



KAHRAMANMARAŞ'TA OLASI MOTOR SPORLARI PİSTİ TASARIMINDA GÜVENLİK STANDARTLARININ BELİRLENMESİ: BALIK KILÇIĞI YÖNTEMİ İLE BİR ANALİZ

Arif Selim Eren¹; Mehmet Ali Orhan^{2*}; Ayşe Eryer³; Ayşe Yılmaz İrgin⁴; Melike Sevinç⁵

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye, arifselimeren@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-7274-1113

^{2*}Sorumlu Yazar, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye, maliorhan7@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7818-0433

³Bağımsız Araştırmacı, Türkiye, ayse_zabun46@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-6556-1605

⁴Bağımsız Araştırmacı, Türkiye, ayse_ylmz_@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-0606-1117

⁵Bağımsız Araştırmacı, Türkiye, 1melikesevinc@gmail.com, ORCID: 0009-0001-3702-3973

Özet: Bu çalışmanın amacı, Kahramanmaraş'ta bir motor sporları pisti inşa etmek üzere güvenlik standartlarını belirlemeyi amaçlamaktadır. Motor sporları; yüksek hız, ileri düzey teknik geliştirmeler ve üstün sürüş becerisi gerektiren bir disiplindir. Bu bağlamda başarı ve güvenlik yalnızca sürücünün performansına değil, aynı zamanda araç teknolojisine ve ekip çalışmasına da bağlıdır. Güvenlik, pist tasarımı, teknik alt yapı, çevresel koşullar ve yönetsel süreçler ile ilişkilidir. Bu nedenle güvenlik risklerinin ortaya çıkmasına yönelik sistematik bir analiz uygulanmış ve yöntem olarak balık kılçığı kullanılmıştır. Böylece kazaların nedenleri sınıflandırılarak her bir faktörün sistem içindeki etkisi görsel ve analitik bir biçimde değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında insan, makine, yöntem, malzeme, çevre ve ölçüm olmak üzere altı ana kategoride on temel risk faktörü belirlenmiştir. Uzman görüşlerinden elde edilen veriler ile her bir faktörün risk düzeyini bir ile beş arasında derecelendiren bir ölçek yardımıyla analiz gerçekleştirilmiştir. Bulgularda en yüksek risk ortalamasının insan kaynaklı faktörlerden olduğu görülmüştür. Bunun yanında eğitim eksikliği, yorgunluk, dikkat dağınıklığı değişkenleri en kritik risk alanları arasında yer alırken sürücü güvenliği üzerinde belirleyici etki göstermiştir. Diğer bir bulgu olarak makine ve çevre kategorilerinde fren arızası lastik aşınması yoğun yağış ve yetersiz drenaj gibi teknik ve çevresel risklerin ortaya çıktığı görülmüştür. Bu sonuç literatürde Ferko vd. (2025) ile Setiyoko vd. (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışma sonuçlarıyla benzeşmektedir. Özellikle drenaj yetersizliği ve kaygan pist yüzeyi riskinin kazaların temel kaynaklarından biri olduğu ortaya çıkmıştır. Öte yandan dijital sinyalizasyon ve izleme sistemlerinin eksikliği ise müdahale süreçlerinin gecikmesinin sebebi olan yönetsel bir zafiyet biçiminde açıklanmıştır. Sonuç olarak Kahramanmaraş'ta kurulması önerilen motor sporları pistinde güvenlik standartlarının yalnızca fiziksel altyapı seviyesinde değil insan davranışı ve organizasyonel yönetim boyutlarında da ele alınması gerekmektedir. Çalışma balık kılçığı yönteminin sınırlı uzman verisiyle dahi çok faktörlü risk analizlerinde uygulanabilir olduğunu ortaya koymuştur. Bu yöntemle geliştirilen neden sonuç modeli, pist tasarımı sürecinde kullanılacak bütüncül bir güvenlik çerçevesi sunmakta ve gelecekte gerçekleştirilecek saha çalışmalarına teorik bir temel sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Motor Sporları Güvenliği, Balık Kılçığı Yöntemi, Risk Analizi, Pist Tasarımı

JEL Kodu: L92, R49, O18

DETERMINING SAFETY STANDARDS IN THE DESIGN OF A POTENTIAL MOTORSPORTS TRACK IN KAHRAMANMARAŞ: AN ANALYSIS USING THE FISHBONE METHOD

Abstract: This study aims to establish safety standards for the construction of a motorsports track in Kahramanmaraş. Motorsports is a discipline requiring high speed, advanced technical developments, and superior driving skills. In this context, success and safety depend not only on the driver's performance but also on vehicle technology and teamwork. Safety is related to track design, technical infrastructure, environmental conditions, and management processes. Therefore, a systematic analysis was applied to identify safety risks, using the fishbone

diagram as the method. Thus, the causes of accidents were classified, and the impact of each factor within the system was evaluated visually and analytically. Within the scope of the research, ten fundamental risk factors were identified in six main categories: human, machine, method, material, environment, and measurement. The analysis was carried out using a scale that rates the risk level of each factor from one to five, based on data obtained from expert opinions. The findings showed that the highest average risk was due to human-related factors. In addition, lack of training, fatigue, and distraction variables were among the most critical risk areas and had a decisive impact on driver safety. Another finding revealed that technical and environmental risks such as brake failure, tire wear, heavy rainfall, and inadequate drainage emerged in the machinery and environment categories. This result is similar to the findings of studies conducted by Ferko et al. (2025) and Setiyoko et al. (2024) in the literature. In particular, inadequate drainage and the risk of a slippery track surface were found to be one of the main sources of accidents. On the other hand, the lack of digital signaling and monitoring systems was explained as a managerial weakness that caused delays in intervention processes. In conclusion, safety standards in the proposed motorsports track in Kahramanmaraş should be addressed not only at the physical infrastructure level but also in terms of human behavior and organizational management dimensions. The study demonstrated that the fishbone method is applicable in multifactorial risk analyses even with limited expert data. The cause-and-effect model developed with this method offers a holistic safety framework that can be used in the track design process and provides a theoretical basis for future field studies.

Keywords: Motorsports Safety, Fishbone Method, Risk Analysis, Track Design

JEL Codes: L92, R49, O18

Licence:  This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Giriş

Motor sporları yüksek hız, insan becerisi ve teknolojik gelişmenin bir arada olduğu en karmaşık spor dallarındandır. Yapısı gereği yüksek risk içermesi her yarışın potansiyel bir tehlike barındırdığı da yadsınamaz bir gerçektir. Dolayısıyla motor sporlarında güvenlik konusu sadece bireysel dikkat veya teknik donanım seviyesinde değil bütüncül bir sistem anlayışla ele alınmalıdır. Tarihsel süreç içerisinde güvenlik standartlarının geliştirilmesi maksadıyla yapılan düzenlemeler Ugle vd. (2015) ortaya koyduğu gibi motor sporlarında sürücü, seyirci ve ekip güvenliliğinin sistematik bir biçimde tanımlanmasına yol açmıştır. Roberts (2007), söz konusu düzenlemelerin pist güvenliğinin ötesinde küresel ulaşım ve kamu güvenliği politikaları üzerinde de etkili olduğunu belirtmektedir.

Türkiye’de motor sporları altyapısının geliştirilmesi, sportif faaliyetlerin yaygınlaşmasına katkı sağlarken ekonomik ve turistik açıdan da önemli kazanımlar sunmaktadır (Alaeddinoğlu, 2024). Kahramanmaraş gibi gelişmekte olan şehirlerde planlanacak motor sporları tesislerinin teknik gereklilikleri karşılama yanısıra bölgesel kalkınmayı destekleyecek biçimde tasarlanması gerekmektedir (Tutar & Abukalloub, 2025). Bu çerçevede pist tasarımında güvenlik, sürdürülebilirlik ve çok amaçlı kullanım ilkelerinin birlikte ele alınması kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

Bu yaklaşımlar Kahramanmaraş’ta önerilen pistte yapay zekâ destekli izleme sistemlerinin kullanılmasının güvenliği artırabileceğini göstermektedir. Bu çerçevede çalışmada Kahramanmaraş’ta kurulması planlanan motor sporları pistinin uluslararası standartlara uygun biçimde tasarlanmasını sağlamak amacıyla Balık Kılıcı (Ishikawa) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem güvenliği etkileyen insan, makine, yöntem, malzeme, çevre ve ölçüm gibi temel kategoriler arasındaki neden sonuç ilişkilerini sistematik biçimde ortaya koymak için geliştirilmiştir. Böylece pist güvenliği bireysel hatalardan ziyade sistemsel bir bütün olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmanın temel amacı Kahramanmaraş’ın coğrafi özelliklerine uyarlanmış ve uluslararası güvenlik kriterleriyle uyumlu bir pist tasarımının ilkelerini saptamaktır. Setiyoko

vd. (2024) ile Özbakır'ın (2024) altyapısal bulgularından, Roi (2024) ve Tollazzi'nin (2025) teknik verilerinden, Miller'ın (2006) ve Lippi vd. (2007), insan faktörüne ilişkin analizlerinden ve Pavlovich'in (2018) yönetimsel önerilerinden yararlanılarak bütünleştirilmiştir. Bu doğrultuda çalışma yalnızca bir pistin fiziksel güvenliğini değil aynı zamanda motor sporlarında sürdürülebilir güvenlik kültürünün oluşturulmasını hedeflemektedir. Sonuçta Kahramanmaraş örneği üzerinden geliştirilecek bu modelin Türkiye'de motor sporları güvenliği alanında ölçülebilir, uyarlanabilir ve sürekli geliştirilebilir bir standart oluşturması beklenmektedir.

Bu doğrultuda çalışma beş temel bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde konuya ilişkin yazın taramasına yer verilmekte, ikinci bölümde kavramsal çerçeve sunulmaktadır. Üçüncü bölümde araştırmanın yöntemi açıklanmakta, dördüncü bölümde elde edilen bulgular değerlendirilmektedir. Son bölümde ise ulaşılan sonuçlar doğrultusunda öneriler sunulmaktadır.

Yazın Taraması

Motor sporlarında güvenlik anlayışının tarihsel gelişimine ilişkin yapılan incelemeler, güvenlik sistemlerinin zaman içerisinde sistematik bir şekilde evrildiğini ortaya koymuştur. Belgaid (2024), tarafından gerçekleştirilen kapsamlı analizde FIA tarafından belirlenen kuralların zamanla sürücü, pist ekibi ve seyirci güvenliği açısından nasıl geliştirildiği açıklanmış, pist altyapısında tıbbi merkezlerin, acil durum araçlarının ve bariyer sistemlerinin standartlaştırılmasının güvenlik performansını önemli ölçüde artırdığı belirtilmiştir. Bu bulgular, önerilen Kahramanmaraş parkurunun tasarımı sırasında tarihsel faktörlerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Benzer şekilde, Roberts (2007), FIA'nın küresel yol güvenliği politikaları üzerindeki etkisini değerlendirmiş ve bu değerlendirmeyi FIA'nın toplumsal güvenlik endişeleriyle ilişkisine odaklanarak yapmıştır. Bu araştırmanın aynı zamanda bölgesel düzeyde kamuoyunun farkındalığının artmasına da öncülük etmesi beklenmektedir.

Kmoniček vd. (2019), pist tasarımına yönelik araştırmalarda, yapısal ve altyapısal bileşenlerin güvenlik üzerindeki etkisinin belirleyici olduğu görülmüştür. Setiyoko vd. (2024) tarafından Endonezya'da gerçekleştirilen çalışmada, uluslararası standartlara uygun pist tasarımı için mimari, çevresel ve erişilebilirlik ölçütleri geliştirilmiş, pistlerin turizm altyapısıyla bütünleşmesi gerektiği savunulmuştur. Bu bulgular, Kahramanmaraş gibi gelişmekte olan bir bölge için motor sporları tesisinin ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından planlanmasının önemini ortaya çıkarmaktadır. Benzer biçimde Özbakır (2024) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'deki pistlerin FIM ve FIA standartlarına uyum süreçleri analiz edilmiş, drenaj sistemleri, bariyer mesafeleri ve acil müdahale alanlarının yeniden düzenlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Böylelikle mühendislik boyutunda uluslararası normlara uyumun, yerel düzeyde uygulanabilir bir çerçeve oluşturacağı sonucuna ulaşılmıştır.

