OTOMOBİL ÖN KOLTUKLARI İÇİN PASİF HAVALANDIRMA YÖNTEMİ İLE SOĞUTMA PERFORMANSININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Osman SÜMER

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMOBİL ÖN KOLTUKLARI İÇİN PASİF HAVALANDIRMA YÖNTEMİ İLE SOĞUTMA PERFORMANSININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Osman SÜMER
502235007
ORC-ID: 0009-0007-9074-0959

Prof. Dr. Rukiye ERTAN
(Danışman)

Polimer Malzemeler Müh. / Polimer Malzemeler Anabilim Dalı / Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

BURSA –2023-2024
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Osman SÜMER tarafından hazırlanan "**Otomobil Ön Koltukları için Pasif Havalandırma Yöntemi ile Soğutma Performansının İyileştirilmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile **Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Polimer Malzemeler Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Rukiye Ertan

Başkan	**:**	Prof. Dr. Rukiye Ertan 0000-0002-9631-4607 Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Polimer Malzemeler Anabilim Dalı	İmza
Üye	**:**	Prof. Dr. Gökhan Sevilgen 0000-0002-7746-2014 Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye	**:**	Doç. Dr. İsmail Öztürk 0000-0003-2641-5880 Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali KARA
Enstitü Müdürü
../../….

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

…/…/……
Osman SÜMER

TEZ YAYINLANMA

FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Danışman Adı-Soyadı Tarih	Öğrencinin Adı-Soyadı Tarih
Prof. Dr. Rukiye ERTAN	Osman SÜMER
İmza Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.	İmza Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Otomobil Ön Koltukları için Pasif Havalandırma Yöntemi ile Soğutma Performansının İyileştirilmesi

Osman SÜMER

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Polimer Malzemeler Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Rukiye ERTAN

Bu çalışmada, standart pazar segmentindeki otomobiller için doğal taşınımla ısı transferini daha efektif hale getiren koltuk havalandırması özelliği üzerine yoğunlaşılmıştır. KANO metodolojisi yaklaşımı ile örneklemler belirlenmiş ve elde edilen verilere yönelik koltuk konforu için kalite algısı ölçülebilir ve yorumlanabilir hale getirilmiştir. Elde edilen sonuçlara binaen DFSS (6 sigma) yöntemi ile koltuk soğutma performansını etkileyen kriterler belirlenerek alternatif tasarımlar elde edilmiştir. Bu alternatif tasarımlar KİT-2-3-4-5-6-7 modülleri olarak oluşturulmuştur. Mevcut durum ise KİT-1 olarak isimlendirilmiştir. Bu tasarımlarla aynı sınır koşullarına sahip 3 D sanal simülasyon ortamında hazırlanmış ve sıcaklık düşüş performanslarına göre kıyaslamalar yapılmıştır.

Proje başlangıcında detaylı bir literatür çalışması yapılmış ve araç dahilinde koltuk soğutma yöntemleri incelenmiştir. Geliştirilmesi planlanan pasif havalandırmalı koltuk sistemi taşıt iklimlendirme sistemi tarafından şartlandırılan iç ortam havasını kullanıyor olup mevcut tasarım ile kıyaslandığında koltuk özelinde etkin bir soğutma sağlayabileceği öngörülmüştür. Modellemelerde hem literatürdeki çalışmalar hem de teknik şartnamelerde belirtilen uygun koşullar referans alınmış ve sayısal yöntemlerle desteklenmiş bir çalışma elde edilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen en iyi performansa sahip tasarımlar termal konfor açısından irdelenmiştir.

Yapılan çalışmada, yolcu koltuğu oturak kısmında, KİT-2 modülü, KİT-1'e (mevcut durum) göre sıcaklık değişimi kıyaslandığında aynı sürede 4,5 °C daha erken ulaştığı görülmüştür. Son sıcaklıklar arası fark ise 1,9 °C'dir. Yolcu koltuğu sırt kısmında, aynı sürede KİT-4 modülü hedeflenen sıcaklık değerine mevcut duruma göre 3,5 °C daha erken ulaştığı gözlemlenmiştir. Son sıcaklıklar arası fark ise 2 °C'dir. Sürücü koltuğu oturak kısmında, aynı sürede KİT-2 modülü, KİT-1'e (mevcut durum) göre sıcaklık değişimi kıyaslandığında aynı sürede 3,2 °C daha erken ulaştığı görülmüştür. Son sıcaklıklar arası fark ise 2,3 °C'dir. Sürücü koltuğu sırt kısmında, aynı sürede KİT-4 modülü hedeflenen sıcaklık değerine mevcut duruma göre 2,4 °C daha erken ulaştığı gözlemlenmiştir. Son sıcaklıklar arası fark ise 2,2 °C'dir.

Anahtar Kelimeler: Tasarım Odaklı Süreç İyileştirme, HAD, Isı Transferi, Pasif Havalandırma, Kabin Soğutma, Poroz Malzemeler, Isıl Konfor

ABSTRACT

MSc/PhD Thesis

Improving Cooling Performance of Vehicle Front Seats by Passive Ventilation Method

Osman SÜMER

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Polymer Materials

Supervisor: Prof. Dr. Rukiye ERTAN

In this study, we focused on the seat ventilation feature that makes natural convection heat transfer more effective for vehicles in the standard market segment. With the KANO methodology approach, samples were determined and the quality perception for seat comfort based on the data obtained was made measurable and interpretable. Based on the results obtained, alternative designs were obtained by determining the criteria affecting the seat cooling performance using the DFSS (6 sigma) method. These alternative designs were created as KİT-2-3-4-5-6-7 modules. The current model is named KİT-1. These designs were prepared in a 3D virtual simulation environment with the same boundary conditions and comparisons were made according to their temperature drop performance.

At the beginning of the project, a detailed literature study was conducted and seat cooling methods within the vehicle were examined. The passive ventilated seat system planned to be developed uses the indoor air conditioned by the vehicle air conditioning system, and it is envisaged that it will provide effective seat-specific cooling compared to the current design. In modeling, both the studies in the literature and the appropriate conditions specified in the technical specifications were taken as reference and a study supported by numerical methods was obtained. The best performing designs obtained as a result of these studies were examined in terms of thermal comfort.

In the study, when the temperature change of the KİT-2 module in the passenger seat area was compared to KİT-1 (current situation), it was observed that it reached 4,5 °C earlier in the same period. The difference between the final temperatures is 1,9 °C. It was observed that in the passenger seat backrest, the KIT-4 module reached the target temperature value 3,5 °C earlier than the current situation in the same period. The difference between the final temperatures is 2 °C. When the temperature change of the KİT-2 module in the driver's seat area is compared to KİT-1 (current situation), it is seen that it reaches 3,2 °C earlier in the same period. The difference between the final temperatures is 2,3 °C. It was observed that the KİT-4 module reached the target temperature value 2,4 °C earlier than the current situation in the same period on the back of the driver's seat. The difference between the final temperatures is 2,2 °C.

Keywords: Design Driven Process Improvement, CFD, Heat Transfer, Passive Ventilation, Cabin Cooling, Porous Materials, Thermal Comfort

ÖNSÖZ VE/VEYA TEŞEKKÜR

‘OTOMOBİL ÖN KOLTUKLARI İÇİN PASİF HAVALANDIRMA YÖNTEMİ İLE SOĞUTMA PERFORMANSININ İYİLEŞTİRİLMESİ’ başlıklı bu yüksek lisans tez çalışmamda, kendilerinin değerli bilgi ve tecrübelerini paylaşıp yol gösterici fikirleri ile beni destekleyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Rukiye Ertan ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. Gökhan Sevilgen’e, teşekkürlerimi sunarım.

Bu yükse lisans sürecimde bana teknik yönlendirme ve tecrübeleri ile desteklerini her zaman hissettirmiş olan değerli yöneticilerim Sayın Dr. Türker GÜDÜ, Sayın Fazıl Esad ALTAY ve ekip tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam için gerekli mühendislik yazılım ve uygulamalarının yanı sıra gerekli test ekipmanlarının kullanımını da desteklemiş olan TOFAŞ TÜRK OTOMOBİL FABRİKASI A.Ş.’ye teşekkürlerimi sunarım.

Osman SÜMER
…/…/…….

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ VE/VEYA TEŞEKKÜR iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ v
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ vii
1. GİRİŞ…….. 1
1.1.Klima ve Kabin Isıl Kontrol Yöntemleri 2
1.2. Taşıt Koltuk ve Ek Sistemleri 3
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI 6
2.1. Pasif Soğutmalı Koltuk Sistemi Teknolojisi 9
2.2. Aktif Soğutmalı Koltuk Sistemi Teknolojisi 9
3. MATERYAL ve YÖNTEM 10
3.1. KANO Analizi Yöntemi ile Problem Tanımı 12
3.2. DFSS Metodu ile Alternatif Tasarımların Belirlenmesi 14
3.2.1. Kontrol Faktörleri ve Sistem Parametrelerinin Belirlenmesi 15
3.3. İnsan Vücudunun Termal Tepki Modeli 16
3.3.1. İnsan Vücudunda Isı Kaybı Hesaplamaları 18
3.3.1.1. İletim ile Isı Kaybı 19
3.3.1.2. Konveksiyon ile Isı Kaybı 20
3.3.1.3. Radyasyon ile Isı Kaybı 20
3.3.1.4. Terin Buharlaşması ile Isı Kaybı 20
3.3.1.5. Solunum ile Isı Kaybı 21
3.4. Sürücü Koltuğu Tasarımını Etkileyen Faktörler 21
3.4.1. Termal Faktör 22
3.4.2. Basınç Faktörü 23
3.4.3. Titreşim Faktörü 23
3.5. Termal Konforlu Koltuk Tasarımı 23
3.5.1. Soğutmalı Nefes Alabilir Koltuk Termal Modeli 24
3.6. Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği Destekli Simülasyon Prosedürü 27
3.6.1. 3D Geometri Temizleme Hazırlığı 28
3.6.2. Yüzey ve Hacim Ağ Yapısı Oluşturma 30
3.6.3. Sınır Koşullarının Tanımlanması 33
3.7. Gözenekli Yapıların Modellenmesi ve Hesaplamaları 36
3.7.1. Nümerik Modelin Sınır şartlarının Belirlenmesi 38
3.8. HVAC Modülü Hava Giriş ve Çıkış Koşulları 40
3.9. Ağ Yapısı Bağımsızlığı ve Yakınsamayı Belirlemek 41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 43
4.1. Genel Isıl Hissiyat 47
5. SONUÇ…….. 51
KAYNAKLAR 53
ÖZGEÇMİŞ 55

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
P	Basınç (Pa)
M	Dinamik viskozite (Pas)
Se	Enerji kaynak terimi
V	Hız (m/s)
Sm	Kütle kaynak terimi
SM	Momentum kaynak terimi
K	Sıcaklık (Kelvin) (K)
k	Türbülans kinetik enerjisi
ϕ	Yayınım terimi
ρ	Yoğunluk (kg/m3)
t	Zaman (saniye)
q_{MT}	Vücut Tarafından Üretilen Isı
q_{CN}	İletim Yoluyla Aktarılan Vücut Isısı
q_{CV}	Konveksiyon Yoluyla Aktarılan Vücut Isısı
q_{RD}	Radyasyon Yoluyla Aktarılan Vücut Isısı
q_{RS}	Solunum Yoluyla Aktarılan Vücut Isısı
q_{EP}	Terin Buharlaşması Yoluyla Aktarılan Vücut Isısı
T_{SK}	Cilt Sıcaklığı
h_{BL}	Gövde Ve Cilt Arasındaki Etkin İletkenlik Katsayısı
A	Deri Yüzeyi
υ_{BL}	Cilt Kan Akış Hızı
Q_{SC}	Deriden Giysiye Olan Isı Kaybı
f	Giyinik ve Çıplak Vücudun Etkin Yüzey Alanlarının Oranı
h_{CV}	Konvektif ısı transfer katsayısı
σ	Stefan-Boltzmann Sabiti
ε	Giysinin Veya Vücut Yüzeyinin Ortalama Emisyon Değeri
F_G	Cildin veya Giysili Bölgenin Çevreye Yayılan Fraksiyonu
Q_{EP}	Buharlaşma Nedeniyle Ciltten Toplam Gizli Isı Kaybı
ω	Toplam Cilt Islaklığı
$R_{M,SA}$	Giysi ve Çevredeki Havadan Toplam Buhar Difüzyon Direnci
P_{SK}	Cilt Sıcaklığındaki Su Buharı Basıncı
P_A	Ortam Sıcaklığındaki Su Buharı Basıncı
P_{CR}	Gövde Sıcaklığındaki Su Kısmi Basıncı
P_t	Ortam Kısmi Basıncı
h_{fg}	Suyun Gizli Buharlaşma Isısı
Q_{RS}	Solunum Yoluyla Atılan Isı
Q_D	Isıtma Pedinin Birim Hacmi Başına Isı Üretimi
k	Malzeme Termal İletkenliği
α	Malzeme Termal Yayılma Özelliği
$T_{i'}$	Giren Hava Sıcaklığı
T_o	Çıkan Hava Sıcaklığı
TS	Termal Duyum
TS_i	Termal Duyum Ortalaması

Q	Isı transfer hızı
dt/dx	Akış yönünde sıcaklık gradyanı
k	Malzemenin ısıl iletkenliği
A	İncelenmekte olan alan
Q	Isı transfer hızı
h	Konveksiyon Isı transferi Katsayısı
ΔT	İki cisim arasındaki sıcaklık gradyanı

Kısaltmalar	**Açıklama**
HVAC	Isıtma (Heating), Havalandırma (Ventilating) ve İklimlendirme (Air Conditioning)
HAD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
DFSS	6 Sigma Yöntemi, Tanımlama (Define), Ölçme (Measure), Analiz (Analyze), İyileştirme (Improvement) ve Kontrol (Control)
KANO	Müşteri Gereksinimlerini Belirleme ve Müşteri Beklentilerini Sağlama Yetisine Sahip İstatistik Modeli
TED	Termoelektronik Cihaz
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CAE	Bilgisayar Destekli Mühendislik

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 1.	Araç Kabini Isıl konforunu Etkileyen İç ve Dış Parametreler	1
Şekil 2.	Dış ve İç koşullara Bağlı Olarak İnsan Fizyolojisi ve Isıl Konfor Ektileri	3
Şekil 3.	Sürüş Esnasında Temas Yüzeylerine Bağlı Isıl Konfor	4
Şekil 4.	TED koltuk Havalandırma Sistemleri Uygulamaları	5
Şekil 5.	Koltuk Havalandırma Sistemi Çalışma Mekanizması	8
Şekil 6.	Aktif Koltuk Havalandırma Sistemi Zorlanmış Taşının Sağlayan Fan Ekipmanları	9
Şekil 7.	Mevcut Koltuk Geometrisi ve DFSS Sonucu Elde edilen Alternatif Tasarımlar	15
Şekil 8.	Isıl konforun İncelenmesi için Bölünmüş İnsan Vücudu Segmentleri	16
Şekil 9.	Gövde, Deri, Kıyafet ve Hava ile Isı Transferi Yöntemi	17
Şekil 10.	Sürücü Koltuğu Tasarımını Etkileyen Faktörler	21
Şekil 11.	Havalandırmalı Koltuk Sisteminin Kesit Mekanizması	24
Şekil 12.	Basit bir Kontrol Hacminde Enerji Transferi	25
Şekil 13.	Kabin Havalandırma Sistemi Menfezlerin Konumları	27
Şekil 14.	HVAC Modülü ve Komponentleri 3D Tasarımı	29
Şekil 15.	Kabin ve Koltuk 3D Tasarımı	29
Şekil 16.	Koltuk Alt Sistemleri 3D Tasarımı	30
Şekil 17.	Kabin ve Koltuk Tasarım-Ağ Yapısı Oluşturma ve Simülasyon Metodolojisi	31
Şekil 18.	Kabin Ağ Yapısı Modeli Detayı	32
Şekil 19.	Kabin Modelleme Süreci (Tasarım-Yüzey ve Hacim Ağ Yapısı Oluşturma)	33
Şekil 20.	Evaporatör Poroz Grafiği	36
Şekil 21.	Filtre Poroz Grafiği	37
Şekil 22.	Kabin Radyatörü Poroz Grafiği	37
Şekil 23.	HVAC Modül Hacim Ağ Yapısı Modeli Detayı	40
Şekil 24.	HVAC Modülü Hava Menfezleri Çıkış Hızları Grafiği	40
Şekil 25.	HVAC Modülü Hava Menfezleri Çıkış Hızları Sonuçları	41
Şekil 26.	Simülasyon İterasyonlarına Bağlı yakınsama Grafiği	42
Şekil 27.	Hacim Ağ Yapısı Kalite Değerleri İncelemeleri	43
Şekil 28.	Yolcu Koltuğu Sırt Kısım Zamana Bağlı Sıcaklık Değişim Simülasyon Sonuçları Grafiği	44
Şekil 29.	Sürücü Koltuğu Sırt ve Oturak Son Sıcaklık Simülasyon Sonuçları	45
Şekil 30.	Yolcu Koltuğu Oturak Kısım Zamana Bağlı Sıcaklık Değişim Simülasyon Sonuçları Grafiği	46
Şekil 31.	Yolcu Koltuğu Sırt Kısım Zamana Bağlı Sıcaklık Değişim Simülasyon Sonuçları Grafiği	47
Şekil 32.	Sürücü Koltuğu Oturak Kısım Zamana Bağlı Sıcaklık Değişim Simülasyon Sonuçları Grafiği	48
Şekil 33.	Sürücü Koltuğu Sırt Kısım Zamana Bağlı Sıcaklık Değişim Simülasyon Sonuçları Grafiği	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

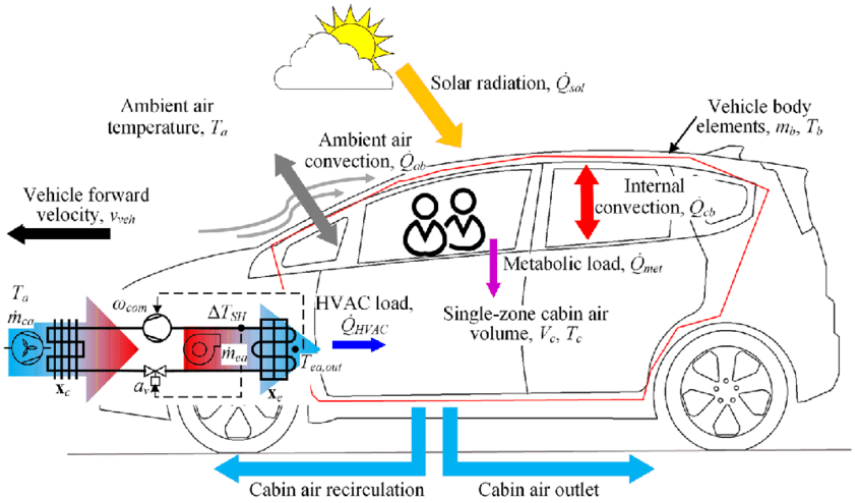
Sayfa

Çizelge 1.	KANO Analizi Yöntemi ile Yapılmış Örneklemler ve Yorumları Tablosu	11
Çizelge 2.	DFSS Tablosu Kontrol Faktörleri ve Etkin Parametreler Tablosu	13
Çizelge 3.	DFSS Sonucu Elde Edilmiş Olan Alternatif Tasarımlar Tablosu	14
Çizelge 4.	Isıl Duyum Ölçeği	26
Çizelge 5.	Kabin-HVAC için Yüzey Ağ Yapısı Parametreleri	31
Çizelge 6.	Fizik Modeli Kurulum Parametreleri	37
Çizelge 7.	Koltuk Kumaş ve Sünger Malzeme Özellikleri	38

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji hızına bağlı olarak yaygın bir şekilde kullandığımız taşıtların konfor koşulları oldukça ileri seviyelere taşınmıştır. Özellikle kişiselleştirilmeye ve özelleştirilmeye en yakın taşıt olan otomobillerde konfor algısı büyük öneme sahiptir. Bu noktada günümüz gelişmiş mühendislik çalışmalarında, kişisel konfor alanları oluşturmak, onları özelleştirmek ve kişiye özgü olarak tasarlamak yönelimin arttığı alanlar haline gelmiştir. Otomobillerde bulunan özelliklerin kullanıcı tarafından istenilen seviyelere getirilebilmesi konforun en önemli faktörlerindendir.

Taşıt konfor parametrelerinin başında gelen ısıl konfor, temel olarak ortamdan duyulan ısıl memnuniyet olarak tanımlanabilir. (ASHRAE Handbook,1993) Isıl konfor; kişinin metabolik aktivite düzeyi ve giyinmeden oluşan kişisel faktörler, ortam sıcaklığı, ortam bağıl nemi, ortam hava hızı ve ortalama ışınım sıcaklığından oluşan çevresel faktörler olmak üzere birçok etkenden oluşmaktadır (Fanger, P., 1970) Bu nedenle bu alandaki hesapların yapılması, test düzeneklerinin oluşturulması ve ilgili korelasyonların sağlanarak çıkarımların yapılması oldukça uzmanlık ve hassasiyet gerektiren alanlardır.



