

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASANSÖR PARAŞÜT FREN SİSTEMİNİN  
MODELLENMESİ VE SİMÜLASYONU**

Makine Mühendisi Kürşad Can COŞKUN

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ahmet SAĞIRLI(YTÜ)**

**İSTANBUL,2011**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ .....	viii
ÖNSÖZ .....	ix
ÖZET .....	x
ABSTRACT .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
1.1 Geçmişte Yapılmış Çalışmalar .....	1
1.2 Çalışmanın Kapsamı .....	3
2. ASANSÖRÜN TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ.....	4
3. ASANSÖRLERİN MEKANİK DONANIMI .....	12
3.1 Kabin.....	13
3.2 Karşı Ağırlık.....	13
3.3 Asansör Kuyusu.....	13
3.4 Makine Dairesi .....	13
3.5 Asansör Kapıları .....	13
3.6 Kılavuz Raylar.....	14
3.7 Askı Elemanı .....	14
3.8 Makine Grubu.....	14
3.8.1 Redüktörlü Asansör Makinesi .....	14
3.8.2 Redüktörsüz Asansör Makinesi .....	14
3.9 Fren Mekanizması .....	14
3.10 Güvenlik Tertibatları.....	15
3.10.1 Elektrikli Güvenlik Tertibatları .....	15
3.10.1.1 Kapı Kilitleri.....	15
3.10.1.2 Aşırı Yük Kontakları .....	15
3.10.1.3 Sınır Kesiciler .....	15
3.10.2 Mekanik Güvenlik Tertibatları .....	16
3.10.2.1 Tamponlar .....	16
3.10.2.2 Paraşüt Fren Sistemleri .....	17
3.10.2.3 Regülatör .....	19
3.10.2.4 Ani Frenlemeli Paraşüt Fren Sistemi .....	23

3.10.2.5	Ani Frenlemeli Tampon Etkili Paraşüt Fren Sistemi.....	24
3.10.2.6	Kaymalı Paraşüt Fren Sistemi .....	25
4.	ASANSÖR PARAŞÜT FREN SİSTEMİ MODELLENMESİ.....	27
4.1	Model Paraşüt Fren Sistemi Tanıtım Ve Çalıştırılması .....	27
4.2	Model Oluşturma.....	28
4.2.1	Yapılan Kabuller.....	28
4.2.2	Sonuçların İncelenmesi.....	29
4.3	Fiziksel Model ve Matematiksel Model .....	29
4.3.1	Simülasyon .....	30
4.3.1.1	Senaryo 1.....	31
4.4	Yetersiz Kuvvet Uygulama Durumları .....	33
4.4.1	Sürtünme Kuvveti Mg Ye Eşit Olduğu Durumda .....	33
4.4.1.1	Senaryo 2.....	33
4.4.2	Sürtünme kuvveti mg den düşük bir değer aldığında .....	35
4.4.2.1	Senaryo 3.....	35
4.5	Gerçek Kaymalı Fren Modeli.....	36
4.6	Tabak (Disk) Yaylar .....	39
4.7	Örnek Kaymalı Paraşüt Fren Sistemi.....	45
4.7.1	Senaryo 1: Başlangıç Sürtünme Kuvvetinin 1.6mg ye Eşit Olması Durumu .....	45
4.8	Örnek Kaymalı Güvenlik Sisteminde Uygulanan Sürtünme Kuvvetinin Değişik Senaryolarda Uygulandığı Durumlar .....	48
4.8.1	Senaryo 2: Başlangıç Sürtünme Kuvvetinin mg ye Eşit Olması Durumu .....	48
4.8.2	Senaryo 3: Başlangıç Sürtünme Kuvvetinin mg den Daha Düşük Olması Durumu.....	51
4.9	Kaymalı Paraşüt Fren Sistemi Kullanılan İki Kabin Ve Bunların Arasında Sönümleyici Takoz Konulması .....	53
4.10	Kaymalı Frenler Kullanılarak Elde Edilmiş Çeşitli Hız, Zaman Grafikleri .....	59
4.11	Müsaade Edilebilir Kütle .....	61
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	65
	KAYNAKLAR.....	66
	EKLER.....	68
Ek 1	Paraşüt Fren Sistemi ile ilgili TS10922 EN 81-1/NİSAN 2001 Standartları .....	69
Ek 2	Asansör Firmasının Yaptığı Testler .....	85
Ek 3	Belleville Springs Firmasının Tabak Yay Kataloğundan İlgili Sayfa.....	88
	ÖZGEÇMİŞ.....	89

## SİMGE LİSTESİ

$x$	Kat edilen yol
$\ddot{x}, a$	İvme
$\dot{x}, V$	Hız
$min$	Asgari
$maks$	Azami
$g_n$	Anma ivmesi
$m$	Uzunluk birimi: metre
$s$	Zaman birimi: saniye
$s$	Yayın sıkışma miktarı
$k$	Yay katsayısı
$b$	Sönümleme katsayısı
$F_s$	Sürtünme kuvveti
$N$	Normal kuvvet
$T$	Teğet kuvvet
$F_y$	Yay kuvveti
$n$	Kullanılan miktar
$g$	Yerçekimi ivmesi
$\mu$	Sürtünme katsayısı
$D_d$	Tabak yay dış çapı
$D_i$	Tabak yay iç çapı
$t$	Tabak yay kalınlık
$h_o$	Tabak yay konik yüksekliği
$l_o$	Tabak yay yüksekliği
$k_t$	Tabak yay tepki katsayısı
$P$	Boş kabin ağırlığı
$Q$	Beyan yükü
$E$	Elastisite modülü
$\delta$	Tabak yay dış çap, iç çap oranı
$K_1$	Tabak yay katsayısı
$V_o$	Regülatörün devreye girdiği hız

## KISALTMA LİSTESİ

TS	Türk Standartları
EN	European Norm
MatLAB	Matrix Laboratory
MÖ	Milattan Önce
Arge	Araştırma Geliştirme

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	İlk Çağlarda Kullanılan Kaldırma Makineleri [2]..... 4
Şekil 2.2	Teagle Asansörü (İmrak ve Gerdemeli, 2000)..... 6
Şekil 2.3	Buhar Asansörü (Otis Asansör Şirketi) ..... 6
Şekil 2.4	Elisha G. Otis'in Crystal Palace'da Yaptığı Güvenlik Deneyi (İmrak ve Gerdemeli, 2000) ..... 7
Şekil 2.5	Hidrolik Asansör (F. Dye, , 1895) ..... 8
Şekil 2.6	Eiffel Asansörleri ( <i>La Nature</i> , 1889) ..... 10
Şekil 3.1	Asansör ve Bölümleri (Gaye Asansör, 2010) ..... 12
Şekil 3.2	Tamponlar: a)Poliüretan b) Yaylı c)Hidrolik (İmrak ve Gerdemeli, 2000) ..... 16
Şekil 3.3	Regülatör (MP Yener, 2010) ..... 21
Şekil 3.4	Hız Regülatörü Devreye Girme Durumu ..... 22
Şekil 3.5	Regülatörün Bağlanma Şekli ..... 22
Şekil 3.6	Ani Frenlemeli Paraşüt Fren Sistemleri: a)Makaralı Tip b)Eksantrik Kam Tipi c)Kamalı Tip (İmrak ve Gerdemeli, 2000)..... 24
Şekil 3.7	Kaymalı Paraşüt Fren Sistemi (Pzhlz.net, 2010) ..... 26
Şekil 4.1	Gerçek Kaymalı Paraşüt Frenin İzometri Görünüşü ..... 28
Şekil 4.2	Asansör Temel Kabin Modeli ..... 29
Şekil 4.3	Asansörün Düşmesini Modelleyen Serbest Cisim Diyagramı..... 30
Şekil 4.4	İdeal Kuvvet Uygulanan Kaymalı Frenleme Modeli ..... 31
Şekil 4.5	İdeal Kuvvet Uygulanan Kaymalı Frenleme Modeli İçin Modelin Verdiği Cevaplar..... 32
Şekil 4.6	İdeal Kuvvet Uygulanan Kaymalı Frenleme Modeli İçin Sürtünme Kuvveti mg'ye Ayarlandığı Durumda Sistemin Verdiği Cevaplar ..... 34
Şekil 4.7	İdeal Kuvvet Uygulanan Kaymalı Frenleme Modeli İçin Sürtünme Kuvveti < mg'ye Ayarlandığı Durumda Modelin Verdiği Cevaplar ..... 35
Şekil 4.8	Frenleme Esnasında Silindir Üzerinde Oluşan Kuvvetler (Janovsky, 1993) .. 36
Şekil 4.9	Model Fren Kısımları ..... 37
Şekil 4.10	Kuvvetlerin Model Fren Elemanları Üzerinde Gösterimi ..... 37
Şekil 4.12	Matlab Simulinkte Simüle Edilmiş Örnek Tabak Yayın Karakteristiği..... 39
Şekil 4.13	Tabak Yaylar a)Dikdörtgen Kesitli Nokta Temaslı, b)Dikdörtgen Kesitli Dayanma Yüzeyle, c) Trapez Kesitli (Babalık, 1997)..... 40
Şekil 4.14	Tabak Yay Bağlantı Şekilleri (Babalık, 1997)..... 40
Şekil 4.15	Tabak Yayın Boyutları ..... 44
Şekil 4.16	Kaymalı Fren Üzerinde Modeli Tabak Yay Etkisinin Modele Uygulanması .. 45
Şekil 4.17	Örnek Kaymalı Paraşüt Fren Sisteminde Yay Ön Sıkıştırması Sürtünme Kuvvetini 1.6 mg Olacak Şekilde Ayarlandığında Sistemin Verdiği Cevaplar 46
Şekil 4.18	Örnek Kaymalı Paraşüt Fren Sisteminde Yay Ön Sıkıştırması Sürtünme Kuvvetini mg Olacak Şekilde Ayarlandığında Sistemin Verdiği Cevaplar ..... 49
Şekil 4.19	Örnek Kaymalı Paraşüt Fren Sisteminde Yay Ön Sıkıştırması Sürtünme Kuvvetini mg Değerinden Küçük Olacak Şekilde Ayarlandığında Sistemin Verdiği Cevaplar ..... 51
Şekil 4.20	Asansöre Sönümleyici Takoz Uygulanması..... 53
Şekil 4.21	M1 Kütlesi İçin Serbest Cisim Diyagramı ..... 54
Şekil 4.22	M2 Kütlesi İçin Serbest Cisim Diyagramı ..... 54
Şekil 4.23	İki Kabin Arasında Sönümleyici Takoz Bulunan Kaymalı Paraşüt Fren Blok

	Diyagramı .....	56
Şekil 4.24	İki Kabin Arasında Sönümleyici Takoz Bulunan Kaymalı Paraşüt Frende m1 ve m2 Kütlelerinin Simülasyon Sonucu Verdikleri Cevaplar .....	57
Şekil 4.25	Örnek Kaymalı Fren Kullanarak Oluşturulan Modelin, Hız, Zaman Grafiği..	59
Şekil 4.26	Örnek Kaymalı Fren Kullanarak Yapılan Deneyin Hız, Zaman Grafiği (Metroplast, 2010).....	59
Şekil 4.27	Kone Firmasının Mekanik Servo Sistemine Sahip Kaymalı Frenleri İle Yaptığı Deneyin Hız, Zaman Grafiği (Jong, 2004) .....	60
Şekil 4.28	Mekanik Servo Prensipli Kaymalı Fren (Kone Inc.).....	60
Şekil 4.29	1.6 mg İçin Sabit Sürtünmede Müsaade Edilebilir Kütle Grafiği.....	62
Şekil 4.30	Kaymalı Fren Kullandığımızda Müsaade Edilebilir Kütle Grafiği.....	63
Şekil 4.31	İki Kabin Ve Aralarında Sönümleyici Takoz Olduğu Halde Müsaade Edilebilir Kütle Grafiği .....	64

## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Ortalama Duruş Mesafesi Tablosu.....	18
Çizelge 3.2 Regülatör Çalışma Hızları [m/s] .....	20
Çizelge 4.1 Yaprak yay Dizilişlerine göre Kuvvet, Yaylanma ve Yay Katsayıları (Babalık, 1997).....	41
Çizelge 4.2 DIN 2093' e Göre Tabak Yaylar ve Boyutları (Babalık, 1997) .....	42
Çizelge 4.3 DIN 2092'ye Göre Tabak Yaylar İçin K1,K2,K3,K4 Değerleri (Babalık, 1997)43	43
Çizelge 4.4 Belleville Springs Firmasının Tabak Yay Kataloğundan Seçilen ve Modellemede Kullanılan Tabak Yay [1].....	43

## ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen ve bana daima yol gösteren tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet Sağırlı'ya, Makine Fakültesi'ne mensup değerli hocalarıma, ayrıca eğitim ve öğretim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan pek değerli anneme, babama, kardeşime ve sevgili nişanlıma teşekkürü bir borç bilirim.

## ÖZET

Günlük hayatta yapılan kısa yolculuklarda asansörlerin önemli bir yeri vardır. Asansörler uzun zamandan beri çalışmaktadırlar ve uzun yıllardır işletim halinde oldukları halde hala en güvenilir yolcu taşıma araçlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu güven daha çok asansörlerin yapımında ve montajında alınmış güvenlik kurallarına dayanmaktadır. Asansörlerde kullanılmakta olan ve karşılaşılan ve en istenmeyen kaza olan asansörün kontrolsüz hızlanmasına karşı alınmış en büyük önlem paraşüt fren sistemi tertibatıdır.

Bu çalışmada modern asansörlerde kullanılmakta olan kaymalı paraşüt fren sisteminin çeşitli koşullara göre modellenmiş ve matematiksel analizi yapılmıştır. Analizlerde yardımcı olarak MatLAB paket programından ve bu programın eklentisi Simulink programından faydalanılmıştır.

Tezin birinci bölümünde asansörün bir tanımı yapıldıktan sonra ikinci bölümde asansörün tarihçesi ve gelişimi üzerinde durulmuştur, üçüncü bölümde asansörü oluşturan mekanik aksam anlatılmaya çalışılmış ve asansörlerde kullanılmakta olan paraşüt fren sistemleri ve bu sistemleri tetikleyen regülatörler incelenmiştir.

Son bölümde tezin ana konusunu oluşturan kaymalı paraşüt fren sistemleri çeşitli yüklemeler ile oluşturulan senaryolar incelenmiştir. Kaymalı paraşüt fren sisteminde yay kullanımının sisteme olan katkısı incelenmiştir. Kaymalı fren ile birlikte iki kabin arasında sönümleyici takoz konularak bu durumun ortaya çıkardığı sonuçlara bakılmıştır. Çalışmada elde edilen hız, zaman grafiği sonucu gerçek hayatta yapılmış olan testlerin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Son olarak müsaade edilebilir kütle konusu ele alınmış çeşitli senaryolar bakımından sistem araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kaymalı paraşüt fren sistemi, sönümleyici takoz, müsaade edilebilir kütle, regülatör, MatLAB, Simulink, modelleme, simülasyon.

## ABSTRACT

Short travels, which are done in daily life takes much of man's life. Although they are in operation for a long time elevators are still known as the safest transport vehicle. This trust is come from the safety regulations taken into consideration while building elevators. Safety gears are the major protection taken against extreme fail risks like uncontrolled motion of elevators.

In this thesis progressive safety gears that are using in today's elevators are modeled and mathematically analyzed for various conditions. MatLAB mathematical analyze program and its add on program Simulink is used for mathematical analysis.

First part of thesis description of the elevator is done, in second part of the thesis history and development of elevators is mentioned, in third part of thesis mechanical components that form the elevator is described and safety gears and governor systems that are using with the elevators are described.

On last part of the thesis progressive safety gears that are forming the main subject is analyzed. Usage of springs in progressive gear is analyzed. It is analyzed that if damping pads are used between two cabins of elevators with progressive safety gears what are the outcomes. Velocity, time graph which is a result of analyze of thesis compared with the actual test experiment results of the real life. And last system is examined for permissible mass subject for various events.

**Keywords:** Progressive safety gear, damping pad, governor, modeling, simulation, MatLAB, Simulink, permissible mass.

## 1. GİRİŞ

Asansör bir binanın, aracın veya yapının birbirleri arasında yükseklik farkı olan iki seviyesi arasında insan ve / veya yükü, hızlı, güvenli ve konforlu olarak taşıyan, transportunu sağlayan makineler olarak tanımlanabilir. Günümüzde şehirleşme dikey olarak gelişmektedir. Büyük kentlerde giderek artan yüksek binaların sayısı insanları tek veya birkaç katlı yapılardan uzaklaştırmış sonuçta bu yüksek binalarda gereksinim duyulan diğer katlara ulaşım isteği, asansörlere olan talebi arttırmıştır.

1800lerin başından itibaren başlayan yüksek bina yapma merakı bu binaların içinde olmazsa olmaz ulaşımı sağlayacak yeni bir buluşu gerektirdi: modern asansörler. Gün geçtikçe bu yeni teknolojiye öyle bağımlı hale gelinmiştir, öyle kolaylıklar sağlamıştır ki modern asansörler az katlı binalarda bile özürülü kişilerin rahat olarak taşınmasında kullanılmaya başlanmıştır.

Günlük hayatta birçok yerde karşımıza çıkmakta olan asansörlerin olmazsa olmazı güvenlidir. Asansörün tüm elemanlarının mukavemetinin en üst düzeyde olması istenmiştir. Bu istek standartlar tarafından güvence altına alınmıştır. Ülkemizde uygulanan standart Nisan 2001 de yayınlanmış, TS 10922 EN 81-1 numaralı, “Asansörler yapım ve montaj için standartlar” adı altında tanımlanmıştır. Avrupa’da kullanılmakta olan standart ise bizim de standardımızı aldığımız EN 81-1 numaralı “Safety rules for the construction and installation of lifts” standarttır.

Güvenlik denilince insanları tedirgin eden yegâne olay asansörün kontrolsüz şekilde hızlanmasıdır. Bu hızlanma genellikle asansörü taşıyan halatların işlevsiz kalmasıyla veya kopmasıyla asansörün hızla aşağı doğru düşmesiyle meydana gelmektedir. Bu kontrolsüz hızlanma istenmeyen şekilde asansörün taşıdığı yüke zarar gelmesine; insanların yaralanması ve sonuçta mal hasarı veya kaybı olmaktadır.

### 1.1 Geçmişte Yapılmış Çalışmalar

Daha önce asansör üzerine pek çok çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğunluğu yurtdışı kaynaklı olduğu gözlenmektedir.

Said Bedir (2007) tarafından yapılmış olan çalışmada çift yönlü asansör fren bloklarının modellenmesi ve sonlu elemanların analizi konulu tezdir. Tez içeriğinde TS EN 81-1 standardı dâhilinde çalışan asansörde silindir tipi ani frenlemeli paraşüt fren sisteminde fren esnasında maruz kaldığı gerilmeler hesaplanmış, sonlu eleman yöntemiyle analizi yapılmıştır.

Serhat Koç (2009) çalışmasında, asansör kılavuz ray konsollarının gerilme analizi yapılmıştır. Bu tezde asansör sisteminin etkili elemanlarından olan kılavuz raylarının analitik hesapları yapılmış, kılavuz raylarını duvara montajını sağlayan kılavuz ray konsollarının üzerinde farklı durumlarda ve farklı yüklemelerde sayısal hesapları yapılmıştır. Konsolların modelleri oluşturulmuş, analiz programı yardımıyla gerilme ve sehim analizleri yapılmıştır.

Zafer Dedeoğlu (2006) tarafından yapılan çalışmada, elektrik kesintilerine karşı asansör kurtarma sistemi tasarımı ve uygulaması başlıklı tezinde enerji kesintisi olduğu zaman iki kat arasında kalmış asansörün kata kadar getirilmesi işlemini gerçekleştirmiştir.

Ali Sinan Ertürk (2008) çalışmasında, asansör karşı ağırlık tasarımı ve gerilme analizi konusu ele alınmış, karşı ağırlığın hangi yüklere maruz kalabileceği üzerine hesaplamalar yapılmış, analiz programları kullanılarak oluşturulmuş karşı ağırlık modeli analiz edilmiştir.

Öztürk Kösemen (2008) çalışmasında, asansör taşıyıcı halatlarının statik yük altında deneysel gerilme analizi incelenmiş, halat tanımlamaları yapılmış özellikle helisel taşıyıcı halatlar üzerinde yapılmış laboratuvar deneyleri sonucu ortaya çıkan sonuçlar imalatçı firmanın katalog verileri ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Bunun dışında ülkemizde kırk kadar asansör üzerine yapılmış çalışmaların büyük çoğunluğu asansör otomasyon sistemleri üzerine yoğunlaştığı gözlemlenmiştir.

Yabancı kaynaklı çalışmalar da Türkiye'deki çalışmalara paralellik göstermektedir. Çalışmaları büyük çoğunluğu asansörlerin otomasyonuna yönelik çalışmalardır. Yapılan bu çalışmalar örnek olarak:

Johannes de Jong'un (2004) , "Asansör güvenliğindeki doğal davranışın anlaşılması." çalışmasında güvenlik tertibatları üzerinde sürtünme toleransları incelenmiştir ayrıca yüksek hız regülatörleri gibi tetikleyici cihazların, güvenlik tertibatlarının çalışması üzerinde etkisi incelenmiştir.

Carlo Distaso'nun (1986) , Tampon etkili ani etkili paraşüt frenlerin, sürtünme etkili olanlarına göre daha iyi kestirilebildiği için kısıtlamanın önceki asansörleri 1 m/s den daha düşük değerlerde olması gerektiğini savunmaktadır.

Mitsubishi elektrik şirketinden Sugita vd, (1993) "12.5m/s asansörler için güvenlik gereçleri" yazısında 12.5 m/s lik hızlarda çalışan asansörleri kazandıkları arttırılmış kinetik enerjilerine rağmen güvenle durduran paraşüt fren pabuçları ve paraşüt fren sistemlerinin tasarımı anlatılmıştır.

Gerhard Schosser (1997) ,“ Yukarı ve aşağı işlem yapabilen bir çift güvenlik mekanizması “ adlı çalışmasında Avrupa Birliği normunda asansörlerin serbest düşmelerinde ve kontrolsüz yukarı doğru hareketlerinde sağlanması gereken güvenlik önlemleri için tek çift güvenlik mekanizması kullandığının anlatımı yer almaktadır.

Literatürde paraşüt frenlerle ilgili, özellikle de kaymalı fren ile alakalı olarak, yeterli sayıda ve kapsamda çalışma mevcut değildir. Bu çalışmada, daha önce yapılan bazı çalışmalar temel alınarak var olan eksikliğin kapatılması hedeflenmiştir.

## **1.2 Çalışmanın Kapsamı**

Bu çalışmada, kayma etkili paraşüt fren sistemleri hakkında detaylı bilgi verilerek, sistemin modellenmesi ve analizi konusunda araştırması hedeflenmektedir. Paraşüt fren sistemi incelenirken ayrıca sistemi oluşturan regülatör sistemi de ele alınmıştır. Çıkan sonuçlar firmaların yaptığı gerçek test sonuçlarıyla karşılaştırılıp çalışmanın gerçek hayatla mukayesesi yapılmıştır. Ayrıca müsaade edilebilir kütle üzerinde çeşitli fren senaryoları ile araştırma yapılmıştır.

İkinci bölümünde asansörlerin tarihi gelişimi mümkün olduğunca kronolojik sıra ile incelenmiştir.

Üçüncü bölümde ise asansörleri oluşturan mekanik aksam ele alınmış detaylı olarak incelenmiştir.

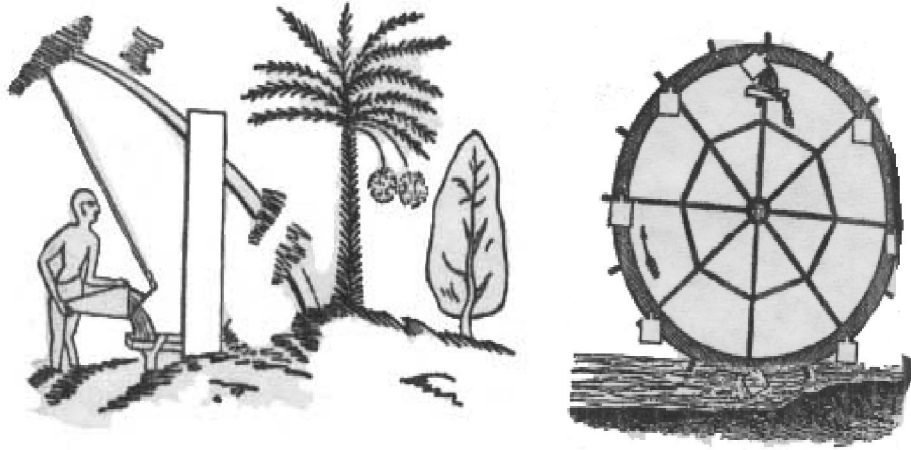
Son bölümde kaymalı asansör paraşüt fren sistemi üzerinde detaylı analizler yapılmış. Yardımcı olarak matematiksel analiz programı olan MatLAB kullanılmıştır. Bu paket program tarafından oluşturulmuş modeller incelenerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 2. ASANSÖRÜN TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ

İlkel asansörler veya diğer bir deyişle halatlar orta çağda kullanılmaktaydı, en eski türlerinin izleri MÖ 3 yüzyıla kadar sürülebilmektedir.

İnsanoğlu sopalar ve ipler yardımıyla kaldıraç yaptığından beri yükselen tüm kale duvarlarında, konutlarda, su kemerlerinde ve anıtlarda hep toprak, taş vb. malzemeyi yükseklerle taşımak arzusunda olmuştur.

Nehir kenarlarına gelip tarım yapmaya başlayan insanlar yılda iki kez taşıp verimli toprağın tarım alanlarına gelmesinden daha fazlasını istemiş sezon dışı da toprağa su taşımak istemişler basit kaldıraçlarla su taşımaya çalışılmış sonradan su çarkları gibi gelişmiş sulama çözümleri oluşturulmuştur.



Şekil 2.1 İlk Çağlarda Kullanılan Kaldırma Makineleri [2]

MÖ3000-MÖ1000 arasında insanlar sulak alanlara, yani ırmak kenarlarına yerleşmeye başladı. İnsanların üretim yapmaları elde olan fazla ürünü satma gereği, bir araya gelmelerine ve pazar yerlerinin kurulmasına şehir yerleri oluşumuna öncülük etti ve insanlar arsında iş farklılıkları oluştu, bu farklılık ise sınıf farkını getirdi. Artık insanlar: köylü, tüccar, din adamı, yönetici, kral gibi gruplarla adlandırılıyordu.

İnsanlar zenginliklerini korumak için şehirlerin çevresine büyük duvarlar inşa etmişler, oluşan bu duvarlar daha fazla etkili ve sayıca daha fazla inşaat aletine ihtiyaç doğurmuştur.

Şehirleri kurmak için ormandan kütükler kesiliyor şekillendiriliyor, toprak sökülüp başka yerlere taşınıyordu. Tüm bu malzemeler ise yapılacak koruma duvarları için yukarılara taşınmak isteniyordu. Kaldıraçlar, makaralar, çarklar, dişliler ve iplerin kullanımı doğmuş;

özellikle makara ve iplerin ayrıca doğada bulunan su ve hava gibi doğal kaynakların birbiriyle kullanılmasıyla kaldırmada büyük ilerlemeler sağlanmıştır.

İlk çağlarda yeni avlanma alanları bulma isteği ve verimli alanların elde tutulma isteği insanlar arasında çatışmaya neden olmuş, kendini koruma gerekliliği insanoğluna alet yapmayı öğretmiştir. Yeni gelişmelere aç toplumlarda dikey kaldırma makinelerine olan açlığı daha da arttırmıştır. Büyük savunma duvarlarının yapımı saldırıda da gelişme sağlamış büyük kaya parçalarını bu duvarlara atıp yıkabilecek katapultlar geliştirilmiş, çok katlı saldırı kuleleri inşa edilmiştir.

Maden cevherlerinin bulunması ve bu cevherlerin toprağın derinliklerinden yukarılara çıkarılmak istemesi kaldırma makinelerinin sistematik olarak kullanımını doğurmuştur. Buhar gücünü kullanan ilk makineler öncelikle madenlerin içinden suyun uzaklaştırılmasında kullanılmıştır. Daha fazla derinden daha fazla mineral ve cevher çıkarılmış. Bu makinelerin gelişmiş örnekleri ekinler için aşağı seviyelerden su pompalamakta, sonrasında ise yukarı seviyelere toprak ve taş taşımak için kullanılmış kule türü yapıların yapımı kolaylaşmıştır. [2]

Yük taşıyan ilkel model asansörlerden günümüz insan taşıyan asansörün atalarına endüstriyel devrimden önce geçilememiştir.

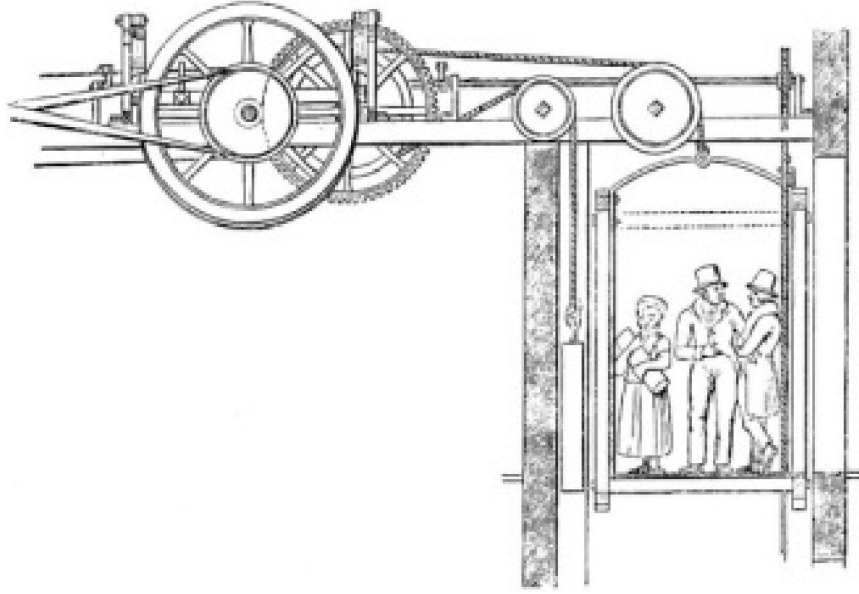
Çağlar boyunca yükleri yukarı seviyelere kaldırmak birkaç istisna haricinde insanları yukarı seviyelere kaldırmaktan daha az önemli olmuştur. Doğru bir bakış açısıyla bir kabin dolusu toprak bir kabin dolusu insandan her zaman daha ağırdır ve daha öncelikli olarak ele alınmıştır.

Yolcu taşıyan ilk asansör, Fransız Kralı XV. Louis için günümüzden 250 yıl önce ( 1743 yılında ) Versailles Sarayına yerleştirilmiştir. Bu asansör uçan iskemle adıyla anılmakta ve bazı ağırlık dengeleriyle hareket etmekte ve insan gücü ile çalışmaktaydı.

Avrupa'nın Endüstriyel Devriminde ise su gücü, buhar gücüne çevrilerek teknolojiyi daha da ileri seviyelere taşımıştır. Su, kolay adapte edilebilir bir yapıya sahiptir. İlk önceleri su karşı ağırlık olarak kullanılsa da; silindir, piston ve vanalarında icadıyla yüksek basınçların kullanılma imkânı ve daha yumuşak işletim imkanı ortaya çıkmıştır. Önceleri limanlarda, fabrikalarda kullanılan düşük hızlı, ağır kaldırma ekipmanları daha sonraları binalarda yüksek hızlı kaldırma ekipmanları olarak ortaya çıkmıştır. Daha önce kaldırılamaz, hareket ettirilemez yükler, suyun gücü altında boyun eğmiş ve yeni bir çağ başlamıştır.

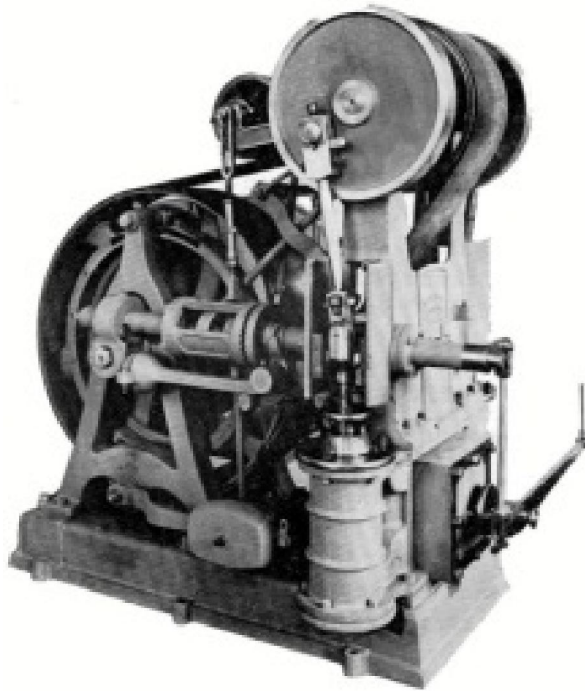
İngiltere'de 1830 yıllarında, direkt hidrolik tahrikli yük asansörleri, 1835'de de buhar

makinası ile çalışan bir transmisyon milinden kayışla hareket alan, “teagle” denilen asansörler yapılmıştır. (İmrak ve Gerdemeli, 2000)



Şekil 2.2 Teagle Asansörü (İmrak ve Gerdemeli, 2000)

Artık asansörler insan taşımaktaydı fakat yük taşıyan önceki modellere nazaran yeni asansörler insanların hayatını kaybetmesiyle sonuçlanacak kazalardan insanları bir şekilde korumak zorundaydı. Asansörde güvenlik gereksinimleri ortaya çıkmıştı.



