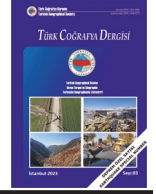




Basılı ISSN 1302-5856

Türk Coğrafya Dergisi
Turkish Geographical Review
www.tcd.org.tr

Elektronik ISSN 1308-9773



06 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık 7.7 mw. ve Elbistan 7.6 mw.) depremleri sonrası Kahramanmaraş şehrinde yaşanan partikül madde kirliliğinin incelenmesi

06 February 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık 7.7 mw. and Elbistan 7.6 mw.) earthquakes and investigation of particulate matter pollution in Kahramanmaraş city

Fatih Adıgüzel ^{a*}

^a Bitlis Eren Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri, Bitlis, Türkiye.

ORCID: F.A. 0000-0002-5978-2495

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 04.09.2023

Kabul/Accepted: 02.10.2023

Anahtar Kelimeler:

Deprem
Hava kirliliği
Partikül madde
Kahramanmaraş

Keywords:

Earthquake
Air pollution
Particulate matter
Kahramanmaraş

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(F. Adıgüzel) fadiguzel@beu.edu.tr

DOI: 10.17211/tcd.1354765



Atf/Citation:

Adıgüzel, F. (2023). 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık 7.7 mw. ve Elbistan 7.6 mw.) depremleri sonrası Kahramanmaraş şehrinde yaşanan partikül madde kirliliğinin incelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi* (83), 35-43.

<https://doi.org/10.17211/tcd.1354765>

ÖZ / ABSTRACT

Depremler dünya genelinde sıkça yaşanan doğal afetlerdir ve genellikle büyük zararlara yol açarlar. Sadece bina yıkımlarıyla sınırlı kalmazlar, aynı zamanda çevresel sorunların kaynağı olabilirler. Özellikle büyük depremlerde, yıkılan binaların enkazı zararlı partiküllerin atmosfere salınmasına neden olur. Bu partikül maddeler, çevresel sorunlara yol açar ve hava kalitesindeki değişiklikler çevresel bozulmanın bir göstergesi olarak kabul edilir. Solunabilir partikül madde yüksek konsantrasyonları, insan sağlığı ve çevre için ciddi bir tehdit oluşturur. Ayrıca, depremler sonucu oluşan partikül maddeler içerisindeki ağır metaller, toksik etkilere yol açabilir. 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında, etkilenen bölgelerde oluşan partikül madde miktarının belirlenmesi, kentsel iyileştirme çalışmalarına rehberlik edebilir ve yaşam kalitesini koruma çabalarına katkı sağlayabilir. Bu araştırma, Kahramanmaraş şehrinin farklı bölgelerinde atmosferdeki partikül madde seviyelerini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Özellikle 6 Şubat tarihli depremlerin ardından farklı bölgelerde ve zaman dilimlerinde partikül madde ölçümleri yapılmıştır. Bu yaklaşım, depremin çevresel etkilerini ve partikül madde dağılımını daha ayrıntılı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Hassas bir "CEM DT-9880" cihazı kullanılarak yapılan partikül madde ölçümleri, ArcGIS yazılımıyla Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) yöntemiyle analiz edilmiştir. Sonuçlar, depremin çevresel etkilerini anlamamıza ve potansiyel riskleri değerlendirmemize yardımcı olacak önemli bilgiler sunmaktadır. Şazi Bey, Hacı Bayram Veli ve Yunus Emre mahallelerinde yüksek partikül madde kirliliği gözlemlenmiş, yeşil alanların ise daha düşük kirlilik seviyelerine sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışma, depremin çevresel etkilerini vurgulayarak benzer çalışmalara katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Bu tür araştırmalar, depremin çevresel etkilerini anlama ve deprem sonrası önlemler alma konusunda büyük önem taşımaktadır.

Earthquakes are frequent natural disasters worldwide and often result in significant damage. They not only lead to building collapses but can also be a source of environmental problems. Especially in large earthquakes, the debris from collapsed buildings can release harmful particles into the atmosphere. These particulate matter materials contribute to environmental issues and changes in air quality are considered indicators of environmental degradation. High concentrations of breathable particulate matter pose a serious threat to human health and the environment. Additionally, heavy metals within the particulate matter generated as a result of earthquakes can have toxic effects. Following the earthquakes centered in Kahramanmaraş on February 6, 2023, determining the quantity of particulate matter in the affected areas can guide urban improvement efforts and contribute to efforts to maintain the quality of life. This research was conducted to examine the levels of particulate matter in the atmosphere in different regions of Kahramanmaraş city, particularly in the aftermath of the earthquakes on February 6. Particulate matter measurements were taken in different areas and time periods. This approach aims to analyze the environmental effects of the earthquake and the distribution of particulate matter in more detail. Particulate matter measurements, conducted using a sensitive "CEM DT-9880" device, were analyzed using the Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation method with ArcGIS software. The results provide valuable information that can help us understand the environmental effects of the earthquake and assess potential risks. High levels of particulate matter pollution were observed in Şazi Bey, Hacı Bayram Veli, and Yunus Emre neighborhoods, while green areas had lower pollution levels. This study aims to emphasize the environmental impacts of earthquakes and contribute to similar research efforts. Such studies are of great importance in understanding the environmental effects of earthquakes and taking post-earthquake measures.

Extended Abstract

Introduction

Turkey is located on the active seismic belt known as the Alp-Himalayan earthquake zone, with 42% of its landmass situated within the first-degree earthquake zone. Over the past century, destructive earthquakes have occurred every three years on average, causing significant loss of life and urban destruction. Notably, cities like Erzincan, Kahramanmaraş, Kocaeli, Tekirdağ, and Bolu have experienced major earthquakes. Earthquakes not only result in health problems but also pose environmental challenges, including the release of materials like rubble, dust, and pollutants that harm the ecosystem. Particulate matter, such as PM_{2.5} and PM₁₀, generated from collapsed buildings and construction sites, can threaten both human health and the environment. Additionally, heavy metals like cadmium and nickel can become toxic when inhaled or ingested, potentially leading to fatalities. The aftermath of earthquakes can also alter soil composition, further damaging ecosystems. Understanding and mitigating the impact of particulate matter and heavy metals in urban areas affected by earthquakes are crucial for preserving both public health and the environment. This study aims to quantify the particulate matter generated in the regions affected by the February 6, 2023 earthquakes in Kahramanmaraş and support decision-making for post-earthquake urban improvement efforts to maintain the quality of life.

Data and Method

This study was designed to encompass a total of 30 different sampling points across various regions of Kahramanmaraş city. The main objective of this research is to determine the levels of particulate matter in the atmosphere following the earthquakes that occurred in Kahramanmaraş on February 6. Measurements of these particulate matters were conducted during two different periods, namely June and August, with particle sizes of 2.5 and 10 micrometers. The measurements were taken in areas with a high concentration of collapsed and heavily damaged buildings, as well as in regions with minimal or no destruction. This approach aims to comprehensively examine the environmental effects of the earthquake and the distribution of particulate matter. A "CEM DT-9880" device with six channels was employed for particulate matter measurements, known for its precision in measuring atmospheric particulate matter levels. The obtained data were processed using ArcGIS 10.8.1 software, utilizing the Inverse Distance Weighting (IDW) method for analysis. ArcGIS software facilitates the creation of highly accurate models between measurement points, enabling a more detailed examination of the data. These analyses play a crucial role in understanding the environmental impacts of the earthquake and assessing potential risks.

