T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE HAVA KALİTESİ PARAMETRELERİNİN CBS KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Mutlu ATBİNİCİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2022

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE HAVA KALİTESİ PARAMETRELERİNİN CBS KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Mutlu ATBİNİCİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı 5
1.2. Hava Kirliliği 6
1.2.1. Hava kirliliği kaynakları 7
1.2.2. PM_{10} kaynaklı kirlilik 10
1.2.3. SO_2 kaynaklı kirlilik 12
1.3. Hava Kirleticilerinin Sağlık Üzerine Etkileri 14
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 16
3. MATERYAL ve YÖNTEM 22
3.1. Materyal 22
3.1.1. Çalışma alanı ve verilerin toplanması 22
3.2. Yöntem 25
3.2.1. GIS tabanlı Inverse Distance Weighting (IDW) enterpolasyonu 25
3.2.2. HYSPLIT modeli ile toz kaynağı tespiti 26
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 29
4.1. PM_{10} Dağılımları 29
4.2. SO_2 Dağılımları 48
4.3. HYSPLIT Değerlendirmeleri 69
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 73
5.1. Sonuçlar 73
5.2. Öneriler 75
KAYNAKLAR 76
ÖZGEÇMİŞ ..... **Error! Bookmark not defined.**

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE HAVA KALİTESİ PARAMETRELERİNİN CBS KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Mutlu ATBİNİCİ

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tuba RASTGELDİ DOĞAN
Yıl:2022, Sayfa:81

Atmosferik hava, hiçbir doğal koruyucu bariyerin izole edilemediği doğal çevrenin bir unsurudur. Hem Türkiye'de hem de Dünyanın diğer ülkelerindeki insan sağlığını etkileyen en önemli hava kirleticilerinden PM_{10} ve SO_2 kirletici emisyonların miktarına, atmosferde meydana gelen fizikokimyasal değişikliklere ve kirli hava kütlelerinin büyük ölçekli hareketlerine bağlıdır. Plansız kentleşme, sanayileşme, artan nüfus ve gelişen teknoloji atmosferdeki PM_{10} ve SO_2 konsantrasyonunun hızla yükselmesine neden olarak başta insan sağlığı olmak üzere doğal çevreyi de olumsuz etkilemektedir. Kentsel hava kirliliğinin en önemli kaynakları karayolu taşımacılığı, ısınma amaçlı kömür kullanımı, endüstriyel faliyetler ile uzun mesafeli taşınımlar olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, kirleticilerin etkisi sadece küresel değil, aynı zamanda kıtasal, ulusal ve yerel ölçekte kontrolü, yıllar içindeki analizi ve haritalanması esastır. Bu çalışmada, Türkiye'nin en hızlı gelişmekte olan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesinde (GAB) yer alan 9 ilin (Şanlıurfa, Mardin, Şırnak, Kilis, Batman, Diyarbakır, Adıyaman, Gaziantep, Siirt) 2010 yılında ısınma amaçlı kömür kullanılması, nüfus sayısı ve taşıt sayısı ile 2020 yıllında bu illerin tamamının ısınma amaçlı doğalgaz kullanmasına geçmesinin PM_{10} ve SO_2 hava kalitesi arasındaki ilişki GIS-IDW haritalama yöntemi kullanılarak mekansal ve zamansal olarak analiz edilmiştir. Aylık PM_{10} ve SO_2 konsantrasyon verileri Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığınca kurulan hava kirliliği izleme istasyonlarından elde edilmiştir. 12 aylık olarak yapılan değerlendirme ile özellikle kış aylarında (Aralık-Ocak-Şubat) doğalgaz kullanmanın PM_{10} ve SO_2 konsantrasyonunda azalma tespit edilirken, nüfus artışı ve taşıt sayısındaki artışın yüksek olduğu illerde (Kilis taşıt artışı %288, Şanlıurfa nüfus artışı %35) SO_2 miktarında azalmayı diğer illere kıyasla düşük oranda sağladığı belirlenmiştir. GAB 'de 2010 yılında PM_{10} maksimum petrol rafinelerinin bulunduğu Batman ilinde Kasım ayında 260,28 $\mu g/m^3$, 2020 yıllında orman yangını etkisiyle Mayıs ayında Şırnak ilinde 557 $\mu g/m^3$ ölçülmüştür. Hem 2010 hem de 2020 yıllında en yüksek SO_2 değeri bölgede ısınma amacı kömür kullanımının olduğu Şırnak ilinde Ocak ayında 2010 yıllında 326,05 $\mu g/m^3$, 2020 yıllında 104,01 $\mu g/m^3$ ölçülmüştür. Yeryüzünün beşte biri çöllerden kaplıdır. Türkiye'nin GAB sınır illerinde (Şanlıurfa, Kilis, Mardin, Şırnak) hem 2010 yılı hem de 2020 yıllında ilkbahar ve sonbahar aylarında Sahra, Suriye ve Arap Yarımadası çöllerinden atmosferik olarak partikül madde taşındığı ve bu nedenle PM_{10} konsantrasyon artışı HYSPLIT modeli ile tespit edilmiştir. Ülkelerin, insan sağlığını direk olarak etkileyen SO_2 ve PM_{10} konsantrasyonlarının günlük olarak mutlaka ölçülmesi, analiz edip haritaların oluşturup değerlerin düşürülmesine yönelik politikalar geliştirilmesi gerekmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: PM_{10}, SO_2, Hava kalitesi, CBS, HYSPLIT model

ABSTRACT

MSc Thesis

ASSESSMENT OF AIR QUALITY PARAMETERS USING GIS IN SOUTHEASTERN ANATOLIA REGION

Mutlu ATBİNİCİ

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Tuba RASTGELDİ DOĞAN
Year: 2022, Page:81

Atmospheric air is an element of the natural environment from which no natural protective barrier can be isolated. PM_{10} and SO_2 are the most important air pollutants affecting human health both in Turkey and in the World, depend on the amount of pollutant emissions, physicochemical changes in the atmosphere and large-scale movements of polluted air massesTherefore, it is essential to analyze and map. Unplanned urbanization, industrialization, increasing population and developing technology cause the concentration of PM_{10} and SO_2 in the atmosphere to rise rapidly, negatively affecting human health and also the natural environment. The most important sources of urban air pollution have been identified as road transport, use of coal for heating, industrial activities and long-distance transport. The influence of pollutants on a global, continental, national-local scales. This study, The PM_{10} and SO_2 air quality were analyzed in relation to the use of coal for heating in 2010, population and the number of vehicles and the transition in 2020 to natural gas for heating purposes in 9 provinces located in the Southeast Anatolia Region (SAR), Spatially and temporally analyzed using GIS-IDW mapping method. Monthly PM_{10} and SO_2 concentration data were obtained from air pollution monitoring stations established by the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change. The fastest developing region of Turkey.As a result of the 12-month evaluation, it was determined that the use of natural gas, especially in the winter months, reduced the PM_{10} and SO_2 concentration, while it did not reduce the amount of SO_2 in provinces with high population growth and increased number of vehicles (an increase of 288% in vehicles in Kilis and an increase of 35% in population in Sanliurfa). In both 2010 and 2020, the highest SO_2 concentration in Sirnak province, where coal is used for heating purposes in the region, was 326,05 $\mu g/m^3$ in 2010 and 104,01 $\mu g/m^3$ in 2020 in January. One-fifth of the earth is covered by deserts. Regarding Turkey's SAR border provinces (Sanliurfa, Kilis, Mardin, Sirnak), it was determined that particulate matter was transported atmospherically from the Syrian desert and Sahara in the spring and autumn months both in 2010 and 2020, and therefore an increase was found in PM_{10} by the HYSPLIT model. The countries must measure the PM_{10} and SO_2 daily, which directly affect human health,analyze,create maps and develop policies to reduce the values.

KEYWORDS: PM_{10}, SO_2, Air quality, GIS, HYSPLIT model

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca her türlü desteğini esirgemeyen ve emek veren danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Tuba RASTGELDİ DOĞAN'a çok teşekkür ederim.

