

# FARKLI MALZEMELERDEN ÜRETİLEN OTOMOTİV PARÇALARININ TEKNİK VE EKONOMİK KARŞILAŞTIRILMASI

## TECHNICAL AND ECONOMIC COMPARISON OF AUTOMOTIVE PARTS PRODUCED FROM DIFFERENT MATERIALS

Seracettin AKDI <sup>a</sup>, Dr. Havva DEMİRPOLAT <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Konya, Türkiye, E-posta: seracettinakdi@gmail.com

<sup>b</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, E-posta: hdemirpolat@selcuk.edu.tr

### Özet

Günümüzde otomotiv endüstrisi üretim sektöründe büyük bir paya sahiptir. Otomotiv sektörü, sınırlı malzeme kaynakları, yüksek enerji ve iş gücü maliyetleri, çevre ve geri dönüşüm kriterleri, petrol türevi yakıtlarda karşılaşılan dar boğazlar, yolcu ve araç güvenliği gibi birbirini doğrudan etkileyen bir ortamda tasarım ve üretimi planlamaktadır. Bir otomobilin ortalama 20000 parçasından 10000 kadarı polimer ve türevlerinden üretilirken birinci ve ikinci derecen güvenlik parçaları metal esaslı parçalardan üretilmektedir. Metal esaslı malzemeler polimerlere kıyasla daha yüksek mukavemet değerlerinin yanı sıra yüksek yoğunluk değerlerinden dolayı daha az tercih edilirler. Alüminyum malzemeler çelik malzemelere kıyasla daha yüksek özgül mukavemete sahip iken yorulma dayanım değerlerinin düşük olması ve sonlu ömre sahip olmaları en büyük dezavantajdır. Titanyum malzemeler yüksek mukavemet düşük yoğunluk değerleri ile çelik ve alüminyum malzemelerinin önüne geçmiştir. Ancak yüksek maliyetler işlem basamaklarının daha kompleks olması daha az tercih edilmesine neden olmaktadır.

Bu çalışmada farklı üretim teknikleri ile üretilmiş: çelik, alüminyum, titanyum, dökme demir, sac, ve polimer malzemeler karşılaştırmalı olarak incelenmekte ve servis koşullarına göre malzeme seçimi kriterleri ortaya konmaktadır. Çalışma sonucunda tasarıma bağlı düşük yoğunluk ve 1200MPa mertebesinde yüksek mukavemet değerlerini yakalayan HSLA (High Strength Low Alloy), DP (dual phase), AHSS (Advanced High Strength Steel), TWIP (TWinning Induced Plasticity) ve TRIP (TRansformation Induced Plasticity) gibi sac malzemelerin ağırlıklı olarak otomotiv sektörü üretiminde payının her geçen gün arttığını göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** otomotiv, malzeme, üretim, ekonomi, malzeme özellikleri

### Abstract

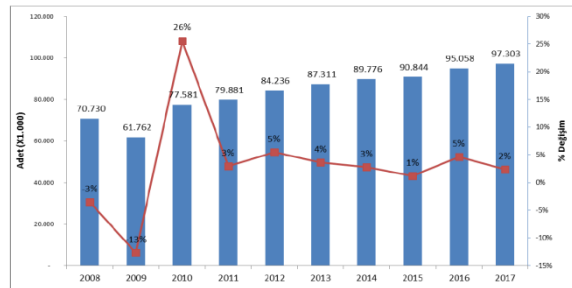
Today, the automotive industry has a large share in the production sector. The automotive sector plans to design and manufacture in an environment that affects each other directly, such as limited material resources, high energy and labor costs, environmental and recycling criteria, bottlenecks in oil-derived fuels, passenger and vehicle safety. 10000 of the average 20000 parts of a car are produced from polymers and derivatives while the first and second degree safety parts are produced from metal-based parts. Metal based materials are less preferred due to higher strength values as well as higher density values than

polymers. While aluminum materials have higher specific strength than steel materials, the biggest disadvantage is that fatigue strength values are low and they have finite life. Titanium materials with high strength and low density values better than steel and aluminum materials. However, higher costs cause the process steps to be more complex and less preferred. In this study, produced by different production techniques: steel, aluminum, titanium, cast iron, sheet metal, and polymer materials are examined comparatively and material selection criteria are laid down according to service conditions. As a result of this study, it has been observed that the amount of sheet materials such as HSLA XXX, DP XXX, and TRIP XXX, which have high strength values of 1200MPa and high density due to the design, have been increasing day by day in the automotive sector.

**Keywords:** automotive, materials, production, economic

### 1. Giriş

Otomotiv sektörü dünya üzerinde önemli bir katma değere ve etkiye sahiptir. Gelişmiş her ülkenin kendi otomobil markası vardır. Ülkelerin otomobil alışı satışı trendleri cari açığı etkilemektedir. Otomotiv Sanayicileri Derneği (OSD) [1, 2] verilerine göre dünyada otomobil üretimi 2017 itibari ile yıllık 97 milyon 303 bin adede ulaşmıştır. Şekil 1 de yıllara göre dünyada üretilen otomotiv üretimi ve artışları görülmektedir. Tüm dünya çapında üretilen otomotiv ürünlerinin 73.456.531 adeti otomobil ve 23.846.003 adeti ticari araçtır.