Şekil 1. Araç Kabini Isıl konforunu Etkileyen İç ve Dış Parametreler (Cvok I., Škugor B., Deur J., 2021)

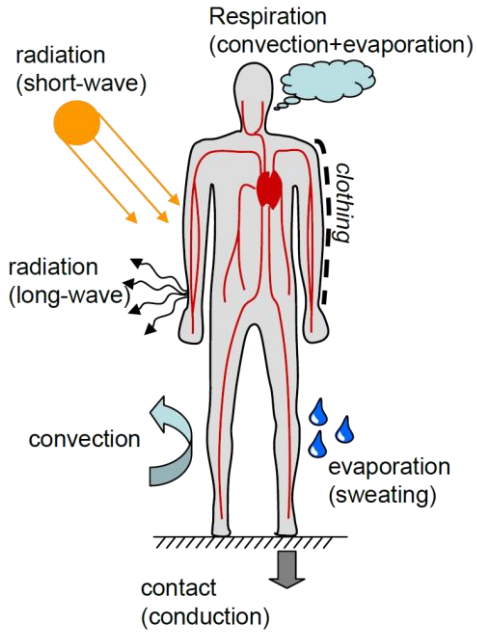
Bahsedildiği üzere taşıtlar içerisinde en sınırlı hacme sahip olanlar otomobiller olduğundan dolayı kabin içerisindeki hava akışkanın hızı ve sıcaklık dağılımları çok fazla değişkenlik göstermektedir. Buna bağlı olarak taşıt içerisindeki ısıl konforu diğer taşıtlara kıyasla daha hızlı değişim göstermektedir. Diğer yandan ısıl konfor, özellikle uzun

mesafeli yolculuklarda güvenli bir sürüş için de önemli faktörlerdendir. (İbiş, A., 2020) Bu nedenlerden dolayı da araç içi güvenlik gerekliliklerinde de ısıl konfor önemli yere sahiptir.

Taşıt termal yönetim sisteminin temel kısımlarından biri olan ısıl konfor; sürücü ve yolcu sağlığı, güvenliği için oldukça kritik bir çalışma alanı olarak kabul edilmektedir. Özellikle yolcu ve sürücü konforu için kabin içi ısıtma ve soğutma özellikleri ısıl konforun olmazsa olmaz özelliklerindendir. Araçlarda kabin soğutması için klima sistemi kullanılmaktadır. Kabin ısıtması ise diğer güç sitemleri bileşenlerinin artık ısılarından yararlanılarak elde edilebilir. Bazı araç termal sistem uygulamalarında, etkili bir kabin ısıtması için sadece elektrik motoru veya içten yanmalı motor üzerinden bile yeterli miktarda artık ısı ile kabin ısıtması elde edilebilmektedir. Atık ısının yeterli olmadığı araçlarda ise, çoğunlukla PHEV ve EV gibi tahrik sistemine sahip araçlarda, ekstra bir ısıtıcı kullanılabilmektedir. Ayrıca kabin koşullandırma termal gereklilikleri büyük ölçüde ortam koşullarına ve yolcu sayısına da bağlıdır.

1.1. Klima ve Kabin Isıl Kontrol Yöntemleri

Kabin Havalandırma ve İklimlendirme sistemi (HVAC) olarak bilinen sistem, araçta yolcular ve sürücü için konforlu bir ortam sağlama görevine sahiptir. Kabin hacmi içerisinde bulunan ve ısıl konforun temel parametreleri olan sıcaklık ve nem, pek çok faktöre bağlıdır. Bunları çevresel koşullar, insan fizyolojisi ve sürüş kondisyonları olarak ana kollara ayırmak mümkündür. Bu parametre ve koşullarda ısı transferi; iletim, ışınım, taşınım olarak gerçekleşmektedir. Ortamdan araba gövdesi ve camlara aktarılan ısı transferleri, yolcuların vücut ısısı ve nemi ile oluşan ısı transferleri, araba alt sistemlerinden gelen ısı ve HVAC sisteminden gelen hava yoluyla birçok etkileşimli enerji akışı söz konusudur. (T. J. Dohetry, and E. Arens, 2016)



Şekil 2. Dış ve İç koşullara Bağlı Olarak İnsan Fizyolojisi ve Isıl Konfor Ektileri (Neacsu C., Tabacu I., Ivanescu M., 2017)

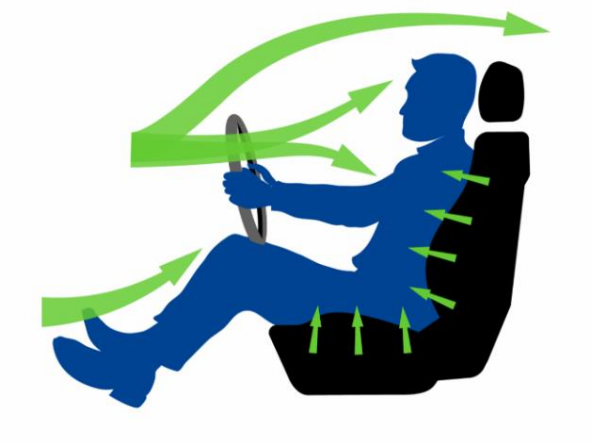
1.2. Taşıt Koltuk ve Ek Sistemleri

Kabin ısıl yönetim sisteminde sürücü ve yolcuların fiziksel temas içerisinde oldukları araç ekipmanları bulunmaktadır. Bunlar direksiyon, vites ve temas yüzeyi en geniş alana sahip olan koltuklardır. Bu nedenle koltuklar, yolcular ve sürücünün ısıl konforunda birinci seviye öneme sahip otomobil parçalarındandır. Bu nedenle koltuklar üzerinde yapılan ısıl konfor çalışmalarında ısıtma ve soğutma gibi teknolojiler, araç hareket halindeyken koltukları önemli bir konfor ortamına dönüştürmektedir. Bunların yanı sıra koltukların yapıldığı malzeme özellikleri de örneğin; daha yumuşak ve rahat süngerler, deri ve kaliteli kumaş malzemelerin kullanılması konfor parametrelerini önemli derecede etkilemektedir. Ayrıca bu özelliklerin üzerine bazı lüks marka modellerinde masaj işlevi, bel destek aparatı gibi ek özellikler de eklenince çok daha konforlu hale gelmişlerdir.

Konfor parametrelerine bağlı ek özelliklerin yanı sıra koltuklar sürücü ve yolcu güvenliği açısından da kritik özellikler içermektedir. Örneğin koltukların içerisinde belirli bölgelere entegre edilmiş hava yastıkları ile birlikte modern üç noktalı emniyet kemeri sisteminin uygulanması, koltukları günümüzde daha güvenli hale getirmiştir. Sonuç olarak,

günümüzün araba koltuklarındaki özellik ve işlevlerin bolluğu, onları son derece karmaşık bir sistemlere dönüştürmüştür. (Bhosale R. ve Vogt N., 2016)

Bahsedilen özelliklerin içerisinde bu çalışmanın da temel odak noktası olan, daha iyi ısıl konfor için koltukları soğutma fikri, geçmişten günümüze süregelen süreçte üzerinde birçok çalışmalar yapılmış bir alandır. Koltuk soğutma teknolojisi ilk olarak 1997'de İsveçli bir otomobil üretici firma tarafından ön koltuklar için bir seri üretim olarak araçlarda tanıtılmıştır. O zamandan beri bu fikir birçok üretici tarafından benimsenmiş olup ve neredeyse tüm pazar segmentlerinde çok çeşitli araçlara uygulanmıştır. Bu özellik yaygın olarak ön koltuklar için sunulmuştur. Son zamanlarda arka koltuklar için de kullanıma sunulan çalışmalar da bulunmaktadır. Ancak bu, çoğunlukla lüks markalar ve modeller ile sınırlı kalmaktadır.



Şekil 3. Sürüş Esnasında Temas Yüzeylerine Bağlı Isıl Konfor

Literatür geneline bakıldığında şu ana kadar yapılan koltuk soğutma sistemi çalışmalarının çoğunluğu, soğuk bir hava akımı sağlamak için fan modülü ile birlikte elektronik cihazların koltuk üzerine entegrasyonu ile sağlanmıştır. Buna yönelik çalışmalar aktif soğutma sistemi olarak adlandırılmaktadır. Bu nedenle koltuk soğutma amaçlı yapılan bu çalışmalar, koltuk sistemleri üzerinde yapılan değişikliklerle fan, motor ve bunların elektronik kontrolü içeren ekipmanlarla oldukça maliyetli ve karmaşık hale gelmektedir. Bunların yanı sıra yüksek maliyet, kompleks iç tasarım, ağırlık gibi olumsuz etkenlerden kurtulmak için de aktif soğutmanın dışında pasif havalandırma denilen bir diğer yöntem de bulunmaktadır. Bu çalışmanın da ana odak noktası olan bu yöntemde, koltuk malzeme özelliği, tasarımı ve yapısı alanlarında mühendislik çalışmaları ile

optimizasyonlar yapıp düşük maliyet, karmaşık olmayan iç tasarım ve düşük ağırlıkla termal konforu artırma çabası temel ilkelerdendir. Bu nedenlerden dolayı otomotiv üreticileri için pasif havalandırma sistemine çalışmak oldukça dikkat çekici ve heyecanlandırıcı unsurlar içermektedir. Fakat bu noktada elde edilecek çalışmaların sonuçları etkili bir aktif havalandırma sisteminin yanında kıyaslanabilecek sonuçlar vermeyebilir. Buna rağmen aktif soğutma sistemlerinin olumsuz yönlerine kıyas ile hala cezbedici çalışma alanlarından sayılabilir.

Taşıt iklimlendirme sistemleriyle taşıt içerisinde havanın sıcaklık, nem ve hızı kontrol altında tutularak ısıl konfor şartları elde edilebilmektedir. Isıl konfor şartlarının koltuklar üzerinde detaylandıracak olursak; soğuk kış aylarında ya da sıcak yaz aylarında taşıt içerisinde yer alan oturma alanlarının yüzey sıcaklıkları da ısıl konforu etkileyen birinci konfor parametreleri olarak sayabiliriz. Soğuk iklim ülkelerinde standart haline gelmiş olan koltuk ısıtma sistemleri ülkemiz gibi daha ılıman iklime sahip ülkelerde ise kullanıcı tercihine bırakılmıştır (İbiş, A., 2020) Koltuk ısıtma işleminde genel olarak klima (HVAC) sisteminden faydalanmak ya da diğer elektronik cihazlar yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Elektronik cihazlarla rezistans ile ısıtma seçeneği hem taşıt ısıtma sisteminin kararlı hale gelmesinin süre alması hem daha basit uygulanabilirliğe sahip olması hem de mali açıdan uygun olmasından dolayı daha çok tercih edilen yöntemlerdendir. (Bhosale R. ve Vogt N.,2016)

Koltuk soğutma işlemi incelendiğindeyse yine ısıtma sistemlerinde olduğu gibi taşıt iklimlendirme sistemine bağlı bir şekilde çalışabilen sistemler ve TED koltuk havalandırma sistemleri mevcuttur. Aktif havalandırma sisteminde ise koltuğa yerleştirilen fandan çıkan havanın koltuk ön yüzeyinde belirlenen noktalardan çıkmasıyla koltuk soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu sistem hem daha hafif yapısı hem de daha az maliyetli olması dolayısıyla daha çok tercih edilmektedir. (Bhosale R. ve Vogt N.,2016)



Şekil 4. TED koltuk Havalandırma Sistemleri Uygulamaları (Patrascu D., 2010)

Bu çalışmada ise yukarıda bahsedilen koltuk soğutma sistemlerinden farklı olarak doğal taşınım sayesinde sadece gözenekli yapının sıralanışı ve delik çaplarını referans alan ve iklimlendirme sistemi tarafından şartlandırılan iç ortam havasını kullanarak soğutma performansı optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla ilave bir soğutma sisteminden sistemine ihtiyaç duyulmadan ayrıca mevcut piyasadaki aktif soğutma sistemlerinden farklı bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu sayede mevcut ürün üzerinde maliyeti düşük modifikasyonlar ile daha etkin alternatif tasarımlar geliştirilmiştir. Bunun yanı sıra mevcut ürün ve öneri tasarımlar sayısal olarak da incelenerek 3D modellenmiş aynı sınır koşullar altında analizleri gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuçlarına bağlı olarak en iyi performansa sahip ürün belirlenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Koltuk havalandırma teorisi iki bölüme ayrılabilir. Birinde hava ya aktif olarak soğutulur, diğerinde ise koltuk boyunca pasif olarak taşınır. Aktif soğutma, küçük boyutları ve güçlü soğutma ekipmanları sayesinde oldukça verimlidir ve günlük hayatımızda lüks segment araçlarda isteğe bağlı tercih edilmektedir. Aktif sistemlerde, havanın zorlanmış taşınım hareketi ile akışkanın itilmesi ve çekilmesi prensibinden yararlanılarak soğutma sağlanmaktadır. Pasif sistemlerde ise, akışkanın koltuk süngeri içerisinden basınç farkından kaynaklanan havayı sirküle etme ilkesi ile soğutma sağlanmaktadır. Yüksek performansından dolayı günümüzde piyasada en çok tercih edilen koltuk soğutma yöntemi aktif soğutma sistemidir

Koltuk havalandırması karmaşık bir sistem olup kullanıcının ısıl konforunu değiştirebilecek birçok parametreye sahiptir. Geçmişten günümüze bu alanda ısıl konfor ağırlıklı birçok çalışma yapılmıştır. Örnek olarak, ilk havalandırmalı koltuklardan biri, 1993 yılında İsveçli bir otomotiv üretici firma tarafından ticari hale getirilmeden önce yapılan bir deney olarak kayıtlara geçmiştir. Deney, ısıl konfor sağlamada önemli bir rol oynadıklarını kanıtlamak için koltuk için iki farklı kılıfı test etmekti. **(**Lund Madsen, T., 1994) Farklı kılıflarla başka bir deney, bir araba koltuğunun içine yerleştirilmiş bir Rami karışımı köpükle yapılmıştır. Havalandırmanın performansını ölçmek için dört farklı test serisi gerçekleştirilmiştir. İnsan denekleri ile yapılan simülasyonlar, manken laboratuvar testi ve yol testlerinden oluşmaktadır. Test, havalandırmanın özellikle uzun süreli sürüşler için yararlı olduğu ve cilt ıslaklığında ortam sıcaklığının önemli bir rol oynadığı sonucuna varılmıştır. (Cengiz, T. & Babalık, F., 2016) Bir diğer çalışma ise delikli deri kılıflar üzerinde yapılmış bir çalışmadır. Burada da asıl amaç yine koltukları soğutmaktır. Daha çok arabanın içinde bırakılan çocuklara odaklanılan park halindeki bir arabada oturan insanlar için bir güvenlik özelliği olarak da kullanılabilir. Bir çocuk koltuğu üzerinde iki TED ile bir deney yapılmıştır. (Vinoth, M. & Prema, D., 2014) Bir HVAC sistemiyle kombinasyonlu bir şekilde kullanılan koltuk havalandırma yöntemi yapılan çalışmalarda enerji verimliği önemli derecede artırabileceği gözlemlenmiştir. (Watanabe, S., Shimomura, T., & Miyazaki, H., 2009) Rutkowski (2010), koltuk havalandırmasını bir

sistem olarak ölçmek için araştırma yapan ilk kişidir. Havalandırmalı bir koltuğu matematiksel olarak modellemek için farklı faktörler tanıtıldı. Ayrıca, bir insan vücudundan enerji yayılımı tartışılmıştır. En büyük enerji dağılımı sırtın alt kısmından ve uylukların altından gelmiştir ve kalçalar en az enerji dağılımına sahip olduğunu kanıtlayarak bu alanda yaptığı çalışmalarla literatüre önemli katkılarda bulunmuştur. (Rutkowski, P., 2010)

Bu koltuk soğutma tiplerinde temel unsur ısıl konforu sağlamaktır. Hem sağlık hem de ısıl memnuniyet açısından kriterlere bağlı kalınması oldukça önemlidir. Bu aşamada ısıl memnuniyetin sağlanması ideal ortam sıcaklığı ve ona en uygun karşılık gelen sıcaklık aralığında bulunulan iç ortamı şartlandırabilmeyi başarmak olacaktır. Bir deneyde, ortam sıcaklığı 26°C olduğunda, deneklerin yaklaşık % 99'unun +/- 3°C aralığından memnun olduğunu ortaya çıkarmıştır. (Chludzińska, M. ve Bogdan, A., 2015) Bu aralığı korumak için HVAC sistem ile ortam şartlandırma esnasında bir diğer kritik nokta da üfleçlerden çıkan hava hızıdır. Bu noktada Bir diğer konu ise HVAC sistemindeki menfezlerden gelen hava hızıyla ilgilidir. Yine aynı çalışmada kaydedilen bir başka ilginç gerçek ise, havalandırmanın hava hızında bir artış olması enerji tasarrufunu sağlanabileceği görülmüştür. (Chludzińska M. & Bogdan, A., 2015) Bu noktada vücudun aşırı soğutulmaması gerektiğini de dikkate almak çok önemlidir. Bu durumda koltuk ısıl konforu için bir referans verecek olursak yapılan bir başka çalışmaya göre en uygun sıcaklık 34°C ile 36°C arasında olmalıdır. (Rutkowski, P., 2010) Ayrıca otomotif üretici firma temel tasarım şartnameleri de bu sıcaklık aralığının, koltuk ısıl konforu için ideal olduğunu desteklemektedir.

Yukarıda bahsedilmiş olan koltuk ısıl konforuna etki eden birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreleri araç içi, araç dışı ve insan faaliyetleri olarak üç ana başlıkta toparlayabiliriz. Hava sıcaklığı, nem, güneş ışınları, iklim şartları ve aracın kullanıldığı coğrafi koşullar araç dışı parametreler olarak sayılabilir. Sürücü parametrelerinde ise; giysi yalıtımı, insan fizyolojik ve biyolojik özellikleri, yolcu sayısı gibi faktörler ise insan parametreleri arasındadır. (Yiğit, A. ve Atmaca, İ., 2011) Termal açıdan araç tahrik sistemi, pencere boyutları, kabin malzeme özellikleri, kabin geometrisi

araç içi faktörler arasında olup ısıl konfor hissi için önemlidir. (Walgama, C., Fackrell, S., Karimi, M., Fartaj, A., & Rankin, G., 2006)

2.1. Pasif Soğutmalı Koltuk Sistemi Teknolojisi

Şimdiye kadar koltuk soğutma çalışmalarında ticari bir ürün haline getirilmiş ve piyasaya sürülmüş sistemlerin ortak özelliği; radyal ve eksenel fanlar arasındaki akış farkından yararlanan bir fan kullanmaktı. Bu fanlı sistemlerde ise otomotiv üretici firmaların görüşleri havayı itmek veya çekmek durumlarından en efektif olanın seçilmesi noktasında ikiye bölünmüştür. Tedarikçiye göre trend, çekme sistemi için radyal fan kullanmaktır. Ana avantaj, radyal fanların daha iyi verime sahip olması, aksiyal fanların ise bu dezavantajı telafi etmek için daha fazla sayıda kullanılmasıdır. Pasif soğutma sistemlerinde ise tasarım bazlı veya doğal taşınım sayesinde elde edilen basınç farkından faydalanan ve bu sayede havanın hareketi ile akışın sağlandığı bir yöntemdir.



Şekil 5. Koltuk Havalandırma Sistemi Çalışma Mekanizması

2.2. Aktif Soğutmalı Koltuk Sistemi Teknolojisi

Havalandırmanın hissedilebilmesi için geleneksel araba koltuklarından farklı olarak hava sirkülasyonuna izin veren gözenekli yapıya sahip malzemeler kullanılmaktadır. Araba koltuğunun gözenekli malzemesi vücut ısısını dağıtarak daha serin ve daha az terli hissedilmesini sağlamaktadır. Bunlara ek olarak fanlı ve vakumlu sistemler ile birlikte hava sirkülasyonu artırılarak daha etkin soğutma ısıl memnuniyet seviyeleri artırılmaktadır. Bir TED sistemdeki fan benzeri bir soğutma ünitesine ihtiyaç duyduğundan yüksek maliyetlerden kaçınmak mümkün değildir. Hava akışının yarısı

ısıtma tarafını soğutmak için kullanılır ve koltuğun altına egzoz olarak gider, kalan akış ise aktif olarak soğutma sisteminin kendisi için kullanılabilir. (Leu, C., 2016)

Aktif soğutma sistemi genel yapısı itibariyle oldukça verimli ve ısıl memnuniyet açısından efektif bir teknolojidir. Her bir teknolojinin olumlu yönleri olduğu gibi bu sisteminde bir takım olumsuz yönleri bulunmaktadır. Bu kadar performanslı bir sistemin olumlu getirilerinin yanında az sonra belirtilecek olan olumsuz getiriler bir takım mühendislik optimizasyon çalışmaları ile iyileştirilebilir. Özellikle koltukların alt ve sırt kısımlarına yerleştirilen bu fanların boyutları, konumları ve diğer koltuk içerisindeki ekipmanlarla entegrasyonları nedeniyle ürünün tasarımsal karmaşıklığını artırmaktadır. Ayrıca sistemin çalıştırılmasında kullanılan diğer yardımcı ekipmanlarında maliyet, ağırlık, tasarım ve entegrasyon üzerine de etkileri olumsuz sayılabilecek etkilerdir. Bunlara ek olarak seçilen fanların ve sürücü sistemin çalışma sırasındaki ses düzeyi de kabin içi başka bir diğer konfor parametresini etkileyici rol görevindedir. (Su, C., Dong, W., Deng, Y., Wang, Y. Ve Liu, X., 2018)



Şekil 6. Aktif Koltuk Havalandırma Sistemi Zorlanmış Taşının Sağlayan Fan Ekipmanları

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Kabin içerisindeki havanın doğal taşınım ile HVAC ünitesi yardımı ile soğutulması, koltuk üzerinde minimum değişim, maliyet ve maksimum verim ile bu sistemi geliştirmek bu çalışmada ana hedef olarak belirlenmiştir. Bu hedefe, mevcut konfor, güvenlik veya kalite seviyelerinden ödün vermeden ulaşılması öngörülmüştür. Bu bağlamda performans artışı, odaklanılan alanlarda optimize edilmiş öneri tasarımın mevcut duruma göre daha hızlı soğumasını görmek olarak tanımlanmaktadır. Bu soğuma süresi, mevcut HVAC hava akışıyla doğrudan ilgili olup, koltuk süngeri bölgesindeki daha iyi hava sirkülasyonu sayesinde, nem giderme ve terlemeyi önleme konusunda etkili olacağı öngörülmektedir. Ayrıca bu tezin amacı, DFSS (6 Sigma) sonucunda elde edilen farklı koltuk konfigürasyonlarının mevcut durum ile karşılaştırmasını ve sonuçta elde edilen verilerin iyileştirme oranlarının hesaplanmasını amaçlamaktadır.

