

Araştırma Makalesi / Research Article

Sivas Merkez İlçesinde Hava Kirlilik Parametrelerinin Coğrafi Faktörlerle Değerlendirmesi ve Zaman İçerisinde Değişimi¹

Geographical Distribution of Air Pollution Parameters in Sivas Central District Evaluation with Factors and Changes over Time

Fatih KARTAL ²

Geliş/Received: 18/03/2025

Kabul/Accepted: 24/07/2025

Öz

Çalışmanın amacı; Sivas'ta hava kalitesi ölçümü yapan istasyonlardan alınan 2006-2023 yılına ait bazı kirlletici unsur özelliği taşıyan (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂ ve CO) verilerin coğrafi faktörlerle olan ilişkisini ortaya koymak ve istasyonların zaman içerisinde nasıl bir dağılım gösterdiğini tespit etmektir. Araştırmada kirlletici unsurların tespiti için Meteoroloji Hava Kalite İstasyonu, Başöğretmen Hava Kalitesi İzleme İstasyonu ve İstasyon Kavşağı Hava Kalite İstasyonu verileri kullanılmış olup Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı kurumundan temin edilmiştir. Eldeki veriler ulusal hava kalitesi değerleriyle, Avrupa Birliği (AB) ve DSÖ verileriyle karşılaştırılıp hava kalitesi hakkında değerlendirme yapılmıştır. Sivas ilinin çevresinin dağlarla çevrili olması, kış mevsiminde basıncı yükseltmekte ve yanma miktarının fazla olmasına bağlı olarak şehrin hava kirliliğini artırmaktadır. Yine her geçen gün sanayi faaliyetleri, konut ve araç sayısının artması gaz emisyonlarında artışlara yol açmaktadır. Bu bağlamda tüm istasyonlardaki ölçüm değerleri EPA ve ulusal hava indeksine göre belirtilen sınırın altında kalmıştır. Kirlletici oranının en yüksek olduğu ölçüm yerinin İstasyon Kavşağı çıkmasında merkezde olması, nüfusun ve araç sayısının fazla olması etkili olmuştur. Çalışmada son olarak hava kalitesiyle ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hava Kirliliği, coğrafi faktörler, kirlletici unsurlar, Sivas Merkez.

Abstract

The aim of the study is to reveal the relationship between some pollutant (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂ and CO) data obtained from the stations measuring air quality in Sivas for the years 2006-2023 with geographical factors and to determine how the stations are distributed over time. Meteorology Air Quality Station, Başöğretmen Air Quality Monitoring Station and Station Junction Air Quality Station data were used for the determination of pollutant elements in the research and were obtained from the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change. The available data were compared with national air quality values, European Union (EU) and WHO data and an assessment was made on air quality. The fact that Sivas province is surrounded by mountains increases the pressure in the winter season and increases the air pollution of the city due to the high amount of combustion. Again, the increasing number of industrial activities, housing and vehicles every day leads to an increase in gas emissions. In this context, the measurement values at all stations remained below the limit specified according to EPA and national air index. The measurement site with the highest pollutant rate was İstasyon Junction, which is located in the center and has a high population and number of vehicles. Finally, recommendations on air quality were made in the study

Keywords: Air Pollution, geographical factors, pollutants, Sivas Center.

¹ Bu çalışma Uluslararası 5. Türk Dünyası Eğitim Bilimleri ve Sosyal Bilimleri Kongresi'nde (21-24 Kasım 2024/ Antalya) sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

² Dr. Öğr. Üyesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Eğitim Fakültesi Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü Coğrafya Eğitimi ABD, Sivas, Türkiye. fatihkartal.58@hotmail. com, <https://orcid.org/0000-0001-9266-5007>

1. GİRİŞ

Eski çağlarda yaşamış ünlü düşünür Empedokles'e göre dünya dört ana elementten (hava, su, toprak, ateş) meydana gelmiştir. Bu elementlerden hava ise oksijen kaynağımızı barındırır ve canlı yaşamının devamını etkileyen en önemli elementlerden birisidir. Hava, bu elementler içerisinde kirletici sebeplerden en fazla etkilenen unsur olup bünyesine kendi molekülleri dışında zararlı molekülleri de barındırabilir. Bu zararlı moleküller doğal ve yapay kirleticiler olarak adlandırılmaktadır. Doğal kirleticiler, jeolojik, metabolik faaliyetler, fotosentez işlemleri, bitki emisyonları ve hayvansal emisyonlar gibi biyogenik faaliyetlerden oluşmaktadır. Yapay kirleticiler ise beşerî faaliyetleri kapsayan evsel atıklar, sanayi ve ulaşım faaliyetleri sonucunda oluşmaktadır (Sümer, 2014; WHO, 2021). Fakat günümüzde hava en çok yapay kirleticiler tarafından zarara uğramaktadır. James watt'ın buhar gücüyle çalışan motoru icat etmesiyle birlikte 18. yy da sanayi devrimi başlamıştır. Motorları çalıştırmak için ihtiyaç duyulan enerjiyi ise kömür madenini yakarak elde etmişlerdir. Kömürün yanmasıyla birlikte atmosfere bol miktarda Karbondioksit (CO₂) salınımı gerçekleşmiştir. 19. yy başlarında Karl Benz ilk benzinle çalışan içten yanmalı motoru icat etmiştir. Bu motoru taşıtlar üzerinde kullanarak ilk otomobil üretimini gerçekleştirmiş ve taşıtlar hızla üretilerek kullanıma sunulmuştur (Argun vd., 2019). Bu sebepten ötürü hava kirliliği problemleri ortaya çıkmış ve günümüze kadar hava kirlilik oranları artarak devam etmiştir.

Günümüzde endüstriyel etkinlikler ve ulaşım faaliyetleri kentlerde kırsal kesimlere oranla çok daha fazladır. Bu sebeple kentlerdeki ısı ortalaması kırsal kesimlere oranla oldukça yüksektir (Coşkun vd., 2024). Havayı ısıtan enerji ve kentsel ısı artışı havanın kirletici maddelerinde artış meydana getirir ve zararlı moleküllerin çoğalmasıyla kalın bulutlar oluşur. Oluşan bu kirli hava, ultraviyole ışınlarının kaybına sebep olmaktadır. Dolayısıyla gün ışınlarının azalmasında etkisini göstermektedir. Hava kirliliğinin iklime etkisi yerel ve evrensel olmak üzere iki ölçekte ele alınmaktadır. Yerel düzeyde olan hava kirliliği, yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarını yansıtmakta dağıtmakta ve absorbe etmektedir. Bu olaylar kentlerde bazı meteorolojik değişikliklere neden olmaktadır. Kentlerde yaşanan bu meteorolojik olaylar bölgesel olduğu için dünya çapında büyük değişikliklere sebep olmamaktadır. Evrensel kirlilik ise bütün dünyayı etkiler bu sebeple çok daha önemlidir (Cuci ve Polat, 2015). Global ölçekte hava kirliliğinin iki büyük etkisi vardır bunlar ozon tabakasındaki bozulmalar ve sera etkisidir. Hava kirliliğinin sebeplerinden sera etkisi yeryüzünün aşırı ısınması kuraklık ve asit yağmurlarına sebep olmaktadır. Dünyanın farklı bölgelerinde aşırı yağışlara ve sel felaketlerine neden olurken başka bölgelerde ise sıcak hava dalgaları, kuraklık felaketlerine sebep olmaktadır. Hava kirliliğinin ozon tabakasına etkisi ise ozon tabakasını incelterek güneşin zararlı ışınları direkt olarak yeryüzüne temas ettirmesidir. Yaşanan tüm bu olumsuz sebepler nedeniyle hava kirliliği, doğal iklim dengesinde bozulmalar meydana getirmekte ve insan sağlığında çok ciddi tehlikeler oluşturmaktadır (Atalay ve Neslihanoglu, 2021). Çoğunlukla insan sağlığına en büyük etkisi astım ve bronşit hastalıklarını tetikleyerek boğulma hissi ve beraberinde ilerleyerek ölümlerdir. Bu duruma en çok Los Angeles tipi hava kirliliği olarak değerlendirilen fosil yakıt dumanları ve egzoz gazlarıyla oluşan bir hava kirliliği şekli sebep olmaktadır (Koç & Koç, 2018). Kimyasal tepkime sonucunda oluşan bu kirlilik üst solunum yolları hastalıklarına, akciğer tahriplerine, gözlerde yanmalara, ciltte tahrişe sebep olurken asit yağmurlarıyla birlikte bitkilerin kurumasına yol açmaktadır (Tekbaş, 2010).

Kirletici unsurları ortamdan uzaklaştırarak kaliteli bir hava sahası oluşturmak ve canlıları bu duruma maruz bırakmamak adına dünyada birçok önlemler alınmaktadır. Özellikle ulusal ve uluslararası alanda yapılan çalışmalarda hava kalitesinin kirleticiler adına sınır değerleri açıklanmıştır. 2005 yılında DSÖ (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından hava kalitesi kılavuzu yayınlanmış olup buna göre NO₂ (azot dioksit) değeri 40 µg/m³ olduğu belirlenmiştir (WHO, 2006). Bu değer yapılan çalışmalar neticesinde 2021 yılında 10 µg/m³'e düşerek

