

## **BİR BİNEK ARAÇ İÇİN ELEKTRİK Lİ ENGELLİ RAMPASI GELİŞTRİLMESİ**

**Kadir Erol\***

\*Hexagon Studio Tasarım A.Ş., Gebze/Kocaeli

### **ÖZET**

Bu makalede Karsan Concept V1 aracına uygun her iki yöne açılabilir tam otomatik engelli rampasının tasarım geliştirme süreçleri anlatılmıştır. Rampa; lineer motor tahrikli ve kompozit malzeme destekli ve binek araca uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarım geliştirme faaliyetlerinde NX, Hypermesh ve MSC Adams yazılımları kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** engelli, tekerlekli sandalye, engelli rampası, binek araçlar, engelli erişimi, engelli araçları

## **A DESIGN STUDY OF WHEELCHAIR ELECTRIC RAMP FOR PASSENGER CARS**

### **ABSTRACT**

In this article, according to Karsan V1 Concept vehicle fully automatically disabled ramps can be opened in both directions of the design development process are described. The ramp was designed to suitable for passenger cars, with the linear motor actuating and supported with composite materials. Design and development activities NX, Hypermesh and MSC Adams software was used.

**Keywords:** disabled persons, wheelchair, wheelchair ramp, passenger cars, disabled access, disabled vehicles

### **1. GİRİŞ**

Küreselleşmenin en önemli etkilerinden birisi de mobilize olmaktır. Bu etkinin getirdiği kazanımlardan biri de engelli bireyler de özellikle toplu ulaşımda gelişen imkanlar sayesinde daha çok sosyo-ekonomik hayatın içerisinde yer almalarıdır. Ancak söz konusu ticari taksiler ya da binek araçlar olduğunda bu esneklik ve erişilebilirlik kavramı ortadan kalkmaktadır.

Günümüzde şehiriçi ulaşımında kullanılan toplu taşıma araçları, engelli bireylerin kullanımına uygun olmayan altyapıya sahiptir. Özellikle konfor ve istenilen zamanda ihtiyaca cevap verme açısından binek araçları günümüzün vazgeçilmez ihtiyaçlarından biridir. Ülkemizdeki binek araç özellikleri engelli bireylerin ulaşım ihtiyacına cevap vermeyip sadece engelli olmayan bireylerin kullanımına yöneliktir. Dünya üzerindeki engelli bireylerin sayısı dünya nüfusunun %15-20'sini oluşturmakta bu da en az 650 milyon

engelli bireyin olduğunu göstermektedir. Bu sayı engelli bireylerin ulaşımında binek araç kullanım oranının yüksek seviyelerde olacağını bir göstergesidir. Bu da binek araç konseptlerinin engelli bireylerin kullanımına yönelik olması gerekliliğini ortaya çıkartmaktadır. Bu konseptler içerisinde yer alacak olan araç içerisine giriş ve çıkışlarda kullanılacak rampa, aracın vazgeçilmez bir komponenti olacaktır. Sonuç olarak bu pazara hizmet edecek olan rampa sisteminin tasarımı, geliştirmesi ve üretimi ticari bir fırsat olup bu açığın karşılanmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

## **2. RAMPANIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ ve GEREKSİNİMLERİ**

Projenin hedefi taşıtın içerisinden iki yana açılan ve fiziksel engelli yolcunun en rahat biçimde erişimini sağlayan rampanın tahrik sisteminin geliştirilmesidir. Bu amaçla mekanizmaya tümleşik, doğrudan tahrikli bir doğrusal motor tasarımı yapılmıştır. Bu motor hem gereken öteleme kuvvetini temin edecek hem de küçük ve hafif olması itibarıyla paketleme ve ağırlık avantajı sağlayacaktır.

