

**BAĞIMSIZ SÜSPANSİYONLU HALK  
OTOBÜSÜNDE AĞIRLIK MERKEZİ  
DEĞİŞİMİNİN DÖNME KARAKTERİSTİĞİNE  
ETKİSİNİN ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gökhan ÖTNÜ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ocak, 2015

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BAĞIMSIZ SÜSPANSİYONLU HALK  
OTOBÜSÜNDE AĞIRLIK MERKEZİ  
DEĞİŞİMİNİN DÖNME KARAKTERİSTİĞİNE  
ETKİSİNİN ANALİZİ**

**Gökhan ÖTNÜ**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN**

**Makine Mühendisliği**

**Ocak, 2015**

## TEZ ONAY SAYFASI

Gökhan ÖTNÜ tarafından hazırlanan “**Bağımsız Süspansiyonlu Halk Otobüsünde Ağırlık Merkezi Değişiminin Dönme Karakteristiğine Etkisinin Analizi**” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 21/01/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği **Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

**Başkan** : Prof. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN İmza  
Afyon Kocatepe Ü. Teknoloji Fakültesi,

**Üye** : Doç. Dr. İbrahim MUTLU İmza  
Afyon Kocatepe Ü. Teknoloji Fakültesi,

**Üye** : Yrd.Doç. Dr. Bülent DEMİR İmza  
Ege Ü. Ege M.Y.O,

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Prof. Dr. İbrahim EROL  
Enstitü Müdürü

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

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

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

**beyan ederim.**

**21/01/2015**

**Gökhan ÖTNÜ**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BAĞIMSIZ SÜSPANSİYONLU HALK OTOBÜSÜNDE AĞIRLIK MERKEZİ DEĞİŞİMİNİN DÖNME KARAKTERİSTİĞİNE ETKİSİNİN ANALİZİ

Gökhan ÖTNÜ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

Motorlu taşıtlardaki aktif sürüş güvenliğine verilen önemin artması sonucunda son yıllarda üzerinde araştırma yapılan en önemli konulardan birisi de fren sistemleridir. Frenleme performansı doğrusal ve yanal eğilim gibi birçok parametreye bağlı olarak değişmektedir. Frenleme anında taşıtın yük/ağırlık dağılımı; temel olarak aşırı dönerlik, az dönerlik ve tarafsız karakteristiğini belirlemektedir.

Yapılan çalışmada, bağımsız süspansiyonlu otobüsün, farklı yolcu konumları, yolcu adetleri ve otobüsün üzerine konulması planlanan envanterin yer tespiti için matematiksel modeli oluşturulmuştur. Çalışmada MSC.ADAMS/Car programı kullanılarak farklı yolcu konumlanmaları ve yükleme gibi durumlarında 100 metre yarıçaplı virajdaki frenlemesi incelenmiş ve taşıtın ağırlık merkezine konumuna göre frenleme anındaki davranışı belirlenmiştir. Taşıtların virajlarda ani frenleme ile yoldan çıkmalarını önlemek için yapılacak olan dizaynlarda yolcu, koltuk konumları ve aracın üzerine ilave edilecek materyallerin konumu da göz önünde bulundurulmaktadır. Ağırlık merkezinin doğru bölgede oluşması durumunda taşıtın tarafsız dönme karakteristiğinde stabil hale geldiği belirlenmiş ve ağırlık merkezinin taşıtın ön ve orta bölümde konumlanma durumunda ani frenleme ile yoldan çıktığı görülmüştür.

**2015, ii + 53 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Virajda Frenleme, Otobüsün Dönüş Karakteristikleri, Ağır Taşıtlar.

**ABSTRACT**  
M.Sc Thesis

**ANALYSIS TEH EFFECTS OF SPIN CHARACTERISTICS DUE ON CENTER OF GRAVITY CHANGES IN INDEOENDENT SUSPENSIONED PUBLIC BUSES.**

Gökhan ÖTNÜ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

As a result of the increase in security of active drive on motor vehicles, one of the most important subject which is investigating in recently years is breaking system. Performance of breaks depends on many of parameters, such as linear and lateral gradient. Distribution of vehicle load/ weight basically determines excessive spinning, few spinning & neutral characteristic.

In this study, mathematical model is developed for positions of different of passengers, number of passengers and the location of the planned inventory which will be placed on the bus. In this scientific research, MSC. Adams/car software program is used. Different passenger positioning, and after loading, breaking action in 100 meter radius bend is analyzed. In addition, according to location to the gravity center of vehicle, some of the vehicles went off road in breaking action. In order to prevent this went of road action; design of passengers, location of seats, and materials that will be assembled on vehicle must be considered. As a result of occur the center of gravity in the right place; vehicle is identified as stable in neutral spinning characteristic. In the situation of locating gravity centers of forth of vehicle, by excessive breaking action, went off vehicles from road is observe.

**2015, ii + 53 pages**

**Key Words:** Cornering Braking, Buses Spin Characteristics, Heavy Vehicles.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN'e araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen EX-EN mühendislik, çalıştığım firma olan BMC Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ő.'ye, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Gökhan TN  
AFYONKARAHİSAR, 2015

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
RESİMLER DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
1.1 Türkiye’de Kaza Oranları .....	4
1.2.1 Türkiye’deki Kazalarda Ölüm, Yaralanma Oranları .....	4
1.2.2 Türkiye’de Oluşumlarına Göre Kaza Türleri .....	4
1.2.3 Türkiye’de Yolun Geometrik Yapısına Göre Kaza Türleri.....	5
2. LİTERATÜR.....	7
2.1 Yolcu Taşımada Kullanılan Araç Sınıfları .....	7
2.2 Otobüsün Tarihi Gelişimi .....	7
2.3 Türkiye’de Otobüsün Tarihi .....	8
2.4 Virajda Taşıtlar ile İlgili Yapılan Başlıca Araştırmalar .....	8
3. MATERYAL ve METOT .....	11
3.1 Bağımsız Süspansiyonlu Otobüsün Ön Dingil Özellikleri .....	12
3.2 Rijit Arka Dingil Özellikleri .....	13
3.3 Çalışmada Kullanılan DZ Otobüs Klima Özellikleri .....	13
3.4 Havalı Tip Fren Sistemleri.....	14
3.4.1 Hava Kumandalı Disk Fren Sistemleri.....	14
3.4.2 Hava Kumandalı El Fren Sistemleri.....	14
3.4.3 Intarder.....	15
3.5 DZ Otobüsün Teknik Özellikleri .....	16
3.6 HYB Otobüsün Teknik Özellikleri .....	18
3.7 CNG’li Otobüsün Teknik Özellikleri.....	21
3.8 Deney Yapılan Yol Özellikleri .....	22
3.9 Aşırı Döner (Oversteer) Karakteristik .....	23
3.10 Az Döner (Understeer) Karakteristik.....	23



3.11 Tarafsız (Nötr) Karakteristik .....	24
3.12 Inventor Programı .....	25
3.13 Catia Programı .....	25
3.14 MSC.Adams/Car Dinamik Analiz Programı .....	26
4. BULGULAR .....	28
4.1 Frenleme ile Hız Zaman Değişiminin Simülasyonu .....	28
4.2 DZ-HYB-CNG’li Otobüs Boş Yüklü Frenleme Simülasyonları .....	29
4.3 DZ Otobüsün Virajdaki Frenleme Simülasyonu .....	30
4.4 HYB Otobüsün Virajdaki Frenleme Simülasyonu .....	32
4.5 CNG’li Otobüsün Virajdaki Frenleme Simülasyonu .....	35
4.6 DZ-HYB-CNG’li Otobüsün Arkada Ağırlık Merkezi Simülasyonu .....	38
4.7 Yapılan Çalışmanın Farklı Yarıçaplarda Sağlaması .....	39
5. TARTIŞMA ve SONUÇ .....	42
6. KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	49
EKLER .....	50
Ek-1 : Otobüsün Önerilen Koltuk Yerleşim Planı .....	51
Ek-2 : Hibrit Otobüsün Yerleşim Planı .....	52
Ek-3 : CNG ile Çalışan Otobüsün Yerleşim Planı .....	53

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

H	Saat
M	Metre
Mm	Milimetre
G	Ağırlık merkezi
Kg	Kilogram
Km	Kilometre
S	Saniye

### Kısaltmalar

---

ABS	Anti-Lock Braking System (Kilitlenmeyi Önleyici Sistem)
AİTM	Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı.
CNG	Compressed Naturel Gas (Sıkıştırılmış Doğalgaz)
DZ	Dizel Motorlu
ECE R13	Economic Commission for Europe Regulation (Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu Yönetmeliği)
HYB	Hibrit Motorlu Otobüs
ISO	International Standarts Organization (Uluslararası Standartlar Organizasyonu)
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
LPG	Liquified Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VDC	Viraj Denge Çubuğu

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Bağımsız süspansiyonlu ön dingil şematik görünüşü .....	12
Şekil 3.2 Rijit süspansiyonlu arka dingil şematik görünüşü .....	13
Şekil 3.3 Bağımsız süspansiyonlu alçak tabanlı halk otobüsü. ....	17
Şekil 3.4 HYB otobüste bataryaların ve klimanın konumlanması .....	18
Şekil 3.5 HYB otobüste bataryalarının seri bağlantısı şematik gösterimi.....	19
Şekil 3.6 CNG ile çalışan otobüsün tanklarının konumlandırılması .....	21
Şekil 3.7 CNG ile çalışan otobüs doğalgaz tankları .....	22
Şekil 3.8 MSC.Adams/car ortamında çalışma yapılan pist. ....	22
Şekil 3.9 Aşırı döner (oversteer) karakteristiğinin pist üzerinde gösterimi .....	23
Şekil 3.10 Az döner (understeer) karakteristiğinin pist üzerinde gösterimi.....	24
Şekil 3.11 Tarafsız (nötr) karakteristiğinin pist üzerinde gösterimi.....	24
Şekil 3.12 Inventor programında otobüs modeli .....	25
Şekil 3.13 Catia programında otobüs karkas ve tavan modeli. ....	26
Şekil 3.14 MSC.Adams/car programında otobüs modeli.....	26
Şekil 4.1 Frenleme anında hız ve zaman değişimlerinin grafikte gösterimi .....	28
Şekil 4.2 Frenleme anında zaman ve ağırlıkmerkezi değişimlerinin grafikte gösterimi.	28
Şekil 4.3 DZ-HYB-CNG'li boş yüklü otobüslerin simülasyonu sonucu .....	29
Şekil 4.4 DZ otobüste önde-ortada-arkada ağırlık, simülasyon sonucu (100 metreye göre) .....	30
Şekil 4.5 DZ otobüs, yolcuların önde kümelenme durumu ağırlık merkezi .....	32
Şekil 4.6 DZ otobüs, yolcuların ortada kümelenme durumu ağırlık merkezi .....	32

<b>Şekil 4.7</b> DZ otobüs, yolcuların arkada kümelenme durumu ağırlık merkezi .....	31
<b>Şekil 4.8</b> HYB otobüste önde-ortada-arkada ağırlık, simülasyon sonucu (100 metreye göre) .....	33
<b>Şekil 4.9</b> HYB otobüs, yolcuların önde kümelenme durumu ağırlık merkezi .....	34
<b>Şekil 4.10</b> HYB otobüs, yolcuların ortada kümelenme durumu ağırlık merkezi.....	34
<b>Şekil 4.11</b> HYB otobüs, yolcuların arkada kümelenme durumu ağırlık merkezi .....	35
<b>Şekil 4.12</b> CNG’li otobüste önde-ortada-arkada ağırlık, simülasyon sonucu (100 metreye göre) .....	36
<b>Şekil 4.13</b> CNG’li otobüs, yolcuların önde kümelenme durumu ağırlık merkezi.....	37
<b>Şekil 4.14</b> CNG’li otobüs, yolcuların ortada kümelenme durumu ağırlık merkezi .....	37
<b>Şekil 4.15</b> CNG’li otobüs, yolcuların arkada kümelenme durumu ağırlık merkezi.....	38
<b>Şekil 4.16</b> DZ-HYB-CNG’li otobüste arkada ağırlık, simülasyon sonucu (100 metreye göre) .....	39
<b>Şekil 4.17</b> Farklı yarıçaplarda elde edilen simülasyon sonuçları .....	40

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Çizelge 1.1</b> Türkiye’de trafik kazalarındaki ölüm ve yaralanma oranları .....	4
<b>Çizelge 1.2</b> Türkiye’de ölümlü ve yaralanmalı kaza türlerinin oluş şekilleri. ....	5
<b>Çizelge 1.3</b> Türkiye’de 2012 yılı yolun geometrik yapısına göre kaza oranları... ..	5
<b>Çizelge 1.4</b> Türkiye’de 2013 yılı yolun geometrik yapısına göre kaza oranları. ....	6
<b>Çizelge 3.1</b> DZ-HYB-CNG’li otobüsün ağırlıkları, ölçüleri ve yan görünüşleri.....	12

## RESİMLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Resim 2.1</b> Yolcu taşıma amaçlı araçlar.....	7
<b>Resim 3.1</b> DZ otobüs klima kompresörü .....	13
<b>Resim 3.2</b> Hava kumandalı disk fren .....	14
<b>Resim 3.3</b> Interdar'ın şematik görünüşü.....	15
<b>Resim 3.4</b> HYB ve elektrikli otobüslerde kullanılan klima .....	20
<b>Resim 3.5</b> HYB ve elektrikli otobüslerde kullanılan inventör .....	20

## 1. GİRİŞ

Taşıtlarda fren sisteminin en önemli görevlerinden biri de seyir halindeki taşıtı güvenli bir şekilde yavaşlatarak durdurma. Ani frenleme durumlarında taşıtın yolun sınırları dışına çıkması, istemsiz şekilde şerit değiştirmesi vb. durumlar kaza sebebi olmaktadır. Hareket halindeki bir taşıt, hızı nedeniyle kinetik enerjiye ve yer değişikliği nedeniyle de potansiyel enerjiye sahiptir. İlk fren anından taşıt stabil duruma gelene kadar taşıt üzerinde yüklü kinetik enerji, sürtünme halindeki parçalar ve tekerleklerde ısı enerjisine dönüşmektedir. Frenleme süresinde taşıtın doğrusal kararlılığını korumasını etkileyen yol durumu, hava durumu, pedal kuvveti, fren elemanlarındaki aşınma gibi birçok faktör bulunmaktadır.

Performanslı ve güvenli frenleme için tekerlek-yol etkileşiminin farklı hava şartlarında, seyir halindeki taşıtın her türlü yol, eğim, viraj durumu, taşıt üzerinde maksimum ve minimum yüklemelerde, kısacası frenlemenin her türlü koşulda en yüksek performansı göstermesi gerekir.

Emniyetli ve etkili frenleme şartları için tekerlek-yol etkileşiminin (ıslak, karlı, buzlu vb.) yanı sıra fren sisteminin mekanik ve hidrolik aksamının durumu, balatalar, taşıtın düz yolda veya virajda iken frenlemenin yapılması, taşıtın yük durumu ve sürücü gibi faktörler de oldukça önemlidir (Altıparmak 2001).

Frenleme fonksiyonlarının yerine getirilmesi ve yaptıkları işlem bakımından üç çeşit fren sistemi vardır. Bunlar (Altıparmak 2001);

a. Taşıtın yavaşlatılması veya durdurulmasını sağlayan, asıl frenleme fonksiyonunu yerine getiren, “servis freni”,

b. Fren sistemindeki bir arıza durumunda devreye giren “ikinci veya acil durum” fren sistemi,

c. Duran bir aracı yerine tespit için kullanılan “park freni” dir (Altıparmak 2001).

Fren sistemlerinin görevlerini yerine getirip getirmediğini anlamak için çeşitli fren

performans deneyleri yapılmaktadır. Bu deneyler gerek günümüz şartları içerisinde firmaların birbirleri ile rekabetleri, gerekse modern taşıtların hız ve güçlerinin artması ile buna paralel olarak ilerleyen trafik kazalarının oranını azaltmak için zorunluluk haline gelmiştir. Ülkeler kendi sınırları içerisinde üretim yapan araç firmalarına, araçlarını kullanıma sunabilmeleri için fren performans vb. deneylerini yapmalarını şart koşmuştur.

Otomotiv firmaları piyasaya sürdükleri taşıtın frenleme performansını uluslararası standartlara uygun olarak tespit etmektedir. Yol ve araç deneyleri yapılarak fren performansı tespit edilen araçlar kullanıma çıkmaktadır. Yapılan bu deneylerde elde edilen performansın kalıcı olması mümkün değildir. Belirli km yol yapan taşıtın fren elemanlarında oluşacak aşınma frenleme performansını olumsuz etkilemektedir. Gerek taşıtın periyodik bakımlarında gerek ise Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'nın zorunlu olarak yaptırdığı muayenelerde fren kontrolleri detaylı yapılmaktadır.

Firmalar ürettikleri taşıtların fren performanslarını taşıtın uluslararası standartlarına göre uygunluğunu tespit etmek için, yol ve cihaz deneylerini yaparak fren performansını tespit edip daha sonra taşıtları kullanıma sunmaktadır. İmal edilen taşıtların üretim esnasındaki fren performansını uzun süre koruyabilmesi, lastiklerin ve balataların aşınması gibi nedenlerden dolayı mümkün değildir. Kullanım sonucunda belirli bir zaman sonra aracın frenleme performansı değişebilmektedir. Hem fren sisteminde yapılan bakım-onarım işlemlerinden sonra hem de araçların periyodik olarak yapılan fenni muayeneleri esnasında performanslarının tekrar kontrol edilmesi gerekmektedir.

Fren sisteminin performansını değerlendirmek için çeşitli simülasyonlar yapılmaktadır. Bu simülasyonların maliyeti, model araç üzerinde yapılacak olan deneylerin maliyetlerinden düşük olup çok daha basit uygulanması nedeniyle kullanımı yaygındır. Ülkeler, yollarında kullanılan taşıtların kendi düzenlemelerine uymalarını istemektedir. Özellikle denenmesi zor olan regülasyon maddelerinde (devrilme savrulma vb.) bu simülasyon deneylerinin sonuçlarını sıklıkla kabul etmektedir.

Yol deneylerinin, cihaz deneylerinin analiz programları ile taşıtın tasarım aşamasında



yapılması hem süre için hem de maliyet açısından çok fazla kar sağlamaktadır. Sürekli artan rekabet şartlarında taşıtın modelinin yapılması ve deneye tabi tutulması hem zaman hem de rekabet ortamında rakip firmaların gerisinde bırakabilmektedir. Yapılacak olan değişiklikler analiz programları ile çok daha kolay yapılabilmekte ve sonuçları çok daha kısa sürede alınabilmektedir. Analiz programlarında taşıtın performansını ölçecek kadar geniş alana ihtiyaç yoktur. Analiz programları taşıt üzerinde yapılan deneylerin ve cihaz deneylerinin doğruluğunu göstermek ve elde edilen bulguları diğer tasarımlarımızda referans alarak deney cihazları ile tamamlayıcı özellik taşımaktadır. Cihazlar üzerinde yapılan deneylerde farklı hava, yol ve aerodinamik koşulları bu deney cihazları üzerinde uygulamak güç olmaktadır. Bu tarz deneylerin yapılması analiz programları ile çok basite indirilmiştir. Bu simülasyon programlarının doğruluk oranları, yapılan matematiksel modelin doğruluğuna bağlıdır.

Simülasyon deneyleri, firmaların üretim aşamasında, taşıta etki eden faktörlerin bir kısmını (sürücü, yol yüzeyi, hava şartları vb.) oluşturularak yapılmasından dolayı yol deneylerine göre daha güvenilir deneylerdir. Fakat seri üretim aşamasında bütün taşıtlarda yol deneylerini yapma imkânı çok zor olduğundan örnekleme taşıt üzerinde fren performans deneyleri yapılarak diğer araçların fren performansı cihaz deneyleri ile tespit edilmektedir. Bu deneyler birbirleri için referans teşkil etmelerinden dolayı birbirlerini tamamlayıcı özellik taşımaktadır. Günümüz taşıtlarında yaygın olarak kullanılan ABS fren sistemlerinin performans deneyleri günümüzde cihaz deneyleri ile yapılamamaktadır. Bu sebeple gelişmiş fren sistemlerinin kullanıldığı taşıtların fren performans deneyleri yol deneyleri ile sağlanmaktadır. Yol deneylerinde elde edilen değişik parametrelerin ve analizlerin cihaz deneylerinde kullanılamaması yol deneylerine farklılık getirmektedir.

Örneğin değişik zemin şartlarının, hava koşullarının, aerodinamik etkilerinin oluşturulması cihaz deneylerinde güç olmaktadır. Model araç üretilen deneyleri araçla birlikte yapmak, gerek zaman açısından, gerek ise maliyet açısından oldukça dezavantajlıdır. Programlar ile bu süreç kısaltılmış ve maliyeti azalmıştır.

Otobüslerde mesai başlama-bitiş saatlerinde ve gündüz-gece farklı saatlerde doluluk

oranları değişmektedir. Doluluk oranı da otobüsün ağırlık merkezini değiştirmektedir. Değişiklik otobüsün frenleme performansını etkilemektedir. Yapılan çalışmada, bağımsız süspansiyonlu alçak tabanlı halk otobüsünün 100 m yarı çaplı bir virajda farklı yolcu kümelenme ve yüklenme konumlarındaki frenleme esnasında yoldan çıkma durumlarını MSC.Adams/Car analiz programı ile analiz edilmiştir.

## 1.1 Türkiye’de Kaza Oranları

Türkiye’de meydana gelen kazalar yolun geometrik yapısı taşıtın hızı, yerleşim yeri gibi birçok farklı yapıda oluşmakta olup yıllara göre değişik karakteristik yapı göstermektedir.

### 1.2.1 Türkiye’deki Kazalarda Ölüm, Yaralanma Oranları

Yapılan araştırmalarda, özellikle Türkiye’de son yıllarda kaza sonucunda ölüm ve yaralanma oranları incelendiğinde Çizelge 1.1’den anlaşılacağı gibi alınan tedbirler ve artırılan güvenlik sistemleri doğrultusunda kaza oranları artarken ölüm oranlarında azalma görülmüştür (Çizelge 1.1).