İlk aşamada HVAC ünitesi içerisinde hava kanallarından geçen hava hızlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu sayede ikinci ve asıl amaç olan kabin havalandırma performanslarının belirlenmesi için girdi sağlanmıştır. Bu sayede kabin konfor simülasyonları gerçekleştirilip koltuk performansları belirlenen senaryolarda kıyaslanabilmiştir. Bu çalışmaların gerçekleştirmek için 3D tasarım çalışmalarında SIEMENS NX 11, yüzey ağ yapısı oluşturma ve geometri yüzey hazırlığı için HYPERMESH 14.0, hacim ağ yapısı oluşturma ve simülasyon çözümlerini elde etmede STAR CCM++ mühendislik yazılım programları kullanılmıştır. Bu tür çalışmalarda HVAC ve kabin modellerinin tasarımı için, CFD yazılımı tarafından gerçekleştirilen tüm ilgili fenomenleri dikkate alan yüksek doğruluklu sayısal simülasyonlar kullanılmaktadır. Bu tür modeller uzun bir hesaplama süresi gerektirir. Hesaplama süresini azaltmak için 1D/3D modeller ve basitleştirilmiş modüllerden de destek alınabilir. Kabinin termal modellemesi sürecinde iç mekânın geometrisi, ısı ve nem kaynaklarının detayları nedeniyle karmaşıktır. Simülasyonun hedefine bağlı olarak çeşitli hesaplama yöntemleri ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Mühendislik çalışmalarının performansını değerlendirme sürecinde ilk başvurulan sanal simülasyonlarla doğrulamalar yapmaktır.

3.1. KANO Analizi Yöntemi ile Problem Tanımı

Araç içerisinde hem yolcu hem de sürücü için ısıl konforun yeterli miktarda sağlanması hem sürüş konforu hem de özellikle uzun yol seyahatlerinde güvenlik anlamında oldukça büyük öneme sahiptir. Özellikle koltuk oturak ve sırt bölümlerinde yaz aylarında meydana gelebilen terleme sorunları istenmeyen bir durumdur. Bunun önüne geçebilmek için birçok üretici firma koltuklar üzerinde farklı termal konfor alınan yönelik geliştirmeler yapmış olsa da genel anlamda çalışmaların oldukça benzer çalışmalar olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar aktif ve pasif olmak üzere iki ana prensipten oluşmaktadır.

Piyasada bulunan çalışmaların çoğunluğu aktif havalandırma sistemine sahip olup genellikle üst segment araçlarda sunulmaktadır. Bunun dışında pasif olarak patentlenmiş bazı tasarımlar da bulunmaktadır.

Bu çalışmada farklı alanlarda sürüş karakteristikleri bulunan çeşitli müşteri kitleleri incelenmiş olup buna bağlı olarak örneklem incelemeleri yapılmıştır. Aşağıdaki tablo yaz aylarında incelenmiş farklı yaş boy ve kilolardaki kullanıcıların yorumları ve bilgilerini içermektedir.

Çizelge 1. KANO Analizi Yöntemi ile Yapılmış Örneklemler ve Yorumları Tablosu

Kişi Bilgileri	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Boy:	168	174	177	186	170	174	180	175
Kilo:	80	85	118	114	76	86	85	100
Yaş:	51	37	45	40	37	43	37	50
Terleme Sorunu	Terleme Problemi Mevcut	Terleme Problemi Mevcut	Terleme Problemi Mevcut	Terleme Problemi Mevcut	Terleme Problemi Mevcut	Terleme Problemi Mevcut	Terleme Problemi Mevcut	Terleme Problemi Mevcut
Klima Kullanım	Orta Seviyeli Kullanım	Sürekli Kullanım	Sürekli Kullanım	Sürekli Kullanım	Sürekli Kullanım	Sürekli Kullanım	Sürekli Kullanım	Sürekli Kullanım
Araç kullanım Süresi	3 saat	5 saat	4-5 saat	1,5 saat	2-3 saat	2-3 saat	7 saat	5 saat
Terleme Bölgesi	Sırt ve Oturak	Sırt	Sırt	Sırt	Sırt	Sırt	Sırt	Sırt
Problem Çözüm Etkisi	Çözülmesi Olumlu	Çözülmesi Olumlu	Çözülmesi Olumlu	Çözülmesi Olumlu	Çözülmesi Olumlu	Çözülmesi Olumlu	Çözülmesi Olumlu	Çözülmesi Olumlu
Araç tipi	Model A	Model B	Model B	Model C	Model B	Model D	Model A	Model C
Koltuk malzeme tipi	Kumaş	Kumaş	Kumaş+ deri	Kumaş+ deri	Kumaş	Kumaş	Kumaş	Kumaş

Bu örneklemlerden elde edilen çıktılar ayrıca mevcut tasarımın performansını da belirlemektir. Sadece yolcular ve sürücüyü daha etkili bir şekilde soğutmak değil, aynı zamanda mevcut koltuk yapısında mümkün olan en az değişiklikle bu hedefe ulaşmak ana kriter olarak belirlenmiştir.

Yukarıda belirtilen KANO çalışmasında elde edilen sürü deneyimleri ve yorumları yaz aylarındaki kullanımda özellikle sürücü koltuğunun sırt bölgesinde 1,5 saat sürüş sonrasında terleme probleminin başladığı gözlemlenmiştir. Burada koltuk malzemesinin

deri olması klima sisteminin kapalı olması durumunda doğal olarak problemin en yüksek seviyede olduğu, kumaş malzeme ve klima açık durumda ise bir nebze de olsa daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen bu verilere bağlı olarak bu alanda performans iyileştirici bir çalışma yapmak açıkça gerekmektedir.

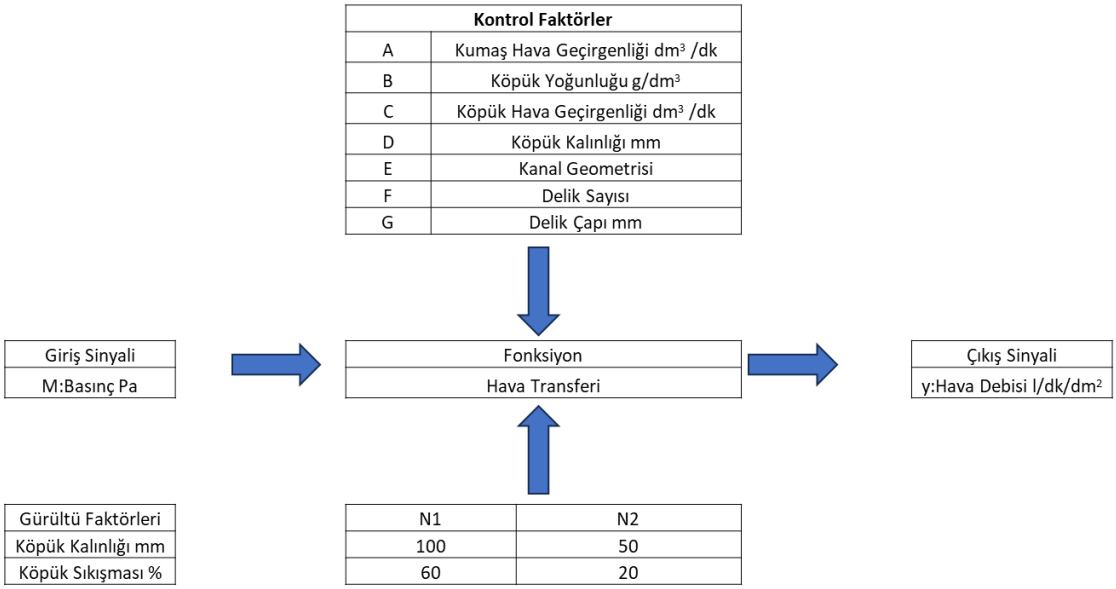
3.2. DFSS-6 Sigma Metodu ile Alternatif Tasarımların Belirlenmesi

Kabin termal konforu içerisinde önemli bir alan olan koltuklar çalışmaya açık ve iyileştirmeler yapılması gerektiği yapılan KANO çalışması ile ortaya çıkmıştır. Koltuklarda temas gerçekleşen malzemelerinin nefes alabilirliği tespit edilen problemin çözümünde fayda sağlama potansiyeli oldukça yüksek bir fikirdir. Temel amaç bu çalışmada daha önceki kısımlarda belirtildiği üzere maliyetleri artırmadan koltuk pasif havalandırmasının optimizasyonu mevcut duruma göre daha etkili olacak şekilde gerçekleştirmektir.

Günümüzde tüm şirketler değişen ve gelişen dünya koşulları içerisinde maliyetlerini düşürmeyi amaçlamaktadır. Bunun yanı sıra müşteri odaklı çalışmaya devam edip, müşteri memnuniyeti sağlamakta oldukça önemli bir hedefleridir. Bu aşamada hem kalite hem de maliyet açısından bir mühendislik optimizasyon çalışması yapmak gereklidir. İş performansını ve karlılığı artırma, kalitesizliğin neden olduğu maliyetleri azaltma, müşteri tatmini sağlama ve beklentilerini karşılama bunlarla birlikte şirket verimliliğini maksimum düzeye tutmak gibi şirket için önemli stratejilerin geçekleşmesi DFSS (6 Sigma) yöntemi denilen müşteri odaklı tasarım optimizasyonu metodu ile mümkündür.

DFSS yönteminin bu çalışmaya entegrasyonu koltuk seviyesinde nefes alabilirlik projesini hayata geçirebilmek odaklıdır. Bunun için öncelikle firma potansiyelindeki koltuk malzeme bileşenlerini belirlemek gerekmektedir. Bununla birlikte termal konfor için tanımlanan hedefe ulaşabilmek adına, tasarımı etkileyen İdeal Fonksiyon / P Diyagramı / Gürültü Stratejisi / Kontrol Faktörleri de belirlenmesi gerekmektedir.
Aşağıdaki tabloda belirtilen bu parametreler gösterilmektedir.

Çizelge 2. DFSS Tablosu Kontrol Faktörleri ve Etkin Parametreler Tablosu



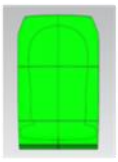
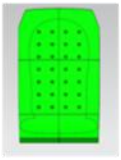
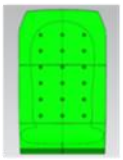
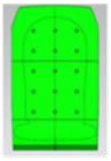
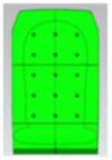
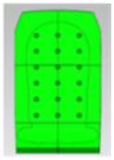
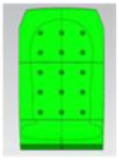
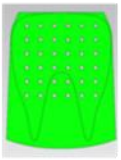
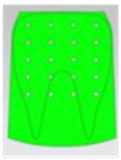
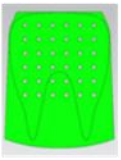
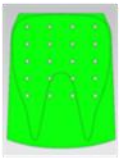
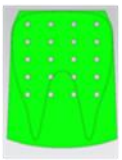
3.2.1. Kontrol Faktörleri ve Sistem Parametrelerinin Belirlenmesi

DFSS (6 Sigma) çalışması öncesinde belirlenen kontrol faktörleri; yüzey kumaşları ve sünger çeşitleri için hava geçirgenlikleri, yoğunlukları, kalınlıkları olarak sıralanabilir. Süngerler üzerinde yapılacak olan geometrik değişiklikler ise; delik sayıları, delikler arası mesafe ve çapları olarak control faktörleri arasına eklenebilir. Giriş sinyali olarak belirttiğimiz parameter ise basıç kaybı olarak, çıkış sinyali olarak belirttiğimiz parameter ise hava akışı olarak tanımlanabilir. Aşağıda belirtilen tabloda belirlenen parameter ve kontrol faktörlerine bağlı alternatif tasarımların tablosu görülmektedir.

Çizelge 3. DFSS Sonucu Elde Edilmiş Olan Alternatif Tasarımlar Tablosu

								A	B	E	F	G
	A	B	C	D	E	F	G	Kıyafet Hava Geçirgenliği (dm3/min)	Köpük Yoğunluğu (dm3/min)	Kanal Geometrisi (mm)	Delik Sayısı	Delik Çapı (mm)
1	1	1	1	1	1	1	1	x_1	y_1	Kanalsız	0	0
2	1	2	2	2	2	2	2	x_1	y_2	Kanal Tipi 1	z_1	v_1
3	1	3	3	3	3	3	3	x_1	y_3	Kanal Tipi 2	z_2	v_1
4	2	1	1	2	2	3	3	x_2	y_1	Kanal Tipi 3	z_3	v_1
5	2	2	2	3	3	1	1	x_2	y_2	Kanal Tipi 4	z_4	v_2
6	2	3	3	1	1	2	2	x_2	y_3	Kanal Tipi 5	z_2	v_2
7	3	1	2	1	3	2	3	x_3	y_1	Kanal Tipi 6	z_5	v_3

Yukarıda belirtilen tabloda belirlenen gürültü faktörlerine göre her bir komponent özelliklerinin bilgilerini içeren alternatif tasarımlar sıralanmıştır. Bu tasarımların ortaya çıkmasında kontrol faktörleri ile tasarım sınır şartları etkili olmuştur. Elde edilen kombinasyonların kontrol faktörlerine göre değerlendirilmesi sonucu koltuğun hava almasını en çok etkileyen unsurlar köpük kalınlığı, malzeme hava geçirgenlikleri olarak sayılabilir. Bu veriler ışığında seçilen kumaş ve köpük malzemeler üzerinde delik sayısı ve çapına bağlı geometrik performansın incelenebilmesi için aşağıdaki alternatif tasarımlar oluşturulmuştur. Bu tasarımlar yapılırken incelenmek istenen bölgeler dikkate alınmış olup geometri görsellerinde görüldüğü üzere oturak ve sırt bölgesi sınır olarak ayrılmıştır ve deliklerin yerleşimi DFSS'te belirlenen özelliklere göre tasarlanmıştır. Toplamda 7 adet kit oluşturulmuş olup 1 tanesi de mevcut durumu ifade etmektedir.

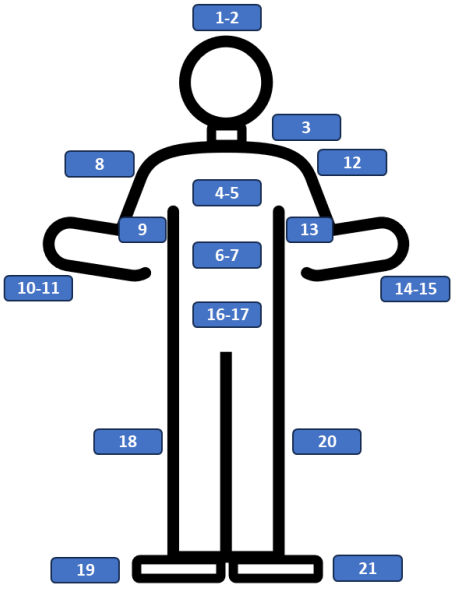
DFSS İLE ELDE EDİLMİŞ TASARIM MODELLERİ	KİT 1	KİT 2	KİT 3	KİT 4	KİT 5	KİT 6	KİT 7
SIRTLIK SÜNGERİ							
OTURAK SÜNGERİ							

Şekil 7. Mevcut Koltuk Geometrisi ve DFSS Sonucu Elde edilen Alternatif Tasarımlar

3.3. İnsan Vücudunun Termal Tepki Modeli

Isıl konfor modellemesinde iki aşama vardır. İlk aşama, ısı depolama oranını ve vücut sıcaklığını tahmin etmek için vücut ve çevreleyen ortam arasındaki ısı değişim sürecini açıklar. Son 50 yılda insan vücudunun çevre ile termal etkileşimini dikkate alan birkaç model geliştirilmiştir. Bu modellerin mükemmel incelemeleri ve kritik değerlendirmeleri Dohetry ve Arens (1988), Haslam ve Parsons (1988) ve Lotens'ın (1988) yapmış olduğu çalışmalarda detaylıca incelenmiş halleri bulunmaktadır. (R. A. Haslam, K.C. Parsons, 2016) Cismin farklı katmanlardan ve çoklu segmentlerden oluşması düşünülerek daha detaylı termal analiz elde edilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen insan termal tepki modeli, Burch ve diğerlerinin modeline dayanmaktadır. (S. D. Burch, S. Ramadhyani and J.T.,

Pearson, 1988) Model, vücudun üç katmandan oluştuğunu düşünür: gövde, deri ve giyilen giysi şeklindedir. İnsan vücudunun Şekil 8'de gösterildiği üzere 21 ayrı bölüme ayrıldığı görülmektedir.

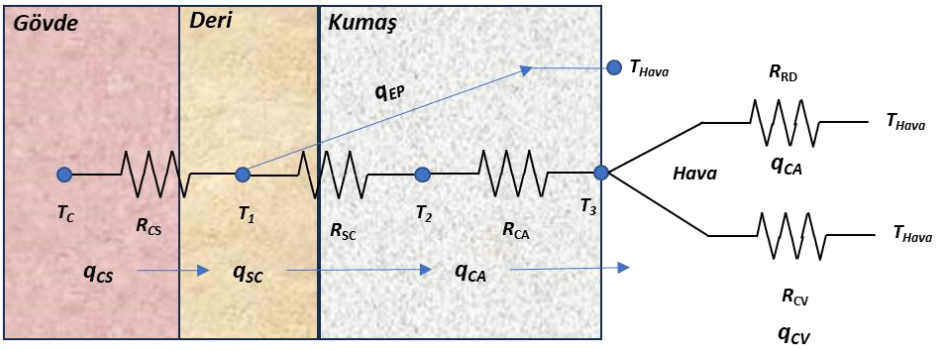


Vücut Segmentleri	
No	Tanım
1	Baş Ön
2	Baş Arka
3	Boyun
4	Göğüs
5	Sırt Üst
6	Karın
7	Sırt Alt
8	Sağ Üst Kol
9	Sağ Alt Kol
10	Sağ El Arka
11	Sağ El Ön
12	Sol Üst Kol
13	Sol Alt Kol
14	Sol El Arka
15	Sol El Ön
16	Üst bacak Ön
17	Üst bacak Arka
18	Alt bacak Ön
19	Alt bacak Arka
20	Sağ Ayak
21	Sol Ayak

Şekil 8. Isıl konforun İncelenmesi için Bölünmüş İnsan Vücudu Segmentleri

Şekil 8'de gösterildiği gibi vücut bölümlerinin her bir kısmı hassasiyet ve ısıl memnuniyet açısından farklı olarak incelenmek üzere ayrılmaktadır. Ayrıca yaz ve kış mevsimlerinde normal kıyafetlerin yanı sıra farklı kıyafetler tercih edilmektedir. Araç içerisinde havanın geliş yönüne bağlı sürücü koltuğu, direksiyon simidi ve yerel hava hızı ısıtmayı veya havalandırmanın etkisine bağlı termal memnuniyeti belirleyen parametrelerdendir. Hesaplamalar yapılırken bu parametre göz önünde bulundurularak geometrik ve malzeme odaklı değişken özelliklerinin hesaplamalarda doğru kullanımına dikkat edilmelidir.

Normal kıyafetli bir model tarafından tahmin edilen insan vücudu segmentinin termal direnç ağı, Şekil 9'da gösterilmektedir. Gösterildiği gibi, ısı (birim alan başına) vücut tarafından normal metabolik performans sayesinde ($\mathbf{q_{MT}}$) üretilir ve aktarılmaktadır. Bu ısı aktarma işlemi; iletim ($\boldsymbol{q_{CN}}$) konveksiyon, $\boldsymbol{q_{CV}}$, radyasyon, $\boldsymbol{q_{RD}}$, solunum, $\boldsymbol{q_{RS}}$ ve terin deriden buharlaşması ($\boldsymbol{q_{EP}}$) şeklinde ifade edilebilir. Vücut segmentindeki ısı depolama oranı, ısı üretim oranı ile çevreye olan ısı kaybı oranı arasındaki farka eşittir.