Results and Discussion

This study delves into the environmental aftermath of the earthquake that struck Kahramanmaraş, Turkey, on February 6, 2023, with a specific focus on the levels of particulate matter (PM) pollution in the region. The research demonstrates that substantial quantities of particulate matter were released into the atmosphere during the demolition of buildings damaged or destroyed in the earthquake, significantly affecting air quality. Measurements of PM_{2.5} and PM₁₀ were conducted during

the demolition of buildings damaged or destroyed in the earthquake, significantly affecting air quality. Measurements of PM_{2.5} and PM₁₀ were conducted during the months of June and August, revealing notable variations in pollution levels across the city. The Şazi Bey neighborhood, which includes the Ebrar site, exhibited the highest PM pollution levels. In June, PM_{2.5} levels in this area reached 907 µm/m³, and in August, they were measured at 892 µm/m³. Subsequently, Yunus Emre neighborhood also had elevated PM_{2.5} pollution levels, registering 858 µm/m³ in June and 747 µm/m³ in August. In contrast, areas with less demolition activities displayed lower PM pollution levels. Further analysis of PM_{2.5} levels in the eastern part of the city revealed measurements of 120 µm/m³ in Avşar Mahallesi in June and 75 µm/m³ in August. Similarly, Yamaçtepe Mahallesi had measurements of 153 µm/m³ in June and 105 µm/m³ in August. Additionally, neighborhoods with more green spaces exhibited decreased pollution levels due to the pollutant-absorbing capacity of vegetation. Examining PM₁₀ measurements, it was observed that Şazi Bey and Hacı Bayram Veli neighborhoods experienced the highest pollution levels. Şazi Bey recorded PM₁₀ levels of 790 µm/m³ in June and 752 µm/m³ in August. In contrast, Şeyh Adil, Üngüt Mahallesi, and Mimar Sinan Mahallesi exhibited the lowest PM₁₀ pollution levels. Overall, the study underscores the substantial increase in PM pollution levels during and after the demolition of buildings following the earthquake, particularly in the eastern and central areas of the city where construction and demolition activities were most intense. These findings highlight the potential health risks associated with post-earthquake PM pollution, including respiratory and cardiovascular issues. To mitigate these risks, public awareness campaigns and educational initiatives emphasizing protective measures, such as mask usage, are recommended. Preserving and expanding green spaces within the city is also identified as a crucial strategy to reduce pollution levels. Enforcing strict dust control measures during construction activities and establishing a comprehensive air quality monitoring system with public accessibility to real-time data are additional recommendations. In conclusion, this study provides valuable insights into the environmental repercussions of earthquakes and the associated PM pollution levels in Kahramanmaraş. Further research and proactive measures are imperative to address post-earthquake environmental challenges, protect public health, and enhance overall environmental quality. Understanding and mitigating the environmental impacts of earthquakes are essential for safeguarding the well-being of communities.

1. Giriş

Türkiye dünyanın aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Yüz ölçümünün % 42'si birinci derece deprem kuşağı üzerinde olan ülkemizde 20.yy'ın başlarından itibaren her üç yılda birçok yıkıcı deprem olduğu bilinmektedir (Uslu & Uzun, 2014). Ülkemizin hemen hemen tüm bölgelerinde büyüklüğü 7.0'a yakın (altında ve üzerinde) depremlere rastlanmaktadır (Tablo 1). Bu depremler can kaybı ve kentlerin yıkımı açısından oldukça büyük depremlerdir. Yaklaşık 120 yıllık süreçte Erzincan, Kahramanmaraş, Kocaeli, Tekirdağ, Bolu en büyük depremlerin olduğu illerimiz olarak karşımıza çıkmaktadır. Deprem, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de yıkımlara ve kayıplara neden olmaktadır. Deprem sonucunda bölgede yaşayanlar sağlık sorunlarının yanı sıra

çevresel sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır (Güleç Balbay, 2023; Kalaycı vd., 2023). Deprem sonrasında ortaya çıkan materyaller (enkazlardan çıkan molozlar, hasarlı yapıların yıkımı esnasında çıkan malzeme, toz, vb) çevre sorunlarına dolayısıyla deprem bölgesi ekosisteminde önemli zararlara neden olmaktadır (Taş vd, 2000). Deprem sonucu yıkılan binalardan kaynaklanan toz ve partiküllerin solunması çok ciddi sağlık sorunlarına da yol açabilmektedir (Güleç Balbay, 2023). Havadaki partikül madde miktarı kent ekosisteminde ortaya çıkan bozulmaların düzeyinin belirlenmesinde önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Batur & Aksu, 2021). Kentsel alanda önemli bir hava kirleticisi kabul edilen partikül madde toplam asılı partikül (TMS), solunabilir partikül (PM10), zararsız partikül (PM2.5) ve çok zararsız partikül (PM1.0) olarak gruplandırılmaktadır (Vural, 2021; Sarı & Adıgüzel, 2023). Yüksek konsantrasyondaki partikül madde değerleri insan sağlığını ve çevreyi tehdit etmesi açısından tehlike yaratmaktadır. Partikül maddenin boyutu küçüldükçe havada asılı kalma süresi artmaktadır. Bu kapsamda PM2.5'in haftalar boyunca havada asılı kalabileceği ve uzun mesafeler boyunca hareket edebileceği bilinmektedir. PM10 sağlık açısından çok yüksek risk taşıyan; akciğere rahatlıkla girebilen kirleticiler arasında yer almaktadır. Rüzgârla uzak mesafelere taşınabilmektedir. Trafik, maden ocakları, inşaat alanları gibi pek çok faaliyet sonucu ortaya çıkabilmektedir (Özbeğ, Tufaner vd., 2016). Havada uzun süre asılı kalabilen 10 mikrometreden küçük partiküller solunum yoluyla insan bünyesine ulaşabilecek büyüklükte olup; çok önemli çevresel sorunların oluşmasına da neden olmaktadır. Solunabilir düzeyde küçük olan ağır metal partikülleri de insan bünyesinde toksisiteye yol açmaktadır (Yatkin & Bayram, 2007). Partikül maddelerin kentsel alanda çok yoğun olması ölümle sonuçlanabilmektedir (Altınok & Eskiocak, 2020). Sağlık sorunlarının yanı sıra toprağın yapısını değiştirmek suretiyle de ekosisteme zarar vermektedir (Zeydan, 2021). Deprem sonrası kentsel alanda (örneğin yollar) enkazlar ya da bina yıkımları nedeniyle oluşan partikül madde ile ağır metaller artış göstermektedir. Bu metaller arasında kadmiyum (Cd), krom (Cr), nikel (Ni), çinko (Zn) yer almaktadır. Özellikle kadmiyum ve nikelin insan bünyesi için toksik etki yapabileceği bilinmektedir. Ağır metaller insan bünyesine besin, deri ve solunum yoluyla girmektedir. Tolere edilebilir konsantrasyonun üzerinde olması halinde ölüme dahi neden olabilmektedir (Dündar & Pala, 2022).