**Çizelge 1.1** Türkiye’de trafik kazalarında ölüm ve yaralanma oranları (TÜİK 2013).

YILLAR	ÖLÜMLÜ VE YARALANMALI KAZA SAYISI			ÖLÜ SAYISI			YARALI SAYISI		
	Yerleşim yeri	Yerleşim yeri dışı	Top.	Yerleşim yeri	Yerleşim yeri dışı	Top.	Yerleşim yeri	Yerleşim yeri dışı	Top.
2008	71 567	32 645	104 212	1 433	2 803	4 236	111 064	73 404	184 468
2009	76 429	34 692	111 121	1 549	2 775	4 324	122 036	79 344	20 1380
2010	80 517	36 287	116 804	1 365	2 680	4 045	129 051	82 445	211 496
2011	92 443	39 402	131 845	1 346	2 489	3 835	148 785	89 288	238 074
2012	111 564	41 988	153 552	1 337	2 413	3 750	174 418	93 661	268 079
2013	120 092	41 214	161 306	1 372	2 313	3 685	183 308	91 521	274 829

### 1.2.2 Türkiye’de Oluşumlarına Göre Kaza Türleri

Yapılan araştırmada Türkiye’de ölümlü ve yaralanmalı kazaların oluşumlarına göre kaza türlerinin oranları verilmiştir. Çizelge 1.2’den elde edilen sonuçlara göre şehir dışı yollarda oluşan kazaların büyük bir bölümü ve şehir içi kazaların bir bölümü yoldan

çıkma, devrilme gibi hatalardan oluşmaktadır (Çizelge 1.2).

**Çizelge 1.2** Türkiye’de ölümlü ve yaralanmalı kaza türlerinin oluş şekilleri (TÜİK 2013).

KAZA OLUŞ TÜRÜ	Yerleşim Yeri		Yerleşim Yeri Dışı		Toplam	
	Kaza sayısı	%	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%
Yandan çarpma, çarpışma	40 352	33.60	5 101	12.38	45 453	28.18
Yayaya çarpma	28 397	23.65	1 337	3.24	29 734	18.43
Yoldan çıkma	8 256	6.87	15 380	37.32	23 636	14.65
Devrilme, savrulma, takla	9 829	8.18	8 482	20.58	13 311	11.35
Arkadan çarpma	11 069	9.22	3 907	9.48	14 976	9.28
Engel/çizim ile çarpışma	7 788	6.49	2 792	6.77	10 580	6.56
Karşılıklı çarpışma	7 707	6.42	2 589	6.28	10 296	6.38
Duran araca çarpma	3 013	2.51	416	1.01	3 429	2.13
Yan yana çarpışma	1 909	1.59	405	0.98	2 314	1.43
Araçtan düşen insan	877	0.73	176	0.43	1 053	0.65
Hayvana çarpma	429	0.36	438	1.06	867	0.54
Çoklu çarpışma	223	0.19	74	0.18	297	0.18
Zincirleme çarpışma	197	0.16	82	0.20	279	0.17
Araçtan düşen cisim	46	0.04	35	0.08	81	0.05
<b>TOPLAM</b>	<b>120 092</b>	<b>100</b>	<b>41 214</b>	<b>100</b>	<b>161 306</b>	<b>100</b>

### 1.2.3 Türkiye’de Yolun Geometrik Yapısına Göre Kaza Oranları

2012 yılında Türkiye’de yolun geometrik yapısına göre kaza olan bölümlerin oranları Emniyet Müdürlüğü, Jandarma Genel Komutanlığı trafik kaza verilerinden alınmıştır (Çizelge 1.3).

**Çizelge 1.3** Türkiye’de 2012 yılı yolun geometrik yapısına göre kaza oranları (TÜİK 2012).

YATAY GÜZERGAH	YERLEŞİM YERİ		YERLEŞİM YERİ DIŞI		TOPLAM	
	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%
Düz yol	96 189	86.22	26 571	63.28	122 760	79.95
Hafif viraj	12 326	11.05	9 872	23.51	22 198	14.46
Tehlikeli viraj	3 047	2.73	5544	13.21	8 591	5.59
<b>Toplam</b>	<b>111 562</b>	<b>100</b>	<b>41 987</b>	<b>100</b>	<b>153 549</b>	<b>100</b>

2013 yılında Türkiye’de yolun geometrik yapısına göre kaza olan bölümlerin oranları Emniyet Müdürlüğü, Jandarma Genel Komutanlığı trafik kaza verilerinden alınmıştır (Çizelge 1.4).

**Çizelge 1.4** Türkiye’de 2013 yılı yolun geometrik yapısına göre kaza oranları (TÜİK 2013).

YATAY GÜZERGAH	YERLEŞİM YERİ		YERLEŞİM YERİ DIŞI		TOPLAM	
	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%
Düz yol	106 662	88.82	27 271	66.17	133 933	83.03
Viraj	11 643	9.70	9 342	22.67	20 985	13.01
Tehlikeli viraj	1 787	1.49	4 801	11.18	6 388	3.96
<b>Toplam</b>	120 092	100	41 414	100	161 306	100

Çizelge 1.3 ve Çizelge 1.4’de görüldüğü gibi yerleşim yeri dışındaki kazaların büyük bir bölümü (%34) ve yerleşim yeri içindeki kazaların bir bölümü (% 12) virajlarda meydana gelmektedir. Bu kazaların büyük bir bölümünde viraj dönme esnasında taşıtın yük dağılımındaki dengesizlikler oluşturmaktadır. Bu dengesiz yük dağılımının ani frenleme ile taşıtın doğrusal kararlılığı bozulmakta ve bunun sonucunda yoldan çıkmalar veya şerit değişiklikleri meydana gelmektedir. Frenleme ile ilgili yapılan araştırmalar ve çalışmaların büyük bölümü düz yolda yapılmaktadır.

Şehir içi otobüslerde, şehirlerarası otobüslere göre çok fazla yolcu taşınmakta ve yolcuların ayakta seyahat etmelerine göz yumulmaktadır (2007/46/AT ve 2001/85 AT). Yönetmelikler ve 2918 sayılı T.C. Karayolları Trafik Kanunu hükümlerine uygun olarak ayakta yolculuk sırasında çok daha az alana, daha fazla yolcu sığabildiği için taşıtın ağırlık merkezinin konumlanmasında bu alanlar belirleyici olmaktadır. Şehir içi taşımacılıkta 4 metrelik minibüsten 25 metrelik metrobüse kadar çeşitli uzunlukta otobüsler kullanılmaktadır.

Aktif sürüş güvenliğinin öneminin arttığı son yıllarda virajlarda meydana gelen kaza oranları oldukça yüksek olup bu konuda yapılan araştırma sayısı oldukça azdır. Sonuçlardan elde edilen veriler, halk otobüsü üreten firmalar tarafından dikkate alınması durumunda virajda ani frenleme ile meydana gelen kazaların oranında azalma sağlanabilecektir. Taşıtın ani frenleme esnasında aşırı veya az döner karakteristik göstermesi yani taşıtın kendine ait şeridin dışına çıkması virajlarda meydana gelen kazaların sebepleri arasındadır. Yapılan çalışmada dönemeçte hareket halinde olan bir otobüsün ani frenleme esnasındaki davranışı incelenmiştir.

## 2. LİTERATÜR

### 2.1 Yolcu Taşımada Kullanılan Araç Sınıfları

- M Sınıfı: En az dört tekerlekli, motorlu yolcu taşıma amaçlı araçlardır.
- M1 Sınıfı: Sürücü dışında en fazla sekiz kişilik oturma yeri olan, yolcu taşımaya yönelik motorlu araçlardır.
- M2 Sınıfı: Sürücü dışında sekizden fazla oturma yeri olan, yolcu taşımaya yönelik ve azami kütlesi 5 ton'u aşmayan, motorlu araçlardır.
- M3 Sınıfı: Sürücü dışında sekizden fazla oturma yeri olan, yolcu taşımaya yönelik ve azami kütlesi 5 ton'u aşan, motorlu araçlardır.



**Resim 2.1** Yolcu taşıma amaçlı araçlar.

2918 sayılı T.C. Karayolları Trafik Kanunu Hükmüne ve Tadil İmal Montaj Yönetmeliği'ne göre M3 kategorisi 1. sınıf otobüsler; süper alçak tabanlı, tek katlı şeklinde engelli rampalı olmak zorundadır.

### 2.2 Otobüsün Tarihi Gelişimi

İlk otobüsler 1662 yılında Paris'te ortaya çıkmıştır. Atla çekilen bu araçlara sıradan insanların binmesi yasaklanmış bu hak sadece zenginlere verilmişti. Bu araçların yaygınlaşması 1820'li yıllarda yine Paris'te olmuştur. Latince herkes için anlamına gelen omnibüs adıyla işletmeye konulan atlı otobüslerin bir müddet sonra ismindeki omni kısmı çıkartılarak isim kısaltılmıştır (www.wikipedia.org).

1829 yılında atlı otobüsler Londra'da işlemeye başlamıştır. Atla çekilen bu taşıtların 22 kişilik yeri vardı. Ancak at pislikleriyle şehri kirleten atlı otobüsler tramvayların ve benzin motorlarının geliştirilmesiyle önemini yitirmiştir (www.wikipedia.org).

1895 yılında Almanya'da sekiz yolcu taşıyabilen benzin motorlu otobüsler ortaya çıkmıştır. 1904 yılında Londra'da benzinle çalışan ilk çift katlı otobüs kullanılmış ve 8 yıl içinde tümüyle atlı otobüslerin yerini almıştır, Londra çevresinde bir süre buharlı otobüsler işletildiyse de 1918 yılına kadar benzin motorlu otobüslere yerlerini bırakarak tamamen yok olmuştur. 1920'lerde havalı lastiklerin geliştirilmesi ve dizel motorlarının benzin motorlarının yerini alması otobüs fiyatlarını ve işletme giderlerini büyük ölçüde düşürdü. Böylece otobüsler hızla tramvayların yerini almaya başlamıştır. Otobüsler en önemli kent içi toplu taşıma aracı olma özelliklerini sürdürürken, kullanım alanları kırsal kesimlere doğru da taşımaya başlamıştır. Çoğu ülkede kırsal kesimleri kapsayan geniş bir otobüs ağı kurulmuş ve 1950'lerde düzenli otobüs işlemeyen hemen hemen hiçbir köy kalmamıştır. Günümüzde ise artan teknoloji sayesinde son derece konforlu ulaşım araçları olmuştur (www.wikipedia.org).

### **2.3 Türkiye'de Otobüsün Tarihi**

Türkiye'de ilk otobüsle şehir içi yolcu taşımacılığı 1927 yılında İstanbul'da başlamıştır. 1928 yılında Boğaziçi Otobüsleri Şirketi kurulmuş ve Taksim-Sarıyer-Yenimahalle arasında çalışmaya başlamıştır. İstanbul belediyesi 1931 yılında dört adet Renault-Scémia marka otobüs getirmiştir. 1939 yılında İETT kurulmuştur. 1943 yılında İsveç Vabis, Alman Mercedes-Benz, Büsingler, İngiliz Leyland marka otobüsler getirilmiştir. 1961 yılında trolleybüsler hizmete girmiştir. 1970'lerin sonuna doğru Macaristan yapımı Ikarus marka otobüsler yollarımıza çıkmıştır. Yerli yapımı otobüsler ise Ankara'da 1978 yılında İstanbul'da 1979 yılında kullanılmaya başlanmıştır (www.wikipedia.org).

### **2.4 Dönemeçte Taşıtlar ile İlgili Yapılan Başlıca Araştırmalar**

Taşıtların güvenlik sistemleri, teknoloji ve konforun arttığı günümüzde daha fazla ön plana çıkmaya başlamıştır. Artan trafik kazaları, can ve mal kayıpları güvenlik sistemlerini ön

plana çıkarmıştır. Taşıt dinamiği kontrolcöleri (ESP, VDC, vs) bir taşıttaki en önemli güvenlik sistemlerinden birkaçıdır ve yakın gelecekte yeni üretilecek tüm taşıtlarda standart haline getirileceği kestirilmektedir. Fakat taşıt dinamik kontrolcöleri taşıt üretim maliyetlerini önemli bir miktar arttırması kaçınılmazdır.

Demir ve Çavdar (2005) Çalışmasında taşıtın yük/ağırlık eğilimi, temel aşırı dönerlik/az dönerlik (oversteer/understeer) karakteristiklerini belirler. Taşıtın ön tarafı arka tarafından daha ağır olduğunda taşıtlar az dönerlik eğilimine arka tarafı ön tarafından daha ağır olduğunda aşırı dönerliğe doğru eğilimlidirler. Taşıtın ağırlığı ön ve arka akslara eşit dağıtılabılırsa taşıt tarafsız (neutral steer) yönlendirmelidir. Taşıtın ağırlık dağılımı, süspansiyon dizaynı ve taşıt dizaynı açısından seçilen lastik ve tekerlek boyutları, bu sürüş karakteristiklerini belirleyen en önemli parametreleri oluşturur.

Tekin (2008) Çalışmasında, iki akslı yol araçları için aktif dönüş denetleyici tasarımı ve detaylı benzetim sonuçları sunulmuştur. Tasarlanan denetleyici sisteminde, temel olarak sürücünün istediği davranışının kestirimini yapmak ve bu davranışı hassas biçimde takip etmek amaçlanmıştır. Tasarımda sürekli ilerleyen/değişen bir yaklaşım izlenmiştir. Öncelikle, dönüş denetimi için gereken yapı herhangi bir araç davranış parametresi düşünülmeden ortaya çıkartılmış, sonrasında tasarlanan denetim mekanizması araç yüzme açısı gibi diğer parametreler de göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir. İki serbestlik dereceli araç modeli (bisiklet modeli) sürücünün istediği araç davranışını kestirmek üzere kullanılmıştır. Denetleyici tasarımında daha çok doğrusal olmayan tasarım problemlerinde kullanılan bulanık mantık denetim metodu kullanılmıştır. Daha sonra, tasarlanan denetleyici, araç yüzme açısını da sınırlayacak biçimde geliştirilmiştir.

Bayar'ın (2006) Çalışmasında, iki akslı, dört tekerlekten yönlendirilen araçlar için kullanılan stratejiler genişletilerek, üç ve dört akslı araçlar için yeni stratejiler elde edilmiştir. Simülasyonlar için yaylı ve yaysız kütle hareketlerini tekerlek ve lastik dinamiğini içeren, lineer olmayan entegre bir sürüş ve yol tutuş modeli kullanılmıştır. Durum çalışmaları, üç ve dört akslı araçlarda ara akslar üzerindeki tekerleklerin de yönlendirilmesi yoluyla, araçların dönme hızlarının ve yanal ivmelerinin araç yüzme açısı arttırılmadan yükseltilebileceğini göstermiştir.

Yılmaz (2011) Çalışmasında, devrilme kazası araç içerisindeki yolcular ve mürettebatın güvenliğini tehdit eden en ciddi tehlikelerden biridir. Geçmiş yıllarda yapılan gözlemler, kaza sonrasında deforme olan araç gövdesinin yolcuların hayatını ciddi biçimde tehdit ettiğini göstermiş, böylece devrilme mukavemeti araç üreticileri için üzerinde dikkatle durulması gereken bir husus haline gelmiştir. Günümüzde bir AB yönetmeliği olan “ECE-R66” sayesinde bu tür devrilme kazalarının yol açabileceği felakete varan sonuçlar engellenebilmekte ve araç yolcularının güvenliği temin edilmektedir. Bu çalışmada değişik özelliklerde malzeme kullanımı ve köpük uygulamasının devrilme analizi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda daha iyi mekanik özelliklere sahip malzeme kullanımının ve çelik kesitlerine köpük uygulanmasının aracı devrilme esnasında daha güvenli bir hale getirdiği görülmüştür.

Taşıt dinamiği ile ilgili yapılan çalışmaların büyük bölümü düz yol üzerinde yapılmıştır. Dönemeçlerde yapılan çalışmanın az olması dikkate alınarak bu çalışmada otobüslerin ağırlık merkezi değişimlerinin dönemeçteki ani frenlemeye etkisi araştırılmıştır.



### 3. MATERYAL VE METOT

Taşıtlarda fren sisteminin analiz edilmesi için MSC.ADAMS-LS DYNA gibi çeşitli simülasyon programları geliştirilmiştir. Bu sayede yapılan çalışmaların maliyeti ve tasarım süresi oldukça azaltılabilmektedir. Yapılan çalışmada MSC.ADAMS/car modülü kullanılmıştır. Şehir içinde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanan 12 metre uzunluğunda alçak tabanlı bağımsız süspansiyonlu halk otobüsünün virajdaki frenleme esnasındaki dinamik davranışı araştırılmıştır. Bilim, Teknoloji ve Sanayi Bakanlığının yayınladığı yönetmelikler doğrultusunda şehir içi halk otobüsü regülasyonu olan ECE-2001/85'e uyması hedeflenmiştir.




Şehir içi toplu taşımada kullanılan otobüs, minibüs vb. taşıtlarda yolcuların rahat binip inebilmesi ve engelli rampalarının zorunlu hale gelmesi sonucunda örme şasi (yüksek tabanlı) araç modelinden alçak tabanlı araç modeline geçilmiştir.

Şehir içi kullanımlar için tasarlanan alçak tabanlı, bağımsız süspansiyonlu halk otobüsü detaylı olarak verilmiştir (Şekil 3.3). Otobüsün ölçüleri mm olarak verilmiştir. Model olarak kullanılan otobüsün ağırlık uzunluk vb. gibi parametreleri MSC.Adam/car programından alınmıştır. En uygun yükleme durumu 15 adet farklı yarıçaplı virajda deneyerek sonuçları-incelemiştir ve en uygun viraj yarıçapının 100 m olduğu durum tez çalışmasında kullanılmıştır.

Yapılan çalışma alçak tabanlı DZ (Dizel) otobüs, HYB (Hibrit) otobüs ve CNG (Doğalgaz) ile çalışan otobüs olmak üzere aynı boyutlarda farklı yakıt sistemlerine sahip üç çeşit taşıt üzerinde yapılmıştır. Bu üç çeşit otobüsün her birinde Inventor programı tarafından elde edilen standart ağırlık merkezi ile analiz edilmiş ayrıca yolcuların aracın ön tarafında, ortada ve arkada kümelenme durumları göz önüne alınarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Buna ilave olarak HYB araçta akülerin CNG ile çalışan araçta CNG tanklarının tavanda konumlanması göz önüne alınmıştır.

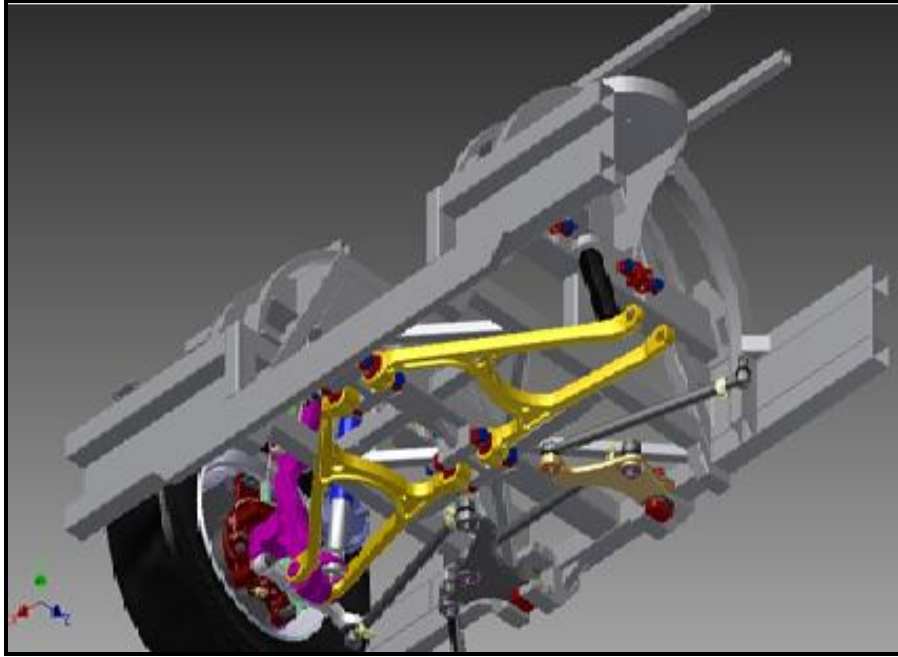
Yapılan çalışmada Catia ve Inventor programı ile çizim ve matematiksel model gerçekleştirilmiş (tavan ve yan karkaslar Catia ile şasi ve diğer aksamlar Inventor ile) Adams/car programı ile dönüşlerdeki frenlemenin etkisi araştırılmıştır.

**Çizelge 3.1** DZ-HYB-CNG'li otobüsün ağırlıkları, ölçüleri ve yan görünüşleri.

	AĞIRLIK (Kg)	UZUNLUK (mm)	YÜKSEKLİK (mm)	YAN GÖRÜNÜM
DZ	10800	11880	3050	
HYB	11600	11880	3050	
CNG	13000	11880	3330	

### 3.1 Bağımsız Süspansiyonlu Otobüsün Ön Dingil Özellikleri

Bağımsız ön dingil iki ayrı salıncak sisteminden oluşmaktadır. Yolun etkilerinden oluşan titreşimleri minimuma indirerek konforlu yolculuk sağlamaktadır (Şekil 3.1).