Şekil 9.Gövde, Deri, Kıyafet ve Hava ile Isı Transferi Yöntemi

Temel ısı transferi ilkeleri, kuru ısı kaybını (iletim, konveksiyon ve radyasyon) cilt sıcaklığı, T_{SK}, termal dirençler, R_{is} ve çevre koşulları açısından değerlendirmek için kullanılabilir. Cilt sıcaklığı, T_{SK} ve ısı akışları q_{EP} ve q_{RS}, terleme, titreme ve vasküler daralma ve genişleme yoluyla kan akışının kontrolü dahil olmak üzere vücudun karmaşık termo-düzenleyici işlevlerine bağlıdır. Genel olarak, bu termo-düzenleyici işlevler, termal geçişler ve giysi, sıcaklık ve hava hızındaki tekdüze olmama nedeniyle değişen ısı kaybı oranlarına yanıt olarak vücut üzerinde değişir. Isı kazancı/kayıp terimlerinin her biri için denklemler sunulur ve zamanın bir fonksiyonu olarak düğümlerin sıcaklığını tahmin etmeye yönelik denklemler geliştirmek için her düğümde ısı dengeleri gerçekleşmektedir. (W. A. Lotens, 1998)

3.3.1. İnsan Vücudunda Isı Kaybı Hesaplamaları

Normal koşullar altında, insan vücudunda, ısı yalnızca belirli bir fiziksel aktiviteye bağlı olarak metabolik değişime endeksli olarak gerçekleşir. Bu nedenle metabolizma değişiminden kaynaklı ısı atımı direkt olarak hareket eden kas miktarı ile doğru orantılıdır. Fanger'e (1972) göre, bir otomobil sürücüsünün ortalama metabolizma hızı, trafik düzeyine bağlı olarak 1 ila 1,8 met (1 met = 58,15 W/m2) arasında değişmektedir. (P. O. Fanger, 1972)

3.3.1.1. İletim ile Isı Kaybı

İnsan vücudundan atılan ısı miktarı, çevresel etkilere bağlı olarak kaslar tarafından gerçekleştirilmekte olup buna bağlı olarak birçok yayılım tipi bulunmaktadır. Bu ısı transfer metotlarından birisi daha önce de bahsedildiği üzere iletim yoluyla ısı kaybıdır. İletim yolu ile ısı transferi iki madde arasında etkileşim yöntemi ile oluşmaktadır. Gövde ile deri arasındaki ısı alışverişi, iletim ve kanın adveksiyonu ile gerçekleşmektedir. Adveksiyon yoluyla ısı transferi, gövde ve deri tabakaları arasındaki kan akış hızına bağlıdır. Gövde ve cilt arasında gerçekleşen bu ısı transferi matematiksel olarak şu şekilde yazılabilir:

$$Q_{CS,i} = \{(h_{BL} + \rho_{BL} * C_{P,BL} * \vartheta_{BL}) * A * (T_{CR} - T_{SK})\}i$$

$$i=1,2,\ldots\ldots,N \qquad (1)$$

burada $\boldsymbol{h_{BL}}$, gövde ve cilt arasındaki etkin iletkenliği temsil etmektedir. Kanın özgül ısısı ve yoğunluğu sırasıyla 4,145 J/kg.K ve 1,010 kg/m3 olarak alınır ve $\boldsymbol{A}$ deri yüzey alanını ifade eder. Tüm vücut bölümleri için gövdeden cilde ısı transferini hesaplamak için kullanılmaktadır. Termo-düzenleyici sistem tarafından düzenlenen cilt alanı birimi başına cilt kan akış hızı, $\boldsymbol{\upsilon_{BL}}$ olarak tanımlanır. Deri ile giysili bir vücudun dış yüzeyi arasındaki kuru ısı transferi, giysi gözeneklerindeki iç konveksiyon ve radyasyon işlemlerini ve kumaşın kendisinden iletimi ile gerçekleşen ısı transferini içeren oldukça karmaşık bir hesabı vardır. Genel olarak, bunun için testlerde ısıtmalı bir manken kullanılır. Farklı giysi gruplarının etkili termal iletkenliği, deriden giysiye olan ısı kaybı, $\boldsymbol{Q_{SC}}$, şu şekilde yazılabilir;

$$Q_{SC,i} = \left\{k_{CL} * f * A * \frac{\Delta T}{\Delta x_{CL}}\right\} i$$

$$i=1,2,\ldots\ldots,N \qquad (2)$$

3.3.1.2. Konveksiyon ile Isı Kaybı

Doğrudan maruz kalan deriden ve giysili vücudun dış yüzeylerinden konveksiyon yoluyla ısı kaybı aşağıdaki denklemle ifade edilebilir:

$$Q_{CV,i} = \{h_{CV} * f * \Delta T\}i$$
$$i=1,2,\ldots\ldots,N \quad (3)$$

Burada $\boldsymbol{\Delta T}$, cilt sıcaklığı (veya giysi sıcaklığı) ile ortam havası arasındaki farktır. $\boldsymbol{f}$, giyinik vücudun ve çıplak vücudun etkin yüzey alanlarının oranıdır. Konvektif ısı transfer katsayısı, $\boldsymbol{h_{CV}}$ olarak tanımlanır.

3.3.1.3. Radyasyon ile Isı Kaybı

Radyasyonla ısı kaybı;

$$Q_{RD,i} = \{\sigma * \epsilon * F_G * f * A(T^4 - T_{RD}^4)\}i$$
$$i=1,2,\ldots\ldots,N \quad (4)$$

burada $\boldsymbol{\sigma}$, Stefan-Boltzmann sabitidir, 5.67×10-8 W/(m2.K4). $\boldsymbol{\varepsilon}$, giysinin veya vücut yüzeyinin ortalama emisyon değeri olup (çoğu pamuklu giysi için yaklaşık 0,9 ve cilt için yaklaşık 1,0) olarak alınmaktadır. $\boldsymbol{F_G}$, cildin veya giysili bölgenin çevreye yayılan fraksiyonudur. Vücut segmentleri ve onu çevreleyen yüzeyler birer düzlem ve birbirlerine paralel olarak kabul edilir. Bu basit düzlemsel öğeler olarak kabul edilen segmentler maruz kalınan alan fraksiyonuna dayalı olarak yaklaşımlar yapılarak hesaplamalar gerçekleştirilir.

3.3.1.4. Terin Buharlaşması ile Isı Kaybı

Buharlaşma nedeniyle ciltten toplam gizli ısı kaybı, $\boldsymbol{Q_{EP}}$, şu şekilde verilir:

$$Q_{EP,i} = \left\{wA_{Eff} * \frac{P_{SK} - P_A}{R_{M,SA}}\right\} i$$
$$i=1,2,\ldots\ldots,N \quad (5)$$

burada $\boldsymbol{\omega}$ toplam cilt ıslaklığıdır (neme maruz kalan alanın yüzdesi) ve $\boldsymbol{R_{M,SA}}$ giysi ve çevredeki havadan kaynaklanan toplam buhar difüzyon direncidir. $\boldsymbol{P_{SK}}$ ve $\boldsymbol{P_A}$, sırasıyla cilt ve ortam sıcaklıklarındaki su buharı basınçlarıdır.

3.3.1.5. Solunum ile Isı Kaybı

Isı ve su buharı, solunum sırasında konveksiyon ve buharlaşma yoluyla solunan havaya aktarılır. Havanın doymuş koşullarda dışarı verildiğini varsayarsak, solunumdan kaynaklanan toplam duyulur ve gizli ısı yayılımı aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$Q_{RS} = m_A \left[C_{P,A}(T_{CR} - T_A) + h_{fg} \frac{(P_{CR} - P_A)}{P_t} \right] \tag{6}$$

Burada $\boldsymbol{P_{CR}}$ ve $\boldsymbol{P_t}$, sırasıyla gövde sıcaklığındaki su kısmi basıncı ve ortam basıncıdır. $\boldsymbol{h_{fg}}$, suyun gizli buharlaşma ısısını ifade eder. Solunum ısısı kaybının sadece ilk beş vücut bölümünü etkilediği varsayılır, bu nedenle; $\boldsymbol{Q_{RS}}$ arasında bölünür. Bu segmentler yüzey alanlarıyla orantılıdır. Solunan havanın kütle akış hızı, toplam metabolizmanın doğrusal bir fonksiyonu olarak tahmin edilmektedir:

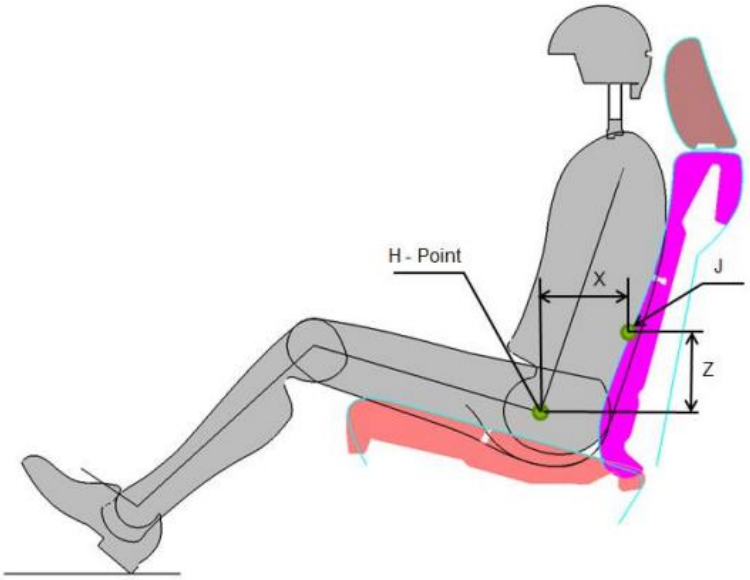
$$m_A = 1.3 * 10^{-6} * Q_{MT} \tag{7}$$

3.4. Sürücü Koltuğu Tasarımını Etkileyen Faktörler

Araç sürüş esnasında hem sürücü hem de yolcular için konfor parametreleri oldukça önemlidir. Özellikle uzun yolculuklarda belli bir süre hareketsiz kalma durumunda birtakım rahatsızlıklar olması sağlık açısından olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bu rahatsızlıklar belde, sırtta, boyunda ağrı gibi bölgelerde baş gösterebilir. Bu tarz olumsuz koşulları elimine etmek için özellikle yolcu ve sürücünün rahatlığı için aşağıdaki bazı parametrelerin iyileştirilmesi gereklidir. Bu parametreler; sürücü koltuklarının antropometrik yani herhangi bir boyut veya şekildeki sürücü kolayca yerleşebilir olacak şekilde tasarlanmış olması gerekir. Tüm yol boyunca sürüş sırasında sürücü rahat

olmalıdır. Sürücü koltuğu, kaza anında sürücüye koruma sağlamalıdır. (Karimi, G., Chan, C. ve Culham, J. R., 2003)

Konfor, herhangi bir işi yerine getirme sürecinde kişisel memnuniyet ve rahatlık seviyesi olarak adlandırılabilir. Konfor faaliyetleri, sürücü koltuklarında termal konfor, basınç dağılımı, geometrik parametreler ve titreşimi içerir.



Şekil 10. Sürücü Koltuğu Tasarımını Etkileyen Faktörler (Ülker O., Altın M., Derafshi M., 2021)

3.4.1. Termal Faktör

Termal konfor, yolcularla birlikte sürücünün de sağlığı için çok önemli bir ergonomik parametredir. Genel olarak koltuk minderi malzemeleri (koltuk kılıfı, köpük ve yapısı) sürücü vücudundan ısıyı emerek bir ısı tutucu görevi görür, bu olay kış mevsiminde sağlık için iyidir, ancak yaz mevsiminde terleme ve ısıl memnuniyetsizlikten sorumludur. Özellikle koltuk alt kısımda yoğun olarak bu durum görülse de sırt kısımda da yaz mevsiminde belirtildiği üzere rahatsızlık verebilir. Bu durum mevsimlere göre farklı koltuk kılıfları kullanılarak manuel olarak kullanıcı tarafından aşılabilir. Fakat bunun da önüne geçmek amaçlı, koltuğun yapısı gereği içerisinde bir hava sirkülasyonu sağlamak oldukça uygulanabilir bir yöntem olabilir. Bu sayede yaz aylarında meydana gelecek olan ısı depolama sorunu da çözülerek daha ferah bir ortam sağlayacak olup sürüş konforu da olumlu yönde etkilenecektir. (T. J. Dohetry, and E. Arens, 2016)

3.4.2. Basınç Faktörü

Sürücü sağlığı ve konforu için, insan vücudu boyunca koltuk üzerinde eşit basınç dağılımı çok önemli bir parametredir. Bir koltuk üzerindeki basınç dağılımı, minder tasarımı, ergonomik tasarım, sertlik ve köpük malzemesinin özelliklerine de bağlıdır. Uygun bir koltuk tavası konturu, koltuk üzerinde eşit bir basınç dağıtır ve insan kalçasında stres yoğunlaşmasını önler. Düzgün eğimli arkalık, kalçalardaki baskıları azaltarak stresin dağılmasını buna bağlı olarak yorgunluğun azalmasını sağlar.

3.4.3. Titreşim Faktörü

Sürüş esnasında araçların tipine çevre koşullarına ve sürüş karakteristiğine bağlı olarak sürüş konforunu etkileyen birçok parametre vardır. Aracın hareketini etkileyen sarsıntı, araçta ve sürücü koltuğunda da ani titreşimlere neden olur. Bu tür titreşimler insan vücuduna da koltuklar vasıtası ile iletilir sürüşü konforunu etkiler. Bu nedenle koltuğun ana yapısı kaliteli süspansiyon sistemi içermeli, malzemeler ise uygun olarak seçilip, tasarımlar ergonomik bir şekilde yapılması gerekir.

3.5. Termal Konforlu Koltuk Tasarımı

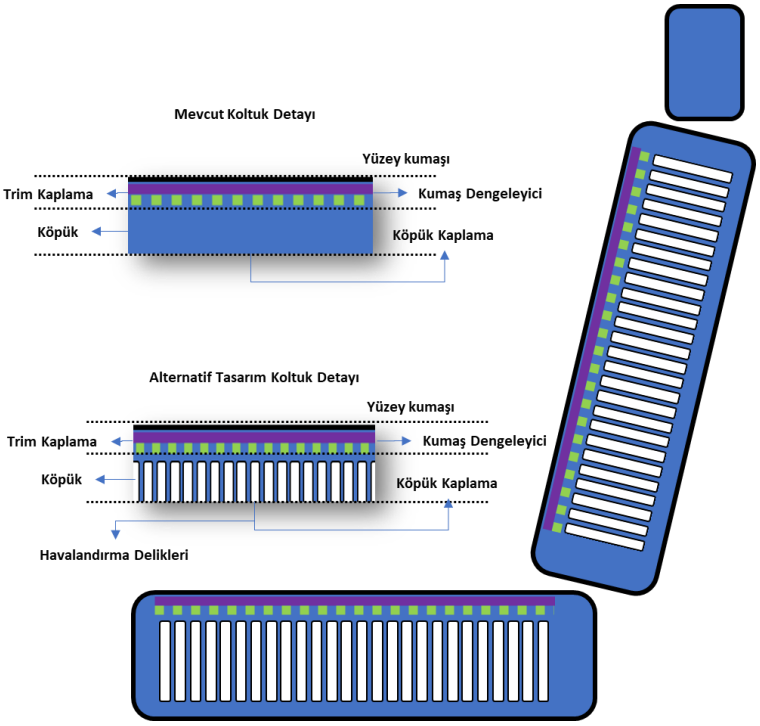
Kabin ısıl konforu genelinde belirlenen sınır şartları çerçevesinde, araç klima sistemi üzerinden hava üfleyerek doğal taşınım ile sürücü ve yolcu koltuklarının soğutulması konusu bu çalışmanın ana hedefidir. DFSS (6 Sigma) çalışması sonucunda elde edilen alternatif tasarımlar üzerinde belirlenen hava debisi ve sıcaklığında koltuk sırt ve alt kısımlarındaki hava sirkülasyonun verimliliği ve sıcaklık düşüşünün incelenmesi ve sürücü ısıl konforuna etkisi incelenmiştir.
Sıcak ortamda şartlandırılmış olan araç kabini içerisine soğuk hava üfleyen klima sistemi ile koltuk süngerlerinin poroz özelliklerinden dolayı ısıyı hapsetme özelliklerinin önüne geçilerek hava sirkülasyonu yüksek daha ferah bir mühendislik tasarımı üzerine çalışmalar yürütülmüştür.

Günümüz ürün geliştirmesinin önemli bir yönü olan simülasyonlar, bir sistemi analiz etmek ve optimize etmek için önemli araçlardır. Bu nedenle Gao (2005), bir insan

vücudunun parçalarının simülasyonlarını yaptı. Model karmaşıklığı nedeniyle bir insan vücudunu simüle etmenin imkânsız olduğu sonucuna vardılar. (Gao, N.,2005) Bu, simülasyonların insan vücudunun bir modeli olmadan yapılması gerektiği anlamına geliyordu. Aktif koltuk havalandırmasının modellenmesinin bir başka yönü, HVAC sistemleriyle birlikte araştırılmış olmasıdır. Giysi yalıtımının dikkate alınması karmaşıklığı artıran bir diğer boyuttu. (Ghosh, D. Ve arkadaşları, 2012) Bir insanı serinletmek için hava sirkülasyonu yapıldığında, başlangıçta hoş olarak algılanabilir. Ancak kişi soğuduktan sonra istenmeyen bir hava akımı olarak algılanabilir. En hassas bölge, güçlü bir soğumanın kramplara neden olabileceği sırtın alt kısmıdır. (Bhosale R. ve Vogt N., 2016) Diğer bir kritik husus, noktasal soğutmanın termal rahatsızlığa neden olabilmesidir. Bu kriterin de göz önünde bulundurulması dikkat edilmesi en önemli noktalardan birisidir.

3.5.1. Soğutmalı Nefes Alabilir Koltuk Termal Modeli

Çalışmanın önceki kısımlarında belirtildiği üzere koltuk sistemleri günümüz araçlarında birçok özelliğin entegrasyonu ile oldukça karmaşık hale gelmiştir. Yapılan iyileştirme çalışmaları ile koltuk, yaz aylarında sürücü ve yolcular için temas yüzeylerine havalandırmalı sistem tasarlanarak hava sirkülasyonu sağlamak ve bu sayede terlemeyi önlemek için tasarlanmıştır. Sünger içerisinde belirli mühendislik ve üretim standartlarına göre tasarlanmış gözenekli yapı sayesinde bunu gerçekleştirebileceği öngörülmektedir. Aşağıdaki şekilde çalışmanın taslak kesit görseli bulunmaktadır.



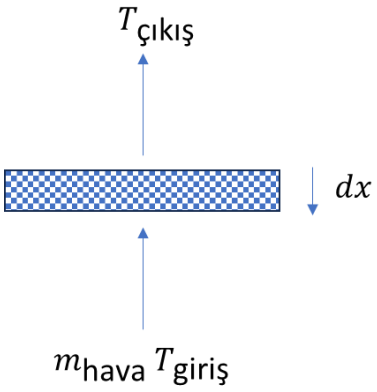
Şekil 11. Havalandırmalı Koltuk Sisteminin Kesit Mekanizması

Koltuktaki ısı transferi üç boyutlu bir olay olmasına rağmen, ısıtma ve havalandırma işlemleri sırasında koltuktaki sıcaklığın zamanla değişimini tahmin etmek için basit geçici tek boyutlu termal modeller kullanılmaktadır. 1 boyutlu ısı transferi varsayımı, birincil akış yönüne (x yönü) kıyasla diğer yönlerde nispeten büyük termal dirençler dikkate alınarak doğrulanabilir. Isıtmalı koltuk için geçerli denklem;

$$\frac{\partial^2 T_i}{\partial^2 x_i^2} + \frac{Q_i}{k_i} = \frac{1}{\alpha_i} * \frac{\partial T_i}{\partial t}$$

i=1,2,……,N katman sayısı (5)

$\boldsymbol{Q_D}$, ısıtma pedinin birim hacmi başına ısı üretimidir ve diğer koltuk malzemeleri için sıfırdır. $\boldsymbol{k}$ ve $\boldsymbol{\alpha}$, koltuk malzemelerinin termal iletkenliği ve termal yayılma özelliğidir. Havalandırma için yönetici denklem, Şekil 11'de gösterildiği gibi küçük bir kontrol hacmi üzerine bir enerji dengesi yazılarak elde edilir.



Şekil 12. Basit bir Kontrol Hacminde Enerji Transferi

Şekilde ifade edildiği üzere hava belirli kontrol hacmine T_i olarak girer, sünger malzemesi ile ısı alışverişi yapar ve kontrol hacmini T_o olarak terk eder. Zamanla sıcaklıktaki değişim, toplu ısı kapasitesi yaklaşımı kullanılarak aşağıdaki gibi tahmin edilebilir;

$$\frac{T_o - T_i}{T_{t=0} - T_i} = e^{-\beta t} \tag{6}$$

Burada, ***t=0 T***, ilk oturma yeri sıcaklığı, ***m***, kontrol hacmindeki sünger malzemesinin kütlesi, m_C, havalandırılan havanın kütlesel akış hızı ve C_P, havanın ya da sünger malzemesinin özgül ısısıdır. Havalandırmadan kaynaklanan geçici sıcaklık profilleri, koltuk katmanlarının küçük kontrol hacimlerine bölünmesiyle elde edilir. Hesaplamalar ara parça malzemesinin havanın girdiği yerden başlanır ve yukarıya doğru deri kaplamaya kadar devam eder. Süngerdeki ve koltuk arkalığındaki derideki sıcaklık profilleri iletimle yönetilir.