güncellenmiştir. Yapılan güncellemeler sadece NO₂ ile sınırlı olmamakla birlikte PM_{2.5}, PM₁₀ partikül maddeleriyle ozon (O₃), kükürt dioksit (SO₂) ve karbon monoksit (CO) değerlerinin de ölçütleri belirlenmiştir (WHO, 2021). Çalışma alanındaki PM₁₀ toz, polen, küf gibi 10 mikron ve daha küçük parçacıkları ifade ederken PM_{2.5} yanmalar sonucunda oluşan 2,5 mikron ve daha küçük organik toz bileşiklerini ifade etmektedir. Diğer kirleticiler gazlardan olan NO₂ kirleticisi fosil yakıt, egzoz ve sanayi faaliyetleriyle ortaya çıkmakta olup solunum yollarıyla alakalı hastalıklara yol açmaktadır (Castagna vd., 2022). SO₂ kömür ve dizel yakımı, metal ve plastik eritimiyle ortaya çıkan renksiz kokusuz zehirleyici bir gazdır (Akyürek vd., 2013). CO evsel atıkların ve yangınların neticesinde ortaya çıkan renksiz kokusuz ve solunum zehirlenmesine sebep olan bir gazdır (Eraybar vd., 2021). O₃ gazı da azot oksitlerin ve uçucu organik maddelerin kimyasal tepkimeleri sonucunda ortaya çıkmaktadır. Türkiye’de ise HKDYY (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi)’nin yayınladığı kılavuza göre kirleticilerin değerlerini en aza indirmek amacıyla bir yönerge bulunmaktadır (www.mevzuat.gov.tr; havakalitesi.ibb.gov.tr). Her ne kadar ülkeler kirleticiler madde unsurlarını sınırlandırıcı önlemler alsın da DSÖ’nün açıkladığı verilere göre dünya nüfusunun % 99’u yönetmeliklerin belirlediği kirleticiler unsur özelliği taşıyan hava solunmaktadır (www.who.int/health). Ülkemizde geniş kapsamlı yapılan 175 istasyon araştırmasında ise THHP (Temiz Hava Hakkı Platformu) PM_{2.5}, PM₁₀ partikül maddeleriyle ozon (O₃), kükürt dioksit (SO₂) ve karbon monoksit (CO) kirleticileri üzerine verdiği raporda istasyonların %98’inde DSÖ’nün vermiş olduğu sınır değerlerinin 20 µg/m³ üzerinde bir değer çıkmıştır (THHP, 2021). Yine HKDYY iller bazında yayınladığı rapora göre illerin yarısından fazla kirleticiler madde sınırını aştığını ifade etmiştir IQAİR (2021)’e göre PM_{2.5} partikül maddesi üzerine dünyada 117 ülkede yapılmış olan çalışmada en fazla kirleticiler unsur yoğunluğuna sahip ülke sıralamasında Türkiye 46. Avrupa da ise 6. sıradadır.

Bu bağlamda kirleticiler unsurların hava kalitesine olan etkilerini ortaya koymak üzere yerli ve yabancı birçok bilim insanı çalışma yapmıştır. Bu araştırmalardan bazıları; Şahin, 1987; Beyazıt ve Bali, 1996; Kartal ve Özer, 1998; Yıldırım ve Korkmaz, 1998; Özdemir ve Boyraz, 2002; Sever, 2008; Farımaç Garipağaoğlu, 2008; Kopar ve Zengin, 2009; Çiftçi, 2013; Yılmaz, 2017; Cindoruk, 2018; Çelik vd., 2018; Koç ve Koç, 2018; Memişoğlu, 2023. şeklindedir. Çalışmanın konusunu oluşturan Sivas ili de Türkiye’nin diğer illerinde olduğu gibi hava kirliliğine maruz kalmış şehirlerdendir. Dolayısıyla Sivas ili kirleticiler unsurlar açısından sorun yaşayan şehirlerdendir. Burada önemli etken yer şekilleri ve iklimsel doğal faktörlerin yanı sıra beşeri faaliyetlerin de yoğun bir şekilde yapıyor olmasıdır. Bu çalışma kirleticiler unsurların tüm coğrafi faktörlerle açıklanması ve periyodik süreçlerde hangi kirleticilerin neden artış gösterdiğini tespit etmek açısından önemlidir. Nitekim Araştırmanın amacı; Sivas’ta hava kalitesi ölçümü yapan istasyonlardan alınan 2006-2023 yılına ait bazı kirleticiler unsur özelliği taşıyan (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂ ve CO) verilerin coğrafi faktörlerle olan ilişkisini ortaya koymak ve istasyonların zaman içerisinde nasıl bir dağılışı gösterdiğini tespit etmektir.

1.1. Araştırma Sahasının Konumu

İç Anadolu Bölgesi’nin Yukarı Kızılırmak Bölümü’nde yer alan saha kuzeyden Yeşilırmak Havzası, güneybatıdan Kızılırmak Havzası, güneyden ise Fırat Havzası olmak üzere etrafı üç büyük havza ile çevrilidir (Koç ve Sağdıç, 2012). Araştırma alanını oluşturan Sivas ilinin coğrafi koordinatlarına bakıldığında 38-40° kuzey enlemleriyle 35-38° doğu boylamları arasında konumlandığı görülmektedir. Sivas ili kuzeyde Tokat ve Ordu, kuzeydoğuda Giresun, doğuda Erzincan, güneydoğuda Malatya, güneyde Kahramanmaraş, güneybatıda Kayseri batısında ise Yozgat illeriyle çevrilidir (Harita 1). Anadolu yarımadasının orta kesiminde bulunan kent kapladığı toprak bakımından 28.488 km²’lik yüzölçümüyle Türkiye’nin Konya ilinden sonra en büyük ikinci ili konumundadır (Karakuş, 2019).



Şekil 1. Sivas ilinin Türkiye üzerinde lokasyon haritası

2. YÖNTEM

Sivas ilinin hava kalitesinde etkili olan kirletici unsurları ve bu kirleticilere etki eden coğrafi koşulları konu alan çalışmada ilk olarak konuyla ilgili ulusal ve uluslararası yapılmış literatür veri tabanlarından faydalanılmıştır. Hava kirliliği için ölçümü yapan istasyonlardan alınan 2006-2023 yılına ait kirletici unsur özelliği taşıyan (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂ ve CO) veriler Ulusal Hava Kalitesi İzleme raporlarını bünyesinde barındıran Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı kurumundan alınmıştır. Sivas iline ait bu verilerin kirletici unsur özelliğine sahip olduğunu ve miktarlarının hangi oranda olduğunu karşılaştırmak için Türkiye'deki ulusal hava kalitesi değerleriyle Avrupa Birliği (AB) ve DSÖ verileriyle karşılaştırılmıştır. Coğrafi faktörlerden özellikle iklim parametrelerini açıklamak amacıyla MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)'den sıcaklık, basınç, rüzgâr, nem ve yağış verileri temin edilmiştir. Sahanın topografya haritalarının yapılmasında HGM (Harita Genel Müdürlüğü)'den elde edilen 1/25000 ölçekli haritalar kullanılmıştır. Bununla birlikte hava kalitesini açıklayabilmek için ildeki kurum ve kuruluşlar (İl Tarım ve Orman Genel Müdürlüğü, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Müdürlüğü, Sivas Belediyesi) veri kaynaklığı oluşturmuştur. Tüm bu veriler ışığında hava kalitesini analiz edip değerlendirme yapabilmek adına coğrafi araştırmalarda etkili olan gözlem ve saha incelemeleri çalışmada önemli bir yer tutmaktadır.

Araştırma sahasındaki kirletici unsurların tespiti ve gerekli ölçüm verilerinin temini için şehir merkezinde kurulmuş olan üç farklı hava kalite istasyonundan yararlanılmıştır. Bu istasyonlar Meteoroloji Hava Kalite İstasyonu, Başöğretmen Atatürk Ortaokulu bahçesindeki Başöğretmen Hava Kalitesi İzleme İstasyonu ve İstasyon Kavşağı Hava Kalite İstasyonudur. İstasyonlara ait olan veriler 1, 8 ve 24 saatlik hava kalitesi raporlarına göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Bunların yanı sıra şehrin hava kalitesini açıklama da bulunduğu coğrafi özellikler de verilerin analiz edilmesinde etkili olmuştur. Araştırmanın yönteminde hava kalitesinin normal değerler üzerinde olup olmadığını tespit etmek için EPA tarafından belirlenen kirletici sınır ölçütleri çalışma alanlarına ait olan istasyon verileriyle karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

2.1. Etik Kurul Onayı

Bu araştırmanın kavramsal çerçevesinin hazırlanması, veri toplama araçlarının uygulanması, verilerin toplanması, verilerin analizi ve yorumlanması aşamalarının tamamında etik kurallara

uygun hareket edilmiştir. Karşılaşılabilecek tüm etik ihlallerde ANKAD Yayın Kurulu'nun hiçbir sorumluluğu bulunmamaktadır. Tüm sorumluluk yazarlara aittir. Bu çalışmanın ANKAD dışında herhangi bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiş olduğunu taahhüt ederim. Yapılan bu çalışmada "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Araştırma için kamu kurum ve kuruluşlarındaki açık erişimdeki veriler kullanılmıştır. Dolayısıyla doküman naliz tekniği uygulandığı için etik kurul izni gerektirmemektedir.

3. BULGULAR

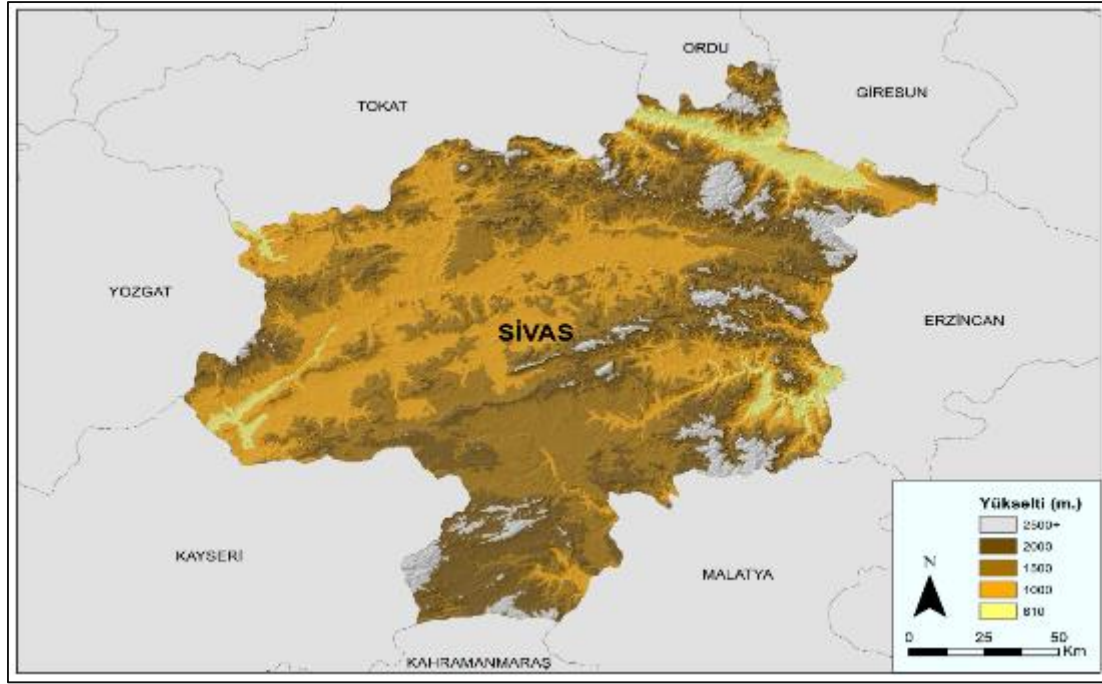
3.1. Sivas İlinde Hava Kirliliğine Etki Eden Coğrafi Faktörler

Sivas ilinde hava kalitesinin açıklanmasında doğal ve beşeri birçok coğrafi faktör etkili olduğu görülmektedir. Doğal faktörlerden yer şekilleri, topografik unsurlar, iklim özellikleri (Sıcaklık, yağış, basınç, rüzgâr, nemlilik) ve bitki örtüsü hava kalitesinde önemli bir yere sahip iken beşeri faktörlerden hızlı nüfus artışı, düzensiz kentleşme, gecekondulaşma, fosil yakıtlar, motorlu taşıtlar, bireysel duyarlık ve kurumsal denetim de kirlletici unsurların ortaya çıkmasında büyük rol oynamıştır.