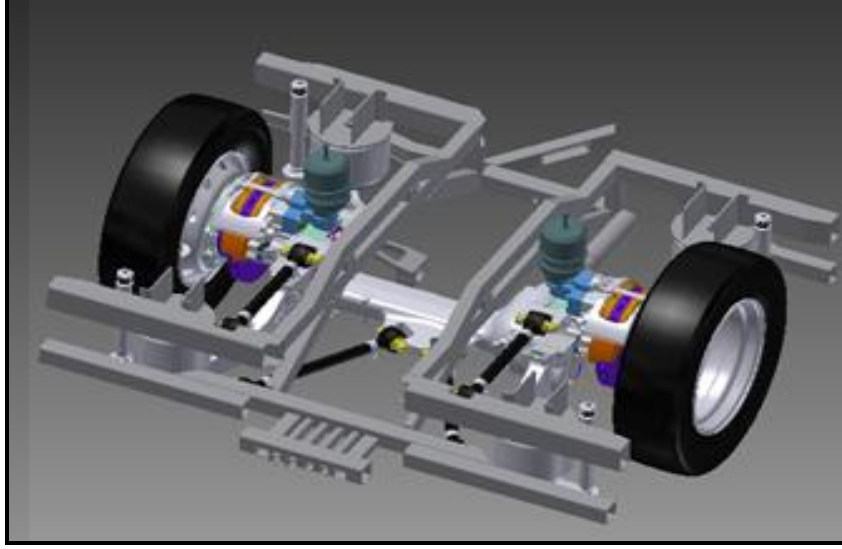


**Şekil 3.1** Bağımsız süspansiyonlu ön dingilin şematik görünüşü.

Engelli yolcuların rahat inip binebilmesi için otobüsün sağa yatma özelliği, kaldırıma konumlandırılan engelli rampasının regülasyonlara uygun şekilde 25 cm olacağı göz önüne alınarak yapılmıştır. Otobüsün yana yatma özelliği hava körüklerine basınçlı hava doldurup boşaltılarak pnömomatik olarak yapılmaktadır.

### 3.2 Rijit Arka Dingil Özellikleri

Rijit arka dingil diferansiyel bağlantılarından dolayı rijit bağlantılı olarak üretilmektedir. Arka dingil üzerinde 4 adet lastik bulunmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Rijit süspansiyonlu arka dingilin şematik görünüşü.

### 3.3 Çalışmada Kullanılan DZ Otobüs Klima Özellikleri

Geleneksel DZ otobüslerde klima, kompresöre motordan kayış yardımı ile güç alarak çalışan klimalar kullanılmaktadır (Resim 3.1). Bu klimanın envanterleri ile birlikte toplam ağırlığa etkisi 250 kg'dır.



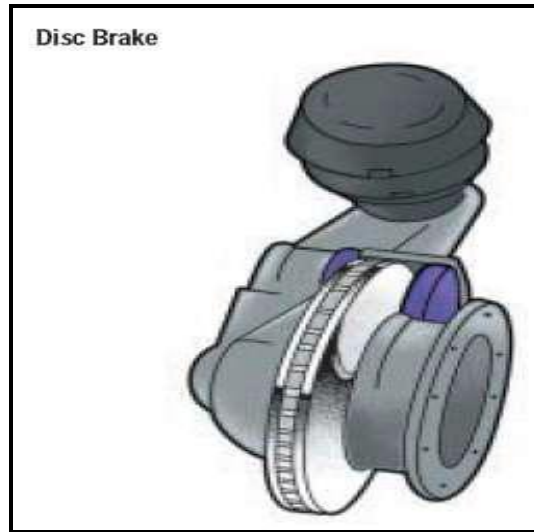
Resim 3.1 DZ otobüs klima kompresörü.

### 3.4 Havalı Tip Fren Sistemleri

Yapılan çalışmada ele alınan otobüslerde frenleme için üç (hava kumandalı disk tipi freni, hava kumandalı el freni ve ABS ) tip fren kullanılmıştır. Fren sistemine ilave olarak, şanzımanın içerisinde konumlandırılmış enerjisi emerek veya depolayarak çalışan yavaşlatıcı sistem olan Intarder kullanılmıştır.

#### 3.4.1 Hava Kumandalı Disk Tipi Fren Sistemleri

Havalı fren sistemleri, hidrolik sistemin benzer olarak çalışan fren sistemidir. Genellikle ağır taşıtlarda kullanılmaktadır. Havalı fren sistemlerinde hidrolik sistemlerde kullanılan hidrolik yağ yerine, basınçlı hava tekerlek silindiri pistonlarına etki ve taşıtın balataları fren diskine veya kampanasına baskı yaparak taşıtı yavaşlatır. Basınçlı hava tanklarına, hava kompresör ile dolar ve oradan frenlere aktarılır. Sistem kuru basınçlı hava ile çalışır ve sistemde hidrolik yağ kullanılmamaktadır.



**Resim 3.2** Hava kumandalı disk fren.

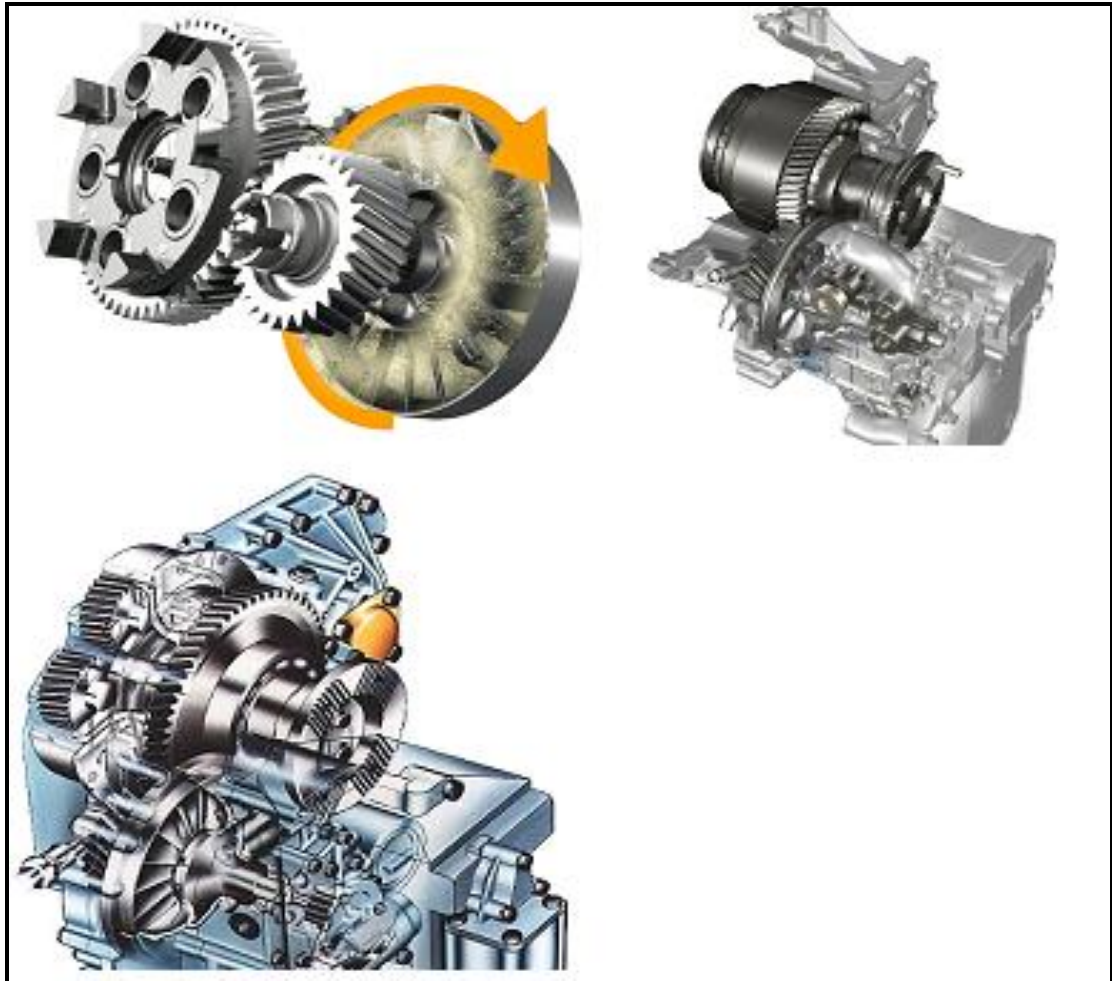
#### 3.4.2 Hava Kumandalı El Freni Sistemleri

Hava kumandalı el freni sistemleri, basınçlı havanın kurulu yay sistemindeki yayın üzerine basınç yaparak tekerleği serbest bırakan sistemlerdir. Herhangi bir neden ile

hava hortumlarında çatlama, kopma ve hava kaçağı gibi durumlarda el freni devreye girer ve taşıtı hareket ettirmek için bu yayın üzerine sabitlenmiş vidalı sistem ile gevşeterek taşıt hareket ettirilir. Hava kumandalı fren sisteminde yeteri basınçta hava var ise fren boşalır taşıt hareket eder, hava basıncı düşer ise tekerlek hareket etmez.

### 3.4.3 Intarder

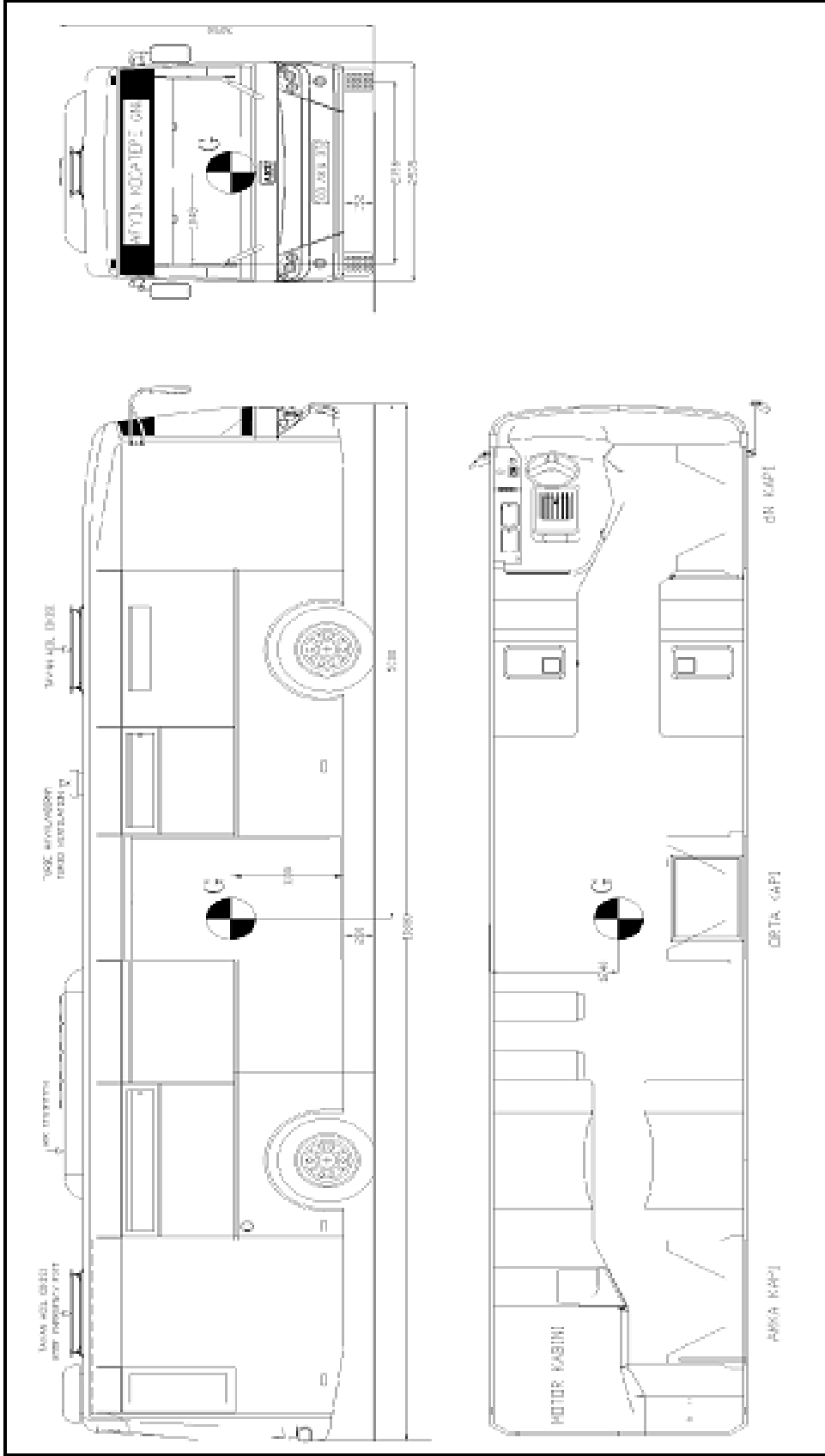
Servis fren sisteminden değişik olarak enerjiyi depolayarak veya emerek yavaşlatan sistemdir. Bu sistem şanzımanın dışında ise Retarder; şanzımanın içerisinde ise Intarder diye adlandırılmaktadır. Sistemin amacı fren sistemine gelen yükü azaltarak sistem parçalarının daha uzun kullanımını sağlamaktır. Şanzımanın şaft çıkışına takılan içi yağ dolu aparat içerisine yerleştirilen üzerinde kanatları olan dişli üzerine basınç yaptırılarak taşıtın yavaşlaması kontrol altında tutulur (Resim 3.3).



**Resim 3.3** Intarder'in şematik görünüşü.

### 3.5 DZ Otobüsün Teknik Özellikleri

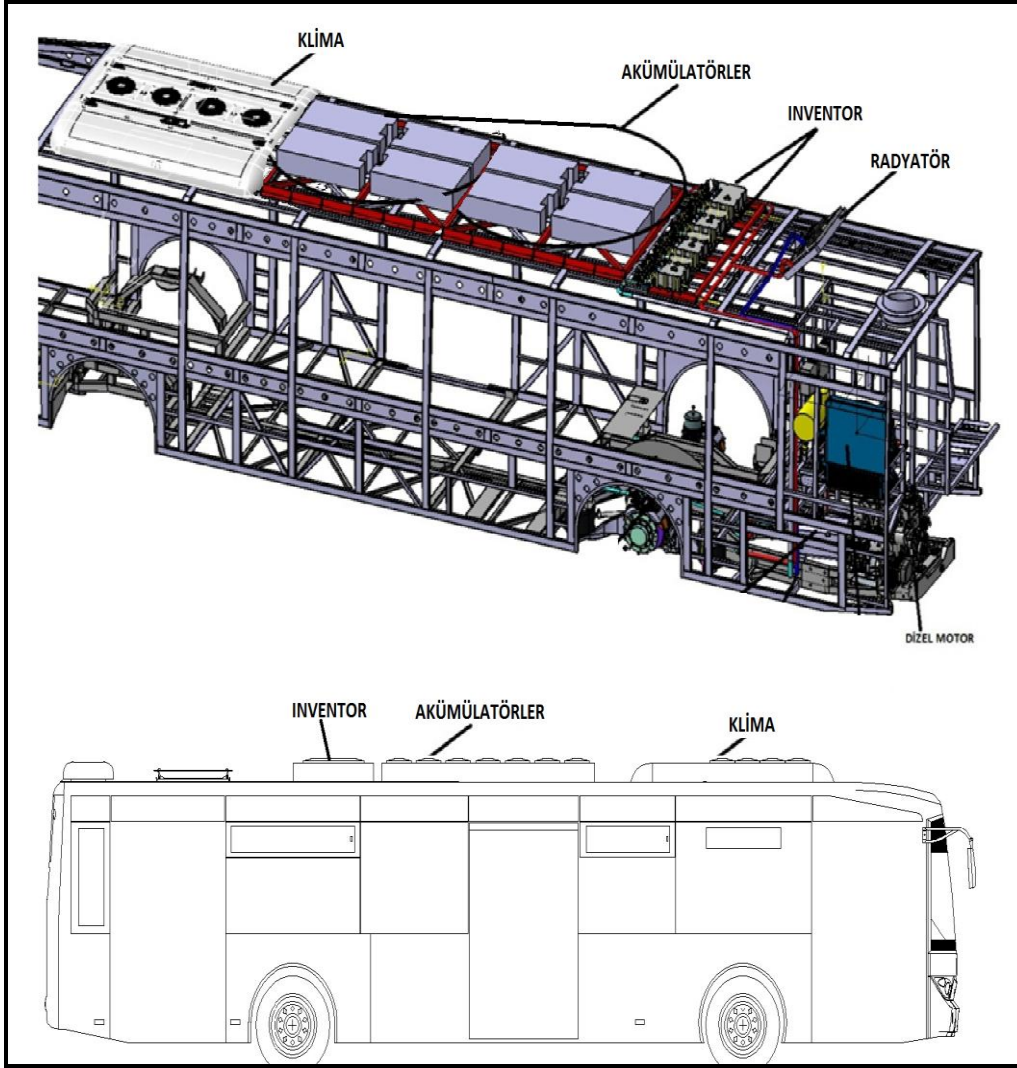
Boş ağırlık:	10800 kg
Dolu ağırlık max:	18180 kg (30 oturan 66 ayakta)
Taşıt uzunluğu:	11880 mm
Taşıtın genişliği:	2200 mm
Ağırlık merkezi koordinatları (std) :	6650, 1100 1048 mm (Şekil 3.3)
Lastik ölçüleri:	275 70R 22,5 148/145 M
Süspansiyon:	Ön dingil bağımsız, arka dingil rijit
Toplam yolcu alanı:	24.5 m <sup>2</sup>
Ayakta yolcu alanı:	8.3 m <sup>2</sup> (66 kişi)
Toplam yolcu sürücü hariç:	21.2 m <sup>2</sup> (96 kişi)
Yavaşlatıcı:	Intarder
Fren sistemi:	Hava kumandalı disk tipi fren- Hava kumandalı el freni- ABS
Yakıt donanımı:	250 lt
Dönüş yarıçapı max. (mm):	11000
Şanzıman:	ZF 6 ileri
Akü:	2 x 12 V / 210 A
Ön dingil max. taşıma kapasitesi:	8500 kg
Ön dingile gelen düşey yük:	3620 kg
Arka dingil maksimum taşıma kapasitesi:	13000 kg
Arka dingile gelen düşey yük:	7220 kg
Diğer özellikler :	Manüel engelli rampası, sağ yana yatma



Şekil 3.3 Bağımsız süspansiyonlu alçak tabanlı halk otobüsü.

### 3.6 HYB Otobüsün Teknik Özellikleri

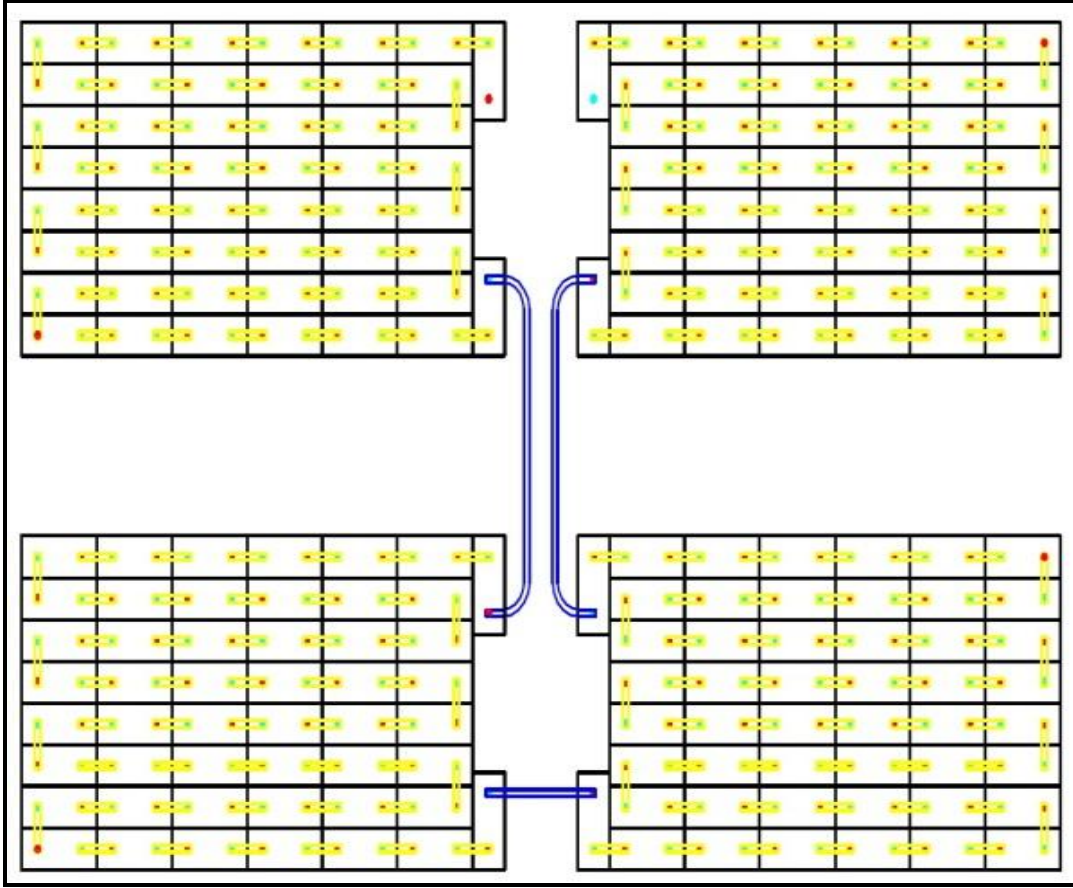
Gelişen teknolojiler, enerji verimliliği, küresel ısınma, çevre ve fosil yakıtların tükenmesi gibi nedenlerden dolayı, taşıtlarda yakıt olarak alternatif yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde çalışmalar sonucunda geliştirilen HYB teknolojisi kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle ağır taşıtların emisyon oranları ve yakıt tüketimi bu tip motor kullanmaya yönelmiştir.



Şekil 3.4 HYB otobüste bataryaların ve klimanın konumlanması.

Şekil 3.4'te HYB otobüste kullanılan akümülatörlerin ve HYB sistemin yerleşim planları gösterilmiştir.





Şekil 3.5 HYB otobüste bataryalarının seri bağlantısı şematik gösterimi.