Şekil 2.3 Buhar Asansörü (Otis Asansör Şirketi)

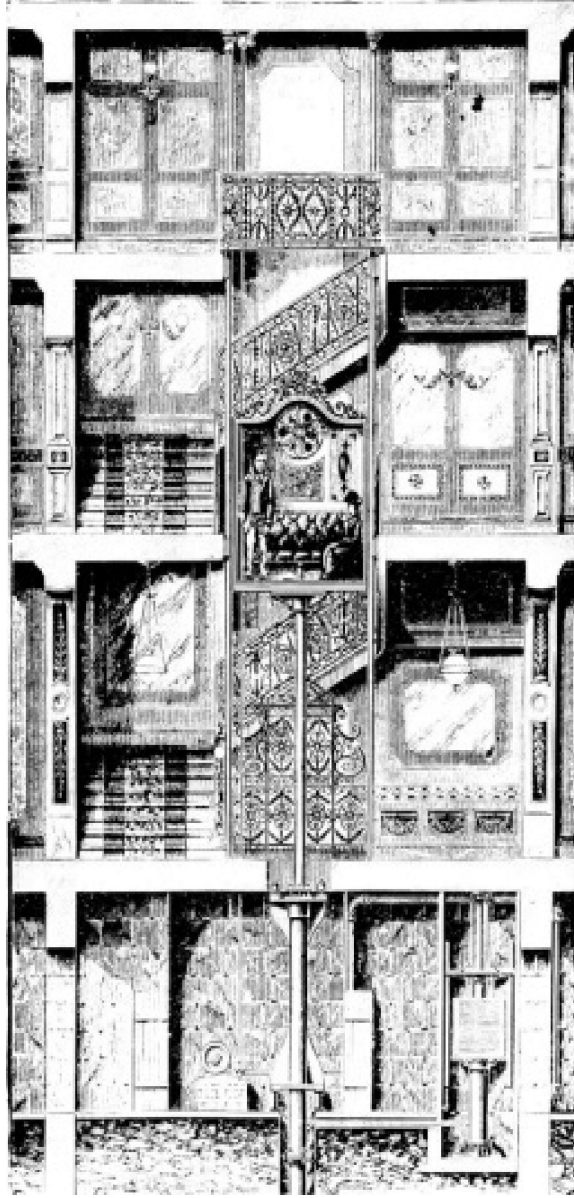
Elisha Graves Otis (1811-1861) 1853 yılında, düşmeye karşı emniyet düzeni olan ilk asansörü Crystal Palace New York'ta kurarak, seyirciler önünde bizzat halatı kesmek suretiyle güvenliği ispatlamıştır. Sürekli çalışan bir transmisyon milinden, düz ve ters kayışla hareket almak yerine, Otis 1855'de, kendi buhar makinesi ile çalışan asansör yapmıştır.



Şekil 2.4 Elisha G. Otis'in Crystal Palace'da Yaptığı Güvenlik Deneyi (İmrak ve Gerdemeli, 2000)

Modern anlamda ilk asansör ise 1857 yılında New York 'da bir iş merkezine Elisha G. Otis tarafından tesis edilmiştir. Buhar makinesi ile çalışan ilk insan asansörünün kurulmuş olması New York şehrinde buhar borusu şebekesi yapılmasına, buharlı asansörlerin yaygın olarak kullanılmasına yol açmıştır. 1859 yılında New York'ta "Fifth Avenue Hotel" ilk asansör takılan otel ünvanı almıştır.

Diğer taraftan, büyük şehirlerde basınçlı su şebekesi kuruluşu da, hidrolik asansör yapımı konusuna eğilimde etken olmuştur. Paris'te ilk " güvenli hidrolik asansör" , Leon Edoux tarafından yapılıp (ascenseur) deyimini ile adlandırarak 1867 Paris sergisinde tanıtılmıştır. 1868 yılında da, New York'ta Equitable Life Assurance Building iş hanında ilk asansör takılmıştır.



Şekil 2.5 Hidrolik Asansör (F. Dye, , 1895)

Halatlar üzerinde etkili ilk indirekt hidrolik asansörü 1878’de Otis firması tarafından yapılmıştır. Aynı yıl içinde, Otis, hız regülatörü ilavesiyle, asansör paraşüt düzenini geliştirmiştir. Yüksek hızlı ve aynı anda hareket eden dört birimden oluşan ilk grup asansörler New York’ta Boreel binasına 1879 yılında Otis Elevator Co. Tarafından yerleştirildi. 1880 yılında ise, Manheim Endüstri Sergisinde, Siemens ve Halske Firması 22 metre yüksekliğinde bir binaya ilk elektrikli asansörü yerleştirdiler. (İmrak ve Gerdemeli, 2000)

Fakat ilk elektrik asansörünün yerleştirilmesine kadar olan süreç belli evreleri kapsamaktaydı. Türbin jeneratörünün bulunmasından sonra asansörler gerekli gücü elektrik kaynağından

alabildiler. Az bir harcamayla elektrik uzak yerlere dahi iletiliyordu. Artık büyük çaplı düşünmeye gerek yoktu. Eski devasa kaldırma donanımları yerini elektrikle çalışan yeni sistemlere bırakacaktı.

Elektrik yardımıyla dönme hareketi yapan makinelerin geliştirilmesi ilk adım olmuştur. Buhar sistemleri de ilk başlarda dönme hareketi yapan bir sistem olmadan endüstride az yer bulmuştur. Bu yüzden tüm mühendisler elektrikle çalışan dönen bir makine yapmaya girişmişlerdir.

Elektriğin bize getirdiği aydınlatmadan havalandırma sistemlerine kadar teknoloji sayesinde asansörler yüksek katlı binalarda yer edinmiştir.

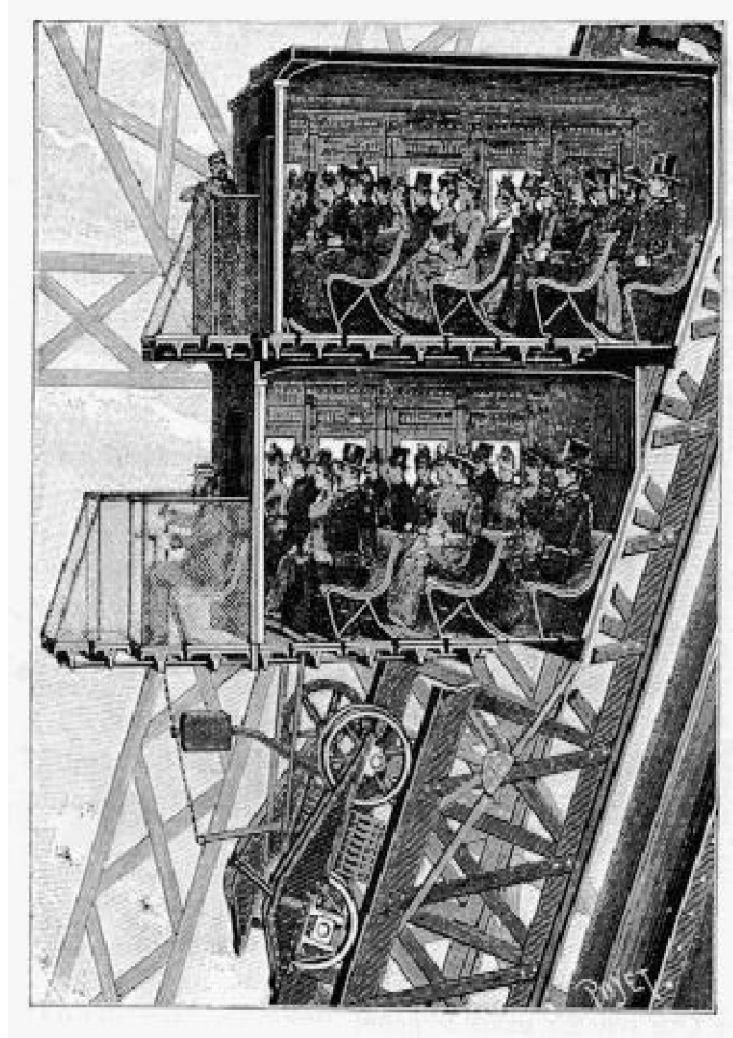
Elektrik motorlarının kaldırma donanımlarında ilk kullanımı eski buhar su sistemlerini kullanan makinelerin yerlerine kullanılmalarıyla olmuştur. Kendilerine has yeni teknolojiler yerine eskileri sırtlamaktaydılar.

Öte yandan Elektrik Mühendisi olan Frank Sprague, elektrik motoru ve sonsuz vidayı ve halatları bir araya getirerek daha yüksek binalarda elektrik kullanarak halatlar ve kasnak sistemiyle daha güvenli kullanılacağını sunmuştur.

Kayış, zincir veya hidrolik sıvı olsun kaldırma esnasında makinenin enerjisinin bir kısmı kayıp olur. Bu kayıp sürtünmeden kaynaklanmaktadır. Her ne kadar vida, zincir ve kayışa alternatif olsa da kayıplar aynı düzeyde kalmaktaydı. Sonsuz dişli ve dişli arasındaki bu sürtünme problemi uzun yıllar boyunca sürmüştür. Doğrudan bağlı çekişli sürücü geliştirilerek bu sorun aşılmaya çalışıldı.

İlk zamanlardan beri insanlar tamburu kullanmasını biliyordu. Tambur etkisini sonraki zamanlarda da sürdürdü. Asansör üreticileri de tamburun sorunlarının cevabı olduğunu gördüler ve doğrudan bağlı tambur makineleri devreye girdi. [2]

Elektrikli asansörlerin yaygınlaşmasından önce hale meşhur yüksek yapıların bazılarında farklı uygulamalar mevcuttu. Paris'te 1889 yılında işletmeye açılan Eiffel kulesinde, üç ayrı firmanın yaptığı ve üç kademedeki, toplam 7 dakikada insanları yukarı çıkaracak kapasitede hidrolik asansörler bulunmaktaydı. 1880 yılında, ilk kremayerli tırmanan elektrikli asansör, Werner Von Siemens tarafından bir binaya monte edilmiştir.



Şekil 2.6 Eiffel Asansörleri (*La Nature*, 1889)

Otis, 1889 yılında sonsuz vida mekanizmalı ve halat tamburlu, elektrik motoru ile direkt bağlantılı asansör makinasını yapmıştır. Otis tarafından 1892 yılında asansör makinasında Ward-Leonard tahriki uygulanmıştır, 1894 yılında ise ilk basma düğmeli kumandayı gerçekleştirmiştir. 1900 yılında, Fransız de Bueren, New York 'ta redüktörsüz ( gearless ) asansör makinası German-American House'a kurmuştur. 1904 yılında Otis firması, redüktörsüz ve tahrik kasnaklı asansörü yerleştirmiştir.

Tahrik kasnaklı sistemlerin, asansör tahrikinde uygulanan diğer tarzlara göre, önemli üstünlükleri vardır: Asansör hareket mesafesi, pratik olarak sınırsızdır. Makine yapısı, bina yüksekliğine ya da asansör hareket mesafesine bağlı değildir. Tahrik kasnağı, çok sayıda halat kullanımına olanak verir. Bu da, işletme güvenliğinin arttırılmasına, ayrıca küçük çaplı kasnak kullanılmasına yol açar. Diğer taraftan, en üst durağı aşarak tavana doğru gidiş haline ve raylar arasında sıkışma sonucu halat boşluğu tehlikesine karşı kendiliğinden önleyici

etkilidir.

Asansör yapımında önemli yeri olan tahrik kasnağı, 1877 yıllarında Alman madenciliğinde kullanılan tahrik kasnaklarının ( Koepescheibe ) daha gelişmiş şekli olarak kabul edilmektedir. Hesap şekli daha eskiden bilinen J.A. Eytelwein (1764-1848) tahrik kasnağı, çalışma saatleri toplamı 35 yıla ve hareket mesafesi toplamı 400000 km'ye varan çok dayanıklı bir tahrik elemanıdır.

Amerikan konstrüksiyonlarında tahrik kasnakları yuvarlak yiv profili olup, yeterli kuvvet iletimini sağlayabilmek için ağır ve pahalı bir yapımı olan iki kat halat sarımını ve karşı kasnak kullanılmasını gerektirmekteydi. Hemen aynı yıllarda İngiltere'de görülmeye başlanan tahrik kasnaklarında V profilli yivler bulunmaktaydı. Tek kat halat sarımlı olan bu tip, Amerikan asansör yapımcıları tarafından 1919 yılında adapte edildikten sonra, tamburlu asansör yapımı gitgide azalmıştır.

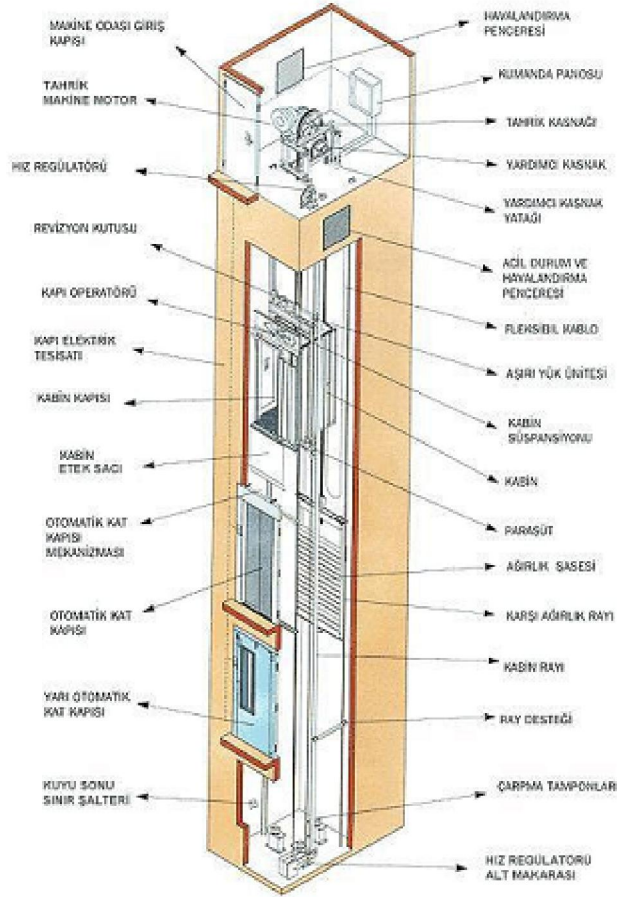
Asansör mühendisleri 1915 yılında 1 "hassas seviye düzeni" uygulamışlardır. Tahrik kasnaklı asansörler üzerinde, 1927 yılında, Dipl.-Ing. Hymans ve Hellborn, ayrıca Prof. Donadt tarafından yapılan bilimsel araştırma ve yayınlardan sonra, çeşitli yiv profilleri, yapım tarzı gelişimini tamamlamış ve günümüze kadar ulaşmıştır. (İmrak ve Gerdemeli, 2000)

### 3. ASANSÖRLERİN MEKANİK DONANIMI

Asansörler, tarih boyunca çeşitli gelişimler göstererek günümüze gelmiştir. Günümüzde asansör ve asansörü oluşturan parçalar standartlar ile belirlenmiş ve kayıt altına alınmışlardır.

Ülkemizde halen yürürlükte olan TS EN 81-1 (Elektrikli Asansörler) ve TS EN 81-2 (Hidrolik Asansörler) standartlarında asansörün bir tanımı yapılmış ve bu tanım üzerinden asansörde kullanılan parçaların ve mekanik aksamın yapımı ve montajı belli kurallar ve koşullara bağlanmıştır.

Bilindiği üzere asansörler çeşitli parça ve mekanizmaların bir araya gelmesiyle oluşan mekanik aksamın üzerine kurulmuş bir sistemdir. Bu mekanik aksamın sahip olması gerekli minimum şartlar yukarıdaki standartta kayıt altındadır. Binalarımızda yaygın olarak kullanılmakta olan halatla tahrik edilmekte olan asansörlere ait parçalar şu şekildedir.



Şekil 3.1 Asansör ve Bölümleri (Gaye Asansör, 2010)

### **3.1 Kabin**

Asansör kabini, yükün ve yolcuların katlar arasında taşınmasında kullanılan çelik profil iskeleti ile askı halatlarına bağlı, kapılı veya kapısız olabilen çelik yapılardır. Kabinler çelik bir zemin ve taşıyıcı bir iskeletten meydana getirilir. Kabin iskeleti yan duvarlar ve tavanla kaplanarak kapalı bir hacim yaratılır. Asansörün kullanım yerine bağlı olarak dışarıya açılan panoramik bir izleme camı da olabilir.

### **3.2 Karşı Ağırlık**

Karşı ağırlık kabinin kütlesini ve beyan yükünün bir kısmını (genellikle bu kısım beyan yükünün % 45-50 kadardır) dengelemek için halatlı ve zincir dişli asansörlerde kullanılmakta olan yüke verilen isimdir. Çok yüksek binalarda bu yüke kullanılmakta olan halatların yükünü dengeleme görevi de verilmiştir.

### **3.3 Asansör Kuyusu**

Asansör kuyusu kabin ve karşı ağırlığın yolculuk ettiği boşluğa verilen isimdir. Genellikle binaların içinde bulunmaktadır fakat bina dışında olanları da vardır. Bina kuyuları yangın esnasında yangının yayılmasını önleyici şekilde yapılmalıdırlar. Tamamen katı duvarlara zemine ve tavana sahip olmalıdırlar. İzin verilen tek açıklıklar asansöre biniş kapıları acil durumda kuyuya açılan kapılar ve denetleme kapıları ile havalandırma açıklıkları ve kuyu ve makine odasına açıklan sabit açıklıklardır.

### **3.4 Makine Dairesi**

Asansör makinesi ve kumanda tablosunun, ana şalter, hız regülâtörü ve saptırma markasının bulunduğu kapalı mekâna makine dairesi denir. Makine dairesi çoğu kez asansör boşluğu üstünde olduğu gibi, altta veya yanda da yapılabilir. Makine dairesi dış etkenlerden korunmuş, rutubetsiz, yeterli aydınlıkta (minimum 200 lux), geçiş yolu ve kapıların en az 1,8 metre yüksekliğinde ve 0,6 metre genişliğinde olduğu, iyice havalandırılmış, ortam sıcaklığı 5°C ile 40°C olmalı ve aşmayan kapalı mekân olmalıdır.

### **3.5 Asansör Kapıları**

Asansörde çeşitli türlerde kapı kullanılmaktadır. En iyi seçim en kısa açılış ve kapanış zamanına sahip olan, kapı aralığı ise yolcuların müteakiben transfer edilmelerini sağlayacak yapıda olmalıdır.

### **3.6 Kılavuz Raylar**

Asansör kılavuz raylarının iki ana görevi vardır: Kuyu içinde kabini ve karşı ağırlığı seyir süresince kılavuzlamak böylece yatay hareketlerini en aza indirmek ve istenmeyen bir durum karşısında paraşüt tertibatının çalışmasıyla kabini veya karşı ağırlığı durdurmak.

### **3.7 Askı Elemanı**

Askı elemanı olarak günümüzde zincir artık tercih edilmediğinden halat kullanılmaktadır. Kabin ve karşı ağırlık halat vasıtasıyla askıya alınmıştır. Kabini çevrelemiş ve taşımakta olan süspansiyonun üst kirişinden çıkan halatlar yukarıya makaralardan geçerek tekrar aşağı yönelip karşı ağırlığa bağlanmıştır. Halatlar tek başlarına kabin ve beyan yükünün toplamının birkaç katını kaldırabildiği halde güvenlik açısından birden fazla kullanılmaktadır.

### **3.8 Makine Grubu**

#### **3.8.1 Redüktörlü Asansör Makinesi**

2,5 m/s nin altındaki hızlarda kullanılmaktadır. Zaman zaman düz dişlide kullanılsa artık sonsuz dişli kabul görülmektedir. Sonsuz dişliye sahip redüktör kullanmanın çeşitli avantajları vardır.

- a) Verilen oran ve aktarılan güç bakımından diğer tüm dişli seçeneklerine üstünlüğü vardır.
- b) Bakım ve değiştirmede çok az oranda parça barındırdığından masrafları azaltmaktadır.
- c) Sonsuz dişlinin kayan hareketi sessiz bir işletim sağlamaktadır.
- d) Yüksek şok direnci vardır.

#### **3.8.2 Redüktörsüz Asansör Makinesi**

2,5 m/s ve üzeri hızlarda bu makine kullanılmaktadır. Bu makine özel bir düşük hızlı D.C. motora sahiptir. Genellikle 100 den 220 rpm arasında hızlara sahiptir. Tüm temel bileşenleri rotor, tahrik kasnağı ve fren in aynı shaft üzerine montaj edilmesiyle oluşmaktadır. Herhangi bir dişli mekanizması olmadığından sistemin mekanik verimliliği yüksektir ve enerji tüketimi düşüktür.

### **3.9 Fren Mekanizması**

Asansörün fren mekanizması enerji kesintisinde ya da kontrol devreleri devre dışı kaldığında

otomatik olarak devreye girebilen elektromekanikal sürtünme frenidir. Fren mekanizması kabin beyan yükünün % 125 i yüklü halde iken durdurabilme kapasitesine sahip olmalıdır. Durdurmadaki gecikme güvenlik ekipmanını devreye sokmayacak ya da tamponlara yaslandırmadan önce görevini bitirecek Şekilde olmalıdır.

### **3.10 Güvenlik Tertibatları**

Güvenlik tertibatları deyince akla asansörün güvenli bir Şekilde seyir ederken yolcu ve yükünü sağlam Şekilde varacağı mekâna ulaştırırken, bu güvenliği sağlamak üzere asansör üzerinde alınan önlemler gelmektedir.

#### **3.10.1 Elektrikli Güvenlik Tertibatları**

Asansörlerde oluşabilecek sıkışma ve ezilmeler, kat kapıları ve kabin kapıları, kabin eşiği ile kuyu arası, kuyuya açılan kapak veya imdat ve kurtarma kapakları, kuyu altı ve kuyu üstünde bakım yerleri ve makine dairelerinde oluşabilir. Bu durumlar için asansörlerde öncelikle durdurma Őalterleri konmuştur. Durdurma tertibatı olarak iki konumda kararlı ve asansörün yeniden çalıştırılması ancak bilinçli bir hareketle mümkün olan yapıda Şalterler seçilmiştir. Ayrıca kapısız asansörlerde fotosel veya eşik kontakları, kapılı asansörlerde sıkışma kontakları ve ışık baraları konarak oluşabilecek çeşitli kazaların önüne geçilmesi amalanılmıştır.

##### **3.10.1.1 Kapı Kilitleri**

Kapıların kapandığının elektriki ve mekanik olarak kontrolünü yapan fiş-priz ve kilit kontaklarıdır ve asansörlerin kapıları kapanmadan hareket etmesini önlerler. Asansör kilitleri, asansörün hareket esnasında kabin içindekilerin kuyu ile, kuyu dışındakilerin ise kuyu içi ile ilişkisinin kesilmesi ve temasın önlenmesinin sağlamaktadır.

##### **3.10.1.2 Aşırı Yük Kontakları**

Asansör kabininin beyan yükünün üzerinde yüklenmesini önlemek amacıyla kabin üstünde, altında veya askı halatlarına bağlı olarak kabinin beyan yükünün üstünde yüklendiği anlarda kabinin hareket etmesini engelleyen kontaklardır.

##### **3.10.1.3 Sınır Kesiciler**

Asansör en alt kat ile en üst kat arasında sınırlı bir seyir mesafesi vardır. Tahrik ve sürtünme kuvvetlerinde oluşan bir azalmadan, aşırı yüklenmeden veya oluşabilecek elektrik

arızalarından dolayı asansör durması gereken son noktada durmayabilir. Bu durumda sınır kesiciler devreye girerek asansörün enerjisini keserler. Bu şalterler mekanik bir zorlamayla çalışmakta olup, devreye girdiğinde motorun ve elektrik freninin enerjisini kesmektedir.

### 3.10.2 Mekanik Güvenlik Tertibatları

Mekanik güvenlik sistemleri basit olarak pasif güvenlik ekipmanı olarak çalışan tamponlardan, hız regülatörleri ve bunun tetiklediği frenlerden oluşmaktadır.

Tamponların, hız regülatörlerinin ve frenlerin tespitinde kabin doğrusal hızı, kabin kapasitesi, ağırlığı, ray ebadı, rayın üretim şekli (işlenmiş veya soğuk çekilmiş), rayın yağlı-yağsız kullanımı gibi kriterlerin belirlenmesi gerekir.

#### 3.10.2.1 Tamponlar

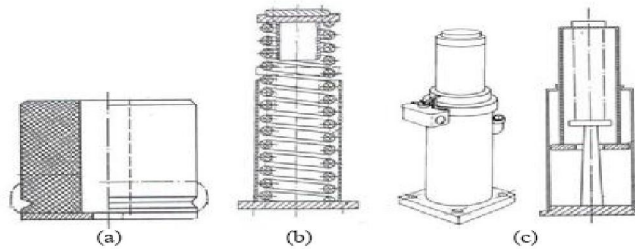
Son bir acil durum aracı olarak asansör kabini ve karşı ağırlığın hareketinin sınırlandırılması için kuyunun dibinde tamponlar kullanılmalıdır. Eğer tamponlar kabine yada karşı ağırlığa bağlanmışlarsa kuyuya en az 0,5m lik bir kaide yapılmalıdır. Eğer karşı ağırlığın altına irade dışı bir geçiş yoksa kaide kullanmak zorunluluğu yoktur.

İki çeşit tampon kullanılmaktadır:

a) Enerji biriktiren tamponlar: Tamponlama hareketi geri döner ya da dönmez. Geri dönenlerinde 1.0 m/s, geri dönüş olmayanlarında beyan hızı 1.6 m/s olmalıdır. Tamponun stroku kabinin statik yükünün 2.5 ila 4 katı ile beyan yükünün toplamını karşılayabilmelidir. İki türü vardır:

Bunlar poliüretan ve yaylı olan tamponlardır.

b) Enerjiyi dağıtan tamponlar: Tamponun toplam izin verilen vuruşu beyan hızının %115 i bölü yerçekimi kadar olmalıdır. Bu tamponlara örnek olarak hidrolik tamponları gösterebiliriz. (Janovsky, 1993)



Şekil 3.2 Tamponlar: a)Poliüretan b) Yaylı c)Hidrolik (İmrak ve Gerdemeli, 2000)

### 3.10.2.2 Paraşüt Fren Sistemleri

Paraşüt fren sistemi asansör kabini veya karşı ağırlığı durduran mekanik araçtır. Nedenine bakılmaksızın, asansörün beyan hızının %15 üzerinde bir değere ulaşırsa regülatör kilitlenir, kilitlenen regülatör paraşüt frenleri tetikleyip çalıştırır. Çalışmakta olan paraşüt frenler ise kılavuz raylara tutunarak kabini durdurur.

Fren blokları kabinin altına veya üstüne monte edilebildikleri halde genellikle kabin alt çerçevesine monte edilirler. Fren bloklarında bulunan çeneler kılavuz raylarla aynı ekseninde olmalıdır. Sistemde iki fren bloğu kullanılır. Fren bloklarında bulunan hareketli çeneler hız regülatöründen tetiklenen bir tahrik mekanizması aracılığı ile aynı anda yani senkronize olarak hareket etmelidir.

Paraşüt fren sistemleri çalışma şekillerine göre üçe ayrılırlar:

1. Ani etkili paraşüt fren sistemi: Kabini durdururken kılavuz raylara hızla artan bir basınçta güç uygularlar. Durma zamanı ve mesafesi çok kısadır. Yavaşlatma için kullanılan kuvveti sınırlamak için hiçbir esnek malzeme kullanılmamıştır.
2. Ani frenlemeli tampon etkili paraşüt fren sistemi: Kabini durdururken sistemde enerjiyi dağıtan veya toplayan cinsten sönümleyici eleman kullanılmaktadır. Genelde kabin kafesinin alt kısmına yerleştirilen bir veya birden fazla yağlı tampon ile bu sönümlenme gerçekleştirilmektedir.
3. Kayma etkili paraşüt fren sistemi: Durma süresince kılavuz raylara sınırlı baskı uygulanmaktadır. Paraşüt fren sistemi tam olarak çalıştığı anda sistemi durdurmak için oluşturulan kuvvetler yeterli şekilde ve düzenlidir.

**Duruş Mesafesi:** Paraşüt frenlerin devreye girdiği anda kabin durdurulana kadar belli bir süre kılavuz ray üzerinde yol almaktadır. Bu mesafenin maksimum ve minimum değerler olarak hesaplanması için

$$V^2 = 2\ddot{x}x \quad (3.1)$$

Formülünü kullanarak; maksimum duruş mesafesi:

$$\ddot{x} = 0,2 \text{ g} = 0,2 \times 9,81 = 1,962 \text{ m/s}^2$$

Minimum duruş mesafesi ise  $a = 1 \text{ g} = 9,81 \text{ m/s}^2$  kabul ederek duruş mesafeleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$X_{\min} = V_0^2 / 19,62 \text{ m} \quad \ddot{x} = 1 \text{ g iken}$$

$$X_{\max} = V_0^2 / 3,924 \text{ m} \quad \ddot{x} = 0,2g \text{ iken}$$

(Not: sadece fren tutma mesafeleri değerlendirileceği için, regülâtörün devreye girme mesafesi 0,1+0,03 m dikkate alınmamıştır)

Paraşüt fren sistemi duruş mesafeleri hesabı ve TS EN 81-1 standardında belirtilen regülâtör devreye girme hızları değerleri kullanılarak, duruş mesafeleri beyan hızına göre hesaplanırsa aşağıdaki tablo oluşturulabilir.

Çizelge 3.1 Ortalama Duruş Mesafesi Tablosu

<b>Asansörün beyan hızı</b>	<b>Regülâtörün devreye girdiği hız m/sn</b>	<b>En küçük duruş mesafesi <math>\ddot{x} = 1g</math></b>	<b>En büyük duruş mesafesi <math>\ddot{x} = 0.2g</math></b>	<b>Ortalama duruş mesafesi</b>
0,63 m/s ani frenlemeli paraşüt fren sistemi	0,8 m/s hızda	0,0326 m	0,1631	0,0978 m
0,63 m/s makaralı ani frenlemeli paraşüt fren sistemi	1 m/s hızda	0,051 m	0.2548 m	0.1529 m
1 m/s hızda tampon etkili ani frenlemeli paraşüt fren sistemi	1,5 m/s hızda	0,1146 m	0.5733 m	0.3439 m
1,5 m/s hızda kaymalı paraşüt fren sistemi	2,042 m/s hızda	0,2039 m	1,0194 m	0,6117 m

Yukarıdaki tablo incelendiğinde kullanılmış olan paraşüt fren sistemleri, belirlenmiş ivme değerleri içerisinde kalması için tabloda belirtilen maksimum ve minimum durma mesafesi içerisinde kabini durdurmaları gerekmektedir. Eğer kabin minimum duruş mesafesinin üstünde durdurulursa bu bir g'nin altında bir ivme oluşturacak paraşüt fren sistemi yeterli sayılacaktır.

Standartta belirtilen kullanılacak hızlar için paraşüt fren sistemleri tanımlamıştır. Ani

frenlemeli paraşüt fren sistemi 0,63 m/s yi aşmayan hızlarda kullanılabilir. Ani frenlemeli paraşüt fren sistemi bir tampon etkisi ile beraber kullanılması durumunda ani frenlemeli tampon etkili paraşüt fren sistemi olarak 1 m/s dâhil beyan hızlarına kadar kullanılmasına izin verilmiştir. Bu hızlarda tablodan da görüleceği üzere, minimum 0,1146 m bir duruş mesafesi öngörülmektedir (Bu 1 m/s hızdaki tampon strokunun %90 kapanmış değerine çok yakın bir değerdir). Kaymalı paraşüt fren sistemi ise bütün hızlarda kullanılabilir, ancak 1 m/s hızların üzerinde kullanılması zorunludur.

Standartta, tip incelemesi yapılacak tertibatlarda doğrulama için deney işlemlerini verdiği EK F bölümünde, asansörde kullanılan paraşüt fren sistemleri için iki çeşit fren tanımlamaktadır. Ek F 3.2. de ani frenlemeli paraşüt fren sistemi (0,63 m/s hızlarda), Ek F 3.3. de ise kaymalı paraşüt fren sistemi (bütün hızlarda, 1 m/s hızın üstünde zorunlu olarak) tanımlamıştır. Bunun dışında bir fren imalat ve tip tanımı yoktur.

Standartta göre, frenler yapı olarak, ya ani etkili ya da kaymalı frenlerdir. Ancak kullanım açısından, ani frenlemeli paraşüt fren sistemleri, bir tamponlama mesafesini kullanması durumunda daha farklı hızlarda kullanılabileceğini belirtmiştir. Böylece uygulamada, ani frenlemeli tampon etkili paraşüt fren sistemi olarak yeni bir tanım getirilmiş ve kullanım alanı 1 m/s ye çıkarılmıştır.