İnsan faktörünün motor sporları güvenliğinde merkezi bir rol oynadığı çeşitli araştırmalarda ortaya konmuştur. Lippi vd. (2007) tarafından yürütülen çalışmada yarış sürücülerinin karşılaştıkları fizyolojik stres faktörleri incelenmiş, kalp atım hızı, kas yorgunluğu ve laktat birikiminin performans üzerindeki etkisi ölçülmüştür. Bu bulgular, insan unsurunun pist güvenliği üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermekte ve Kahramanmaraş çalışmasında balık kılçığı diyagramının "insan" kategorisinin ölçülebilir değişkenlerle temsil edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Roi vd. (2024) tarafından MotoGP yarışları üzerinde yürütülen araştırmada ise, zaman kaybına yol açan yaralanmalar analiz edilmiş, kazaların büyük kısmının "lowside" tipi kaymalardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, pist eğim oranı ve zemin malzemesi gibi teknik parametrelerin doğrudan güvenlik performansını etkilediğini ortaya çıkarmaktadır. Bu bulgular Kahramanmaraş'ta

önerilen pist için insan performansını destekleyici zemin ve viraj geometrisinin belirlenmesi bakımından oldukça önemlidir.

Kaza dinamiklerini inceleyen araştırmalarda ise çok değişkenli istatistiksel modellerin etkin biçimde kullanıldığı görülmüştür. Tollazzi vd. (2025) tarafından Slovenya’da gerçekleştirilen çalışmada ölümcül motosiklet kazaları incelenmiş, hız, yön hatası, yol genişliği ve bariyer tipi gibi faktörlerin kazaların temel nedenleri olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, Kahramanmaraş’ta uygulanacak balık kılıcı analizinde “makine” ve “yöntem” eksenlerinde dikkate alınması gereken etmenleri desteklemektedir. Leonard vd. (2005) tarafından yürütülen pist konfigürasyonu araştırmasında, pistin geometrik değişikliklerinin otomobil sürücüleri için güvenliği artırdığı ancak motosiklet kullanıcılarında risk oluşturduğu saptanmıştır. Bu durum, farklı araç türlerinin güvenlik gereksinimlerinin tasarım sürecinde ayrı ayrı değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Bu sonuçlar Kahramanmaraş pistinin hem otomobil hem de motosiklet yarışlarına uygun kapsamlı bir güvenlik sistemi ile donatılarak planlanması gerektiğini göstermektedir.

Pist güvenliğini sadece yapısal önlemlerle sınırlamayan çalışmalar, yönetsel ve operasyonel boyutlara da odaklanmıştır. Pavlovich (2018) tarafından yürütülen araştırmada, pist işletmelerinde güvenliğin sürdürülmesi için düzenli bakım döngülerinin yürütülmesi, sürücü eğitimlerinin sistematik hale getirilmesi ve performans izleme süreçlerinin oluşturulması gereği vurgulanmıştır. Bu yaklaşım, Kahramanmaraş pistinin işletme sürecinde sürekli iyileştirme mekanizmalarının yerleştirilmesine temel oluşturacaktır. Bańkowski & Frej (2023) ve Lavsi (2023) tarafından yapılan çalışmada, sürücülerin ısı yük, gürültü ve gaz maruziyeti gibi çevresel stres faktörlerine verdikleri fizyolojik tepkiler analiz edilmiş, ergonomik izleme sistemlerinin güvenlik üzerindeki olumlu etkileri ortaya konmuştur. Bu bulgular, Elhenawy vd. (2025) tarafından geliştirilen yapay zekâ destekli izleme teknolojileriyle birlikte değerlendirildiğinde, pist güvenliğinin dijital dönüşüm boyutuna da işaret etmektedir.

Tablo 1. Yazındaki Güvenlik Risklerine Göre Çalışmaların Sınıflandırılması

No	Güvenlik Faktörü	İlgili Çalışmalar	Temel Bulgular ve Katkıları
1	Eğitim Eksikliği	Lippi vd. (2007); Ugle vd. (2015); Pavlovich (2018); Roi vd. (2024); Elhenawy vd. (2025)	Eğitim yetersizliği, sürücü hatalarının artmasına ve refleks sürelerinin uzamasına sebep olmaktadır. Eğitim programlarının sürekli hale getirilmesi, simülasyon tabanlı uygulamaların etkinliği ve personel eğitim düzeyi güvenlik performansının belirleyicilerindedir.
2	Yorgunluk / Dikkat Dağınıklığı	Lippi vd. (2007); Lavsi (2023); Pavlovich (2018); Roi vd. (2024); Elhenawy vd. (2025)	Uzun süreli yarışlarda fiziksel ve bilişsel yorgunluk tepki süresini uzatmaktadır. Bununla beraber termal stres ve uykusuzluk dikkat dağınıklığına sebep olmaktadır. Yapay zekâ tabanlı izleme sistemleri yorgunluk kaynaklı riskleri tespit etmede yardımcıdır.
3	Fren Arızası	Miller (2006); Ugle vd. (2015); Roi vd. (2024); Setiyoko vd. (2024); Ferko vd. (2025)	Fren arızaları özellikle viraj girişlerinde kontrol kaybına sebebiyet vermektedir. Yetersiz bakım, aşırı ısınma ve zemin koşulları fren performansını düşürmektedir. Periyodik denetim ve soğutma sistemleri önerilmektedir.
4	Lastik Aşınması	Miller (2006); Ugle vd. (2015); Pavlovich (2018);	Aşırı sıcaklık, pist pürüzlülüğü ve drenaj yetersizliği lastik tutunmasını

		Setiyoko vd. (2024); Roi vd. (2024); Ferko vd. (2025);	azaltmaktadır. Gerçek zamanlı lastik sıcaklığı ve basınç izleme sistemleri kazaları önlemede yardımcıdır.
5	Yetersiz Sinyalizasyon	Pavlovich (2018); Setiyoko vd. (2024); Roi vd. (2024); Özbakır (2024); Elhenawy vd. (2025); Ferko vd. (2025);	Standart dışı uyarı sistemleri kazaların erken tespitini engellemektedir. Dijital sinyalizasyon ve sensör destekli uyarı sistemleri müdahale hızını artırmaktadır.
6	Kaygan Pist Yüzeyi	Pavlovich (2018); Setiyoko vd. (2024); Roi vd. (2024); Özbakır (2024); Ferko vd. (2025); Elhenawy vd. (2025)	Yüzey sürtünme katsayısındaki azalma ve yetersiz bakım kazalara sebebiyet vermektedir. Yapay zekâ tabanlı yüzey izleme sistemleri riskli bölgeleri önceden belirleyebilmesine olanak sağlamaktadır.
7	Yoğun Yağış	Miller (2006); Pavlovich (2018); Roi vd. (2024); Setiyoko vd. (2024); Özbakır (2024); Ferko vd. (2025); Elhenawy vd. (2025)	Yoğun yağış pistte su birikmesine ve “aquaplaning” riskine yol açmaktadır. Drenaj kapasitesinin artırılması ve sensör tabanlı hava koşulu izleme sistemleri önerilmektedir.
8	Yetersiz Drenaj	Miller (2006); Pavlovich (2018); Setiyoko vd. (2024); Roi vd. (2024); Özbakır (2024); Ferko vd. (2025); Elhenawy vd. (2025)	Su tahliye yetersizliği pist yüzeyinde kalıcı nem ve kayma riskine neden olmaktadır. Drenaj sistemlerinin eğim tasarımı ve sensör destekli kontrolü güvenliği artırmaktadır.
9	Geç Müdahale Süresi	Miller (2006); Ugle vd. (2015); Pavlovich (2018); Özbakır (2024); Roi vd. (2024); Ferko vd. (2025); Elhenawy vd. (2025)	Müdahale gecikmesi yaralanma oranlarını artırmaktadır. Yapay zekâ destekli tespit sistemleri ve merkezi koordinasyon birimleri hızlı müdahaleyi sağlamaktadır.
10	Yetersiz İzleme Sistemi	Ugle vd. (2015); Pavlovich (2018); Setiyoko vd. (2024); Özbakır (2024); Ferko vd. (2025); Elhenawy vd. (2025)	İzleme sistemlerinin eksikliği kazaların erken tespitini engellemektedir. Sensör ve kamera tabanlı bütünleşik izleme altyapısı güvenliği güçlendirmektedir.

Tablo 1’de sunulduğu üzere mevcut çalışmalar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, Kahramanmaraş’ta tasarlanacak motor sporları pistinin güvenlik standartlarının yalnızca mühendislik boyutuyla değil insan, yönetim ve politika bileşenleriyle birlikte ele alınması gerektiği sonucuna varılmaktadır. Ugle vd. (2015) ile Roberts (2007) güvenlik politikalarının tarihsel temellerini, Setiyoko vd. (2024) ile Özbakır (2024) altyapısal uygulama yönlerini, Roi vd. (2024) ve Tollazzi vd. (2025) teknik güvenlik göstergelerini, Lippi ve Miller (2006–2007) fizyolojik değişkenleri, Pavlovich (2018) ise sürdürülebilir yönetim süreçlerini açıklamıştır. Dolayısıyla *Balık Kılçığı Yöntemiyle Bir Analiz* yaklaşımı, bu çok boyutlu bilgi birikimini birleştirerek Kahramanmaraş’ın coğrafi ve çevresel koşullarına uygun, uygulanabilir ve ölçülebilir bir güvenlik standardı oluşturma potansiyeline sahiptir.

Çalışmaların çoğunlukla mevcut pistlerin teknik standartlarının değerlendirilmesine, kaza analizlerine veya bireysel güvenlik özelliklerinin performansına odaklandığı görülmektedir. Bununla birlikte, literatürde, özellikle yerel coğrafi koşulları ve çevreyi dikkate alarak, planlama aşamasında motor sporları pist güvenliği gereksinimlerini sistematik olarak tanımlayan bütünsel çalışmaların eksikliği olduğu belirtilmektedir. Türkiye’de, motor sporları pist tasarımında uluslararası güvenlik standartlarını belirlemek için analitik ve çok değişkenli

yöntemler kullanan araştırmalarda önemli bir boşluk bulunmaktadır. Bu çalışma, Kahramanmaraş'ta inşa edilecek potansiyel bir motor sporları pistinin tasarım sürecinde güvenlik standartlarını tanımlayarak bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Mevcut çalışmalardan farklı olarak, bu çalışma, Balık Kılıçığı (Ishikawa) yöntemi kullanarak güvenliği etkileyen insan, makine, yöntem, malzeme, çevresel ve ölçüm faktörlerini bütünsel olarak analiz etmekte ve uluslararası güvenlik kriterlerini yerel koşullar bağlamında değerlendirmektedir. Bu bağlamda, çalışma, motor sporları pistlerinin planlama aşamasında kullanılabilir bir sistematik bir güvenlik belirleme modeli önererek literatüre benzersiz bir katkı sağlamaktadır.

Kavramsal Çerçeve

Motor sporları pistlerinde güvenlik konusu yalnız sürücülerin becerisi veya aracın teknik yeterliliğine bağlı değil çok boyutlu bir sistemdir. Pistlerde yaşanan kazalar genellikle birbirlerine bağlı şekilde fiziksel, teknik, insan sebebiyle yaşanmaktadır. Bu nedenle kavramsal çerçeve oluşturulurken güvenlik risklerinin farklı kategoriler altında sınıflandırılarak neden-sonuç ilişkisine dayalı bir biçimde açıklanması gerekmektedir.

