

Modern Futbolda Antrenman Planlaması ve Performans Analizi

Ökkeş Dereli¹, Tarkan Söğüt²

Özet

Modern futbolda artan maç yoğunluğu, yüksek tempolu oyun yapısı ve kısa toparlanma aralıklarının antrenman planlamasını daha bilimsel ve veri temelli hâle getirdiği vurgulanmaktadır. Futbolun güncel performans gereksinimleri; tekrarlayan sprintler, ani yön değiştirmeler, bilişsel karar verme ve teknik-taktik yeterliliklerin bütünlüklü yönetimini zorunlu kalmaktadır. Bu çerçevede antrenman planlaması; yüklenme-toparlanma-adaptasyon döngüsü temelinde, makro-mezo-mikro dönemleme yaklaşımıyla ve sporcuya/pozisyona özgü gereklilikler dikkate alınarak ele alınmaktadır. Dayanıklılık (aerobik ve HIIT), kuvvet-güç-sürat gelişimi, teknik-taktik uygulamalar ve küçük alan oyunları gibi oyun temelli modellerin, hem fiziksel hem de bilişsel bileşenleri eş zamanlı geliştirme potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir. Ayrıca performans izleme kapsamında iç yük (kalp atım hızı, RPE, HRV vb.) ve dış yükün (GPS temelli mesafe, yüksek hız koşuları, ivmelenme/yavaşlama vb.) birlikte değerlendirilmesi; yük yönetimi, yorgunluk-toparlanma takibi ve sakatlık riskinin azaltılması açısından kritik görülmektedir. Teknoloji tabanlı analiz araçlarının (GPS, fizyolojik izleme, video/optik takip) karar verme süreçlerini desteklediği; yapay zekâ ve makine öğrenmesi yaklaşımlarının ise performans tahmini ve sakatlık risk öngörüsü gibi alanlarda giderek daha fazla kullanılabildiği ifade edilmektedir. Sonuç olarak modern futbolda başarı; bilimsel planlama, sürekli izleme ve veriye dayalı karar alma süreçlerinin bütüncül uygulanmasıyla ilişkilendirilmektedir.

- 1 Arş. Gör, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, okkesdereli@yyu.edu.tr, 0009-0005-9086-5773
- 2 Dr. Öğretim Üyesi, Siirt Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, tarkansogut04@gmail.com, 0000-0002-9337-6706

Giriş

Futbol, tarihsel geçmişî insanlık tarihinin erken dönemlerine kadar uzanan ve çeşitli coğrafyalarda farklı biçimlerde icra edilmiş köklü bir spor dalıdır. Antik Çin, Mısır, Yunan ve Roma uygarlıklarında oynanan top oyunları, zaman içerisinde kurallı bir yapıya evrilerek modern futbolun temellerini oluşturmuştur. Özellikle 19. yüzyılda İngiltere’de oyunun standart kurallara bağlanması, futbolun kurumsallaşma sürecinde belirleyici bir dönüm noktası olmuş; bu süreçle birlikte futbol, uluslararası düzeyde organize edilen bir spor kimliği kazanmıştır. Türkiye’de ise futbol, 19. yüzyılın son çeyreğinde İstanbul merkezli olarak gelişmeye başlamış ve kısa sürede örgütlü bir spor yapısına dönüşmüştür (Devencioğlu vd., 2014; Kounadi ve Missiakoulis, 2025).Günümüzde futbol, yalnızca sportif rekabetin bir unsuru olmanın ötesinde; yüksek fiziksel gereksinimler, bilişsel karar verme süreçleri ve teknik-taktik yeterlilikleri bir arada barındıran karmaşık bir performans alanı olarak değerlendirilmektedir. Modern futbolda oyuncuların karşılaştığı yüksek tempolu oyun yapısı, tekrarlayan sprintler, ani yön değiştirmeler ve kısa süreli toparlanma döngüleri, antrenman süreçlerinin bilimsel ilkelere dayandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, futbol performansının geliştirilmesinde yalnızca antrenman hacmi değil; yüklenmenin niteliği, yoğunluğu ve bireysel tolerans düzeyi belirleyici faktörler hâline gelmiştir (Bangsbo vd., 2006; Carling et al., 2008).Modern antrenman anlayışı, performans gelişiminin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla yüklenme–toparlanma–adaptasyon döngüsünü temel almaktadır. Bu yaklaşım, sporcuların fizyolojik sınırlarını zorlamadan performans artışı sağlamayı ve sakatlık riskini en aza indirmeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda, antrenman planlamasında bireysel farklılıkların, pozisyonel gerekliliklerin ve sezon içi yük dağılımının dikkate alınması büyük önem taşımaktadır (Halsen, 2014). Bu yaklaşımı destekleyen araştırmada, sporcuların antropometrik özelliklerinin performans üzerinde belirleyici rol oynadığı vurgulanmaktadır. Özellikle genç sporcularda el ve ayak genişliği, kulaç uzunluğu gibi değişkenler yüzme performansına katkıda bulunduğunu ve fiziksel özelliklerin dikkate alınmasının performans gelişimi desteklediği bildirilmektedir (Bingöl, Saygın ve Salman, 2023). Teknolojik gelişmelerle birlikte performans izleme yöntemleri modern futbolun ayrılmaz bir bileşeni hâline gelmiştir. Küresel konumlandırma sistemleri (GPS), ivmeölçerler, kalp atım hızı monitörleri ve video analiz teknolojileri sayesinde sporcuların hem iç yük (kalp atım hızı, algılanan efor düzeyi) hem de dış yük (koşu mesafesi, hızlanma, mekanik yük) parametreleri ayrıntılı biçimde izlenebilmektedir. Bu veriler, antrenörlerin yüklenme düzeylerini kontrol etmelerine, aşırı yüklenme riskini azaltmalarına ve performans gelişimini bireysel düzeyde

yönetmelerine olanak sağlamaktadır (Akenhead ve Nassis, 2016). Son yıllarda yapay zekâ, büyük veri analitiği ve makine öğrenmesi temelli yaklaşımların spor bilimlerine entegrasyonu, antrenman planlamasında yeni bir dönemin başlangıcını temsil etmektedir. Bu teknolojiler sayesinde performans tahmin modelleri geliştirilebilmekte, sakatlık riskleri önceden öngörülebilmekte ve sporcuya özgü antrenman stratejileri oluşturulabilmektedir (Rossi et al., 2018). Dolayısıyla modern futbolda antrenman planlaması; bilimsel veriler, teknolojik araçlar ve saha uygulamalarının bütünleştiği dinamik ve çok boyutlu bir süreç olarak ele alınmaktadır.

1) Futbolda Antrenman Planlamasının Temel İlkeleri

Futbolda antrenman planlaması, sporcuların fiziksel, teknik ve taktik kapasitelerini sistematik biçimde geliştirmeyi amaçlayan bilimsel bir süreçtir. Modern oyunun artan temposu, maç yoğunluğu ve fiziksel gereksinimleri; antrenmanların rastlantısal biçimde değil, planlı ve bireyselleştirilmiş şekilde uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda antrenman planlaması, performansın sürekliliğini sağlamak ve sakatlık riskini en aza indirmek amacıyla yüklenme–toparlanma–adaptasyon ilkeleri temelinde yapılandırılmaktadır (Bompa ve Buzzichelli, 2019). Güncel yaklaşımlar, antrenman sürecinin makro, mezo ve mikro döngüler şeklinde organize edilmesini ve sporcuya özgü değişkenlerin dikkate alınmasını önermektedir. Bununla birlikte teknolojik gelişmeler sayesinde iç ve dış yük göstergeleri (kalp atım hızı, GPS verileri, koşu mesafeleri vb.) objektif olarak izlenebilmekte ve antrenman kararları bilimsel verilere dayandırılabilir (Pillitteri et al., 2023). Bu çerçevede modern futbolda antrenman planlaması; dayanıklılık, kuvvet ve sürat, teknik–taktik gelişim ile oyun temelli uygulamaları kapsayan bütüncül bir yapı içerisinde ele alınmaktadır. Aşağıda bu temel antrenman bileşenleri ayrı başlıklar altında incelenmiştir.

A) Dayanıklılık Temelli Antrenmanlar

Futbolda dayanıklılık, maç süresince yüksek yoğunluklu aktivitelerin sürdürülebilmesi ve tekrarlanabilmesi açısından temel bir performans bileşeni olarak kabul edilmektedir. Modern futbolun kendine özgü yapısı, oyuncuların hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemlerini etkili bir biçimde kullanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle dayanıklılık antrenmanları, yalnızca uzun süreli koşuları değil; değişken yoğunluklu, maç temposuna özgü yüklenmeleri de içermektedir (Iaia ve Bangsbo, 2010). Aerobik dayanıklılık antrenmanları, oksijen kullanım kapasitesini artırarak toparlanma hızını iyileştirirken; yüksek yoğunluklu aralıklı antrenmanlar (HIIT), tekrarlı sprint performansı ve yüksek tempoda oyun sürdürülebilirliği

açısından önemli katkılar sağlamaktadır Futbolda dayanıklılık gelişiminin etkili olabilmesi için, antrenman içeriklerinin oyun temposuna ve pozisyona özgü olarak planlanması gerekmektedir(Jatmikanto ve Lumintuarso, 2025).

B) Kuvvet, Güç ve Sürat Antrenmanları

Futbol performansında kuvvet, güç ve sürat; sprint, sıçrama, yön değiştirme ve ikili mücadele başarısının temel belirleyicileri arasında yer almaktadır. Alt ekstremitte kuvveti, özellikle sprint hızının ve patlayıcı hareketlerin geliştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Suchomel, Nimphius ve Stone, 2016). Kuvvet antrenmanları; maksimal kuvvet, patlayıcı kuvvet ve reaktif kuvvet bileşenlerini kapsayacak şekilde yapılandırılmalıdır. Güç antrenmanları, kuvvet ve hız bileşenlerinin birlikte geliştirilmesini hedeflerken, sürat antrenmanları nöromusküler adaptasyonları artırarak sprint performansını doğrudan etkilemektedir. Araştırmalar, kuvvet ve pliometrik çalışmaların birlikte uygulanmasının futbolcularda hızlanma ve yön değiştirme performansını anlamlı düzeyde geliştirdiğini göstermektedir (Oliver et al., 2024 ;Loturco et al., 2018). Bu nedenle modern antrenman planlamasında kuvvet, güç ve sürat bileşenleri bütüncül bir yaklaşımla ele alınmaktadır.

C) Teknik-Taktik Odaklı Antrenman Yaklaşımları

Teknik ve taktik beceriler, futbol performansının oyun içindeki belirleyici unsurlarını oluşturmaktadır. Pas, şut, top kontrolü ve dripling gibi teknik beceriler; oyun okuma, alan paylaşımı ve karar verme süreçleriyle bütünleşik olarak ele alınmalıdır. Bu bağlamda teknik-taktik antrenmanlar, yalnızca hareket tekrarına değil, zihinsel ve bilişsel süreçlerin geliştirilmesine de odaklanmaktadır (Williams ve Ford, 2008).Modern antrenman yaklaşımları, oyuncuların gerçek maç koşullarına benzer karar verme durumlarıyla karşılaşmasını sağlayan oyun temelli uygulamaları ön plana çıkarmaktadır. Bu yaklaşım, teknik becerilerin bağlamsal öğrenme yoluyla daha pekiştirilmiş hâle gelmesine katkı sağlamaktadır.

D) Oyun Temelli Antrenman Modelleri (Small-Sided Games)

Oyun temelli antrenman modelleri, özellikle küçük alan oyunları (small-sided games – SSG), modern futbol antrenmanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler, teknik, taktik ve fiziksel bileşenleri eş zamanlı olarak geliştirme potansiyeline sahiptir. Alan ölçülerinin, oyuncu sayısının ve oyun kurallarının değiştirilmesiyle antrenman yoğunluğu ve fizyolojik talepler kontrol edilebilmektedir (Hill-Haas et al., 2011).Small-sided games uygulamaları, sporcuların kalp atım hızını maç benzeri düzeylere çıkararak

hem aerobik hem de anaerobik adaptasyonları desteklemektedir. Aynı zamanda karar verme, algısal farkındalık ve oyun içi etkileşim gibi bilişsel süreçleri de geliştirmektedir (Clemente et al., 2021). Bu yönüyle SSG'ler, modern futbol antrenmanının vazgeçilmez bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

3) Performans İzleme Kavramı ve Önemi

Performans izleme, sporcuların antrenman ve müsabaka sürecinde maruz kaldıkları fiziksel, fizyolojik ve psikolojik yüklerin sistematik biçimde değerlendirilmesini amaçlayan bilimsel bir yaklaşımdır. Modern futbolda artan maç yoğunluğu, yüksek tempolu oyun yapısı ve kısa toparlanma süreleri, performansın yalnızca antrenman miktarıyla değil, bu yüklenmelere verilen bireysel tepkilerle birlikte ele alınmasını zorunlu kılmıştır. Bu nedenle performans izleme, antrenman sürecinin planlanması, yüklenmenin kontrol edilmesi ve sakatlık riskinin azaltılması açısından temel bir araç olarak kabul edilmektedir (Halsen, 2014). Performans izleme sistemleri; antrenman yükünün doğru dozlanması, yorgunluk ve toparlanma durumunun izlenmesi, performans düşüşlerinin erken belirlenmesi ve uzun vadeli adaptasyonların değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle profesyonel futbolda, performans verilerinin düzenli olarak izlenmesi ve analiz edilmesi, antrenörlerin karar verme süreçlerini bilimsel temellere dayandırmasına katkı sağlamaktadır (Akenhead ve Nassis, 2016). Bu bağlamda performans izleme, yalnızca mevcut performans düzeyini değerlendiren bir araç değil; aynı zamanda gelecekteki performans öngörmeye yardımcı olan stratejik bir süreçtir. Performans izleme yaklaşımının temelinde, sporcuların maruz kaldığı iç yük ve dış yük kavramlarının birlikte değerlendirilmesi yer almaktadır. Bu iki kavram, antrenman sürecinin etkilerinin doğru yorumlanabilmesi açısından bütüncül bir çerçeveye sunmaktadır.

İç Yük (Internal Load)

İç yük, sporcunun maruz kaldığı antrenman veya müsabaka uyarısına karşı organizmanın verdiği fizyolojik ve psikolojik yanıtların bütününe ifade etmektedir. Bu kavram, yalnızca yapılan iş miktarını değil, bireyin bu yüke verdiği biyolojik tepkiyi temel almaktadır. Bu nedenle iç yük, performansın değerlendirilmesinde ve antrenman planlamasının bireyselleştirilmesinde temel bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Impellizzeri, Marcora & Coutts, 2019). İç yükün değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan göstergeler arasında kalp atım hızı, algılanan zorluk derecesi (Rating of Perceived Exertion – RPE), kan laktat konsantrasyonu, hormonal yanıtlar (kortizol, testosteron) ve kalp atım hızı değişkenliği (HRV) yer almaktadır.

Bu göstergeler, sporcunun organizmasının egzersize verdiği akut ve kronik yanıtları ortaya koyarak yorgunluk düzeyinin, toparlanma sürecinin ve adaptasyon durumunun izlenmesine olanak tanımaktadır (Halsen, 2014). İç yük ölçümlerinin en önemli avantajlarından biri, bireyler arası fizyolojik farklılıkları ortaya koyabilmesidir. Aynı dış yük altında farklı sporcuların farklı düzeylerde fizyolojik stres yaşaması, performans planlamasında tek tip yaklaşımların yetersiz kalabileceğini göstermektedir. Bu nedenle iç yük parametreleri, bireyselleştirilmiş antrenman reçetelerinin oluşturulmasında temel bir referans olarak kabul edilmektedir (Impellizzeri et al., 2019). Ayrıca iç yük takibi, aşırı yüklenme ve aşırı antrenman sendromunun erken belirtilerinin tespit edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle yüksek yoğunluklu ve sık aralıklarla yapılan antrenmanlarda, iç yük göstergelerindeki olağandışı değişimler, toparlanma yetersizliğine ve performans düşüşüne işaret edebilmektedir. Bu nedenle iç yük, performansın sürdürülebilirliği açısından stratejik bir parametre olarak değerlendirilmektedir (O'Connor et al., 2024).

Dış Yük (External Load)

Dış yük, sporcunun antrenman veya müsabaka sırasında gerçekleştirdiği fiziksel faaliyetlerin nicel özelliklerini tanımlamaktadır. Bu kapsamda toplam koşu mesafesi, yüksek hızda koşu mesafesi, sprint sayısı, ivmelenme ve yavaşlama sayıları, mekanik iş miktarı ve yön değiştirme sıklığı gibi değişkenler dış yük göstergeleri arasında yer almaktadır ((Şahin et al., 2021). Günümüzde GPS, ivmeölçer ve jiroskop tabanlı giyilebilir teknolojiler, sporcuların saha içindeki hareket profillerinin ayrıntılı biçimde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu teknolojiler sayesinde antrenman şiddeti, hacmi ve yoğunluğu objektif biçimde değerlendirilebilmekte; antrenman içeriği bilimsel verilere dayalı olarak düzenlenebilmektedir (Impellizzeri et al., 2019). Dış yük verilerinin temel avantajı, antrenman içeriğinin nicel boyutunu açık biçimde ortaya koymasıdır. Ancak bu verilerin tek başına değerlendirilmesi, sporcunun fizyolojik ve psikolojik durumunu tam olarak yansıtmayabilir. Bu nedenle dış yük göstergelerinin, iç yük parametreleriyle birlikte ele alınması; performansın doğru yorumlanması, aşırı yüklenmenin önlenmesi ve antrenman adaptasyonlarının optimize edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Gabbett, 2016).

4) Antrenman Yükünün Yönetimi ve Sakatlık Riskinin Önlenmesi

Modern spor bilimlerinde antrenman yükünün etkin biçimde yönetilmesi, performans gelişiminin sürdürülebilirliği ve sporcu sağlığının korunması açısından temel bir unsur olarak kabul edilmektedir. Özellikle

futbolda artan maç sıklığı, yüksek şiddetli koşuların fazlalığı ve toparlanma sürelerinin kısalması, sporcuların fizyolojik sınırlarını zorlamakta ve kontrolsüz yüklenmelerin sakatlık riskini artırmasına neden olmaktadır. Bu nedenle antrenman yükünün planlanması, izlenmesi ve düzenlenmesi; performans gelişimi kadar sakatlıkların önlenmesi açısından da kritik bir rol oynamaktadır (West et al., 2021). Ayrıca Kas kuvveti açısından, optimal performansın sürdürülebilmesi için kas protein sentezini (MPS) uyaracak miktarda yüksek kaliteli protein alımı gereklidir (Ulema, 2025b).

Antrenman yükü kavramı, sporcunun antrenman veya müsabaka sırasında maruz kaldığı toplam fiziksel ve fizyolojik stres düzeyini ifade etmektedir. Bu yük, iç yük ve dış yük olmak üzere iki temel bileşen üzerinden değerlendirilmektedir. Dış yük; sporcunun gerçekleştirdiği fiziksel çalışmanın nicel boyutunu (koşu mesafesi, hız, ivmelenme, mekanik iş vb.) ifade ederken, iç yük bu çalışmaya organizmanın verdiği fizyolojik ve psikolojik yanıtları kapsamaktadır (Brenner ve Watson, 2024). Bu iki yük türü arasındaki ilişki, antrenman adaptasyonlarının doğru şekilde yorumlanabilmesi açısından merkezi bir öneme sahiptir. Antrenman yükünün uygun şekilde yönetilmemesi durumunda, özellikle ani yük artışları sporcularda aşırı yorgunluk, performans düşüşü ve kas-iskelet sistemi yaralanmalarına yol açabilmektedir. Bu bağlamda literatürde sıklıkla vurgulanan akut-kronik iş yükü oranı (ACWR) modeli, kısa vadeli yüklenmelerin uzun vadeli yüklenmelere oranlanması yoluyla sakatlık riskinin öngörülmesini amaçlamaktadır. Yapılan çalışmalar, ani ve kontrolsüz yük artışlarının sakatlık riskini anlamlı biçimde artırdığını, buna karşın dengeli yük artışlarının adaptasyonu desteklediğini göstermektedir (Gabbett, 2016). Antrenman yükünün etkin biçimde yönetilmesi, yalnızca sakatlık riskinin azaltılması açısından değil, performansın sürdürülebilirliği açısından da kritik öneme sahiptir. Uygun yüklenme-toparlanma dengesi, fizyolojik adaptasyonların gelişmesini desteklerken; yetersiz toparlanma durumları aşırı yorgunluk, performans düşüşü ve psikolojik tükenmişlik ile sonuçlanabilmektedir (Halsen, 2014). Bu nedenle modern antrenman planlamasında yüklenme süreçleri, sporcuların bireysel özellikleri, antrenman geçmişleri ve müsabaka yoğunlukları dikkate alınarak düzenlenmelidir. Günümüzde GPS, kalp atım hızı monitörleri ve ivmeölçer tabanlı sistemlerin kullanımı, antrenman yükünün objektif olarak izlenmesini mümkün kılmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde antrenörler, sporcuların iç ve dış yük profillerini eş zamanlı olarak takip edebilmekte ve elde edilen veriler doğrultusunda antrenman içeriğini optimize edebilmektedir. Böylece performans artışı sağlanırken, aşırı yüklenmeye bağlı sakatlık riskleri de minimize edilebilmektedir. Sonuç olarak, antrenman yükünün etkin yönetimi; performansın sürdürülebilirliği,

sakatlıkların önlenmesi ve sporcu sağlığının korunması açısından vazgeçilmez bir unsurdur. Bilimsel temelli yük izleme yaklaşımlarının antrenman planlamasına entegre edilmesi, modern futbolda başarıyı belirleyen temel faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir.

5) Teknoloji Tabanlı Performans Analiz Yöntemleri

Günümüzde spor bilimlerinde teknolojik gelişmeler, performans analizinin daha objektif, güvenilir ve ayrıntılı biçimde yapılmasına olanak sağlamıştır. Özellikle futbolda artan oyun temposu, yüksek fiziksel talepler ve sakatlık riskleri, antrenman sürecinin bilimsel veriler ışığında yönetilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda teknoloji tabanlı performans analiz yöntemleri, sporcuların fiziksel yüklenmelerinin izlenmesi, performansın optimize edilmesi ve sakatlık riskinin azaltılması açısından temel bir rol üstlenmektedir (Akenhead & Nassis, 2016).

Küresel Konumlandırma Sistemleri (GPS) ve Giyilebilir Teknolojiler

GPS tabanlı izleme sistemleri, modern futbolda en yaygın kullanılan performans analiz araçları arasında yer almaktadır. Bu sistemler sayesinde sporcuların toplam koşu mesafesi, yüksek hızda koşu süresi, sprint sayısı, ivmelenme ve yavaşlama değerleri gibi dış yük parametreleri hassas biçimde ölçülebilmektedir. GPS verileri, antrenman yoğunluğunun objektif olarak değerlendirilmesini sağlayarak yüklenme-toparlanma dengesinin daha etkin biçimde yönetilmesine katkı sunmaktadır (Cummins et al., 2013). Buna ek olarak, ivmeölçer ve jiroskop gibi sensörler, sporcuların çok yönlü hareket profillerini analiz ederek mekanik yükün daha ayrıntılı biçimde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu teknolojiler sayesinde ani yön değiştirmeler, dur-kalk hareketleri ve temas yoğunluğu gibi futbola özgü talepler nicel olarak izlenebilmektedir.

Kalp Atım Hızı ve Fizyolojik İzleme Sistemleri

Kalp atım hızı monitörleri, sporcunun egzersize verdiği fizyolojik yanıtı değerlendirmede en yaygın kullanılan araçlardan biridir (Achten ve Jeukendrup, 2003). Kalp atım hızına dayalı analizler, iç yükün değerlendirilmesi, aerobik-anaerobik eşiklerin belirlenmesi ve toparlanma süreçlerinin izlenmesi açısından önemli bilgiler sunmaktadır (Halsen, 2014). Uygulamada kalp atım hızı; şiddet bölgeleri, zaman-bölge dağılımı ve TRIMP gibi göstergeler üzerinden antrenman dozunun nicelenmesine de olanak tanıyarak antrenman planlamasını destekler (Borresen ve Lambert, 2009). Bununla birlikte kalp atım hızı yanıtı; ısı stresi, dehidrasyon, psikolojik

stres ve kardiyovasküler sürüklenme gibi etmenlerden etkilenebildiğinden, aynı dış yüke karşı farklı iç yük yanıtları görülebilir ve verinin bağlamla yorumlanması gerekir (Achten & Jeukendrup, 2003). Egzersiz sonrası kalp atım hızı toparlanması (HRR), otonom düzenlenmeye duyarlı bir belirteç olarak önerilmekte ve antrenman durumundaki değişimlerin izlenmesinde kullanılabileceği bildirilmektedir (Daanen et al., 2012). Ayrıca kalp atım hızı değişkenliği (HRV), otonom sinir sistemi aktivitesini yansıtarak yorgunluk ve toparlanma durumlarının izlenmesine olanak tanımaktadır (Task Force of the European Society of Cardiology & the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Özellikle sabah saatlerinde yapılan dinlenik ölçümlerde elde edilen $\ln RMSSD$ gibi parasempatik ağırlıklı göstergeler, sporcularda antrenman yüküne verilen yanıtın izlenmesinde pratik bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu göstergelerin doğru şekilde yorumlanabilmesi için ölçüm protokolünün standart olması, analiz yöntemlerinin tutarlı biçimde uygulanması ve bireysel farklılıkların dikkate alınarak uzun dönemli takip yapılması gerekmektedir (Buchheit, 2014; Plews et al., 2013).

Video Analiz ve Görsel Performans Değerlendirme Sistemleri

Video analiz sistemleri, teknik-taktik performansın değerlendirilmesinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Pas ağları, pozisyon alma davranışları, savunma ve hücum organizasyonları gibi oyun içi davranışlar, bu sistemler sayesinde objektif olarak analiz edilebilmektedir. Video tabanlı analizler, yalnızca bireysel performansı değil, takım bütünlüğünü ve taktiksel yapıyı değerlendirme açısından da kritik öneme sahiptir. Bunun yanında kodlanan olay verileri (pas, top kazanımı, şut, pres aksiyonu vb.) ile görüntünün birlikte yorumlanması antrenmandan çıkacak geri bildiriminin daha güvenilir olmasını destekler (Carling, 2013). Son yıllarda çoklu kamera/optik izleme sistemleriyle elde edilen konumsal verilerin video analizle birleştirilmesi, hem fiziksel çıktılar (hız, ivmelenme, sprint) hem de taktiksel davranışları aynı zaman ekseninde değerlendirmeyi mümkün kılmış; bazı liglerde kullanılan video tabanlı izleme çözümlerinin GPS'e benzer çıktılar üretebildiği, ancak özellikle yüksek hız bölgelerinde ölçüm sapmalarının dikkatle yönetilmesi gerektiği rapor edilmiştir (Felipe vd., 2019). Benzer şekilde optik takip sistemlerinin (örn. TRACAB) futbol-spesifik koşullarda referans sistemlere karşı doğrulanması, elde edilen verilerin antrenör/analist kararlarında güvenle kullanılabilmesi için kritik görülmektedir (Linke vd., 2020). Ayrıca pas ağları üzerinden yapılan sosyal ağ analizlerinde (SNA) merkezilik, yoğunluk ve kümelenme gibi metriklerin takım etkileşimini görünür kıldığı; bu metriklerin bazı çalışmalarda maç çıktılarıyla ilişkili ek açıklayıcı bilgi

sunduğu bildirilmektedir (Medina vd., 2021). Bu çizgide güncel derlemeler, SNA'nın statik ağlardan dinamik ve bağlam-duyarlı modellere evrildiğini; video + takip verisi entegrasyonunun taktik analize daha “rol-duyarlı” ve uygulanabilir içgörüler kazandırdığını vurgulamaktadır (Alves vd., 2025).

Veri Entegrasyonu ve Karar Destek Sistemleri

Güncel performans analiz yaklaşımlarında, farklı veri kaynaklarından elde edilen bilgiler entegre edilerek çok boyutlu değerlendirme yapılmaktadır. GPS verileri, fizyolojik ölçümler ve video analiz çıktılarının birlikte yorumlanması, antrenörlere antrenman planlaması ve oyuncu yönetimi konusunda daha isabetli kararlar alma imkânı sunmaktadır. Bu doğrultuda yapay zekâ ve makine öğrenmesi tabanlı sistemler, performans tahmini ve sakatlık risk analizi gibi alanlarda giderek daha yaygın şekilde kullanılmaktadır (Onofre, 2024). LSTM ağları ise uzun süreli performans trendlerini analiz ederek sporcunun antrenman yüküne verdiği yanıtı tahmin edebilmektedir (Ulema, 2025a).

Yapay Zekâ Destekli Performans Tahmini ve Veri Tabanlı Yaklaşımlar

Son yıllarda spor bilimlerinde yaşanan teknolojik gelişmeler, performans analizinin geleneksel gözleme dayalı yaklaşımlardan veri temelli ve öngörücü modellere doğru evrilmesine olanak sağlamıştır. Özellikle yapay zekâ (YZ) ve makine öğrenmesi tabanlı yöntemler, sporcuların antrenman yüklerine verdikleri yanıtların daha ayrıntılı biçimde analiz edilmesine ve gelecekteki performans düzeylerinin tahmin edilmesine imkân tanımaktadır. Bu bağlamda performans tahmini; oyuncuların maç içi verimliliği, sakatlık riski, toparlanma süresi ve yük toleransı gibi çok boyutlu değişkenlerin bütüncül olarak değerlendirilmesini amaçlamaktadır (Rossi et al., 2018). Yapay zekâ destekli modeller, özellikle GPS tabanlı yük verileri, kalp atım hızı ölçümleri, hızlanma–yavaşlama profilleri ve müsabaka olay verilerini bütünlleştirerek karmaşık örüntüleri ortaya koyabilmektedir. Bu tür modeller, antrenman yanıtlarını yalnızca geriye dönük olarak açıklamakla kalmayıp, geleceğe yönelik performans tahminleri üretebilmekte ve olası sakatlık risklerini önceden belirleyebilmektedir (Gabbett, 2016). Literatürde, makine öğrenmesi algoritmalarının klasik istatistiksel yöntemlere kıyasla çok değişkenli yapıları daha etkin analiz edebildiği ve doğruluk oranlarını artırdığı vurgulanmaktadır (Rossi et al., 2018). Büyük veri yaklaşımları, futbol bağlamında farklı veri türlerinin bütünlleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Oyun içi olay verileri (pas, şut, pres), fiziksel performans göstergeleri (mesafe, hız, ivme), fizyolojik veriler (kalp atım hızı, toparlanma

göstergeleri) ve bağlamsal değişkenler (rakip seviyesi, maçın önemi, oyun durumu) birlikte ele alınarak çok katmanlı analizler gerçekleştirilebilmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, yalnızca performans düzeyinin değil, performansı etkileyen bağlamsal faktörlerin de anlaşılmasına katkı sağlamaktadır (Sarmiento et al., 2018). Ancak literatürde, yapay zekâ tabanlı performans analizlerinin bazı sınırlılıklarına da dikkat çekilmektedir. Özellikle veri kalitesindeki tutarsızlıklar, örneklem büyüklüğünün yetersizliği, farklı lig ve takımlar arasında standartlaştırılmış veri eksikliği ile algoritmaların “kara kutu” niteliği, sonuçların yorumlanmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle güncel çalışmalar, yalnızca yüksek doğruluk oranlarına odaklanmak yerine, modellerin açıklanabilirliğini (explainable AI) ve saha uygulamalarına aktarılabilirliğini ön plana çıkarmaktadır (Link ve Anzer, 2021). Gelecekte performans analizinin, antrenör karar süreçlerini destekleyen bütüncül bir karar destek sistemi hâline gelmesi beklenmektedir. Bu sistemler sayesinde antrenörler; yük yönetimi, oyuncu rotasyonu ve taktik planlama gibi kritik konularda bilimsel verilerle desteklenen kararlar alabilecektir. Dolayısıyla yapay zekâ ve büyük veri temelli yaklaşımlar, insan uzmanlığının yerini almak yerine, onu tamamlayan ve güçlendiren araçlar olarak modern futbolda giderek daha merkezi bir rol üstlenmektedir (Chen et al., 2025).

Sonuç ve Öneriler

Modern futbolda antrenman planlaması, performansın izlenmesi ve teknoloji temelli yaklaşımlar, giderek daha bütüncül bir anlayış çerçevesinde ele alınmaktadır. Artan maç yoğunluğu, fiziksel gereksinimlerin çeşitlenmesi ve sporcu sağlığının korunmasına yönelik beklentiler, antrenman süreçlerinin yalnızca deneyime dayalı değil, bilimsel verilere dayalı olarak yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda performansın değerlendirilmesi yalnızca fiziksel kapasiteyle sınırlı kalmamakta, yüklenme–toparlanma dengesi, bireysel fizyolojik farklılıklar, teknik–taktik yeterlilikler ve bilişsel süreçler gibi çok boyutlu unsurların birlikte ele alınmasını gerektirmektedir. Literatür bulguları, modern antrenman anlayışının dayanıklılık, kuvvet, sürat ve teknik-taktik bileşenleri birlikte ele aldığını ve veri temelli uygulamaların antrenmanlarda giderek merkezi bir rol üstlendiğini göstermektedir. Bu bağlamda iç ve dış yük göstergelerinin birlikte izlenmesi, antrenman sürecinin daha etkin planlanmasına ve aşırı yüklenmeye bağlı sakatlık risklerinin azaltılmasına önemli katkı sağlamaktadır. GPS tabanlı izleme sistemleri, kalp atım hızı ölçümleri ve performans analiz yazılımları sayesinde antrenman yükleri nesnel biçimde değerlendirilebilmekte; böylece antrenörlerin karar alma süreçleri sezgisel yaklaşımlardan ziyade bilimsel verilere dayandırılabilir. Bununla birlikte, teknolojik gelişmeler

yalnızca mevcut performansın izlenmesiyle sınırlı kalmamakta; yapay zekâ ve büyük veri temelli uygulamalar aracılığıyla geleceğe yönelik performans tahminlerinin yapılmasına da olanak sağlamaktadır. Bu yaklaşımlar, sakatlık risklerinin önceden belirlenmesi, oyuncu rotasyonlarının daha etkin planlanması ve uzun vadeli performans sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Ancak bu sistemlerin etkili biçimde kullanılabilmesi; veri kalitesinin yüksekliği, analiz yöntemlerinin doğruluğu ve antrenörlerin bilimsel okuryazarlık düzeyleriyle doğrudan ilişkilidir. Bilimsel temelden yoksun, güncel bilgi ve yöntemleri takip etmeyen antrenörler performans gelişimini sınırlandırarak aynı zamanda sporcuların gerçek potansiyelinin doğru şekilde ortaya konmasını da engellemektedir.

Sonuç olarak, modern futbolda başarı; yalnızca fiziksel kapasitenin geliştirilmesiyle değil, bilimsel temelli planlama, sürekli izleme ve veriye dayalı karar alma süreçlerinin bütüncül biçimde uygulanmasıyla mümkündür. Gelecek çalışmalarda farklı yaş grupları ve performans düzeylerinde uzun dönemli izleme çalışmalarına ağırlık verilmesi, yapay zekâ destekli analiz modellerinin geçerlik ve güvenilirliğinin artırılması ve akademik bilgi ile saha uygulamaları arasındaki entegrasyonun güçlendirilmesi önerilmektedir. Bu yaklaşım, hem performansın sürdürülebilir biçimde geliştirilmesine hem de sporcu sağlığının korunmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

Kaynakça

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: Applications and limitations. *Sports Medicine*, 33(7), 517–538. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00004>
- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: Current practice and perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587–593. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>
- Alves, R., Dias, G., Nunes, N. A., Querido, S. M., & Vaz, V. (2025). Social Network Analysis in Football: A Systematic Review of Performance and. *Frontiers in Psychology*, 16, 1659603.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665–674. <https://doi.org/10.1080/02640410500482529>
- Bingöl, B., Saygın, Ö., & Salman, K. (2023). Yıldızlar Kategorisi Yüzücülerde Seçilmiş Antropometrik Özelliklerin Sprint Yüzme Performansına Etkisinin İncelenmesi. *Eurasian Research in Sport Science*, 8(2), 196-207. <https://doi.org/10.29228/ERISS.40>
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). *Periodization: Theory and methodology of training* (6th ed.). Human Kinetics.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39(9), 779–795. <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>
- Brenner, J. S., & Watson, A. (2024). Overuse injuries, overtraining, and burnout in young athletes. *Pediatrics*, 153(2), e2023065129. <https://doi.org/10.1542/peds.2023-065129>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5, 73. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Carling, C. (2013). Performance analysis challenges in professional football practice. In *ieSPORTS 2013 (SciTePress/INSTICC) Proceedings*
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer: Contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Medicine*, 38(10), 839–862. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838100-00004>
- Chen, X., Xie, H., Qin, S. J., Wang, F. L., & Hou, Y. (2025). Artificial intelligence-supported student engagement research: Text mining and systematic analysis. *European Journal of Education*, 60(1), e70008. <https://doi.org/10.1111/ejed.70008>

- Daanen, H. A. M., Lamberts, R. P., Kallen, V. L., Jin, A., & Van Meeteren, N. L. U. (2012). A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes.
- Devencioglu, S., Çoban, B., & Karakaya, Y. E. (2014). Futbolun tarihsel gelişimi ve kurumsallaşma süreci. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 35–48.
- Felipe, J. L., Garcia-Unanue, J., Viejo-Romero, D., Navandar, A., & Sánchez-Sánchez, J. (2019). Validation of a video-based performance analysis system (Mediacoach®) to analyze the physical demands during matches in LaLiga. *Sensors*, 19(19), 4113.
- Gabbett, T. J. (2016). The training–injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273–280. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139–147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games training in football: A systematic review. *Sports Medicine*, 41(3), 199–220. <https://doi.org/10.2165/11539740-000000000-00000>
- Iaia, F. M., & Bangsbo, J. (2010). Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(Suppl. 2), 11–23. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01193.x
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2018-0935>
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2018-0935>
- International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(3), 251–260. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.7.3.251>
- Jatmikanto, R. S., & Lumintuarso, R. (2025). The Impact of Interval Training and Leg Muscle on The Endurance Capacity of Football Players. *COMPETITOR: Jurnal Pendidikan Kepeleatihan Olahraga*, 17(2), 1500-1513.
- Kounadi, V., & Missiakoulis, S. (2025). What Makes a Striker Valuable? Strategic, Athletic, and Commercial Determinants in Modern Football. *Journal of Management World*, 2025(5), 42-57.
- Linke, D., Link, D., & Lames, M. (2020). Football-specific validity of TRACAB's optical video tracking systems. *PLOS ONE*, 15(3), e0230179.

- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Maldonado, T., Piazzzi, A. F., Bottino, A., & Nakamura, F. Y. (2018). Improving sprint performance in soccer: Effects of power training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 459–466. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002428>
- Medina, P., Carrasco, S., Rogan, J., Montes, F., Meisel, J. D., Lemoine, P., Lago-Peñas, C., & Valdivia, J. A. (2021). Is a social network approach relevant to football results? *Chaos, Solitons & Fractals*, 142, 110369.
- O'Connor, F. K., Doering, T. M., Chapman, N. D., Ritchie, D. M., & Bartlett, J. D. (2024). A two-year examination of the relation between internal and external load and heart rate variability in Australian Rules Football. *Journal of Sports Sciences*, 42(15), 1400-1409.
- Oliver, J. L., Ramachandran, A. K., Singh, U., Ramirez-Campillo, R., & Lloyd, R. S. (2024). The effects of strength, plyometric and combined training on strength, power and speed characteristics in high-level, highly trained male youth soccer players: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 54(3), 623-643.
- Onofre, P. M. G. (2024). *Artificial intelligence in football: Coaching and decision support* [Master's thesis, Universidade NOVA de Lisboa].
- Pillitteri, G., Clemente, F. M., Petrucci, M., Rossi, A., Bellafore, M., Bianco, A., Palma, A., & Battaglia, G. (2023). Toward a new conceptual approach to “intensity” in soccer player’s monitoring: A narrative review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(9), 1896–1911. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004503>
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, 43(9), 773–781. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>
- Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., Iaia, F. M., Fernández, J., & Medina, D. (2018). Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning. *PLOS ONE*, 13(7), e0201264. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201264>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*, 93(5), 1043–1065. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Ulema, M. S. (2025a). Basketbolda yapay zekâ ve makine öğrenmesi: Performans analizi, taktik modelleme ve gelecek perspektifleri. In M. Sarıkaya

(Ed.), *Beslenme, beden, zihin ve hareket: Spor bilimlerinde akademik çalışmalar 1* (ss. 15–24). Duvar Yayınları.

Ulema, M. S. (2025b). Vegan sporcularda protein stratejileri: Kas kuvveti, hipertrofi ve dayanıklılık. In İ. Aktaş (Ed.), *Beslenme, beden, zihin ve hareket: Spor bilimlerinde akademik çalışmalar 2* (ss. 52–62). Duvar Yayınları.

West, S. W., Clubb, J., Torres-Ronda, L., Howells, D., Leng, E., Vescovi, J. D., Carmody, S., Posthumus, M., Dalen-Loretsen, T., & Windt, J. (2021). More than a metric: How training load is used in elite sport for athlete management. *International Journal of Sports Medicine*, 42(4), 300–306. <https://doi.org/10.1055/a-1268-8791>

Williams, A. M., & Ford, P. R. (2008). Expertise and expert performance in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1(1), 4–18. <https://doi.org/10.1080/17509840701836867>