Yüksek lisansa başladığım ilk günden beri yardımını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamda her türlü desteğini esirgemeyen ve emek veren değerli hocam Sayın Doç.Dr. Can Bülent KARAKUŞ'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamda ölçümlerde bana yardımcı olan arkadaşlarım Melek YILDIZ'a, Merve Nur Dinç'e, Bedia ÇALIŞ'a ve Muhammed YEŞİLDAĞ'a çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca her zaman beni destekleyen babam Mehmet ATBİNİCİ, annem Emine ATBİNİCİ'ye ve kardeşlerime teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Hava kirliliği kaynakları 7
Şekil 1.2. A-Yanardağ faaliyetleri ve B-Orman yangınları 8
Şekil 1.3. Güneydoğu anadolu bölgesi'ni etkileyen çöller 10
Şekil 1.4. Partikül madde boyutları 11
Şekil 1.5. PM_{10} ve $PM_{2.5}$ kirliliğinin solunum yolları ile verdiği hasar 12
Şekil 3.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi illeri çalışma alanı 22
Şekil 3.2. Bakanlığın kurmuş olduğu Hava Kalitesi İzleme İstasyonu ve B-Ölçüm alanı 23
Şekil 3.3. Şanlıurfa 01 Ocak 2018 gününe ait HYSPLIT modeli 27
Şekil 3.4. Ulusal hava kalitesi izleme ağı 28
Şekil 4.1. Ocak ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları 29
Şekil 4.2. Şubat ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları 31
Şekil 4.3. Mart ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları 33
Şekil 4.4. Nisan ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları 35
Şekil 4.5. Mayıs ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları 36
Şekil 4.6. Haziran ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları 37
Şekil 4.7. Temmuz ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları 39
Şekil 4.8. Ağustos ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları 40
Şekil 4.9. Eylül ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları 42
Şekil 4.10. Ekim ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları 44
Şekil 4.11. Kasım ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları 46
Şekil 4.12. Aralık ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları 47
Şekil 4.13. Ocak ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları 49
Şekil 4.14. Şubat ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları 51
Şekil 4.15. Mart ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları 53
Şekil 4.16. Nisan ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları 54
Şekil 4.17. Mayıs ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları 56
Şekil 4.18. Haziran ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları 57
Şekil 4.19. Temmuz ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları 59
Şekil 4.20. Ağustos ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları 60
Şekil 4.21. Eylül ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları 62
Şekil 4.22. Ekim ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları 63
Şekil 4.23. Kasım ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları 65
Şekil 4.24. Aralık ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları 67
Şekil 4.25. Kilis ili 2010-2020 yılları SO_2 kirlilik dağılımı 68
Şekil 4.26. Şanlıurfa ili 2010-2020 yılları SO_2 kirlilik dağılımı 69
Şekil 4.27. a. 10-11-12 Mayıs 2010 Şanlıurfa ilinin HYSPLIT modeli, b. 12-13-14 Ekim 2020 Şanlıurfa ilinin HYSPLIT modeli 71
Şekil 4.28. Şanlıurfa ili 2010-2020 yılları PM_{10} kirlilik dağılımı 72

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Bazı SO_2 ve PM_{10} limit değerleri 13
Çizelge 1.2. PM_{10} ve SO_2 için sınır değerler 15
Çizelge 1.3. Ulusal hava kalitesi indeksi 15
Çizelge 3.1. Örneklemelerin toplandığı istasyonların koordinat bilgileri 23
Çizelge 3.2. Çevre Durum Raporuna göre illere ait yakıt tüketim miktarları 24
Çizelge 3.3. Taşıt kullanımının nüfus ve yüz ölçümü ile ilişkisi.....25

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AB	Avrupa Birliği
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EPA	Environmental Portection Agency
GAB	Güneydoğu Anadolu Bölgesi
HKDYY	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
HYSPLIT	Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory
IDW	Inverse Distance Weighting
KOAH	Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards
PAH	Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
PM	Partikül Madde
PM_{10}	10 μg ve Altındaki Partikül Madde Konsantrasyonu
$PM_{2.5}$	2.5 μg ve Altındaki Partikül Madde Konsantrasyonu
R^2	Korelasyon katsayısı
SODAR	Sound Detection and Ranging
UHKİA	Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı
WHO	World Health Organization
WRF	Weather Reserach and Forecasting

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı, enerji kaynaklarının artması ve tüketilmesi, doğal kaynakların yok olması, endüstriyel etkinliklerin gelişmesi ve artan kentleşme sonucu betonlaşmanın artması da bitkilerin tahribine ve tüm canlılar için risk arz etmekte, en önemlisi insan hayatını olumsuz etkilemektedir. 1200'lü yıllarda sanayi devrimi ile birlikte hava kirliliği sağlık için dünyada ciddi sorunlar oluşturmaya başlamıştır. İngiltere'nin başkenti Londra'da ve Amerikanın Pensilvanya kentinde (1948-1952) yıllarında aniden oluşan hava kirliliği bir çok insanın rahatsızlanmasına sebebiyet verirken binlerce hastanın ise hayatını kaybetmesine sebep olduğu bilinmektedir (Vallero, 2008).

Türkiye'de hava kirliliği ile ilgili araştırmalar, Ankara ilimizde 1960'lı yıllarda görülmüştür. Türkiye de zamanla diğer kentlerde de görülmeye başlayan hava kirliliği sorunuyla ilgili araştırmalar hızla artmıştır (Tuncel, 2013). Giderek büyüyen ve bilinçsiz kentleşme, hızlı nüfus artışı sonucuna bağlı olarak genellikle kış mevsiminde insanların ısınmak için yakacak olarak mineral yakıt kullanması sonucunda karşımıza ilk önce karbon dioksit (CO_2) ve azot dioksit (NO_2) gibi sera gazı ve partikül madde (PM), polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH), civa, karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO_2), Ozon (O_3) gibi kirleticileri beraberinde getirmiştir. Bu yakıtların kullanım miktarı kadar fosil yakıtların kalitesiyle de önemlidir (Demir ve ark., 2014).

Kentsel çevredeki yüksek düzeyde hava kirliliği, özellikle toplumun bir endişesidir. Halk sağlığı üzerindeki olumsuz etkiside (Biswas ve ark., 2006; Lancet Planet Health, 2019). Gelişmekte olan ülkeler ile gelişmiş ülkelerin sorunları karşılaştırıldığında ise bunun kentleşme faktörlerinden ve nüfusun miktarından da kaynaklandığı görülmektedir (Baldasano ve ark., 2003; Mannucci ve Franchini, 2017). Kentleşme sanayi sektöründe hızlı gelişmeye, ticari enerji tüketimine yol açar, ticari faaliyetler ve ulaşım artar (Gulia ve ark., 2015).

Kentlerde oluşan yanlış şehir yapılanması, temiz hava geçiş akışını sağlayacak koridorlara engel olacak seviyede yüksek binalara proje izni verilmesi, bitki türleri ve yeşil alanlarda kayıplar yaşanması gibi sıkıntıların oluşmasına neden olur. Ayrıca toplu taşıma araçlarını insanlar için daha elverişli duruma getirecek projelere gerekli destek ve önem gösterilmemesi, özel yani şahsi taşıt kullanım sayısının yükselmesini etkilemektedir. Bu nedenlerden dolayı artan hava kirliliği ısınma amaçlı katı yakacak tüketimi ve sanayide gerekli tedbirlerin alınmamasının etkisiyle ortaya çıkmaktadır. (Hava Kirliliği Raporu, 2018).