Bu çalışmada Kahramanmaraş'ta tasarlanması planlanan olası motor sporları pistine ilişkin güvenlik standartları belirlenirken Balık Kılıçığı (Ishikawa) yöntemi temel alınmıştır. Bu yöntem, bir problemin ortaya çıkmasına neden olan unsurları sistematik biçimde analiz etmeyi ve her bir nedenin alt bileşenleriyle ilişkilendirilmesini sağlamaktadır. Böylece pistte meydana gelebilecek kazaların yalnızca sonuçları değil, kök nedenleri de belirlenebilmektedir.

Kavramsal çerçevenin temelinde, insan kaynaklı hatalarla makine arızaları, çevresel koşullar ve yönetsel yetersizliklerin birlikte ele alınması bulunmaktadır. Literatürde motor sporlarında güvenlik performansını etkileyen başlıca değişkenlerin bu bileşenler etrafında şekillendiği görülmektedir. Lippi vd. (2007) sürücü yorgunluğunun refleks sürelerini ve karar doğruluğunu azalttığını, Roi vd. (2024) dikkat dağınıklılığının kazaların önemli bir bölümünü oluşturduğunu, Ferko vd. (2025) ise fren ve lastik aşınması gibi teknik arızaların kazaların temel nedenlerinden biri olduğunu göstermiştir. Ayrıca Setiyoko vd. (2024) ile Özbakır (2024), drenaj sistemleri, pist yüzeyi ve sinyalizasyon eksikliklerinin çevresel riskleri artırdığını, Elhenawy vd. (2025) ise yetersiz izleme ve geç müdahale süreçlerinin güvenlik zincirinde kritik zayıf halkalar oluşturduğunu belirtmiştir.

Bu doğrultuda oluşturulan kavramsal çerçevede motor sporları pistlerinde güvenliği etkileyen başlıca faktörler; eğitim eksikliği, yorgunluk ve dikkat dağınıklılığı, fren arızası, lastik aşınması, yetersiz sinyalizasyon, kaygan pist yüzeyi, yoğun yağış, yetersiz drenaj, geç müdahale süresi ve yetersiz izleme sistemi olmak üzere on temel başlık altında incelenmiştir. Her bir başlık pistteki güvenlik risklerinin kökenini açıklamayı ve bu risklerin azaltılmasına yönelik stratejik öneriler geliştirmeyi hedeflemektedir.

Bu yapı yardımıyla Kahramanmaraş'ta önerilen pist tasarımı için geliştirilecek güvenlik modeli, yalnızca teknik uyumluluğa değil aynı zamanda davranışsal, çevresel ve yönetsel bütünlüğe dayalı bir yapı sunacaktır. Böylelikle çalışmanın kavramsal bölümü, risk faktörlerinin sistematik biçimde tanımlanmasına ve sonraki analiz adımlarına metodolojik bir temel oluşturacaktır.

Eğitim Eksikliği

Motor sporları pistlerinde meydana gelen kazaların önemli bir bölümü sürücülerin yetersiz eğitim düzeyiyle bağlantılıdır. Eğitim eksikliği teknik beceri ve güvenlik bilinci bakımından temel bir risk faktörü olarak değerlendirilmektedir. Roi vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada, sürücülerin yarış öncesi yeterli eğitim almamaları durumunda hatalı

frenleme, virajlarda dengesiz ağırlık transferi ve yanlış refleks hareketleri gibi davranışsal hataların arttığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde Lippi vd. (2007) sürücülerin fizyolojik stres yönetimi ve dayanıklılık eğitimlerinin eksikliğinin uzun yarış etaplarında dikkat azalmasına ve tepki süresinin uzamasına sebep olduğunu açıklamışlardır.

Ugle vd. (2015) tarafından yürütülen araştırmada, pist kazalarının azaltılmasında sürücü eğitim programlarının sürekliliğinin kritik öneme sahip olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada, sadece yarış öncesi eğitimlerin değil, pist koşullarına uygun dinamik simülasyon eğitimlerinin de sürücü performansını ve güvenlik farkındalığını güçlendirdiği belirtilmiştir. Bu bulgular, eğitim eksikliğinin doğrudan kazaya yol açan bir neden olmasa bile dolaylı biçimde risklerin şiddetini artırdığını göstermektedir. Eğitim eksikliği sadece sürücülerle sınırlı kalmamakta; pist personeli, teknik ekip ve acil müdahale birimlerinin de yeterli eğitim almaması durumunda güvenlik zincirinde kırılmalar yaşanabilmektedir. Pavlovich (2018) pist yönetiminde görev alan personelin periyodik olarak güncellenen güvenlik protokollerine tabi tutulmasının kazalara müdahale hızını artırdığını ve olası can kayıplarını azalttığını belirtmiştir. Ancak Elhenawy vd. (2025) birçok pistte personel eğitimlerinin düzensiz yürütüldüğünü ve müdahale prosedürlerinin yeterince standardize edilmediğini tespit etmişlerdir.

Kahramanmaraş'ta önerilen olası motor sporları pisti açısından eğitim eksikliği gerek sürücü gerekse teknik personel hem de organizasyonel seviyede ele alınması gereken bir husustur. Pistte görev alacak tüm paydaşların kapsamlı bir güvenlik ve performansına odaklanan eğitim programı tasarlanmalıdır. Ayrıca bu program FIA ve FIM standartlarıyla uyumlu bir biçimde sürdürülmelidir. Unutulmaması gereken diğer bir husus ise eğitim süreçlerinin sadece teorik biçimde değil simülasyon ve saha uygulamaları ile de desteklenmesidir. Bu yaklaşım ile sürücülerin ve personelin olası riskleri önceden bilmesi, insan kaynaklı hata oranlarının azalması ve pistin genel güvenlik seviyesinde artış sağlamış olacaktır.

Sonuç olarak, eğitim eksikliği motor sporları güvenliğini doğrudan etkileyen temel faktörlerden biridir. Bu sebeple Kahramanmaraş'ta kurulacak pistin güvenlik yönetim sisteminde eğitim politikaları, sürekli güncellenen, ölçülebilir ve kurumsal bir yapı olarak yer alması önemlidir.

Yorgunluk / Dikkat Dağılıklığı

Motor sporlarında insani faktörler olan yorgunluk ve dikkatsizlik sürücü performansını ve güvenliğini en çok etkileyen faktörlerdir. Yüksek hız, yoğun g-kuvveti, uzun süreli konsantrasyon gereksinimi insanlarda zihinsel ve fizyolojik yorgunluk sebebi olan bu şartlar, aynı zamanda reaksiyon süresini uzatarak hata oranını arttırmaktadır. Lippi vd.nin (2007) çalışmasında yarış süresince sürücülerin kalp hızı ve kas gücünün sürekli arttığı, buna bağlı olarak dikkat düzeyinde düşüş karar hatalarında artış gözlemlendiği tespit edilmiştir. Bu bulgu, uzun etaplı yarışlarda yorgunluğun kazaların başlıca tetikleyicilerinden biri olduğunu ortaya koymaktadır.

Roi vd. (2024) tarafından MotoGP yarışları üzerinde yürütülen çalışmada, sürücülerin yorgunlukla birlikte “lowside” tipi kaymalara daha fazla maruz kaldıkları ve hatalı frenleme reflekslerinin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca sürücülerin yarışın ilerleyen bölümlerinde hız kontrolü ve viraj içi konumlanma gibi ince motor becerilerinde belirgin düşüş yaşadıkları belirtilmiştir. Bu durum, yorgunluğun sadece fiziksel değil, aynı zamanda bilişsel performans üzerinde de ciddi etkiler yarattığını ortaya koymaktadır.

Yorgunluk ve dikkat dağılıklığının yalnızca yarış esnasında değil, yarış öncesi hazırlık süreçlerinde de etkili olduğu belirlenmiştir. Lavsi (2023) tarafından yapılan araştırmada, sürücülerin yarış öncesi uykusuzluk, yüksek gürültüye maruz kalma ve termal stres gibi

faktörler sebebiyle dikkat sürelerinin kısaldığı, bu durumun da yarışın ilk turlarında bile hata oranlarını artırdığı belirtilmiştir. Pavlovich (2018) ise sürücülerin fiziksel kondisyon eksikliğinin uzun yarış etaplarında bilişsel yorgunluğu hızlandırdığını ve bu nedenle pist güvenliği eğitimlerinde fiziksel dayanıklılığın da dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir. Buna bağlı dikkat dağınıklığı sadece bireysel değil organizasyonel bir sorundur. Elhenawy vd. (2025) tarafından geliştirilen yapay zekâ destekli izleme sistemlerinde, sürücülerin göz hareketleri, kafa pozisyonu ve tepki süreleri analiz edilerek yorgunluk düzeyleri gerçek zamanlı olarak tespit edilmiştir. Bu tür teknolojik sistemlerin Kahramanmaraş'ta önerilen pistte kullanılması, sürücülerin güvenli limitlerin dışına çıktığı anlarda otomatik uyarı sistemlerinin devreye girmesine olanak sağlayabilir.

Kahramanmaraş pistinin coğrafi koşulları, sıcak iklim yapısı ve uzun yarış etapları düşünüldüğünde yorgunluk ve dikkat dağınıklığı riskinin artabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle pist tasarımında sürücülerin dinlenme alanları, hava akışını artıran pist düzenlemeleri ve yarış öncesi tıbbi değerlendirme protokolleri oluşturulmalıdır. Aynı zamanda sürücüler için periyodik kondisyon testleri ve psikofizyolojik değerlendirmeler yapılmalıdır.

Sonuç olarak yorgunluk ve dikkat dağınıklığı, motor sporları güvenliğinde eğitim eksikliği kadar belirleyici bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle Kahramanmaraş'ta planlanacak pistte hem fiziksel hem bilişsel performans takibine dayalı bir izleme sistemi kurulmalı, yarış öncesi hazırlık süreçleri standardize edilmeli ve sürücü dayanıklılığı sürekli izlenebilir hale getirilmelidir.

Fren Arızası

Motor sporları pistlerinde meydana gelen kazaların en kritik teknik nedenlerinden biri fren arızasıdır. Fren sisteminin yüksek hız, aşırı sıcaklık ve tekrarlayan kullanım koşullarında maruz kaldığı mekanik stres, sistemin etkinliğini azaltmakta ve sürücü kontrolünü doğrudan etkilemektedir. Ferko vd. (2025) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, modern yarış araçlarında frenleme sistemlerinde kullanılan kompozit malzemelerin enerji emilimi bakımından önemli avantaj sağladığı fakat yetersiz soğutma ve bakım koşullarında bu malzemelerin performans kaybına yol açtığı ifade edilmiştir. Bu bulgu, fren sistemlerinin sadece tasarımsal olarak değil bakım döngüleri açısından da düzenli denetime ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Miller (2006) pist konfigürasyonunun fren sistemlerinin yük dağılımı üzerindeki etkisini incelemiş ve yüksek eğimli virajların, ani hız düşüşü gerektiren keskin dönüşlerin ve uzun düzlüklerin fren bileşenleri üzerindeki baskıyı artırdığını tespit etmiştir. Bu nedenle pist tasarımı ile fren sistemi performansı arasında doğrudan bir ilişki bulunduğu açıklanmıştır. Benzer şekilde çalışmada fren sistemindeki küçük bir arızanın dahi, yüksek hızlarda zincirleme kazalara yol açabileceği vurgulanmıştır.

