noktalardaki değerleri için hesaplanır.

Birinci ve ikinci türevler Taylor serisi açılımı kullanılarak çözülür. Elde edilen lineer cebirsel denklem takımı iteratif veya eş zamanlı olarak çözülür.



Şekil 3.3 : Δx uzaklığındaki noktalar

$$u_{i-1} = u_i - \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_i \Delta x + \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right)_i \frac{\Delta x^2}{2} + h.o.t. \quad (3.5)$$

u_{i-1} $u(x - \Delta x)$ olarak tanıtılmıştır

h.o.t. : Yüksek mertebeden terimler (high order terms)

İki denklem birbirinden çıkartılırsa :

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_i = \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2\Delta x} + O(\Delta x^2) \quad (3.6)$$

$$u_{i+1} = u_i + \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_i \Delta x + \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right)_i \frac{\Delta x^2}{2} + h.o.t. \quad (3.7)$$

u_{i+1} $u(x + \Delta x)$ olarak tanıtılmıştır.

İki denklem toplanırsa :

$$\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_i = \frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{\Delta x^2} + 0(\Delta x^2) \quad (3.8)$$

1-Boyutlu taşınım, ısı iletim denklemi:

$$\frac{\partial(\rho u \Phi)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) \quad (3.9)$$

Φ genel bağımlı değişken, Γ genel difüzyon katsayısıdır.

Taylor serileri açılımı ile:

$$-\left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)\right]_i \approx -\frac{\left(\Gamma \frac{\partial \Phi}{\partial x}\right)_{i+\frac{1}{2}} - \left(\Gamma \frac{\partial \Phi}{\partial x}\right)_{i-\frac{1}{2}}}{\Delta x} = -\frac{1}{\Delta x} \left(\Gamma \frac{\Phi_{i+1} - \Phi_i}{\Delta x} - \Gamma \frac{\Phi_i - \Phi_{i-1}}{\Delta x} \right) \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial(\rho u \Phi)}{\partial x} \approx \rho u \frac{\Phi_{i+1} - \Phi_{i-1}}{2\Delta x} \quad (3.11)$$

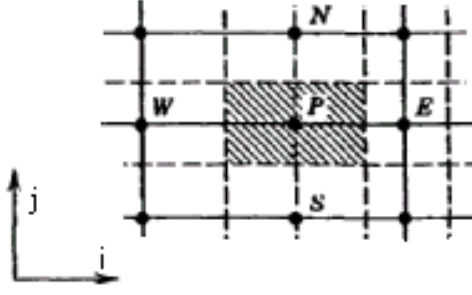
$$\rho u \frac{\Phi_{i+1} - \Phi_{i-1}}{2\Delta x} - \frac{1}{\Delta x} \left(\Gamma \frac{\Phi_{i+1} - \Phi_i}{\Delta x} - \Gamma \frac{\Phi_i - \Phi_{i-1}}{\Delta x} \right) = 0 \quad (3.12)$$

Kısmi diferansiyel denklemin cebirsel formu:

$$\frac{2\Gamma}{\Delta x} \Phi_i = \left(-\frac{\rho u}{2} + \frac{\Gamma}{\Delta x} \right) \Phi_{i+1} + \left(\frac{\rho u}{2} + \frac{\Gamma}{\Delta x} \right) \Phi_{i-1} \quad (3.13)$$

3.3.2.2 Sonlu Hacimler Yöntemi

Diferansiyel denklemlere karşılık gelen cebirsel ayrıklaştırma denklemleri, kontrol hacmi denen küçük bir bölgede yöneten diferansiyel denklemin integre edilmesi ile çıkarılmaktadır. Kontrol hacimlerinin her bir noktasında (düğüm noktaları) hız ve basınç değerleri hesaplanmaktadır. Şekil 3.4’de hesaplama bölgesi kolaylık olması amacıyla 2-boyutlu dörtgensel ve eşit büyüklükteki kontrol hacimlerine ayrılmıştır. Kesikli çizgiler kontrol hacminin yüzelerini, koyu kesiksiz çizgiler ise ağ sistemi çizgilerini göstermektedir.



Şekil 3.4 : İki boyutlu bir hesaplama bölgesi için ağ sistemi ve kontrol hacimleri

1-boyutlu ısı taşınım/iletim denklemi ele alınsın. Sonlu hacimler yönteminde, kontrol hacimleri boyunca, korunum denklemlerinin integral formları kullanılır.

$$\oint_S \left[\frac{\partial(\rho u \Phi)}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) \right] n dS = \int_V S dV \quad (3.14)$$

Denklem 3.13'ün, kontrol hacminin e ve w yüzeylerinin x doğrultusunda integrasyonu yapılır.

$$(\rho u \Phi)_e - (\rho u \Phi)_w = \left(\Gamma \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)_e - \left(\Gamma \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)_w \quad (3.15)$$

$$\frac{1}{2}(\rho u)_e(\Phi_E + \Phi_P) - \frac{1}{2}(\rho u)_w(\Phi_P + \Phi_W) = \frac{\Gamma_e(\Phi_E - \Phi_P)}{(\delta x)_e} - \frac{\Gamma_w(\Phi_P - \Phi_W)}{(\delta x)_w} \quad (3.16)$$

Yüzey düğüm noktaları arasındadır ve bu noktalar arasında enterpolasyon yapılır.

$$\Phi_e = \frac{1}{2}(\Phi_E + \Phi_P) \quad (3.17)$$

$$\Phi_w = \frac{1}{2}(\Phi_P + \Phi_W) \quad (3.18)$$

$$\left(\frac{2\Gamma}{\delta x} \right) \Phi_P = \left(\frac{1}{2} \rho u_w + \left(\frac{\Gamma}{\delta x} \right)_w \right) \Phi_W + \left(-\frac{1}{2} \rho u_e + \left(\frac{\Gamma}{\delta x} \right)_e \right) \Phi_E \quad (3.19)$$

Süreklilik olduğu düşünülürse, sonlu hacim yöntemindeki kısmi diferansiyel denklemin ayrık formu, sonlu elemanlar metodundakiyle aynıdır. [5]

BÖLÜM 4. ISITMA, HAVALANDIRMA ve İKLİMLENDİRME ÇALIŞMALARINDAN ÖRNEKLER

Bu bölümde Aroussi A. [2] ve Alexandrov A.'nın [1] yaptığı çalışmalara yer verilmiştir. İlk çalışmada, taşıt hızı ve dış hava sıcaklığı gibi taşıt dış parametreleri, hava giriş ve çıkış noktalarının değiştirilmesiyle taşıt iç sıcaklığının nasıl etkilendiğine bakılmıştır. Kesitler alınarak bölgesel sıcaklıklar ölçülmüştür.

İkinci çalışmada ise sayısal ve deneysel yolla hava akış analizi yapılmış ve bunlar karşılaştırılmıştır. Cam buğu ve buz giderme amaçlı ön cam önüne yerleştirilmiş olan ve ön panel üzerinde bulunan hava girişlerinden çıkan havanın birbiriyle olan etkileşimleri incelenmiştir.

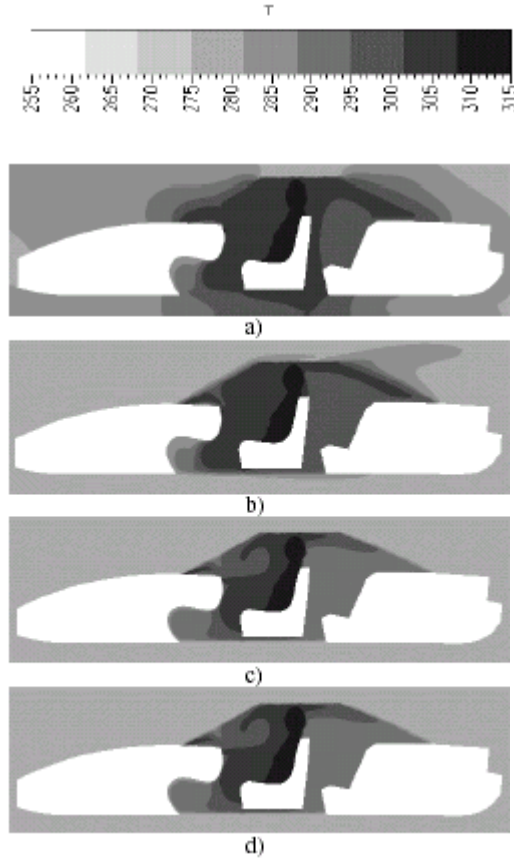
4.1 Yolcu Kabinindeki Akışın ve Isı Transferinin Analizi

Yüksek seviyedeki taşıt konforu, kullanıcılar tarafından günden güne daha çok aranan bir özellik oldu. Bu durum, klima kontrol mühendisleri arasında yeni bir rekabet alanı yarattı. Geçmişte ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerini yeni üretilecek model bir taşıt için, alışılmış fiziksel test metotlarıyla geliştirmek yaklaşık bir yıl alırdı. Ancak bilgisayarlı akış dinamiği (CFD) simülatörleri kullanılarak otomobil HVAC sistemlerinin geliştirilmesi için gerekli zaman büyük ölçüde azaltıldı, bu prosesin temellerinin daha iyi anlaşılması ve HVAC sistemlerinin performansının artırılması sağlandı. Yapılan çalışmada bilgisayar destekli yapılan deneylerle HVAC sistem performansını en çok etkileyen parametreler incelenmiş ve bunların sisteme olan etkileri belirlenmiştir.

Parametreler iki bölüme ayrıldı ; iç ve dış parametreler. Dış parametreler taşıt hızı, dış hava sıcaklığı, rüzgarın hızı ve yönüdür. İç parametreler ise HVAC çıkışlarında hava sıcaklığı, hava hızı, hava giriş ve çıkış bölgelerinin yerleştirilmesi ile sayısı, taşıt duvarının ısı iletim özellikleridir.

Dış Parametreler:

Taşıt hızı: Yapılan araştırmalara göre, taşıt hızının, akış ve sıcaklık dağılımı kadar kabin klima özelliklerine de etkisi olduğu görülmüştür. Hız büyüklüğü arttıkça taşıt hızının, kabin havalandırmasına olan etkisi azalır. Şekil 4.1’de bu durum görülmektedir.

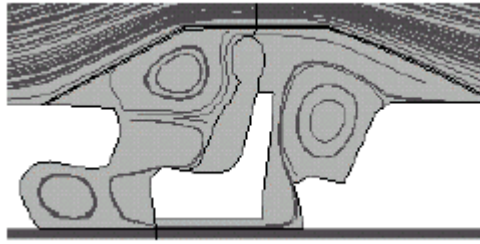


Şekil 4.1: Dört değişik taşıt hızındaki sıcaklık dağılımları. $U=0, 5, 20$ ve 100 km/sa

1a’da durmakta olan bir taşıtın, şartların aynı kaldığı ortamda, iki boyutlu olarak ısıtılması görülmektedir. Şekil 4.1 a,b,c ve d’de üç değişik hızda ($5, 20,$ ve 100 km/sa) hareket etmekte olan aracın ısıtılması görülmektedir.

Diğer giriş şartları ise şu şekildedir. Birinci girişte (ön camın hemen altındaki) hava sıcaklığı $308\text{ K}(35^{\circ}\text{C})$ ’dir. Hava hızının yatay bileşeni $U = 0.065\text{ m/s}$, dikey bileşeni ise $V = 0.035\text{ m/s}$ ’dir. İkinci girişteki (ön panelin koltuğa bakan yüzeyinde) hava sıcaklığı ise yine $308\text{ K}(35^{\circ}\text{C})$ ’dir. İkinci girişteki hava hızının yatay bileşeni $U = 0.5\text{ m/s}$, dikey bileşeni $V = 0.05\text{ m/s}$ ’dir. Yalnız bir hava çıkışı arka camın altına yerleştirilmiştir. Yolcu sıcaklığı $309,65\text{ K}(36^{\circ}\text{C})$, yolcu için sınır şartı bütün vücut için deneysel olarak seçilmiş vücutla araç içi arasındaki ısı alışverişi çok düşük seviyede tutulmuştur.

Hareketsiz taşıt etrafında ılık bir hava tabakası görülmektedir, taşıt içi sıcaklığı yüksek kalmakta ve taşıt duvar sıcaklığı artmaktadır. 5 km/sa hızla hareket eden taşıtta ise bu ılık hava tabakası yerini, taşıt arkasında oluşan ılık bir ize bırakmaktadır ve iç sıcaklık düşmektedir. 20 km/sa ve 100 km/sa hızla hareket eden taşıtta ise, dikkat çekici bir sıcaklık dağılım değişimi görülmemektedir. Bu şu şekilde açıklanabilir ; yüksek hızlarda, taşıt etrafında oluşmuş olan hava tabakası dağılmış durumdadır ve her zaman taşıt dış yüzey sıcaklıkları hava sıcaklığı ile aynı seviyede olur. Hızlı hareket eden bir taşıtın, (Şekil 4.2 d'deki durum) akış çizgileri şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : Kabin içi ve etrafındaki akış çizgileri

Dış sıcaklık : HVAC sistem performansını önemli bir miktarda etkileyen başka bir parametre de taşıt dışındaki sıcaklıktır. Şekil 4.3'de görülmekte olan taşıtta şartlar 1d ile aynı seçilmiştir yalnız dış sıcaklık 278 K(+5 °C) yerine 268K (-5 °C) olarak değiştirilmiştir. Bu, şekil 4.3'de görülebileceği gibi düşük dış hava sıcaklığında buna paralel olarak, taşıt içinde oluşan sıcaklık da düşmektedir.

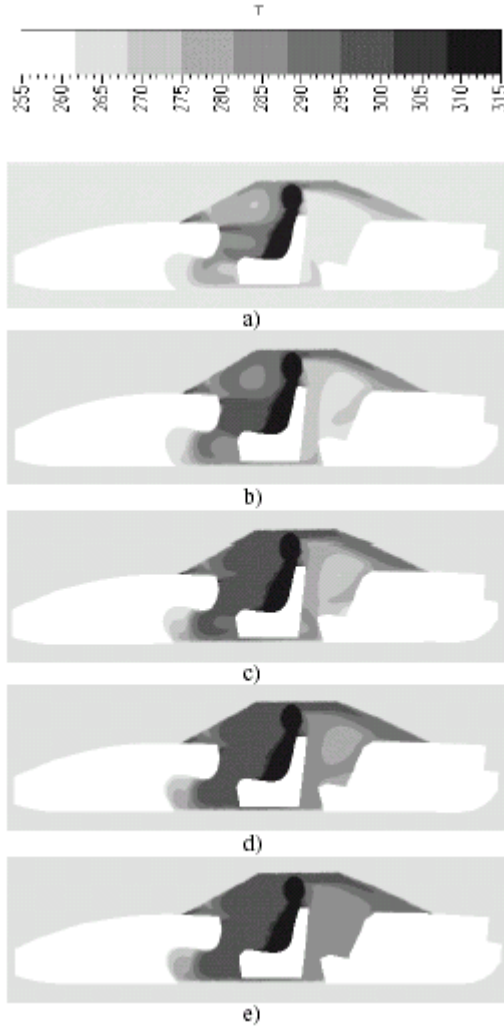


Şekil 4.3 : Dış sıcaklık düşük olduğu zaman taşıt içerisinde oluşan sabit sıcaklık

İç Parametreler:

Taşıt içerisine giriş anındaki hava sıcaklığı ve hızı normal olarak kabin iç sıcaklığı ve havalandırmasını önemli ölçüde etkilemektedir. Yapılan diğer bir gözlem ise, gerçeğe uygun giriş hızı ve sıcaklığı ele alındığında, sabit bir “soğuk” (ısıtma durumunda) ya da sabit bir “sıcak” (soğutma durumunda) alan vardır. Bu durum ısıtma / soğutmanın başında göz önüne alınır. Şekil 4.4'de değişken ortamda ısıtma yapılırken alınan sonuçlar görülmektedir. Sınır şartları durgun ortam ile benzer

seçilmiştir, tek fark dış sıcaklığın 263 K (-10 ° C) ve ikinci girişteki hızın yatay bileşeninin 0.95 m/s olmasıdır (başlangıçta yüksek hız olması gerçeğe daha yakın olur). Şekil 4.4'deki resimler hava giriş başlangıcından itibaren 20, 40, 80, 160 ve 380'inci saniyelerde çekilmiştir.



Şekil 4.4 : Taşıt içi zamana bağlı ısıtma. $t = 20, 40, 80, 160$ ve 380'ninci saniyeler

Birincisi ön koltuğun hemen arkasında, ikincisi ise ön koltuğun ön ayak bölgesinde olmak üzere iki tane ana “soğuk” bölge oluşmuştur. Ancak bu sonuçlar üç boyutlu çalışma yapılırsa, iki boyuta göre daha olumlu sonuçlar verecektir. Oluşan bu soğuk bölgelerin giderilmesi, giriş ve çıkış yerlerinin değiştirilmesiyle de mümkündür.

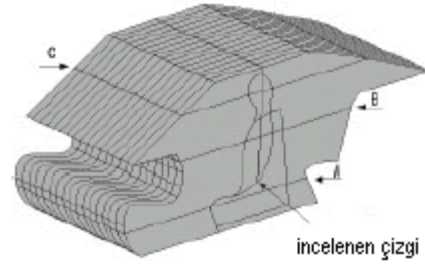
Giriş / Çıkış Yerleri : HVAC sistem giriş ve çıkış yerlerinin, boyutlarının ve sayılarının araç içine olan etkilerini tam olarak belirleyebilmek için simülasyon ve üç boyutlu olarak üç değişik koşulda analiz yapılmıştır.

1.Durum : Kabin içerisine üç adet hava girişi yerleştirilmiştir. Birincisi 3 * 80 cm büyüklüğünde ve ön camın hemen altına, ikincisi ve üçüncüsü 10 * 5 cm boyutlarında olup torpido üzerine aracın her iki yan duvarından 15 cm uzağa, simetrik olarak yerleştirilmiştir. 7.5 * 3.5 cm'lik iki eşit boyda çıkış ise, simetrik olarak arka camın altına, yan duvarlardan 30 cm uzaklığa yerleştirilmiştir.

2.Durum: Camın altında bulunan hava girişi 1. durumdakiyle aynıdır. 2. Durumda ayrıca 10 * 5cm boyutlarında dört adet hava girişi daha ön panel üzerine, taşıt yan duvarlarından 7 cm ve 60 cm uzaklıklara simetrik olarak yerleştirilmiştir. Hava çıkış yerleri ve boyutu birinci durumdakiyle aynıdır.

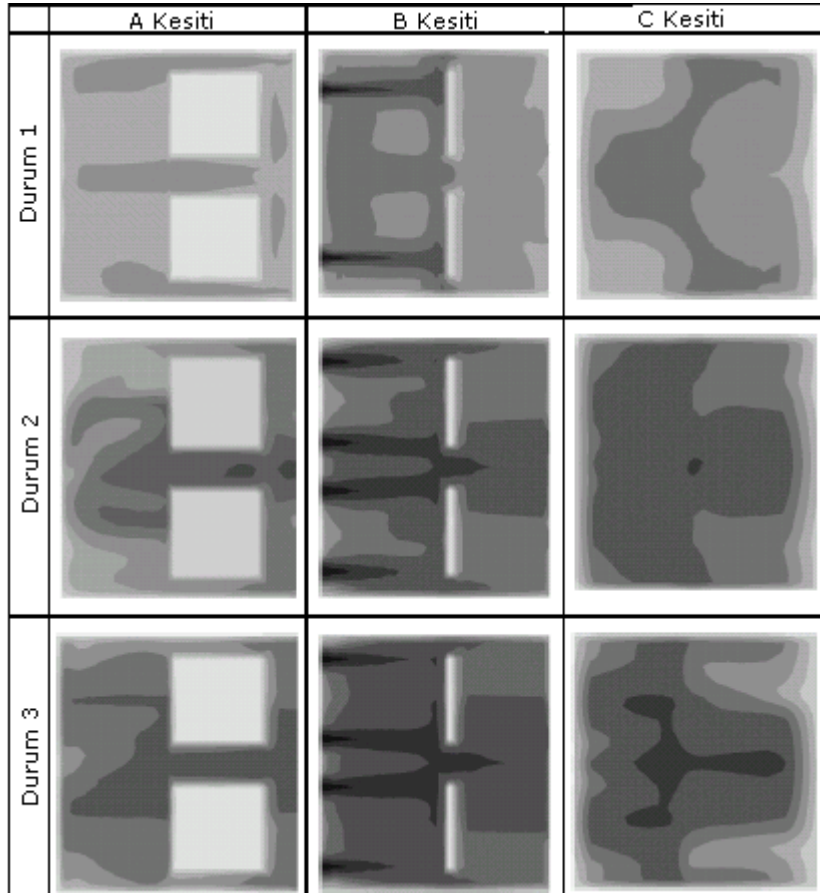
3.Durum: Hava giriş yerleri ikinci durumdakiyle aynıdır ancak yalnızca bir adet 2 * 70 cm.'lik hava çıkışı ön ayak bölgesine yerleştirilmiştir.

Bu üç durum içinde sınır şartları iki boyutlu çalışmadaki ile aynı seçilmiştir, tek fark taşıt içerisinde yolcu olmamasıdır.



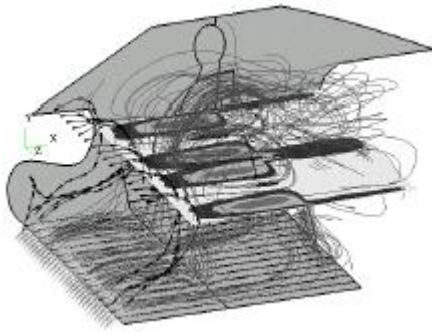
Şekil 4.5 : Kesitlerin gösterimi

Üç boyutlu çalışmanın sonuçlarının değerlendirilmesi için şekil 4.5’de görülen kesitler alınmıştır. Araçta yolcu olmadığı düşünülmüş ve inceleme iki ön koltuk için yapılmıştır. Bu kesitler vücut doğrultusunda alınmış ve insan vücudu boyunca akışın nasıl olacağının anlaşılması sağlanmıştır, bu ise konforun seviyesini belirlemektedir.



Şekil 4.6 : Üç değişik kesit ve giriş şartı için oluşan sıcaklık profilleri

Simülasyon sonuçları şekil 4.6’da görülmektedir. Bu şekillerden görüldüğü gibi hava giriş ve çıkış özelliklerinin, taşıt içerisindeki sıcaklık dağılımını nasıl etkilediği görülmektedir. Hava giriş sayısı arttıkça içerideki ortalama sıcaklık da artmaktadır.



Şekil 4.7 : Taşıt içi akış alanları

Hava çıkış yerlerinin doğru seçilmesi HVAC sisteminin verimini çok arttırmaktadır. Şekil 4.6’da birinci ve ikinci durum karşılaştırıldığında bu açıkça görülmektedir. Bu iki durum arasındaki tek fark çıkış yeri değişikliğidir, üçüncü durumda ortalama

sıcaklık daha yüksektir, sıcaklık dağılımı daha kararlıdır ve oluşan soğuk bölge daha azdır.

Üç boyutlu akış şekil 4.7’de daha açık görülmektedir ve bu akış koltukların ön bölgesinde geri dönüş yapmaktadır. Sürekli hava boşaltımı yapılması, kabin ön bölmesinde ve ön koltuk altında sabit tabakaların oluşmasına sebep olmuştur. Yolcunun ön bölgesinde güçlü girdaplar oluşmuştur.

Bu çalışmada taşıt HVAC sisteminin simülasyon sonuçlarına bakıldı. Sistemi en çok etkileyen parametreler incelendi. Sonuçlara bakılırsa taşıt hızı ve dış sıcaklık gibi dış parametrelerin, iç parametreler (hava sıcaklığı, hava hızı, hava giriş ve çıkış yerleri ile miktarları gibi) kadar taşıt HVAC sistem verimliliği üzerinde etkisi olduğu görülmüştür. Hava giriş ve çıkış özellikleri değiştirilerek hava dolaşımının az olduğu bölgelerin varlığı gibi bir takım olumsuzluklar da giderilebilir. [1]

4.2 Yolcu Taşıt Modelinde Akış Alanı Karakteristikleri

Klima konforunun iyileştirilmesi yolcunun, yalnız konforu için değil güvenliği ve sağlığı için de gereklidir. Yolcu konforunun arttırılması için taşıt içi hız dağılımının incelenmesi gerekir. Parçacık Görüntü Hızlandırıcısı (Particle Image Velocimetry, PIV) ve sayısal akışkanlar dinamiği uygulanarak akış hız analizi yapılabilir.