Son yıllarda durdurulamayan çevre kirliliği ve ekolojik sistemin artarak kötüye gitmesi yaşamımız için önemli değişimlere neden olmuştur. "Akıllı Kentler'' olarak isimlendirilen plansız kentleşme sonucunda ortaya çıkan sıkıntıların giderilmesi için çözümler üretilmeye başlanmıştır (Ateş ve Önder, 2019). Akıllı kentler projesiyle sürdürülebilir çevre oluşturarak çevre kirliliğinin önüne geçilmesi, oluşabilecek sıkıntıların tedbir alınıp engellenmesi amaçlanmıştır. Dünya Sağlık Örgütü bildirgesinde ortalama 7.000.000 kişinin hava kirliliği nedeniyle yaşamını kaybettiğini bildirmiştir. Ölüm sebeplerine bakıldığında ortalama 4.000.000 kişinin dış hava 3.000.000 kişinin ise iç hava kirliliği sebebiyle yaşamını kaybettiğini göstermektedir. Çocuklarda ise durum daha kötüdür (Hava Kirliliği Raporu, 2018). Çocukluk ve hamilelik sırasında hava kirliliğine maruz kalınması kronik hastalıkların oluşumunda önemli bir etkendir (Deng ve ark., 2016; Magas ve ark., 2007). İnsan hayatının sağlıklı ve kaliteli olabilmesi için hava kalitesini arttıracak tedbirler bulunmalıdır (Hava Kirliliği Raporu, 2018).

Hava kirliliği parametrelerinin uygun yöntemle elde edilmesi, hava kirliliği ile mücadele bilincinin gelişmesi, temiz ve kaliteli hava için idareci tedbirlerinin tüm toplumlara aktarılması için, "T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı" denetiminde bulunan hava kalitesi ölçüm istasyonları tüm illerde bulunmaktadır. Bu istasyonlarda 5 temel kirletici için HKİ değeri hesaplanmaktadır. SO_2, PM_{10}, NO_x, CO ve O_3 parametrelerinin konsantrasyon değerleri ölçülmektedir.

PM_{10} ve SO_2, kömürden türetilen iki ana kirleticidir. Şu anda, dünya çapında üretilen elektriğin %40'ı kömürün yanmasından elde edilmekte ve bu yüzdenin

önümüzdeki bir kaç on yılda dünya çapında enerji kaynağı olarak yükselmesi ve taleplerin artması beklenmektedir (Smith ve ark., 2013). Sürecin ardından, kömür yanma emisyonları önemli bir paya katkıda bulunur. Yanma süreçleri ve kömür-duman havada birlikte var olan kirlilik ve her iki kirletici de oksidatif stresi artırır organizma organları ve dokuların üzerinde, özellikle de doğrudan solunum sistemini etkilemektedir. Dünyanın birçok yerinde ortam hava kirliliğinin insan sağlığına zararlı olduğu bilinmektedir (Kan ve ark., 2012).

Hava kirleticilerinin insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri dünyanın birçok yerinde benzerdir. Normal bir insan yaklaşık olarak günlük 14-15 m^3 havaya ihtiyaç duymaktadır. Birçok atmosferik ve O_3, SO_2, NO_2, CO, PM_{10} dahil biyolojik bileşenler ve polen, spor taneleri vb. alerjik semptomları olduğuna dair çok fazla kanıt vardır. Kirlilik oranının yüksek olduğu şehirlerin çoğunda büyük bir sağlık sorunu temsil etmektedir (Chehregani ve ark., 2004).

Son on yılda, yürütülen epidemiyolojik çalışmalar, atmosferdeki SO_2 kirliliğinin çevre için riskli ve ölüm nedenleri ile ilişkili olabileceğini göstermektedir. Solunum yolu hastalıkları ve akciğer kanserine neden olabilmektedir (Chen ve ark., 2008; Longo ve ark., 2008). Çevresel epidemiyolojik çalışmaların sonuçlarını, PM_{10} ve SO_2 gibi hava kirliliğinin güçlü kaynakları kardiyovasküler risk, kardiyak acil hastaneye kabul oranı ve kardiyovasküler mortaliteyi artırmaktadır. Özellikle 65 yaş üstü grubunda arteroskleroza (damar sertliği) ve çevreye bağlı olarak tansiyon yükselmesi tespit edilmiştir. Yakın zamanda yayınlanan veriler ışığında, PM_{10} ve SO_2 ile hava kirliliği etkisine maruz kalan popülasyonda kan basıncı yükselmektedir. Literatür verilerine göre PM ve/veya SO_2 konsantrasyonlarına hafif bir maruziyet durumunda iken dahi basıncının yükselmesine neden olur (Kowalska ve Krzych, 2007).

Türkiye bölgelerine bakıldığında SO_2 konsantrasyon değerlerindeki dağılımları; kömür yataklarının bol bulunduğu Trakya ve Ege Bölgeleri ile Doğu ve GAB'de özellikle soğuk havalarda kömür kullanımı SO_2 konsantrasyon değerlerinin yükselmesini sağlamaktadır. Kirletici değerlerinin haritalandırılması ile rüzgar hızlarının, sıcaklık ve kirleticilerin yayılımlarına etki ettiği tespit edilmiştir (Sari ve

Esen, 2019). SO_2 ortalama 10 dakikalık sürede 500 µg/m^3'ü geçmemelidir. Yapılan çalışmalarda, astım hastalarının SO_2 ile karşılaştığında solunum sisteminde farklılıklar ve soluk alamama şikayetlerinde yükselmeler olduğu bilinmektedir. SO_2'nin değerlerinde düşüş olduğunda diğer SO_x bileşenlerle karşılaşma oranının da düştüğü fark edilmektedir (WHO, 2020). Türkiye coğrafi konum nedeniyle bazı zamanlarda çöl kaynaklı toz ve parçacıklardan bazı dönemlerde etkilenmeye başlamıştır. Çöl tozlarının kaynak bölgeleri Sahra Çölü, Suriye Çölü ve Arabistan Yarımadası Çöller'idir. Türkiye bu çöllerden taşınan tozlardan yılın bazı dönemlerinde önemli ölçüde etkilenmektedir (Şengün ve Kıraşan, 2012).

Toz fırtınası, kentsel ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan hava kirliliğinden farklıdır; bu tür kirlilik bölgenin geçici bir özelliğidir (Žibret ve ark., 2013). Toz fırtınası, tamamen kuru olması gerekmeyen bir alanda belirli koşullarda (örneğin rüzgar hızı, toprak nemi, toprak mineralojisi, pürüzlülük, bitki örtüsü yoğunluğu ve topografya) hava kalitesini düşürür. Rüzgar erozyonu, toz fırtınası üretiminde önemli rol oynar kuvvetli ve kalıcı rüzgarlar kuru, ince taneli, gevşek toprakla etkileşime girdiğinde meydana gelir (Yiğiterhan ve ark., 2021). Atmosferik toz parçacıkları rüzgarla hareket ettiğinde, süzülme veya difüzyon gibi kuru ve/veya ıslak çökelme yöntemleri tarafından durmaksızın biriktirilir (Bergametti ve Forêt, 2014) ve toprağa sızarlar (Dehbandi ve Aftabi, 2016), daha sonra karaya veya tatlı su yüzeylerine yerleşirler (Nickovic ve ark., 2001; Mahowald ve ark., 2005). Bu toz parçacıkları insanlar ve hayvanlar tarafından solunur (Morman ve Plumlee, 2014) veya bitkiler tarafından toplanır (Norouzi ve ark., 2015).

Şanlıurfa ili, Dünya'da en büyük çöl olan Sahra çölünden, Suriye çölünden ve Arap Yarım adasındaki çöllerden Samyeli, Hamsin ve Sirocco rüzgarlarından etkilenirken bu bölgelerden gelen partikül maddelere de atmosferik taşınımla maruz kalmaktadır. Türkiye'de oluşan hava kirliliklerinin temel kaynağının; 81 ilimizden 63'ünde evsel yakacak kaynaklı, 7 ilde endüstriyel sanayi faliyetleri, 5 ilde de karayolu motorlu taşıt kaynaklı, 2 ilde termik santraller, yine 2 ilde de diğer endüstri faaliyetleri, 1 ilde de maden işletmeleri ve 1 ilde de diğer kaynaklar olarak belirtilmiştir (Kalıpcı ve Başer, 2019).