### **3.10.2.3 Regülatör**

Regülatörler asansörün kabin hızını devamlı kontrol eden, ölçen ve bu ölçülen hızın önceden belirlenmiş beyan hızının belirlenen değerini aştığı halde devreye girerek kabine monte edilmiş paraşüt fren sistemini çalıştıran güvenlik elemanlarıdır. Regülatörler paraşüt fren sistemini kabin beyan hızını % 15 den fazla aştığı durumlarda çalıştırmaktadır.

Paraşüt frenler regülatör tarafından çalıştırıldığında üzerlerinde bulunan potansiyel enerji ( bu potansiyel enerji genellikle bünyelerindeki yaylardan kaynaklanmaktadır) kılavuz raylara baskı yaparak kabinin istenilen ivme ve mesafede durdurulmasını sağlar.

Regülatör paraşüt frenleri devreye sokma dışında asansör kontrol birimini de aynı anda devre dışı bırakmaktadır.

Regülatör tamamen mekanik olarak işlev görmektedir ve kabin hızının mekanik olarak ölçümünü yapmaktadır.

Hız regülatörü, üst regülatör ve alt regülatör ağırlık makarası olarak iki kısımdan oluşur. Üst

regülatör, sisteminin kontrolsüz hızlarında halatın hareketini durdurmak, alt regülatör ise halatlarda gerekli olan gerginliği sağlamak için kullanılmaktadır. İster aşağı, ister yukarı doğru hareket etsinler, asansörlerde belirtilen standarda göre, regülatör halatlarında minimum 300 N' luk bir kuvvet oluşturulması istenmektedir.

Regülatör genelde makine dairesinde konuşlandırılırlar. Makine daireleri genellikle en yaygın ve muhtemelen en iyi regülatör yerleşim mekanlarıdır. Kolay servis yapılabilmesi dış etkilerden etkilenmemesi gerekmektedir. Bulunduğu yere bakım için kolayca girilebilir ve erişilebilir olması gereklidir. Regülatör devreye girene kadar kabin hızları tehlike oluşturacak seviyelere ulaşmamalıdır.

Çizelge 3.2 Regülatör Çalışma Hızları [m/s]

Kabin hızı	Regülatör çalıştırma hızı	Regülatör freni devreye soktuğundaki hızı
0,25	0,30	0,60
0,38	0,44	0,60
0,50	0,57	0,85
0,75	0,86	1,00
1,00	1,15	1,40
1,50	1,62	2,00
2,50	2,87	3,15
3,50	4,00	4,25

EN 81-1 standardına göre regülatörün devreye girme hızı asansör beyan hızının %115 ine eşit bir hızdan önce devreye girmemelidir. Devreye girme anındaki hız aşağıda belirtilenlerden daha küçük olmalıdır.

- a) Ani etkili paraşüt fren sisteminde, makaralı tip haricinde, 0,8 m/s
- b) Makaralı ani fren tertibatlarında 1m/s

- c) Ani frenlemeli tampon etkili paraşüt fren sisteminde ve 1m/s ye kadar olan beyan hızlarında kullanılan kaymalı paraşüt fren sisteminde, 1,5 m/s
- d) 1 m/s den büyük beyan hızlarında kullanılan kaymalı paraşüt fren sistemlerinde:  $1,25v + 0,25/v$ , m/s olarak.

Ayrıca beyan hızı 1m/s den büyük olan asansörlerde d maddesinde belirtilen değere mümkün olduğu kadar yakın bir devreye girme hızı seçilmesi önerilmektedir.

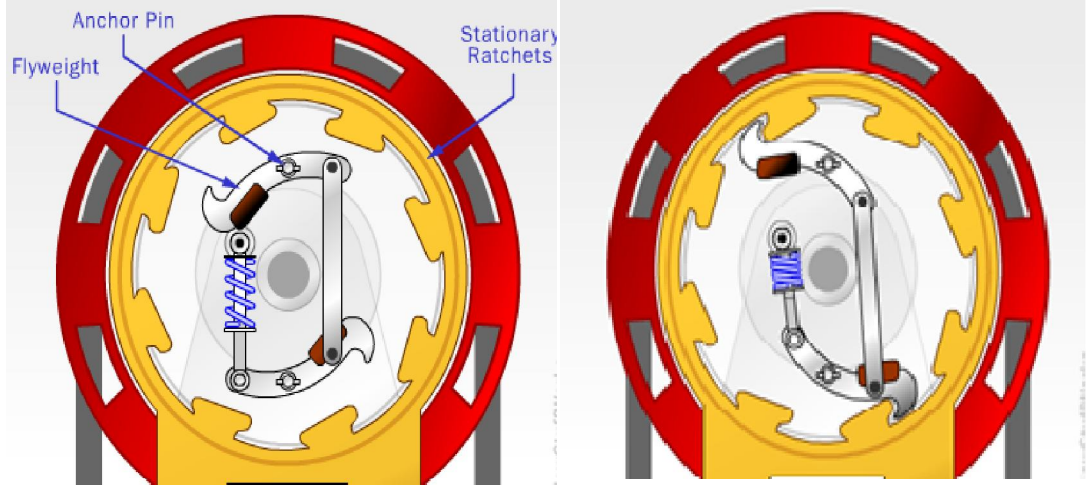


Şekil 3.3 Regülatör (MP Yener, 2010)

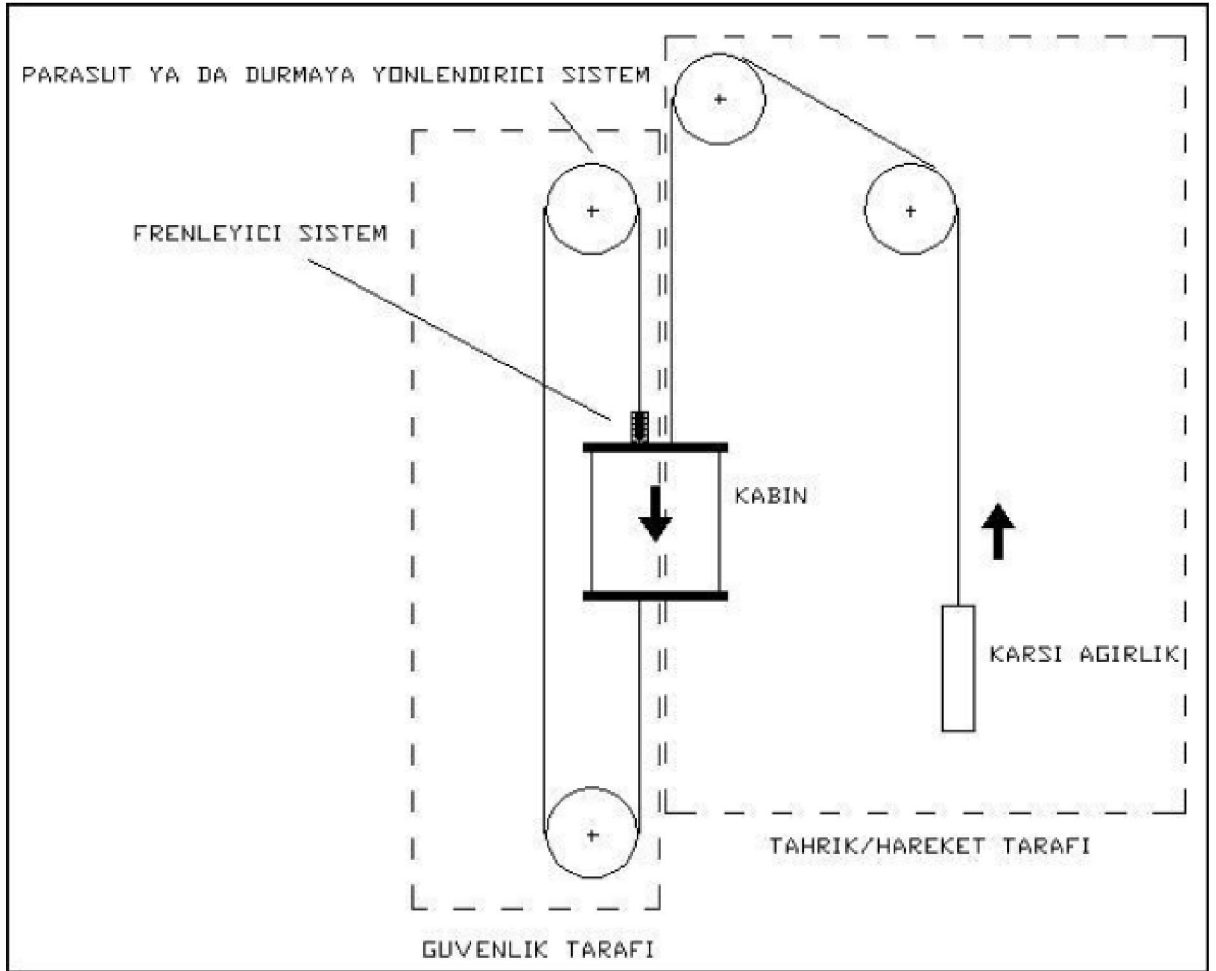
Asansör tesislerinde hız regülatörleri yapıları bakımından iki farklı çeşitte kullanılmaktadır.

1.Sarkaçlı regülatör: Beyan hızı 0,8 m/s den az kabin hızlarında kullanılan, basit ve çift sarkaçlı regülatörlerdir. Sarkaçlı regülatörlerde hız kontrolü hareket hızının poligon diskin bir kenarından her geçişte ölçülmektedir bu ise devreye girene kadar belli bir gecikme doğurur.

2. Savurma ağırlıklı hız regülatörü: Beyan hızı 1m/s yi aşan durumlarda kullanılmaktadırlar. Sarkaçlı regülatörden farklı olarak, hareket hızının poligon diskinin bir kenarının her geçmesinde kontrol etmek yerine, regülatörün devir sayısına bağlı olan savrulma ağırlıklarının ayarlanmasıyla hız kontrolü yapılmaktadır. Sarkaçlı regülatöre göre daha hassas olarak hızlanmaya tepki göstermektedir. Devreye girme süresi daha iyidir ve hassasdır.



Şekil 3.4 Hız Regülatörü Devreye Girme Durumu



Şekil 3.5 Regülatörün Bağlanma Şekli

### 3.10.2.4 Ani Frenlemeli Paraşüt Fren Sistemi

Üç çeşit ani frenlemeli paraşüt fren sistemi vardır.

1. Kama tipi: Kabin kafesinin alt kısmına tutturulmuş konik dökme demir bloklar üzerine yerleştirilmiş kama şeklindeki çenelerden imal edilmiştir. Çeneler kılavuz rayın her iki yanında işlemektedir. Regülatör devreye girip regülatör halatını durdurmasıyla, halat çenelere bağlı çubuğu dolayısıyla çeneleri yukarı yönde çekmekte, çeneler ise kılavuz raya yaklaşır tutunmaktadır. Çenelerin kılavuz raya teması ardından artık kama etkisi devreye girer ve regülatör halatının çeneleri yukarı çekmesine gerek kalmaz.
2. Eksantrik kam tipi: Genelde iki adet sertleştirilmiş çelik testere dişli ve eksantrik yapıda kamadan imal edilmişlerdir. Mekanizma kılavuz rayının her iki tarafında çalışan krank milleriyle çalışmaktadır. Kamalar birbirlerine bağlı olduğu halde ters yönlerde çalışmaktadır. Bağlantılar dört kamı da aynı anda çalışmasını sağlayacak şekilde tasarlanmışlardır.
3. Makaralı tip: Konik çelik çenelerin kılavuzluk ettiği sertleştirilmiş çelik makaraya sahiptir. Makara regülatör halatının tetiklediği bir harekete geçirme mekanizmasına bağlıdır. Her iki kılavuz raydaki aynı anda oluşacak bir frenlemeyi iki frenini birbirine bağlayan bir çubuk ile sağlanmaktadır.

Standartta yer alan ve F.3.2.2.1. ekinde ani frenlemeli paraşüt fren sisteminde yapılacak deney kapsamı tanımlanmıştır. Deney bir pres veya ani hız değişikliği olmadan hareket eden benzeri bir teçhizat kullanılmak suretiyle yapılmalıdır. Aşağıdaki hususlar ölçülmelidir:

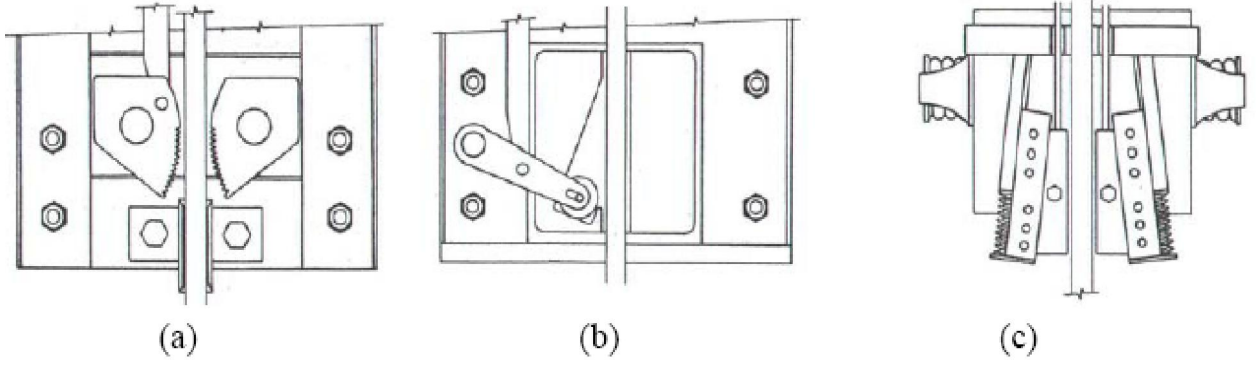
- a) Kuvvetin fonksiyonu olarak kat edilen mesafe;
- b) Kuvvet veya kat edilen mesafenin fonksiyonu olarak paraşüt fren sistemi gövdesinin deformasyonu.

Ve F.3.2.3.1 de ise iki adet diyagram çizilmesi gerektiği belirtilmiştir.

- a) Birincisi kuvvetin fonksiyonu olarak kat edilen mesafeyi;
- b) Diğeri ise gövdenin deformasyonunu göstermelidir. Bu diyagram, birinci diyagramla ilgi kurulabilecek bir şekilde düzenlenmelidir.

Bu tip paraşüt fren sisteminde bir ivmeden bahsedilmez. Standartta ivme konusunda bir sınırlama getirmemektedir. Bunun sebebi ortalama duruş mesafesi tablosundan (Çizelge 3.1) da görüleceği gibi, kullanılan çene tipine göre 3,26 cm veya 5,1 cm'lik bir yol kat edilmesi

yeterli olabilmektedir.



Şekil 3.6 Ani Frenlemeli Paraşüt Fren Sistemleri: a)Makaralı Tip b)Eksantrik Kam Tipi c)Kamalı Tip (İmrak ve Gerdemeli, 2000)

### 3.10.2.5 Ani Frenlemeli Tampon Etkili Paraşüt Fren Sistemi

Standart Ek F.3. te ani frenlemeli tampon etkili paraşüt fren sistemi tanımı yapılmaz. Bu tip fren kullanılması zorunluluğunun oluşması için istenen şart, beyan hızının 0,63 m/s üzerinde ama 1 m/s nin altında olması gerekir. Bu hızlarda regülatörün devreye giriş hızı ise 1,15 m/s üstü ile 1,5 m/s arasında olacaktır. Bu hızlara göre de 1 g'nin altında bir ivme için 8 cm ile 11 cm den daha uzun bir duruş mesafesi gerekmektedir. Ani frenlemeli paraşüt fren sisteminin duruş mesafeleri, istenen bu şartları karşılayamaz. Ani frenlemeli paraşüt fren sistemi duruş mesafelerine ek olarak, istenen mesafelere ulaşabilmek için ikinci bir esnemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacı karşılayabilmek için taşıyıcı çerçeveye ani frenlemeli paraşüt fren sistemi konulduktan sonra gerekli olan duruş mesafesi için ek esneme ise, genel olarak kabin ve çerçeve arasında konan tamponlarla sağlanmaktadır. Çerçevede (taşıyıcı karkas) frenleme sonucu ani bir duruş olmasına rağmen, kabin tampon strokları kadar esnemeye devam eder. Bu sayede kabin içindeki kişiler için gerekli olan 1 g'nin altında ivme elde edilir. Amerika'da bu tip frenler 2,5 m/s hızlara kadar kullanılabilir. Bu tip asansörlerde ender olarak bu sistem paraşüt fren sistemi ile çerçeve arasında da kullanılmıştır. Ama çok fazla tertibat gerektirdiği ve maliyeti artırdığı için, pek karşılaşılan uygulamalar değildir. Çerçevede kullanılacak olan tamponların özelliği standartta belirtilmiştir.

Standartta göre ani frenlemeli tampon etkili paraşüt fren sisteminde, tamponlama sistemi, geri dönme hareketi tamponlanmış olan enerji depolayan tipte tamponlar ve enerji harcayan tipte tamponlar şartlarına uygun ve enerji harcayan veya geriye dönüş hareketi tamponlanmış enerji depolayan tipte olmalıdır.

Görülmektedir ki, tamponlama mesafesi ve etkisinin, standartta ön görülen tampon özelliklerini sağlayacak bir özellikte olması şartı konmuştur.

Dikkat edilmesi gereken bir diğer durum, aşağı yönde çalışan bir fren için kullanılacak tamponlama sisteminin, aynı şekilde yukarı yön içinde kullanılması zorunluluğudur. Bu durumda tek yönlü çözülebilir görülen durum, çift yönlü uygulamalarda oldukça karışık bir durum almaktadır. Üstelik tampon kapasiteleri farklı olmak zorundadır. Çift yönlü frenlerde aşağı yönde kapasite, kabin ağırlığı ve beyan yükü toplam değeri ve serbest düşme dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Ancak aynı tertibat yukarı yönde halat kopmadan ve en kötü şartta sadece beyan yükünün yarısı kadar bir yükü durduracak veya yavaşlatacaktır. Bu durumda frenin aşağı ve yukarı durdurma kapasitesi farklıdır. Ani frenlemeli bir sistem kullanılması durumunda, aynı şekilde kullanılacak tampon kapasiteleri içinde bu durum dikkate alınmalıdır.

Bir diğer durum ise yukarı yönde hızlanma genellikle düzenli bir ivme artışıyla olmakta, aşağı yönde ise serbest düşme de ani bir hızlanma söz konusu olabilmektedir. Bu durumda regülatörün devreye giriş hızı da farklılık gösterebilmektedir. Önerilecek çözümde tüm bunların dikkate alınmış olması gerekir.

Bu uygulamalar konusunda bir noktanın daha özellikle üzerinde durulması gerekir. Ani frenlemeli tampon etkili fren uygulamasında çerçeveye bağlanan fren, bir ani etkili frendir ve bilinenin aksine, bu uygulamada çerçevenin duruşunda bir tampon etkisi söz konusu değildir. Bu yüzden asansörün taşıyıcı ve tahrik sisteminde (halatlarda, makine-motorda, diğer çerçevelerde) oluşan darbeye bir yumuşama söz konusu olmaz. Tamponlama etkisi kabin ile taşıyıcı çerçeve arasındadır, kabin içini etkiler, diğer sistemler çerçevenin ani duruşuyla, ani frenlemeli paraşüt fren sistemi etkisine maruz kalır. Bu yüzden çerçeveler, makine-motor gibi aksamlar ani frenleme etkisine maruz kalmacağı düşünülerek tasarlanmalıdır.

### **3.10.2.6 Kaymalı Paraşüt Fren Sistemi**

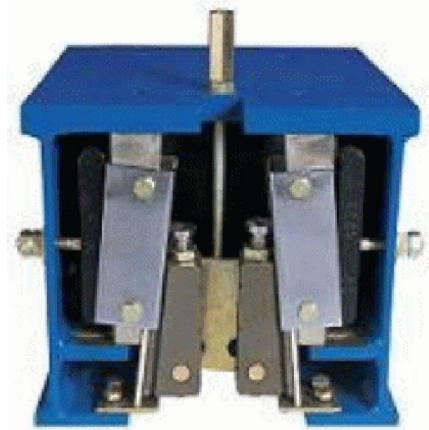
Fren bünyesinde bulunan yay tertibatı yardımıyla, kılavuz rayları üzerinde sürtünme ile gerçekleşen frenleme etkisinin, kabin ve karşı ağırlıkta meydana getirdiği kuvvetlerin kabul edilebilir bir değerde sınırlandırılması, böylece frenleme kuvvetini dağıtarak daha uzun bir mesafe ve sürede duruşu sağlayan paraşüt frenleridir. Çeşitli hız ve kapasiteler için belirlenen değerler arasında kullanılırlar. Ani frenlemeli sistemlerden farklı olarak, hız değişimine göre kapasite değeri de değişmektedir.

Ani frenlemeli sistemlerin aksine, tam yük deneylerinde istenen mesafede olmasa bile, raya saplanmadan yük eğrisinde belirtilen yük ve hıza bağlı olarak bir kaymanın görülmesi gerekir. Raya saplanma ve kazıklama, ani frenlemeli paraşüt fren sisteminde normalde görülen bir durum iken kaymalı frenlerde istenmeyen bir özelliktir.

Frenleme sonrasında paraşüt fren sistemini eski haline getirmek için sadece kabini ters yönde hareket ettirmek yeterlidir. Bu hareket sıkışan elemanları eski haline getirecek paraşüt freni tekrar ayarlamak için ayrı bir şey yapılmasına gerek kalmayacaktır.

Kaymalı paraşüt fren sistemleri:

- a. Kabine yumuşak bir kayma hareketi verirler.
- b. Kamalı türlerinde kama etkisi başladığında artık regülatör halatının frenlemeye bir katkısı olmadan kendiliğinden frenlemeye devam ederler.
- c. Basit ve efektif bir yapıları olduğundan kısa tepki süresinde işleme başlarlar.
- d. Temas yüzeylerinde çok az veya hiç zarar olmaz.
- e. Tekrar kolay kurulur, yeniden ayara gerek duymazlar.
- f. Sistem üzerinde kolayca konumlandırılırlar.



Şekil 3.7 Kaymalı Paraşüt Fren Sistemi (Pzhlz.net, 2010)

#### 4. ASANSÖR PARAŞÜT FREN SİSTEMİ MODELLENMESİ

Asansörlerde kullanılmakta olan paraşüt fren sistemi işleyişleri matematiksel olarak formülize edildikten sonra bir modelleme programı yardımıyla modellenmiştir. Bu çalışmada yapılmış olan hesaplamalar MatLAB paket programı ve MatLAB Simulink eklenti programı yardımıyla modellenmiştir. Çıkan sonuçlar detaylı olarak analiz edilip yorumlanmıştır.

##### 4.1 Model Paraşüt Fren Sistemi Tanıtım Ve Çalıştırılması

Örnek model olarak kullanılan kaymalı paraşüt fren özel bir firmanın üretmekte olduğu kayma etkili paraşüt frenidir.(Şekil4.1)

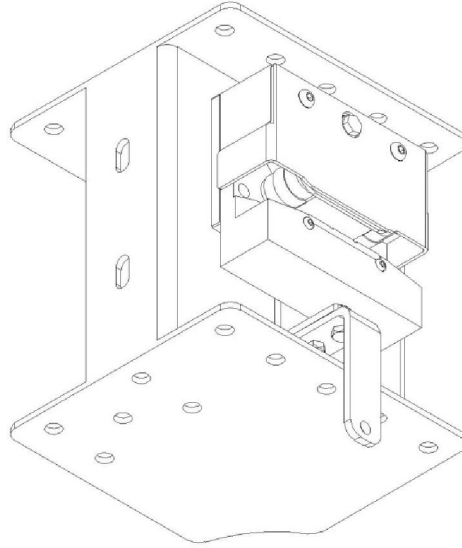
Model kaymalı paraşüt frenimiz şu şekilde tanımlanabilir. Asansörün kabin kafesinin her iki yanına, kabinin üzerine veya aşağısına bağlanan güvenlik mekanizmasıdır. Kabin her iki yanda raylara patenler vasıtasıyla kılavuzlanmış olduğu halde, paraşüt frenler ise bu kılavuz rayda hazır halde paralel olarak konumlandırılmışlardır.

Model kaymalı fren her iki yöne de, hem yukarı kontrolsüz hızlanmalarda, hem de aşağı doğru olabilecek kontrolsüz hızlanmalarda kabini durdurmak üzere tasarlanmıştır.

Şekil 4.9 da görüldüğü üzere fren regülatörün tetiklemeyle bir merkez etrafında yukarı ya da aşağı yönde hareket edecek iki adet ıslah çeliğinden yapılmış silindire sahiptir. Regülatör halatından aldığı hareketle silindirler ortada bulunan çelikten yapılmış iki yöne 9° lik bir açı yapan dil üzerine gelir ve ray ile dil arasına sıkışır. Düşey olarak yaptıkları ilerleme dili geri iter dolayısıyla dil arkasında bulunan yay sıkışır. Örnek kaymalı firende yay kuvvetinin tabak yaylar tarafından oluşturması tasarlanmıştır. Dilin arkasında bu tabak yaylar muhtelif şekilde ve sayıda sıralanarak gerekli frenleme kuvvetini sağlamaktadır.

Tabak yaylar yapılan muhtelif testlere uygun olarak zamanla çeşitli şekillerde sıralanmış, bulunan sonuçlara göre bir ön sıkışma verilerek ayarlanmışlardır. Sıkıştırma dilin arkasında bulunan metaldeki vidalarla sağlanmaktadır.

Ray ile dil arasına giren silindirin sıkıştırmasıyla tabak yaylar karakteristiği doğrultusunda bir yay kuvveti oluşturur, bu kuvvet de sürtünme kuvvetine dönüşerek kabinin durdurulmasını sağlar. Rayın diğer tarafında, ıslah çeliğinden yapılmış bir sürtünme pilakası vardır.



Şekil 4.1 Gerçek Kaymalı Paraşüt Frenin İzometri Görünüşü

## 4.2 Model Oluşturma

İki çeşit model oluşturulmuştur. Bunlar: fiziksel model ve matematiksel modeldir. Fiziksel model oluşturulurken gerçek hayatta mekanizmaların çalışmaları temel çalışma şekilleri aynen kopyalanmaya çalışılmış fakat ileride yapılacak hesaplamaları kolaylaştırmak için mekanizmalar basit birimlere indirgenmiştir. Matematiksel model oluşturulurken ise sistemin serbest cisim diyagramları oluşturulup buradan sistemin davranışının diferansiyel denklemi çıkarılmış yine hesaplamaları kolaylaştırmak için bir dizi kabuller yapılmıştır.

### 4.2.1 Yapılan Kabuller

- Ray ile karşı sürtünme plakasının arasında, ray ile silindirlere arasında ve de silindir ile dil arasında oluşan sürtünme katsayısının ideal şekilde ve sabit kaldığı kabul edilmiştir.
- Yerçekimi kuvvetinin yükseklikle değişmediği, dünyanın merkezine doğru ve  $9.81 \text{ m/s}^2$  lik bir ivme ile sabit kaldığı kabul edilmiştir.
- Kabin, karkas, kabine monte edilmiş tüm ekipman ve yolcular tek bir noktasal yük olarak alınmış ve zamanla değişmediği kabul edilmiştir.
- Kullanılmakta olan tüm yay ve sönüm elemanlarının ideal olarak davrandığı varsayılmıştır.
- Modelde kullanılmakta olan kabinin yanal hareketlerinin olmadığı, sadece düşeyde hareket ettiği kabul edilmiştir.

f. Hava direnci ve havadan kaynaklanan sürtünmeler tamamen ihmal edilmiştir.

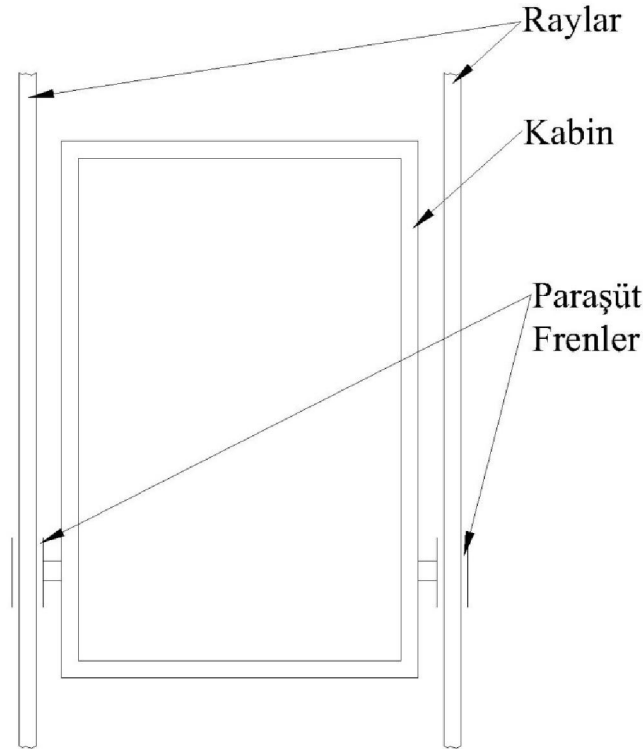
#### 4.2.2 Sonuçların İncelenmesi

Simülasyonların sonucunda çıkan grafiklerin analiz edilmesiyle:

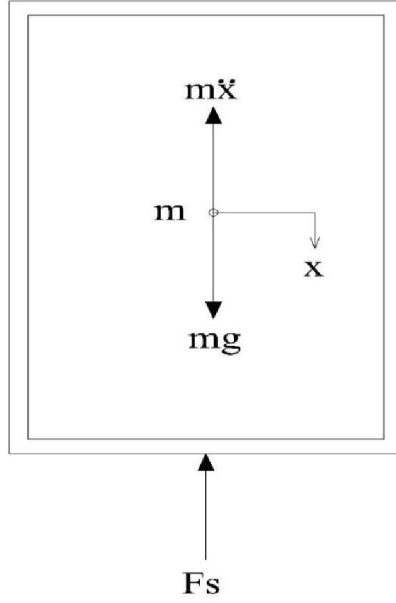
- 1) Kabin yol, zaman eğrisi bakımından çizelge 3.1 ortalama duruş mesafesi tablosunda belirtilen sınırlar içinde durup durmadığına
- 2) İvme, zaman çizelgesi bakımından standartta verilen kabin yolcuların güvenliği açısından 0.2g ile 1g arasında bir ivme ile durdurulmalıdır şartı göz önüne alınarak incelenmiştir.

#### 4.3 Fiziksel Model ve Matematiksel Model

İlk olarak oluşturulan temel kaymalı paraşüt fren modelinde, sistemi durdurmak için uygulanan sürtünme kuvvetinin ( $F_s$ ) karakteristiği lineer ve sabit bir değerde kullanılmıştır ve yukarı yönde uygulanmaktadır. Bu durum ideal olarak uygulanmakta olan sürtünme kuvvetini temsil etmektedir. Modeli oluşturmak için kullanılan asansörün gerçek model şekil 4.2 de görüldüğü gibidir. Asansör kabin kafesinin her iki yanında birer paraşüt fren ile kılavuz raylarda yol almaktadır.



Şekil 4.2 Asansör Temel Kabin Modeli



Şekil 4.3 Asansörün Düşmesini Modelleyen Serbest Cisim Diyagramı

Serbest cisim diyagramı asansör gerçek modelinden yola çıkılarak oluşturulmuştur. Her iki yandaki paraşüt frenlerden oluşan durdurma kuvveti veya sürtünme kuvveti tek bir kuvvet olarak ele alınmıştır. Ortaya çıkan kontrolsüz hızlanma yönü  $x$  ile gösterilmiş ve pozitif yön olarak alınmıştır. Sisteme düşey yönde yerçekimi kuvveti etkimekte tam tersi yönde de sistemin ataleti oluşmaktadır.

