



Prof. Dr. Fevzi YILMAZ  
Fatih Sultan Mehmet  
Vakfı Üniversitesi  
Öğretim Üyesi

### Giriş

Önceki Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanı Fikri İŞİK 2016 Mayıs ayında verdiği beyanatta yerli otomobil projesiyle Google ve Tesla gibi devlerin rakibi olacağımızı belirtmiştir. Bakan İŞİK, "Tüm otomotiv devleri, işbirliği için sırada bekliyor. Sonuçta bizim de elimizde önemli teknolojiler var" diyerek moral tazelemiştir. Google arama motorunu bilmeyen yok! Peki, Tesla nedir? TESLA, ELON MUSK adlı kurucusuyla bütünleşmiş dünyanın en hızlı büyüyen farklı konseptte sahip elektrikli araç üretim devidir. Konseptlerden en dikkat çekici olanı siparişe göre üretimdir. Diğerleri ise çevreci olmaktır. Tesla, Model S'i alüminyum yoğun malzeme ile üretmiş iken, gelen yıl yeni Model 3'ü ise çelik ağırlıklı olarak üreteceğini duyurmuştur. Tesla araçlarda alüminyum kullanımından vaz geçerek çevreci vizyonunu mu değiştiriyor? Bu çalışma ile hem Tesla elektrikli araç vizyonu, hem de otomotivde alüminyum kullanımı ele alınacaktır.

### Tesla (1-3)

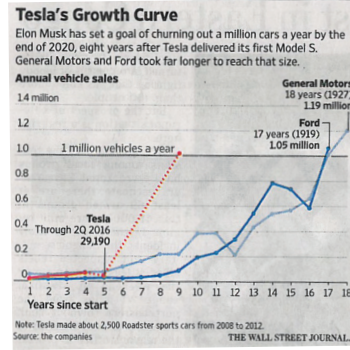
Elon MUSK Güney Afrikalı bir girişimci olup Silikon vadisinin en hırslı ve inatçı bireyidir. Dünyanın bu en meşgul adamı, Tesla Car, Solar-City ve Space X (Uzay Roket Firması) patronudur.

Tesla elektrikli araç ve araç bataryası imalatçılığına, 2016 Haziran 21'inde duyurduğu güneş panelleri (Solar-City) işini de katmıştır. MUSK'in hayali, şirketlerinin düşey entegrasyonu ile müşterilerine yeşil yaşam sunmaktır. Solar-City ürünleri ile temiz enerji üretilen, bataryalar ise güneş enerjisini depolayacaklardır. Gece evlerde, gündüz araçlarda temiz enerji kullanılacaktır. Ayrıca Solar-City panelleri bütün araç satış mağazalarına konacaktır. Sipariş esaslı çalışan Tesla Car 2020 hedeflerini sipariş bazında ikiye katlamış ve 1 milyon araca dayanmıştır.

Tesla'nın borsa değeri son 5 yılda % 760 artmıştır. Bu, Dow Jones Endüstri Avarajının 12 katıdır (% 65). Dost ve rakip firma yöneticileri Tesla kurucusu Alan MUSK için "Bu arkadaş dünyayı korumak istiyor" demektedirler. Tesla, 2008'den bu yana 140.000 araç satmıştır ve 2020'de 1 milyon aracı yakalayacaktır. Ford ilk üründen 17 yıl sonra, GM ise ilk üründen 18 yıl sonra 1 milyon hedefini aşmışlardır. Tesla'nın ilk üründen 8 yıl sonra bu hedefi vizyonuna koyması şaşırtıcı farkın bir göstergesidir (Şekil 1).

Tesla, gelecek yıllarda elektrikli pikap, elektrikli spor araba, elektrikli büyük kamyon ve elektrikli otobüs üretmeyi planlamaktadır. Solar-City şirketi (Solar Enerji) 2,6 milyar dolarlık pay ile Tesla'nın en büyük paydaşı olmuştur. Çalışan sayısı yakın gelecekte 2 kat artacaktır. Tesla'nın ilk modelleri 100.000 dolar iken, yeni model (Model 3) 35.000 dolar olacaktır.