Termal konfor modellemesinin ikinci aşaması, birinci aşamada bulunan ısı transferi verilerinin kişinin hissedeceği termal duyumu (konforu) tahmin etmek için kullanılması ile gerçekleşir. Bir kişinin arabada algıladığı fizyolojik konfor, onun sübjektif ısı ve nem duyumunun sonucudur. Termal his, kısmen sürücünün koltuğa temasından ve kısmen de ortam havasına maruz kalmasından kaynaklanır.

Termal duyum değerleri, vücut tarafından üretilen ısı oranı (metabolizma ve olası bir titreme nedeniyle) ile bir kişinin belirtilen aktivite, giysi ve giyim seviyesi altında termal

nötrlüğü korumak için ihtiyaç duyacağı ısı dağılımı oranı karşılaştırılarak hesaplanabilir. Mevcut model, bir sürücünün yerel ve genel termal hissini tahmin etmek için Fanger'in ampirik korelasyonunu kullanır;

$$TS_i = \left\{\left[0.303exp\left(\frac{-0.036Q_{in}}{A}\right) + 0.028\right]\frac{Q_{in} - Q_{out}}{A}\right\} i$$

i=1,2,……,N katman sayısı (7)

Q_{in} ad Q_{out}, sırasıyla vücut segmentinden ısı üretimi ve ısı kaybı oranıdır. Genel termal duyum, ***TS***, yüzey alanlarıyla orantılı yerel termal duyumların ***(TS_i)*** ortalaması alınarak hesaplanır. Yukarıdaki denklemle elde edilen ısıl duyum değerleri, **Çizelge 3**'teki ısıl duyum ölçeğine göre yorumlanmıştır.

Çizelge 4. Isıl Duyum Ölçeği

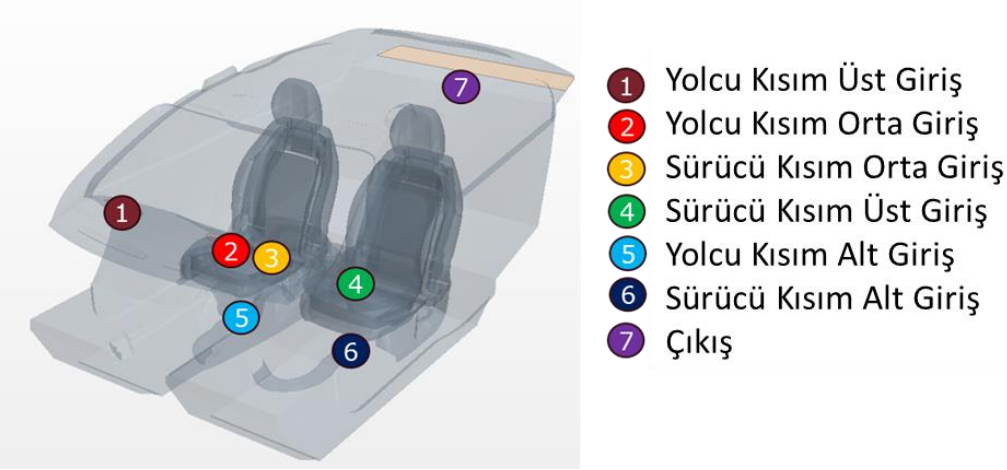
Termal Hissiyat Skalası	
Skala	**Termal Hissiyat**
5	Kritik Sıcak
4	Aşırı Sıcak
3	Sıcak
2	Ilık
1	Hafif Ilık
0	Doğal Sıcaklık
-1	Hafif Soğuk
-2	Serin
-3	Soğuk
-4	Aşırı Soğuk
-5	Kritik Soğuk

3.6. Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği Destekli Simülasyon Prosedürü

İlk aşamada HVAC menfez çıkış hızlarının hesaplanması hedeflenmiştir. Bu çalışma yapılırken klima sistemi alt komponentleri de akışa etkisi olacağı kaçınılmaz olduğundan teknik özellikleri hesaplamalı akışkanlar dinamiği kurallarına uygun olarak modellenmiştir. Bu komponentler kabin radyatörü, filtre ve evaporatördür. Yapılan CFD simülasyonunda klima sistemi iç akış üzerine çalışıldığından bu ekipmanların poroz

özellikleri hesaplanarak modellenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar kabin üfleçlerinden çıkan hava hızları olarak kabin CFD simülasyonu modelinde girdi olarak kullanılmıştır. Sonraki aşamada ise araç için kabin ve ön koltukların detaylı modeli oluşturulmuş ve DFSS ile elde edilmiş olan koltuk modellerinin performansları belirlenen sınır şartları çerçevesinde mevcut durum ile kıyaslanmıştır.

Bu çalışmada yapılan CFD analizlerinde yer alan prosedürler; 3D geometri temizleme, yüzey ve hacim ağ yapısı oluşturma, sınır şartları kurgusu ve temel akışkanlar mekaniği sınır şartlarını belirleme, kıyas ve değerlendirme olmak üzere sınıflara ayrılmıştır.



Şekil 13. Kabin Havalandırma Sistemi Menfezlerin Konumları

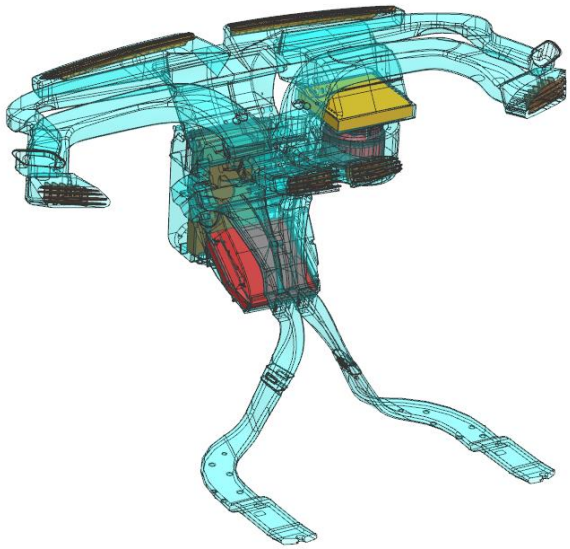
3.6.1. 3D Geometri Temizleme Hazırlığı

Çalışılacak olan modelin kurulmasında ilk aşama CAD tasarımın eksiksiz ve doğru bir şekilde belirlenmesidir. Bu aşama, gerçek simülasyon ve hesaplama öncesindeki tüm adımları kapsamakla birlikte geometri özellikleri, teknik malzeme bilgileri, araç ve çevresel koşullarla birlikte insan faktörü gibi geniş çaplı bir araştırma ve bilgi birikimini kapsamaktadır.

Bu aşamada ilgili tüm faaliyetlerin özenli ve yeterli bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Çünkü simülasyonun tüm sonuçları bu CAD tasarımın doğru olarak aktarılmasından etkilenecektir.

Bu aşamada 2 farklı yöntem üzerinden ilerlenmiştir. Asıl kabin modelinde kullanılmak üzere menfez hız verilerini hesaplamak için ilk olarak HVAC ünitesi modeli oluşturulmuştur. Bu model içerisindeki detaylarla birlikte elde edilerek hazır edilmiştir. Sonrasında Kabin modeli iç hacim hazırlığı için kabin komponentleri, detayları ve ön iki koltuk tasarımları hazırlanmıştır.

Star CCM+, her türlü geometriyi tasarlamak için çok çeşitli araçlar sunan ve ayrıca kullanıcının herhangi bir tasarımı harici programlardan içe aktarmasına olanak tanıyan bir simülasyon programıdır. Catia, Unigraphics, NX, vb. CAD tasarım programları gibi harici tasarım programlarından girdiler alabilme özelliği de bulunmaktadır. Bu çalışmada ilk aşamada HVAC modül CAD tasarım sadeleştirilmesi yapılmıştır. Girişler ve çıkışlar modellenerek içerisinde bulun komponentler ise katı model olarak bırakılmıştır. Sonrasında ise iç hacim modeli oluşturularak CAD tasarım işlemi tamamlanmıştır.

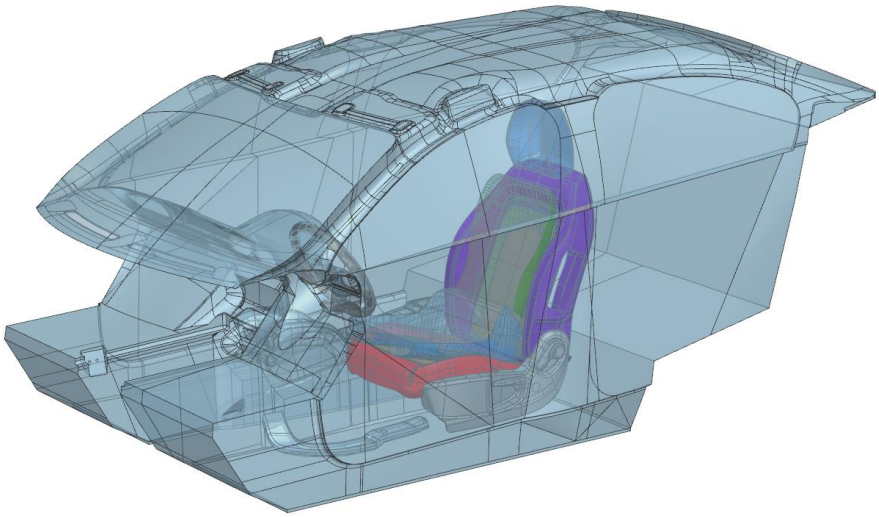


Şekil 14. HVAC Modülü ve Komponentleri 3D Tasarımı

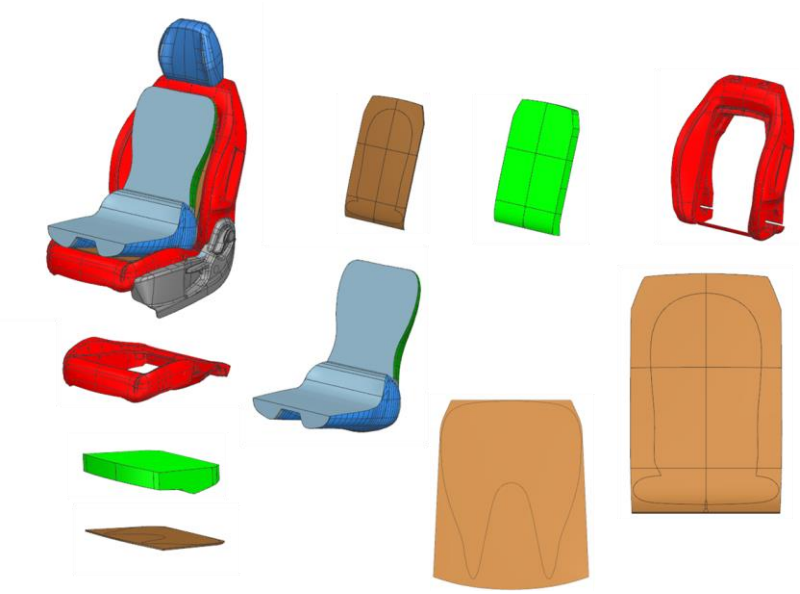
Burada görülmekte olan HVAC modül iç komponentlerin hepsi gözenekli olarak hesaplanarak katı basit model olarak tanımlanmıştır.

İkinci olarak asıl hedef çalışma olan kabin modelleme aşamasına geçilmiştir. Bu aşama geometri karmaşıklığından dolayı modellenmesi zor olan kısımdır. Araç içi CAD modelinin entegrasyonlu parçalarının birbiri ile ilişiğini bozmadan katı hacim oluşturacak şekilde modellenmesi bu aşamada gerçekleştirilmektedir.Katı malzemelerin kabin iç

hacminden çıkartılarak modellenemesi hava giriş ve çıkışlarının belirlenmesi bu aşamada gerçekleştirlmiştir.



Şekil 15. Kabin ve Koltuk 3D Tasarımı

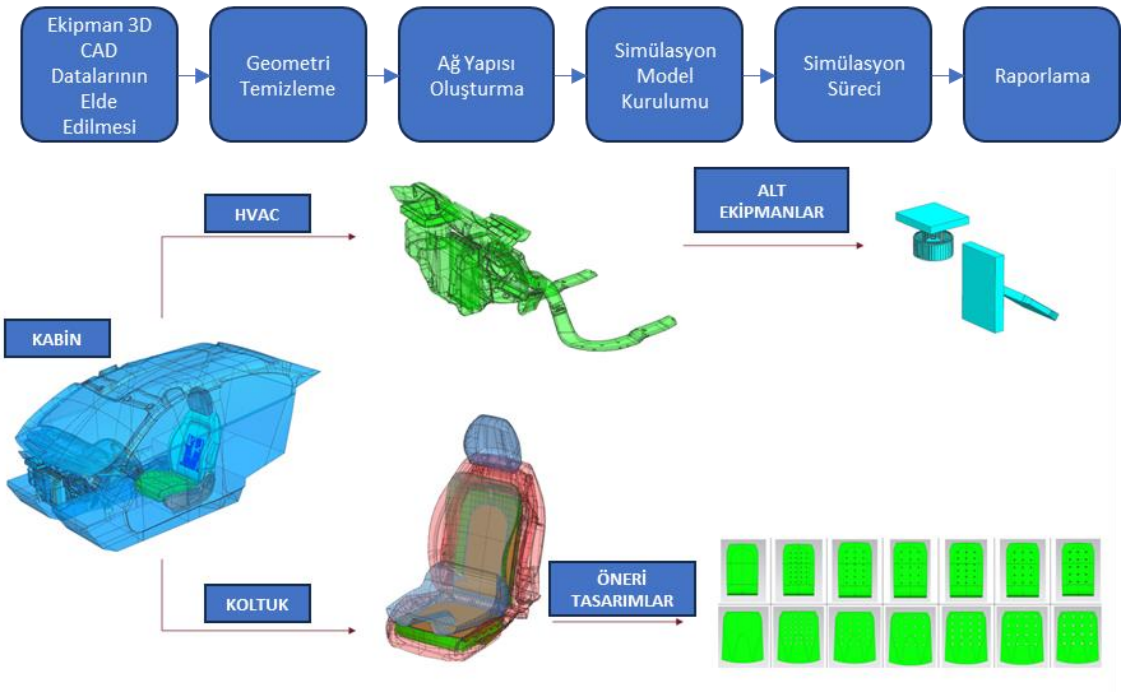


Şekil 16. Koltuk Alt Sistemleri 3D Tasarımı

3.6.2. Yüzey ve Hacim Ağ Yapısı Oluşturma

Araç kabin modeli oluşturulurken kabin için hava hacmi, koltuk gözenekli model hacimleri ile birlikte araç yüzeyleri ve koltuk yüzeyleri sınır koşullarını oluşturmaktadır.

Araç iç hacmi ve koltukların tasarımlar 3 boyutlu modeli SIEMENS NX yazılımı kullanılarak geliştirilmiştir. Koltuk iskeleti, süngerler ve kılıflar detaylı olarak modellenmiştir. Oturma yüzeyi 36x36x5 cm ebadındadır. Modelin toplam hacmi 0.00648 metreküptür. Klima sistemi elemanları ile maksimum performans sınır şartları modellenerek kabin içerisine kanallarından verilen debi miktarı hesaplanmıştır. Klima sistemindeki kabin radyatörü, filtre gibi gözenekli yapı özelliğine sahip ekipmanlar modellenerek simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Kabin içerisindeki koltuk detayları sünger ve kılıflar olmak üzere gözenekli yapı özelliğe sahip kontrol hacimleri modellenmiştir. Simülasyonlar STAR-CCM+ programı kullanılarak yapılmıştır.

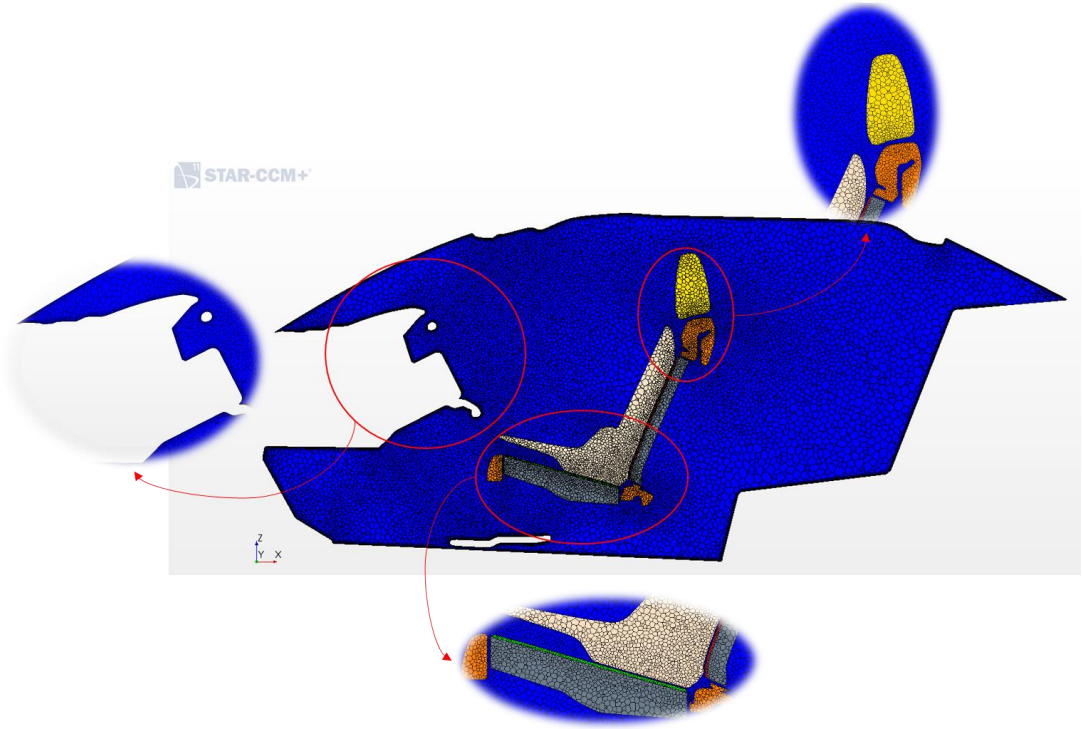


Şekil 17. Kabin ve Koltuk Tasarım-Ağ Yapısı Oluşturma ve Simülasyon Metodolojisi

3D tasarım tamamlandıktan sonra modelin simülasyona hazır hale gelebilmesi için öncelikle 2D yüzey ağ işlemi yapılmıştır. Hyperworks programı kullanılarak yapının yüzey ağ yapısının oluşturulması tamamlanmıştır. Yüzey kalitesini bozmamak ve detayları yok etmemek amaçlı min. 2 mm olacak şekilde tria ve quad mesh tipleri kullanılarak normlardaki mesh kriterleri göz önünde bulundurularak tamamlanmıştır. Tetrahedral ağ, incelenmekte olan modelin düzgün olmayan geometrik şekli nedeniyle dörtgenden daha doğru sonuçlar verdiği için diğerlerine göre tercih edilmiştir. Toplamda 32841430 eleman kullanılmıştır.

Çizelge 5. Kabin-HVAC için Yüzey Ağ Yapısı Parametreleri

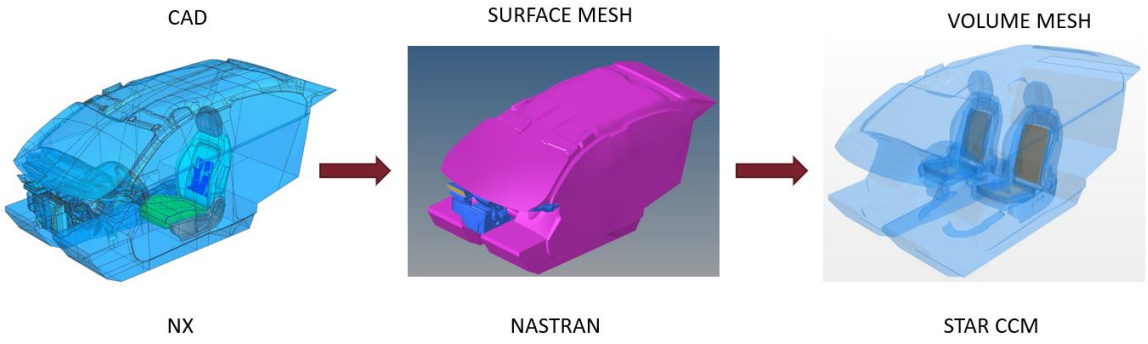
Kabin-HVAC için Yüzey Ağ Yapısı Parametreleri		
Bölgeler ve Sınırlar	**Min. Yüzey Ölçüsü**	**Hedef Yüzey Ölçüsü**
Muhafaza (Havalandırma) ve Difüzörler	2	2
Hava Kanalları	0,8	1
HVAC Modülü Gövdesi	2	3
Fan-Blower	2	5
Kabin	10	2
Ön Konsol	5	20
Cam	10	7,5
Konsol Tüneli	5	10
Direksiyon	5	7,5
Tavan	10	5
Koltuklar	5	10
Ağ Yapısı Büyüme Oranı	1,3	-
Kabin-HVAC Hacim Ağ Yapısı Parametreleri		
Tet/Poly Density	1,1-0,9	
Prism Katman Sayısı	5	
Prism Katman Kalınlığı	3	
Başlangıç Prism Katman Kalınlığı	0,3	
Prizma Katmanlarının Hedef Kalınlığı	Devre Dışı	



Şekil 18. Kabin Ağ Yapısı Modeli Detayı

3.6.3. Sınır Koşullarının Tanımlanması

Arabanın iç yüzeylerine sınır koşulları verilmiştir. Pencere camı biraz şeffaftır ve güneş radyasyonunun büyük bir kısmı camdan geçebilir. Güneş ışınlarının ön cama, yan camlara ısıl yük olarak tanımlanmıştır. Soğurma ve geçirgenlik veri tabanından varsayılan değerler olarak alınmıştır. Diğer kısımlar opak duvarlar olarak düşünülerek kabin içinde diğer güneş radyasyonlarını iletmez. Bu bölümlerin tamamen adyabatik olduğu varsayılmıştır. Duvarlarından konveksiyon, radyasyon veya başka herhangi bir ısı transferi modu gerçekleşmez. Koltuk ve insan modeli malzemeler arasında ısı transferi olacak şekilde tanımlama yapılmıştır.