Şekil 1. Yıllara göre dünyada otomobil üretim adedi ve artışı

2016 ve 2017 yıllarına göre ülkeler bazında otomotiv üretimleri değerlendirildiğinde Çin 1. Sıradadır. 2016 göre Çin otomotiv üretimini %3 arttırırken 2. Sıradaki ABD %8 azaltmıştır. Şekil 2 de yer alan ve yine OSD

verilerine göre [1] Türkiye sıralamada 14. sıradaki yerini koruyarak üretimini %14 artırmıştır.

Dünya 2016	Dünya 2017	AB 2016	AB 2017	Toplam Üretim	2016	2017	Değişim 17/16
1	1			Çin	28.118.794	29.015.434	%3
2	2			ABD	12.180.301	11.189.985	-%8
3	3			Japonya	9.204.813	9.693.746	%5
4	4	1	1	Almanya*	5.746.808	5.645.581	-%2
5	5			Hindistan	4.519.341	4.782.896	%6
6	6			Güney Kore	4.228.509	4.114.913	-%3
7	7			Meksika	3.600.365	4.068.415	%13
8	8	2	2	İspanya	2.885.922	2.848.335	-%1
10	9			Brezilya	2.156.356	2.699.672	%25
11	10	3	3	Fransa**	2.090.279	2.227.000	%7
9	11			Kanada	2.370.656	2.199.789	-%7
12	12			Tayland	1.944.417	1.988.823	%2
13	13	4	4	İngiltere	1.816.622	1.749.385	-%4
14	14	5	5	Türkiye	1.485.927	1.695.731	%14
16	15			Rusya	1.303.544	1.551.293	%19
17	16			İran	1.282.172	1.515.396	%18
15	17	6	6	Çek Cumhuriyeti	1.349.896	1.419.993	%5
18	18			Endonezya	1.177.797	1.216.615	%3
19	19	7	7	İtalya	1.103.305	1.142.210	%4
20	20	8	8	Slovakya	1.040.000	1.001.520	-%4

\* 2016 itibarıyla yalnızca otomobil verisi yayınlanmaktadır.  
\*\* 2011 itibarıyla yalnızca otomobil ve hafif ticari araç verisi yayınlanmaktadır.

Şekil 2. Ülkeler bazında otomotiv üretimleri

Üretilen otomotiv ürünleri arzı ancak karşılayabilmektedir. Şekil 3 de yer alan 2016 ve 2017 dünya otomotiv Pazar paylarına göre Çin yine birinci sırada iken onu ABD takip etmektedir. Türkiye ise 18. Sıradadır.

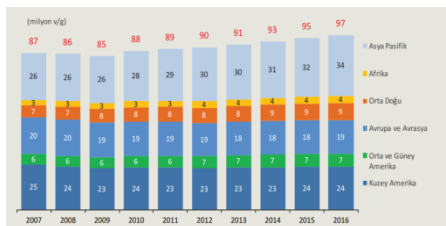
Dünya 2016	Dünya 2017	AB 2016	AB 2017	Toplam Pazar	2016	2017	Değişim 17/16
1	1			Çin	28.028.175	29.122.531	%4
2	2			ABD	17.865.773	17.583.842	-%2
3	3			Japonya	4.970.260	5.238.888	%5
5	4			Hindistan	3.669.277	4.017.539	%9
4	5	1	1	Almanya	3.708.867	3.811.246	%3
6	6	2	2	İngiltere	3.123.755	2.955.182	-%5
7	7	3	3	Fransa	2.478.472	2.604.942	%5
8	8			Brezilya	2.050.321	2.238.915	%9
9	9	4	4	İtalya	2.050.292	2.190.403	%7
10	10			Kanada	1.983.745	2.077.000	%5
11	11			Güney Kore	1.823.041	1.798.796	-%1
13	12			İran	1.448.500	1.718.565	%19
14	13			Rusya	1.404.464	1.602.270	%14
12	14			Meksika	1.647.723	1.570.764	-%5
15	15	5	5	İspanya	1.347.344	1.451.089	%8
16	16			Avustralya	1.178.133	1.188.677	%1
17	17			Endonezya	1.048.135	1.060.894	%1
18	18	6	6	Türkiye	1.007.857	900.394	-%9
20	19			Arjantin	709.482	900.403	%27
19	20			Tayland	768.788	873.506	%14

Kaynak: OICA

Şekil 3. Dünya otomotiv pazarının ülkelere göre dağılımı.

OSD verilerine göre 2017 yılında yüzde 90 kapasite kullanımı ile 1,7 milyon adet araç üretti ve ürettiği her 100 aracın 79'unu ihraç etmiştir. Ana ve yan sanayi toplamında otomotiv ihracatımız 29 milyar dolar seviyesine ulaşmıştır. Bu ihracat performansı ile Türkiye'nin toplam ihracatının yüzde 18'ini gerçekleştirerek 12 yıldır üst üste ihracatta lider sektör olma başarısını sürdürmüştür.[1].

Otomobil üretimine paralel olarak fosil yakıtlar ve petrol gün geçtikçe azalmaktadır. Türkiye petroleri (TP) verilerine göre, 2015 yılında, 95 milyon v/g (varil/gün) olan dünya petrol tüketimi, 2016 yılında, %1,6'lık artış ile 96,5 milyon v/g olarak gerçekleşmiştir Şekil 4 de yıllara ve bölgelere göre petrol tüketimi yer almaktadır.[3]



Şekil 4. Dünya petrol tüketim istatistiği.