Bu proje ile fiziksel engelli yolcuların yardım almaksızın erişimine olanak sağlayan bir binek araçta tekerlekli sandalye rampasının ve kayar kapının hareketi için tümleşik doğrusal elektrikli motor tahrik sistemlerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Fiziksel engelli erişimine olanak sağlayan taşıtların çoğunda, engelli yolcular bagaj kapısından ya da arka yolcu kapısından lift veya rampa yardımıyla kaldırılarak içeri alınmaktadır. Bu durum engelli yolcunun konforu ve psikolojisi açısından sakıncalı bir durum ortaya çıkarmaktadır. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak üzere taşıtın iki tarafına da açılabilen "Americans with Disabilities Act (ADA) Accessibility Guidelines for Buses and

Vans"<sup>1</sup> (38.23/c-5) regülasyonunda belirtilen eğim açısı değerlerine uygun bir eğime sahip bir rampa ve bu rampayı otomatize edecek doğrusal bir motor geliştirilmesi projenin amaçlarından ilkidir. Rampanın yer aldığı kapının kayar kapı olarak otomatize edilme kabiliyetinin kazanılması projenin ikinci temel amacıdır.

Az sayıdaki hafif ticari ve demiryolu raylı toplu taşıma araçlarında rampa sistemleri kullanılmakta ticari taksilerde ise mevcut araçların geometrisi izin vermediği için kullanılamamaktadır. Hafif ticari ve raylı toplu taşıma araçlarındaki rampa sistemi aracın sadece bir tarafına açılmaktadır. Ticari taksi belirli bir durak ya da lokasyonda giriş ve iniş zorunluğuna sahip olmadığı için kullanılacak olan rampa sistemi aracın her iki tarafında açılabilir. Dolayısıyla rampa her iki tarafa açılabilme kabiliyetine sahip olmalıdır. Bu özelliğin yanı sıra emniyet ve konfor gereksinimlerine göre geliştirilmesi amaçlanan sistem Americans with Disabilities Act (ADA)<sup>1</sup> Accessibility Guidelines for Buses and Vans regülasyonuna uygun olacaktır.

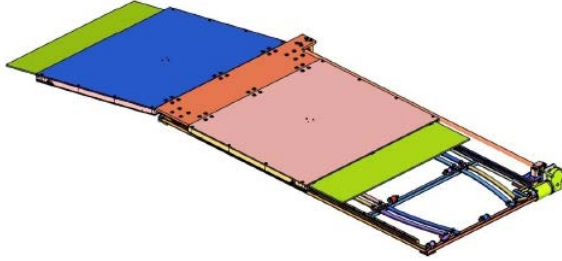
Projede hedeflenen ürün; her iki yöne açılabilme, tam otomatik açılabilmesi, lineer motor adaptasyonu ve kompozit materyal kullanılması sebebiyle hareketli kesit kullanımı açısından piyasada bulunmayan bir üründür.

## **3. TASARIM DETAYLARI**

Konsept tasarım fazında 3 temel konsept tasarım üzerinde durulmuştur.

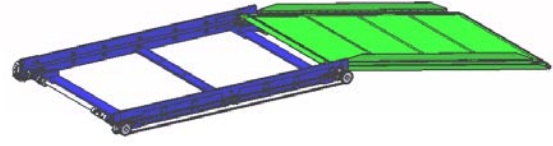
•Vidalı mil vasıtası ile güç aktarımında bulunan sistemde **Şekil 1'** te görüldüğü gibi ortadaki sabit plakaya bağlı sağda ve solda teleskopik mekanizma bulunmaktadır. Teleskopik yapılar menteşeli olduğu için gap miktarı diğer konseptlere nispeten daha düşüktür. Ancak sonumdaki gap sorunu aşılammaktadır. Ayrıca 110 mm kesit yüksekliğinin tamamını kullanmaktadır ve

rampa uzunluğu 1000mm aşamamaktadır. Bu da regülatif kısıtlara uymamaktadır.



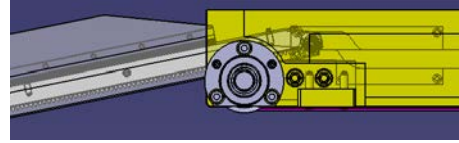
Şekil 1: Vidalı Mil Tahrikli Teleskopik Rampa Konsepti

- Halat-tambur ile tahrik edilen platformda ise tek bir platform bulunmaktadır. Halat-tambur mekanizması sayesinde rampa platformu iki yana istenilen uzunlukta açılabilir. Ancak 130 mm kesit yüksekliğini tümüyle işgal etmesi son konumdaki gap miktarının çok büyük olması en büyük dezavantajlarıdır.