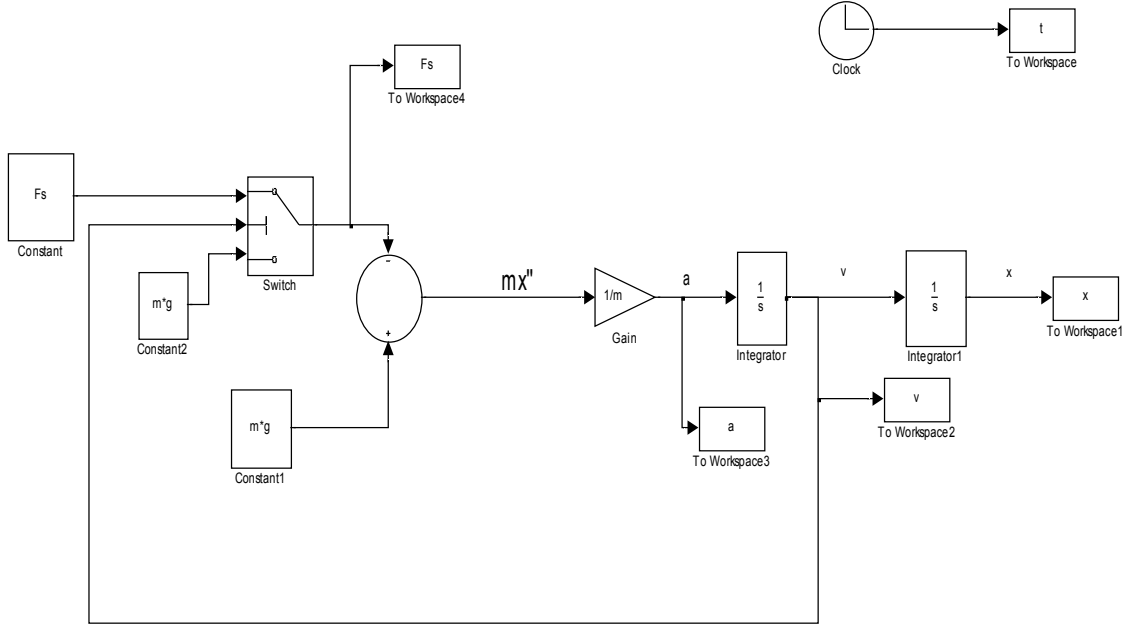
Serbest cisim diyagramından ortaya çıkan diferansiyel denklem şöyledir:

$$mg + m\ddot{x} - F_s = 0 \quad (4.1)$$

Ortaya çıkan diferansiyel denklemi Matlab Simulinkte modellediğimizde şekil 4.4 deki fren modeli oluşur.

#### 4.3.1 Simülasyon

Kabin duruş süresinin, ivmelenmenin ve hızın izlenmesi aşağıdaki farklı senaryolar uygulanarak sistemin davranışı incelenmiştir. Üç ayrı senaryoda sırasıyla sisteme  $1.6mg$ ,  $mg$ 'ye eşit ve  $mg$  den daha az durdurma kuvveti etkimektedir.



Şekil 4.4 İdeal Kuvvet Uygulanan Kaymalı Frenleme Modeli

Diyagramda ideal kuvvet uygulanan kaymalı frenleme yapan bir asansörün güvenlik sisteminin modellenmesi yapılmıştır. Sistem öngörülen asansör seyir hızının üzerine çıktığında hız regülatörü devreye girmekte ve asansör kabinine iştirilmiş olan güvenlik mekanizmasını harekete geçirip frenleme yapmaktadır.

Bu durumda ortaya çıkan yol-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafikleri aşağıdaki gibi ortaya çıkmıştır.

#### 4.3.1.1 Senaryo 1

$$F_s > mg, V > 0 \text{ ve}$$

$$F_s = mg, V \leq 0 \text{ olduğu durumda,}$$

#### Parametreler:

$$m = (P+Q)$$

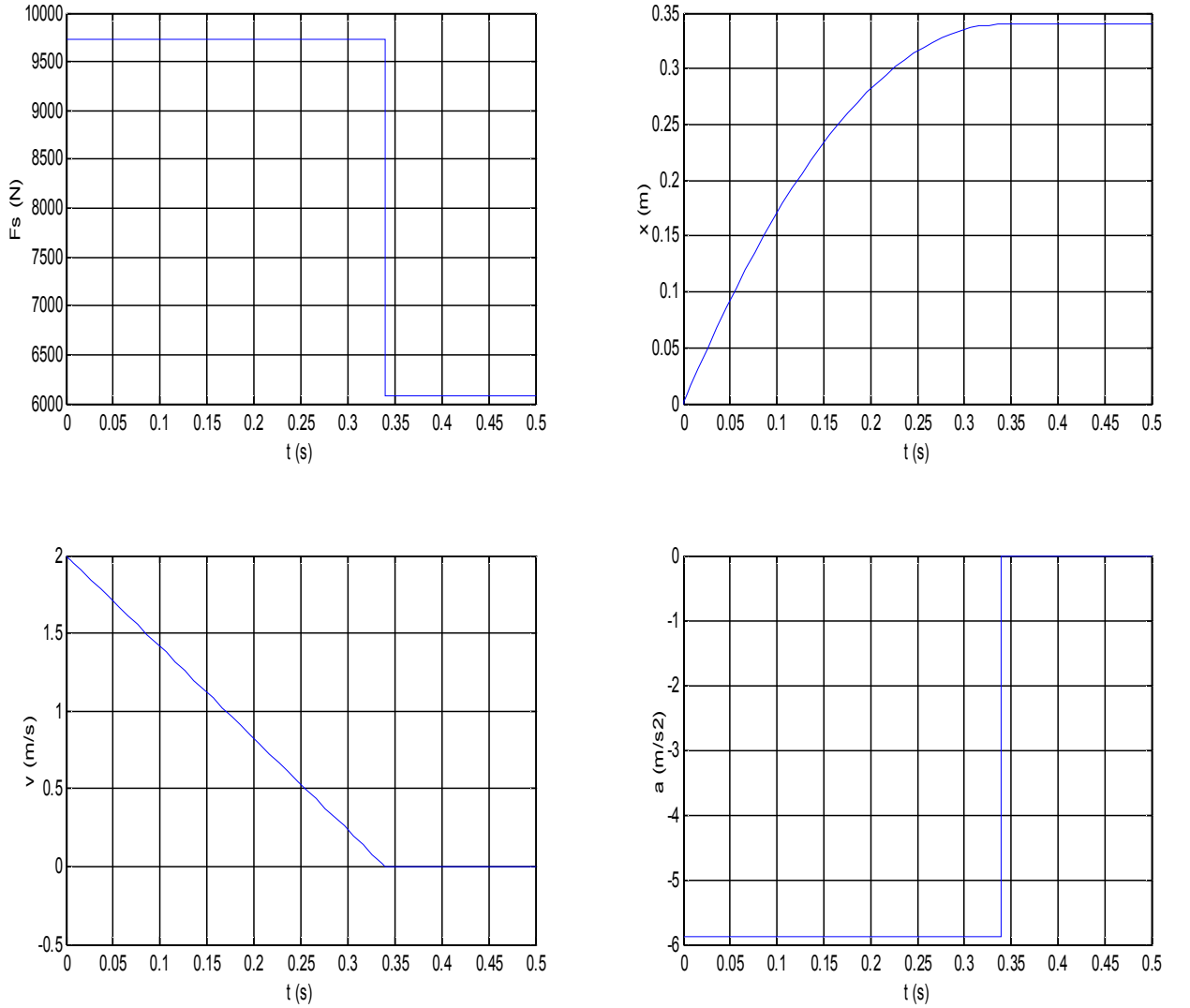
(4.2)

$$= (300+4*80)=620 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$V_o = 2.0 \text{ m/s}$$

$$F_s = 9731 \text{ N}$$



Şekil 4.5 İdeal Kuvvet Uygulanan Kaymalı Frenleme Modeli İçin Modelin Verdiği Cevaplar

Modelin simülasyonu sonucu ortaya çıkan yukarıdaki sürtünme kuvveti, zaman değişim grafiğinde de görüldüğü üzere asansöre hızlanmanın tersi yönde uygulanan 1.6mg değerinde olan 9731N luk sabit bir sürtünme kuvveti uygulanmıştır. Sürtünme kuvveti sabit, lineer ve zamanla değişmemektedir.

Yol, zaman grafiğine göre uygulanan 1.6 mg lik sabit sürtünme kuvveti kabini 0.34 sn içerisinde 0.34 m de kaydırarak durdurmuştur. Çizelge 3.1 deki ortalama duruş mesafelerinde de belirtilen standart sınırları içerisinde sistemi güvenli bir şekilde durdurmuştur. Frenleme başarılıdır.

Hız, zaman grafiğine bakıldığında kabin başlangıç hızından sıfır değerine lineer olarak ideal şekilde yavaşlamaktadır.

İvme, zaman grafiğinde fren 0.34 saniye boyunca sabit olarak -0.59 g lik bir ivme ile kabini durdurmuştur. Bu değer standartta belirtilen sınır değerleri içerisinde. Frenleme başarılıdır.

#### 4.4 Yetersiz Kuvvet Uygulama Durumları

Bu başlık altında ideal kuvvet uygulanan kaymalı fren modelinde  $F_s$  kuvveti üzerinde değişiklik yaparak sürtünme kuvvetinin  $mg$  ye eşit olması ve  $mg$  den düşük olması durumunda sistemin verdiği cevaplar araştırılmıştır.

##### 4.4.1 Sürtünme Kuvveti $Mg$ Ye Eşit Olduğu Durumda

İlk olarak sürtünme kuvvetini  $mg$  değeri olan kuvvete eşitlersek modelin davranışı incelenmiştir. Aşağıdaki grafikte 620 kg kabin ve yolcuların oluşturduğu anma yükünün  $g$  katı olan 6082N kuvvetin modele uygulandığı görülmektedir.

##### 4.4.1.1 Senaryo 2

$F_s = mg, V > 0$  olduğu durumda,

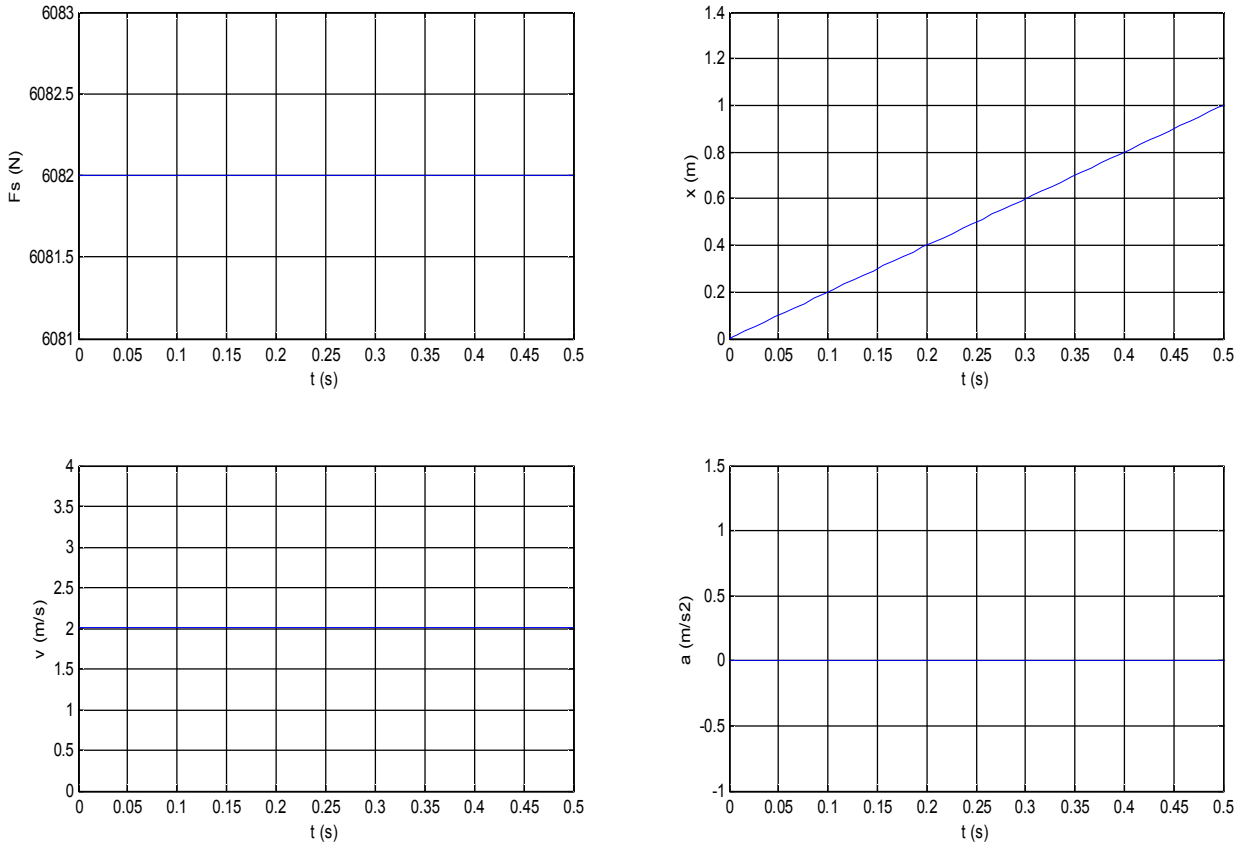
**Parametreler:**

$$m = 620 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$V_0 = 2.0 \text{ m/s}$$

$$F_s = 6082 \text{ N}$$



Şekil 4.6 İdeal Kuvvet Uygulanan Kaymalı Frenleme Modeli İçin Sürtünme Kuvveti  $mg$ 'ye Ayarlandığı Durumda Sistemin Verdiği Cevaplar

Yol, zaman grafiği incelendiğinde fren mekanizmasının kabini durduramadığı anlaşılmaktadır. Kabin yoluna lineer olarak artan bir yol almayla devam etmektedir ve modelleme süresince kabin durdurulamamıştır. Frenleme başarısızdır.

Hız, zaman grafiği fren yapmanın hızı düşürmede bir etkisi olmadığını göstermektedir. Kabin başlangıç hızı olan 2.0 m/s ile değişmeden düşmeye sabit olarak devam etmektedir. Sistem serbest düşme hareketi yapmaktadır.

İvme, zaman grafiği herhangi bir ivmelenmenin olmadığını göstermektedir. Kabin üzerine ne pozitif ne de negatif bir ivme yoktur.

İdeal olarak sabit sürtünme kuvveti uygulanan kaymalı frende oluşturulan modelin çalıştırılması sonucu ortaya çıkan yukarıdaki grafiklerden anlaşılacağı üzere sürtünme kuvvetini  $mg$  değerine eşit bir değerde verildiğinde temel model sistemi sabit bir değerdedir ve bu uygulanan  $mg$  kuvveti sistemi durdurmaya yetmemektedir. İvme değişmediği ve sıfır değerinde olduğu halde hız da sabit kalacak sonuçta kabin sabit hızla düşmeye devam edecektir. Frenleme başarısızdır.

#### 4.4.2 Sürtünme kuvveti $mg$ den düşük bir değer aldığında

İkinci olarak uygulanan sürtünme kuvveti  $mg$  den daha düşük bir değerde seçilmiş ve bu durumda model analiz edilmiştir. Bu senaryoda  $mg$  değerinden düşük olan 3618N seçilmiştir.

##### 4.4.2.1 Senaryo 3

$F_s < mg$ ,  $V > 0$  olduğu durumda,

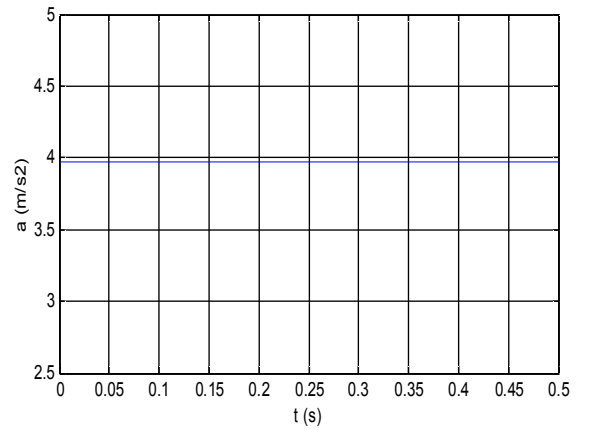
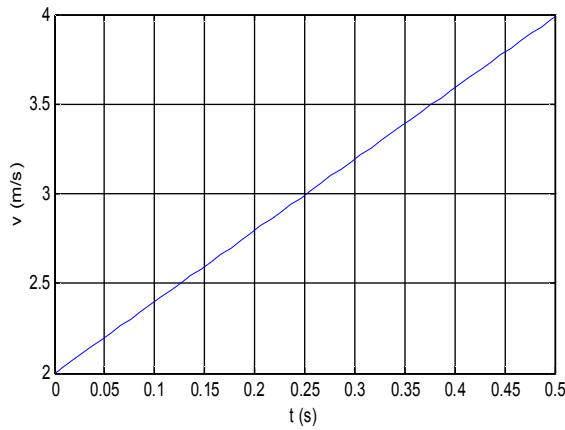
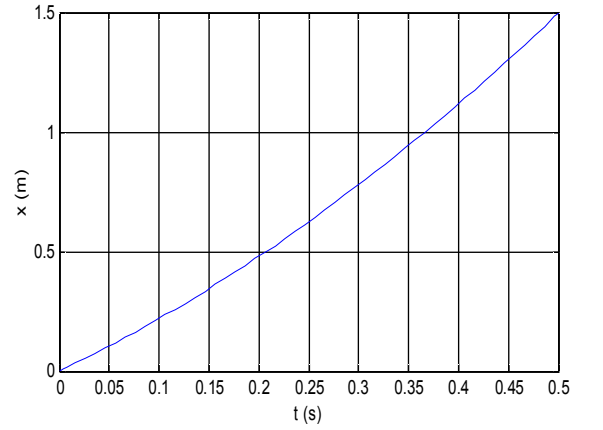
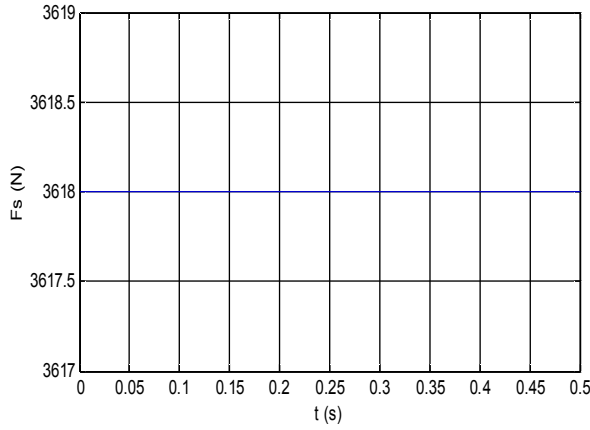
**Parametreler:**

$$m = 620 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$V_0 = 2.0 \text{ m/s}$$

$$F_s = 3618 \text{ N}$$



Şekil 4.7 İdeal Kuvvet Uygulanan Kaymalı Frenleme Modeli İçin Sürtünme Kuvveti  $< mg$ 'ye Ayarlandığı Durumda Modelin Verdiği Cevaplar

Sürtünme kuvveti, zaman grafiği sabit şekilde uygulanmakta olan sürtünme kuvvetini göstermektedir.

Yol, zaman grafiği yapılan frenlemenin kabini durduramadığı, kabinin aşağı doğru non-linear artan bir yol almayla yoluna devam ettiğini göstermektedir. Frenleme başarısızdır.

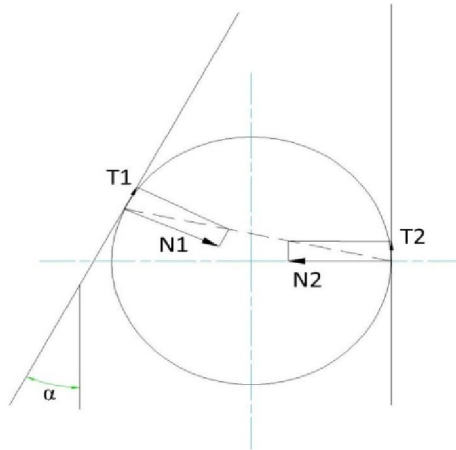
Hız, zaman eğrisi kabinin linear olarak hızlandığı yönde hızlanmaya devam ettiğini göstermektedir.

İvme, zaman eğrisi pozitif yönde yaklaşık 0.4 g lik artan bir ivme oluştuğunu göstermektedir.

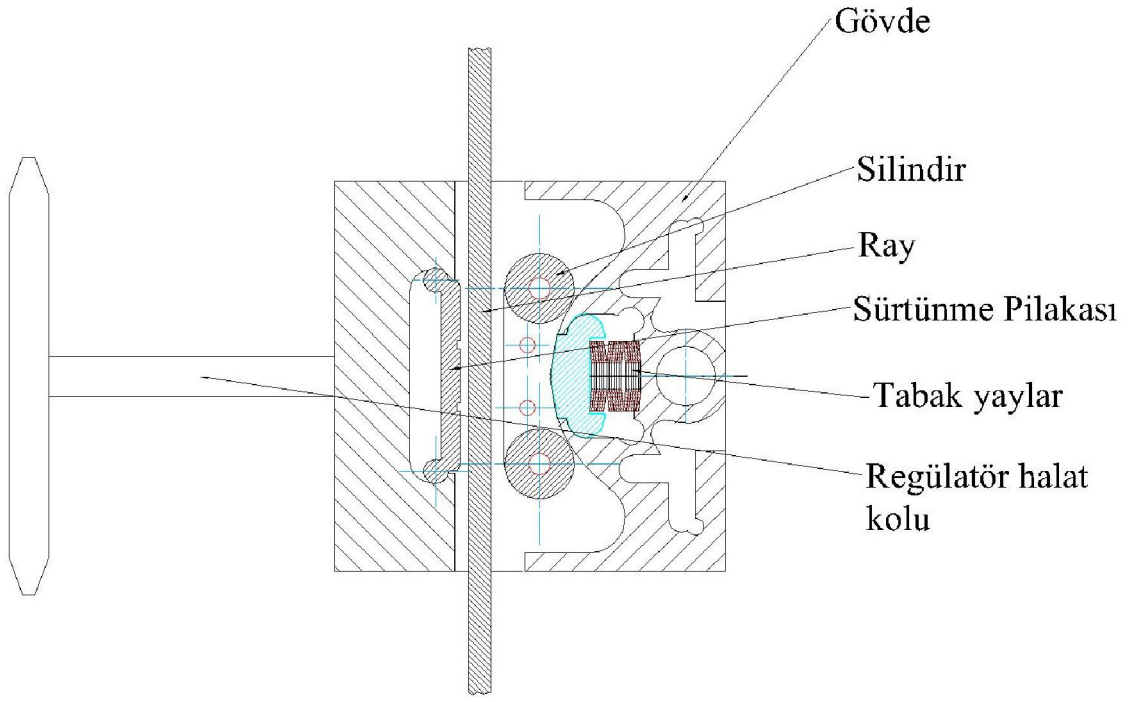
İdeal olarak sabit sürtünme kuvveti uygulanan kaymalı frende oluşturulan modelin çalıştırılması sonucu ortaya çıkan, sürtünme kuvvetini  $mg$  değerinden daha az bir değerde verildiğinde  $mg$  değerinden düşük olarak seçilen sürtünme kuvveti sistemi durdurmaya yetmemektedir. Pozitif değerde bir ivme ile kabin hızlanarak başlangıç değerinde olduğu halden hız linear olarak artacak kabin artan bu hızla düşmeye devam edecektir. Frenleme başarısızdır.

#### 4.5 Gerçek Kaymalı Fren Modeli

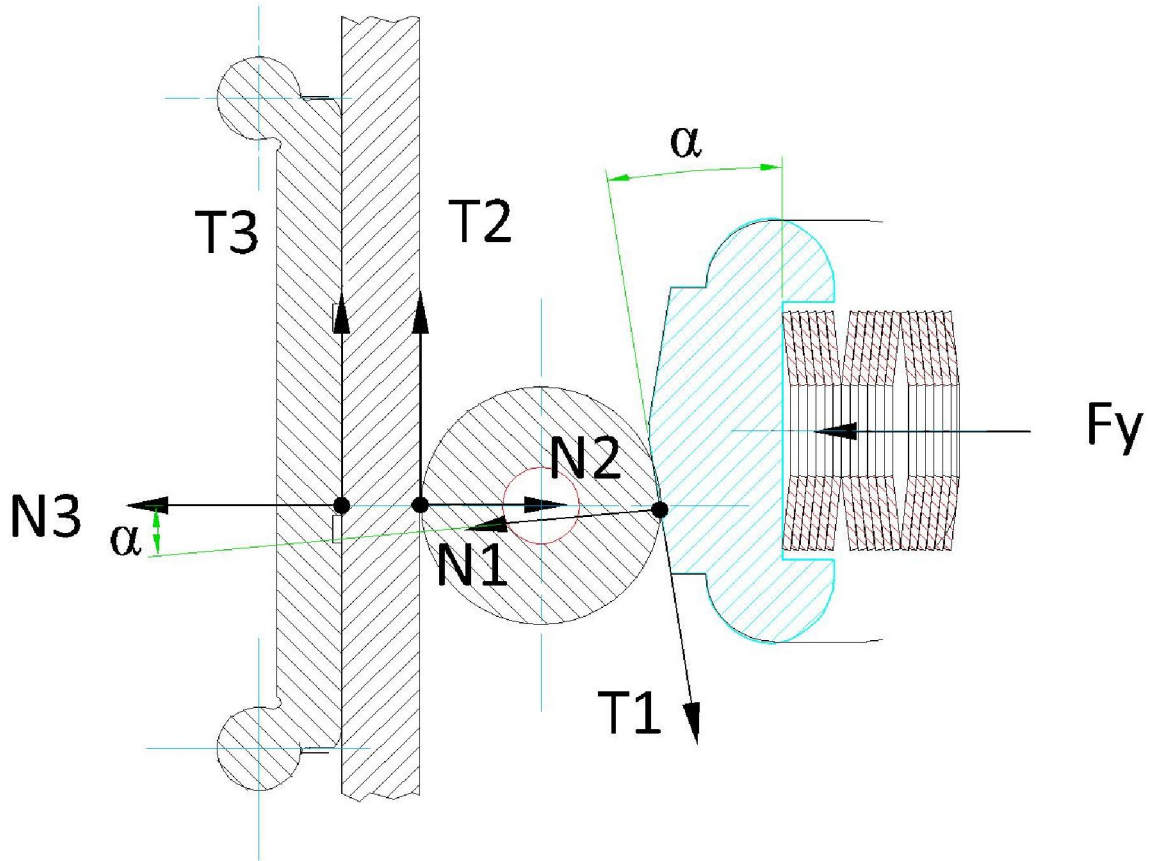
Kaymalı bir frende frenleme esnasında elemanlar üzerinde çeşitli kuvvetler oluşmaktadır. Genel olarak üç noktada sürtünme kuvveti oluşur. Raya temas eden ve rayın her iki yüzünde oluşan sürtünme kuvvetleri. Sıkıştırma elemanı ile fren gövdesi arasında oluşan sürtünme kuvveti. Ray ve sıkıştırma elemanı ve sıkıştırma elemanı ile gövde arasında oluşan kuvvetlerin görünümü Şekil 4.10da verilmiştir.



Şekil 4. 8 Frenleme Esnasında Silindir Üzerinde Oluşan Kuvvetler (Janovsky, 1993)



Şekil 4.9 Model Fren Kısımları



Şekil 4.10 Kuvvetlerin Model Fren Elemanları Üzerinde Gösterimi

Sürtünme kuvveti ( $F_s$ ), kabinin her iki tarafında yerleştirilmiş birer tane kaymalı paraşüt freni kullanılmış olduğu kabul edilerek:

$$\frac{F_s}{2} = T_2 + T_3 \quad (4.3)$$

$$T_2 = N_2 * \mu \quad (4.4)$$

$$T_3 = N_3 * \mu \quad (4.5)$$

Ray ve silindir, ray ve karşı sürtünme plakası arasındaki sürtünme kuvveti ise, hem dayanak hem de silindir her ikisi birden ıslah çeliğinden yapıldığından, sistem hareket halinde olduğundan sürtünme katsayısı kinetik olarak alınmış,

$\mu_k = 0.42$  (sert çelik – sert çelik arasında)

$$N_2 = N_3 \quad (4.6)$$

Buradan sürtünme kuvveti

$$F_s = 2 * \mu * (N_2 + N_3) \quad (4.7)$$

$$F_s = 0.84 * (2 * N_2)$$

$$F_s = 1.68 * N_2$$

$$N_2 = F_y \quad (4.8)$$

oldüğundan

$$F_s = 1.68 * F_y \quad (4.9)$$

Bir tek tabak yay F kuvveti ortaya çıkarırsa ard arda paralel sıralanmış n tane tabak yay

$$F_y = n * F$$

$$F_s = 1.68 * n * F \quad (4.10)$$

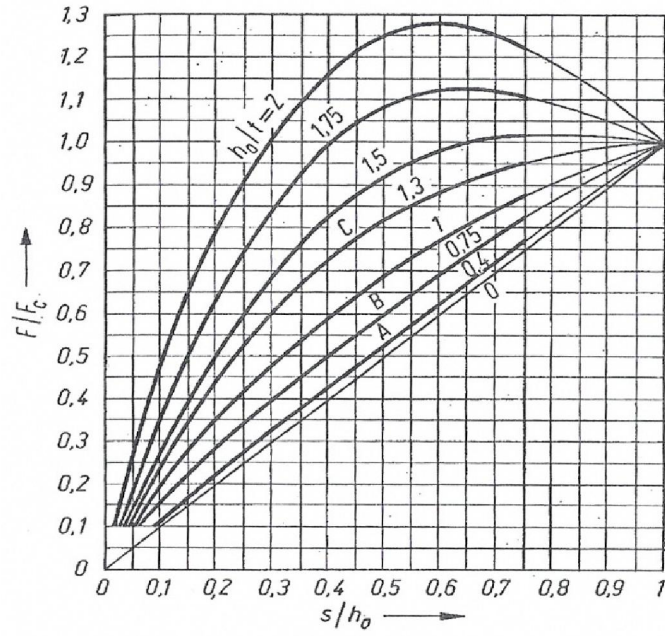
Ayrıca;

$$T_1 = N_1 * \mu \quad (4.11)$$

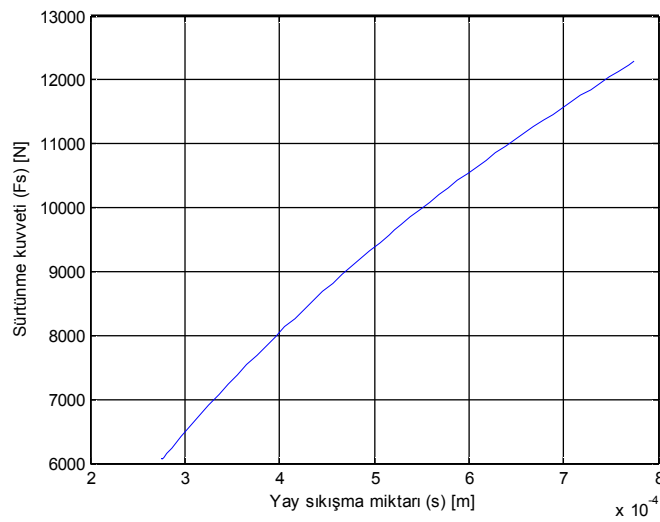
#### 4.6 Tabak (Disk) Yaylar

Örnek model olarak kullanılan kayma etkili paraşüt frende yay kuvvetini sağlayan yay elemanı olarak tabak yaylar kullanılmıştır. Kullanılan tabak yaylar çeşitli şekillerde ve sayılarda ard arda dizilerek istenilen frenleme kuvveti temin edilmiştir.

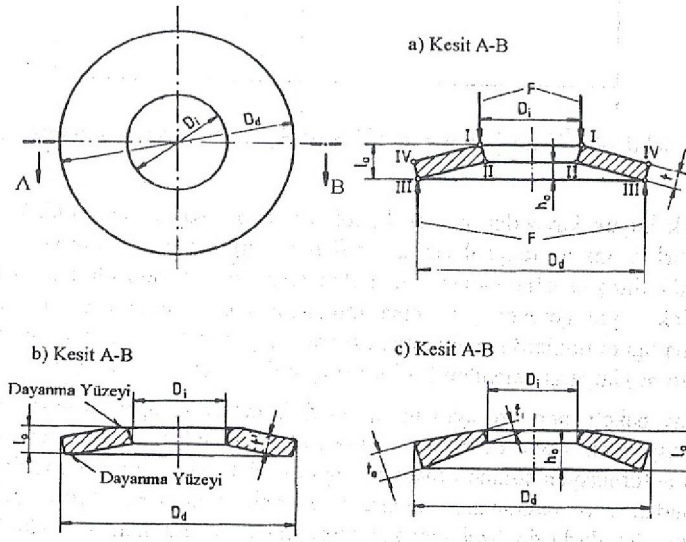
Disk yay da denilen tabak yaylar eksenleri yönünde  $h_0$  kadar konikleştirilmiş halkalardır. Halkanın radyal eksenini çok eğer olarak trapezdir.



Şekil 4.11 Tabak Yayların Karakteristiği (Babalık, 1997)

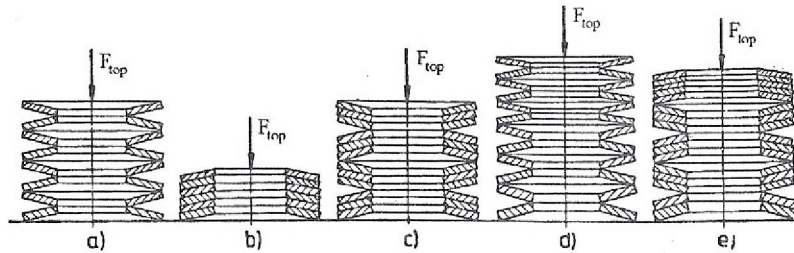


Şekil 4.12 Matlab Simulinkte Simüle Edilmiş Örnek Tabak Yayın Karakteristiği



Şekil 4.13 Tabak Yaylar a) Dikdörtgen Kesitli Nokta Teması, b) Dikdörtgen Kesitli Dayanma Yüzeyle, c) Trapez Kesitli (Babalık, 1997)

Tabak yaylar çok büyük kuvvetler ve çok küçük yaylanma söz konusu olduğu yerlerde yaygın olarak kullanılırlar. Örnek olarak takım tezgâhlarında, valflerde gergi elemanı olarak, krenlerde, taşıtlarda titreşim sönümleyici olarak ve makinelerin temele oturmalarında kullanılmaktadırlar. Tek yayın gerekli yaylanma miktarını sağlayamadığı veya gelen yükü taşıyamadığı durumlarda aynı yönde üst üste (yay paketi) veya ters yönde üst üste (yay sütunu) koyarak istenilen özellikte yay elde etmek mümkündür.