Bu veriler ışığında hem dünya çapında hem de ülkemizde otomotiv sektörü ekonominin can damarlarından birisidir. Bundan dolayı bir çok teknolojik gelişmenin ve bilimsel araştırmanın hem kaynağı hem de uygulayıcısı olmuştur. Gün geçtikçe azalan fosil yakıtlar, artan hammadde maliyetler, daralan pazar payı ve giderek agresifleşen rekabet otomotiv sektörünü özellikle yeni malzemeler ve üretim teknolojileri açısından teknoloji geliştirmeye zorlamıştır. Bu çalışmada otomotiv sektöründe kullanılan farklı malzemeler ve üretim yöntemlerinin teknik ve ekonomik karşılaştırılması yapılmıştır. Bu çalışmada binek otomobil ürünün üzerinden değerlendirme yapılmıştır.

## 2. Otomobilin Genel Yapısı

Farklı otomotiv ürünleri olmasına karşın bu çalışmada binek otomobiller incelenmiştir. Binek otomobiller kendi aralarında marka, model, şasi tipi, segment gibi birçok farklı özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Çizelge 1 de binek otomobillerin sınıflandırılması ile ilgili bir şema yer almaktadır.[4] Otomobil seçiminde, ihtiyaçların göz önünde bulundurulması ekonomiklik açısından önemli bir yer tutmaktadır.

Çizelge 1 binek otomobillerin sınıflandırılması

American Classification	British Classification	EuroNCAP	Segment	Example
1 1.1 Microcar	Microcar, Bubble car	-	-	Smart Fortwo
2 2.1	City car	-	A class	Fiat Punto
2.2 Subcompact	Supermini	-	B class	Hyundai Accent
2.3 Compact car	Small family car	-	C class	Ford Focus
2.4 Mid-size car	Large family car	-	-	Volkswagen Passat
2.5 Entry-level luxury car	Compact executive car	-	D class	Audi A4
2.6 Full-size car	Executive car	-	E class	Chrysler 300
2.7 Mid-size luxury car	Luxury car	-	F class	Mercedes-Benz S-class
2.8 Full-size luxury car	Luxury car	-	-	Volkswagen Golf GTI
3 3.1 Sport compact	Hot hatch	-	-	Audi RS 4
3.2 Sport saloon	Sport sedan	-	-	Porsche 911
3.3 Sports car	Sports car	-	-	Jaguar XK8
3.4 Grand tourer	Grand tourer	-	-	Ferrari F50
3.5 Super car	Super car	-	-	Pontiac GTO
3.6 Muscle car	Muscle car	-	-	BMW 3 Series Conv.
4 4.1 Convertible	Cabriolet	-	-	BMW Z4
4.2 Roadster	Roadster	-	-	Opel Meriva
5 5.1	Mini MPV	-	B class	Mazda6
5.2 Compact minivan	Compact MPV	-	C class	Toyota Prius
6 6.1 Minivan	Large MPV	-	D class	Dodge Ram Van
6.2 Van	MPV	-	-	Honda CR-V
7 7.1 Compact SUV	Compact 4x4	-	C/D class	BMW X5
7.2 Mid-size crossover SUV	Large 4x4	-	E class	Jesp Grand Cherokee
7.3 Mid-size SUV	-	-	E class	Cadillac Escalade
7.4 Full-size SUV	Off-roader	-	-	-

Binek otomobillerin yapısı bir çok ünitenin bir araya gelmesi ile oluşmaktadır.

Binek otomobilin ana bileşen üniteleri:

1. Araç şasesi
2. Kaporta ve giydirme
3. Motor
4. Güç aktarım organı
5. Tekerlekler
6. Süspansiyon ve direksiyon
7. Fren ve güvenlik
8. Döşeme ve koltuklar
9. Kontrol ve elektronik aksam
10. Yakıt deposu ve akü

Bu bileşenler arabanın bulunduğu sınıfa ve kullanım özelliklerine göre değişiklik göstermiş olsa da bir otomobilin temel yapı birimleridir.

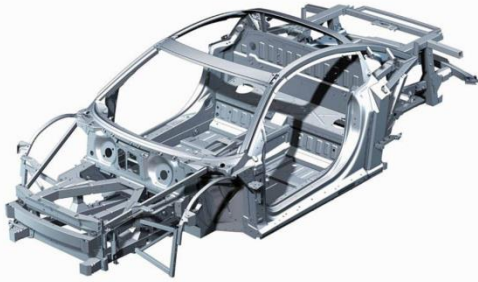
## 2.1 Araç şasesi

Araç şasesi bir otomobilin ana gövdesini oluşturmaktadır ve iskelet sistemine benzetilebilir. Şase tasarımı ve dayanıklılığı aracın yol tutuşunu doğrudan etkilerken kaza anındaki güvenliği belirlemektedir. Aracın tüm bileşenleri şasi üzerine bağlanmaktadır. Dayanıklılık, hafiflik ve ekonomiklik açısından şase tasarımı oldukça önemlidir. [5] Şasenin tasarımı,

kullanılan malzeme ve üretim koşulları otomobilin dayanımını belirlemektedir. Bir aracın en önemli ağırlık oluşturan noktalarından birisi de şasesidir. 1900 lerin başında ve ortalarında şekil 5'deki gibi otomobil şasesi tasarlanırken 1900 lerin sonu ve 2000 lerin başında uzay şase olarak adlandırılan şekil 6 daki kafes sistemli şaselere geçilmiştir. Bu şaseler özellikle dayanıklı alüminyumdan üretilerek ağırlık azaltma çalışmaları da yapılmıştır. Alüminyum uzay şaseler en büyük zorluğu üretim esnasında yaşatmıştır. Alüminyum malzeme oksijene olan infinitesi ve alüminyum oksit yapısının alüminyum matris ile aynı yoğunlukta olması kaynak kabiliyetini güçleştirmektedir.