3.2. Doğal Faktörler

3.2.1. Topoğrafik Faktörler

Sivas ili çevresi dağlık bir topoğrafya özelliği göstermekte olup İç Anadolu Bölgesi sade yer şekillerinden, Doğu Anadolu Bölgesi engebeli ve dağlık bir topografyaya geçiş özelliği göstermektedir. Sahanın en önemli yer şekilleri tepelik ve dağlık sahalardır. Çalışma alanını kuzeyden ve güneyden kesen dağlık yer şekilleri sahanın gerek iklim özellikleri gerekse hava kalitesi açısından önemli derecede etkilemektedir. İlin kuzey sınırını doğu-batı doğrultusunda uzanan Kızıldağ (3025 m), Lölükbaba Tepesi (2576 m), İkizsivri Tepe (2690 m), Keşiş Dağı (2385 m) ve Yıldız Dağı (2552 m) oluşturmaktadır. Güney sınırını ise kuzeydoğu-güneybatı istikamette uzanış gösteren Beydağı (2802 m), Gürlevik Dağı (2687 m), Çataldağı (2184 m) ve Hınzır Dağı (2477 m) belirlemektedir. Saha İç Anadolu Bölgesi'nin en dağlık ve engebelik kesimini oluştururken alanının hemen hemen tamamı 1000 m'nin üzerinde bir yüksekliğe sahiptir. Çalışma alanının düzlük ve alçak kısımlarını Kızılırmak Nehri ve kolları oluşturmaktadır (Sivas Atlası, 2022). Fakat bahsedildiği üzere dağlarla çevrili olan alanın ana yer şekillerini platolar oluşturmaktadır. Dolayısıyla şehir %47,6 oranında platolardan, %6,2 oranında ovalardan ve %46,2 oranında dağlardan oluşmaktadır (Koç ve Sağdıç, 2012). Sivas ilinde en büyük alan kaplayan plato ise Uzunyayla Platosudur. Uzunyayla Platosundan sonra gelen ikinci en büyük plato şehrin üzerinde yükselmiş adeta bir çatı niteliğinde olan ve daha çok çalışma alanının etkileyen Meraküm Platosudur (Şekil 2). Sahanın ortalama yükseltisinin fazla olması özellikle kış mevsiminde yakıt tüketimini artırmakta ve mevsim gereği iklimatik olarak yüksek basınç alanı oluşturmaktadır. Bu durum kışın kirlletici unsurların yüksek basıncın etkisiyle soğuyan havanın yeryüzüne çökmesine dolayısıyla sıcaklık terslemesine sebep olmaktadır. Soğuyan hava yükseklerdeki daha sıcak hava tabakası ile karşılaşınca yükselmemekte böylece hava içindeki kirlleticiler dağılamamaktadır (Ulaş, 2022). Yer şekilleri bu anlamda sahanın hava kalitesine doğrudan ya da dolaylı olarak etkide bulunmaktadır.

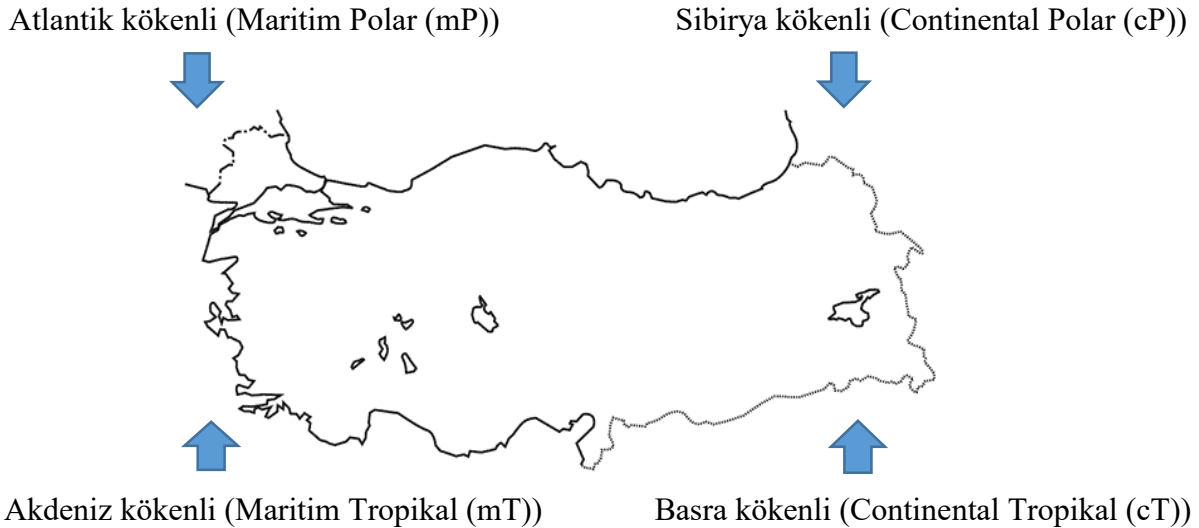


Şekil 2. Sivas ilinin topografik haritası

3.2.2. İklimsel Faktörler

3.2.2.1. Sıcaklık

Türkiye genelinde kış aylarında kuzeydoğu Atlantik kökenli Maritim Polar (mP) ile Sibirya kökenli Continental Polar (cP) hava kütleleri etkili olmaktadır. Yaz aylarında ise polar cephe hava akımı kuzey enlemlere doğru çekilmekte ve Akdeniz kökenli Maritim Tropikal (mT) ile termik kökenli Continental Tropikal (cT) hava kütleleri sahada hâkim olmaktadır. Bu sebepten ötürü yaz mevsiminde tropikal hava kütlesi tüm İç Anadolu'yu etki altına alarak yaz mevsiminin sıcak ve kurak olmasına sebep olmaktadır (Atalay, 2012; Şekil 3).



Şekil 3. Türkiye'yi etkileyen hava kütleleri (Kartal,2022).

Türkiye'de sıcaklık değerleri şehirlerin özel konumlarına göre değişiklik göstermekte olup özellikle kış mevsiminde yakıt tüketiminin arttığı ve yanma dönemlerinin başladığı görülmektedir. Mevsim gereği sıcaklık ortalamasının 12-18°C'nin altına düşmesi yanma döneminin başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir (Farımaç Garipağaoğlu, 2008; Kopar ve Zengin, 2009). Sivas ilinde kış aylarında kuzeyden gelen soğuk ve kuru hava cephesi etkili

olması sebebiyle yanma dönemi 15 °C olarak belirlenmiştir. Bu dönemde yakıt tüketimi artmakta ve atmosfere gönderilen kirletici oranlarında artışlar gerçekleşmektedir. Sivas ilinin sıcaklık ortalamasına bakıldığında haziran, temmuz, ağustos ve eylül ayları dışındaki tüm aylarda belirlenmiş olan sıcaklık değerinin altına düştüğü için yakıt kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Yine minimum sıcaklıkların ortalama değerlerine bakıldığında yakıt tüketimine bağlı olarak hava kalitesinin en riskli olduğu dönemin kasım ve mart arasında olduğu söylenebilir. Şehirde sıcaklık ortalamasına bağlı olarak yanma dönemi yaklaşık 200 gün olup donlu gün sayıları 150 gün civarındadır. Bu durum şehirde hem zeminin karla kaplı olmasına hem de serin rüzgârlara sebep olarak yakıt tüketiminin ve süresinin artmasında etkili olmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışma sahasının aylık sıcaklık ortalamaları

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort.
Aylık Sıc. Ort. (°C)	-3,3	-2,0	2,7	9	13,5	17,1	20,0	20,3	16,3	11,0	4,8	-0,6	9,1
Maksimum Sıc. Ort.	1,0	2,6	8,1	15,3	20,0	24,1	27,9	28,6	24,7	18,6	10,9	3,7	15,5
Minimum Sıc. Ort.	-7,2	-6,2	-2,0	3,1	6,9	9,7	11,8	11,8	8,1	4,2	-0,2	-4,3	3,0

Kaynak: MGM verilerinden üretilmiştir.

3.2.2.2. Basınç ve Rüzgârlar

Bir alanda atmosfer hava basıncı yer şekilleri, ekvatora uzaklık ve sıcaklığa göre değişiklik göstermektedir. Basıncın değeri ise sahadaki rüzgâr, yağış ve sıcaklık açısından değişiklikler meydana getirmektedir. Sivas ilinde hava basıncının yükseltiyle olan ilişkisi göz önünde bulundurulduğunda sahanın etrafında yükseltinin fazla olmasına bağlı olarak güneybatıdan kuzeydoğuya doğru gidildikçe basıncın azaldığı görülmektedir. Buna bağlı olarak Sivas ilinde yıllık ortalama basınç değeri 871,5 mb' dır. Yıllık ortalama basınç değerinin en yüksek olduğu dönem 874,6 mb ile eylül ve kasım ayları iken en düşük olduğu dönem 869,3 mb ile temmuz ayıdır (Tablo 2). Çalışma alanında özellikle kış mevsiminde hem yakıt tüketiminin ve yakma oranının fazla olması hem de mevsim itibarıyla basınç oranının yüksek olması kirli havayı aşağı doğru baskılayarak şehrin hava kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Tablo 2. Çalışma Sahasının Aylık Basınç Ortalamaları

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort.
Aylık Ort. Basınç (hPa)	872.1	870.9	869.8	869.4	870.5	870.2	869.3	870.2	872.5	874.6	874.6	873.3	871.5
Aylık Mak Basınç (hPa)	888.9	888.1	885.3	882.9	880.6	879.8	878.1	877.4	880.7	884.7	886.0	888.2	888.9
Aylık Min. Basınç (hPa)	845.6	847.3	848.8	853.5	856.4	857.4	859.3	861.2	860.4	856.5	856.5	847.8	845.6

Kaynak: MGM verilerinden üretilmiştir.