Şekil 19. Kabin Modelleme Süreci (Tasarım-Yüzey ve Hacim Ağ Yapısı Oluşturma)

Akışkanlar mekaniği (CFD) analizlerindeki ana denklemler temel 1,2 ve 3 nolu eşitlikler olup süreklilik, momentum ve enerji denklemleridir. Bunların yanı sıra partikül takibi veya buharlaşma durumunu da tahmin edebilmek için hareket denklemleri kullanılabilir.

Süreklilik denklemi

$$\frac{\partial}{\partial_t}\int_V \boldsymbol{\rho} * d\boldsymbol{V} + \oint_A \boldsymbol{\rho} * \boldsymbol{v} * d\boldsymbol{a} = \int_V \boldsymbol{S_U} * d\boldsymbol{V} \tag{8}$$

Türbülans Denklemi

$$T_{RANS} = -\rho * \begin{matrix} \overline{u'u'} & \overline{u'v'} & \overline{u'w'} \\ u'v' & v'v' & v'w' \\ u'w' & v'w' & w'w' \end{matrix} \tag{9}$$

Enerji Denklemi

$$\frac{\partial}{\partial_t}\int_V \boldsymbol{\rho E} * d\boldsymbol{V} + \oint_A \boldsymbol{\rho H v} * d\boldsymbol{a} = -\oint_A \boldsymbol{q} * d\boldsymbol{a} + \oint_A \boldsymbol{T v} * \boldsymbol{da} + \int_V \boldsymbol{f_b v} * dV + \int_V \boldsymbol{S_U} * dV \tag{10}$$

Momentum Denklemi

$$\frac{\partial}{\partial_t}\int_V \boldsymbol{\rho v} * d\boldsymbol{V} + \oint_A \boldsymbol{\rho v} * d\boldsymbol{a} = -\oint_A \boldsymbol{pI} * d\boldsymbol{a} + \oint_A \boldsymbol{T} * \boldsymbol{da} + \int_V \boldsymbol{f_b} * dV + \int_V \boldsymbol{S_U} * dV \tag{11}$$

Bir sürücü koltuğunun termal analizi, yalnızca geometrik karmaşıklıkları değil, aynı zamanda hava akışı ile ısı transferinin üç modu, yani Isı İletimi, Konveksiyon ve termal Radyasyon arasındaki güçlü etkileşimleri de içerir. İletim, bir vücutta veya aynı fazda iki veya daha fazla cisimde bir sıcaklık gradyanı olduğunda meydana gelen bir ısı transfer modudur. Birim alan başına ısı transfer hızı, normal sıcaklık gradyanı ile orantılıdır.

$$q = -kA\frac{dt}{dx} \tag{12}$$

q= Isı transfer hızı
dt/dx=Akış yönünde sıcaklık gradyanı
k=Malzemenin ısıl iletkenliği
A=İncelenmekte olan alan

Yukarıdaki denkleme Fourier'nin Isı İletimi yasası denir. Konveksiyon, koltuğun termal konforunun performansı için çalışmak için önemlidir. Konveksiyon, katı ve sıvı veya katı ile gaz veya tam tersi gibi iki farklı faz arasındaki ısı transferinin modudur. Konveksiyonun genel etkisi, Newton'un Soğutma yasası ile ifade edilir.

$$q = hA\Delta T \tag{13}$$

q= Isı transfer hızı
h=Konveksiyon Isı transferi Katsayısı
ΔT=İki cisim arasındaki sıcaklık gradyanı

Enerji transferi ortam olmadan da gerçekleşebilir, bu ısı transferi moduna Radyasyon denir. Bu durumda mekanizma elektromanyetik radyasyondur. Termodinamik değerlendirmeler, ideal bir termal radyatörün veya siyah bir cismin, cismin mutlak sıcaklığının dördüncü kuvvetiyle orantılı bir oranda enerji yayacağını göstermektedir.

$$Q_{emitted} = \sigma T^4 \tag{14}$$

σ=Stefan-Boltzmann Sabiti (5.669 x 10-8 W/m2.K4)

$$U = \frac{\sum_{i=1}^{4}(u_i / {r_i}^2)}{\sum_{i=1}^{4}(1/{r_i}^2)}$$

(15)

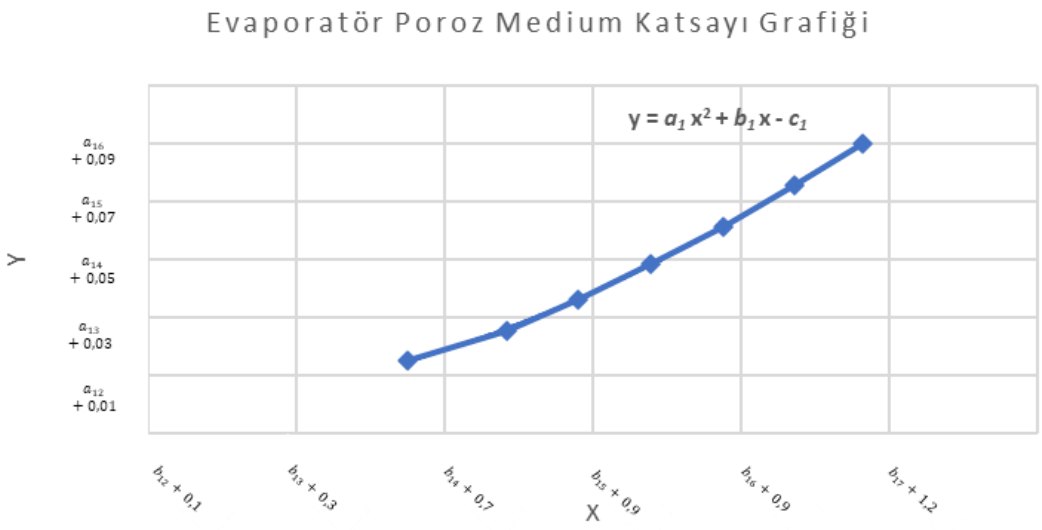
3.7. Gözenekli Yapıların Modellenmesi ve Hesaplamaları

Kabin ve HVAC modül simülasyon modelleri hazırlanırken filtre, evaporatör, ısıtıcı ve PTC, klima sisteminde, koltuk ve alt bileşenleri de kabin kısmında yer alan gözenekli ortamlarıdır. Bu yapıların CFD modelinde çözümü yapılabilmesi için gözenekli bölgelere özel bir yaklaşım olan poroz media metodu geliştirilmiştir.

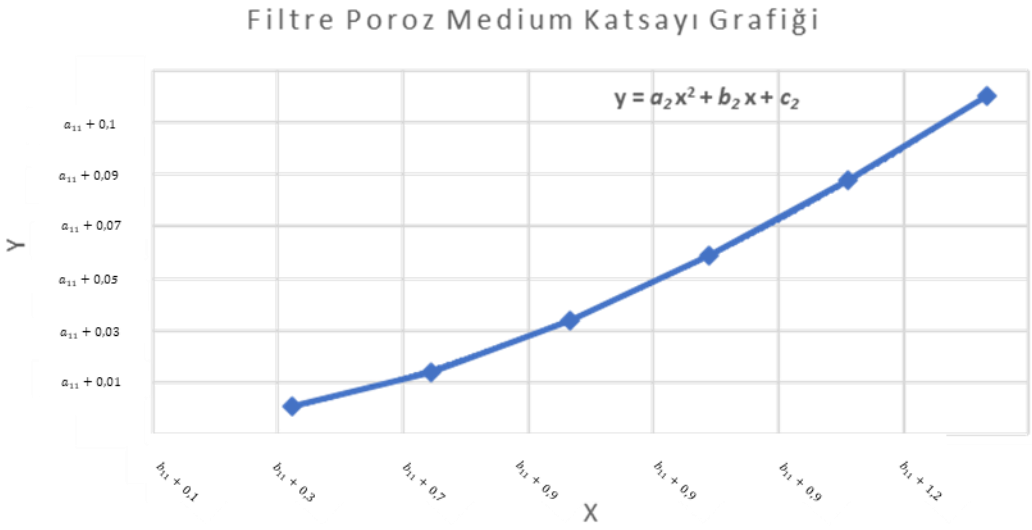
Gözenekli ortamın modellenme stratejisi ekipmanların teknik performans özelliklerinden yararlanılarak [basınç düşüşü / kalınlık] = f [hız] eğri fonksiyonundan atalet ve viskoz katsayısını elde edilmesi ile hesaplanmaktadır. Her gözenekli bölge için, X ekseni yönünü takip eden bir yerel kartezyen koordinat sistemi üzerinde eylemsizlik direnci düğümünde, ana tensör XX ve YY eksen koordinat sisteminin yerel kartezyen koordinat sistemine ayarlanmasıyla oluşturulur. Atalet direnci düğümünde ise, XX bileşenini atalet parametresi değeriyle, YY ve ZZ bileşeni için 10^3 [kg/m^4] katı olarak tanımlanır. Gözenekli viskoz direnç düğümü de aynı metot ile uygun viskoz katsayısı ile diğer bileşenler tanımlanarak elde edilir.

$$-\frac{dp}{L} = \frac{150\mu v(1-x)^2}{x^3 D_p^2} + \frac{1.75p(1-x)\,v^2}{x^3 D_p}$$

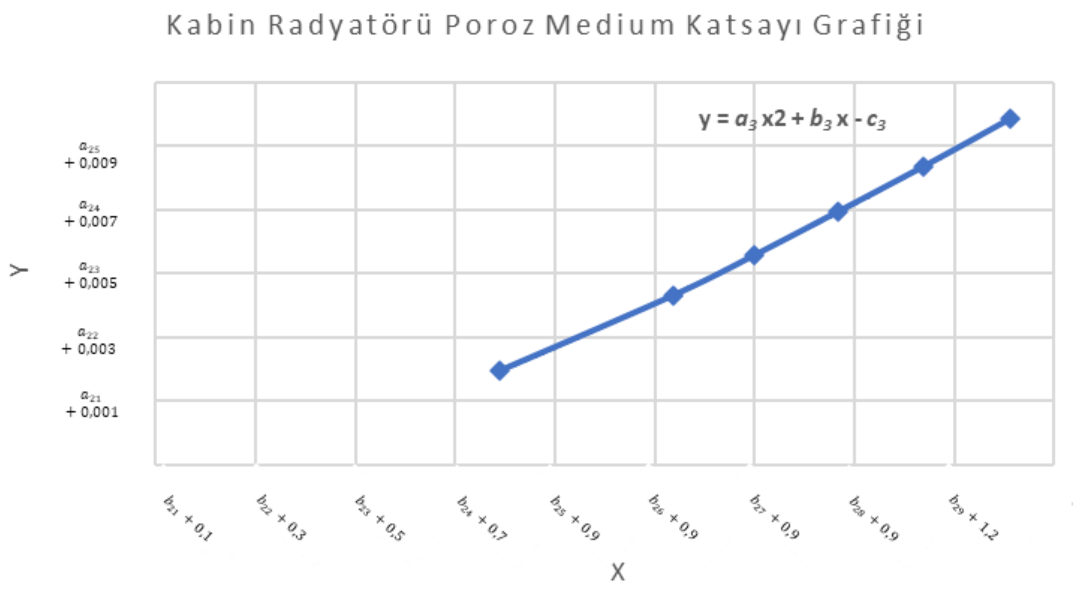
(16)



Şekil 20. Evaporatör Poroz Grafiği



Şekil 21. Filtre Poroz Grafiği



Şekil 22. Kabin Radyatörü Poroz Grafiği

Çizelge 6. Fizik Modeli Kurulum Parametreleri

Fizik Kurgusu ve Nümerik Model	
Çalışma Alanı	3D
Fan Hareketi	RBM
Malzeme	Ayrıklaştırılmış
Akış	Gaz
Denklem Türü	Sabit Yoğunluk
Viskoz Rejim	Türbülans
NS Eşitliği	RANS
Reynolds-Averaged Türbülans Modeli	K-ϵ Türbülans Modeli
K-ϵ Türbülans Modeli	Gerçekleştirilebilir K-Epsilon İki Katmanlı
Gözenekli Yapılar	Poroz Yapı

3.7.1. Nümerik Modelin Sınır şartlarının Belirlenmesi

Koltuk yüzeyi ve malzeme bilgilerine referans alınarak, ısı transfer denklemlerine göre CAD tasarım düzenlenerek yüzey ve hacim ağ yapıları oluşturuldu. Simülasyonlar boyunca ortalama bir sürücünün orta dereceli trafik koşullarında olduğu düşünülmüştür. Sürücünün vücudu insan vücudu için bölünmüş bir ısı akışına sahip olduğu kabul edilmiştir. Sürücünün ilk cilt ve vücut sıcaklığının ortalama 36,5 C olduğu kabul ediliyor.

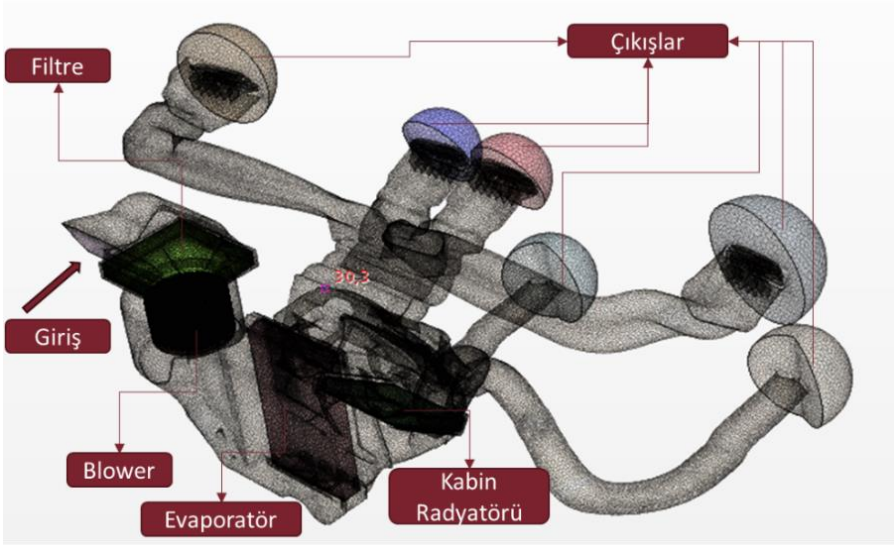
Isı değeri neredeyse normal insan enerjisi olarak kabul edilmiştir. (100 W) HVAC simülasyonlarında hava hızları hesaplanmıştır. Her panel kanalı hesaplanmış ve kabin simülasyonlarına başlangıç değerleri olarak verilmiştir. Hava kanalları teknik şartnamelerde belirtildiği üzere 21 C olarak maksimum çalışma hızlarında verilmiştir. Kabin iç sıcaklığı 49 C derece olarak şartlandırılmış kabul edilmektedir.

Çizelge 7. Koltuk Kumaş ve Sünger Malzeme Özellikleri

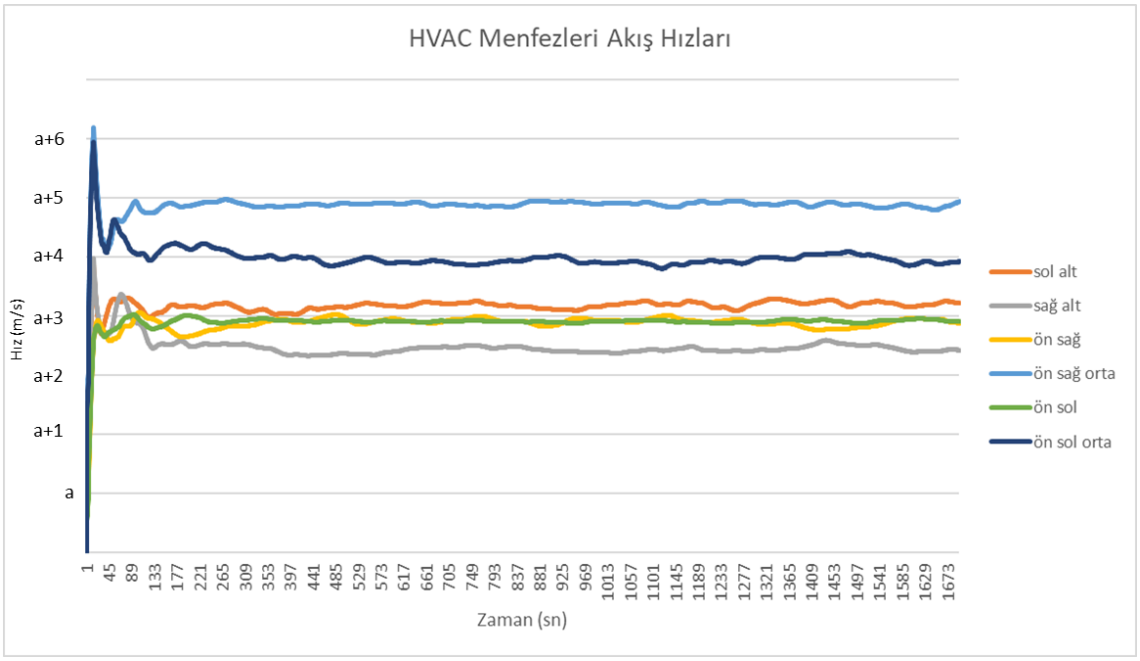
Koltuk Alt Sünger Özellikleri		**Koltuk Alt Sünger Özellikleri**	
Gözeneklilik	B_1	Gözeneklilik	B_1
Gözenekli Atalet Direnci	A_1 kg/m^4	Gözenekli Atalet Direnci	A_1 kg/m^4
Gözenekli Viskoz Direnç	M_1 kg /m^3*s	Gözenekli Viskoz Direnç	M_1 kg /m^3*s
Öz ısı	C_1 j/kg*K	Öz ısı	C_1 j/kg*K
İletkenlik	Λ_1 W/m*K	İletkenlik	Λ_1 W/m*K
Yoğunluk	P_1 kg/m^3	Yoğunluk	P_1 kg/m^3
Koltuk Alt Kumaş Özellikleri		**Koltuk Sırt Kumaş Özellikleri**	
Gözeneklilik	B_2	Gözeneklilik	B_2
Gözenekli Atalet Direnci	A_2 kg/m^4	Gözenekli Atalet Direnci	A_2 kg/m^4
Gözenekli Viskoz Direnç	M_2 kg /m^3*s	Gözenekli Viskoz Direnç	M_2 kg /m^3*s
Öz ısı	C_2 j/kg*K	Öz ısı	C_2 j/kg*K
İletkenlik	Λ_2 W/m-K	İletkenlik	Λ_2 W/m-K
Yoğunluk	P_2 kg/m^3	Yoğunluk	P_2 kg/m^3

3.8. HVAC Modülü Hava Giriş ve Çıkış Koşulları

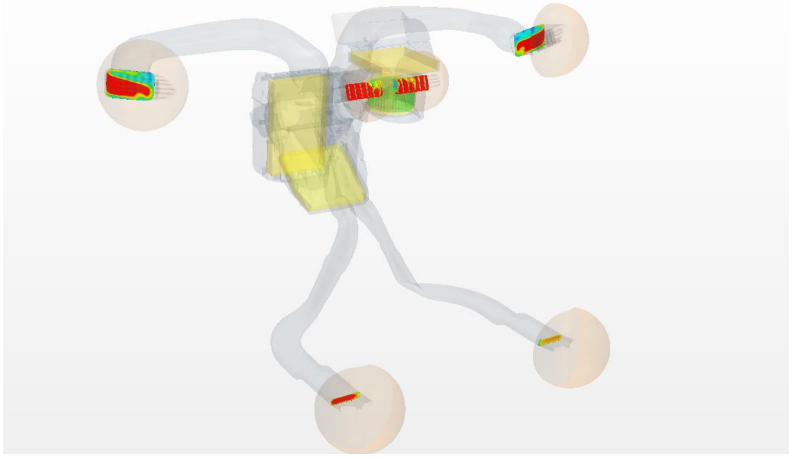
Girişlerdeki hava sıcaklığı ve hızı, araç sürücü koltuğu ikliminin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Kabin ortamında ve havalandırmalı koltukta kararlı durum koşulları hakimdir. Ortam sıcaklığı 300K olarak kabul edilirken, camlara düşen güneş ışınları veya motor ısıtması gibi ısıtma ortamından dolayı iç sıcaklıklar nispeten yüksektir. Giriş hızı menfezleri havayı 3m/sn, 4m/sn ve 5m/sn hızlarında üfler. (Aniket A. Gabhane, A. V. Waghmare, 2016) Havalandırma hızı anemometre yardımı ile ölçülür ve regülatör ile kontrol edilir. Giriş, koltuk tavasında sağlanan küçük kanal şeklinde açıkken klima kanalından havalandırma ile sağlanır. Bu çalışmada HVAC modülü ile kabin ayrılarak giriş debileri hesaplanmıştır.