6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş merkezli depremlerden etkilenen 11 ilde (Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Elazığ, Gazian-

tep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye, Şanlıurfa) mesken, kamu, işyeri ve diğer olmak üzere toplam 2.618.697 adet bina bulunmaktadır. Binaların % 90 kadarı mesken; % 6'sı işyeri; % 2.9'u kamu binasıdır. Bu binaların % 65'inde hasar tespiti yapılmıştır. Binaların % 50'si hasarsız, % 25'i az hasarlı, %10'u ağır hasarlı, % 2.3'ü orta hasarlıdır. Binaların % 3'ü yıkık-acil yıkılacak olanlardan oluşmaktadır. Yıkılan ve hasar gören binalar içerisinde kültürel yapılar, okullar, idari binalar, hastaneler, oteller de bulunmaktadır (T.C. Cumhurbaşkanlığı, 2023). Binaların yıkımı esnasında ortaya çıkabilecek partikül maddeler sağlık ve çevre konusunda oluşturabileceği olumsuzluklar nedeniyle önem kazanmaktadır. Bu çalışma, 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş merkezli depremlerden etkilenen illerde ortaya çıkan partikül madde miktarının ortaya konulmasını hedeflemektedir. Çalışmanın deprem sonrası kentsel alanda yapılacak iyileştirme çalışmaları kapsamında yaşam kalitesinin en uygun düzeyde tutulması amacıyla verilecek kararlara destek olacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Çalışma Alanı ve Sınırları

Kahramanmaraş şehri (Onikişubat ve Dulkadiroğlu ilçeleri), Türkiye'nin güneyinde, Akdeniz Bölgesi'nin Adana bölümünde bulunan bir şehirdir. Şehir, coğrafi olarak Ahır Dağı'nın güney yamacında konumlanmıştır ve deniz seviyesinden yaklaşık 650 metre yükseklikte yer almaktadır (Şekil 1). Materyal ve Yöntem

2.2. Materyal ve Yöntem

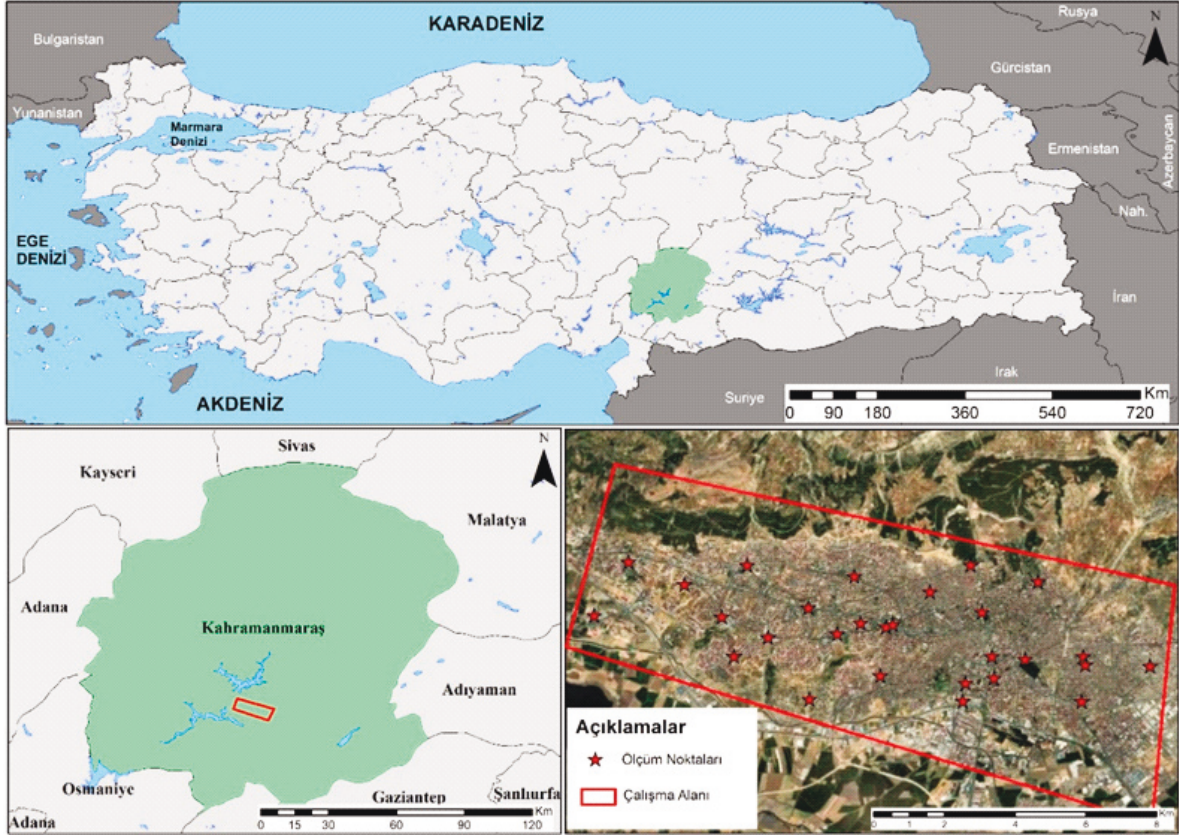
Bu çalışma, Kahramanmaraş şehrinin çeşitli bölgelerinden toplamda 30 farklı örnekleme noktasını kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu araştırmanın temel amacı, Kahramanmaraş'ta 6 Şubat tarihinde meydana gelen depremlerin sonrasında atmosferdeki partikül madde seviyelerini belirlemektir. Bu partikül maddelerin ölçümleri, Haziran ve Ağustos aylarında, 2,5 ve 10 mikrometre boyutlarında iki farklı dönemde gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma, Kahramanmaraş şehrinin çeşitli bölgelerinden toplamda 30 farklı örnekleme noktasını kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu araştırmanın temel amacı, Kahramanmaraş'ta 6 Şubat tarihinde meydana gelen depremlerin sonrasında atmosferdeki partikül madde seviyelerini belirlemektir. Bu partikül maddelerin ölçümleri, Haziran ve Ağustos aylarında, 2,5 ve 10 mikrometre boyutlarında iki farklı dönemde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Uyumsuzluk ölçüsü için kritik değerler (Hosking ve Wallis, 1997).