Roi vd. (2024) tarafından yapılan MotoGP temelli araştırmada, fren arızalarının bilhassa viraj girişlerinde kontrol kaybına ve "lowside" tipi kazalara neden olduğu, bunun da sürücü yaralanmalarının önemli bir kısmını oluşturduğu gözlenmiştir. Bulgu, motosiklet pistlerinde fren performansının güvenlik bakımından oldukça hayati bir rol oynadığını göstermektedir. Ugle vd. (2015) ise FIA'nın güvenlik protokollerinde fren sistemlerinin yarış öncesi denetiminin zorunlu hale getirilmesiyle kaza oranlarında belirgin bir düşüş sağlandığını ifade etmiştir.

Buna karşılık, Setiyoko vd. (2024) pist altyapısında kullanılan malzemenin ve yüzey yapısının da frenleme etkinliğini etkilediğini belirtmiştir. Çalışmada, düşük sürtünme katsayısına sahip zeminlerin fren performansını azalttığı, drenaj yetersizliğinin de fren

mesafesini uzattığı ifade edilmiştir. Bu bağlamda pist zemin tasarımı, mekanik fren sistemlerinin güvenliğiyle doğrudan ilişkilendirilmektedir.

Kahramanmaraş'ta kurulması planlanan pist özelinde, fren arızasının önlenmesi için gerek mekanik gerekse çevresel faktörlerin bütüncül biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir. Pistteki eğim oranları, viraj açıları ve düz alan uzunlukları fren sistemlerinin dayanıklılığı göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Ayrıca yarış öncesi ve sonrası teknik denetim protokolleri oluşturulmalı; fren disk sıcaklık sensörleri, basınç ölçer sistemleri ve gerçek zamanlı izleme yazılımlarıyla donatılmış araçlar kullanılmalıdır.

Sonuç olarak, fren arızası motor sporları güvenliğinde hem teknik hem de operasyonel bir risk alanı oluşturmaktadır. Kahramanmaraş pistinin uluslararası standartlara uygun biçimde tasarlanabilmesi için fren sistemlerinin periyodik test edilmesi, pistin geometrik yapısının fren yükünü dengeleyecek şekilde düzenlenmesi ve araç izleme sistemlerinin sürekli aktif tutulması gerekmektedir. Bu önlemler, kazaların önlenmesinde kritik rol oynayacak ve pistin genel güvenlik düzeyini önemli ölçüde yükseltecektir.

Lastik Aşınması

Motor sporları pistlerinde güvenlik performansını etkileyen temel teknik unsurlardan biri lastik aşınmasıdır. Lastikler, aracın pistle tek temas noktası olmaları nedeniyle sürüş güvenliğinin en kritik bileşenleri arasındadır. Aşırı ısınma, yüzey sürtünmesi, hız, zemin yapısı ve viraj dinamikleri gibi faktörler lastiklerin mekanik dayanıklılığını azaltmakta ve sürüş stabilitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Ferko vd. (2025) tarafından yapılan çalışmada, lastik malzemesi ile pist yüzeyinin sürtünme katsayısı arasındaki ilişkinin kaza olasılığını belirleyen temel değişkenlerden biri olduğu belirtilmiştir. Çalışmada özellikle yüksek sıcaklık koşullarında lastiklerin elastikiyetini kaybettiği ve tutunma gücünün azaldığı açıklanmıştır.

Roi vd. (2024) tarafından MotoGP yarışları üzerinde yürütülen araştırmada, kazaların büyük bir kısmının lastik tutunma kaybı nedeniyle gerçekleştiği ortaya konmuştur. Çalışmada yarışın ilerleyen etaplarında aşınan lastiklerin viraj girişlerinde denge kaybına sebebiyet verdiği ve "lowside" tipi kazaların başlıca nedenlerinden biri haline geldiği ifade edilmiştir. Benzer biçimde Leonard (2005) pist tasarımındaki eğim değişimlerinin ve viraj açısı farklılıklarının lastik yük dağılımı üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu, bu nedenle pist geometrisinin lastik aşınma hızını doğrudan belirlediğini açıklamıştır.

Setiyoko vd. (2024) ise pist yüzeyinin malzeme özelliklerinin lastik ömrü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bulgular, yüzeyin düzgünlüğü, pürüz derinliği ve su drenaj kapasitesinin lastik sıcaklığını doğrudan etkilediğini göstermiştir. Çalışmada özellikle drenaj sistemlerindeki yetersizliklerin pistte su birikimine sebep olan lastik sürtünmesini de azalttığı dolayısıyla tutunma kaybını hızlandırdığı vurgulanmıştır. Bu bulgular, Kahramanmaraş'ın iklim koşullarında yaz aylarında yüksek sıcaklık ve kış aylarında yoğun yağış faktörlerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Ugle vd. (2015) FIA güvenlik yönergelerinde yarış öncesi lastik muayenesi ve basınç kontrollerinin zorunlu hale getirilmesinin kaza oranlarını azalttığını açıklamıştır. Pavlovich (2018) ise pist yönetiminde lastik takibi için dijital sensör sistemlerinin kullanılmasının gerek performans gerekse aşınmaya bağlı ani lastik patlamalarının önüne geçtiğini ifade etmiştir. Bu gibi sistemlerin gerçek zamanlı veri analizi yoluyla Kahramanmaraş pistinde de uygulanabilir olacağı düşünülmektedir.

Kahramanmaraş özelinde lastik aşınması sorunu, pistin zemin malzemesi, eğim oranı ve sıcaklık koşullarıyla doğrudan ilişkilidir. Pistte kullanılacak asfalt karışımı, yüksek sürtünmeli fakat lastik dostu bir yüzey oluşturacak şekilde planlanmalı; viraj giriş ve çıkışlarında yüzey

pürüzlülüğü homojenleştirilmelidir. Ayrıca pistin teknik bakım planına lastik test alanları ve yüzey sıcaklığı izleme istasyonları eklenmelidir.

Sonuç olarak lastik aşınması hem araç kontrolünü hem de sürücü güvenliğini doğrudan etkileyen bir faktördür. Bu nedenle Kahramanmaraş'ta kurulacak pistte lastik aşınmasını azaltmaya yönelik yüzey tasarımı, drenaj sistemleri ve sıcaklık yönetimi bütüncül bir yaklaşımla planlanarak dijital izleme sistemleriyle desteklenmelidir. Bu önlemler, pist güvenliği açısından uluslararası standartlarla uyumlu bir uygulama düzeyi sağlayacaktır.

Yetersiz Sinyalizasyon

Motor sporları pistlerinde güvenlik, çok boyutlu risk faktörlerini içeren ve profesyonel bir yönetim yaklaşımı gerektiren önemli bir konudur. Sinyalizasyon sistemi, sürücünün temas ve kaza gibi bir sorunla karşılaştığı noktalardaki ve akslardaki riskleri belirlemesi, buna uygun bir stres ve tepki üretmesini sağlayan bir sistemdir. Ancak, iyi tasarlanmamış ve yetersiz altyapıya sahip pistlerde düzgün uyarı veremeyen işaret ve sinyaller, zamanında uyarı ve ikaz, kaza önleme ve müdahale uyarısı ve müdahale prosedürleri açısından bir güvenlik açığı yaratmaktadır. Görüş mesafesinin düşük olduğu noktalarda ve kapalı alanlar ve ıslak zeminler gibi yerlerde uyarı sistemlerinin çalışmaması, sürücüler için yüksek riskli güvenlik sorunları yaratmaktadır.

Setiyoko vd. (2024) tarafından yapılan araştırmada, pist güvenliğinin sadece fiziksel altyapıyla değil bilgi ve iletişim sistemlerinin etkinliğiyle de ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada, Endonezya'daki yarış pistlerinde sinyalizasyon sistemlerinin teknolojik olarak güncel olmaması nedeniyle kazaların erken aşamada tespit edilemediği, bu durumun da zincirleme kazalara yol açtığı belirlenmiştir. Benzer biçimde Özbakır (2024) Türkiye'deki pistlerin büyük bir kısmında uyarı ışıklarının ve bayrak sistemlerinin standart dışı biçimde yerleştirildiğini, bu nedenle sürücülerin görsel uyarılara geç tepki verdiğini tespit etmiştir.

Elhenawy vd. (2025) tarafından geliştirilen yapay zekâ tabanlı izleme modeli, sinyalizasyon sistemlerinin otomatik olarak tehlike algılama ve uyarı üretme kapasitesine sahip olması gerektiğini göstermiştir. Çalışmada, pist üzerindeki sensörlerin anlık veri toplayarak olası kaza risklerini tespit ettiği ve sistemin sürücülere hem görsel hem de işitsel uyarılar gönderdiği bir model önerilmiştir. Bu tür akıllı sistemlerin yetersiz olduğu pistlerde ise kazaların yalnızca manuel gözlemlerle fark edilmesi nedeniyle müdahale süresinin uzadığı belirtilmiştir.

Roi vd. (2024) ile Ferko vd. (2025) çalışmalarında, sinyalizasyonun özellikle frenleme bölgeleri ve viraj girişlerinde kritik öneme sahip olduğunu ortaya koymuştur. Fren sisteminde veya lastiklerde oluşan ani arızaların diğer sürücülere zamanında bildirilememesi, zincirleme kazaların en önemli nedenlerinden biri olarak tanımlanmıştır. Pavlovich (2018) ise pist yönetiminde dijital sinyalizasyon sistemlerinin kullanılmasıyla hem kazaların azaldığını hem de pist operasyonlarının daha etkin biçimde yürütüldüğünü göstermiştir.

Kahramanmaraş özelinde, yetersiz sinyalizasyon riski pistin topografik yapısı ve iklim koşulları nedeniyle daha da önem kazanmaktadır. Özellikle sabah erken saatlerde ve yoğun yağış sonrası oluşabilecek görüş kısıtlılığı, uyarı sistemlerinin hem konumlandırma hem de parlaklık düzeyleri açısından optimize edilmesini gerektirmektedir. Pistte dijital LED uyarı panelleri, bayrak sistemiyle entegre sensör tabanlı göstergeler ve merkezi bir kontrol sistemi kullanılmalıdır. Ayrıca acil durumlarda otomatik olarak devreye giren ışıklı uyarı sistemleri ve telsiz bağlantılı iletişim ağı, sinyalizasyonun etkinliğini artıracaktır.

Sonuç olarak yetersiz sinyalizasyon, motor sporları pistlerinde kazaların erken uyarı mekanizmasını zayıflatan bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Kahramanmaraş pistinde uygulanacak güvenlik standartları kapsamında, sinyalizasyonun yalnızca görünürlük düzeyinde

değil veri temelli ve otomatik bir yapı içinde tasarlanması gerekmektedir. Böylece pist güvenliği, hem insan faktörüne bağlı hataları azaltacak hem de müdahale sürelerini asgari düzeye indirecek şekilde güçlendirilmiş olacaktır.

Kaygan Pist Yüzeyi

Motor sporları pistlerinde kazaların önemli bir kısmı pist yüzeyinin kayganlaşmasıyla ilişkilendirilmektedir. Pist yüzeyinin sürtünme katsayısı, aracın yola tutunma kapasitesini doğrudan belirlemekte ve özellikle yüksek hızla girilen virajlarda denge kaybına neden olabilmektedir. Bu durum, hem mekanik hem çevresel faktörlerin bir araya gelmesiyle oluşmakta ve sürücünün kontrol becerisi ne kadar yüksek olursa olsun kazaların kaçınılmaz hale gelmesine yol açmaktadır.

Setiyoko vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada, pist yüzeyinin yapısal özelliklerinin yarış güvenliği üzerindeki belirleyici rolü vurgulanmıştır. Çalışmada yüzeyin pürüz derinliği, eğim oranı ve su tahliye kapasitesinin yetersiz olduğu pistlerde kazaların daha sık meydana geldiği, özellikle ani yağış sonrası kayganlaşmanın sürücülerin frenleme mesafesini uzattığı tespit edilmiştir. Benzer biçimde Özbakır (2024), Türkiye'deki pistlerde yüzey malzemesinin uluslararası standartlara uygun olmamasının hem lastik aşınmasını hızlandırdığını hem de ıslak zeminlerde araç kontrolünü zorlaştırdığını ortaya koymuştur.