Şekil 5. Standart bir araç şasesi



Şekil 6 AUDI A8 ilk seri üretim alüminyum uzay şase

Ayrıca günümüzde bazı araçlarda kaporta ile tümleşik olarak kompozit şaseler de üretilmektedir. Hem kompozit üretim teknolojisinin seri imalata uygun olmaması hem de kompozitlerin pahalı olması dolayısı ile kompozit şase ve kaporta ultra lüks araçlar, yarış arabaları ve bazı spor arabaları ile sınırlı kalmıştır. Şase dayanıklılığı çarpışma testlerinde kendini göstermektedir.[6]

## 2.2. Kaporta ve giydirme

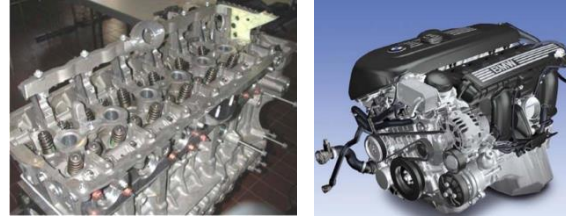
Bu kısımda araçların dışarda bakıldığında görülen kaporta, camlar ve tamponlardan bahsedilecektir. Otomobillerde kullanılan kaportaların çoğunluğu çelik saclardan imal edilmektedir. Ancak son zamanlarda çamurluklar gibi bazı kısımlar polimer esaslı malzemelerden de üretilir hale gelmiştir. Bununla beraber alüminyum kaportalar 2000'lerden sonra orta ve lüks segmentteki araçlarda tercih edilir olmuştur. Sürekli döküm ve hadde ile üretilen alüminyum saclar korozyon dayanımı, hafifliği darbe emilimi yanı sıra görselliği ile de tercih edilir hale gelmiştir.[2] Otomobil tasarımlarının görsellik ve aerodinamik kaygılar ile üretim sınırlarını zorladığı günümüzde hidroforming ve hot stamping gibi üretim teknolojileri imdada yetişmiştir. Malzeme seçimi ve üretim teknolojileri ile kaporta üretiminde kalite artırılmış, yakıt tasarrufu sağlanarak

CO<sub>2</sub> salınımı azaltılmış, görsel ve aerodinamik talepler karşılanarak üretim maliyetleri de düşürülmüştür.[6]

## 2.3 Motor

Otomobillere güç sağlayan ünedir. Yakıt tipine, silindir hacmine, ürettiği güce ve çalışma prensibine göre sınıflandırılır. 1900'lerin sonunda üretilen araçların hemen hepsi hidro karbon fosil yakıt tüketmekteydi. CO<sub>2</sub> salınımının artarak çevreyi olumsuz etkilemesi, doğal kaynakların sınırlı olup tükeniyor olması ve bu kaynakları bazı ülkelerin tekelinde olmasından dolayı elektrikle çalışan motorlar geliştirilerek yaygınlaşmaya başlamıştır.[3]

Hidrokarbon yakıtlı motorlarda kullanılan ağırlıklı malzemeler çelik ve lamel grafitli dökme demirler iken teknolojinin gelişmesi ile bu malzemelerin yerini alüminyum, titanyum ve magnezyum almıştır. BMW nin geliştirmiş olduğu magnezyum - alüminyum motor üretim teknolojisi ve ağırlık azaltma değeri ile önemli bir çalışma olmuştur. 6 silindireli N52 motoru magnezyum alaşımlarının su ve havaya karşı olan infinitesine rağmen ağırlık azaltma yaparak 7.8 gr/cm<sup>3</sup> yoğunlukta çelik yerine 1.7 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluklu magnezyumdan üretilmiştir. Şekil 7 de alüminyum – magnezyum motor yer almaktadır.[7]



Şekil 7 BMW magnezyum alüminyum motor.

## 2.4 Güç aktarım organı

Otomobillerde motordan aldığı hareketi tekerleklerle ileterek aracın yol almasını sağlayan sistemdir. Şanzıman kutusu ve şaft ve akslardan oluşan sistemde yüksek torklara dayanabilecek malzemeler tercih edilmektedir. Otomobil tarihi boyunca ısıl işlemli çeliklerin kullanıldığı bu sistemde günümüzde bazı lüks araçlarda ve yarış arabalarında titanyum ve kompozit denemeleri yapılmıştır. Şekil 8 de 4 farklı kompozit ve çeliğin şaft malzemesi olarak kullanımı için malzeme dayanımları ve ağırlıkları karşılaştırılmıştır. Çizelge 2 de bu karşılaştırma yer almaktadır.[8]

Çizelge 2. Şaft malzemesi için çelik ve farklı kompozitlerin karşılaştırılması

Parameters	Steel	E-Glass/Epoxy	HS Carbon/Epoxy	HM Carbon/Epoxy	Polyethylene
d <sub>1</sub> (mm)	90	90	90	90	90
L (mm)	1250	1250	1250	1250	1250
s <sub>0</sub>	3.318	0.4	0.12	0.12	0.12
Optimum no. of Layers	1	17	17	17	17
L (mm)	3.318	6.8	2.04	2.04	2.04
Optimum Stacking sequence	-	46/-64/-15/-13/39/-84/-28/20/27	-56/-51/74/-82/67/70/13/44/-75	-65/25/68/-63/36/-40/-39/74/-39	46/-64/-15/-13/39/-84/-28/20/27
Weight (Kg)	8.58	4.4434	1.1273	1.1274	1.4868
Weight saving (%)	-	48.22	86.86	86.86	82.67

Şaft ve aks parçalarından farklı olarak dişli ve şaft kutuları alüminyum enjeksiyon ve yarı katı teknolojisi ile üretilmektedir.

