

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

B SINIFI BİR BİNEK ARACINDA B SÜTUNU PARÇASININ
YAN KAPILARA ENTEGRASYONU VE RİJİT DİREĞE
YANDAN EĞİMLİ ÇARPMA ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağın BAYLAN

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Osman ELDOĞAN

Kasım 2024

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

B SINIFI BİR BİNEK ARACINDA B SÜTUNU PARÇASININ
YAN KAPILARA ENTEGRASYONU VE RİJİT DİREĞE
YANDAN EĞİMLİ ÇARPMA ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağan BAYLAN

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 08/11/2024 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Prof. Dr. İbrahim ÖZSERT	BAŞARILI
Üye: Prof. Dr. Osman ELDOĞAN	BAŞARILI
Üye: Prof. Dr. Halit YAŞAR	BAŞARILI

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim

Çağın BAYLAN

08/11/2024

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Osman ELDOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatın her döneminde koşulsuz yanımda olan ve her konuda desteklerini yanımda hissettiğim aileme teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans eğitimim boyunca destekleri ve inançlarıyla her zaman bana güç veren sevgili eşim Berna BAYLAN çocuklarım Uras BAYLAN ve Karan BAYLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

PAM-Crash ve Visual Mesh yazılımlarını kullanma fırsatı sağladıkları için Onatus Öngörü Teknolojileri Ltd. Şti. firmasına ve yardımlarını esirgemeyen Mehmet Murat ERGELDİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Catia V5 ve Icem Surf yazılımlarını kullanma fırsatı sağladıkları için FEV Türkiye A.Ş. firmasına teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT	x

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	1
1.2. Otomobil Gövde Tasarımının Tarihi	1
1.3. Literatür Araştırması	4

BÖLÜM 2.

ARAÇ TASARIMINA ETKİ EDEN PARAMETRELER.....	5
2.1. Pazar Araştırması	6
2.1.1. Türkiye Binek Araç Pazarı.....	7
2.1.2. B Segmenti Binek Araçların Temel Boyutları	10
2.2. Binek Araç Gövdeleri.....	11
2.3. Binek Araç Şasileri.....	13
2.3.1. Monokok Şasi	14
2.3.2. Uzay Kafes Şasi	15
2.3.3. Platform Şasi	15
2.3.4. Binek Araç Şasilerinde Kullanılan Malzemeler.....	16
2.4. Ergonomi ve Paketleme	16
2.5. Euro NCAP Çarpışma Testleri	19
2.5.1. Önden Çarpma Testleri	19
2.5.1.1. Rijit Bariyere Tam Genişlikli Önden Çarpma Testi	19
2.5.1.2. Deforme Olabilen Bariyere Önden Çarpma Testi.....	19
2.5.2. Yandan Çarpma Testleri	20
2.5.2.1. Hareketli Deforme Olabilen Bariyere Yandan Çarpma Testi	20
2.5.2.2. Rijit Sütuna Yandan Eğimli Çarpma Testi.....	21

2.5.3. Boyun Koruma Testi	22
2.5.4. Yetişkin Yolcu Koruma Testi	23
2.5.5. Çocuk Yolcu Koruma Testi	25
2.6. SAE Motorlu Taşıt Standartları	26
2.6.1. SAE J1100 Standartı	27
2.6.2. SAE J826 Standartı	32
2.6.3. SAE J516 ve J517 Standartları	32
2.6.4. SAE J941 Standartı	34
2.6.5. SAE J1052 Standartı	36
2.7. ECE Motorlu Taşıt Regülasyonları	38
2.7.1. Motorlu Taşıtların Sınıflandırılması	38
2.7.2. Araç Ağırlık Tanımları	39
2.7.3. Yaklaşma Açısı	40
2.7.4. Uzaklaşma Açısı	41
2.7.5. Rampa Açısı	41
2.7.6. Yer Mesafeleri	42
2.7.7. Jant ve Tekerlerin Kapsanması	42

BÖLÜM 3.

ARAÇ MİMARİSİ VE ARAÇ TASARIMI	43
3.1. Araç Mimarisinin Oluşturulması	43
3.1.1. Yer Zarflarının Oluşturulması	43
3.1.2. Sürücü Mankeninin Seçilmesi	44
3.1.3. Oturma Referans Noktasının Belirlenmesi	45
3.1.4. Baş Konturlarının ve Baş Zarflarının Oluşturulması	47
3.1.5. Göz Elipsoitlerinin ve Görüş Zarflarının Oluşturulması	48
3.2. Yüzey Modelleme	49
3.2.1. Noktasal Süreklilik	50
3.2.2. Teğetsel Süreklilik	50
3.2.3. Eğrisel Süreklilik	51
3.2.4. Zebra Analizi	51
3.2.5. Modellenen Aracın Dış Görünüşü ve Temel Boyutları	52
3.3. Şasi ve Gövde Tasarımı	53
3.4. B Sütununun Yan Kapılara Entegrasyonu	56
3.5. Entegrasyon Sonrası Araç Ağırlığı	59
3.6. Entegrasyon Sonrası İniş Biniş Ergonomisi	60
3.6. Entegrasyon Sonrası Yük İndirme Bindirme Ergonomisi	61

BÖLÜM 4.

RİJİT SÜTUNA YANDAN EĞİMLİ ÇARPMA ANALİZİ	62
4.1. Sonlu Eleman Modeli	62
4.2. Sınır Koşulları	63
4.3. Yer Değiştirme	65
4.3.1. B Sütunlu Araçta Oluşan Yer Değiştirme Sonuçları	65
4.3.2. B Sütunsuz Araçta Oluşan Yer Değiştirme Sonuçları	67
4.3.2.1. Deneme 1	67

4.3.2.2. Deneme 2	69
4.3.2.3. Deneme 3	71

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	73
--	-----------

KAYNAKLAR	75
------------------------	-----------



KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHP	: Topuk ve Zemin Temas Noktası
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
CAS	: Bilgisayar Destekli Yüzey Modelleme
C0/G0	: Noktasal Süreklilik
C1/G1	: Teğetsel Süreklilik
C2/G2	: Eğrisel Süreklilik
ECE	: Avrupa Ekonomi Komisyonu
FMVSS	: Federal Motorlu Araç Güvenlik Standartları
H Point	: Oturma Referans Noktası
HIC	: Baş Yaralanma Kriteri
HPM	: Oturma Referans Noktası Makinesi
IIHS	: Yol Güvenliği Sigorta Enstitüsü
NCAP	: Yeni Araç Değerlendirme Programı
NIC	: Boyun Yaralanma Kriteri
SAE	: Otomotiv Mühendisleri Topluluğu
SPA	: Ayak Açısı
SgRP	: Oturma Referans Noktası
UNECE	: Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1 : Dünya Çapında Otomobil Üretim Adetleri ve Değişim Oranları.....	6
Tablo 2.2 : Dünya Çapında Otomobil Satış Adetleri ve Değişim Oranları.	7
Tablo 2.3 : Türkiye Otomotiv Sektörü İstatistikleri ve Değişim Oranları.	8
Tablo 2.4 : Avrupa Pazarı Binek Araç Segmentleri ve Açıklamaları	10
Tablo 2.5 : B Segmenti Araçların Temel Ölçüleri.	10
Tablo 2.6 : FW Önden Çarpma Testlerinde Yetişkin Yolcu Koruması Sınır Değerleri.....	23
Tablo 2.7 : MPDB Önden Çarpma Testlerinde Koruma Sınır Değerleri.....	24
Tablo 2.8 : Yandan Çarpma Testlerinde Yetişkin Yolcu Koruması Sınır Değerleri .	24
Tablo 2.9 : Önden Çarpma Testlerinde Çocuk Yolcu Koruması Sınır Değerleri	25
Tablo 2.10 : Yandan Çarpma Testlerinde Çocuk Yolcu Koruması Sınır Değerleri ..	25
Tablo 2.11 : SAE Tarafından Yayınlanan A Sınıfı Motorlu Taşıt Ölçüleri.....	27
Tablo 2.12 : SAE Tarafından Yayınlanan B Sınıfı Motorlu Taşıt Ölçüleri	27
Tablo 2.13 : SAE Motorlu Taşıt Ölçü Kodları ve Tanımları	28
Tablo 2.14 : Göz Elipsoitlerinin Oluşturulabilmesi için Kullanılan Ölçüler	34
Tablo 2.15 : Kafa Kontur Merkez Noktasını Tanımlamak için Kullanılan Ölçüler ..	36
Tablo 4.1 : Sonlu Eleman Modelinde Kullanılan Eleman Tipleri ve Sayıları	62
Tablo 4.2 : Elemanların Kalite Durumları	62
Tablo 4.3 : Sonlu Eleman Modelinde Kullanılan Malzeme Özellikleri.....	63

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 : Ford Model T	2
Şekil 1.2 : Chrysler Airflow	2
Şekil 1.3 : Chevrolet Bel Air	3
Şekil 1.4 : Volkswagen Golf	3
Şekil 1.5 : Smart ForTwo	3
Şekil 2.1 : 2022 Yılı Avrupa Binek Araç Pazarının Segmentlere Göre Dağılımı.....	8
Şekil 2.2 : 2022 Yılı Türkiye Binek Araç Pazarının Segmentlere Göre Dağılımı.....	9
Şekil 2.3 : 2022 Yılı Türkiye Binek Araç Pazarının Gövde Tipine Göre Dağılımı.....	9
Şekil 2.4 : Binek Araç Gövde Çeşitleri	11
Şekil 2.5 : Başlıca Gövde ve Şasi Bağlantı Çeşitleri	12
Şekil 2.6 : Space Frame Tipi Otomobil Şasisi	13
Şekil 2.7 : Kuvvet Sapma Eğrisi.	14
Şekil 2.8 : Monokok Şasi.	14
Şekil 2.9 : Uzay Kafes Şasi	15
Şekil 2.10 : Patform Şasi	15
Şekil 2.11 : Binek Araç Şasilerinde Kullanılan Malzeme Dağılımı.	16
Şekil 2.12 : Ayakta ve Oturma Pozisyonunda Statik Antropometrik Veriler.	17
Şekil 2.13 : Yolcu Paketi.....	17
Şekil 2.14 : Paketleme ve Ergonomi Çalışmaları için Akış Diyagramı	18
Şekil 2.15 : Rijit Bariyere Tam Genişlikli Önden Çarpma Testi	19
Şekil 2.16 : Deforme Olabilen Bariyere Önden Çarpma Testi	20
Şekil 2.17 : Hareketli Deforme Olabilen Bariyere Yandan Çarpma Testi.....	20
Şekil 2.18 : Rijit Sütuna Yandan Eğimli Çarpma Testi	21
Şekil 2.19 : Boyun Koruma Testi.....	22
Şekil 2.20 : SAE Tarafından Yayınlanan Motorlu Taşıt Standartları	26
Şekil 2.21 : SAE Motorlu Taşıt Uzunluk Ölçüleri	29
Şekil 2.22 : SAE Motorlu Taşıt Yükseklik Ölçüleri	30
Şekil 2.23 : SAE Motorlu Taşıt Genişlik Ölçüleri	31
Şekil 2.24 : Yolcu Paketi için Kullanılan Referans Noktaları	32
Şekil 2.25 : AHP ve SPA Belirlenmesine Etki Eden Parametreler.....	33
Şekil 2.26 : Koltuk Seyahat Mesafesinin Tanımlanması ve Belirlenmesi.	33
Şekil 2.27 : Sol ve Sağ Göz Elipslerinin Tanımlanması	34
Şekil 2.28 : Göz Elipsinin Konumuna Etki Eden Parametreler	35
Şekil 2.29 : A Sınıfı ve Koltuk Seyahat Mesafesi 133 mm'den Büyük Araçlar için Kafa Konturunun Oluşturulması	36
Şekil 2.30 : Kafa Konturunun Konumuna Etki Eden Parametreler	37
Şekil 2.31 : Araç Ağırlık Durumlarına Göre Oluşturulan Zemin Düzlemleri	40
Şekil 2.32 : Yaklaşma Açısı	40
Şekil 2.33 : Uzaklaşma Açısı	41
Şekil 2.34 : Rampa Açısı	41
Şekil 2.35 : Yer Mesafeleri.	42

Şekil 2.36 : Jant ve Tekerlerin Kapsanması Gereken Bölge.....	42
Şekil 3.1 : Tez Çalışması için Oluşturulan Yer Zarfları	43
Şekil 3.2 : Tez Çalışmasında Kullanılan Yetişkin Yolcu Mankeni	44
Şekil 3.3 : Oturma Referans Noktaları	45
Şekil 3.4 : Oturma Referans Noktası Yüksekliği Kritik Kesit Çalışması	45
Şekil 3.5 : Sürücü Mankeni Yerleşimi	46
Şekil 3.6 : Sürücü ve Yolcu Mankeni Yerleşimleri	46
Şekil 3.7 : Oluşturulan Kafa Konturları	47
Şekil 3.8 : Oluşturulan Göz Elipsi ve Görüş Açıları.....	48
Şekil 3.9 : Araç Mimarisi Çalışmaları.....	49
Şekil 3.10 : Araç Paketine Uygun Olarak Oluşturulan CAS Model.....	50
Şekil 3.11 : Noktasal Süreklilik	50
Şekil 3.12 : Teğetsel Süreklilik	50
Şekil 3.13 : Eğrisel Süreklilik	51
Şekil 3.14 : Zebra Analizi	51
Şekil 3.15 : Modellenen Aracın Perspektif Görünüşü ve Temel Boyutları	52
Şekil 3.16 : Kesit Çalışmaları	53
Şekil 3.17 : A-A Kesit Çalışması	53
Şekil 3.18 : B-B Kesit Çalışması.....	53
Şekil 3.19 : C-C Kesit Çalışması.....	54
Şekil 3.20 : Fitol Basma Alanlarının Oluşturulması	54
Şekil 3.21 : Kapı İniş Biniş Alanlarının Oluşturulması	54
Şekil 3.22 : Gövde Panelinin Oluşturulması	55
Şekil 3.23 : Tasarlanan Aracın Şasisi ve Gövde Panelleri	55
Şekil 3.24 : Gövde üzerinde Yapılan Modifikasyonlar.....	56
Şekil 3.25 : Bağlantı Elemanlarında Yapılan Modifikasyonlar	57
Şekil 3.26 : B Sütunu Entegrasyonu için Kapılarda Yapılan Modifikasyonlar	58
Şekil 3.27 : Yan Kapılara Entegre Edilen B Sütunu Parçaları.....	58
Şekil 3.28 : B Sütunu Yan Kapılara Entegre Aracın Şasisi ve Gövde Panelleri.....	59
Şekil 3.29 : B Sütunlu Aracın Şasisi ve Gövde Panelleri	59
Şekil 3.30 : Yetişkin Yolcu Mankeniyle Yapılan İniş Biniş Ergonomisi Kontrolü...	60
Şekil 3.31 : Arka Bagaj Açıklığı.....	61
Şekil 3.32 : Arka Yan Kapı Açıklığı.....	61
Şekil 4.1 : Analizde Kullanılan Malzemenin Stress – Strain Eğrisi	63
Şekil 4.2 : Sınır Koşulları.....	64
Şekil 4.3 : B Sütunsuz Aracın Parça Kalınlıkları	64
Şekil 4.4 : B Sütunlu Aracın Parça Kalınlıkları	64
Şekil 4.5 : B Sütunlu Araç Analiz için Hazırlanan Model	65
Şekil 4.6 : B Sütunlu Araç Yandan Çarpma Analiz Sonucu.....	66
Şekil 4.7 : B Sütunlu Araçta Oluşan Yer Değiştirmeler	66
Şekil 4.8 : B Sütunsuz Araç Kritik Kesit	67
Şekil 4.9 : B Sütunsuz Araç Analiz için Hazırlanan Model 1. Deneme	67
Şekil 4.10 : B Sütunsuz Araç Yandan Çarpma Analiz Sonucu 1. Deneme	68
Şekil 4.11 : B Sütunsuz Araçta Oluşan Yer Değiştirmeler 1. Deneme.....	68
Şekil 4.12 : B Sütunsuz Araç Analiz için Hazırlanan Model 2. Deneme	69
Şekil 4.13 : B Sütunsuz Araç Yandan Çarpma Analiz Sonucu 2. Deneme	70
Şekil 4.14 : B Sütunsuz Araçta Oluşan Yer Değiştirmeler 2. Deneme.....	70
Şekil 4.15 : B Sütunsuz Araç Analiz için Hazırlanan Model 3. Deneme	71
Şekil 4.16 : B Sütunsuz Araç Yandan Çarpma Analiz Sonucu 3. Deneme	72
Şekil 4.17 : B Sütunsuz Araçta Oluşan Yer Değiştirmeler 3. Deneme.....	72

B SINIFI BİR BİNEK ARACINDA B SÜTUNU PARÇASININ YAN KAPILARA ENTEGRASYONU VE RİJİT DİREĞE YANDAN EĞİMLİ ÇARPMA ANALİZİ

ÖZET

Günümüzde otomotiv sektörü kritik bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Teknolojinin hızla gelişmesi, fosil yakıtların tükenmeye başlaması ve toplumların çevreye karşı daha duyarlı hale gelmesiyle beraber elektrikli otomobiller hızla yaygınlaşmaya başlamıştır. Elektrikli otomobillerin yaygınlaşmasının önündeki en büyük engellerden biri olan batarya teknolojilerindeki gelişmeler bu kritik eşiğin aşılmasında önemli rol oynamıştır. Elektrikli otomobillerle beraber araç tasarımlarına etki eden birçok parametre değişmiş ve bu da araç tasarımlarına etki etmiştir.

Avrupa pazarı binek araç satışlarında, B segmenti binek araçlar C segmenti binek araçlar ile beraber en büyük pazar payına sahip araç sınıfı olma özelliği taşımaktadır. B segmenti araçlar boyutları itibarıyla üst segmentteki araçlara kıyasla daha az konforlu olmaktadır. Özellikle ikinci sıra koltukta seyahat eden yolcular için yeterli diz mesafesi bulunmamakta ve iniş biniş sırasında B sütunu ciddi engel oluşturmaktadır. Bu nedenlerle bu çalışmada B segmenti araçlarda daha yenilikçi bir tasarım ortaya çıkarmak, araç yaşam hacmini arttırmak, iniş biniş ergonomisini iyileştirmek, ağırlık ve maliyet azaltmak hedeflenmiştir. Bu amaçla araç mimarisine etki eden konfor, güvenlik ve yasal gereklilikler gibi en önemli parametreler incelenmiş, tüm bu parametrelerle beraber İcem Surf ve Catia yazılımları kullanılarak binek bir aracın gövde ve şasi tasarımı yapılmıştır. Günümüz araçlarına kıyasla en önemli yenilik olarak B sütununun yan kapılara entegrasyonu sağlanmıştır.

B sütunu yapısal olarak önemli fonksiyonları üzerinde taşımaktadır. Bu fonksiyonlardan en önemlisi şüphesiz tüm şasi ile beraber bir kafes yapı oluşturarak şasi üzerinde oluşan yükleri taşımaktır. B sütunu aynı zamanda bir kaza anında araç içerisindeki yaşam alanının korunmasında önemli rol oynamaktadır. Bu nedenlerle B sütununun yan kapılara entegrasyonu sırasında oluşabilecek geometrik problemlerle beraber yandan çarpma durumunda oluşabilecek problemlerde incelenmiş ve tüm bunlara bir bütün halinde çözümler geliştirilmiştir.

B sütununun yandan çarpma durumunda gösterdiği etkiyi kıyaslayabilmek amacıyla hem B sütunlu hem de B sütunsuz araçların sonlu elemanlar modeli Visual Mesh yazılımı ile oluşturulmuştur. Sonrasında Pam-Crash yazılımı ile rijit direğe yandan eğimli çarpma analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Coach Tipi Kapı, B Sütunsuz Araç, B Sütunu Entegrasyonu, Yandan Çarpma Analizi, Ergonomi, Yolcu Paketleme

INTEGRATION OF B PILLAR INTO SIDE DOORS IN A B SEGMENT PASSENGER CAR AND OBLIQUE POLE SIDE IMPACT ANALYSIS

ABSTRACT

The automotive industry is going through a critical transformation process. As technology rapidly develops, fossil fuels begin to run out, and societies become more sensitive to the environment, electric cars have become increasingly widespread. Developments in battery technologies, one of the biggest obstacles to the widespread use of electric cars, have played an important role in overcoming this critical threshold. With electric cars, many parameters affecting vehicle designs have changed and this has affected vehicle designs.

B segment passenger cars and C segment passenger cars are the vehicle classes with the largest market share in Europe. B segment vehicles are less comfortable than upper segment vehicles due to their size. There is not enough legroom for passengers traveling in the second row seat in particular, and the B pillar poses a serious obstacle when getting in and out. For these reasons, this study aims to create a more innovative design in B segment vehicles, increase vehicle living space, improve boarding and getting in ergonomics, and reduce weight and cost. For this purpose, the most important parameters affecting the vehicle architecture, such as comfort, safety and legal requirements, were examined, and a vehicle design was made using Icem Surf and Catia software together with all these parameters. The most important innovation compared to today's vehicles was the integration of the B pillar into the side doors.

The B-pillar carries important structural functions. The most important of these functions is undoubtedly to carry the loads formed on the chassis by forming a cage structure with the entire chassis. The B-pillar also plays an important role in protecting the living space inside the vehicle in the event of an accident. For these reasons, the geometric problems that may occur during the integration of the B-pillar to the side doors and the problems that may occur in the event of a side impact have been examined and solutions have been developed for all of these as a whole.

In order to compare the effect of the B-pillar in the event of a side impact, finite element models of both B-pillar and non-B-pillar vehicles were created with Visual Mesh software. Afterwards, side impact analysis was run with Pam-Crash software and the results were compared.

Keywords: Coach Type Door, B Pillarless Vehicle, B Pillar Integration, Side Impact Analysis, Ergonomics, Occupant Packaging

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Tezin Amacı

B segmenti araçlar boyutları itibari ile üst segmentteki araçlara kıyasla daha az konforlu olmaktadır. Özellikle ikinci sıra koltukta seyahat eden yolcular için yeterli diz mesafesi bulunmamakta ve iniş biniş sırasında B sütunu ciddi engel oluşturmaktadır.

Çalışmanın ilk aşamasında, tüm bu problemlerin çözümüne yönelik olarak, araç mimarisine etki eden parametreler incelenerek B segmenti araçlarda daha yenilikçi bir tasarım ortaya çıkarmak ve araç yaşam hacmini arttırmak hedefleri doğrultusunda Icem Surf ve Catia yazılımları kullanılarak araç tasarımı yapılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, iniş biniş ergonomisini iyileştirmek ve ağırlık azaltmak hedefleri ile beraber Icem Surf ve Catia yazılımları kullanılarak B sütununun ilk aşamada tasarlanan araç gövdesinden kaldırılıp yan kapılara entegre edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın son aşamasında ise, B sütunlu ve B sütunu kapılara entegre edilen iki aracın rijit direğe yandan eğimli çarpma analiz sonuçları kıyaslanarak, B sütunu entegrasyonunun yandan çarpma performansına etkisini göstermek amaçlanmıştır.

1.2. Otomobil Gövde Tasarımının Tarihi

Gottlieb Daimler içten yanmalı motorla çalışan ilk aracı üretmesiyle tanınmaktadır. İlk otomobillerin çoğu at arabalarından uyarlanarak yapılmaktaydı. Bu nedenle aynı gövde ve şasi mimarisinin yanı sıra benzer yolcu paketine sahip olarak yapılmaktaydılar.

Panhard ve Levassor, motoru aracın önüne yerleştirip güç aktarma organları kullanarak gücü arka tekerlere aktarmış ve otomobil tasarımında büyük bir yenilik yapmışlardır.

20. yüzyılın başlarında ABD’de elektrikli ve buharlı araçlar çoğunlukta idi. Baker, Woods ve Detroit Electric gibi şirketler temiz, güvenilir ve çalıştırılması kolay elektrikli

araçlar geliştirmişlerdir. Elektrikli araçlar; menzil ve yüksek maliyetler gibi nedenlerden dolayı içten yanmalı motorlarla rekabet edememişlerdir.

1912 yılında Henry Ford seri üretim yöntemini geliştirerek otomobil fiyatlarını düşürmüş ve her üç dakikada bir Model T üreterek otomotiv sektöründe bir değışim başlatmıştır.



Şekil 1.1: Ford Model T [1].

1922 yılına gelindiğinde Lancia Lambda devrim niteliğinde bir otomobil olarak ortaya çıkmıştır. Monokok bir gövdeye sahip ilk otomobil olma özelliği taşımaktadır.

Paul Jaray tarafından tasarlanan Chrysler Airflow aerodinamik nedenlerle dönemin araçlarından çok farklı bir görünüşe sahipti, piyasaya ilk çıktığında bu yeni form hiç beğenilmemiştir ve neredeyse Chrysler firmasının iflasına neden olmuştur. Ancak ilerleyen dönemlerde bu form diğerk otomobil üreticileri tarafından taklit edilmiş ve yaygınlaşmıştır.



Şekil 1.2: Chrysler Airflow [1].

1950 ve 1960'lı yıllar otomobil endüstrisi için muhteşem yıllar olmuştur. Bu yıllar ikinci dünya savaşı sonrası ekonominin iyi ve yakıtın ucuz olduğu yıllar olmuştur. Bu nedenlerle bu dönemin arabaları büyük ve gösterişli hale gelmişlerdir.



Şekil 1.3: Chevrolet Bel Air [1].

1970'li yıllarda ise petrol krizi ve ekonomik durumun kötüleşmesi nedeniyle daha küçük boyutlu otomobiller üretilmeye başlanmıştır. Bu yıllarda hatchback otomobiller özellikle Avrupa pazarının temel ögesi haline gelmişlerdir.



Şekil 1.4: Volkswagen Golf [1].

1990'lı yıllardan itibaren şehir içi mikro arabalar geliştirilmeye başlanmıştır. Bu araçlar kolay park edilebilir olması, düşük yakıt sarfıyatı, bireysel kullanıma uygunluğu nedeniyle halen üretilmeye devam etmektedirler [1].



Şekil 1.5: Smart ForTwo [1].

1.3. Literatür Araştırması

Chateauroux ve Xuguang [2] makale çalışmalarında, genç ve yaşlı gönüllülerden oluşan katılımcıların giriş ve çıkış hareketlerini RPx ve Ramsis yazılımlarını kullanarak dijital insan modellerine dönüştürmüştür. Bu sayede, oluşturulan dijital insan modelleri yardımıyla iniş biniş ergonomisi simüle edilmiştir.

Başkara [3] yüksek lisans tez çalışmasında, araç B sütununun sonlu elemanlar modeli, yatay düzlemde iki farklı komponente ayrılmış ve sonrasında üç farklı sıcaklıkta şekillendirilmiş, üç boron çeliği tek ve kombinasyon halinde araç B sütununda kullanılmıştır. Boron çeliği malzeme parametreleri Johnson Cook malzeme modeli ile tanımlanmış ve Johnson Kopma Modeli de eklenmiştir. FMVSS 216 standartlarında çatı ezilmesi analizi gerçekleştirilen aracın IIHS standartlarında mukavemet-kütle oranı (SWR) ve spesifik enerji absorpsiyonu (SEA) incelenmiştir.

Çimendağ [4] yüksek lisans tez çalışmasında, yandan çarpışma anında elektrikli araç ve konvansiyonel araçların şasi üzerindeki yük dağılımı incelenmiştir. Solidworks programı kullanılarak her iki tür araç için aynı segmentte şasiler tasarlanmıştır. Tasarımı tamamlanan şasiler ANSYS Workbench programında bulunan Explicit modülünde Yan Darbe Testi ve Kutup Darbe Testinde belirlenen hız sınırlarının ortalaması alınarak 40 km/h hızla çarpışma analizleri gerçekleştirilmiştir.

Zaareer vd. [5] makale çalışmalarında, Fusion 360 yazılımı ile B sütunlu ve B sütunsuz araçların şasileri tasarlamış ve yapısal analizleri yapılmıştır. B sütunlu ve B sütunsuz olarak tasarlanan bu iki araç için iki farklı senaryo oluşturulmuştur. Bunlardan ilki yapısal dayanım testleri, ikincisi ise bir yan ve bir çatı kuvveti etkilerinin incelenmesidir.

Kim vd. [6] çalışmalarında, B sütunu olmayan bir araç gövdesi ve kayar kapı tasarımı yaparak, uygulanan yöntemi doğrulamak amacıyla stiffness analizi ve çarpışma analizi yapmıştır.

BÖLÜM 2. ARAÇ TASARIMINA ETKİ EDEN PARAMETRELER

Araç tasarımında, sistem tasarımı yaklaşımının amacı, aracın bir bütün olarak işlevlerini belirlenen prosedürlere ve hedeflere göre yerine getirmesini sağlayacak şekilde her bir sistem ve alt bileşenlerinin teknik özelliklerini tanımlamaktır.

Bu yaklaşım sayesinde, çok karmaşık projeler bile, bütünü oluşturan sistemlerin paralel şekilde çalışan ekiplere atanması yoluyla, her biri otonom olarak kontrol edilebilen ve aracın genel performansına göre sonlandırılabilen anlaşılır hedeflere sahip olarak yürütülmesine olanak tanınmaktadır. Bu yaklaşım, her projenin belirlenen hedeflere ulaşmasının fizibilitesinin doğrulanacağı başlangıç aşamasıdır. İyi bir sistem tasarımı, aşağıdaki maddelere açıklık getirmelidir.

- Sistemin gerçekleştireceği fonksiyonları tanımlamak
- Bu fonksiyonların ölçüm parametrelerini tanımlamak
- Hangi bileşenlerin sistemin parçası olduğunu tanımlamak
- Her bir bileşen için, sistem fonksiyonunun hedef değerleriyle uyumlu teknik spesifikasyonlar oluşturmak

Geleneksel topolojik araç tasarımı yaklaşımı, araç tasarımına etki eden sistemleri üç ana başlık altında toplamaktadır [7].