Şekil 3.4'deki gösterilen HYB otobüsün sistemdeki elektrikli motoru çalıştırmak için gerekli olan elektriği elde etmek amacıyla taşıtın üst bölümünde seri olarak bağlanmış 200 adet bataryanın elektrik bağlantı şeması verilmiştir (Şekil 3.5).

HYB otobüslerde kullanılan akümülatör özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Tek hücre 3,2 V; 90 Ah kapasitelidir.
- 200 tane seri bağlanarak oluşturulan paketten 640 V DC gerilim elde edilmektedir.
- Pil kasasının dayanabileceği sıcaklık; 200° C'dir
- Ağırlık; 3 kg ±100 g (bir adet için)
- Toplam ağırlık; 600 kg olarak hesaplanmıştır.

Resim 3.4'te HYB otobüslerde kullanılan tamamen elektrik ile çalışan dizel motordan güç almayan klima gösterilmiştir.



**Resim 3.4** HYB ve elektrikli otobüste kullanılan klima.

Kullanılan klimanın özellikleri aşağıda gibidir.

Performans:	32 kW
Evaporatör hava kapasitesi:	5500 m <sup>3</sup> /h
24 V'daki doğru akım:	100 A
En:	2010 mm
Boy:	2430 mm
Yükseklik:	395 mm
Ağırlık:	330 kg

HYB otobüslerde DZ ve CNG'li otobüslerde kullanılanlardan farklı olarak tamamen elektrik ile çalışan dizel motordan hareket almayan klima kullanılmıştır ve bu klimanın ağırlık ve boyutu diğerlerinden fazladır (Resim 3.4)

Resim 3.5'te HYB otobüslerde kullanılan çevirici görevi gören inventor gösterilmiştir.

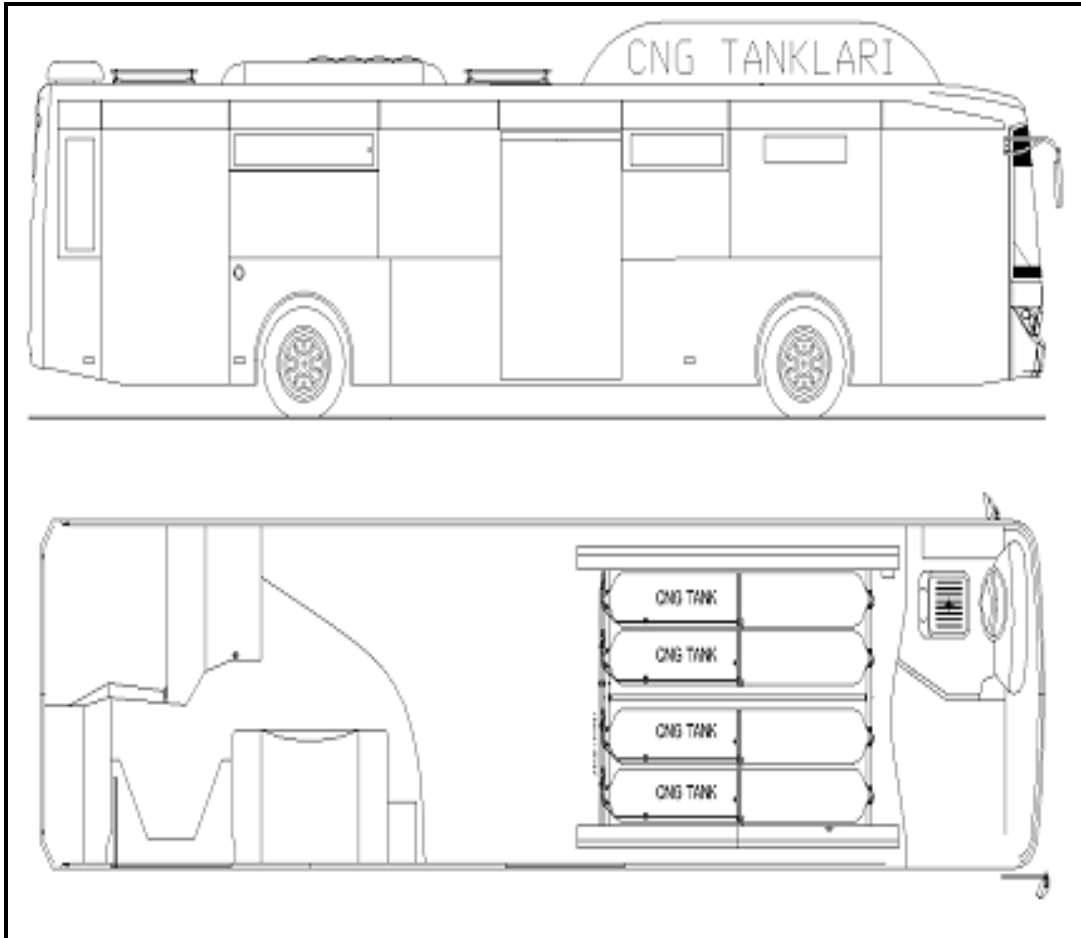


**Resim 3.5** HYB ve elektrikli araçlarda kullanılan inventor.

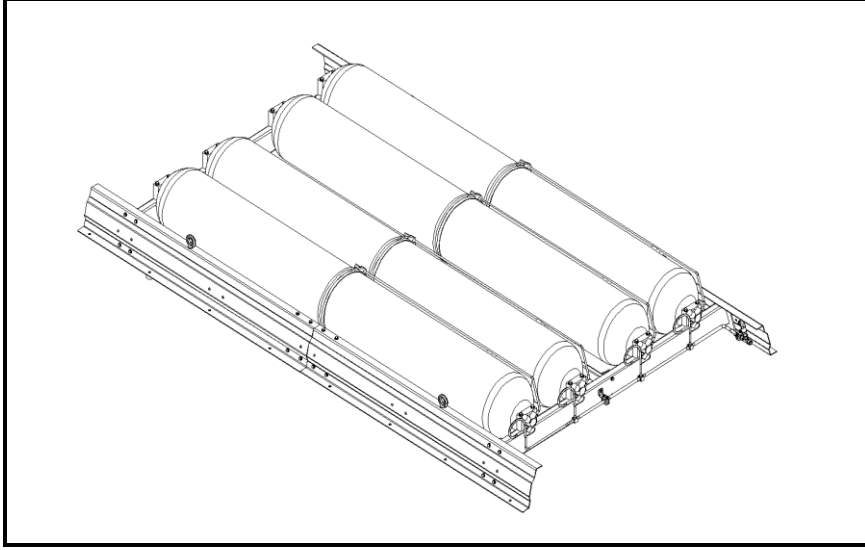
Otobüste 5 adet inventör kullanılmış olup her birinin ağırlığı, 40 kg'dır. HYB otobüslerde klima akümülatörler ve ünitesi gibi sistemlerin yaklaşık 1200 kg ilave ağırlık yaptığı hesaplanmıştır. Bu durum taşıtın frenleme, yönlendirme, ağırlık merkezi değişimi gibi birçok faktörü etkilemektedir.

### 3.7 CNG'li Otobüsün Teknik Özellikleri

DZ otobüsten farklı olarak DZ otobüste bulunan yakıt depoları yerine CNG tankları bulunmaktadır. CNG tankları taşıtın ön tavan bölgesinde konumlandırılmıştır (Şekil 3.6). Kullanılan diğer ekipmanların ön bölümde konumlanması ağırlık merkezini değiştirmektedir ve bu değişimin viraj anında frenleme üzerine etkileri incelenmiştir. CNG ile çalışan otobüsün doğal gaz tanklarının bağlanması Şekil 3.7'de şematik olarak gösterilmiştir



Şekil 3.6 CNG ile çalışan otobüsün tanklarının konumlandırılması.

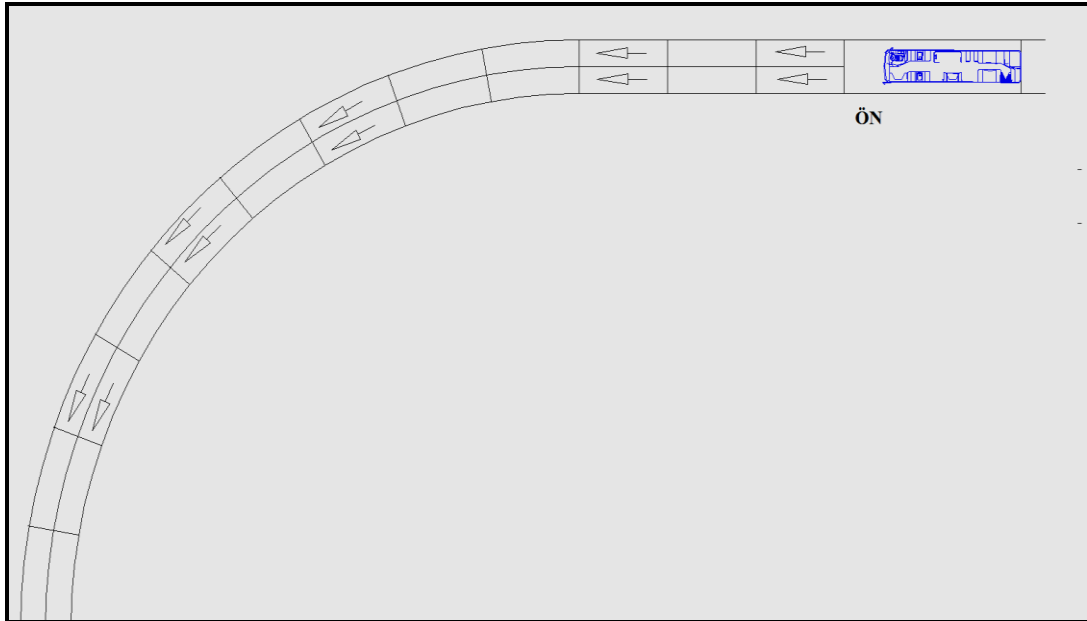


Şekil 3.7 CNG ile çalışan otobüs doğalgaz tankları.

CNG ile çalışan otobüsün doğal gaz tanklarının (CNG) kapasitesi 1284 lt, (223 kg) dır. CNG ekipmanları toplam 527 kg. Yükseklik 3330 mm (boyutlarından dolayı yükseklik artmıştır ve CNG sisteminin toplam ilave ağırlığı 750 kg'dır.

### 3.8 Deney Yapılan Yol özellikleri

Bilgisayar ortamında, MSC.Adams/car programında deney yapılan pistin görünümü.

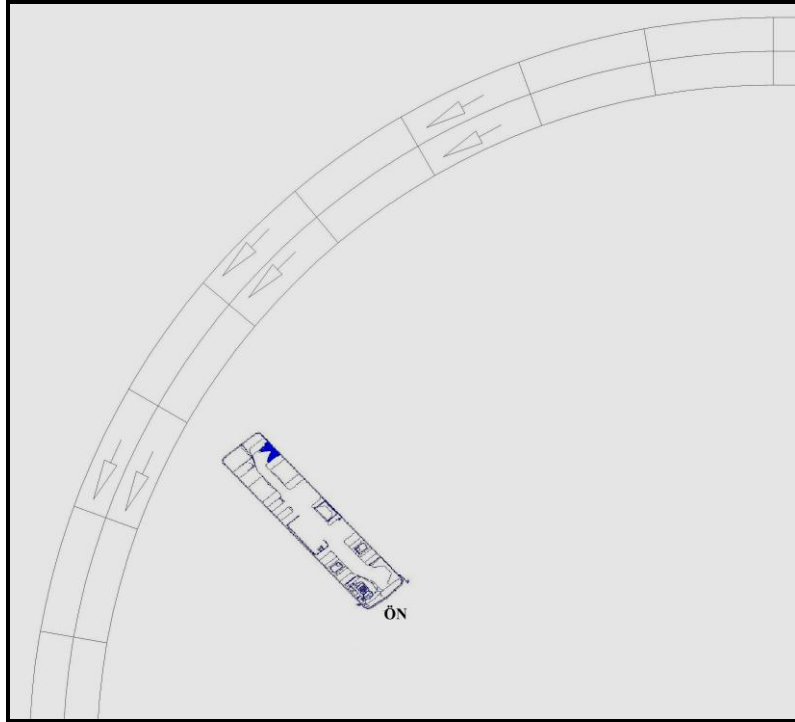


Şekil 3.8 MSC.Adams/car ortamında çalışma yapılan pist.

Simülasyonu yapılan çalışma viraj yarıçapı 100 m olarak alınmıştır. Türkiye'nin fiziki şartlarından dolayı çok çeşit yarıçaplı viraj bulunmaktadır. İncelenen yüz metre düz yol ve yüz metre yarıçaplı viraj bölümü bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar farklı yarıçaplardaki deneylerde kullanılarak önceki deneylerin sonuçlarının sağlanması yapılmıştır. Farklı viraj yarıçaplarında ölçüm yapılmış 100 m yarıçaplı viraj incelenmiş ve Tadil İmal Montaj Yönetmeliği' de göz önüne alınmıştır.

### 3.9 Aşırı Döner (Oversteer) Karakteristik

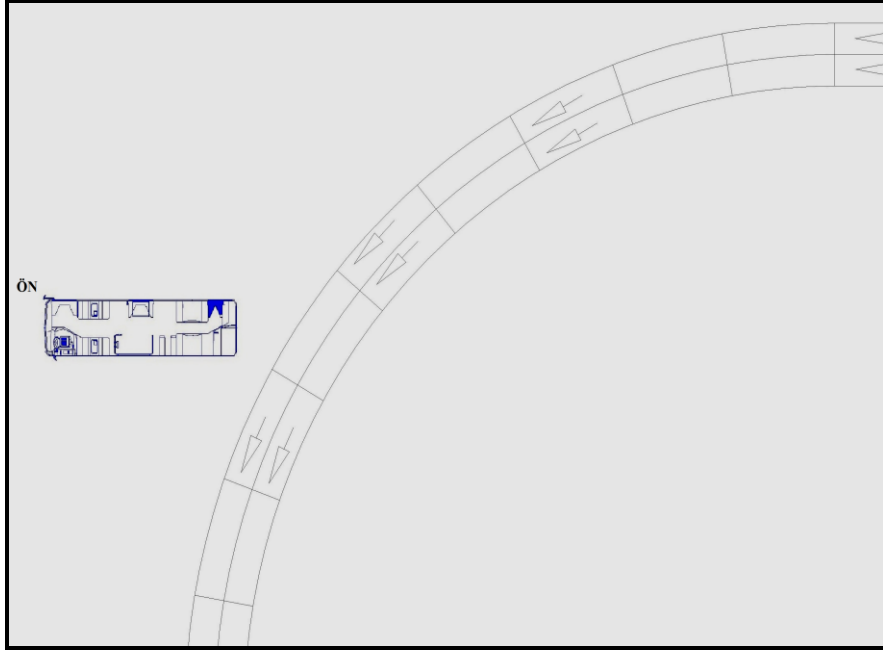
Taşıtın seyir halinde viraja girdiğinde veya viraj anında frenleme esnasında taşıtın viraj merkezine doğru yönelmesidir. Yol durumuna göre yoldan çıkma ve şerit değiştirme gibi sonuçlara neden olabilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Aşırı döner (oversteer) karakteristiğinin pist üzerinde gösterimi.

### 3.10 Az Döner (Understeer) Karakteristik

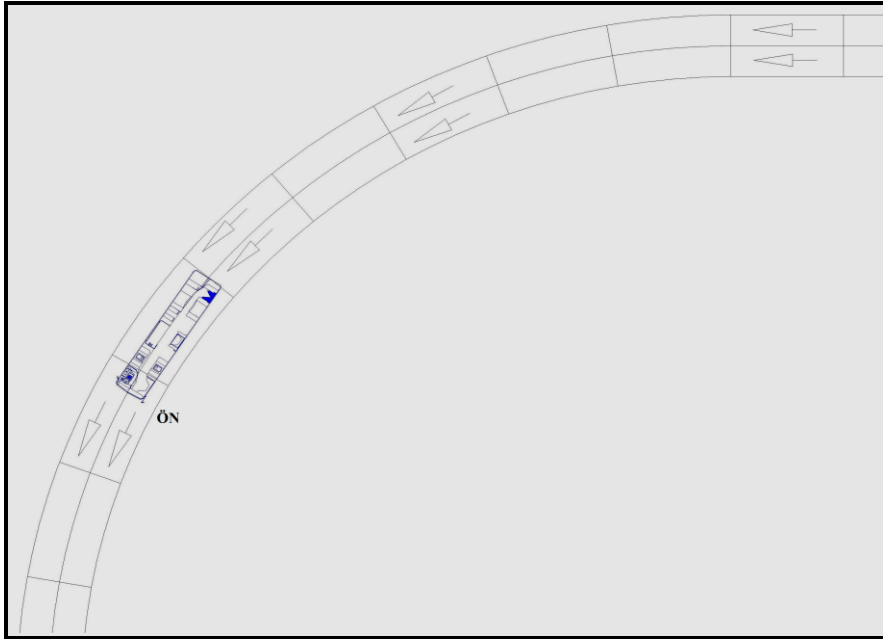
Taşıtın seyir halinde viraja girdiğinde veya viraj anında frenleme esnasında taşıtın virajın dışına doğru yönelmesidir. Yol durumuna göre yoldan çıkma ve şerit değiştirme gibi sonuçlara neden olabilmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Az döner (understeer) karakteristiğinin pist üzerinde gösterimi.

### 3.11 Tarafsız (Nötr) Karakteristik

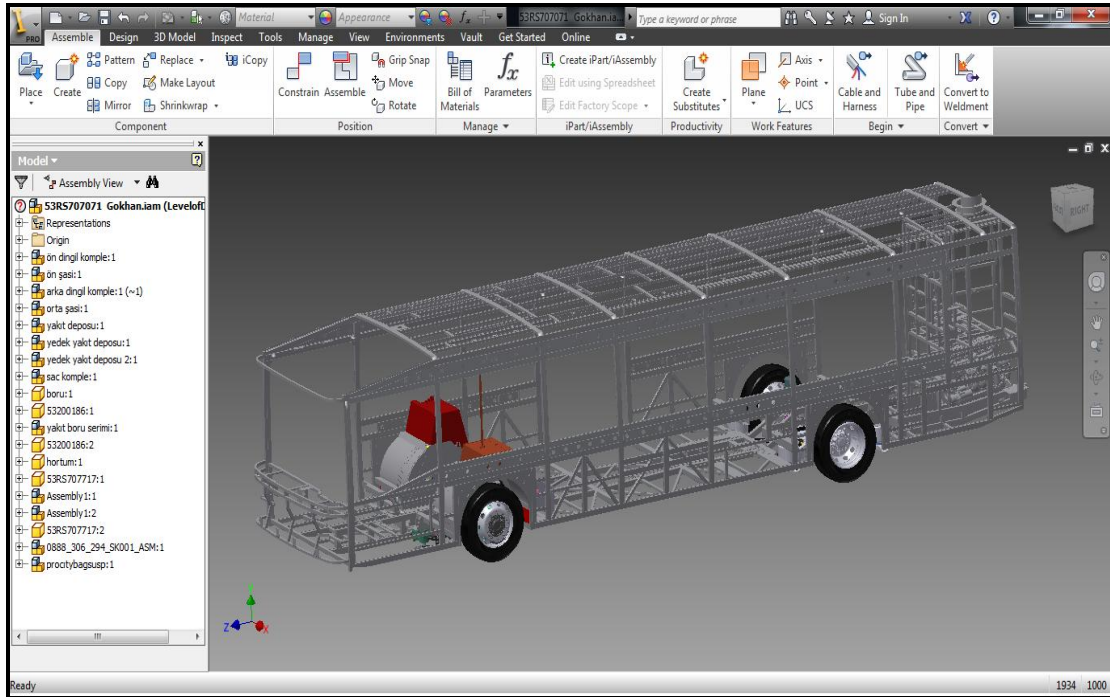
Taşıtın seyir halinde viraja girdiğinde veya viraj anında frenleme esnasında taşıtın doğrusal kararlılığının bozulmadan yavaşlayıp durmasıdır. Viraj esnasında ve virajda frenleme esnasında nötr karakteristik göstermesi beklenir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Tarafsız (nötr) karakteristiğinin pist üzerinde gösterimi.

### 3.12 Inventor Programı

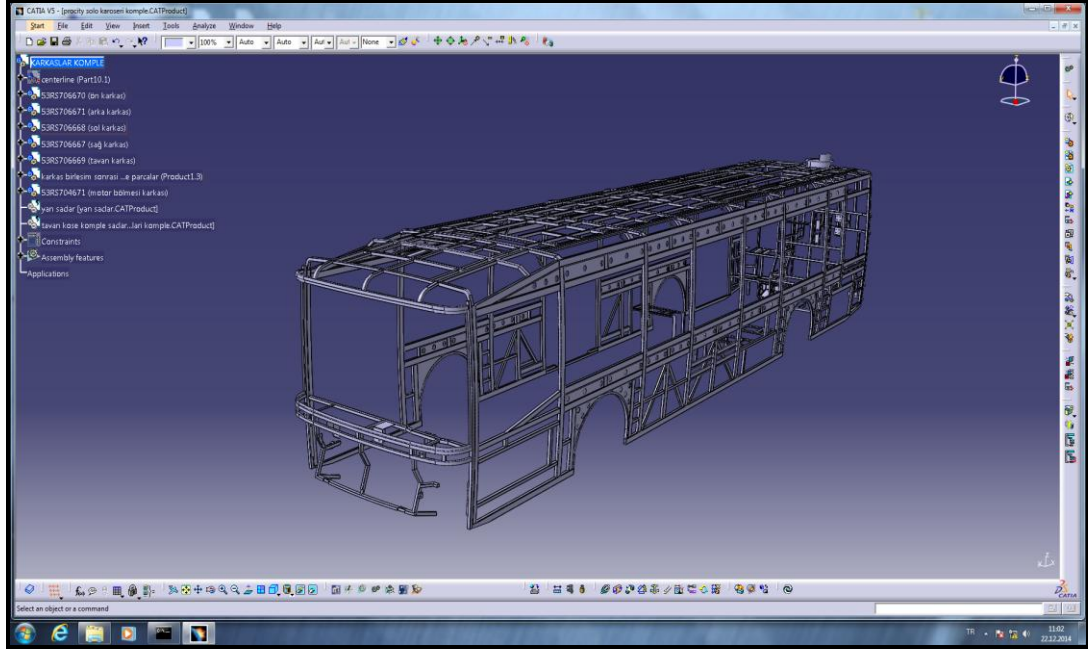
Autodesk Inventor yazılımı, Autodesk sayısal modelleme teknolojisinin temelidir. Inventor ile oluşturulmuş olan modeller, tam ve hassas sayısal modellerdir. Bunların biçimini, işlevini ve uygunluğu yazılım ortamında görebilmektedir. Bu sayede, fiziksel prototip gereksinimi en aza indirmiş olmaktadır. Tasarım, görselleştirme ve simülasyon için sayısal modeller kullanılarak, iletişim sağlanabilmektedir.