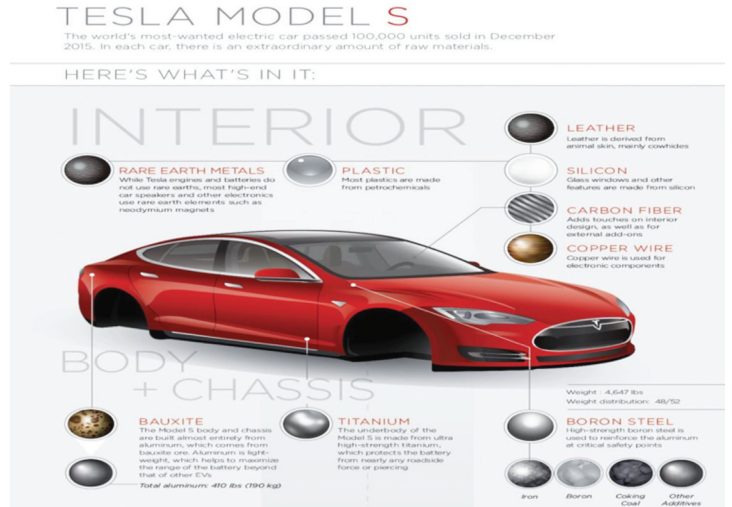
# Elektrikli Araçlar ve Alüminyum



Şekil 1: Tesla Vizyonu, Ford ve GM

Model S Tesla'nın en popüler elektrikli arabasıdır. Model S'te kullanılan toplam alüminyum 190 kilogramdır. Bu araç, alüminyum sac ve çok sayıda alüminyum parça içerdiğinden alüminyumlu-elektrikli otomobil olarak anılmıştır.

Şekil 2'de aracın malzeme içeriği (alüminyum ve diğer malzemeler) verilmektedir. Boksit alüminyum hammaddesidir. Yüksek mukavemetli olan borlu çelik alüminyum yapıya destek için kullanılmıştır. Model S, %97 oranında alüminyum olan kasaya sahiptir.



Şekil 2: Tesla Model S Malzeme Dağılımı

Yeni çıkacak Tesla Model 3'te farklı araç mimarisi vardır. Şasi ve bataryada Tesla Model S parçaları kullanılacaktır. Tesla model 3'ün Model S'in minisi olacağı belirtilmektedir. Model 3 Model S'in % 20 küçüğü olacaktır (Audi A4 gibi). Model 3 dolu batarya ile 200 mil gidebilecektir ve 35000 dolar fiyat hedefi vardır. Bu araç benzinli ile rekabet edecek ve 1 Temmuz 2017'de piyasaya çıkacaktır. Sonraki yıllarda edinim fiyatı 25000 dolara kadar düşebilecektir. Burada en önemli husus Bay MUSK'ın çizdiği çevreci profile ters düşen alüminyumdan çeliğe geri dönüştür. Sitelere "Tesla Model S Tesla Model 3'e karşı: Alüminyum Çeliğe Karşı" bilgisi verilmiştir.

### Otomotivde Alüminyum (4-6)

Otomobil gövdelerinde alüminyum kullanımı 1899'a kadar uzanır. Bu tarihteki, Uluslararası Berlin Motorlu Araçlar Fuarında küçük alüminyum gövdeli spor araba ilk defa sergilenmiştir. İlk yıl-

larda daha çok döküm alüminyum parçalar kullanılmıştır. Sonra, yanlar, kapı ve gövdeler üretilmiştir. 1930'larda Ford T modelde de alüminyum kullanılmıştır. Araç gövde tasarımında ve diğer alanlarda alüminyum kullanımı ağırlıkta %40'lar mertebesinde azalma sağlar. Genellikle lüks arabalarda alüminyum gövde malzemeler tercih edilmiştir.

