



Partikül Madde (PM₁₀) Konsantrasyonunun Kentsel Yeşil Alan Sisteminin Değerlendirilmesinde Ekolojik İndikatör Olarak Kullanımı: İstanbul - Beşiktaş Örneği

Ahmet Batur^{1*}, Gül Aslı Aksu²

^{1*} İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1985-2663), ab.ahmetbatur@gmail.com

² Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kastamonu, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6847-6182), gaaksu@kastamonu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 3 Haziran 2021 ve Kabul Tarihi 15 Ağustos 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.947260)

ATIF/REFERENCE: Batur, A. & Aksu, G.A., (2021). Partikül Madde (PM₁₀) Konsantrasyonunun Kentsel Yeşil Alan Sisteminin Değerlendirilmesinde Ekolojik İndikatör Olarak Kullanımı: İstanbul - Beşiktaş Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 125-134.

Öz

Hızlı nüfus artışı ve dolaylı olarak artan plansız kentleşme, kentsel yeşil alanlar üzerinde başta halk sağlığı ve biyolojik çeşitlilik olmak üzere ekosistemi olumsuz etkilemektedir. Bitki örtüsü yapılarının yerel hava kalitesi üzerindeki etkisini anlamak için farklı tasarım senaryoları değerlendirilmeli ve tasarım optimizasyonu için simülasyonlar kullanılmaktadır. Bu amaçla, farklı peyzaj unsurlarına ve yoğun bir nüfusa sahip olduğu için Beşiktaş ilçesi seçilmiştir. Çalışma öncesinde, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Müdürlüğü Beşiktaş İlçe Ölçüm İstasyonu'na ait 1998-2019 yılları arası PM₁₀ konsantrasyon değerleri gözden geçirilmiş, aylık ortalamaları temsil edecek şekilde yıllık grafikler hazırlanarak ön araştırma gerçekleştirilmiştir. PM₁₀ yoğunluğu Şubat ve Nisan aylarında en yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Araştırma alanında homojen bir dağılım gösterecek şekilde, farklı tip yeşil alanları temsil edecek 23 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. DUSTTRAK II ve QUEST EVM 7 cihazları ile planlanan ölçüm noktalarında ölçümler yapılmıştır. Yerinde Ölçüm Bulgularına göre; PM₁₀ ölçümlerinde hava kalitesi indeks sınırlarına göre hassas düzeyi aşan bir düzey tespit edilmemiştir. 100-150 µg/m³ hassas düzeyde belirlenmiş; Mustafa Kemal Kültür Merkezi (G \bar{x} =0,107 mg/m³), Barbaros Parkı (G \bar{x} =0,092 mg/m³), Gültekin Parkı (G \bar{x} =0,092 mg/m³), en düşük PM₁₀ düzeylerinin ise; Garanti BBVA (G \bar{x} =0,046 mg/m³) ve Ulus Parkı (G \bar{x} =0,041 mg/m³) olduğu görülmüştür. Sonuç olarak; korular başta olmak üzere kentsel yeşil alanların PM miktarı üzerinde anlamlı düzeyde etkili olduğu, yeşil dokunun çevresel yapılar ve özellikle parklar için önemli olduğuna karar verilmiştir. Yeşil dokunun niteliğinin PM seviyesi üzerinde etkili olduğu, yeşil sistemde üniteler arası bağlantısal ilişkilerinin önem arz ettiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hava kirliliği, Kentsel Yeşil Alan Sistemi, Kent Ekosistemi, Partikül madde (PM₁₀).

The Use of Particulate Matter Concentration (PM₁₀) as an Ecological Indicator by the Evaluation of an Urban Green Area System: Istanbul - Besiktas Case Study

Abstract

Rapid population growth and indirectly increasing unplanned urbanization negatively affect the ecosystem on urban green areas, especially public health and biological diversity. To understand the impact of vegetation structures on local air quality, different design scenarios should be evaluated and simulations are used for design optimization. For this purpose, Beşiktaş district was chosen as it has different landscape elements and a dense population. Before the study, PM₁₀ concentration values of the Istanbul Metropolitan Municipality Environmental Protection Directorate Beşiktaş District Measurement Station between 1998-2019 were reviewed, a preliminary research was carried out by preparing annual graphs to represent monthly averages. It was observed that the PM₁₀ concentration reached its highest values in February and April. Twenty-three measurement points were determined to represent different types of greenway in a homogeneous distribution in the research area. Measurements were made at the planned measurement points with DUSTTRAK II and QUEST EVM 7 devices. According to On-Site Measurement Findings; areas with high PM₁₀ levels; Mustafa Kemal Cultural Center (G \bar{x} = 0,107 mg/m³), Barbaros Park (G \bar{x} = 0,096 mg/m³), Gültekin Park (G \bar{x} = 0,092 mg/m³), while the lowest PM₁₀ levels are; Garanti BBVA (G \bar{x} = 0,046 mg/m³) and Ulus Park (G \bar{x} = 0,041 mg/m³) were observed. According to the results obtained in the research; urban green areas, especially groves, have a significant effect on PM. It has also been observed that the green texture is important for environmental buildings and parks. The components of green tissue (biomass, high woody mixed nature) is

* Sorumlu Yazar: ab.ahmetbatur@gmail.com

thought to affect PM levels. In addition, possible damages of the vegetation system in the form of unconnected or disconnected units were prevented by the green roof systems in these regions.

Keywords: Air pollution, Urban green system, Urban ecosystem, Particulate matter (PM₁₀).

1. Giriş

Dünyadaki hızlı nüfus artışıyla beraber ivmelenen plansız kentleşme sürecine bağlı olarak yeşil alanlar üzerindeki olumsuz baskı her geçen gün artmaktadır. Bu baskı, türlerin ve yaşama ortamlarının bozulmasına hatta yok olmasına sebep olduğu gibi, insan sağlığını da tehdit eder boyutlara ulaşmıştır (Aksu, 2020).

Forman (1995, 2008), dünyadaki hızlı nüfus artışıyla beraber yayılan kentleşmenin tıpkı bir tsunami gibi kısıtlı araziye yok ettiğine dikkat çekmekte ve aynı zamanda geleceğin mirasını teşkil eden arazi kullanım şekillerine, mekansal desenlere ve ekolojik bakımdan önemli olan birçok sürece yön veren bu devasa yıkımın kontrol altına alınması gerekliliğinin ne kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Kentlerin zaman içinde nüfus artışı gibi nedenlere bağlı olarak konut yerleşim ihtiyacının büyümesi ile birlikte, şehir genişlemekte büyümekte ve bu büyümeye bağlı olarak çok sayıda problemi de beraberinde getirmektedir (Kayacan vd., 2019). Başta halk sağlığını ve biyolojik çeşitliliği olumsuz yönde etkileyen ve çok sayıda bileşene bağlı olarak şekillenen kentleşme sürecinin ve kent ekosistemi üzerindeki etkilerinin detaylı olarak ele alınması gerekmektedir. Kent ortamında iklim, toprak, su, rölyef, biyolojik çeşitlilik gibi hayati öneme sahip fonksiyonlar, bozulan dengelerin düzeyine bağlı olarak değişime uğramakta, hatta geri dönüşümü çok zor olan bozulmalara maruz kalmaktadır. Kullanım ihtiyacı, habitatlarla uyumlu bir şekilde ilişkilendirilmediğinde, yaşama ortamları üzerinde baskı unsuru teşkil eden bir unsur haline almaktadır. Çok bileşenli oldukları için karmaşık bir yapıya sahip olan doğa-toplum etkileşimleri için sürdürülebilir çözümler üretilebilir üzere kavramsal modellerin ve araçların geliştirilmesi gerekmektedir. Çok ince nüanslara sahip olan bu yolculukta, söz konusu çevre problemine hangi bütüncül bakış açısıyla bakılması ve söz konusu problemin çözümüne giden yolda hangi bileşenlerin dahil edilmesi gerektiği konularının kurgulanması önem kazanmaktadır (Aksu, 2020). Yapay çevrenin, doğal çevre unsurları taşıma kapasitesine göre tasarlanması, ekolojik sürdürülebilirliğin yanı sıra, birey ve toplumun ruh ve beden sağlığı, ayrıca mekansal ve kültürel sürdürülebilirlik için de önkoşul niteliğindedir (Suri, 2020).

