Formula 1 Araçlarının Kalbi

Güç Üniteleri ve Lastikler

Gürkan Caner Birer [*Bilgisayar Mühendisi*

da-kuk / iStock

David Madison / GettyImages

Formula 1, hızın ötesinde bir dünya. Her saniye, her vida, her karar yarışların sonucunu etkileyebiliyor. Bu spor, bilim ve mühendisliğin sınırlarının test edildiği bir sahne. Yani Formula 1 sadece otomobil yarışı değil aynı zamanda uygulamalı bir bilim yarışı. Riskler devasa, hata payı ise yok denecek kadar az. İşte bu yüzden Formula 1, saatte 370 kilometreye ulaşan hızlarda mükemmelliği arayan eşsiz bir gösteri, âdeta bir hız senfonisi!

Bu yazıda, Formula 1 araçlarının güç ünitelerini, gücü yere aktaran lastikleri ve lastiklerin değişimini yapan pit stop ekiplerini inceleyeceğiz.

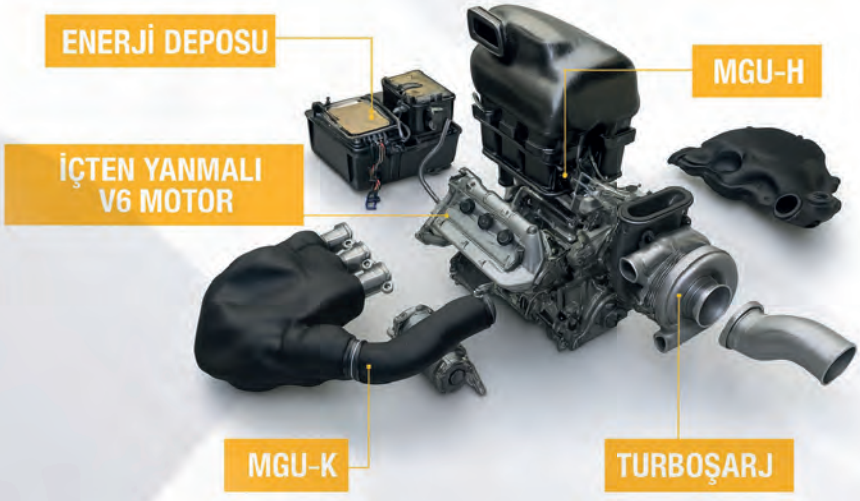
Formula 1 araçlarının en hayati bileşeni, son derece gelişmiş ve karmaşık sistemler olan güç üniteleridir. 2014'ten bu yana Formula 1'de 1,6 litre hacminde, altı silindirli (V6), turbo şarjlı hibrit motorlar kullanılıyor. Güç üniteleri ise içten yanmalı motorun gücünü elektrik destekli sistemlerle birleştirerek yaklaşık toplamda 1.000 beygir güç üretebiliyor. Formula 1'deki modern güç üniteleri sayesinde içten yanmalı motorların termal verimliliği %50'nin üzerindedir yani yakıttan elde edilen ısı enerjisinin yarısından fazlası hareket enerjisine dönüşür. Formula 1'de 2013'e dek kullanılan sekiz silindirli atmosferik motorların verimi en fazla %29 civarındaydı. Hibrit teknolojisine geçilmesiyle motorlar %20 daha fazla güç üretir hâle geldi, aynı zamanda %10 daha az karbondioksit salımına neden oldu. Bu verimlilik artışının sonucu olarak 2013'te bir yarışta yaklaşık 150 kg yakıt tüketilirken 2014'ten sonra araçların bir yarışta tüketebileceği maksimum yakıt miktarı 100 kg ile sınırlandırıldı. Üstelik hibrit sistemler nedeniyle araçların kütlesi artmasına ve daha hızlı olmalarına rağmen.