- Yay sütunu, zıt yönde dizilmiş, aynı tabak yaylardan (seri bağ)
- Yay sütunu, aynı yönde dizilmiş, aynı tabak yaylardan, paket (paralel bağ)
- $n=3$  adet aynı yaydan oluşan  $i=4$  paket, zıt yönde dizilmiş (seri ve paralel)
- Farklı tabak yaylar, zıt yönde dizilmiş (seri bağ)
- $n_1 = 5$ ,  $n_2 = 3$ ,  $n_3 = 2$  yaydan oluşan  $i_1 = 1$ ,  $i_2 = 3$ ,  $i_3 = 1$  toplam 5 paket (seri ve paralel bağ)

Şekil 4.14 Tabak Yay Bağlantı Şekilleri (Babalık, 1997)

Çizelge 4.1 Yaprak yay Dizilişlerine göre Kuvvet, Yaylanma ve Yay Katsayıları (Babalık, 1997)

Konstrüksiyon şekli	a	b	c	d	e
Toplam yay kuvveti $F_{top}$	F	n.F	n.F	F	$\Sigma(n.F)$
Toplam yaylanma $s_{top}$	i.s	s	i.s	$\Sigma(i.s)$	$\Sigma(i.s)$
Toplam yay katsayısı $c_{top}$	c/i	$c_p$	$c_p/i$	$\frac{1}{c_{top}} = \frac{i_1}{c_1} + \frac{i_2}{c_2} + \dots$	$\frac{1}{c_{top}} = \frac{i_1}{c_{p1}} + \frac{i_2}{c_{p2}} + \dots$

F: Bir tabak yaya gelen kuvvet

n: Bir pakette aynı yönde sıralanmış yay sayısı (paralel bağ)

i: Bir sütunda zıt yönde sıralanmış yay veya yay paketi sayısı (seri bağ)

Yay paketi, her yay aynı miktarda deformasyona uğradığından ve toplam deformasyon bir yayın deformasyonuna eşit olduğundan paralel, yay sütunu ise toplam deformasyon sütunu oluşturan yayların toplam deformasyonuna eşit olduğundan seri bağlanmıştır. Ayrıca aynı veya farklı paketlerden yapılmış sütunlarla da özel yay karakteristikleri elde etmek mümkündür.

Tabak yayların izin verilen deformasyon sınırı  $s=0,75 \cdot h$  dır. Sütunları oluştururken yaylar, hareketli ucunda kuvveti dış çevresinden alacak şekilde dizilmelidir. Yay sayısı çift alınırsa her iki uçta da yayların kuvveti dış çevreden almaları sağlanır. Sütun halindeki yaylar iç veya dıştan kılavuzlanırlar. İçten kılavuzlanma tercih edilmelidir. Kılavuz mil ile yay iç çapı arasında uygun boşluk olmalıdır. (Babalık, 1997)

Standartlarda tabak yaylar üç gruba ayrılmışlardır:

- Grup1: Soğuk şekillendirilmiş, herhangi bir talaşlı işleme tabi tutulmamış, köşeler yuvarlatılmış, kalınlık 1 mm veya daha ince.
- Grup2: Soğuk şekillendirilmiş, iç ve dış çap talaşlı işlem görmüş, iç ve dış köşeler yuvarlatılmış. Kalınlık 1mm ila 6 mm arasında.
- Grup3: Sıcak şekillendirildikten sonra talaşlı işlem görmüş, plan oturma yüzeyleri oluşturulmuş, iç ve dış köşeler yuvarlatılmış, Grup 2 deki yay rijitliğini elde edebilmek için kalınlık %6 inceltilmiş ve nominal kalınlıkları 6mm ila 14 mm arasında değişmektedir.

Ayrıca yüksekliğin ve dış çapın kalınlığına oranına bağlı olarak üç ayrı yay dizisi tanımlanmıştır.

- Dizi A  $D_d/t=18$   $h_o/t=0,4$  En sert
- Dizi B  $D_d/t=28$   $h_o/t=0,75$  Orta

c. Dizi C  $D_d/t=40$   $h_o/t=1,3$  En yumuşak

Çizelge 4.2 DIN 2093' e Göre Tabak Yaylar ve Boyutları (Babalık, 1997)

Grup	$D_c$ h 12	$D_i$ H 12	Dizi A					Dizi B					Dizi C				
			$t$	$t'$	$h_o$	$l_o$	$F_n$ kN	$t$	$t'$	$h_o$	$l_o$	$F_n$ kN	$t$	$t'$	$h_o$	$l_o$	$F_n$ kN
1	8	4,2	0,4		0,2	0,6	0,21	0,3		0,25	0,55	0,118	0,2		0,25	0,45	0,039
	10	5,2	0,5		0,25	0,75	0,325	0,4		0,3	0,7	0,209	0,25		0,3	0,55	0,058
	12,5	6,2	0,7		0,3	1	0,66	0,5		0,35	0,85	0,293	0,35		0,45	0,8	0,151
	14	7,2	0,8		0,3	1,1	0,797	0,5		0,4	0,9	0,279	0,35		0,45	0,8	0,123
	16	8,2	0,9		0,35	1,25	1,01	0,6		0,45	1,05	0,41	0,4		0,5	0,9	0,154
	18	9,2						0,7		0,5	1,2	0,566	0,45		0,6	1,05	0,214
	20	10,2						0,8		0,55	1,35	0,748	0,5		0,65	1,15	0,254
	22,5	11,2						0,8		0,65	1,45	0,707	0,6		0,8	1,4	0,425
	25	12,2						0,9		0,7	1,6	0,862	0,7		0,9	1,6	0,599
	28	14,2						0,8					0,8		1	1,8	0,801
	34,5	16,3						0,8					0,8		1,05	1,85	0,687
	35,5	18,3						0,9					0,9		1,15	2,05	0,832
	2	18	9,2	1		0,4	1,4	1,25									
20		10,2	1,1		0,45	1,55	1,52										
22,5		11,2	1,25		0,5	1,75	1,93										
25		12,2	1,5		0,55	2,05	2,93										
28		14,2	1,5		0,65	2,15	2,84	1									
31,5		16,3	1,75		0,7	2,45	3,87	1,25		0,8	1,8	1,11					
35,5		18,3	2		0,8	2,8	5,19	1,25		0,9	2,15	1,91					
40		20,4	2,25		0,9	3,15	6,5	1,5		1	2,25	1,7					
45		22,4	2,5		1	3,5	7,72	1,75		1,15	2,65	2,62	1		1,3	2,3	1,02
50		25,4	3		1,1	4,1	12	2		1,3	3,05	3,65	1,25		1,6	2,85	1,89
56		28,5	3		1,3	4,3	11,4	2		1,4	3,4	4,76	1,25		1,6	2,85	1,55
63		31	3,5		1,4	4,9	15	2,5		1,6	3,6	4,44	1,5		1,95	3,45	2,62
71		36	4		1,6	5,6	20,5	2,5		1,75	4,25	7,19	1,8		2,35	4,15	4,24
80		41	5		1,7	6,7	33,6	3		2	4,5	6,73	2		2,6	4,6	5,14
90		46	5		2	7	31,4	3,5		2,3	5,3	10,5	2,25		2,95	5,2	6,61
100		51	6		2,2	8,2	48	3,5		2,5	6	14,2	2,5		3,2	5,7	7,68
112		57	6		2,5	8,5	43,7	4		2,8	6,3	13,1	2,7		3,5	6,2	8,61
125		64						5		3,2	7,2	17,8	3		3,9	6,9	10,5
140		72						5		3,5	8,5	29,9	3,5		4,5	8	15,4
160		82						5		4	9	27,9	3,8		4,9	8,7	17,2
180	92						6		4,5	10,5	41	4,3		5,6	9,9	21,8	
200	102						6		5,1	11,1	37,5	4,8		6,2	11	26,4	
250	127						6					5,5		7	12,5	36,1	
3	71	36	4	3,75	1,6	5,6	20,5										
	80	41	5	4,7	1,7	6,7	33,6										
	90	46	5	4,7	2	7	31,4										
	100	51	6	5,6	2,2	8,2	48										
	112	57	6	5,6	2,5	8,5	43,7	4	3,75	3,2	7,2	17,8					
	125	64	8	7,5	2,6	10,6	85,9	5	4,7	3,5	8,5	29,9					
	140	72	8	7,5	3,2	11,2	85,2	5	4,7	4	9	27,9					
	160	82	10	9,4	3,5	13,5	138	6	5,6	4,5	10,5	41	4,3	4,15	5,6	9,9	21,8
	180	92	10	9,4	4	14	125	6	5,6	5,1	11,1	37,5	4,8	4,6	6,2	11	26,4
	200	102	12	11,25	4,2	16,2	183	8	7,5	5,6	13,6	76,4	5,5	5,3	7	12,5	36,1
225	112	12	11,25	5	17	171	8	7,5	6,5	14,5	70,7	6,5	6,2	7,1	13,6	44,6	
250	127	14	13,1	5,6	19,6	249	10	9,4	7	17	119	7	6,7	7,8	14,8	50,5	

$$\text{Bir yaya gelen kuvvet: } F = E \frac{t*s}{K_1*D_d^2} \left[ (h_o - s) \left( h_o - \frac{s}{2} \right) + t^2 \right] \quad (4.12)$$

$$\text{Yay katsayısı } c = E \frac{t}{K_1*D_d^2} \left( h_o^2 - 3 * h_o * s + \frac{3}{2} s^2 + t^2 \right) \quad (4.13)$$

Çizelge 4.3 DIN 2092'ye Göre Tabak Yaylar İçin K<sub>1</sub>,K<sub>2</sub>,K<sub>3</sub>,K<sub>4</sub> Değerleri (Babalık, 1997)

$\delta$	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>
1,2	0,29	1,02	1,05	1,08
1,4	0,45	1,07	1,14	1,21
1,6	0,57	1,12	1,22	1,32
1,8	0,65	1,17	1,30	1,43
2,0	0,69	1,22	1,38	1,54
2,2	0,73	1,26	1,45	1,64
2,4	0,75	1,31	1,53	1,75
2,6	0,77	1,35	1,60	1,85
2,8	0,78	1,39	1,67	1,95
3,0	0,79	1,43	1,74	2,05
3,2	0,79	1,46	1,81	2,16
3,4	0,80	1,50	1,87	2,24
3,6	0,80	1,54	1,94	2,34
3,8	0,80	1,57	2,00	2,43
4,0	0,80	1,60	2,07	2,54
4,2	0,80	1,64	2,13	2,62
4,4	0,80	1,67	2,19	2,71
4,6	0,80	1,70	2,25	2,80
4,8	0,79	1,73	2,31	2,89
5,0	0,78	1,76	2,37	2,98

Çizelge 4.4 Belleville Springs Firmasının Tabak Yay Katalogundan Seçilen ve Modellemede Kullanılan Tabak Yay [1]

$D_d$	$D_i$	t	$h_o$	l <sub>o</sub>
28.0	10.2	1.00	0.90	1.90

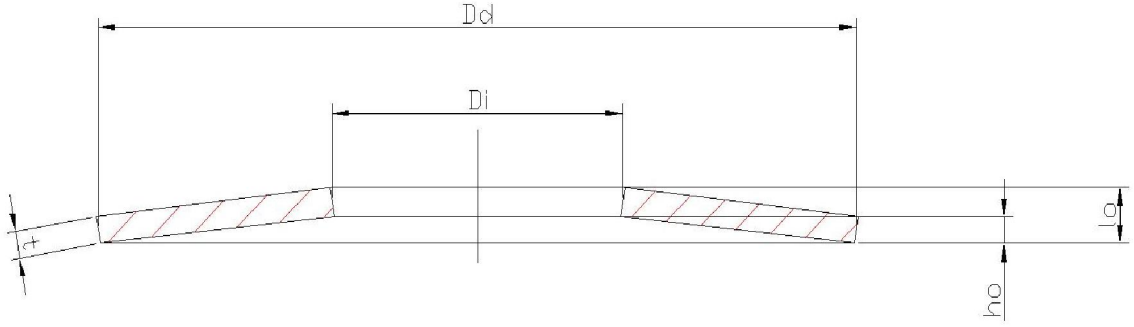
$D_d$  = tabak yay dış çapı

$D_i$  = tabak yay iç çapı

t = yay kalınlığı

$h_o$  = konik yüksekliği

$l_o$  = tabak yay yüksekliği



Şekil 4.15 Tabak Yayın Boyutları

Formül 4.11 kullanılarak bir yaya gelen kuvvet hesaplanacak olursa:

$$F = E \frac{t \cdot s}{K_1 \cdot D_d^2} \left[ (h_o - s) \left( h_o - \frac{s}{2} \right) + t^2 \right]$$

$E$  = yayın elastisite modülü, çelik yay için  $= 9.05 \cdot 10^{11}$

$s$  = yayın sıkışma miktarı

$K_1$  yay katsayısı çizelge 6.3 den bakılacak burada:

$$\delta = D_d / D_i \quad (4.14)$$

$$\delta = D_d / D_i = 28.0 / 10.2 = 2.74 \cong 2.8 \text{ den}$$

$$K_1 = 0.78$$

Örnek olarak 0.3 mm yay sıkışması için  $F = 1.08 \cdot 10^3$  N olacaktır.

Bulunan sonuç tek bir yayın 0.3 mm lik esnemesi ile elde edilen yay kuvvetidir. Yayları seri ve paralel olarak sıralayarak çok daha değişik sonuçlar elde edilebilir.

Dört adet tabak yayın paralel halinde sıralanmasıyla elde edilecek ve  $F_s$  yani sürtünme kuvveti olarak kullanılacak kuvvetin değeri ise.

$$F_y = n \cdot F \quad (4.15)$$

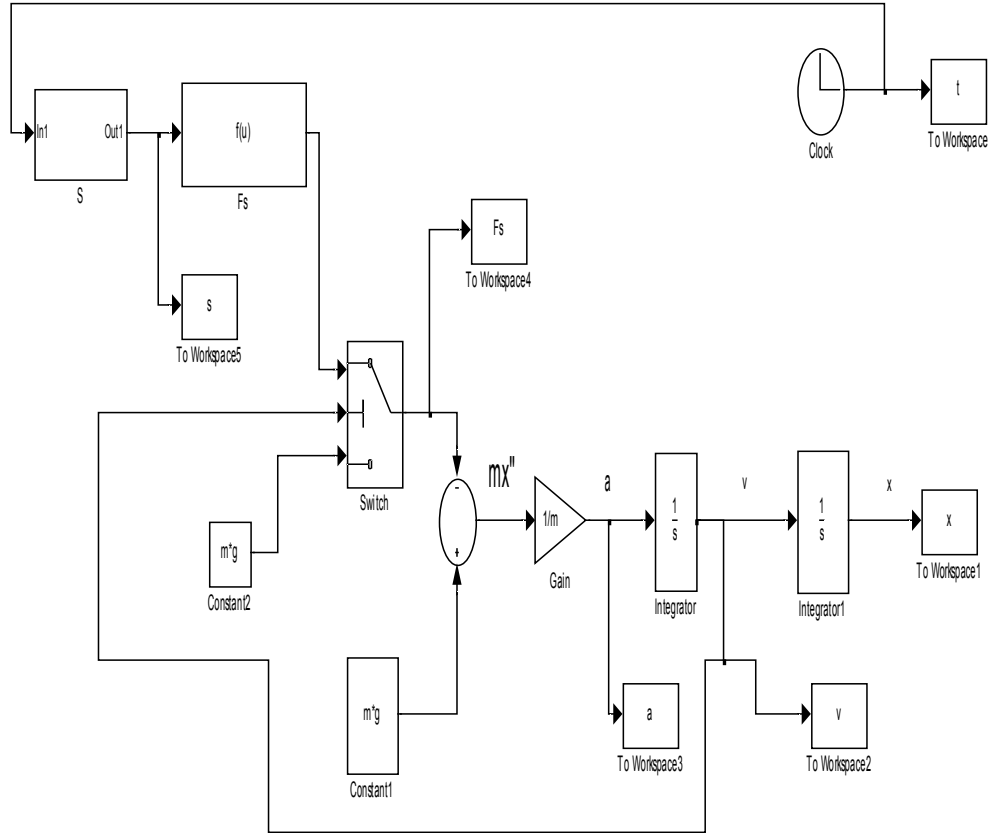
$n$  = arka arkaya paralel sıralan yay sayısı

#### 4.7 Örnek Kaymalı Paraşüt Fren Sistemi

Örnek olarak alınan kaymalı paraşüt fren sisteminde tabak yay kullanılmıştır. Tabak yayın karakteristiği temel modele eklenerek model Matlab Simulink'te tekrar oluşturulmuştur. Bu durumda tabak yayın karakteristiğinin etkisiyle oluşmuş yay kuvveti ve bu yay kuvvetinin oluşturmuş olduğu sürtünme kuvvetinin durma mesafesi, hız ve ivmelenme üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

##### Simülasyon:

Temel kaymalı fren matematiksel modeli tabak yayın karakteristiği eklenerek daha da geliştirilmiş simulinkte çalıştırılacak modelin şeması aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.16 Kaymalı Fren Üzerinde Modeli Tabak Yay Etkisinin Modele Uygulanması

##### 4.7.1 Senaryo 1: Başlangıç Sürtünme Kuvvetinin $1.6m\text{g}$ ye Eşit Olması Durumu

Kaymalı frenin üzerindeki yay ilk olarak  $s_0=0.53\text{mm}$  lik bir ön sıkıştırmaya ayarlanmıştır. Bu durumda  $1.6 m\text{g}$  lik kuvvet olan  $9731\text{N}$  dan sistem başlangıç ayarı yapılmıştır. Ortaya çıkan

sonuçlar aşağıdaki grafiklerdeki gibidir.

**Parametreler:**

$$M=620 \text{ kg}$$

$$\mu_k = 0.42$$

$$V_o = 2.0 \text{ m/s}$$

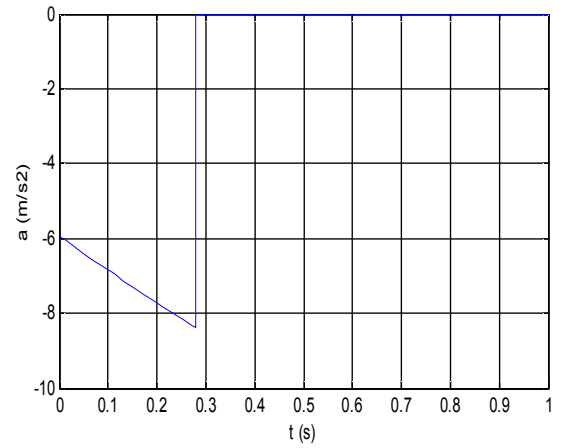
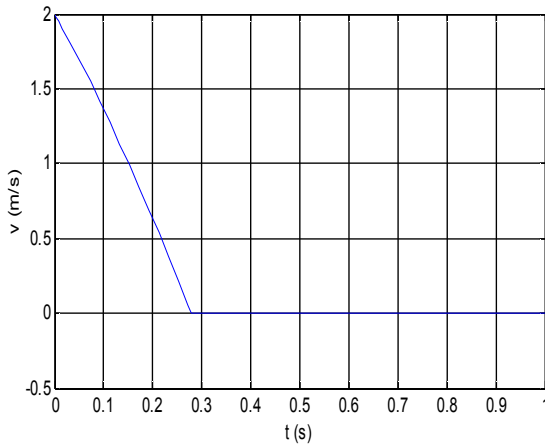
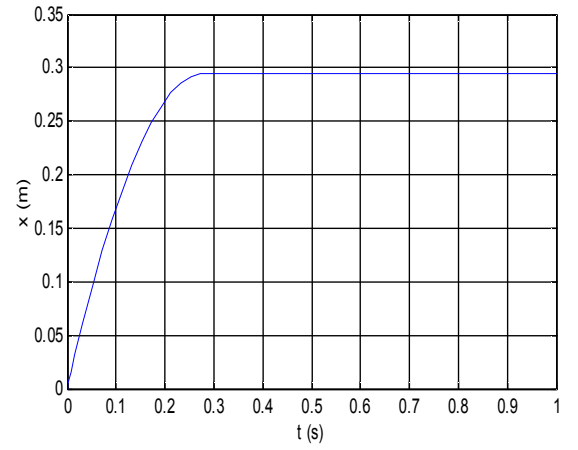
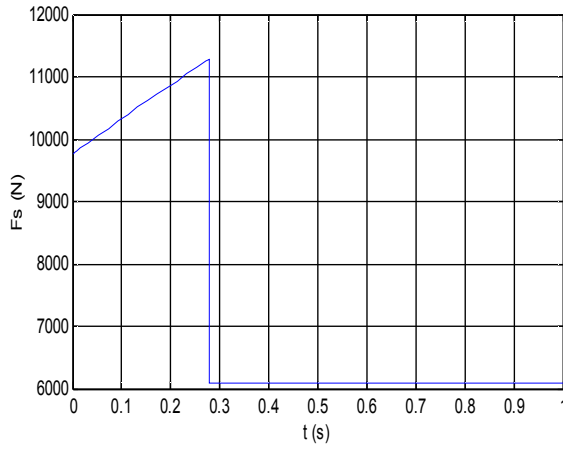
$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$s = s_o + k_t t \tag{4.16}$$

$$s_o = 0.00053 \text{ m}$$

$$k_t = 0.0005$$

$$n=6$$



Şekil 4.17 rnek Kaymalı ParaŐut Fren Sisteminde Yay n Sıkıştırması Sürtünme Kuvvetini 1.6 mg Olacak Şekilde Ayarlandığında Sistemin Verdiği Cevaplar

Sürtünme kuvveti, zaman grafiği takribi 9750N luk kuvvete ön sıkıştırılarak ayarlanmış tabak yayların uygulamaya 9750Nlardan başlayarak tabak yayın karakteristiğine uygun artış göstermiş 11400Nlara kadar artmış sistem durduğunda artış durmuş ve mg kuvveti olan 6100Nlara düşmüştür.

Yol, zaman eğrisi kabinin 0.28 sn de 0.29 m de durdurulduğunu göstermektedir. Kabin standartlarda öngörülen sınırlar içerisinde durdurulmuştur. Frenleme başarılıdır.

Kabin, hız, zaman eğrisine göre gittikçe artan bir eğri ile yavaşlatılmış ve 0.28sn de durdurulmuştur.

Kabin ivme, zaman grafiğine göre -0.59g lik bir ivme ile başlayıp artarak -0.83g lik bir ivmede durdurulmuştur.

Modelleme sonucu ortaya çıkan grafikler incelendiğinde eğer kullanılan tabak yayların ön sıkıştırmasını sürtünme kuvvetini 1.6 mg değerine getirecek şekilde ayarlanırsa bu durumda fren kabini içerisindeki yolculara zarar vermeden TS EN 81-1 standardında tanımlanan ivme ve yol aralığında durdurmayı başarmaktadır. Frenleme başarılıdır.

#### 4.8 Örnek Kaymalı Güvenlik Sisteminde Uygulanan Sürtünme Kuvvetinin Değişik Senaryolarda Uygulandığı Durumlar

Bu başlık altında örnek kaymalı frenin yay miktarı ve dizilişleri değiştirilmeden sadece ön sıkıştırma miktarı olan  $s_o$  üzerinde oynanarak başlangıçta uygulanan sürtünme kuvveti miktarı değiştirilerek ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

##### 4.8.1 Senaryo 2: Başlangıç Sürtünme Kuvvetinin $mg$ ye Eşit Olması Durumu

Kaymalı frenin yaprak yay sayısı değiştirilmeden ve diziliş düzeni aynı kalacak şekilde ön sıkıştırma miktarı  $s_o=0.275\text{mm}$  oranında ayarlanmıştır. Bu değer kaymalı freni  $mg$  ye yakın bir değerde sürtünme kuvveti oluşturarak kabini durdurmaya çalışmaktadır. Ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibidir.

##### Parametreler:

$$M = 620 \text{ kg}$$

$$\mu_k = 0.42$$

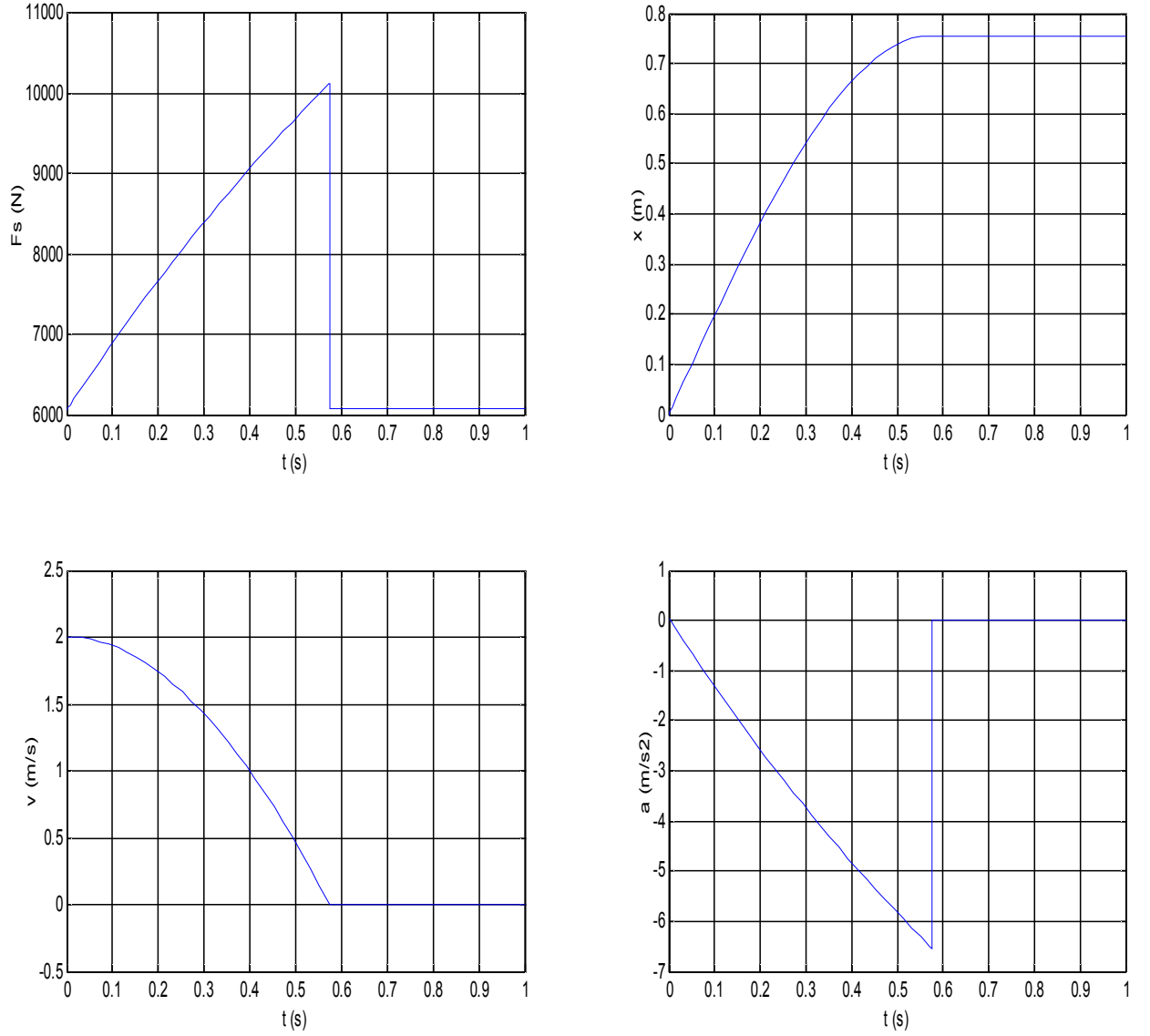
$$V_o = 2.0 \text{ m/s}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$s_o = 0.000275 \text{ m}$$

$$k_t = 0.0005$$

$$n = 6$$



Şekil 4.18 Örnek Kaymalı Paraşüt Fren Sisteminde Yay Ön Sıkıştırması Sürtünme Kuvvetini  $mg$  Olacak Şekilde Ayarlandığında Sistemin Verdiği Cevaplar

Yol, zaman grafiği incelendiğinde fren başarılı bir şekilde çalışmış ve kabini 0.56 sn içerisinde 0.75 m de kabini durdurmuştur. Bu değer standartta öngörülen değerler içerisinde. Frenleme başarılıdır.

Hız, zaman eğrisi incelendiğinde fren kabini 2.0 m/s olan başlangıç değerinden non-linear olarak artan bir eğimde yavaşlatmakta ve kabini durdurmaktadır.

İvme, zaman eğrisi frenin kabini sıfırdan ve neredeyse lineer bir artışla yükselen negatif bir ivme ile kabini durdurduğunu göstermektedir. Kabin en yüksek -0.65 g lik bir ivmeye maruz kalmış bu değer de standart sınırları içerisinde.

Sürtünme kuvveti, zaman değışim eğrisi kullanılan tabak yayın karakteristiğinin kaymalı frene olan etkisini ortaya koymaktadır. Zamanla yay karakteristiğine benzer bir artış gösteren bir kuvvet eğrisi oluşmuştur.

Görülmektedir ki tabak yay kullanılmış kaymalı fren sistemin ön yükleme ayarını mg olan 0.275mm ye ayarlandığında frenler kabini istenilen standart sınırları içerisinde rahatça durdurmaktadır. Bir önceki ön sıkıştırma ayarına göre kabin daha geç sürede ve daha uzun yol kat ederek durdurulabilmiştir. Fakat bu durumda bile kabin içerisindeki yolcular herhangi bir zarar görmeden standartlar dâhilinde durdurulmuştur. Frenleme başarılıdır.

### 4.8.2 Senaryo 3: Başlangıç Sürtünme Kuvvetinin $mg$ den Daha Düşük Olması Durumu

Son olarak kaymalı frenin yaprak yay sayısı ve sıralanışı değiştirilmeden ön sıkıştırma miktarını  $s_o=0.15\text{mm}$  yapılmıştır. Bu durumda ortaya çıkacak sürtünme kuvveti  $mg$  den daha düşük bir kuvvetten yaklaşık 3618N sistemi durdurmaya başlamaktadır.

#### Parametreler:

$$M = 620 \text{ kg}$$

$$\mu_k = 0.42$$

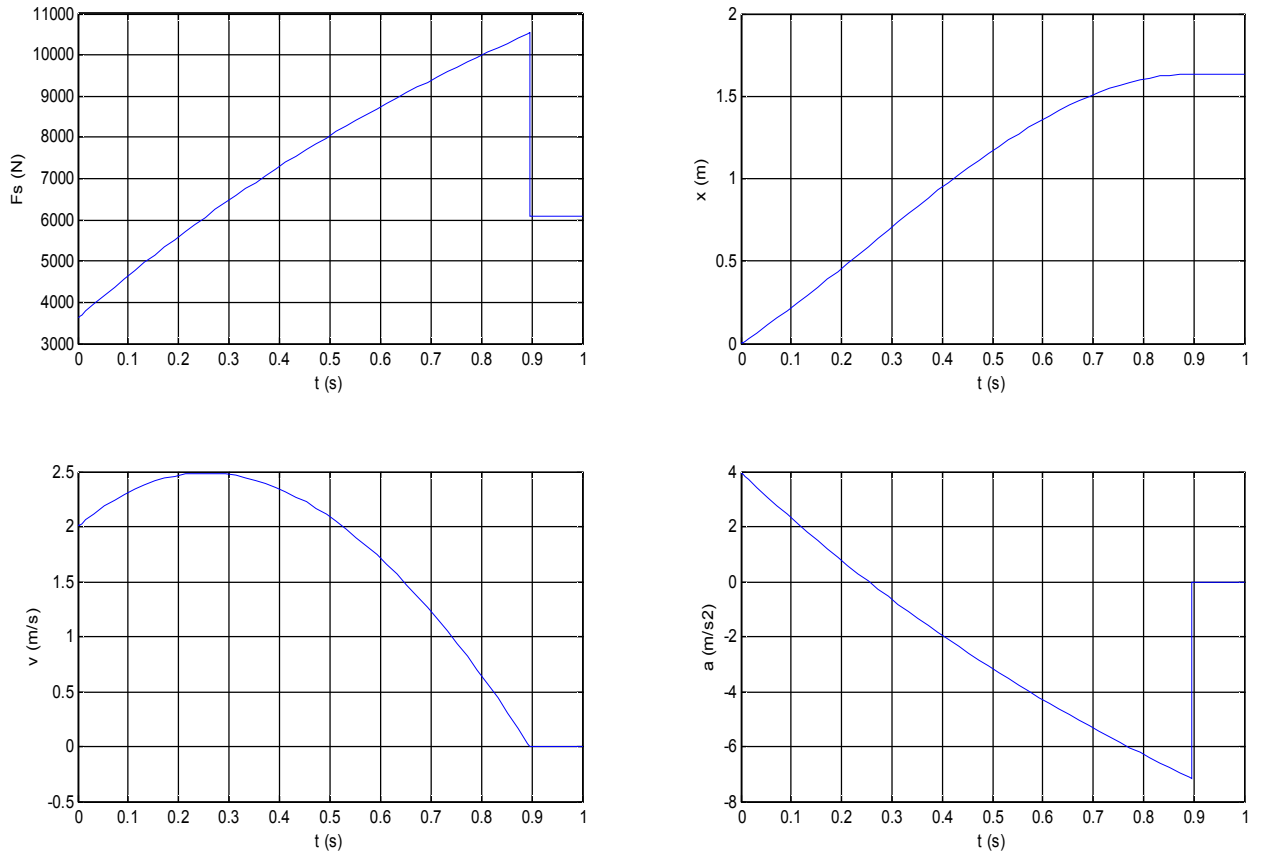
$$V_o = 2.0 \text{ m/s}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$s_o = 0.00015 \text{ m}$$

$$k_t = 0.0005$$

$$n = 6$$



Şekil 4.19 Örnek Kaymalı Paraşüt Fren Sisteminde Yay Ön Sıkıştırması Sürtünme Kuvvetini  $mg$  Değerinden Küçük Olacak Şekilde Ayarlandığında Sistemin Verdiği Cevaplar

Yol, zaman grafiğinde non-lineer olarak azalarak 1.7m de 0.89 saniyede kabin durdurulmaktadır. Yayın 0.275mm lik ön sıkıştırma ayarındaki sonuçtan farklı olarak kabinin daha geç ve daha uzun yol alarak durdurulduğu görülmektedir. Bu değer standartlarda belirtilen maksimum değer olan 1.0194m mesafenin çok üzerinde bir değerdir. Frenleme başarısızdır.