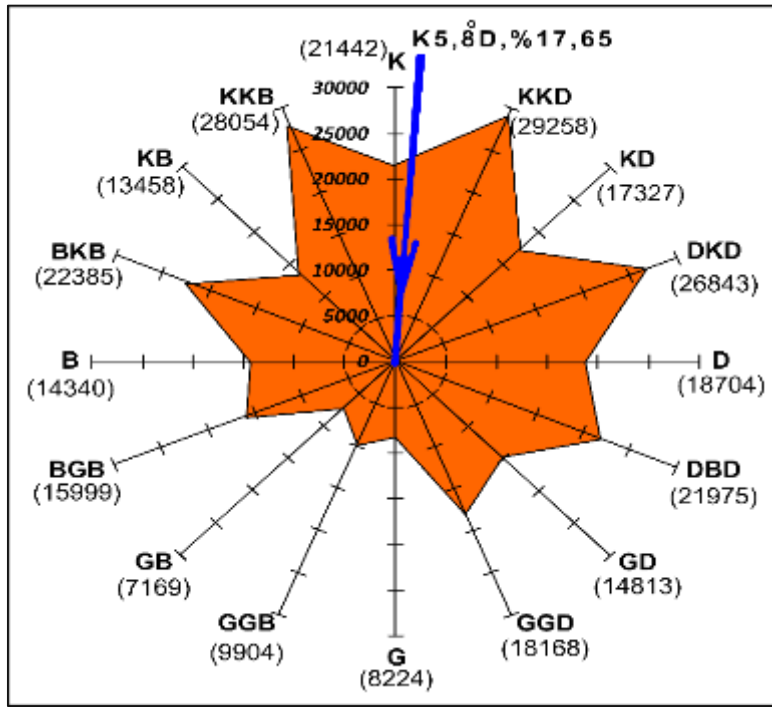
Hava kalitesini etkileyen diğer bir iklim elemanı da rüzgârlardır. Ortalama rüzgâr hızları ve rüzgârların hâkim yönleri sahada kirletici değer taşıyan çeşitli gazların ortamdan uzaklaştırılmasında önemli rol oynamaktadır (Türkeş, 1996; Kopar ve Zengin, 2009). Sivas'ta rüzgârların aylık ortalama hızı 1,2 m/sn olup en fazla estiği hâkim yönü ve yüzdesi N yönünde %16,8'dir (Tablo 3; Şekil 4). Sahada hâkim rüzgâr yönlerinin E-W yönünde olmaması ve rüzgâr hızlarının düşük olması havanın kirletici unsurlarının ortamdan uzaklaşp hava dolaşımı

yapabilmesi açısından etkili bir düzeye sahip olmadığı görülmektedir. Özellikle sahada yanma dönemi orak ifade edildiği sıcaklık ortalamalarının düşük olduğu zamanda rüzgâr hızlarının diğer dönemden düşük olması ve genelde rüzgâr yönlerinin ENE-N yönünde olması hava kirliliğinin azaltılmasında fayda sağlamadığı görülmektedir. Bu yüzden yanma dönemlerinde hava dolaşımının düşük olması kirli havanın şehir atmosferinde dağılmadan kalmasına yol açmaktadır.

Tablo 3. Çalışma sahasının aylık ortalama rüzgâr hızları, hâkim rüzgâr yönleri ve yüzdeleri (%)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort.
Ort. Rüzgâr Hızı (m/sn)	1.2	1.3	1.5	1.6	1.4	1.4	1.5	1.4	1.1	1.0	1.0	1.1	1.3
Aylık Hâkim Rüzgâr Yönü ve Yüzd (%)	ENE 11.0	ENE 11.1	N 9.6	N 9.3	N 10.0	N 13.9	N 16.8	N 15.1	N 14.4	N 11.9	N 10.6	ENE 9.8	N 16.8

Kaynak: MGM verilerinden üretilmiştir.



Şekil 4. Sivas ilinin yıllık ortalama rüzgâr frekans gülü.

3.2.2.3. Nemlilik ve Yağış

Yakıt oranının artış gösterdiği dönemlerde kirletici unsurların fazla olması ve havaya karışan birçok gazın yağışlarla birlikte tepkimeye girmesi sahanın hava kalitesini etkilemektedir. Özellikle yanma dönemlerinde kükürt dioksit (H_2SO_4) kirleticisinin nem ve yağışla tepkimeye girip sülfürik asit oranını artırması asit yağmurlarının oluşmasına beraberinde canlı ve cansız birçok varlıklara zarar vermesine neden olmaktadır (Kopar ve Zengin, 2009). Bununla birlikte nem ve yağışın hava kalitesi açısından en büyük önemi yağışlı dönemlerde kirli havayı aşağılara indirerek ortamdaki kirletici unsurları uzaklaştırmasıdır.

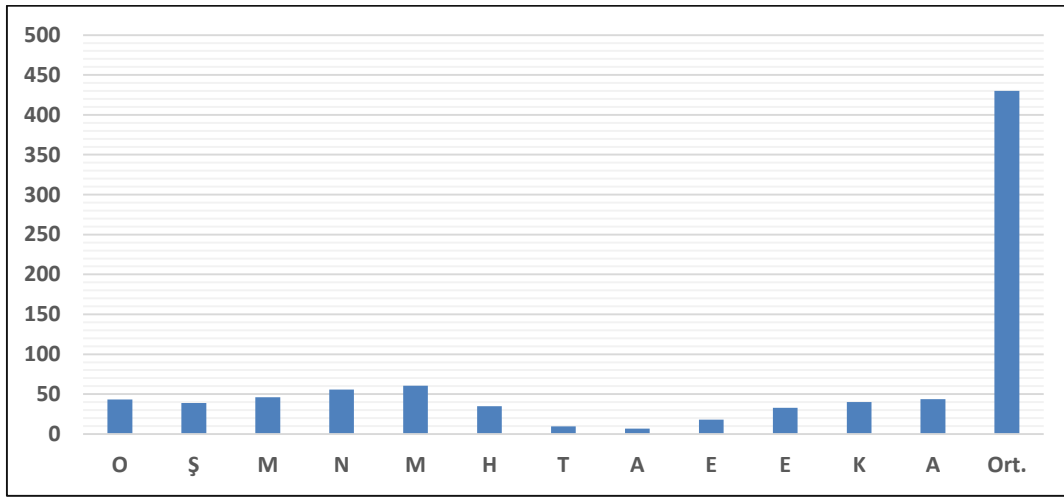
Karasal bir iklim özelliği taşıyan Sivas ilinde yağışlar genellikle kışın kar ilkbaharda ise yağmur şeklindedir. Sahanın yağış ortalaması 430,1 mm olup en fazla yağışı 162,5 mm toplam yağış ortalamasıyla ilkbahar mevsiminde almaktadır. En az yağışı ise 51,3 mm toplam yağış

ortalamasıyla yaz döneminde alan ilin yakıt miktarının en fazla olduğu kış mevsiminde toplam yağış ortalaması 125,7 mm'dir. Sahada ortalama nispi nem miktarının yüzdesel (%) dağılışına bakıldığında ortalama % 64,6'dır. Nispi nemin en fazla olduğu dönem kış mevsimi iken en az olduğu dönem yaz mevsimidir (Tablo 4; Şekil 4). Nemlilik ve yağış ortalaması fazla olmayan Sivas ilinde çoğunlukla ilkbahar yağışlarının fazla olmasından dolayı bu mevsimde hava dolaşımı ve kalitesinin iyi olduğu gözlemlenmektedir. Fakat genellikle ısınma amaçlı yakıtın arttığı kış döneminde hava kalitesinin düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Çalışma sahasının aylık ortalama yağış miktarları (mm) ve bağıl nem oranları (%)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort.
Aylık Yağış Ort. (mm)	43,1	38,8	46,1	55,9	60,5	34,9	9,6	6,8	17,9	32,7	40,0	43,8	430,1
Aylık Ort. Nispi Nem (%)	76.2	73.9	68.3	62.0	61.0	58.5	54.3	53.7	56.4	63.6	71.2	76.5	64.6

Kaynak: MGM verilerinden üretilmiştir.



Şekil 4. Sivas ili aylık ortalama yağışın dağılışı

3.2.2.4. Bitki Örtüsü

Bir sahanın hava kalitesinde geçmişten günümüze kadar yapılan araştırmalar bitki örtüsü zenginliğinin özellikle de orman varlığının hayati bir öneme sahip olduğunu göstermektedir (Tekin ve Helvacı, 2014). Dolayısıyla kirletici unsurların kirleticilik oranlarını azaltması, oksijen miktarını artırması ve yağış üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulduğunda bitki zenginliği bir alan için büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda step bitki örtüsüne sahip olan Sivas ili ister zengin bitki örtüsü açısından isterse orman varlığı bakımından oldukça fakirdir. Son zamanlarda çok fazla yeşil çevre projeleri kapsamında her ne kadar kurum, kuruluş ve öğrenci gurupları seferber edilip ağaç dikimleri gerçekleşse de henüz orman vasfına ulaşmış bir yapıya sahip değildir. Bu durum şehri çıplak görünümünden çok fazla uzaklaştırmamış olup sadece şehir merkezi civarı olarak değerlendirilebilecek Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Gardeşlar Dağı Mevkiinde ağaçlandırma yapılabilmektedir (Fotoğraf 1). Bu durumun ortaya çıkmasında bitki örtüsü bakımından yoğun olan sahaların imara açılması, tarla alanına dönüştürülmesi, rüzgâr erozyonu ve bilinçsiz otlatma gibi sebeplerde gösterilebilir.