Günümüzde Formula 1 araçlarında kullanılan güç üniteleri, birden fazla bileşenin entegre çalıştığı sistemlerdir. İçten yanmalı ana motor, tek başına yaklaşık 700 beygir güç üretir. Ana motora bağlı olan turbo şarj cihazı, egzoz gazlarının enerjisiyle dönüp emme havasını (içten yanmalı motorlarda yakıtın yanması için dış ortamdan çekilen hava) sıkıştırarak motorun daha fazla güç üretmesini sağlar. Ancak Formula 1 motorlarının temel farklı, Enerji Geri Kazanım Sistemi (ERS) adı verilen hibrit sistemlerdir. Bu sistem, iki ana motor-jeneratör ünitesi içerir: Hareket enerjisini elektriğe dönüştüren MGU-K (kinetik-motor jeneratör ünitesi) ve atık ısı enerjisini elektriğe dönüştüren MGU-H (ısı-motor jeneratör ünitesi).

MGU-K ünitesi, frenleme sırasında tekerleklerin kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Bataryada depolanan bu enerji, gerektiğinde krank miline güç vermekte kullanılır. Kurallar gereği MGU-K ünitesinin üretebileceği maksimum güç 120 kW ile sınırlandırılır. Böylece bir turda yaklaşık 33 saniye boyunca yaklaşık 160 beygir ek güç sağlayabilir. MGU-H ünitesi ise turbo şarj cihazı ile entegre şekilde çalışır. Egzoz gazlarının enerjisini elektrik enerjisine çevirir veya gerektiğinde bu enerjiyi kullanarak turbo şarjı döndürür. Kurallar gereği MGU-H ünitesi için belirlenen bir güç sınırı bulunmaz. Bu sayede motorun tepki verme süresindeki gecikmeyi yani turbo gecikmesini sıfıra indirir. Motor düşük devirlerde hareket ederken MGU-H ünitesi turbo şarj cihazını döndürerek turbo gecikmesini azaltır, yüksek devirlerde ise turbo şarjın fazla enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür yani enerjinin geri kazanılmasını sağlar. MGU-H ünitesinin ürettiği elektrik, bataryada depolanabilir veya MGU-K ünitesine aktarılabilir.

Bu karmaşık hibrit sistem, araçtaki elektronik kontrol ünitesi tarafından yönetilir. Pilotlar, direksiyonlarındaki ayarlarla enerji kullanım modlarını değiştirebilir. Örneğin motor-jeneratör ünitelerinin frenleme esnasında ne kadar enerji geri kazanılacağını veya düzlüklerde bataryada depolanan elektrik enerjisinin ne kadarının ek güç sağlamada kullanılacağını ayarlayabilirler. Örneğin bir pilot "yüksek dağıtım" moduna geçerek bataryada depolanan elektrik enerjisini maksimum düzeyde motora aktarabilir veya enerji tasarrufu moduna geçerek enerji geri kazanımını artırır ve ileride atak yapabilmek için bataryalarında elektrik enerjisi depolayabilir.

Modern MGU-K jeneratör motor ünitesi



Formula 1'de 2022'de yakıtların %10'unun biyoyakıt içermesi (E10) zorunluluğu getirildi. 2026'da ise tamamen sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen yakıt kullanımına geçilmesi planlanıyor. 2026'de uygulamaya girecek motor kurallarındaki değişiklikle, MGU-H ünitesinin kullanımına son verilip MGU-K ünitesinin gücü yaklaşık iki katına çıkarılarak toplam aracın toplam gücünün %50'sinin elektrik enerjisinden elde edilmesi sağlanacak. Şu an Formula E gibi tamamen elektrikli motor sporları şampiyonaları zaten mevcut olduğundan Formula 1'de hem içten yanmalı motor hem de elektrik motorundan elde edilen gücünün bir arada kullanıldığı hibrit sistem kullanılmaya devam edilecek. Son dönemde güç ünitelerinin dayanıklılığı da arttı. Bir sezon boyunca en fazla 3 adet motor ve sınırlı sayıda hibrit sistem bileşeni kullanma kuralı, mühendisleri hem güçlü hem dayanıklı motorlar tasarlamaya zorladı.