Table 1. Threshold values for discordancy measure (Hosking ve Wallis, 1997).

| Yıl | İl | Mw | Yıl | İl | Mw | Yıl | İl | Mw |
|------|-----------|-----|------|------------|-----|------|----------|-----|
| 1905 | Malatya | 6.8 | 1951 | Çankırı | 6.9 | 1992 | Erzincan | 6.6 |
| 1912 | Tekirdağ | 7.4 | 1953 | Çanakkale | 7.2 | 1999 | Kocaeli | 7.6 |
| 1914 | Burdur | 7.0 | 1955 | Aydın | 6.8 | 1999 | Bolu | 7.1 |
| 1916 | Tokat | 7.1 | 1957 | Bolu | 7.1 | 2002 | Afyon | 6.5 |
| 1919 | Balıkesir | 7.0 | 1964 | Bursa | 7.0 | 2011 | Van | 7.1 |
| 1924 | Erzurum | 6.8 | 1966 | Muş | 6.9 | 2020 | Elazığ | 6.8 |
| 1939 | Erzincan | 7.9 | 1970 | Kütahya | 7.2 | 2020 | İzmir | 6.6 |
| 1942 | Tokat | 7.0 | 1971 | Bingöl | 6.8 | 2023 | K.Maraş | 7.7 |
| 1943 | Çankırı | 7.2 | 1975 | Diyarbakır | 6.6 | 2023 | K.Maraş | 7.6 |
| 1944 | Bolu | 7.3 | 1976 | Van | 7.0 | 2023 | Hatay | 6.4 |
| 1949 | Bingöl | 6.7 | 1983 | Erzurum | 6.6 | | | |



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası.

Figure 1. Work area location map.

3. Bulgular ve Tartışma

06 Şubat 2023 tarihinde yaşanan depremde sonra Kahramanmaraş şehrinde ortaya çıkan partikül madde kirliliğinde, özellikle depremde yıkılan binalardan ve deprem sonrasında ağır hasar alan ve acil yıkılması gereken binaların yıkımı sırasında çevrede önemli derecede partikül madde açığa çıkmıştır (Şekil 2 ve Şekil 3).



Şekil 2. Deprem sonrası bina yıkımından bir görüntü.

Figure 2. An Image of Building Demolition After the Earthquake.

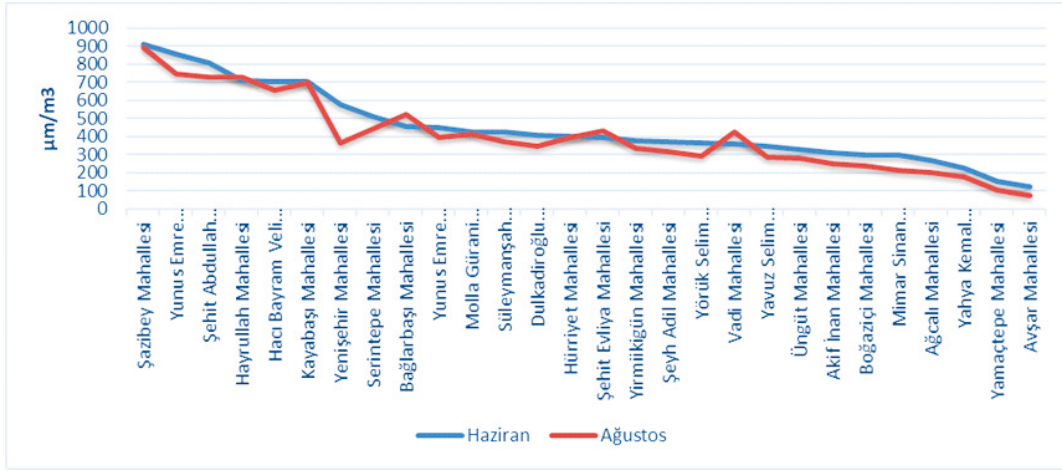


Şekil 3. Deprem sonrası bina yıkımından bir görüntü.

Figure 3. An Image of Building Demolition After the Earthquake.

Şehir merkezinde depremde ilk yıkılan binalardan olan Ebrar sitesi ve çevresinde büyük oranda partikül madde açığa çıkmıştır. Çalışma sahasında partikül madde PM_{2.5} ve PM₁₀ kirliliği değerlendirildiğinde, Ebrar sitesinin de içinde bulunduğu Şazi Bey mahallesi ve çevresinde kirlilik en yüksek seviyede çıkmıştır. Haziran ayında yapılan ölçüm sonucunda PM_{2.5} Şazi Bey mahallesinde 907 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, Ağustos ayında ise 892 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Şazi Bey mahallesi sonrasında ise partikül madde kirlilik seviyesi Yunus Emre Mahallesi'nde haziran ayında 858 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 747 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Şehrin özellikle güneyinde ve kuzeyinde yüksek oranda partikül madde kirliliği oluşmuştur. Şehirde en az PM_{2.5} kirliliği ise depremde en az yıkımın olduğu alanlarda görülmüştür. Şehrin doğusunda yapılan PM_{2.5} ölçümlerinde, Avşar Mahallesi'nde haziran ayında 120 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 75 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Yine şehrin batısında bulunan Yamaçtepe Mahallesi'nde haziran ayında 153 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 105 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Bunların dışında da şehir içinde öbek öbek partikül madde kaynaklı kirliliğin yüksek olduğu alanlar görülmektedir (Şekil 4 ve Şekil 5).