Bazı noktalarda özellikle sınıra komşu illerde doğalgaz kullanımının az olduğu bölgelerde ve endüstride hala eksikliklerin olduğu görülmektedir. PM_{10} ve SO_2'nin konsantrasyonunun artması ekonomik gelişme, kentleşme, enerji tüketimi, ulaşım/motorizasyon, çöl tozları ve hızlı nüfus artışı, kömür-duman yanmasından kaynaklanan hava kirliliği etmenleridir. Sıcaklık inversiyonları, hava kirleticilerinin konsantrasyonunda artışa katkıda bulunan önemli etmenlerden biri olarak kabul edilir (Palarz ve Celińskı-Mysław, 2017).

Bu çalışmada özelikle hava kirliliği durumu araştırılmıştır. Bu durumda hava kirliliğine sebebiyet veren etmenler, kirletici parametreler ve hava kirliliğinin tespit edilmesi için uygulanan yöntemler araştırılmıştır. Toplanan veriler grafik olarak yorumlanmış, CBS tabanlı IDW haritalama metodu kullanılarak hava kirliliği haritaları hazırlanmıştır. HYSPLIT modeli ve bölgesel kameralar kullanılarak tozların kaynaktan bölgeye taşınımı izlenmiştir. Burada tozların genellikle Sahra Çölü, Suriye Çölü ve Arap Yarım Adası'ndan taşındığı belirlenmiştir. Bu durum da hava kirliliği ile ilgili toplum bilinçlendirilmeli, yeni yönetmelikler, düzenlemeler geliştirilmeli ve kontroller sık sık yapılmalı, hava kirliliği konsantrasyonlarındaki anlık yükselmeler araştırılarak önlemlerin alınması etkili olacaktır..

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, GAB illeri (Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Siirt, Gaziantep, Kilis, Mardin, Şanlıurfa ve Şırnak) kent merkezlerine dair hava kirletici (SO_2 ve PM_{10}) konsantrasyonlarının 2010 ve 2020 yıllarındaki değişimlerinin CBS yardımıyla mekansal ve zamansal değişimlerinin ortaya konulması amaçlanmışdır. Bu amaç doğrultusunda her iki kirletici parametreye ait konsantrasyon değerleri ilgili yıllar için karşılaştırılmış, hava kirliliği düzeylerinin minimum ve maxsimum olduğu iller belirlenmiş ve hava kirliliği düzeylerinin olası sebepleri ortaya konulmuştur.

PM_{10} ve SO_2 konsantrasyon ortalama değerleri 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde bulunan D standartlarıyla karşılaştırılacaktır. Şanlıurfa ili için kirletici parametre konsantrasyonlarının aylık maksimum seviyede olduğu günlerin sebebi ve çöl

kaynaklarının belirlenmesi için HYSPLIT modeli kullanılarak atmosferik taşınımın etkisi araştırılacaktır.

Türkiye de GAB sınırları içerisinde yer alan 9 ilde 2010-2020 yılları arasında sağlığı tehdit eden kirleticiler SO_2 ve PM_{10} günlük konsantrasyonlarındaki değişimin son 10 yılda yapılan karşılaştırma sonucunda: (a) 2010 yılında ısınma amaçlı kömür kullanımından 2020 yılında doğalgaza geçişin etkisi, (b) atmosferik partikül madde taşımacılığının sınır iller üzerindeki etkisi (Şanlıurfa, Mardin, Gaziantep, Kilis, Şırnak), (c) nüfus artışı ile PM_{10} ve SO_2 artışı arasındaki ilişki ve (d) motorlu taşıtlardaki artışın PM_{10} ve SO_2 üzerinde etkisi belirlenmiştir.

1.2. Hava Kirliliği

Hava kirliliği, hava kalitesini etkileyen mikro iklim koşulları, yeşil ve yapısız alanlar, motorlu araçlar, yapıların ısınma hususları, yapıların geometrisi, ısıtma yöntemleri ve mahalli hava şartlarının sonucunda oluşur. Yapılan araştırmalara göre meteorolojik faktörler, emisyonlar ve atmosferik kimya olayları istatistiksel olarak kentlerdeki hava kalitesi ile ilişkilendirilmiştir (Karakuş ve Yıldız, 2019).

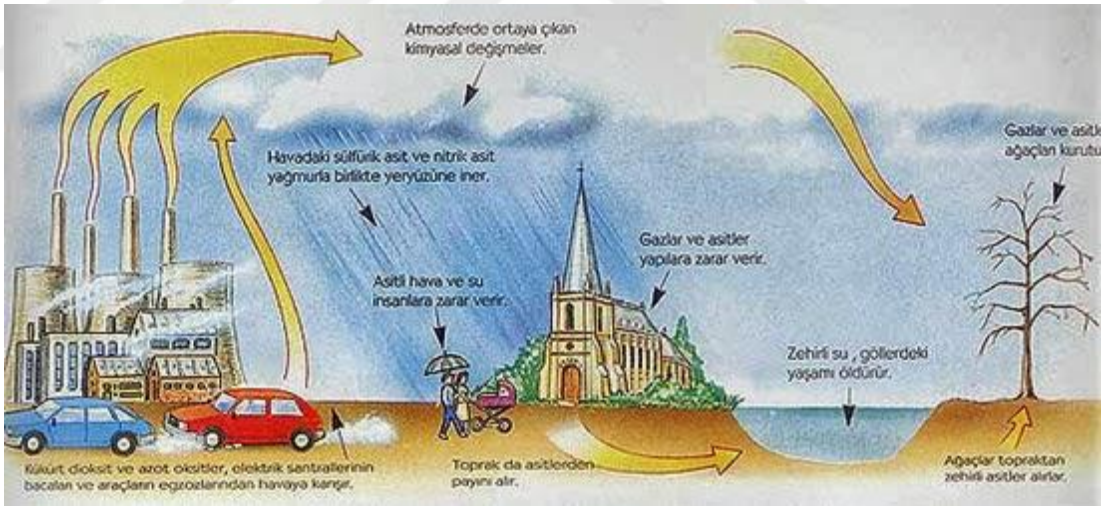
Hava kalitesinin düşmesine neden olan temel kirleticiler CO, NO_2, O_3, Pb, SO_2 ve PM'dir. PM'ler kendi içerisinde ikiye ayrılmaktadır. Partikül madde 10 (PM_{10}) 10 μm'den daha az ebatlarda olan ve Partikül madde 2,5 ($PM_{2.5}$) aerodinamik çapı 2,5 μm'den az olduğu bilinmektedir (Nowak ve ark., 2018). Kaynak noktasından havaya salınan kirleticiler, o bölgedeki esen rüzgârlar yardımıyla bulunduğu konumdan dağılırken, rüzgârın olamadığı zamanlarda, kirleticilerin salındıkları ortamda yığılmasıyla birlikte sağlık açısından riskli olduğu belirtilmiştir (Tecer, 2013). Atmosferde hava kirletici maddeleri katı, sıvı ve gaz formunda olabilirler. Hava kirletici maddeleri türlerine göre ayrılabilirler. Kirlilik kaynağı partikül veya gaz formunda bulunabilirler. Gaz formu dışındaki kirleticiler aerosol, mist, sis ve duman olarak isimlendirilirler. Havaya salınan kirleticiler, salındıkları şekilde ise bunlar birincil kirleticilerdir, atmosferde bir yada birkaç türle tepkimeye girerek, bu tepkimenin ürünü olarak havada bulunur ise ikincil kirleticiler denilmektedir. Örneğin hidrojen sülfür (H_2S) ve SO_2 birincil kirletici olurken, sülfat (SO_4) ve sülfit

(SO_3) ikincil kirletici olarak karşımıza çıkmaktadır (Mavrak, 2005). Hava kirliliği değerlerinin ilk olarak kuraklık, iklimsel ve topoğrafik gibi özelliklerden etkilendiği de bilinmektedir (TMMOB, 2018).

Küresel ölçekte değerlendirildiğinde ise hava kirliliği kaynakları başta doğal veya antropojenik faaliyetler olarak ortaya çıkabilir. Temel kirleticiler olarak trafik, endüstri ve ısınmada kullanılan katı yakacaklar vb. gibi insan faaliyetleri oluşturmaktadır. İklim değişimleri, meteorolojik etmenler ve doğal afetler kirliliğin tesirisini olumlu yada olumsuz olarak etki etmektedir (Özşahin ve ark., 2016).