- Şasi ve şanzıman, süspansiyon, fren, tekerler, direksiyon mekanizması gibi alt sistemleri
- Motor ve yakıt beslemesi, emme, egzoz gibi alt sistemleri
- Gövde ve yolcu ile bagaj bölümleri dahil olmak üzere tüm bileşenleri

2.1. Pazar Araştırması

2023 yılında küresel otomobil üretim hacmi, bir önceki yıla göre %10,2 oranında artarak yaklaşık olarak 76 milyon adete ulaşmıştır. Bu artış oranı, küresel olarak bölgelerde ortaya çıkan olumlu üretim trendlerinden kaynaklanmıştır. Tablo 2.1’de yıllara göre dünya çapında otomobil üretim adetleri ve değişim oranları verilmiştir.

Tablo 2.1. Yıllara Göre Dünya Çapında Otomobil Üretim Adetleri ve Değişim Oranları [8].

	2022	2023	% Değişim
Avrupa	13.316.033	14.988.243	12.6
AB	10.896.821	12.126.604	11.3
Türkiye	806.971	960.230	19
İngiltere	776.764	901.893	16.1
Rusya	445.247	491.000	10.3
Diğerleri	390.230	508.516	30.3
Kuzey Amerika	10.401.318	11.687.968	12.4
Amerika	7.033.378	7.629.525	8.5
Diğerleri	3.367.940	4.058.443	20.5
Güney Amerika	2.134.324	2.136.135	0.1
Brezilya	1.823.705	1.781.612	-2.3
Diğerleri	310,619	354,523	14.1
Asya	40.923.334	44.971.379	9.9
Çin	23.237.924	25.347.593	9.1
Japonya	6.586.250	7.734.465	17.4
Hindistan	4.373.200	4.669.500	6.8
Güney Kore	3.456.411	3.926.371	13.6
Diğerleri	3.269.549	3.293.450	0.7
Orta Doğu ve Afrika	1.823.048	1.831.725	2.4
Toplam	68.598.057	75.615.450	10.2

2022 yılında sabit bir çizgide seyreden otomobil satışları 2023 yılına gelindiğinde önemli ölçüde toparlanmıştır. 2023 yılındaki satış adetleri, covid salgınının sona ermesi ve tedarik zincirinde oluşan sorunların aşılmasıyla beraber %10 civarında artarak 72 milyon adete ulaşmıştır. Bu toparlanmada, Rusya ve Ukrayna pazarlarının sırasıyla %63,5 ve %58,9 etkileci büyüme oranları ve Türkiye’deki satışların neredeyse 1 milyon adete

ulaşması etkili olmuştur [8]. Tablo 2.2’de yıllara göre dünya çapında otomobil satış adetleri ve değişim oranları verilmiştir.

Tablo 2.2. Yıllara Göre Dünya Çapında Otomobil Satış Adetleri ve Değişim Oranları [8].

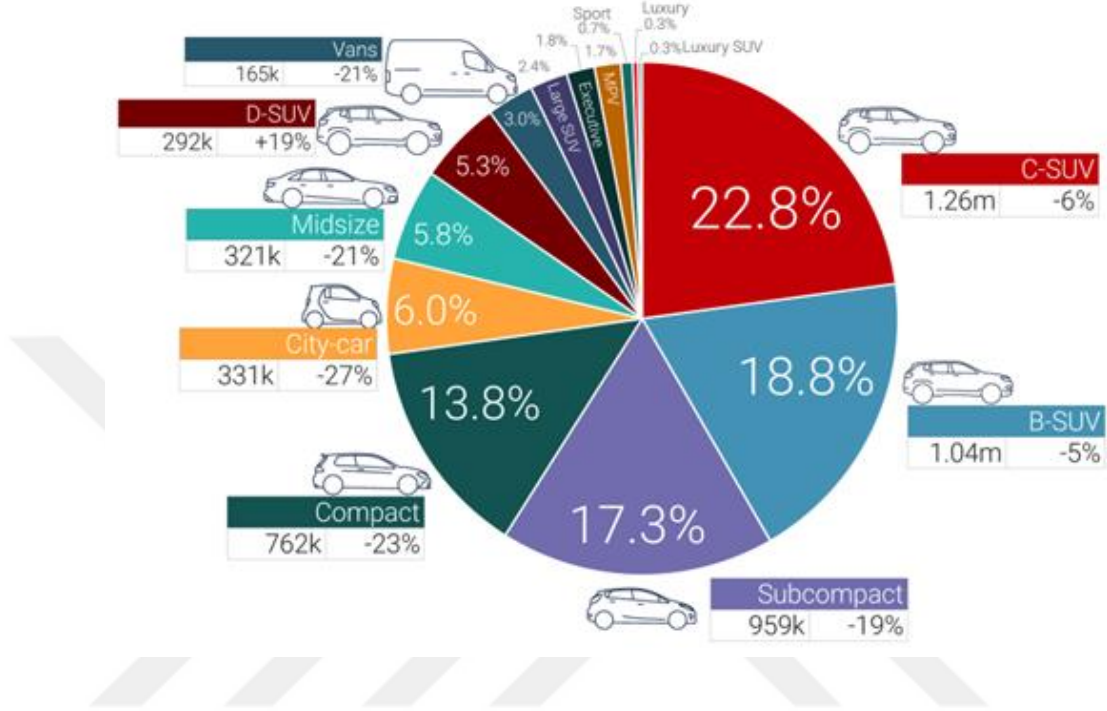
	2022	2023	% Değişim
Avrupa	12.932.247	15.335.149	18.6
AB	9.263.509	10.547.716	13.9
İngiltere	1.614.063	1.903.054	17.9
Rusya	621.105	1.015.387	63.5
Türkiye	592.659	967.341	63.2
Diğerleri	840.911	901.651	7.2
Kuzey Amerika	12.780.597	14.696.367	15
Amerika	10.773.065	12.327.829	14.4
Diğerleri	2.007.532	2.368.538	18
Güney Amerika	2.810.766	2.835.568	0.9
Brezilya	1.572.799	1.717.744	9.2
Diğerleri	1.237.967	1.117.824	-9.7
Asya	34.014.324	36.063.808	6
Çin	21.354.717	22.320.061	4.5
Hindistan	3.848.737	4.176.522	8.5
Japonya	3.444.229	3.989.608	15.8
Güney Kore	1.426.604	1.501.424	5.2
Diğerleri	3.940.037	4.076.193	3.5
Orta Doğu ve Afrika	3.512.663	3.526.307	0.4
Toplam	66.050.597	72.457.199	9.7

2.1.1. Türkiye Binek Araç Pazarı

Ülkemizde içerisinde bulunduğu Avrupa otomotiv endüstrisi, Ar-Ge harcamaları için yılda yaklaşık 58.8 milyar Euro civarında yatırım yaparak Avrupa’da inovasyona en fazla katkıyı sağlayan endüstri olmaktadır. Avrupa’da yaklaşık 13 milyon kişi doğrudan ya da dolaylı yoldan otomotiv endüstrisinde çalışmaktadır.

Avrupa pazarı binek araç satış oranlarının segmentlere göre dağılımı incelenmiş olup Şekil 2.1’de segmentlerinin aldığı paylar detaylı şekilde gösterilmiştir. Avrupa pazarı binek araç satışlarında, B segmenti binek araçlar C segmenti binek araçlarla beraber en

büyük pazar payına sahip araç sınıfı olma özelliği taşımaktadır. Bu nedenle araç üreticileri, B segmentinde farklı müşteri gruplarına hitaben model çeşitliliğini ve pazar paylarını arttırmak için sürekli yeni modeller üretmektedir [9].



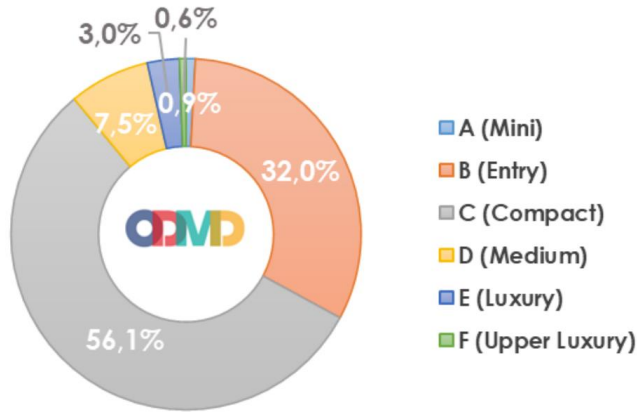
Şekil 2.1: 2022 Yılı Avrupa Binek Araç Pazarının Segmentlere Göre Dağılımı [9].

Türkiye otomotiv sektörü toplam pazarı, 2023 yılının aralık ayında, bir önceki yılın aynı ayına göre %35 artarak 164.654 adet, üretim %16,2 azalarak 119.314 adet ve ihracat %1,9 azalarak 92.148 adet olmuştur. İhracat değeri ise %1,2 oranında artarak 3 milyar 210 milyon dolar seviyesine ulaşmıştır [10]. Tablo 2.3'te Sektörün 2022 ve 2023 yılları arasındaki istatistikleri verilmiştir.

Tablo 2.3. Yıllara Göre Türkiye Otomotiv Sektörü İstatistikleri ve Değişim Oranları [10].

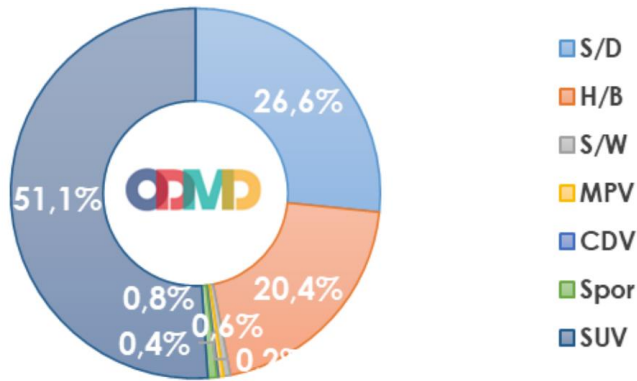
	2022	2023	% Değişim
Pazar	827.163	1.283.952	55.2
Üretim	1.352.648	1.468.393	8.6
İthalat	454.159	815.693	79.6
İhracat	970.124	1.018.247	5.0
İhracat (Dolar)	31.499.210.573	35.697.561.717	13.3

Türkiye otomotiv sektörü binek araç pazarı incelendiğinde ise, pazarın %89'unu vergi oranları düşük olan A, B ve C segmentlerindeki araçların oluşturduğu görülmektedir. Binek araç satışları segmentlere göre değerlendirildiğinde en çok tercih edilen segmentler sırasıyla; C segmenti otomobiller 542.432 adetle %56,1 pay, B segmenti otomobiller 309.987 adetle %32 pay almıştır.



Şekil 2.2: 2022 Yılı Türkiye Binek Araç Pazarının Segmentlere Göre Dağılımı [10].

Binek araç satışları gövde tiplerine göre değerlendirildiğinde ise en çok tercih edilen gövde tipleri sırasıyla; SUV otomobiller 493.957 adetle %51,1 pay, sedan otomobiller 257.469 adetle %26,6 pay ve, H/B otomobiller 196.854 adetle %20,4 pay almıştır [10].



Şekil 2.3: 2022 Yılı Türkiye Binek Araç Pazarının Gövde Tipine Göre Dağılımı [10].

2.1.2. B Segmenti Binek Araçların Temel Boyutları

B segmenti araç ya da küçük sınıf araç olarak da adlandırılan binek araçlar; ekonomik ve şehir içi kullanıma yönelik olarak tasarlanmış olup, boyutları 3,70 ve 4,00 metre arasında değişen küçük otomobil sınıfında yer almaktadır. Araçları sınıflandırmak için kullanılan segmentler, ülkelere göre değişkenlik göstermekle birlikte kullanıcıların ihtiyaçları bu değişkenliği yönlendiren en temel kriterler arasında bulunmaktadır. Araçların sınıflandırılması boyut, teknik özellikler, iç hacim, fiyat ve performans gibi kriterlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Tablo 2.4'te Avrupa pazarı binek araç segmentleri ve açıklamaları verilmiştir.

Tablo 2.4. Avrupa Pazarı Binek Araç Segmentleri ve Açıklamaları [11-15].

Sınıf	Açıklama
A	Şehir arabası
B	Küçük sınıf otomobil
C	Alt orta sınıf otomobil
D	Üst orta sınıf otomobil
E	Üst Sınıf otomobil
F	Lüks sınıf otomobil
S	Spor otomobil
M	Çok amaçlı otomobil
J	Spor kullanıma uygun otomobil

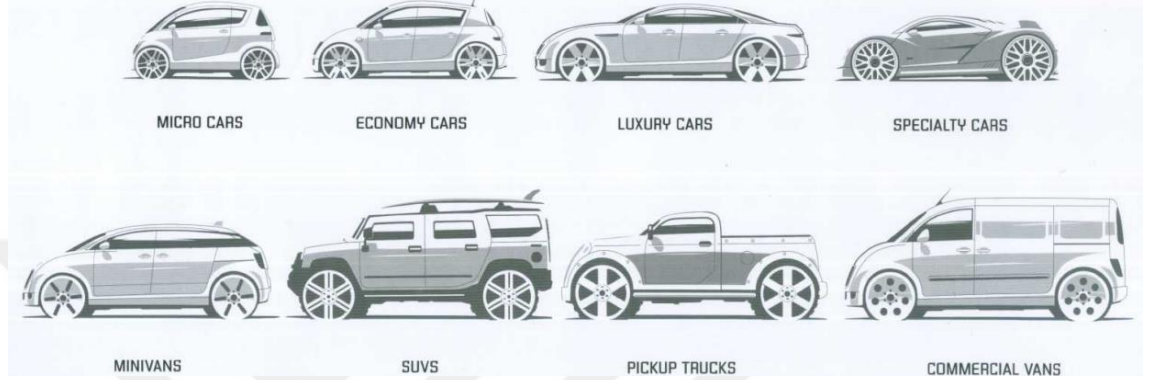
B segmenti araçlar boyutları sayesinde hem şehir içi kullanıma uygun olmakta hem de yakıt verimliliği açısından ön plana çıkmaktadır. Bu segmentteki araçların hatchback, sedan, station vagon, SUV gibi farklı kasa tipleri mevcuttur. Farklı kasa tipleri sayesinde B segmenti araçlar bir çok farklı müşteri kitlesine hitap edebilmektedir [11-15].

Tablo 2.5. B Segmenti Araçların Temel Ölçüleri (mm) [11-15].

Marka	Model	Uzunluk	Genişlik	Yükseklik	Aks Mesafesi
Renault	Clio	4053	1798	1439	2583
Peugeot	208	4055	1765	1430	2540
Opel	Corsa	4061	1765	1435	2538
Toyota	Yaris	3940	1745	1505	2560
Volkswagen	Polo	4074	1751	1436	2552

2.2. Binek Araç Gövdeleri

Araç gövdesi; çelik, alüminyum veya kompozit gibi çeşitli homojen malzemelerden oluşan panellerin bir araya getirilmesiyle ortaya çıkan yapıdır. Gövde üzerinde birçok sökülebilir ve hareketli parça bulunmaktadır.



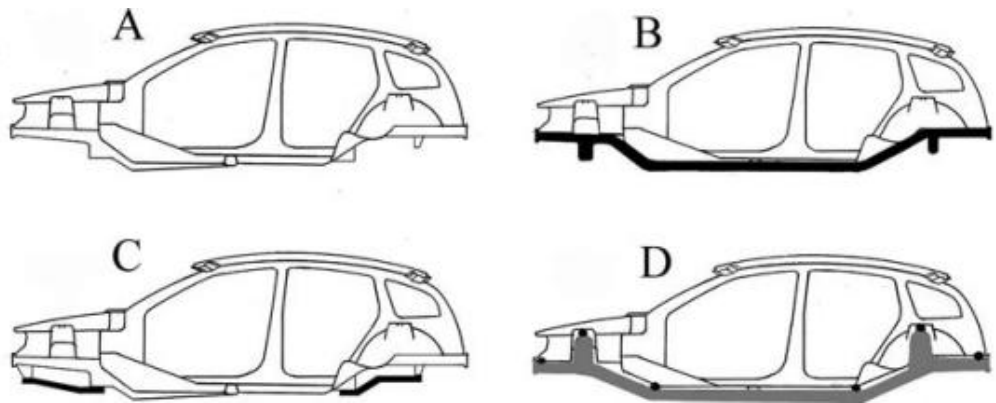
Şekil 2.4: Binek Araç Gövde Çeşitleri [1].

İyi bir gövde tasarımı aşağıdaki ihtiyaçları karşılamalıdır.

- Estetik: Genel olarak hoş bir görünüme ve yüzey kalitesine sahip olmak.
- Yapısal Fonksiyon: Taşınan yolcu yada yüklerin ağırlığını taşımak, sistem fonksiyonları için gerekli mekanik parçaları taşımak, Çoklu kaynaklardan gelen mekanik gerilmelere dayanmak.
- Ergonomi: Yolcu ve yükler için yeterli ve konforlu alan sağlamak.
- Güvenlik: Çarpışma durumunda yolcu bölmesinin bütünlüğünün sağlanması, ortaya çıkan çarpışma enerjisinin sönmülmesi ve yaya yaralanmalarının azaltılması.
- Aerodinamik: Hava sürtünmesini en aza indirmek, hava akışının lastik-yol teması ve araç dengesi üzerindeki etkilerini kontrol etmek.
- Yalıtım: Araç içi ya da dışından kaynaklı gürültü, titreşim ve ısı iletimini en aza indirmek.
- Görünürlük: Çevrede mümkün olan en yüksek gündüz ve gece görünürlüğünü sağlamak, aydınlatma cihazlarını en etkin şekilde barındırmak.

Ayrıca bir araç gövdesinin; tüm bunların yanında uzun ve güvenli bir ömür, düşük maliyet ve yüksek malzeme geri dönüştürme oranı gibi önemli beklentileri karşılaması gerekmektedir. Tüm bu isterlerin karşılanabilmesi için aşağıda sıralandığı şekilde farklı gövde yapıları ortaya çıkmıştır [16].

- A- Unibody: Gövde ve şasi parçalarının fiziksel olarak bir bütün olduğu gövde çeşitidir. Süspansiyonlar ve diğer mekanik parçalar doğrudan gövde üzerine braketler yardımıyla takılır. Bu yapının temel avantajı nispeten düşük ağırlıktır, ancak süspansiyonların gövdeye braketlerle bağlanması nedeniyle tekerlek kaynaklı titreşim ve gürültü yalıtımı nispeten kötüdür.
- B- Body on Frame: Gövdenin şasi üzerine civatalar yardımıyla bağlandığı yapıdır. Bu yapı, farklı gövde tasarımları için tek bir şasinin kullanılabilmesine olanak tanımaktadır. En büyük dezavantajı unibody yapısıyla kıyaslandığında artan ağırlıktır.
- C- Body with Ancillary Subframes: Güç aktarma organları ve süspansiyon sistemleri için kısmi şasiye sahip yapıdır. Şasi ve gövde arasındaki bağlantılar rijit ya da elastik burçlar aracılığıyla yapılmaktadır. Başlıca avantajları modülerlik ve montaj sürecinin farklı hatlarda yürümeye elverişli olmasıdır. Başlıca dezavantajı ise unibody yapısıyla kıyaslandığında artan ağırlıktır.
- D- Dual Frame Body: Gövde ve şasinin elastik sönümleme burçları aracılığıyla bağlı olduğu yapıdır. Süspansiyonların bu şekilde bağlanması yol sürtünmesinden kaynaklı titreşim ve gürültünün azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Başlıca dezavantajı ise unibody yapısı ile kıyaslandığında artan ağırlıktır.



Şekil 2.5: Başlıca Gövde ve Şasi Bağlantı Çeşitleri [16].

2.3. Binek Araç Şasileri

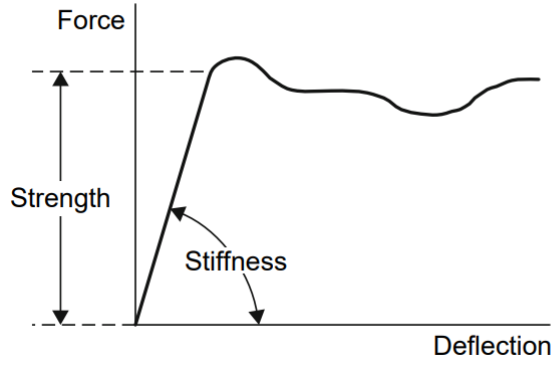
Şasi otomobilin kendisine bağlı diğer tüm parçalarını üzerinde taşıyan ana iskelet yapısıdır. Şekil 2.6'da örnek bir binek araç şasisi gösterilmiştir. Yapının amacı aracın şeklini korumak ve üzerine etki eden yüklere mukavemet göstermektir. Bir araç şasisinin performansının değerlendirilmesi, şasinin rijitliği ve mukavemetiyle ilgilidir. Şasi tasarımının amacı mümkün olduğu kadar hafif, düşük maliyetli ve basit bir şasiyi rijitliğinden ve mukavemetinden taviz vermeden ortaya çıkarmaktır.



Şekil 2.6: Space Frame Tipi Otomobil Şasisi [17].

Mukavemet gereksinimi, yol yüklerine maruz kalındığında yapının hiçbir bölümünün işlevini kaybetmeyeceğini ifade etmektedir. Aşırı yük durumları nedeniyle anlık aşırı yüklenmeler veya malzeme yorgunluğu işlev kaybına neden olabilmektedir. Yapının elastik sınırın ötesinde aşırı gerilmesi veya kesme etkisi altında burkulması anlık hasarlara neden olabilmektedir.

Yapının rijitliği (K), P yükü uygulandığında ortaya çıkan Δ sapması ile ilişkilidir. Yalnızca elastik aralıktaki yapılar için geçerli olmaktadır. Araç yapısının rijitliğinin yol tutuşu ve titreşim davranışları üzerinde önemli etkileri vardır. Örneğin kapıların kapanamaması gibi aracın işlevini olumsuz etkileyebilecek aşırı yüklerden kaynaklanan saptmaların ortaya çıkması engellenmelidir. Farklı yük durumları için farklı rijitlik tanımları kullanılmaktadır. Bunlardan sıklıkla kullanılan ikisi bükülme direnci ve burulma direncidir [17].



Şekil 2.7: Kuvvet – Sapma Eğrisi [17].

2.3.1. Monokok Şasi

Bu şasi çeşidinde yapı hem otomobil gövdesi hemde yapısal yükü taşıyan bir şasi vazifesi görmektedir. Gövde ve şasi bir bütün olarak elde edilmektedir. Monokok şasi uçaklarda kullanılan yapıya bir çok yönden benzerlik göstermektedir, aynı zamanda ağırlık azaltma bakımından son derece verimli bir tasarıma sahiptir. Yaygın olarak genelde yarış arabalarında kullanılmaktadır. Şekil 2.8’de örnek bir monokok şasi gösterilmiştir. Bu şasi çeşidinde, hareket sırasında aracın ürettiği stres eşit şekilde dağıtılmaktadır, bu sayede daha yüksek deformasyon değerine neden olabilecek yerel stres oluşması engellenmiştir. Gerilim, yapı arasında eşit olarak dağıtıldığı için şasinin burulma dayanımı oldukça yüksektir [17].



Şekil 2.8: Monokok Şasi [17].

2.3.2. Uzay Kafes Şasi

Günümüzde kullanılan modern bir başka şasi çeşitidir. Bu tip bir yapıyı oluşturabilmek için nispeten küçük kesitli dairesel profiller kullanılmaktadır. Bu profiller kaynak yardımı ile birleştirilmekte ve bu sayede yüksek mukavemet değerine sahip kafes benzeri kompleks bir yapı oluşturulmaktadır. Gelişen üretim teknolojileri ile beraber, bu şasi çeşitinde montajı daha kolay olan dikdörtgen kesitli profiller ya da pres ile elde edilen sac parçalar kullanılabilmektedir. Şekil 2.9’da örnek bir uzay kafes şasi gösterilmiştir. Bu şasi çeşidi her yönden yüksek mukavemet sağlamakla birlikte üretim maliyeti fazla ve üretimi zor olmaktadır [17].



Şekil 2.9: Uzay Kafes Şasi [17].

2.3.3. Platform Şasi

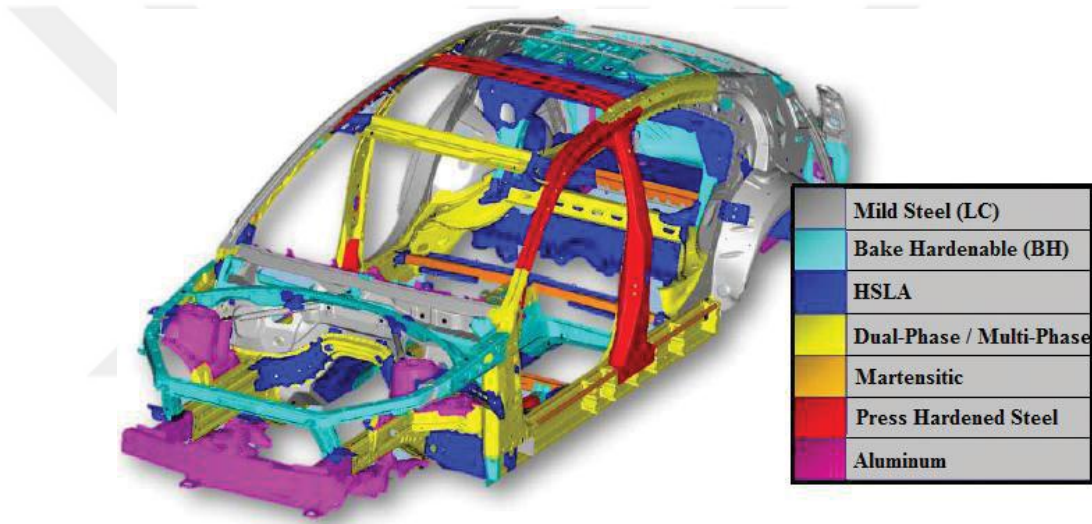
Günümüzde modüler araçlar üzerine önemli çalışmalar yapılmaktadır, Platform şasi çeşidi eski tip şasi çeşitlerine benzer olmakla beraber modern ve modüler bir yapıya sahiptir. Bu tasarımda sürücü, yolcu ve bagaj bölmelerinin zemileri mukavemet ve sağlamlık için yük taşıyıcı parçalarla birleştirilerek aracın ana iskeleti oluşturulmaktadır. Şekil 2.10’da örnek bir platform şasi gösterilmiştir. Bu tip şasilerde genellikle alüminyum alaşımlar ya da kompozit malzemeler kullanılmaktadır [17].



Şekil 2.10: Patform Şasi [17].

2.3.4. Binek Araç Şasilerinde Kullanılan Malzemeler

Şasi tasarımında en önemli kriterlerden biri malzeme seçimidir. Otomobillerin ortaya çıktığı ilk yıllarda malzeme çeşitliliği son derece sınırlıydı ve genellikle üretim talebi arttıkça maliyet odaklı malzeme seçimi yapılmaktaydı. Günümüzde ise güvenlik, emisyon kontrolü ve geri dönüşüm gibi bir çok parametre malzeme seçimi üzerinde etkili olmaktadır. Seçilen malzeme, ağırlık faktörü ile doğrudan aracın performansına etki etmektedir. Bu durum yolcu güvenliği ile beraber düşünüldüğünde daha hafif ve daha dayanıklı malzemeler ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Günümüzde şasi üretiminde çelik, alüminyum, kompozit, magnezyum ve titanyum gibi malzemeler kullanılmaktadır [18].

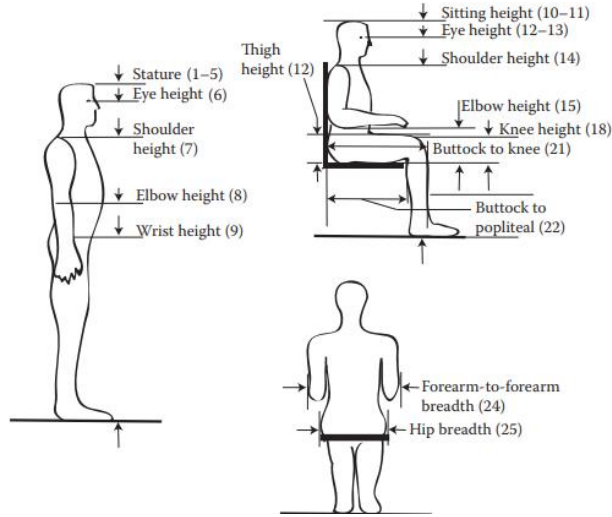


Şekil 2.11: Binek Araç Şasilerinde Kullanılan Malzeme Dağılımı [18].

2.4. Ergonomi ve Paketleme

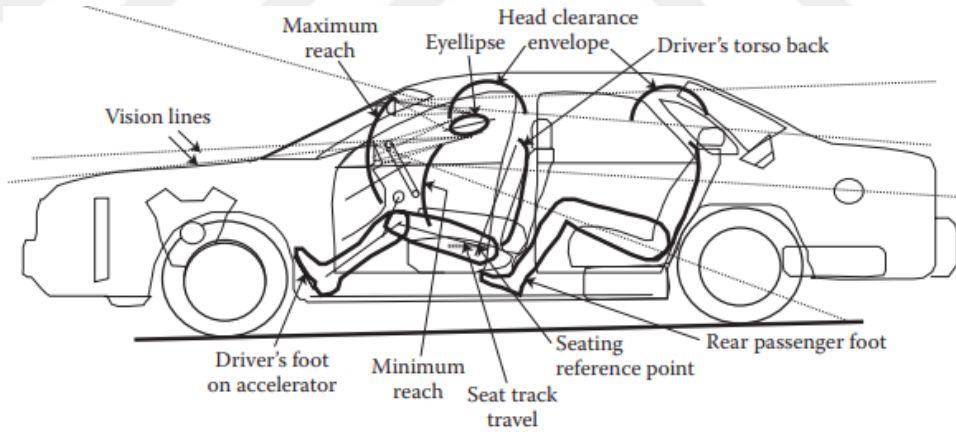
Ergonomi; insan özelliklerini, yeteneklerini ve sınırlarını inceleyen, elde ettiği veriler doğrultusunda insanların kullandığı ekipman ve sistemlerin tasarlanması ya da değerlendirmesi için uygulamalar ortaya çıkaran bilim dalıdır. Ergonominin temel amacı, kullanıcılar ve ekipmanlar arasında mümkün olan en iyi uyumu sağlayacak şekilde tasarım faaliyetlerini yönlendirmek, bu sayede konforu, performansı ve verimliliği iyileştirmektir.