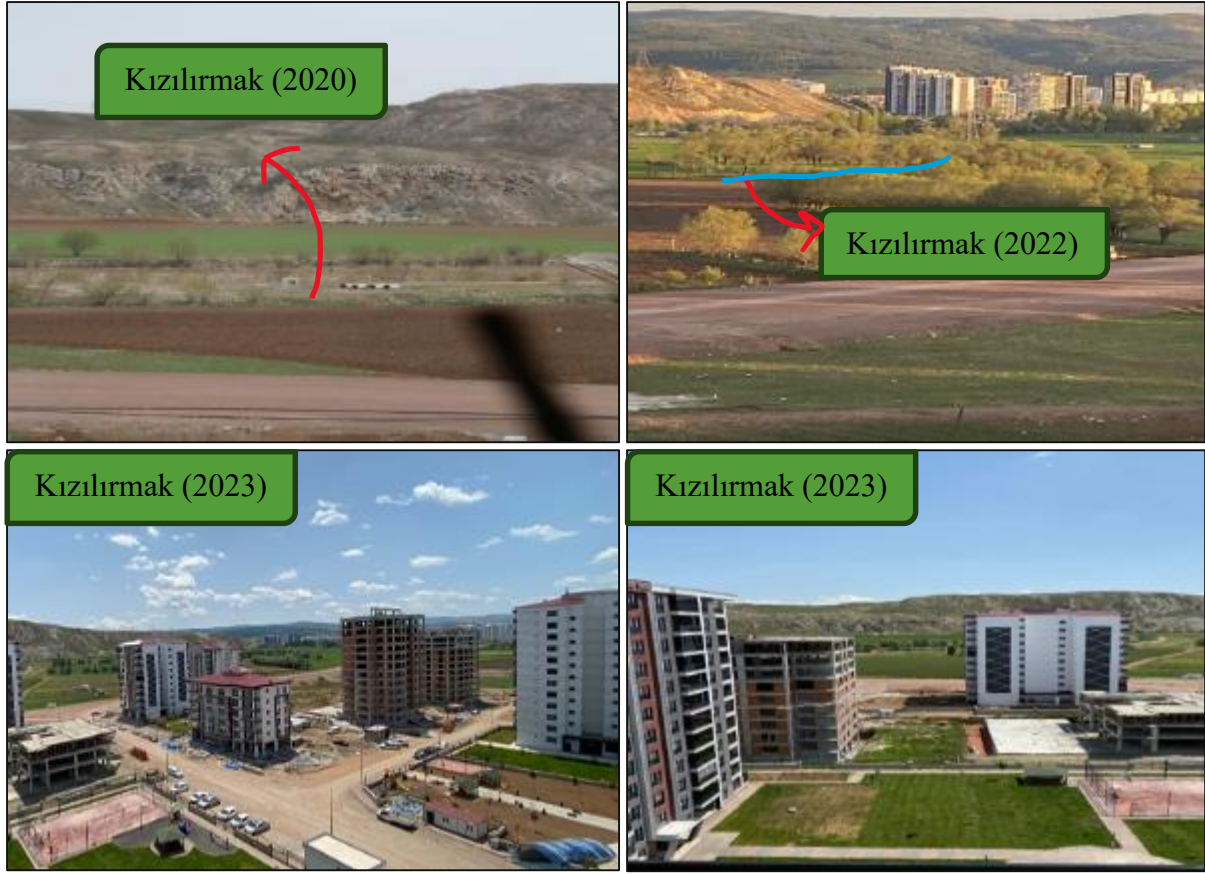
Fotoğraf 1. Gardeşlar Dağı Mevkiindeki ormanlık sahanın Sivas Cumhuriyet Üniversitesinden bir görünümü.

3.2. Beşerî Faktörler

Türkiye’de cumhuriyetin ilk yıllarından günümüze kadar geçen süreçte hem sanayi açısından hem de nüfus açısından hızla geliştiği ve büyüdüğü kaydedilmiştir. Özellikle II: dünya savaşı sonrası yapılan ekonomik kalkınma faaliyetleri ve nüfus politikasıyla hızlı bir değişim sürecine girmiştir. Bu değişim ekonomik ve idari siyasi olarak ülkemize olumlu katkılar sağlarken aynı zamanda bazı sorunları da birlikte getirmiştir. Hızla artan nüfus, tarımda makine kullanımı, sanayi faaliyetlerinin artmasıyla birlikte fabrika bacalarından salınan karbondioksit atmosferin doğal yapısını bozmaya ve hava kirliliğine sebep olmaya başlamıştır. Bu anlamda hava kirliliğinde doğal faktörlerin etkisi olduğu kadar beşerî faktörlerin etkisinden de söz etmek gerekmektedir. Doğal faktörlerin kirlilik oluşumunda hızlanmasında en fazla beşerî faktörler rol oynamaktadır. Tarih sahnesinde şehir olma özelliğini her zaman korumuş olan Sivas, büyük şehirlere göç verirken bir yandan da çevre ilçe ve köylerden hızla göç almaktadır. Dolayısıyla nüfus artmakta ve konut ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu durum ise çarpık kentleşmeye ve tarım arazilerinin imara açılmasına sebep olmaktadır. Örneğin Sivas ilinin Yeşilyurt mahallesinin doğu kısmı tarlalar ile kaplı iken son beş yılda %50 oranında imara açılmış ve tarım arazileri konut yapımında kullanılmaya başlanmıştır (Foto 2). İmar planlarının tarım arazilerine yayılması ise sürdürülebilir bir çevre anlayışına zıt düşmektedir. Aynı zamanda tarıma elverişli Kızılırmak Nehri kenarına yakın olan bu yapılaşma zemin yumuşaklığına bağlı olarak deprem riski taşımaktadır (Foto 3).



Fotoğraf 2. Yeşilyurt Mahallesinin Mayıs ayı 2021 yılı ile Haziran ayı 2023 yılına ait bir görünüm.



Fotoğraf 3. Kızılırmak çevresi tarım arazilerinin 2020 yılı sonrasında 2022 ve 2023 yıllarında hızla imar ve yapılaşma alanına dönüşümü

Foto 2 ve Foto 3'te görüldüğü üzere son üç yıl içinde verimli tarım arazilerinde yapılan konutlaşmalara dikkat çekilmiştir. Halk kent merkezinin yoğunluğundan ve gürültü kirliliğinden uzaklaşmak adına şehir kenarlarındaki konutlara talepleri son zamanlarda artış göstermektedir. Arz talep dengesi ile doğru orantılı olan yapılaşma ise son üç yıl içinde hızlı bir artış ile tarım arazilerini kentleşmeye açmıştır. Dolayısıyla konut yapımı şehir merkezinden şehrin kenarlarına doğru yayılmaya başladığı görülmektedir. Hızla artan konut sayısı ise doğal çevreyi beşerî faaliyetler olumsuz yönde etki etmiştir. Bununla beraber hava kirliliği şehrin merkezinden kenar mahallelere doğru yayılım göstermeye devam etmektedir.

Yapılan araştırmalar ve gözlemler kentleşmeye bağlı olarak betonlaşmanın doğal çevremiz üzerinde oluşturduğu karbon ayak izini gün geçtikçe daha da ileri seviyelere taşıdığını göstermektedir. Yine nüfusa bağlı olarak trafiğe katılan araç sayısında artışın çok fazla olduğu tespit edilmiş olup çevreye yayılan karbondioksit salınımının arttığı görülmektedir. Şehirde oluşan dağınık yapılaşma ise alt yapı hizmetlerinde ve doğalgaz dağıtımda güçlükler meydana getirmektedir. Doğalgazın ulaşmakta sıkıntı yaşandığı ilçeler ve dağınık yerleşmelerde kömür, tezek ve odunun ısınma ihtiyacı için kullanılması atmosfere ciddi miktarlarda karbondioksit salınımı yaymaktadır. Merkez çevresinin her yerinde doğalgaz yakıtının yaygınlaşmaması durumunda kullanılan alternatif enerji kaynakları hava kirliliğinin devam edeceğini göstermektedir. Şehirleşmeye en büyük katkısı olan sanayi faaliyetleri ise hava kirliliği açısından olumsuz yönde etkilemektedir. Sivas'ta kurulan sanayi fabrikaları ve baca sayısı çok fazla miktarlarda olmasa da hava kirliliğinde beşerî etmenlerin başında gelmektedirler.

4. Sivas İlinde Hava Kirliliğinin İstasyon ve Yıllar Bazında Değişimi

Çalışma alanındaki kirlletici unsurların tespiti ve gerekli ölçüm verilerin temini için şehir merkezinde kurulmuş üç hava kalite istasyonundan yararlanılmıştır. Bu istasyonlardan ilki Sivas Meteoroloji İstasyonu içerisinde bulunan Meteoroloji Hava Kalite İstasyonu, kentsel ısınmadan kaynaklı ortaya çıkan PM10, SO₂ kirlletici değerlerini tespit etmektedir. İkinci istasyon Başöğretmen Atatürk Ortaokulu bahçesindeki Başöğretmen Hava Kalite İstasyonudur. Isınma süreçlerinden kaynaklı kirlleticiler başta olmak üzere PM2.5, PM10, SO₂, NO₂ ve CO kirlletici değerlerin ölçümünü yapmaktadır. Üçüncü istasyon ise trafik ve ulaşım ağının yoğun olduğu bu nedenle daha çok araç tarafından meydana gelen kirlleticilerin ölçüm parametrelerini veren İstasyon Kavşağı Hava Kalite İstasyonudur (Tablo 6).