## 2.5 Tekerlekler

Aracın yol ile temasını sağlayarak hareket eden kısımdır. Jant ve lastikten oluşmaktadır. Lastiklerde kullanılan doğal kauçuk malzeme; hamur reçinelerinin hazırlanması, vulkanizasyonu, tellerin bağlanması ve testleri ile gelişmiş bir teknoloji olmuştur. Jant ise çelik ve alüminyumdan üretilmektedir. Alüminyum jantlar alçak basınçlı döküm yöntemi ile üretilerek talaşlı imalat ile balanslanarak nihai formuna ulaşır. Ağırlık azaltma çalışmaları kapsamında alüminyum jantların malzeme özellikleri geliştirilmiştir. Isıl işlem ve döküm yöntemlerinin yeni teknolojileri bu alanda uygulanmaktadır.

## 2.6 Süspansiyon ve direksiyon

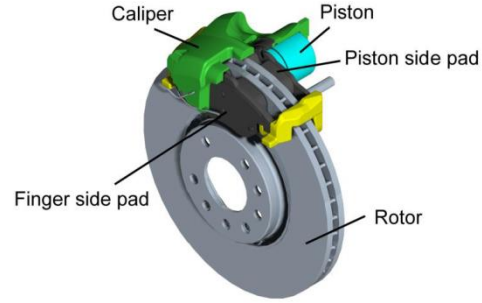
Otomobilin yolda seyir halindeyken yön değiştirmesini ve yola tutunarak konfor sağlamasına yarayan sistemdir. Süspansiyon sistemi kas taşıyıcısı ile şaseyi birbirine bağlayan ve bağımsız hareket edebilen sistemdir. Direksiyon grubu ise ön tekerlekleri sağa sola çevirerek aracı yönlendiren sistemdir. Süspansiyon sistemi bileşenleri, bir gövde üzerine yerleştirilmiş bir tarafı küresel bağlantılı diğer tarafı elastomer burçlu elemanlardır. Elastomer burç; iki profil/boru arasına NR, NBR veya EPDM den enjekte edilmiş vulkanizasyon yapılmış ürünlerdir. Küresel bağlantı ise mafsalın küresel bağlantı ile gövdeye sıvayarak montajlanmasındadır. Gövde malzemesi olarak; dövme çelik, dökme demir, sac şekillendirme, dövme alüminyum ve alüminyum dökümden yapılmaktadır. Bu parçalar birinci dereceden güvenlik elemanlarıdır. Son yıllarda kompozit ürünlerden özel binek otomobiller için üretilmektedir.[9-11] Şekil 8 de süspansiyon parçalarından bazıları yer almaktadır. [9]



Şekil 8 Binek araçlarda kullanılan süspansiyon parçaları

## 2.7 Fren ve güvenlik

Otomobiller insan hayatını direkt olarak etkilemektedir. Kanuni hız limitlerinde otomobillerin seyri anında ani durma veya yoldan savrulma gibi kazaları önlemek için fren ve güvenlik sistemleri oldukça önemlidir. İlk üretilen otomobillerde yağın basıncı ile tekerlek sistemindeki balatalar diski sıkıştırarak kontrol sağlamaktaydı. Günümüzde sürücüdenden gelen dur komutu 4 tekerleğe kontrollü olarak durdurur. ABS veya ESR gibi sistemler ile yüksek kontrol sağlanmaktadır. Şekil 9 de binek bir arabanın fren sistemi yer almaktadır.[12] Üretilen disklerin testleri yüksek hızdaki frenlemelerde yapılarak malzeme geliştirmeleri devam etmektedir. Balata için organik ve çevre dostu malzemeler araştırılmaktadır. Diskler hassas yüzeylerde lamel grafitli dökme demirlerden üretilmektedir.[12]



Şekil 9. Binek bir aracın fren sistemi

## 2.8 Döşeme ve koltuklar

Araç içinde bulunan yolcuların seyahat ederken kullandıkları ve oturdukları sistemlerdir. Bunlar çevre dostu ve geri dönüştürülebilir malzemelerden üretilmektedir. Kumaş ve polimer esaslı üretilen malzemelerde aşağıdaki performanslar beklenir.