Bir araç tasarımının ilk adımı, kullanıcı popülasyonunu, antropometrik ve biyomekanik özelliklerini belirlemektir. Bu veriler aracın kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmasına yardımcı olmaktadır.



Şekil 2.12: Ayakta ve Oturma Pozisyonunda Statik Antropometrik Veriler [19].

Paketleme, otomotiv sektöründe yolcuların, parçaların ya da yüklerin konumlandırılmasıyla ilgili faaliyetleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Yolcu paketi, araç içerisindeki yolcuların pozisyonlarını 2D ya da 3D olarak gösteren çizimleri içermektedir. Şekil 2.13'te yolcu paketi ayrıntılı şekilde gösterilmiştir [19].

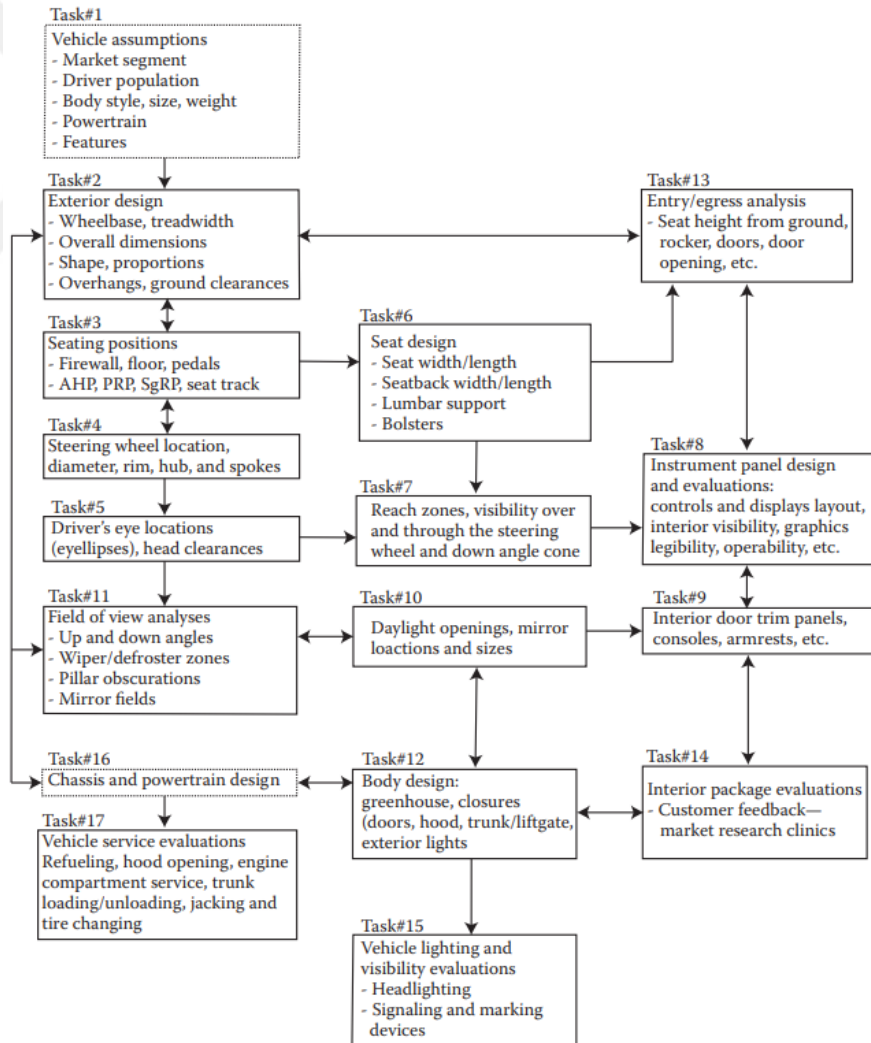


Şekil 2.13: Yolcu Paketi [19].

Bir araç paketi geliştirilirken, çeşitli araç sistemlerinin işleyişi ve sistemler arasındaki ilişkiler ile yolcu konforu ve güvenliği konuları gibi bir dizi parametre dikkate alınmaktadır. Yolcu paketleme parametreleri aşağıdaki başlıklara ayrılmaktadır [19].

- İniş ve Biniş Alanı: Koltukların konumu, koltuk şekli, iniş-biniş sırasında gerekli alan, kapı tutamaklarının konumları

- Oturma Pozisyonu: Oturma yüksekliği, ayak mesafeleri, baş ve omuz mesafeleri, sırt açısı, diz açısı, ayak bileği açısı, direksiyon ve pedal konumları
- Erişim: Ekran ya da tuşların konumları, kumanda için gerekli vücut hareketleri ya da duruşları, baş ve göz konumları
- Görüş ve Görülebilirlik: Araç içerisinde ya da dışarısından görsel bilgi toplama sırasında göz, baş ve gövde hareketleri, görüş alanları, görüş alanını olumsuz etkileyen engeller
- Depolama Alanları: Seyahat sırasında araç içerisindeki eşyaların taşınabilmesi için uygun ve güvenli alanların oluşturulması
- Servis Edilebilirlik: Araç bakımı için gerekli alan ve kolay erişim



Şekil 2.14: Paketleme ve Ergonomi Çalışmaları için Akış Diyagramı [19].

2.5. Euro NCAP Çarpışma Testleri

2.5.1. Önden Çarpışma Testleri

Önden çarpma testleri, rijit bariyere tam genişlikli önden çarpma ve deforme olabilen bariyere %40 ofsetli çarpma olmak üzere iki çeşittir.

2.5.1.1. Rijit Bariyere Tam Genişlikli Önden Çarpma Testi

Rijit bariyere tam genişlikli önden çarpma testleri 50 km/h hızda, taşıtın sürücü ve sürücünün zıt yönündeki arka yolcu koltuğuna 57 kg ağırlığındaki mankenler ve bagaja 36 kg yük yerleştirilerek gerçekleştirilir. Rijit duvarın betonarme malzemeden olup en az 70 ton olacak bir kalınlığa sahip olması, 3 metreden daha dar ve 1,5 metreden daha alçak olmaması gerekmektedir.

Gerekli verileri toplayabilmek için sürücü mankeni üzerinde 43, yolcu mankeni üzerinde 25 ve taşıt üzerinde 5 adet test veri toplayıcısı bulunmaktadır [20].

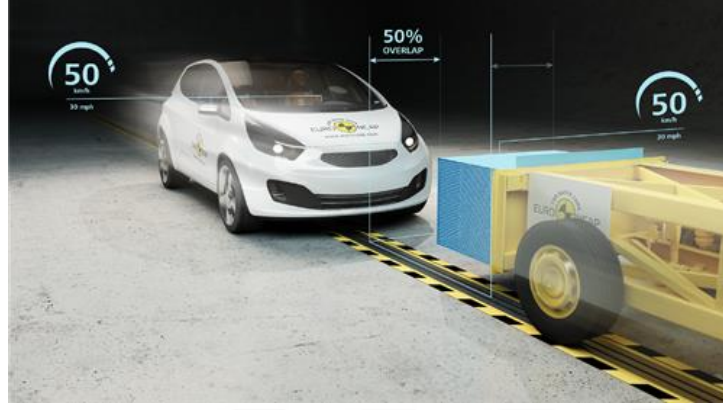


Şekil 2.15: Rijit Bariyere Tam Genişlikli Önden Çarpma Testi [20].

2.5.1.2. Deforme Olabilen Bariyere Önden Çarpma Testi

Deforme olabilen bariyere %40 ofsetle önden çarpma testleri ise 64 km/h hızda, sürücü ve ön yolcu koltuklarına 80 kg ağırlıklı yetişkin yolcu mankenler, arka yolcu koltuklarına 23 ve 36 kg ağırlıklı çocuk yolcu mankenler ile bagaja 50 kg yük yerleştirilerek gerçekleştirilir. Yerden yüksekliği 150 milimetre olması gereken deforme olabilen bariyer, beton bir bloğun önüne sabitlenir.

Gerekli verileri toplayabilmek için sürücü mankeni üzerinde 39, yolcu mankeni üzerinde 39, çocuk mankenlerin üzerinde 43 ve aracın üzerinde 7 adet veri toplayıcı bulunur [21].



Şekil 2.16: Deforme Olabilen Bariyere Önden Çarpma Testi [21].

2.5.2. Yandan Çarpma Testleri

Yandan çarpma testleri, hareketli deforme olabilen bariyerin yandan dik çarpması ve sabit sütuna yandan eğimli çarpma olmak üzere iki şekilde yapılır.

2.5.2.1. Hareketli Deforme Olabilen Bariyere Yandan Çarpma Testi

Bu test 50 km/h hızda, 75 kg'lık sürücü mankeni ve arka koltuklara çocuk koltukları ile beraber 36 ve 23 kg'lık çocuk mankenleri yerleştirilerek yapılır. Bagaj alanındaki halı, yedek teker, kriko ve tüm ekipman çıkarılır [22].



Şekil 2.17: Hareketli Deforme Olabilen Bariyere Yandan Çarpma Testi [22].

Deforme olabilen bariyer ile taşıyıcısının ağırlığı 1300 kg'dır. Bariyerin yüksekliği, alt ve üst deforme olan blokların kesişim kenarı yerden 550 mm olacak şekilde ayarlanır. Bariyer taşıyıcısının dingil açıklığı 3000 milimetre, ön ve arka palet genişliği 1500 milimetredir.

Gerekli verileri toplayabilmek için sürücü mankeninin üzerinde 35 adet, çocuk mankenlerin üzerinDe 30 ve 13 adet, taşıtın B sütunu ve bataryası üzerine 2 adet ve bariyer taşıyıcısının ağırlık merkezine 1 adet olmak üzere toplam 81 adet veri toplayıcı yerleştirilir [22].

2.5.2.2. Rijit Sütuna Yandan Eğimli Çarpma Testi

Rijit sütuna yandan eğimli çarpma testleri, 32 km/h hızda, 75 kg'lık sürücü mankeni ve 136 kg'ı geçmeyen bagaj ağırlıkları yerleştirilerek gerçekleştirilir. Taşıtın rijit direğe çarpması senaryosunda, çarpışma referans yönü sürücü başının merkez noktasından geçecek şekilde taşıt boyuna eksenine ile 75° açı yapar. Sürücü mankeni üzerine 35, taşıt üzerine 2 ve taşıyıcısının üzerine 1 adet olmak üzere toplam 38 adet veri toplayıcı yerleştirilir. Rijit direk 254 milimetre çaplı metal bir yapıya sahiptir. Test esnasında taşıyıcısının ivmesi $1,5 \text{ m/s}^2$ 'yi aşmamalıdır [23].

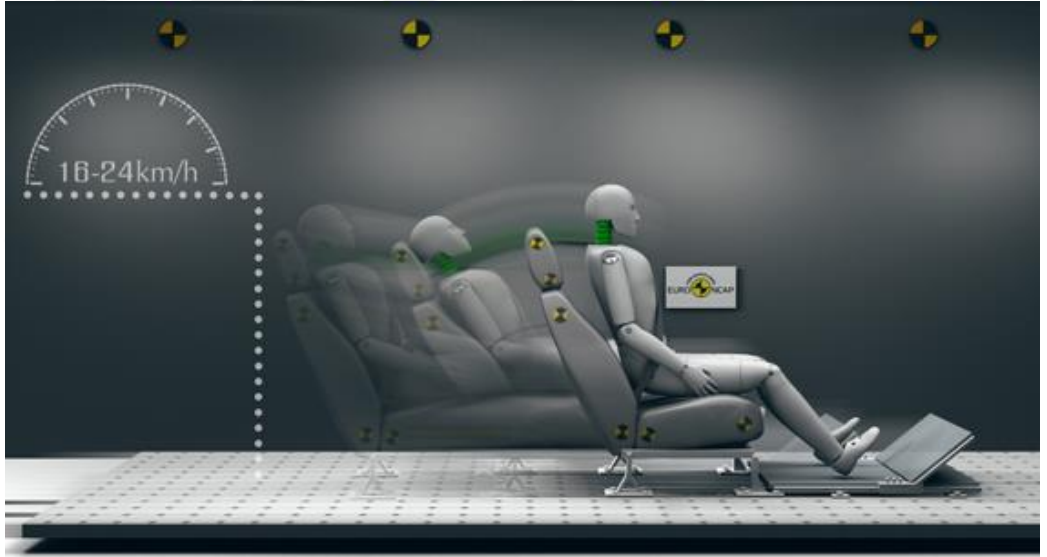


Şekil 2.18: Rijit Sütuna Yandan Eğimli Çarpma Testi [23].

2.5.3. Boyun Koruma Testi

Boyun yaralanmaları ikincil yaralanma türü olarak sınıflandırılmakta ancak karayolu kazalarında çok sık görülen yaralanma türüdür. Kaza verileri incelendiğinde, çoğu boyun yaralanmasının araca arkadan çarpılması durumunda meydana geldiği görülmektedir. Boyun koruma testleri çeşitli hızlardaki arkadan çarpmaları simüle eden üç dinamik kızak testinden meydana gelmektedir. Bu testler, yüksek, orta ve düşük şiddetli üç darbeyi simüle etmektedir.

Boyun koruma testinin amacı, boyun yaralanmalarının önlenmesi için koltuk ve başlık montajlarını test etmektir. Bu testlerde, gerçek şartlarda en iyi boyun korumasını sağlayacak ya da hasarı hafifletecek şekilde koltuk başlığının nasıl konumlandırılması gerektiği belirlenmektedir [24].



Şekil 2.19: Boyun Koruma Testi [24].

2.5.4. Yetişkin Yolcu Koruma Testi

Yetişkin yolcu koruması testi değerlendirme skoru, taşıt önden ve yandan çarpma testleri ve boyun koruma testi olmak üzere 5 farklı testin sonuçları baz alınarak belirlenir. Rijit bariyere tam genişlikli önden çarpma testlerinde yetişkin sürücü mankeninin koruma sınır değerleri aşağıda Tablo 2.6’da verilmiştir [25].

Tablo 2.6. Tam Genişlikli Önden Çarpma Testlerinde Yetişkin Yolcu Koruması Sınır Değerleri [25].

		Higher Limit	Lower Limit	Capping Limit
Driver’s Head				
HIC ₁₅	-	500	700	700
Resultant Acc 3msec exceedance	g	72	80	80
Driver’s Neck				
Sheer	kN	1.90	3.10	3.10
Tension	kN	2.70	3.30	3.30
Extension	Nm	42	57	57
Driver’s Chest				
Max Compression of all 4 ribs	mm	35	60	60
Driver’s Pelvis				
Acetabulum compression	kN	3.28	4.10	NA
Driver’s Upper Leg				
Femur compression	kN	3.80	9.07	NA
Knee slider compression	mm	6.00	15.00	NA
Driver’s Upper Leg				
Tibia Index	-	0.40	1.30	NA
Tibia compression	kN	2.00	8.00	NA
Driver’s Ankle				
Pedal rearward displacement		100	200	NA

Deforme olabilen bariyere önden çarpma testlerinde yetişkin sürücü mankeninin koruma sınır değerleri aşağıda Tablo 2.7’de verilmiştir.

Tablo 2.7. Deforme Olabilir Bariyere Önden Çarpma Testlerinde Koruma Sınır Değerleri [25].

		Higher Limit	Lower Limit	Capping Limit
Head				
HIC ₁₅	-	500	700	700
Resultant Acc 3msec exceedance	g	72	80	80
Neck				
Sheer	kN	1.20	1.95	2.70 (driver)
Tension	kN	1.70	2.62	2.90 (driver)
Extension	Nm	36	49	57
Chest				
Compression	mm	18	42	42
Viscous Criterion	m/s	0.50	1.00	1.00
Knee, Femur and Pelvis				
Femur compression	kN	2.60	6.20	NA

Deforme olabilir bariyere yandan çarpma ve rijit direğe yandan eğimli çarpma testlerinde yetişkin sürücü mankeninin koruma sınır değerleri aşağıda Tablo 2.8’de verilmiştir.

Tablo 2.8. Yandan Çarpma Testlerinde Yetişkin Yolcu Koruması Sınır Değerleri [25].

		Higher Limit	Lower Limit	Capping Limit
Head				
HIC ₁₅	-	500	700	700
Resultant Acc 3msec exceedance	g	72	80	80
Chest				
Lateral Compression	mm	28	50	55
Abdomen				
Lateral Compression	mm	47	65	65
Pelvis				
Pubic Symphysis Force	kN	1.70	2.80	2.80

2.5.5. Çocuk Yolcu Koruma Testi

Çocuk yolcu koruma testlerinin amacı bir kaza anında çocukların yetişkin yolcularla eşdeğer ölçüde korunmalarını sağlamaktır. Önden çarpma testlerinde çocuk mankenlerin koruma sınır değerleri aşağıda Tablo 2.9’da verilmiştir [26].

Tablo 2.9. Önden Çarpma Testlerinde Çocuk Yolcu Koruması Sınır Değerleri [26].

		Higher Limit	Lower Limit	Capping Limit
Head				
HIC ₁₅	-	500	700	800
Resultant 3ms acceleration	g	60	80	80
Head excursion	mm	450	550	NA
Upper Neck				
Tension Fz	kN	1.70	2.62	NA
Extension	Nm	NA	36.00	NA
Chest				
Resultant 3ms acceleration	g	41	55	55
Deflection	mm	30	42	NA
Pelvis				
ASIS load		NA	NA	NA

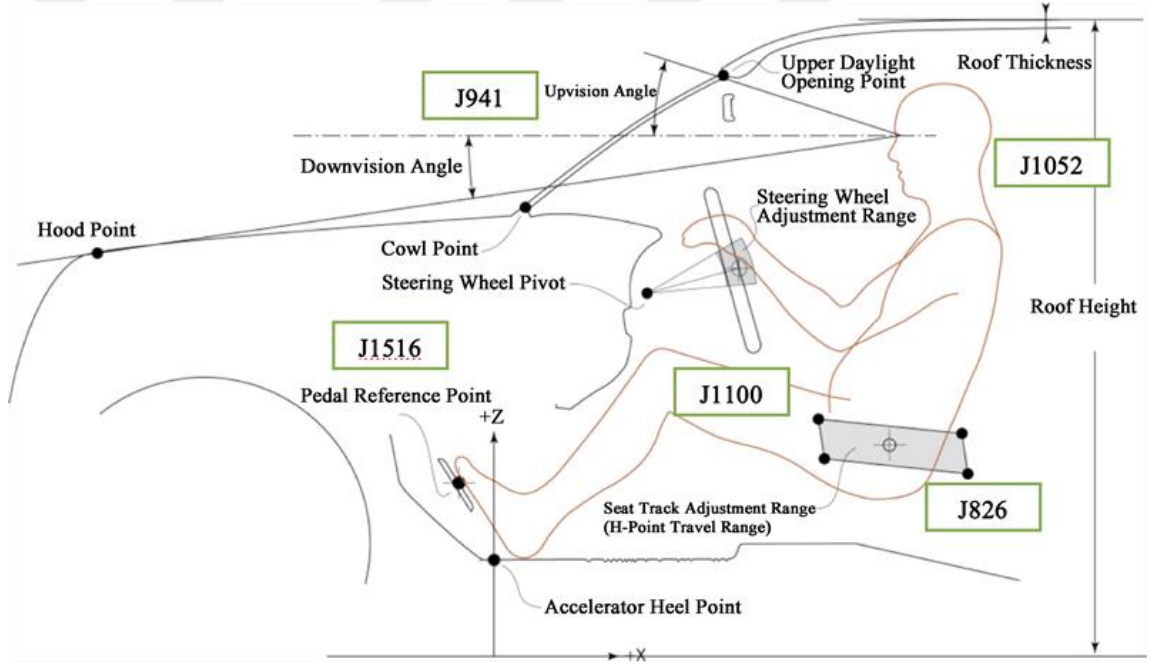
Yandan çarpma testlerinde çocuk mankenlerin koruma sınır değerleri aşağıda Tablo 2.10’da verilmiştir.

Tablo 2.10. Yandan Çarpma Testlerinde Çocuk Yolcu Koruması Sınır Değerleri [26].

		Higher Limit	Lower Limit	Capping Limit
Head				
HIC ₁₅	-	500	700	800
Resultant 3ms acceleration	g	60	80	80
Upper Neck				
Resultant Force	kN	NA	2.4	NA
Chest				
Resultant 3ms acceleration	g	NA	67	NA

2.6. SAE Motorlu Taşıt Standartları

SAE (Society of Automotive Engineers) topluluğu, otomotiv mühendisliği alanında çeşitli yönlendirme ve standartları belirlemek ve geliştirmek amacıyla kurulmuştur. SAE standartları, otomotiv endüstrisi için hayati öneme sahip olan çeşitli konuları kapsamaktadır. Bu standartlar sayesinde araçların tasarımından üretimine kadar geçen süreçte tutarlılık sağlanmakta ve güvenilir ürünler ortaya çıkarılabilmektedir. SAE Motorlu taşıt boyutlarına ilişkin bir dizi ölçümü ve standart prosedürü tanımlamak için bir terminoloji sistemi oluşturmaktadır. Bu terminoloji sisteminin öncelikli amacı, tasarım ortamında (CAD) bir aracın tasarım sürecini doğru bir şekilde yönlendirmektir. Yolcu paketi oluşturulması için kullanılan standartlar aşağıda Şekil 2.20’de gösterilmiştir.



Şekil 2.20: SAE Tarafından Yayınlanan Motorlu Taşıt Standartları [27].

SAE (Society of Automotive Engineers) tarafından yayınlanan bu standartlar araç tasarım sürecinin temelini oluşturmaktadır, temel olarak yolcu paketine etki eden bu standartlar beş başlık altında toplanmıştır [27].

2.6.1. SAE J1100 Standartı

SAE J1100 standartı, araç boyutlarını tanımlamak için bir terminoloji sistemi oluşturmayı hedeflemektedir. Bu amaçla araçların üzerinde temel referans noktaları oluşturmakta ve tanımlamalar yapmaktadır. Aynı zamanda araç sınıflarıyla ilgili tanımlamalar içermektedir. Tablo 2.11 ve Tablo 2.12 motorlu taşıt sınıflandırma kriterleri verilmiştir [27].

Tablo 2.11. SAE Tarafından Yayınlanan A Sınıfı Motorlu Taşıt Ölçüleri [27].

Kodu	Açıklaması	Değer Aralığı
H30-1	Seat Height	127 mm to 405 mm
A19-1	Track Rise Angle	> 0 degrees
W9	Steering Wheel Diameter	less than 440 mm
A40-1	Torso Angle	15 to 40 degrees

Tablo 2.12. SAE Tarafından Yayınlanan B Sınıfı Motorlu Taşıt Ölçüleri [27].

Kodu	Açıklaması	Değer Aralığı
H30-1	Seat Height	405 to 530 mm
A19-1	Track Rise Angle	= 0 degrees
W9	Steering Wheel Diameter	440 to 560 mm
A40-1	Torso Angle	8 to 18 degrees

5th Manken L99-1 ölçüsünün belirlenebilmesi için Formül 2.1 kullanılır.

$$L99-1 = 692,6 + 0,981427(H30-1) - 0,00226230(H30-1)^2 \quad (2.1)$$

50th Manken L99-1 ölçüsünün belirlenebilmesi için Formül 2.2 kullanılır.

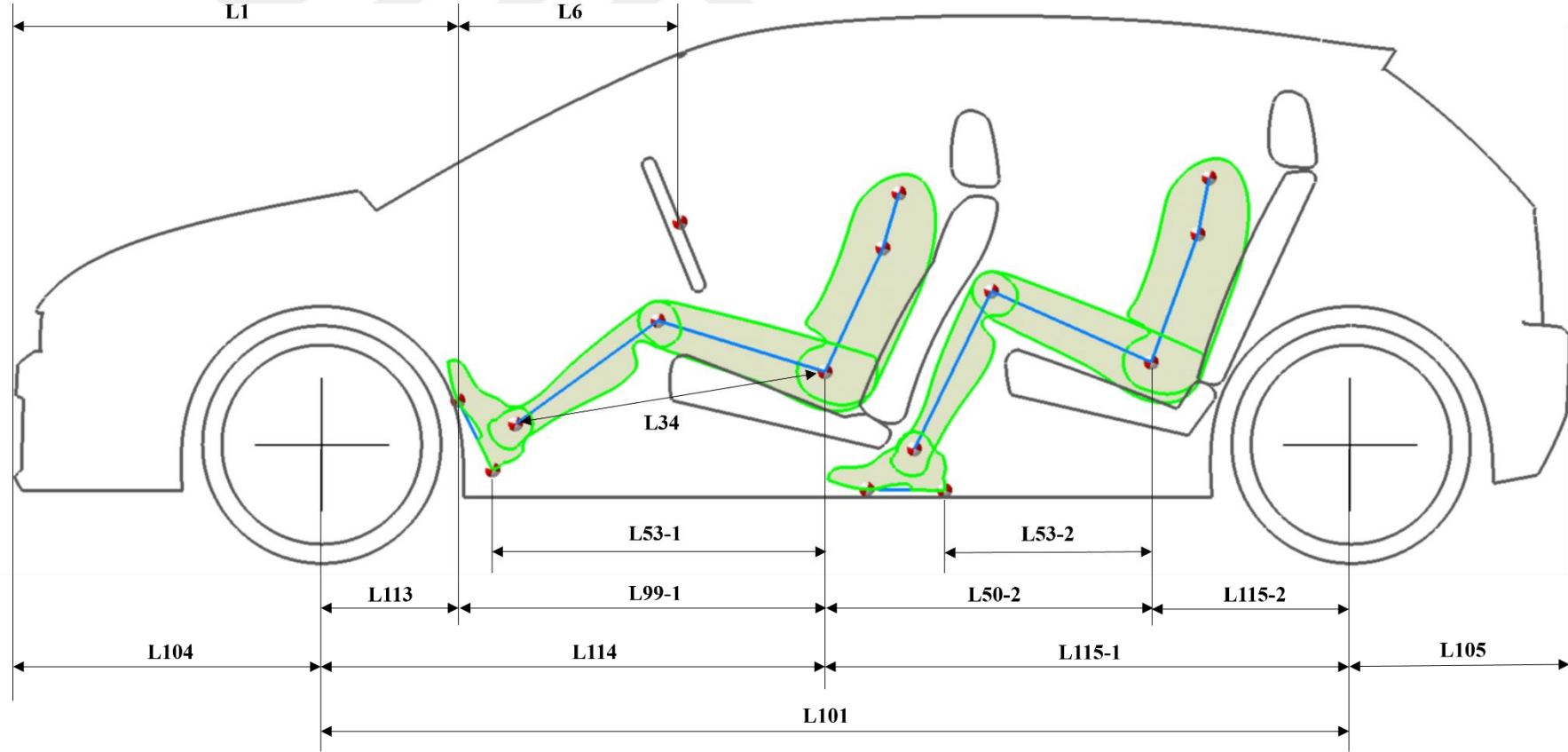
$$L99-1 = 793,7 + 0,903387(H30-1) - 0,00225518(H30-1)^2 \quad (2.2)$$

95th Manken L99-1 ölçüsünün belirlenebilmesi için Formül 2.3 kullanılır.

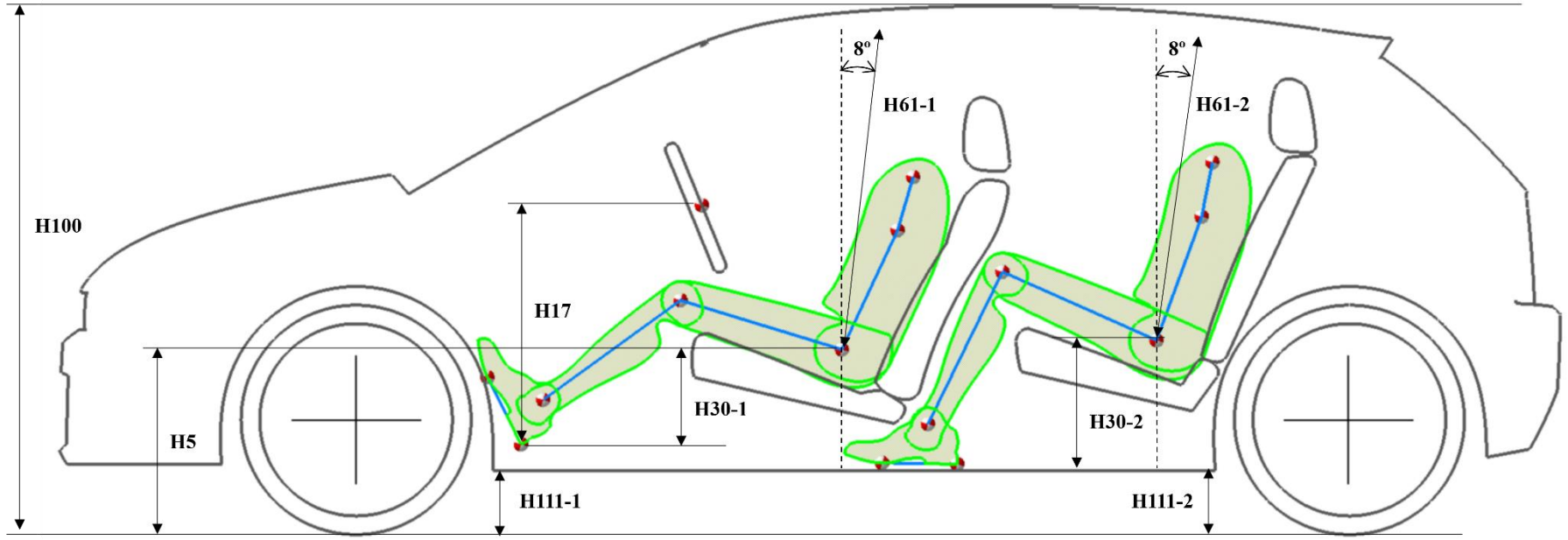
$$L99-1 = 913,7 + 0,672316(H30-1) - 0,00195530(H30-1)^2 \quad (2.3)$$

Tablo 2.13. SAE Motorlu Taşıt Ölçü Kodları ve Tanımları [27].