Kabin içerisindeki akışkan hareketlerinin, belirli havalandırma ayarlarında ve yolcu yükünde anlaşılması, iklimlendirme performansı ve yolcunun ısı konforunun bilinmesini gerektirir. Sayısal akışkanlar dinamiğindeki son gelişmeler ve deneye bağlı teşhis teknikleri bir çok araştırmacıyı taşıt klima konforunu incelemeye yönlendirmiştir. Yapılan bu çalışmada, sayısal akışkanlar dinamiği kullanılarak, 1-15 skalalık bir modelde taşıt iç ortamındaki akış alanı oluşturulmuştur. Buradan elde edilen sonuçlar, parçacık hızının görüntülenmesi tekniği ile karşılaştırılmıştır.

Deneyisel Çalışma:

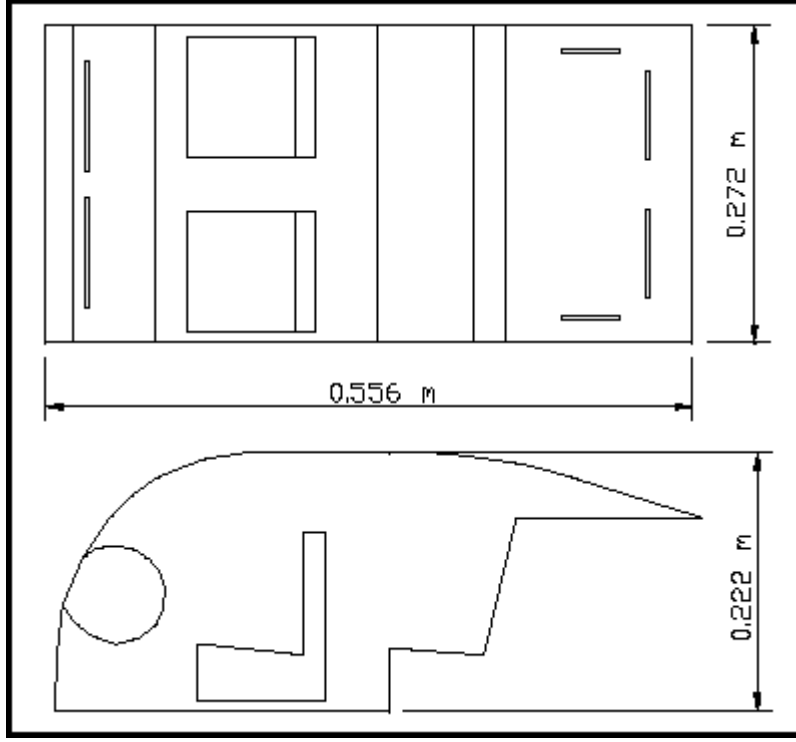
Deneyisel programın başlıca amacı 1-15’lik skalada oluşan modelin niteliğinin ve sayısal değerlerinin hesaplanmasıdır. Deneyde kullanılan araç 1992 model Ford Mondeo’dur. Ön panel üzerinde dört adet giriş yeri tespit edilmiş, iki tanesi tam ortada yan yana yerleştirilmiştir ve diğer ikisi ise ön panelin her iki ucunda, ön kapılara yakın yerde bulunmaktadır. Bu giriş noktalarındaki akış ön yolculara ve ön koltuklar arasındaki boşluğa doğru yönlendirilmiştir, bu ise yolcuların göğüs

bölgesine denk gelir. Bulunan diğer iki giriş noktası ön camın hemen altına ince uzun şekilde yerleştirilmiştir, buzlanma ve buğulanmayı önlerler. Genel gözlemler sonucunda, içerdeki hava dışarıya arka koltuk arkasına yerleştirilen dört adet hava çıkışından yapılmaktadır.

Kabin içerisindeki akışkanın hareketi Lazerli Tabaka Görüntüleyici (Laser Sheet Visualisation) ve Parçacık Resim Hızlandırıcısı (PIV) kullanılarak incelenmiştir. PIV, hız vektör alanlarını, parçacık resimlerinden yararlanarak bulmakta kullanılmıştır. PIV tekniği iki boyutlu lazer aydınlatıcı ile aydınlatılmış parçacıkların takip edilmesine dayanır. Akış içerisindeki parçacıkların hareketi, bir kamera kullanılarak çok kez kayıt edilir. Kayıt edilme zamanları arasındaki süre bilindiğinde, birbiri ardına gelen parçacıkların kamerada büyütülmesi yoluyla, parçacıkların hızları ve yönleri belirlenir.

Sayısal Yöntemle Hesaplama :

Üç boyutlu taşıt içi geometrisi ve sürücü AutoCAD R14'de 1-15 skalalık bir modelde oluşturulmuştur. Yüzeysel ağ sistemi meydana getirilmiş ve ardından hacimsel ağ sistemi oluşturulduğunda, 260.000 adet akış hücresi meydana getirilmiştir. Böylece akış bölgesinde düzensiz akış hücresi oluşumu ve arka camın önündeki bölgede ve ön panel üzerinde olabilecek hücre eğrilmeleri engellenmiştir. Akış ortamı olarak su seçilmiştir. Atmosfer basıncının kabul edildiği dört adet basınç çıkış noktası yerleştirilmiştir. Bu çalışmada sıcaklık ölçümüne değinilmemiş, yalnız hız ölçümü yapılmıştır.

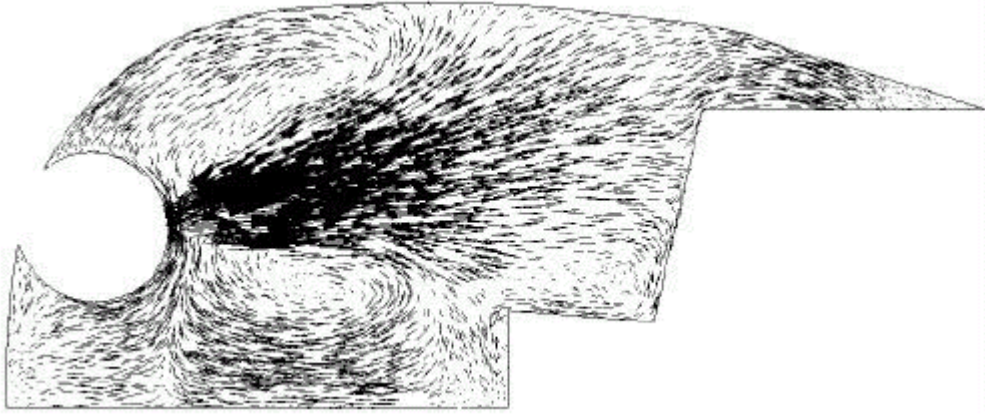
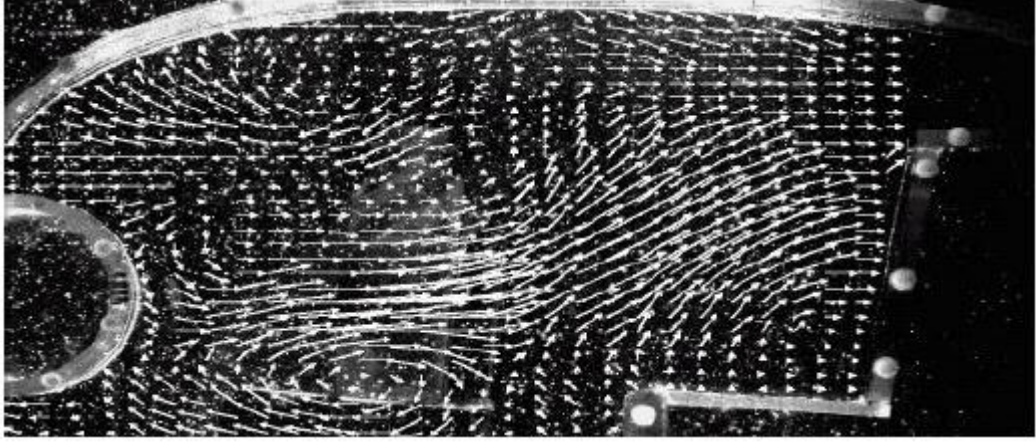


Şekil 4.8 : Taşıt içi çizimi

Analizler:

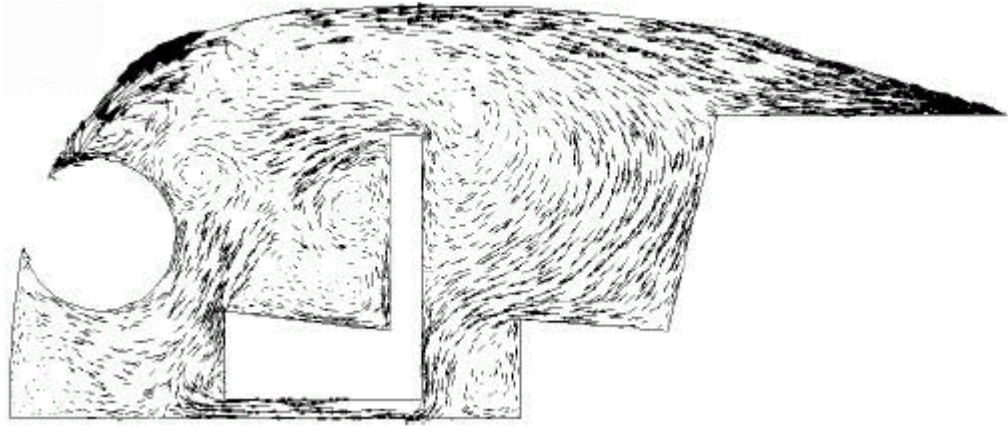
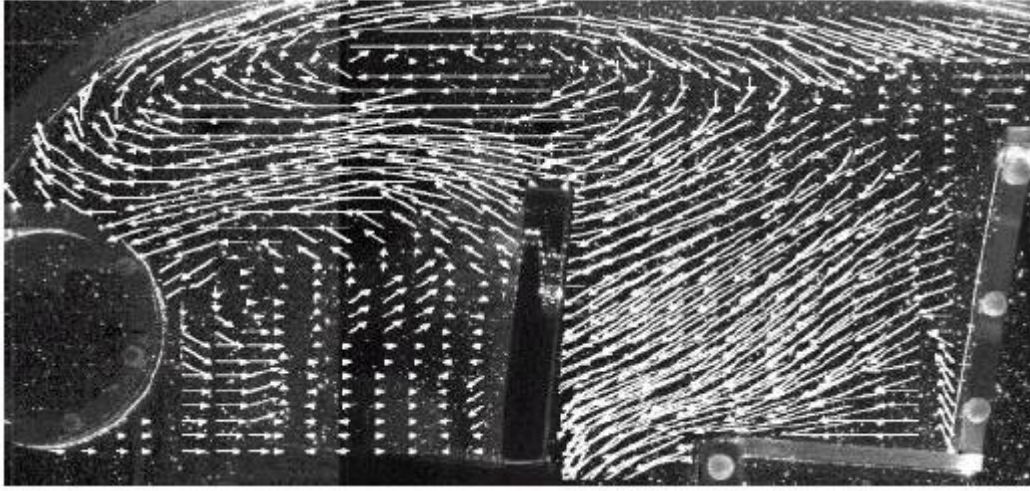
Bu çalışmada taşıt kabini içerisinde hüküm süren hava hareketleri ve ön panel ile cam önündeki hava girişinden, çıkan havanın izlediği yol incelenmiştir. Genelde günümüz taşıtlarında, ön panel üzerine yerleştirilmiş dört adet hava girişi bulunuyor. Ön panel üzerinde bulunan girişler, ön yolcunun kafa bölgesinden kalçasına kadar olan bölgeye yönlendirmek mümkündür. Cam buğu giderici hava giriş yerlerinin geometrik özellikleri ve hava özellikleri araç üretici firmalar tarafından belirlenmiştir. Hava girişlerinin yolcunun ısı konforu üzerindeki genel etkisi incelenecektir.

Ön paneldeki giriş direkt olarak yolcunun göğüs bölgesine yönlendirilmiştir. Manken yolcu, taşıt içerisine yerleştirilmiştir. İçerideki akış üç boyutlu olduğu için, resimler değişik pozisyonlardan dikey ve yatay kesitler için değişik zamanlarda, iki boyutlu olarak alınmıştır. Sonuçların karşılaştırılması için deneysel ve sayısal yolla yapılan analizlerin sonuçları resimlerde alt alta verilmiştir. PIV'in kullanımı sırasında kameradaki çözünürlük ve kullanım zorluğu sınırlamaları nedeniyle tavan ve arka camın önündeki alan gibi bölgelerde sonuç alınamamıştır.



Şekil 4.9 : Boş yolcu koltuğu ile kapı arasındaki akış alanı (deneysel, sayısal)

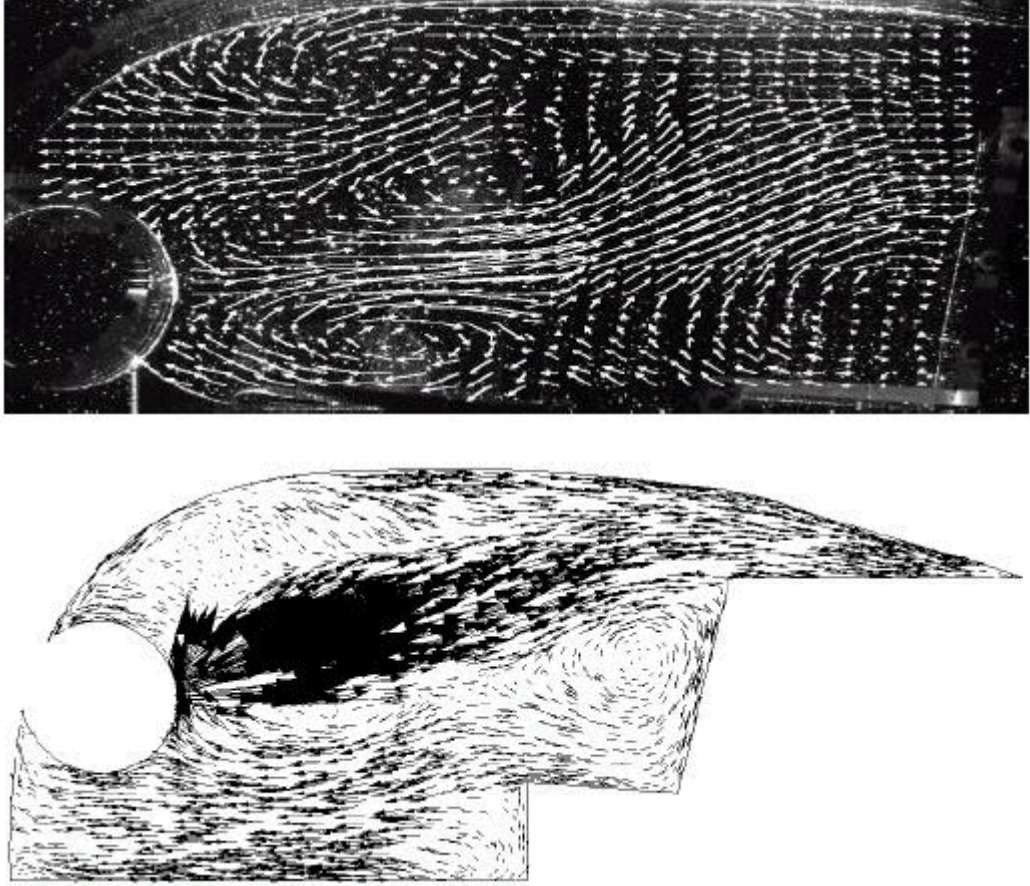
Şekil 4.9’da iki ön yolcu arasındaki düzlemde alınan dikey kesitteki akış görülmektedir. Ön panelden çıkan hava miktarının koyu renkle gösteriminden, ilk çıkış anında hava akışının ne kadar kuvvetli olduğu anlaşılmaktadır. Çıkan hava boylamasına yayılarak arka bölme doğru ilerlemektedir. Buğu açıcı hava giriş yerinin yanlamasına uzunluğu, merkezi düzlemle çakışacak boyutta olmadığı için, bu şekilde buğu açıcı hava akışının etkisi görülmemektedir. Ancak, ön panel üzerindeki bölgede cama çarpıyormuş gibi görünen, arka bölmeden geri dönen akış açıkça görülmektedir. Deneysel ve sayısal yöntem sonuçlarında ön panel ve ön camla sınırlandırılmış geri dönen akış mevcuttur.



Şekil 4.10 : Boş yolcu koltuğunun ortasına doğru olan akış (deneysel, sayısal)

Şekil 4.10’da alınan dikey kesitte, ön koltuğun ortalarına doğru bir kesişme bölgesi oluşmuştur, bunun sebebi ön panel üzerindeki giriş noktalarından çıkan hava değildir, ön camın hemen önünden çıkan buğu açıcı havanın geri dönüşü sırasında oluşmuştur. Camın önünden çıkan havanın bir kısmı, tavan boyunca ilerleyerek arka koltuğa ulaşır diğer bir kısmı arka koltuk üzerinden devam ederek arka camın önündeki bölgenin iç tarafına doğru ilerler ve arka koltukta son bulur, burada akışın az olduğu durgun bir bölge oluşmuştur. Akış, arka koltuğun üst tarafındaki durgun bölgeden, ön koltuk altına doğru itilerek buradan ön ayak bölgesindeki yavaş akış bölmesine gelir ve yeniden yukarı doğru yönlendirilerek ön panelden çıkan havayla birleşir. Bu geri dönen hava, astım yada nefes darlığı olan yolcуда rahatsızlık yaratabilecek solunum artıklarını ve istenmeyen kokuları beraberinde taşır. HVAC ünitesinde bulunan polen filtresine giren suyun neden olduğu kötü kokuyu da taşıyabilir. Arka bölgeden gelen havanın bir diğer kısmı ise ön koltuk ve ön yolcunun kafa bölgesi üzerinde yeniden hız kazanır. Bu istenmeyen bir durumdur

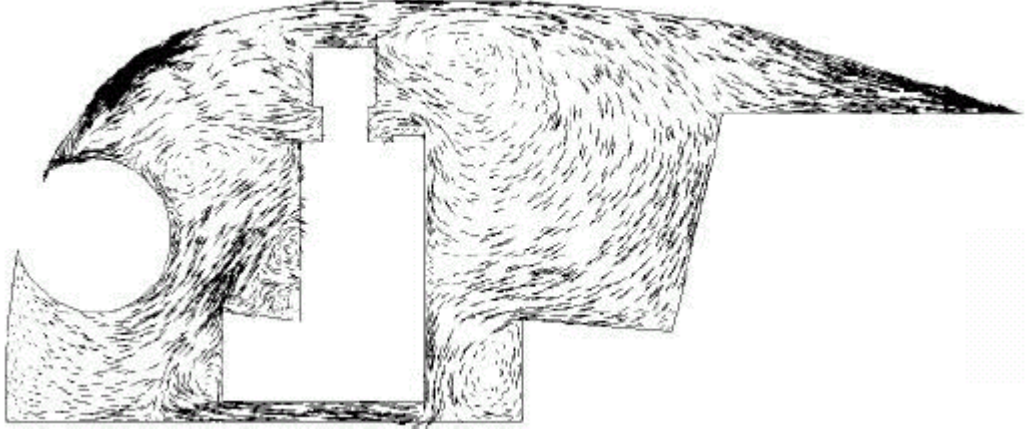
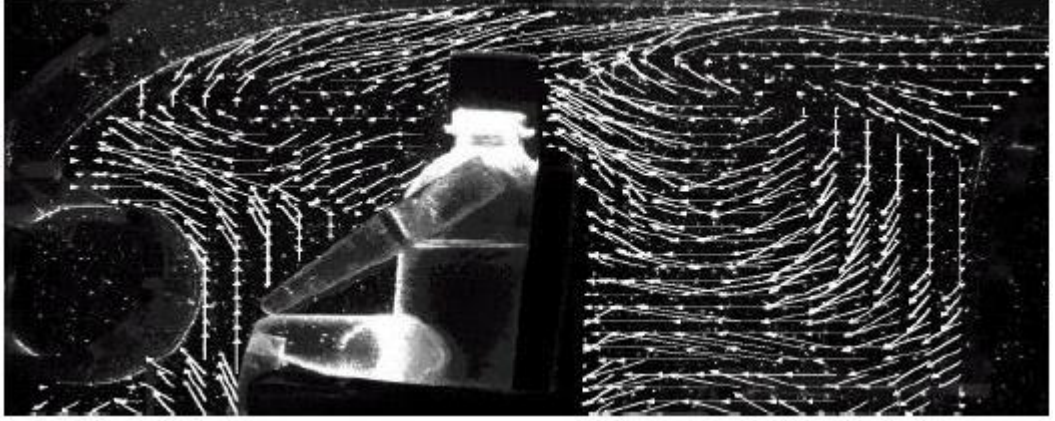
Çünkü giyinmiş insan vucudunun en hassas bölgesi ensesidir. Deneysel ve hesaplanan çalışmada görüldüğü üzere, n yolcunun kalça ve göğüs bölgesi aralığındaki hava oldukça hareketsizdir.