Çeşitli yapısal ve işlevsel özelliklerine bağlı olarak farklılık gösteren kentsel açık alanların, odunsu ve/veya otsu bitkiler ile kaplı olan kısımları “Kentsel Yeşil Alan” olarak tanımlanmaktadır. Kentsel yeşil alanlar, tesis edildiği andan itibaren değişen/gelişen, bu değişim/gelişime paralel olarak da ekolojik, rekreasyonel ve estetik etkileri ile farklılaşan alanlardır. Kentsel yeşil alanlar, kente çok yönlü katkı sağlayan önemli mekanlardır (Bilgili, 2009).

Kentsel yeşil alanların başta ekolojik, ekonomik, sosyal ve planlama bakımından olmak üzere çok sayıda önemli ve hatta hayati işlevi bulunmaktadır (Bilgili, 2009). Bununla birlikte altyapı sistemlerinin ekosistem fonksiyonlarını destekleyici nitelikte olması önem taşımaktadır (Tuna, 2021). Hava kirliliğini azaltma ve dengeleme işlevi de bu önemli işlevlerden bir tanesidir. Yeşil alanların hava kirliliğini azaltmadaki en önemli rol, havadaki partikül maddeleri absorbe edebilme özellikleridir.

Bitkiler kendileri toz üretmemekle birlikte, yaprak yüzeylerindeki mum tabakası ve yaprak tüyleri yardımıyla havadaki tozları absorbe edebilmektedir (Şahin, 1989).

Genel algıda bitkilendirme tasarımı, estetik unsurlarıyla ön plana çıkan bir düzenleme olarak yer etse de bitkisel peyzaj tasarımında fonksiyonel niteliklerin gözardı edilmesi düşünülemez. Özellikle kent ekosisteminde, parçalanma süreçleri ve yeşil alandan yapısal doğru cereyan eden hızlı dönüşüm süreci göz önünde bulundurulduğunda, bitkiler hem işlevlerin hem de mekansal düzenlenişlerin devamlılığını sağlayan başlıca unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Aksu, 2017).

Bitki örtüsünün, yapıların yerel hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini dengeleyici birçok farklı özelliği vardır ve duruma göre en uygun evrensel çözümün ortaya konabilmesi için farklı tasarım senaryolarının yerel hava kalitesi üzerindeki etkisini analiz etmeyi ve tasarım kararını optimize edebilmeyi sağlayacak araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgisayar simülasyonları bu anlamda önemli bir boşluğu doldurmaktadır (Deng vd., 2019).

Çok karmaşık ilişkilerden beslenen ekosistem fonksiyonlarını anlamak üzere çok sayıda ekolojik gösterge kullanılmaktadır. Havadaki partikül madde miktarı da kent ekosisteminde cereyan eden çok sayıda döngüde meydana gelen bozulmaların göstergesi olabilmektedir. Tarım aktiviteleri, trafik kirleticileri, enerji yanma ve üretim endüstrileri, biyolojik kaynaklar, deniz trafiği gibi doğal ve yapay kirleticiler ekosistem fonksiyonlarını etkileyen faktörler arasındadır.

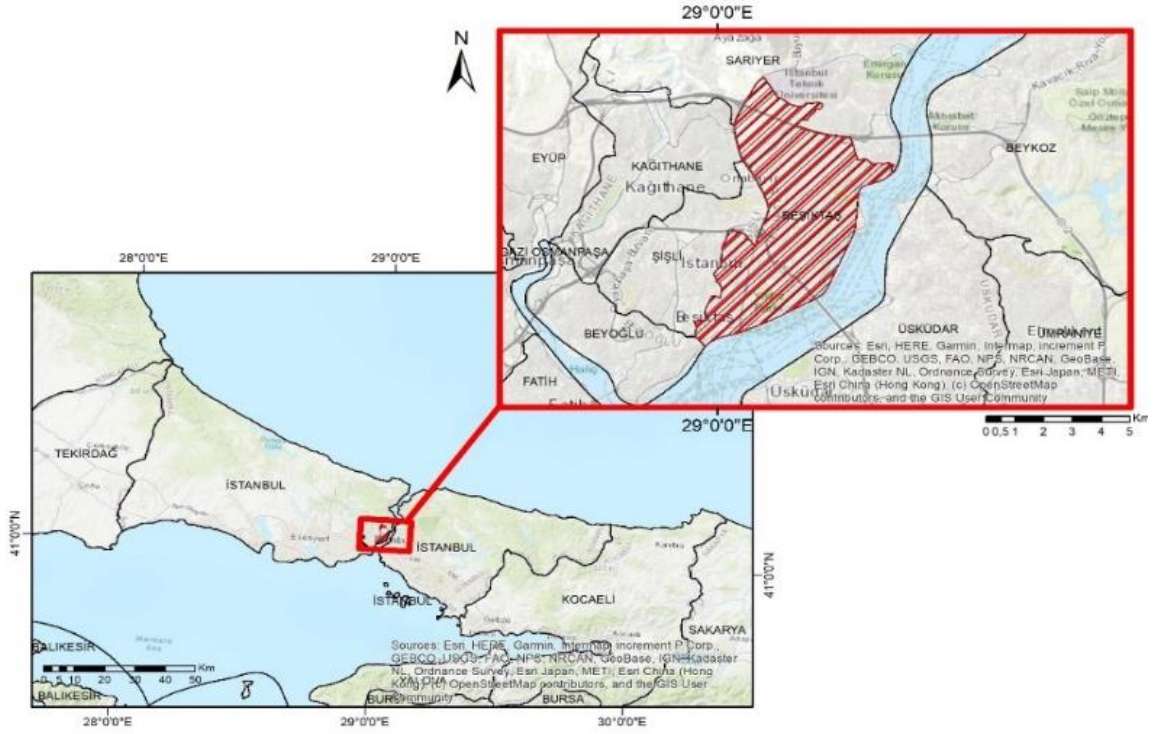
Kentsel yeşil alanlar (KYA), biriktirme yolu ile ince ve çok ince toz (PM₁₀ ve daha küçük) parçacıklarını filtreleme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, özellikle partikül kaynaklarının yoğun şekilde kirlettiği alanlarda hava kalitesini iyileştirmek için bitki örtüsünün potansiyelinin araştırılması önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, yoğun kentleşme baskısı altında olan bir alanda, KYA'nın PM konsantrasyonu ile ilişkisi, yerinde ölçümlerle değerlendirilmiştir. Merkezi konumu, yoğun nüfusu ve etkisi altında bulunduğu çok sayıda doğal-kültürel etkenler dolayısıyla İstanbul İli'nin Beşiktaş İlçesi, bu ilişkilerin değerlendirilmesi için örnek alan olarak tercih edilmiştir. Gerçekleştirilen bu araştırmanın İstanbul İli ve Türkiye genelinde PM ile ilgili yapılmış araştırmaları destekleyeceği ve KYA sistemlerinin ekolojik indikatörler yardımıyla fonksiyonel olarak kent ekosistemi destekleyici nitelikte kurgulanmasına yönelik yapılacak olan çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Merkezi konumundan ötürü araştırma alanı olarak İstanbul iline bağlı Beşiktaş ilçesi seçilmiştir. Beşiktaş İlçesi'nde 23 mahalle, 875 sokak/ cadde ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin sorumluluk alanında olan 31 ana arter bulunmaktadır (Şekil 1).