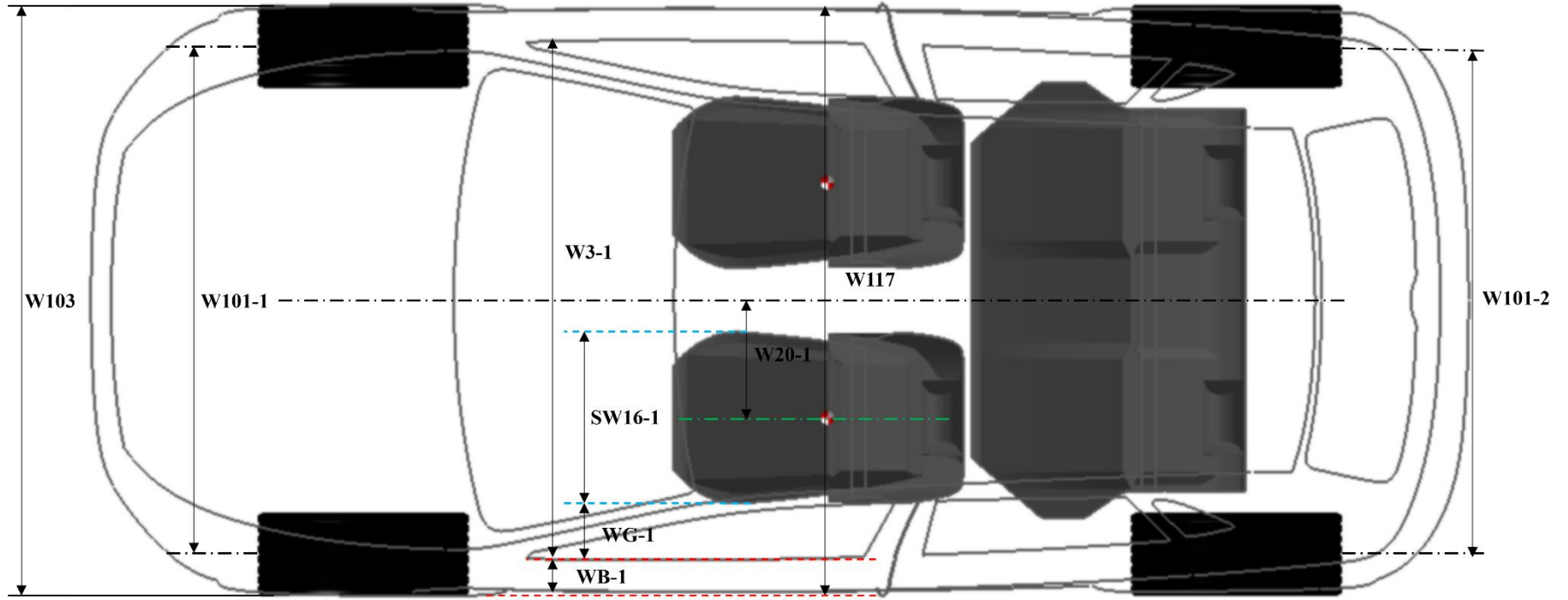
Kodu	Açıklaması
L1	The Longitudinal Distance (X) coordinate of the BOFRP
L6	The Longitudinal Distance BOFRP to steering wheel center
L34	Effective Leg Room
L50-2	The Longitudinal Distance 1 st Row SgRP to 2 nd Row SgRP
L53-1	The Longitudinal Distance 1 st Row SgRP to Heel
L53-2	The Longitudinal Distance 2 nd Row SgRP to Heel
L99-1	The Longitudinal Distance BOFRP to 1 st Row SgRP
L101	Wheelbase
L103	Vehicle Length
L104	Front Overhang
L105	Rear Overhang
L113	The Longitudinal Distance FWC to BOFRP
L114	The Longitudinal Distance FWC to 1 st Row SgRP
L115-1	The Longitudinal Distance RWC to 1 st Row SgRP
L115-2	The Longitudinal Distance RWC to 2 nd Row SgRP
H5	The Vertical Distance 1 st Row SgRP to Ground
H17	The Vertical Distance AHP to Steering Wheel Center
H30-1	The Vertical Distance 1 st Row SgRP to AHP
H30-2	The Vertical Distance 2 nd Row SgRP to FRP
H61-1	1 st Row Effective Head Room
H61-2	2 nd Row Effective Head Room
H100	Vehicle Height
H111-1	Front Rocker Panel Height
H111-2	Rear Rocker Panel Height
W3-1	1 st Row Shoulder Room
W20-1	1 st Row SgRP Y Coordinate
W101-1	Front Tires Tread Width
W101-2	Rear Tires Tread Width
W103	Body Width Maximum
W117	Body Width at 1 st Row SgRP
SW16-1	1 st Row Cushion Width
WG-1	The Distance Between 1 st Row Cushion and Interior Trim
WB-1	The Distance Between Interior Trim and Exterior



Şekil 2.21: Motorlu Taşıt Uzunluk Ölçüleri [27].



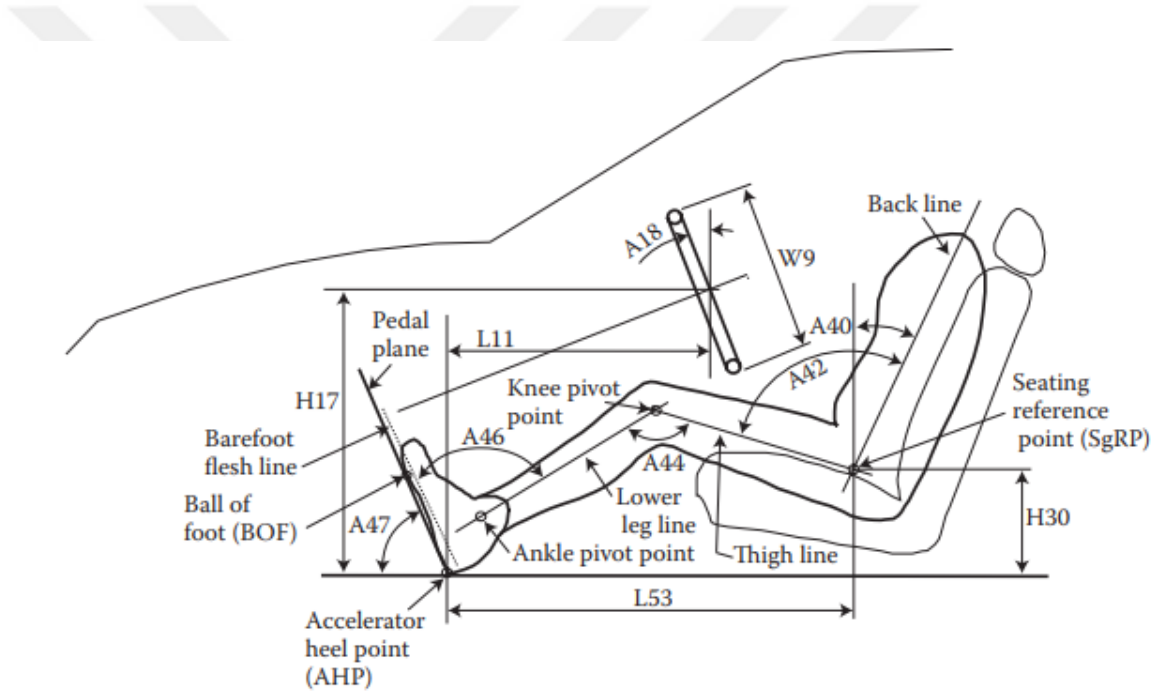
Şekil 2.22: Motorlu Taşıt Yükseklik Ölçüleri [27].



Şekil 2.23: Motorlu Taşıt Genişlik Ölçüleri [27].

2.6.2. SAE J826 Standartı

SAE J826 standardı, araç içerisindeki yolcu mankenlerin boyutlarını tanımlamakta ve araç içerisindeki iç boyutları doğrulamak üzere oluşturulan prosedürleri içermektedir. SAE, sürücülerin ve yolcuların araçların içerisinde kapladıkları hacimleri temsil eden antropomorfik (boyut, oran ve hareket) verileri oluşturmak için çeşitli gruplarla birlikte çalışmıştır. Bu verilerin sonuçları, araba koltuğunda oturan %5, %50 ve %95'lik yolcuların boyutlarını temsil eden geometri setlerine dönüştürülmüştür. Araç mimarisinin oluşturulmasında yaygın olarak %5, %50 ve %95'lik dilimlerdeki modeller kullanılmaktadır [28].



Şekil 2.24: Yolcu Paketi için Kullanılan Referans Noktaları [28].

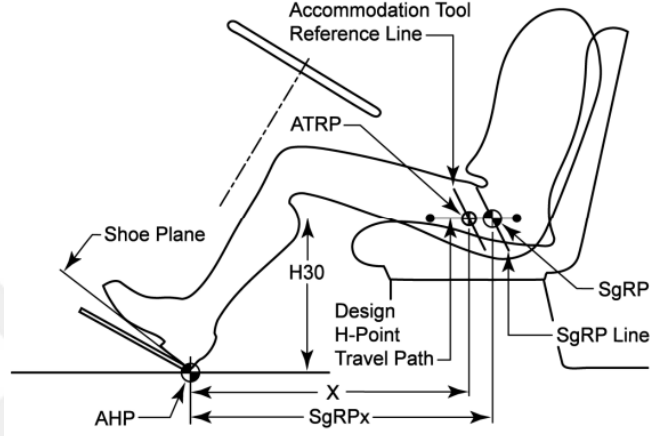
2.6.3. SAE J516 ve J517 Standartları

SAE J516 standardı, B kategorisindeki araçlar için SgRP referans alınarak sürücü mankeni AHP'nin ve SPA'nın tanımlanmalarına ve konumlandırılmalarına yönelik prosedürleri içermektedir.

$$SPA = 5.56E^{-08}(H30-1)^3 - 4.609E^{-06}(H30-1)^2 - 0.09461(H30-1) + 78.385 \quad (2.4)$$

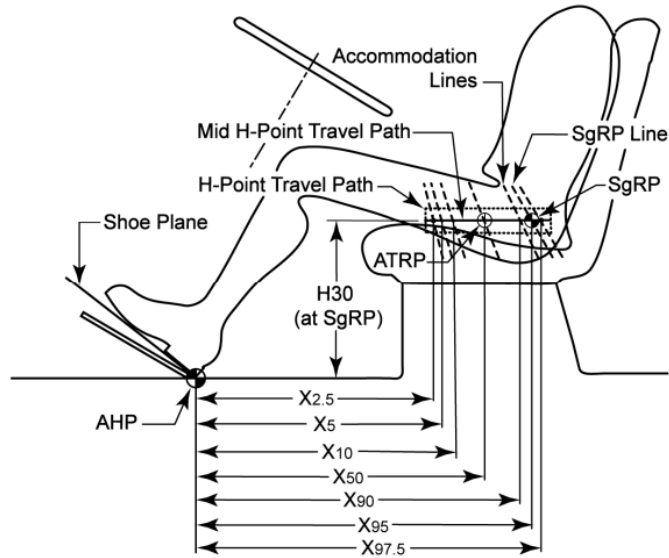
Ayak bileği açısı (A46): Ayak bileği konforlu bir şekilde en az 87° ve en fazla 130° açıları arasında hareket edebilmektedir [29].

Sırt açısı (A40): SAE gerekliliklerine göre belirlenen, araca yandan bakıldığında dikey eksen ve mankenin sırt kısmı arasındaki açıyı ifade etmektedir. Sırt açısı binek araçlar için en az 15° ve en fazla 40° aralığında olabilmektedir [29].



Şekil 2.25: AHP ve SPA Belirlenmesine Etki Eden Parametreler [27].

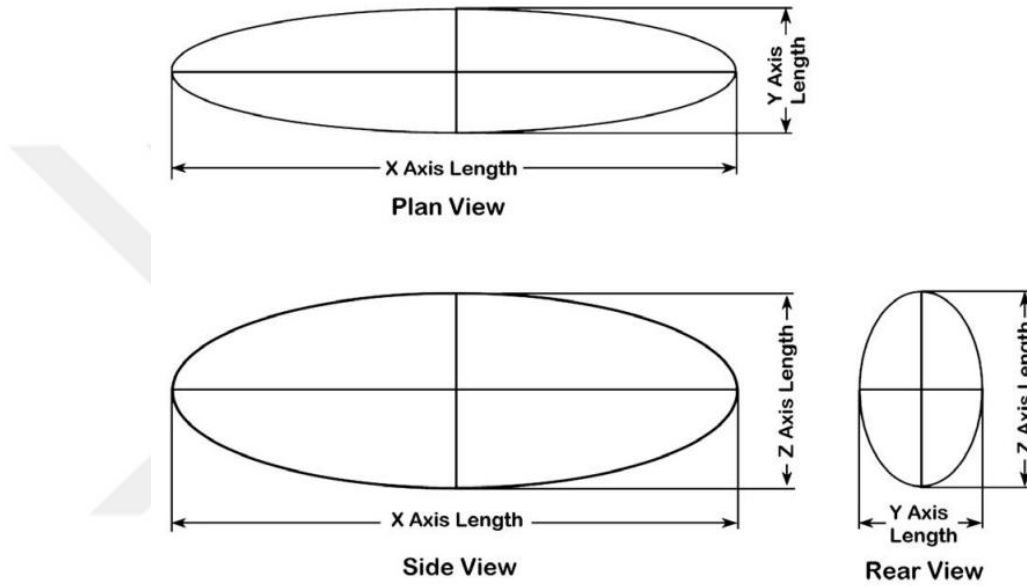
SAE J517 standardı ise, yine B kategorisindeki araçlar için SgRP konumunun ve koltuk seyahat mesafesinin tanımlanmasına ve belirlenmesine yönelik prosedürleri içermektedir [30].



Şekil 2.26: Koltuk Seyahat Mesafesinin Tanımlanması ve Belirlenmesi [27].

2.6.4. SAE J941 Standartı

SAE J941 standardı, görüş alanının tanımlanmasının ve değerlendirilmesinin kolaylaştırılması için kullanılan göz konumlarının istatistiksel bir temsili olan göz elipslerinin oluşturulmalarına ve konumlandırılmalarına yönelik prosedürleri içermektedir. Bu amaçla öncelikle aşağıda Şekil 2.27’de gösterilen sol ve sağ göz elipsleri oluşturulmaktadır [31].



Şekil 2.27: Sol ve Sağ Göz Elipslerinin Tanımlanması [31].

Aşağıda Tablo 2.14’te SAE 95th yetişkin yolcu mankeni göz elipslerinin oluşturulabilmesi için gerekli ölçüler verilmiştir.

Tablo 2.14. Göz Elipsoitlerinin Oluşturulabilmesi için Kullanılan Ölçüler [31].

H Point Travel Path (TL23)	Percentile	X Axis Lengths	Y Axis Lengths	Z Axis Lengths
> 133 mm	95	206.4	60.3	93.4
1 - 133 mm	95	173.8	60.3	93.4

Sağ ve sol göz elipsleri oluşturulduktan sonra merkez noktasının belirlenebilmesi için aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

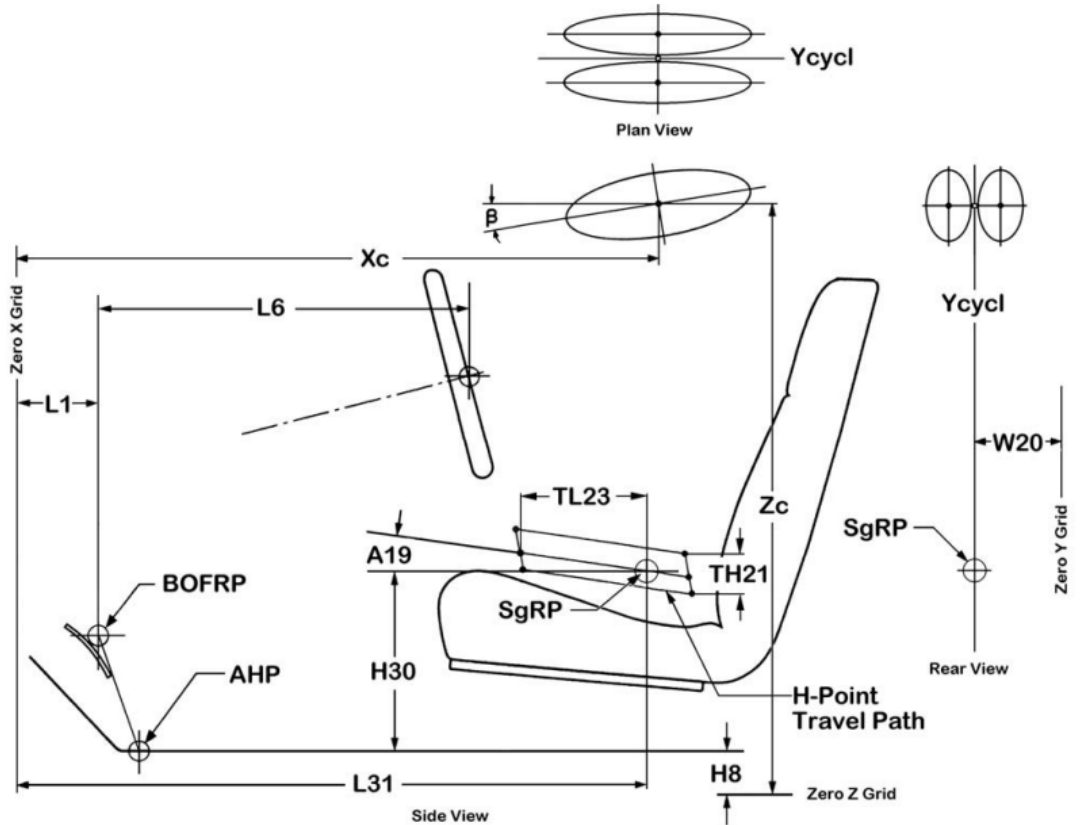
$$X_c = L1 + 664 + 0,587(L6) - 0,176(H30) - 12.5t \quad (2.5)$$

$$Y_{cl} = W20 - 32.5 \quad (2.6)$$

$$Y_{cr} = W20 + 32.5 \quad (2.7)$$

$$Z_c = H8 + 638 + H30 \quad (2.8)$$

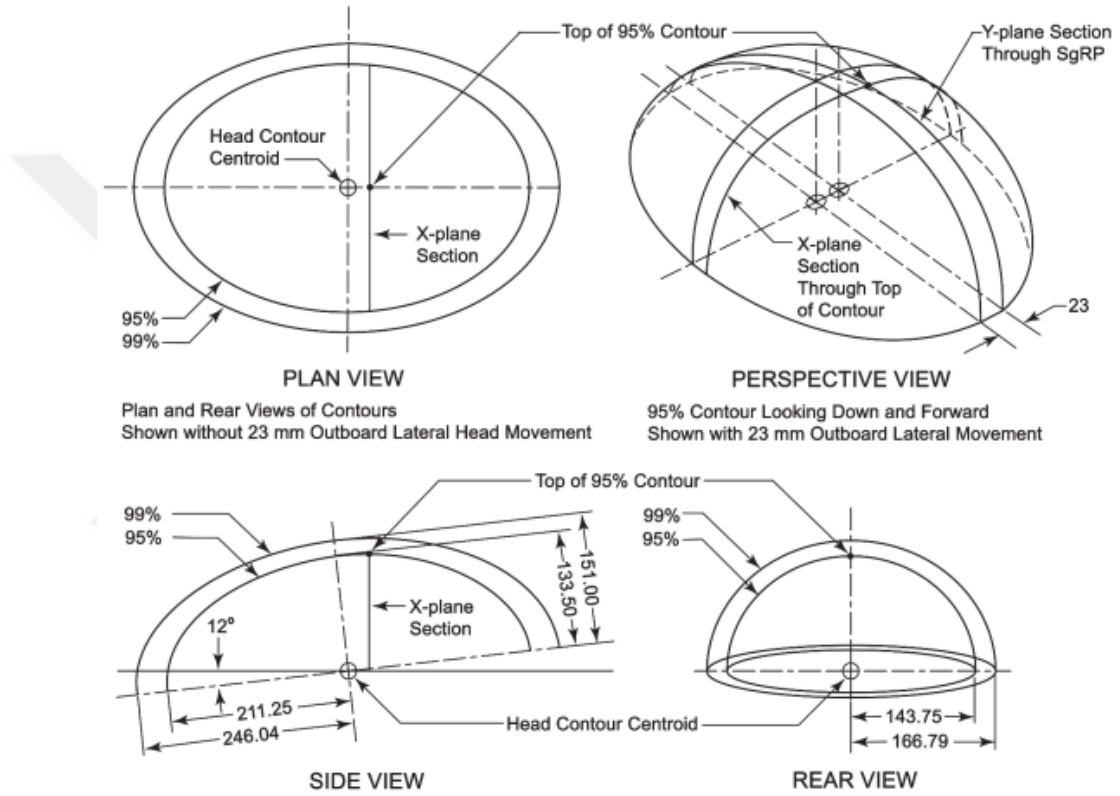
Sol ve sağ göz elipslerinin geometrik dataları belirlenen merkez nokta üzerinde konumlandırıldıktan sonra aşağıda gösterilen β açısı ($\beta = 12^\circ$) kadar döndürülerek göz elipsleri hazır olmaktadır. Formüllerdeki t değişkeni vites tipi için kullanılmaktadır, araçta debriyaj pedalı var ise 1 ve araçta debriyaj pedalı yok ise 0 alınmalıdır [31].



Şekil 2.28: Göz Elipsinin Konumuna Etki Eden Parametreler [31].

2.6.5. SAE J1052 Standartı

SAE J1052 standardı, araç içerisindeki kafa alanının tanımlanmasının ve değerlendirilmesinin kolaylaştırılması için kullanılan kafa konumlarının istatistiksel bir temsili olan kafa konturlarının oluşturulmalarına ve konumlandırılmalarına yönelik prosedürleri içermektedir. Bu amaçla öncelikle aşağıda Şekil 2.29’da gösterilen kafa konturları oluşturulmaktadır [32].



Şekil 2.29: A Sınıfı ve Koltuk Seyahat Mesafesi 133 mm’den Büyük Araçlar için Kafa Konturunun Oluşturulması [32].

Aşağıda Tablo 2.15’te SAE 95th yetişkin yolcu mankeni kafa konturlarının oluşturulabilmesi için gerekli ölçüler verilmiştir.

Tablo 2.15. Kafa Kontur Merkez Noktasını Tanımlamak için Kullanılacak Ölçüler [32].

H Point Travel Path (TL23)	Xh	Yh	Zh
>133 mm	90.6	0	52.6
<or = 133 mm	89.5	0	45.9
0 mm (Fixed Seat)	96.7	0	44.8

Kafa konturları oluşturulduktan sonra merkez noktasının belirlenebilmesi için aşağıdaki formüller kullanılmaktadır [32].

H Noktası seyahat mesafesi 0 mm'den büyük ise;

$$X_c = L1 + 664 + 0,587(L6) - 0,176(H30) - 12,5t + Xh \quad (2.9)$$

$$Y_c = W20 \quad (2.10)$$

$$Z_c = H8 + 638 + H30 + Zh \quad (2.11)$$

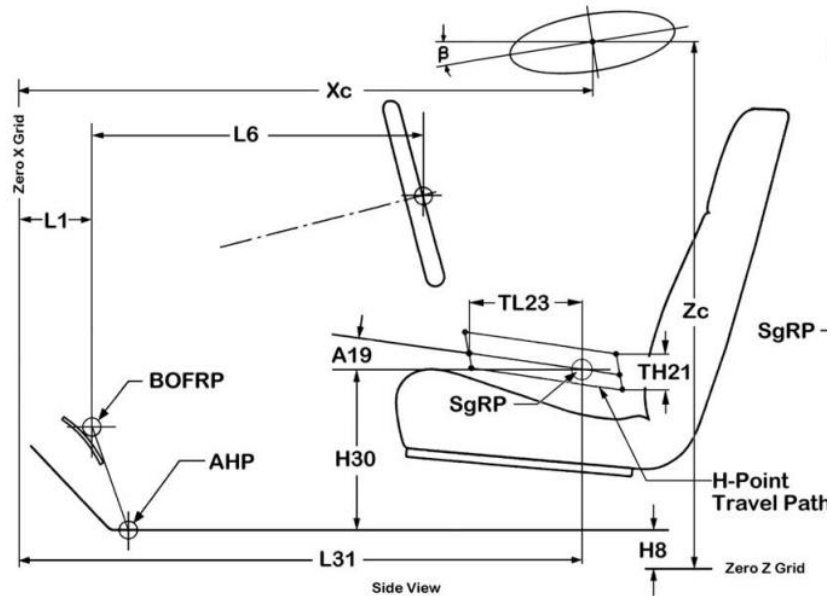
H Noktası seyahat mesafesi 0 mm ise yani sabit koltuk kullanılıyorsa;

$$X_c = L31 + 619 \sin\theta + Xh \quad (2.12)$$

$$Y_c = W20 \quad (2.13)$$

$$Z_c = H70 + 619 \cos\theta + Zh \quad (2.14)$$

Kafa konturlarının geometrik dataları belirlenen merkez nokta üzerinde konumlandırıldıktan sonra aşağıda gösterilen β açısı ($\beta = 12^\circ$) kadar döndürülerek göz elipsleri hazır olmaktadır. Formüllerdeki t değişkeni vites tipi için kullanılmaktadır, araçta debriyaj pedalı var ise 1 ve araçta debriyaj pedalı yok ise 0 alınmalıdır [32].



Şekil 2.30: Kafa Konturunun Konumuna Etki Eden Parametreler [32].

2.7. ECE Motorlu Taşıt Regülasyonları

Bir araç, yasal gerekliliklere uygun olarak üretilmediği sürece satılamamakta ve kamuya açık yollarda sürüş için gerekli ruhsatı alamamaktadır. Avrupa'da bu gerekliliklerin mevcut kanunlarla uyumu iki resmi belge ile düzenlenmektedir; bunlar homologasyon sertifikası ve uyumluluk sertifikasıdır.

Homologasyon sertifikası, aracın yasal gerekliliklere uygun olarak tasarlandığını kanıtlamaktadır. Uyumluluk sertifikası ise üretilen herhangi bir aracın homologasyon gereklilikleri açısından test edilen ve onaylanan prototiple aynı olduğunu kanıtlamaktadır.

Homologasyon gereklilikleri, hükümet yasaları tarafından kabul edilen minimum ve maksimum değerleri ve bunların doğrulanması için kullanılacak ilgili test yöntemlerini içermektedir.

Bu gerekliliklerden bazıları şunlardır;

- Görüş ve görünürlük
- Güvenli Sürüş için gerekli minimum dinamik performans
- Çarpışma durumunda yolcu koruması
- Çevresel sorumluluklar

Homologasyon fonksiyonlarıyla ilgili tüm onaylanmış test prosedürlerini özetleyen yönetmelikler yayınlanmaktadır. Bu belgeler, herhangi bir ekleme ya da değişiklikten bağımsız olarak her başlık için benzersiz olan R harfi ve ardından gelen artan bir sayı ile yayınlanmaktadır [33].

Bu regülasyonlara ihtiyaç duyan herkes birincil belgeleri incelemeli ve mutlaka yeni güncellemeleri kontrol etmelidir.

2.7.1. Motorlu Taşıtların Sınıflandırılması

Motorlu taşıt, karayoluyla insan ya da eşya taşımak için kullanılan gücünü işten yanmalı motor ya da elektrik motorundan alan araç anlamına gelmektedir [33].

M Kategorisi: En az 4 tekerleği olan ve yolcu taşımada kullanılan motorlu araçlardır.

- M₁: Sürücü oturma yerine ilave olarak en fazla sekiz oturma yerine sahip ve yolcuların ayakta duracağı alana sahip olmayan motorlu araçlardır.

- M₂: Yolcu taşımasında kullanılan ve sürücü koltuğuna ilave olarak sekiz koltuktan fazla koltuğa sahip olan ve 5 tonu aşmayan maksimum ağırlığa sahip olan araçlar.
- M₃: Yolcu taşımasında kullanılan ve sürücü koltuğuna ilave olarak sekiz koltuktan fazla koltuğa sahip olan ve 5 tonu aşan maksimum ağırlığa sahip olan araçlar.

N Kategorisi: Yük taşıma amacıyla tasarlanmış ve üretilmiş motorlu araçlardır.

- N₁: Yük taşıma amacıyla tasarlanmış ve üretilmiş maksimum ağırlığı 3.5 tonu aşmayan motorlu araçlardır.
- N₂: Yük taşıma amacıyla tasarlanmış ve üretilmiş maksimum ağırlığı 3.5 tonu aşan ancak 12 tonu aşmayan motorlu araçlardır.
- N₃: Yük taşıma amacıyla tasarlanmış ve üretilmiş maksimum ağırlığı 12 tonu aşan motorlu araçlardır.

O Kategorisi: Römork ya da yarı römork

- O₁: Azami ağırlığı 0,75 tonu aşmayan römorklar.
- O₂: Azami ağırlığı 0,75 tonu aşan, 3,5 tonu aşmayan römorklar.
- O₃: Azami ağırlığı 3,5 tonu aşan, 10 tonu aşmayan römorklar.
- O₄: Azami ağırlığı 10 tonu aşan römorklar.

Özel Amaçlı Araç Kategorisi: Özel gövde düzenlemeleri gerektiren çeşitli maksatlarla eşya yada insan taşımak için üretilen M, N veya O kategorisindeki araçlardır.