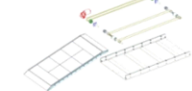



Şekil 2: Halat-Tambur Tahrikli Rampa Konsepti

- Kremayer-pinyon dişli tahrik sistemi halat-tambur mekanizmasının benzeri bir mekanizmadır. Ancak burada platform pinyon dişli ile sürülmektedir. Bu sistemde dişlilerin temasının kesilememesinden dolayı gap miktarı halat-tambur sisteminden daha fazladır.



Şekil 3: Kremayer-Pinyon Tahrikli Rampa Konsepti

				
TAHRİK	VİDALI MİL VE KAPLİN	KAYIŞ-KASNAK MEKANİZMASI	KAYIŞ-KASNAK MEKANİZMASI	LİNEER MOTOR
MOTOR GÜCÜ	240 W	200 W	220 W	1200 W
MEKANİZMA	TELESKOPİK	HALAT-TAMBUR	KREMAYER PİNYON DİŞLİ	SLİDER PLAKA
EĞİM	0,15	0,10	0,10	0,07
YÜK	350 KG	350 KG	350 KG	350 KG
PAKETLEME AĞIRLIĞI	80 KG	75 KG	80 KG	60 KG
PAKETLEME HACMİ	110x890x1600	190x900x1600	160x880x1600	80x900x1600
MANUEL KONTROL	VAR	YOK	YOK	VAR
YATAKLAMA	LİNEER ARABA RAY	RADYAL MİL YATAKLAMA	RADYAL MİL YATAKLAMA	LİNEER ARABA RAY
SON KONUMDAKİ GAP	30 MM	60 MM	65 MM	YOK
GÜÇ AKTIRIMI	İYİ	ZAYIF	İYİ	İYİ
TEKRARLANABİLİRLİK	MÜKEMMEL	ORTA	ORTA	MÜKEMMEL
YAN BARİYER	MENTEŞELİ	RAMPADA SABİT	RAMPADA SABİT	MENTEŞELİ
ÖMÜR	MÜKEMMEL	İYİ	ORTA	İYİ
YATAKLAMA KALİTESİ	MÜKEMMEL	ZAYIF	ORTA	İYİ
MEKANİK VERİM	İYİ	ZAYIF	İYİ	ÇOK İYİ

Tablo 1: Konsept Tasarım Seçim Matrisi

- **Güç:** Tasarlanan ve prototipleri imal edilen 4 prototipten birim hacim başına en yüksek güç eldesi lineer motorlu çözümdedir.
- **Güç Aktarımı:** Tasarlanan konseptlerden; verimi en yüksek olan konsept lineer motorlu çözümdür. Diğer tüm çözümlerde reduktörlü motor kullanma ihtiyacı

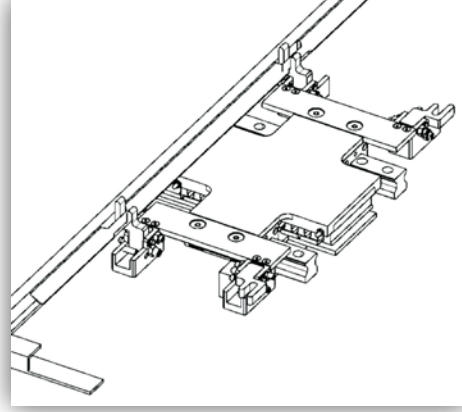
doğduğundan mekanik güç kayıpları yaşanmaktadır.

- **Paketleme Hacmi:** Genel itibarıyla tüm konseptlerde en boy olarak eşit paketleme hacimleri işgal etmektedir. Kesit kalınlığı olarak ise en düşük kesit lineer motorlu çözümdedir. Yine ağırlık olarak da en düşük ağırlıkta olan lineer motorlu çözümdür.

- **Manuel kontrol** :Yine regülatif<sup>1</sup> gereklilikler açısından manuel kontrol yalnızca vidalı-mil ve lineer motorlu çözümde bulunmaktadır.
- **Gap**: Son konumdaki boşluk miktarı lineer motorlu rampa çözümü hariç hepsinde tahrik elemanları arasındaki kontağı kaldırmanın mekanik açıdan sakıncalı olması sebebiyle regülasyonun<sup>1</sup> öngördüğünün üzerindedir.

Aralarında en hafif ve en ince olan tasarım "LINEER MOTOR"lu çözüm seçilmiştir. İki yana açabilmek için elektronik kontrolcü ile rampayı iki ayrı uçtan tutarak tek motorla iki yöne açılması sağlanmıştır. Son konum gap sorunu ise rampa kenarlarına

tasarlananmekanizma ile rampa platformunun yükseltilmesi ile çözülmüştür.