Tablo 5. Sivas ili hava kalitesi ölçüm istasyonları lokasyonları

İSTASYON ADI	KOORDİNAT		TİP	PM10	PM2.5	NO ₂	SO ₂	CO
Meteoroloji Hava Kalite İstasyonu	39° 44' 37"	37° 00' 06"	ISINMA	X			X	
Başöğretmen Hava Kalite İstasyonu	39° 44' 50"	37° 00' 47"	ISINMA	X	X	X	X	X
İstasyon Kavşağı Hava Kalite İstasyonu	39° 44' 55"	37° 01' 32"	TRAFİK	X	X	X		X

Araştırma sahasının verileri yukarıda bahsi geçen istasyonlardan temin edilerek sahanın hava kalitesi ve kirlletici unsur değerleri tespit edilmiştir. Söz konusu istasyonlar tarafından ölçülmüş olan hava kalitesi kirlletici konsantrasyonları 2016-2023 yılları arasında olup, bu değerler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'ndan aylık ortalama olarak temin edilmiştir (Tablo 6). “Ulusal Hava Kalitesi İndeksi Kesme Noktaları” dikkate alınarak belirtilen tarihlere ait olan söz konusu parametrelerin 1 saatlik, 8 saatlik ve 24 saatlik ortalama değerleri dikkate alınmıştır (Tablo 7 ve Tablo 8).

Tablo 6. Sivas ilinde HKİ (Hava Kalite İndeksi) ölçüm istasyon yerleri ve ölçülen parametreler

Parametre	İstasyon	Yasal sınır değeri	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PM10 kirlletici unsur (24 saatlik ort.)	Başöğretmen HKİ İstasyonu	40	58	62	51,6	46,5	44,6	38,3	41,9	42,3
	İstasyon kavşağı HKİ İstasyonu		71	76	63,2	59,5	57,0	53,1	62,4	63,7
	Meteoroloji HKİ istasyonu		47	49	55,5	47,5	41,8	40,5	49,5	48,2
PM2.5 kirlletici unsur (24 saatlik ort.)	Başöğretmen HKİ İstasyonu	Yok	26	28	23,8	23,6	17,8	14,4	11,5	11,7
	İstasyon kavşağı HKİ İstasyonu		30	30	26,4	24,9	25,2	22,2	21,0	21,2
SO ₂ Kirlletici unsur	Başöğretmen HKİ İstasyonu	350	28	28	14,7	17,3	14,3	18,3	14,8	15,8

(saatlik ort.)	Meteoroloji HKİ istasyonu		9	10	11,7	9,2	21,3	17,2	13,4	12,1
NO ₂ kirletici unsur (saatlik ort.)	Başöğretmen HKİ İstasyonu	240	36	34	37,5	56	55,8	42,3	34,2	33,5
	Meteoroloji HKİ istasyonu		88	81	59,2	75,7	65,2	61,8	71,1	73,8
CO kirletici unsur (8saatlik ort.)	İstasyon kavşağı HKİ İstasyonu	10	1358,3	1077,4	806,7	947,3	1523	871,6	901,6	950,3

Kaynak: Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2023.

Tablo 7. EPA hava kalitesi indeksi

Hava kalitesi indeksi (AQI) değerler	Sağlık endişe seviyeleri	Renkler	Anlamı
0-50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor
51-100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşturabilir.
101-150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşturabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151-200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık sorunları yaşamaya başlayabilir. Hassas gruplar için ciddi sağlık sorunları söz konusu olabilir.
201-300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301-500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alarmı: herkes daha ciddi sağlık sorunları ile karşılaşabilir.

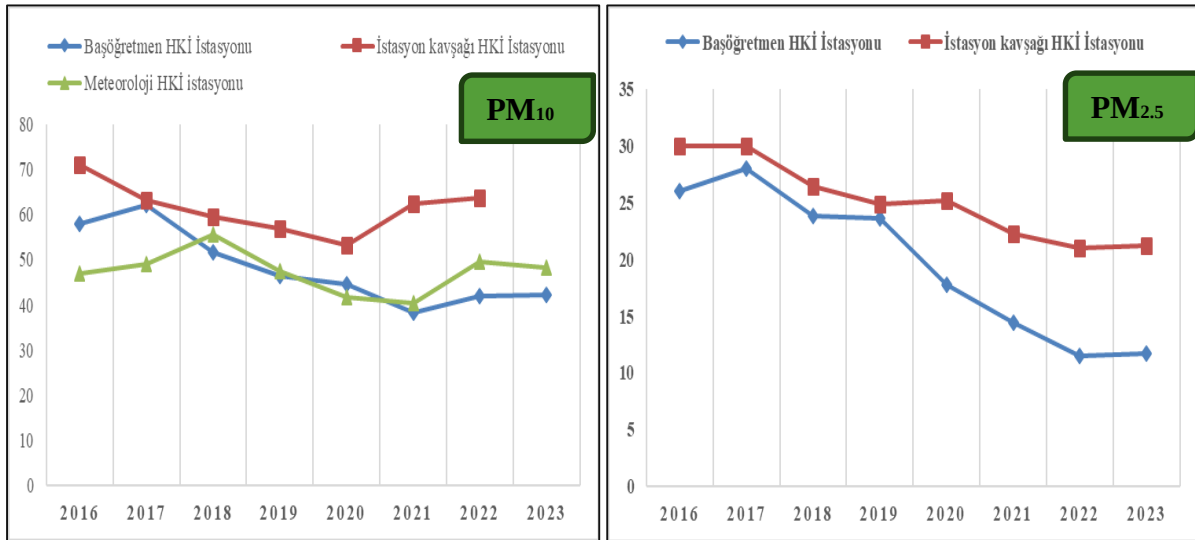
Kaynak: www.epa.gov.tr.

Tablo 8. Ulusal hava kalitesi indeksi kesme (kırılma) noktaları

İndeks	HKİ	So2	No2	Co	PM10
		1 sa. Ort.	1 sa. Ort.	8 sa. Ort.	24 sa. Ort.
İyi	0-50	0-100	0-100	0-5500	0-50
Orta	51-100	101-250	101-200	5501-10000	51-100
Hassas	100-150	251-500	201-500	10001-16000	101-260
Sağlıksız	151-200	501-850	501-1000	16001-24000	261-400
Kötü	201-300	851-1100	1001-2000	24001-32000	401-520
Tehlikeli	301-500	+1101	+2001	+32001	+521

Kaynak: www.havaizleme.gov.tr.

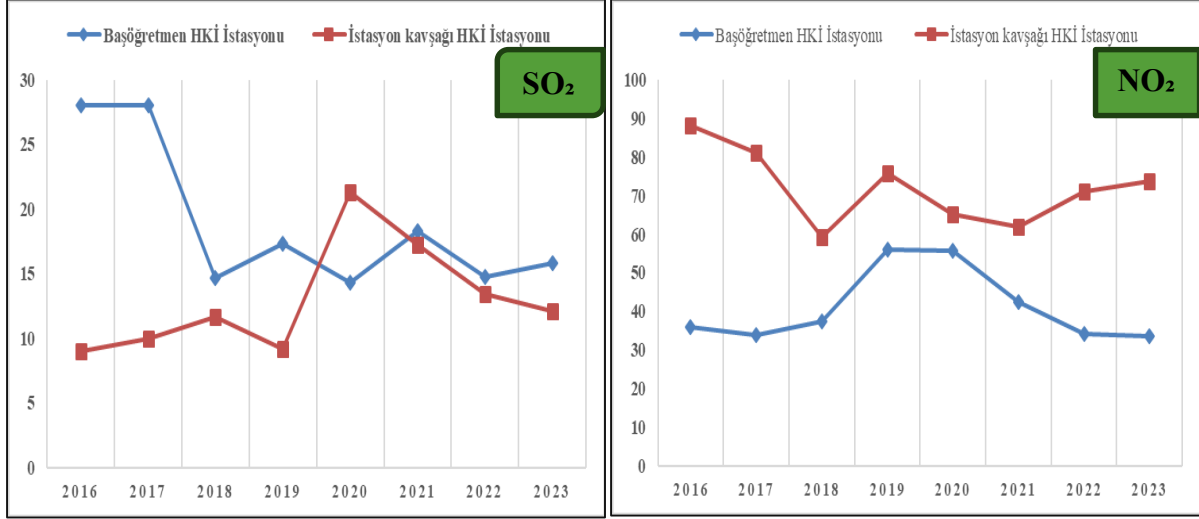
2016-2023 yılına ait tüm veriler öncelikle ölçüm istasyonlarının kirletici unsurlarına göre tespit edilmiştir. Veriler EPA ve ulusal hava indeksine göre değerlendirildiğinde İstasyon Kavşağı İstasyonunda ve Meteoroloji İstasyonunda tüm yıllarda PM10 kirletici unsurlar uluslararası belirlenen sınırları geçmiş olup EPA'ya göre kirleticiler açısından orta sınıf bir hava kalitesine sahip olduğu görülmektedir. Başöğretmen İstasyonunda ise 2021 yılı hariç tüm yıllar belirtilmiş sınırın üzerinde çıkmıştır. Bununla birlikte istasyonlar genelinde en yüksek PM10 değeri İstasyon Kavşağı İstasyonunda 2017 yılında $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken en düşük ölçüm değeri Başöğretmen İstasyonunda 2021 yılında $38,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür (Tablo 6; Şekil 5). Tüm istasyonlarda 2020 ve 2021 yıllarında PM10 kirletici miktarının düşük çıkmasında COVID-19 kapsamında tedbirli yaşamın ve trafikte araç kullanımının az olması önemli rol oynamıştır. PM2.5 verilerinin EPA ve ulusal hava indeksine göre kesin bir sınırı olmayıp küçük boyuttaki unsurların ya da kirletici gazların tüm istasyonlarda gittikçe düzenli bir şekilde azaldığı görülmektedir. Bu azalmada özellikle şehir genelinde fosil yakıtların azalıp doğalgazın yaygınlaşması etkin rol oynamıştır (Tablo 6; Şekil 5).



Şekil 5. Ölçüm yapılan istasyonların PM10 ve PM2,5 kirletici oranlarının yıllar bazında dağılımı

Tüm istasyonlarda SO₂, NO₂ ve CO ölçüm değerleri EPA ve ulusal hava indeksine göre belirtilen sınır değerinin altında kalmıştır. İstasyonlara göre SO₂ değerlendirilmesi yapıldığında; Başöğretmen istasyonunda ölçüldüğü en yüksek oran 2016 ve 2017 yıllarında $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken en düşük oran 2020 yılında $14,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Meteoroloji kavşağında ise en yüksek

değer 2021 yılında $17,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken 2016 yılında $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür (Tablo 6; Şekil 6). NO_2 değerleri de tüm yıllarda ilgili yönetmelik parametre sınır değerlerinin altında kalmış olup Başöğretmen İstasyonunda en yüksek oran 2019 yılında $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken en düşük oran 2023 yılında $33,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. CO değerleri de tüm yıllarda ilgili yönetmelik parametre sınır değerlerinin altında kalmış olup bu parametreyi sadece İstasyon Kavşağındaki istasyon ölçümü yapmaktadır. Ölçümü yapan istasyona göre yüksek oran 2020 yılında $1523 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken en düşük oran 2021 yılında $871,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür (Tablo 6; Şekil 6).