şekil 4.11 : Taşıtın ortasındaki akış (deneysel, sayısal)

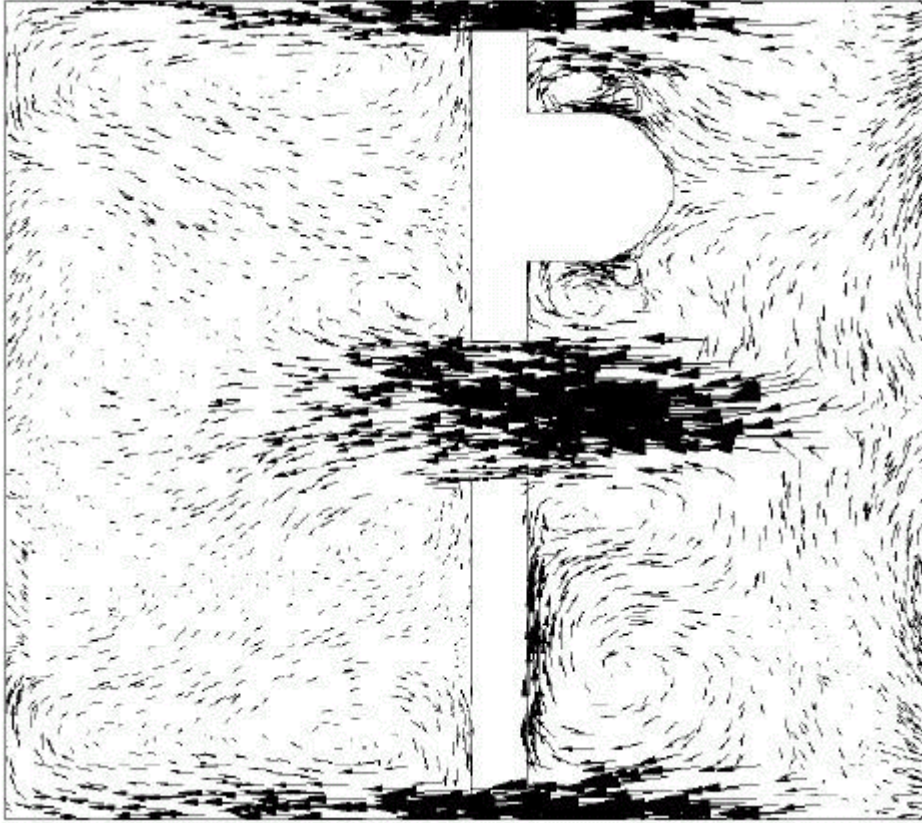
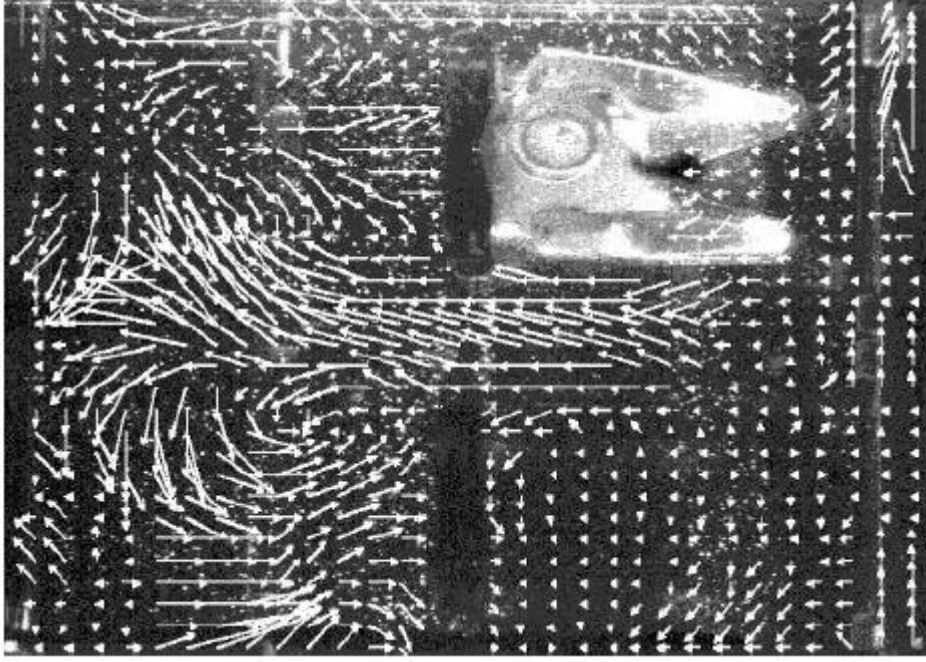
şekil 4.11’de dikey olarak alınmış kesitte kabin orta bölgesindeki akış alanı görülmektedir. Buradaki akış şekil 4.9’dekine benzemektedir ancak, bu kez n panel üzerinde iki adet hava çıkışı bulunmaktadır. Sonucunda arka koltuğa doğru daha kuvvetli bir akış oluşmuştur. Arka koltuk üzerinde geri dönüşüm bölgesi oluşmuştur. n camın önünden çıkan havanın, n panelden çıkan hava ile birleştiği yer kabinin arka bölgesinde görülmekte ve arka camın önündeki bölgenin içerisine doğru hareket etmektedir. Yolcuların önüne doğru yönelen hava akımı çok kuvvetlidir . Bu çeşit akış, gözlerde rahatsızlık yaratması ve bazen baş ağrısı yapması sebebiyle istenmemektedir. Örneğin, bu tür bir akış ancak taşıt iç sıcaklığı çok yüksek olduğunda, aracı alıştırma aşamasında, konforlu sıcaklığa çok kısa sürede ulaşabilmesi için yolcunun işteği üzerine kullanılır. n panelden hızla çıkan

hava, yolcular üzerinde soğuk hava tabakası oluşturur ancak diğer bölgeler yine sıcak kalır.



Şekil 4.12 : Yolcu varken taşıt içindeki akış (deneysel, sayısal)

Yolcu koltuğunun ortasındaki akış alanı şekil 4.12’de görülmektedir. Bu şekil üzerindeki akış şekil 4.11’teki ile karşılaştırılabilir, şekil 4.12’nin farkı bu kez ön koltuğa yolcu yerleştirilmesidir. Şekil 4.11’de dikkati çeken bölge, istenmeyen hava dönüşünün olduğu bölge olan baş bölgesi ve özellikle ensedir. Bu durum deneysel ve sayısal çalışmada da görülmektedir.

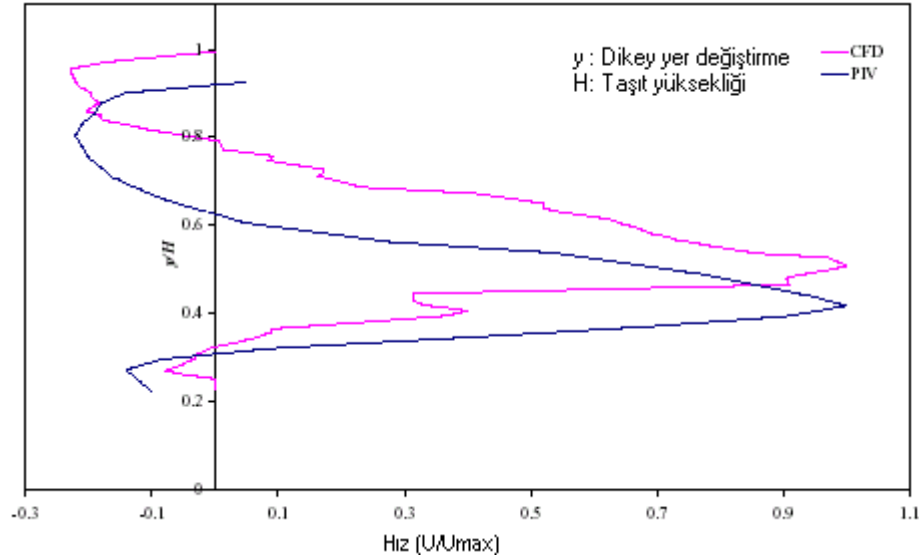


Şekil 4.13 : Yolcunun göğüs seviyesindeki akış (deneysel, sayısal)

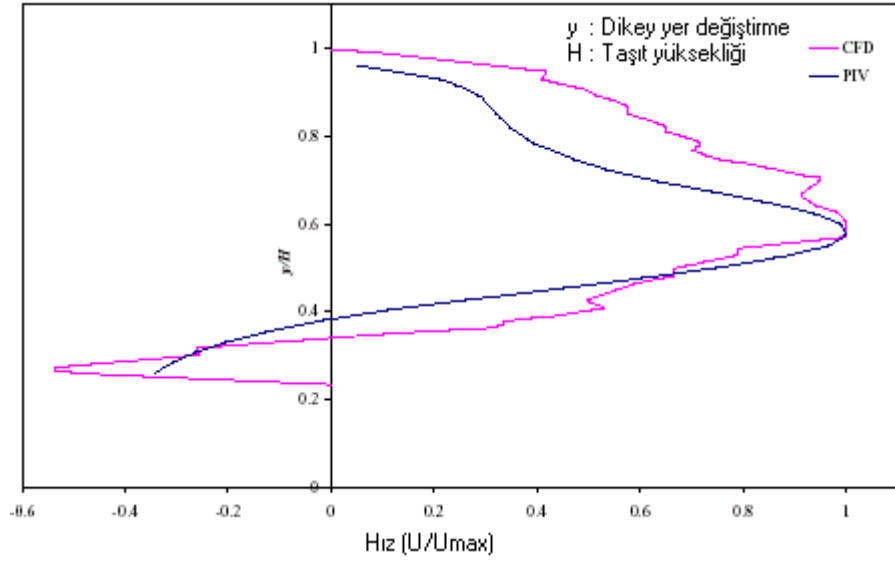
Kabin içerisindeki yanal hava akışını görmek için, yatay bir kesit alınmıştır (şekil 4.13) ve yolcunun göğüs seviyesindeki hava hareketleri incelenmiştir. Ön koltukların ve yolcunun varlığı hava akışı için bir engel oluşturmuştur. Bunun sonucunda ön ve arka bölümde, havanın yeniden dolaşım yaptığı bölgelerin

meydana geldiği görülmüştür. Girdap bölgeleri kabin kapıları yanındaki boşluklarla, koltuklar arasından uzunlamasına yönlenererek hareket etmiştir. Sonuçlar, oluşan girdabın yarattığı geri dönen akışın, ön koltuklarla kabin duvarları arasında gerçekleştiğini göstermiştir. Durgun noktadan aşağıya doğru yönelen akışın, koltuklar arasındaki konsol tarafından ve havada oluşmuş olan akışın emme etkisi ile yukarıya doğru saptırılır ve sonuç olarak dikey doğrultuda uzunlamasına bir geri dönüş gerçekleşir. Bu işlem sırasında, ön yan camlar boyunca akış, cam tarafına devredilen hava akışı ve koltuklarla kabin duvarı arasından dönen akış tarafından yönlendirilir. Her iki tarafta da, cam tarafındaki devreden hava cama çarpar, bütün enerjisini kaybedene kadar cam üzerinde ilerler yada basınç değişimiyle ayrılır.

Burada tartışılan sayısal çalışmada elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlarla çok benzerdir. Bu durumu şekil 4.8 - 4.12'ye kadar olan şekillerde görebiliriz. Hızın sayısal değerleri, yüksek hız oluşan bölgelerde ölçüm yapılarak belirlenir. Koltuklar arasındaki bölgeden merkezi bir kesit ve kapıların yanından ayrı bir kesit alınmıştır. Bu kesitler üzerinde oluşmuş olan hızın dikey yöndeki hareketi yazdırılmıştır. Kesitler ön ve arka yolcunun diz bölgelerinden itibaren alınmıştır. Bu kesitlerde akış bazı yön değişikliklerine maruz kalır ve büyük farklar oluşur.

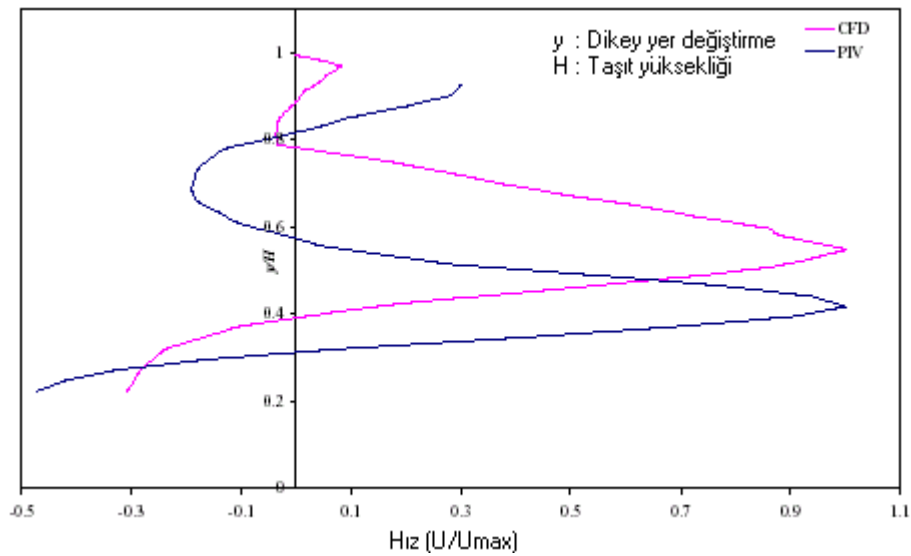


Şekil 4.14 : Kapı yanındaki düzlemde, ön yolcunun diz seviyesinden başlayan kesitte elde edilen sonuçların karşılaştırılması



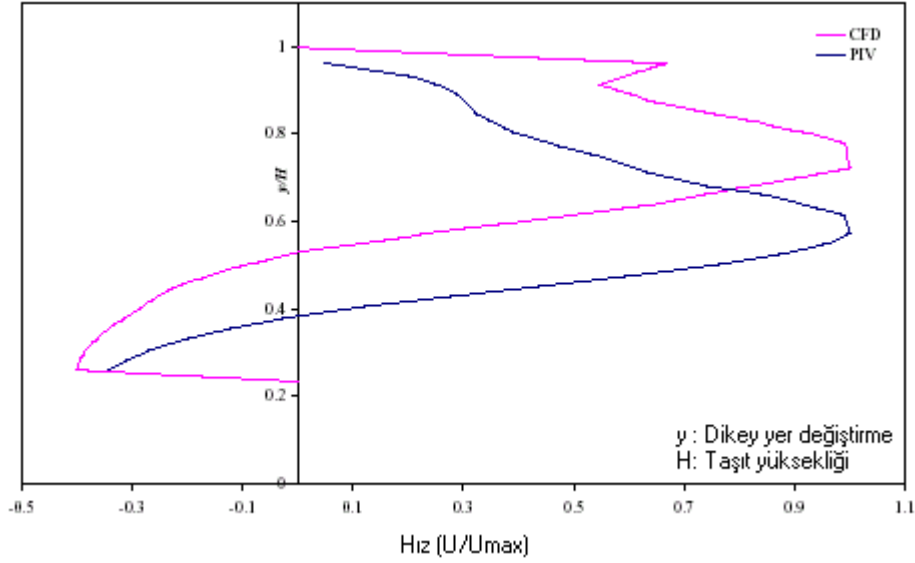
Şekil 4.15 : Kapı yanındaki düzlemde, arka yolcunun diz seviyesinden başlayan kesitte elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Şekil 4.14 ve şekil 4.15’de deneysel ve sayısal olarak hesaplanan akış grafiği, kapının yanından alınan kesit için, şekil 4.16 - 4.17 ise taşıt merkezinden alınan kesit için görülmektedir. Kesitlerin karşılaştırmasının daha anlaşılır hale getirmek için sonuçlar normalize edilmiştir. Grafiğin y eksenini, hızın taşıt yüksekliğine bağlı dikey yer değiştirmesinin normalize edilmiş halini, x eksenini ise normalize edilmiş u hızını gösterir. Ön panelden çıkan hava, y/H ’ın 0.4 - 0.6 aralığında olduğu değerde dikkat çekici etki göstermiştir.



Şekil 4.16 Ön yolcunun diz seviyesinde başlayan merkezi kesitteki sonuçların karşılaştırılması

Şekil 4.14’de CFD’den alınan sonuçlardaki akış hız değerleri, PIV’den alınan değerlere benzerdir. Farkları ise ön panelden çıkan havanın, maksimum hıza ulaştığı yerdir. Şekil 4.14’de pozitif hız değerinin tepe noktasındaki yükseklik farkı %18 iken, dönen akışın oluşturduğu negatif hız değerlerindeki fark ise tavan seviyesinde %7’dir. Şekil 4.15’de arka yolcu diz seviyesinden itibaren alınan ölçülerde ise, maksimum hızların olduğu yerlerin farkları yalnızca %0.7’dir.



Şekil 4.17 : Arka yolcunun dizi seviyesinde başlayan merkezi kesitteki sonuçların karşılaştırılması

Şekil 4.16 ve şekil 4.17’de alınan merkezi kesitte şekil 4.14’dakine benzer ölçüm değerleri elde edilmiştir. Yine ön panelden gelen hava açık bir şekilde görülmektedir. Kesitin alt bölgesinde, arka taraftan geri dönen akış bulunmaktadır oysa üst bölgede arka koltuğun oluşturduğu katı sınır şartı dolayısıyla üst kısımda yavaş bir akış oluşmuştur. Akış şiddeti maksimum noktalar için %1 farklılık göstermiştir. Şekil 4.17’de ise akış şiddeti her iki çalışmada benzerdir. Ancak hızın en yüksek olduğu yerlerde %20’lik bir değişiklik olmuştur. Bu fark, türbülans modelinin kabin içerisindeki hızlı parabolik akış rejimi ile yavaş eliptik akışın birbirlerine olan etkileri belirlemekteki yetersizliğinden kaynaklanır.

5. HAVALANDIRMA KONFORUNUN OPTİMİZASYON ÇALIŞMASI

Yolcu kompartımanı gibi kapalı ortamlarda, sıcaklık konforu taşıtta bulunanlar için çok önemli bir etkidir. Taşıtta daha çok cam kullanma eğilimi, yakıt ekonomisi konusundaki kısıtlamalar, çevre için güvenli soğutucu kullanılması ve kısıtlanmış kondenser hava akışı sıcaklık konforuna da bazı sınırlamalar getirmektedir. Taşıt tasarımında, erken safhada yolcu kabinindeki ısı yükleri azaltılma yoluna gidilmiştir. [10]

Taşıt içerisindeki hava hızı ve sıcaklığının ölçümünde değişik yöntemler kullanılır.

Kabin ısı çevresi bilgilerine tünel bilgileriyle yaklaşım getirilebilir, ya da direkt olarak toplu parametre modeli (lumped parameter model) veya CFD ile ulaşılabilir. Her bir yöntemin avantaj ve dezavantajları mevcuttur.

- Isıl sınır şartları : Geçici durum için iç yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığı, ve yolcu çevresindeki hız büyüklükleri tünel testiyle elde edilebilir. Bu yaklaşım sıcaklık konforunda, bu değişkenlerin diğerlerinden izole olarak etkilerini görmek için uygundur.

- Yığılma parametre modeli (Lumped parameter Model) : Kabin içerisinde istenilen adette düğüm noktası dağıtılarak bu model geliştirilmiştir. Kabin termal çevresi geçici durumlar için, belirli hava akış dağılımında simüle edilebilir. Manken kullanarak, hava sıcaklığı ve hız dağılımı, vücutta belirlenen ayrı bölgeler için ölçülebilir. Hava akış oranı ve çıkış sıcaklığı bir skala üzerinde belirlenir. Bu yöntem taşıt gelişiminin ilk aşamasında, henüz yolcu kabini oluşturulmamışken kullanılabilir. Ancak hava akışı hakkında detaylı bilgi almak için CFD (sayısal akışkanlar dinamiği) metodu daha uygundur.

- CFD : Yolcu kabinindeki, akış ve sıcaklık “FLUENT” yazılımı ile hesaplanır. Taşıt içi geometrisi GAMBIT’de oluşturulduktan sonra FLUENT’e aktarılır. FLUENT yazılımında üç boyutlu geometrik olarak temiz bir yüzey elde edilir. Böylece bu yüzeyin hazırlanması için geçen zaman ve emek azalmış olur. Kabin sonlu hacimlere ayrılır, enerji denklemi korunarak Navier-Stokes denklemleri aynı anda çözülür ve yolcu etrafında ve taşıt içinde her noktadaki nem, sıcaklık ve hava akışı belirlenir.

Yapılan bu çalışmada hava sıcaklığının etkilerine değinilmemiş, havalandırma konforunu kısmen belirlemek amacıyla, hava hızı temel olarak ele alınmış ve 2-boyutlu bir çalışmayla taşıt içi havalandırma analizleri, FLUENT yazılımı kullanılarak CFD ile yapılmıştır.

5.1 Taşıt İç Kabini Çizimi

Taşıt içi ölçüleri Ford Escort sedan modeli üzerinden ölçülerek belirlenmiş ve GAMBİT yazılımında oluşturulmuştur. Araç iç kabiniinde yolcu olmadığı durum için ölçümler yapılmıştır. GAMBİT yazılımıyla oluşturulan modelde, ağ sistemi oluşturulurken taşıt içerisinde bulunan ve hava akışını kısmen engelleyen ön yolcu koltuğu, ayrı bir yüzey olarak tanımlanmış ve ağ sisteminin ön koltuk içerisinde oluşmaması sağlanmıştır.

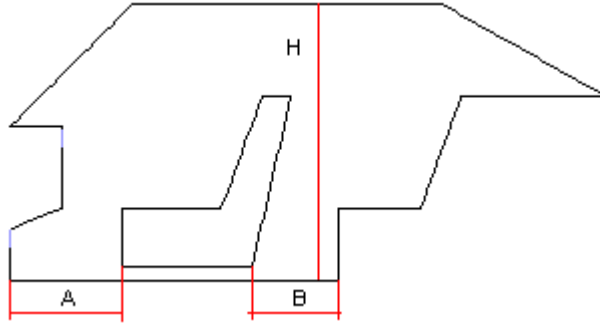
5.1.1 Hava Giriş ve Çıkış Noktaları

Hava giriş hızı, yolcu kabininin havalandırılmasında, taşıt iç geometrisi kadar direkt etkisi olan en önemli faktörlerden biridir. Hava giriş noktası arttırıldıkça taşıt içinin daha iyi havalanacağı açıktır. Hava çıkış noktalarının yerleştirilmesi ise, havanın iyi dağılımını sağlar. Havanın her bölgeye ulaşımını kolaylaştırır.

Yapılan çalışmada 2-boyutlu düşünülmesi neticesinde yalnızca iki adet hava giriş noktası yerleştirilmiştir. Bunlardan birisi ön panelin üst noktasının 3 cm altından başlayarak 7 cm. uzunluğunda alınmıştır. İkinci giriş bölgesi ise taşıtın alt yüzeyinden 14 cm kadar yukarıda 9 cm uzunluğunda alınmıştır. Başlangıç aşamasında yerleştirilen tek çıkış noktası ise, arka yolcunun ensesinin arkasına gelen bölgeyle, arka cam arasına (arka camdan 51 cm'lik bir uzaklığa) 5 cm. uzunluğu boyunca yerleştirilmiştir. Çıkış noktası ile ilgili olarak daha sonra bazı eklemeler ile optimizasyon yapılmıştır. Taşıt içerisine alınan havanın hızı ve doğrultusu ilk çalışmada sabit tutulmuştur.

5.1.2 Parametrelerin Belirlenmesi

FLUENT yazılımı ile analiz yaparken, geometrik parametre değişimiyle havalandırmanın ne şekilde değiştiğini görmek amaçlanmıştır. Üç adet parametre üzerinde değişiklik yapılmış ve taşıtın iç boyutu büyütülerek havalandırma konforu incelenmiştir. Bu parametreler ön koltukla taşıtın önü arasındaki mesafe (A), ön koltukla arka koltuk arasındaki mesafe (B) ve taşıtın yüksekliğidir (H). Tablo 5.1’de A, B ve H mesafeleri gösterilmektedir. A mesafesi her denemede 3’er cm. olmak üzere toplamda 12 cm arttırılmış ve taşıt iç boyutu da bunun sonucunda 12 cm’lik bir büyüme göstermiştir. Aynı şekilde B mesafesi de toplamda 12 cm. arttırılmıştır. H yüksekliği ise orijinal boyutu olan 135 cm. üzerinden her denemede 3’er cm. olmak üzere toplam 6 cm arttırılmış ve azaltılmıştır.



Şekil 5.1 : A, B ve H mesafelerinin taşıt üzerinde gösterimi

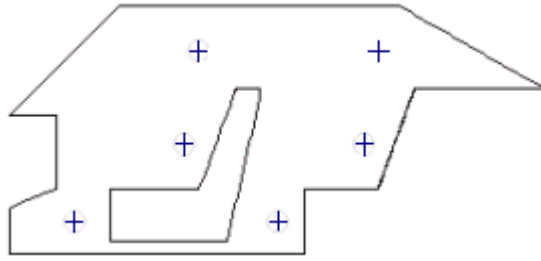
Tablo 5.1 : Parametrelerin aldığı sayısal değerler

A(cm)	B(cm)	H (cm)
55	42	129
58	45	132
61	48	135
64	51	138
67	54	141

Taşıt içerisinde değiştirilen her bir fiziksel özellik akış çizgilerini değiştirmesi nedeniyle havalandırma konforunu etkileyecektir. Yapılan bu çalışmada taşıt içerisinde ele alınan bu parametreler dışında, her ölçünün sabit kaldığı ve taşıt içerisinde yolcu olmadığı düşünülmüştür.

5.1.3 Ölçüm Yapılan Noktalar

Yolcu kabini içerisinde ölçüm yapılacak altı adet nokta belirlenmiştir. Bu noktaların seçimi yapılırken insan vücut ölçüleri dikkate alınmıştır. Sürücü koltuğu ve arka koltuk için oturma pozisyonunda bir yolcu üzerinden ölçüler alınmıştır. Ön ve arka koltukta oturan yolcunun alın bölgesinde, göğüs hizasında ve ayakla diz kapağı arasında birer nokta olmak üzere ön ve arka koltuk için üçer adet nokta seçilmiştir. Bu noktalar aynı y doğrultusunda olup, x uzaklıkları farklıdır. Şekil 5.2’de seçilen noktalar görülmektedir. Seçilen bu noktalar, taşıt içerisine giren hava hızının tespit edilmesi aşamasında da kullanılmıştır. Hava hızı, yolcu üzerinde olduğu varsayılan bu noktalara en fazla 3 m/s’lik bir hızla ulaşacak şekilde belirlenmiştir.