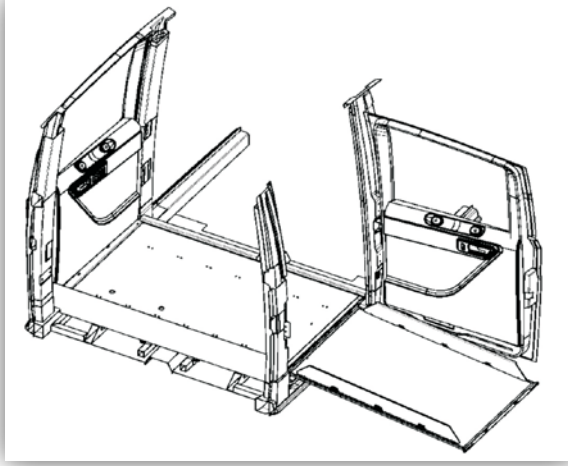


**Şekil 4: Kilit Sistemi**

Material Type			Metawell H11,5	Metawell H5,5	Titanium	Al 7075	St 52
Section Thickness	t	mm	11,5	5,5	10	10	10
Section Type			Flat	Flanged	Flat	Flat	Flat
Moment of Inertia	$I_x$	mm <sup>4</sup>	101391,6	502150	66666.6	66666.6	66666.6
Moment of Inertia	$I_{eff}$	mm <sup>4</sup>	101392	502150	66666.6	66666.6	66666.6
Max Border Dist		mm	5,75	49,67	5	5	5
Safety Factor			4,42	3,17	4,18	6,37	5,39
Yield Point		N/mm <sup>2</sup>	220	220	276	420	355
E-Modulus		N/mm <sup>2</sup>	41000	41000	103421	70000	210000
Maximum Deflection	$S_z$	mm	59,36	9,37	35,80	52,88	17,63
Maximum Bending Moment	$M_{b_z}$	Nm	878,83	878,83	878,83	878,83	878,83
Maximum Stress	$R_{es}$	N/mm <sup>2</sup>	49,84	138,95	65,91	65,91	65,91
Max Deflection	$S_{res}$	mm	59,36	9,37	35,80	52,88	17,63
Max Bending Moment	$M_{b_{res}}$	Nm	878,83	878,83	878,83	878,83	17,63
Cost	C	TL	220	350	3100	350	150
Weight	W	kg	9,2	15,2	57,6	35,85	102

**Tablo 2: Malzeme Seçim Matrisi**

Rampa platformunun 300 kg yüke dayanabilecek olması ve mümkün olan en ince malzeme olması gerekmektedir. Bunun için **Tablo 2: Malzeme Seçim Matrisi'**nden en uygun yapının ve **Şekil 5'** de görüldüğü gibi yan bariyerlerin taşıyıcı eleman olarak kullanıldığı topoloji uygun görülmüştür.



Şekil 5: Rampa'nın yere açılmış temsili resmi

#### 4. LİNEER MOTOR

Lineer motorlar radyal motorlarla aynı prensibe göre çalışırlar tek farkları radyal motorda stator kısmında bulunan mıknatısların düz bir plaka üzerine sıralanmasıyla endüvinin (rotor) kutuplanarak radyal yerine lineer öteleme hareketi yaptıkları motorlardır.

Lineer motorlar genel itibariyle yapısal olarak 3 grupta incelenebilirler.Yapısal olarak sargı şekilleri **Şekil 8'** de gösterildiği gibidir.

- Demir Çekirdekli (Iron Core):Ucuz,hacim başına en yüksek kuvvet verebilen lineer motor modelidir.Çok yüksek çekme kuvvetleri uygulanır.Çok iyi yataklama gereklidir.
- Demirsiz Çift Sıra Mıknatıslı (Ironless):Çekme kuvvetinin olmadığı, adım atlama yoktur.Hacim başına elde edilen kuvvetler düşüktür.

- Demirli-Lamelsiz (Slotless):En ucuz maliyetteki modeldir. Enerji verimliliği düşüktür ve ısınma problemi vardır.