- ✓ Ergonomik
- ✓ Hafif
- ✓ Yanmaz
- ✓ Geri dönüştürülebilir
- ✓ İnsan sağlığına uygun
- ✓ Konforlu

## 2.9 Kontrol ve elektronik aksam

İlk üretilen araçlarda içten yanmalı motorların kolay bir şekilde çalıştırılabilmesi için küçük elektrik motorları kullanılmıştır. İlk yıllarda içten yanmalı motorlara rakip olarak elektrikli motorlarla çalışan araçlarda üretilmiştir. Elektrikli motorların yüksek batarya tüketimi ve verimsizliği bir dezavantajken içten yanmalı motorlarında kol ile çevrilerek çalışması dezavantaj oluşturmaktaydı. Ford'un yaptığı inovasyon ile rakip elektrikli motoru küçültülerek marş dinamosu haline aldı ve petrol ürünlerini yaygınlaşması ile bu yarışta içten yanmalı motorlar kazandı. Bir otomobilde bir çok elektrik motoru bulunur ( marş dinamosu, şarj dinamosu, silecek motoru, servo direksiyon, cam otomatikleri, klima motoru, radyatör fanı...). Otomobillerin gece yolculukları için aydınlatma vazgeçilmez bir güvenlik gereksinimidir. Bununla birlikte trafikte durma ve dönmeyi işaret etmek için sinyal ve fren lambaları kullanılır. 1990'lara kadar araçlarda filamen aydınlatma ampulleri kullanılmaktaydı ancak günümüzde malzeme teknolojisinin gelişmesiyle ısınmayan, az enerji harcayan, daha parlak yanan ve çok daha uzun ömürlü olan led aydınlatmalara geçilmiştir. Diğer elektronik ekipmanlar arasında sensörler, kablolar, kontrol kartları, röleler, göstergeler, paneller...sayılabilir. 1990'lara kadar otomobillerde röleli sistem kullanılırken daha sonraları lüks taleplerin artması ile yerini Can-Bus haberleşme sistemine bırakmıştır. Can-Bus haberleşme sisteminde tüm otomobili 2 inç haberleşme kablosu dolaşmaktadır. Bu da kablo maliyetini ve ağırlığını azaltmıştır. Otomobillerde kullanılan elektronik malzemeler; küçük, hafif, dayanıklı, uzun ömürlü ve ucuz olması gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir. Günümüzde bir otomobil alınırken elektronik aksamı panelleri sensör ve aydınlatma özellikleri tercih sebebi olmaktadır.

## 2.10 Yakıt deposu ve akü

İçten yanmalı motorlarda motorun ateşlenmesi için çalışan marş dinamosunu akü enerjilendirmektedir. Yakın zamana kadar kurşun hücrelerle çalışan aküler ağır metal içeriğinden dolayı insan sağlığına ve çevreye zarar vermektedir. Lityum içerikli pillerin geliştirilmesi ile bu problem önlenmeye çalışılmaktadır.

Son yıllarda atağa kalkan ve muhtemelen geleceğin otomobilleri olarak kullanacağımız elektrikli araçlarda batarya teknolojisini geliştirilmesiyle kullanılabilir hale gelmiştir. Yüksek verimli lityum esaslı piller tekrar tekrar şarj edilerek elektrikli araçlara güç sağlamaktadır.

İçten yanmalı motorlarda LPG, dizel ve benzin depolarından en az biri bulunmaktadır. Bu yakıtlar doğası gereği yanıcı ve patlayıcıdır. Yakıt depoları hava geçirmeyen sağlam malzemelerden imal edilerek kullanım koşullarında ve kaza anında yolcuları olası felaketlerden korumak zorundadır.

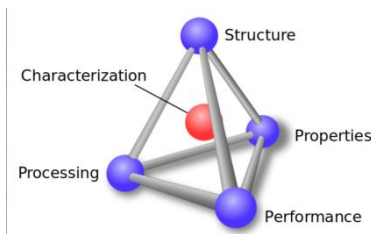
## 3. Otomobillerde Kullanılan Malzemeler ve Üretim teknolojileri

Otomobillerin ağırlıklarının artması ile birlikte yakıt tüketimi de artmaktadır. Motor veriminin artması ve ağırlığının azalması ile yakıt tüketimi azalmaktadır. Yüksek rekabette dolayı müşteriler yakıt tüketimi az verimli yüksek otomobilleri tercih etmektedirler bundan dolayı malzeme ve malzeme üretim teknolojileri gün geçtikçe gelişmektedir.

Başta Avrupa olmak üzere tüm dünyada enerji tüketimine paralel geri dönüşüm problemi de başlamıştır. Yılda 97 milyon otomotiv ürününün üretildiği dünyada bir o kadar hurda üretilmektedir. [1] Bu hurdaların geri kazanımının kolaylaştırılması ve çevreye verilen zararın minimuma indirilmesi için daha otomobil üretiminin ilk safalarında önlemler alınmaktadır.

Trafikte insan taşıyan otomobiller için güvenlik önlemleri de bir diğer vazgeçilmezdir. Otomobil parçaları servis ömrü boyunca maruz kaldıkları etkilere karşı dayanım göstermek zorundadırlar.

Her hangi bir kullanım alanı için seçilen malzemenin sadece kimyasal kompozisyonu veya sadece çekme mukavemeti göz önüne alınarak değerlendirilemez. Malzeme seçiminde üretim koşulları ve yapısal özelliklerde ciddi önem arz etmektedir. Malzeme seçiminde şekil 10 da yer alan malzeme tetrahedralının esas alınması gerekir.



Şekil 10 Malzeme tetrahedralı

Aynı kimyasal içeriğe sahip bir alüminyum alaşımı farklı üretim yöntemleri olan ekstrüzyon, döküm ve dövme ile üretildiğinde mekanik özellikleri tamamen birbirinden farklı olmaktadır. Malzeme performansını; yapı,

özellikleri ve üretim prosesleri ürünü doğrudan etkileyerek karakteristiği belirlemektedir.