Şekil 5.2 : Ölçüm yapılan noktaların taşıt içerisindeki yerleri

Belirlenen noktalarda, akış analizi yapıldıktan sonra hızın noktasal değerleri yazılım üzerinden okutulmuştur. Böylece her bir koltuk pozisyonunda ve taşıtın değişik yükseklik değerleri için, o noktalardaki hava hızı değişimi gözlenir. Daha sonra bu noktalarda ölçülen hız büyüklükleri bir grafik üzerinde gösterilmiştir.

5.2 Hava Giriş Hızının Seçimi

Taşıt içerisinde sağlanması gereken minimum taze hava miktarı $0.5 \text{ m}^3/\text{dk}$ 'dır. Hava miktarı için belirlenen üst sınır ise $12 \text{ m}^3/\text{dk}$ 'dır. Yolcu için rahatlatıcı olan hava miktarının sağlanması için ; yaklaşık 0.5 m^2 olan taşıt içerisine 0.3 m/s hızla hava girmelidir. Ancak havanın sıcak olduğu durumlarda, daha fazla taze hava ihtiyacı olacağından taşıt içerisine alınan taze hava $2\text{-}3 \text{ m/s}$ hızla alınmalıdır. [9]

Bu çalışma sıcak hava şartı olması durumunda yapılmış ve hava hızının konfor sınırı dışında olmaması için en fazla 3 m/s hızla yolcuya ulaşması sağlanmıştır. İçeri giriş kanallarından gelen havanın aldığı yol arttıkça sahip olduğu hız düşer. Yolcuların ihtiyacı olandan daha yüksek bir hızla hava girmelidir ve bu hız yolcuya ulaşana

kadar düşerek 3 m/s mertebesine iner. FLUENT yazılımı üzerinde yapılan denemeler sonucunda, giriş hızının 6.5 m/s alınması ön görülmüştür. Denemeler sonucunda hava hızı 7 m/s'ye yükseltildiğinde, taşıt yüksekliği 129 cm. iken arka yolcunun yüz bölgesinde 3.3 m/s'lik hız elde edilmiştir. Hava hızı 6 m/s alındığında ise, belirlenen noktalar üzerinde elde edilen en yüksek hızın 2.1 m/s olduğu ve bu değer in daha yükseltilebileceği görülmüştür. Bunların sonucu olarak taşıt içerisine giren hava hızı ikisi arasında bir değer olan 6.5 m/s olarak seçilmesi uygun bulunmuştur.

Havanın giriş hızı 6 m/s olduğunda, çalışma iki boyutlu gerçekleştiğinden hava bütün ön panel boyunca 7 cm.'lik girişten taşıt içerisine geliyormuş gibi düşünülmüştür. Bunun sonucunda debi gerekli olanın çok üstüne çıkmıştır. Ancak bu çalışmada amaç hava hızının optimize edilmesidir, taşıt içerisine alınan havanın debisi sınırlandırılmamıştır.

Giren havanın %60'lık kısmı x doğrultusunda ve %40'lık kısmı ise y doğrultusunda girmektedir. Çalışma sırasında herhangi bir parametre üzerinde değişiklik yapılması durumunda, gerekli görülürse, hava hızı üzerinde de yine deneme yoluyla değişim yapılacaktır.

5.3 Belirlenen Hava Hızı ve Havalandırma Yer Seçiminin Analizi

Havanın giriş ve çıkış yerleri, konforu çok yakından ilgilendirir. Bu yerler insanı rahatsız etmeyecek, buğulanmayı engelleyecek şekilde seçilmelidir. Sayıları belirlenirken ise taşıt içerisinde ihtiyacı karşılayacak debinin sağlanması temel prensiptir.[1] Hava giriş ve çıkış yerlerinin uygunluğu ve taşıtın değişik bölgelerinde oluşan hava hızlarının analizi yapılması için, bu hız değerleri o noktalar için belirlenmeli ve bir grafik üzerinde çizilerek karşılaştırılmalıdır. Ölçüm yapılan parametrelerin üzerinde yapılan değişiklikler sonucunda çalışmanın devamında görülen sonuçlar elde edilmiştir.

5.3.1 A Mesafesi Değiştirildiğinde

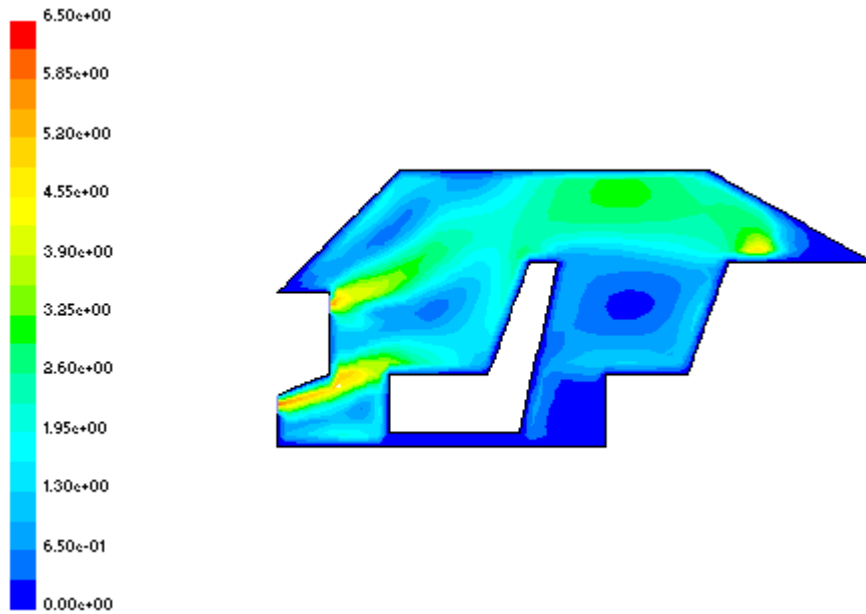
Grafikler incelendiğinde:

A mesafesinin değiştirilmesi sonucunda şekil 5.3-5.7'deki çizimler elde edilmiştir. Ön ve arka koltuktaki yolcuların yüz, gövde ve ayak bölgelerinde, ön panel ile ön

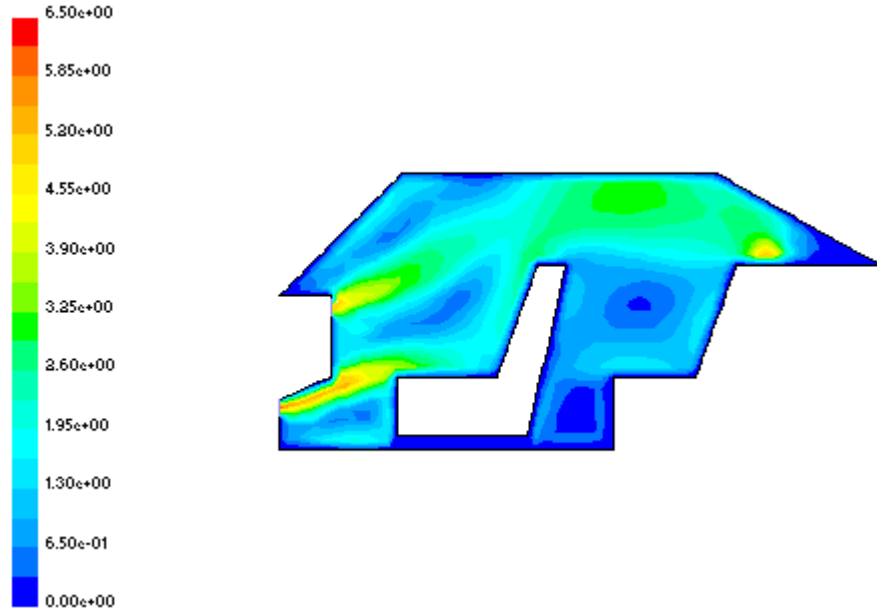
koltuk arasındaki mesafenin her 3 cm. artışında, hız değerlerindeki değişim görülmektedir. Taze hava, taşıt içerisine 6.5 m/s hızla giriyor olmasına rağmen, ön koltuktaki yolcunun yüz bölgesinde, en yüksek hız olan 2.09 m/s'lik bir hız oluşmuştur. Ön koltukta oturan yolcu, taşıta giren 6 m/s'lik bu hava akımının en fazla 2.09'lık bir kısmına maruz kalacaktır. Arka yüz bölgesinde, 2.5 m/s civarında hız değerleri elde edilmiştir. Ancak arka ayak bölgesinde alınan noktada çok düşük hava hızları görülmüştür.

Taşıt resimleri incelendiğinde:

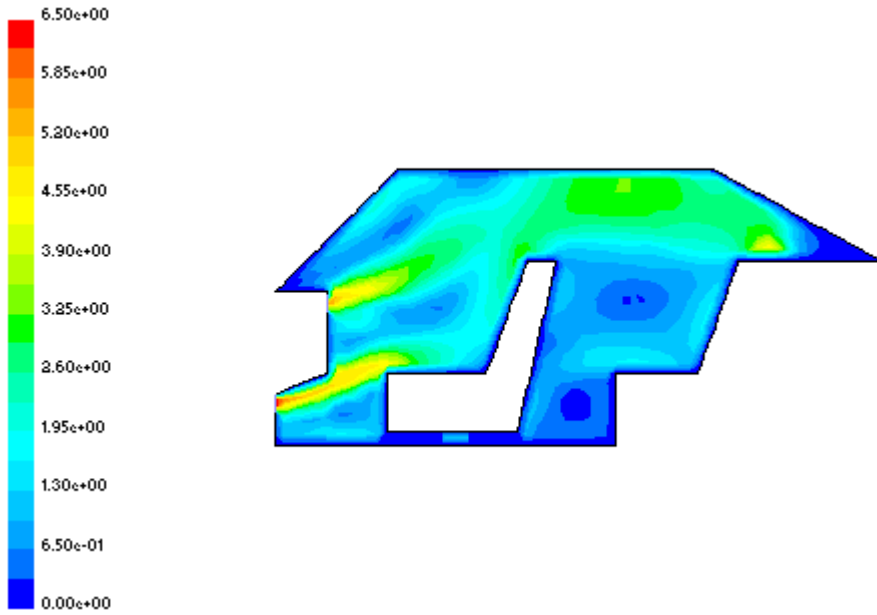
Taşıt resimleri incelendiğinde arka koltukla ön koltuk arasında kalan bölgenin, koltuk hizasının altında kalan kesiminde hava hızının düşük olduğu görülmektedir. Arka yolcunun göğüs hizasında, bütün şekiller üzerinde hava hızının 0.3 m/s'nin altında olduğu koyu mavi bir bölge vardır. A mesafesi 55, 58, 61 cm'e yükseltildiğinde bu mavi alan küçülmüş ancak A=64 cm ve A=67 cm.'e yükseltildiğinde yeniden büyümüştür. Aynı şekilde arka yolcunun ayak bölgesinde hava hızının çok düşük olduğu bir bölge daha vardır, bu bölgenin değişimi de göğüs hizasındaki bölge gibi gerçekleşmiştir. Özellikle A=67 cm olduğunda ayak bölgesine hava ulaşımı ön koltuk tarafından tamamen engellenmiş durumdadır. Ön koltuk arkaya kaydırıldıkça, ön göğüs bölgesinde bir düşük hız bölgesi oluşumu görülmektedir.



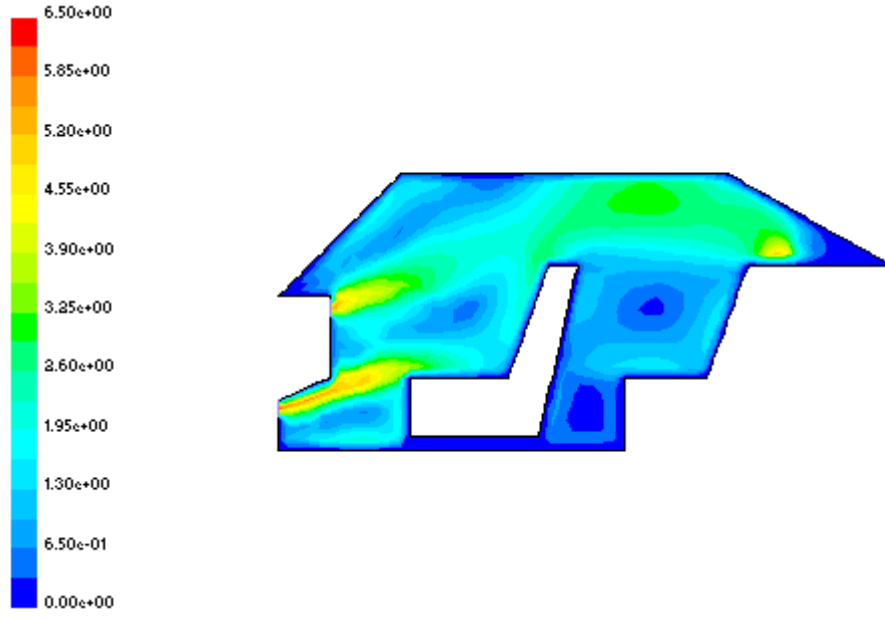
Şekil 5.3 : Taşıt orijinal ölçüsünde iken, taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



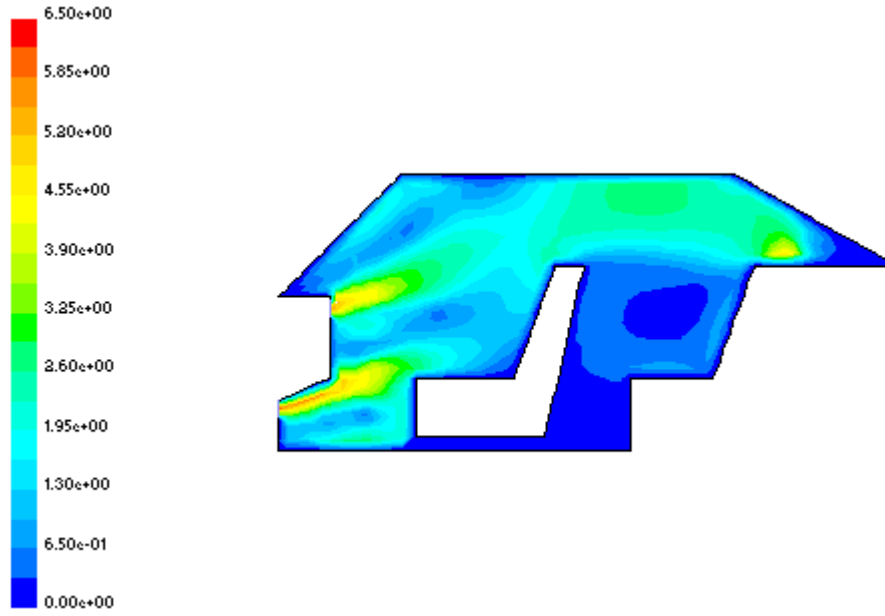
Şekil 5.4 : A= 58 cm. olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



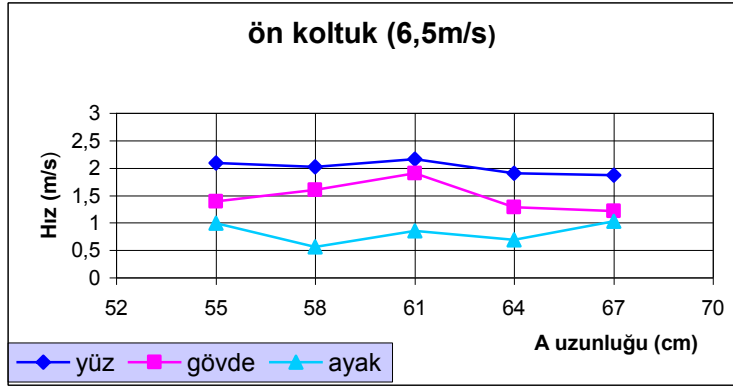
Şekil 5.5 : A= 61 cm. olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



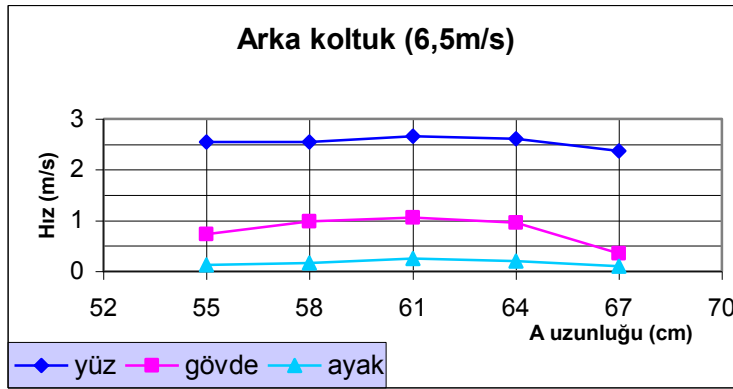
Şekil 5.6 : $A = 64$ cm. olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



Şekil 5.7 : $A = 67$ cm. olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



Şekil 5.8 : A mesafesi değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri



Şekil 5.9 : A mesafesi değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri

5.3.2 B Mesafesi Değiştirildiğinde

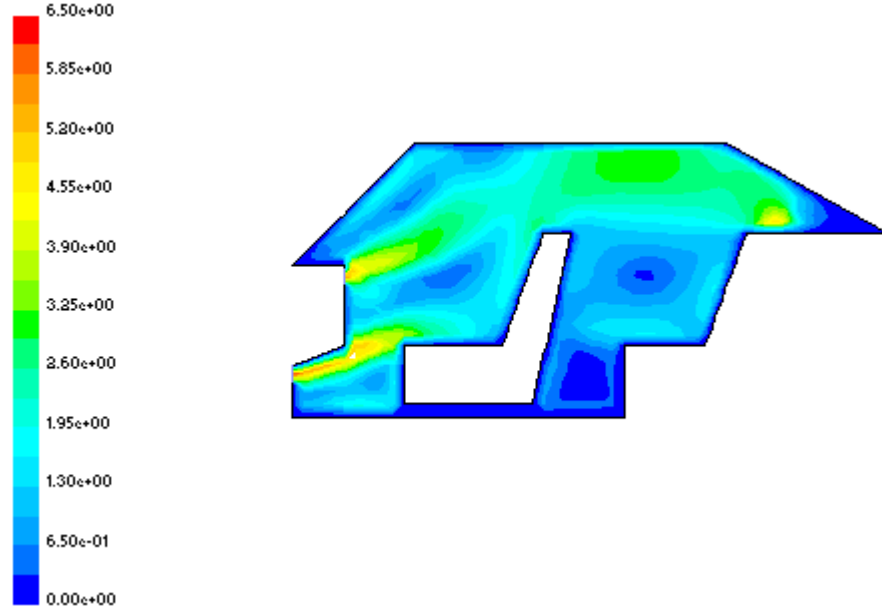
Grafikler incelendiğinde:

B mesafesi artırılarak taşıt genişletilmiş, ön ve arka koltuk arasındaki mesafe artırılmıştır. Ön koltukta oturan yolcunun yüz bölgesine gelen hava, B mesafesi arttıkça çok az farklılık göstermiş, ancak arka yolcunun yüz bölgesine gelen hava hızı mertebesine ulaşamamıştır. Ön ve arka koltukta oturan yolcular için de B'nin artışının yüz havalandırmasını olumlu yönde etkilediğini söyleyebiliriz. Ayak bölgesinde, ön koltuktaki hava hızı 1 m/s ve civarında seyretmiş, arka koltukta ayak bölgesinde ise 0.3 m/s ve altındadır.

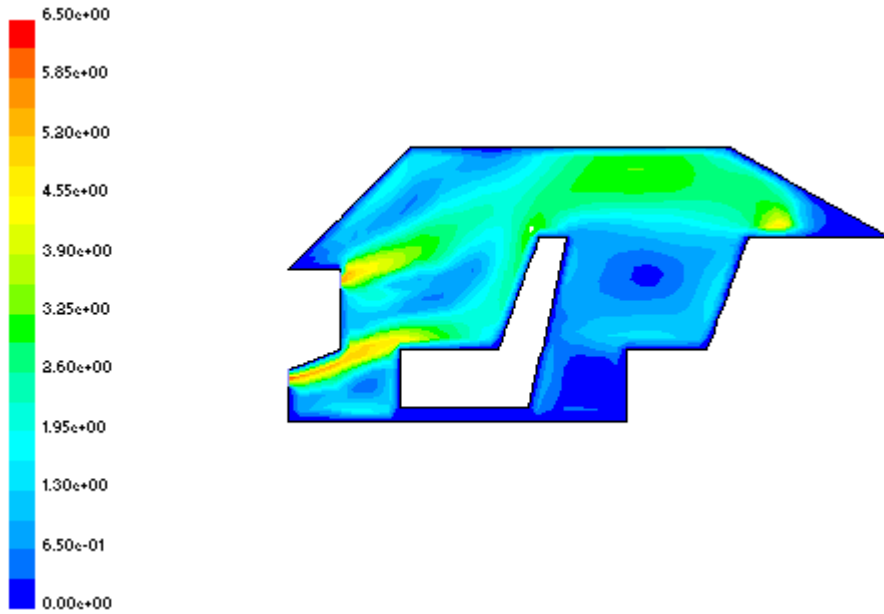
Taşıt resimleri incelendiğinde:

Arka koltukla ön koltuk arasında kalan bölgede hava hızlarının düşük olduğu B mesafesi değiştirildiğinde de görülmektedir, özellikle B=48 cm olduğunda ayak bölgesindeki havanın ulaşmadığı mavi alan büyümüştür. Ön koltuk arka koltuğa

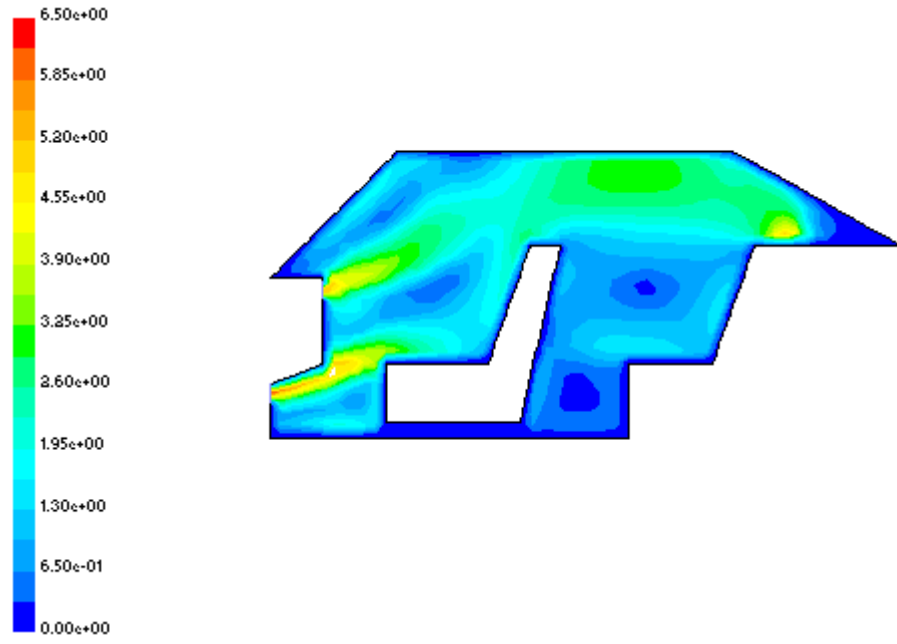
yakınlaştıkça, ayak bölgesi dışında kalan yerlerde hava hızı artmıştır. Şekillerde ön koltukta oluşan akış hız alanlarında büyük bir değişim gözlenmemiştir. Ön yolcunun diz bölgesinde konfor sınırının üzerinde hava hızı vardır.