Hız, zaman grafiği kabinin 0.25 sn ye kadar hızlandığını bu süreden sonra frenin kabini durdurmaya başladığını göstermektedir. Kabin yaklaşık 0.83 sn de durdurulmuştur. Hızlanma ve hızının azaltılması non-linner eğri karakterindedir. Görülmektedir ki ön sıkıştırma verilmiş yay frenleme esnasında sıkışmakta fakat kabini durduracak sürtünme kuvvetini oluşturacak sıkışma ancak 0.25sn den itibaren sağlanmaktadır.

İvme, zaman eğrisi kabinin 0.4g lik pozitif bir ivmeden azalan bir karakterde 0.7g lik bir negatif ivmeye düştüğünü ve kabinin durdurulduğunu göstermektedir. Kabine uygulanan sürtünme kuvveti başta yetersiz gelmiş ön sıkıştırma ayarı yeterli yay kuvvetini sağlayamamıştır.

Sürtünme kuvveti, zaman grafiği diğer iki ayardaki sonuçlar ile aynı karakterdedir.

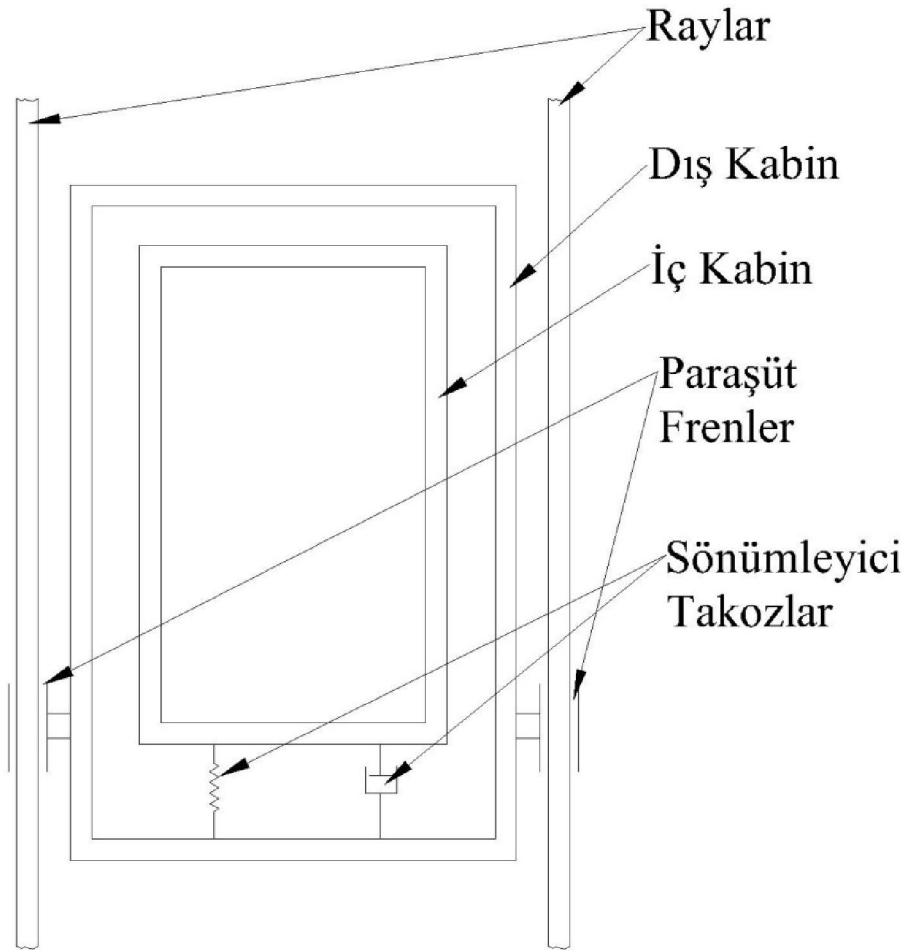
Modelleme sonucu ortaya çıkan grafiklerden de görüldüğü gibi eğer kullanılan tabak yayların ön sıkıştırmasını sürtünme kuvvetini mg değerinden daha küçük bir değere getirecek şekilde ayarlanırsa bu durumda fren ilk sürtünme kuvveti değeri olan mg değerine eşit olduğu durumdan çok daha geç bir sürede kabini ve içerisindeki yolcuları durdurmaya başarmaktadır. Kabin standartlardaki ivme sınırları içerisinde durdurulduğu halde yine standartta öngörülen yol sınırları ötesine geçilmiştir. Frenleme dolayısıyla kabinin durdurulması bu yüzden başarısızdır. Yapılması gereken fren ön yükleme ayarının mg veya mg den daha büyük bir değerde ayarlamaktır.

#### 4.9 Kaymalı Paraşüt Fren Sistemi Kullanılan İki Kabin Ve Bunların Arasında Sönümleyici Takoz Konulması

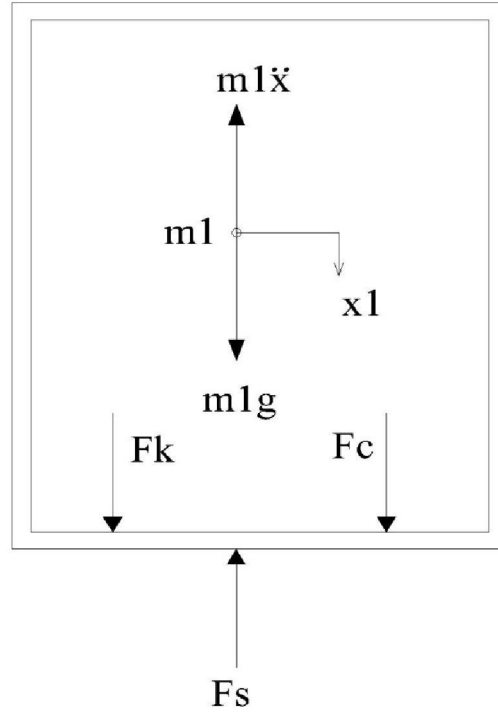
Önceki konularda incelenen tek kabin ve kaymalı frenin bir arada kullanılmasının aksine yeni bir senaryo incelenmiş ve yolcuları taşıyan bir kabin ve dışarıda bu kabini çevreleyen iskelet ya da kabinin her ikisinin arasında sönümleyici takoz konulmuş, yeni senaryonun yolcuların konforuna olan etkisi araştırılmıştır.

Dış kabin veya çerçeve m1 kütlesine sahipken, iç kabin yolcular dâhil m2 kütlesine sahiptir.

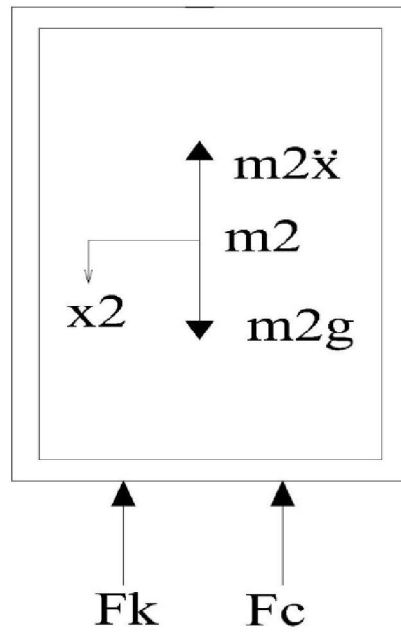
Dış kabinin her iki yanında birer kaymalı fren vardır. Kabinler arasında bulunan sönümleyici takozların kendilerine ait birer yay ve sönümleme katsayıları vardır.



Şekil 4.20 Asansöre Sönümleyici Takoz Uygulanması



Şekil 4.21  $M_1$  Kütlesi İçin Serbest Cisim Diyagramı



Şekil 4.22  $M_2$  Kütlesi İçin Serbest Cisim Diyagramı

.Sönümleyici takozların yay ve sönümleme kuvvetleri:

$$F_k = k(x_2 - x_1) \quad (4.17)$$

$$F_b = b(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) \quad (4.18)$$

Olmaktadır.

M1 kütlesi için şekil 5.39 dan elde edilen diferansiyel denklem:

$$m_1 g - m_1 \ddot{x}_1 - F_s + k(x_2 - x_1) + b(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) = 0$$

$$m_1 \ddot{x}_1 - k(x_2 - x_1) - b(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) = m_1 g - F_s \quad (4.19)$$

M2 kütlesi için şekil 5.40 dan elde edilen diferansiyel denklem:

$$m_2 g - m_2 \ddot{x}_2 - k(x_2 - x_1) - b(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) = 0$$

$$m_2 g = m_2 \ddot{x}_2 + k(x_2 - x_1) + b(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) \quad (4.20)$$

**Parametreler:**

$$m_1 = 150 \text{ kg}$$

$$m_2 = (P+Q) = (150+4*80)=470 \text{ kg}$$

$$k = 6.08 * 10^5 \text{ N/m}$$

$$b = 20000 \text{ Ns/m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\mu_k = 0.42$$

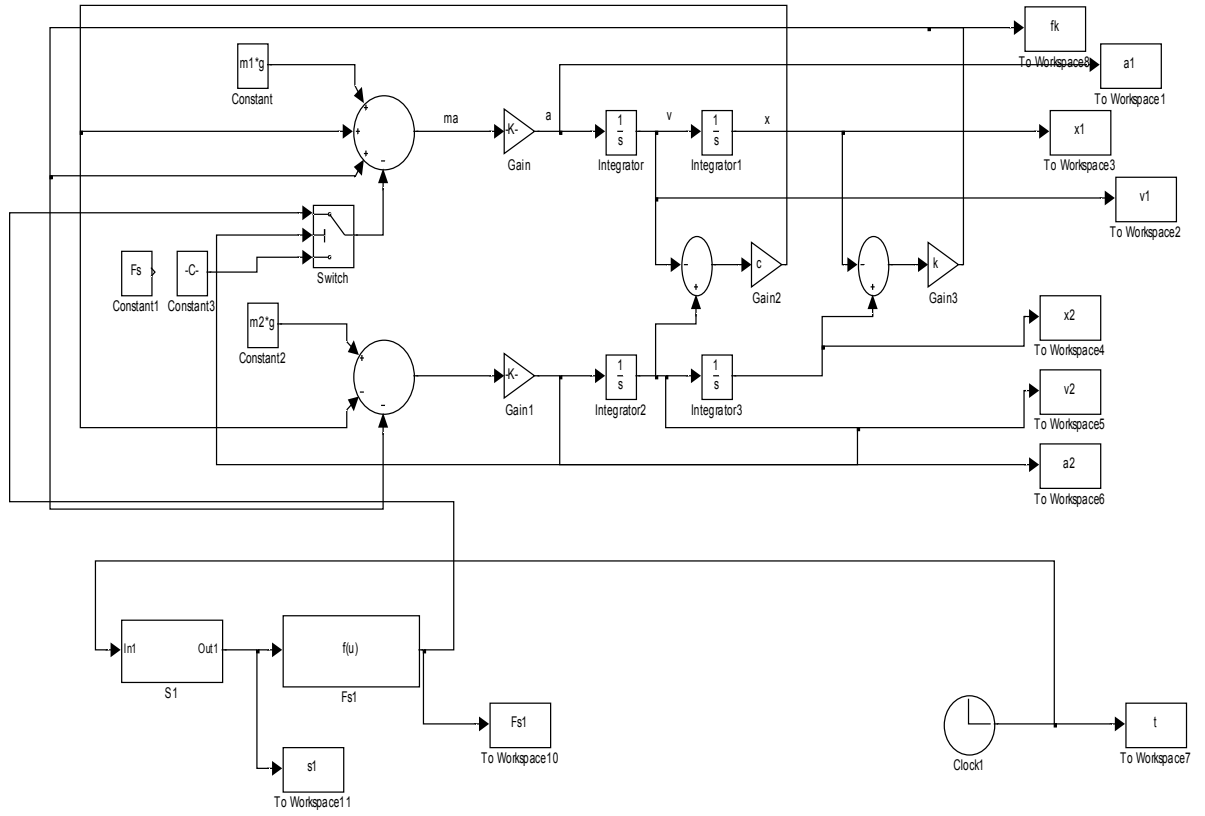
$$V_o = 2.0 \text{ m/s}$$

$$s_o = 0.000275 \text{ m}$$

$$k_t = 0.0005$$

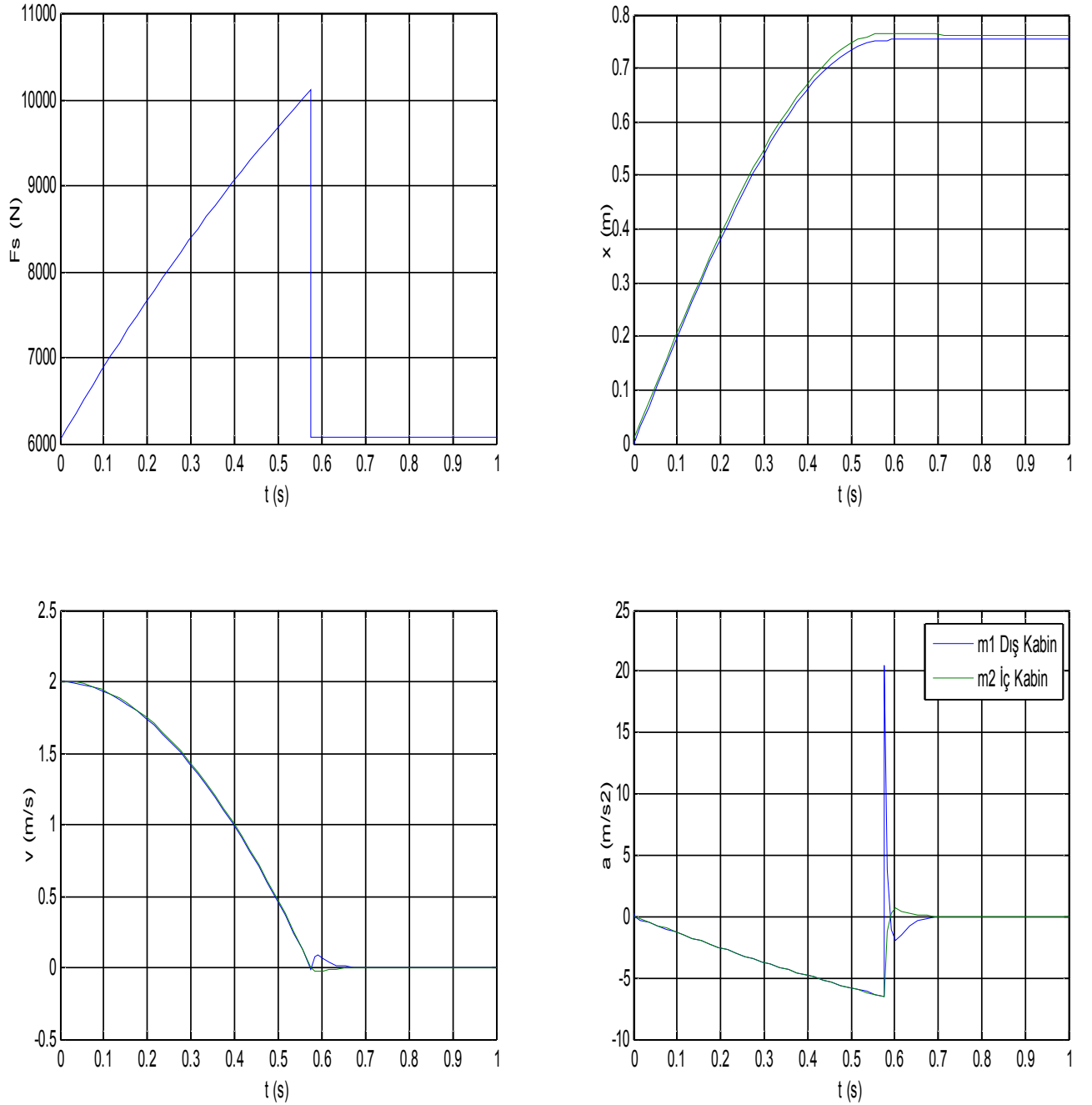
$$n = 6$$

Her iki kabin analizi sonucu ortaya çıkan differansiyel denklemleri matlab simulinkte modellediğinde tabak yaya sahip kaymalı paraşüt fren etkisi de eklenerek ortaya çıkan model aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.23 İki Kabin Arasında Sönümleyici Takoz Bulunan Kaymalı Paraşüt Fren Blok Diyagramı

Yukarıda simulink modeli verilmiş asansörün her iki kütlesinin de oluşturduğu analiz sonuçları birbiri üzerine gelecek şekilde aynı şekillerde çizdirilmiştir. Oluşan sürtünme kuvveti, yol, hızlanma ve ivmelenme, zaman grafikleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.24 İki Kabin Arasında Sönümleyici Takoz Bulunan Kaymalı Paraşüt Frende  $m1$  ve  $m2$  Kütlelerinin Simülasyon Sonucu Verdikleri Cevaplar

Yol, zaman eğrileri dış kabinin iç kabinden daha kısa yol alarak durdurulduğunu göstermektedir. İç kabin dış kabin durduktan bir miktar sonra hareketi sona ermektedir. Dış kabin 0.75 m de iç kabin ise takribi 0.76 m de durdurulmuştur.

Hız, zaman eğrisine göre her iki kütlede neredeyse üst üste gelen bir karakteristikte eğrilerle durmakta. 0.57 sn de dış kabin aynı yöne bir hızlanması gözükmekte fakat içerideki kabin durduktan sonra ters yöne hareket etmiş 0.67 sn de her iki kütle de durmuştur.

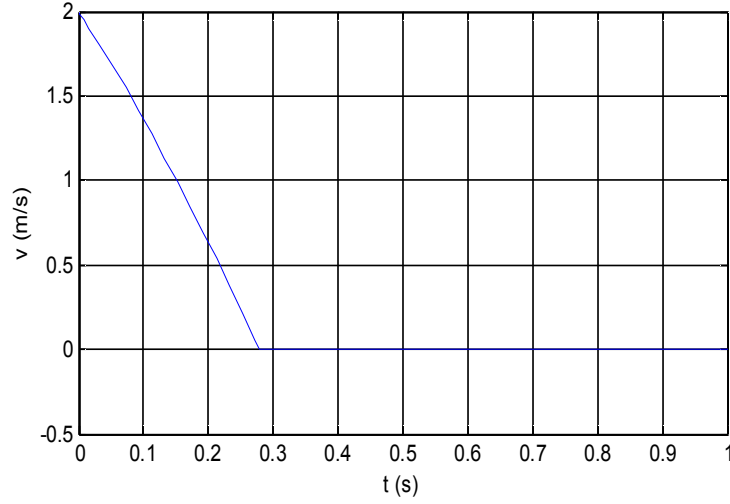
Her iki kabin  $-0.7g$  lik artan bir ivme ile yavaşlatılmış dış kabin ani bir yükselme göstermiştir, bu yükselme hesaplama hatalarından kaynaklanmaktadır fakat içerideki kütle yumuşak bir duruşla hareketini tamamlamıştır.

Sürtünme kuvveti, zaman grafiğinden de anlaşılacağı üzere oluşan sürtünme kuvveti diğer örnek kaymalı frende oluşmuş sürtünme kuvveti karakteristiğini göstermiştir. Başlangıç olarak  $0.275mm$  ön sıkıştırdığımız tabak yaylar takribi  $6082N$  bir ilk sürtünme kuvveti ile frenlemeye başlamış ve sürtünme kuvveti, zaman içerisinde yayların sıkışmasıyla giderek artmıştır.

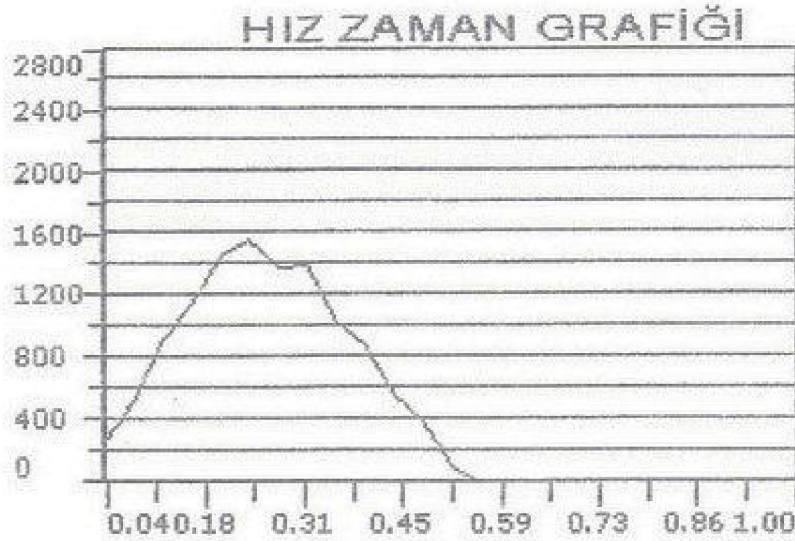
Görülmektedir ki kabinler arasına konulacak sönümleyici takozlar frenler kabini durdurduklarında bir miktar enerjiyi absorbe ederek içerideki kabini daha yumuşak durdurmuş, içerideki yolculara standartlar dahilinde konforlu bir duruş sağlamıştır. Kabinler yol ve ivmelenme açısından standartlar dahilinde durdurulmuştur. Frenleme başarılıdır.

#### 4.10 Kaymalı Frenler Kullanılarak Elde Edilmiş Çeşitli Hız, Zaman Grafikleri

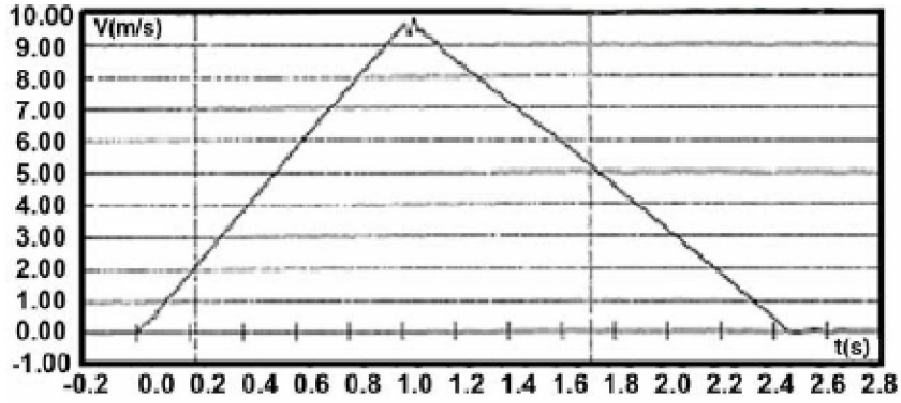
Çalışmada yapılan tabak yay kullanan örnek kaymalı frenin modellenmesi sonucu elde edilen, hız zaman grafiğinin, örnek kaymalı frenin alındığı firmanın kendi bünyesine yaptığı testler sonucu ortaya çıkan ve bir başka özel firmanın kendi tasarladığı mekanik servo etkili kaymalı frenler ile yaptığı deneylerin sonucu ortaya çıkmış hız-zaman grafiklerinin karşılaştırılması aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.25 Örnek Kaymalı Fren Kullanarak Oluşturulan Modelin, Hız, Zaman Grafiği



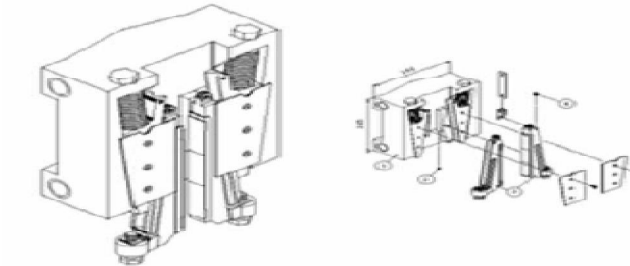
Şekil 4.26 Örnek Kaymalı Fren Kullanarak Yapılan Deneyin Hız, Zaman Grafiği (Metroplast, 2010)



Şekil 4.27 Kone Firmasının Mekanik Servo Sistemine Sahip Kaymalı Frenleri İle Yaptığı Deneyin Hız, Zaman Grafiği (Jong, 2004)

Görülmektedir ki çalışmada yapılan bir dizi kabuller sonucu modelleme sonucunda ortaya çıkan hız, zaman grafiği idealde olması gereken şekildedir ve çalışmada kullanılan kaymalı frenin firmanın kendi bünyesinde yapmış olduğu deney sonucu ortaya çıkmış hız, zaman grafiğine yaklaşık görünümde olsa da firma deneyinde lineer bir yavaşlama olmamaktadır. Firmanın deneyinde yer yer lineerizasyon bozulmakta bazı yerlerde yavaşlama durmakta ve tekrar kısa süreli hızlanma yaşandıktan sonradan yine, lineer olmamakla beraber lineere yakın şekilde kabin yavaşlatılıp durdurulmaktadır. Ek 2 de grafiği (Şekil 4.26) aldığımız sayfa incelenirse deneyin ivme zaman grafiğininde lineer olmadığı eğrinin değişken olup zikzaklar çizerek sisteme etkidiğini görmekteyiz. Bu durumun nedeni elemanlar arasında oluşmakta olan sürtüme kuvvetinin stabil olmadığı zaman içinde değişkenlik gösterdiğinin ve kabinin yanal hareket yapması olabilir.

Diğer firmanın mekanik servo sistemine sahip kaymalı fren ile yaptığı deney sonucunda oluşan hız zaman grafiği bizim çalışmamızda ortaya çıkan sonuçlara çok yakındır. Grafik göstermektedir ki firma çalışmaları sonucu sürtünme kuvvetinin durdurma süresince değişmesinin önüne geçmiş ve ideal koşulları hemen hemen büyük başarıyla yakalamıştır.



Şekil 4.28 Mekanik Servo Prensipli Kaymalı Fren (Kone Inc.)

#### 4.11 Müsaade Edilebilir Kütle

Müsaade edilebilir kütle kavramının önemi daha çok kayma etkili frenlerde karşımıza çıkmaktadır. Bu durumun başlıca nedeni standartta (TS EN 81-1) belirttiği üzere kayma etkili paraşüt fren tertibatı kabini ve içindeki yükü müsaade edilebilir sınırlar içinde durdurması gerektiğidir. Ani etkili fren tertibatı ile ani frenlemeli tampon etkili fren tertibatları bir ayarlama yapılmaksızın durdurma işlemini gerçekleştirmektedir. Fakat kayma etkili fren tertibatı ise her zaman pratik olarak ayarlanabilmektedir. Bu tip frenlerdeki kararsız davranış ayarlamasının yanlış olmasından ziyade olağan olan sürtünme davranışındaki düzensizliklerden kaynaklanmaktadır.

Bilindiği üzere serbest düşmekte olan bir M kütesini durdurabilmek için, bu kütle üzerine uygulanan yerçekimi kuvveti olan  $M \cdot g$  den daha fazla bir kuvvet uygulamalı ki kütleyi durdurula bilinsin.

Tekrar ele almak gerekirse kaymalı paraşüt fren sisteminde, beyan yükü ile yüklü kabin serbest düşme durumundan frenlenirken ortalama frenleme ivmesi, 0,2 g ile 1 g arasında olmalıdır. Bu iki uç değerlerin ortalaması ise 0,6 g dir.

Bir M kütesini durdurmak için ise  $1,6 M \cdot g$  lik bir kuvvet uygulamalıyız ki kütleyi rahatça standart sınırları içerisinde durdurabilelim. Bu kuvvet sabit tutulup çeşitli kütlelerde yapılacak ardışık deneylerde şu şekilde bir sonuç elde edilir.

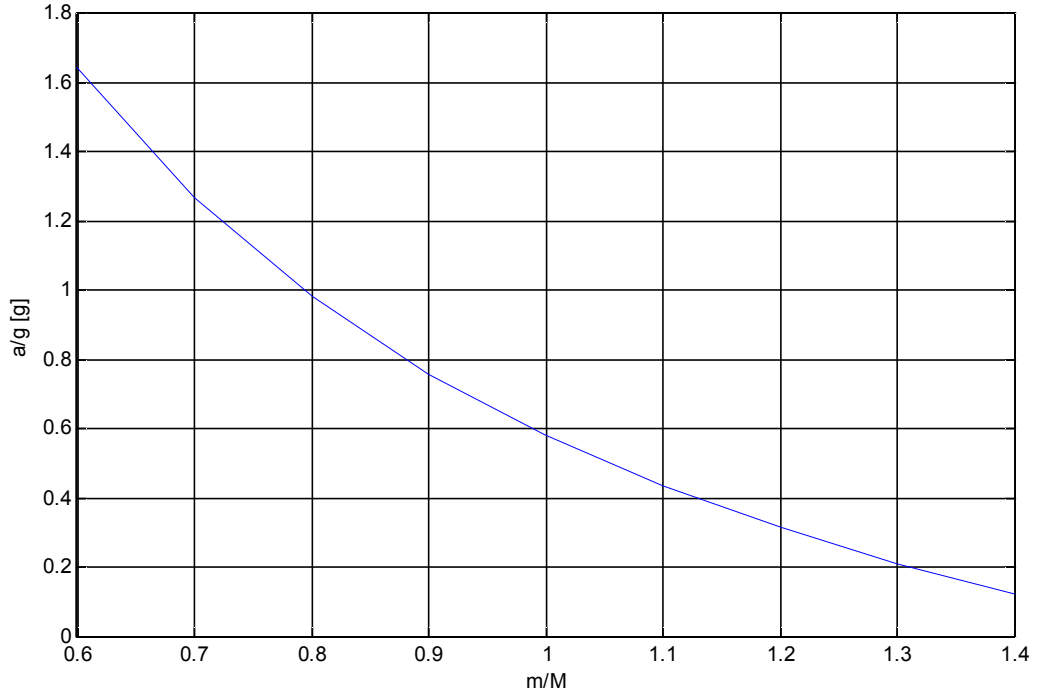
Optimum sürtünme için

$$F_s = 1.6 * m * g \quad (4.21)$$

$$m * a + m * g = 1.6 * M * g$$

$$\frac{M}{m} = \frac{1}{1.6} \left( \frac{a}{g} + 1 \right) \quad (4.22)$$

Denklemlerinden yola çıkarak

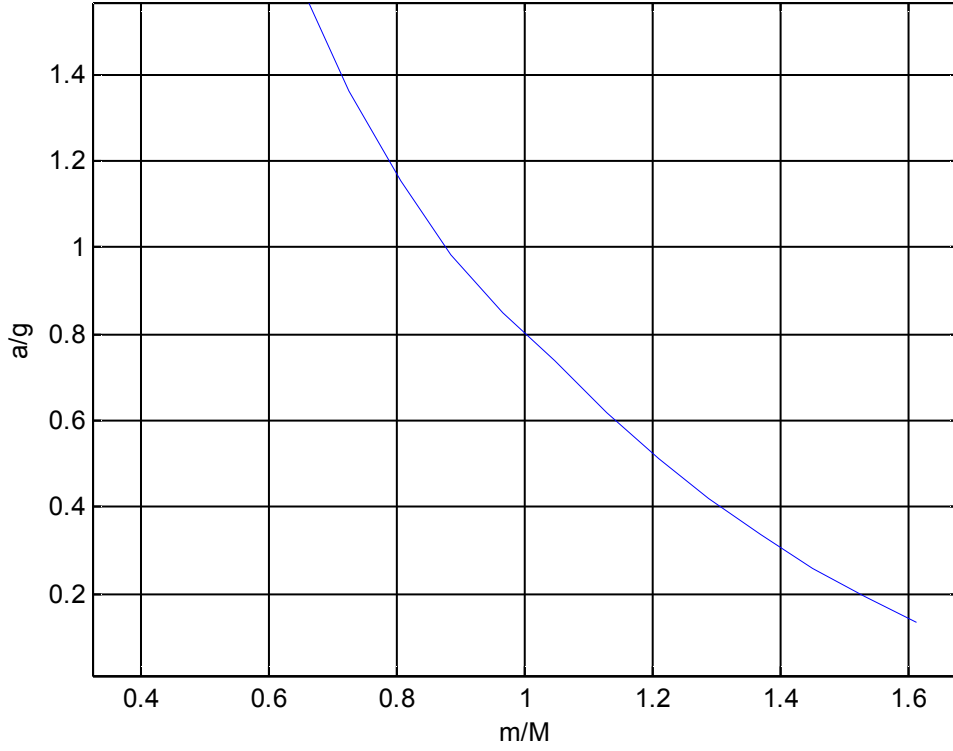


Şekil 4.29 1.6 mg İçin Sabit Sürtünmede Müsaade Edilebilir Kütle Grafiği

Sabit sürtünme kuvvetinin uygulandığı kaymalı fren modeli kullanılarak kabin içindeki yükü tekrarlı simülasyonlar içinde değiştirildiğinde yukarıdaki grafik çıkmıştır.