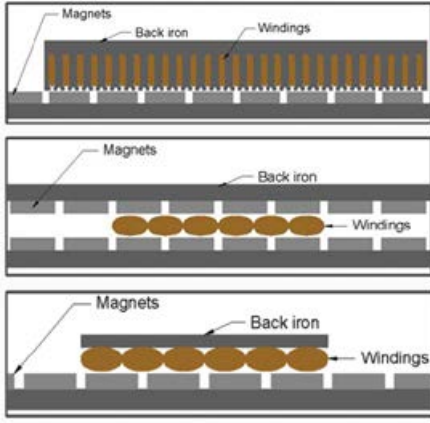
Şekil 6: Radyal Motor



Şekil 7: Lineer Motor

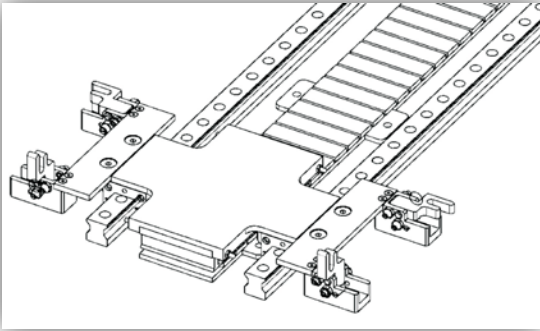
Feature	Linear Brushless DC Motor Type		
	Iron Core	Ironless	Slotless
Attraction Force	Most	None	Moderate
Cost	Medium	High	Lowest
Force Cogging	Highest	None	Medium
Power Density	Highest	Medium	Medium
Forcer Weight	Heaviest	Lightest	Moderate

Tablo 3: Lineer Motor Türleri Seçim Matrisi



Şekil 8: Linear Motor Türleri; üstte IRON CORE, ortada IRONLESS, altta SLOTLESS

**Tablo 3: Linear Motor Türleri Seçim Matrisi'**nden IRON CORE modeli seçilerek devam edilmiştir. Lineer motor rampayı yerden kaldıracak kadar pik kuvvet uygulayabilecek şekilde tasarlanmıştır. Motor 12V akü gerilimi kullanılacak şekilde PIC kontrolcü tarafından sürülmektedir. PIC kontrolcüye tetik aracın ICON panelinden gönderilmektedir. Şekil 9' da görülen solenoid kilitler motorun birincili üzerine monte edilmiş ve birincil ile birlikte hareket etmektedir.



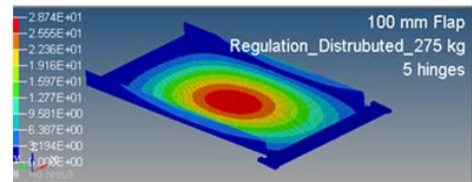
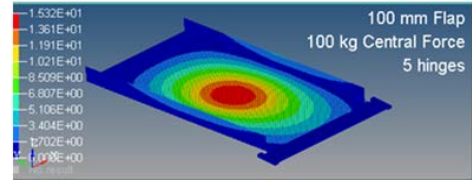
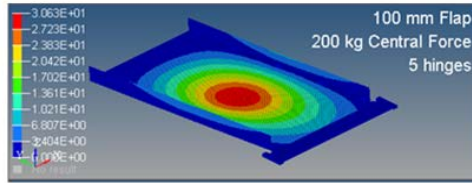
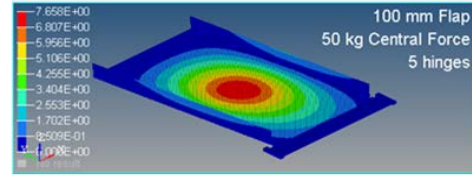
Şekil 9: Linear Motorun Birincili ve Kilitler

## 5. TEST ve DOĞRULAMA

### 5.1 Dayanım Analizleri:

Kavramsal tasarım fazı sonunda statik analizler yapılmıştır.

Gerekli tasarım revizyonları yapıldıktan sonra mil ve pim yatağı ile vida deliklerinde oluşan aşırı gerilmelerin ortadan kalktığı gözlemlenmiştir. Daha sonraki adım olan koruyucu bariyerlerin yapısal eleman olarak tasarlanması amacıyla bir dizi analiz gerçekleştirilmiştir. Bariyerleri paketlenen belirli menteşe sayısı ve bariyer boyuna artımsal olarak yük etkidiğinde rampada meydana gelen yer değiştirme gözlemlenmiştir. Bu analizde Americans with Disabilities Act (ADA) regülasyonu<sup>1</sup>nda yer alan 275 kg (600 pound) yük altındaki yer değişimleri incelenmiştir.