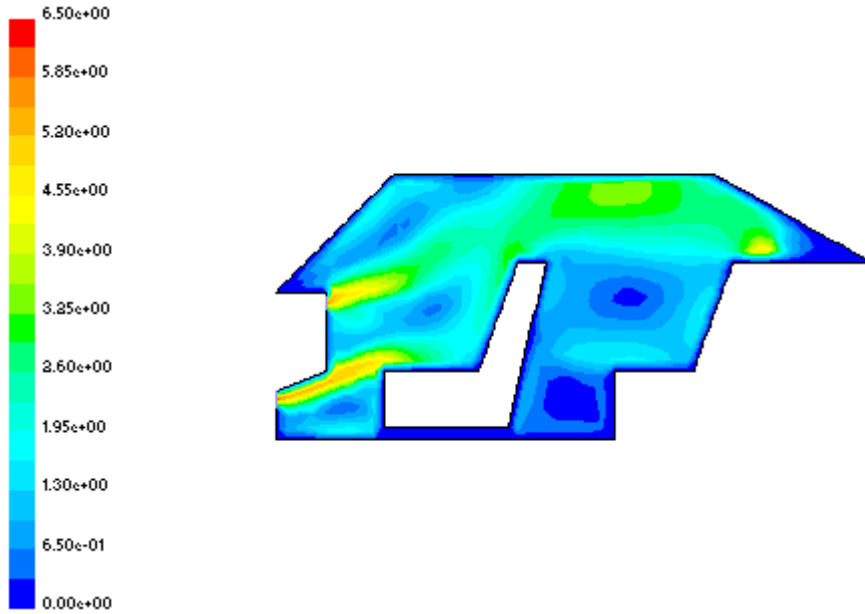
Şekil 5.10 : B= 45 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



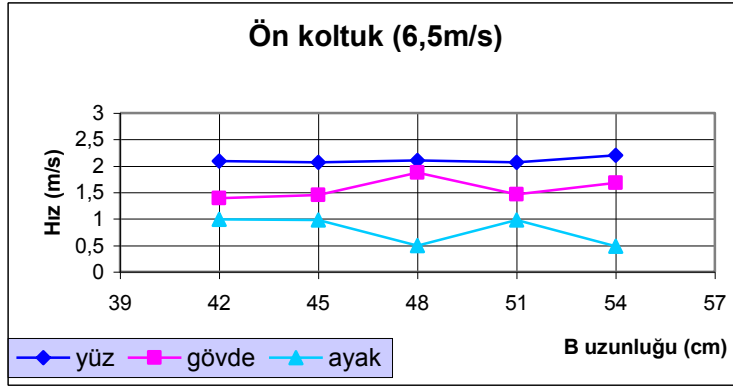
Şekil 5.11 : B= 48 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



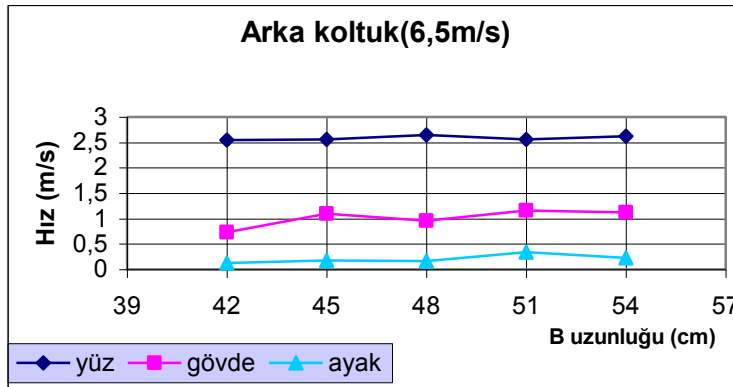
Şekil 5.12 : B= 51 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



Şekil 5.13 : B= 54 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



Şekil 5.14 : B mesafesi değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri



Şekil 5.15 : B mesafesi değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri

5.3.3 H Yüksekliği Değiştirildiğinde

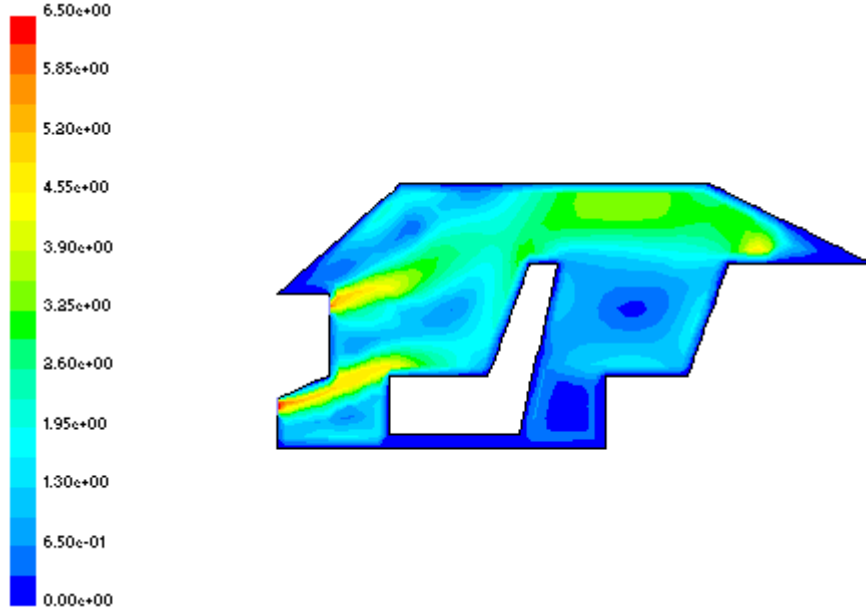
Grafikler incelendiğinde:

Taşıt yüksekliğinin artışı ön koltuktaki yolcunun, yüz bölgesinin iyi havalandırılmasını sağlamış, ancak tam tersine arka koltuktaki yolcunun yüz bölgesinin, gittikçe daha az havalandırılmasına neden olmuştur. Arka yolcunun yüzüne gelen en düşük hava hızı 2,4 m/s'dir. Arka yolcunun ayak bölgesinde havalandırma değerleri minimum sınırın da altına düşmüştür. Gövde ve ayak bölgesindeki hava hızı arka yolcu için rahatlatıcı hava miktarını sağlayamayacak durumdadır.

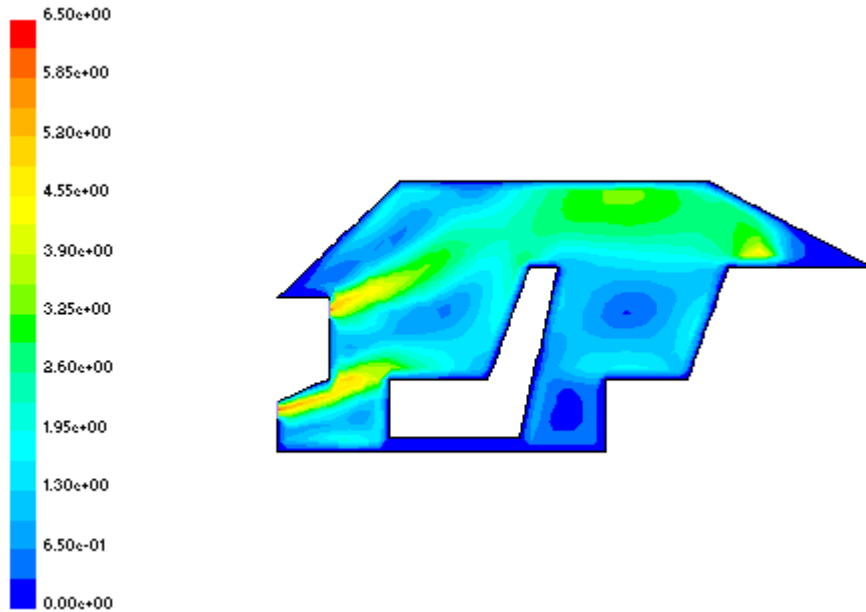
Taşıt resimleri incelendiğinde :

Taşıt yüksekliği arttırıldıkça, arka yolcunun başının üzerindeki bölgede oluşan şekillerde yeşil renkle gösterilmiş olan yüksek hız gittikçe düşmektedir. Ön panelden ve ayak bölgesinden gelen hava birleşerek arkadaki, çıkış bölgesine doğru

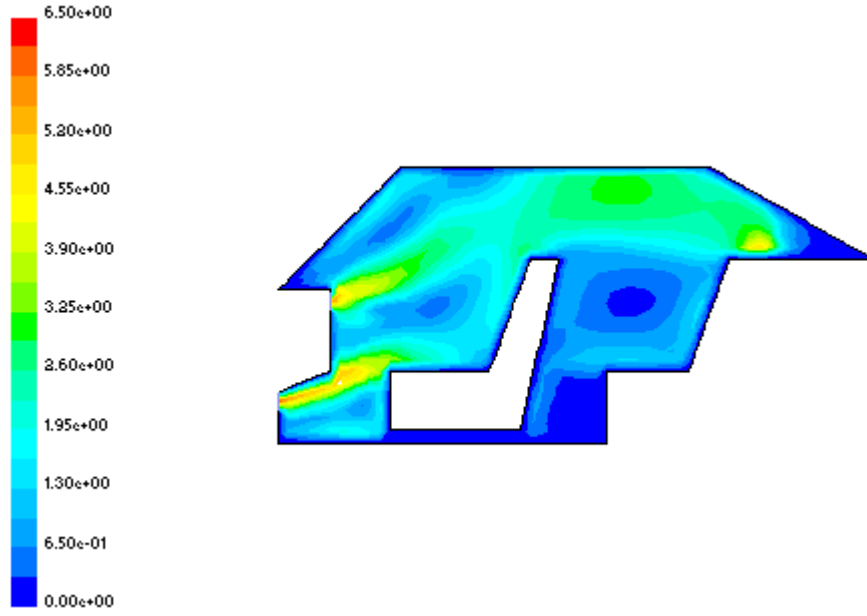
yönlendirilmiştir. Çıkışın gerçekleştiği yerde hızın ani bir artışı söz konusudur. Arka koltukta değişken düşük hava hızı bölgesi oluşmuştur. Taşıt yüksekliği arttırıldıkça, ayak ve göğüs bölgesinde olan bu havasız bölgeler başta küçülmüş sonra yeniden artmıştır.



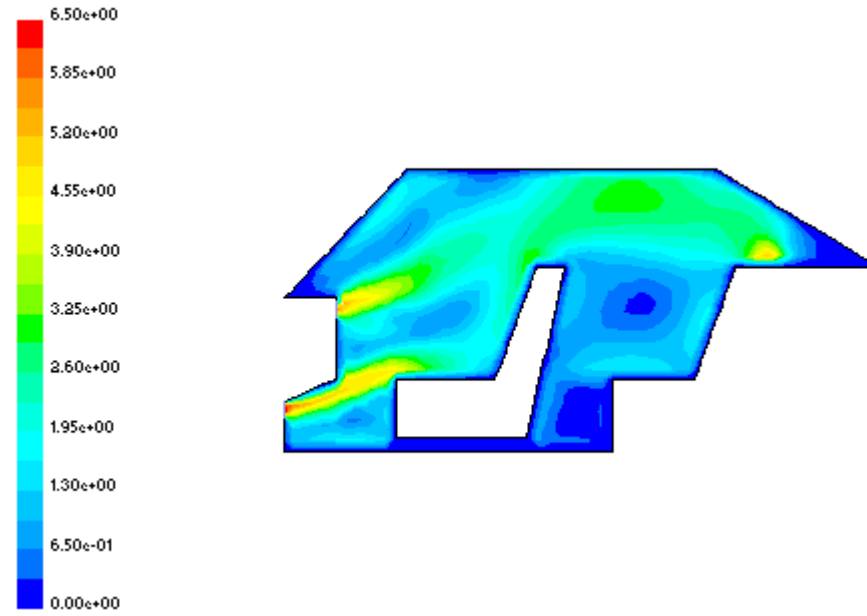
Şekil 5.16 : H =129 cm'ye düşürüldüğünde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



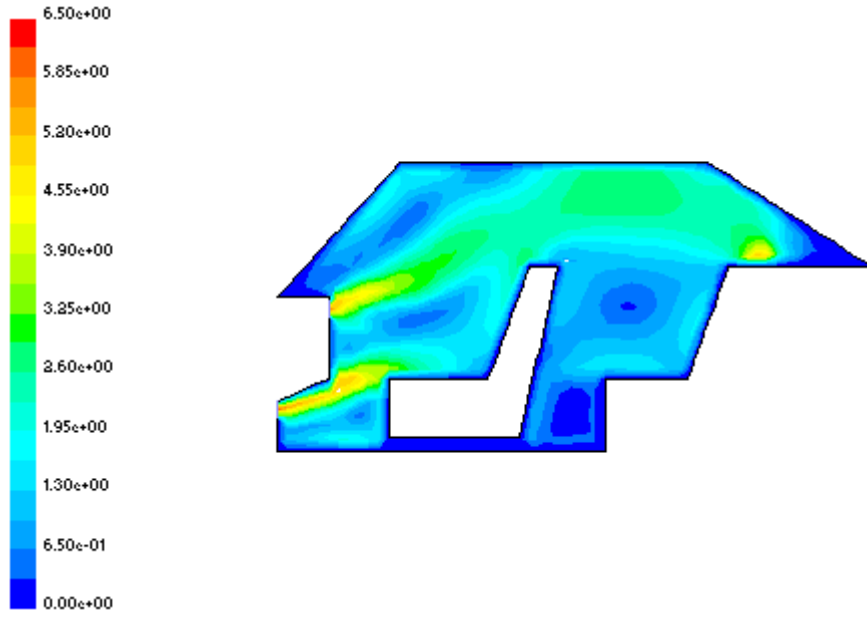
Şekil 5.17 : H= 132 cm'ye düşürüldüğünde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



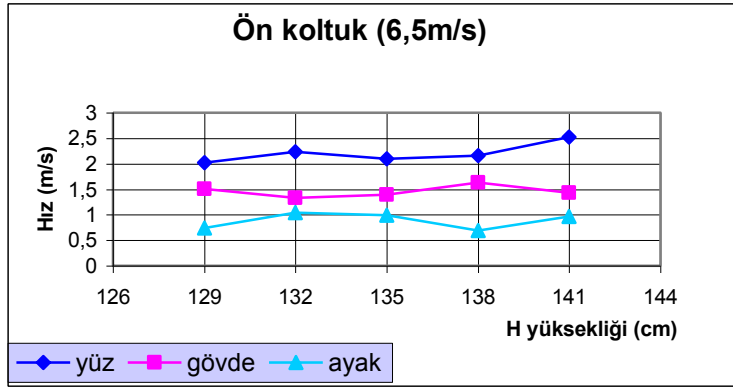
Şekil 5.18 : Taşıt orijinal ölçüsünde iken, taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



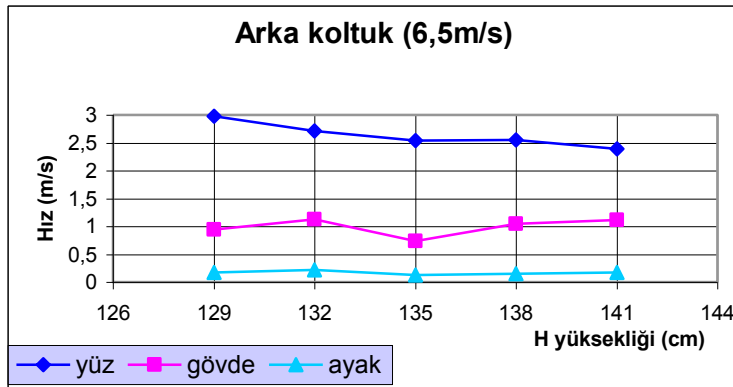
Şekil 5.19 : H= 138 cm'e yükseltildiğinde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



Şekil 5.20 : H= 141 cm'e yükseltildiğinde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



Şekil 5.21 : H yüksekliği değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri



Şekil 5.22 : H yüksekliği değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri

5.3.4 Tek Çıkış Olduğunda Sonuçların Değerlendirilmesi

Grafikler incelendiğinde ön koltuk yüz bölgesinin, arka koltuğa göre daha iyi havalandığı görülmektedir. Ancak arka koltuk için, ayak ve gövdeye gelen hava hızı yetersiz olmaktadır. Özellikle arka yolcunun ayak bölgesine çok düşük hızda hava ulaşmaktadır. Sürücünün yüzüne gelen hava hızı 2-2.5 m/s aralığındadır. Bu miktar yeterlidir, ancak yine de hedeflenen miktarın (3m/s) altında kalmaktadır. Bu dezavantajların giderilmesi için taşıt üzerinde şu şekilde değişiklikler yapılabilir;

- Taşıt içerisine hava daha fazla noktadan gönderilebilir.
- Başka bir çıkış noktası daha eklenebilir.

Hava girişi eklenilmesi düşünülecekse ancak ön panel üzerine, şu an bulunmakta olan hava giriş noktasına paralel olarak yerleştirilmesi uygun olmaktadır. Ancak bu çalışma 2 boyutlu yapıldığından ek hava giriş kanallarının yapacağı etki tam olarak belirlenemeyecektir. Bu sebeple ek bir hava çıkış bölgesi belirlenerek, bu dezavantajlar giderilmeye çalışılmıştır.

5.4. İlave Hava Çıkışı

Havanın ulaşmamış olduğu bölgeye hava ulaştırılması gerekmektedir. Bu bölge arka yolcunun göğüs bölgesinin hemen önünde oluşan kısımdır. Ayrıca arka yolcunun göğüs kısmı ve özellikle ayak bölgesindeki hava hızının düşük olduğu şekillerden ve grafiklerden de görülmektedir. Bunun sebebi, taşıt içine giren havanın direkt olarak arka yolcunun ense bölgesinde bulunan çıkışa yönelmesidir. Bir çıkış noktası daha eklenerek, hava dağılımının daha yaygın bir bölgede olması sağlanabilir. Bu amaçla, havanın çok az miktarda ulaştığı arka yolcunun ayak bölgesine, bir çıkış daha eklenilmesi ön görülmüştür. Havanın hiç ulaşmadığı bir diğer bölge ise arka camın önündeki küçük bölmedir. Ancak bu bölme yolcuyu direkt olarak etkileyen bir bölge olmadığından, bu bölge için herhangi bir ek çalışma yapılmamıştır.

Giriş hızı 6.5 m/s'de tutulup, ikinci çıkış noktası devreye sokulunca havanın, arka koltuk tarafında dağılımının daha uygun olduğu gözlemlenmiş ancak bu kez giren hava hızı yetersiz kalmış ve belirlenen noktalar üzerindeki hava hızı, istenen 3 m/s'nin çok altına düşmüştür. Bundan sonraki bölümdeki incelemelerde, iki çıkış noktasının açık olduğu durum için, seçilen noktalardaki hava hız değerleri görülmektedir.

Kademeli olarak arttırılmak suretiyle yapılan hız denemelerinde, taşıt içine alınacak hızın 8 m/s'ye yükseltilmesi uygun görülmüştür. Hava hızı 6.5 m/s değerinden başlayarak arttırılmıştır. Taşıt orijinal boyutundayken, içeri 7.5 m/s hızda hava gönderildiğinde, belirlenen noktalar üzerindeki en yüksek hava hızı 2.4 m/s olmaktadır. Bu hız 8.5 m/s'ye yükseltildiğinde ise, taşıt yüksekliğinin 141 cm. olması durumunda elde edilen maksimum hava hızı 3.3 m/s olmaktadır. Bu yüzden hava giriş hızı ikisinin ortasında olan değer 8 m/s olarak seçilmiştir. Bu hızda parametrelerin değişimi sonucunda elde edilen hız değerlerinin hepsi 3 m/s'nin altında ve yakınındadır. Hava girişinin x ve y doğrultularında bir değişiklik yapılmamıştır.

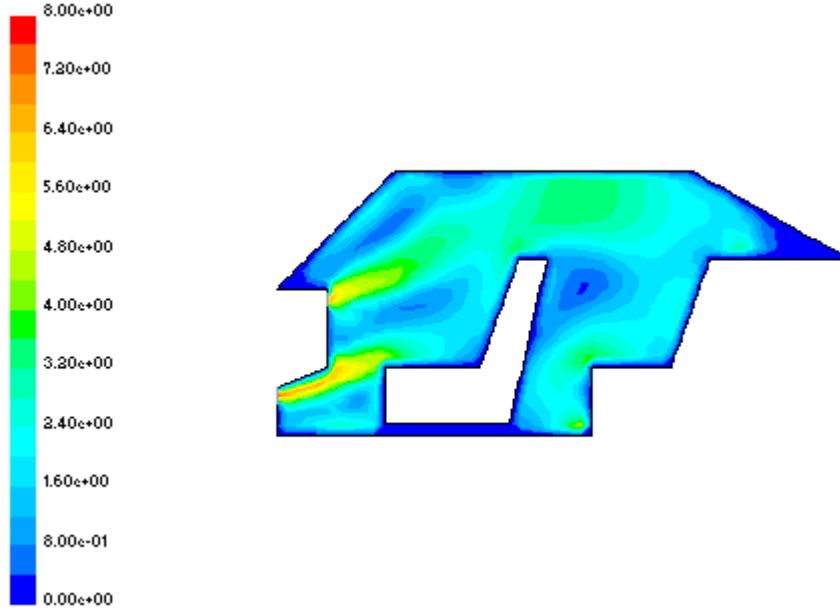
5.4.1. A mesafesi değiştirildiğinde

Grafikler incelendiğinde:

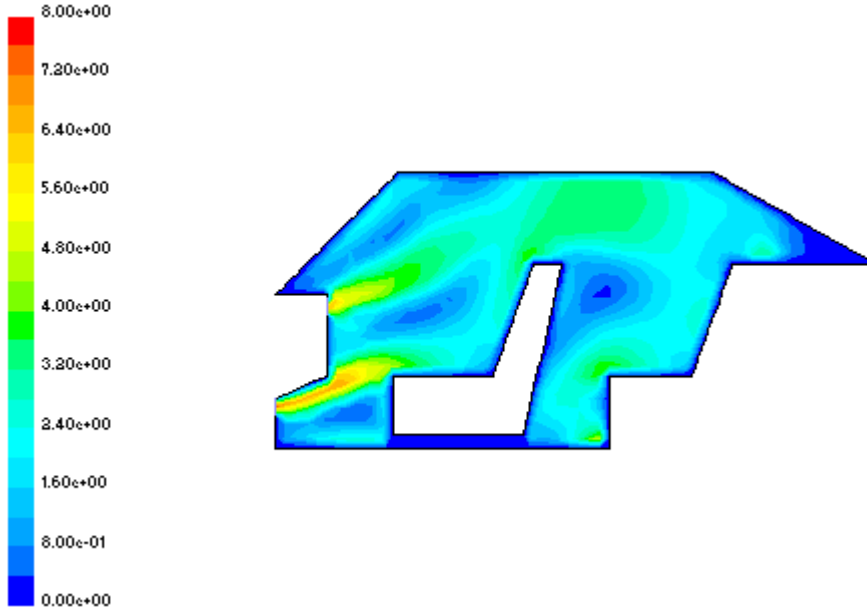
Hızın 8 m/s'ye yükseltilmiş olmasının sonucunda, ön koltuk için yüz ve gövde bölgesine gelen havanın hızı artış göstermiştir. Özellikle yüz bölgesine gelen hava miktarı, 6m/s hız girişi olduğu durum ile karşılaştırıldığında her noktada eşit miktarda artış göstermiştir. Ayak bölgesine gelen hava ise çok büyük artış göstermemiş, yine ihtiyacı karşılayacak şekilde 0.5 m/s'nin üzerinde seyretmiştir. Arka koltuktaki yolcunun yüz bölgesine gelen hava miktarı 2.5 m/s'nin altına düşmüş ama gövde ve ayak bölgesinde büyük bir hava miktarı artışı görülmektedir. Hava giriş hızı 6.5 m/s'den 8 m/s'ye yükseltildiğinde, yeni durumda arka yolcu tarafında belirlenen üç nokta da oluşan hız 2 m/s'nin üzerinde seyretmiştir.