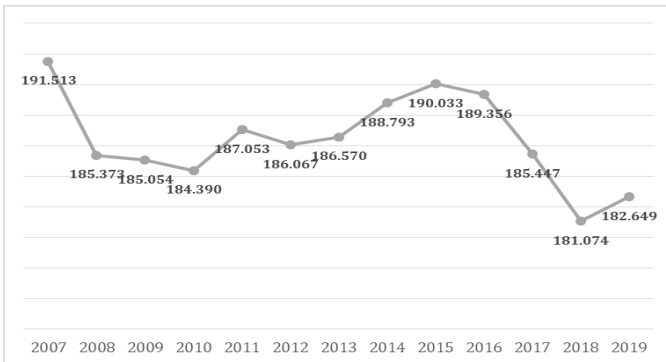


Şekil 1. Araştırma alanının konumu (İstanbul, Beşiktaş İlçesi)

Beşiktaş ilçesinin çalışma bölgesi olarak seçilmesinin diğer bir sebebi ise nüfus olarak İstanbul ilinin en kalabalık ilçelerinden biri olmasıdır. 1950'lerde Beşiktaş'ın iç kesimlerinin iskana açılmasıyla Levent ve Etiler mahallelerinin doğusu, Barbaros Bulvarı'nın inşası, Boğaziçi sahil yolunun genişletilmesi gibi kent içi ulaşımı artıran etkenler ekonomik yaşamı da canlandırmıştır.

Bu canlılık, 1973 yılında 1. Köprü'nün açılmasıyla artarak sürmüştür, 1980'lerde ise Beşiktaş'ı merkezi bir iş alanı durumuna getirmiştir. Bunun yanında; iş ve alışveriş merkezleri, beş yıldızlı oteller, çok sayıda kamu ve konsolosluk yapısı da bu ilçede yer almaktadır.

Beşiktaş'ın nüfusu 1935-1985 arasında yavaş ama düzenli bir artış göstermiştir. 1980'lerden itibaren 180-200.000 kişi arasında seyreden nüfustaki yükselme trendi yavaşlamıştır (Şekil 2). Bunun nedeni, ilçedeki konut alanının büyük ölçüde sınır noktasına varmış olması ve belirli bölgelerin merkezi iş alanı özelliği kazanması, dolayısıyla nüfus sayımlarında esas alınan gece nüfusunun giderek azalma eğilimi göstermesidir (TÜİK, 2021).



Şekil 2. 2007-2019 yılları arası Beşiktaş İlçesi Nüfus Değişim Trendi (TÜİK, 2021).

Beşiktaş Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü'nün yetki ve sorumluluğunda toplam 399.295 m²'lik alanı kapsayan 128 park, 132.950 m²'lik alanı kapsayan 43 okul bahçesi ve 377.755 m²'lik alanı kapsayan yeşil alan bulunmaktadır (Beşiktaş Belediyesi, 2021).

2.2. Yöntem

Öncelikle İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Müdürlüğü Beşiktaş İlçe Ölçüm İstasyonu'na ait 1998-2019 yılları arası PM₁₀ konsantrasyon değerleri gözden geçirilmiş, aylık ortalamaları temsil edecek şekilde yıllık grafikler hazırlanmıştır. Yapılan bu değerlendirme, araştırma alanında PM₁₀ konsantrasyonunun Şubat ve Nisan aylarında en yüksek değerlere ulaştığını göstermiştir. Yüksek konsantrasyon oranları göz önünde bulundurularak aynı zamanda kış ve bahar olmak üzere farklı mevsimleri temsil kabiliyeti de olan bu aylar, ölçüm yapmak üzere tercih edilmiştir.

Araştırma alanında olabildiğince homojen bir dağılım gösterecek şekilde, farklı tip yeşil alanları temsil edebilecek 23 adet ölçüm noktası tayin edilmiştir. DUSTTRAK II ve QUEST EVM 7 cihazları yardımıyla PM ölçümü yapılan noktalar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Araştırma ve Ölçüm Cihazına Göre Ayrılmış Ölçüm Bölgeleri.

Ölçüm Noktası	Ölçüm Cihazı	KYA Tipi	Koordinatlar
Gayrettepe Parkı	Dusttrak II	Park	41.062920, 29.007872
Balmumcu Parkı	Dusttrak II	Park	41.059410, 29.015013
Ortaköy Mezarlığı	Dusttrak II	Mezarlık	41.059231, 29.018774
Gültekin Parkı	Dusttrak II	Park	41.052025, 29.025145
Yıldız Korusu 1 Alt Bölüm	Dusttrak II	Koru	41.045410, 29.015753
Yıldız Korusu 2 Üst Bölüm	Dusttrak II	Koru	41.050171, 29.014286
Aşık Veysel Parkı	Dusttrak II	Park	41.0564454, 29.010113
Serencebey Parkı	Dusttrak II	Park	41.047504, 29.008425
Dünya Barış Parkı	Dusttrak II	Yol Kenarı YA	41.050808, 29.002768
Barbaros Parkı	Dusttrak II	Park	41.041649, 29.006310
Bjk Vodafone Stadı Yan Yolu	Dusttrak II	Yol Kenarı YA	41.037640, 28.994255
Garanti BBVA GM	Quest EVM 7	Park	41.072845, 29.016649
Levent Çamlık Parkı	Quest EVM 7	Yol Kenarı YA	41.081867, 29.014460
Sabancı Center Metro	Quest EVM 7	Park	41.085522, 29.008005
Sporcular Parkı	Quest EVM 7	Yol Kenarı YA	41.087067, 29.014221
Oyak Parkı	Quest EVM 7	Park	41.093655, 29.014605
Mustafa Kemal KM	Quest EVM 7	Yol Kenarı YA	41.092697, 29.026861
Sanatçılar Parkı	Quest EVM 7	Park	41.082867, 29.029654
Etiler Metro	Quest EVM 7	Yol Kenarı YA	41.082329, 29.037477
Bebek Parkı	Quest EVM 7	Park	41.075443, 29.043890
Aykut Barka Deprem Parkı	Quest EVM 7	Park	41.073631, 29.030798
Ulus Parkı	Quest EVM 7	Park	41.063580, 29.032162
Cemil Topuzlu Parkı	Quest EVM 7	Park	41.053642, 29.034075

2.3. Ölçüm Araçları

Ön araştırma ile ölçüm noktalarına ve ölçüm zamanlarına karar verildikten sonra, episod değerler ve uygun çalışma koşullarını temsil edecek şekilde ölçüm planı hazırlanmıştır.

Arazideki ölçümler, hazırlanan ölçüm planı doğrultusunda tek seferde tüm noktalarda olabildiğince eş zamanlı olarak ölçümlerin tamamlanmasını sağlamak üzere iki tip portatif ölçüm aletiyle gerçekleştirilmiştir.

Environmental Monitoring (EVM) zamana bağlı havada bulunan partikül konsantrasyon seviyelerini bir lazer-fotometre ile ölçen ve kaydeden taşınabilir bir görüntüleme cihazıdır. EVM; hava kirlilik elemanlarını ve doğada bulunan gaz ve aerosol gibi maddeleri tanımlamak üzere kullanılmaktadır (TSI Inc., 2021).

EVM çeşitli sensörlere sahiptir. Bunlar; farklı partikül çapları için $PM_{100}/PM_{10}/PM_{0.1}$ olarak ayarlanabilen partikül sensörü, PID (fotoiyonizasyon) sensörü ve son olarak $CO_2/H_2S/N_2$ gibi toksik gazların ölçümünde kullanılan sensördür.

EVM'nin kalibrasyonu için öncelikle tiküler, çarpma tertibatına sıfır filtre takılır ve çarpma tertibatı PM_{100} olarak ayarlanır. Sensör doğru partikül seviyesini tespit ettikten sonra başlangıç ekranındaki atmosfer kalibrasyonuna giriş yapılır ve PM seçilir. Ön-kalibrasyon sırasında pompa çalışmaya başlar ve filtreden cihaz içine hava çekilir. Kalibrasyon sırasında 0 seviyesine ulaşıldığında cihaz "set" ile sabitlenir ve kalibrasyon kaydedilir. Ölçüm yapılacak süre ayarlandıktan sonra partiküller için çarpma tertibatı PM_{10} 'a ayarlanır ve ölçüme başlanır.

Atmosferdeki veriler cihaza kaydolmaya başlar. Veri aktarımı için ise DMS yazılımı kullanılmıştır.