Formula 1 motorlarının sağladığı devasa miktarda gücün aracın hareket enerjisine dönüştürülmesinde lastikler anahtar öneme sahiptir. Araçlarda ileri motor teknolojileri sayesinde üretilen güç, dört lastiğin pistle temas eden yüzeyleri boyunca aktarılır. Mühendisler ve pilotlar, lastiklerin aşınma hızını, maksimum performans gösterdiği ideal çalışma sıcaklığını ve pist koşullarında nasıl tepki vereceğini belirlemek için sürekli çalışır. Bu nedenle doğru lastik seçimi, hangi lastik bileşiminin ne zaman ve nasıl kullanılacağı yarışın sonucunu belirleyebilir.

2011'den beri Formula 1 lastiklerinin tek tedarikçisi olan Pirelli, farklı bileşimlere sahip lastikler üretir. Formula 1'de kuru ve ıslak olmak üzere farklı iki zemin koşuluna uygun lastik grubu kullanılır. Kuru zemin lastikleri düz yani yüzeyinde oluk bulunmayan lastiklerdir. Islak zemin lastikleri ise yoğun yağmurun olmadığı pist koşullarında kullanılan geçiş lastiği ve yağmur şiddetini artırdığında kullanılan yağmur lastiklerden oluşur. Formula 1'de 2023 itibarıyla kuru zemin lastiklerinde C0 en sert ve C5 en yumuşak olmak üzere altı farklı hamur bileşimi kullanılıyor. Pirelli, her yarış için bu bileşimlerden üçünü seçer ve yumuşak, orta ve sert seçeneklerini takımlara sunar.

Yanak kısmında kırmızı şerit bulunan yumuşak lastikler en yüksek tutuşunu sağlar. Ancak çok kısa sürede aşındığı için ömrü en kısa olan lastik türüdür. Beyaz yanaklı sert lastik daha uzun dayanır ama daha az yol tutuşu sağlar. Sarı yanaklı orta sert lastik ise sert ve yumuşak lastikler arasında yol tutuş ve dayanıklılık açısında dengeli bir seçenek sunar. Kurallar gereği kuru zeminde yarışan takımlar yarış boyunca en az iki farklı sertlikte lastik kullanmak zorundadır. Bu da takımların yarış boyunca uyguladıkları stratejileri etkiler.

Bir Formula 1 lastiğinin yol tutuşu, fizikteki sürtünme ve tutunma prensiplerine dayanır. Lastik ısındığında, hamurun yapısında bulunan kauçuk asfalttaki mikro pürüzlere daha etkili şekilde temas eder. Lastiğin piste daha fazla tutunmasına neden olan bu durum sürtünme kuvvetini arttırır. Formula 1'de lastiklerin ideal çalışma sıcaklığı 90-110 °C arasındadır. Bu sıcaklık aralığında lastik en yüksek tutunma sağlar. Lastiklerin sıcaklığı bu değerin altındaysa hamur sertleşir ve lastiğin kaymasına neden olur. Bu durumda lastik yüzeyinde küçük yırtılmalar oluşabilir. Lastikler çok ısındığında kauçuk çok yumuşar ve lastik ile pist arasında kaygan bir katman oluşmasına neden olur. Yol tutuşun kaybedilmesine neden olan bu durum, lastiklerde kabarcık oluşmasına ve buna bağlı olarak lastikte aşırı ısınma kaynaklı hasar oluşmasına yol açar. Bu nedenle takımlar, fren sıcaklıklarından aerodinamik hava yönlendirmelerine kadar pek çok unsuru kontrol ederek lastiklerini doğru sıcaklıkta tutmaya çalışır. Ayrıca start sırasında lastik performansını arttırmak için yarıştan önce lastikleri 70 °C'ye kadar ısıtabilen ısıtıcı battaniyeler kullanılır.

Lastik basıncı da önemli bir değişkendir. Düşük basınç, lastiklerin piste temas ettiği yüzey alanını artırıp mekanik tutuşu yükseltir. Lastik basıncının çok düşük olması ise lastiğin yapısal bütünlüğünü riske atabilir veya aşırı ısınmaya yol açabilir. Bu nedenle Uluslararası Otomobil Federasyonu (FIA) lastik basınç sınırlarını belirler. Özellikle 2021'de yüksek hızlarda yaşanan lastik patlamalarından sonra bu denetimler sıkılaştırıldı.