Taşıt resimleri incelendiğinde:

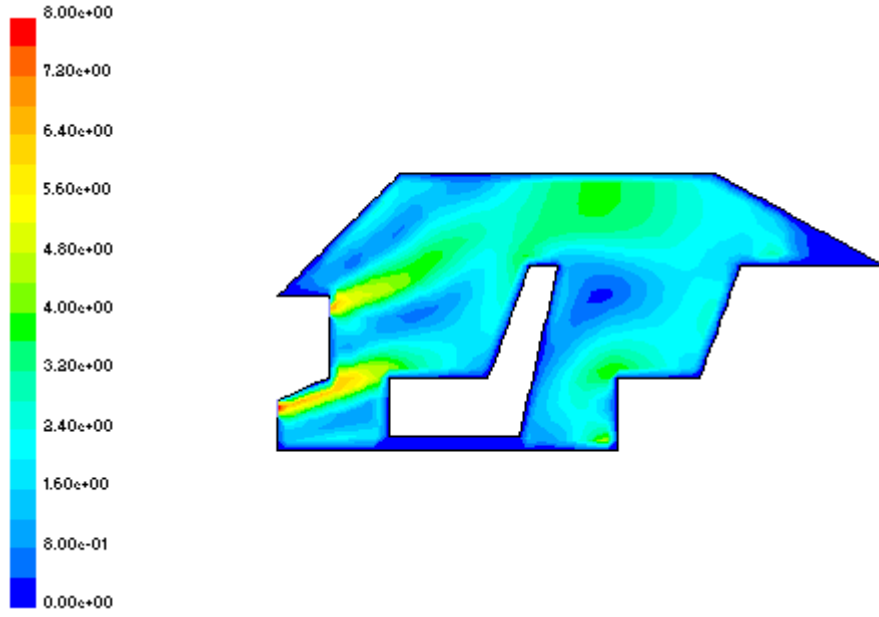
Hava hızı arka koltuk bölgesinde dikkat çekici bir artış göstermiştir. Hava hızının çok düşük olduğu ya da hiç havanın ulaşmadığı bölge çok küçülmüş hatta A= 64cm. olduğunda yok olmuştur.



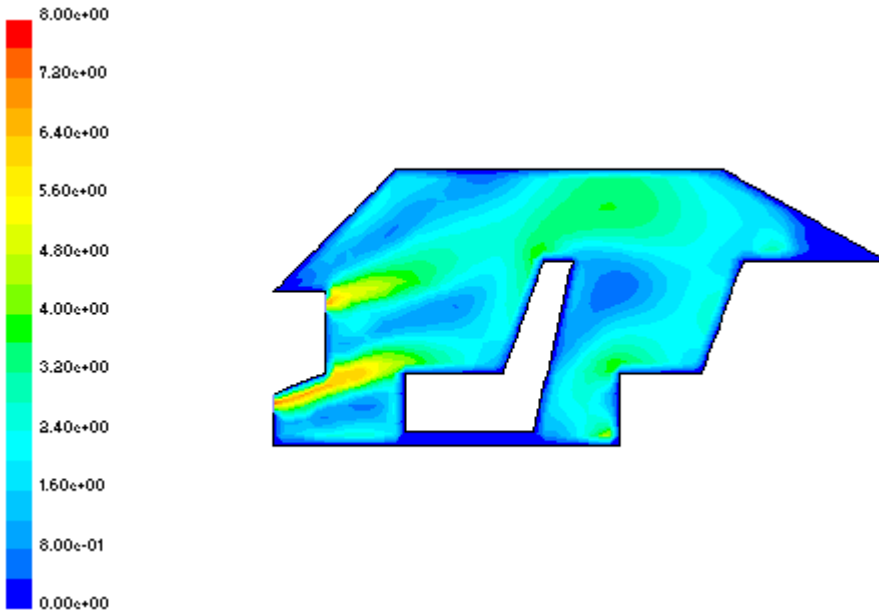
Şekil 5.23 : Taşıt orijinal ölçüsünde iken, taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



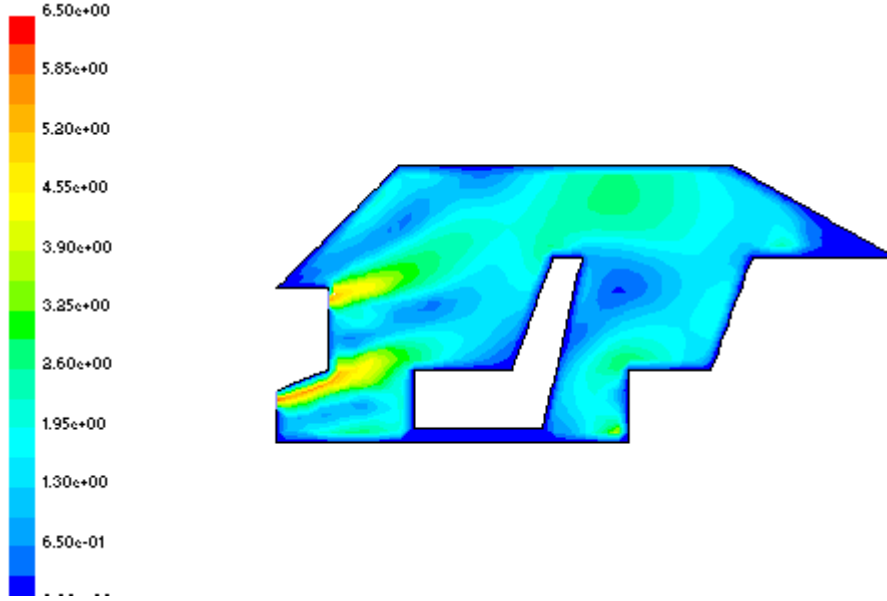
Şekil 5.24 : $A = 58$ cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılım eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



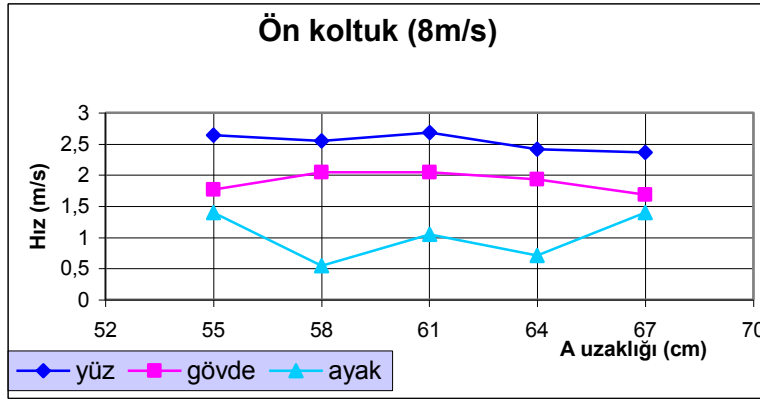
Şekil 5.25 : $A = 61$ cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılım eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



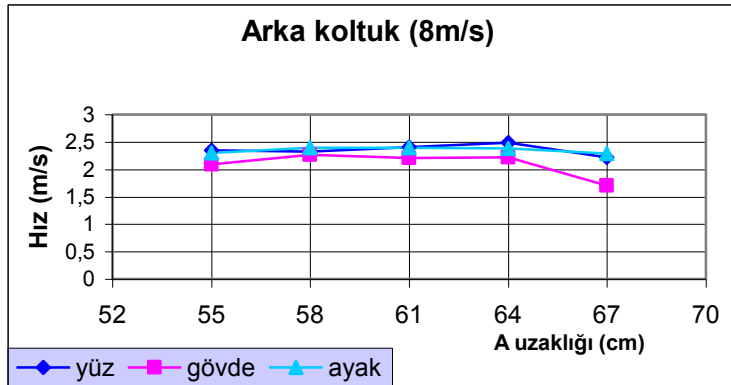
Şekil 5.26 : $A = 64$ cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılım eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



Şekil 5.27 : A = 67 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılım eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



Şekil 5.28 : A mesafesi değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



Şekil 5.29 : A mesafesi değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)

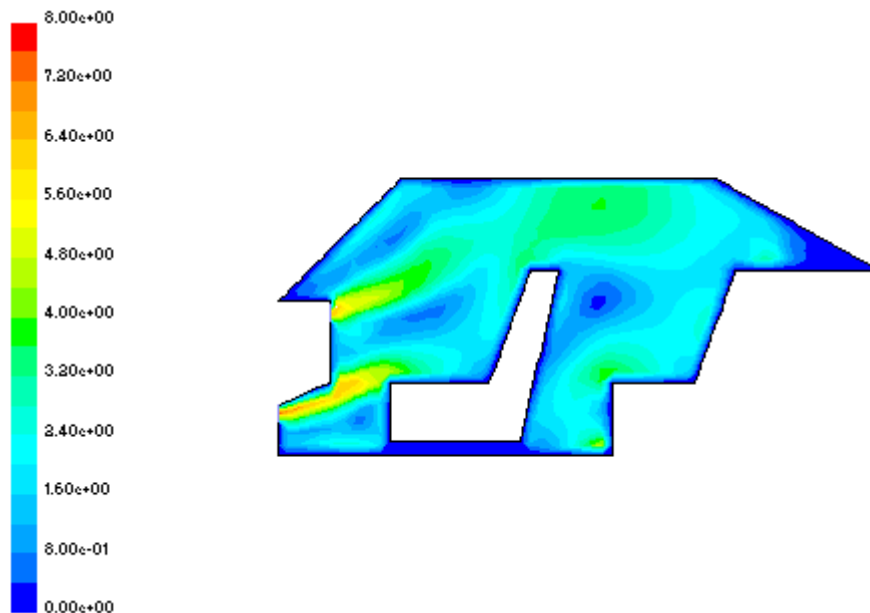
5.4.2 B mesafesi değiştirildiğinde

Grafikler incelendiğinde:

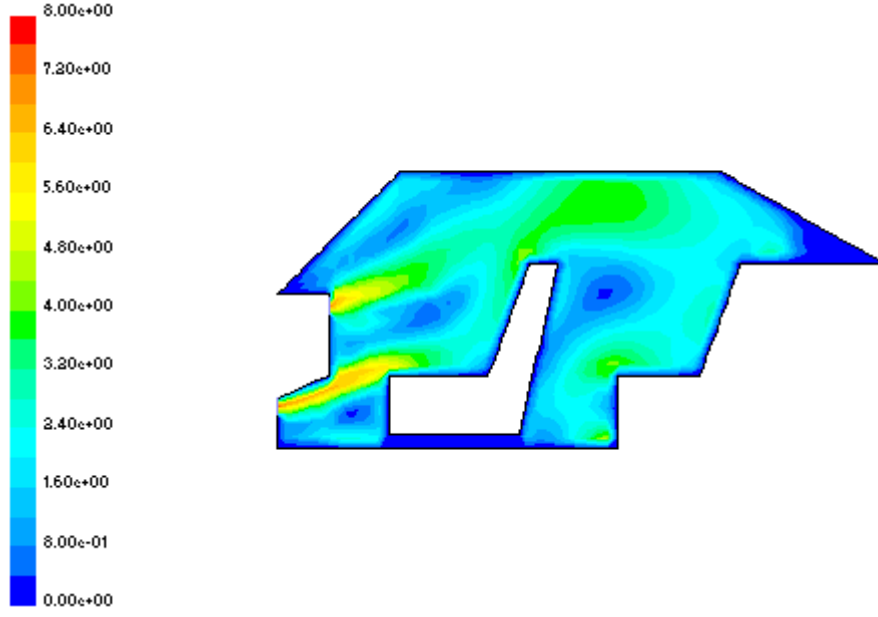
Ön koltuk için yüz bölgesine gelen hava miktarı artış göstermiş ve 2.5 m/s'nin üstüne çıkmıştır. Gövde bölgesine gelen hava miktarı da aynı şekilde artış göstermiştir. Ön koltukta ayak bölgesine gelen hava, artış göstermiş olsa da yalnızca A mesafesinin 48 cm. olduğu bölgede az miktarda bir düşüş olmuştur. Arka koltukta ise kolayca fark edilir bir iyileşme söz konusudur. Ayak bölgesine gelen hava miktarı 0.35 m/s'nin altında iken, yeni çıkış eklendiğinde ve taşıta giren hız arttırıldığında, 2 m/s'nin üzerine çıkmıştır. Arka koltuk için yine ayak bölgesindeki hava hızı yüksektir. Yüze gelen hava miktarı 2.5 m/s civarlarında seyretmektedir. Arka koltuk için havalandırma konforu ön koltuktan daha uygun bir konumdadır.

Taşıtlar resimleri incelendiğinde :

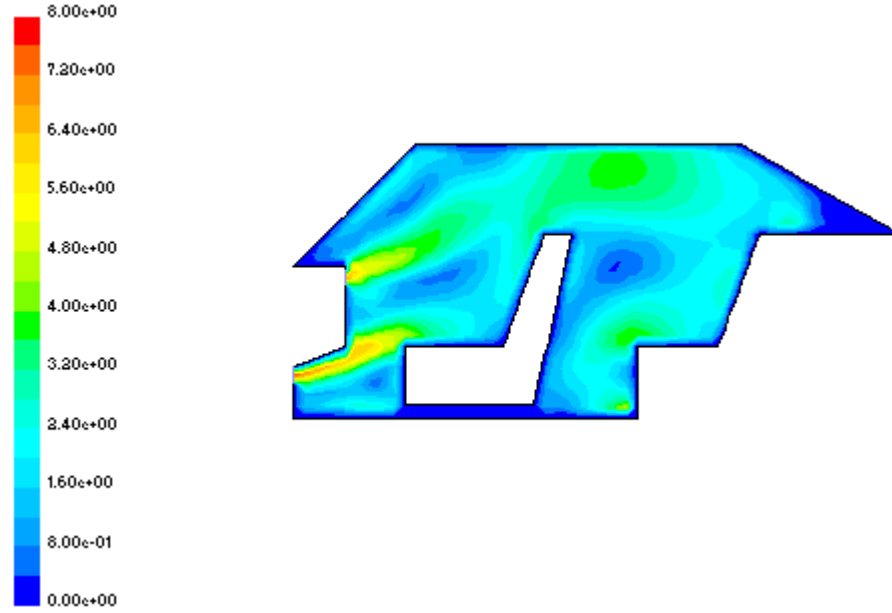
B mesafesi arttıkça taşıtlar içerisinde oluşan hız alanlarında büyük değişiklik gözlenmemiştir. İkinci çıkış eklenmiş haliyle karşılaştırıldığında, arka koltuk arkasındaki hava çıkışı üzerinde yüksek hız oluşmamıştır. Arka koltukla ön koltuk arasındaki mesafe arttıkça, ön koltuğun hemen arkasında alt bölgede düşük hız olduğu görülmektedir.



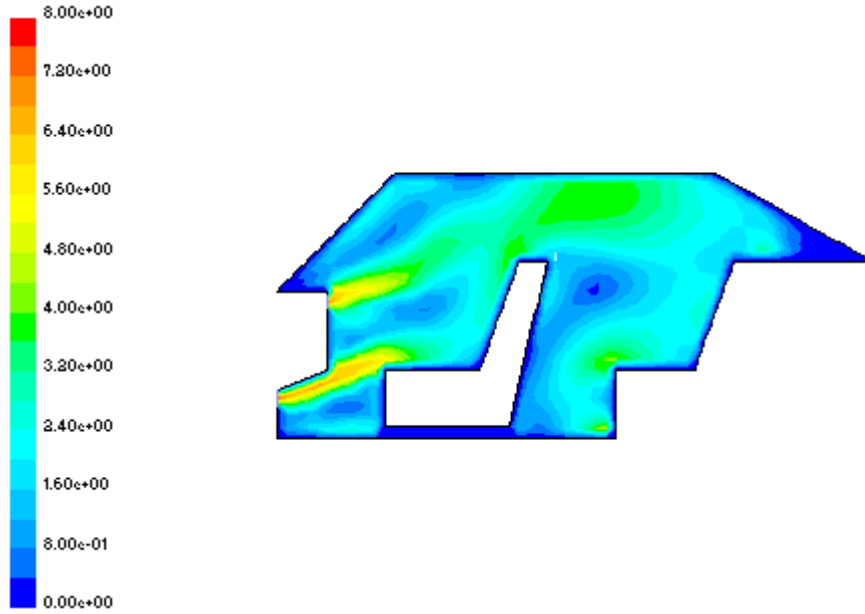
Şekil 5.30 : B = 45 cm olduğunda taşıtlar içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılım eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



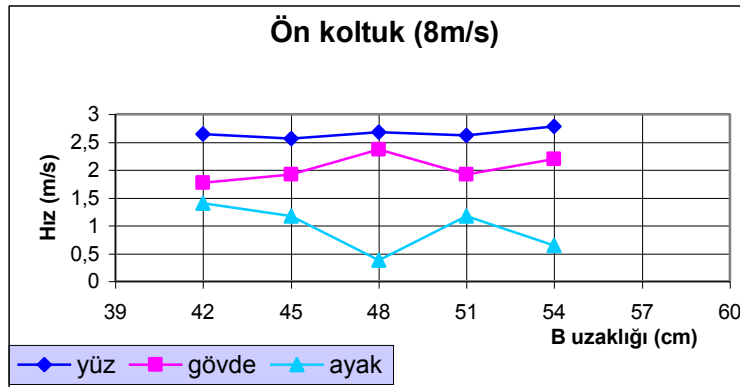
Şekil 5.31 : B= 48 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılım eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



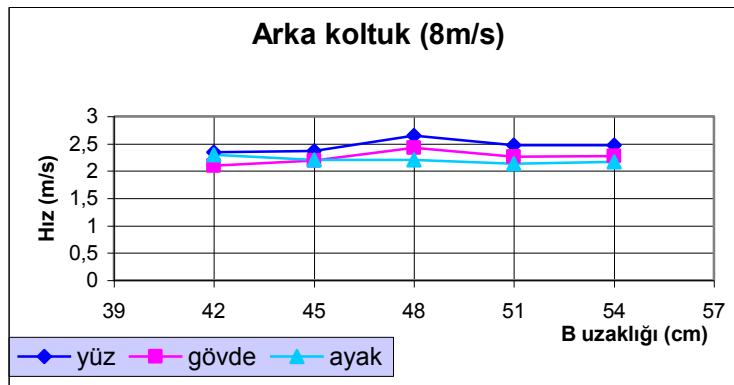
Şekil 5.32 : B= 51 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılım eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



Şekil 5.33 : B= 54 cm olduğunda taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılım eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



Şekil 5.34 : B mesafesi değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



Şekil 5.35 : B mesafesi değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)

5.4.3 H yüksekliği değiştirildiğinde

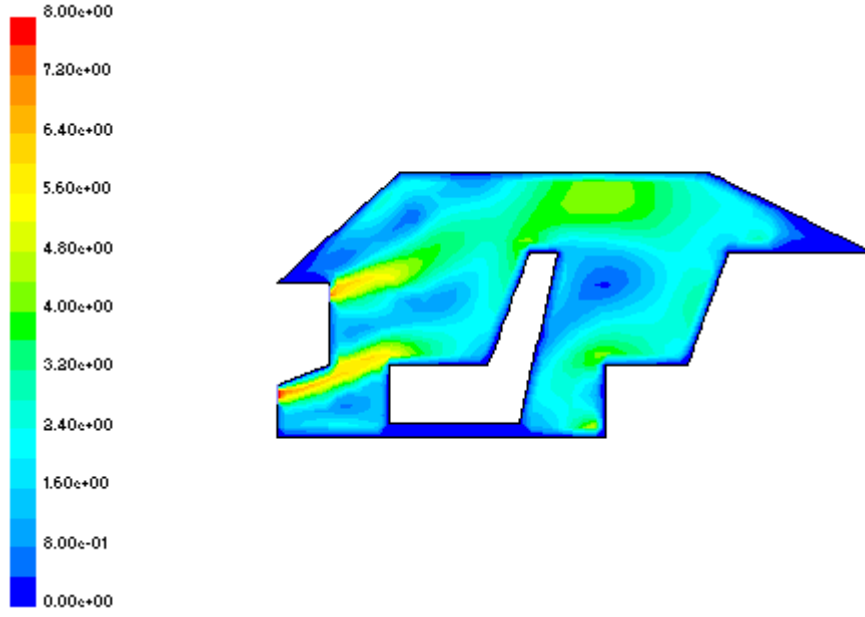
Grafikler incelendiğinde:

Taşıt yüksekliği arttırıldıķķa, n koltukta belirlenen noktalarda gelen hava hızı, giriş hızı yükseltildikten sonra, her bir nokta için yaklaşık aynı miktarda artış göstermiştir. Yüz bölgesine gelen hava hızı 3 m/s'ye çok yaklaşmıştır. Arka koltukta ise hava hız eğrilerinin birbirlerine çok yakın olduğunu ve yine hepsinin 2 m/s'nin üzerinde olduğunu görmekteyiz. Sonradan eklenen hava çıkışının ve giriş hızının arttırılmasının olumlu etkileri, taşıt yüksekliği arttırıldığında da gözlenmiştir. Özellikle ayak bölgesine gelen hava hızı 0.5-1 m/s aralığındayken, sonradan 2.25-2.5 m/s değerlerine yükselmiştir.

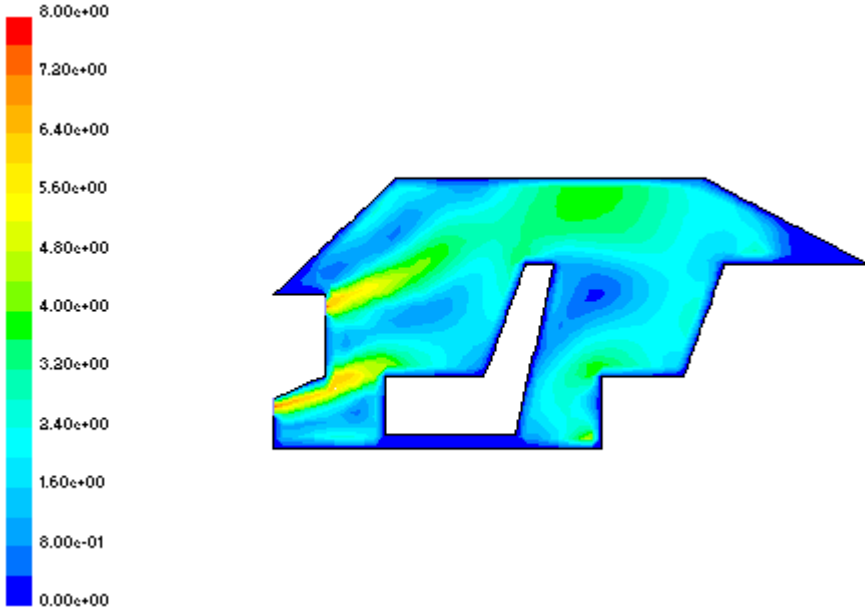
Orijinal l olan 135 cm.'lik taşıt yüksekliği azaltılınca, tahmin edileceği gibi havalandırma koşullarının iyileştiği ancak arka koltukta yüz ve gövde bölgesi için gözlemlenmektedir, ayak bölgesinde ise büyük bir değerim olmamıştır. n koltuk için, taşıt yüksekliğinin azalmasıyla ayak bölgesine ulaşan hava hızı azalış göstermiş ve diğer bölgelerdeki hava hızı ise düzenli bir değerim göstermemiştir. Yani taşıt yüksekliğinin azalması noktasal bazda, havalandırma konforunu iyileştir diyemeyiz.