Şekil 3.12 Inventor programında otobüs modeli.

### 3.13 Catia Programı

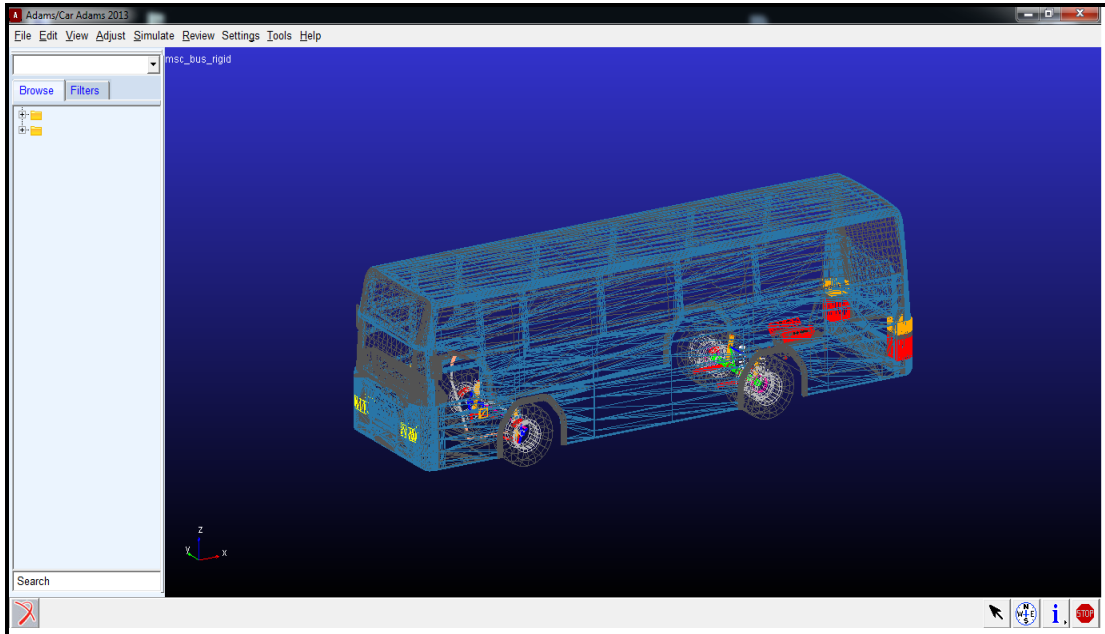
Catia yazılımı, sayısal modelleme teknolojisinin temelidir. Bu programda yapılan modelin biçimini, işlevini ve uygunluğu yazılım ortamında görebilmektedir. Bu sayede, fiziksel prototip gereksinimi en aza indirmiş olmaktadır. Tasarım, görselleştirme ve simülasyon için sayısal modeller kullanılarak, iletişim sağlanabilmektedir.



Şekil 3.13 Catia programında otobüs karkas ve tavan modeli.

### 3.14 MSC.Adams/Car Dinamik Analiz Programı

Adams programının view-chassis gibi modülleri bulunmaktadır. Bu çalışmada Adams/car modülü kullanılmıştır. Adams/car ürünleri ile hızlı bir şekilde komple araç ve araç alt sistemlerin fonksiyonel sanal prototiplerini test edilebilmektedir.



Şekil 3.14 MSC.Adams/car programında otobüs modeli.

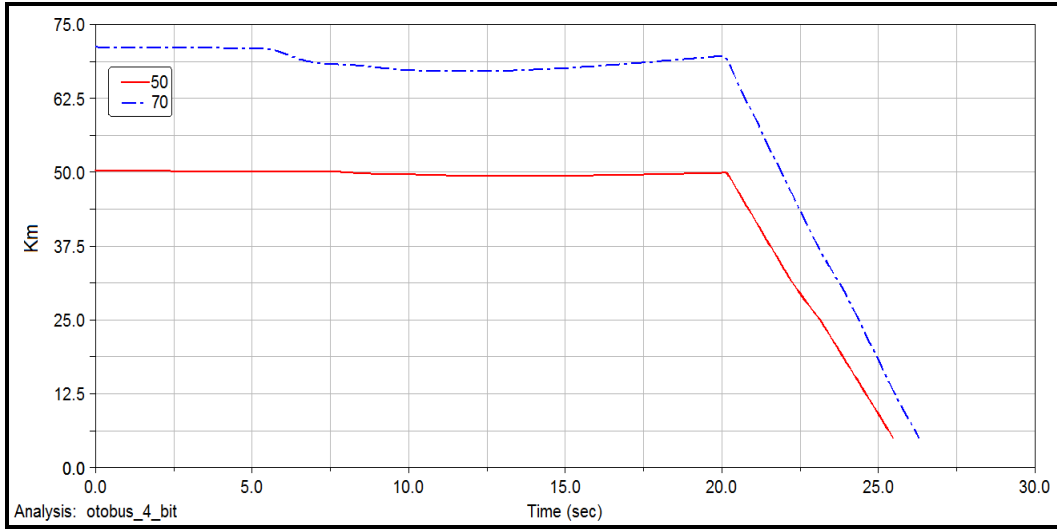


Yapılan çalışmada, 12 metre halk otobüsünde, yolcuların önde-ortada arkada yığılma durumları, otobüsünün koltuk yerleşim planı ve otobüsün üzerine gelecek olan ekipmanların yerleşim planlarının ağırlık merkezi üzerine etkileri ve bu etkilerin sonucunda viraj anında ani frenleme ile dönüş karakteristiği incelenmiştir.

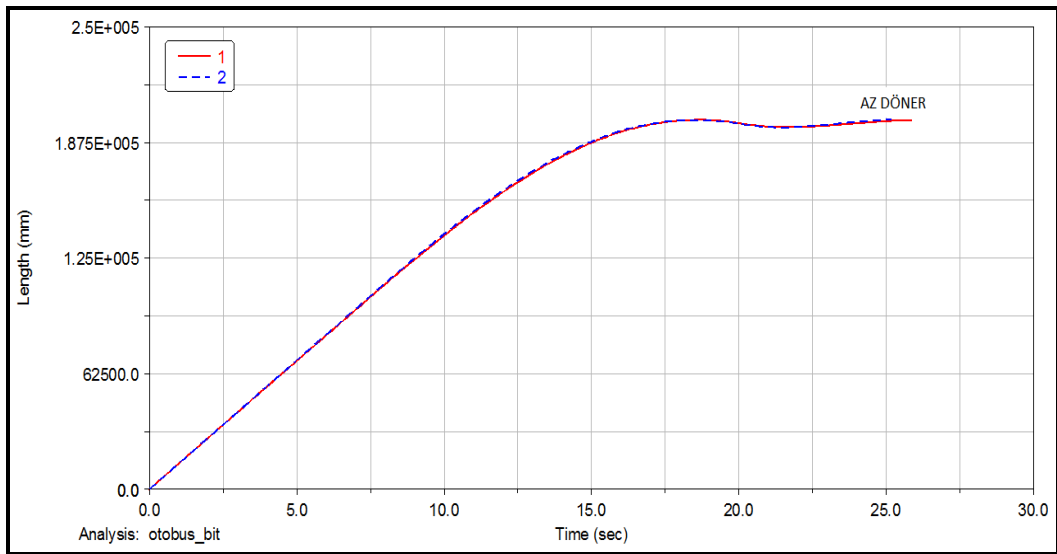
## 4. BULGULAR

### 4.1 Frenleme ile Hız Zaman Değişiminin Simülasyonu

Otobüs simülasyonunda otobüsün hızı 50 km/h ve 70 km/h olarak hız zaman değişimi verilmiştir (Şekil 4.1). Şehir içi yolcu taşıtlarında maksimum hız sınırı, 70 km/h ve 50 km/h alınmıştır. Her iki hızda ve taşıt özellikleri dikkate alındığında 20. saniyede frenleme yapılmaya başlanmıştır. Grafikte taşıtın 20. saniyede fren yapmasından durana kadar olan değişimi görülmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Frenleme anında hız ve zaman değişimlerinin grafikte gösterimi.

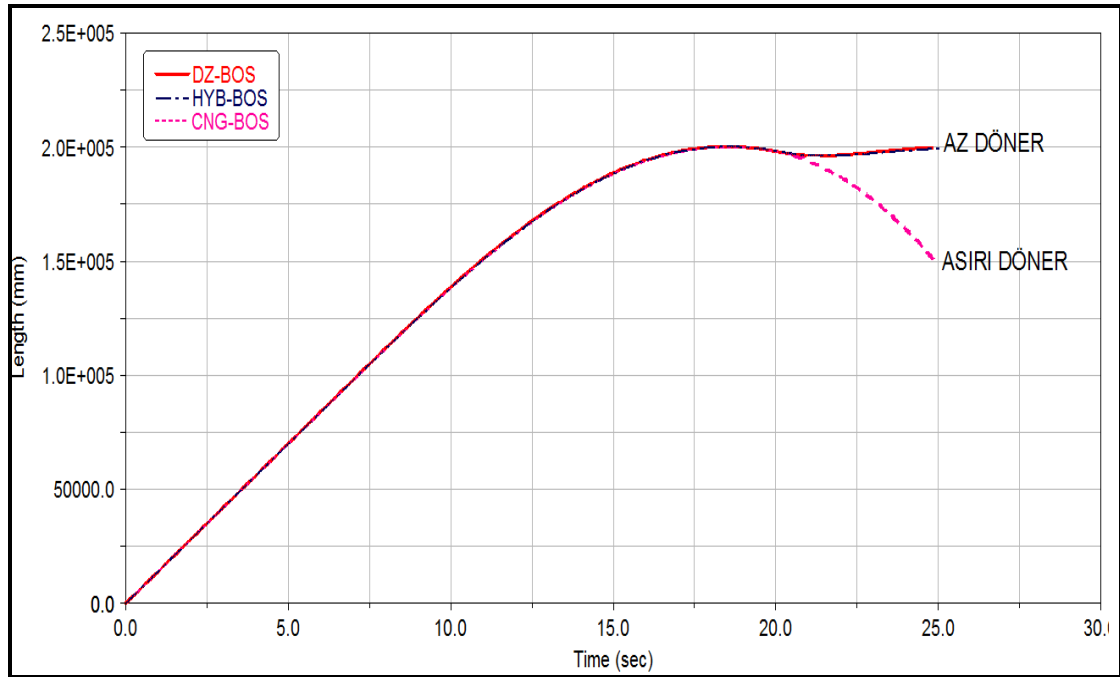


Şekil 4.2 Frenleme anında zaman ve ağırlık merkezi değişimlerinin grafikte gösterimi.

Simülasyon yapılan pistin sahip olduğu 100 metre yarıçaplı viraja, otobüs sabit hız ile girmektedir (Şekil 4.2). 20. saniyeye kadar sabit hız ile giden otobüs 20. saniyede fren sisteminin devreye girmesi ve bu durumun 50 km/h ile 70 km/h sabit iki hızda otobüs üzerine etkisi görülmektedir (Şekil 4.1). Viraja girince taşıtın bir tarafını alçalması gibi taşıt dinamiğini etkileyen parametreler nedeni ile 50 km/h ve taşıt hızının arttığı 70 km/h'deki 5. saniyeden sonraki değişim daha net olarak görülmektedir. 70 km/s hız faktörünün artmasından dolayı frenleme süresinin uzadığı görülmektedir (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).

#### 4.2 DZ-HYB-CNG'li Otobüs Boş Yüklü Frenleme Simülasyonları

Bağımsız süspansiyonlu DZ-HYB-CNG otobüsün, viraj karakteristiği açısından incelenmesi grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.3).

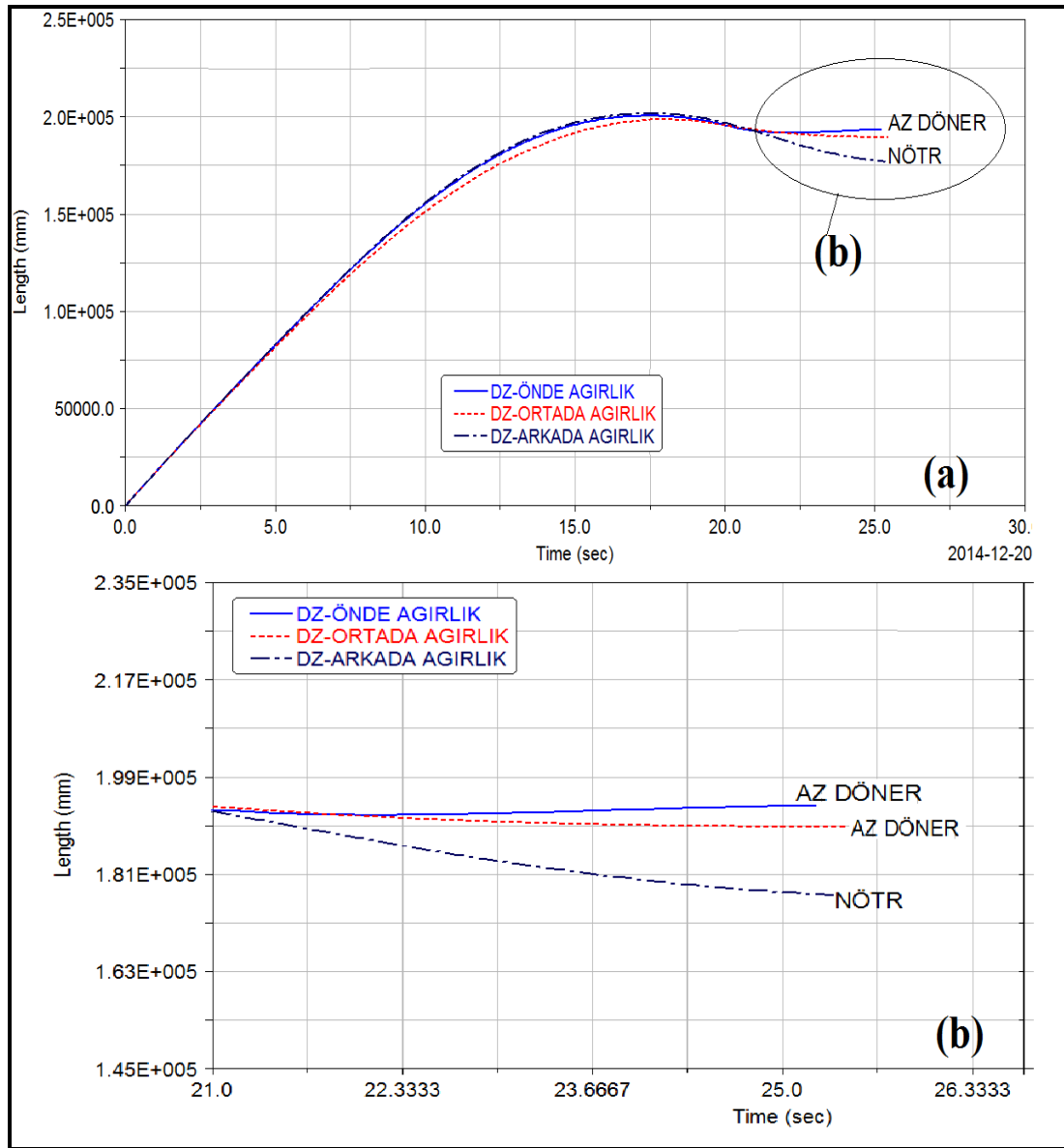


Şekil 4.3 DZ-HYB-CNG'li boş yüklü otobüslerin simülasyonu sonucu.

Şekil 4.3'deki grafikte üç farklı yakıt ile çalışan otobüsün virajdaki ani frenleme ile dönme karakteristiği incelenmiştir. DZ ve HYB otobüs az döner, CNG'li otobüs aşırı döner viraj karakteristiği göstermiştir.

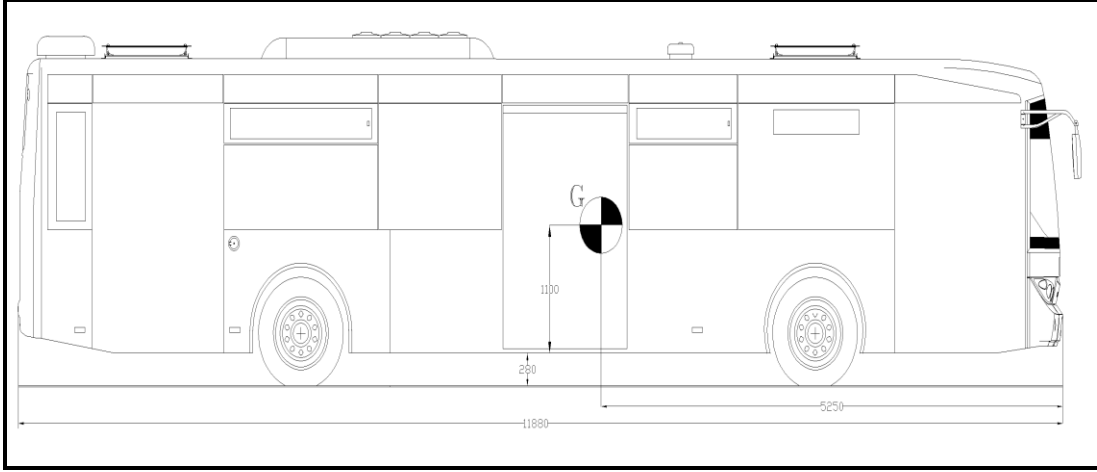
### 4.3 DZ Otobüsün Virajdaki Frenleme Simülasyonu

Yapılan simülasyonda kullanılan halk otobüsünde yolcular ağırlık merkezini değiştirecek şekilde konumlanmıştır. Bu konumlanma önde, ortada ve arkada olmak üzere üç farklı noktadan etki yapacak şekilde hesaplanmıştır. Farklı ağırlık merkezinde aynı yolcu yüklemelerinde yapılan bu simülasyonun sonucunda ağırlığın frenleme esnasında durma zamanı ve dönüş karakteristiğine yaptığı etkiler incelenmiştir. Şekil 4.4'de a'da simülasyon sonuçları genel olarak, b detayında ise frenleme süresi yakınlaştırılmış olarak görülmektedir.



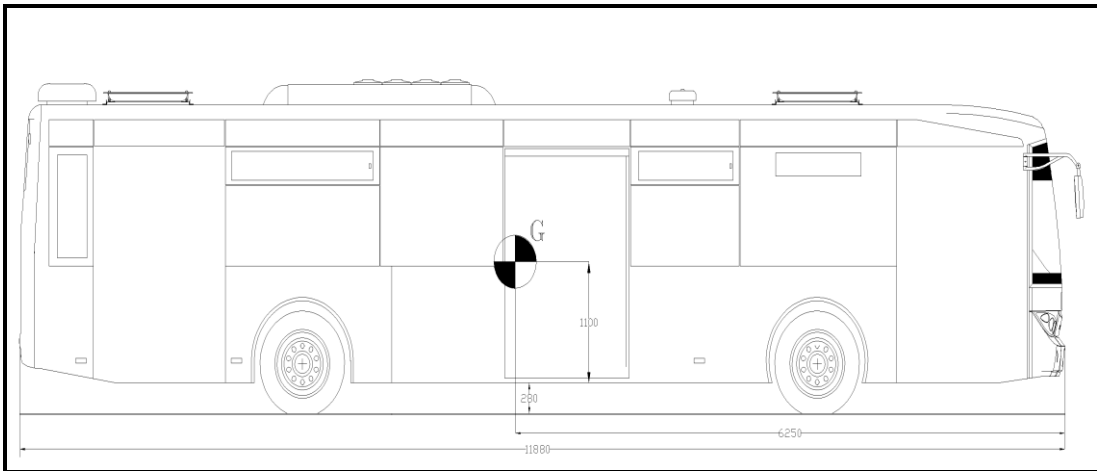
Şekil 4.4 DZ otobüste önde-ortada-arkada ağırlık, simülasyon sonucu (100 metreye göre).

Önde ağırlık; seyahat esnasında yolcuların, önde kümelenme durumunda ağırlık merkezinin gösterildiği noktadan etki edecek şekilde kümelenmesidir (Şekil 4.5). Otobüste 30 oturan yolcu ve 40 ayakta yolcu seyahat etmektedir. Taşıtın ağırlığı 16050 kg olarak alınmıştır. Taşıt hızı 50 km/h'dır. Otobüsün dönemeçte ani fren yapması sonucunda az döner viraj karakteristiği göstermiştir.