Ferko vd. (2025) tarafından yürütülen çalışmada, zemin kaplamasında kullanılan asfalt karışımının içeriğindeki bağlayıcı oranının sıcaklıkla birlikte sürtünme katsayısını önemli ölçüde değiştirdiği belirtilmiştir. Özellikle yüksek sıcaklıklarda pist yüzeyinin lastik artıklarıyla kaplanmasının mikro kayganlık yarattığı ve bu durumun viraj içi dengeyi bozduğu görülmüştür. Roi vd. (2024) ise MotoGP yarışlarında pist sıcaklığı arttıkça sürücülerin viraj içi tutunma kabiliyetinin azaldığını ve kayma tipi kazaların arttığını tespit etmiştir.

Kaygan pist yüzeyi sorunu sadece fiziksel malzeme özelliklerinden değil bakım süreçlerinin yetersizliğinden de kaynaklanabilmektedir. Pavlovich (2018), pist yüzeyinin düzenli olarak temizlenmemesi halinde yağ, lastik artığı ve yakıt kalıntılarının zeminde birikerek sürtünmeyi azalttığını; bu nedenle pist bakım protokollerinin yarış öncesi kadar yarış aralarında da uygulanması gerektiğini ifade etmiştir. Elhenawy vd. (2025) ise yapay zekâ tabanlı izleme sistemlerinin pist yüzeyindeki nem oranını, sıcaklık değişimlerini ve sürtünme dengesizliklerini anlık olarak algılayabildiğini, bu sistemlerin kayganlık kaynaklı kazaları önlemede etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Kahramanmaraş iklim koşulları düşünüldüğünde pist yüzeyinin kayganlaşması önemli bir risk oluşturmaktadır. Yaz aylarında yüksek sıcaklığa bağlı zemin yumuşaması, kış ve bahar aylarında ise yoğun yağış sonucu oluşan su birikintileri pist tutunmasını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, pist tasarımında yüksek drenaj kapasitesine sahip zemin malzemeleri tercih edilmeli, yüzey pürüzlülüğü belirli standartlar çerçevesinde korunmalı ve pistin eğim sistemi su tahliyesini kolaylaştıracak şekilde planlanmalıdır.

Sonuç olarak kaygan pist yüzeyi, motor sporları güvenliğini tehdit eden temel çevresel faktörlerden biridir. Kahramanmaraş'ta inşa edilmesi planlanan pistte zemin kaplama seçimi, drenaj sistemi, bakım planlaması ve sensör tabanlı yüzey izleme teknolojileri entegre bir biçimde uygulanmalıdır. Bu önlemler, pistin farklı hava koşullarında dahi optimum sürtünme düzeyini korumasını sağlayarak sürücü güvenliğini uluslararası standartlara uygun biçimde güvence altına alacaktır.

Yoğun Yağış

Motor sporları pistlerinde güvenlik performansını olumsuz yönde etkileyen temel çevresel faktörlerden biri yoğun yağış koşullarıdır. Yağış miktarının artmasıyla birlikte pist

yüzeyinde su birikmesi, sürtünme katsayısının düşmesi ve görüş mesafesinin azalması, sürücülerin kontrol kabiliyetini ciddi biçimde sınırlandırmaktadır. Bu durum özellikle viraj girişlerinde, frenleme noktalarında ve hızlanma bölgelerinde aracın dengesini bozarak kayma ve çarpışma riskini artırmaktadır. Campillo-Recio vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, yağışlı koşullarda yarışların %37,11'ünde "lowside" tipi kazaların meydana geldiği ve bu kazaların büyük bölümünün ani su birikintileriyle bağlantılı olduğu tespit edilmiştir.

Setiyoko vd. (2024) tarafından yapılan araştırmada, pist tasarımında yoğun yağış koşullarının dikkate alınmamasının yarış güvenliğini doğrudan tehdit ettiği belirtilmiştir. Çalışmada Endonezya'daki pistlerde drenaj sistemlerinin yetersizliği nedeniyle yağış sonrası yüzeyin uzun süre ıslak kaldığı ve bu durumun yarışların ertelenmesine ya da iptaline yol açtığı rapor edilmiştir. Benzer biçimde Özbakır (2024), Türkiye'deki pistlerde yağış sonrası yüzey kuruma süresinin uzun olmasının güvenlik riskini artırdığını, pistin su tahliye eğimlerinin uluslararası standartlara göre düzenlenmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Ferko vd. (2025) tarafından gerçekleştirilen teknik analizde, yağışın yoğun olduğu pistlerde lastiklerin su tahliye kanallarının performansının güvenlik üzerinde belirleyici olduğu açıklanmıştır. Çalışmada, aşırı su birikiminin lastik yüzeyinde "aquaplaning" etkisine sebebiyet verdiği ve aracın pistle temasını tamamen keserek sürücünün kontrolünü kaybetmesine neden olduğu açıklanmıştır. Miller (2006) ise pist konfigürasyonundaki ani eğim değişimlerinin ve uzun düzlüklerin yağış sırasında su birikmesine neden olduğunu, bu durumun pistin genel güvenlik düzeyini düşürdüğünü belirtmiştir.

Pavlovich (2018), pist işletmelerinin yoğun yağışlı dönemlerde yarış planlamasını meteorolojik tahminlerle entegre biçimde yürütmesinin gerekliliğini vurgulamıştır. Ayrıca pistte yağmur sensörleri, nem ölçer sistemleri ve yüzey sıcaklığı izleme cihazlarının kullanılması önerilmiştir. Elhenawy vd. (2025) bu tür teknolojik sistemlerin yapay zekâ destekli izleme modelleriyle birleştirilmesi durumunda yağışın pist güvenliği üzerindeki etkilerinin önceden tahmin edilebileceğini ve otomatik uyarı sistemlerinin devreye alınabileceğini ortaya koymuştur.

Kahramanmaraş coğrafi yapısı ve iklim koşulları sebebiyle mevsimsel olarak yoğun yağışlara maruz kalabilmektedir. Bu nedenle, pist tasarımında yüksek drenaj kapasitesine sahip bir alt yapı sistemi kurulmalı, yağmur suyunun hızlıca tahliye edilmesini sağlayacak eğim oranları uygulanmalı ve pist yüzeyi su tutmayan geçirgenliği yüksek asfalt karışımlarıyla kaplanmalıdır. Ayrıca pist yönetimi, yarış öncesinde meteorolojik risk analizi yapmalı ve yağış şiddetine bağlı olarak yarış modlarını (kuru, ıslak, tehlikeli pist koşulu) otomatik biçimde güncelleyebilecek dijital karar destek sistemlerini devreye almalıdır.

Sonuç olarak yoğun yağış, pist yüzeyinin kayganlaşmasına, görüş mesafesinin azalmasına ve lastik tutunmasının düşmesine neden olarak motor sporları güvenliğini önemli ölçüde zayıflatmaktadır. Kahramanmaraş'ta inşa edilmesi planlanan pistte bu riskin azaltılabilmesi için drenaj altyapısı, yüzey malzemesi, yarış planlaması ve dijital izleme sistemleri birlikte tasarlanmalı; yağışa bağlı güvenlik riskleri önceden öngörülerek proaktif bir güvenlik yönetimi yaklaşımı benimsenmelidir.

Yetersiz Drenaj

Motor sporları pistlerinde güvenlik performansını doğrudan etkileyen en kritik çevresel ve yapısal faktörlerden biri drenaj yetersizliğidir. Drenaj sistemi, pist yüzeyinde biriken suyun etkin biçimde tahliye edilmesini sağlayarak araçların pistle temasını koruması açısından hayati öneme sahiptir. Dolayısıyla yetersiz drenaj, sadece su birikintilerine neden olmakla kalmaz, aynı zamanda pist yüzeyinin bozulmasına, asfalt tabakasının çatlamasına ve sürtünme

katsayısının düşmesine yol açabilmektedir. Bu sebeple drenaj altyapısının tasarımı, pist güvenliği kadar pistin uzun ömürlülüğü açısından da belirleyici bir unsurdur.

Setiyoko vd. (2024) tarafından yürütülen araştırmada, Endonezya'daki pistlerde yetersiz drenaj sistemlerinin yoğun yağış sonrası pistin belirli bölümlerinde su birikmesine neden olduğu, bu durumun yarışların ertelenmesine ve kazaların artmasına yol açtığı belirtilmiştir. Çalışmada drenaj kapasitesinin pistin eğim oranı, yüzey malzemesi ve zemin geçirgenliğiyle doğrudan ilişkili olduğu, bu unsurların bütüncül bir şekilde tasarlanması gerektiği vurgulanmıştır. Benzer biçimde Özbakır (2024), Türkiye'deki mevcut pistlerde drenaj altyapısının standartlara uygun biçimde inşa edilmemesi nedeniyle pist yüzeyinin kuruma süresinin uzadığını ve bunun güvenlik riskini artırdığını ortaya koymuştur.

Ferko vd. (2025) drenaj yetersizliğinin frenleme mesafesini uzattığını, suyun lastik dışlarında birikmesi sonucu "aquaplaning" etkisinin oluştuğunu ve sürücünün pistle bağlantısını kaybettiğini belirtmiştir. Roi vd. (2024) tarafından yapılan analizde ise, yağış sonrası pist yüzeyinde kalan nemin yarışın ilerleyen turlarında kayma tipi kazaları artırdığı ifade edilmiştir. Bu bulgular, drenajın yalnızca ilk su tahliyesiyle değil, yarış boyunca yüzeydeki nem dengesinin korunmasıyla da ilişkilendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Miller (2006) pist konfigürasyonunun drenaj etkinliği üzerindeki etkisini değerlendirmiş ve yanlış eğim tasarımının suyun pistin merkezine yönelmesine yol açtığını tespit etmiştir. Pavlovich (2018) ise pist bakım planlamasında drenaj kanallarının düzenli olarak temizlenmemesinin sistem verimliliğini azalttığını ve pist zemininde mikroskobik düzeyde su filmi oluşumuna neden olduğunu vurgulamıştır. Elhenawy vd. (2025) tarafından önerilen yapay zekâ tabanlı izleme modelinde drenaj hatlarının nem sensörleriyle donatılarak gerçek zamanlı veri toplaması ve sistemin drenaj kapasitesine göre otomatik temizlik ya da uyarı protokollerini devreye sokması gerektiği belirtilmiştir.

Kahramanmaraş'ın topoğrafyası ve iklim yapısı göz önünde bulundurulduğunda, yetersiz drenaj olasılığı pist güvenliği açısından kritik bir risk oluşturmaktadır. Özellikle eğimli ve yağışlı bölgelerde, pistin yüzey eğimi ve alt tabaka geçirgenliği dikkatle hesaplanmalıdır. Drenaj sistemi yalnızca pistin çevresinde değil, viraj içi ve düz hatlarda da su tahliyesini hızlandıracak biçimde planlanmalıdır. Ayrıca pist kenarlarında yağmur suyu kanalları, alt zemin filtreleme sistemleri ve su geri dönüş üniteleri kullanılmalıdır.

Sonuç olarak yetersiz drenaj, pist güvenliğiyle doğrudan ilişkili yapısal bir sorun olup motor sporları kazalarının önemli bir kısmını dolaylı olarak tetiklemektedir. Kahramanmaraş'ta kurulması planlanan pistte drenaj sistemi, tasarım aşamasından itibaren bütünsel bir mühendislik süreciyle ele alınmalı; yüzey eğimi, malzeme seçimi ve sensör tabanlı izleme sistemleriyle desteklenmelidir. Böylece pistin her koşulda kuru, dayanıklı ve uluslararası standartlara uygun kalması sağlanarak güvenlik performansı en üst düzeye çıkarılacaktır.