Taşıt şekilleri incelendiğinde :

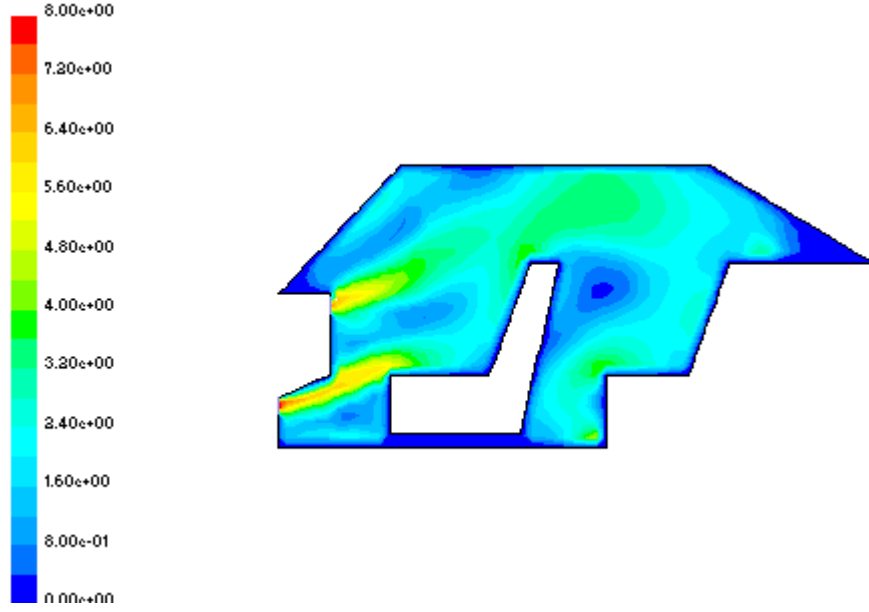
Taşıt yüksekliği artırılınca, taşıtın tavan kısmında meydana gelen, yeşil renkle gösterilmiş olan yüksek hız, gittikçe yavaşlamıştır. Taşıt yüksekliği azaltıldığında aynı kaynaktan, aynı hızda hava girdiğinde, taşıt içerisinde daha yüksek hız elde edilmesi normaldir ve şekillerde de bu durum gözükmektedir. Arka koltukta yolcunun göğüs hizasında oluşan küçük alandaki düşük hız bölgesi, taşıt yüksekliğinin değeriminden etkilenmemiştir. Ancak arka yolcunun ense bölgesinde, yükseklik arttıķķa genişleyen düşük hız bölgesi oluşmuştur.



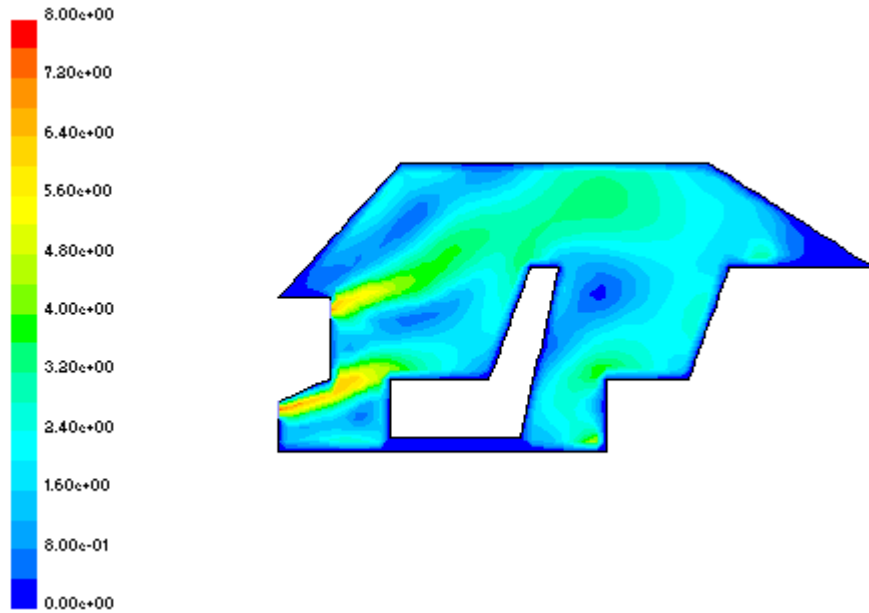
Şekil 5.36 : $H=129\text{cm}$ 'e düşürüldüğünde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



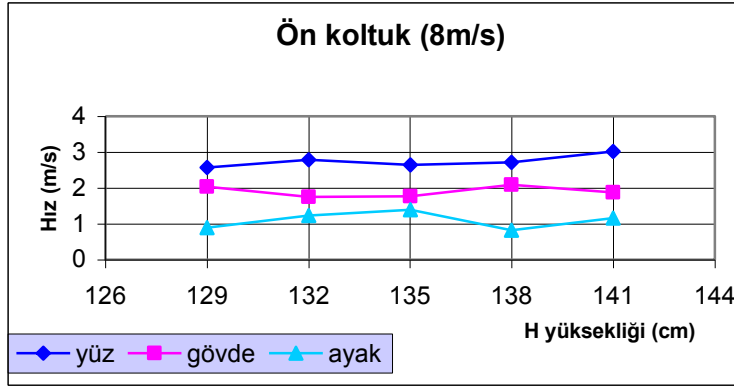
Şekil 5.37 : $H=132\text{ cm}$ 'e düşürüldüğünde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



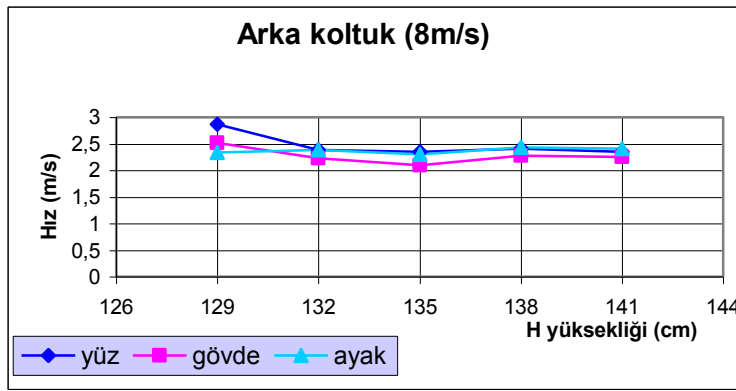
Şekil 5.38 : H= 138 cm’e yükseltildiğinde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



Şekil 5.39 : H= 141 cm’e yükseltildiğinde taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



Şekil 5.40 : H yüksekliği değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)



Şekil 5.41 : H yüksekliği değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri (ikinci çıkış eklenmiş durumda)

5.4.4 İkinci Çıkış Eklendiğinde Sonuçların Değerlendirilmesi

Yapılan analizler, her bir parametrenin değiştirilmesinin olumlu ve olumsuz etkileriyle birlikte anlatılmıştır. Arka koltukta oluşan hava hızını arttırmak amacıyla eklenen ek hava çıkışı ve bunu izleyen giriş hava hızının arttırılma ihtiyacı, ön koltuk ve arka koltuk için de olumlu sonuçlar doğurmuştur. Yapılan değişikliklerden sonra, ön koltukta belirlenen noktalardaki hava hızı artışı 0.2-1 m/s aralığındadır. Ön koltuktaki artış çok büyük değildir ama yine de sağladığımız en küçük bir artış bile konforu etkilediğine göre bu çalışma için önemlidir. Arka koltukta hava hızı, özellikle ayak bölgesi başta olmak üzere büyük bir gelişme göstermiştir. 0.3 m/s altına bile düşmüş olan hava hızı, 2 m/s'nin üstleri mertebesine yükseltilmiştir. Ayak bölgesi insan konforunu yüz bölgesi kadar önemli ölçüde etkilememektedir ancak, çalışmanın ana amacı vücudun ölçüm yapılan noktaların herhangi birinde rahatsız edici yada yetersiz hava hızı oluşumunu, şartların elverdiği ölçüde engellemektir. Arka koltukta gövdedeki belirlenen noktada da aynı şekilde hız

artmıştır ve 2 m/s'nin üzerine çıkmıştır. Esas hedeflenen değer 3 m/s'dir, ancak bu değer her bir noktada tam olarak sağlanması olanaksız olduğu için 2 m/s'nin üstü kabul görmektedir.

Taşıt şekilleri üzerinde, ön koltuğun arka tarafına da hava gelişi sağlandığı görülmüştür. Ön panelden giren hava ikiye ayrılarak bir kısmı ayak bölgesinden diğer kısmı ise arka camın önündeki çıkıştan tahliye olmuştur. Ön koltuğun arka bitişiğindeki küçük bir bölgede hava hızı halen çok düşüktür. Ama arka yolcunun ihtiyacını karşılayacak seviyeye ulaşmıştır. Arka yolcu uzun boylu olursa, başı şekillerde görülen yeşil bölgeye denk gelirse yüksek hava hızına maruz kalabilir.

Sonuçlar incelendiğinde, yeni eklenen hava çıkışı etkisiyle arka koltukta yolcunun havalandırma konforu çok artmış ve ön koltuktan daha ideal değerler almıştır. Bu çalışmada yapılan optimizasyon sonucunda, hem arka yolcu hem de ön yolcu için optimum havalandırma değerleri elde edilmeye çalışılmıştır. Sonraki bölümde yapılacak olan optimizasyon çalışmasıyla ve bunun sonucunda hesaba katılacak olan katsayılarla, sürücü konforu daha ön planda tutulacaktır.

Taşıt iç hacmi arkaya doğru büyütülerek ve taşıt yüksekliği arttırılarak alınan sonuçlar yukarıda belirtilmiştir. Farklı bir şekilde taşıt iç hacmini sabit tutarak alınan sonuçlar da incelenecektir.

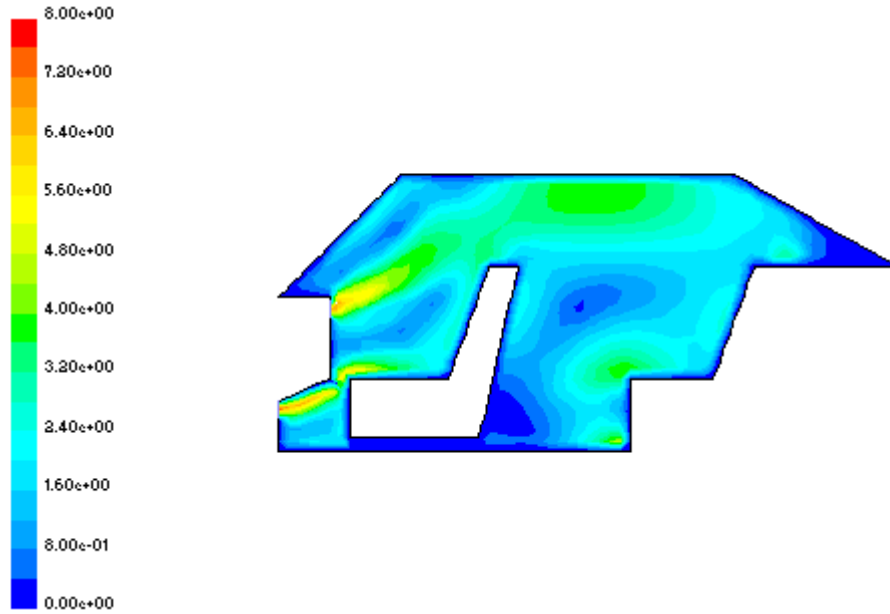
5.5 Taşıt İç Boyutu Sabit Tutularak Yapılan Ölçümler

Yapılan bu çalışmalar, ön ve arka koltuk için ölçülen değerler, taşıtı arkaya doğru uzatarak yapılmıştır. Önce ön koltuk ve daha sonra ön koltuk sabit tutularak, arka koltuk arkaya doğru 3'er cm. kaydırılmış ve taşıt hacmi büyütülmüştür. Sonuçlar grafikler üzerinde incelenmiştir. Aynı ölçümler bu kez de taşıt iç hacmi sabit tutularak yapılacaktır. Kaynaklar sabit tutulmak suretiyle, başlangıç değeri için, ön koltuk ön panele çok yaklaştırılmış ve sonra aynı şekilde ön koltuk arka koltuğa çok yaklaştırılmıştır. Tablo 5.2'de A ve B mesafelerinin aldığı değerler görülmektedir. Bu değerler seçilirken, A mesafesinin evvelki çalışmada kullanılan (Ford Escort üzerinden ölçülen değer), en küçük değeri olan 55 cm. alınmış ve B mesafesinin en büyük değeri olan 54 cm. ile toplanmıştır. Toplam 109 cm, sabit tutulmuş, A mesafesine çok düşük bir değer verilerek (35 cm) ve sonra B mesafesine de 35 cm. değer verilerek ölçümler yapılmıştır. Her iki pozisyon da tasarım kurallarına uygun

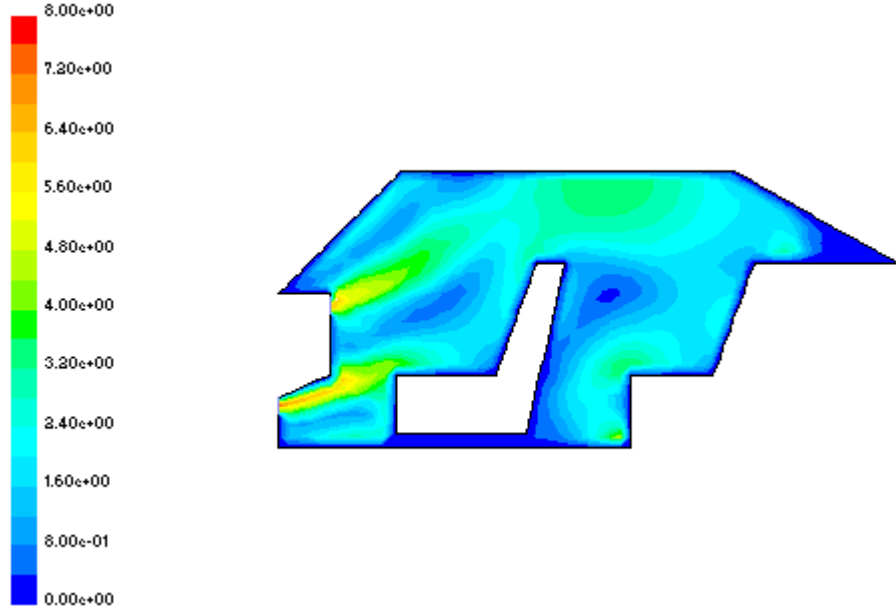
değil ve kullanımı mümkün değildir. Koltuk ön panele o kadar yakın durumdayken sürücünün sığması olanaksızdır. Ancak bu sonuçlar optimizasyon çalışması yaparken katsayıları belirleme aşamasında kullanıldı. A'nın 35 cm. olduğu durum için ve de ardından, A'nın ilk boyutundan (55 cm.) 3'er cm. büyütülerek GAMBİT yazılımında çizim gerçekleştirilmiş ve sonra analizler yapılmıştır.

Tablo 5.2: Taşıt iç boyutu sabit tutularak yapılan çalışmada, parametrelerin aldığı değerler

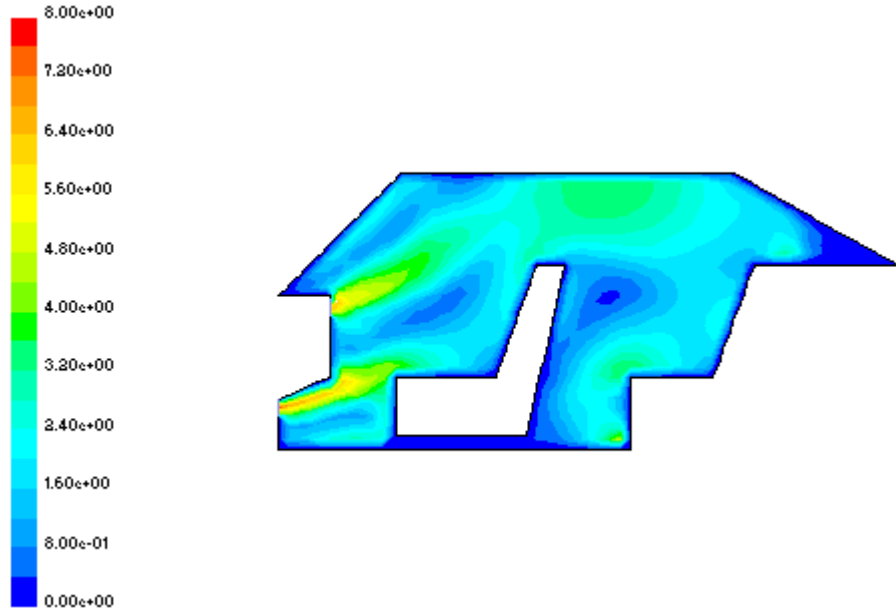
A (cm)	B(cm)
35	74
55	51
61	48
64	45
74	35



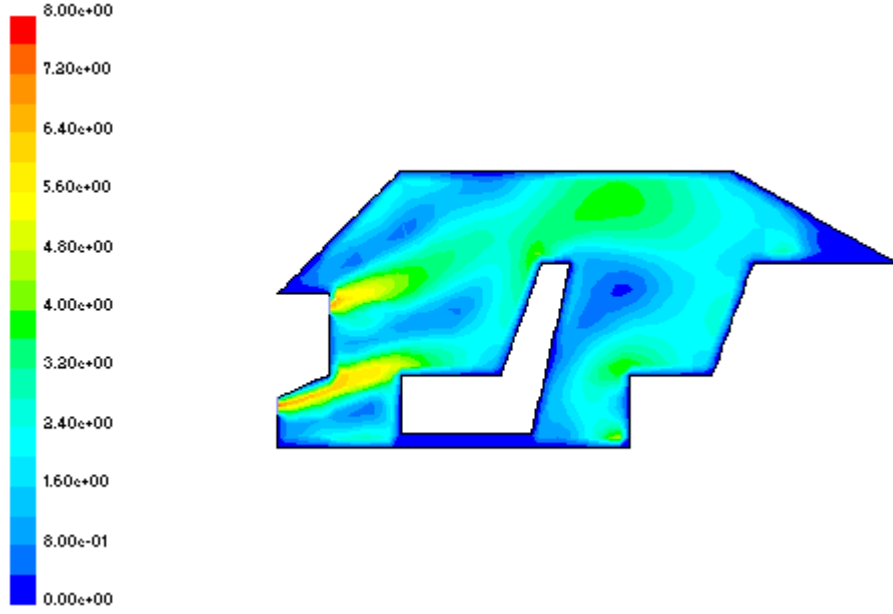
Şekil 5.42 : Taşıt iç boyutu sabit tutulup A= 35cm'e düşürüldüğünde (B=74 cm) taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



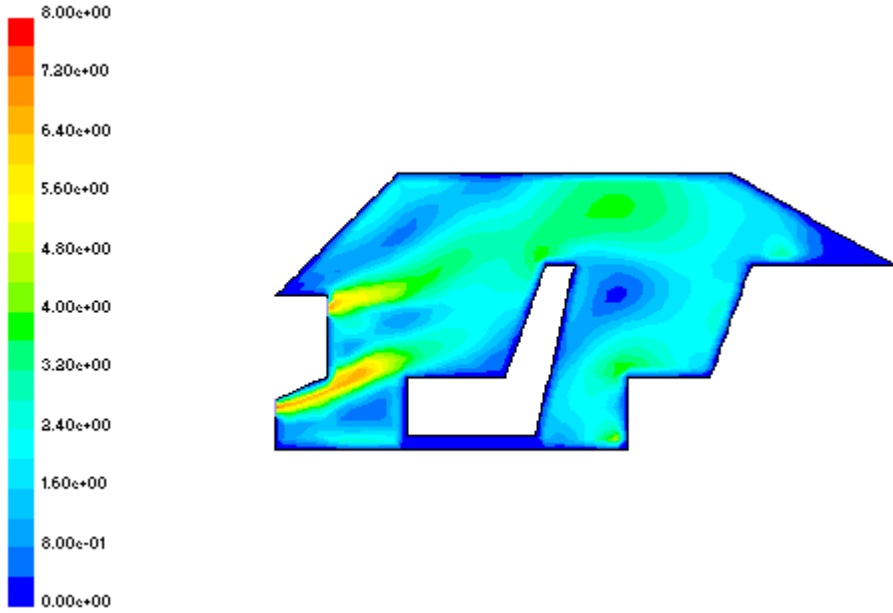
Şekil 5.43 : Taşıt iç boyutu sabit tutulup $A=55\text{cm}$ 'e yükseltildiğinde ($B=51\text{ cm}$) taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



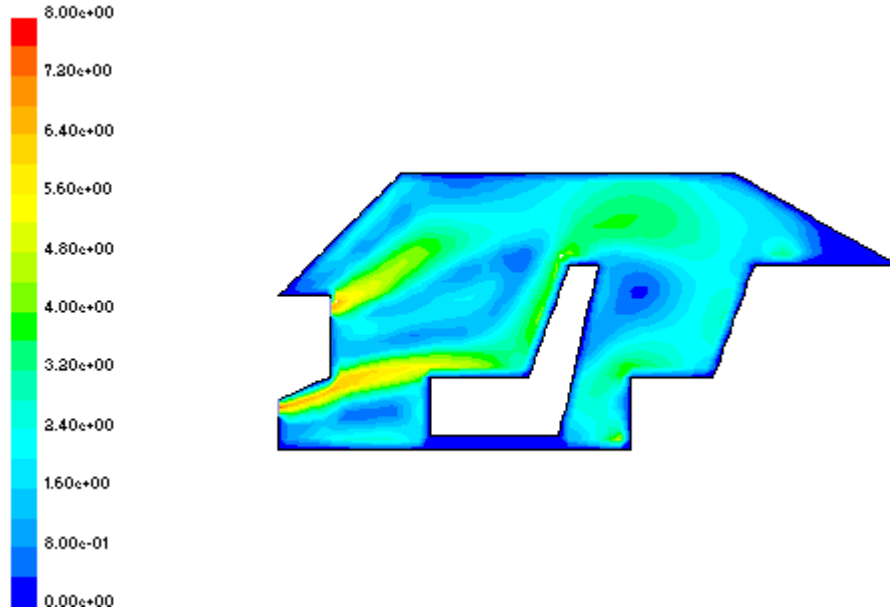
Şekil 5.44 : Taşıt iç toplam boyutu sabit tutulup $A=58\text{ cm}$ 'e yükseltildiğinde ($B=51\text{ cm}$) taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



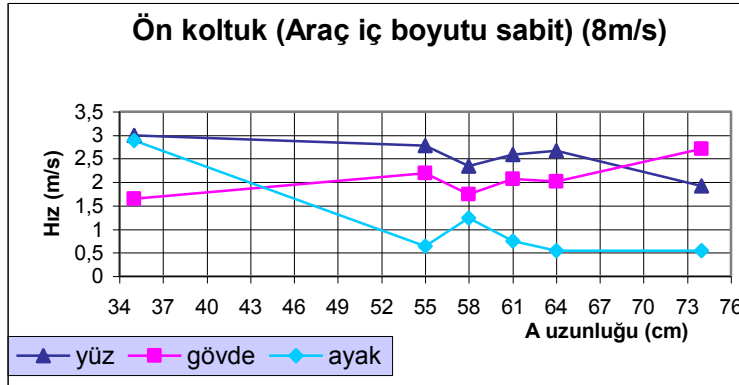
Şekil 5.45 : Taşıt iç toplam boyutu sabit tutulup $A = 61$ cm'e yükseltildiğinde ($B = 48$ cm) taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



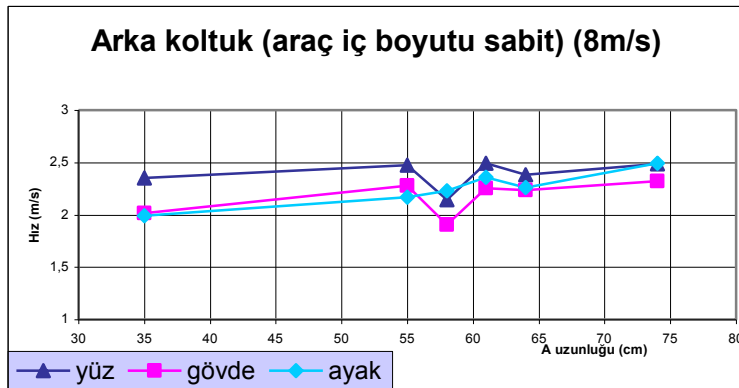
Şekil 5.46 : Taşıt iç toplam boyutu sabit tutulup $A = 64$ cm'e yükseltildiğinde ($B = 45$ cm) taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



Şekil 5.47 : Taşıt iç toplam boyutu sabit tutulup A= 74 cm'e yükseltildiğinde (B= 35 cm) taşıt içi akışa ait eş hız büyüklüğü dağılımı eğrileri



Şekil 5.48 : Taşıt iç toplam boyutu sabit tutulup A mesafesi değiştirildiğinde ön koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri



Şekil 5.49 : Taşıt iç toplam boyutu sabit tutulup A mesafesi değiştirildiğinde arka koltuk üzerindeki noktalarda oluşan hız değerleri

5.5.1. Ön Koltuk

Taşıt iç boyutu sabit tutulduğu durumda, ön koltuk ön panele yapışık denebilecek kadar yakın bir durumda iken, ayak bölgesinin çok iyi havalandığını görüyoruz, 2.88 m/s olan bu değer evvelki çalışmalar dahil olmak üzere, ayak bölgesine gelen en yüksek hava hızını teşkil etmektedir. Bunun nedeni ise ön panelden gelen havadan oluşan akış çizgileri, ön koltuğa çarparak büyük bir miktarının aşağıya, ayak bölgesine yönelmesidir. Ayak bölgesine direkt olarak hava gönderen aşağıdaki girişten gelen hava ile üst bölmeden yukarı tarafa yönelmiş hava birleşmiş bir durumdadır. Ön koltuk arkaya doğru kaydırıldıkça genel olarak ayak bölgesi için hava hızı düşmüştür, bu durum havanın ön koltuğa çarpmadan evvel büyük miktarının üste çıkarak tavan üzerinden arka cama yönelmesindendir. Ancak şekil 5.47’de görüldüğü üzere A mesafesi 58 cm. iken ayak bölgesindeki hava hızı ani bir yükseliş göstermiş sonra tekrardan düşmüştür. Gövdedeki noktaya gelen hava hızı ise A’nın artışıyla yükseliş göstermiş, 1.5-2.7 m/s aralığında seyretmektedir. Gövde ve yüz üzerinde A’nın 58 cm. olduğu durumda ani bir hız azalması görülmektedir.