Şekil 5. Ölçüm yapılan istasyonların SO_2 ve NO_2 kirletici oranlarının yıllar bazında dağılımı

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Hava kirliliği görüldüğü üzere doğal ve beşeri yaşamın sonucu olarak insanoğlunun günlük yaşantısında her zaman önemli bir yer tutmaktadır. Hayatın süreç içerisinde buna göre şekillenmesinde, tedbir ve önlemlerin bu doğrultuda alınmasında çalışmanın konusunu oluşturan Sivas ilindeki kirleticilerin tespit edilip ortaya konulması büyük bir önem taşımaktadır. Çalışmada bu kirliliğe neden olan doğal ve beşeri unsurlar üzerinde durulmuştur. Bu doğrultuda doğal süreçlerden topografik faktörün engebeli ve yüksek bir saha görüntüsü veren sivas ilinde etkili olduğu gözlemlenmektedir. Yer şekillerine bağlı olarak sahadaki hava dolaşımının yeteri kadar olmadığı ve dolayısıyla kirletici unsurların büyük oranda dağılmadığı görülmektedir. Argun vd., (2019) Iğdır'da topoğrafya, iklim özellikleri, şehirleşme ve ulaşımın hava kirliliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Kent yerleşiminin ovalık alan üzerinde yanlış bir yayılım gösterdiği, sanayi, ulaşım ve yerleşmelerden kaynaklanan hava kirliliğinin topografik engellerden dolayı dağılamadığı, kış mevsiminde hava kirliliğinin inversiyon oluşumu sebebiyle en yüksek seviyeye ulaştığı, PM 10 düzeyinin ulusal sınır seviyesinin çok üzerinde olduğu sonucu bu çalışmayla benzerlik göstermektedir. İklimsel faktörler özellikle kış aylarında etkili olup ısınma ihtiyacına bağlı olarak gerçekleşen ve yanma dönemi olarak adlandırılan bu dönemde yakıt artışlarının fazla olması hava kirliliğinde artış göstermektedir. Genellikle kent genelinde doğalgazın yanında hala kömür ve fuel-oil gibi yakıtların da kullanılması bu kirliliği tetikleyen unsurlardandır. Koç ve Koç'un (2018), Iğdır'da Kopar ve Zengin'in (2009) Erzurum'da Karakuş ve Yıldız'ın (2019) Sivas'ta hava kirliliği ve iklim parametreleri arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında fosil yakıt kullanımına bağlı olarak artan SO_2 miktarındaki artış bu çalışmayı destekler niteliktedir. Ayrıca kış mevsiminde yüksek basıncın şehir genelinde etkili olması ve yağışın kirletici unsurları dağıtıcı bir etkide olmaması şehrin hava kirliliğini bu dönemde artırmıştır. Beşeri unsurlar açısından her geçen gün konut miktarında gerçekleşen artışlara bağlı olarak ısınma ihtiyacı artmakta ve kirlilik boyutundaki

gaz emisyonların da artışlar olmaktadır. Bununla birlikte doğal yaşam alanlarını oluşturan tarım ve orman sahaları imara açılmakta ve çarpık düzensiz bir yerleşim ortaya çıkarmaktadır. Bu sahalar yerçekimleri ve rüzgâr akımlarına yönelik kurulmadığı için şehir içinde ciddi bir hava kirliliği oluşturmaktadır.

Yukarıda belirtilen faktörlere bağlı olarak Sivas ilinde hava kirliliği dönemsel olarak sorunlar oluşturmaktadır. Hava kirliliği nedeniyle sağlık açısından en zararlı maddeler olarak ön plana çıkan PM2.5, PM10, SO₂, NO₂ ve CO hava kirleticileridir. Bu kirleticiler DSÖ, AB ve ulusal limitlerini sıklıkla aşmaktadır. Sivas ilinde hava kirliliği kış mevsiminde çok daha fazla artmaktadır. Bu artışta ana faktör daha çok bu mevsimde gerçekleşen sıcaklık terslemesi ve karbondioksit salınımıdır. Çalışma sahasında 2016-2023 yıllarına ait üç istasyon ölçümleri kullanılmıştır. İstasyon ölçüm değerlerine göre PM2.5, PM10, NO₂ ve kirleticiler oranlarının diğer istasyonlara göre özellikle en fazla İstasyon Kavşağı İstasyonunda olmasında merkezi bir yerde olması, nüfusun ve yerleşmenin yoğun olması buna bağlı olarak trafikte araç sayısının fazla olması etkili olmuştur.

Sivas ilin fiziki (topoğrafik) yapısı ve iklim (meteorolojik) özelliklerinden oluşan doğal faktörler değiştirilmesi güç olan faktörlerdir. Bu sebeple hava kirliliğinde rol oynayan beşeri faktörlerin değiştirilmesi üzerinde çeşitli önlemler alınması gerekmektedir. Başlıca alınabilecek önlemler ise;

- Öncelik olarak yetkili kurumların halkı bilgilendirmesi ve yapılan çalışmalarla hava kirliliğinin zararları hakkında farkındalığının artması gerekmektedir. Hava kirliliğinin yoğun olduğu günlerde uyarılar yapılmalı ve özellikle astım hastalarının hava kirliliğinden etkilenmemesi adına maske ve oksijen kullanımına özen gösterilmelidir.
- İmar planları yapılırken orman ve tarım alanlarının korunmasına dikkat edilmelidir. Özellikle bu sahalar imara açılmaması noktasında özen gösterilmeli ve çarpık kentleşmeye izin verilmemelidir.
- Sanayi faaliyetlerinde kullanılan bacalara filtreler takılmalı ve düzenli olarak yenilenmelidir.
- Ağaçlandırma yapılmalı ormanları ve tarım arazilerini koruma altına alacak yönergeler ortaya çıkarılmalıdır. Yapılan ağaçlandırmaların Sivas ilinin iklimine ve yetiştirme şartlarına uygun olmasına dikkat edilmelidir.
- Karbondioksit salınımını azaltmak adına trafikte özel araç kullanım sıklığı düşürülmelidir. Toplu taşıma araçları artırılmalı ve sefer saatleri sıklaştırılmalıdır. Bisiklet kullanımını teşvik etmek amaçlı şehrin belirli noktalarında kiralanabilir bisikletlerin sayısı artırılmalı ve bakımları sık sık yapılmalıdır. Bisiklet yol ağları geliştirilmeli ve her ilçeye ulaşacak vaziyete getirilmelidir. Özellikle son zamanlarda sayıca artış gösteren hibrit veya elektrikli araçların kullanımı teşvik edilmelidir.
- Tarım alanları kısmen de olsa koruma altına alınabilecektir. Kış aylarında ısınma için kullanılan kömür yerine doğalgaz kullanımı yaygınlaşmalıdır.
- Doğalgazın ulaşmadığı ilçelere doğalgaz ulaşımı sağlanmalıdır. Sıcak su kullanımında suyun ısıtılması için doğalgaz ve elektrik enerjisi yerine güneş enerjisi kullanımına teşvik artırılmalıdır. Yapılan tüm bu önlem ve teşvikler sayesinde sivas ilinde hava kirliliğinin azalması ve hava kalitesinin artmasında katkı sağlaması mutlak olacaktır.

KAYNAKÇA

Akyürek, Ö., Arslan, O., & Karademir, A. (2013). SO ve PM10 Hava kirliliği parametrelerinin CBS ile konumsal analizi: Kocaeli örneği. *TMMOB Coğraf Bilgi Sistemleri Kongresi*, Ankara, 1–12.

- Argun, Y. A., Tırınk, S., & Bayram, T. (2019). Effect of urban factors on air pollution of Iğdır. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2(4), 126–130. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.561588>
- Atalay, İ. (2012). Uygulamalı klimatoloji. (2.baskı) Meta Basım. İzmir.
- Atalay, İ. E., & Neslihanoglu, S. (2021). Türkiye’deki illerin partikül madde (PM10) miktarının değerlendirilmesi ve r programlama dili ile görselleştirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 90(222), 354–361. <https://doi.org/10.21324/dacd.882682>
- Beyazıt, N., & Bali, U., (1996). Sivas’ta hava kirliliği ve meteorolojik parametrelerle ilişkisinin araştırılması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Bursa*, 551-559.
- Castagna, A., Mascheroni, E., Fustinoni, S., & Montiroso, R. (2022). Air pollution and neurodevelopmental skills in preschool- and school-aged children: A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 136, 104623. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104623>
- Çelik, M. A., Kopar, İ., & Bayram, H. (2018). Doğu Anadolu Bölgesi’nin mevsimlik kuraklık analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Eylül*, 22(3), 1741–1761.
- Cindoruk, S. S. (2018). Havadaki No ve No2 parametrelerinin Marmara temiz hava merkezi ölçümleri kapsamında incelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 600– 611. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.443194>
- Coşkun, M., Şahiner, H., Canbulat, O., & Öztürk, A. (2024). Iğdır merkez ilçesinde hava kalitesi sorunu ve yerleşim uygunluk analizi. *Journal of Geography*(47), 45-59. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2023-1233378>
- Cuci, Y., & Ergün Polat, E. (2015). Gaziantep’in trafik kaynaklı hava kirliliğinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(2), 1-11. <https://doi.org/10.17780/ksujes.12923>
- Çiftçi, Ç., Dursun, Ş., Levend, S., & Kunt, F. (2013). Topoğrafik yapı, iklim şartları ve kentleşmenin Konya’da hava kirliliğine etkisi. *European Journal of Science and Technology*, 1(1), 19–24.
- Eraybar, S., Yüksel, M., Atmaca, S., Aygün, H., Engindeniz, Z., Kaya, H., & Bağlı, B. S. (2021). Karbonmonoksit zehirlenmesinde hiperbarik oksijen tedavisinin acil servis işleyişindeki yeri. *Anatolian Journal of Emergency Medicine*, 4(4), 138–142. <https://doi.org/10.54996/anatolianjem.843363>.
- Farımaç Garipağaoğlu, N. (2008). Çorum’un hava kalitesinin yıl içindeki değişimi ve yanma döneminin değerlendirilmesi, 23–25 Kasım Uluslararası Osmanlı’dan Cumhuriyete Çorum Sempozyumu: 685–702, Çorum.
- IQAir. (2021). 2021 world air quality report region& city PM2.5 ranking. Erişim adresi: <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2021-en.pdf>.
- Kartal, S., Özer, U. (1998). Determination and parameterization of some air pollutant as a function of meteorological parameters in Kayseri, Turkey, *Journal of the Air & Waste Management*, 48, 853–858,.
- Karakuş, C. B., & Yıldız, S. (2019). Hava kalite indeksi ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişkinin çoklu regresyon yöntemi ile belirlenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 698-711. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.598118>.