1.2.1. Hava kirliliği kaynakları

Kaynak, atmosfere salınan partikül veya gaz halindeki kirleticilerin oluştuğu yerlere denir. Şekil 1.1.'de görüldüğü üzere hava kirletici kaynakları genel olarak doğal kaynaklar ve yapay kaynaklar olarak iki guruba ayrılır (Kudal, 2009).



Şekil 1.1. Hava kirliliği kaynakları (Hava Kirliliğine Neden Olan Gazlar Nedir, 2014)

- **Doğal Kaynaklar:** Doğal olaylar sonucunda oluşan hava kirliliğine neden olan maddeler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu şekilde oluşan kirlilikler havada fazla müddette bulunmazlar. Doğal kaynaklar, orman yangınları, çöl tozları taşınımı, aktif yanardağlar, hayvan ve bitki örtüsünün doğal özelliklerini kaybetmesi olarak sıralanabilir. Şekil 1.2'de doğal kaynaklardan birkaçı gösterilmiştir.



Şekil 1.2. A-Yanardağ faaliyetleri ve B-Orman yangınları (İHKİM, 2022)

Yapay Kaynaklar: İnsan kaynaklı faaliyetler sonucunda oluşur. Oluşan bu antropojenik kirlilik, bulunduğu bölgenin nüfusu, şehirleşmesi, motorlu taşıt kullanımı, kullanılan yakıt kalitesi, endüstriyel faliyetleri gibi etmenlere bağlı olarak değişim gösterir (CBS, 2022). Yapay kirletici kaynaklar nokta, çizgi ve alan şeklinde kaynağın yapısına göre sınıflandırılırlar (İmal ve ark., 2013; Özcan, 2016). Termik santraller ve sanayi tesisleri sabit kaynaklara örnek olarak gösterile bilir. Kirlik kaynağının konumu zamanla değişiyorsa, bu hareketli kaynak türündendir. Örnek verecek olursak hareket eden motorlu araçlar verilebilir (Özcan, 2016).

Isınma Kaynaklı Kirleticiler: Önemli kaynaklardan biridir evsel ısınma amacıyla kullanılan soba ve kaloriferlerden, endüstriyel olarak sanayi etkinliklerinin yapıldığı fabrikalardan kaynaklanmaktadır (Kudal, 2009). 1900 yılların sonunda mineral yakacakların evsel ısınmada kullanımının artmasıyla beraber SO_2 ve PM_{10} gibi hava kirletici parametrelerinin atmosferdeki yoğunluğu giderek artmıştır. Türkiye'de evsel

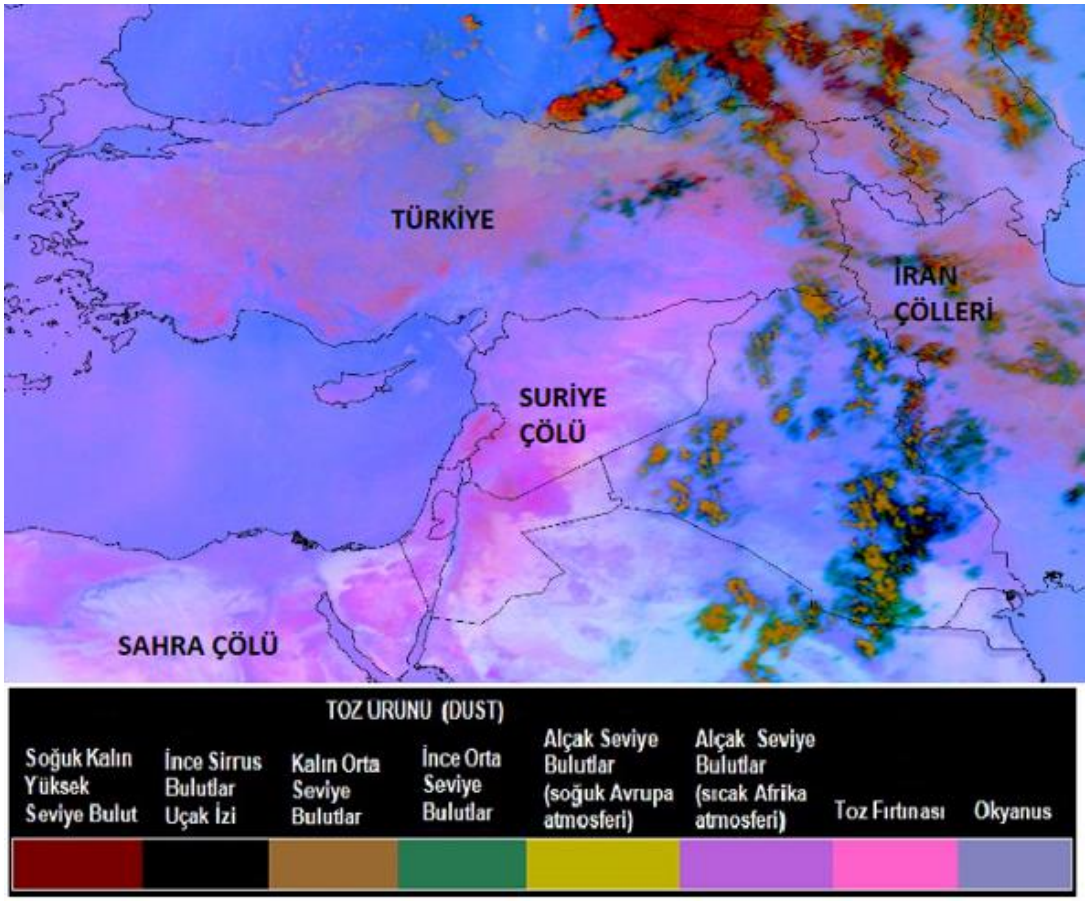
ısınmada tüketilen enerji kaynakları %41'dir. Özellikle kış döneminde hava kalitesinin düşük olması nedeninin %90'nı evsel yakmadandır (Ay ve ark., 2010). Yakacak olarak kullanılan katı yakıt ve türevlerinin kalitesi, oluşan hava kirliliğinin en önemli etkilerinden biridir.

Ulaşım Kaynaklı Kirleticiler: Ulaşım etkinlikerinde bulunan araçların, motorlarında meydana gelen yanmalar sonucunda türeyen kirleticilerin havaya dağılması ile oluşmakta (Ergün, 2016). Kentlerde nüfus yoğunluğunun yükselmesiyle birlikte motorlu araçların kullanımıda artmışdır ve bu nedenle ulaşım kaynaklı hava kirliliği artmıştır. Motorlu taşıtların yanma faaliyetleri sonucu olusan egzoz gazlarının da hava kirliliğine etkisi çok fazladır (Elbir ve ark., 2010).

Sanayi Kaynaklı Kirleticiler: Sanayi tesislerinde ve fabrikalardaki üretimin devam edebilmesi için enerji amacıyla kullanılmakta olan, linyit kömürü ve fuel-oil gibi yakacakların kullanılmasıyla meydana gelen hava kirletici kaynağı olarak bacalardan havaya dağılması ile meydana gelmektedir (Aydın, 2006). Enerji santralleri ve endüstriler kirleticilerin atmosfere dağılmasına sebep olan kaynakların başında gelir. Bu işletmeler canlı-cansız yaşamı ve havanın doğal yapısını parçalayarak asit yağmurları ve ozon oluşumasına, küresel olarakda iklim değişikliklerine sebep oluştururlar (Hava Kirliliği Raporu, 2018).