DUSTTRAK II Aerosol Monitörü; gerçek zamanlı kütle okumaları yapan, gravimetrik numune toplayan tek kanallı bir lazer fotometredir ve toz, duman, partikül gibi aerosol kirlenici maddeleri ölçer (Şekil 5.6). Bu nedenle alandaki ölçümler, PM değeri 90° ışık saçılım sensörü ve $0,1-10 \mu m$ partikül hacmi aralığına sahip DUSTTRAK II ile yapılmıştır.

Ölçümlerle elde edilen PM_{10} değerleri referans olarak kullanılmıştır. Cihazın Zaman Ağırlıklı Ortalama (TWA) değerinin 15 dakikalık otomatik hesaplama süresi (günde 8 saatlik periyotlar) dikkate alınarak PM_{10} ölçümleri 15 dakika süreyle yapılmıştır. Ön araştırmada en yoğun PM ortalamalarının tespit edildiği Şubat-Nisan ayları arasındaki dönem ölçüm yapmak üzere tercih edilmiştir. Yağışsız ve rüzgâr şiddetinin $3 m/h$ 'i aşmadığı rastgele günlerde tüm test noktalarında aynı günde olacak şekilde ölçümler tamamlanmıştır. Ölçülen değerlerin ortalaması alınarak, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi yardımıyla tüm alana genelleştirilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Bulgular

QUEST EVM 7 cihazı ile 15 dakikalık ölçüm sonrası en yüksek (max.) ve en düşük (min.) PM_{10} değerleri ile 15 dakika ortalamaları ($G\bar{x}$) belirlenmiştir (Şekil 4):

- **Gayrettepe Parkı**'nda (41.062920, 29.007872); en yüksek PM₁₀ oranı $0,097 \text{ mg/m}^3$, en düşük PM₁₀ oranı ise $0,044 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüştür. 15 dakikalık genel ortalama ($G\bar{x}$) ise $0,054 \text{ mg/m}^3$ 'tür.
- **Balmumcu Parkı**'nda (41.059410, 29.015013); max. PM₁₀= $0,086 \text{ mg/m}^3$, min. PM₁₀= $0,053 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,062 \text{ mg/m}^3$ 'tür.
- **Ortaköy Mezarlığı**'nda (41.059231, 29.018774); max. PM₁₀= $0,189 \text{ mg/m}^3$, min. PM₁₀= $0,058 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,065 \text{ mg/m}^3$ 'tür.
- **Gültekin Parkı**'nda (41.052025, 29.025145) ise; max. PM₁₀= $0,631 \text{ mg/m}^3$, min. PM₁₀= $0,007 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,092 \text{ mg/m}^3$ 'tür.

Ortaköy Mezarlığı, Gayrettepe, Balmumcu ve Gültekin Parkları arasında en yüksek PM₁₀ değeri **Gültekin Parkı**'da ($n=0,631 \text{ mg/m}^3$), en düşük değer ise yine aynı parkta ölçülmüştür ($n=0,007 \text{ mg/m}^3$).

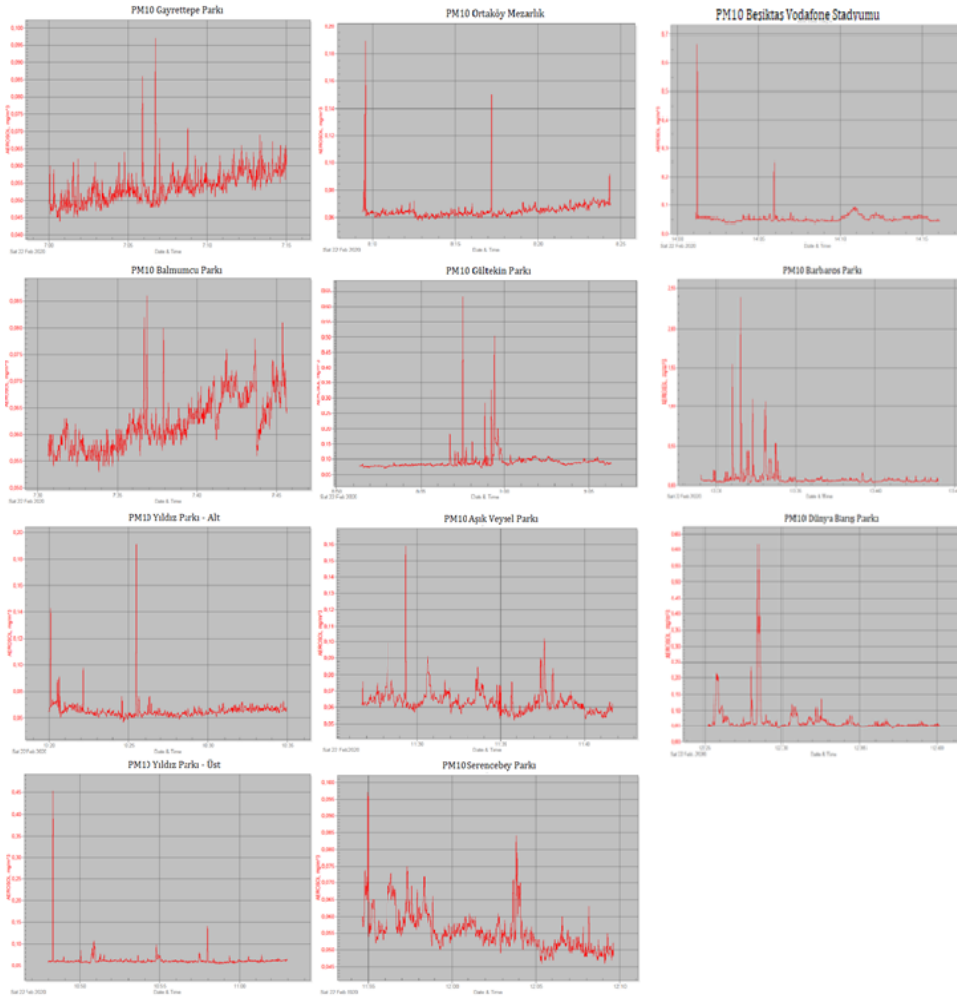
- **Yıldız Korusu 1 (Alt Bölüm)** (41.045410, 29.015753); max. PM₁₀= $0,191 \text{ mg/m}^3$, min. PM₁₀= $0,057 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,065 \text{ mg/m}^3$ 'tür.
- **Yıldız Korusu 2 (Üst Bölüm)** (41.050171, 29.014286); max. PM₁₀= $0,453 \text{ mg/m}^3$, min. PM₁₀= $0,055 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,062 \text{ mg/m}^3$
- **Aşık Veysel Parkı** (41.0564454, 29.010113); max. PM₁₀= $0,159 \text{ mg/m}^3$, min. PM₁₀= $0,052 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,063 \text{ mg/m}^3$

- **Serencebey Parkı**'nda (41.047504, 29.008425); max. PM₁₀= $0,097 \text{ mg/m}^3$, min. PM₁₀= $0,046 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,056 \text{ mg/m}^3$

Yıldız Parkı – Alt ve Üst Bölümleri, Aşık Veysel ve Serencebey Parkı arasında en yüksek PM₁₀ değeri **Yıldız Parkı – Üst Bölüm**'de ($n=0,453 \text{ mg/m}^3$), en düşük PM₁₀ değeri ise **Serencebey Parkı**'nda ölçülmüştür ($n=0,046 \text{ mg/m}^3$).

- **Dünya Barış Parkı**'nda (41.050808, 29.002768); max. PM₁₀= $0,616 \text{ mg/m}^3$, min. PM₁₀= $0,042 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,065 \text{ mg/m}^3$ 'tür.
- **Barbaros Parkı**'nda (41.041649, 29.006310); max. PM₁₀= $2,390 \text{ mg/m}^3$, min. PM₁₀= $0,043 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,092 \text{ mg/m}^3$
- **BJK Vodafone Stadı Yanı**'nda (41.037640, 28.994255); max. PM₁₀= $0,670 \text{ mg/m}^3$, min. PM₁₀= $0,038 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,053 \text{ mg/m}^3$

Dünya Barış ve Barbaros Parkları ve Beşiktaş Vodafone Stadyumu arasında en yüksek PM₁₀ değeri Barbaros Parkı'nda ($n=2,390 \text{ mg/m}^3$), en düşük PM₁₀ ise Beşiktaş Vodafone Stadyumu'nda ölçülmüştür ($n=0,038 \text{ mg/m}^3$).