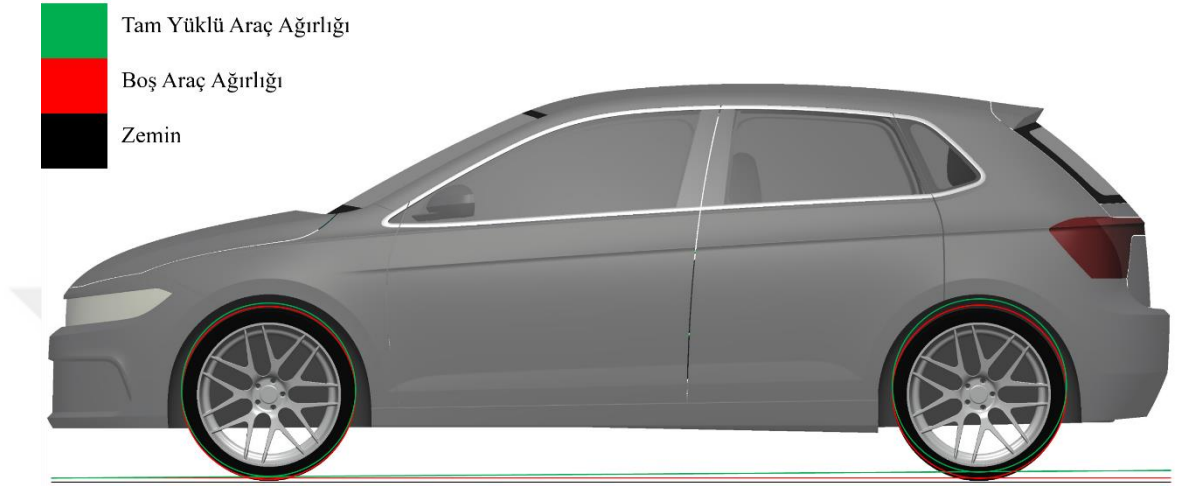
- Zırhlı araçlar
- Ambulanslar
- Cenaze arabası

2.7.2. Araç Ağırlık Tanımları

Bir aracın rampalarda, kasislerde yada park yerinde herhangi bir engele takılmadan yoluna devam edebilmesi için yerden ne kadar yüksek olacağı doğru bir şekilde belirlenmelidir. Bu nedenle araçların trafiğe çıkacağı ülkelerin bağlı bulunduğu standartlara uygun olarak tasarlanmaları gerekmektedir. Tasarım sürecinin sağlıklı ilerlemesi adına öncelikli olarak araç ağırlık hedefleri doğrultusunda boş araç ağırlığı ve tam yüklü araç ağırlığı belirlenir ve bu ağırlıklara araç süspansiyonlarının vereceği tepki bilgisayar ortamında simüle edilerek zemin düzlemleri oluşturulur [33].

Boş araç ağırlığı; normal sürüş koşulları için donatılmış standart bir aracın ağırlığını ifade eder. Buna soğutma sıvısı, yağlar, yakıt gibi tüm sıvıların %100 dolu olması dahildir.

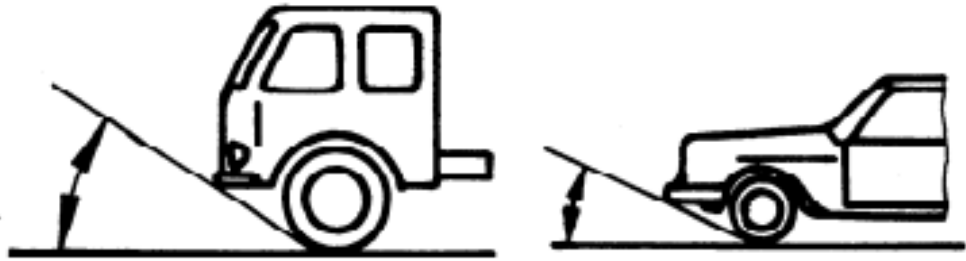
Tam Yüklü araç ağırlığı; üretici tarafından belirlenen aracın en fazla taşıyabileceği ağırlığı ifade eder.



Şekil 2.31: Araç Ağırlık Durumlarına Göre Oluşturulan Zemin Düzlemleri [33].

2.7.3. Yaklaşma Açısı

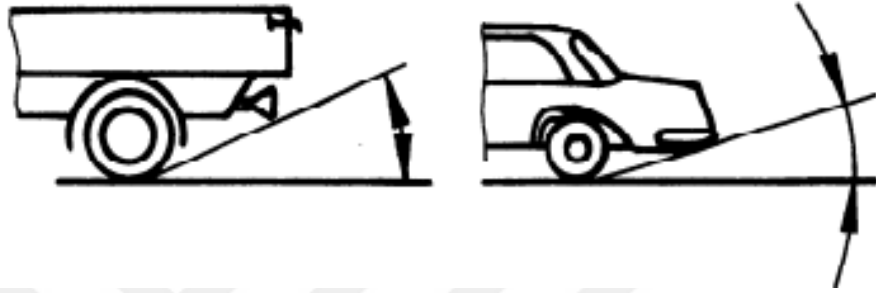
Yaklaşma açısı, bir aracın yatay bir düzlemden müdahale olmaksızın tırmanabileceği rampanın maksimum açısıdır. Aracın statik yüklü ön lastiğine teğet olacak şekilde aracın ön tamponunun en alçak kısmına noktasal temas eden bir doğru çizilir. Yaklaşma açısı, bu doğru ve zemin düzlemi arasındaki en büyük açı olarak tanımlanır [34].



Şekil 2.32: Yaklaşma Açısı [34].

2.7.4. Uzaklaşma Açısı

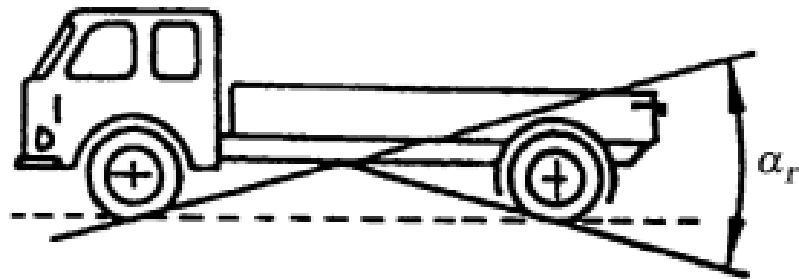
Uzaklaşma açısı ise, yaklaşma açısının aracın arka kısmındaki karşılığıdır. Aracın hasar görmeden inebileceği maksimum rampa açısını ifade etmektedir. Aracın statik yüklü arka lastiğine teğet olacak şekilde aracın arka tamponunun en alçak kısmına noktasal temas eden bir doğru çizilir. Uzaklaşma açısı, bu doğru ve zemin düzlemi arasındaki en büyük açı olarak tanımlanır [34].



Şekil 2.33: Uzaklaşma Açısı [34].

2.7.5. Rampa Açısı

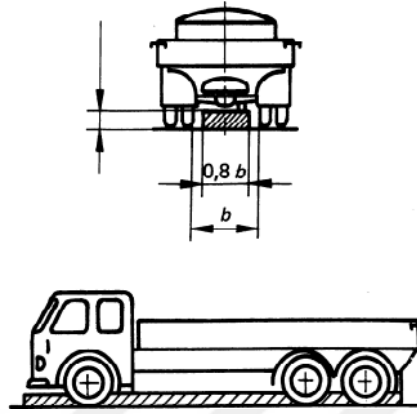
Ön ve arka statik yüklü lastiğe teğet olan iki doğru çizilerek genellikle aracın ağırlık merkezine yakın bir noktada aracın en alttaki parçası üstte kalacak şekilde kesiştirilir. Rampa açısı kesişen bu iki doğru arasındaki en küçük açı olarak tanımlanır. Aracın üzerindeki hiçbir parça araç tam ağırlık durumunda iken bu bölgeye girmemelidir. Esnek parçalar herhangi bir temas anında deforme olmadan bu bölgenin dışına çıkabiliyorsa bu gerekliliğin dışında tutulabilmektedir [34].



Şekil 2.34: Rampa Açısı [34].

2.7.6. Yer Mesafeleri

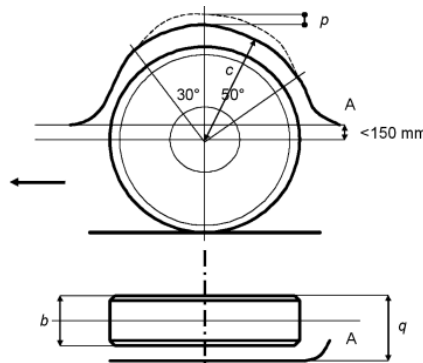
Aracın üzerindeki hiçbir parça araç boş ağırlık durumunda aşağıda gösterilen bölgelere girmemelidir. Esnek parçalar herhangi bir temas anında deforme olmadan bu bölgenin dışına çıkabiliyorsa bu gerekliliğin dışında tutulabilirler [34].



Şekil 2.35: Yer Mesafeleri [34].

2.7.7. Jant ve Tekerlerin Kapsanması

Çamurlukların aşağıda belirtilen bölgede maksimum ağırlık altında ezilmiş olan lastiği kapsaması gerekmektedir . Kapsanması gereken alanın belirlenebilmesi için teker merkezinden zemine dik olacak şekilde yukarı yönlü bir doğru oluşturulur. Bu doğrunun ilerisine doğru 15 derece ve 30 derece yapacak şekilde ve yine bu doğrunun gerisine doğru 50 derece ve 60 derece yapacak şekilde dört adet doğru daha oluşturulur. Bu doğrulardan 15° ve 60° arasında kalan bölge ya da 30° ve 50° arasında kalan bölge ezilmiş olan lastiği kapsamalıdır [34].



Şekil 2.36: Jant ve Tekerlerin Kapsanması Gereken Bölge [34].

BÖLÜM 3. ARAÇ MİMARİSİ VE ARAÇ TASARIMI

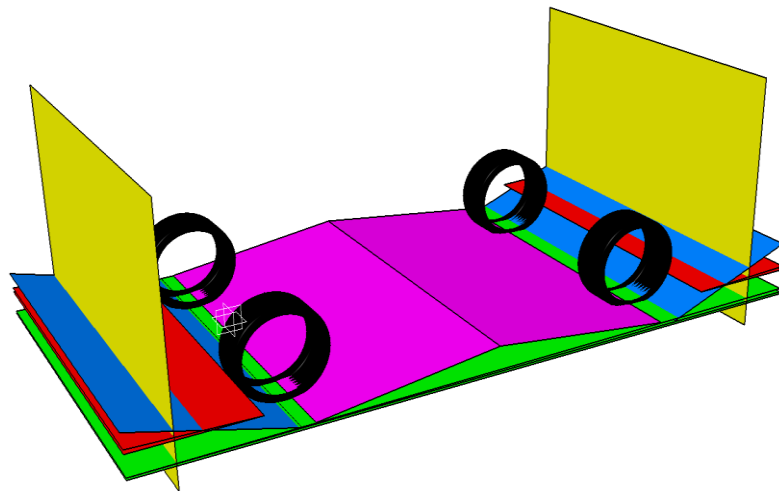
Çalışmanın bu aşamasında, eldeki veriler sayesinde temel boyut hedefleri belirlenmiştir. Bu hedeflerle birlikte, yolcu paketleri ve yasal gereklilikler doğrultusunda araç mimarisi oluşturularak, estetik kriterleri karşılayan model ortaya çıkarılmıştır.

3.1. Araç Mimarisinin Oluşturulması

Araç mimarisi oluşturulurken en kritik unsurlar hiç şüphesiz sürücü ve yolculardır. Yolcuların pozisyonları ve duruşları yanlış belirlenirse tüm araç mimarisinin yeniden tasarlanması gerekecektir. Manken geometrileri sabit olduğundan ve yolcuları temsil ettiğinden, araç gövdeleri bunların etrafında tasarlanmaktadır.

3.1.1. Yer Zarflarının Oluşturulması

Araç yüksekliğinin doğru belirlenebilmesi için Bölüm 2.7’de anlatıldığı şekilde öncelikle tüm yer zarflarının geometrik datalarının oluşturulması gerekmektedir. Tez çalışması için oluşturulan yer zarfları Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



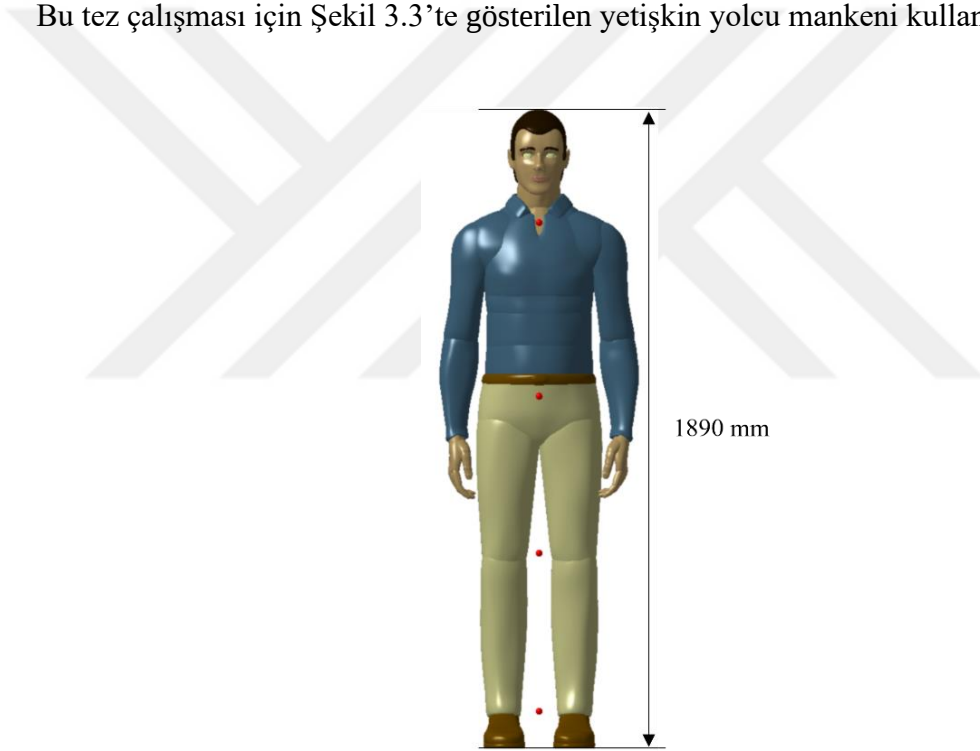
Şekil 3.1: Tez Çalışması İçin Oluşturulan Yer Zarfları

3.1.2. Sürücü Mankeninin Seçilmesi

Yolcular aracın tasarımını her yönden doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemektedir. Taşıtların içten dışa doğru tasarlanması gerektiği sıklıkla söylenmektedir. Bu durum iç sistemlerden çok yolcu paketini ifade etmektedir. Amaç, sürücü ve yolcuların rahat ve güvenli olmasını sağlamak, ardından etraflarında bir zarf oluşturmak ve araç paketinin geri kalanını oluşturmak için geometrilerindeki önemli referans verilerini kullanmaktır.

En popüler yolcu paketleme yöntemlerinden biri, iç alanı oluşturmak için ideal olan ve küresel nüfusun büyük çoğunluğunun paket zarfına sığmasını sağlayan SAE 95th yetişkin yolcu mankenidir.

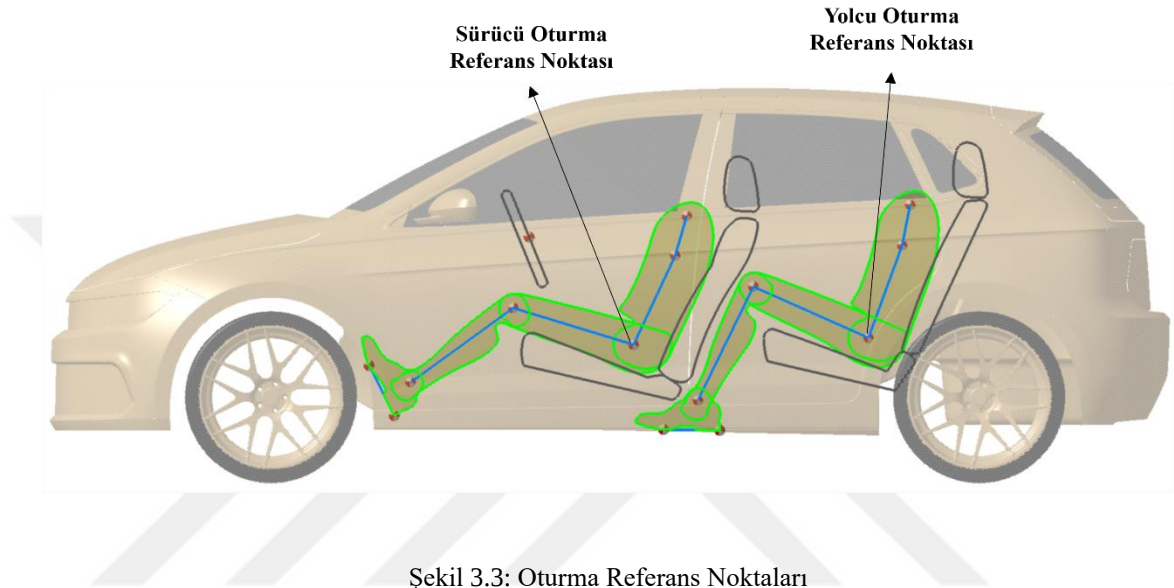
Bu tez çalışması için Şekil 3.3'te gösterilen yetişkin yolcu mankeni kullanılmıştır.



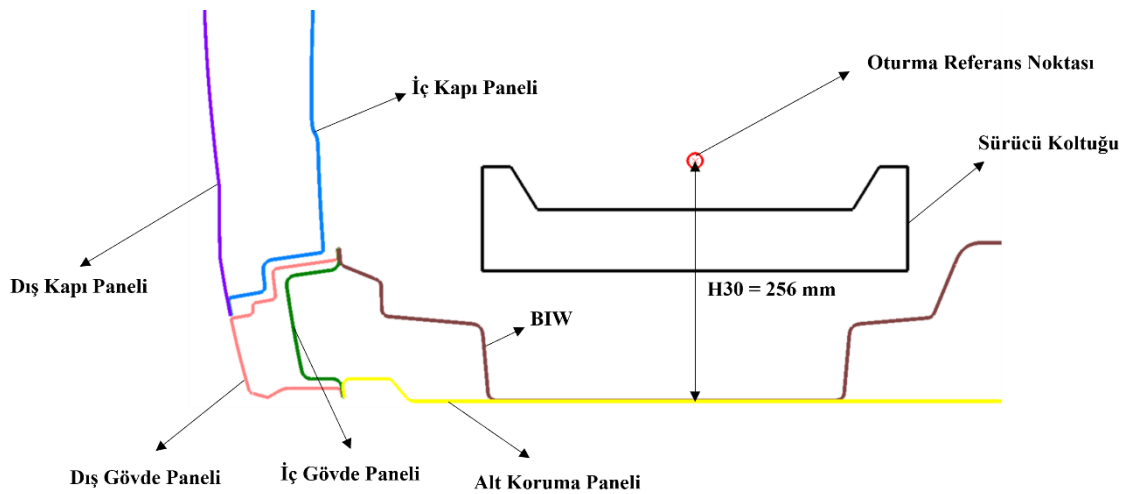
Şekil 3.2: Tez Çalışmasında Kullanılan Yetişkin Yolcu Mankeni

3.1.3. Oturma Referans Noktasının (Hip Point ya da SgRP) Belirlenmesi

Otomotiv tasarımında Oturma Referans Noktası, bir yolcunun kalçasının teorik konumudur ve bu nokta gövde ile bacak kısımları arasındaki pivot noktasıdır. Şekil 3.4'te gösterilen oturma referans noktası aracın yüksekliğine, oturma konforuna, araçtan trafiğe görünürlüğe ve diğer tasarım faktörlerine göre belirlenmektedir.



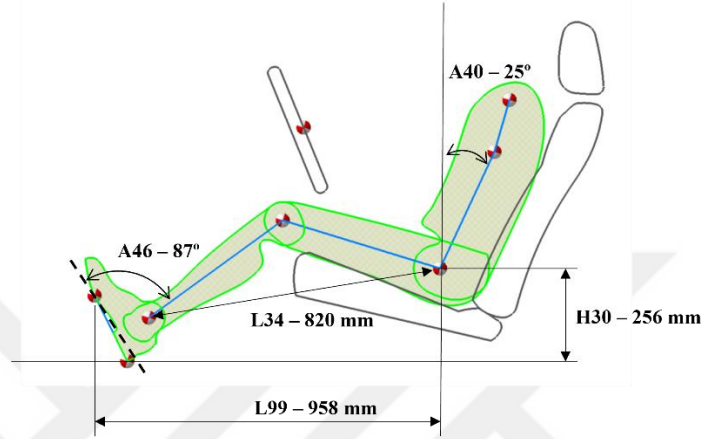
Bu tez çalışması için B segmenti araçlar incelenmiş, bununla beraber motor paketi, güç aktarma paketleri için öngöründe bulunulmuş ve kritik bölgede kesit çalışması yapılarak Şekil 3.5'te gösterildiği üzere H30 yüksekliği 256 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.4: Oturma Referans Noktası Yüksekliği Kritik Kesit Çalışması

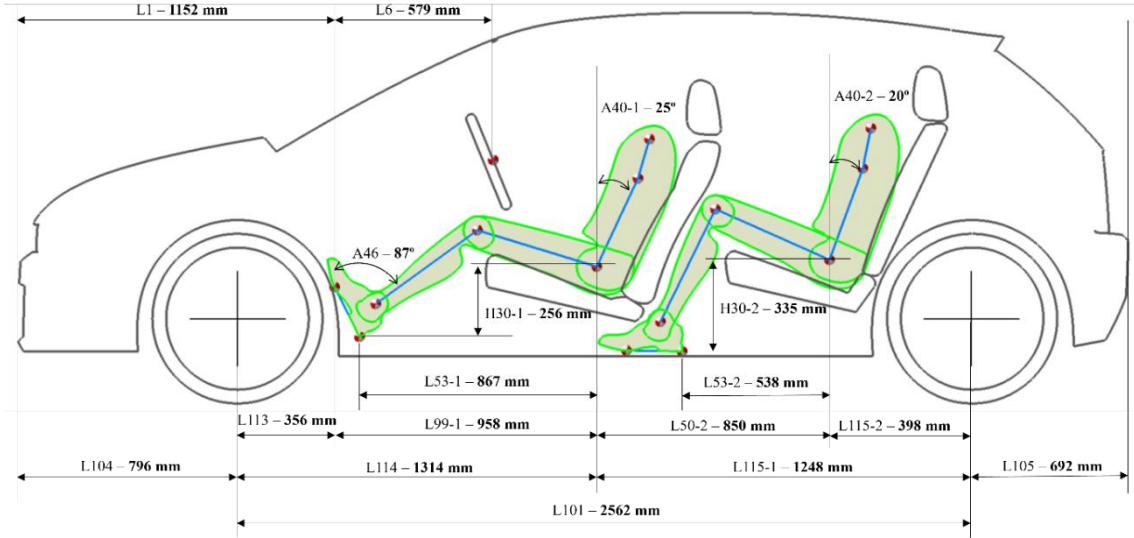
95th Yetişkin yolcu mankeni L99-1 ölçüsünün belirlenebilmesi için Formül 2.3 kullanılır. L99-1ölçüsü hesaplandıktan sonra aşağıdaki adımlar takip edilir.

Şekil 3.5'te gösterildiği üzere 958 mm olarak hesaplanan L99-1 ölçüsü, A46 açısı 87° ve A40-1 açısı 25° olarak belirlenerek birinci sıra manken yerleştirilmiştir.



Şekil 3.5: Sürücü Mankeni Yerleşimi

Daha sonra ikinci sıra manken ayakları araç zeminine paralel ve zemine temas edecek şekilde ayarlanmıştır. Şekil 3.6'da gösterildiği üzere A40-2 açısı 20° olarak belirlenmiş ve uygun diz mesafesi verilerek ikinci sıra manken de yerleştirilmiştir.



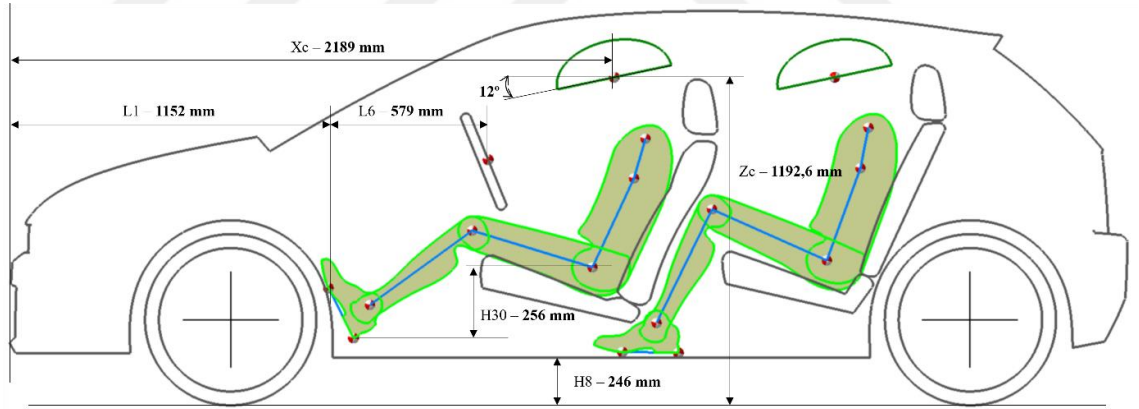
Şekil 3.6: Sürücü ve Yolcu Mankeni Yerleşimleri

3.1.4. Baş Konturlarının ve Baş Zarflarının Oluşturulması

Araç yüksekliğini belirleyebilmek için H noktası belirlendikten sonra kafa konturlarının oluşturulmaları ve konumlandırılmaları gerekmektedir. Bunun için aşağıdaki adımlar takip edilir;

- Tablo 2.15 kullanılarak TL23 değerine uygun sabit değerler seçilir.
- şekil 2.29 kullanılarak kafa konturu oluşturulur.
- Formül 2.9, Formül 2.10 ve Formül 2.11 kullanılarak kafa konturunun merkezi bulunur.
- Oluşturulan kafa konturu bu merkeze taşınır.

şekil 3.7’de gösterildiği üzere baş konturları oluşturulduktan sonra 102 mm ötelenerek minimum baş mesafesi kontrolü için gerekli geometrik datalar oluşturulmuştur. Bu sayede i tavan bu geometrik datalara girmeyecek şekilde tasarlanmıştır. Kritik kesit çalışması yapılarak i tavan, gövde ve dış panel arasındaki gerekli mesafeler göz önünde bulundurularak dış tavan tasarımı yapılmıştır.



şekil 3.7: Oluşturulan Kafa Konturları

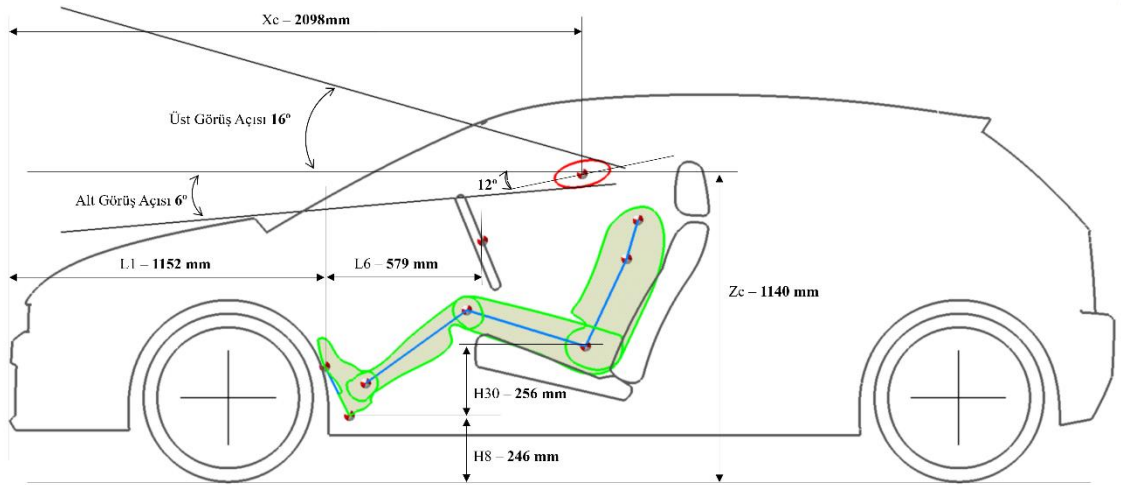
3.1.5. Göz Elipsoitlerinin ve Görüş Zarflarının Oluşturulması

Araç ön cam açıklığını ve kaput yüksekliğini belirleyebilmek için H noktası belirlendikten sonra göz elipsoitinin oluşturulması, konumlanması ve görüş zarflarının çıkarılması gerekmektedir. Bunun için aşağıdaki adımlar takip edilir;

- Tablo 2.14 kullanılarak TL23 değerine uygun sabit değerler seçilir.
- Şekil 2.27 kullanılarak göz elipsoiti oluşturulur.
- Formül 2.5, Formül 2.6 Formül 2.7 ve Formül 2.8 kullanılarak göz merkezi bulunur.
- Oluşturulan göz elipsoiti bu merkeze taşınır.

Şekil 3.8’de gösterildiği üzere göz elipsoitine teğet ve yatay düzlemle açı yapacak şekilde ön görüş açısı hedefleri doğrultusunda zarflar oluşturulur.

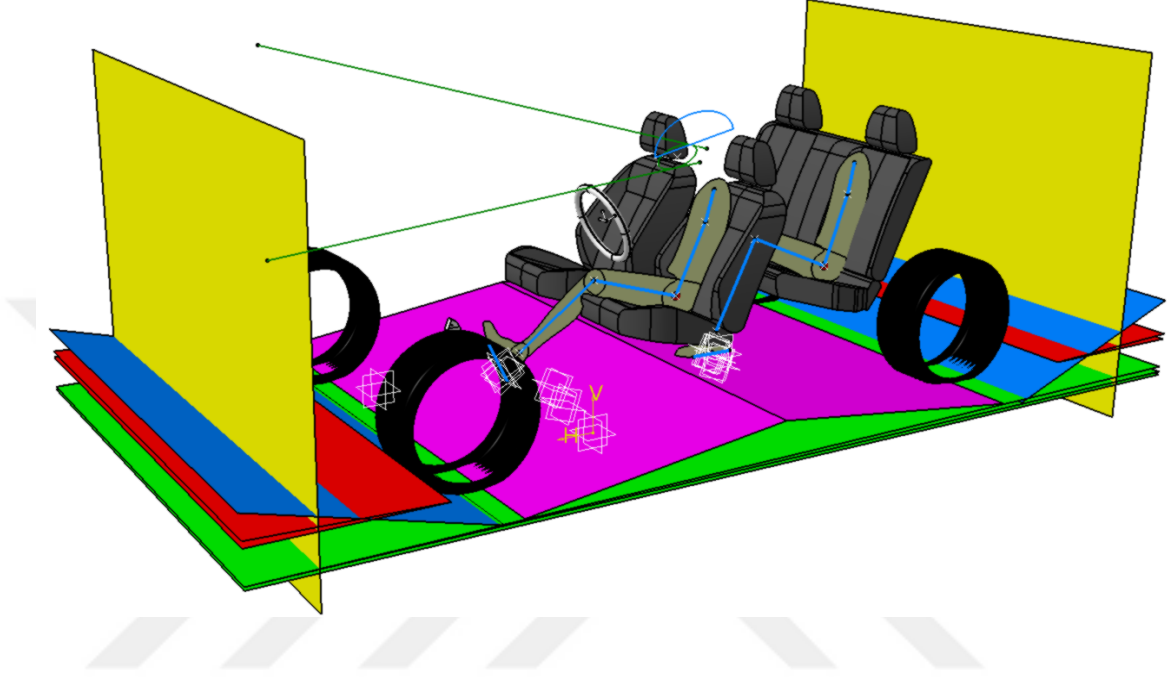
Bu çalışmada üst görüş açısı 16° ve alt görüş açısı 6° olarak belirlenmiştir. Oluşturulan geometrik referanslara girmeyecek şekilde kaput ve ön cam modellenmiştir.