Yumuşak hamurlu lastikler, sağladığı yüksek yol tutuşu ile daha hızlı sürüşe imkân sunsa da çabuk aşınır. Genelde sıralama turları veya sprint yarışı denilen 20 turluk mini yarışlar için uygundur. Sert hamur ise dayanıklıdır ancak tur sürelerinin uzamasına neden olur. Yarışların uzun bölümlerinde tercih edilir. Takımlar en hızlı stratejiyi belirlemek için yarışın farklı bölümlerinde farklı hamur sertliğine sahip lastikler kullanır. Örneğin yarış sırasında iki pit stop yapan bir takım, yarışın başında yumuşak lastiklerle öne geçip daha sonra sert lastiklerle uzun süre giderek mevcut pozisyonunu korumayı tercih edebilir. Bir başka takım ise tek pit stop yaparak pit stop süresinden kazandığı zamanı orta ve sert lastiklerin neden olduğu zaman kaybıyla dengelemeye çalışabilir. Bu kararlar pist yüzeyinin lastikleri aşındırma

Kullanılmış bir Formula 1 lastiği kısa sürede hayli yıpranır.

durumuna, hava sıcaklığına ve aracın lastikleri aşındırma karakterine göre şekillenir.

2022 sezonunda lastiklerin jant çapı 13 inçten 18 ince çıkarıldı. Bu büyük değişiklikten sonra lastik yanakları inceldi. Dolayısıyla araçların süspansiyon karakteristiği değişti. Geçmişte kullanılan geniş yanaklı lastikler, süspansiyonun bir parçası gibi davranıyor ve esneyerek aracı zıplama davranışının yumuşatılmasına yardımcı oluyordu. Günümüzde kullanılan dar yanaklı yeni lastikler ise daha az esneme sağlıyor. Bu nedenle 2022'de takımlar mekanik süspansiyon ayarlarını lastiklere göre yenilemek zorunda kaldı. 18 inç lastikler, yanaklarının neden olduğu esnemenin azalması nedeniyle pilotların direksiyon hareketlerine daha hızlı tepki verir. Ayrıca büyük jantlarda fren disklerini çevreleyen boşluklar daha geniştir. Bu durum fren soğutma dinamiklerini de değiştirir. Bu nedenle 2009'da 18 inç lastikler kullanılmaya başlandıktan sonra Formula 1'de jant kapakları tekrar kullanılmaya başlandı. Bu kapaklar, havanın tekerlek üzerinde oluşturduğu türbülansı azaltıp arkadaki araca olan etkisini de sınırlandırıyor.

Lastiklerin performansı pistten piste de değişir. Asfaltın pürüzlülüğü, yeni mi eski mi olduğu, hava ve pist sıcaklıkları lastik aşınma karakteristiği üzerinde büyük rol oynar. Örneğin Silverstone gibi pürüzlü yüzeye sahip pistler lastiklerin çok hızlı aşınmasına neden olur. 2023 Katar Grand Prix'inde yaşandığı gibi aşırı sıcak hava koşullarında ve hızlı virajlara sahip pistlerde yarış boyunca lastiklere binen yük o kadar yükselir ki FIA güvenlik gerekçesiyle pilotların bir lastik setiyle pistte en fazla kaç tur atacağını belirleyen bir sınır getirebilir. İstanbul Park'ta düzenlenen 2020 Türkiye Grand Prix'inde ise asfalt yakın zamanda yenilendiğinden lastikler piste yeterince tutunamamış ve yarış hafta sonu boyunca lastikler uygun sıcaklığa çıkamadığı için araçlar normalden 5-10 saniye yavaş turlar atmak zorunda kalmıştı. Tabi bu beklenmeyen durum yarış zevkini son derece arturmıştı. Bu örnekler lastik-performans ilişkisinde pist yüzeyinin bile ne kadar kritik olabileceğini gösteriyor.