Şekil 4. QUEST EVM 7 PM₁₀ Ölçüm Sonuçları

Benzer şekilde, DUSTTRAK II cihazı ile 15 dakikalık ölçüm sonrası en yüksek (max.) ve en düşük (min.) PM₁₀ değerleri ile 15 dakika ortalamaları (G \bar{x}) belirlenmiştir. Şekil 5’de görüldüğü gibi;

- **Garanti BBVA önünde** (41.072845, 29.016649); max. PM₁₀=0,079 mg/m³, min. PM₁₀=0,034 mg/m³, G \bar{x} =0,046 mg/m³’tür.
- **Levent Çamlık Parkı** (41.081867, 29.014460); max. PM₁₀=0,1 mg/m³, min. PM₁₀=0,046 mg/m³, G \bar{x} =0,057 mg/m³
- **Sabancı İş Merkezi Metro** (41.085522, 29.008005); max. PM₁₀=0,078 mg/m³, min. PM₁₀=0,048 mg/m³, G \bar{x} =0,068 mg/m³
- **Sporcular Parkı’nda** (41.087067, 29.014221); max. PM₁₀=0,087 mg/m³, min. PM₁₀=0,053 mg/m³, G \bar{x} =0,066 mg/m³
- **Oyak Parkı** (41.093655, 29.014605); max. PM₁₀=0,113 mg/m³, min. PM₁₀=0,061 mg/m³, G \bar{x} =0,076 mg/m³’tür.
- **Mustafa Kemal Kültür Merkezi** (41.092697, 29.026861); max. PM₁₀=0,128 mg/m³, min. PM₁₀=0,083 mg/m³, G \bar{x} =0,107 mg/m³
- **Sanatçılar Parkı** (41.082867, 29.029654); max. PM₁₀=0,096 mg/m³, min. PM₁₀=0,067 mg/m³, G \bar{x} =0,08 mg/m³
- **Etiler Parkı’nda** (41.082329, 29.037477); max. PM₁₀=0,123 mg/m³, min. PM₁₀=0,057 mg/m³, G \bar{x} =0,069 mg/m³

Garanti BBVA, Levent Çamlık Parkı, Sabancı İş Merkezi metro önü ve Sporcular Parkı arasında en yüksek PM₁₀ değeri

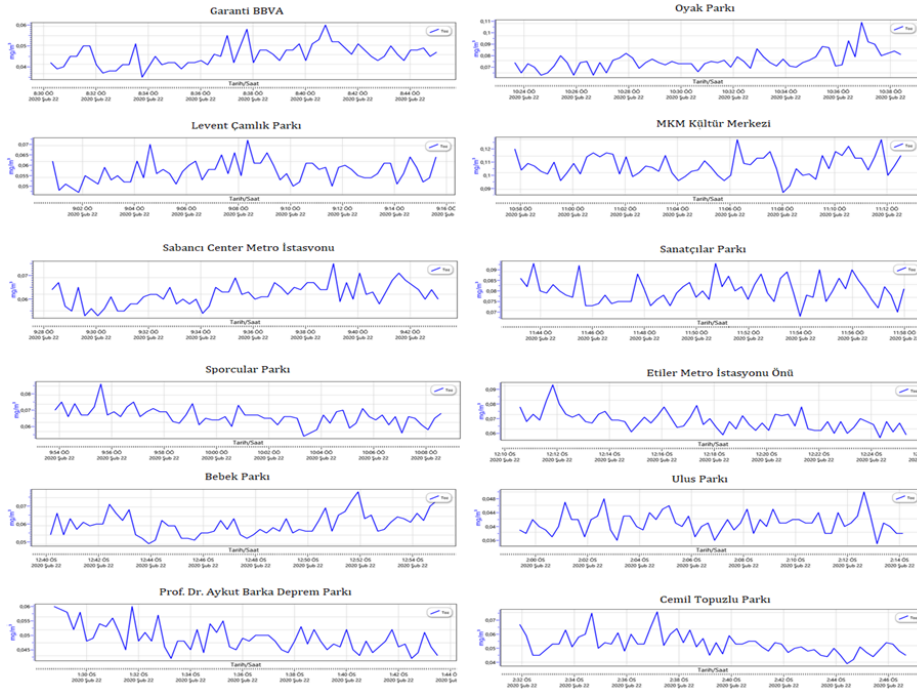
Sporcular Parkı’da (n=1,000 mg/m³), en düşük PM₁₀ değeri ise **Garanti BBVA’da** ölçülmüştür (n=0,034 mg/m³).

Oyak Parkı, MKKM, Sanatçılar Parkı ve Etiler Metro İstasyonu arasında ise en yüksek PM₁₀ değeri **MKKM’de** (n=0,128 mg/m³), en düşük PM₁₀ değeri ise **Etiler Metro İstasyonu Önü’nde** ölçülmüştür (n=0,057 mg/m³).

Şekil 6.6’da görüldüğü gibi; **Bebek Parkı’nda** (41.075443, 29.043890); en yüksek PM₁₀ oranı 0,078 mg/m³, en düşük PM₁₀ oranı ise 0,047 mg/m³ olarak ölçülmüştür. 15 dakikalık genel ortalama ise 0,06 mg/m³’tür.

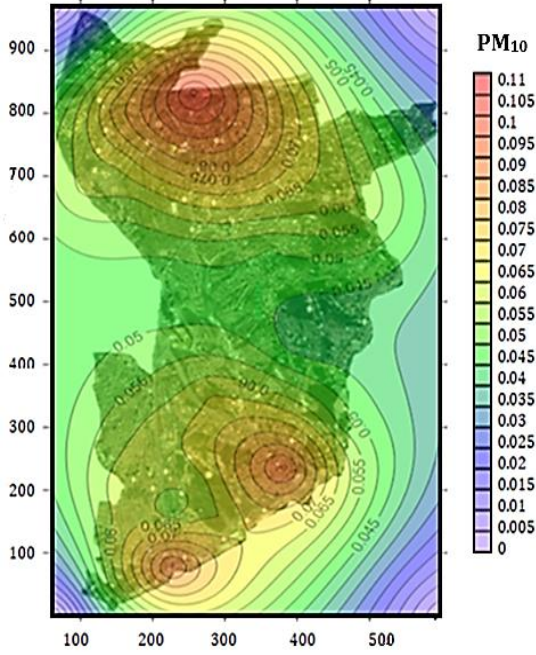
- **Prof. Dr. Aykut Barka Deprem Parkı’nda** (41.073631, 29.030798); max. PM₁₀=0,085 mg/m³, min. PM₁₀=0,04 mg/m³, G \bar{x} =0,05 mg/m³’tür.
- **Ulus Parkı’nda** (41.059231, 29.018774); max. PM₁₀=0,052 mg/m³, min. PM₁₀=0,033 mg/m³, G \bar{x} =0,041 mg/m³’tür.
- **Cemil Topuzlu Parkı’nda** (41.053642, 29.034075) ise; max. PM₁₀=0,081 mg/m³, min. PM₁₀=0,038 mg/m³, G \bar{x} =0,053 mg/m³’tür.

Bebek Parkı, Prof. Dr. Aykut Barka Deprem Parkı, Ulus Parkı ve Cemil Topuzlu Parkı arasında ise en yüksek PM₁₀ değeri **Prof. Dr. Aykut Barka Deprem Parkı’nda** (n=0,085 mg/m³), en düşük PM₁₀ değeri ise **Ulus Parkı’nda** ölçülmüştür (n=0,033 mg/m³). Tüm ölçümlerden elde edilen ortalama değerler tablo 6.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5. DUSTTRAK PM₁₀ Ölçüm Sonuçları

Yapılan ölçümlerin ortalama değerleri IDW enterpolasyon yöntemi yardımıyla tüm alana oranlanmış ve PM₁₀ yoğunluğu dağılım haritası elde edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. IDW Enterpolasyon yöntemiyle oluşturulan 22/02/2020 tarihli PM₁₀ yoğunluğu dağılım haritası.