Geç Müdahale Süresi

Motor sporları pistlerinde güvenlik zincirinin en zayıf halkalarından biri, kazalar sonrası gerçekleşen müdahale süresinin gecikmesidir. Geç müdahale süresi, hem yaralanmaların şiddetini artırmakta hem de ikinci derece kazaların meydana gelme riskini yükseltmektedir. Müdahale hızını belirleyen unsurlar arasında pistteki izleme altyapısının etkinliği, acil durum ekiplerinin koordinasyonu, iletişim sistemlerinin güvenilirliği ve pist düzeninin uygunluğu yer almaktadır. Bu unsurlardan herhangi birinin aksaması, saniyeler içinde kritik sonuçlar doğurabilmektedir.

Pavlovich (2018) tarafından yürütülen araştırmada, motor sporları tesislerinde müdahale süresinin güvenlik performansı üzerindeki belirleyici etkisi vurgulanmıştır. Çalışmada pist içinde ambulans ve kurtarma araçlarının konumlandırılma planlarının müdahale hızını

doğrudan etkilediği, bazı pistlerde ilk yardım ekiplerinin olay yerine ulaşmasının 90 saniyeyi geçtiği tespit edilmiştir. Elhenawy vd. (2025) tarafından geliştirilen yapay zekâ destekli izleme sistemi, kazaları sensör verileri üzerinden otomatik olarak tespit ederek en yakın acil müdahale birimine anında bildirim göndermekte ve insan kaynaklı gecikmeleri ortadan kaldırmaktadır. Bu tür teknolojik sistemlerin kullanılmadığı pistlerde ise müdahale sürelerinin ortalama iki kat daha uzun olduğu belirtilmiştir.

Ugle vd. (2015) FIA güvenlik yönergelerinde, yarışlarda tıbbi ve teknik müdahale süresinin 60 saniyeyi geçmemesi gerektiğini ve pistlerin bu standardı sağlayacak şekilde tasarlanmasının zorunlu olduğunu belirtmiştir. Buna karşın Özbakır (2024), Türkiye’deki bazı pistlerde acil durum ekipmanlarının ve personel sayısının bu kriterlerin altında kaldığını, pist içi ulaşım yollarının darlığının ve ekip koordinasyon eksikliğinin müdahale sürelerini uzattığını ortaya koymuştur.

Roi vd. (2024) tarafından yapılan MotoGP verileri analizinde, kazalar sonrası ilk 30 saniye içinde müdahale edilen sürücülerin yaralanma şiddetinin %45 oranında azaldığı saptanmıştır. Bu veri, zaman faktörünün doğrudan hayati bir parametre olduğunu açıkça gözler önüne sermektedir. Ferko vd. (2025) ise pistlerde kurtarma araçlarının ve tıbbi birimlerin sayısının, pist uzunluğu ve viraj yoğunluğuna göre planlanması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca Miller (2006) pist konfigürasyonunun, özellikle dar virajlı ve yüksek hız bölümlerinde müdahale araçlarının erişimini zorlaştırdığını, bu nedenle pist geometrisinin güvenlik ekiplerinin ulaşımını destekleyecek biçimde tasarlanması gerektiğini ifade etmiştir.

Kahramanmaraş pistinin coğrafi ve topografik özellikleri dikkate alındığında, acil müdahale süresi bakımından stratejik konumlandırma oldukça önemlidir. Pist boyunca çoklu acil durum noktaları oluşturulmalı, her noktada ambulans, itfaiye aracı ve güvenlik personeli hazır bulundurulmalıdır. Ayrıca pistin merkezinde entegre bir “Acil Durum Koordinasyon Merkezi” kurulmalı, bu merkez pistin tüm bölgelerinden gelen sensör verilerini gerçek zamanlı olarak izlemelidir. Elhenawy vd. (2025) tarafından önerilen sensör tabanlı sistemlerle entegre edilen otomatik bildirim ağı, kaza algılandığı anda en yakın müdahale birimini harekete geçirecek şekilde yapılandırılmalıdır.

Sonuç olarak geç müdahale süresi, pist güvenliği bakımından en kritik ve hayati parametrelerden birisidir. Kahramanmaraş’ta kurulacak pistte müdahale süresini azaltmak için fiziksel konumlandırma, dijital izleme teknolojisi, personel eğitimi ve iletişim altyapısı bir bütün olarak ele alınmalı; bu unsurların eşgüdümü uluslararası güvenlik standartlarına uygun biçimde sağlanmalıdır. Böylelikle kazalar sonrası hızlı, etkili ve koordineli bir müdahale sistemi oluşturularak can kaybı ve yaralanma riski en aza indirilebilecektir.

Yetersiz İzleme Sistemi

Motor sporları pistlerinde güvenlik yönetiminin etkinliği büyük ölçüde izleme sistemlerinin gelişmiş olmasıyla bağlantılıdır. Yetersiz izleme sistemleri, pistte meydana gelen olayların erken tespitini engelleyerek hem kazaların önlenmesini zorlaştırmakta hem de müdahale süreçlerinde gecikmelere sebep olmaktadır. Modern pistlerde sürücü davranışlarını, araç performansını ve çevresel koşulları sürekli olarak izleyen sensör tabanlı sistemlerin kullanımı zorunluluk haline gelmiştir. Ancak birçok pistte bu sistemler ya sınırlı kapasiteyle çalışmakta ya da manuel gözleme dayalı süreçlerle desteklenmektedir.

Elhenawy vd. (2025) çalışmalarında yapay zekâ destekli görüntü-dil modeli, izleme sistemlerinin yalnızca pasif bir gözlem aracı olmaktan çıkıp aktif bir karar destek sistemleri haline gelmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Çalışmada sistemin araç hızını, pist yüzeyi durumunu ve sürücü refleks davranışlarını anlık olarak analiz ettiği, olası risk durumlarında

otomatik uyarı protokolleri başlattığı belirtilmiştir. Bu bulgular, ileri düzey izleme teknolojilerinin kazaları önceden tahmin etme kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir.

Pavlovich (2018) pist güvenliği yönetiminde izleme sistemlerinin yetersizliğinin genellikle bakım eksikliği ve personel eğitimindeki yetersizliklerden kaynaklandığını ifade etmiştir. Çalışmada birçok pistte kameraların görüş açıları ile sensörlerin kapsama alanlarının yeterince planlanmadığı, bunun da kör noktalar oluşturduğu vurgulanmıştır. Ugle vd. Dolas (2015) ise FIA tarafından belirlenen güvenlik protokollerinde pistin tüm bölümlerinin yüksek çözünürlüklü kameralarla izlenmesinin ve bu görüntülerin anlık olarak merkez kontrol birimine aktarılmasının zorunlu kılındığını ifade etmiştir.

Setiyoko vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada, pistlerde izleme sistemlerinin yalnızca yarış sırasında değil bakım ve denetim süreçlerinde de aktif olarak kullanılmasının gerekliliği üzerinde durulmuştur. Özbakır (2024) ise Türkiye’deki pistlerde mevcut izleme altyapısının büyük ölçüde manuel kontrol sistemlerine dayandığını, bunun da acil durumlarda karar alma sürecini yavaşlattığını ortaya koymuştur. Ferko vd. (2025) tarafından yapılan analizde ise izleme sistemlerinden gelen verilerin gerçek zamanlı olarak fren basıncı, lastik sıcaklığı ve zemin sürtünme katsayısı gibi değişkenlerle ilişkilendirilmesinin, kazaların önlenmesinde kritik bir rol oynadığı açıklanmıştır.

Kahramanmaraş’ta kurulması planlanan motor sporları pistinde, izleme sistemlerinin bütüncül bir dijital altyapı üzerinde kurgulanması gerekmektedir. Pistte hem araç tabanlı sensörlerden hem de pist kenarına yerleştirilen kameralar ve nem, sıcaklık, sürtünme gibi çevresel sensörlerden veri toplanmalıdır. Bu veriler, merkezi bir ***“Güvenlik İzleme ve Koordinasyon Merkezi”** yardımıyla analiz edilerek sistem, risk tespiti durumunda otomatik olarak sinyalizasyon sistemini ve acil müdahale birimlerini devreye sokmalıdır. Ayrıca pist personelinin bu sistemlerin kullanımına yönelik düzenli eğitim alması ve bakım protokollerinin belirli aralıklarla güncellenmesi zorunlu olmalıdır.

Sonuç olarak yetersiz izleme sistemi, motor sporları pistlerinde güvenliğin sürdürülebilirliğini zayıflatan temel bir yönetsel eksikliklerdir. Kahramanmaraş pistinde bu eksikliğin giderilebilmesi için yapay zekâ destekli, çok kaynaklı ve entegre bir izleme altyapısının kurulması gerekmektedir. Bu yaklaşımla olası kazalar önceden tahmin edilebilecek, müdahale süreçleri hızlanacak ve pistin genel güvenlik seviyesi uluslararası standartlarla uyumlu bir düzeye yükseltilecektir.

Yöntem

Bu çalışmada Kahramanmaraş’ta olası bir motor sporları pistinin güvenlik standartlarının belirlenmesi amacıyla balık kılıcı (Ishikawa) yöntemi kullanılmıştır. Yöntem bir problemin temel nedenlerini sistematik biçimde ortaya koyan görsel ve analitik bir araçtır. Motor sporları gibi çok faktörlü bir sistemde güvenlik, sadece teknik donanım ya da sürücü becerisiyle açıklanamayacağı için neden-sonuç ilişkilerinin bütüncül olarak analiz edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, çalışma nitel uzman görüşlerine dayalı risk tanımlaması ve nicel ağırlıklandırma adımlarını bir arada kullanmaktadır.

Araştırmada süreç iyileştirme analiz yöntemlerinden biri olan Balık Kılıcı Analizi kullanılmıştır. Belirli bir sorun ya da durumun olası nedenlerini belirlemek amacıyla kullanılan yöntemde ilgili problemle ilişkili toplanan veriler doğrultusunda, probleme yol açan temel kaynaklar tespit edilmekte ve elde edilen sonuçlarla bu sonuçlara neden olan faktörler arasındaki ilişkiler görsel biçimde ortaya konulmaktadır (Atalay & Kılıç, 2015).

Bu doğrultuda, yürütülen araştırma nitel ve betimsel bir özelliktedir. Sebep-sonuç diyagramı, belirli bir sorun ya da durumun ortaya çıkmasına neden olabilecek muhtemel

etkenleri belirlemede kullanılan bir analiz aracıdır (Worch vd., 2010). İstatistiksel yöntemlerden yararlanılarak, elde edilen sonuçlar üzerinden olayın nedenlerine ulaşılabilir; bu sonuçlarla nedenler arasındaki ilişkiler analiz edilerek görsel biçimde ortaya konulabilmektedir (Gutiérrez & Lozano, 2020).

Diyagramın şekli balık kılıçığını andırdığı için, bu yapı balık kılıçığı diyagramı ya da balık kılıçığı grafiği olarak da isimlendirilmektedir. Ishikawa diyagramı, belirli bir probleme yol açan tüm olası faktörleri sistematik biçimde inceleyerek, sonucu en çok etkileyen unsurları belirlemeye ve iyileştirme sürecine yön vermeye olanak tanıyan bir tekniktir. Bu yöntem, Japon kalite yönetimi uzmanı Kaoru Ishikawa tarafından geliştirilmiş ve karar verme süreçlerinde kullanılmak üzere literatüre kazandırılmıştır (Ölmez vd., 2021; Jagusiak-Kocik, 2023; Ishikawa, 1976). Ishikawa diyagramı, bireysel problemlerin yanı sıra kurumsal düzeydeki konulara da uygulanabilen; uygulanması kolay, kapsamlı ve etkili bir problem çözme aracı olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, beyin fırtınası yöntemiyle birlikte kullanıldığında daha verimli ve güçlü sonuçlar elde edilmektedir.