Çöl Tozu Kaynaklı Kirleticiler: Toz fırtınaları Global sistemde önemli rol oynamaktadır. Çoğu durumda, çöl yüzeylerinden büyük miktarlarda toz toplayan ve görüşü 1 km'nin altına indiren cepheler ve konvektif habooblar dahil olmak üzere türbülanslı rüzgarların sonucudur. Toz, şiddetli olaylarda 6000 μg m^{-3}'ü aşan konsantrasyonlara ulaşır. Binlerce kilometre boyunca taşınabilir ve bazen kayda değer miktarlarda ıslak ve kuru işlemlerle rüzgar yönünde bırakılır. Bu yükün çoğu siltten oluşur. Silt, kaynaktan uzaklaştıkça daha ince hale gelir ve Sahra durumunda, en kaba toz (70 μm'nin üzerinde) Sahra'nın yakınında meydana gelirken, daha uzağa giden toz, çapı 5 ila 5 mm arasında olan daha ince silt olma eğilimindedir. Doğu ABD'de toplanan Sahra tozu 1μm'den daha ince olabilir. Rüzgar tozuna SiO_2 ve Al_2O_3 hakimdir, ancak diğer önemli bileşenler Fe_2O_3, CaO ve MgO'dur. Aynı zamanda büyük bir tuz içeriğine, bir organik içeriğe sahip olabilir ve sağlık açısından

çok önemli bir şekilde patojenleri ve antropojenik kirleticileri taşıyabilir (Goudie, 2014). Türkiye coğrafi konumundan dolayı çöl bölgelerine sınır illeri nedeniyle komşu olması ve batı rüzgârlarının hakim olduğu kuşağında bulunmasından dolayı son zamanlarda çok fazla çöl bölgelerinden çöl tozu taşınımına maruz kalmaktadır. GAB illerinin etkilendiği çöller arasında ilk olarak gelenleri Şekil 1.3.'te görüldüğü üzere Büyük Sahra, Suriye çölleri ve İran çölleridir (Şengün ve Kırşan, 2012).

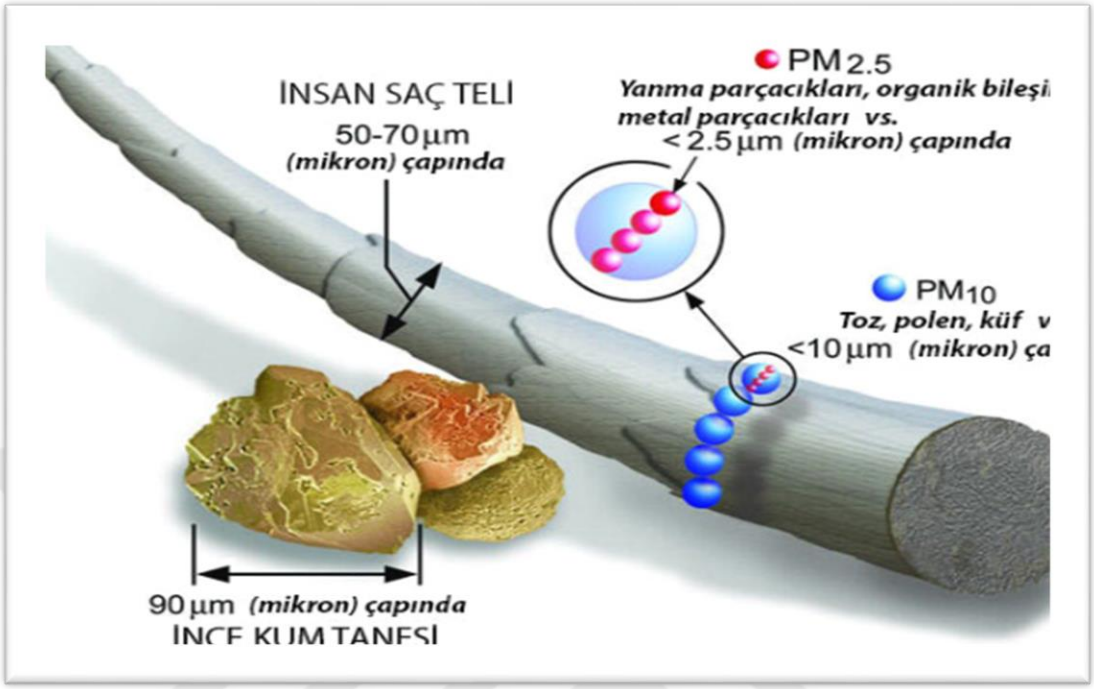


Şekil 1.3. Güneydoğu anadolu bölgesi'ni etkileyen çöller (SİM, 2022)

1.2.2. PM_{10} kaynaklı kirlilik

PM'ler küçük katı ve sıvı damlacıkların karışımından oluşmaktadır. Organik kimyasal maddeler, ağır metaller, nitratlar, sülfatlar, toprak yada toz partikülleri ve alerjik reaxsiyonlar (polen veya küf sporları) da bulunmak üzere bir çok içeriklerden kaynaklanabilir (Independent, 2021). Bazı PM'ler doğrudan yayılır ve bazıları çeşitli kaynaklardan yayılan kirleticilerin havada reaksiyona girmesi sonucu oluşmaktadır. PM'ler Şekil 1.4.'de belirtildiği gibi farklı boyutlarda bulunabilir ve 10 µm PM_{10} ve

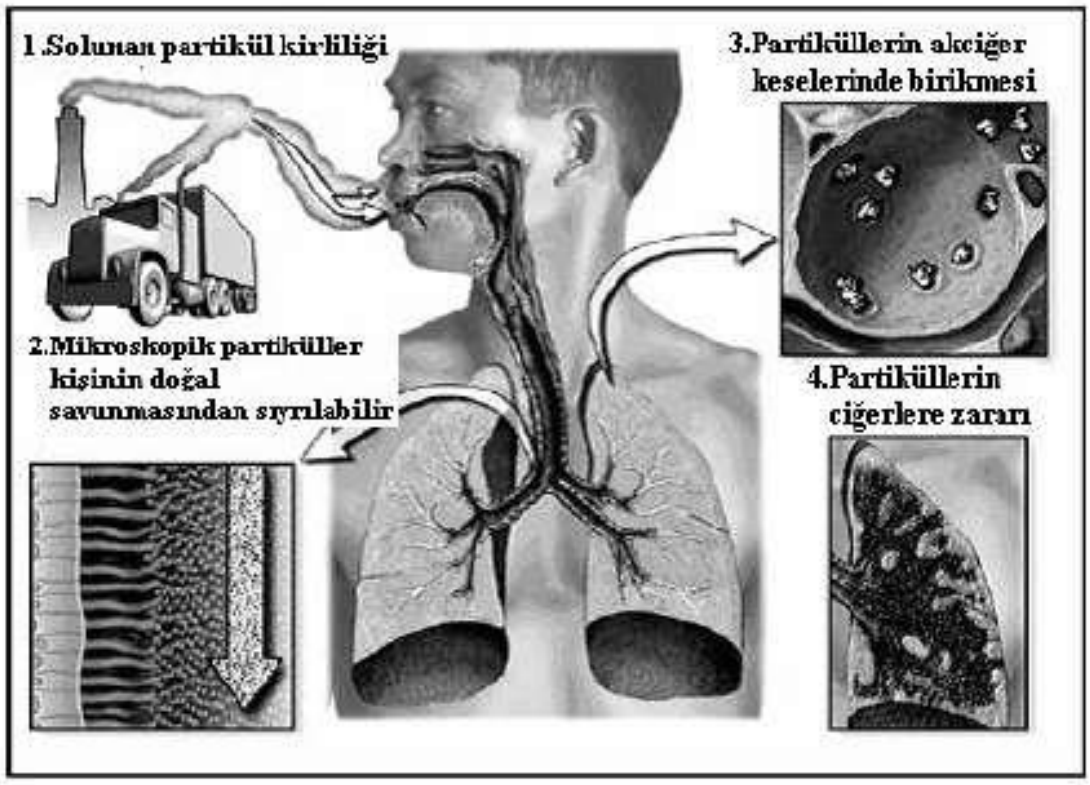
daha küçük boyutlu olanları solunum organlarımıza ve yollarına geçerek sağlığımız için risk oluşturabilir.