Alüminyumla, yakıt tüketimi düşer, güvelik artar ve araç ömrü uzar. Alüminyumun parça parça çeliğin yerine geçmesi, araçta hafiflik ve iyi korozyon direnci demektir. Otomotivde çelik ve dökme demir yerine hafif alüminyum kullanımı;

a) Parça şeklinde olabilir

b) Tüm veya büyük yüzey alanlı bölgeler şeklinde olabilir BMW otomotiv, alüminyum/çelik hibrid (melez) seri (E60)'ı geliştirmiştir. Burada, alüminyum ön alan, çelik yolcu kabini ve arka alüminyum alan şeklinde uygulama yapılmıştır. Bu yolla 50:50 çelik: alüminyum ağırlık dengesi sağlanmıştır. Bugün alüminyum, üst ve gövdede en çok tercih edilmektedir. Geçen 40 yıl boyunca otomobillerdeki alüminyum sürekli artmıştır. 1976'da 39 kg olan ( %3 ) oran 90'larda 89 kg'a ( %7) çıkmıştır. 1996'da araç başına 110 kg alüminyum kullanımı, günümüzde 250-340 kg'a yaklaşmıştır. Alüminyum en çok motor blokları, aktarma organları ve tekerlerde kullanılır. Bunlar döküm, dövme ve ekstrüzyon işlemlerine sahip parçalardır. Dövme alüminyumlar, A/C üniteleri ve kapatma panellerinde kullanılır. Alüminyum yürüyen aksam ve ısı değiştirgeçlerde de yoğun kullanılır. Kasisler, gövde ve parçaları alüminyumun otomotivdeki gelişme alanıdır. Bunu pistonlar, süspansiyon, fren parçaları ve hava yastıkları takip eder. Ortalama bir kaynaklı gövde (BIW), arabanın %27'sidir ve burası alüminyumun girebileceği ana alandır (Şekil 3).

Alüminyumun optimum kullanımı yeni tasarım yapmayı gerektirir. Tasarımda, uzay kafes sistemi ile komple gövde tasarım sistemi çekişir. Genellikle küçük yakıt ekonomisi araçta orta-boy araçta alüminyum ve çelik rekabettir. Alüminyum ve diğer hafif metal parçalar (Magnezyum ve Titanyum gibi) küçük araçlarda, basma (stamping), ekstrüzyon ve döküm şeklinde üretilir ve montajlanır. Montaj ve birleştirmede lazer kaynak, metal inert gaz kaynak (MIG), nokta kaynak, perçinleme ve yapıştırma kullanılır. Burada lazer kaynak öne çıkar.

Alüminyum çeliğin yerine geçmek için önemli ekonomik ve teknolojik engelleri aşmalıdır. Ana engel birincil alüminyumun yüksek maliyetidir. Ağırlıkça alüminyum çelikten 3 kat pahalıdır. İkinci engel alüminyum paneller için ilave şekillendirme maliyetidir. Alüminyum, yoğunluğu çeliğin üçte biri olup, otomobillerde istenen dönme (torsiyon) ve dirençlilik (modül) gereksinimini sağlar.

Alüminyum paneller ve magnezyum kapıların birleştirmelerinde stresten kaçınmak ve birleşim bölgelerinde galvanik korozyonu önlemek için ekstra maliyetler söz konusudur. Çeliğin yerine geçen alüminyum panellerde ilk dezavantaj; yüksek malzeme maliyeti ve takım maliyetidir. Oto üreticileri alüminyumlu araçların çelikten aynı maliyetle olmasını isterler. Alüminyum malzeme maliyeti aşağı çekilmelidir ve bunun sürekli döküm 5XXX serisinde sağlanabileceği düşünülmektedir. Araç dış panelleri 6XXX serisidir ve pahalıdır. AB ve ABD'de otomotivde kullanılan alüminyum malzemeler:

i) Dış panellerde: 6016-T4, 6111-T4

ii) İç panellerde: 5051/5182/6181A, 6111/2008/5182

iii) Saç alaşımı: 6XXX-T4, 5754-0/5454-0

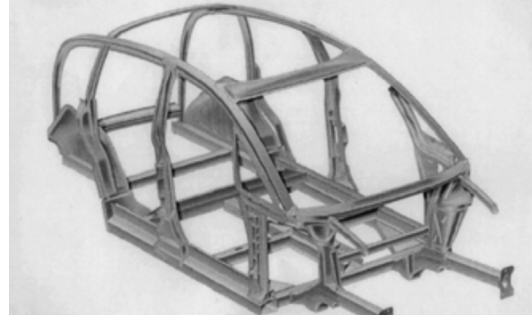
iv) Ekstrüzyon alaşımı: 6XXX

Burada 5XXX alaşımının yüksek şekillenebilirlik, 6XXX alaşımının ısı işlem sertleşebilirlik gösterdiği vurgulanmalıdır.