Grafiği oluşturan simülasyonda kabin anma yükü  $m$  olarak alınmış ve bu değer sabit tutularak kabin anma yükü değiştirilmiş ve bir dizi hesaplamalar yapılmıştır. Değiştirilen kütle  $M$  ile temsil edilmektedir.

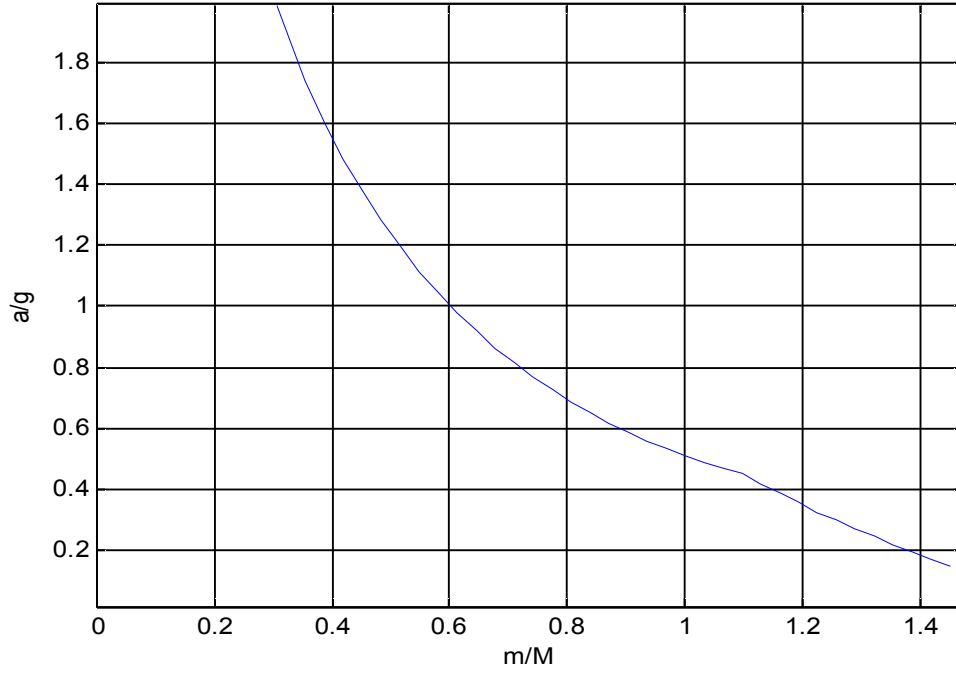
Grafikte görüldüğü üzere 0,79  $M$  kadarlık kütle ile 1,6  $M \cdot g$  lik sabit kuvvette oluşan sabit sürtünmede 1 g lik yavaşlama değeri aşılmamaktadır. 1,33  $M$  kadarlık kütle ile de 0,2 g lik yavaşlama miktarını aşmadan kütle durdurulmaktadır. Bunun anlamı TS EN 81-1 Standartları dâhilinde %21 daha hafif kütleleri ve %33 daha ağır kütleleri sürtünme kuvvetini 1,6  $M \cdot g$  değerinde ayarlarsak başarılı bir frenleme ile durdurulur.



Şekil 4.30 Kaymalı Fren Kullandığımızda Müsaade Edilebilir Kütle Grafiği

Örnek kaymalı fren modeli kullanılarak kabin içindeki yükü değiştirildiğinde tekrarlanan simülasyonlar sonucu yukarıdaki grafik çıkmıştır.

Kaymalı fren kullandığımızda müsaade edilebilir kütle grafiğini okumak gerekirse: 0.87 M lik bir kütle ile kaymalı fren devreye girdiğinde 1g lik yavaşlama değeri aşılmamaktadır. 1.52 M lik bir kütlede ise devreye giren kaymalı fren sistemi 0.2g lik sınırdadır durdurulmaktadır. Bu durumda bu kaymalı fren için % 13 düşük kütleler ve %52 fazla yüklenmiş kütleler güvenlik sınırları içerisinde kullanılan örnek kaymalı fren ile asansör kabini durdurulmaktadır.



Şekil 4.31 İki Kabin Ve Aralarında Sönümleyici Takoz Olduğu Halde Müsaade Edilebilir Kütle Grafiği

**Parametreler:**

$$m_1 = 150 \text{ kg}$$

$$m_2 = 470 \text{ kg}$$

$$M = m_1 + m_2 = 620 \text{ kg}$$

İki kabin arasında sönümleyici takoz kullandığımızda kaymalı frenin sistemi durdurması sonucu müsaade edilebilir kütle grafiğini okumak gerekirse: 0.60 M lik bir kütle ile kaymalı fren devreye girdiğinde 1g lik yavaşlama değeri aşılmamaktadır. 1.37 M lik bir kütlede ise devreye giren kaymalı fren sistemi 0.2g lik sınırdadır. Bu durumda bu kaymalı fren için % 40 düşük kütleler ve %37 fazla yüklenmiş kütleler güvenlik sınırları içerisinde kullanılan örnek kaymalı fren ile asansör kabini durdurulmaktadır.

Sonuç olarak müsaade edilebilir kütle olarak ele alındığında temel fren kullanımında iki kabin arasına konulan sönümleyici takozların standartlar kapsamında daha iyi performans verdiği ve kabini %40 hafif, %37 ağır yüklemelerde standart değerler içerisinde durdurduğu gözlemlenmiştir. Bu durum bize hareket kolaylığı sağlamaktadır. Sonuçta üretici daha geniş bir aralıkta kaymalı frenini ayar yapabilecek, sürtünme katsayısının değişmesine karşı oluşabilecek öngörülme hata bir şekilde telafi edilebilecektir.

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çalışmada asansörlerde kullanılmakta olan güvenlik sistemleri incelenmiştir. Taşımacılıkta başrol oynayan bu araçlar güvenlik konusunda oldukça temkinli olmalıdırlar. Temkini sağlamak için yönetimler gerekli güvenlik şartları olarak TS 10922 EN 81-1, (2001), Asansörler-Yapım ve Montaj İçin Güvenlik Kuralları – Bölüm 1: Elektrikli Asansörler kurallarında bir araya getirilmiştir.

Bu standarttan yola çıkarak güvenlik sistemlerinden kaymalı paraşüt fren sisteminin çeşitli senaryolarda çalışması incelenmiştir. İnceleme frenlerin matematiksel bir modeli oluşturulup bu modelin MatLAB ve Simulink programına aktarılarak blok diyagramlarının oluşturulması ve gerçek şartlara yakın simülasyonlarının gerçekleştirilmesi ardından çıkan sonuçların değerlendirilmesidir.

Sonuç olarak 1 m/s nin üzerindeki hızlarda kontrolsüz hızlanan asansör kabinini güvenli bir şekilde durdurmada kullanılan kaymalı paraşüt frenler oldukça başarılıdırlar ve standarttaki gerekleri sağlamaktadırlar. Frenin ayarını yapmak için kullanılan yayların sıralanma şekillerini dolayısıyla karakteristikleriyle veya sayılarını değiştirerek rahat bir şekilde yapılabilmekte üreticiye esneklik sağlamaktadır.

Kaymalı paraşüt fren ile birlikte iki kabin arasında sönümleyici takoz uygulaması incelenmiş sonuçta bu ikisinin bir arada kullanılmasının kabin içindeki yolcuların konforunu ve güvenliğini arttırdığı görülmüştür.

Simülasyonlar sonucu elde edilen hız, zaman grafiği gerçek hayattaki testlerle karşılaştırıldığında, çalışmanın ideal koşulları simgelediğini fakat gerçek hayatta da firmaların çeşitli çalışmalar yaparak ideale oldukça yaklaşabildikleri gözlemlenmiştir.

Müsaade edilebilir kütle bakımından iki kabin arasına sönümleyici takoz koyulduğunda kullanılan kaymalı fren daha geniş bir aralıkta yükleri başarıyla durdurmaktadır. Bize hareket serbestliği sağlamaktadır.

Her ne kadar pahalı uygulamalar olsalar da kabini çerçeveden ayırmak ve arada sönümleyici kullanmanın standartlardaki dar aralığı genişlettiği görülmüş, üreticiye daha geniş aralıklarda ayar yaparak kaymalı paraşüt frenlerini piyasaya sürebilme imkanı vermektedir.

## KAYNAKLAR

Babalık, F. C., (1997) , Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri Cilt 1, Ceylan Matbaa, İstanbul.

Bedir, S., (2007) , “ Çift Yönlü asansör Fren Bloklarının Modellenmesi ve Sonlu Elemanların Analizi” , Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Barlas, E, “Paraşüt Emniyet Freninin Basit tarihi ve Tampon Tesirli Fren Sistemi”, Asansör Dünyası Dergisi, 73:82.

Barney, G. C., (1986), “Safety Gear and European Standarts” , Elevator Technology, Ellis Horwood Limited, 228-235

Çavdar, K. , Karpat, F. ve Güngören, Y. , (2005), “Asansörler İçin Paraşüt Fren Sistemi Tasarımı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası II. İletim Teknolojileri Kongre ve Sergisi, İstanbul.

De Jong, J, (2004), “Understanding The Natural Behavior Of Elevator Safety Gears And Their Triggering Devices”, Elevator Technology 14 IAEE

Dikmen, S, “Tampon Etkili Fren Nedir Ne Değildir”, Asansör Dünyası Dergisi, 71:39

Hargreaves, M., (1996), Essential Maths for Students Engineering Systems Modeling and Control, Longman, London.

Ertürk, A. S., (2008), Asansör Karşı Ağırlık Tasarımı ve Gerilme Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

İmrak, C. E. ve Gerdemeli, İ. , (2000), Asansörler ve Yürüyen Merdivenler, Birsen Yayınevi Ltd. Şti. , İstanbul.

Janovsky, L. , (1993) , Elevator Mechanical Design, Ellis Horwood Limited, New York.

Kan, G. İ., (1996), Asansör Tekniği Elektrikli Cilt 1, Birsen Yayınevi, İstanbul

Schlosser, G., (1997), “A Single Pair of Safety Gear Down/Up Operating” , Elevator Technology 8, Proceedings of Elevcon '97, 78-87.

The Mathworks INC, (1999), Simulink Dynamic System Simulation for MATLAB, The Mathworks Inc., Massachusetts.

TS 10922 EN 81-1, (2001), Asansörler-Yapım ve Montaj İçin Güvenlik Kuralları – Bölüm 1: Elektrikli Asansörler, Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.

Watanbe, E., Kamiake, H., Tanahashi, T. ve Araki, H., (1993), “ Safety Devices for 12.5 m/sec. Elevators” , Elevator Technology 5, Proceedings of Elevcon '93, 153-162.

**İnternet Kaynakları**

- [1] Disc Springs from Belleville Springs, <http://www.bellevillesprings.com/disc-springs-din-2093.html>
- [2] EW World, <http://www.theelevatormuseum.org/index.php>

**EKLER**

	Sayfa
Ek 1	Paraşüt Fren Sistemi ile ilgili TS10922 EN 81-1/ Nisan 2001 Standartları.....70
Ek 2	Asansör Firmasının Yaptığı Testler.....86
Ek 3	Belleville Springs Firmasının Yaprak Yay Katalogundan İlgili Sayfa.....89

**Ek 1 Paraşüt Fren Sistemi ile ilgili TS10922 EN 81-1/NİSAN 2001 Standartları**

TS10922 EN 81-1/Nisan 2001 standartlarında paraşüt sistemini ilgilendiren şartname maddeleri şunlardır:

**9.8 - GÜVENLİK TERTİBATI****9.8.1 - Genel Kurallar**

**9.8.1.1** - Kabinde, yalnız aşağı hareket yönünde etkili olan, beyan yükü ile yüklü kabini hız regülâtörünün devreye girdiği hızda, askı halatlarının kopması durumunda dahi kılavuz raylarda frenleyecek ve sabit tutacak bir güvenlik tertibatı bulunmalıdır.

Yukarı hareket yönünde etkili olan bir güvenlik tertibatı Madde 9.10'a uygun olarak kullanılabilir.

**NOT** - Güvenlik tertibatı tercihen kabinin alt kısmına yerleştirilmelidir.

**9.8.1.2** - Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığında da Madde 5.5 b'de belirtilen durumda, yalnız aşağı hareket yönünde etkili olan, karşı ağırlığı veya dengeleme ağırlığını hız regülâtörünün devreye girdiği hızda (veya Madde 9.8.3.1'deki özel durumda belirtildiği gibi halatların kopmasında) kılavuz raylarda frenleyecek ve sabit tutacak bir güvenlik tertibatı bulunmalıdır.

**9.8.1.3** - Güvenlik tertibatı bir güvenlik elemanı olarak görülür ve Ek F.3'deki kurallara göre doğrulanmalıdır.

**9.8.2 - Çeşitli Güvenlik Tertibatı Tiplerinin Kullanım Şartları**

**9.8.2.1** - Asansör beyan hızının 1 m/s'yi aşması durumunda, kabinde kaymalı güvenlik tertibatı

kullanılmalıdır.

a) Ani frenlemeli tampon etkili güvenlik tertibatı 1 m/s'yi aşmayan beyan hızlarında kullanılabilir;

b) Ani frenlemeli güvenlik tertibatı 0,63 m/s'yi aşmayan beyan hızlarında kullanılabilir.

**9.8.2.2** - Kabinde, birden fazla güvenlik tertibatı bulunması durumunda bunların tümü kaymalı cinsten olmalıdır.

**9.8.2.3** - Asansör beyan hızının 1 m/s'yi aşması durumunda, karşı ağırlıkta veya dengeleme ağırlığında kullanılan güvenlik tertibatı kaymalı cinsten olmalıdır. Diğer durumlarda anî frenlemeli güvenlik tertibatı kullanılabilir.

### **9.8.3 - Çalıştırma Metotları**

**9.8.3.1** - Kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığındaki güvenlik tertibatının her biri, kendi hız regülâtörü tarafından çalıştırılmalıdır.

Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığındaki güvenlik tertibatı, beyan hızının 1 m/s'yi aşmadığı durumlarda, askı halatlarının kopmasıyla veya bir güvenlik halatı tarafından çalıştırılabilir.

**9.8.3.2** - Güvenlik tertibatının elektrik, hidrolik veya pnömatik esasla çalışan cihazlarla çalıştırılması yasaktır.

### **9.8.4 - Frenleme**

Kaymalı güvenlik tertibatında, beyan yükü ile yüklü kabin serbest düşme durumundan frenlenirken ortalama frenleme ivmesi, 0,2 *gn* ile 1 *gn* arasında olmalıdır.

### **9.8.5 - Çalışan Güvenlik Tertibatının Kurtarılması**

**9.8.5.1** - Çalışan bir güvenlik tertibatının kurtarılması için ehliyetli bir kişinin müdahalesi gerekli olmalıdır.

**9.8.5.2** - Kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığındaki bir güvenlik tertibatının kurtarılması ve otomatik olarak işletmeye hazır konuma gelmesi ancak, kabini, karşı ağırlığı veya dengeleme ağırlığını yukarı yönde hareket ettirmekle mümkün olmalıdır.

### **9.8.6 - Yapımla İlgili Şartlar**

**9.8.6.1** - Yakalama çeneleri veya güvenlik tertibatı bloklarının kılavuz paten olarak kullanılmaları yasaktır.

**9.8.6.2** - Anî frenlemeli tampon etkili güvenlik tertibatında tamponlama sistemi, Madde 10.4.2 ve Madde 10.4.3'ün şartlarına uygun ve enerji harcayan veya geriye dönüş hareketi tamponlanmış enerji depolayan tipte olmalıdır.

**9.8.6.3** - Güvenlik tertibatı ayarlanabiliyorsa, ayar yapıldıktan sonra mühürlenmelidir.

### **9.8.7 - Kabin Tabanının Eğilmesi**

Eşit olarak dağılmış yüklü veya yüksüz durumda iken güvenlik tertibatının çalışması sonucunda kabin döşemesinin eğilmesi, normal duruma göre % 5'i aşmamalıdır.

### **9.8.8 - Elektriksel Denetim**

Güvenlik tertibatının çalışmasından önce veya çalışması sırasında, kabine yerleştirilmiş, Madde 14.1.2'ye uygun bir elektrik güvenlik tertibatı asansör motorunu durdurmalıdır.

## 9.9 - HIZ REGÜLÂTÖRÜ

**9.9.1** - Kabin güvenlik tertibatını çalıştırmak için hız regülâtörü, beyan hızının % 115'ine eşit bir hızdan önce devreye girmemelidir. Devreye girme anındaki hız, aşağıda belirtilenlerden daha küçük olmalıdır:

- a) Ani frenlemeli güvenlik tertibatında, makaralı tip haricinde, 0,8 m/s;
- b) Makaralı anî frenlemeli güvenlik tertibatında, 1 m/s;
- c) Ani frenlemeli tampon etkili güvenlik tertibatında ve 1 m/s'ye kadar olan beyan hızlarında kullanılan kaymalı güvenlik tertibatlarında, 1,5 m/s;
- d) 1 m/s'den büyük beyan hızlarında kullanılan kaymalı güvenlik tertibatında:  $1,25 \cdot v + 0,25 / v$ , metre/ saniye olarak.

**NOT** - Beyan hızı 1 m/s'den büyük olan asansörlerde, d) şıkkında belirtilen değere mümkün olduğu kadar yakın bir devreye girme hızı seçilmesi önerilir.

**9.9.2** - Çok büyük beyan yükü ve küçük beyan hızı olan asansörlerde hız regülâtörü, bu amaç için özel olarak tasarlanmalıdır.

**NOT** - Bu durumda, regülâtörün devreye girdiği hızın mümkün olduğu kadar Madde 9.9.1'de belirtilen alt sınıra yakın seçilmesi önerilir.

**9.9.3** - Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığındaki güvenlik tertibatını çalıştıran bir hız regülâtörünün devreye girdiği hız, kabindeki güvenlik tertibatını Madde 9.9.1'e göre çalıştıranın devreye girdiği hızdan büyük olmalı, ancak bu fark % 10'dan fazla olmamalıdır.

**9.9.4** - Hız regülâtörünün devreye girmesi sırasında regülâtör halatında meydana gelen gerilme kuvveti, en az aşağıda belirtilen değerlerden büyük olanına eşit olmalıdır:

- a) Güvenlik tertibatını çalıştırmak için gereken kuvvetin 2 katı veya
- b) 300 N.

Yalnız sürtünme kuvvetini kullanan hız regülâtörlerinin kanalları bu gerilme kuvvetini sağlamak için:

- a) Bir sertleştirme işleminden geçirilmeli veya
- b) Ek M.2.2.1'e göre altı kesik olmalıdır.

**9.9.5** - Güvenlik tertibatını çalıştıracak dönüş yönü, hız regülâtörünün üstünde belirtilmelidir.

### 9.9.6 - Hız Regülâtörü Halatları

**9.9.6.1** - Hız regülâtörü, bu amaca uygun bir çelik halat ile tahrik edilmelidir.

**9.9.6.2** - Bu halatın en küçük kopma yükü, hız regülâtörünün çalışmasıyla halatta meydana getirilen gerilme kuvvetinin en az 8 katı olmalıdır. Sürtünme kuvveti kullanan tipte bir hız regülâtöründe, sürtünme katsayısı  $\mu_{max}=0,2$  olarak hesaba katılmalıdır.

**9.9.6.3** - Regülâtör halatının anma çapı en az 6 mm olmalıdır.

**9.9.6.4** - Hız regülâtörü kasmağının (halat ortasından ortasına ölçülen) çapı ile regülâtör halatı anma çapı arasındaki oran en az 30 olmalıdır.

**9.9.6.5** - Halat, bir gergi makarasıyla gerilmelidir. Bu makara veya bunun gergi ağırlığı kılavuzlanmalıdır.

**9.9.6.6** - Güvenlik tertibatının çalışması sırasında regülâtör halatı ve bunun bağlantıları, frenleme

mesafesinin normalden fazla olması durumunda dahi arızalanmamalıdır.

**9.9.6.7** - Regülâtör halatı, güvenlik tertibatından kolaylıkla sökülebilmelidir.

### **9.9.7 - Devreye Girme Süresi**

Hız regülâtörünün devreye girme süresi, güvenlik tertibatı çalışmaya kadar tehlikeli hızlara ulaşılmasına meydan vermeyecek kadar kısa olmalıdır (Ek F.3.2.4.1).

### **9.9.8 - Hız Regülâtörünün Bulunduğu Yerlere Girilebilme**

**9.9.8.1** - Hız regülâtörü, kontrol ve bakım için bulunduğu yerlere girilebilir ve erişilebilir olmalıdır.

**9.9.8.2** - Kuyu içinde bulunuyorsa, kuyu dışından bulunduğu yerlere girilebilir ve erişilebilir olmalıdır.

**9.9.8.3** - Madde 9.9.8.2'deki talep, aşağıda belirtilen üç şartın gerçekleşmesi durumunda uygulanmaz:

a) Madde 9.9.9'a göre hız regülâtörünün çalışması, (kablosuz uzaktan kumanda hariç) bir uzaktan

kumanda ile kuyunun dışından gerçekleştiğinde, istek dışı çalıştırma mümkün değilse ve kumanda cihazını yetkisiz kişilerin kullanması engellenmişse, ve

b) Hız regülâtörüne kontrol ve bakım için kabinin üstünden veya kuyu dibinden erişilebiliyorsa, ve

c) Hız regülâtörü çalıştıktan sonra kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı yukarı yönde hareket ettirildiğinde otomatik olarak normal konumuna dönüyorsa.

Bununla beraber, hız regülâtörünün normal çalışmasını etkilemiyorsa, elektrik kısımları uzaktan kumanda ile kuyu dışından normal konumlarına döndürülebilir.

#### **9.9.9 - Hız Regülâtörünü Devreye Sokma İmkânları**

Kontrol ve deneyler sırasında güvenlik tertibatını, hız regülâtörünü güvenli bir şekilde devreye sokarak, Madde 9.9.1’de öngörülen hızdan daha düşük bir hızda çalıştırmak mümkün olmalıdır.

**9.9.10** - Hız regülâtörü ayarlanabiliyorsa, ayar yapıldıktan sonra mühürlenmelidir.

#### **9.9.11 - Elektriksel Denetim**

**9.9.11.1** - Hız regülâtörü veya başka bir tertibat Madde 14.1.2’ye uygun bir elektrik güvenlik tertibatı vasıtasıyla, kabin hızı aşağı veya yukarı yönde regülâtörün devreye girdiği hıza ulaşmadan asansör motorunu durdurmalıdır.

Ancak, 1 m/s’den büyük olmayan beyan hızlarında bu tertibat hız regülâtörünün devreye girdiği hıza ulaşıldığı anda çalışabilir.

**9.9.11.2** - Güvenlik tertibatının kurtarılmasından sonra (Madde 9.8.5.2), hız regülâtörü normal işletme durumuna otomatik olarak gelmiyorsa, Madde 14.1.2’ye uygun bir elektrik güvenlik tertibatı hız regülâtörü normal konumuna dönmedikçe asansörün çalışmasını engellemelidir. Bu tertibat, Madde 14.2.1.4 c 2’de belirtilen durumda devre dışı bırakılabilir.

**9.9.11.3** - Regülâtör halatının kopması veya aşırı uzaması durumunda, Madde 14.1.2’ye uygun bir elektrik güvenlik tertibatı asansörün motorunu durdurmalıdır.

**9.9.12** - Hız regülâtörü bir güvenlik elemanı olarak görülür ve Ek F.4’teki kurallara göre doğrulanmalıdır.

### **15.6 - HIZ REGÜLÂTÖRÜ**

Hız regülâtörü üstünde aşağıdaki bilgileri içeren bir bilgi levhası bulunmalıdır:

- a) Hız regülâtörünü imal eden firmanın adı;
- b) Tip kontrolü ile ilgili işaret ve referanslar;
- c) Ayarlandığı çalışma hızı.

## **GÜVENLİK ELEMANLARI, UYUMLULUĞUN DOĞRULANMASI İÇİN DENEY İŞLEMLERİ**

### **F.3 - GÜVENLİK TERTİBATI**

#### **F.3.1 - Genel Kurallar**

Başvuruda bulunan kişi öngörülen kullanım alanını belirtmelidir. Meselâ:

- En küçük ve en büyük kütle;
- En büyük beyan hızı ve en büyük devreye girdiği hız.

Ayrıca kullanılan malzeme, kılavuz rayların cinsi ve yüzey özellikleri (çekilmiş, frezelenmiş, taşlanmış) ile ilgili ayrıntılı bilgiler verilmelidir.

Başvuru formuna aşağıdaki dokümanlar eklenmelidir:

- a) Yapı, çalışma şekli, kullanılan malzeme ile ilgili bilgilerin bulunduğu, parçaların ölçü ve toleranslarını gösteren detay ve montaj çizimleri;
- b) Kaymalı güvenlik tertibatında bunlara ek olarak, yaylanan parçaların yük diyagramları.

#### **F.3.2 - Anî Frenlemeli Güvenlik Tertibatı**

##### **F.3.2.1 - Deney Numuneleri**

Laboratuvara, ilgili kavrama elemanları veya makaralarıyla birlikte 2 adet güvenlik tertibatı gövdesi ve 2 adet kılavuz ray parçası verilmelidir.

Laboratuvar kullanacağı deney cihazlarına göre, numunenin düzen ve tespit detaylarını belirlemelidir.

Aynı güvenlik tertibatının farklı kılavuz raylarda kullanılabilmesi durumunda, şayet kılavuz rayların yüzey özelliği, ray başı kalınlığı ve güvenlik tertibatının kullandığı yüzey genişliği aynı ise, yeni bir deneye gerek yoktur.

##### **F.3.2.2 - Deney**

###### **F.3.2.2.1 - Deney Kapsamı**

Deney bir pres veya anî hız değişikliği olmadan hareket eden benzeri bir teçhizat kullanılmak suretiyle yapılmalıdır.

Aşağıdaki hususlar ölçülmelidir:

- a) Kuvvetin fonksiyonu olarak kat edilen mesafe;

b) Kuvvet veya kat edilen mesafenin fonksiyonu olarak güvenlik tertibatı gövdesinin deformasyonu.

#### **F.3.2.2.2 - Deney İşlemi**

Kılavuz ray, güvenlik tertibatı arasından hareket ettirilir.

Güvenlik tertibatı gövdesi deformasyonun ölçülebilmesi için işaretlenmelidir.

Kat edilen mesafe kuvvetin fonksiyonu olarak kaydedilmelidir.

Deneyden sonra:

- a) Gövdenin ve kavrama elemanlarının sertliği, başvuruda bulunan kişinin verdiği orijinal değerlerle karşılaştırılmalıdır. Özel durumlarda başka analizler de yapılabilir;
- b) Kırılma olmadığı takdirde, deformasyon ve diğer değişiklikler kontrol edilmelidir. (meselâ: çatlaklar, çenelerdeki deformasyon veya aşınma, yakalama yüzeylerinin görünümü);
- c) Gerektiğinde deformasyon ve kırılma yerlerinin tespiti için güvenlik tertibatı gövdesinin, çenelerin ve kılavuz rayların fotoğrafları çekilmelidir.

#### **F.3.2.3 - Dokümanlar**

**F.3.2.3.1** - İki adet diyagram çizilmelidir:

- a) Birincisi kuvvetin fonksiyonu olarak kat edilen mesafeyi;
- b) Diğeri ise gövdenin deformasyonunu göstermelidir. Bu diyagram, birinci diyagramla ilgi kurulabilecek bir şekilde düzenlenmelidir.

**F.3.2.3.2** - Güvenlik tertibatının kapasitesi kuvvet-yol diyagramındaki alanın integrasyonu ile bulunmalıdır.

Göz önüne alınması gereken diyagram alanları:

- a) Kalıcı bir deformasyon meydana gelmediyse, alanın tümü;
- b) Kalıcı bir deformasyon ve kırılma meydana geldiyse:
  - 1) Esneklik sınırına kadar olan alan veya
  - 2) En büyük kuvvete kadar olan alandır.

#### **F.3.2.4 - İzin Verilebilir Toplam Kütlenin Hesaplanması**

##### **F.3.2.4.1 - Güvenlik Tertibatınca Absorbe Edilebilen Enerji**

Madde 9.9.1'e göre hesaplanan hız regülâtörü en büyük devreye girme hızından, serbest

düşme yüksekliği aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$h = \frac{v_1^2}{2 \cdot g_n} + 0,1 + 0,03 \quad (\text{m})$$

Burada;

$v_1$  = hız regülâtörünün devreye girme hızı (m/s);

$g_n$  = standard yerçekimi ivmesi (m/s<sup>2</sup>);

0,10 m : devreye girme gecikmesi sırasında kat edilen yola tekabül eder;

0,03 m : kavrama elemanlarıyla kılavuz ray arasındaki açıklığın kapanması sırasında kat edilen yola tekabül eder.

Güvenlik tertibatınca absorbe edilebilen toplam enerji:

$$2 \cdot K = (P + Q)_1 \cdot g_n \cdot h$$

ve buradan:

$$(P + Q)_1 = \frac{2K}{g_n \cdot h}$$

bulunur.

Burada:

$(P+Q)_1$  : İzin verilen kütle (kg);

$P$  : Boş kabin ve kabine asılı parçaların, meselâ: kabin bükülgen kablosunun kabin tarafından taşınan kısmı ve varsa dengeleme halatları/ zincirlerinin vb. kütlelerinin toplamı (kg);

$Q$  : Beyan yükü (kg);

$K, K_1, K_2$  : Güvenlik tertibat bloğu tarafından absorbe edilebilen enerji (J) (Diyagramdan hesaplanan) dir.

#### **F.3.2.4.2 - İzin Verilebilir Toplam Kütle**

a) Esneklik sınırının aşılması durumunda:

$K$ , Madde F.3.2.3.2 a'da tarif edilen alanın integrasyonu ile bulunur;

Güvenlik katsayısı olarak 2 kabul edilir. Böylece izin verilebilir toplam kütle bulunur:

$$(P + Q)_1 = \frac{K}{g_n \cdot h}$$

b) Esneklik sınırının aşılması durumunda:

İki hesaplama yapılır ve müracaatta bulunan kişi açısından en uygun hesap seçilir:

1) K1, **Madde F.3.2.3.2 b 1**'de tanımlanan alanın integrasyonu ile hesaplanır;

Güvenlik katsayısı olarak 2 kabul edilir ve izin verilebilir toplam kütle (kg) bulunur:

$$(P + Q)_1 = \frac{K_1}{g_n \cdot h}$$

2) K2, **Madde F.3.2.3.2 b 2**'de tanımlanan alanın integrasyonu ile hesaplanır.

Güvenlik katsayısı olarak 3,5 kabul edilir ve izin verilebilir toplam kütle ( kg ) bulunur:

$$(P + Q)_1 = \frac{2 \cdot K_2}{3,5 \cdot g_n \cdot h}$$

### **F.3.2.5 - Gövde ve Kılavuz Raydaki Deformasyonun Kontrolü**

Gövde içindeki kavrama elemanları veya kılavuz raylardaki deformasyonun çok büyük olması nedeniyle, güvenlik tertibatının çalışma durumundan kurtarılması zorluk çıkarıyorsa, izin verilebilir toplam kütle azaltılmalıdır.

### **F.3.3 - Kaymalı Güvenlik Tertibatı**

#### **F.3.3.1 - Başvuru ve Deney Numunesi**

**F.3.3.1.1** - Başvuruda bulunan kişi, deneyin hangi kütle (kg) ve hangi regülâtör devreye girme hızında (m/s) yapılacağını belirtmelidir. Güvenlik tertibatına çeşitli kütlelerde kullanılmak üzere izin isteniyorsa, bunlar belirtilmeli ve ayarın kademeli veya kademesiz olarak yapıldığı bildirilmelidir.

**NOT** - Başvuruda bulunan kişi, ortalama 0,6  $g_n$  düzeyinde bir ortalama frenleme ivmesini elde etmek için öngörülen frenleme kuvvetini 16'ya bölerek asılan kütleyi (kg) seçmelidir.