Göğüs bölgesi önünde oluşan mavi renkli alan, A mesafesi arttırıldıkça genişlemiştir. A= 74 cm olan şekilde ise koltuğu takip eden yüksek hızlı bir hava akımı görülmektedir. Bu hava akımı arka koltuğun ön üst kısmına kadar devam etmektedir.

5.5.2. Arka Koltuk

Arka koltukta yüz, gövde ve ayak bölgelerinde oluşan hava hızları birbirlerine çok yakın değerler almıştır. Bu değer 2 m/s ile 2.5 m/s arasında seyretmektedir. En sınır değerler olan, A’nın 35 cm ve 74 cm olma durumunda meydana gelen hızlar diğer dizayn ölçülerindeki hızlara göre fark göstermemiştir. Başlangıçta ön panele yaklaştırılmış olan ön koltuğa çarpan her iki girişten giren hava akışı çakışıp birleşerek arka koltuğa ulaşır. Tam aksine ön koltuk arka koltuğa yaklaştırıldığında arka koltukta oluşan hava hızı az miktarda bir artış göstermektedir. Zaten dizayn sırasında belirlenen giriş şartlarına göre arka koltuktaki hava hızı, taşıt ön koltuğunun yerine bağlı olmaksızın konfor şartlarına uygundur. Yüz ve gövdedeki noktalarda belirlenen hava hızı A’nın 58 cm. olduğu noktada ani bir düşüş göstermiştir.

Taşıt şekillerine bakılacak olursa, koltuk arkaya doğru yakınlştırıldıkça arka yolcunun göğüs hizasında oluşan eliptik şekilli düşük hızlı bölge daralarak dairesel hale gelmiştir. Ön koltuğun arka koltuktan daha uzak olduğu (A= 35,55,58,61,64 cm) şekillerde görülen, arka koltuk üzerinde tavan tarafındaki yüksek hız bölgesi, A= 74cm. olan şekilde hızını düşürmüştür.

5.6 Optimizasyon Çalışması

Bu çalışmada yapılan sonuçların bir hesap yöntemiyle bir arada toplanarak karşılaştırılması gerekmektedir. Ön koltuk ve arka koltuk üzerinde seçilen noktalarda, değişik A, B ve H mesafeleri için hava hızları elde edilmiştir.

Çalışmanın başlangıcında, taşıt içerisine giren havanın hızının 6 m/s olduğu ve hava çıkışının tek bir çıkış noktasından gerçekleştiğı durumda arka koltuğa gelen hava hızı yetersiz olduğu için, ideal ölçülerin belirlenmesinde bu sonuçlar direkt olarak hesaba katılmayacaktır. Bu sonuçlar çalışmayı ilerletmek için kullanılmış, hızın artırılması gerekliliğini bize göstermiştir. Hızın 8 m/s'ye çıkartıldıktan sonra yapılan analizlerden alınan sayısal hız değerleri kullanılacaktır.

Yapılacak optimizasyon sonucunda, önceden tespit edilen kaynaklarla ölçülen parametrelerin en uygun olduğu konum değerleri belirlenecektir. Parametrelerin değişmesi sonucunda, belirlenen noktalar üzerindeki hızlar ölçülmüştür. Yüz, gövde ve ayak üzerinde belirlenen noktaların hepsi aynı oranda hesaba katılmamış ve önem sırasına göre belirlenen bazı katsayılarla çarpılmıştır. Bu katsayılar denenerek optimizasyon yapılmıştır. Ön koltuğun, ön panele ve arka koltuğa çok yaklaştırıldığında elde edilen sonuçların, ideal ölçüler olmamasını sağlayacak şekilde katsayılar seçilmiştir.

İnsanın üzerine gelen havanın, insanı en rahatsız edebilecek olan bölümü, gövde ve yüz bölgesinde hissedilir. Gövde bölgesi üzerinde kıyafet vardır, bu ısıtma veya soğutma amacına göre olumlu ya da olumsuz olabilir. İnsan vücudunun havaya maruz kalan en geniş bölümü gövdesidir. Bu sebeple gövdeye gelen hava hızını 0.6 ile çarptık. Yüz bölümüne gelen havanın önemlilik sırasında ikinci olduğu düşünülmüş ve bu bölgedeki hızlar 0.4 ile çarpılmıştır. Bu çalışmada alınan sonuçlarda ayak bölgesine yüksek hızda hava gelmemektedir. Ayak sıcaklığı karşı

çok duyarlı bir bölgemiz olmasına rağmen, hava hızından çok etkilenmeyeceği düşünülmüş ve 0.1 ile çarpılması ön görülmüştür.

Sürücü ve diğer yolcuların hava hızı konforunun sağlanması amaçlı yapılan bu çalışmada ön ve arka koltuk için elde edilen değerler ayrı katsayılarla çarpılmıştır. Sürücünün, verim ve konsantrasyon eksikliği söz konusu olabileceğinden havalandırma konforu emniyet açısından daha çok önemlidir. Sürücünün sıcak hissetmesi sıkıntıya ve dolaylı olarak kazaya sebep olabilir. O yüzden ana sonuçlar hesaplanırken ön yolcu için hava hızları 1 ile çarpılmış ve arka yolcu için 0.5 ile çarpılmıştır.

Yukarıda bahsedilen hesaplamaların yapılışı, denklemlerle aşağıda belirtilmiştir.

Ön yüz : Önde oturan yolcunun yüzü üzerindeki bir noktaya gelen hava hızı (ÖY)

Ön gövde : Önde oturan yolcunun gövdesi üzerindeki bir noktaya gelen hava hızı(ÖG)

Ön ayak : Önde oturan yolcunun diziyile ayağı arasındaki bir noktaya gelen hava hızı(ÖA)

Arka yüz : Arkada oturan yolcunun yüzü üzerindeki bir noktaya gelen hava hızı(AY)

Arka gövde : Arkada oturan yolcunun gövdesi üzerindeki bir noktaya gelen hava hızı (AG)

Arka ayak : Arkada oturan yolcunun diziyile ayağı arasındaki bir noktaya gelen hava hızı (AA)

$$\text{ÖY} \times 0.4 + \text{ÖG} \times 0.6 + \text{ÖA} \times 0.1 = \text{Ön Toplam} \quad (5.1)$$

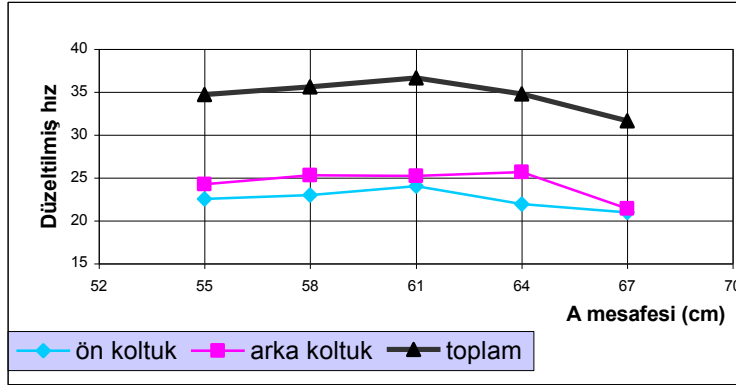
$$\text{AY} \times 0.4 + \text{AG} \times 0.6 + \text{AA} \times 0.1 = \text{Arka toplam} \quad (5.2)$$

$$\text{Ön Toplam} \times 1 + \text{Arka Toplam} \times 0.5 \quad (5.3)$$

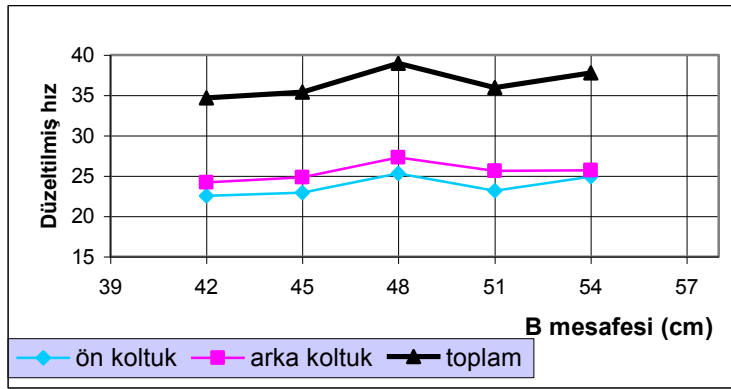
A, B ve H'in her bir değeri için okunan değerler denklemlerde yerine yerleştirilir. A, B ve H'in teker teker (5.3) denkleminde sonuçları alınarak, en yüksek olduğu toplam değerler bulunur.

Şekil 5.49-5.51 aralığındaki grafiklerde A, B ve H mesafeleri değiştirildiğinde ölçülen değerler arasında en optimum değerlerin hangileri olması gerektiği görülmektedir. Katsayılarla çarpılarak toplandıktan sonra, her bir parametre için

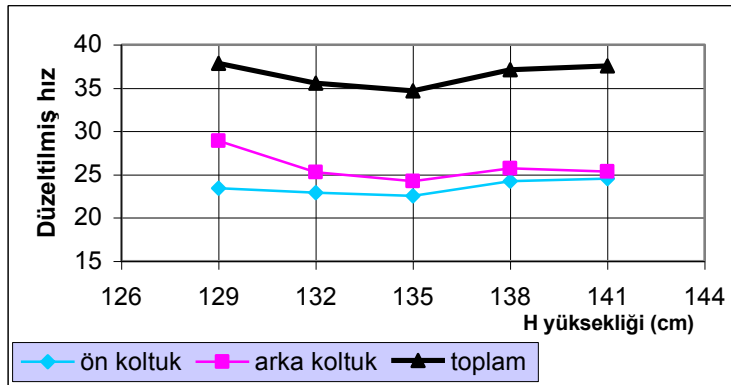
elde edilen en yüksek değer, o parametrenin, seçilen diğer değerleri arasında, en optimum değeri olacaktır.



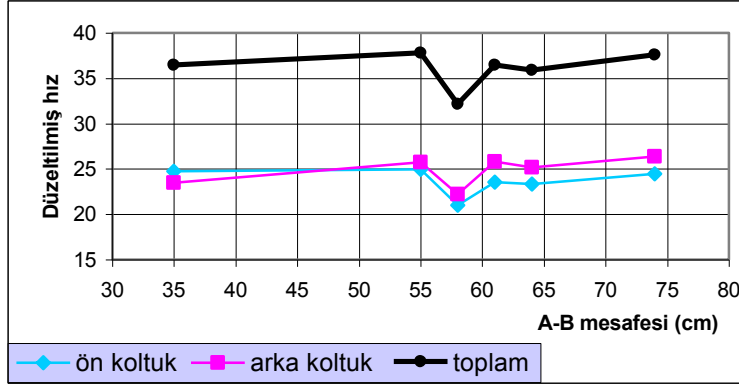
Şekil 5.50 : A mesafesi değiştirildiğinde ön ve arka koltuk için belirli noktalardaki toplam düzeltilmiş hız



Şekil 5.51 : B mesafesi değiştirildiğinde ön ve arka koltuk için belirli noktalardaki toplam düzeltilmiş hız



Şekil 5.52 : H yüksekliği değiştirildiğinde ön ve arka koltuk için belirli noktalardaki toplam düzeltilmiş hız



Şekil 5.53 : Taşıt iç toplam boyutu sabit tutularak A mesafesi değiştirildiğinde ön ve arka koltuk için belirli noktalardaki toplam düzeltilmiş hız

Yukarıdaki şekillerde siyahla çizilmiş olan toplam değerlerinin en yüksek noktaları, o parametrenin en ideal olduğu konumu olarak kabul edilecektir. $A = 61\text{ cm}$, $B = 48\text{ cm}$, $H = 129\text{ cm}$ olduğunda havalandırma için elde edilen hava hızlarının en uygun değerler olduğu düşünülmüştür. Taşıt iç boyutu sabit tutulup ön koltuğun yeri değiştirildiğinde ise $A = 55\text{ cm}$ olduğu zaman, toplam değer en yüksek olduğu görülmüştür.

Bu optimizasyon çalışmasında elde edilen sonuçlar tahmini katsayılar kullanılarak elde edilmiştir. Katsayıların seçim aşaması önemli ve hassasiyetle üzerinde çalışılması gereken bir konudur. Bu sonuçların daha kesin sonuçlar olması için insan vücudunun, seçilen bölgelerde hava hızı ve sıcaklığına tepkileri ölçülmelidir. Psikolojik faktörler hesaba katılarak tıbbi sonuçlarla elde edilmeli ve katsayılar bu çalışmalara dayandırarak seçilmelidir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Taşıt iç sıcaklık konforu havanın nemi, sıcaklığı, hızı ve kalitesine bağlıdır. Bu özelliklerin her birinin vücut üzerinde önemli etkileri olduğu görülmüştür. Nem miktarı ayarlanarak insana daha sıcakmış hissi verilebilir. Hava sıcaklığı taşıt içi ve dışı bir çok parametreye bağlıdır ve bunların üzerinde değişiklik yapılarak sıcaklığın istenilen dereceye daha çabuk gelmesi sağlanır. Hava kalitesi, koku oluşumu engellenerek ve içeri alınan taze hava miktarı artırılarak iyileştirilir. İnsan vücudunun göz, ense, burun gibi bazı bölgeleri hava hızına karşı duyarlıdır, ve özellikle ön yolcular olmak üzere bu bölgelerde yüksek hava hızı oluşabilir, bunların engellenmesi gerekmektedir.

Dış hava sıcaklığı, iç hava sıcaklığını direkt etkiler ancak bu etki taşıt hızı arttıkça azalır. Taşıt iç sıcaklığı zamana bağlı olarak değişim gösterir. Taşıta ilk binildiğinde, sıcak ve soğuk havalarda, konfordan uzak olan iç sıcaklığın, kısa sürede istenilen seviyeye gelmesi gerekmektedir. HVAC sisteminin, hava giriş yerleri ayarlanarak daha etkin çalıştırılmasını sağlamak mümkündür. Taşıt içerisindeki sıcaklık ve oluşan hava hızlarının incelenmesi için yüz ve göğüs seviyesinde kesitler alınarak incelemek daha uygun olmaktadır.

Taşıt içindeki hava hızı oluşumu sayısal ve deneysel olarak ölçülebilir, bunların vereceği sonuçların birbirine paralel olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmada, hava çıkış noktasının, taşıt içi havalandırmayı büyük ölçüde etkilediği görülmüştür. Arka yolcunun arkasında, ense bölgesinde bulunan tek bir çıkış olduğunda, arka yolcunun ensesinden aşağıdaki bölgeye havanın az ulaştığı görülmüş, bunu gidermek için arka koltuk ayak bölgesine bir çıkış daha eklenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında tek bir çıkış noktası varken, taşıt içine giren hava hızı, ölçümler sonucunda 6.5 m/s seçilmiştir. Hava çıkışının gerçekleştiği yer miktarı artırılınca, hava ulaşımının az olduğu bölgelerdeki hava hızının artırılması sağlanmıştır. Ancak, bu kez de giriş noktalarından giren hava hızının yetersiz

kaldığı görülmüş ve giriş hızı da 8 m/s'ye yükseltilmiştir. Çıkış noktası arttırıldığı taktirde, hava dağılımının daha iyi olduğu görülmektedir. Koltuk mesafeleri değiştirildikçe, noktasal bazda, havalandırmanın tam olarak iyileştiğini yada kötüleştiğini söyleyemeyiz. Ancak her bir koltuk mesafesi için, belirli noktalardaki hava hızı değerleri bu konuda yapılacak diğer çalışmalarda alt yapı olarak kullanılabilir.

Yeni taşıtın modelleme aşamasına geçmeden önce taşıtın iklimlendirme konforu büyük doğrulukla bilinmesi gerekmektedir. Çalışmamda oluşturduğum model ile, taşıt iç parametre değişimlerinin iklimlendirme konforu üzerinde etkisini inceleyebilme imkanı mevcuttur. Böylece tasarımcının elinde, daha taşıt tasarımının erken aşamalarında, iklim konforuna uygun, taşıt içi dizaynı için analiz ve optimizasyon programı bulunma olanağı olmuştur.

Bu çalışmada ön koltuk altından hava geçişi sağlanmamıştır. Bunun sebebi, ağ sisteminin yeteri kadar küçük parçalardan oluşturulmamış olmasıdır. Günümüz taşıtlarında ön koltuk altından hava geçişi sağlanmaktadır. İki boyutlu bir çalışma yapıldığından, taşıtın genişliği hesaba katılamamış ve bunun sonucunda hava debisi yüksek olmuştur. Bu konuda yapılacak diğer çalışmalarda, daha gerçeğe yakın sonuçlar alınması için üç boyutlu bir çalışma yapılmalıdır. İçerdeki hava akışı, her bir engelden yön değiştirmektedir, dolayısıyla içeride yolcu olduğu varsayılırsa akış çizgileri daha farklı olacaktır. Bir manken koyularak çalışma yapılabilir. Koltuklar ve taşıt iç yüzeyi üzerindeki köşeler yuvarlatılmalıdır, keskin köşeler ani hız değişikliklerine sebep olmaktadır.

Hava hızı değerleri yolcu üzerinde belirlenen üç nokta için ölçülmüş diğer bölgeler için sayısal değerler yazdırılmamıştır. Noktasal ölçüm yerine, ölçümler, insan üzerinden alınacak kesitler boyunca gerçekleştirilirse, istenmeyen yüksek hız oluşumu bütün vücut boyunca kontrol edilebilir.

Çalışmanın iki boyutlu gerçekleştirilmiş olmasının dezavantajlarından bir diğeri de giriş noktalarının kaç adet olduğunun gösterilememesidir. Taşıtlarda ön panel üzerinde dört adet hava girişi bulunmaktadır.

Sonuç olarak bakılacak olursa, bu çalışma, yapılacak diğer taşıt içi havalandırma çalışmalarında alt yapı olarak kullanılabilir. Ağ sistemi küçültülüp, köşe yuvarlatmaları gerçekleştirilir ve içeriye oturur pozisyonda bir manken

yerleştirildiğinde daha gerçeğe uygun sonuçlar elde edilebilir. Kullanılacak mankende, normal bir insanın vereceği ısıyı vermesi sağlanıp, terlemesi geręekleřtirilip, vücudunda oluşan bölgesel sıcaklıklar, yerleştirilecek algılayıcılar yardımıyla ölçülebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Alexandrov, A., Kudriavtsev, V. and Reggio M.** 2001. Analysis of Flow Patterns and Heat Transfer in Generic Passenger Car Mini-Environment, *9th Annual Conference of the CFD Society of Canada*, Ontario, www.cfdrc.com/datab/news/articles/paper1m
- [2] **Aroussi. A. and Aghil. S.** 2000. Characterisation of the Flow Field in a Passenger Car Model, *Optical Diagnostics in Engineering*, Vol 4 (1), 1-15, www.ode.web.demon.co.uk/PAPERS/Aroussi.pdf
- [3] **Aubertin, G, Droz, P.O. and Fontaine, J.R.** 1998. Ventilations Systems And Air Quality, von Karmen Institute for Fluid Dynamics, Belgium
- [4] **Batıran, M.,** 1998. Yolcu Taşıtlarının İklimlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [5] **Bidgood, C.M.,** Numerical Techniques in CFD, Fluent Europe CFD
- [6] **Candas, V.** 1999. Assessment of thermal Climate in Operator's Cab *CABLİ Consortium*, The Thermal Environment and Its Effects On Human, Florence, www.jti.slu.se/publikat/rapporteur/l&i/r-270on
- [7] **Cisternino, M.,**2000. Thermal comfort in cabs, *Ingénieur de l'Automobile*, novembre-décembre, s. 122-126
- [8] **Çağan, M.,** 2000. Taşıt Aerodinamik Özelliklerinin Sayısal Yöntemlerle İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [9] **Göktan, A.,** 1992, Taşıt Tasarımı Ders Notları, s. 14-16, *İ.T.Ü Rektörlüğü*, İstanbul
- [10] **Han, T., Huang, Linjie., Kelly, Sean., Huizenga, C. and Hui.Z.** 2001. Virtual Thermal Comfort Engineering, *Society of Automotive Engineers Technical Papers Series*, N° **0101588**

- [11] **Kato, K., Kamo, H., Okamoto, K. and Kadowaki. S.**,1996. Air Purification Technology For Cabin, *Society of Automotive Engineers Technical Papers Series*, N° **960942**
- [12] **Lee, S.J. and Yoon, J.H.**, 1998. Temperature field measurement of heated ventilation flow in vehicle interior, *Int.J.of Vehicle Design*, Vol.19 No. 2, pp.228-241
- [13] **Mcquiston, F. and Parker, J.D.**, 1994. Heating, Ventilating and Air Conditioning, pp.127,133, Canada
- [14] **Özdemir, H., Melek, D. ve Kaykayoğlu, C.R.**,1997, Yolcu Otobüslerinde Seyir Halinde Kabin İçi Sıcaklık Dağılımının Bilgisayar Destekli Analizi, *İ.T.Ü. Makina Fakültesi 1. Makina Mühendisliği Kongresi*, İstanbul
- [15] **Parsons, K.C.**, 1993. Human Thermal Enviroments, Taylor & Francis, London
- [16] **Peacock, B and Karwowski, W.** 1993.Automotive Ergonomics, s. 112, Taylor&Francis, London-Washington
- [17] **Stancato, F., Onusik, H.**1995. Thermal Sources in Cabs of Automotive Vehicles: The State of Art, *Society of Automotive Engineers Technical Papers Series*, N° **952190**

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında İstanbul’da doğdu. İlk öğretimini Levent İlkoulu, orta okul ve lise eğitimini Saint-Benoit Fransız Lisesi’nde tamamladı. Aynı zamanda 1981-1994 yılları arasında İstanbul Devlet Konservatuarı’nın yarı zamanlı keman bölümünden mezun oldu. Lisans eğitimini Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği’nde gerçekleştirdi. Yüksek lisans eğitimi olarak önce Marmara Üniversitesi Üretim Yönetimi ve Pazarlama bölümünü tamamladıktan sonra 2000 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Otomotiv programında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır.