# hp Engine: Futbolun Her Şeyin Teorisi ve 12 Boyutlu Bütünleşik Veri Mimarisi Araştırma Raporu

## Yönetici Özeti: Kaosun Milimetrik Düzeni

Futbol, tarihsel gelişimi boyunca, oyun sahasının değişmez geometrisi ile insan doğasının öngörülemez stokastik yapısı arasında sıkışıp kalmış bir "absürt" tiyatrosudur. Geleneksel futbol analitiği, bu kaosu izole edilmiş olay verilerine (şutlar, paslar, koşu mesafeleri) indirgeyerek açıklamaya çalışmış, ancak oyunun *emergent* (beliren) karmaşıklığını ve akışkan bağlamını gözden kaçırmıştır. Albert Camus'nün kalecilik deneyimlerinden süzülen varoluşsal "topun asla beklediğiniz yerden gelmemesi" gerçeği, aslında modern veri biliminin en büyük meydan okuması olan belirsizlik ilkesinin sahadaki tezahürüdür.1

Bu rapor, "hp Engine" adlı 12 boyutlu ekosistemin teorik, bilimsel ve teknolojik altyapısını inşa etmek amacıyla hazırlanmıştır. Sistem, sadece ne olduğunu (descriptive) değil, neden olduğunu (causal) ve ne olacağını (predictive) modelleyen, makine öğrenmesi ve biyomekanik verilerle desteklenen deterministik bir yapı önermektedir. Bu yapı; Raymond Verheijen'in fizyolojik periyodizasyon prensiplerini, Juanma Lillo ve Pep Guardiola'nın konumsal oyun felsefesini ve Judea Pearl'ün nedensel çıkarım (Causal Inference) mantığını sentezleyerek, futbolun kaotik doğasını "milimetrik bir düzene" dönüştürmeyi hedefler. Aşağıdaki bölümler, bu ekosistemin her bir modülünün bilimsel temellerini, UEFA raporları ve akademik literatür ışığında, derinlemesine incelemektedir.

## Bölüm 1: Felsefi ve Teorik Çerçeve: Absürt ve İntentionalite

### 1.1 Camus ve Kalecinin Yalnızlığı: Deterministik Olmayan Bir Değişken

Futbolun "Her Şeyin Teorisi"ni kurabilmek için öncelikle oyunun metafiziksel gerçekliğiyle yüzleşmek gerekir. hp Engine, temellerini Fransız filozof ve eski kaleci **Albert Camus**'nün "Absürt" kavramından alır. Camus, kalecilik pozisyonunu, takım etiği içinde izole edilmiş, hatanın bireyselleştiği ancak başarının kolektifleştiği trajik bir rol olarak tanımlar.2 Kaleci, oyunun en durağan ama en patlayıcı anlarını yöneten, "topun asla beklenen yönden gelmediği" gerçeğiyle yaşayan bir figürdür.1

Bu felsefi içgörü, hp Engine'in **Individual (Bireysel) Modülü**nde kaleciler için oluşturulan veri mimarisini doğrudan etkiler. Kaleciler, lineer regresyon modelleriyle değil, yüksek varyanslı ve düşük frekanslı olayları (high-variance, low-frequency) işleyebilen **Olasılıksal Grafik Modeller (Probabilistic Graphical Models)** ile analiz edilmelidir. Bir kalecinin performansı, sadece kurtarış yüzdesiyle değil, oyunun kaotik anlarında (örneğin, savunma hattının kırıldığı bir kontratakta) aldığı kararların "ahlaki ve yükümlülük" boyutuyla, yani taktiksel sorumluluk bilinciyle ölçülmelidir.2 Camus'nün belirttiği gibi, futbol, ahlak ve yükümlülükler üzerine pratik bir laboratuvardır; bu nedenle hp Engine, oyuncu psikolojisini ve karar verme mekanizmalarını, sadece fiziksel verilerle değil, bu varoluşsal baskı altındaki performanslarıyla da değerlendirir.

### 1.2 Juanma Lillo ve İntentionalite (Niyetlilik)

Taktiksel analizde verinin bağlamdan koparılması en büyük hatadır. Pep Guardiola'nın mentoru **Juanma Lillo**, futbolun izole eylemler bütünü olmadığını, bir "intentionalities" (niyetlilikler) sürekliliği olduğunu savunur.3 Lillo'ya göre "pas, niyetli bir araçtır" (The pass is an intentional means). Sadece topu dolaştırmak için yapılan bir pas ile, rakip blokları manipüle etmek veya bir pres hattını kırmak için yapılan pas, istatistik kağıdında "1 isabetli pas" olarak görünse de, oyunun teorisinde taban tabana zıt değerlere sahiptir.4

hp Engine, bu görüşü **Michael Cox** ve **Jonathan Wilson**'ın taktiksel evrim teorileriyle birleştirerek, oyunu statik formasyonlar (4-4-2, 4-3-3) üzerinden değil, dinamik **Oyun Fazları** üzerinden okur:

1. **Build-up (Oyun Kurulumu):** Kaleci ve savunmacıların topu oyuna soktuğu ve rakip baskısını üzerine çekerek arkada alan yaratmayı hedeflediği faz.5
2. **Consolidation (Konsolidasyon/Yerleşme):** Orta sahada topa sahip olma ve rakip savunma bloğunu manipüle etme süreci.6
3. **Incision (Sızma/Delme):** Rakip savunma hattının arkasına sarkma ve gol pozisyonu üretme eylemi.5

Sistem, **Causal Knowledge Graph (Nedensel Bilgi Grafiği)** yapısını kullanarak her pası, şutu veya koşuyu bu fazlardan hangisine ait olduğuna göre etiketler. Bir stoperin *Build-up* fazında yaptığı riskli dikey pas, eğer rakip orta sahayı oyundan düşürüyorsa (Packing), *Consolidation* fazında yapılan güvenli bir yan pastan algoritmik olarak daha değerli kabul edilir.

## Bölüm 2: Pre-Injury Modülü: Biyolojik ve Mekanik Koruma

hp Engine'in en kritik modüllerinden biri, oyuncunun fiziksel bütünlüğünü korumayı ve sakatlıkları öngörmeyi hedefleyen **Pre-Injury (Sakatlık Öncesi)** modülüdür. Bu modül, Raymond Verheijen'in futbol periyodizasyon ilkelerini ve modern spor hekimliği verilerini **Bayesyen Çıkarım** (Bayesian Inference) yöntemleriyle işler.

### 2.1 Akut:Kronik İş Yükü Oranı (ACWR) ve "Tatlı Nokta"

Sakatlık, sadece bir şanssızlık (Camus'nün absürdü) değil, fizyolojik sınırların ihlalinin matematiksel bir sonucudur. Verheijen, "futbol kondisyonunun futbol antrenmanı olduğunu" savunur; yani fiziksel yükleme, oyunun bağlamından ayrılamaz.7 hp Engine, **Akut:Kronik İş Yükü Oranı (ACWR)** metriğini temel risk göstergesi olarak kullanır.

Veriler, sakatlık riskinin minimize edildiği "Tatlı Nokta"nın (Sweet Spot) **0.80 ile 1.30** ACWR aralığında olduğunu göstermektedir.9

* **Tehlike Bölgesi:** Oran **1.50**'yi aştığında, yani oyuncunun son 7 günlük (akut) yükü, son 28 günlük (kronik) ortalamasının 1.5 katına çıktığında, sakatlık riski istatistiksel olarak anlamlı şekilde artar (bazı çalışmalarda %75'e varan artış).9
* **Yetersiz Yükleme:** Oranın **0.80**'in altına düşmesi de, oyuncunun fiziksel olarak maç temposuna hazırlıksız olması nedeniyle (detraining) sakatlık riskini artırır.10

Sistem, GPS verilerini (toplam mesafe, yüksek hızda koşu, hızlanma/yavaşlama sayıları) gerçek zamanlı işleyerek, teknik ekibe oyuncunun bu "tatlı nokta" içinde kalıp kalmadığını raporlar.

### 2.2 Hamstring Asimetrisi ve İzokinetik Profilleme

Futbolda en sık görülen kas sakatlığı olan hamstring yaralanmaları (HSI), genellikle eksantrik kuvvet yetersizliğinden kaynaklanır. **Sheldon** ve diğer araştırmacıların somatotip çalışmalarına ek olarak, kas dengesizlikleri kritik bir veri noktasıdır.

* **Eşik Değerler:** Yapılan izokinetik testler, profesyonel futbolcularda **%10-15** üzerindeki bilateral (sağ-sol bacak arası) kuvvet asimetrisinin sakatlık riskini artırdığını göstermektedir.12 Özellikle 300°/s açısal hızda yapılan testlerde, kuadriseps ve hamstring arasındaki eksantrik/konsentrik oranların bozulması, sprint sırasında kasın kopma ihtimalini yükseltir.
* **Bayesyen Tahmin:** Pre-Injury modülü, bu izokinetik verileri, oyuncunun yaşını, geçmiş sakatlık tarihçesini ve o haftaki ACWR değerini bir **Bayesyen Ağ (Bayesian Network)** içinde birleştirir. Örneğin, sistem şu çıktıyı verebilir: "$P(\text{Sakatlık} | \text{Yaş}=28, \text{HSI Geçmişi}=\text{Var}, \text{ACWR}=1.6) = \%65$". Bu olasılık, teknik direktöre oyuncuyu dinlendirmesi için bilimsel bir dayanak sunar.14

### 2.3 Muscle Fiber Typology (Kas Lifi Tipolojisi) ve Jens Bangsbo'nun Fizyolojisi

**Jens Bangsbo**'nun çalışmaları, futbolun yüksek yoğunluklu aralıklı (intermittent) yapısını ortaya koymuştur.16 hp Engine, oyuncuların **Kas Lifi Tipolojisini (Muscle Fiber Typology - MFT)** invaziv olmayan yöntemlerle (GPS verilerindeki hızlanma profilleri üzerinden) tahmin eder.

* **Tip II (Hızlı Kasılan) Lifler:** Elit kanat oyuncuları ve forvetler, yüksek güç üretimi ve patlayıcılık sağlayan Tip IIa ve IIx liflerine daha fazla sahiptir. Bu lifler yüksek performans sağlar ancak çabuk yorulur.18
* **Tip I (Yavaş Kasılan) Lifler:** Orta saha oyuncuları, 90 dakika boyunca oyunu yönlendirmek ve sürekli hareket halinde olmak için yorgunluğa dirençli Tip I liflere ihtiyaç duyar.20

Sistem, oyuncunun MFT profilini belirleyerek, antrenman yüklerini buna göre optimize eder. Tip II ağırlıklı bir oyuncuya, Tip I ağırlıklı bir orta saha oyuncusuyla aynı aerobik dayanıklılık yüklemesi yapmak, oyuncunun patlayıcılığını köreltir ve "Verheijen Yasaları"na göre sakatlığa davetiye çıkarır.7

## Bölüm 3: Individual (Bireysel) Modül: Antropometri ve Rol Tanımları

### 3.1 Somatotip Analizi ve Pozisyonel Uygunluk

William Sheldon'ın somatotip teorisi ve Heath-Carter yöntemi, oyuncuların fiziksel yapılarının sahadaki rollerine uygunluğunu belirlemede kullanılır. hp Engine, transfer ve altyapı modüllerinde bu veriyi "Biyolojik Kimlik Kartı" olarak işler.

* **Kaleciler:** Veriler, elit kalecilerin genellikle **ektomorfik mezomorf** (2.0–4.1–3.1) veya dengeli mezomorf yapıda olduğunu, uzun boy ve geniş kulaç açıklığına (humerus genişliği) sahip olduklarını gösterir. Ayrıca, vücut yağ oranları (%9.4 civarı) diğer mevkilerden anlamlı derecede yüksektir; bu durum darbeleri absorbe etme gerekliliğiyle açıklanabilir.21
* **Orta Sahalar:** En düşük ağırlık ve boy ortalamalarına sahip olan bu grup, **mezomorf-ektomorf** yapıdadır. Bu morfoloji, yüksek aerobik kapasite ve çeviklik gerektiren, sürekli yön değiştirmeli oyun yapısına biyomekanik bir avantaj sağlar.21
* **Stoperler ve Forvetler:** Kas kütlesi en yüksek gruplardır. Stoperler hava topları ve ikili mücadeleler için kas iskelet sağlamlığına (mezomorfi) ihtiyaç duyarken, forvetler patlayıcı güç için benzer bir kas yoğunluğuna sahiptir.24

### 3.2 Rol Keşfi: Raumdeuter, Carrilero ve Regista

Geleneksel "Mevki" (Position) kavramı, modern futbolda yerini "Rol" (Role) kavramına bırakmıştır. hp Engine, StatsBomb verilerini ve **K-Means Kümeleme (Clustering)** algoritmalarını kullanarak oyuncuları 20'den fazla mikro role ayırır.26

* **Raumdeuter (Alan Müfessiri):** Thomas Müller ile özdeşleşen bu rol, topla oynama becerisinden ziyade, topsuz alanda "yerçekimsel çekim" (gravitational pull) yaratma yeteneğiyle tanımlanır. hp Engine, oyuncunun topsuz koşularının rakip savunma üzerindeki etkisini (savunmacıyı sürükleme, pas kanalı açma) ölçerek, klasik istatistiklerde görünmeyen bu "görünmez emeği" nicelleştirir.28
* **Carrilero (Mekik Dokuyucu):** Genellikle 4-4-2 baklava dizilişinde, defansif orta saha ile bekler arasındaki kanalları kapatan, yatay hareketliliği yüksek, "sessiz kahraman" rolüdür. Sistem, bu oyuncuların ısı haritalarındaki "half-space" (yarım alan) kapsamalarını ve savunma aksiyonlarını analiz eder.31

## Bölüm 4: Team (Takım) ve Pre-Match Modülleri: Kolektif Zeka

### 4.1 Ağ Teorisi ve Betweenness Centrality

Bir takım, 11 oyuncunun toplamından fazlasıdır; oyuncular arası etkileşimlerin oluşturduğu bir ağdır (Network). hp Engine, **Sosyal Ağ Analizi (SNA)** metriklerini futbola uygular.

* **Betweenness Centrality (Aracılık Merkeziliği):** Bu metrik, bir oyuncunun takımın pas ağında ne kadar "köprü" görevi gördüğünü ölçer. Xavi veya Pirlo gibi oyuncular, topun bir bölgeden diğerine geçişinde en sık kullanılan düğümler oldukları için yüksek *Betweenness Centrality* değerine sahiptir.33
* **Uygulama:** Pre-Match modülünde, rakip takımın pas ağı çıkarılır. Eğer rakibin "Regista"sı yüksek merkeziliğe sahipse, sistem teknik direktöre "Bu oyuncuya adam adama markaj uygula ve ağı parçala" önerisinde bulunur.34

### 4.2 Rest Defense (Denge Savunması) ve Voronoi Diyagramları

Hücum ederken savunmayı kurgulamak (**Rest Defense**), modern futbolun en kritik taktiksel unsurudur. hp Engine, **Voronoi Diyagramları**nı kullanarak sahadaki alan kontrolünü hesaplar.36

* **Alan Kontrolü:** Top kaybedildiği anda, savunma oyuncularının kapsadığı alanın geometrisi analiz edilir. Manchester City ve Arsenal gibi takımlar, topa sahipken savunma hatlarını orta saha çizgisine kadar çıkararak (ortalama 45-50 metre derinlik), rakibin kullanabileceği efektif alanı daraltır.38
* **Metrikler:** Sistem, "Rest Defense Derinliği" ve "Voronoi Alanı Kompaktlığı" metriklerini anlık olarak hesaplar. Eğer takım hücumdayken savunma oyuncuları birbirinden çok uzaklaşmışsa (geniş Voronoi hücreleri), sistem "Kontratak Riski: Yüksek" uyarısı verir.40

### 4.3 Pres Verimliliği: PPDA ve BDP

Pres sadece koşmak değildir. Geleneksel **PPDA** (Savunma Aksiyonu Başına Pas) metriği, presin yoğunluğunu ölçer ancak başarısını ölçmez. hp Engine, bu metriği **Buildup Disruption Percentage (BDP - Oyun Kurulumu Bozma Yüzdesi)** ile çaprazlar.42

* **Analiz:** Bir takım düşük PPDA (yoğun pres) değerine sahip olabilir, ancak rakip hala %90 pas isabetiyle çıkıyorsa (düşük BDP), bu pres "verimsiz enerji harcamasıdır". İdeal olan, düşük PPDA ve yüksek BDP (rakibin pas isabetini düşürme) kombinasyonudur. Liverpool ve Bayern Münih gibi takımlar bu matriste en üst çeyrekte yer alır.42

## Bölüm 5: Video & Cognitive (Bilişsel) Modül: Algısal Hız

### 5.1 Scanning (Çevre Kontrolü) Bilimi

Norveç Spor Bilimleri Okulu'ndan **Geir Jordet**'in araştırmaları, sahadaki başarının ayaklardan önce gözlerde başladığını kanıtlamıştır. "Scanning", oyuncunun top ayağına gelmeden önce kafasını çevirerek çevresel bilgi toplama eylemidir.44

* **Veriler:** Frank Lampard ve Xavi gibi elit orta sahalar, topu almadan önceki 10 saniyede saniyede 0.6-0.8 kez çevre kontrolü yapmaktadır.45 Bu yüksek frekans, topla buluştuklarında karar verme süresini kısaltmakta ve isabetli ileri pas (progressive pass) oranını artırmaktadır.
* **Görüntü İşleme:** hp Engine, maç görüntülerini işleyerek her oyuncunun "Scanning Frekansını" çıkarır. Tarama sayısı düşük olan oyuncular, karar alma mekanizmalarındaki yavaşlık nedeniyle "Bilişsel Darboğaz" olarak işaretlenir.

### 5.2 VR (Sanal Gerçeklik) ve Nörobiyolojik Antrenman

Sistem, sahadaki fiziksel yükü artırmadan bilişsel kapasiteyi geliştirmek için **VR teknolojilerini** entegre eder. Be Your Best veya SensiballVR gibi platformlardan gelen veriler, oyuncunun maç senaryolarındaki reaksiyon süresini ve görsel arama verimliliğini ölçer.44 Araştırmalar, video tabanlı algısal antrenmanların sahadaki karar verme hızını %15-20 oranında iyileştirdiğini göstermektedir.47

## Bölüm 6: Post-Match ve Taktiksel Metrikler: Oyunun Matematiği

### 6.1 Packing Rate (Paketleme Oranı)

Alman analistler Stefan Reinartz ve Jens Hegeler tarafından geliştirilen **Packing**, pasın değerini "oyundan düşürdüğü rakip oyuncu sayısı" ile ölçer.49

* **Mekanizma:** Yan paslar güvenlidir ancak "Packing" değeri sıfırdır. Riskli bir dikey pas, 4 rakip oyuncuyu geride bırakıyorsa (oyundan düşürüyorsa), bu pasın taktiksel değeri çok yüksektir. hp Engine, "Impect" puanı yüksek olan oyuncuları (örneğin Rodri, Busquets) gizli oyun kurucular olarak tanımlar ve pas başarı yüzdesi düşük olsa bile bu oyuncuları değerli kılar.50

### 6.2 Field Tilt (Saha Eğimi) ve Hakimiyet

Topa sahip olma oranı (Possession) yanıltıcı olabilir. hp Engine, **Field Tilt** metriğini kullanır.

* **Formül:** $\frac{\text{Takımın 3. Bölge Pasları}}{\text{Takımın 3. Bölge Pasları} + \text{Rakibin 3. Bölge Pasları}}$
* **Önemi:** Manchester City ve Liverpool gibi takımlar, maç başına %70'in üzerinde Field Tilt değerine sahiptir.38 Bu, oyunun nerede oynandığının (territorial dominance) en net göstergesidir. Topa sahip olup kendi sahasında paslaşan bir takım, hp Engine algoritmalarında "Hakim" değil "Pasif" olarak etiketlenir.

### 6.3 Expected Threat (xT) ve On-Ball Value (OBV)

Gol beklentisi (xG) sadece şutu değerlendirir. Peki şuta giden yolu açan pasın değeri nedir? **Expected Threat (xT)** ve StatsBomb'un **On-Ball Value (OBV)** modelleri, topun sahadaki her hareketinin gol olasılığını nasıl değiştirdiğini hesaplar.52

* **xT Matrisi:** Saha ızgaralara bölünür. Topu tehlikesiz bir bölgeden (kendi yarı sahası) tehlikeli bir bölgeye (ceza sahası yayı) taşıyan bir pas veya dripling, pozitif xT puanı alır. Bu, asisti yapanı değil, "asistin asistini" yapanı veya oyunu çözen driplingi atanı ödüllendirir.52

## Bölüm 7: Makine Öğrenmesi ve Veri Mimarisi (hp Engine Core)

### 7.1 Causal Knowledge Graph (Nedensel Bilgi Grafiği)

İstatistiksel korelasyon, nedensellik değildir. "Takım %60 topla oynadığında kazanıyor" demek, topla oynamanın galibiyete neden olduğunu kanıtlamaz (belki öne geçtikleri için topu tutuyorlardır). hp Engine, **Directed Acyclic Graphs (DAGs)** kullanarak değişkenler arasındaki *nedensel* ilişkileri modeller.55

* **Counterfactuals (Karşıolgusallar):** Sistem, "Eğer savunmacı geri çekilmek yerine öne çıksaydı gol olur muydu?" sorusunu simüle edebilir. Bu, maç sonu analizlerinde oyuncuya "Hatalıydın" demek yerine, "Alternatif senaryoda gol yeme ihtimalimiz %80 azalırdı" diyerek bilimsel bir geri bildirim sunar.57

### 7.2 Graph Neural Networks (GNN)

Futbol maçı, 22 oyuncu ve 1 toptan oluşan dinamik bir grafiktir. hp Engine, **Graph Neural Networks (GNN)** ve **Graph Attention Networks (GAT)** kullanarak bu yapıyı işler.58

* **Uygulama:** Her oyuncu bir düğüm (node), aralarındaki pas kanalları ve mesafeler kenar (edge) olarak modellenir. GNN, sadece topa sahip olan oyuncuyu değil, topsuz alandaki oyuncuların birbirleriyle etkileşimini ve alan parselasyonunu analiz ederek, gelecekteki pas opsiyonlarını ve gol olasılıklarını tahmin eder.60

### 7.3 Veri Şeması ve Kullanıcı Deneyimi

Sistem, **StatsBomb Open Data** ve **Wyscout API** standartlarına uygun bir JSON şeması üzerine kuruludur. Özellikle **StatsBomb 360** verisi, sadece topla oynayanı değil, o andaki tüm oyuncuların konumunu (Freeze Frame) içerdiği için Voronoi ve Packing analizleri için hayati önem taşır.61

* **Dark Mode ve Chiaroscuro:** Analistlerin saatlerce ekrana bakması gerektiğinden, arayüz **Dark Mode** prensiplerine göre tasarlanmıştır. **Chiaroscuro** (ışık-gölge karşıtlığı) tekniği kullanılarak, koyu gri (#121212) zemin üzerinde sadece kritik veriler (örneğin yüksek sakatlık riski uyarısı) parlak ve doygun renklerle (Cyan, Magenta) vurgulanır. Bu, kullanıcının bilişsel yükünü azaltır ve dikkati en önemli veriye odaklar.63

## Bölüm 8: Seasonal (Dönemsel) ve Transfer Modülleri

### 8.1 Dönemsel Evrim ve Taktiksel Tarih

**Jonathan Wilson**'ın "Piramidi Tersine Çevirmek" adlı eserinde anlattığı taktiksel evrim, lineer değildir, döngüseldir. hp Engine, tarihsel verileri tarayarak taktiksel trendleri analiz eder. Örneğin, 3'lü savunmanın geri dönüşü veya "Sahte 9" rolünün evrimi, **Seasonal Modül** tarafından izlenir. Sistem, ligdeki diğer takımların taktiksel eğilimlerini (örneğin, pres yapma yüksekliklerinin sezon içindeki değişimi) analiz ederek, takıma "Gelecek 5 hafta içinde bloklar arası mesafeyi 3 metre daraltmalıyız, çünkü lig trendi bu yöne gidiyor" gibi makro stratejiler sunar.

### 8.2 Transferde "Para Topu" (Moneyball) Ötesi

Transfer modülü, oyuncuları isimlerine veya klasik pozisyonlarına göre değil, **Veri Vektörleri (Player Vectors)** ve kümeleme algoritmalarıyla belirlenen **Rollerine** göre arar.65

* **Algoritma:** Peru 2. Ligi'nde oynayan, 22 yaşında, "Raumdeuter" profiline uyan (yüksek xT, yüksek topsuz koşu metriği, düşük defansif aksiyon ama yüksek zeka) bir oyuncuyu, Bayern Münih'in verileriyle eğitilmiş bir GNN modeli sayesinde tespit edebilir. Bu, "Değer Yaratma" (Undervalued Asset) prensibine dayanır.

## Sonuç: Kaosun İçindeki Mimari

hp Engine, futbolu sadece sayılarla ifade edilen bir oyun olmaktan çıkarıp, biyolojik, fiziksel, taktiksel ve bilişsel boyutlarıyla ele alan bütünleşik bir bilim dalına dönüştürür. Camus'nün absürdizmi ile Lillo'nun intentionalitesini, Verheijen'in fizyolojisi ile Pearl'ün nedenselliğini aynı potada eritir.

Bu sistemin sunduğu şey sadece veri değildir; bu verilerin arkasındaki "neden" sorusunun cevabı ve geleceğe dair "ne olacak" sorusunun olasılıksal haritasıdır. Sakatlıkları gerçekleşmeden önleyen, oyuncu rollerini insan gözünün kaçırdığı detaylarla tanımlayan ve sahadaki kaotik akışı milimetrik bir düzene oturtan hp Engine, futbol yönetiminde sezgisel sanattan, kesinlik bilimine geçişin anahtarıdır.

| **Modül** | **Temel Felsefe/Bilim** | **Anahtar Metrikler ve Teknoloji** |
| --- | --- | --- |
| **Individual / Pre-Injury** | Verheijen (Anti-kırılganlık), Sheldon (Somatotip) | ACWR, Hamstring Asimetrisi, Bayesyen Ağlar, Lif Tipolojisi |
| **Video & Cognitive** | Camus (Algı/Absürt), Jordet (Scanning) | Scanning Frekansı (SPS), VR Reaksiyon Süresi, Görsel Arama |
| **Team / Pre-Match** | Lillo (İntentionalite), Cox (Alan Parselasyonu) | Packing Rate, Field Tilt, Rest Defense (Voronoi), PPDA, BDP |
| **Transfer** | Decroos (Oyuncu Vektörleri) | K-Means Kümeleme, Radar Grafikleri, Rol Keşfi (Raumdeuter) |
| **Hesaplama Çekirdeği** | Pearl (Nedensellik) | Causal Graphs (DAGs), GNN, StatsBomb 360 Verisi, Chiaroscuro UX |

Bu mimari, futbolun "Her Şeyin Teorisi"dir.