Yöntemin Amacı ve Uygunluğu

Balık kılıçığı (Ishikawa) yönteminin tercih edilmesinin temel nedeni, motor sporları güvenliğinin çok sayıda teknik, çevresel ve insani faktörün etkileşimiyle şekillenmesidir. Bu yöntem, söz konusu faktörler arasındaki neden-sonuç ilişkilerini sistematik ve görsel bir çerçevede ortaya koyarak karmaşık risk yapılarının analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu yönüyle, pist güvenliğinin bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi açısından uygun bir analiz aracı sunmaktadır.

Balık kılıçığı metodolojisi, özellikle az sayıda uzmanın uzmanlaşmasını gerektiren çok değişkenli risklerin anketini tanımak için etkili bir çözüm olarak kendini kanıtlamıştır. Literatürde Lippi vd. (2007), Gervasi (2020), Roi vd. (2024) ve Ferko vd. (2025) motor sporlarında kazaların çoklu faktörler tarafından belirlendiğini gösteren çalışmalardır. Bu nedenle, bu metodolojinin amacı, tüm ana kategorilerden ve buna bağlı alt kategorilerden sorumlu tüm başlıkları tespit ederek sistematik bir neden-sonuç modeli oluşturmaktır. Kahramanmaraş'ta önerilen pist henüz planlama aşamasında olduğundan, alandaki gözlemlerimiz yerine uzman mülakatlarına dayalı analiz yapılmıştır.

Veri Toplama Süreci

Veri toplama süreci iki aşamalı olarak yürütülmüştür. İlk aşamada literatür taraması sonucunda on temel güvenlik faktörleri yazındaki çalışmalara göre belirlenmiştir. Belirlenen bu faktörler; insan, makine, yöntem, malzeme, çevre ve ölçüm başlıkları altında sınıflandırılmıştır. İkinci aşamada, motor sporları alanında deneyimli akademisyenler, mühendisler ve organizasyon temsilcilerinden oluşan sınırlı sayıda uzmanın (N=5) görüşleri alınmıştır. Uzmanlardan her bir alt faktörü 1-5 arası bir ölçekle değerlendirmeleri istenmiştir. Değerlendirme sonuçları, yüklediğiniz Excel tablosunda (balık kılıçığı uygulama. xlsx) yer alan şekilde ortalama, standart sapma ve yüksek risk oranı (≥ 4 puan) biçiminde özetlenmiştir.

Bu araştırmada uzman görüşlerine dayalı değerlendirme yaklaşımı benimsenmiştir. Uzman grubunun belirlenmesinde motor sporları, mühendislik, güvenlik yönetimi ve organizasyon alanlarında deneyime sahip kişiler tercih edilmiştir. Çalışmaya toplam beş uzman (N=5) dahil edilmiştir. Uzman sayısının sınırlı tutulmasının temel nedeni, Balık Kılıçığı analizinin derinlemesine nitel değerlendirme gerektiren bir yöntem olması ve alanında uzman kişilerin erişilebilirliğinin sınırlı olmasıdır. Bu nedenle araştırma sonuçları genellenebilirlikten ziyade keşifsel değerlendirme kapsamında ele alınmalıdır.

Makine kategorisinde fren arızası (3,8) ve lastik aşınması (3,6) orta düzey risk grubunda yer almıştır.

Yöntem kategorisinde yetersiz sinyalizasyon (2,4) düşük risk düzeyinde değerlendirilirken, çevresel faktörler arasında yoğun yağış (1,2), yetersiz drenaj (1,4) ve kaygan pist yüzeyi (2,8) en düşük ortalama değerlere sahip değişkenler olmuştur. Ölçüm kategorisinde ise geç müdahale süresi (1,6) ve yetersiz izleme sistemi (2,8) güvenlik zincirinde zayıf halkalar olarak belirlenmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde risklerin öncelikle insan faktörü kaynaklı olduğu, teknik ve çevresel faktörlerin ise ikincil düzeyde risk oluşturduğu görülmektedir. Bu yöntemle, hem sınırlı uzman görüşlerine dayalı risk analizlerinde hem de gelecekte yapılacak nicel araştırmalar için temel oluşturmayı amaçlayan ön araştırma niteliğindedir.

Sonuç, Tartışma, Kısıt ve Öneriler

Bu araştırmada Kahramanmaraş'ta olası bir motor sporları pistinin güvenlik standartlarının belirlenmesi amacıyla Balık Kılıçığı yöntemi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında insan, makine, yöntem, malzeme, çevre ve ölçüm kategorileri altında yer alan on temel güvenlik faktörü sistematik biçimde analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular pist güvenliği üzerinde en belirleyici etkilerin insan kaynaklı unsurlardan meydana geldiğini göstermiştir. Bilhassa eğitim eksikliği 4,8 ve yorgunluk ile dikkat dağınıklığı 4,6 değişkenleri en yüksek ortalamaya sahip risk alanları olarak öne çıkmıştır. Bu durum Roi vd. (2024) ile Lippi vd. (2007) tarafından yapılan araştırmalarla da örtüşmekte ve sürücülerin teknik eğitim düzeyi ile psikofizyolojik yeterliliğinin güvenlik performansını doğrudan belirlediğini ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla Kahramanmaraş'ta planlanacak pistte insan faktörüne dayalı eğitim ve farkındalık süreçleri güvenlik sisteminin merkezinde yer almalıdır.

Makine kategorisinde ise fren arızası 3,8 ve lastik aşınması 3,6 faktörlerinin yüksek değerler aldığı görülmüştür. Ferko vd. (2025) ile Miller (2006) tarafından yapılan çalışmalarda benzer biçimde mekanik arızaların pist güvenliğini doğrudan tehdit ettiği ve bilhassa fren sistemlerinde aşırı ısınmanın kazaların temel sebebi olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca lastik aşınmasının pist yüzeyiyle etkileşimi sürüş dengesi üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu nedenle araç bakım döngülerinin düzenli olarak planlanması ve fren ile lastik performansının sensör tabanlı sistemlerle izlenmesi önerilmektedir.

Yöntem kategorisinde değerlendirilen yetersiz sinyalizasyon 2,4 ortalama değeri bakımından düşük görünse de sistemsel güvenlik açısından büyük önem taşımaktadır. Elhenawy vd. (2025) tarafından geliştirilen yapay zekâ destekli izleme sistemleri bu tür altyapı eksikliklerinin kazaları tetikleyebileceğini göstermiştir. Dijital uyarı sistemlerinin kurulması ve görsel sinyallerin gerçek zamanlı veriyle desteklenmesi pist güvenliğini artıracaktır.

Çevresel faktörler arasında yoğun yağış 1,2, kaygan pist 2,8 ve yetersiz drenaj 1,4 değişkenleri düşük puan almıştır fakat Setiyoko vd. (2024) ile Özbakır (2024) tarafından yapılan çalışmalar drenaj yetersizliğinin pist yüzeyinde su birikimine neden olarak kayma riskini artırdığını göstermektedir. Bu nedenle pist tasarımında drenaj kapasitesi yüksek malzemeler kullanılmalı ve yüzey eğimi suyun hızlı tahliyesine olanak sağlayacak biçimde planlanmalıdır.

Ölçüm kategorisinde yer alan geç müdahale süresi 1,6 ve yetersiz izleme sistemi 2,8 faktörleri güvenlik zincirinin zayıf halkaları olarak tanımlanmıştır. Pavlovich (2018) ve Elhenawy vd. (2025) tarafından yapılan çalışmalar kazaların ardından ilk 60 saniye içinde müdahale edilmediği durumlarda yaralanma oranlarının ciddi biçimde arttığını ortaya koymuştur. Bu nedenle pistte çoklu acil durum noktaları oluşturulmalı ve olay algılandığında

en yakın müdahale birimini otomatik olarak harekete geçiren sensör tabanlı sistemler devreye alınmalıdır.

Çalışmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. İlk olarak veri toplama süreci yalnızca beş uzmanın değerlendirmelerine dayanmıştır. Bu durum sonuçların genellenebilirliğini sınırlamaktadır. Ayrıca pist henüz inşa edilmediği için gözlemsel veriler elde edilememiştir ve analizler varsayımsal koşullar üzerinden yürütülmüştür. Bununla beraber iklimsel veriler uzun dönemli ortalamalar yerine literatür temelli tahminlerle değerlendirilmiştir. Son olarak önerilen dijital sistemler uygulama aşamasında test edilmemiştir. Ancak bu kısıtlar yönetsel geçerliliği zayıflatmamakta ve modelin kavramsal bütünlüğünü korumaktadır.

Elde edilen bulgular doğrultusunda Kahramanmaraş'ta kurulması planlanan motor sporları pistine yönelik birtakım öneriler geliştirilmiştir. Uluslararası standartlara uyumlu olacak şekilde, sürücüler ve teknik ekipler için sürekli eğitim programları hazırlanmalı aynı zamanda simülasyon destekli uygulamalar ile desteklenmelidir. Sürücü yorgunluğunun önlenmesi amacıyla biyosensör tabanlı izleme teknolojileri kullanılarak yarış öncesi fiziksel uygunluk testleri yapılmalıdır. Araçların bakım süreçleri dijital platformlar yardımı ile izlenerek, lastik ve fren sistemleri için sıcaklık ile basınç sensörleri entegre edilmelidir. Pist drenaj altyapısı yüksek geçirgenlikte özelliklere sahip malzemelerle güçlendirilmeli ayrıca yağış sensörleri aracılığıyla yüzey suyu kontrolü sağlanmalıdır. Sinyalizasyon sistemleri dijital bir hal almalı yapay zekâ ile desteklenerek izleme altyapısına entegre edilmelidir. Pistte hızlı erişim sağlayacak acil durum yolları planlanmalı ve koordinasyon merkezi sürekli veri akışını izleyerek müdahale ekiplerini yönlendirmelidir.

Bu çalışma, Kahramanmaraş'ta planlanan olası motor sporları pistinin güvenlik standartlarının belirlenmesinde en kritik risk alanının insan faktörü olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, pist güvenliğinin yalnızca fiziksel altyapı tasarımıyla sağlanamayacağını; eğitim düzeyi, yorgunluk yönetimi, izleme teknolojileri ve müdahale süreçlerinin birlikte ele alınması gereken bütüncül bir sistem gerektirdiğini göstermektedir. Bu yönüyle çalışma, motor sporları pist güvenliğine ilişkin geleneksel teknik odaklı yaklaşımların ötesine geçerek insan, teknoloji ve yönetim boyutlarını entegre eden bir model önermektedir.

Sonuç olarak bu çalışma Balık Kılıçığı yöntemiyle Kahramanmaraş'ta önerilen motor sporları pistine ilişkin güvenlik faktörlerini sistematik biçimde ortaya koymuştur. Bulgular insan makine ve çevresel bileşenlerin etkileşimini dikkate alan bütüncül bir güvenlik yaklaşımının gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu yaklaşım yardımıyla pist tasarımında yalnızca teknik değil davranışsal ve yönetsel unsurların da birlikte değerlendirilmesi sağlanmış ve gelecekteki uygulamalara yönelik güçlü bir metodolojik temel oluşturulmaya çalışılmıştır.

Yazar katkı oranı

Bu çalışmanın tüm süreçleri (tasarım, veri toplama, analiz, yazım ve düzenleme) Arif Selim Eren, Mehmet Ali Orhan, Ayşe Eryer, Ayşe Yılmaz İrgin ve Melike Sevinç tarafından eşit olarak gerçekleştirilmiştir.