Formula 1 lastikleri yağmurda ise tamamen farklı özelliklere sahiptir. Yeşil yanaklı geçiş lastikleri, pistin ıslak ancak yüzeyinde çok fazla su birikintisi olmadığı koşullar için uygundur. Yüzeyindeki oluklar sayesinde lastik ile pist arasında kalan suyun bir kısmını tahliye ederek lastiklerin yüzeye daha iyi tutunmasını sağlar. Mavi yanaklı yağmur lastikleri ise şiddetli yağmurda kullanılır. Yüzeydeki olukların derinliği daha yüksek olan bu lastikler saniyede yaklaşık 85 litre su tahliye edebilir. Ancak bu lastikler kuru zeminde yapısal olarak hızla deforme olduğundan sadece uygun zemin koşullarında kullanılır. Islak zemin lastikleri, kuru zemine göre daha yumuşak hamura sahiptir. Çünkü çalışma sıcaklıkları daha düşük tutulur.

Bir Formula 1 yarışının heyecan verici anlarından biri de pit stoplardır. Pit stop sırasında 20 kişinin katkısıyla saniyeler

Bijon tabancası

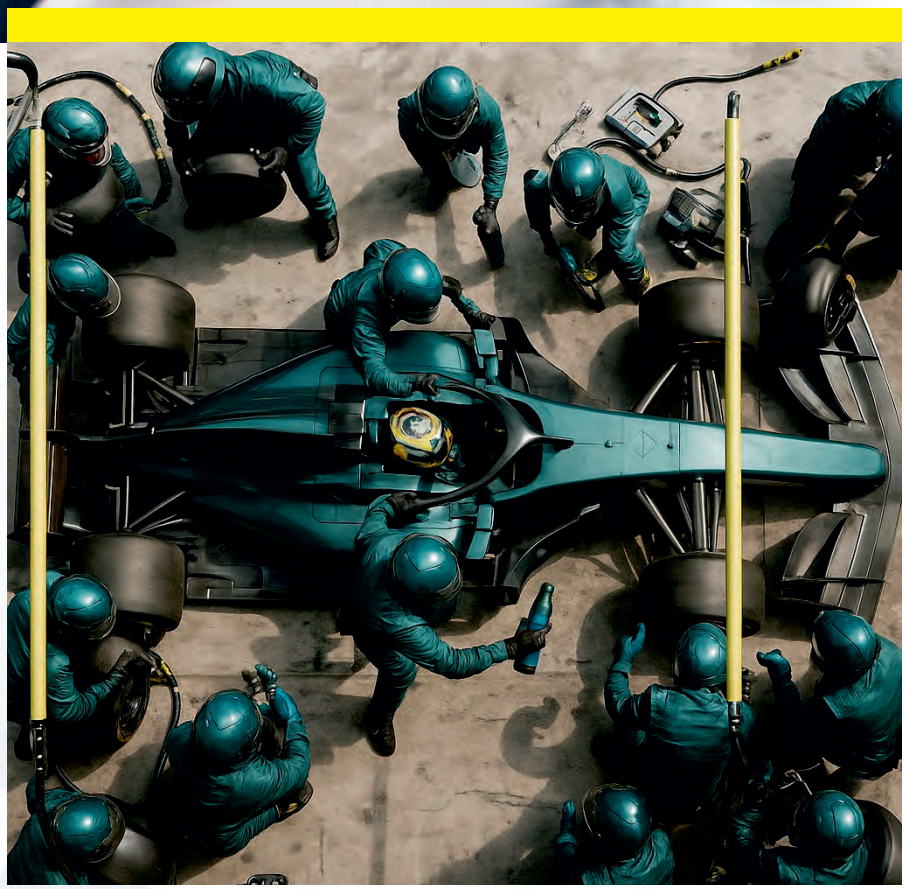
içinde araçların lastikleri değiştirilir ve küçük ayar değişikleri yapılır. Sorunsuz tamamlanan pit stoplar pilotların yarışı kazanmasına yardımcı olabilir. Yaşanan çok ufak bir aksaklık ise yarışın sonucunu etkileyebilir. Pit stop sırasında lastik değişimi başta olmak üzere gerekli işlemler, saniyeler içinde gerçekleştirilir. Günümüzde pit stoplar sırasında aracını dört lastiği 2 saniyeden kısa sürede değiştirilebiliyor. Rekor, 2023 Katar Grand Prix'inde McLaren ekibin 1,80 saniyede tamamladığı pit stoptur. Bu olağanüstü hız, pit ekibinin uyumlu çalışmasının ve öncesinde yapılan antrenmanların sonucudur. Yaklaşık 20 kişiden oluşan pit stop ekiplerinde herkesin belirli bir görevi vardır.