Şekil 10: 100 mm Koruyucu Bariyerin Olduğu Durumda

## 6. TESTLER

### 6.1 Dayanım Testleri:

Bu testlerde rampanın dayanımını incelenmiştir.

### 6.1.1 Test Ekipmanları:

- Lazer Mesafe Ölçer
- Yükleme torbaları
- Lift

### 6.1.2 Test Düzenegi:

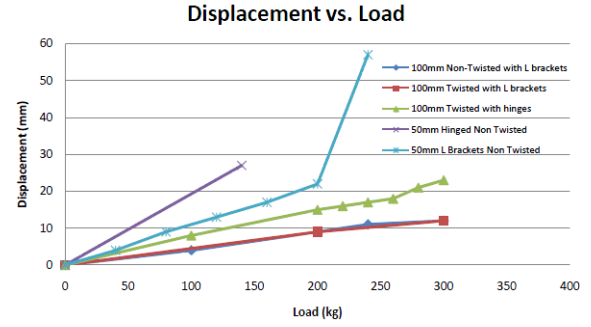
Rampa araç tabanından kaldırıma açılmış gibi *Şekil 11* ve *Şekil 12*' de görüldüğü gibi konumlandırılmıştır.



Şekil 11: Deforme Olmuş Test Numunesi



Şekil 12: Yüklenmiş ve Doğrulanmış Test Numunesi



Şekil 13: Rampanın Orta Noktasında Meydana Gelen Yer Değiştirme

Yapılan tüm testlerde, rampa plakasının orta noktasının yere olan mesafesi test yapılmadan önce ve yapıldıktan sonra aynıdır. Bu durum malzemenin test sonrası kalıcı deformasyona uğramadığını göstermektedir. Fakat bazı durumlarda koruyucu bariyerlerde kalıcı deformasyon söz konusudur. Yine 50 mm boyundaki koruyucu bariyerlerin, 100 mm koruyucu bariyerlerden çok daha fazla deforme olduğu görülmektedir. Ayrıca kullanılan menteşelerin tatmin edici düzeyde olmadığı gözlenmiştir. Burada boşluksuz yapıda menteşe kullanılması değerlendirilmelidir.

## 7. SONUÇ

Rampa; engelli bireylerin özgürce seyahati açısından çok önemlidir. Engelli bireylerin sosyo-ekonomik hayatın içerisindeki mobilitesini artıran rampa, lift ve benzeri hazır çözümlerde engelli yolcu genellikle bagaj tarafından binmekte ve engellinin psikolojisi olumsuz olarak etkilenmektedir. Bu proje kapsamında geliştirilen rampada ise hem engelli bireyin tekerlekli sandalyesi ile birlikte yolcu kapısından binmesi hem de araçla tümleşik olması yönüyle engelli bireyin hiçbir yardım almadan kolaylıkla araca binmesini sağlamaktadır. Bu da aracın özellikle taksi kullanımında fark yaratan bir özelliği olarak karşımıza çıkmaktadır.

## **TEŞEKKÜR**

Bu proje bir Ar&Ge projesi olarak "Taşıt için Elektrikli Engelli Rampası Tasarımı ve Geliştirilmesi" adıyla 1501 Tübitak Arge1501 Tübitak Arge1501 - TÜBİTAK Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir. Projeye katkılarından dolayı Tübitak' a teşekkür ederiz.

## **KAYNAKÇA**

1)"Americans with Disabilities Act (ADA) Accessibility Guidelines for Buses and Vans" (38.23/c-5)

2)Ume,I. Charles ,2009,"**Motors**", Georgia Institute of Technology, [http://ume.gatech.edu/mechatronics\\_course/Motors\\_F09.ppt](http://ume.gatech.edu/mechatronics_course/Motors_F09.ppt)

3) <http://www.metawell.de/en/company/data-sheets-catalogues-and-brochures-for-download/>

4) ASTM E290 - 13 Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility

5)Budynas-Nisbett, Shigley's Mechanical Engineering Design,Eighth Ed.,(2008)