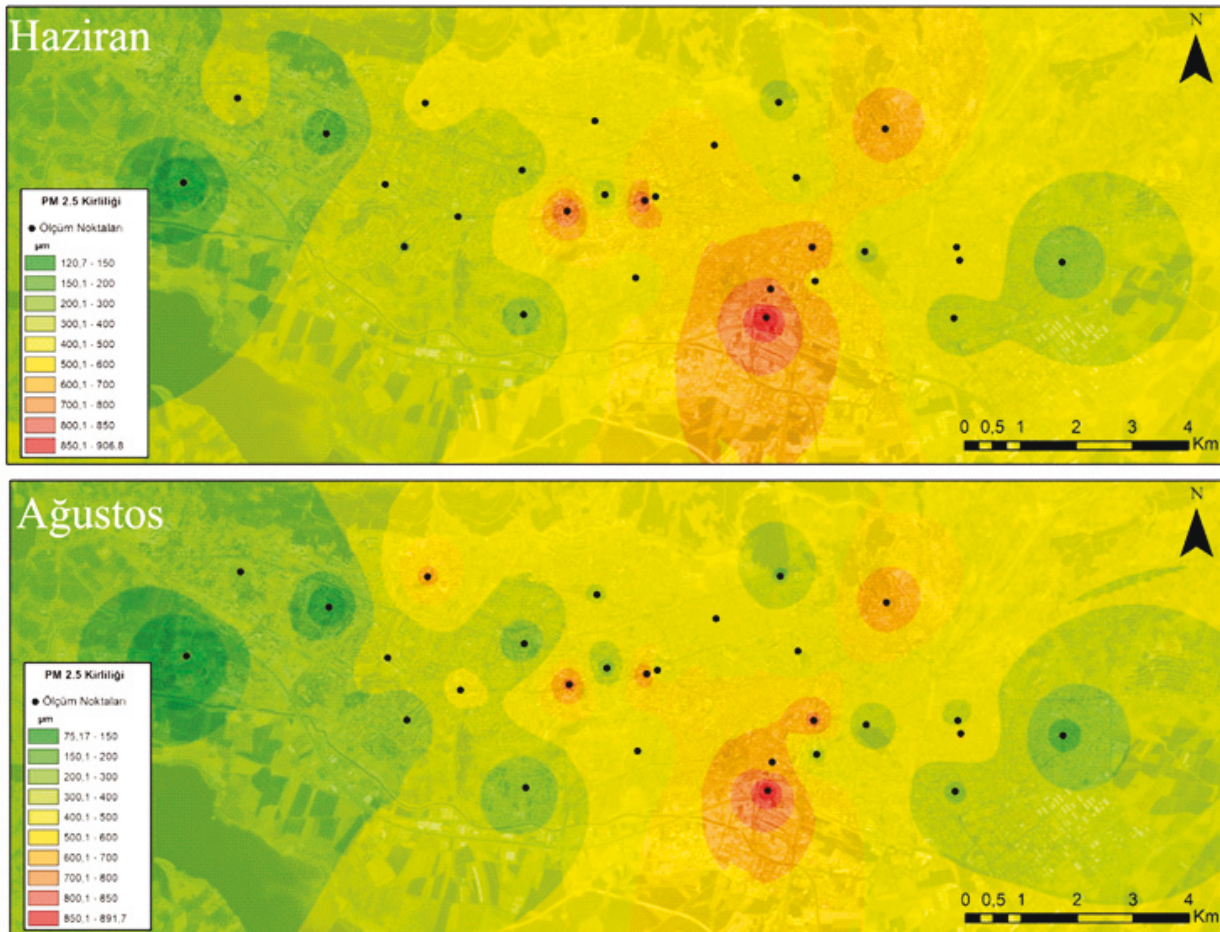
Çalışma alanı içinde yapılan PM_{2.5} ölçümlerinde haziran ayında Şehir Abdullah Çavuş Mahallesi'nde 806 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 730 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ seviyesinde yüksek miktarda partikül madde kirliliği görülmüştür. Hacı Hayrullah Mahallesi'nde haziran ayında 709 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 731 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ seviyesinde partikül madde kirliliği görülmekte iken Hacı Bayram Veli Mahallesi'nde haziran ayında 705 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 658 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ değerinde partikül madde kirliliği görülmektedir. Kayabaşı Mahallesi'nde haziran ayında 701 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 699 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yenişehir Mahallesi'nde haziran ayında PM_{2.5} seviyesi 579 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 363 $\mu\text{m}/\text{m}^3$;



Şekil 4. Deprem Sonrası Bina Yıkımından Bir Görüntü
Figure 4. An Image of Building Demolition After the Earthquake

Serintepe Mahallesi'nde haziran ayında 507 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında 445 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Bağlarbaşı Mahallesi'nde haziran ayında 457 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 523 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ seviyesinde partikül madde kirliliği görülmektedir. Yunus Emre Mahallesi'nin farklı noktasından yapılan ikinci ölçümde haziran ayında 450 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 397 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ seviyelerinde kirlilik tespit edilmiştir. Molla Gürani Mahallesi'nde haziran ayında 425 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 413 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Süleymanşah Mahallesi'nde de haziran ayında 425 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 370 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ miktarında kirlilik tespiti yapılmıştır. Molla Gürani Mahallesi'nde haziran ayında 425 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da

413 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Süleymanşah Mahallesi'nde de haziran ayında 425 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 370 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ miktarında kirlilik tespiti yapılmıştır. Dulkadiroğlu Mahallesi de çalışma alanında kirliliğin fazla olduğu mahallelerden biridir. Dulkadiroğlu Mahallesi'nde haziran ayında 409 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 348 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ seviyelerinde kirlilik tespit edilmiştir. Hürriyet Mahallesi'nde haziran ayında 401 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 397 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Şehit Evliya Mahallesi'nde haziran ayında 395 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 429 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yirmikiğün Mahallesi'nde haziran ayında 378 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ ağustos ayında da 334 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ seviyesinde partikül madde kirliliği görülmüştür.



Şekil 5. K.Maraş Şehrinde Deprem Sonrasında Oluşan PM2.5 Kirliliği
Figure 5. PM2.5 pollution in K.Maraş city after the earthquake

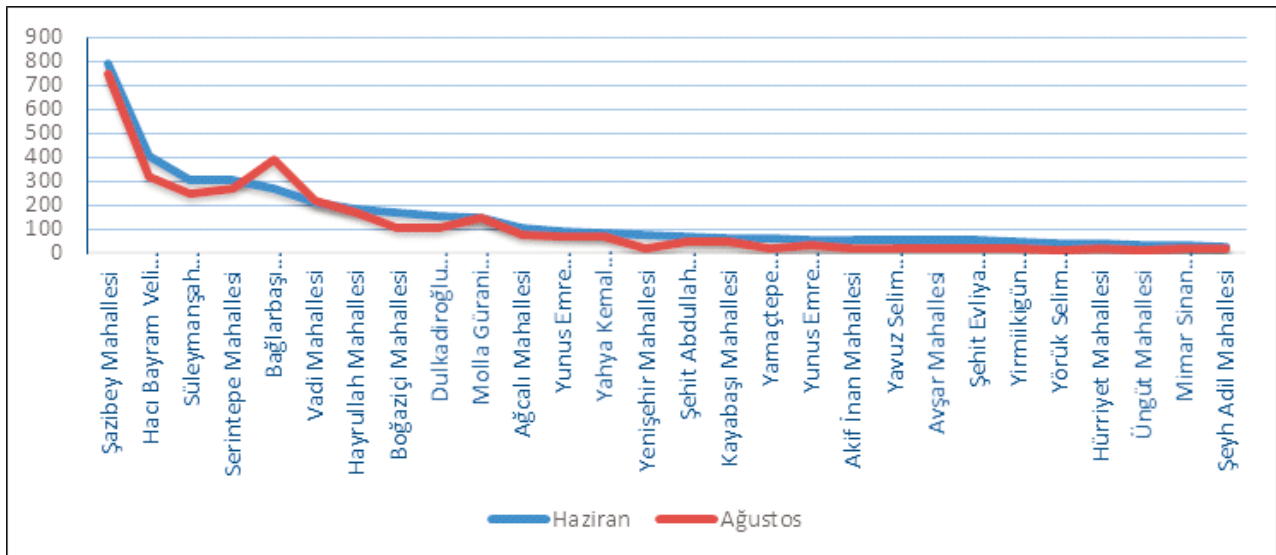
Şeyh Adil Mahallesi'nde haziran ayında 369 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 316 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yörük Selim Mahallesi'nde haziran ayında 365 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 290 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ oranında partikül madde kirliliği görülmektedir. Vadi Mahallesi'nde haziran ayında 357 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 425 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yavuz Selim Mahallesi'nde haziran ayında 345 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 284 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Üngüt Mahallesi'nde haziran ayında 327 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 277 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Akif İnan Mahallesi'nde 309 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 252 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Boğaziçi Mahallesi'nde haziran ayında 298 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 235 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Mimar Sinan Mahallesi'nde haziran ayında 297 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 211 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Ağcalı Mahallesi'nde haziran ayında 267 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, Ağustos ayında da 198 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yahya Kemal Mahallesi'nde haziran ayında 225 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 175 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür (Şekil 4 ve Şekil 5).