#### Alıntılanan çalışmalar

1. erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://lithub.com/of-course-albert-camus-was-a-goalkeeper/#:~:text=Standing%20sentinel%20in%20goal%2C%20Camus,what%20they%20claim.%E2%80%9D%20Deep!>
2. Albert Camus' Lessons Learned from Playing Goalie: "What I Know Most Surely about Morality and Obligations, I Owe to Football” | Open Culture, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.openculture.com/2014/11/albert-camus-soccer-goalie.html>
3. Dissecting the Ins and Outs of Build-up Play - Breaking The Lines, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://breakingthelines.com/tactical-analysis/dissecting-the-ins-and-outs-of-build-up-play/>
4. Coaching with Intention: What Juanma Lillo Teaches Us About Purposeful Football, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.itsjustasport.com/articles/2018/6/5/lillo-on-intentionality>
5. What Is Build-Up Phase In Football? – Tactical Theory, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://totalfootballanalysis.com/tactical-theory-build-up-tactical-analysis-tactics>
6. PHASES OF PLAY IN FOOTBALL, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.phaseofplay.com/post/phases-of-play-in-football>
7. Raymond Verheijen and His Block Periodization Explained - JOHAN Sports, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.johansports.com/INSIGHTS/Raymond-Verheijen-block-periodization->
8. Raymond Verheijen Periodization | PDF | Communication - Scribd, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.scribd.com/document/627921093/Raymond-Verheijen-Periodization>
9. Acute:Chronic Workload Ratio - Science for Sport, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.scienceforsport.com/acutechronic-workload-ratio/>
10. Acute to chronic workload ratio (ACWR) for predicting sports injury risk: a systematic review and meta-analysis - PMC - NIH, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12487117/>
11. A Systematic Review on Utilizing the Acute to Chronic Workload Ratio for Injury Prevention among Professional Soccer Players - MDPI, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/11/4449>
12. Side-to-side asymmetry in lower limb strength and hamstring-quadriceps strength ratio among collegiate American football players - PMC - NIH, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6879405/>
13. At return to play following hamstring injury the majority of professional football players have residual isokinetic deficits - R Discovery, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://discovery.researcher.life/article/at-return-to-play-following-hamstring-injury-the-majority-of-professional-football-players-have-residual-isokinetic-deficits/f00bc420b68c31a0abcdadc8a77d6b25>
14. Using a Bayesian network to classify time to return to sport based on football injury epidemiological data | PLOS One - Research journals, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0314184>
15. (PDF) Using a Bayesian network to classify time to return to sport based on football injury epidemiological data - ResearchGate, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.researchgate.net/publication/390033285_Using_a_Bayesian_network_to_classify_time_to_return_to_sport_based_on_football_injury_epidemiological_data>
16. High-Intensity Training in Football - Human Kinetics Journals, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://journals.humankinetics.com/downloadpdf/journals/ijspp/4/3/article-p291.pdf>
17. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player - Taylor & Francis Online, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02640410500482529>
18. Relationship between proxies for Type II fiber type and resting blood pressure in Division I American Football Athletes - PubMed Central, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5426410/>
19. The Relevance of Muscle Fiber Type to Physical Characteristics and Performance in Team-Sport Athletes in - Human Kinetics Journals, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijspp/18/3/article-p223.xml>
20. online\_MYOTYPES: the relevance of muscle fiber typology in sports, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://muscletalentscan.com/home/_the-relevance-of-muscle-fiber-typology-in-sports/Illustrated+guide_MYOTYPES+the+relevance+of+muscle+fiber+typology+in+sports.pdf>
21. From Strikers to Keepers: Somatotype of Football Players from Slovakia - PubMed Central, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11511079/>
22. Anthropometric characteristics and somatotype of professional soccer players by position - Journal of Sports Medicine and Therapy, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.sportsmedoa.com/journals/jsmt/jsmt-aid1047.php>
23. Anthropometric Profile and Position-Specific Changes in Segmental Body Composition of Professional Football Players Throughout a Training Period - MDPI, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.mdpi.com/2075-4663/12/10/285>
24. Somatotype and body composition based on playing position in Peruvian U-20 football players | Journal of Human Sport and Exercise, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.jhse.es/index.php/jhse/article/download/somatotype-body-composition-position-peruvian-u-footballers/144/6866>
25. Somatotype and body composition based on playing position in Peruvian U-20 football players - ResearchGate, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.researchgate.net/publication/392200951_Somatotype_and_body_composition_based_on_playing_position_in_Peruvian_U-20_football_players>
26. Introducing Role Discovery: Generating Data-Driven Roles In Elite Professional Football - Stats Perform, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.statsperform.com/resource/introducing-role-discovery-generating-data-driven-roles-in-elite-professional-football/>
27. Decoding Player Roles: A Data-Driven Clustering Approach in Football - Medium, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://medium.com/@marwanehamdani/decoding-player-roles-a-data-driven-clustering-approach-in-football-764654afb45b>
28. Raumdeuter role should be different? : r/footballmanagergames - Reddit, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.reddit.com/r/footballmanagergames/comments/1alo0v1/raumdeuter_role_should_be_different/>
29. The Raumdeuter Role Explained | Jobs In Football, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://jobsinfootball.com/blog/raumdeuter-role-explained/>
30. Invisible Action: 5 Metrics to Capture Off Ball Value | by Lily Wood-Blake | Medium, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://medium.com/@lwoodblake/invisible-action-5-metrics-to-capture-off-ball-value-614d35413d4b>
31. Football Manager 2020: Niche player roles explained and how to use them correctly, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.squawka.com/en/gaming/football-manager-2020-niche-player-roles-explained/>
32. Can someone explain a Carilero? : r/footballmanagergames - Reddit, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.reddit.com/r/footballmanagergames/comments/1jxmtm9/can_someone_explain_a_carilero/>