Şekil 1.4. Partikül madde boyutları (Gerçekoğlu, 2017)

PM kirliliği; çoğunlukla, dizelli motorlu araçlar, yolcu ve yük kapasitesi aşan dizel araçlar, kömür ve türevlerini yakan, odun yakan ısıtıcılar ve baca gazı arıtması olmayan endüstriyel işletmelerden kaynaklanmaktadır. Kış mevsiminde evsel ısınma amacıyla kömür ve fuel-oil yakılan yerleşim alanlarında PM_{10} kirliliği oluşur. Eski model dizel taşıtların ve toplu taşıma araçlarının yoğun olduğu ve kapasitesinin üzerinde yük taşıyan dizel araçların olduğu bölgelerde PM_{10} kirliliği olur. Baca gazı filtrasyonu olmayan sanayi işletmeleri, PM_{10} ve $PM_{2.5}$ kirliliği salınımı yapar (Independent, 2021).

PM, kardiyolojik hastalıklar veya solunum organlarımıza ve yollarına verdiği hasarlardan kaynaklanan hastalıklar ile Şekil 1.5'de ilişkilendirilmiştir. DSÖ PM'lere uzun zaman tutulmada en zararlı olanı $PM_{2.5}$ olduğunu gösterebilecek araştırmalar yapılmıştır.



Şekil 1.5. PM_{10} ve $PM_{2.5}$ kirliliğinin solunum yolları ile verdiği hasar (Süren, 2007)

1.2.3. SO_2 kaynaklı kirlilik

SO_2, şeffaf, yanıcı olmayan, keskin kokulu, tatlı, aktifliği yüksek olan bir gaz olup kükürt içeren minereal yakıtların yanmasıyala oluşan bir gazdır. Bütün canlılar için toksik etkiye sahiptir (Akan ve Morcalı, 2017). SO_2 kirliliği, kükürt içeren kömür, fuel-oil gibi fosil yakacakların yanması ile evlerde ısınma amacıyla kullanılan ve bazı endüstriyel süreçlerin sonucunda bacalardan salınan kirliliklerdendir (Doğan ve Kitapçıoğlu, 2007). Aynı zamanda atmosferde yüksek konsantrasyonlarda bulunan SO_2 varlığı asit yağmurlarına ve diğer SO_x oluşmasına neden olmaktadır (Cavkaytar ve ark., 2013). Oluşan SO_x, atmosferdeki diğer gazlarla reaksiyona girerek PM konsantrasyonlarında artışa neden olmaktadır (EPA, 2016).

SO_2'ye 10 dakikalık 500 $\mu g/m^3$ konsantrasyonuna maruz kalma süresi aşılmamalıdır. Kısa süre içerisinde bile etki gösterip solunum sıkıntılarına neden olabileceği belirtilmektedir (WHO, 2016). Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre SO_2 ve PM_{10} için Çizelge 1.1.'de Limit değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.1. Bazı SO_2 ve PM_{10} limit değerleri (UHKİA, 2021)

Kirletici Türü	Ortalama Süre	Limit Değer	Limit Değere Ulaşılacak Tarih
SO_2	Saatlik	350 µg/m^3	01.01.2019
	24 Saatlik	125 µg/m^3	01.01.2019
	Yıllık ve kış dönemi	20 µg/m^3	01.01.2014
PM	24 Saatlik	50 µg/m^3	01.01.2019
	Yıllık	40 µg/m^3	01.01.2019

Çizelge 1.1 incelendiğinde; Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine göre SO_2 ve PM_{10} için uyum takvimimiz 01.01.2019 tarihinde son bulmuştur. Bazı SO_2 ve PM limit değerleri ve tolerans payları aşağıdaki gibidir.

- SO_2 saatlik sınır değeri 350 µg/m^3'tür ve yılda 24 'den fazla olmaması gereklidir.
- SO_2 günlük sınır değeri 125 µg/m^3'tür ve yılda 3 'den fazla olmaması gereklidir.
- SO_2 yıllık ortalama sınır değeri ise 20 µg/m^3'tür.
- PM_{10} için 2020 yılında tolerans payı yoktur.
- PM_{10} günlük sınır değer 50 µg/m$^{3'}$ tür ve yılda 35 'den fazla olmaması gereklidir.
- PM_{10} yıllık sınır değer 40 µg/m^3'tür.

Çevresel epidemiyolojik çalışmaların sonuçları SO_2 hava kirliliğinin kardiyovasküler riski artırdığına, kardiyak acil hastaneye başvuru oranını etkilediğine ve özellikle 65 yaş üstü kişilerde kardiyovasküler mortaliteyi artırdığına dair güçlü kanıtlar sunmaktadır. Çevresel maruziyetle ilişkili olarak arteroskleroz ve kan basıncının yükselmesinden kaynaklandığı olasıdır. SO_2'nin kan basıncı yükselmesi üzerindeki doğrudan etkisini ortaya koymuştur. Yaşlılar (65 yaş üstü denekler), şeker hastaları, çocuklar ve astım dahil olmak üzere kronik kardiyopulmoner hastalıkları olan kişiler en duyarlı popülasyon olacaktır. Literatür verileri, PM ve/veya SO_2 konsantrasyonlarına hafif bir maruziyetin bile kan basıncının yükselmesine neden olabileceğini düşündürmektedir (Kowalska ve Krzych, 2007).

1.3. Hava Kirleticilerinin Sağlık Üzerine Etkileri

Nefes aldığımız zaman ciğerlerimize giren havanın sağlığımız üzerinde tehlike oluşturabilmektedir. İnsanların yalnızca %10'u temiz hava soluma şansına sahiptir. Bunun nedeni hızla artan nüfus, teknolojinin gelişmesiyle beraber artan makineleşme ve bu makinelerin kullanımının artmasından kaynaklı ortaya çıkan zararlı kirleticiler, taşıtlar için oluşturulan zararsız yakıt ve yeni geliştirilen uygulamaların ücretinin yüksek olmasından dolayı tercih edilememesi olarak sıralanabilir (CBS, 2022).

Hava kirliliği her yıl yaklaşık 7 000 000 erken ölüme yol açmaktadır. Bu ölümler dış ortam kirliliğine bağlı KOAH, kalp hastalığı, inme, akut solunum yolu enfeksiyonları ve akciğer kanseri gibi hastalıkların artmasından kaynaklanmaktadır. Bu ölümlerin yaklaşık olarak %7'si akciğer kanserinden, %19'u KOAH'dan, %20'si inmeden, %21'i zatürreden ve %34'ü iskemik kalp hastalığındandır. Hava kirliliğinin azaltılması akciğer kanseri, KOAH, kronik ve akut solunum yolu rahatsızlıkları, felç, kalp hastalıkları ve astım gibi hastalıkların azalmasını sağlayacaktır (Hava Kirliliği Raporu, 2018).

Hava kirliliğinin temel kaynakları konut ısıtma sistemleri, atık yakma tesisleri, sanayi, tarımsal faliyetler, araçlar ve güç üretim sistemleridir. DSÖ tahminlerine göre; dış ortam hava kirliliği sebebiyle yılda yaklaşık 4,2 milyon kişinin inme, kalp rahatsızlığı, akciğer kanseri ve KOAH hastalıkları nedeniyle hayatını kaybetmektedir. DSÖ'nün belirlediği hava kalitesi konsantrasyon değerlerinin aşıldığı yerlerde dünya nüfusunun yaklaşık %91' yaşamaktadır (WHO, 2020).

Hava kalitesi İnsan sağlığını etkilediği gibi iklimi de etkilemektedir. PM'nin güneş radyasyonun absorplama-saçma yollarıyla doğrudan, bulutlarda yoğunlaşır ve dolaylı olarak iklime etkieder. Aynı zamanda PM'ler, çeşitli süreçlerden (fiziksel ve kimyasal) sonra çökelme yoluyla bina, metal yüzeyler, toprak ve su yüzeyi gibi ciddi çevresel problemlere neden olabilir (Dolar ve Saraç, 2015).