**F.3.3.1.2** - Deney laboratuvarına, boyutları laboratuvarca tayin edilen bir traverse monte edilmiş komple bir güvenlik tertibatı verilmelidir. Bütün deneyler için gerekli sayıda fren çeneleri de birlikte verilmelidir. Ayrıca, kullanılacak tipteki kılavuz raylar da laboratuvarın belirleyeceği boyda temin edilmelidir.

#### **F.3.3.2 - Deney**

### F.3.3.2.1 - Deney Kapsamı

Deney serbest düşme durumunda yapılır. Aşağıdaki hususlar doğrudan veya dolaylı olarak ölçülmelidir:

- a) Toplam serbest düşme yüksekliği;
- b) Kılavuz raylar üzerindeki frenleme mesafesi;
- c) Regülatör halatı veya bunun yerine kullanılan tertibatın kayma mesafesi;
- d) Yaylanma elemanlarının toplam hareket mesafesi;

a ve b'deki ölçümler zamanın fonksiyonu olarak kaydedilmelidir.

Aşağıdaki hususlar tespit edilmelidir:

- 1) Ortalama frenleme kuvveti;
- 2) Kısa bir süre için meydana gelen en büyük frenleme kuvveti;
- 3) Kısa bir süre için meydana gelen en küçük frenleme kuvveti.

### F.3.3.2.2 - Deney İşlemi

#### F.3.3.2.2.1 - Tek Bir Toplam Kütle İçin Belgelendirilen Güvenlik Tertibatı.

Laboratuvar, toplam kütle ( $P+Q$ )<sub>1</sub> ile dört deney yapmalıdır. Her deneyin arasında, sürtünen kısımların normal sıcaklıklarına dönmesine imkân tanınmalıdır.

Deneyler sırasında birden fazla sürtünme parçası takımları kullanılabilir.

Bununla beraber her takım aşağıdaki sayıda deney yapılmasına imkân vermelidir:

- a) 4 m/s'yi aşmayan beyan hızlarında üç deney;
- b) 4 m/s'yi aşan beyan hızlarında iki deney.

Serbest düşme yüksekliği, güvenlik tertibatı için kullanılacak hız regülatörünün en büyük devreye girme hızına göre belirlenmelidir.

Güvenlik tertibatının çalıştırılması, devreye giriş hızının hassasiyetle ayarlanabildiği bir cihaz tarafından sağlanır.

**NOT** - Meselâ: boşluğu dikkatli olarak hesaplanan bir halat, başka bir halat üzerinde sabit bir sürtünme kuvveti ile kayabilen bir kovana bağlanabilir. Sürtünme kuvveti, deneyi yapılan güvenlik tertibatını çalıştırmak için öngörülen regülatörün kanalı ile regülatör halatı arasındaki sürtünme kuvvetine eşit olmalıdır.

**F.3.3.2.2 - Değişik Toplam Kütleler İçin Belgelendirilen Güvenlik Tertibatı.**

Kademeli veya kademesiz ayar.

İki dizi deney yapılmalıdır:

- a) Başvuruda belirtilen en büyük değer için bir dizi deney ve
- b) Başvuruda belirtilen en küçük değer için bir dizi deney.

Başvuruda bulunan kişi frenleme kuvvetinin belirli bir parametre ile değişimini gösteren bir formül veya diyagram vermelidir.

Laboratuvar uygun araçlarla, (daha iyi bir aracın olmaması durumunda, gerekirse ara değerlerin elde edilmesi için üçüncü bir dizi deney ile) önerilen formülün uygulanabilirliğini tespit etmelidir.

**F.3.3.2.3 - Güvenlik Tertibatının Frenleme Kuvvetinin Belirlenmesi****F.3.3.2.3.1 - Tek Bir Toplam Kütle İçin Belgelendirilen Güvenlik Tertibatı**

Güvenlik tertibatının frenleme kuvveti, verilen bir ayar ve bir kılavuz ray cinsi için deneyler sırasında ölçülen ortalama frenleme kuvvetlerinin ortalamasına eşit olarak alınır. Her deney, kılavuz rayın kullanılmayan bir bölümünde yapılmalıdır.

Deneyler sırasında ölçülen ortalama frenleme kuvvetlerinin, yukarıda tarif edilen güvenlik tertibatının frenleme kuvvetinden en fazla  $\pm$  % 25 saptığı kontrol edilmelidir.

**NOT** - Yüzeyi işlenmiş kılavuz rayların aynı noktasında yapılan deneylerde, sürtünme katsayısının önemli ölçüde azalabildiğini yapılan deneyler göstermiştir. Bu husus, arka arkaya yapılan güvenlik tertibatı çalışmasının kılavuz ray yüzeyinde yaptığı değişikliğe bağlanır.

Kurulu bir asansörde, rasgele çalışan bir güvenlik tertibatının, kılavuz rayın kullanılmamış bir bölümünde devreye gireceği kabul edilir.

Tesadüf eseri bu durum meydana gelmezse, kullanılmayan kılavuz ray bölümüne erişilinceye kadar daha düşük değerlerde bir frenleme kuvveti göz önüne alınmalıdır. Bu da normalden daha uzun bir kayma demektir.

Bu da, başlangıçta çok küçük bir frenleme ivmesine sebep olacak bir ayara izin vermemek için bir başka nedendir.

**F.3.3.2.3.2 - Değişik Toplam Kütleler İçin Belgelendirilen Güvenlik Tertibatı.**

Kademeli veya kademesiz ayar.

Başvuruda belirtilen en büyük ve en küçük değerler için frenleme kuvveti Madde F.3.3.2.3.1'e göre hesaplanır.

#### **F.3.3.2.4 - Deneylerden Sonra Yapılan Kontrol.**

- Gövdenin ve kavrama elemanlarının sertliği başvuruda bulunan kişinin verdiği orijinal değerlerle karşılaştırılmalıdır. Özel durumlarda başka analizler de yapılabilir;
- Deformasyon ve diğer değişiklikler kontrol edilmelidir (meselâ: çatlaklar, çenelerdeki deformasyon ve aşınma, yakalama yüzeylerinin görünümü);
- Gerektiğinde, deformasyon ve kırılma yerlerinin tespiti için güvenlik tertibatı gövdesinin, çenelerin ve kılavuz rayların fotoğrafları çekilmelidir.

#### **F.3.3.3 - İzin Verilebilir Toplam Kütlenin Hesaplanması**

##### **F.3.3.3.1 - Tek Bir Toplam Kütle İçin Belgelendirilen Güvenlik Tertibatı.**

İzin verilebilir toplam kütle:

$$(P + Q)_1 = \frac{\text{Frenleme kuvveti}}{16}$$

Burada:

$(P+Q)_1$  : İzin verilen toplam kütle (kg);

$P$  : Boş kabin ve kabine asılı parçaların, meselâ: kabin bükülgen kablosunun kabin tarafından taşınan kısmı ve varsa dengeleme halatlarının/ zincirlerinin vb. kütlelerinin toplamı (kg);

$Q$  : Beyan yükü (kg);

*Frenleme kuvveti* : Madde F.3.3.2.3'e göre belirlenen kuvvet (N).

##### **F.3.3.3.2 - Değişik Toplam Kütleler İçin Belgelendirilen Güvenlik Tertibatı**

###### **F.3.3.3.2.1 - Kademeli Ayar**

Her ayar kademesi için izin verilebilir toplam kütle Madde F.3.3.3.1'e göre hesaplanmalıdır.

###### **F.3.3.3.2.2 - Kademesiz Ayar**

Başvuruda belirtilen en büyük ve en küçük değerler için izin verilebilir toplam kütle Madde F.3.3.3.1'e göre ve

ara ayarlar için verilen formüle uygun olarak hesaplanmalıdır .

##### **F.3.3.4 - Ayarlarda Yapılması Mümkün Olan Değişiklikler**

Deneyleer sırasında bulunan değerlerin, başvuru sahibi tarafından beklenen değerlerden % 20'den fazla farklı

ıkması durumunda; başvuru sahibinin onayı alınarak, gerekiyse ayarlar değiştirildikten sonra başka

deneyleer yapılabilir.

**NOT** - Frenleme kuvveti, başvuru sahibi tarafından beklenenin açık bir Şekilde ũstũndeysel, deneyleer

sırasında asılan toplam kũtle, Madde F.3.3.3.1'e gųre hesaplanıp onaylanacak olan toplam kũtleden

açık bir Şekilde kũk Őeilmiřtir. Bunun sonucunda, yapılan deneyden hesaplama ile elde edilen

toplam kũtle ile yũklenen gũvenlik tertibatının, gereken enerjiyi absorbe edip edemeyeceği anlaşılamaz.

#### **F.3.4 - Yorumlar**

a) 1) Belli bir asansųre uygulandıęında, asansųrų imal eden tarafından bildirilen toplam kũtle, gũvenlik tertibatı için (ani frenlemeli veya anı frenlemeli tampon etkili gũvenlik tertibatında) yapılan ayarla ilgili izin verilebilir toplam kũtleden fazla olmamalıdır;

2) Kaymalı gũvenlik tertibatında bildirilen toplam kũtle, Madde F.3.3.3'e gųre izin verilen toplam kũtleden  $\pm$  % 7,5 farklı olabilir. Bu durumda, kılavuz ray kalınlığındaki normal toleranslara ve kılavuz ray yũzeyinin durumuna bakılmaksızın Madde 9.8.4'teki kurallara uyulduğu kabul edilir;

b) Kaynaklı parçaların sağlamlığını değerlendirmek için ilgili standartlara başvurulmalıdır;

c) Kavrama elemanlarının mũmkũn olan hareket yolunun en elverişsiz Şartlarda dahi (imalat toleranslarının toplu etkisi) yeterli olduğu kontrol edilmelidir;

d) Sũrtũnme parçaları, çalışma sırasında kaybolmalarının ųnlenmesi için uygun bir Őekilde korunmalıdır;

e) Kaymalı gũvenlik tertibatında yayların mevcut yaylanma mesafesinin yeterli olup olmadığı kontrol edilmelidir.

#### **F.3.5 - Tip Kontrol Belgesi**

**F.3.5.1** - Bu belge; başvuru sahibi için iki nũsha, laboratuvar için bir nũsha olmak ũzere 3

nüsha olarak düzenlenmelidir.

**F.3.5.2** - Bu belgede şu hususlar belirtilmelidir:

- a) Madde F.0.2'ye göre bilgiler;
  - b) Güvenlik tertibatının tipi ve uygulama alanı;
  - c) İzin verilen toplam kütlenin sınırları (Madde F.3.4 a);
  - d) Hız regülâtörünün devreye girme hızı;
  - e) Kılavuz ray tipi;
  - f) Kılavuz ray başının izin verilen kalınlığı;
  - g) Kavramayı yapan yüzeyin en az genişliği;
- ve kaymalı güvenlik tertibatı için ayrıca:
- h) Kılavuz rayların yüzey durumu (çekilmiş, frezelenmiş, taşlanmış);
  - i) Kılavuz rayların yağlanma durumu. Bunlar yağlanmış ise, kullanılan yağın kalitesi ve özellikleri.

## **F.4 - HIZ REGÜLATÖRLERİ**

### **F.4.1 - Genel Kurallar**

Başvuruda bulunan kişi aşağıdaki hususları lâboratuvara bildirmelidir:

- a) Hız regülâtörüyle çalıştırılacak olan güvenlik tertibatının tipi veya tipleri;
- b) Hız regülâtörünün kullanılacağı asansörlerin en büyük ve en küçük beyan hızları;
- c) Devreye girdiğinde, hız regülâtörü tarafından regülâtör halatında oluşturulması öngörülen çekme kuvveti.

Başvuru formuna aşağıdaki dokümanlar eklenmelidir:

Yapı, çalışma şekli, kullanılan malzeme ile ilgili bilgilerin bulunduğu, parçaların ölçü ve toleranslarını gösteren detay ve montaj çizimleri.

### **F.4.2 - Hız Regülâtörünün Karakteristiklerinin Kontrolü**

#### **F.4.2.1 - Deney Numuneleri**

Laboratuvara şu malzemeler verilmelidir.

- a) Bir hız regülâtörü;

b) Regülatörde kullanılacak cinsten ve tesiste kullanılacağı normal şartlarda halatın uzunluğunu laboratuvar belirler;

c) Hız regülatörüne uygun komple bir gergi makarası ve ağırlığı.

#### **F.4.2.2 - Deneyler**

##### **F.4.2.2.1 - Deney Kapsamı**

Aşağıdaki hususlar kontrol edilmelidir:

a) Devreye girme hızı;

b) Hız regülatörü üstüne monte edildiği takdirde, Madde 9.9.11.1'de belirtilen, makinayı durduran elektrik güvenlik tertibatının çalışması;

c) Madde 9.9.11.2'de belirtilen, hız regülatörü devreye girdiği zaman asansörün hareketini engelleyen elektrik güvenlik tertibatının çalışması;

d) Hız regülatörünün devreye girmesiyle, regülatör halatında meydana gelen çekme kuvveti.

##### **F.4.2.2.2 - Deney İşlemi**

Madde F.4.1 b'de belirtilen asansör beyan hızları sahasına tekabül eden hız regülatörü devreye girme hızlarında en az 20 deney yapılmalıdır.

**NOT 1** - Deneyler, laboratuvarca regülatörü imal eden firmanın imalâthesinde yapılabilir.

**NOT 2** - Deneylerin büyük bir kısmı hız sahasının sınır değerlerinde yapılmalıdır.

**NOT 3** - Hız regülatörünün devreye girme hızına ulaşması için gerekli ivme, atalet etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla mümkün olduğu kadar düşük tutulmalıdır.

##### **F.4.2.2.3 - Deney Sonuçlarının Yorumlanması**

**F.4.2.2.3.1** - Devreye girme hızları, 20 adet deney süresince Madde 9.9.1'de belirtilen sınırlar içinde kalmalıdır.

**NOT** - Öngörülen sınırların aşılması durumunda, imalâtçı regülatörü yeniden ayarlayabilir. Bundan sonra yeniden 20 adet deney yapılmalıdır.

**F.4.2.2.3.2** - 20 adet deney süresince Madde F.4.2.2.1 b ve Madde F.4.2.2.1 c'ye göre deneye tâbi tutulması gereken teçhizat, Madde 9.9.11.1 ve Madde 9.9.11.2'de belirtilen sınırlar içinde çalışmalıdır.

**F.4.2.2.3.3** - Hız regülatörü tarafından devreye girme sırasında regülatör halatında oluşturulan çekme kuvveti en az 300 N veya başvuruda bulunan kişinin belirteceği daha yüksek bir

değerde olmalıdır.

**NOT 1** - İmalâtçı firma tarafından başka bir değer verilmedikçe ve bu değer deney protokolünde belirtilmedikçe, halat sarılma açısı 180° olmalıdır.

**NOT 2** - Halatı kavramak suretiyle çalışan bir tertibatın mevcut olması durumunda, halatta kalıcı bir deformasyon olup olmadığı gözlenmelidir.

#### **F.4.3 - Tip Kontrol Belgesi**

**F.4.3.1** - Bu belge; başvuru sahibi için iki nüsha, laboratuvar için bir nüsha olmak üzere 3 nüsha olarak düzenlenmelidir

**F.4.3.2** - Bu belgede aşağıdaki hususlar belirtilmelidir:

- a) Madde F.0.2'de belirtilen bilgiler;
- b) Hız regülâtörünün tipi ve uygulama alanı;
- c) Hız regülâtörünün kullanılabileceği asansörlerin en büyük ve en küçük beyan hızları;
- d) Kullanılan halatın yapısı ve çapı;
- e) Sürtünme ile tahrik kasnağı bulunan hız regülâtörlerinde, en küçük gergi kuvveti;
- f) Devreye girdiğinde hız regülâtörü tarafından regülâtör halatında oluşturulan çekme kuvveti.

## Ek 2 Asansör Firmasının Yaptığı Testler

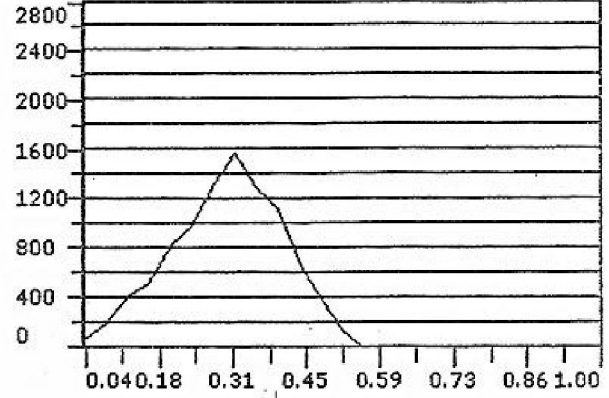
# METROPLAST

## FREN TEST ÜNİTESİ

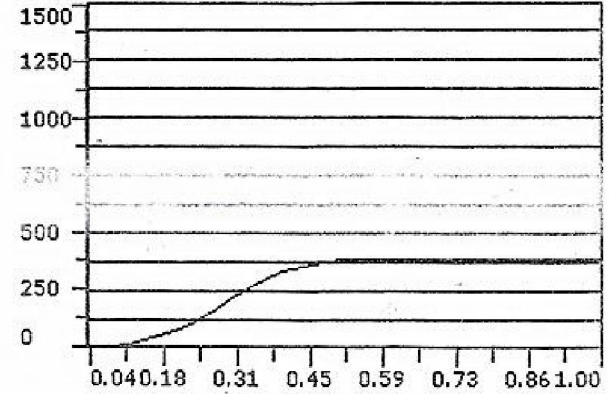
## 535. TEST

YOL mm	ZAMAN Sn	HIZ M / Sn	İVME
3.2	0.04	0.80	2.00
11.7	0.08	2.12	3.30
28.5	0.12	4.20	5.20
50.2	0.16	5.42	3.05
84.0	0.2	8.45	7.57
124.7	0.24	10.17	4.30
178.5	0.28	13.45	8.20
242.1	0.32	15.90	6.12
293.9	0.36	12.95	-7.37
339.7	0.4	11.45	-3.75
367.2	0.44	6.87	-11.45
383.7	0.48	4.12	-6.87
390.0	0.52	1.57	-6.37
390.0	0.56	0.00	-3.92
390.0	0.6	0.00	0.00
390.0	0.64	0.00	0.00
390.0	0.68	0.00	0.00
390.0	0.72	0.00	0.00
390.0	0.76	0.00	0.00
390.0	0.8	0.00	0.00
390.0	0.84	0.00	0.00
390.0	0.88	0.00	0.00
390.0	0.92	0.00	0.00
390.0	0.96	0.00	0.00
390.0	1	0.00	0.00
390.0	1.04	0.00	0.00
390.0	1.08	0.00	0.00
390.0	1.12	0.00	0.00
390.0	1.16	0.00	0.00
390.0	1.2	0.00	0.00
390.0	1.24	0.00	0.00

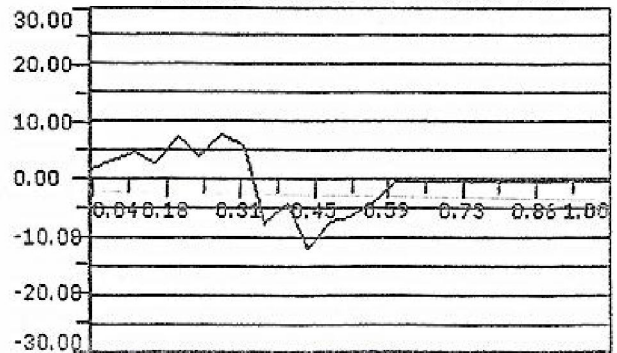
HIZ ZAMAN GRAFİĞİ



YOL ZAMAN GRAFİĞİ



İVME ZAMAN GRAFİĞİ



ÖRNEKLEME ZAMANI: 0,04 Sn

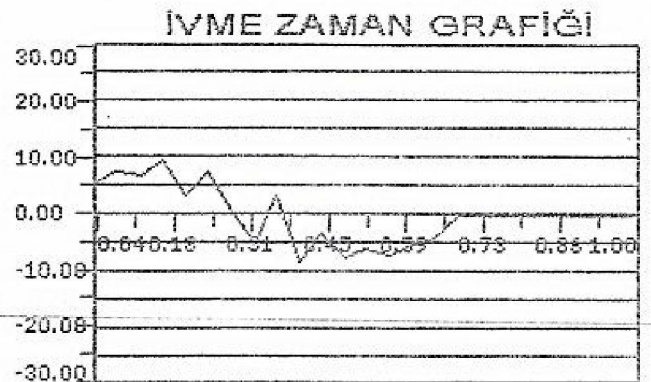
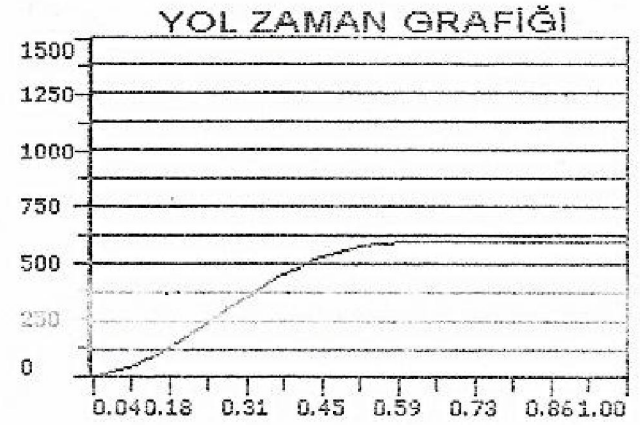
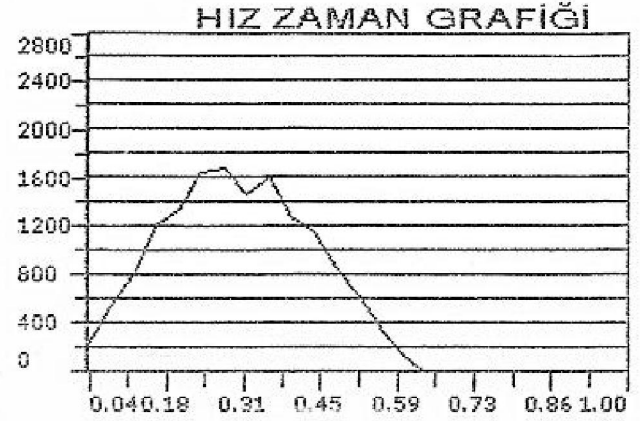
TEST MESAFELERİ TABLO VE GRAFİKLERİ

# METROPLAST

## FREN TEST ÜNİTESİ

### 787. TEST

YOL mm	ZAMAN Sn	HIZ M / Sn	İVME
9.5	0.04	2.37	5.92
31.5	0.08	5.50	7.82
64.8	0.12	8.32	7.05
113.6	0.16	12.20	9.70
167.7	0.2	13.52	3.30
234.1	0.24	16.60	7.70
301.9	0.28	16.95	0.87
361.4	0.32	14.87	-5.20
426.2	0.36	16.20	3.32
478.0	0.4	12.95	-8.12
524.6	0.44	11.65	-3.25
559.7	0.48	8.77	-7.20
585.2	0.52	6.37	-6.00
599.7	0.56	3.62	-6.87
606.0	0.6	1.57	-5.12
605.8	0.64	-0.05	-4.05
605.9	0.68	0.02	0.17
605.9	0.72	0.00	-0.05
605.9	0.76	0.00	0.00
605.9	0.8	0.00	0.00
605.9	0.84	0.00	0.00
605.9	0.88	0.00	0.00
605.9	0.92	0.00	0.00
605.9	0.96	0.00	0.00
605.9	1	0.00	0.00
605.9	1.04	0.00	0.00
605.9	1.08	0.00	0.00
605.9	1.12	0.00	0.00
605.9	1.16	0.00	0.00
605.9	1.2	0.00	0.00
605.9	1.24	0.00	0.00



ÖRNEKLEME ZAMANI: 0,04 Sn

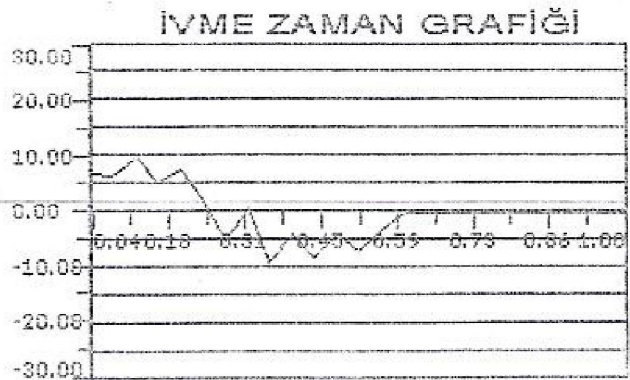
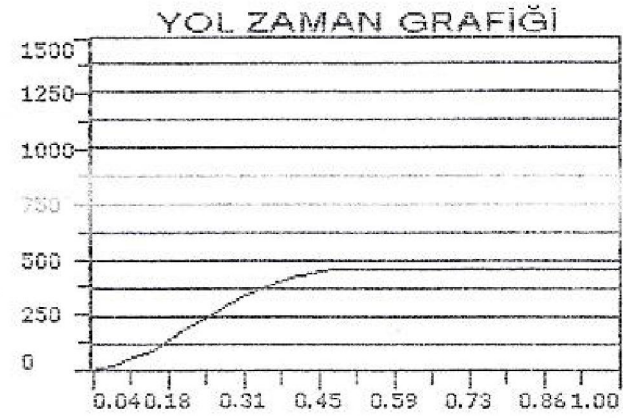
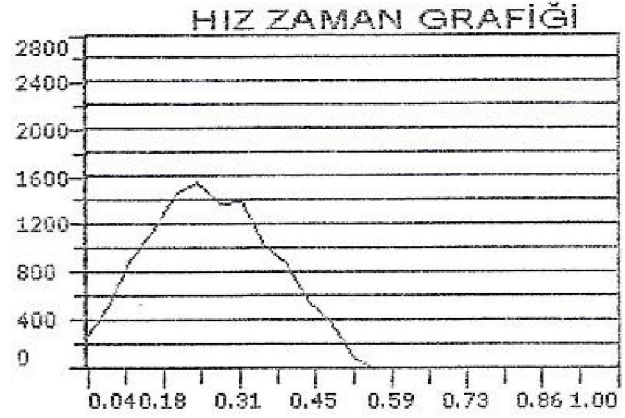
TEST MESAFELERİ TABLO VE GRAFİKLERİ

# METROPLAST

## FREN TEST ÜNİTESİ

### 790. TEST

YOL mm	ZAMAN Sn	HIZ M / Sn	İVME
11.1	0.04	2.77	6.92
32.5	0.08	5.35	6.45
70.0	0.12	9.37	10.05
116.0	0.16	11.50	5.32
174.6	0.2	14.65	7.87
237.7	0.24	15.77	2.80
293.0	0.28	13.82	-4.87
349.3	0.32	14.07	0.62
391.2	0.36	10.47	-9.00
427.1	0.4	8.97	-3.75
449.8	0.44	5.67	-8.25
466.0	0.48	4.05	-4.05
470.8	0.52	1.20	-7.12
470.5	0.56	-0.07	-3.17
470.5	0.6	0.00	0.00
470.5	0.64	0.00	0.00
470.5	0.68	0.00	0.00
470.5	0.72	0.00	0.00
470.5	0.76	0.00	0.00
470.5	0.8	0.00	0.00
470.5	0.84	0.00	0.00
470.5	0.88	0.00	0.00
470.5	0.92	0.00	0.00
470.5	0.96	0.00	0.00
470.5	1	0.00	0.00
470.5	1.04	0.00	0.00
470.5	1.08	0.00	0.00
470.5	1.12	0.00	0.00
470.5	1.16	0.00	0.00
470.5	1.2	0.00	0.00
470.5	1.24	0.00	0.00



ÖRNEKLEME ZAMANI: 0,04 Sn

TEST MESAFELERİ TABLO VE GRAFİKLERİ

Ek 3 Belleville Springs Firmasının Tabak Yay Kataloğundan İlgili Sayfa

Disc Springs to DIN 2093								15% Defl.		30% Defl.		45% Defl.		60% Defl.		75% Defl.		90% Defl.	
								Defl. mm	Force N	Defl. mm	Force N	Defl. mm	Force N	Defl. mm	Force N	Defl. mm	Force N	Defl. mm	Force N
Code No.	Outer Dia. (Do) mm	Inner Dia. (Di) mm	Thick. (t) mm	Cone Ht. (ho) mm	Overall Ht. (lo) mm	Cone Ht. Thick. Ratio	Weight per 1000 pcs.	Stress N/mm <sup>2</sup>		Stress N/mm <sup>2</sup>		Stress N/mm <sup>2</sup>		Stress N/mm <sup>2</sup>		Stress N/mm <sup>2</sup>			
								σII	σIII	σII	σIII	σII	σIII	σII	σIII	σII	σIII	σII	σIII
D238208	230	8.2	.80	.75	1.55	.94	2.3	.11	214	.23	385	.34	521	.45	630	.56	719	.68	795
D238209	230	8.2	.90	.70	1.60	.78	2.6	.11	248	.21	457	.32	634	.42	785	.53	919	.63	1,041
D23821	230	8.2	1.00	.70	1.70	.70	2.8	.11	319	.21	595	.32	835	.42	1,048	.53	1,240	.63	1,419
D2310209	230	10.2	.80	.75	1.65	.83	2.4	.11	285	.23	538	.34	742	.45	912	.56	1,066	.68	1,189
D231021	230	10.2	1.00	.70	1.70	.70	2.6	.11	339	.21	631	.32	885	.42	1,112	.53	1,315	.63	1,505
D23102125	230	10.2	1.25	.65	1.90	.52	3.3	.10	537	.30	1,029	.39	1,463	.49	1,907	.59	2,310	.69	2,699
D231221	230	12.2	1.00	.80	1.80	.80	2.3	.09	296	.18	590	.27	797	.38	1,015	.48	1,217	.54	1,416
D23122125	230	12.2	1.25	.60	1.85	.48	2.9	.09	532	.18	1,023	.27	1,463	.38	1,916	.48	2,331	.54	2,734
D2312215	230	12.2	1.50	.50	2.00	.33	3.5	.08	705	.15	1,382	.23	2,036	.30	2,673	.38	3,297	.45	3,912
D251021	250	10.2	1.08	.75	1.75	.75	3.2	.11	311	.23	575	.34	801	.45	997	.56	1,172	.68	1,333
D2512207	250	12.2	.70	.90	1.60	1.29	2.1	.14	219	.27	378	.41	487	.54	558	.68	600	.81	694
D2512209	250	12.2	.90	.70	1.60	.78	2.6	.11	233	.21	426	.32	595	.42	737	.53	882	.63	977
D251221	250	12.2	1.00	.80	1.80	.80	2.9	.12	371	.24	682	.36	943	.48	1,165	.60	1,358	.72	1,531
D25122125	250	12.2	1.25	.70	1.95	.56	3.7	.11	526	.21	1,002	.32	1,436	.42	1,837	.53	2,214	.63	2,577
D2512215	250	12.2	1.50	.55	2.05	.37	4.4	.08	634	.17	1,238	.25	1,818	.33	2,379	.41	2,926	.50	3,464
D2810208	280	10.2	.80	.95	1.75	1.19	3.4	.14	229	.29	399	.43	521	.57	695	.71	862	.86	971
D281021	280	10.2	1.00	.90	1.90	.90	4.2	.14	323	.27	595	.41	810	.54	984	.68	1,130	.81	1,281
D28102125	280	10.2	1.25	.80	2.05	.64	5.2	.12	480	.24	886	.35	1,227	.48	1,663	.60	1,843	.72	2,131
D2810215	280	10.2	1.50	.70	2.20	.47	6.3	.11	617	.21	1,190	.32	1,728	.42	2,235	.53	2,723	.63	3,197
D281221	280	12.2	1.08	.95	1.95	.95	3.9	.14	380	.28	683	.43	923	.57	1,114	.71	1,268	.86	1,400
D28122125	280	12.2	1.25	.85	2.10	.68	4.9	.13	530	.26	991	.38	1,385	.49	1,758	.64	2,080	.77	2,390
D2812215	280	12.2	1.50	.75	2.25	.60	5.9	.11	709	.23	1,361	.34	1,968	.45	2,635	.56	3,077	.68	3,660
D2814208	280	14.2	.80	1.00	1.80	1.25	2.9	.15	287	.30	497	.45	644	.60	741	.75	801	.90	938
D281421	280	14.2	1.00	.80	1.80	.80	3.6	.12	303	.24	556	.36	788	.48	949	.60	1,107	.72	1,280
D28142125	280	14.2	1.25	.85	2.10	.68	4.5	.13	570	.26	1,085	.38	1,500	.49	1,887	.64	2,240	.77	2,570
D2814215	280	14.2	1.50	.85	2.15	.43	5.4	.10	633	.20	1,227	.29	1,739	.38	2,321	.48	2,841	.59	3,346

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	07.04.1977	
Doğum yeri	Ankara	
Lise	1991-1995	Çankaya Milli Piyango Anadolu Lisesi, Ankara
Ön lisans	1996-1999	Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara Meslek Yüksek Okulu, Endüstriyel Otomasyon
Lisans	1999-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul Makine Mühendisliği Bölümü

**Çalıştığı Kurumlar**

2006-2009	Huzur Mühendislik Ltd. Şti.
2009-	Metlab Metroloji Ltd. Şti.