Bir pit stop ekibinde her tekerlek için 3 kişi bulunur: Bir "tabanca" mekanikeri (pnömatik somun tabancasını kullanır), bir çıkarıcı (eski lastiği çeker) ve bir takıcı (yeni lastiği yerine oturtur). Böylece dört tekerlek için 12 kişi lastik değişimine odaklanır. Aracı havaya kaldırmak için ön ve arka kaldırıcı (jack) mekanikleri vardır. Bu kişiler ağır hidrolik krikolarla aracı milisaniyeler içinde kaldırıp indirebilir. Hatta ön ve arka için birer yedek kaldırıcı kenarda bekler. Çift pit stop (arka arkaya iki araç) sırasında veya bir aksilik hâlinde devreye girerler. Aracın havada dengede kalması için iki destek mekanikeri aracın yanında durup aracı sabitler. Fırsat olursa bu esnada radyatör girişlerindeki döküntüleri temizler veya pilotun vizörünü silerler. Ön kanat ayarı gerekiyorsa ön kanadın iki yanında bekleyen iki mekaniker kanat üzerindeki küçük ayar vidaları ile kanat açısını istenen tura göre değiştirir. Tüm bu ekip senkronize çalışırken bir kişi de pit stop "trafik kontrolü"nden sorumludur. Genelde pit duvarındaki bir yarış mühendisi veya pit stop şefi, gelen/verilen zamanlara ve pit şeridindeki diğer araçlara bakarak aracı ne zaman bırakacaklarına karar verir. Artık lolipop tabelası yerine ışık sistemi kullanıldığından bu sorumlu kişi, her şey tamamlandığında yeşil ışığı yakarak pilota yol verir. Ayrıca bir ikinci kontrol gözetmeni daha vardır. O da herhangi bir lastik tam oturmadıysa veya sorun varsa ışığı kırmızıda tutma yetkisine sahiptir.

Bir pit stopun bu kadar kısa sürede ve hızlı gerçekleştirilebilmesi, yoğun ve sistemli antrenmanlarla mümkündür. Ekipler, yarış hafta sonunda perşembe gününden yarış sabahına kadar 60 civarı pit stop denemesi yapar. Bu tekrarlar, ekibin kas hafızasını geliştirir ve ön kanat hasarı, çift pit stop gibi olası sorunlara hazırlıklı olmalarını sağlar. Ön kanat değişimine yönelik antrenmanlar sayesinde yarışta bir kanat kırılması durumunda 5-6 saniye gibi kısa sürede ön kanat değiştirilebilir. Refleksleri hızlandırmak ve ekiplerin fiziksel kapasitesini artırmak için özel egzersiz programları uygulanır. Örneğin 2010'ların başında Williams takımı bir fizyoterapist liderliğinde pit stop ekipmanlarını ve ekip üyelerinin fiziksel performansını analiz ederek pit stop sürelerini azaltmayı başardı. Bu sayede 3 saniye civarı olan ortalama pit stop süreleri 2 saniyenin altına indi.

Pit stop stratejileri, yarışın sonucunu doğrudan belirleyebilir. Undercut taktiğinde bir pilot rakibinden önce pit stopa girer. Yeni lastiklerle piste döndüğünde rakibine kıyasla daha hızlı turlar atabilir. Bu sırada