Çalışma alanında haziran ve ağustos aylarında yapılan PM10 ölçümlerinde, en fazla kirlilik Ebrar sitesinin de içinde olduğu Şazi Bey mahallesi ve çevresinde görülmüştür. Şazi Bey mahallesinde haziran ayında PM10 miktarı 790 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 752 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Şazi Bey Mahallesi dışında Hacı Bayram Veli Mahallesi'nde de kirlilik seviyesi nispeten yüksek seyretmiştir. Hacı Bayram Veli Mahallesi'nde haziran ayında PM10 kirlilik seviyesi 408 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 321 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. PM10 kirliliği en düşük Şeyh Adil, Üngüt Mahallesi ve Mimar Sinan Mahallesi'nde görülmektedir. PM10 ölçümlerinde kirlilik Şeyh Adil Mahallesi'nde haziran ayında 30 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, Ağustos ayında ise 19 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Üngüt Mahallesi'nde haziran ayında 35 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 14 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ ölçülmüştür. Mimar Sinan Mahallesi'nde haziran ayında 35 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 20 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Diğer alanlara göre bu mahalleler yıkımın az olduğu ve yeşil alanlara yakınlığından dolayı kirlilik miktarı oldukça düşük seviyelerde tespit edilmiştir (Şekil 6 ve Şekil 7).

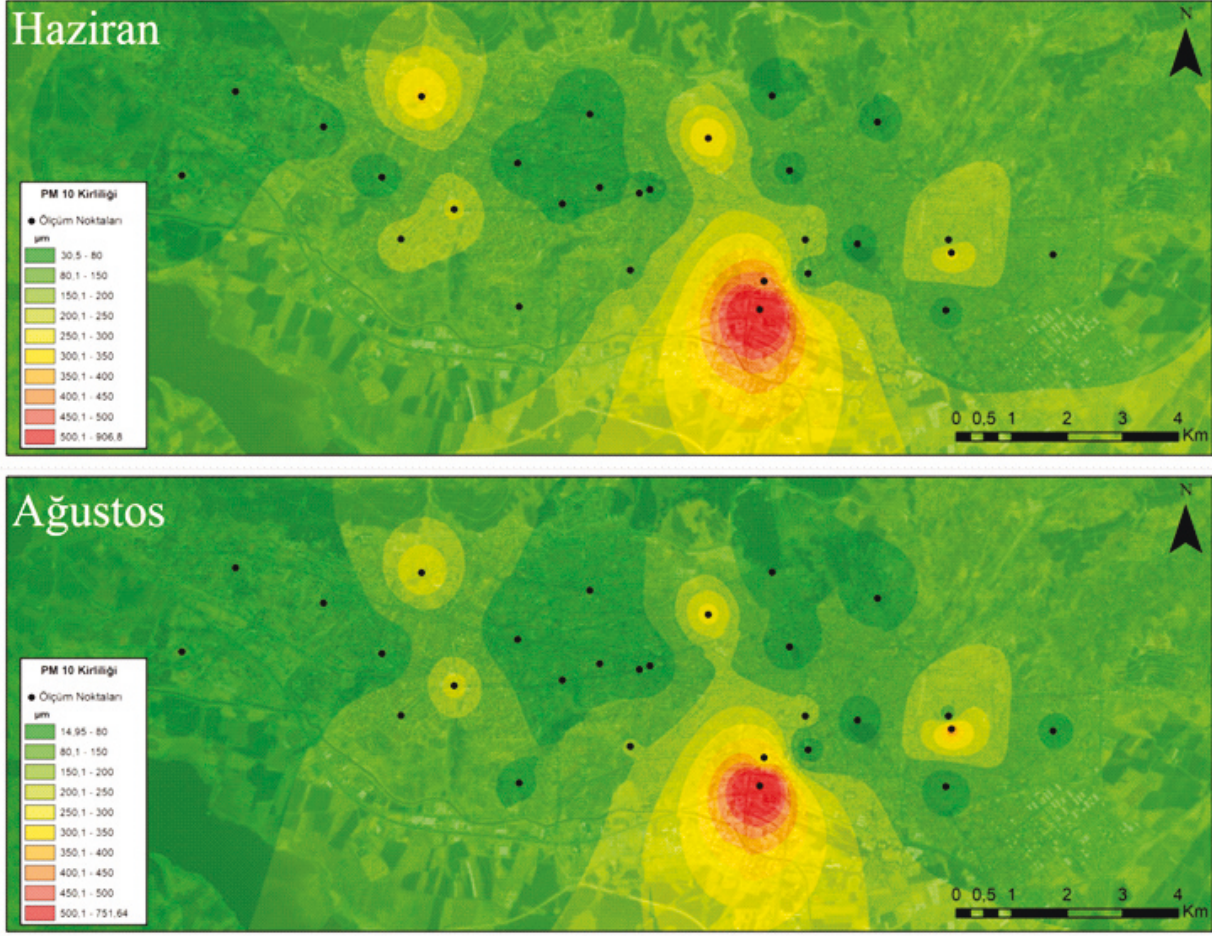
Çalışma alanının geneline bakıldığında, Süleymanşah Mahallesi'nde haziran ayında 309 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 250 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ seviyelerinde partikül madde kirliliği tespit edilmiştir. Serintepe Mahallesi'nde haziran ayında 306 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 269 $\mu\text{m}/\text{m}^3$;Bağlarbaşı Mahallesi'nde haziran ayında

269 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 395 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Vadi Mahallesi'nde haziran ayında 210 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 220 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Hayrullah Mahallesi'nde 186 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 169 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Boğaziçi Mahallesi'nde haziran ayında 167 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 109 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Dulkadiroğlu Mahallesi'nde haziran ayında 153 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 106 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Molla Gürani Mahallesi'nde 146 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 152 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Ağcalı Mahallesi'nde haziran ayında 107 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 75 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yunus Emre Mahallesi 1. ölçüm noktasında haziran ayında 89 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 70 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yahya Kemal Mahallesi'nde haziran ayında 86 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 69 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yenişehir Mahallesi'nde haziran ayında 76 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 24 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Şehit Abdullah Çavuş Mahallesi'nde haziran ayında 74 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 51 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ seviyelerinde kirlilik tespit edilmiştir. Kayabaşı Mahallesi'nde haziran ayında 65 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 51 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yamaçtepe Mahallesi'nde haziran ayında 65 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 23 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yunus Emre Mahallesi 2. ölçüm noktasında haziran ayında 57 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 32 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Akif İnan Mahallesi'nde haziran ayında 57 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında yapılan ölçümlerde ise 21 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yavuz Selim Mahallesi'nde haziran ayında 22 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 22 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Avşar Mahallesi'nde haziran ayında 55 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 22 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Bunların dışında Şehit Evliya Mahallesi'nde haziran ayında 53 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 21 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yirmikigün Mahallesi'nde haziran ayında 46 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 21 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Yörük Selim Mahallesi'nde haziran ayında 45 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında da 15 $\mu\text{m}/\text{m}^3$; Hürriyet Mahallesi'nde haziran ayında 43 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ağustos ayında ise 21 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ kirlilik tespit edilmiştir (Şekil 5 ve Şekil 6).