Şekil 3.8: Oluşturulan Göz Elipsi ve Görüş Açıları

Araç mimarisi oluşturulurken motor paketi, güç aktarma organları paketi, batarya paketi, sürücü paketi, araç dinamiği çalışmaları ve yasal gereklilikler bütün halinde ele alınmalıdır.

Oluşturulan sınırlar sayesinde aracın uzunluk, genişlik ve yükseklik gibi temel hedef boyutları ile aks mesafesi, iz genişliği, aracın yerden yüksekliği, ön arka tampon yerden yükseklikleri, kaput yüksekliği, ön ve arka cam açıklıkları gibi kritik zarflar CAD ortamında oluşturulmuştur.



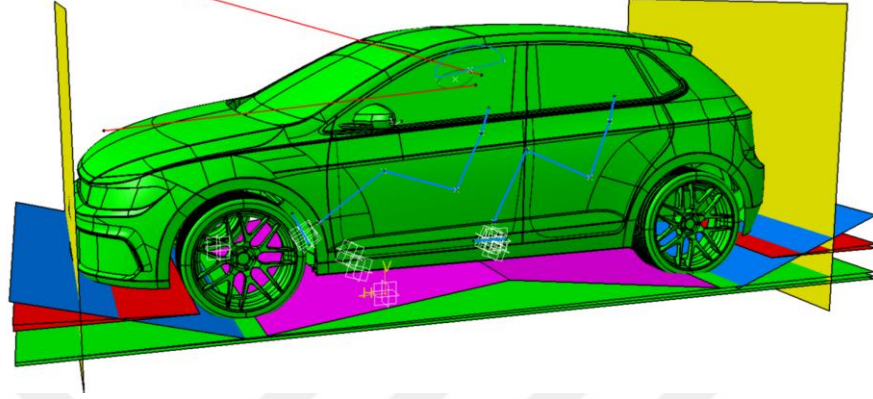
Şekil 3.9: Araç Mimarisi Çalışmaları

3.2. Yüzey Modelleme

Herhangi bir ürünün kullanıcı tarafından görülebilecek kısımlarının; estetik, ışık yansımaları, üretilebilirlik, fonksiyonellik gibi gerekli tüm talepleri karşılayacak şekilde oluşturulduğu model CAS model, bu model oluşturulurken kullanılan teknik ise Class-A yüzey modelleme tekniği olarak adlandırılır.

Farklı yüzey modeli kalitesi tanımlarına sebep olan ayırt edici özellik, modeli oluşturan yüzeylerin kendi içlerindeki ve komşu oldukları yüzeyler ile ortak sınırları arasındaki geçişlerin kalitesidir. Yaygın terminolojiyle, bu geçiş kaliteleri Noktasal Süreklilik C0/G0, Teğetsel Süreklilik C1/G1 ve Eğrisel Süreklilik C2/G2 olarak sınıflandırılır. Class-A kalitesi yüzeyler, modelin C2/G2 kalitesine sahip olduğunu ifade etmektedir.

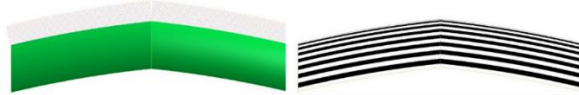
Araç mimarisi çalışmaları tamamlandıktan sonra geometrik olarak oluşturulan tüm datalar referans olarak modelleme aşamasında kullanılmıştır. Bu referans datalarla birlikte gerekli estetik ve teknik kriterleri sağlayan CAS model ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 3.10: Araç Paketine Uygun Olarak Oluşturulan CAS Model

3.2.1. Noktasal Süreklilik (C0/G0)

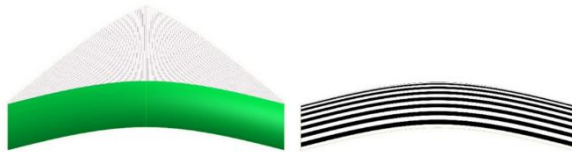
Noktasal süreklilik; bir yüzeyin komşu olduğu yüzey ya da yüzey grupları ile arasındaki boşluğu ifade etmektedir. Firmadan firmaya farklı standartlar olmakla beraber yaygın olarak noktasal sürekliliğin 0,001 mm'den küçük bir değerde olması beklenmektedir.



Şekil 3.11: Noktasal Süreklilik

3.2.2. Teğetsel Süreklilik (C1/G1)

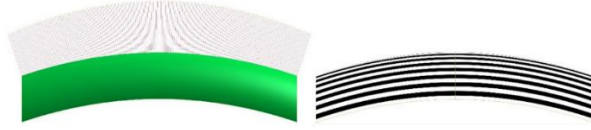
Teğetsel süreklilik; bir yüzeyin komşu olduğu yüzey ya da yüzey grupları ile birleştiği noktadaki açı farkını ifade etmektedir. Firmadan firmaya farklı görüşler olmakla beraber yaygın olarak teğetsel sürekliliğin 0.1° den küçük bir değerde olması beklenmektedir.



Şekil 3.12: Teğetsel Süreklilik

3.2.3. Eğrisel Süreklilik (C2/G2)

Eğrisel süreklilik; bir yüzeyin komşu olduğu yüzey ya da yüzey grupları ile arasındaki teğetsel geçişin mümkün olduğunda yumuşak bir şekilde geriye doğru yayılarak yapılmasını ifade etmektedir. Eğrisel süreklilik 0 ile 1 arasında herhangi bir değer olabilmekle birlikte sıfıra olabildiğince yakın olması beklenmektedir. Eğrisel süreklilik genelde gözle veya zebra analizi ile kontrol edilmektedir.



Şekil 3.13: Eğrisel Süreklilik

3.2.4. Zebra Analizi

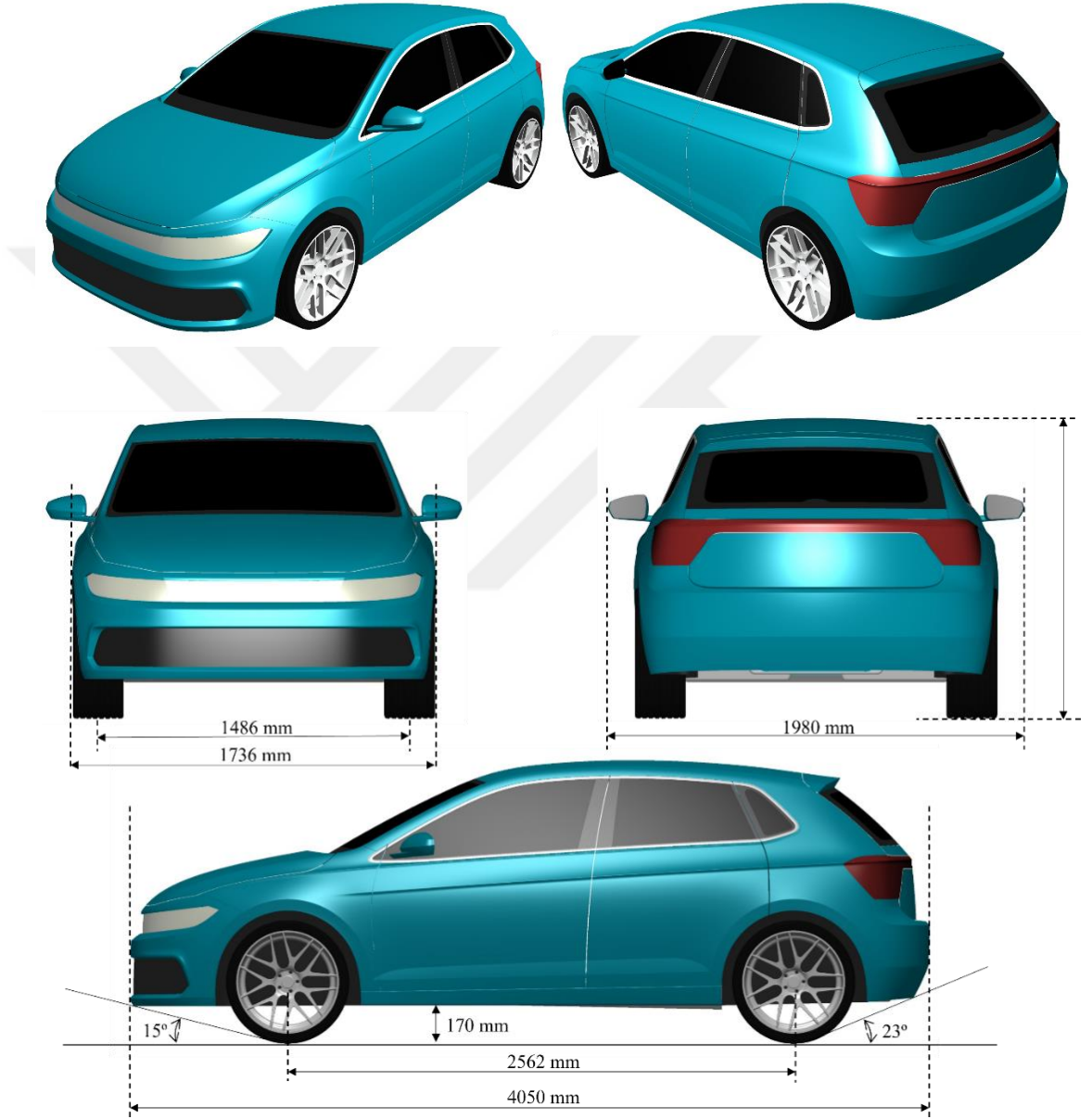
Ortaya çıkan ürünün estetik talepleri karşılayabilmesi için, CAS modelleme sürecinde özellikle ana yüzeyler arasındaki ışık akışının düzgün olması gerekmektedir. Bu amaçla yüzeyler arasındaki eğrisel süreklilik Şekil 3.12’de gösterildiği gibi oluşturulmalıdır.



Şekil 3.14: Zebra Analizi

3.2.5. Modellenen Aracın Dış Görünüşü ve Temel Boyutları

Çalışmanın ilk aşamasının sonunda, B segmenti araçların incelenmesinden çıkan temel boyut hedeflerine, yolcu paketlerine ve yasal gerekliliklere uygun olacak şekilde estetik kriterleri karşılayan CAS model oluşturulmuştur.



Şekil 3.15: Modellenen Aracın Perspektif Görünüşü ve Temel Boyutları

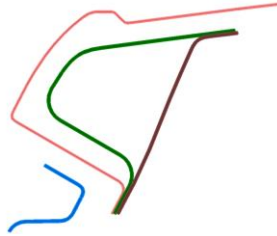
3.3. Şasi ve Gövde Tasarımı

Yüzey modelleme aşamasının çıktısı olan kabuk yüzey modeli CAD ortamına alınarak, gövde parçalarına ayrılmıştır. Başta şasi ve gövde panelleri arasındaki birleşim noktaları olmak üzere tüm parçaların komşu parçaları ile ilişkileri kesit çalışmaları yapılarak belirlenmiştir. Bu kesit çalışmalarına yol göstermesi açısından iki adet B segmenti araç incelenmiştir.



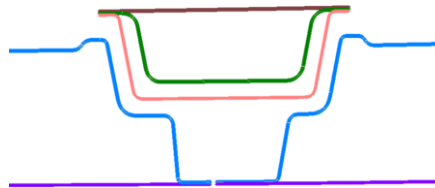
şekil 3.16: Kesit  alışmaları

A-A kesit çalışmasında; şasi, i  gövde, dış gövde ve tavan panellerinin birbirleriyle olan ilişkileri tanımlanmıştır. Ayrıca fitil oturma yüzeyi ve iç kapı paneli teknik spesifikasyonlar doğrultusunda yine bu kesitte gösterilmiştir.



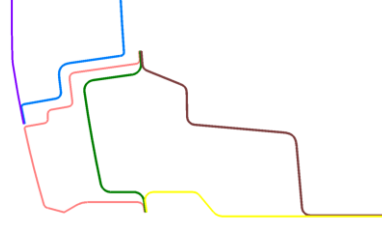
şekil 3.17: A-A Kesit  alışması

B-B kesit çalışmasında; şasi, i  B sütunu, dış B sütunu ve iç kapı panellerinin birbirleriyle olan ilişkileri tanımlanmıştır. Ayrıca fitil oturma yüzeyi ve iç kapı paneli teknik spesifikasyonlar doğrultusunda yine bu kesitte gösterilmiştir.



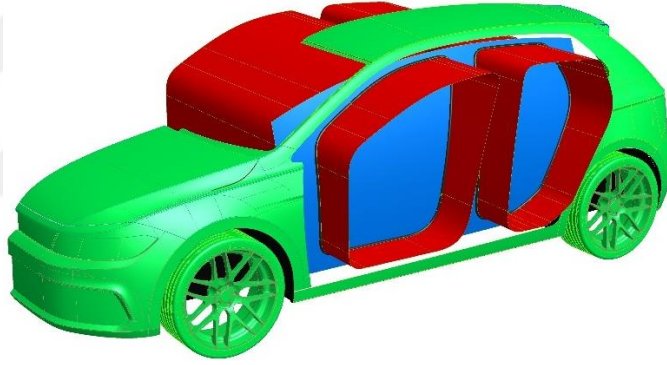
şekil 3.18: B-B Kesit  alışması

C-C kesit çalışmasında; şasi, iç gövde, dış gövde ve kapı panellerinin birbirleriyle olan ilişkileri tanımlanmıştır. Ayrıca fitil oturma yüzeyi ve iç kapı paneli teknik spesifikasyonlar doğrultusunda yine bu kesitte gösterilmiştir.



Şekil 3.19: C-C Kesit Çalışması

Şekil 3.20’de kırmızı renk ile gösterilen iniş biniş zarfları gövde üzerinde oluşturulan Şekil 3.20’de mavi renk ile gösterilen düzlem ile kesiştirilir ve fitil basma yüzeyleri oluşturulur.



Şekil 3.20: Fitil Basma Alanlarının Oluşturulması

Seçilen fitil gövde üzerinde belirlenen alana konumlanır, fitilin fonksiyonunu düzgün yerine getirebilmesi için gerekli düzlük alan bırakılır ve kapı açıklık alanı oluşturulur.



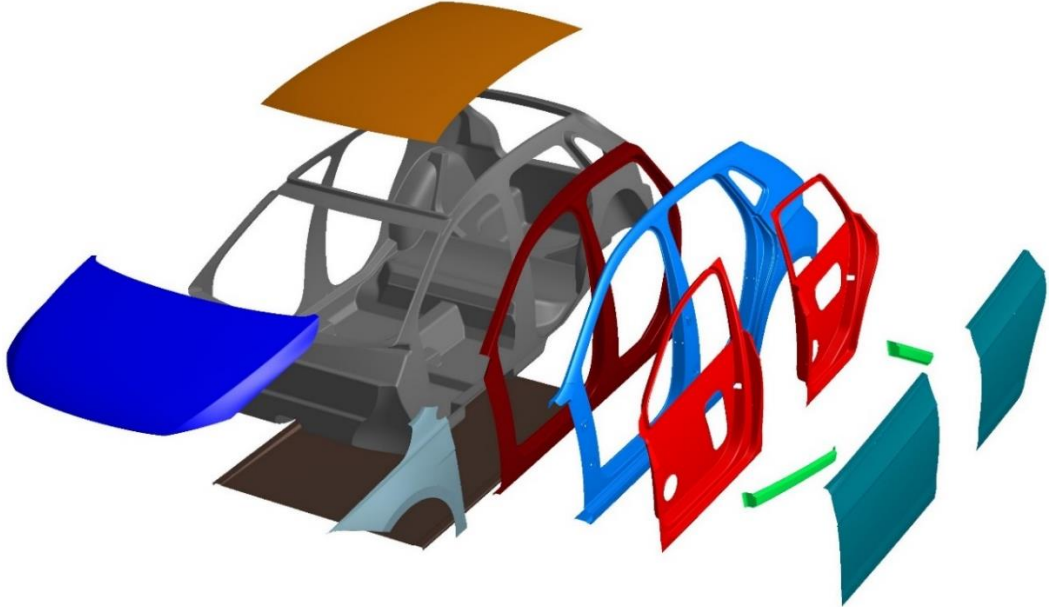
Şekil 3.21: Kapı İniş Biniş Alanlarının Oluşturulması

Sonrasında kesit çalışmaları, oluşturulan paket ve kalıp çıkma açıları gibi parametreler göz önünde bulundurularak gövde fitil basma yüzeyi ve dış kabuk yüzeyler arasında kalan kısım doldurularak tasarım şekillendirilir.



Şekil 3.22: Gövde Panelinin Oluşturulması

Kalan parçalar içinde oluşturulan kesitler referans olarak kullanılarak tasarım sürecine devam edilmiştir. Parça kalınlıkları, komşu parçalarla ilişkiler, teknik gereklilikler gibi konular dikkate alınarak tasarım son halini almıştır. Şekil 3.23'te gösterildiği üzere bu aşamanın sonucunda B sütunlu aracın şasisi ve gövdesini oluşturan tüm parçaların CAD tasarımı tamamlanmıştır.



Şekil 3.23: Tasarlanan Aracın Şasisi ve Gövde Panelleri

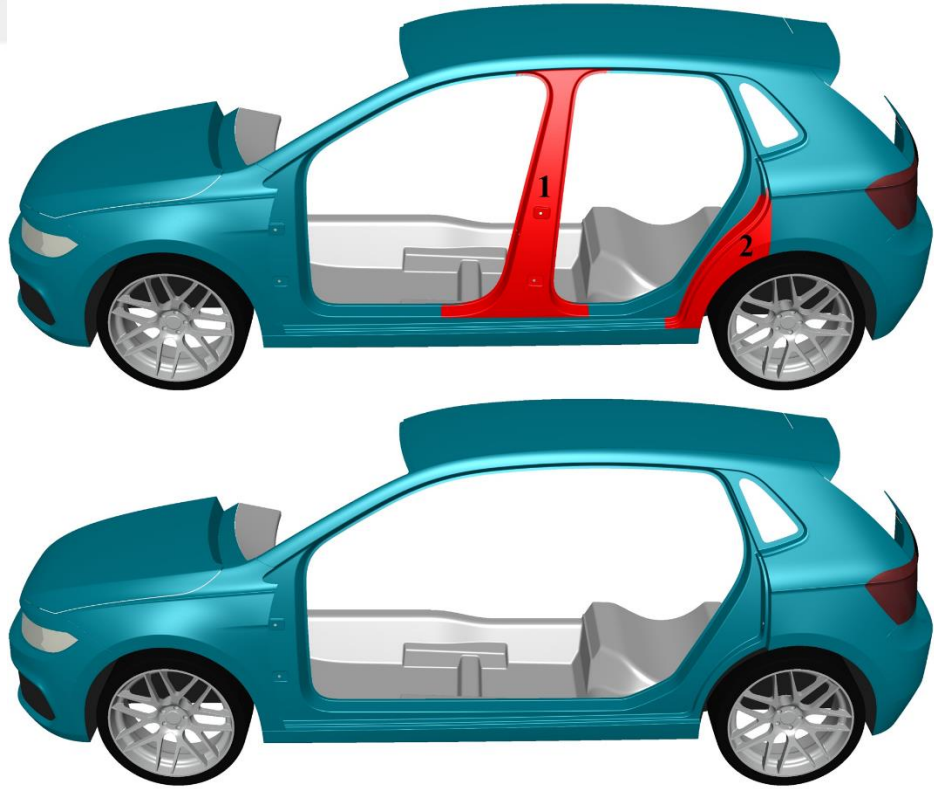
3.4. B sütununun Yan Kapılara Entegrasyonu

Çalışmanın bu aşamasında, B segmenti araçlarda daha yenilikçi bir tasarım ortaya çıkarmak, iniş biniş ergonomisini iyileştirmek ve ağırlık azaltmak amacıyla B sütunun yan kapılara entegrasyonu incelenmiş, süreçte ortaya çıkan problemlere çözümler geliştirilmiştir.

İlk aşamada, B sütununun yan kapılara entegrasyonu için gövde üzerinde gerekli tasarım değişiklikleri yapılmıştır. Gövde üzerinde İki önemli değişiklik yapıldığı görülmektedir.

Bunlardan ilki, B sütunu parçasının tamamen çıkarılması ve neticesinde oluşan kapı fitillerinin bağlandığı yüzeylerde oluşan boşlukları gidermek amacıyla yapılması gerekli hale gelen tasarım değişikliktir.

İkincisi ise arka kapının bağlanması için planlanan C sütünü bölgesinde yapılan tasarım değişikliğidir. Bu değişikliğin en önemli sebepleri, kapı açılma yönünün değişmesi nedeni ile oluşan, kapı açıldığı durumda girişim oluşması ve arka kapı menteşesinin bağlanabileceği yeterli düzlük alanının bulunmamasıdır.

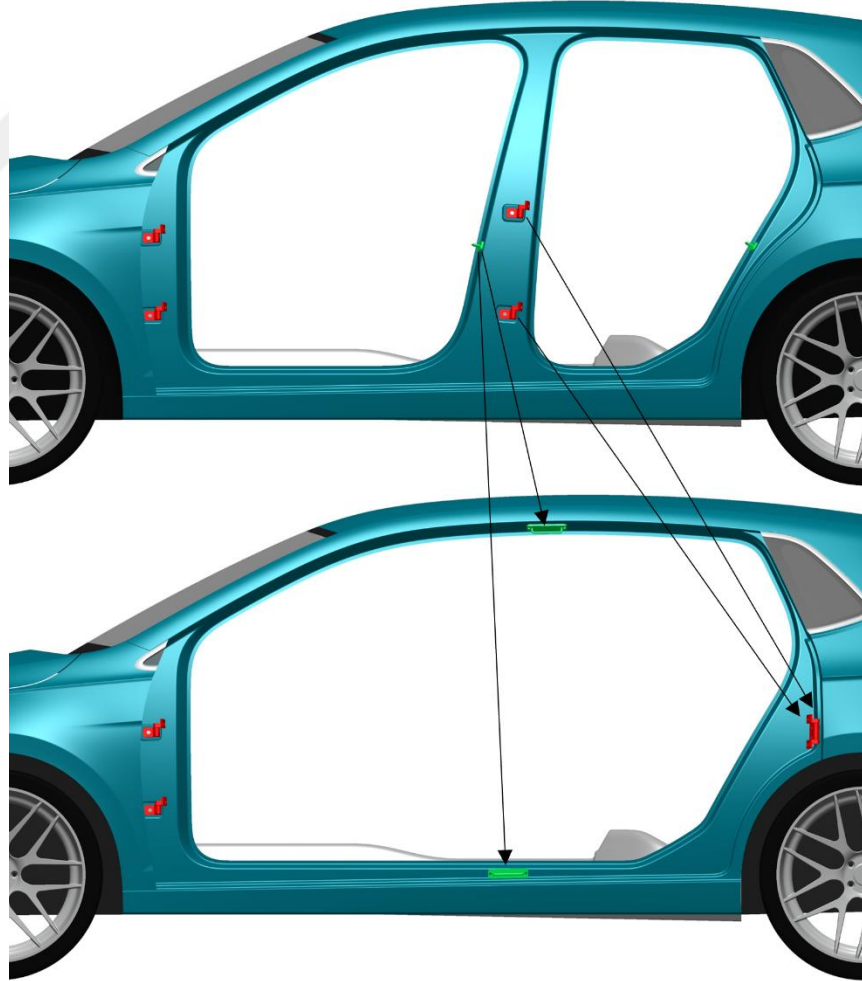


Şekil 3.24: B Sütunu Entegrasyonu için Gövde Üzerinde Yapılan Modifikasyonlar

İkinci aşamada, B sütununun kaldırılması ile havada kalan kapı menteşeleri ve kapı kilit karşılıkları için yeni konumlar belirlenmiştir.

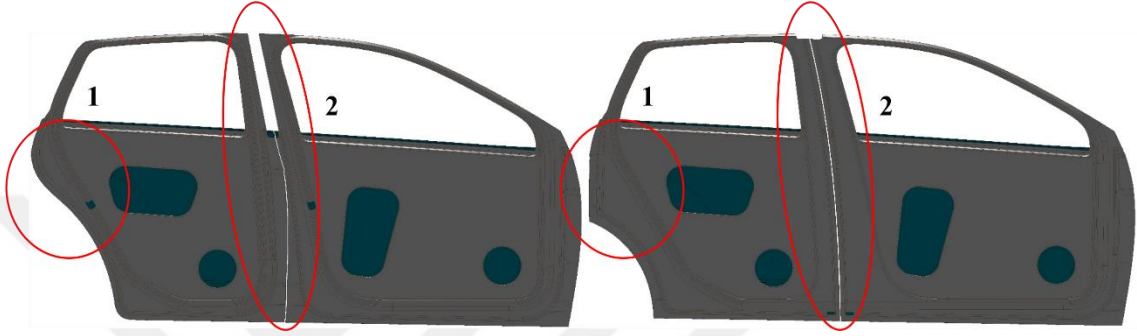
Aşağıda şekil 3.22’de kırmızı renkle gösterilen kapı menteşeleri C direği üzerindeki bölgede yeniden konumlandırılmıştır. C direği üzerinde konumlandırıldığı bölge kapı menteşesi konumlandırılabilmesi için uygun olmadığından gövde tasarımı bu bölgede optimize edilmiştir. Arka kapı açılma durumu kontrol edildiğinde bu bölgeye iki menteşe konumlandırılmayacağı görülmüş ve arka kapı menteşe tasarımı optimize edilerek daha dayanıklı tek bir menteşe haline getirilmiştir.

Aşağıda şekil 3.22’de yeşil renkle gösterilen kapı kilit karşılıkları rail ve rocker paneller üzerindeki bölgelerde yeniden konumlandırılmıştır. Arka ve ön kapı kilit mekanizmalarının aynı kilit karşılıklarını kullanabilmeleri için kilit karşılık parçalarının tasarımı optimize edilmiştir.



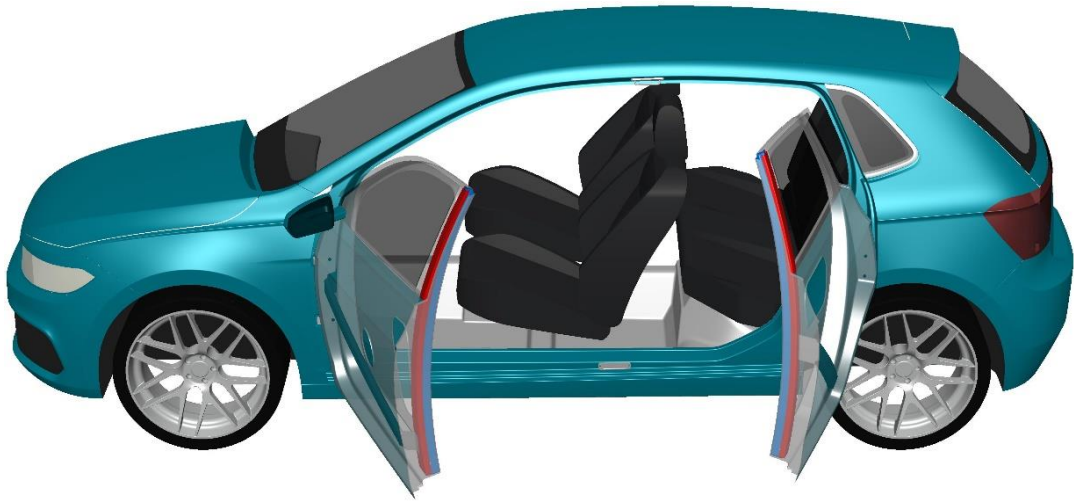
Şekil 3.25: B Sütunu Entegrasyonu için Bağlantı Elemanlarında Yapılan Modifikasyonlar

Üçüncü aşamada, B sütunu parçasının çıkarılmasıyla gövde ve kapılar arasında boşluklar oluşmuştur. Hem oluşan boşlukları gidermek hem de B sütununu kapılara entegre edebilmek amacı ile iç ve dış kapı panellerinde tasarım değişikliği yapılmıştır. İç kapı ve dış kapı panelleri, kapı açık durumda gövde ile girişim yapmayacak, sızdırmazlığı sağlayacak, entegre B sütunu paketini yer oluşturacak şekilde ve bağlantı elemanlarının yeni lokasyonlarına göre yeniden tasarlanmıştır.



Şekil 3.26: B Sütunu Entegrasyonu için Kapı Panellerinde Yapılan Modifikasyonlar

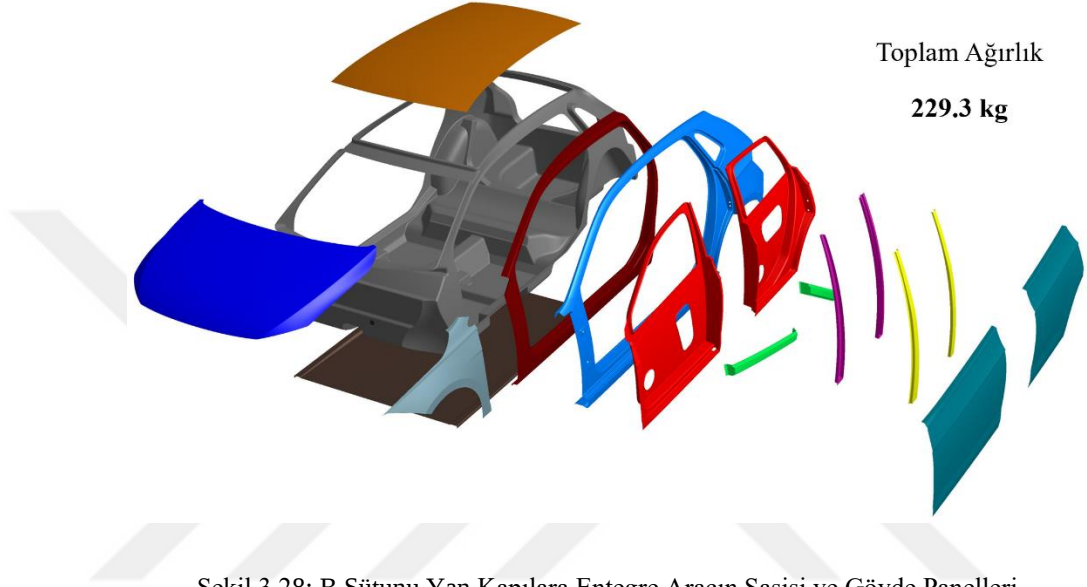
Son aşamada ise, B sütunu entegrasyonu için gerekli tüm tasarım değişikliklerinin yapılması ile iç kapı ve dış kapı arasında entegrasyon için gerekli alan sağlanmıştır. Bu alana, Şekil 3.24'te kırmızı ve mavi renkler ile gösterilen B sütunu parçaları entegre edilmiştir. Entegre edilen B sütunu parçaları birbirine kaynakla birleştirilmektedir. Alt tarafta iç kapı paneline dayanmakta, üst tarafta ise kapı kilit karşılıklarına dayanmaktadır.