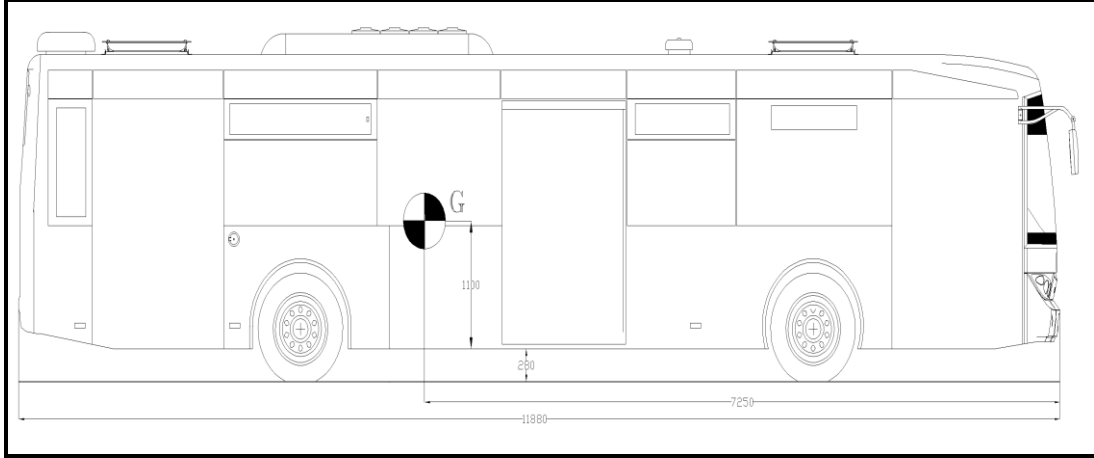
Şekil 4.5 DZ otobüs, yolcuların önde kümelenme durumu ağırlık merkezi.

Ortada ağırlık; seyahat esnasında yolcuların, otobüsün orta bölümde kümelenme durumunda ağırlık merkezinin gösterildiği noktadan etki edecek şekilde kümelenmesidir (Şekil 4.6). Otobüste 30 oturan yolcu ve 40 ayakta yolcu seyahat etmektedir. Otobüsün dönemeçte ani fren yapması sonucunda az döner viraj karakteristiği göstermiştir.



Şekil 4.6 DZ otobüs, yolcuların ortada kümelenme durumu ağırlık merkezi.

Arkada ağırlık; seyahat esnasında yolcuların, otobüsün arka bölümde kümelenme durumunda ağırlık merkezinin gösterildiği noktadan etki edecek şekilde kümelenmesidir (Şekil 4.7). Otobüste 30 oturan yolcu ve 40 ayakta yolcu seyahat etmektedir. Otobüsün dönemeçte ani fren yapması sonucunda tarafsız döner viraj karakteristiği göstermiştir.

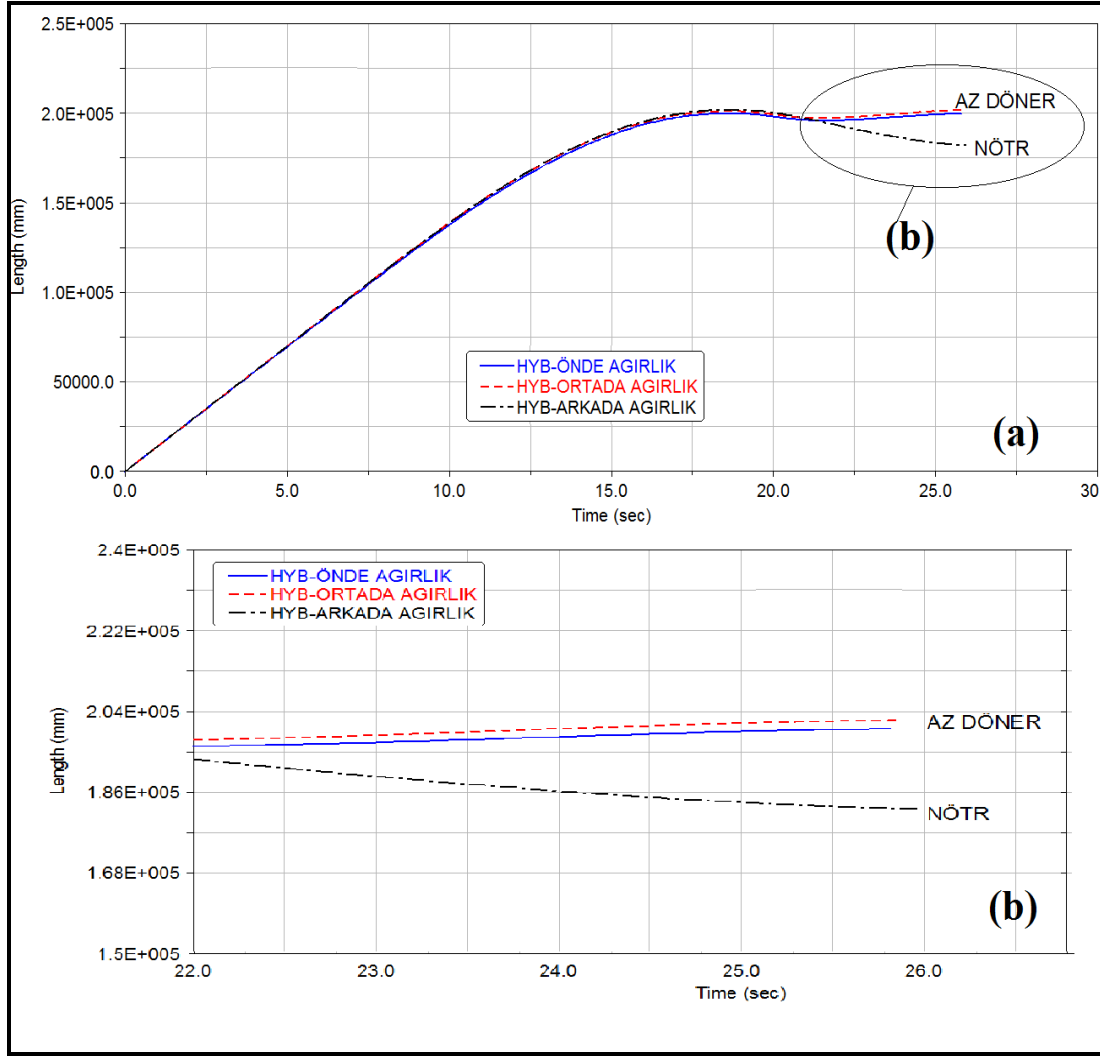


Şekil 4.7 DZ otobüs, yolcuların arkada kümelenme durumu ağırlık merkezi.

DZ otobüs analizleri sonucunda taşıtın ağırlık merkezinin taşıtın önde ve ortada oluşması durumunda az döner viraj karakteristiği göstermiştir, arka bölümde konumlanması durumunda nötr viraj karakteristiği göstermiştir.

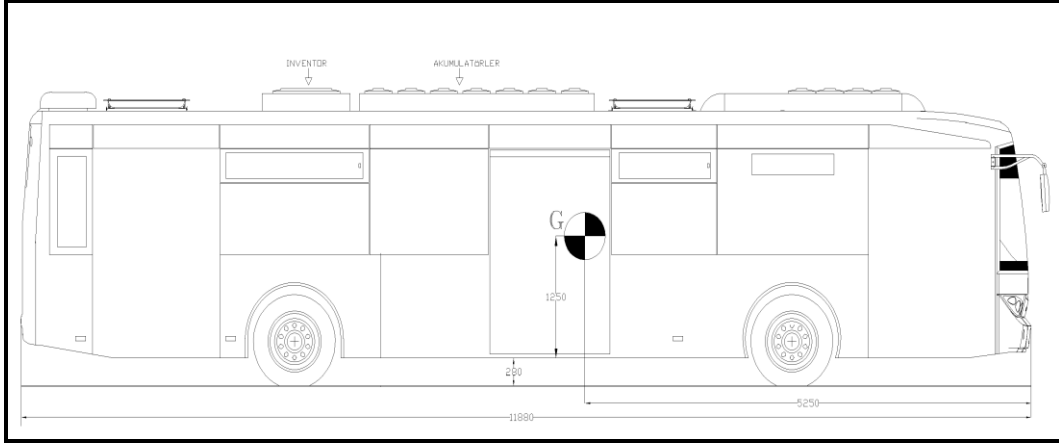
#### 4.4 HYB Otobüsün Virajdaki Frenleme Simülasyonu

HYB otobüste otobüsün tavanına yerleştirilen bataryaların ve ekipmanlarının tavanda konumlanması ile otobüsün boş ağırlık merkezinin DZ otobüsün ağırlık merkezinden 250 mm yukarıda konumlanmasına neden olmuştur. Yapılan simülasyonda bu değişim ve yolcuların kümelenmeleri hesaplanmıştır. HYB otobüste yolcuların önde, ortada ve arkada kümelenmesi durumlarında dönemeçteki ani fren yapması simülasyonu yapılmıştır. Şekil 4.8'de a'da simülasyon sonuçları genel olarak, b detayında ise frenleme süresi yakınlştırılmış olarak görülmektedir.



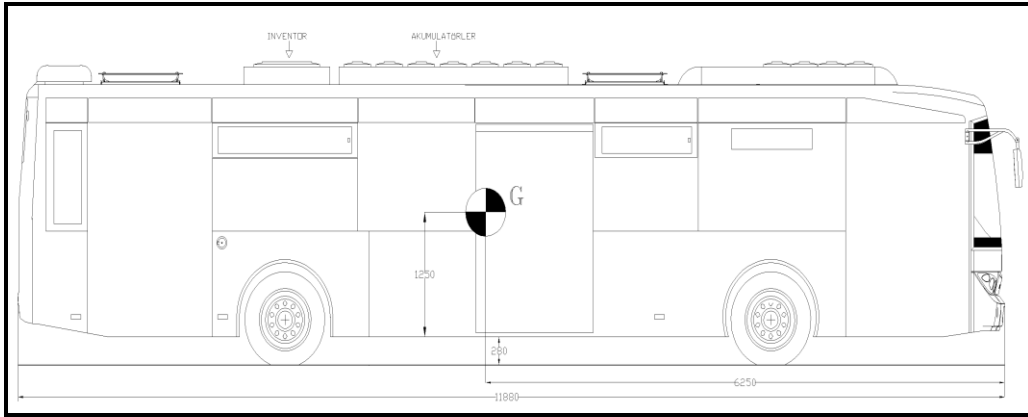
Şekil 4.8 HYB otobüste önde-ortada-arkada ağırlık, simülasyon sonucu (100 m'ye göre).

Önde ağırlık; seyahat esnasında yolcuların, otobüsün ön bölümde kümelenme durumunda ve çatıda konumlanan akümülatörlerin konumu ağırlık merkezinin gösterildiği noktadan etki edecek şekilde kümelenmesidir (Şekil 4.9). Otobüste 30 oturan yolcu ve 40 ayakta yolcu seyahat etmektedir. Taşıtın ağırlığı 17300 kg olarak alınmıştır. Otobüsün dönemeçte ani fren yapması sonucunda az döner viraj karakteristiği göstermiştir.



**Şekil 4.9** HYB otobüs, yolcuların önde kümelenme durumu ağırlık merkezi.

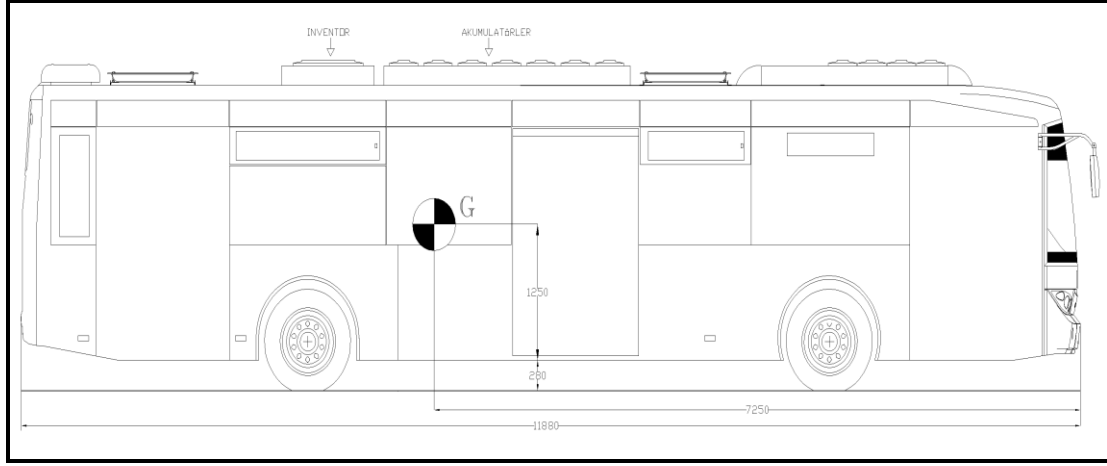
Ortada ağırlık; seyahat esnasında yolcuların, otobüsün orta bölümde kümelenmesi durumunda ve çatıda konumlanan akümülatörlerin konumu ağırlık merkezinin gösterildiği noktadan etki edecek şekilde kümelenmesidir (Şekil 4.10). Otobüste 30 oturan yolcu ve 40 ayakta yolcu seyahat etmektedir. Taşıt hızı 50 km/h'dır. Otobüsün dönemeçte ani fren yapması sonucunda az döner viraj karakteristiği göstermiştir



**Şekil 4.10** HYB otobüs, yolcuların ortada kümelenme durumu ağırlık merkezi.

Arkada ağırlık; seyahat esnasında yolcuların, otobüsün ön bölümde kümelenme durumunda ve çatıda konumlanan akümülatörlerin konumu ağırlık merkezini gösterildiği noktadan etki edecek şekilde kümelenmesidir (Şekil 4.11). Otobüste 30 oturan yolcu ve 40 ayakta yolcu seyahat etmektedir. Otobüsün viraj esnasında ani fren yapması sonucunda doğrusal kararlılığı bozulmamış olup nötr fren karakteristiği göstermiştir.



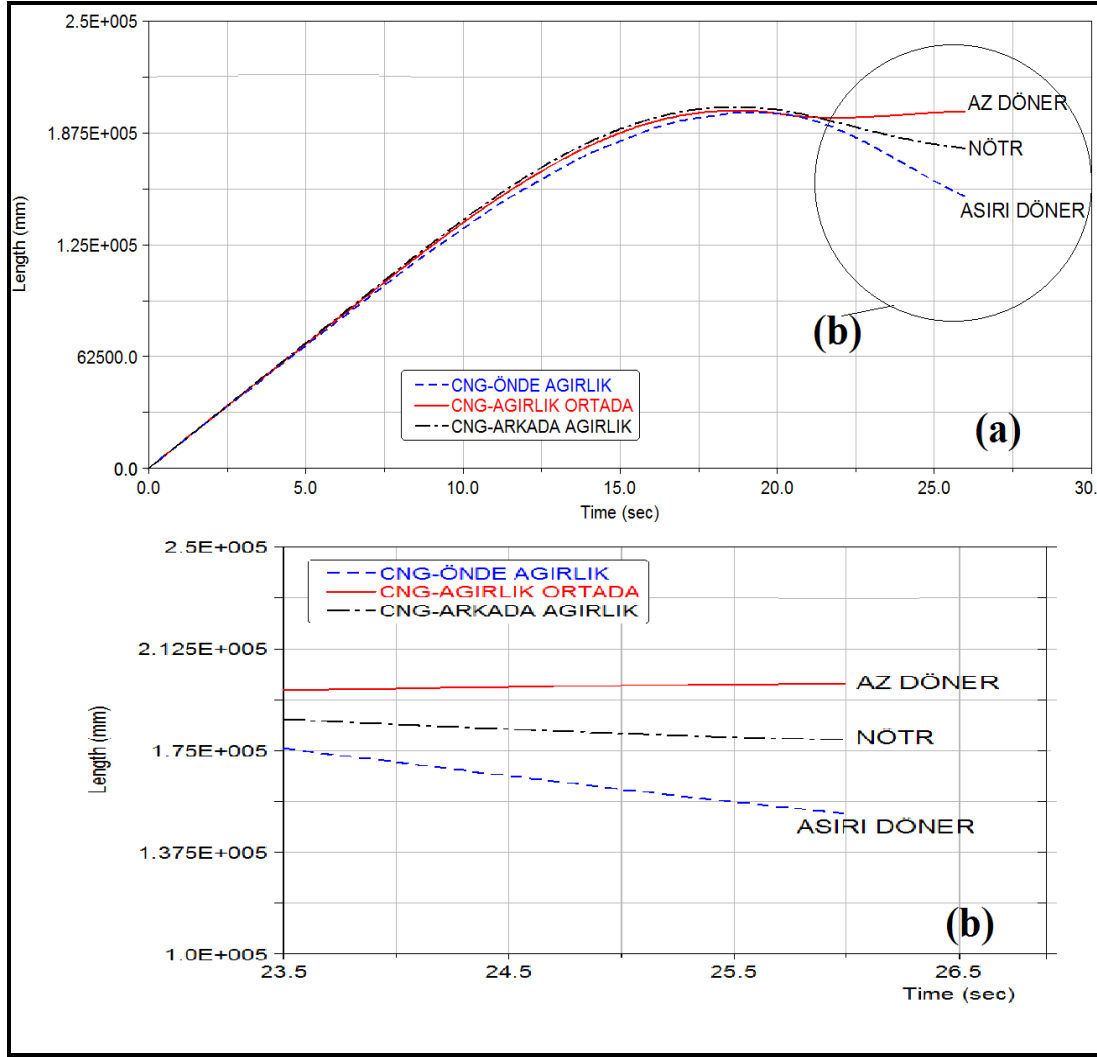


Şekil 4.11 HYB otobüs, yolcuların arkada kümelenme durumu ağırlık merkezi.

#### 4.5 CNG'li Otobüsün Virajdaki Frenleme Simülasyonu

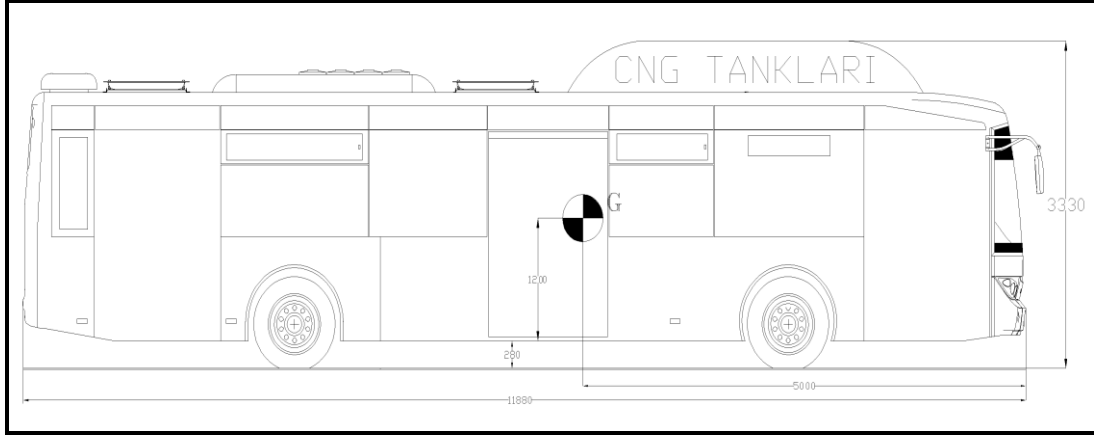
CNG ile çalışan otobüsün üzerine ön bölüme konumlandırılan CNG tankları ve yolcuların konumlarının ağırlık merkezi üzerindeki değişimleri matematiksel model üzerine CNG tanklarının modelleri yerleştirilip ağırlık merkezi hesaplanarak ve yolcuların kümelenme durumlarına göre 3 simülasyon yapılmıştır. DZ boş otobüste 1100 mm yükseklikte oluşan ağırlık merkezinin CNG'li otobüste 1200 mm yükseklikte olduğu matematiksel model üzerinden alınmıştır. CNG tankları gösterildiği noktada otobüsün ön bölümde sabitlenmiştir (Şekil 3.6).

Yolcu kümelenme, CNG tank ve ekipmanlarının konumundan dolayı değişiklik göstermektedir. CNG'li otobüs üzerine ön bölümde konumlandırılan doğal gaz tanklarının ve yolcuların ayakta bekleme yerlerinin ön bölümde oluşması otobüsün ağırlık merkezini geleneksel DZ otobüsten ve HYB otobüsten daha ön bölümde konumlanmasına sebep olmuştur. Şekil 4.12'de a'da simülasyon sonuçları genel olarak, b detayında ise frenleme süresi yaklaşıtırlmış olarak görülmektedir.



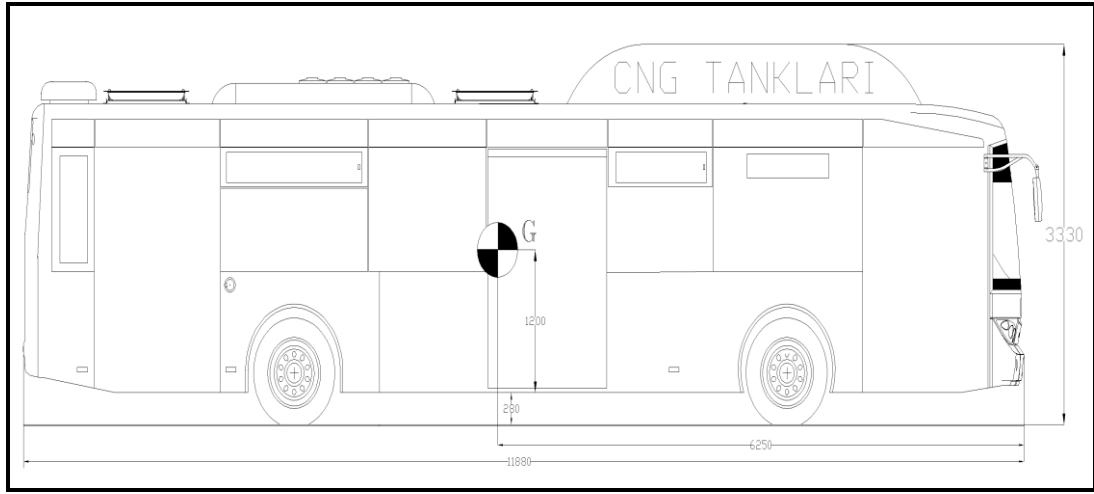
Şekil 4.12 CNG’li otobüste önde-ortada-arkada ağırlık, simülasyon sonucu (100 metreye göre).