3.2. Tartışma

Elde edilen bulgular, PM₁₀ konsantrasyonu ile yeşil alan arasındaki ilişkilerin belirlenmesini sağlayabilmiştir. Kullanım bakımından belirgin farklılıkları olan yeşil alan tipleri PM₁₀ konsantrasyonu ile ilişkilendirilerek tartışılmıştır.

Park ve bahçe alanlarında gerçekleştirilen PM₁₀ ölçümleri değerlendirildiğinde, genelde sonuçların ortalama altı seviyelerde seyrettiği görülmüştür. PM₁₀ konsantrasyon değerlerinin yükseldiği park alanlarının ise genelde yoğun bir yapısal dokuyla çevrili olduğu ya da ana ulaşım arterlerine yakın bir konumda yer aldığı tespit edilmiştir.

Gültekin Parkı, kentsel yeşil alan olarak oldukça izole bir alandır. Parkın yeşil doku çeşidi ve kalitesi önemli olmakla beraber mevcut çalışmada bu özellikler hakkında detaylı bilgi sunulmamıştır. Bunun yanında, PM₁₀ değerinin bu bölgede yüksek ($G\bar{x}=0,092$) çıkmasında en önemli etkenin köprü bağlantı yolları ve yerleşim bölgelerine yakınlığı olduğu düşünülmektedir. Özdemir ve arkadaşlarının (2010) Beşiktaş ilçesi'nde yaptıkları çalışmada seçtikleri pilot bölgelerden Gültekin Parkı'na kentsel yeşil alan olarak en yakın karakterde Barbaros Bulvarı çevresi gösterilebilir. Bu sonuçlarla beraber düşünülünce; köprü bağlantı yolları ve yerleşim yoğunluğunun PM₁₀ seviyesinin artmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

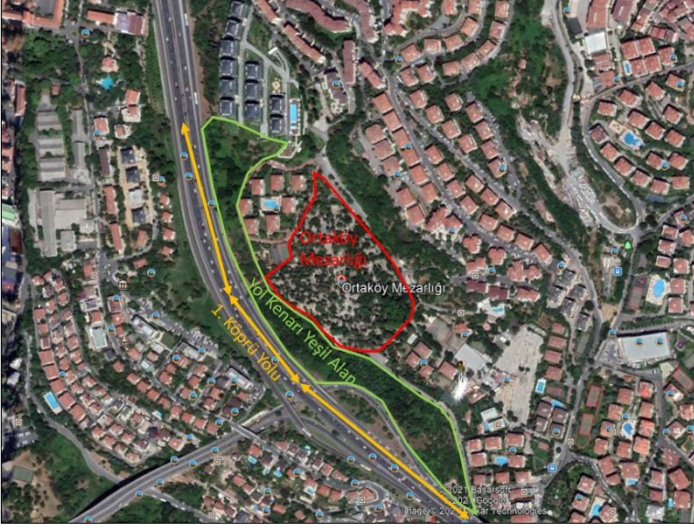
Mevcut çalışmada, Gültekin Parkı ile benzer çevresel özelliklere sahip Oyak Parkı'nın sonuçları da değerlendirilmiştir. Beşiktaş İlçe sınırında bulunan ve gün içinde oldukça yoğun bir trafığa sahip olan Oyak Park ve çevresi Gültekin Parkı'na göre kısmen düşük PM₁₀ seviyeleri göstermiş ($G\bar{x}=0,076$) ancak, bu seviyeler ortalamanın üstünde seyretmiştir. Yöredeki yerleşim yoğunluğunun Gültekin Parkı'dan daha az olmasına karşın, PM₁₀ değerlerinin yüksek çıkması, bölgenin Büyükdere Caddesine yakın olmasına ve hakim rüzgar yönünde (kuzey) inşaat sahalarının yer almasına bağlanmıştır.

Çalışmada elde edilmiş önemli bir sonuç, Ulus Parkı'nda görülmüştür. Parkın PM₁₀ değerleri diğer parklara göre daha düşük bulunmuştur ($G\bar{x}=0,041$). Özellikle sahil şeridine doğru alçalan eğimli bir arazi üzerinde bulunan ve etrafındaki koru alanlarıyla komşuluk kuran Ulus Parkı'nda PM₁₀ ortalamalarının en düşük değerde olması çevresel vejetasyonunun yoğunluğundan kaynaklanıyor gibi gözükmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Gültekin, Oyak ve Ulus Parklarının Çevresel Yeşil Alanlar İle Bağlantıları.

Mezarlık ölçüm noktası olarak seçilen Ortaköy Mezarlığı, nispeten odunsu ağaç dokusu gelişmiş bir mezarlık olmakla birlikte 2. Köprü yolu ile komşuluk kurmaktadır. Bunun yanında, ana arter ile mezarlık arasında yoğun odunsu bir ağaç dokusuna sahip bir yol kenarı yeşil alan bulunmaktadır. Bu bölgenin bir tampon konumunda yer alması, Ortaköy Mezarlığı'nda PM₁₀ ortalama değerlerinin ($G\bar{x}=0,065$) yükselmesine engel olmuştur (Şekil 8).



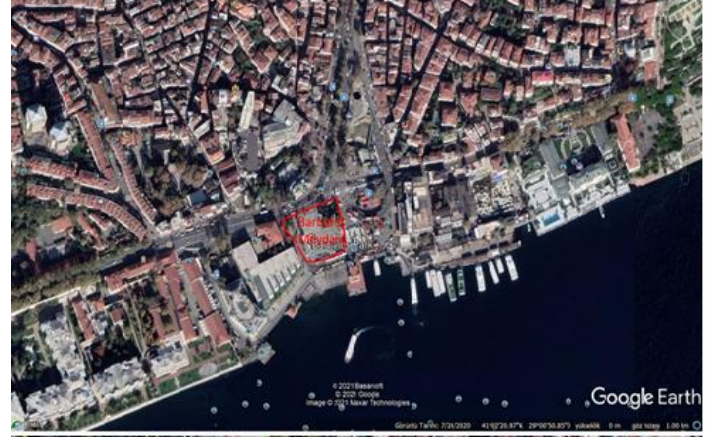
Şekil 8. Ortaköy Mezarlığı ve Ana Arter ile İlişkisi

1. Köprü çevre yolu gibi ana ulaşım arterleriyle ilişkili olan yol kenarı yeşil alanlarda, PM_{10} konsantrasyonunun yükseldiği tespit edilmiştir. Ortaköy Mezarlığı'na ait ölçümde PM seviyesinin Mustafa Kemal Kültür Merkezi'ne kıyasla düşük çıkmasının sebebi yeşil dokunun köprü gibi ana arterlere nüfuz etmesi ve ölçüm alanlarının önündeki yeşil dokunun filtrasyon görevi görmesi olabilir. Ancak, bu filtrasyonu sağlayacak bir vejetasyon yapısı MKKM'de görülmemektedir.

Yapı adaları ve yol ağları tarafından çevrilmiş olan Barbaros Meydanı'nın ($G\bar{x}=0,092$) da nitelikli bir yeşil alanla komşuluk kurmadığı görülmektedir. 2. köprü yoluna komşu olan MKKM önündeki yol kenarı yeşil alanın bu kısımda oldukça daralması sebebiyle nitelikli bir doku oluşturamadığı tespit edilmiştir. Bu durum, araştırma alanı içerisinde en yüksek PM_{10} ortalamalarının çıkmasını açıklamaktadır ($G\bar{x}=0,107$).

Yapı adaları ve yol ağlarına ek olarak, yan yol ve ana arterlere yakın olup da PM_{10} oranının düşük olduğu alanlar da bulunmaktadır [Garanti BBVA GM ($G\bar{x}=0,046$), Bjk Vodafone Stadi Yan Yolu ($G\bar{x}=0,053$), v.b.]. Ana yollara yakın olduğu halde PM_{10} konsantrasyonu düşük çıkan bu gibi alanların yoğun bir odunsu vejetasyon dokusuyla komşuluk kurdukları ve rüzgâr koridorlarına açık bir konumda yer aldıkları tespit edilmiştir.