Şekil 3.27: Yan Kapılara Entegre Edilen B Sütunu Parçaları

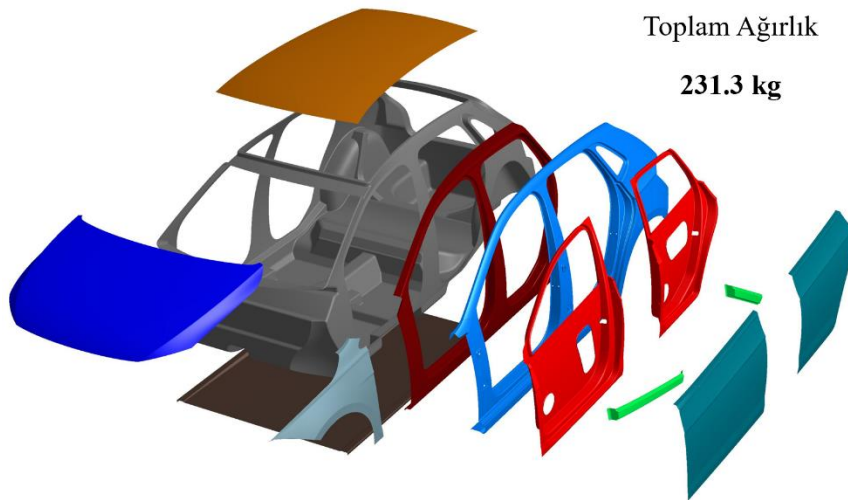
3.5. Entegrasyon Sonrası Araç Ağırlığı

B sütünü entegrasyonu yapılan aracın şasisi ve gövde parçaları Şekil 3.25'te gösterilmiştir. Entegrasyon sonrası ikisi ön kapıya ve ikisi arka kapıya olmak üzere araç gövdesine dört adet parça eklenmiştir. B sütünü entegrasyonu yapılan araç için Şekil 3.25'te gösterilen parçaların toplam ağırlığı 229,3 kg olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.28: B Sütünü Yan Kapılara Entegre Aracın Şasisi ve Gövde Panelleri

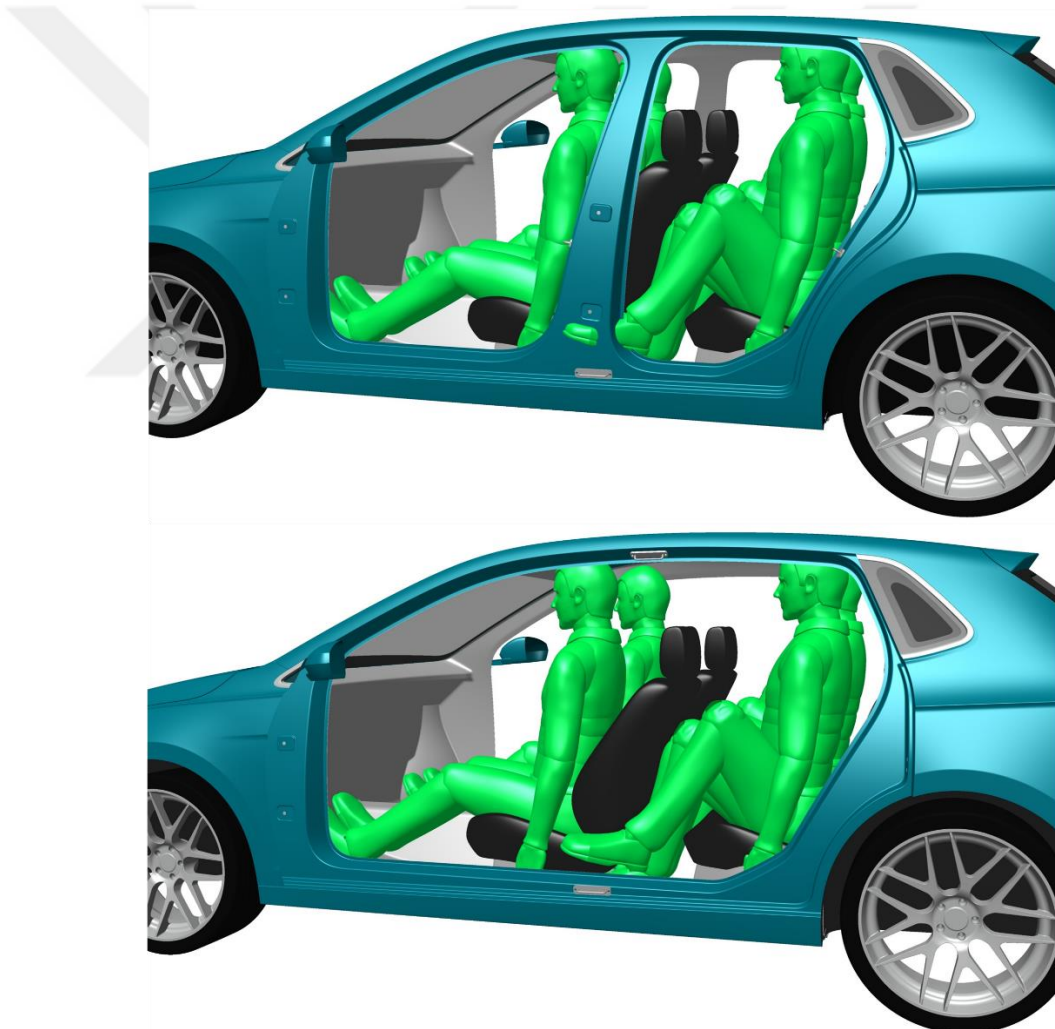
B sütünlü aracın şasisi ve gövde parçaları Şekil 3.26'da gösterilmiştir. B sütünlü araç için Şekil 3.26'da gösterilen parçaların toplam ağırlığı 231,3 kg olarak ölçülmüştür. Bu iki araç kıyaslandığında 2 kg yani %1 civarında ağırlık azaltılma yapılmıştır.



Şekil 3.29: B Sütünlü Aracın Şasisi ve Gövde Panelleri

3.6. Entegrasyon Sonrası İniş Biniş Ergonomisi

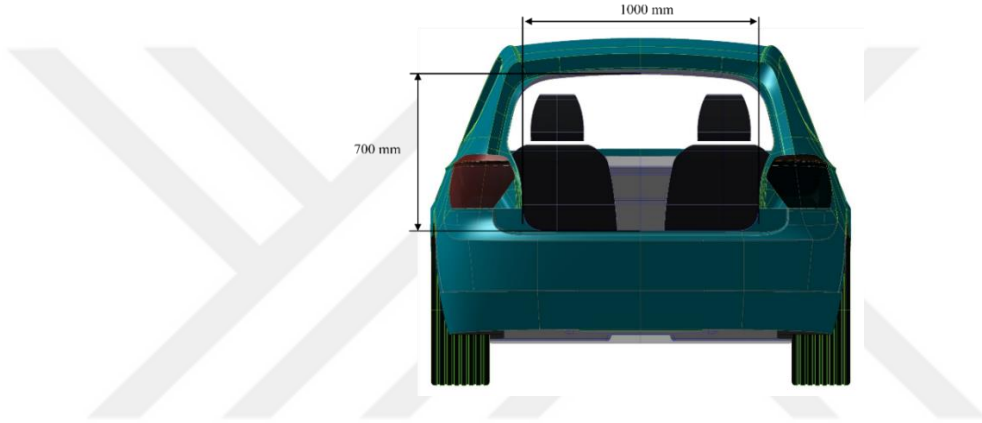
B segmenti araçlarda ikinci sıra koltukları kullanmakta olan yolcuların iniş sırasında zorlandığı görülmektedir. Özellikle uzun boylu, aşırı kilolu, yaşlı ya da bacaklarında herhangi bir rahatsızlık olan yolcular için bu durum ciddi bir engel teşkil etmektedir. Şekil 3.27’de gösterildiği üzere yetişkin yolcu mankeniyle yapılan ergonomi çalışmasında yolcunun B sütununu geçebilmesi için üst bacağın 35° kadar karın bölgesine doğru yukarı kaldırılması, sonrasında alt bacağın 35° kadar üst bacağa doğru kırılması ve bileğin 10° kadar alt bacağa doğru kırılması gerekmektedir. Özellikle yaşlı ya da bacaklarında rahatsızlık olan yolcular için bu durumda iniş-biniş oldukça zor olmaktadır.



Şekil 3.30: Yetişkin Yolcu Mankeniyle Yapılan İniş Biniş Ergonomisi Kontrolü

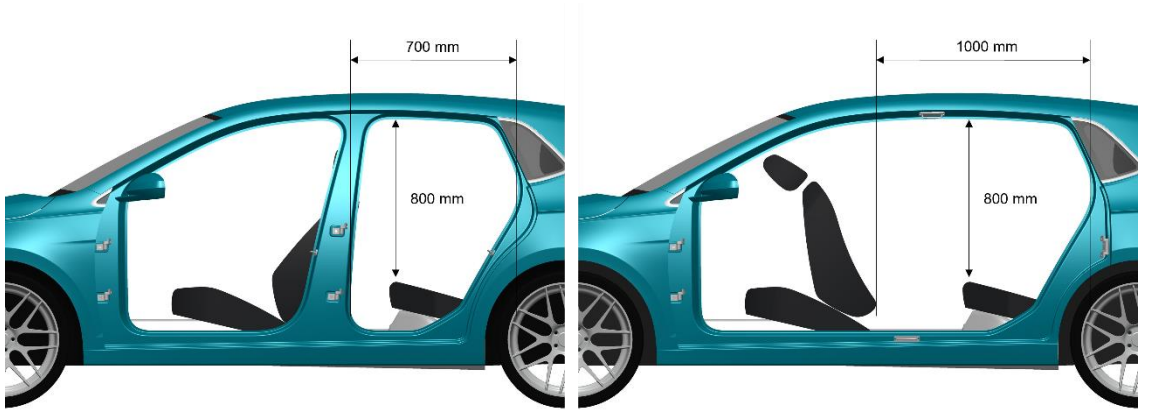
3.7. Entegrasyon Sonrası Yük İndirme Bindirme Ergonomisi

B segmenti araçlarda iç bagaj genişliği Şekil 3.28’de gösterildiği üzere yaklaşık olarak 1000 mm, yüksekliği yaklaşık olarak 800 mm ve uzunluğu arka koltuk yatırıldığında yaklaşık olarak 1400 mm civarında olmaktadır Bu ölçülere bakıldığında bu boyutlarda bir kutuyu araca yerleştirme potansiyeli bulunmaktadır ancak araç şasisinden kaynaklı olarak tampon yukarıda tasarlandığından arka bagaj açıklığı bu ölçülerden daha az olmaktadır. Bu nedenlerle bahsedilen ölçülerde bir kutuyu aracın içerisine arka bagaj açıklığından yerleştirmek mümkün olamamaktadır.



Şekil 3.31: Arka Bagaj Açıklığı

Aracın arka yan kapı açıklık ölçülerine bakıldığında arka kapı yüksekliği uygun olmasına rağmen arka kapı genişliği izin vermediğinden bahsedilen büyüklükte bir kutu araca yüklenememektedir. Yan kapı açıklığı Şekil 3.29’da gösterilmiştir.



Şekil 3.32: Arka Yan Kapı Açıklığı

BÖLÜM 4. RİJİT SÜTUNA YANDAN EĞİMLİ ÇARPMA ANALİZİ

4.1. Sonlu Eleman Modeli

Sonlu eleman modeli oluşturmak için Visual-Mesh yazılımı kullanılmıştır. Mesh atma işlemi modelin genelinde Tablo 4.2’de belirtilen değerlerde yapılmıştır. Sonlu eleman modelinde; kapı menteşeleri, bağlantı elemanları, kapı kilit ve karşılıkları haricindeki tüm parçalar için shell elemanlar kullanılmıştır. Modelin tamamında kullanılan eleman tipleri ve sayıları Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Sonlu Eleman Modelinde Kullanılan Eleman Tipleri ve Sayıları

Eleman Tipi	Sayısı
2D	1610286
3D	3702
Rigid Body	26
PLink	1706

Mesh atma işlemi tamamlandıktan sonra elemanların kaliteleri Tablo 4.2’de verilen kriterlere göre tekrar kontrol edilmiştir. Yapılan eleman kontrolünün ardından tespit edilen hatalar düzeltilmiş ve sınır şartlarının tanımlanabilmesi için PAM-Crash ortamına geçiş yapılmıştır.

Tablo 4.2. Elemanların Kalite Durumları

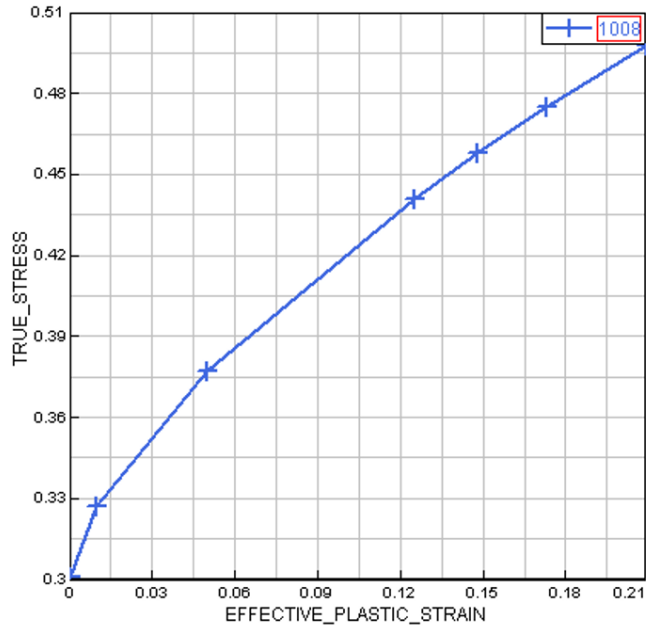
Kriter	Değer
Min. Length	1
Max. Length	10
Aspect Ratio	5
Warp	16
Jacobian	0.72

Modeldeki tüm parçalar için Elastic Plastic Iterative Hill malzeme modeli kullanılmıştır. Kullanılan malzeme özellikleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Sonlu Eleman Modelinde Kullanılan Malzeme Özellikleri

Malzeme Özelliği	Değeri	Birimi
Elastisite Modülü	210	GPa
Poisson Oranı	0.3	-
Yoğunluk	7860	g/cc
Akma Gerilmesi	300	MPa
Kopma Gerilmesi	390	MPa

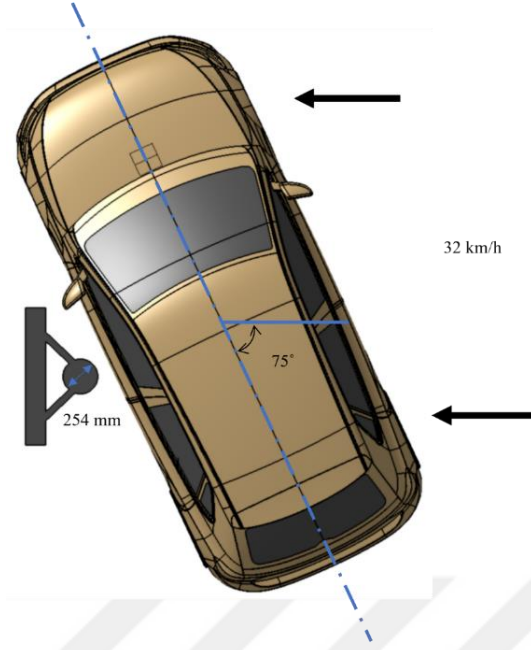
Kullanılan malzemenin Stress – Strain eğrisi aşağıda Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



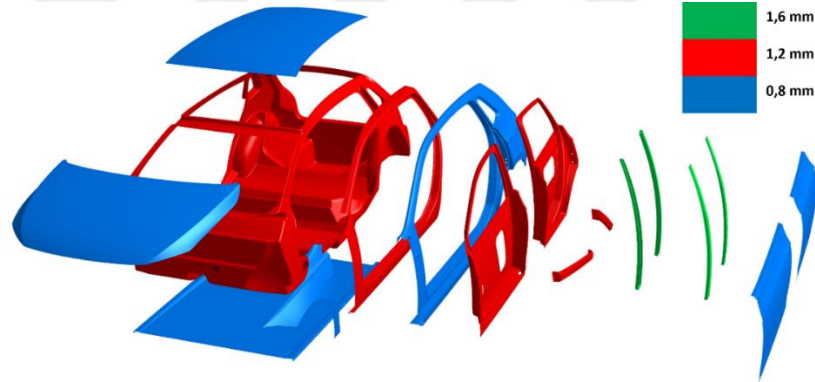
Şekil 4.1: Kullanılan Malzeme Stress – Strain Eğrisi

4.2. Sınır Koşulları

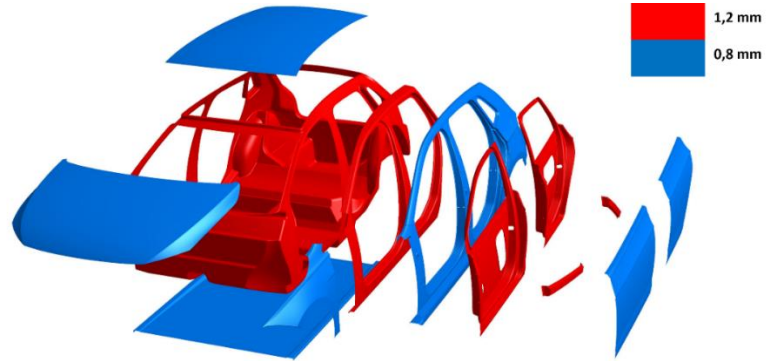
Sonlu eleman modeli PAM-Crash ortamına alınarak sınır koşulları oluşturulmuştur. Rijit Sütuna yandan eğimli çarpma analizi yapılacak olan bu araçta Elastic Plastic Iterative Hill malzeme modeli kullanılmıştır. Şekil 4.2'de gösterildiği üzere hız, ivme, rijit ya da şekil değiştirebilen komponentler, parçalar arasındaki bağlantılar ve sürtünmeler ile sisteme etki eden kuvvetler tanımlanmıştır.



Şekil 4.2: Sınır Koşulları



Şekil 4.3: B Sütunsuz Aracın Parça Kalınlıkları

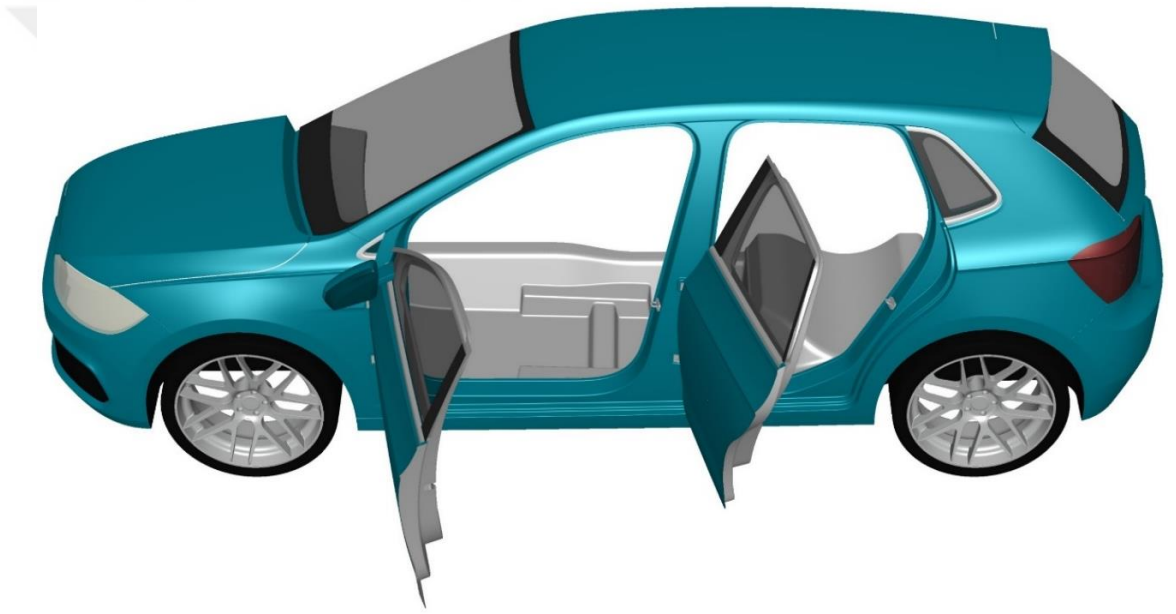


Şekil 4.4: B Sütunlu Aracın Parça Kalınlıkları

4.3. Yer Değiştirme

4.3.1. B Sütunlu Araçta Oluşan Yer Değiştirme Sonuçları

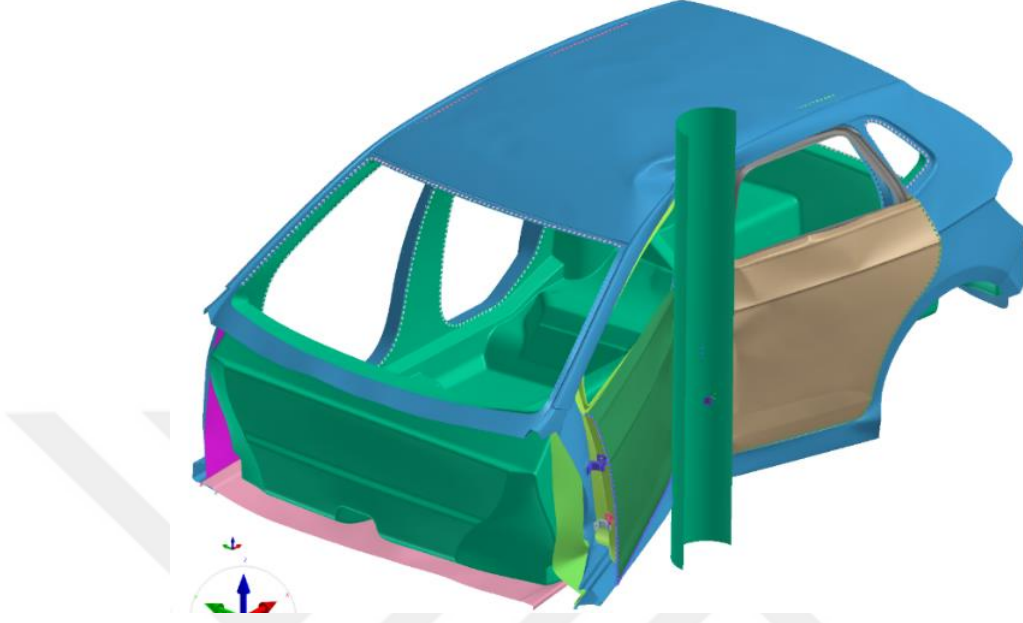
B sütunu olmayan araçta yapılacak analiz sonuçlarını kıyaslayabilmek adına öncelikle B sütunlu araç analiz edilmiştir. Öncelikle şasi, yan gövde iç sacı, yan gövde dış sacı, tavan, alt kalkan sacı parçaları arasında kaynakla birleştirme tanımlanmıştır. Sonrasında kapılar için, iç ve dış kapı sac parçaları ile side impact beam parçaları arasında kaynaklı birleştirme tanımlanmıştır. Daha sonra ön kapı ve arka kapı; menteşeler, bağlantı elemanları, kilit mekanizmaları ve kilit karşılıkları yardımıyla gövdeye bağlanmıştır.



Şekil 4.5: B Sütunlu Araç Analiz için Hazırlanan Model

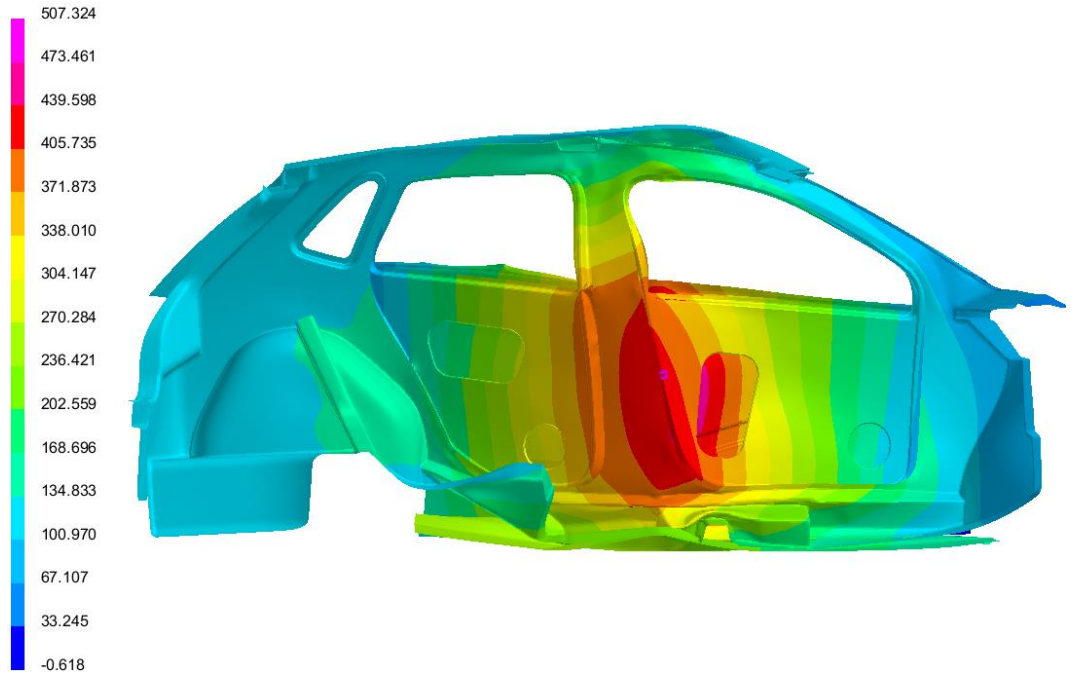
Hız, ivme, rijit ya da şekil değiştirebilen komponentler, parçalar arasındaki bağlantılar ve sürtünmeler ile sisteme etki eden kuvvetler EuroNCAP Rijit Direğe Yandan Eğimli Çarpma Test kriterleri doğrultusunda tanımlanmıştır. Rijit sütuna yandan eğimli çarpma testleri, 32 km/h hızda, 75 kg'lık sürücü mankeni ve 136 kg'ı geçmeyen bagaj ağırlıkları yerleştirilerek gerçekleştirilir. Taşıtın rijit direğe çarpması senaryosunda, çarpışma referans yönü aracın ağırlık merkez noktasından geçecek şekilde taşıt boyuna eksenini ile 75° açı yapar. Rijit direk 254 milimetre çaplı metal bir yapıya sahiptir. Test esnasında taşıyıcının ivmesi $1,5 \text{ m/s}^2$ 'yi aşmamalıdır.

Şekil 4.6’da görülebileceği üzere, çarpışmanın etkisi ile ön kapı paneli, arka kapı paneli, B sütunu, rocker panel ve roof rail parçalarında deformasyon meydana gelmiştir.



Şekil 4.6: B Sütunlu Araç Yandan Çarpma Analiz Sonucu

Şekil 4.7’de görülebileceği üzere, deformasyonun en fazla olduğu noktada iç B sütunu parçası Y ekseninde yaklaşık olarak 434 mm araç içerisine doğru girmiştir.

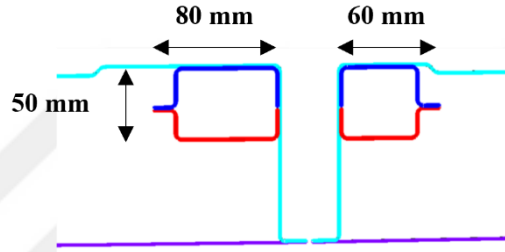


Şekil 4.7: B Sütunlu Araçta Oluşan Yer Değişiklikler

4.3.2. B Sütunsuz Araçta Oluşan Yer Değiştirme Sonuçları

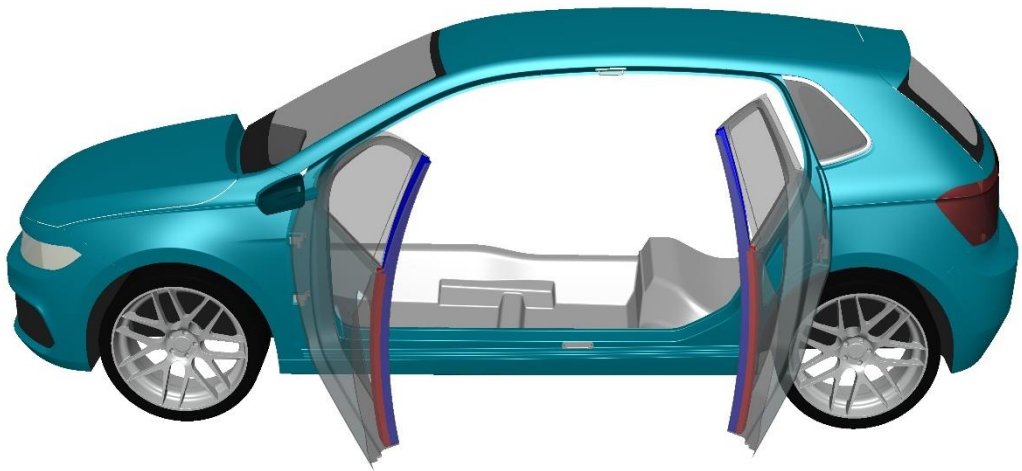
4.3.2.1. Deneme 1

Öncelikle şasi, yan gövde iç sacı, yan gövde dış sacı, tavan, alt kalkan sacı parçaları arasında kaynakla birleştirme tanımlanmıştır. Sonrasında kapılar için, iç ve dış kapı sac parçaları, iç ve dış entegre B sütunu parçaları ile side impact beam parçaları arasında kaynaklı birleştirme tanımlanmıştır. Daha sonra ön kapı ve arka kapı; menteşeler, bağlantı elemanları, kilit mekanizmaları ve kilit karşılıkları yardımıyla gövdeye bağlanmıştır.