Önde ağırlık; seyahat esnasında yolcuların, otobüsün ön bölümde kümelenme durumunda ağırlık merkezinin gösterildiği noktadan etki edecek şekilde kümelenmesidir (Şekil 4.13). Otobüste 30 oturan yolcu ve 40 ayakta yolcu seyahat etmektedir. Taşıtın ağırlığı 16800 kg olarak alınmıştır. CNG tanklarının önde konumlanması nedeni ile DZ ve HYB otobüste ön bölümde yolcu yığılmalı simülasyonda hesaplanan ağırlık merkezi 5250 mm’de oluşur iken, CNG ‘li otobüste 5000 mm olarak hesaplanmıştır. Taşıt hızı 50 km/h’dır. Otobüs dönemeçte ani fren yapması sonucunda aşırı döner viraj karakteristiği göstermiştir.



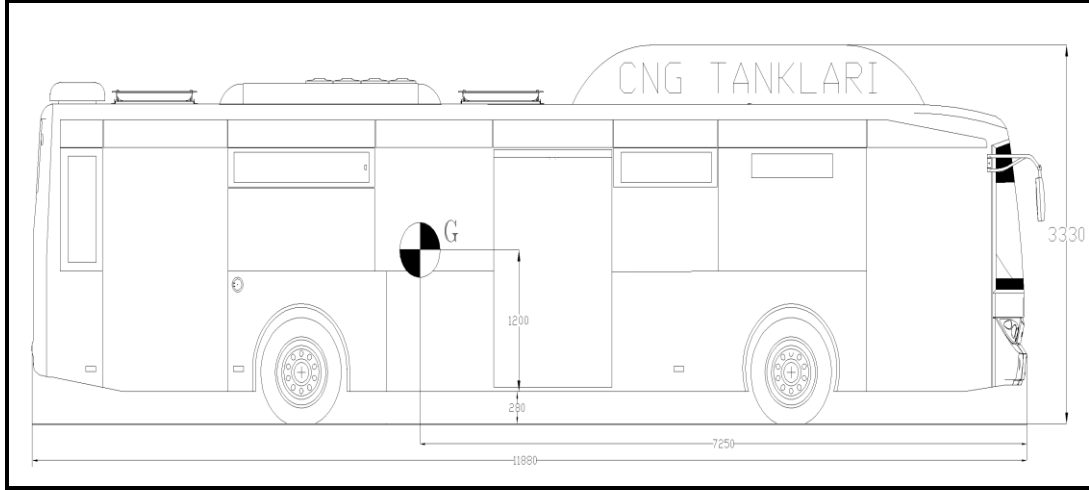
Şekil 4.13 CNG’li otobüs, yolcuların önde kümelenme durumu ağırlık merkezi.

Ortada ağırlık; seyahat esnasında yolcuların, otobüsün orta bölümde kümelenme durumunda ağırlık merkezini gösterildiği noktadan etki edecek şekilde kümelenmesidir (Şekil 4.14). Otobüste 30 oturan yolcu ve 40 ayakta yolcu seyahat etmektedir. Otobüs dönemeçte ani fren yapması sonucunda az döner viraj karakteristiği göstermiştir.



Şekil 4.14 CNG’li otobüs, yolcuların ortada kümelenme durumu ağırlık merkezi.

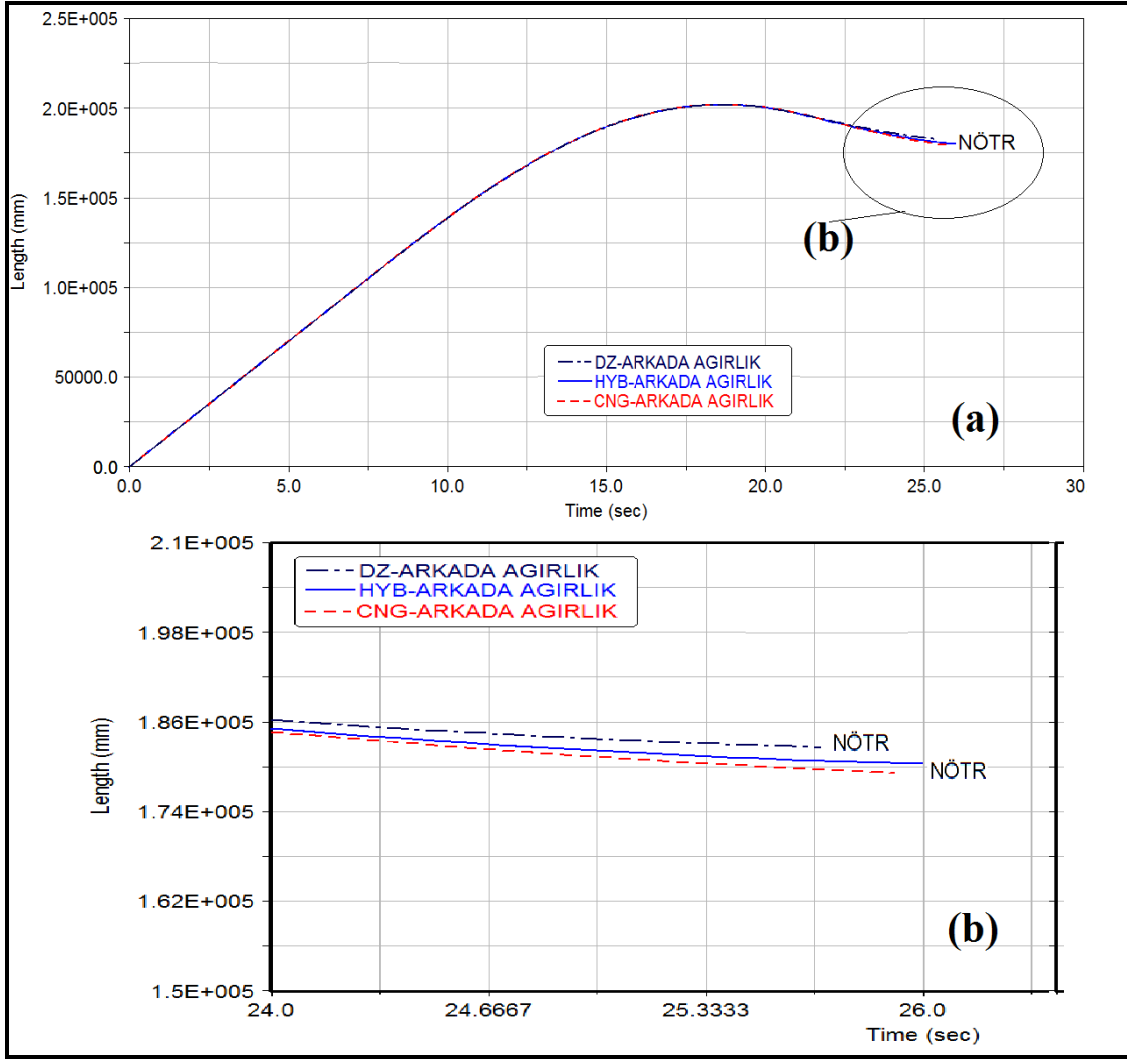
Arkada ağırlık; seyahat esnasında yolcuların otobüsün arka bölümde kümelenme durumunda ağırlık merkezini gösterildiği noktadan etki edecek şekilde kümelenmişlerdir (Şekil 4.15). Otobüste 30 oturan yolcu ve 40 ayakta yolcu seyahat etmektedir. Otobüs viraj esnasında ani fren yapması sonucunda doğrusal kararlılığı bozulmamış nötr frenleme karakteristiği göstermiştir.



Şekil 4.15 CNG’li otobüs, yolcuların arkada kümelenme durumu ağırlık merkezi.

#### 4.6 DZ-HYB-CNG’li Otobüsün Arkada Ağırlık Merkezi Frenleme Simülasyonu

Yapılan çalışmada elde edilen otobüsün dönemeçlerde ani fren yapması ile nötr sonuç elde edilen ağırlık merkezinin DZ-HYB-CNG’li otobüslerde arka bölümde kümelenme durumu üç taşıtın simülasyon sonuçları verilmiştir (Şekil 4.16). DZ-HYB-CNG’li otobüste arkada ağırlık frenleme simülasyonları. Şekil 4.16’de a’da simülasyon sonuçları genel olarak, b detayında ise frenleme süresi yakınlaştırılmış olarak görülmektedir.



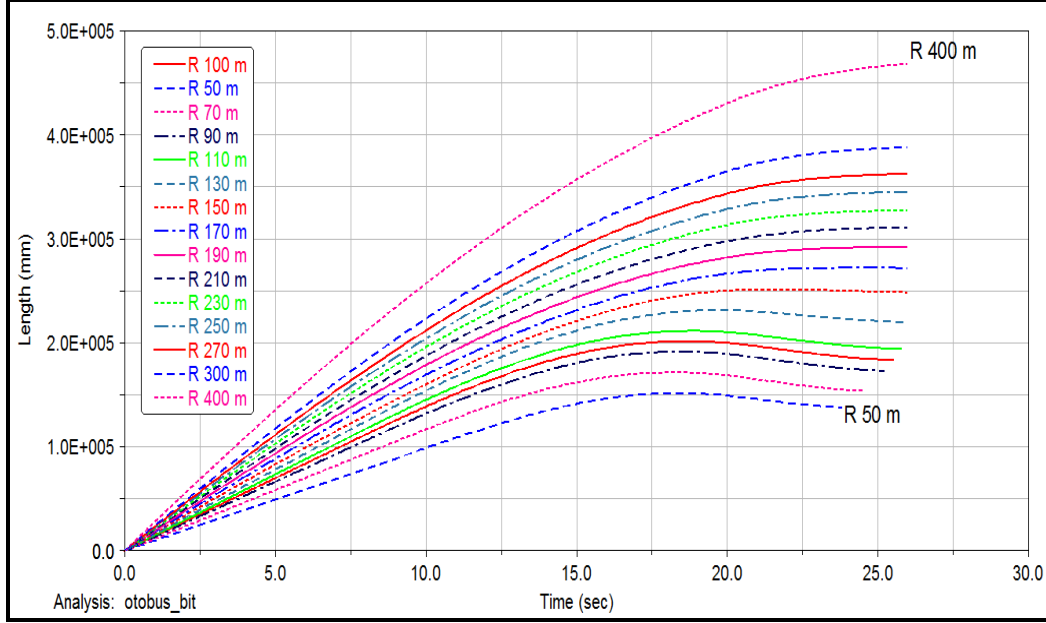
Şekil 4.16 DZ-HYB-CNG'li otobüste arkada ağırlık simülasyon sonucu (100 metreye göre).

Ağırlık merkezinin arka bölümünde oluşması durumunda üç farklı (DZ-HYB-CNG) otobüste de nötr fren karakteristiği göstermiştir.

#### 4.7 Simülasyonu Yapılan Çalışmanın Farklı Yarıçaplarda Sağlaması

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre; taşıtın ağırlık merkezinin arka bölümde oluşması durumunda taşıt dönemeçlerde frenleme anında doğrusal kararlılığı bozulmadan yavaşlamış ve durmuştur. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının, Karayolları Tadil Montaj Yönetmeliğine göre, karayollarında farklı yarıçaplarda dönemeçler bulunmaktadır. Bu dönemeçler göz önüne alınarak farklı viraj yarıçapları oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda nötr karakteristiğini elde edilen ağırlık merkezinin farklı yarıçaplarda simülasyonu Şekil 4.17'de gösterilmiştir.

Otobüs yolcular ağırlık merkezini arka bölümünde olacak şekilde konumlanmış, Otobüs 16000 kg ağırlığında ve 50 m'den itibaren 20 şer metre artırılarak 270 metre ve sonrasında da 300 ve 400 metre yarıçaplarda dönemeçlerde simülasyonu yapılmıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Farklı yarıçaplarda elde edilen simülasyonun sonuçları.

DZ-HYB-CNG otobüslerinin deneylerde tarafsız karakteristik (nötr) sonuç alınan, ağırlık merkezinin farklı yarıçaplarda dönüş karakteristiklerine etkilerinde değişimin olup olmadığını ve doğrusal kararlılığın bozulmadan stabil hale geldiğini görülmektedir.

Elde edilen sonuçlarda bu farklı viraj yarıçaplarında deney taşıtın stabil hale gelirken doğrusal kararlılığını bozmadan yavaşlaması aktif sürüş güvenliği açısından çok fazla önem taşımaktadır.

Yapılan R 50 – R 400 m arasında on beş farklı ağırlık merkezinin taşıtın arka bölmede olduğu hesaplanarak yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda otobüsün hareket halinden stabil hale gelene kadar yaptığı ani frenlemede doğrusal kararlılığın bozulmadan otobüsün yavaşlayıp durduğu görülmüştür (Şekil 4.17). Bu on beş farklı viraj yarıçapında yapılan deneyler, doğru ağırlık merkezi konumunu bulunan deneylerin sağlaması niteliğindedir. Bu on beş deneyde yukarıdaki deneylerde elde edilen

sonuçların bir istisnai durum olmadığı ve farklı viraj yarıçaplarında aynı viraj karakteristiğinin elde edildiği görülmektedir.

Frenleme durumunda taşıtın doğrusal kararlılığı bozulduğunda, taşıtın yn değişir. şoförün freni bıraktığı anda yolun durumuna göre taşıtın farklı şeride veya yolun dışına çıkıp trafik kazasının olması kaçınılmazdır. Bu durumda taşıtın frenlemeye başlama anından taşıt stabil duruma gelene kadar taşıt doğrusal kararlılığını bozmadan durabilmelidir. Bu deneylerde frenleme süresinde taşıtın doğrusal kararlılığı bozulmadan taşıtı stabil duruma getirebilmek için farklı yükleme konumlarında deneyler yapılmıştır. Farklı ağırlık merkezleri oluşturularak taşıtın güvenli bir biçimde stabil duruma gelebilmesi için tasarım esnasında yapılan değişiklikler, otobüsün ayakta bekleme yerlerinin, CNG tankları ve bataryaların arkada konumlandırılması ile çok daha güvenli frenleme performansının elde edildiği gözlemlenmiştir.

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yapılan çalışmada taşıtın farklı yolcu konumlanma durumlarında ve ileride kullanılması planlanan teknolojik envanterin taşıtın üst bölümünde konumlanması durumunda, taşıtın ağırlık merkezindeki değişimlerin viraj esnasında ani fren yapmanın otobüsün dönüş karakteristikleri üzerine etkileri analiz edilmiştir.

Taşıtın en önemli güvenlik sistemlerinden birisi de taşıtın doğrusal kararlılığını bozmadan yavaşlayıp durabilmesidir. Frenleme sistemi, değişkenleri çok olan, birçok etkinin üzerinde farklı sonuçlar gösterebildiği bir sistemdir. Bu sistem, taşıtın viraj esnasında savrulması ve buna bağlı ağırlık dağılımı ile çok daha karışık bir hal almakta ve virajdaki frenleme performansının hesaplanması zorlaşmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda koltuk yerleşimi ve araç üzerine gelecek ekipmanların planını taşıtın ağırlık merkezinin arka bölümde oluşmasını sağlayarak taşıtın virajda doğrusal kararlılığı bozulmadan yavaşlayarak stabil duruma gelmesi sağlanmakta ve böylece taşıtın aktif sürüş güvenliğini artırabilmektedir.

Geleceğin otobüsü olmaya aday HYB otobüslerin, üzerine yerleştirilecek olan akümülatörlerin ve CNG ile çalışan otobüslerde kullanılan doğalgaz tankları vb. gibi envanterlerin değişik bölgelerde konumlanmasının, ani frenleme performansını nasıl etkileyip ne gibi sonuçlara ulaşılacağı da bu çalışmada analiz edilmiştir. Tankların arkada bölümde konumlanması, ağırlık merkezinin arka bölümde oluşmasını sağlayarak otobüsün daha güvenli fren performansı göstermesini sağlamaktadır

Ağırlık merkezinin otobüsün tavanına yakın bir bölgede konumlanmasının virajdaki ani frenleme üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Otobüsün ağırlık merkezinin yüksekte oluştuğunda, önde ve ortada konumlanması durumunda az döner, arka bölümde oluşması durumunda tarafsız karakteristik göstermektedir.

Tasarımlarda göz önünde bulundurulması gereken diğer bir konu da koltuk yerleşimi ve ayakta seyahat eden yolcular için bekleme yerlerinin belirlenmesidir. Yapılan çalışma göstermiştir ki taşıtın doğrusal kararlılığını bozmadan yavaşlaması ve stabil duruma gelebilmesi için ağırlık merkezinin taşıtın arka bölümünde konumlanması



gerekmektedir . Bu durumda taşıt tarafsız (nötr) karakteristik özellik göstermekte ve güvenli biçimde yavaşlamaktadır.

Önde ve ortada ağırlık merkezi konumlandırılmalarında ise taşıtın doğrusal kararlılığı bozulmakta ve taşıt aşırı döner veya az döner viraj karakteristiği göstermekte ve kendi şeridinin dışına çıkmaktadır. Bu durum da aktif sürüş güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Kontrolsüz yapılan şerit değişikliği kazalara sebep olabilmektedir.

Oturan yolculardan çok, kapı önlerinde ve ayaktaki yolcular için ayrılan bölümler ağırlık merkezini değiştirmektedir. Yaklaşık olarak yapılan hesaplamada (12m şehir içi) otobüs içi toplam yolcu alanı şoför ve basamaklar hariç 21,19 m<sup>2</sup>, ayakta yolcu m<sup>2</sup> / kişi 8 ortalama ile 8.3 m<sup>2</sup> 66 kişi, oturan yolcu alanı 12.9 m<sup>2</sup> 30 kişidir. Yolcular ayakta olduğu takdirde daha az alanda daha çok yolcu taşınabilmektedir. Bu durum da ağırlık merkezini farklı etkilemektedir.

Yapılan araştırmada bağımsız süspansiyonlu alçak tabanlı halk otobüsünün daha güvenli fren performansı için ağırlık merkezinin taşıtın arka bölümünde oluşması durumunda virajdaki ani frenlemede tarafsız (nötr) karakteristik göstererek otobüsün yavaşladığı ve durduğu sonucu elde edilmiştir. Ayakta yolculuk yapan yolcuların yolcu sayısı/m<sup>2</sup> oranı ve otobüsün üzerine konulması planlanan ekipmanların ağırlık merkezi değişiminde etkili olduğu bilgisayar ortamında oluşturulan matematiksel model üzerinde ağırlıklar konularak simülasyon programları yardımı ile hesaplanmaktadır.

Öneriler:

Şekil E-1 de verilen daire içine alınmış üç sıra koltuk takımı Şekil E-2 deki gibi ön bölüme kaydırılarak, yolcuların ayakta bekleme ve engelli arabası yeri arka bölüme doğru 1 metre alınarak otobüsün ağırlık merkezi değiştirilebilir. Böylece otobüsün ağırlık merkezi daha güvenli fren performans gösterdiği bölgeye taşınmış olur.

Orta kapıyı yaklaşık olarak 75 cm arkaya kaydırarak, kapı önündeki bekleme alanının ve otobüsten inen yolcuların yoğunlaştığı bölgenin daha arkada oluşmasını sağlayarak, otobüsün ağırlık merkezinin arka bölümde oluşması sağlanabilmektedir.

HYB otobüste kullanılan akümülatörleri otobüsün orta bölümünden (Şekil E-3), daha arka bölüme Şekil E-4'deki gibi kaydırarak otobüsün ağırlık merkezinin arka bölümde oluşması sağlanabilir.

Şekil E-5'de gösterildiği gibi kullanılan CNG tanklarının ön bölümden arka bölüme Şekil E-6'da gösterildiği gibi kaydırılması, otobüsün ağırlık merkezinin arka bölüme kaymasını ve otobüsün frenleme performansını artmasını sağlamaktadır.

Otobüs tasarımında, ayakta bekleme yerlerinin taşıtın arka bölümünde oluşturularak ağırlık merkezinin taşıtın arka bölümünde konumlanması sağlanmaktadır. Otobüsün kapılarının önünde oluşacak yolcu yığılmaları nedeni ile ağırlık merkezi etkilemektedir. Otobüsün kapıları arka bölüme doğru yarım metre kaydırılır ise ağırlık merkezi kapı önünde oluşacak yığılmadan dolayı arkaya kaymış olur. Otobüsün üzerinde kullanılacak olan envanter arka bölümde konumlandırılıp ağırlık merkezinin arkada oluşması sağlanabilir.

Farklı çalışmalarda taşıt boyutları, taşıt yüksekliği gibi parametrelerin ağırlık merkezi değişimlerine etkileri ile farklı yol eğimi ve farklı ticari taşıtlar üzerinde araştırmalar yapılabilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Acar, A., (2003). Effects of suspension and steering parameters on handling of a light commercial vehicle. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi
- Avcı, A., (2007). Yerli üretim bir otobüs gövdesinin sanal ve gerçek prototiplemeyle karşılaştırmalı mukavemet analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Basic, ADAMS Full Simulation Training Guide, Part Number 12.0 View TR-01, www.adams.com.(21.06.2012)
- Bayar, K., (2006). Modeling of the Dynamics of multi-axle steered vehicles. The degree of master of science, The graduate school of natural and applied sciences, Mechanical Engineering, Middle East Technical University.
- Baykara, C., (2005). Otobüs karoserisinin bilgisayar yardımıyla incelenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya Üniversitesi.
- Bladh, K., (2012). Virtual full vehicle durability testing of a coach. Master of Science Thesis, Department of Vehicle Engineering, Royal Institute of Technology,
- Chakravarthy, K.V., (2013). Development of a steer axle tire blowout model for tractor semitrailers in trucksim. Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science, Graduate School of The Ohio State University.
- Chetan, J.S., Patel P.R., (2012). Parametric Analysis of Four Wheel Vehicle Using Adams/Car. *International Journal Of Computational Engineering Research* Vol. 2 Issue. 8:263-268
- Chikhale, S.J., Dr. Deshmukh, S.P. (2013). Comparative Analysis Of Vehicle Suspension System in Matlab-SIMULINK and MSC-ADAMS with the help of Quarter Car Model. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. Vol. 2, Issue 8: 4074-4081.
- Çetinkaya, S., (2005). Ankara, Taşıt mekaniği kitabı, nobel yayın evi.
- Demir, A., Çavdar. A., (2005). Taşıt Kullanım karakteristikleri açısından az dönerlik

(understeer) ve aşırı dönerlik (oversteer)incelenmesi. Uluslararası Konferans, Marmara Üniversitesi.