- Sağdıç, M., & Koç, H. (2012). Yukarı Kızılırmak Havzası'nın iklimi. *Türk Coğrafya Dergisi*(58), 1-20. <https://doi.org/10.17211/tcd.62593>.
- Kartal, F. (2022). *Hafik, Zara ve İmranlı (Sivas) çevresinde jips ekolojisi*, Doktora Tezi. Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.
- Koç, A. (2018). Kentsel alan kullanımlarının zamansal değişimlerinin hava kirliliği üzerindeki etkisi. *Kent Akademisi Dergisi*, 11(4), 609– 617.
- Koç, A., & Koç, Ç. (2018). An assessment through relationship between air pollution and climatic parameters in city of Iğdır. *Kent Akademisi Dergisi*, 11(1), 1–10.
- Kopar, İ., & Zengin, M. (2015). Coğrafi faktörlere bağlı olarak erzurum kentinde hava kalitesinin zamansal ve mekânsal değişiminin belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*(53), 51-69. <https://doi.org/10.17211/tcd.80672>
- Memişoğlu Baykal, T. (2023). Hava kalitesi parametreleri (PM10 ve SO2) kullanılarak hava kirliliği riskli bölgelerin zamana bağlı konumsal analizi: Kocaeli ili örneği. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 13(4), 1386-1415. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1280317>
- Özdemir, M. A. & Boyraz, Z. (2002). Elazığ şehir merkezinde hava kirliliğini doğuran nedenler ve kirlilik parametrelerinin zaman içindeki değişimine coğrafi bir yaklaşım, *Doğu Coğrafya Dergisi* 7(8): 163-182.
- Sever, R. (2008). Malatya’da hava kirliliğine coğrafi bakış, *Doğu Coğrafya Dergisi* 13(20): 59-77.
- Sümer, G. Ç. (2014). Hava kirliliği kontrolü: Türkiye’de hava kirliliğini önlemeye yönelik yasal düzenlemele-rin ve örgütlenmelerin incelenmesi. *Uluslararası İktisadi Ve İdari İncelemeler Dergisi*(13), 37-56. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.232135>
- Şahin, C. (1987). Hava kirliliği ve hava kirliliğini etkileyen doğal çevre faktörleri, *Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Araştırmaları Dergisi* 1(1): 194–208.
- Tekbaş, Ö. F., 2010. *Çevre sağlığı*. Gülhane Askeri Tıp Akademisi Basım Evi. Ankara.
- Tekin, H., & Özdemir Helvacı, F.(2014). Ekosistemleri açısından hava kalitesinin izlenmesi, önemi ve yöntemleri Akdeniz ormanlarının geleceği: sürdürülebilir toplum ve çevre II. *Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu* 22-24 Ekim 2014 Isparta
- THHP. (2021). *Kara Rapor 2021 hava kirliliği ve sağlık etkileri*. Erişim adresi: <https://www.temizhavahakki.com/wp-content/uploads/2021/09/KaraRapor2021.pdf>
- Türkeş, M. (1996). Kent ve bölge planlamasında topoğrafyaya bağlı yerel rüzgârlar, *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi* 5. 213–227.
- Ulaş, H. (2022). Iğdır ilinde hava kirliliği. *International Social Sciences Studies Journal*, 8 (10) 3519-3526
- WHO. (2021). *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Geneva: World Health Organization. Erişim adresi: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- WHO. (2006). *Air quality guidelines global update 2005. particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Kopenhag. Erişim adresi: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/107823/9789289021920-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yıldırım, U. & Korkmaz, H. (1998). Kahramanmaraş’ta coğrafi faktörlerin, hava kirliliğine etkileri, *Türk Coğrafya Dergisi* 33: 389–411.

Yılmaz, A. (2017). İklim parametrelerinin hava kirliliği parametreleri üzerine etkisi: bolu ili örneği, *Journal of Current Researches on Social Sciences*, 7(2), 413-436.

İNTERNET KAYNAKLARI

<https://www.mevzuat.gov.tr/uat?MevzuatNo=12188&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (Erişim tarihi 3.10.2024).

<https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/mevzuat> (Erişim tarihi:12.8.2024).

https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1(Erişim tarihi: 4.5.2024).

<https://www.tuik.gov.tr/> (Erişim tarihi: 14.7.2024).

<https://www.epa.gov/technical-air-pollution-resources.2013>. Erişim tarihi: 05.07.2024.

Research Article

Geographical Distribution of Air Pollution Parameters in Sivas Central District Evaluation with Factors and Changes over Time

Sivas Merkez İlçesinde Hava Kirlilik Parametrelerinin Coğrafi Faktörlerle Değerlendirmesi ve Zaman İçerisinde Değişimi

Fatih KARTAL

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Today, industrial and transportation activities are much higher in cities than in rural areas. For this reason, the average temperature in cities is considerably higher than in rural areas (Coşkun et al., 2023). The energy that heats the air and the increase in urban heat cause an increase in air pollutants and thick clouds form with the proliferation of harmful molecules. This polluted air causes the loss of ultraviolet rays. Therefore, it has an effect on the reduction of daylight hours. The impact of air pollution on climate is handled on two scales, local and universal. Air pollution at the local level reflects, scatters and absorbs the sun rays reaching the earth. These events cause some meteorological changes in cities. Since these meteorological events in cities are regional, they do not cause major changes worldwide. Universal pollution, on the other hand, affects the whole world and is therefore much more important (Cuci and Polat, 2015).

Many measures are taken in the world in order to create a quality airspace by removing pollutants from the environment and not to expose living things to this situation. Especially in national and international studies, limit values of air quality on behalf of pollutants have been announced. In 2005, WHO (World Health Organization) published an air quality guideline and according to this, NO₂ (nitrogen dioxide) value was determined to be 40 µg/m³ (WHO, 2006).

Sivas province, which is the subject of the study, is one of the cities exposed to air pollution as in other provinces of Turkey. Therefore, Sivas is one of the cities that have problems in terms of pollutant elements. The important factor here is the intensive human activities as well as landforms and climatic natural factors. This study is important in terms of explaining the pollutants with all geographical factors and determining which pollutants increase in periodic processes and why. As a matter of fact, the aim of the research is to reveal the relationship between some pollutant element data (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂ and CO) taken from the stations measuring air quality in Sivas for the years 2006-2023 with geographical factors and to determine how the stations are distributed over time.

Methods

In the study on the pollutant elements affecting the air quality of Sivas province and the geographical conditions affecting these pollutants, firstly, national and international literature databases on the subject were utilized. The data on pollutant elements (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂ and CO) for the years 2006-2023 from the stations measuring air pollution were obtained from the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, which hosts the National Air Quality Monitoring reports. In order to compare the pollutant characteristics of these data belonging to Sivas province and the rate of their quantities, the national air quality values in Turkey were compared with the European Union (EU) and WHO data. Temperature, pressure, wind, humidity and precipitation data were obtained from MGM (General Directorate of Meteorology) in order to explain the geographical factors, especially climate parameters. 1/25000 scale maps obtained from HGM (General Directorate of Mapping) were used to make topography maps of the site. In addition, in order to explain the air quality, institutions and

organizations in the province (Provincial Directorate General of Agriculture and Forestry, Directorate of Environment, Urbanization and Climate Change, Sivas Municipality) constituted data sources. In the method of the research, the pollutant limit criteria determined by EPA were compared and interpreted with the station data of the study areas to determine whether the air quality is above normal values.

Results and Discussion

In this study, natural and human factors that cause this pollution are emphasized. In this direction, it is observed that the topographic factor, which is one of the natural processes, is effective in the province of Sivas, which gives the appearance of a rugged and high area. Depending on the landforms, it is seen that the air circulation in the field is not sufficient and therefore the pollutant elements are not dispersed to a great extent. Climatic factors are especially effective in the winter months, and the increase in fuel in this period, which is called the combustion period, which is realized due to the need for heating, shows an increase in air pollution. The fact that fuels such as coal and fuel-oil are still used in addition to natural gas throughout the city is one of the factors that trigger this pollution. In addition, the fact that high pressure is effective throughout the city in the winter season and the rainfall does not have a dispersing effect on pollutant elements has increased the air pollution of the city in this period. In terms of human factors, the need for heating is increasing day by day due to the increase in the amount of housing and there is an increase in polluting gas emissions. In addition, agricultural and forest areas, which constitute natural habitats, are opened to development and create a crooked and irregular settlement. Since these areas are not built for landforms and wind currents, they create serious air pollution in the city.

PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂ and CO are the air pollutants that stand out as the most harmful substances for health due to air pollution. These pollutants frequently exceed WHO, EU and national limits. Air pollution in Sivas province increases much more in winter season. The main factor in this increase is mostly the temperature inversion and carbon dioxide emission during this season. Three station measurements for the years 2016-2023 were used in the study area. According to the station measurement values, PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂ and pollutant ratios are highest at the Station Junction Station compared to other stations, especially because it is in a central location, the population and settlement is dense, and accordingly, the number of vehicles in traffic is high.

Natural factors consisting of the physical (topographical) structure and climate (meteorological) characteristics of Sivas province are factors that are difficult to change. For this reason, various measures should be taken to change the human factors that play a role in air pollution.