## 4. Farklı Üretim Teknolojileri ve Malzemelerin Bir Uygulama Üzerinden Karşılaştırılması

Bu çalışmada elektrikli binek otomobiller de kullanılacak olan batarya ve motorun bağlanacağı alt şase seçimi yapılacaktır. Bu parça aracın altında yer almakta olup üzerine batarya, motor ve diğer şase elemanları bağlanacaktır.

### 4.1. Parça performans özellikleri

Otomobil alt şese bağlantı tablasında aşağıdaki özellikler beklenmektedir:

- ✓ **Korozyon direnci:** otomobil altında şase parçası su, çamur, tu gibi korozif ortamlara maruz kalmaktadır.
- ✓ **Yorulma dayanımı:** Parça araç altında sürekli gerilmelere maruz kalmaktadır ve motor titreşimine maruz kalmaktadır. 4 farklı tekerlekten gelen hareket parçayı eğilmeye ve burulmaya zorlayacaktır.
- ✓ **Yüksek mukavemet:** aracın tüm ağırlığı bu parçaya gelmektedir. Batarya ünitesi ve motor bu parça üzerinde olacaktır.
- ✓ **Hafiflik:** daha az enerji tüketilerek aracın menzilin artması için minimum ağırlıkta tasarım yapılması gerekmektedir.
- ✓ **Darbe direnci:** araç altına sürekli taş çarpabilir, aracın altı zemine çarpabilir, araç yüksek hızda tümsekten geçebilir. Bundan dolayı darbe direnci yüksek olmalıdır.
- ✓ **Süneklik:** her hangi bir kaza anında parçanın aniden kopması ağır kazalara ve can kayıplarına sebep olacağı için süneklik önem arz etmektedir.
- ✓ **Sürünme dayanımı:** motor ve batarya sıcaklığı parça mukavemetine etki etmemesi gerekir.
- ✓ **Düşük maliyet:** araç maliyetini düşük olması ve rekabet gücünün yüksek olması için maliyetin düşük olması gerekir.
- ✓ **Kolay imal edilebilirlik:** bir otomobilin ticarileşip kar sağlayabilmesi için yüksek adetlerde üretilmesi gerekmektedir. Bir otomobil hattı ortalama 1 milyon/yıl kapasitede üretim yapar. Üretimin basit, hızlı ve kolay olması gerekir.

### 4.2. Alternatif malzemeler ve karşılaştırması

- ✓ **Alüminyum sac:** deformasyon ve ısı işlem ile mukavemetlendirilen sac malzemeler 3XXX veya 5XXX serisi olabilir. Alüminyum yüksek korozyon dayanımı, düşük yoğunluk, özgül mukavemet ve iyi süneklik dayanımından dolayı tercih edilebilir. Buna karşın sonlu ömür dayanımından dolayı risk teşkil edeceği için kullanılamaz.
- ✓ **Alüminyum ekstrüzyon:** Alüminyum Ekstrüzyon prosesi oldukça ekonomik ve kolay olmasına karşın üretim maliyeti yüksektir. 2XXX, 6XXX ve 7XXX malzemelerden üretilebilir. Isıl işlem ile mukavemetlendirme sağlanmaktadır. Ekstrüzyon profillerin birbiri ile birleştirilmesi için kaynak ihtiyacı vardır. Alüminyum kaynağı oksijen infinitesinden

dolayı zor ve risklidir. 1. Dereceden güvenlik parçası olacağı için kullanımı riskli olabilir.

✓ **Çelik profil:** soğuk yada sıcak hadde ile üretilen çelik profiller düşük karbonlu çelikten üretilir. Bir çok üretim olarak ihtiyacı karşılayabilse de yüksek yoğunluktan dolayı ağır ve düşük korozyon direnci kullanımı güçlendirmektedir.

✓ **Çelik sac:** her ne kadar eski teknolojiye sahip bir malzeme olmuş olsa da özellikle son yıllarda bu alanda yapılan gelişmeler ile beraber tekrar otomotiv sektöründe kendine yer bulmuştur. HSLA (High Strength Low Alloy), DP (dual phase), AHSS (Advanced High Strength Steel), TWIP (TWinning Induced Plasticity) ve TRIP (TRansformation Induced Plasticity) sac malzemeler otomotiv sektöründe tercih edilmeye başlamıştır. Özellikle şase gövdesi ve yapı elemanları için uygun seçimdir. Çeliğin özgül ağırlığı yüksek olmasına rağmen sacdan üretilen parçaların tasarımı gereği içi boş olacağı için parça ağırlığı düşük olmaktadır. Yüksek ömür dayanımı, iyi termal iletkenlik ve süneklik bu malzemeyi tercih sebebi haline getirmiştir. Diğerlerine göre düşük maliyet ve seri imalata uygunlukta ayrıca işleri kolaylaştırmaktadır. Son yıllarda otomotiv sektöründe yaygınlaşarak tasarım sınırlarını genişleten hidroformik ve hot stamping yöntemleri seri imalat süreçlerinde devrim yapmıştır. Bu uygulama için en uygun malzeme yüksek nitelikli ve modern üretim yöntemleri ile üretilen çelik saclardır.