BJK Vodafone Stadyumu yan yol yeşil alanda PM_{10} değerleri oldukça düşük çıkmıştır ($G\bar{x}=0,053$). Test noktasının ana ulaşım arterleri arasında yer almasına rağmen nitelikli koru dokusu tarafından çevrelenmiş olması ve Tarihi Çınarlı Yol ile komşuluk kurması partikül madde konsantrasyonunu tolere etmektedir (Şekil 9).



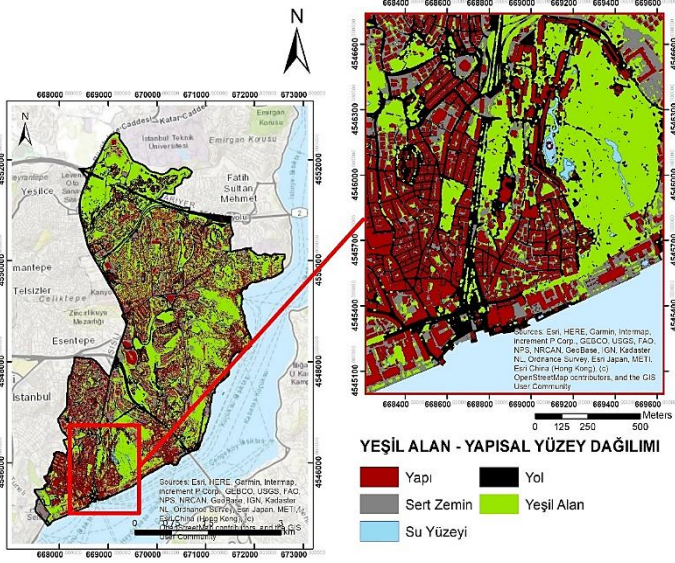
Şekil 9. MKKM Yan Yolu, Barbaros Parkı ve Bjk Vodafone Stadi Yan Yolu ile Çevresel Yapıların İlişkisi

Görüldüğü gibi kent içi yeşil alanlarda PM_{10} konsantrasyonunu etkileyen başlıca unsurlar arasında nitelikli odunsu bitki dokusunun olup olmaması durumu yer almaktadır. Nitelikli yeşil alanlarla ilişki kuran ve kentsel yeşil alan sisteminin parçası olmayı başarmış olan alanlarda, PM konsantrasyonunun da azaldığı görülmüştür. Yapı adaları ve yol ağları arasında izole olmuş test noktalarında PM oranlarının da yükselmeye başladığı görülmüştür.

Aynı alan için farklı test noktaları üzerinden Aksu ve Tağıl, (2017) tarafından gerçekleştirilen araştırma bulgularının da benzer sonuçlar verdiği görülmüştür.

Araştırma alanında koru özelliği taşıyan alanlar özellikle sahil hattı boyunca yamaçlarda kendini göstermektedir (Şekil 10). Halkın kullanımına açık olan Yıldız Korusu, araştırma alanı içerisinde çok kritik bir konumda yer almaktadır. Yapılaşmanın yoğunlaştığı güney batı bölgesini ayıran Barbaros Bulvarı ile Sahil yolunun kesişiminde önemli bir adım taşı teşkil etmektedir.

Araştırma Alanı'nın odak noktasını teşkil eden bu alanın ekolojik olarak desteklenebilmesi için tüm tedbirlerin alınması önerilmiştir.



Şekil 10. Beşiktaş İlçesi Yeşil Alan ve Yapısal Yüzey Dağılımı

Bitkilerin peyzaj için sağladıkları fonksiyonel ve ekolojik fayda, biyokütleri ile doğru orantılıdır. Özellikle refüjlerde yine estetik kaygılarla bakıma muhtaç çim alanların çalılara ve ağaçlara tercih ediliyor olması, bu fonksiyonel yaklaşımla çelişmektedir. Gerek biyoçeşitliliği artırmak gerekse sağladıkları oksijen miktarı ve havayı filitreleme kapasiteleri bakımından odunsu bitkiler tercih edilmelidir. Yaşama ortamı teşkil etmesi bakımından otsu doku farklı fauna gruplarına hizmet etmektedir ve bu çeşitlik için de ortam oluşturulmalıdır ancak bu dokunun da kendi haline terk edilmiş, farklı otsu türleri barındıran doğal bir yapıda olması tercih edilmeli ve mutlaka odunsu doku ile birlikte çözümlenmelidir (Aksu, 2017).

Yeşil sistemin kalitesi her ne kadar sahip olduğu biyokütle ile doğru orantılı olsa da kritik noktalarda adım taşları, kamalar ve bağlantılarla desteklenmesi ve devamlılığının sağlanması gerekir. Yoğun yapılaşmış olan bölgelerde yeşil çatı ve cephe sistemleri bu görevi üstlenebilmektedir. Bu durumda bağlantısallığın sağlanması öncelikli olduğundan, biyokütle kaybı ikinci planda kalabilmektedir (Aksu, 2017). Bunun yanında, Viecco ve arkadaşlarının (2018) çalışmasında belirtilen vejetasyon farklılıkları mevcut çalışmada değerlendirilememiş ancak, sonuçlar Abhijith ve arkadaşları (2017)'nin açık yol ve yerleşik cadde kanyon bölgelerinde yeşil altyapının hava kirliliğini azaltma üzerine etkilerini inceledikleri derleme ile paralellik göstermektedir. Yıldız Parkı gibi çeşitli ve yüksek oranda vejetasyonun olduğu bölgenin en düşük PM₁₀ oranına sahip olduğu görülmüştür.

Araştırma alanında korular, yeşil sistem içerisinde en büyük üniteleri teşkil etmektedirler. Korular aynı zamanda karma ağaç dokusuna sahip alanlar olduklarından gerek tür çeşitliliği gerekse ekosistemlerin işlemesi bakımından yeşil sistemin merkez üssünü oluşturmaktadırlar. Ekolojik potansiyelleri peyzaj fonksiyonuna katkı sağlarken büyük bütüncül üniteler teşkil etmeleri peyzaj strüktüründe dikkat çekmektedir. Bir yandan da kent insanının rekreasyonel ihtiyaçlarına cevap vermeye çalışırlar. Koruma-kullanma dengesi bağlamında çok kritik bir konumda yer alan koru alanlarıyla ilgili yönetim, planlama ve/veya tasarım kararları

alınmadan önce bu özellikleri göz önünde bulundurulmalı ve öncelikler belirlenmelidir (Aksu, 2017).

Yapılan PM₁₀ ölçümlerinde hava kalitesi indeks sınırlarına göre hassas düzeyi aşan (Mustafa Kemal Kültür Merkezi dışında) bir düzey tespit edilmemiştir. Çapraz ve Deniz (2020)'e göre İstanbul geneli Kış dönemi ortalamaları 63.8 µg/m³ olmakla birlikte, bu değer 100-150 µg/m³ hassas düzey olarak belirlenebilir (Aksu, 2017). Mevcut araştırma dahilinde ise hassas PM₁₀ düzeyine sahip alanların; Barbaros Bulvarı-Serencebey Parkı, Maçka Parkı üst, Maçka Parkı alt, Abbasğa Parkı, İhlamur Parkı, Azerbaycan Dostluk Parkı, Gayrettepe Parkı, Gayrettepe Otim Arası, Ortaköy Mezarlığı olduğu görülmüştür.

Ortalama partikül madde miktarının nispeten yüksek olduğu alanlar olarak daha çok park alanları ön plana çıkmaktadır. Mori ve arkadaşlarının (2015) yaptıkları çalışmaya göre kentsel alanlardaki bitki örtüsü PM dahil farklı kirleticilerin olumsuz etkilerini optimize etmede kullanılabilir. Mevcut araştırmada görüldüğü gibi, hassas PM₁₀ değeri görülen Barbaros ve Gültekin Parkları gibi alanlar, Mori ve arkadaşlarının (2015) önerdiği gibi farklı vejetasyon stratejileri kullanılarak kirlilik birikiminin önüne geçilebilir.