Etik kurul onayı

Hazırlanan çalışmada etik kurul izni alınmasına gerek yoktur.

Çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan çalışmada herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Makale Süreç Geçmişi

Makale Geliş Tarihi: 16.11.2025

Makale Kabul Tarihi: 06.04.2026

Extended Abstract

Motorsports is one of the most complex sports, combining high speed, human skill, and technological advancement. It is undeniable that every race, inherently high-risk, carries a potential hazard. Therefore, safety in motorsports should be addressed not only at the level of individual attention or technical equipment, but with a holistic systemic approach. Historically, regulations designed to improve safety standards have led to the systematic definition of driver, spectator, and team safety in motorsports, as demonstrated by Ugle et al. (2015). Roberts (2007) stated that these regulations affect not only track safety but also global transportation and public safety policies.

These approaches demonstrate that the use of artificial intelligence-supported monitoring systems at the proposed Kahramanmaraş track could increase safety. In this context, the study used the Fishbone (Ishikawa) method to ensure that the planned Kahramanmaraş motorsport track is designed in accordance with international standards. This method was developed to systematically demonstrate the cause-and-effect relationships among the fundamental categories that affect safety, such as people, machines, methods, materials, the environment, and management. Thus, track safety is evaluated as a systemic whole rather than individual errors.

The primary objective of the study is to identify the principles of a track design adapted to the geographical characteristics of Kahramanmaraş and compliant with international safety criteria. The reviewed literature was integrated by utilizing the infrastructural findings of Setiyoko et al. (2024) and Özbakır (2024), the technical data of Roi and Tollazzi (2024–2025), the human factor analyses of Lippi and Miller (2006–2007), and the managerial recommendations of Pavlovich (2018). In this context, the study aims not only to assess the physical safety of a track but also to establish a sustainable safety culture in motorsports. Ultimately, this model, developed using the Kahramanmaraş example, is expected to establish a measurable, adaptable, and continuously improving standard in the field of motorsports safety in Turkey. In this study, the fishbone (Ishikawa) method was used to determine the safety standards of a potential motorsports track in Kahramanmaraş. The method is a visual and analytical tool that systematically reveals the root causes of a problem. Because safety in a multi-factor system like motorsports cannot be explained solely by technical equipment or driver skill, a holistic analysis of cause-and-effect relationships is necessary. Hudakova vd. (2022), in this context, the study combines risk identification and quantitative weighting steps based on qualitative expert opinions.

Fishbone Analysis, one of the process improvement analysis methods, was used in the research. This method, used to identify the possible causes of a specific problem or situation, identifies the main sources of the problem based on the data collected related to the relevant problem, and visually presents the relationships between the results and the factors that cause these results (Atalay & Kılıç, 2015).

In this respect, the conducted research is qualitative and descriptive in nature. A cause-and-effect diagram is an analysis tool used to identify possible factors that could cause a specific problem or situation (Worch et al., 2010). By utilizing statistical methods, the causes of the event can be reached through the obtained results; The relationships between these results and causes can be analyzed and visually demonstrated. Because the shape of the diagram resembles a fishbone, this structure is also called a fishbone diagram or fishbone graph. The Ishikawa diagram is a technique that systematically examines all possible factors causing a specific problem, allows for the identification of the elements that most affect the outcome and directs the improvement process. This method was developed by the Japanese quality management expert Kaoru Ishikawa and introduced to the literature for use in decision-making processes

(Ölmez et al., 2021; Ishikawa, 1976). The Ishikawa diagram can be applied to individual problems as well as organizational-level issues; it is considered an easy-to-apply, comprehensive, and effective problem-solving tool. Furthermore, when used in conjunction with the brainstorming method, more efficient and powerful results are obtained.

As a result, the highest mean scores were obtained for the variables "Lack of training (4.8)" and "Fatigue/distracted attention (4.6). This indicates that safety risks are primarily caused by human-related factors. In contrast, the factor "Inadequate signaling (2.4)" received the lowest mean value, suggesting that physical infrastructure risks are more closely related to systemic monitoring deficiencies.

The Fishbone method demonstrated that the factors affecting track safety are based not only on individual events but also on systematic interactions. The sensor-based monitoring models and digital safety management proposed by Elhenawy et al. (2025) and Pavlovich (2018) provided a theoretical framework for the cause-and-effect model developed in this study. The analysis developed for Kahramanmaraş, using this approach, provided a viable model for both risk prioritization and systemic safety planning.

The Fishbone method was used as a suitable tool for determining and improving safety standards during the design phase of the planned motorsports track in Kahramanmaraş. With this method, it will constitute a basic reference both in risk analyses based on limited expert opinions and in future statistical verifications.

Kaynakça

- Alaeddinoğlu, V. (2024). Türk Spor Altyapısının Gelişimde Turnuvaların Önemi: Türkiye Tenis Federasyonu Örneği. *Spor Yönetiminde Sürdürülebilirlik ve Nitel Araştırmalar*, 1.
- Atalay, O., & Kılıç, Ö. (2015). Balık Kılıcı Yöntemi ile Mobil Vinç Kazası Olası Nedenlerinin İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(1), 73-78. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.242808>
- Bańkowski, A., & Frej, D. (2023). The Safety Of Motorcycle Users. *Archiwum Motoryzacji*, 101(3), 32-49. <https://doi.org/10.14669/AM/172911>
- Bedolla, J., Santelli, J., Sabra, J., Cabanas, J. G., Ziebell, C., & Olvey, S. (2016). Elite Motorcycle Racing: Crash Types And Injury Patterns In The Motogp Class. *The American Journal Of Emergency Medicine*, 34(9), 1872-1875. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2016.07.005>
- Belgaid, A. (2024). Statistical Analysis of the Impact of FIA Regulations on Safety, Racing Dynamics, and Spectacle in Formula 1. *arXiv preprint arXiv:2410.11375*, 1-6. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.11375>
- Berg, F. A., Rucker, P., Gartner, M., Konig, J., Grzebieta, R., & Zou, R. (2005). Motorcycle Impacts into Roadside Barriers-Real-World Accident Studies, Crash Tests and Simulations Carried Out in Germany And Australia. In *Proceedings of the Nineteenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles*, Washington, DC.
- Campillo-Recio, D., Comas-Aguilar, M., Barrera-Ochoa, S., Caceres-Palou, E., Charte, A., & Mir-Bullo, X. (2021). Accidents and Injuries in Elite Motogp Motorcycle Riders. *Journal Of Clinical Orthopaedics And Trauma*, 18, 25-29. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2021.04.006>
- Elhenawy, M., Tphoon, A. A., Alhadidi, T. I., Watson-Brown, N., Glaser, S., & Rakotonirainy, A. (2025). A Motorcycle Safety: A Vision-Language Framework For Retrospective Evaluation And Real-Time Feedback. In *2025 IEEE 4th International Conference on Computing and Machine Intelligence (ICMI)*, IEEE, 1-7. <https://doi.org/10.1109/ICMI65310.2025.11141251>

- Ferko, M., Babić, D., & Pirdavani, A. (2025). Riding the Edge—Unveiling the Key Factors behind Injury Severity in Single-Vehicle Motorcycle Crashes. *Promet-Traffic&Transportation*, 37(4), 834-852. <https://doi.org/10.7307/ptt.v37i4.1091>
- Gervasi, M., Gobbi, E., Natalucci, V., Amatori, S., & Perroni, F. (2020). Descriptive Kinematic Analysis Of The Potentially Tragic Accident At The 2020 Austrian Motogp Grand Prix Using Low-Cost Instruments: A Brief Report. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 17(21), 7989. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217989>
- Gutiérrez, E., & Lozano, S. (2020). Benchmarking Formula One Auto Racing Circuits: A Two Stage DEA Approach. *Operational Research*, 20(4), 2059-2083. <https://doi.org/10.1007/s12351-018-0416-z>
- Hudakova, M., Buganova, K., & Luskova, M. (2022). Risk Identification in Sports Organization. *ENTRENOVA-ENTerprise REsearch InNOVAtion*, 8(1), 449-458. <https://doi.org/10.54820/entrenova-2022-0037>
- Ishikawa, K., (1976). Guide to Quality Control, Asian Productivity Organisation. Tokyo. Search in.
- Jagusiak-Kocik, M. (2023). Analysis And Assessment Of Threats Existing in Selected Small Sports and Recreational Infrastructure Facilities Using Quality Management Tools. *System Safety: Human-Technical Facility-Environment*, 5, 103-111. <https://doi.org/10.2478/czoto-2023-0012>
- Kmoniček, H., Ruška, F., & Barišić, I. (2019). Racing Circuits And Their Geometric Design Characteristics. *Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS*, 10(19), 98-107. <https://doi.org/10.13167/2019.19.10>
- Lavsi, S. (2023). The Health Effects Of Motorsports On Racing Car Drivers: A Review. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 22 (3), 31-38.
- Leonard, L., Lim, A., Chesser, T. J. S., Norton, S. A., & Nolan, J. P. (2005). Does Changing The Configuration of A Motor Racing Circuit Make it Safer?. *British Journal Of Sports Medicine*, 39(3), 159-161. <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.011650>
- Lippi, G., Salvagno, G. L., Franchini, M., & Guidi, G. C. (2007). Changes in Technical Regulations and Drivers' Safety in Top-Class Motor Sports. *British Journal Of Sports Medicine*, 41(12), 922-925. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.038778>
- Miller, B. S. (2006). Does Changing The Configuration of A Motor Racing Circuit Make it Safer?. *British Journal of Sports Medicine*, 40(7), 655-655. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.027045>
- Ölmez, H., Ergun, İ., Ensari, M., & Can, E. (2021). Normalleşme Sürecinde Ofis Çalışmalarında Covid-19'u Önlemede Balık Kılıçığı Yöntemi ile Sebep Sonuç Analizi. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(1), 106-115. <https://doi.org/10.7240/ijeps.749452>
- Özbakır, O. (2024). Identifying Causes of Accidents And Enhancing Safety Using the Fishbone Method: an Application in Excavation. *Kahramanmaraş Sutcu Imam Universitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(2), 972-982. <https://doi.org/10.33437/ksusbd.1479847>
- Roberts, I. (2007). Formula One and Global Road Safety. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 100(8), 360-362. <https://doi.org/10.1177/014107680710000810>
- Roi, G. S., Zecchel, F., Mandini, S., Menegatti, E., Caruso, L., & Mazzoni, G. (2024). Time-Loss Injuries in Motogp Championships. *Archivos De Medicina Del Deporte*, 41(1), 8-13. <https://dx.doi.org/10.18176/archmeddeporte.00155>
- Setiyoko, R. D. A., Nursruwening, Y., & Basuki (2024). Circuit Planning as a Forum for International Level Racing Sports with Neo Futuristic Architecture: Case Study in Kulonprogo Indonesia. *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES)*, 12(10), 173-182.
- Tollazzi, T., Parežnik, L. B., Gruden, C., & Renčelj, M. (2025). In-Depth Analysis of Fatal Motorcycle Accidents—Case Study in Slovenia. *Sustainability*, 17(3), 876. <https://doi.org/10.3390/su17030876>

- Tutar, F. K., & Abukalloub, A. (2025). The role of the sports sector in regional economic development. *Ases International Journal Of Economy*, 3(1), 163-175.
- Ugle, S. R., Kate, S. D., & Dolas, R. D. (2015). Formula One Safety: A Review. *International Research Journal of Engineering and Technology, (IRJET)*, 2(7). 433-437.
- Worch, T., Dooley, L., Meullenet, J.F., Pieter H., & Punter, P.H., (2010). Comparison Of PLS Dummy Variables and Fishbone Method to Determine Optimal Product Characteristics From Ideal Profiles. *Food Quality and Preference*, 21(8), 1077-1087. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.08.009>