33. Positional Influence in Football Passing Networks: An Analysis of the Tactical Systems and Match Outcomes - MDPI, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/21/11513>
34. Identification and Optimization of High-Performance Passing Networks in Football - arXiv, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://arxiv.org/html/2502.01444v1>
35. Exploring Team Passing Networks and Player Movement Dynamics in Youth Association Football | PLOS One - Research journals, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0171156>
36. Using Voronoi diagrams to describe tactical behaviour in invasive team sports - SciELO España, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://scielo.isciii.es/pdf/cpd/v15n1/monografico11.pdf>
37. Using Voronoi Diagrams in Football | by Ricardo Tavares - Medium, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://medium.com/football-crunching/using-voronoi-diagrams-in-football-ca730ea81c05>
38. Premier League Team Statistics | WhoScored.com, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.whoscored.com/regions/252/tournaments/2/seasons/9075/stages/20934/teamstatistics/england-premier-league-2022-2023>
39. Average defensive line height of each team and their opposition in the Premier league : r/Gunners - Reddit, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.reddit.com/r/Gunners/comments/1aveqhf/average_defensive_line_height_of_each_team_and/>
40. From Optical Tracking to Tactical Performance via Voronoi Diagrams: Team Formation and Players' Roles Constrain Interpersonal Linkages in High-Level Football - PMC - PubMed Central, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9824483/>
41. The Success Factors of Rest Defense in Soccer – A Mixed-Methods Approach of Expert Interviews, Tracking Data, and Machine Learning - PMC - PubMed Central, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10690503/>
42. Measuring pressing success: Buildup Disruption Percentage (BDP) - Soccerment, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://soccerment.com/measuring-pressing-success-buildup-disruption-percentage-bdp/>
43. What Is PPDA In Football? Passes Per Defensive Action Explained, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://jobsinfootball.com/blog/what-is-ppda-passes-per-defensive-action/>
44. New York Times & The Athletic: The art of scanning in football - Be Your Best, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.beyourbest.com/en-us/insight/the-athletic-the-art-of-scanning-in-football>
45. Scanning, Contextual Factors, and Association With Performance in English Premier League Footballers: An Investigation Across a Season - PMC - PubMed Central, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7573254/>
46. Effects of virtual reality-based cognitive and technical drills on scanning and passing performance in youth football players: a randomized controlled study - PubMed Central, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12729181/>
47. Effects of Video-Based Visual Training on Decision-Making and Reactive Agility in Adolescent Football Players - MDPI, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.mdpi.com/2075-4663/4/1/1>
48. Effects of video-based training on anticipation and decision-making in football players: A systematic review - Frontiers, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2022.945067/full>
49. Packing Rate – Football Statistics Explained, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://the-footballanalyst.com/packing-rate-football-statistics-explained/>
50. Packing: The most important football statistic you've probably never heard of – and how it could decide England v Sweden : r/soccer - Reddit, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.reddit.com/r/soccer/comments/8wjczg/packing_the_most_important_football_statistic/>
51. Yet Another Approach of Playing Styles and Performance in Europe's Top 5 Leagues, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://medium.com/@alf.19x/yet-another-approach-of-playing-styles-and-performance-in-europes-top-5-leagues-87f9960a0c9c>
52. Beyond Passes: Visualizing Team Structure with xT-Aware Networks | by Michele Deantoni, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://medium.com/@michele.deantoni/beyond-passes-visualizing-team-structure-with-xt-aware-networks-361a153b27ba>
53. On-Ball Value (OBV) | Evaluating player actions in football - YouTube, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.youtube.com/watch?v=mpwqvzsxBhc>
54. Expected Threat - Soccerment, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://soccerment.com/expected-threat/>
55. Causal Inference in Sports. A dive into the application of causal… | by Joshua Amayo | Data Science Collective | Medium, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://medium.com/data-science-collective/causal-inference-in-sports-7d911a248375>
56. Framing Causal Questions in Sports Analytics: A Case Study of Crossing in Soccer - arXiv, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://arxiv.org/html/2505.11841v1>
57. A Machine Learning Framework for Off Ball Defensive Role and Performance Evaluation in Football - arXiv, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://arxiv.org/html/2601.00748v1>
58. Game State and Spatio-temporal Action Detection in Soccer using Graph Neural Networks and 3D Convolutional Networks - arXiv, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://arxiv.org/html/2502.15462v1>
59. Unveiling Hidden Pivotal Players with GoalNet: A GNN-Based Soccer Player Evaluation System - arXiv, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://arxiv.org/html/2503.09737v1>
60. GoalNet: Unveiling-Hidden-Pivotal-Players-A-GNN-Based-Soccer-Player- Evaluation-System, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.stat.cmu.edu/cmsac/conference/2024/assets/pdf/Jiang24.pdf>
61. statsbomb/open-data: Free football data from StatsBomb - GitHub, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://github.com/statsbomb/open-data>
62. Using StatsBomb 360 Data As A Performance Analyst, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://blogarchive.statsbomb.com/articles/soccer/using-statsbomb-360-data-as-a-performance-analyst/>
63. Dark Mode Design Principles for Data-Heavy Dashboards - Qodequay Technologies, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://www.qodequay.com/dark-mode-dashboards>
64. Implementing Dark Mode for Data Visualizations: Design Considerations | by Ananya Deka, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://ananyadeka.medium.com/implementing-dark-mode-for-data-visualizations-design-considerations-66cd1ff2ab67>
65. Player vectors: Analyzing soccer player's style of play - DTAI, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://dtai.cs.kuleuven.be/sports/player_vectors/>
66. Player Vectors: - Tom Decroos, erişim tarihi Ocak 16, 2026, <https://tomdecroos.github.io/reports/playing-style-wide-v2.pdf>