Duvall, M.S.,(2005). Battery Evaluation for Plug-In Hybrid Electric Vehicles, Battery evaluation for plug-in hybrid electric vehicles, Vehicle Power and Propulsion, 2005 IEEE Conference Page(s):338-343.

Gerdes, J.C., Yih, P., Satyan, K., (2002). Safety Performance and Robustness of Heavy Vehicle AVCS , Year One Report for MOU 390.

Göktaş, A.G., Güney A., Ereke M, (1995). Taşıt frenlerinin incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Otomotiv Anabilim Dalı.

Gipsper, M. (2005). Tire: a physically based application-oriented tyre model for use with detailed MBS and finite-element suspension models. Vehicle Systems Dynamics, **43** (Supplement/2005): 76 - 91.

Hasağasıoğlu, S., (2010). 6x2 Ağır bir ticari taşıtın seyir dinamiği özelliklerinin sayısal yöntemler ile incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Kahraman, K., (2011). Yol taşıtları için savrulma açılma hız tahmini. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Karanam, V. M., Chatterjee, A., Ghosal, A., (2011). Procedural aspects of modeling the dynamics of a three wheeled vehicle using ADAMS-CAR, Version 3: Sep27

Karanam, V.M., Chatterjee, A., (2011). Common underlying steering curves for motorcycles in steady turns, Vehicle system dynamics, Vol. 49, No. 6: 931-948.

Kowarska, I., Skarbek, J., Kuczek, K., Uhl, T. (2011). Model-Based engineering-simulations based desing of the suspension of city bus. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, Vol. 18, No. 4.

Kuralay, N.S., (2008), Motorlu taşıtlar yapı elemanları, Fren çeşitleri frenin taşıt üzerine etkileri. 1. Baskı, İzmir, 40-60

Kumaş, H., Gencer, C., Maraş, H., (2012). Ağır araçlar için yol eğimi ve viraj yarıçapı dikkate alınarak en hızlı güzergâhın belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik

ve Mimarlık Fakültesi. Der. Cilt 27, No 2.

Orgül, B., O., Koyuncu, M.L., Dileroglu,S., Gökçe. H.,(2010). Ticari araç geliştirme projesi kapsamında dinamik modelin testler ile doğrulanması. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, Bursa.

Sert, E., Dileroglu, S., Bilir, M., (2014). Alçak tabanlı otobüslerde kullanılan portal aksta parametre optimizasyonu, Otomotiv Teknolojileri Kongresi, Bursa.

Tekin, G., (2008).Desing and simulation of an integrated active yaw control system for road vehicles. The desree of master of science, The graduate school of natural and applied sciences, Mechanical engineering, Middle East Technical University.

Topaç, M.M., Kuralay N.S., (2009). Yolcu otobüsü stabilizatörünün bilgisayar destekli tasarımının incelenmesi. Mühendis ve Makine Dergisi cilt :50 sayı :594.

Topaç, M.M., Özdel.S., Kuralay.N.S., (2010). Çift enine yön vericili askı sisteminin bilgisayar destekli konum analizi. Mühendis ve Makine Dergisi cilt :51 sayı :604.

Ünlüsoy, S., 2008. Automotive Engineering II Ders Notları, ODTÜ

Yang, S. Yang, W. and Yang, Y., (2007). Measurement of vehicle-load using capacitance and acceleration transducers. *Journal of Physics: Conference Series* doi:10.1088/1742-6596/76/1/012020.

Yılmaz, M., (2011). Different type of materials and foam application on vehicle rollover analysis of buses. Master of Science Thesis, Institute of natural and applied sciences, Çukurova University.

Zhao, X., Gao. Z., (2005). A new car-following model: full velocity and acceleration difference model. School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing, P.R. China.

Zhu, T.J., and Zong, C.F., 2009. Research on Heavy Truck Rollover Prevention Based on LMI Robust Controller. Pages: 167-170.

<http://idari.cu.edu.tr/sempozyum/bil56.htm>,

Erişim Tarihi: 02.03.2014.

<http://www.tuik.gov.tr>

Erişim Tarihi: 04.05.2014

<http://www.wikipedia.org>

Erişim Tarihi: 03.09.2014

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gökhan ÖTNÜ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Acıpayam/DENİZLİ 31/05/1984  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim (Telefon/e-posta) : +90 555 583 21 09 / gokhanotnu@gmail.com

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Mithat Paşa E.M.L 1998-2001  
Ön Lisans : Adnan Menderes Üniversitesi 2003-2005  
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi 2006-2010  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi 2012-2015

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : BMC Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş. Otobüs  
Bölümü Mühendislik Müdürlüğü / 01.10.2011-  
devam ediyor

Yayımları (SCI ve diğer) :

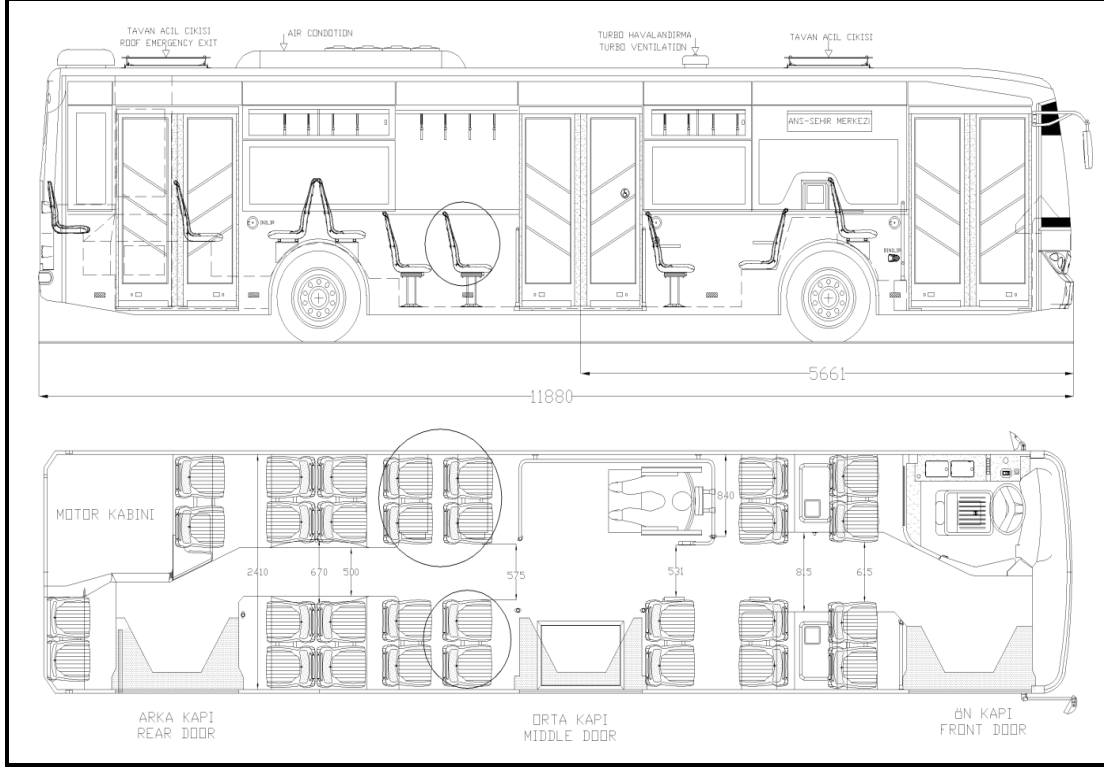
Diğer konular

**EKLER**  
**ŞEKİLLER DİZİNİ**

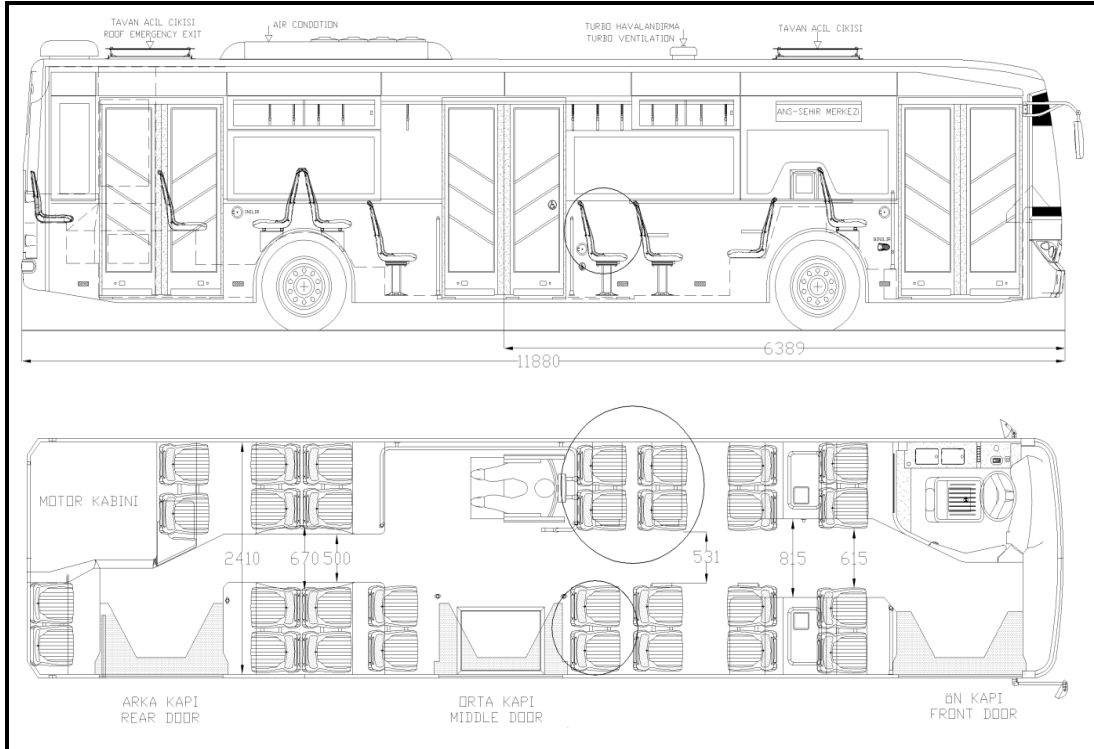
	<b>Sayfa</b>
<b>Şekil E.1</b> Otobüsün normal oturma planı.....	51
<b>Şekil E.2</b> Otobüsün yenilenmiş oturma planı.....	51
<b>Şekil E.3</b> Hibrit otobüsün yerleşim planı.....	52
<b>Şekil E.4</b> Hibrit otobüsün yenilenmiş yerleşim planı..	52
<b>Şekil E.5</b> CNG ile çalışan otobüsün yerleşim planı .....	53
<b>Şekil E.6</b> CNG ile çalışan otobüsün yenilenmiş yerleşim planı..	53



## Ek-1 : Otobüsün Önerilen Koltuk Yerleşim Planı

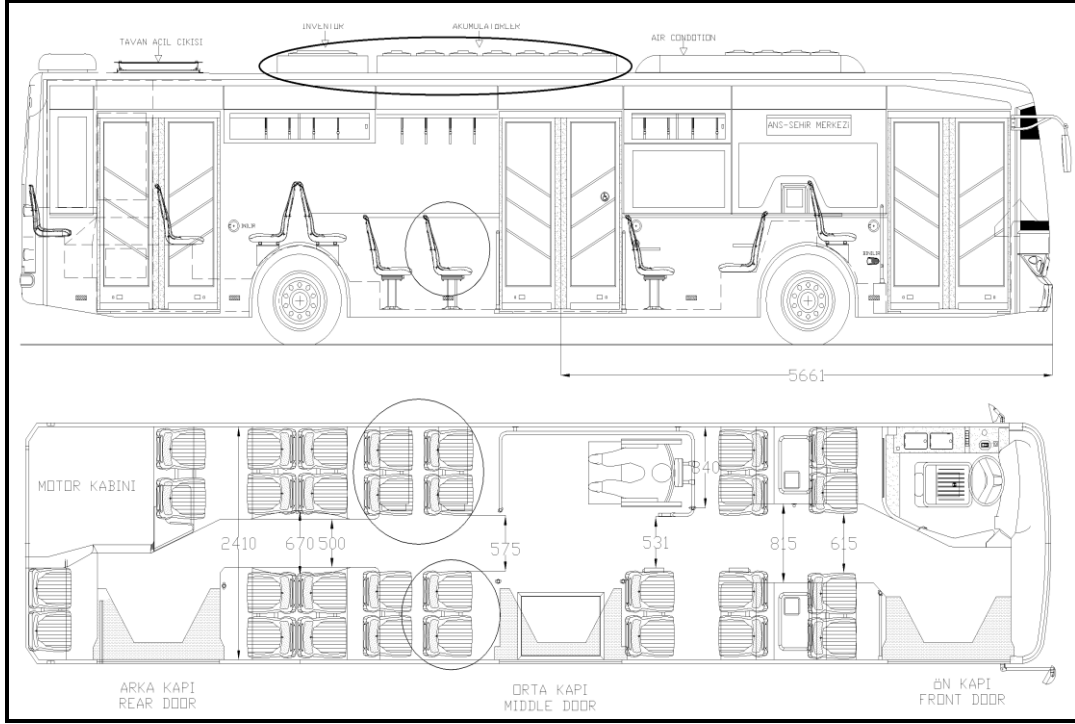


Şekil E-1 Otobüsün normal oturma planı.

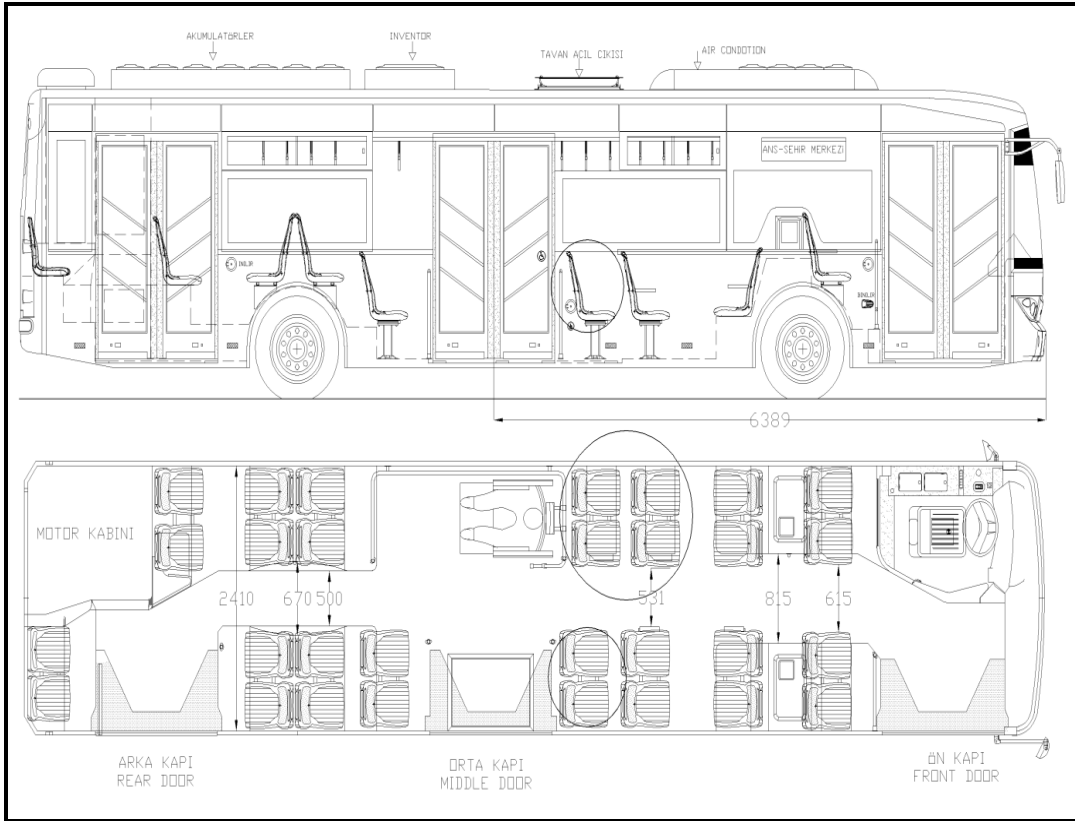


Şekil E-2 Otobüsün yenilenmiş oturma planı.

## Ek-2 : Hibrit Otobüsün Yerleşim Planı

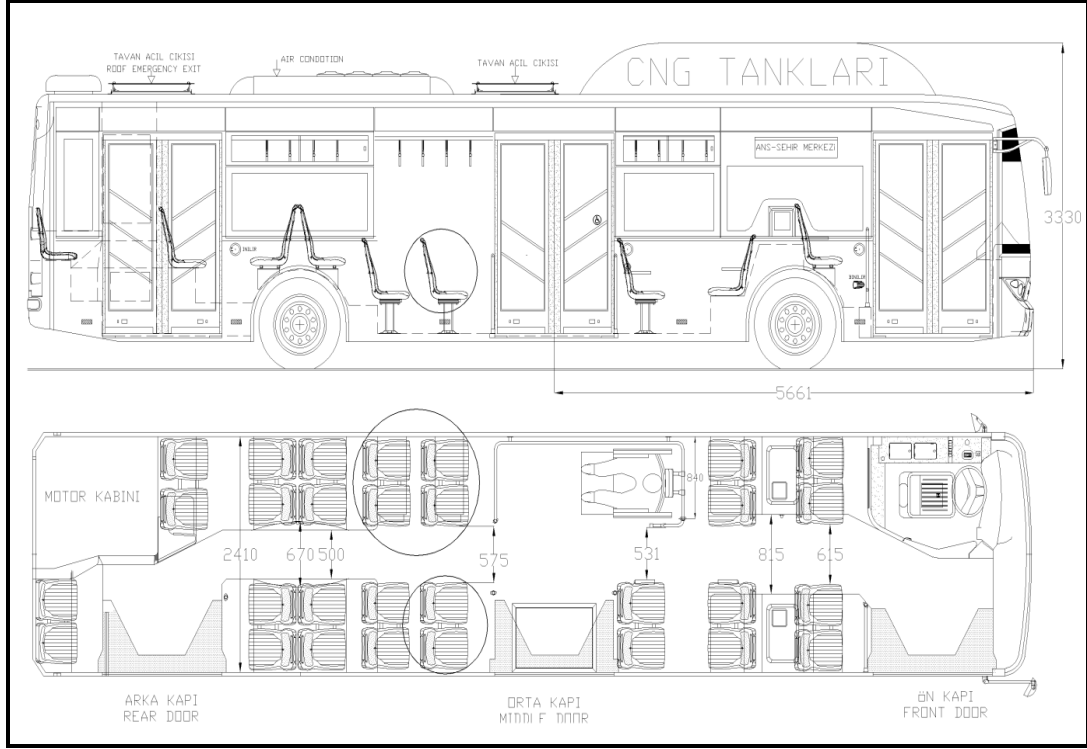


Şekil E-3 Hibrit otobüsün yerleşim planı.

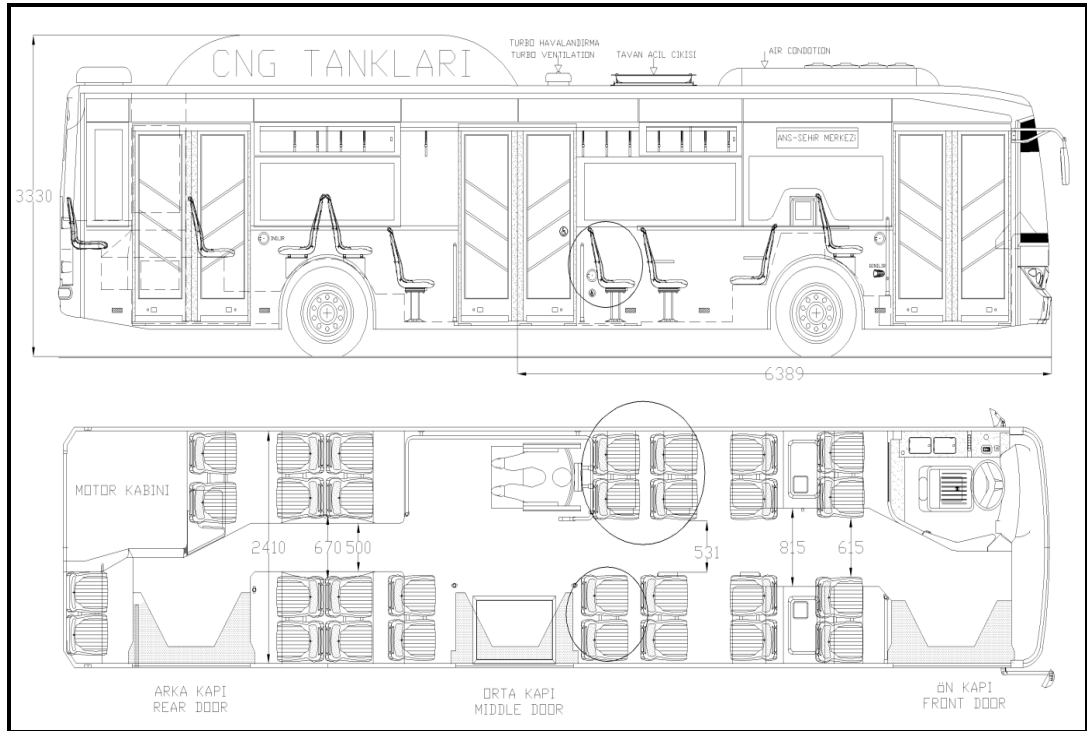


Şekil E-4 Hibrit otobüsün yenilenmiş yerleşim planı.

### Ek- 3 : CNG ile Çalışan Otobüsün Yerleşim Planı



Şekil E-5 CNG ile çalışan otobüsün yerleşim planı.



Şekil E-6 CNG ile çalışan otobüsün yenilenmiş yerleşim planı.