kazandığı zaman sayesinde kendisinden sonra pit stopa giren rakibinin önüne geçebilir. Overcut taktiğinde ise pilotlar rakiplerinden daha geç pit stopa girerek avantaj kazanmayı amaçlar. Rakip pilot pit stopa girer, bu sırada pistte kalan pilot ise yakıtı azaldığı için daha hızlı turlar atabilir. Aynı zamanda pistte kalan pilotun önündeki araç trafiği azalırsa bu durum daha hızlı turlar atmasını sağlayabilir. Bütün bu kararlar, lastiklerin aşınmasına, pistteki trafiğe ve kalan yakıt miktarına göre verilir. Yarış stratejisinden sorumlu mühendisler her an yüzlerce senaryoyu sanal olarak değerlendirir ve takım pilotunun hangi turda pit stopa girmesinin daha avantajlı olacağını belirlemeye çalışır. Tabii ki güvenlik aracı veya sanal güvenlik aracının girmesi gibi beklenmeyen durumlar bu planları alt üst edebilir. Bu durumda hızlı karar alabilmek için takımların canlı simülasyon programları devreye girer. Gerçek zamanlı verilerle yarış sürekli yeniden simüle edilir ve stratejiler güncellenir.



Tüm bu hazırlığa ve ileri teknoloji ürünü ekipmanlar kullanılmasına rağmen pit stoplar riskler barındırır. Bir lastik bijonunun tam oturmaması gibi küçük bir hata hem pilot için tehlike oluşturabilir hem de takımın ceza almasına neden olabilir. Bu yüzden pit stop mekanikerleri baskı altında soğukkanlı hareket etmek zorundadır. Modern Formula 1'de hatalı pit stoplar nispeten azalsa da zaman zaman "unutulmaz anlar" da yaşanır. 2021 Monaco Grand Prix'inde Mercedes takımından Valtteri Bottas'ın ön sağ lastiğinin bijonu çıkmayınca yarış dışı kalmıştı. 2016 Monaco Grand Prix'inde ise Red Bull Racing takımından Daniel Ricciardo pit stopa girdiğinde lastikler hazır değildi ve araca yanlış lastik takılmaya çalışıldı. Doğru lastik seti getirilene kadar 9 saniye kaybeden Daniel Ricciardo, pit stoptan önce yarışa lider konumda devam etmesine rağmen bu hata nedeniyle muhtemel bir yarış zaferini kaybetti. ■

Kaynaklar

- Aston Martin – "*AMR25 Specifications*", 2025 motor gücü ve özellikleri http://bit.ly/4nBcYDA
- Formula1.com – "*How F1 technology has supercharged the world*", hibrit motor verimi %50+ ve V8 karşılaştırması https://bit.ly/3GplTHg
- PlanetF1 – "*2022 engines explained*", ICE gücü ~700 bg, ERS gücü 160 bg ve kullanım süreleri https://bit.ly/40vDRi4
- Honda Global – "*Evolution of Hybrid Technologies*", MGU-K görevi ve kuralları https://bit.ly/44oHZBD
- Formula1.com – "*Beginner's guide to F1 tyres*", 2022'de 18 inç lastikler ve bileşik sayısı (altı slick bileşiği) https://bit.ly/4l2BZpk
- RacingNews365 – "*Why 18-inch tyres in 2022?*", yeni lastiklerin daha az esnemesi ve pilot geri bildirimleri https://bit.ly/4lzVYeY
- Reuters – "*Drivers praise grippy Istanbul track after 2020 'ice rink'*", 2020'de yeni asfaltın kayganlığı ve 2021'de iyileşme yorumları https://bit.ly/4lbaM41
- Formula1.com – "*WATCH: McLaren set new F1 pit stop record…*", 2023 Katar GP'de 1.80 saniyelik dünya rekoru haberi https://bit.ly/44JFMSK
- Mercedes-AMG F1 – "*How F1 crews change tyres in <2.5s*", pit ekibi rolleri ve insan sayısı detayları https://bit.ly/45Siew6
- Formula1.com – "*F1 Explains: Halo, pit stops, simulators…*", Gemma Fisher ve Williams'ın pit stop gelişimi üzerine notu https://bit.ly/46lYi4L
- GPFans – "*Pit stop strategy explained: undercut vs overcut*", undercut tanımı ve örneği https://bit.ly/3G6N61t
- Aston Martin F1 – "*So you want to be an F1 strategist?*", yapay zeka ile binlerce senaryonun simülasyonu https://bit.ly/4lbb3UB