Çalışma alanında PM kirliliği haziran ve ağustos ölçümlerinde değerlendirildiğinde deprem anında ve sonrasında yıkılan binalardan önemli derecede partikül madde ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Özellikle şehrin doğusunda ve merkezinde partikül madde miktarı sınır değerinin çok üzerinde seyretmiştir. Bu alanlardan Şazi Bey, Hacı Bayram Veli ve Yunus Emre mahallelerinde partikül madde kaynaklı kirliliğin yüksek olduğu görülmektedir. Bunun en temel nedeni de 6 Şubat depreminde ve sonrasında yıkılan binaların ortaya çıkarmış olduğu partikül maddelerdir.



Şekil 6. Kahramanmaraş Şehrinde Deprem Sonrasın Oluşan PM10 Kirliliği Seviyeleri
Figure 6. PM10 pollution levels in Kahramanmaraş city after the earthquake



Şekil 7. Kahramanmaraş Şehrinde Deprem Sonrasında Oluşan PM10 Kirliliği

Figure 7. PM10 pollution in Kahramanmaraş city after the earthquake

Şehir içinde yeşil alan ve çevresinde yapılan ölçümlerde ise diğer açık alanlara göre mevcut partikül madde kirliliğinin daha düşük olduğu görülmektedir. Mahalle özelinde ise her iki partikül madde boyutunda Şehit Evliya ve Şeyh Adil mahallelerinde kirliliğinin düşük olduğu görülmektedir. Buradaki en temel etken bu ölçüm noktalarının yeşil alan çevresinde gerçekleştirilmesidir. Ayrıca bitkilerin tozu ve kirliliği absorbe edici özellikte olması bu alanlarda kirliliğin düşük olmasında birincil faktörlerdendir.

Bu çalışma, 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş merkezli depremlerin ardından ortaya çıkan partikül madde kirliliğini incelemiş ve sonuçları şehrin farklı bölgelerindeki PM2.5 ve PM10 seviyeleri üzerinden sunmuştur. Deprem sonrası meydana gelen binaların yıkımı sırasında çevreye önemli miktarda partikül madde salınımının olduğu ve bu kirliliğin özellikle yıkımın yoğun olduğu bölgelerde yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bu bulgular, daha önce yapılmış benzer çalışmalarla karşılaştırılarak daha fazla açıklığa kavuşturulabilir. Örneğin, Taş ve diğerlerinin (2000) 7 Ağustos İzmit ve 12 Kasım Düzce depremleri sonrasında yapısal ve çevresel hasarın değerlendirildiği çalışmaları, deprem sonrası ortaya çıkan çevresel sorunlara dikkat çekmiştir. Bu çalışma, Kahramanmaraş'taki depremin çevresel etkilerine benzer şekilde odaklanarak, deprem sonrası partikül madde kirliliğinin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini vurgulamıştır. Diğer taraftan, Uprety ve diğerlerinin (2019) Nepal'deki deprem sonrası hava kirliliğinin artışı ele alan çalışması, dep-

rem çevresel etkilerinin farklı coğrafyalarda nasıl ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Kahramanmaraş'taki çalışma, benzer şekilde depremlerin çevresel etkilerinin yerel ölçekte nasıl belirlenebileceğini göstermektedir.

Dowlati ve diğerlerinin (2020) depremlerin ardından hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkilerini ele alan çalışması, Kahramanmaraş'taki depremin sağlık sorunlarına yol açma potansiyelini daha ayrıntılı bir şekilde incelemeyi gerektirebilir. Bu noktada, Kahramanmaraş'taki çalışma, sağlık açısından olumsuz etkileri daha fazla vurgulayabilir ve sağlık otoritelerine deprem sonrası önlemler konusunda rehberlik edebilir.

Hsu ve diğerlerinin (2010) gerçek zamanlı hava kalitesi verilerini deprem göstergesi olarak değerlendiren çalışması, deprem riskinin izlenmesinde hava kirliliği verilerinin nasıl kullanılabilirliğini ele almıştır. Kahramanmaraş'taki çalışma, bu tür verilerin deprem sonrası çevresel etkilerin izlenmesinde nasıl kullanılabilirliğini göstermektedir.

Son olarak, Efstathiou ve diğerlerinin (2012) Atina, Yunanistan'daki hava kirliliği ile deprem aktivitesi arasındaki ilişkiyi incelediği çalışma, deprem ve hava kirliliği arasındaki potansiyel ilişkiyi ortaya koymaktadır. Kahramanmaraş'taki çalışma, benzer şekilde deprem sonrası hava kirliliği seviyelerinin deprem aktivitesi ile nasıl ilişkilendirilebileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, Kahramanmaraş'taki bu çalışma, depremlerin çevresel etkilerini ve hava kirliliği ile ilişkisini daha fazla vurgulamış ve benzer çalışmalara dayanarak bu konuyu ele almıştır.

Bu tür çalışmalar, depremlerin çevresel etkilerini daha iyi anlamamıza ve deprem sonrası iyileştirme çalışmaları için önemli bir rehberlik sağlamaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, Haziran ve Ağustos aylarında Kahramanmaraş merkezli depremin çevresel etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Deprem sonrası dönemde yıkılan binaların ve ağır hasar alan yapıların yıkım işlemleri sırasında ortaya çıkan partikül madde salınımının, çevre kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanında ölçüm yapılan Haziran ve Ağustos ölçümlerinde PM2.5 kirliliği seviyeleri en yüksek 907 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ ile 892 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, en düşük 74 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ ile 24 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. PM10 kirliliği seviyeleri ise en yüksek 790 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ ile 752 $\mu\text{m}/\text{m}^3$, en düşük 30 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ ile 19 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ tespit edilmiştir.

Özellikle Şazi Bey, Hacı Bayram Veli ve Yunus Emre mahallelerinde yapılan ölçümler, partikül madde kaynaklı kirliliğin bu bölgelerde yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, depremin çevresel etkilerinin, yıkımın yoğun olduğu bölgelerde belirgin şekilde arttığını vurgulamaktadır.