Bu yaklaşım, kentleşme baskısı altındaki peyzajların sürdürülebilirlik esaslarına göre yönetilebilmesi ve yerel yönetimlerin habitatlarla ilgili alacağı uygulama kararlarının devamlılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Kentlerin sürdürülebilirliğinden bahsedilmek isteniyorsa, doğa-toplum ilişkilerini dengeleme kabiliyetine sahip uygulamaların hayata geçirilmesi gerekmektedir (Aksu, 2020).

Balmumcu Mahallesi; 1. Köprü, 1. Köprü çevreyolu ve Barbaros Bulvarı gibi üç ana arter arasında kalmış, batıdaki yoğun yapılaşma bölgesi ile doğudaki koru alanları arasında geçiş niteliğinde bir alandır. Bu nedenle, yeşil bağlantı önerileri yoğun olarak getirilmiştir. Ayrıca, ana arterlerin hem gürültü hem de partikül madde ve emisyon zararlarını kesecek perdeleme önerilerinde bulunulmuştur (Şekil 10).

4. Sonuç

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, sınırlılıklar ve gelecek çalışmalar için izlenebilecek istikametler, aşağıda özetlenmiştir:

- Araştırmada korular başta olmak üzere kentsel yeşil alanların PM üzerinde anlamlı düzeyde etkisi olduğu görülmüştür. Bunun yanında, koruların vejetasyon yapısı ve konumları konusunda detaylı değerlendirme yapılamamıştır. Bu özelliklerin farklı çalışmalarda zenginleştirilmesi literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır.
- Yeşil dokunun çevresel yapılar ve özellikle parklar düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Özellikle, Ulus Parkı'nda görülen düşük PM seviyesi çevresel yapılar ile açıklanabilir. Bu anlamda, yüksek PM seviyesine sahip MKKM ve Barbaros bulvarı gibi alanlarda düzenlenecek yeni vejetasyon alanları bu bölgelerdeki kirletici maddenin etkisini azaltabilir.
- Yukarıdaki birinci maddede de belirtildiği gibi yeşil dokunun niteliği (biyokütlesi, yüksek odunsu karma yapısı) PM seviyelerini etkilediği düşünülmektedir.

Nitelikli yeşil doku; çevresel vejetasyon alanları ve koruların zenginliği ile ana arterlere yakın olmasına rağmen PM konsantrasyonunda düşüklüğe neden olmuştur (Örn; Bjk Vodafone Stadı Yan Yolu)

- Araştırmaya göre, kentsel alanda vejetasyonun yapısal alanların içine doğru nüfuz etmesinin, bu bölgelerdeki kirleticileri absorbe ettiği tespit edilmiştir. Bu bağlamda yapılacak peyzaj planlama, yönetim ve tasarım çalışmalarının, başta PM olmak üzere bölgeye özgü çok sayıda kirleticiyi indirgeme yönünde etkili olduğu anlaşılmıştır.
- Yeşil alan sisteminde ünitelerin bağlantısallığının önemi ortaya konmuştur. Öyle ki başka ünitelerle bağlantısı zayıf ya da kopuk olan yeşil alanların kirleticilerle baş etme düzeyinin zayıfladığı görülmüştür. Dolayısıyla özellikle bu tip bağlantısallığın zayıf olduğu bölgelerin yeşil çatı-cephe sistemleriyle desteklenmesinin önemi çalışmada ortaya konmuştur. Prof. Dr. Aykut Barka Deprem Parkı ve Balmumcu Parkı gibi yeşil alanların daha düşük yoğunlukta olan bölgelerde, PM seviyesinin de düşük çıkması, yeşil alan sistemi ilişkilerinin kuvvetli olmasına bağlanmıştır.

5. Teşekkür

Yapılan bu çalışmada, TÜBİTAK destekli “İstanbul Beşiktaş İlçesi Ekolojik Planlama Yaklaşımlı Kentsel Peyzaj Planı ve Uygulama Stratejisi” (114O341-TOVAG-TÜBİTAK) başlıklı araştırma projesinin çıktılarından yararlanılmıştır. Desteğinden ötürü TÜBİTAK’a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Abhijith, K. V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla, F. & Pulvirenti, B. (2017). Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments—A review. *Atmospheric Environment*, 162, 71-86.
- Aksu, G. A. (2017). İstanbul-Beşiktaş İlçesi Ekolojik Planlama Yaklaşımlı Kentsel Peyzaj Planı ve Uygulama Stratejisi. TUBİTAK-ARDEB 3501 kariyer Geliştirme Programı, proje No: 114-O-341, Proje Sonuç Raporu, 5. Bölüm (Tartışma ve Sonuç).
- Aksu, G. A. & Tağıl, Ş. (2017). Effects of Urban Landscape Pattern on PM10 Pollution – A Besiktas Case Study. MESAEP 19th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region. Rome, Italy
- Aksu, G. A. (2020). Kentsel Peyzaj Planlama ve Sürdürülebilirlik. In G. A. Aksu and L. Suri (Eds.), *Kentsel Peyzaj Planlama ve Sürdürülebilirlik*. (pp. 45) Cinius Yayınları.
- Bilgili, M. S., Demir, A., & Varank, G. (2009). Evaluation and modeling of biochemical methane potential (BMP) of landfilled solid waste: a pilot scale study. *Bioresource technology*, 100(21), 4976-4980.
- Çapraz, Ö., & Deniz, A. (2020). Particulate matter (PM10 and PM2.5) concentrations during a Saharan dust episode in Istanbul. *Air Quality, Atmosp. & Health*, 1-8.

- Deng, S., Ma, J., Zhang, L., Jia, Z., & Ma, L. (2019). Microclimate simulation and model optimization of the effect of roadway green space on atmospheric particulate matter. *Environmental Pollution*, 246, 932-944.
- Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics*. New York: Cambridge University Press., U.K., ISBN: 978-0-521-479980-6 (PB).
- Forman, R. T. T. (2008). *Urban Regions. Ecology and Planning Beyond the City*. Cambridge University Press, UK., ISBN-13: 978-0-521-67076-0 (PB).
- Kayacan, T., Özel, Y., Kayacan, B. (2019). Kente Kazandırılan Yeni Yaşam Alanları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Sayı 16, S. 679-687. DOI: 10.31590/ejosat.592411.
- Mori, J., Hanslin, H. M., Burchi, G., & Sæbø, A. (2015). Particulate matter and element accumulation on coniferous trees at different distances from a highway. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(1), 170-177.
- Özdemir, H., Borucu, G., Demir, G., Yiğit, S., & Ak, N. (2010). İstanbul'daki çocuk oyun parklarında partikül madde (PM2, 5 ve PM10) kirliliğinin incelenmesi. *Ekoloji*, 20(77), 72-79.
- Suri, L. (2020). Housing and Environmental Relations in the Process of Change. *Journal of Strategic Research in Social Science*, 6(1), 51-64. DOI: 10.26579/josr.107
- Tuna, A. (2021). İngiltere’de Yeşil Altyapı Kavramının Uygulama Örnekleri Üzerinden İrdelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Sayı 21, S. 416-423. DOI: 10.31590/ejosat.814954
- Türkiye İstatistik Kurumu (2021). Nüfus ve Demografi. Erişim Tarihi: 09.03.2021. <https://cip.tuik.gov.tr/#>
- TSI Incorporated, (2021). EVM Environmental Monitors. <https://tsi.com/products/indoor-air-quality-meters-instruments/evm-environmental-monitors/#resources>. (A.D: 08.03.2021)
- Viecco, M., Vera, S., Jorquera, H., Bustamante, W., Gironás, J., Dobbs, C., & Leiva, E. (2018). Potential of particle matter dry deposition on green roofs and living walls vegetation for mitigating urban atmospheric pollution in semiarid climates. *Sustainability*, 10(7), 2431.