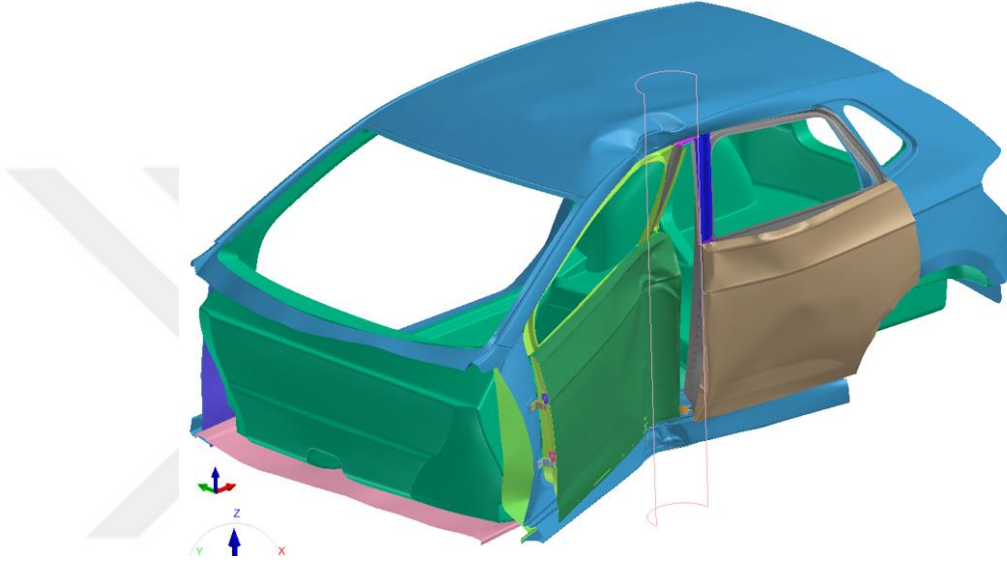
Şekil 4.8: B Sütunsuz Araç Kritik Kesit

İlk deneme için, Şekil 4.9’de mavi renk ile gösterilen iç B sütunu parçaları, alt tarafta iç kapı paneline ve üst tarafta kapı kilit mekanizmasına oturacak şekilde, kırmızı renk ile gösterilen dış B sütunu parçaları ise, alt tarafta iç kapı paneline oturacak şekilde ve üst tarafta kapı hizasına kadar oluşturulmuştur.



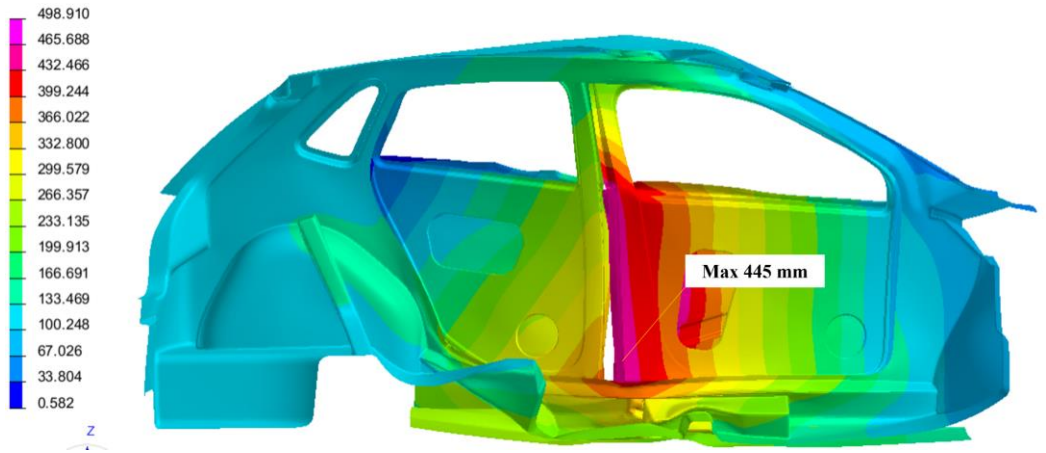
Şekil 4.9: B Sütunsuz Araç Analiz için Hazırlanan Model 1. Deneme

Taşıtın rijit direğe yandan eğimli çarpması senaryosunda, çarpışma referans yönü araç ağırlık merkez noktasından geçecek şekilde taşıt boyuna eksenine ile 75° açı yapmaktadır. Araç 32 km/h hızla ve 1,5 m/s² ivme ile 254 milimetre çaplı rijit bir direğe çarptırılmıştır. Şekil 4.10'da görülebileceği üzere, çarpışmanın etkisi ile ön kapı paneli, rocker panel ve roof rail parçalarında deformasyon meydana gelmiştir. Entegre edilen ön kapı B sütunu parçası kapı hizasından burulmuştur.



Şekil 4.10: B Sütunsuz Araç Yandan Çarpma Analiz Sonucu 1. Deneme

Şekil 4.11'de görülebileceği üzere, deformasyon ön kapı panelinin üst kısmından başlayarak alt kısma doğru artmaktadır. Deformasyonun en fazla olduğu noktada ön kapı paneli Y ekseninde yaklaşık olarak 445 mm araç içerisine doğru girmiştir.

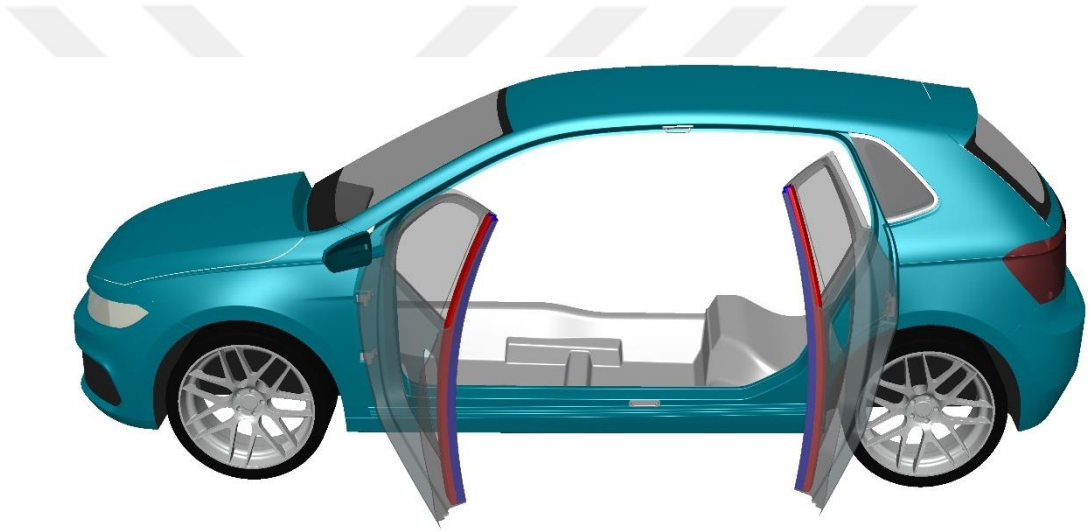


Şekil 4.11: B Sütunsuz Araçta Oluşan Yer Değiştirmeler 1. Deneme

4.3.2.2. Deneme 2

Öncelikle şasi, yan gövde iç sacı, yan gövde dış sacı, tavan, alt kalkan sacı parçaları arasında kaynakla birleştirme tanımlanmıştır. Sonrasında kapılar için, iç ve dış kapı sac parçaları, iç ve dış entegre B sütunu parçaları ile side impact beam parçaları arasında kaynaklı birleştirme tanımlanmıştır. Daha sonra ön kapı ve arka kapı; menteşeler, bağlantı elemanları, kilit mekanizmaları ve kilit karşılıkları yardımıyla gövdeye bağlanmıştır.

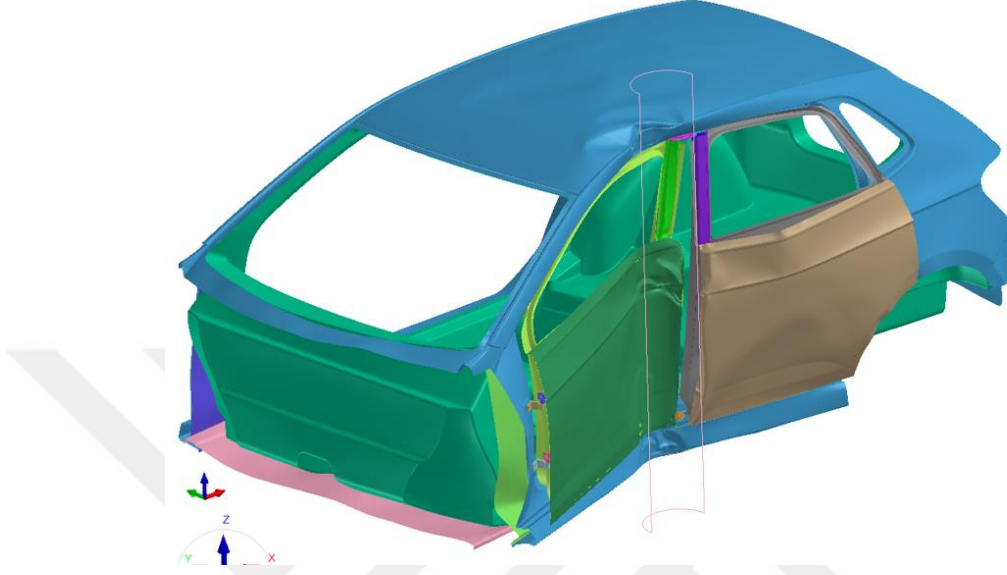
İkinci deneme için, Şekil 4.12’de mavi ve kırmızı renk ile gösterilen iç B sütunu parçaları birbirine kaynaklı olarak, alt tarafta iç kapı paneline ve üst tarafta kapı kilit mekanizmasına oturacak şekilde oluşturulmuştur.



Şekil 4.12: B Sütunsuz Araç Analiz için Hazırlanan Model 2. Deneme

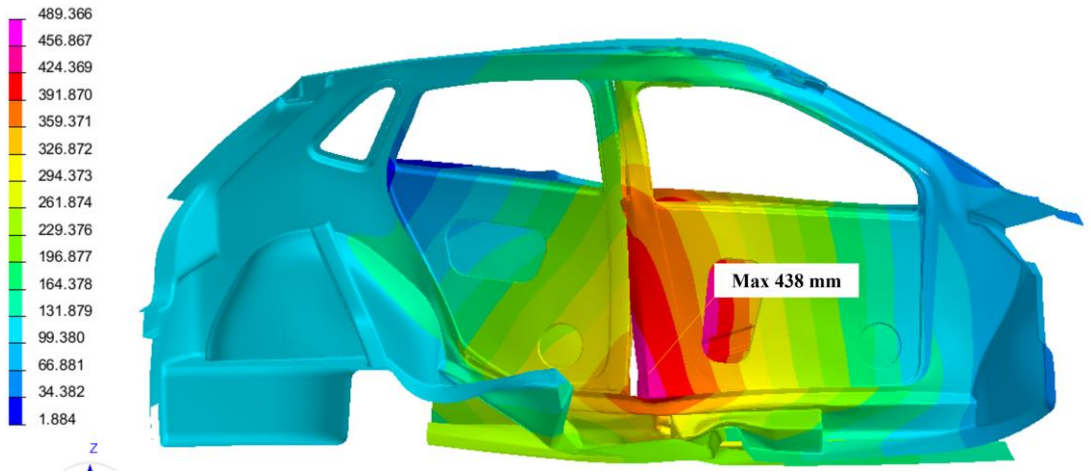
Taşıtın rijit direğe yandan eğimli çarpması senaryosunda, çarpışma referans yönü araç ağırlık merkez noktasından geçecek şekilde taşıt boyuna eksenine ile 75° açı yapmaktadır. Araç 32 km/h hızla ve 1,5 m/s² ivme ile 254 milimetre çaplı rijit bir direğe çarptırılmıştır.

Bu deneme ile Şekil 4.13’de görülebileceği üzere bir önceki analiz sonucunda entegre edilen B sütunu üzerinde burularak deforme olan bölge iyileştirilmiştir. Ancak yine de tüm darbe ön kapı paneli, rocker panel ve roof rail parçaları üzerine etki etmektedir.



Şekil 4.13: B Sütunsuz Araç Yandan Çarpma Analiz Sonucu 2. Deneme

Şekil 4.14’de görülebileceği üzere, deformasyon miktarı ve alanı iyileşmekle beraber ön kapı panelinin üst kısmından başlayarak alt kısma doğru artmaya devam etmektedir. Deformasyonun en fazla olduğu noktada ön kapı paneli Y ekseninde yaklaşık olarak 438 mm araç içerisine doğru girmiştir.

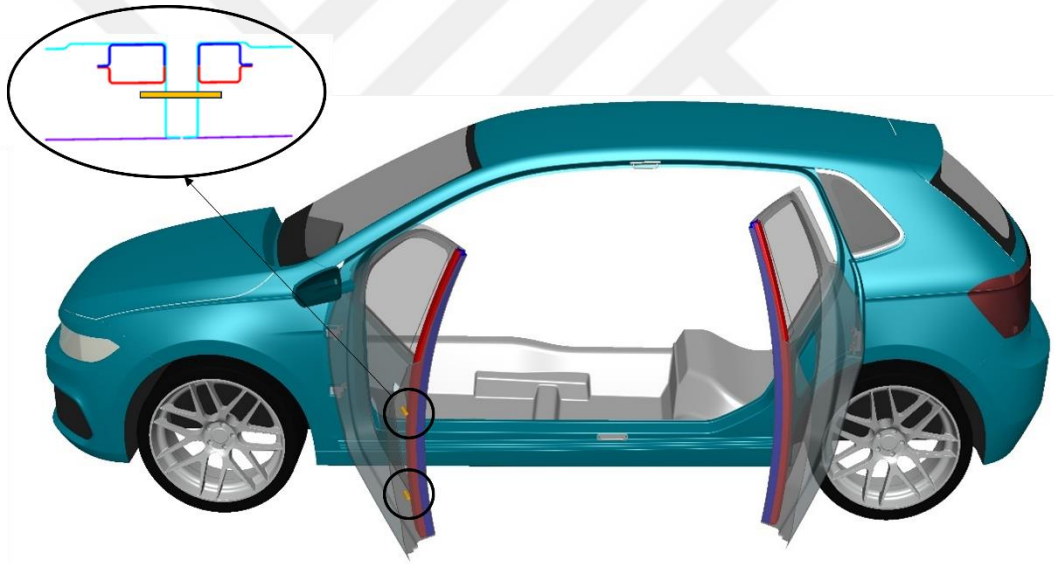


Şekil 4.14: B Sütunsuz Araçta Oluşan Yer Değişiklikler 2. Deneme

4.3.2.3. Deneme 3

Öncelikle şasi, yan gövde iç sacı, yan gövde dış sacı, tavan, alt kalkın sacı parçaları arasında kaynakla birleştirme tanımlanmıştır. Sonrasında kapılar için, iç ve dış kapı sac parçaları, iç ve dış entegre B sütunu parçaları ile side impact beam parçaları arasında kaynaklı birleştirme tanımlanmıştır. Daha sonra ön kapı ve arka kapı; menteşeler, bağlantı elemanları, kilit mekanizmaları ve kilit karşılıkları yardımıyla gövdeye bağlanmıştır.

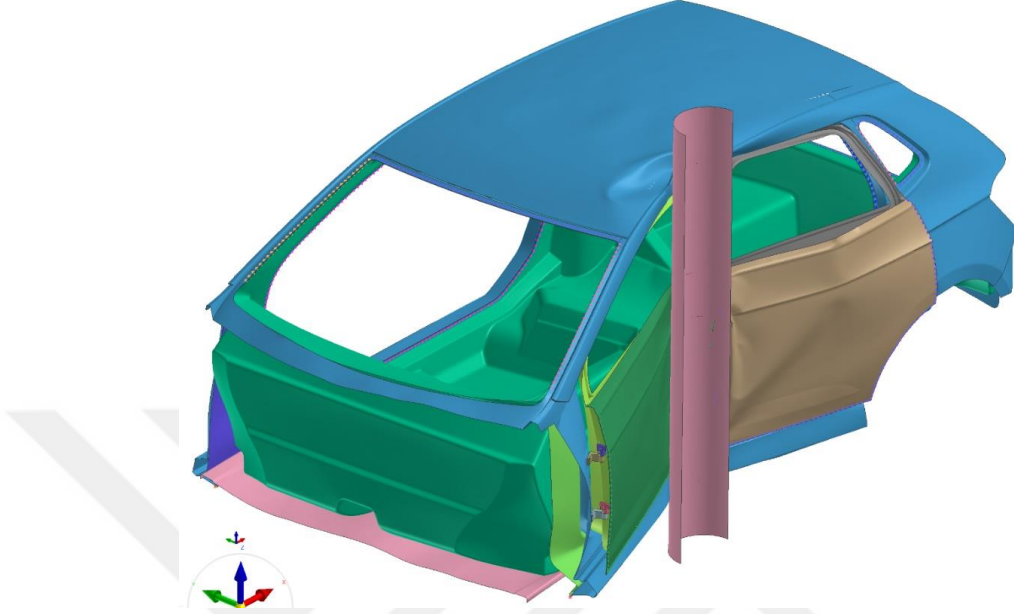
Üçüncü deneme için, Şekil 4.15’de mavi ve kırmızı renk ile gösterilen iç B sütunu parçaları birbirine kaynaklı olarak, alt tarafta iç kapı paneline ve üst tarafta kapı kilit mekanizmasına oturacak şekilde oluşturulmuştur. İlaveten ön ve arka kapı arasında araç hareket halinde iken devreye girmesi öngörülen bir kilit sistemi eklenmiştir.



Şekil 4.15: B Sütunsuz Araç Analiz için Hazırlanan Model 3. Deneme

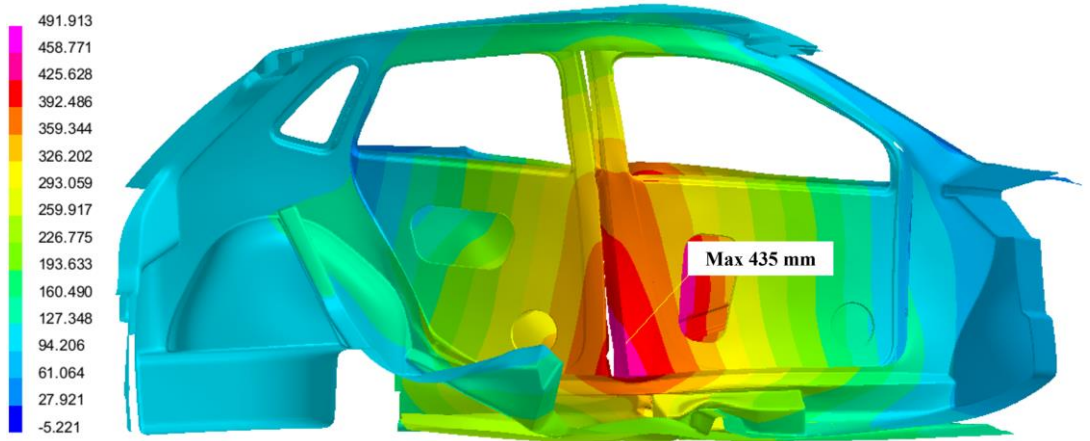
Taşıtın rijit direğe yandan eğimli çarpması senaryosunda, çarpışma referans yönü araç ağırlık merkez noktasından geçecek şekilde taşıt boyuna eksenine ile 75° açı yapmaktadır. Araç 32 km/h hızla ve 1,5 m/s² ivme ile 254 milimetre çaplı rijit bir direğe çarptırılmıştır.

Bu deneme ile Şekil 4.16’da görülebileceği üzere darbenin etkisi ile ön kapı paneli, arka kapı paneli, rocker panel ve roof rail parçaları üzerinde deformasyon meydana gelmiştir.



Şekil 4.16: B Sütunsuz Araç Yandan Çarpma Analiz Sonucu 3. Deneme

Şekil 4.17’de görülebileceği üzere, deformasyon miktarı ve alanı iyileştirilmiştir. Deformasyonun en fazla olduğu noktada ön kapı paneli Y ekseninde yaklaşık olarak 435 mm araç içerisine doğru girmiştir.



Şekil 4.17: B Sütunsuz Araçta Oluşan Yer Değişiklikler 3. Deneme

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz araç tasarımlarıyla kıyaslandığında daha yenilikçi bir tasarım ortaya çıkarmak hedefi doğrultusunda aynı segmentteki rakip araçlar incelenmiş ve araç hedefleri belirlenmiştir. İlaveten yasal gereklilikler ve yolcu paketleme çalışmaları yapılarak ihtiyaç olan tüm zarflar tasarım çalışmalarına referans olabilmesi için CAD ortamında oluşturulmuştur. Tüm bu girdiler doğrultusunda günümüz tasarım trendleri de göz önünde bulundurularak dinamik, keskin hatlara sahip ve özgün bir B segmenti araç konsepti geliştirilmiş ve 3D yüzey modeli ortaya çıkarılmıştır.

Hem gövde üzerinde inovasyon ortaya çıkarmak hem de ikinci sıra koltukta seyahat eden yolcuların iniş biniş ergonomisini iyileştirmek amacı ile gövde ve kapı panellerinde modifikasyonlar yapılarak B sütunu parçası yan kapılara entegre edilmiştir. B sütunu parçasının yan kapılara entegre edilmesi sayesinde, arka kapı açıklığı 700 mm mesafeden 1000 mm mesafeye çıkarılarak ikinci sıra koltukta seyahat eden yolcuların iniş biniş ergonomisi iyileştirilmiştir. Ayrıca ek bir avantaj olarak genişletilen arka kapı açıklığı sayesinde araç içerisindeki mevcut yükleme alanını daha verimli şekilde kullanma olanağı ortaya çıkmıştır.

B sütunu entegrasyonu sonrasında, gövde ve kapı panellerinde yapılan modifikasyonlar neticesinde çalışmaya dahil edilen panellerin toplam ağırlığı 231 kg'dan 229 kg'a indirilerek %1 civarında ağırlık azaltma yapılmıştır.

Tüm bu çalışmaların sonucunda ise; B sütunlu ve B sütunu yan kapılara entegre edilen iki araç ortaya çıkarılmış ve rijit direğe yandan eğimli çarpma analizleri yapılarak sonuçlar kıyaslanmıştır. B sütunu olan araçta, araç içerisinden bakıldığında iç panellerde 434 mm kadar yer değiştirme meydana gelmiştir. Tüm denemeler sonucunda ise B sütunu entegrasyonu yapılan araçta bu yer değiştirme miktarı iç panellerde 435 mm'ye kadar indirilerek nominal modelde elde edilen sonuçlara yaklaşılmıştır. Bu sayede yan kapılara yapılan B sütunu entegrasyonunun, yandan çarpma performansına etkisi gösterilmiştir.

Araç gövdesinde ve şasisinde yapılan tüm tasarım değişikliklerinin yandan çarpma performansına etkileri incelendiğinde ise, B sütunu yan kapılara entegre edilen binek bir aracın, kesit optimizasyonu ya da şekil optimizasyonu yapılarak B sütunu olan binek bir araçla benzer yandan çarpma performansı sergileyebileceği görülmüştür.

B sütunu entegrasyonu sonrasında ortaya çıkan gövde ve kapı yapısı için gürültü, sıvı, hava gibi sızdırmazlık isterlerinin detaylı şekilde incelenmesi faydalı olacaktır. Özellikle ön ve arka kapı arasındaki bölge için uygun bir kapı fitilinin tasarlanması ve fonksiyonunu yerine getirip getirmediği detaylı şekilde araştırılmalıdır.

B sütunu olmayan bir araçta yandan çarpma durumunda, yan kapılara etki eden darbeyi daha kolay sönümleyebilmek için rocker panel bölgesinde darbe sönümleyici bir parça tasarlanması konusunun araştırılması önerilmektedir.

İlaveten ortaya çıkan yeni yapı için; dayanım, güvenlik, ergonomi ve fonksiyonellik başta olmak üzere diğer bir çok yönden çalışmalar yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Macey, S., Wardle, G., (2008), *H-Point The Fundamentals of Car Design & Packaging*, Design Studio Press.
- [2] Chateauroux, E., Xuguang, W., (2010), Car Egress Analysis of Younger and Older Drivers for Motion Simulation, *Applied Ergonomics*, 42, 169-77, <https://doi:10.1016/j.apergo.2010.07.001>
- [3] Başkara, T., (2022), *Araç Çatısının Ezilmesi Durumunda B Sütunu Tasarım Optimizasyonu*, (Yüksek Lisans Tezi) Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- [4] Çimendağ, M., (2022), *Elektrikli ve Konvansiyonel Araçlara Ait iki Şasi Tasarımının Yandan Çarpma Deformasyonlarının İncelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi) Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- [5] Zaareer, M., Sungur, M., Alshneeqat, M.G., Qasem, M., Aneesa, M., Abdel-Hamid, M., (2022, 18 Mart), Structural Analysis of Monocoque Chassis with and without a B-Pillar, *Advances in Science and Engineering Technology International Conferences*, Dubai.
- [6] Kim, D.Y., Lee, D.Y., Cung, C.Y., Nam, S., (2022), Concept of Center Pillarless Car Body and Dual Sliding Door, SAE Technical Paper 2022-01-0757.
- [7] Genta, G., Morello, L., (2009), *The Automotive Chassis Volume 2: System Design*, Springer.
- [8] ACEA. (2024). Economic and Market Report Global and EU Auto Industry. https://www.acea.auto/files/Economic_and_Market_Report-Full_year_2023.pdf
- [9] ACEA. (2023). Economic and Market Report State of the EU Auto Industry. https://www.acea.auto/files/Economic-and-Market-Report_Full-year-2022.pdf
- [10] ODMD. (2023). Makroekonomik Değerlendirme Aralık 2023. <https://www.odmd.org.tr/folders/2837/categorial1docs/4585/Makroekonomik%20Değerlendirme%20-%20Aralık%202023.pdf>
- [11] Renault Türkiye. (2024, 4 Ekim). Clio Katalog. <https://www.renault.com.tr>
- [12] Peugeot Türkiye. (2024, 4 Ekim). 208 Katalog. <https://www.peugeot.com.tr>
- [13] Opel Türkiye. (2024, 4 Ekim). Corsa Katalog. <https://www.opel.com.tr>
- [14] Toyota Türkiye. (2024, 4 Ekim). Yaris Katalog. <https://www.toyota.com.tr>
- [15] Volkswagen Türkiye. (2024, 4 Ekim). Polo Katalog. <https://www.vw.com.tr>

- [16] Morello, L., Rossini, R, L., Pia, Giuseppe, P., Tonoli, A., (2011), *The Automotive Body Volume 1: Components Design*, Springer.
- [17] Crolla, D. A., (2009), *Automotive Engineering Powertrain, Chassis System and Vehicle Body*, Butterworth-Heinemann.
- [18] Henriksson, F., Davidsson, A., Detterfelt, J., (2020), Introducing New Materials in the Automotive Industry, *SAE Int. J. Mater. Manf.*, 14, 117-125, <https://doi.org/10.4271/05-14-01-0008>.
- [19] Bhise, D. V., (2012), *Ergonomics in The Automotive Design Process*, CRC Press.
- [20] Euro NCAP. (2021). *Full Width Frontal Impact Testing Protocol*.
<https://cdn.euroncap.com/media/67284/euro-ncap-frontal-fw-test-protocol-v121.pdf>
- [21] Euro NCAP. (2023). *MPDB Frontal Impact Testing Protocol*.
<https://www.euroncap.com/media/79875/euro-ncap-mpdb-testing-protocol-v114.pdf>
- [22] Euro NCAP. (2023). *Side Impact Mobile Deformable Barrier Testing Protocol*.
<https://www.euroncap.com/media/79877/euro-ncap-side-protocol-ae-mdb-v83.pdf>
- [23] Euro NCAP. (2023). *Oblique Pole Side Impact Testing Protocol*.
<https://www.euroncap.com/media/79876/euro-ncap-pole-protocol-oblique-impact-v72.pdf>
- [24] Euro NCAP. (2023). *Whiplash Test Protocol*.
<https://cdn.euroncap.com/media/77294/euro-ncap-whiplash-test-protocol-v42.pdf>
- [25] Euro NCAP. (2023). *Assessment Protocol - Adult Occupant Protection*.
<https://www.euroncap.com/media/79871/euro-ncap-assessment-protocol-aop-v93.pdf>
- [26] Euro NCAP. (2023). *Assessment Protocol - Child Occupant Protection*.
<https://www.euroncap.com/media/79872/euro-ncap-assessment-protocol-cop-v81.pdf>
- [27] SAE International. (2009). *SAE J1100 - Motor Vehicle Dimensions*.
- [28] SAE International. (2008). *SAE J826 - Devices for Use in Defining and Measuring Vehicle Seating Accommodation*.
- [29] SAE International. (2011). *SAE J516 - Accommodation Tool Reference Point for Class B Vehicles*.
- [30] SAE International. (2009). *SAE J517 - Driver Selected Seat Position*.
- [31] SAE International. (2010). *SAE J941 - Motor Vehicle Drivers' Eye Locations*.
- [32] SAE International. (2023). *SAE J1052 - Motor Vehicle Driver and Passenger Head Position*.
- [33] UNECE. (2017). *Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles*, Economic Commission for Europe. <https://unece.org>
- [34] ISO. (1978). *ISO 612 - Road Vehicles - Dimensions of Motor Vehicles and Towed Vehicles - Terms and Definitions*