Alüminyum baskı ve problemleri çeliğe göre cazibeyi azaltır. Preste keskin köşe oluşturmak zordur, ayrıca alüminyum yumuşak olduğu için kalıp kontaminasyonu (katişki) riski vardır. Şekillendirme maliyeti çelikten aşağıdaki nedenlerle yükselir:

- i) Yüksek kalıp geliştirme maliyeti (deformasyonda geri sıçrama nedeniyle)
- ii) Kalıp için özel boya ve yağlayıcı gereksinimi
- iii) Yırtılma ve hasar önleme için düşük basma hızı

Otomotivde alternatif malzemeler arası rekabet hep şiddetli olmuştur. Araç üreticileri ekonomik seri üretim için çeliği tercih ettiler. Muhtelif kalite çelik saclar, derin çekme ve ultra yüksek mukavemetli saclar otomobil gövde tasarımında ana malzeme olmuştur. Alüminyum; çelik, demir ve bakırın otomobildeki en önemli alternatifidir. Çelik 1920'lerden beri baskın iken, bugün 21.YY'ın otomobilinde baskın ve kazanan malzeme hangisi olacaktır? Çağımızda, enerji tüketimini azaltan, hava kirliliğini azaltan yakıt verimli araç üretimi ana hedefdir. Karbon ayak izi kuralı % 10 ağırlık azaltımının yakıt ekonomisini % 5.5 iyileştirdiğini vermektedir. Ağırlık azaltma yakıt ekonomisine katlanmalı şekilde olumlu etki yapar. Aynı performans, daha küçük motorla, daha küçük aktarma organı ve yakıt tankıyla sağlanacağından %10 ağırlık düşürme eklemeli olarak % 8-10 yakıt ekonomisi sağlar. Ağırlık azaltma baskısı; çeliğin ve dökme demirin tedrici olarak düşürülmesi, alternatif malzemelerin (alüminyum ve plastik) artması demektir.



Şekil 3. Audi AL2'de Tamamen Alüminyum Gövde Tasarımı

## Sonuç

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığımızın yerli araç konusunda özel sektöre verdiği destek ve ısrar anlaşılırdır. Elektrikli araçta karar kılınması ve Tesla gibi küresel devlerin dost/rakip olarak görülmesi doğru stratejidir. Tesla deneyimi ve araçlarında alternatif malzeme kullanım bilgisi hem otomotivcilerimiz hem de tedarikçilerimiz için önemlidir.

Ulusal alüminyum sanayimizin otomotiv parça tedarikçisi olarak finans ve teknoloji güçlerini arttırma gereği açıktır. Üretim teknolojilerindeki kısıt ve yüksek hacimli sürdürülebilir üretim zorluğu alüminyumun araçlardaki payını olumsuz etkilemektedir. Demir-çelik sektörümüz yeter büyüklüğü yakalamış olup araba gövdesi için çelik ana malzeme olmayı sürdürecektir. Alüminyum payı yukarıda verilen nedenlerden dolayı sınırlı kalacaktır. Alüminyum, çelik saca karşı uzun süreli tehdit olarak duracaktır. Otomotivde magnezyum uygulaması artacak ve daha çok döküm parçalar şeklinde olacaktır. Otomotivde alüminyum payı; malzeme maliyeti, işleme maliyeti, endüstriyel yapılanma, geri dönüşüm ve regülasyonlarla ilişkili olarak artacaktır.

## Kaynaklar

- 1.Elton Musk's Empire Clouds appear, The Economist June 25 th 2016, 52
- 2.Tesla, The Wall Street Journal, Tuesday, August 16,2016 A6
- 3.http://evannex.com/blogs/news/112953413-tesla-model-s-vs-tesla-model-3-aluminum-vs-steel-infographic
- 4.A.Kelkar, vd, Automobile Bodied: Can Aluminum Be an Economical Alternative to Steel? Journal of Automotive Materials, 53(8)(2001), 28-32
- 5.The Aluminum Automotive Manual, auto@eaa.be, (2013)
- 6.W.S.Miller, vd, Recent development in alüminyum alloys for the automobile industry, Mateials Science and Engineering A280(2000) 37-49