Şekil 23. HVAC Modül Hacim Ağ Yapısı Modeli Detayı



Şekil 24. HVAC Modülü Hava Menfezleri Çıkış Hızları Grafiği



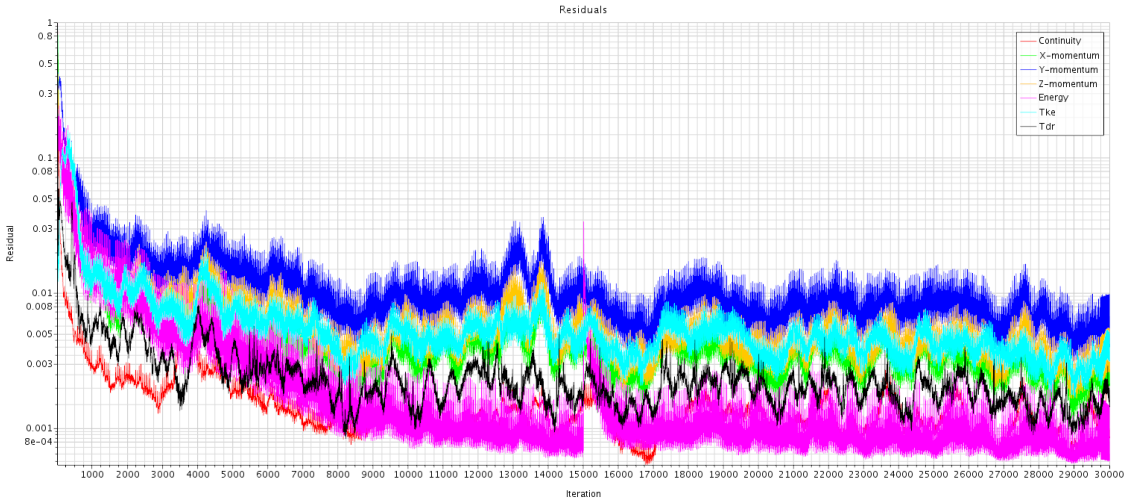
Şekil 25. HVAC Modülü Hava Menfezleri Çıkış Hızları Sonuçları

3.9. Ağ Yapısı Bağımsızlığı ve Yakınsamayı Belirlemek

CFD' de yakınsamayı değerlendirirken kullanılacak ana araç ağ yapısı içerisinde meydana gelen düşük kaliteli ağ yapısı elemanlarının incelenmesidir. Bunlar, her bir kontrol hacminde korunan ve değişkenin yerel dengesizliği olarak tanımlanabilir. Son iterasyon ile mevcut iterasyon arasındaki farkın ne kadar küçük olduğu konusunda yaklaşık bir fikir verirler. Bu elemanlar belirlenen kalite kriterlerine göre değerlendirilerek incelenir. Her

CFD kodunun, çözüm artıklarını normalleştirmek için kendi prosedürü vardır. Herhangi bir sayısal yöntemde asla tam olarak sıfıra ulaşamazlar, ancak ne kadar küçük olursa simülasyonun yakınsama olasılığı da o kadar büyük olur.

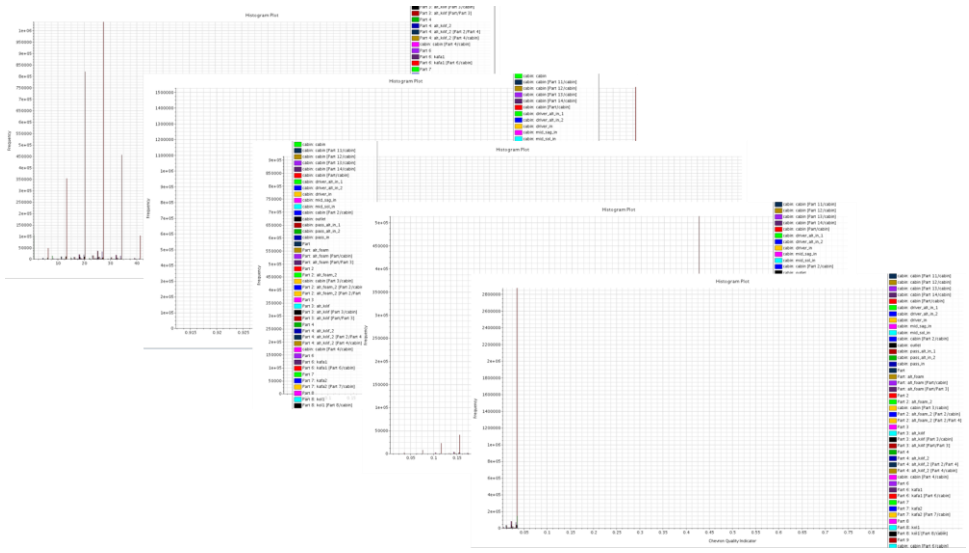
Aşağıdaki şekilde geometrinin temel projenin tasarımına yönelik artıklar grafiği gösterilmektedir. Yaklaşık 500. iterasyondan itibaren çalışılan tüm korunum denklemleri için artıkların oldukça düşük ve sabit değerlere ulaşması yakınsamanın gerçekleşmesini kuvvetle muhtemel kılmaktadır.



Şekil 26. Simülasyon İterasyonlarına Bağlı Yakınsama Grafiği

Bir simülasyonun yakınsamasını değerlendirmenin, yani mevcut sonuçların kesin olarak kabul edilip edilemeyeceğini değerlendirmenin ikinci yöntemi, seçilen bazı parametreleri incelemek ve bunların her yinelemedeki ilerlemeyle birlikte gelişimini gözlemlemektir.

Bu çalışmada modelleme yapılırken şartnamelerde bulunan direktifler üzerine çalışmalar yapılarak ağ yapısı oluşturulmuştur. Bu projenin tasarımlarında her tasarım için her model için birkaç model oluşturularak yakınsama kriterlerine bakılmıştır. Bunun yanı sıra oluşturulan hacim ağ yapısı elemanlarının; çarpıklık açıları, yüzey geçerliliği, yüzey kalitesi, hacimsel geçiş kriteri ve şerit kalite göstergesi gibi incelemeleri yapılarak şartnamelerde belirtilen eleman geçerlilik kriterleri simülasyonlar öncesi incelenmiştir.

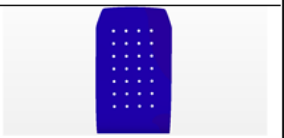
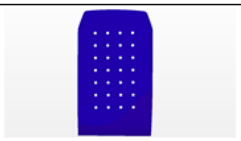
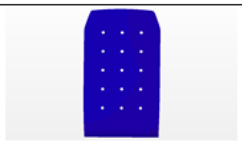
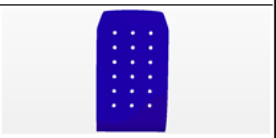


Şekil 27. Hacim Ağ Yapısı Kalite Değerleri İncelemeleri

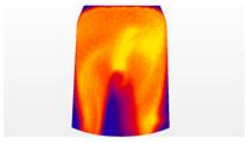
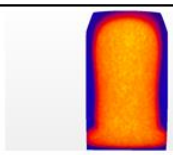
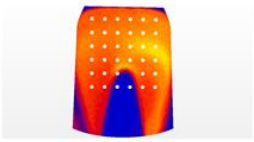
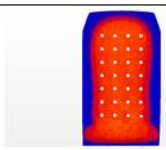
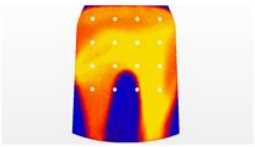
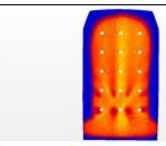
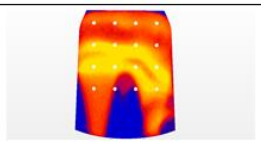
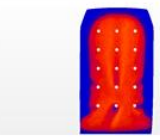
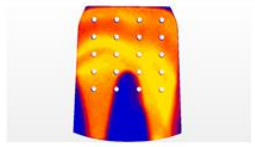
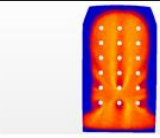
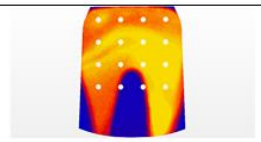
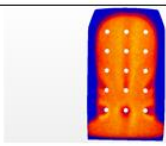
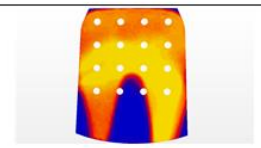
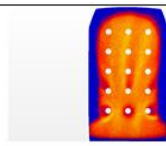
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Başlangıç kabin ve koltuk sıcaklıkları 49 °C olarak kabul edilmiştir. Bağıl nem % 50 olup, kabin iklimlendirme sisteminin hava sıcaklığı 21 °C sabit bir şekilde maksimum durumda ayak ve ön menfezlerden üflemektedir. Bu kondisyonda sıcaklık düşüşü incelenmekte olup hedeflenen sıcaklık değerinden olabildiğince hızlı düşüş sağlamaktır. Koltuk sırt ve alt olmak üzere, DFSS sonucu elde edilen 6 farklı tasarım mevcut durum ile kıyaslanmış ve her bir bölgede ortalama sıcaklık düşüşleri zamana bağlı grafiklerle belirtilmiştir.

Şekil 28-29, zamanın bir fonksiyonu olarak sabit havalandırma ayarlarında sürücü koltuk alt yüzeyi sıcaklıklarındaki değişimleri göstermektedir. Şekillerde kabin hava sıcaklığının zamana göre değişimi de gösterilmektedir. Belirtildiği gibi, sürücü kısmında ısı üreten bir model bulunmaktadır. Görüldüğü üzere özellikle hedeflenen sıcaklık değerine düşüş süresi incelendiğinde mevcut duruma kıyasla alternatif tasarımların hepsinde iyileşme gözlemlenmektedir. Simülasyonlarda görüldüğü üzere beklenildiği gibi sürücünün olduğu koltuklarda, boş olan koltuklara göre yüzey sıcaklıkları daha yavaş bir şekilde azalmıştır. Bunun nedeni ısının sürekli olarak koltuktan cilde, ciltten koltuğa şeklinde aktarılmasındandır. Ayrıca koltuk içindeki süngerin ısı tutuculuğu da bu konuda önemli etken olarak sayılabilir. Havalandırma sistemi açıkken, koltuk yüzeyleri sıcaklıkları neredeyse ortam hava sıcaklığına bağlı aynı oranda düştüğü ve sonunda sabit durum ortam sıcaklığının birkaç derece üzerinde kaldığı görülmüştür.

KİT-1-ALT (23.5 C)		KİT-1-ÜST (23,7 C)	
KİT-2-ALT (21,17 C)		KİT-2-ÜST (21,68 C)	
KİT-3-ALT (22,47 C)		KİT-3-ÜST (21,78 C)	
KİT-4-ALT (22,35 C)		KİT-4-ÜST (21,5 C)	
KİT-5-ALT (22,59 C)		KİT-5-ÜST (21,87 C)	
KİT-6-ALT (22,87 C)		KİT-6-ÜST (21,6 C)	
KİT-7-ALT (22,67 C)		KİT-7-ÜST (21,67 C)	

Şekil 28. Yolcu Koltuğu Sırt ve Oturak Son Sıcaklık Simülasyon Sonuçları

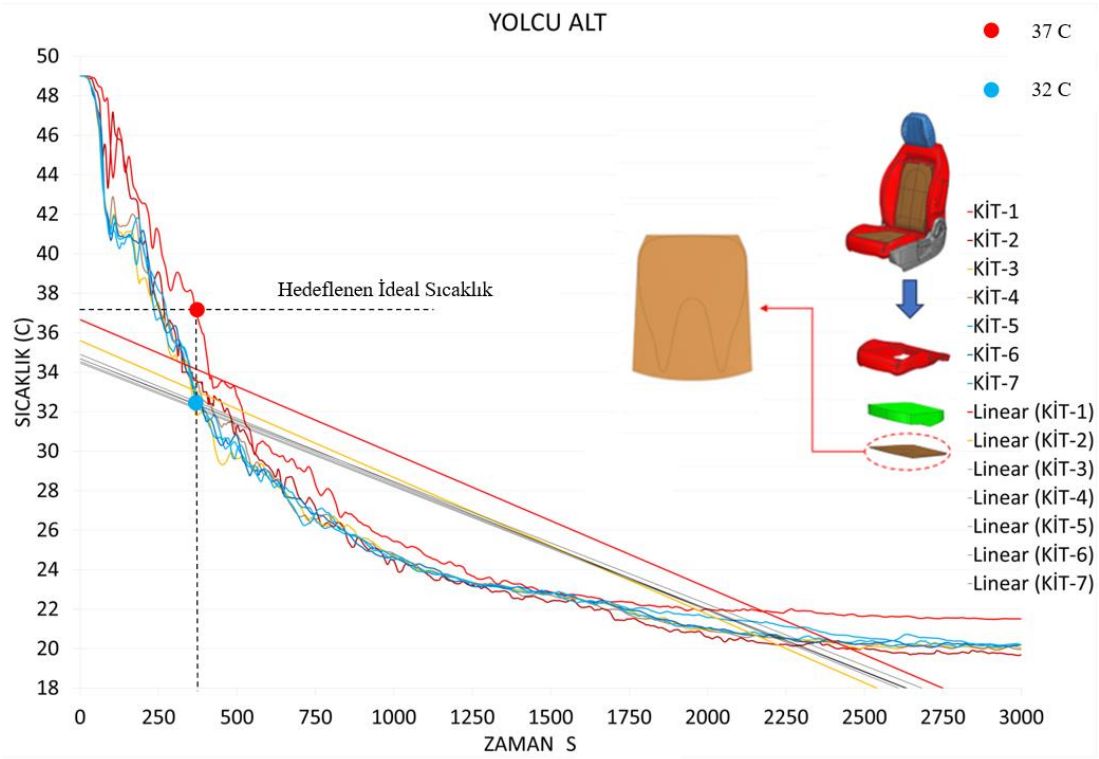
KİT-1-ALT (33,76 C)		KİT-1-ÜST (28,9 C)	
KİT-2-ALT (31,46 C)		KİT-2-ÜST (27,83 C)	
KİT-3-ALT (32,4 C)		KİT-3-ÜST (28,41 C)	
KİT-4-ALT (32,8 C)		KİT-4-ÜST (26,7 C)	
KİT-5-ALT (32,5 C)		KİT-5-ÜST (28.2 C)	
KİT-6-ALT (32.7 C)		KİT-6-ÜST (28.4 C)	
KİT-7-ALT (32,1 C)		KİT-7-ÜST (28,6 C)	

Şekil 29. Sürücü Koltuğu Sırt ve Oturak Son Sıcaklık Simülasyon Sonuçları

Çalışmanın ilk başında şartlandırılmış havanın etkisinden dolayı ölçülen sıcaklık değerlerinde artış azalış gibi stabil olmayan sıcaklık değerleri grafikte görülmektedir. Bu da sürücünün olduğu kısımda sıcaklıkları bir miktar anlık artırmaya sebep olabilmektedir. Ancak klima sisteminin aktif olması durumunda hava sıcaklığının düştüğü ve koltuk yüzeyinde hızla ve temas olan bölgelerde oluşan hızla soğuma etkisi mevcut duruma göre daha yüksek düzeyde düşmüştür. Bu yapılan çalışmanın mevcut duruma göre daha konforlu olduğunu kanıtlamaktadır.

4.1. Genel Isıl Hissiyat

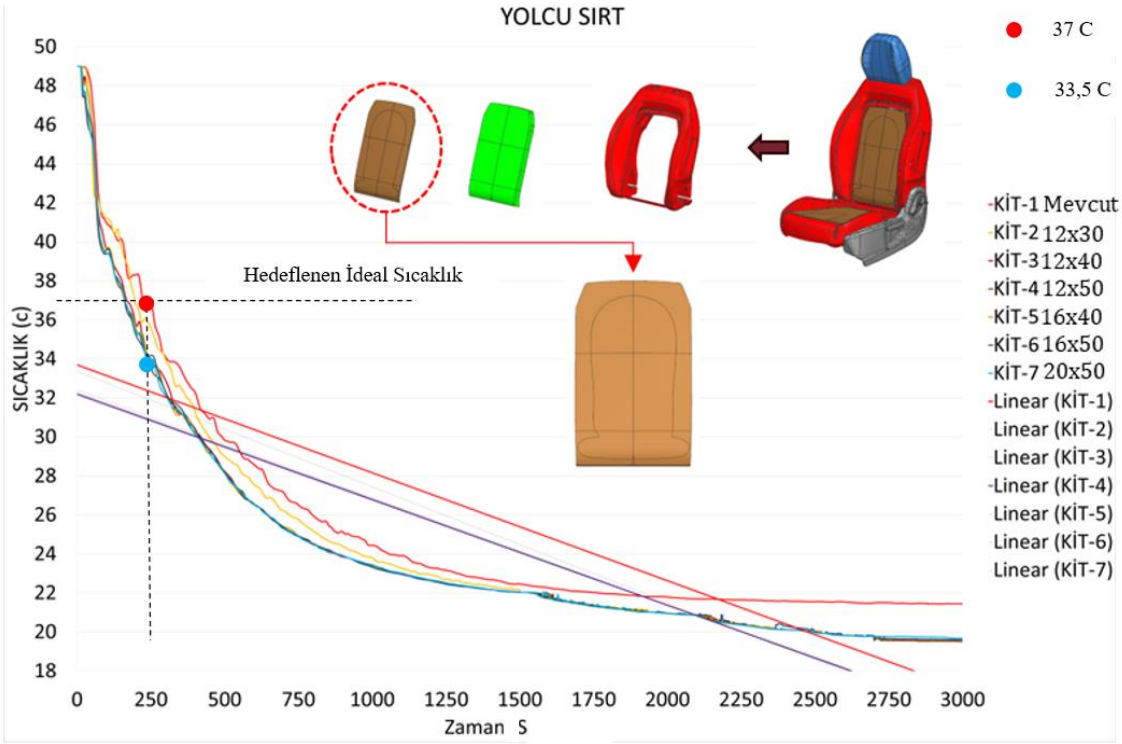
Termal hissiyat subjektif bir durum olup kişiye bağlı parametrelere göre farkındalık gösterebilir. Bu durumun bir standarda ulaşması açısından normlara ve teknik referanslara göre incelenmesi karar verme ve kıyaslama yapabilme açısından daha uygun olacaktır. Teknik şartnamelerde belirtilen sınır şartlarına göre hazırlanan simülasyon sonuçlarından elde edilen aşağıdaki grafiklerde, yolcu ve sürücü kısmı için alt ve sırt bölgelerinin zamana bağlı sıcaklık düşüş oranları gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere alternatif tasarımların mevcut duruma göre incelenen her bir temas yüzeyinde sıcaklık seviyelerinin mevcut duruma göre hedeflenene daha kısa sürede ulaştığı görülmektedir.