✓ **Sfero döküm:** Küresel grafitli dökme demirler, otomotiv sektöründe oldukça önemlidir. Kolay üretilirliği ve düşük maliyeti tercih sebebi olmaktadır. Döküm prensibi gereği parça özelliklerinde homojenizite yakalamak oldukça güçtür. Döküm aşımında yüzey gerilim farkından oluşan küresel grafitlerin dağılımı ve homojenitesi Mg ilevisinden hemen sonra düşmeye başlar. Bu da parçaların birbirinden farklı mekanik özelliklerde olmasına neden olur. Güvenlik parçası olarak kullanımı risklidir. Dökme demirlerin basma dayanımları çekme dayanımlarının 3 katıdır. Bu özeliği malzemeyi basma eğiliminde güçlü kılarken tasarım sınırları oluşturmaktadır. 7.2 gr/cm<sup>3</sup> olan yüksek yoğunluğu ise bir diğer dez avantajıdır.

✓ **Magnezyum sac:** günümüz trend alaşımlarından Magnezyum alaşımları özellikle 1.7 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluğundan dolayı otomotiv sektöründe sıkça tercih edilmektedir. Magnezyum alaşımlarının zayıf yanları ise; yüksek maliyet üretim zorluğu, seri üretim problemi, düşük korozyon dayanımı, kaynak edilememe, su ve hava ile reaksiyona girmesi, yanıcı olması olarak sıralanabilir. Bundan dolayı bu parça kullanılamaz

✓ **Titanyum profil:** titanyum alaşımlar özellikle özgül mukavemeti nedeniyle bu uygulama için gayet uygundur. En önemli dezavantajı yüksek maliyetidir. Seri üretilebilirliği ve kaynak edilebilirliği de bu malzemenin seçimini kısıtlamaktadır. Ağırlıklı olarak bu malzeme uzay ve havacılık endüstrisinde kullanılmaktadır.

✓ **Kompozitler:** düşük yoğunluk ve yüksek özgül mukavemetlerinden dolayı tercih edilebilecek olan kompozitleri seri imalat zorlukları, düşük süneklikleri ve yüksek maliyetlerinden dolayı uygun değildir.

## 5. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışma sonucunda elektrikli binek otomobillerde kullanılacak olan batarya ve motorun bağlanacağı alt şase parçasının malzeme seçimi için en uygun parçanın yüksek nitelikli çelik sac malzemeler olduğu görülmüştür. Bu malzemelere ait bir karşılaştırma Çizelge 3. te görülmektedir.

Çizelge 3.Farklı Malzemelerin Karşılaştırması

	Alüminyum sac	Alüminyum ekstrüzyon	Çelik profil	Çelik sac	Sfero döküm	Magnezyum sac	Titanyum profil	Kompozit
Korozyon direnci	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta	Orta	Çok kötü	Çok iyi	Çok iyi
Yorulma dayanımı	Sonlu ömür	Sonlu ömür	%40-60 sonsuz	%40-60 sonsuz	Sınırlı	Sonlu	Orta	İyi
Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	2.7	2.7	7.8	7.8	7.2	1.7	4,4	1,7-2,1
Çekme mukavemeti (MPa)	350-500	300-400	600-900	900-1400	400-900	160-350	700-1100	1500-2000
Darbe dayanımı (J)	18-30	10-25	180-100	40-60	8-15	0,5-6	20-40	10-50
Süneklik	İyi	İyi	İyi	İyi	Orta	Orta	İyi	İyi
Maliyet	Orta	Orta	Düşük	Düşük	Çok düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Seri üretilebilirlik	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi kötü	Orta	Orta	Çok kötü
Kaynak ve bağlantı	Kötü	Kötü	Çok iyi	Çok iyi	Çok kötü	Kötü	Düşük	Kötü

## 6. Kaynaklar

- [1] O.S.D, Kuresel Degerlendirme Raporu, in: O.S. Derneği (Ed.) 2018.
- [2] M. DÜNDAR, G. GÜNGÖR, Otomotiv sektöründe alüminyum uygulamaları ve sürekli döküm tekniği ile üretilmiş alüminyum levha alaşımları, Assan Alüminyum, 2011.
- [3] T. Petrolleri, 2016 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz SEKTÖR RAPORU, in: T.P.S.G.D. Başkanlığı (Ed.) 2017.
- [4] L. OPLAND, Size classification of passenger cars, Department of Civil and Environmental Engineering, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Göteborg, Sweden 2007.
- [5] M.M.S. K., Automotive Chassis, Advanced Studies, M S Ramaiah School, 2014.
- [6] M. Wilhelm, Materials used in automobile manufacture - current state and perspectives, Le Journal de Physique IV 03(C7) (1993) C7-31-C7-40.
- [7] BMW, NEW GENERATION 6-CYLINDER N52, ENGINE - OVERVIEW, BMW OF NORTH AMERICA, INC., 2006.
- [8] H. Bankar, V. Shinde, P. Baskar, Material Optimization and Weight Reduction of Drive Shaft Using Composite Material, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) Volume 10 (2013).
- [9] E.A. Association, Products – Forged products, The aluminum Automotiv Parts, 2002.
- [10] Y. Birol, Emre Gokcil2, S. Akdi, Products – Forged products, (2017).
- [11] Y. Birol, O. Ilgaz, S. Akdi, E. Unuvar, Comparison of cast and extruded stock for the forging of AA6082 alloy suspension parts, Advanced Materials Research 939(1662-8985) (2014) 299-304.
- [12] P.C. Verma, Automotive Brake Materials: Characterization of Wear Products and Relevant Mechanisms at High Temperature, Department of Industrial Engineering, University of Trento,, Trento (Italy), 2016.