Araştırma sahasında gerçekleştirilen PM2.5 ve PM10 ölçümleri, deprem sonrası partikül madde kirliliğinin şehir merkezi ve doğu bölgelerinde daha yoğun olduğunu göstermektedir. Bu bölgelerdeki yoğunluk, büyük ölçüde yıkım süreci ve inşaat faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Öte yandan, şehir içindeki yeşil alanlar ve çevre bölgelerde yapılan ölçümlerde partikül madde kirliliğinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yeşil alanların bu kirlleticileri absorbe etme kapasitesi sayesinde, çevresel etkilerin azaltılmasında önemli bir rol oynadığı görülmüştür.

Çalışma alanındaki ölçümler, deprem sonrası partikül madde kirliliğinin sağlık açısından olumsuz etkilere yol açabileceğini açıkça göstermektedir. Partikül madde kirliliği, solunum yolu hastalıkları, kardiyovasküler sorunlar ve diğer sağlık komplikasyonlarına neden olabilir. Bu nedenle, deprem sonrası sağlık sorunlarının önlenmesi ve etkilerinin yönetilmesi için aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- Deprem sonrası dönemde halkın, partikül madde kirliliği ile ilgili bilinçlendirilmesi ve koruyucu önlemler konusunda eğitilmesi gerekmektedir. Solunum yolu maske kullanımı gibi basit önlemlin yaygınlaştırılması önemlidir.
- Şehir içindeki yeşil alanların korunması ve genişletilmesi, partikül madde kirliliğinin etkilerini azaltabilir. Ağaç dikimi ve yeşil alanların bakımı teşvik edilmelidir.
- İnşaat faaliyetleri sırasında partikül madde salınımını azaltmak için gelişmiş toz kontrol önlemlerini benimsemek önemlidir. İnşaat şirketleri bu önlemlere uymalıdır.
- Kahramanmaraş'ta düzenli hava kalitesi izleme sistemleri kurulmalı ve kamuya bu verilere erişim sağlanmalıdır. Bu, halkın günlük yaşamlarını korumalarına için bilinçli kararlar almasına yardımcı olabilir.

Bu çalışma, Kahramanmaraş'taki depremin çevresel etkilerini ve partikül madde kirliliği seviyelerini ayrıntılı bir şekilde incelemiş ve elde edilen bulgular, deprem sonrası iyileştirme çalış-

maları ve çevresel koruma önlemleri için önemli bir rehberlik sunmuştur. Depremlerin çevresel etkilerinin daha iyi anlaşılması ve azaltılması için daha fazla araştırma ve önlem alınması gerekmektedir. Bu çalışmalar, deprem sonrası çevresel sorunların ele alınmasında önemli bir rol oynayabilir ve yerel toplulukların sağlık ve çevre kalitesini korumasına yardımcı olabilir.

Çıkar Çatışması/Conflict of Interest: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder. The authors declare that there is no conflict of interest.

Yazar Katkısı/Author contribution: Çalışma konusu seçimi ve kavramsal çerçeve F.A. tarafından yapılmıştır. Sahada gerçekleştirilen ölçümler F.A. tarafından yapılmış ve elde edilen veriler F.A. tarafından haritalandırılmıştır. F.A. tarafından çalışma yazılmış ve yorumlanmıştır. The study topic selection and conceptual framework were made by F.A. Field measurements were carried out by F.A. and the data obtained were mapped by F.A. The study was written and interpreted by F.A.

Kaynakça

- Altınok, A., & Eskiocak, M. (2020). Trakya'da partiküler madde kirliliği ve mortalite ilişkisinin değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Public Health*, 18(3), 124-132. <https://doi.org/10.20518/tjph.661642>
- 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. <https://doi.org/10.31590/ejosat.947260>
- Dowlati, M., Moslehi, S., Seyedin, H., & Sakhaei, F. S. (2020). Health effects of air pollution in the aftermath of earthquake. *Journal of Air Pollution and Health*, 5(3), 201-202. <https://doi.org/10.18502/japh.v5i3.5393>
- Dündar, M. Ş., & Pala, M. F. (2022). 17 Ağustos 1999 depremi sonrası Adapazarı cadde tozlarında ağır metal kirliliği. *Sakarya University Journal of Science*, 6(3), 63-68.
- Efstathiou, M., Tzanis, C., Varotsos, C., & Deligiorgi, D. (2012). The Gutenberg-Richter law for earthquakes in air pollution episodes: A case study for Athens, Greece. *Acta Geophysica*(60), 280-290.
- Gotoh, T., Nishimura, T., Takashi, M., Nakaguchi, Y., & Hiraki, K. (2002). Air pollution by concrete dust from the great Hanshin earthquake. *Journal of Environmental Quality*, 31(3), 718-723. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12026073/>
- Güleç Balbay, E. (2023). Earthquake and the Lung. *Duzce Medical Journal*, 25(1), 1-5. <https://doi.org/10.18678/dtfd.1256261>
- Hsu, S.-C., Huang, Y.-T., Huang, J.-C., Tu, J.-Y., Engling, G., Lin, C.-Y., . . . Huang, C.-H. (2010). Evaluating real-time air-quality data as earthquake indicator. *Science of the Total Environment*, 408(11), 2299-2304.

- Kalaycı, T., Aygün, Ü., & Sayir, F. (2023). Depremde çoklu travma yaklaşımı. *Ağrı Medikal Journal*, 1(2), 22-25.
- Özbeyaz, A., Tufaner, F., & Demirci, Y. (2016). Partikül madde ile ilişkili görüntüleri kullanarak hava kirliliği tahminine ait bir model tasarımı. *In 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress* (s. 969-975). Adana: Çukurova University.
- Sarı, N., & Adıgüzel, F. (2023). Determining temporal and spatial changes in air quality in the city of Nevşehir. *Advanced GIS*, 3(2), 68-76.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı. (2023). *2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu*. 140 S. <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/03/2023-Kahramanmaraş-ve-Hatay-Depremleri-Raporu.pdf>.
- Taş, M., Taş, N., Payan, F., & Elmacı, A. (2000). 7 Ağustos İzmit ve 12 Kasım Düzce depremlerinde ortaya çıkan yapısal ve çevresel hasarların değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6(1), 83-88.
- Uprety, A., Ozaki, A., Higuchi, A., Leppold, C., & Tanimoto, T. (2019). The 2015 Nepal earthquake and worsening air pollution in Kathmandu. *The Lancet Planetary Health*, 3(1), e8-e9.
- Uslu, G., & Uzun, B. (2014). Kentsel Dönüşüm Projelerinde Deprem Etkisi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2), 1-11.
- Vural, E. (2021). Air quality change related to particulate matter in some selected green areas in sanliurfa. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(1), 19-26. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kastamonujes/issue/63105/927785>
- Yatkin, S., & Bayram, A. (2007). İzmir havasındaki partikül madde kirliliği: ölçüm ve değerlendirme. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(2), 15-27.
- Zeydan, Ö. (2021). 2019 Yılında Türkiye'deki Partikül Madde (PM10) Kirliliğinin Değerlendirilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(1), 106-118. <https://doi.org/10.21597/jist.745539>