Şekil 30. Yolcu Koltuğu Oturak Kısım Zamana Bağlı Sıcaklık Değişim Simülasyon Sonuçları Grafiği

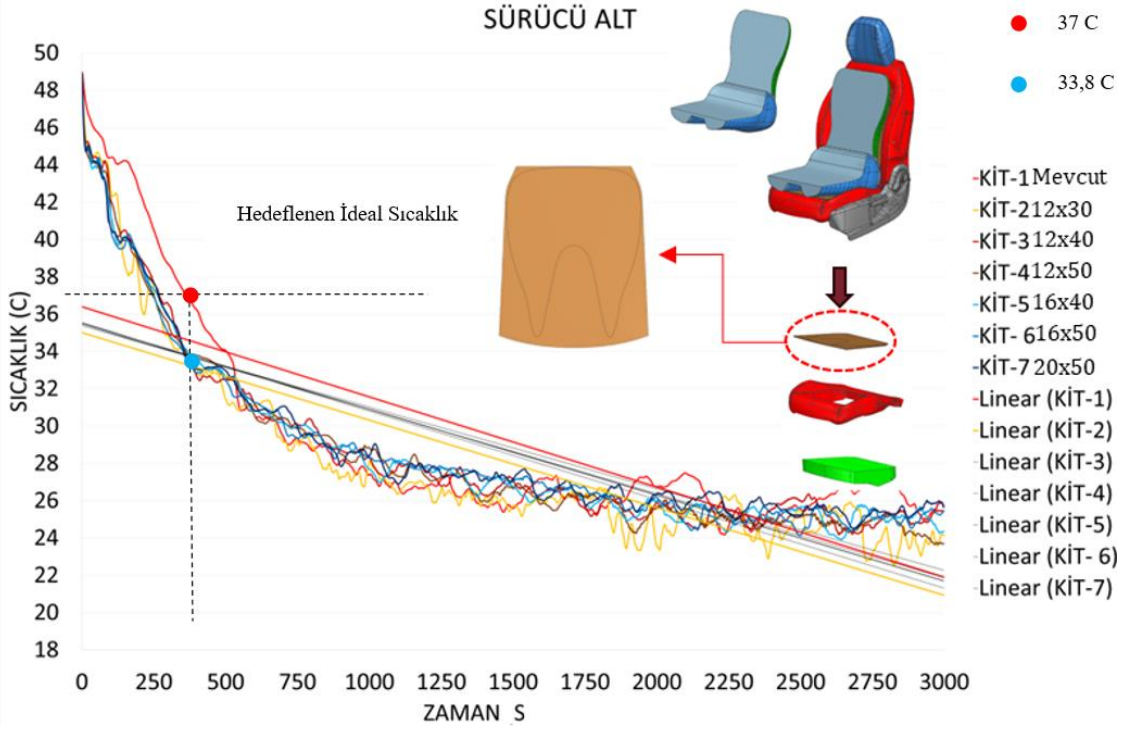
Yukarıdaki grafik, yolcu koltuğunun boş halde belirlenen sınır koşulları çerçevesinde alt kısmının sıcaklık düşüşünü zamana bağlı olarak göstermektedir. Bu kısımda KIT 2-3-4-5-6 ve 7 modülleri, mevcut durumun alt bölgesine göre daha iyi performansı göstermiş olup tüm süreçte mevcut tasarıma göre sıcaklık verilerinde daha düşük noktalarda olduğu

gözlemlenmiştir. KIT-2 modülünün sıcaklık değişimi ilk aşamalarda mevcut durumla benzer bir yol izlese de özellikle hedeflenen sıcaklıkta mevcut duruma göre 4,5 °C daha hızlı düşmüş ve son sıcaklık durumunda ise diğer modüller ve tabi ki mevcut modüle göre en iyi performansı 1,9 °C düşüş ile göstermiştir.



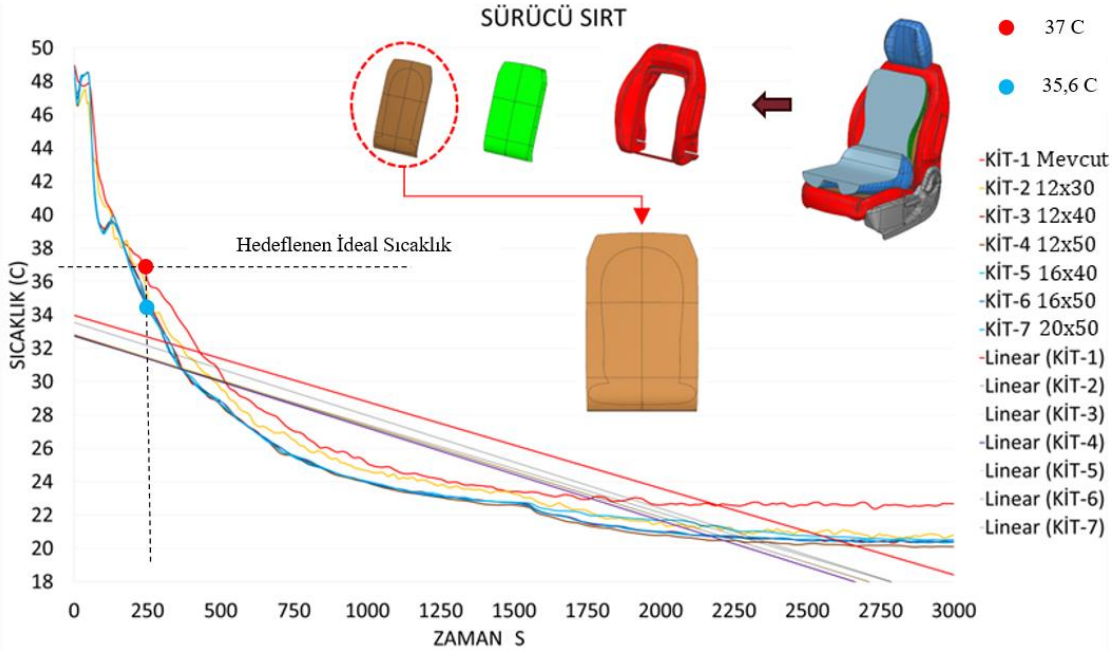
Şekil 31. Yolcu Koltuğu Sırt Kısım Zamana Bağlı Sıcaklık Değişim Simülasyon Sonuçları Grafiği

Yukarıdaki grafikte ise yolcu sırt kısmı incelenmiştir. Tüm modüllerin sıcaklık değişimi incelendiğinde başlangıçta tüm durumlarda ani bir sıcaklık düşüşü gözlemlenmiştir. Bu senaryoda da yine her bir alternatif tasarım seçeneği mevcut duruma göre daha iyi soğuma performansı göstermiştir. KIT-4 modülü detaylı incelendiğinde hedeflenen sıcaklığı mevcut durumdan daha önce ulaştığı gözlemlenmiştir. KIT-4 modülünün sıcaklık değişimi ilk aşamalarda mevcut durumla benzer bir yol izlese de özellikle hedeflenen sıcaklıkta mevcut duruma göre 3,5 °C daha hızlı düşmüş ve son sıcaklık durumunda ise diğer modüller ve tabi ki mevcut modüle göre en iyi performansı 2 °C düşüş ile göstermiştir.



Şekil 32. Sürücü Koltuğu Oturak Kısım Zamana Bağlı Sıcaklık Değişim Simülasyon Sonuçları Grafiği

Yukarıdaki grafikte ise sürücü alt kısmı incelenmiştir. Diğer kısımlardan farklı olarak bu bölümde ilk başlarda gerçekleşen sıcaklık düşüşü mevcut duruma kıyasla daha fazla olmuştur. Bu senaryoda yapılan alternatif tasarımlar hedeflenen sıcaklık değerine gözle görülür bir farkla daha hızlı bir şekilde iniş sağlamıştır. KIT-2 modülü detaylı incelendiğinde hedeflenen sıcaklığa mevcut durumdan ve diğer modüllerden daha önce ulaştığı gözlemlenmiştir. KIT-2 modülünün sıcaklık değişimi hedeflenen sıcaklıkta mevcut duruma göre 3,2 ℃ daha hızlı düşmüş ve son sıcaklık durumunda ise diğer modüller ve tabi ki mevcut modüle göre en iyi performansı 2,3 ℃ düşüş ile göstermiştir.



Şekil 33. Sürücü Koltuğu Sırt Kısım Zamana Bağlı Sıcaklık Değişim Simülasyon Sonuçları Grafiği

Yukarıdaki grafikte ise sürücü sırt kısmı incelenmiştir. Tüm modüllerin sıcaklık değişimi incelendiğinde başlangıçta tüm durumlarda ani bir sıcaklık düşüşü gözlemlenmiştir. Bu senaryoda da yine her bir alternatif tasarım seçeneği mevcut duruma göre daha iyi soğuma performansı göstermiştir. KIT-4 modülü detaylı incelendiğinde hedeflenen sıcaklığı mevcut durumdan daha önce ulaştığı gözlemlenmiştir. KIT-4 modülünün sıcaklık değişimi ilk aşamalarda mevcut durumla benzer bir yol izlese de özellikle hedeflenen sıcaklıkta mevcut duruma göre 2,4 ℃ daha hızlı düşmüş ve son sıcaklık durumunda ise diğer modüller ve tabi ki mevcut modüle göre en iyi performansı 2,2 ℃ düşüş ile göstermiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada otomobil üzerinde yolcu ve sürücü koltukları referans alınarak kabin ortamı ve havalandırmalı koltuk tasarımları arasındaki termal etkileşim simüle etmek için geçici bir fiziksel model geliştirilmiştir Elde edilen bu modelde alternatif tasarımlar ile birlikte mevcut durum, belirlenen sınır şartları olan; 49℃ ortam koşulu ve ayak ve ön hava kanalları maksimum olacak şekilde 21℃ hava üfleyen bir senaryoda 2 temel kritere göre kıyaslanmıştır. Bunlardan ilki ve en önemlisi ısıl memnuniyet hassasiyetinin sağlanmasında belirleyici bir faktör olan hedeflenen sıcaklık değerine ulaşabilme performansı ve diğeri de aynı şartlar altında ulaşabildiği en son sıcaklık değerleri diyebiliriz. Birinci ve en önemli olan kıyas yöntemi dikkate alındığında hedeflenen sıcaklık değerine en hızlı ulaşma süreleri; mevcut durum YOLCU SIRT (KİT-1) ➔225 sn'e kıyasla YOLCU SIRT KİT-4➔185 sn, mevcut durum SÜRÜCÜ SIRT (KİT-1) ➔250 sn kıyasla SÜRÜCÜ SIRT KİT-4➔185 sn ile KİT-4 en iyi performansı sergilemiştir. Yine aynı durumda oturak kısımları incelendiğinde; Birinci ve en önemli olan kıyas yöntemi dikkate alındığında hedeflenen sıcaklık değerine en hızlı ulaşma süreleri; mevcut durum YOLCU OTURAK (KİT-1) ➔385 sn'e kıyasla YOLCU OTURAK KİT-2➔215 sn, mevcut durum SÜRÜCÜ OTURAK (KİT-1) ➔385 sn kıyasla SÜRÜCÜ OTURAK KİT-2➔200 sn ile KİT-2 en iyi performansı sergilemiştir. Bu durumda verilerden yola çıkılarak hedef sıcaklığa ulaşmada sırt kısmında KİT-4, oturak kısımlarında ise KİT-2 en iyi performansı gösterdiği söylenebilir.

Yukarıda elde edilen sonuçlar dikkate alındığında özellikle sürücü sırt bölgesinde hedeflenen sıcaklığa 65 sn daha erken ulaşma ve mevcut duruma göre aynı sürede 2,4 ℃ daha düşük sıcaklıkta olma gibi iyileştirmeler dikkate alındığında yapılan optimizasyon çalışmasının ilgili bölgede olumlu bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Sürücü oturak kısmında ise hedeflenen sıcaklığa 185 sn daha erken ulaşma ve mevcut duruma göre aynı sürede 3,2 ℃ daha düşük sıcaklıkta olması gibi iyileştirmeler dikkate alındığında yapılan optimizasyon çalışmasının ilgili bölgede olumlu bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Simülasyon sonuçları, havalandırmalı koltukların özellikle temas bölgelerinde sürücü ve yolcuya çok hızlı bir şekilde termal konfor sağlayacağını ve bunun da ısıl memnuniyeti artıracağını göstermektedir. Ayrıca KANO analizinde elde edilen verilere göre özellikle sırt kısmında oluşan terleme problemine, bu çalışmadan elde edilen verilerin pozitif bir fayda sağlayacağı açıkça görülmektedir.

Projenin sonraki aşamasında, DFSS sonucu elde edilen alternatif köpük ve kumaş malzeme özelliklerine sahip farklı varyantların prototip üretimleri gerçekleştirilecektir. Bu çalışmada alternatif varyantlar ve mevcut model üzerinde yapılan bu nümerik simülasyon senaryoları, belirlenmiş olan şartnamedeki sınır koşullarına göre araç üzeri fiziki testleri gerçekleştirilerektir. Elde edilen test sonuçları kıyaslanarak gerekli korelasyon ve validasyon çalışmaları incelemeleri yapılacaktır. Ayrıca sonraki aşamada titreşim, yorulma ve basınç testleri gerçekleştirilerek termal testlerin yanı sıra yapısal açıdan doğrulama amaçlı testlerin de gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Aniket A. Gabhane, A. V. Waghmare, Design of Comfortable Advanced Ventilated Automotive Seat for Driver using CFD simulation, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 03 Issue, 2016.

ASHRAE Handbook, Fundamentals, Chapter 8., Atlanta: American Society Of Heating, Refrigeration And Air-Conditioning Engineers. 29p., 1993.

Bhosale R. ve Vogt N., Next Generation of Ventilated Front Seats Improving the cooling performance of front seats for Volvo cars Master of Science Thesis in Product Development, Gothenburg, Sweden, 2016.

Cengiz, T., Babalık, F., An On-The-Road Experiment İnto The Thermal Comfort Of Car Seats. Applied Ergonomics, 38(3), 337-347., 2007.

Chludzińska, M., Bogdan, A., The Effect Of Temperature And Direction Of Airflow From The Personalised Ventilation On Occupants' Thermal Sensations İn Office Areas. Building And Environment, 85, 277-286., 2015.

Cvok I., Škugor B., Deur J., Control Trajectory Optimisation And Optimal Control Of An Electric Vehicle HVAC System For Favourable Efficiency And Thermal Comfort, Optimization and Engineering 22(6), 2021.

Fanger, P., Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering, McGraw-Hill, New York, 1970.

Gao, N., CFD Study of the Thermal Environment around a Human Body: A Review. Indoor And Built Environment, 14(1), 5-16., 2005.

Ghosh, D., Wang, M., Wolfe, E., Chen, K., Kaushik, S., & Han, T., Energy Efficient HVAC System with Spot Cooling in an Automobile - Design and CFD Analysis. SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems, 885-903., 2012.

İbiş A., Otomobiller için yenilikçi hava kanallı koltuk tasarımı ve prototip imalatı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa, Türkiye,2020.

Karimi, G., Chan, C. ve Culham, J. R., Experimental study and thermal modeling of an automobile driver with a heated and ventilated seat, SAE International, sayfa 682-692, 2003.

Leu, C., Seat Ventilation Meeting At The Supplier Presentation, Sweden. 2016.

Lund Madsen, T., Thermal Effects Of Ventilated Car Seats. International Journal Of Industrial Ergonomics, 13(3), 253-258., 1994.

Neacsu C., Tabacu I., Ivanescu M., The Evaluation Of The Overall Thermal Comfort İnside A Vehicle, IOP Conference Series Materials Science and Engineering 252(1):012031, 2017.

Patrascu D., Opel Insignia Gets AGR Approved Ventilated Seats, Autoevolution, 2010.

Haslam R. A., and K.C. Parsons, An Evaluation of Computer-based Models That Predict Human Responses to the Thermal Environment," ASHRAE Transactions, 1988. Vol. 94, Part 1, 1342-1360., 2016.

Rutkowski, P., Thermal Comfort Modeling of Cooled Automotive Seats. SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems, 523-532., 2010.

Su C., Dong W., Deng Y., Wang, Y., Liu X., Numerical And Experimental İnvestigation On The Performance Of A Thermoelectric Cooling Automotive Seat, Journal Of Electronic Materials, Cilt 47, Sayı 6, 2018.

Burch S. D., S. Ramadhyani and J.T., Pearson, "Analysis of Passenger Thermal Comfort in an Automobile Under Severe Winter Conditions," ASHRAE Transactions.
1992. 247-257., 1988.

Dohetry T. J., Arens E., Evaluation of the Physiological Bases of Thermal Comfort Models, ASHRAE Transactions, 1988, Vol. 94, Part I, 1371-1385., 2016.

Ülker O., Altın M., Derafshi M., Otomotiv Kullanıcılarında Görüntüleme Yöntemi Kullanılarak Konfor Açılarının Araştırılması, Ergonomics 4(2), 97 – 106, 2021.

Watanabe, S., Shimomura, T., & Miyazaki, H., Thermal Evaluation Of A Chair With Fans As An İndividually Controlled System. Building And Environment, 44(7), 1392-1398., 2009.

Walgama, C., Fackrell, S., Karimi, M., Fartaj, A., & Rankin, G., Passenger Thermal Comfort in Vehicles - A Review. Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 220(5), 543-562., 2006.

Lotens W. A., Comparison of Thermal Predictive Models for Clothed Humans," ASHRAE Transactions , Vol. 94, Part 1, 1321-1341., 1988.

Yiğit, A. ve Atmaca, İ., Isıl Konfor ile İlgili Mevcut Standartlar ve Konfor Parametrelerinin Çeşitli Modeller ile İncelenmesi, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 543, 2011.

Vinoth, M. & Prema, D., Automated car safety seat cooling system using thermoelectric cooler. 2014 International Conference On Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC). 2014.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : OSMAN SÜMER
Doğum Yeri ve Tarihi : ÇORUM/İSKİLİP 12.01.1995
Yabancı Dil : İNGİLİZCE-ALMANCA

Eğitim Durumu
Lise : ÇORUM ANADOLU ÖĞRETMEN LİSESİ
Lisans : ULUDAĞ ÜNİ. OTOMOTİV MÜH
Yüksek Lisans : ULUDAĞ ÜNİ. POLİMER MALZEMELER MÜH.

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : SIRENA MARINE DENİZCİLİK SAN VE TİC A.Ş 2018-2020-TOFAŞ TÜRK OTOMOBİL FABRİKASI A.Ş.2020-

İletişim (e-posta) : osman.sumer@tofas.com.tr
502235007@ogr.uludag.edu.tr

Yayınları :

- **Investigation of Water Splash-Ingress Protection Method for Engine Under Hood Components During Vehicle Water Wading➔** 5th International Congress on Engineering Sciences and Multidisciplinary Approaches · 26 0.2.2023➔Yunus Emre ÖZTÜRK-Osman SÜMER

https://www.researchgate.net/publication/369472139_Investigation_of_Water_SplashIngress_Protection_Method_for_Engine_Under_Hood_Components_During_Vehicle_Water_Wading

- **Investıgatıon Of The Pre-Coolıng Effect Of The Manıfold Water Spray System On The Aır Into The Cylınder In New Generatıon Gasolıne/Hybrıd Vehıcles By Cfd Method➔** 5. International Conference on Materials Science, Mechanical and Automotive Engineerings and Technology 02.09.2022➔ Yunus Emre ÖZTÜRK-Osman SÜMER

https://www.researchgate.net/publication/363699938_ınvestıgatıon_of_the_precoolıng_effect_of_the_manıfold_water_spray_system_on_the_aır_ınto_the_cylınder_ın_new_generatıon_gasolınehybrıd_vehıcles_by_cfd_method

- **Estimation & Performance Optimization Of The Acoustic Properties Of The Radiator Fan According To The Determined Engine Condition And Environmental Conditıons➔** 5. International Conference on Materials Science, Mechanical and Automotive Engineerings and Technology 02.09.2022➔ Yunus Emre ÖZTÜRK-Osman SÜMER

https://www.researchgate.net/publication/363700270_estımatıon_and_performance_optımızatıon_of_the_acoustıc_propertıes_of_the_radıator_fan_accordıng_tothe_determıned_engıne_condıtıon_and_envıronmental_condıtıons

- **Smart Cooling Design Using Dual Loop Cooling To Increase Engine Effıciency And Decrease Fuel Emissions Wıth Artificial Intelligence➔** Case Studies in Thermal Engineering · 28.09.2022➔Sinan KULA-Emre BULUT-Prof. Dr. Ferruh ÖZTÜRK-Esad ALTAY-Osman SÜMER

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X22005913

- **Development Of An Innovative Water Injection System That Can Be Used In The New Generation Of Gasoline/Hybrid Vehicles, Which Provides More Effective Cooling Of The Air Into The Engine➔** 9th International Congress On Engineering, Architecture And Design· 16.05.2022➔Osman SÜMER-Can YANGÖZ

https://www.researchgate.net/publication/368387815_development_of_an_ınnovatıvwater_ınjectıon_system_that_can_be_used_ın_the_new_generatıon_of_gasolınehybrıd_vehıcles_whıch_provıdes_more_effectıve_coolıng_of_the_aır_ınto_the_engıne

- **Development Of Bi-Level Intelligent Cooling System For Next Generation Ice/Hybrid Vehicles, Optımization Of Engine Effıciency, Emissions And Fuel Consumption Parameters With Virtual & Physical Activities➔** 9th International Congress On Engineering, Architecture And Design · 16.05.2022➔Osman SÜMER-Yunus Emre PINAR

https://www.researchgate.net/publication/363699826_development_of_bılevel_ıntellıgent_coolıng_system_for_next_generatıon_ıcehybrıd_vehıcles_optımızatıon_of_engıne_effıcıency_emıssıons_and_fuel_consumptıon_parameters_wıth_vırtual_physıcal_actıvıtıes

- **One-Dimensıonal Modeling Of Air Intake And Exhaust Systems In 4-Cylınder Hybrid Vehicles, Investigation Of Pressure Loss And Acoustic Analysis➔** OTEKON 2020 · 06.09.2021➔Osman SÜMER

https://www.researchgate.net/publication/363699403_onedımensıonal_modelıng_of_aır_ıntake_and_exhaust_systems_ın_4cylınder_hybrıd_vehıcles_ınvestıgatıon_of_pressure_loss_and_acoustıc_analysıs

- **Investigation Of Pressure Loss-Heat Transfer Effıciency In The Internal Flow Heat Exchanger In Vehıcle Air Conditioning System And Test Correlations With Had Method Analysis➔** OTEKON 2020 · 06.09.2021➔Osman SÜMER

https://www.researchgate.net/publication/363699923_ınvestıgatıon_of_pressure_losshеat_transfer_effıcıency_ın_the_ınternal_flow_heat_exchanger_ın_vehıcle_aır_condıtıonıng_system_and_test_correlatıons_wıth_had_method_analysıs

- **Improvıng Cooling Performance With Passive Ventilation Method For Vehicle Front Seats ➔** 12th International Congress on Engineering Sciences and Multidisciplinary Approaches · 24.12.2023➔ Osman SÜMER