Hava kirliliğinin canlı sağlığı ve çevreye sağlıksız etkilerini önlemek ve minimuma seviyeler düşürmek için, hava kalitesini iyileştirmek ve toplumların

bilinçlenmesini sağlamak amacıyla "6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY)" yürürlüğe girmiştir. Yönetmelikte AB hava kalitesi sınır konsantrasyonlarına uygun olması amaçlanmıştır. Küreselde de başka kirletici parametrelerinde görüldüğü üzerede Türkiye HKDY yönetmeliğinde PM_{10} ve SO_2 için bir kısıtlama oluşturmuştur. Bu sınırlamalar Çizelge 1.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.2. PM_{10} ve SO_2 için sınır değerler (HKDYY, 2021)

Kirletici Türü	Sınır Değer Ortalama Süresi	Türkiye Sınır Değeri (µg/m3)	AB Sınır Değeri (µg/m3)
SO_2	1 saat	350	350
	24 saat	125	125
	1 yıl	20	20
PM_{10}	24 saat	50	50
	1 yıl	40	40

Ulusal Hava Kalitesi İndeksi, ABD Çevre Koruma Ajansı Hava Kalitesi İndeksinin ulusal yönetmeliğimiz ve sınır değerlerimize uyarlanmasıyla yazılmıştır. 5 temel kirletici madde için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Kileticiler; PM_{10}, CO_2, SO_2, NO_2 ve O_3 dur. Hava kalitesinin kirlilik seviyeleri Çizelge 1.3.'te renklere göre belirlenerek sembolize edilmiştir.

Çizelge 1.3. Ulusal hava kalitesi indeksi (UHKİA, 2021)

Hava Kalitesi İndexi (AQI) Değerler	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
Hava Kalitesi İndeksi bu aralıkta olduğunda..	..hava kalitesi koşulları..	..bu renkler ile sembolize edilir..	..ve renkler bu anlama gelir.
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 oluşabilir.
101- 150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151 - 200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri 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 etkileri ile karşılaşabilir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Fişekçi ve arkadaşları (1999), Denizli ilinde yaptığı çalışmasında; SO_2 ve PM_{10} ortalama değerleri ile hastahanelerin acil polikiğinde KOAH hastalığına bağlı başvurular arasında bir bağlantı olduğunu belirlemiştir.

Ünsal ve arkadaşları (1999), Eskişehir ilinde yaptıkları çalışmalarında, sağlık bakanlığının Acil polikiniklerine, solunum rahatsızlıkları ile kalp hastalıkları yakınmaları nedeniyle yapılan müracatların yaklaşık olarak kentte günlük ortalama katı yakacaklar ile SO_2 değerleri arasındaki muhtemel bağlantısını incelemiştir.

Daylan ve İncecik (2002), İstanbul'da yaptıkları bir çalışmada kış mevsiminde ortalama SO_2 konsantrasyon değerleri ile nüfus sayısı arasındaki ilişki CBS kullanarak gözlemlemişlerdir. 1992-2000 yılları arasındaki kış mevsimlerinde ortalama SO_2 konsantrasyonlarında düşme olduğu belirlenmiştir.

Chaudhary (2003), Hatay ilinin İskenderun ilçesinde sanayi bölgesinde yaptığı bir çalışmada, İskenderun mevkisindeki emisyonların neden olduğu hava kirleticilerini (SO_2, PM, CO, NOx) dağılım şeması kullanarak tespit etmiştir.

Berktaş ve Bircan (2003), Ankarada yürütülen bir çalışmada; SO_2 ile PM_{10} değerleri ve astım hastalığıyla ilişkili olarak acil polikiniliğine yapılan müracatların arasında uyumlu bağlantılar olduğunu tespit etmiştir.

Şahin (2020), İstanbul'da yürütülen bu araştırmada, günlük PM ölçüm verileri ile genel ölüm verileri oranları ile yapılan çalışmalar sonucunda uyumlu bir bağlantı olduğu saptanmıştır.

Başar ve arkadaşları (2005), Aydın da 1997-2003 yıllarında kentte kaydedilen hava kirliliği parametreleri SO_2 ve PM_{10} değerleri ile meteoroloji bilgileri çalışmaya eklenerek oluşan sonuçlara göre, HKKY değerleri ile mukayese edip, uzun ve kısa vadeli limit değerlerde aşılma olmadığı SO_2 ve PM_{10} değerleri bakımından senelere

kıyasla değişiklik tespit edilmemiştir. Soğuk mevsimler olmasından dolayı meteorolojik hava şartlarından dolayı oluşan hava kirliliği değerlerinde artış belirlenmiştir.

Bayram ve arkadaşları (2006), araştırmalarında atmosferde aerosol halinde bulunan PM bileşimlerinin is, duman, toz gibi yanma ürünleri, deniz tuzu ve polen gibi kirleticilerden oluşur. Aerosollerin en yaygın formu sülfürik olduğuna değinilmişdir. PM'lerin 10 µm'den büyük olanlar burun ve genizde bulunurlar, 10 µm'den ufakları ise bronşlarda yığılmaya neden olur ve 1-2 µm daha iri boyuttakileri alveollerde biriktiği belirlenmiş olup SO_2'nin burunda durduğu fakat O_3 ve NO_2 solunum yollarının derinliklerine gittiği belirtilmektedir.

Aydın (2006), 1998-2002 yıllarında 4 kış mevsimi araştırılmıştır. Hava kirliliği parametrelerinden SO_2 ve PM_{10} ölçüm verileri arasında büyük değişiklikler olmakla beraber PM_{10} değerleri SO_2 değerlerinden çalışma süresi boyunca hep daha fazla olduğu belirtilmektedir. Farkları şöyle sıralaya biliriz, 1998-1999 kış mevsimi %51, 1999-2000 kış mevsimi %67, 2000-2001 kış mevsimi %36 ve 2001-2002 kış mevsimi de %30 olarak saptanmıştır.

Akyürek ve arkadaşları (2013), Kocaeli'nde kentinde 9 tane Hava İzleme İstasyonu'ndan çekilen değerler doğrultusunda SO_2 ve PM_{10} kirletici parametrelerin bölgesel değerlendirmesi oluşturulmuştur. CBS yöntemiyle kirletici parametreler ile ilgili istasyon bazında değerlendirmeler yapılmıştr. PM_{10} değerlerinin sürekli limit değerlerin üstünde olması Kocaeli'nin sanayi kenti olması bildirmişlerdir. Ayrıca şehrin merkezinden bulnan iki adet otoyolun da kentte hava kirliliği etkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

Ağaç (2015), İstanbul'un 39 ilçesinden biri olan Kağıthane bölgesindeki PM_{10} meteorolojik olarak incelenmesi, Weather Reserach and Forcasting (WRF) ve HYSPLIT modelleri kullanılarak incelemiştir. Çalışma çerçevesinde 2012-2014 yıllarında hava kirliliği PM_{10} seviyeleri; günlük, aylık ve mevsimsel olarak incelenmiştir. Episod günü PM_{10} konsantrasyonun en yüksek olduğu gün olarak

tespit edilmiştir. Kıtasal taşınım HYSPLT modeli kullanılarak incelenmiş ve sonucunda kısa zamanda çöl tozu taşınım olayının gerçekleştiği belirlenmişdir.

İskender, Filiz ve arkadaşları (2015), Düzce ilinin hava kalitesini belirlemek için ÇŞİDB Hava Kalitesi sürekli izleme merkezinden PM_{10} ve SO_2 verilerini Ekim 2011- Mart 2015 tarihleri arasında haftanın günlerine göre, sezonlara göre değişimlerini incelemiştir. Günlerden konsantrasyon değerinin en azolduğu Cumartesi Pazar ve en fazla olduğu gün Çarşamba olduğu tespit edilmiştir.PM_{10} değerinin ortalamasının en düşük olduğu 2012-2013 kış sezonudur. SO_2 değeri ortalaması en yüksek oldüğü 2013-2014 kış sezonudur. SO_2 değeri ortalaması en düşük olduğu 2011-2012 kış mevsimine aittir.

Haizhu ve Pank (2017) tarafından yürütülen bir çalışmada Çin'in Guangzhou kentinin iki bölgesinden yılında parametreler ve havadaki polenler NS verileri hacimsel yöntem kullanılarak toplanmıştır. İlk mevsimler ilkbahar ve sonbahardır ve bu alandaki polen tanımlamasının çoğu için Pearson korelasyonu ve Spearman'ın rho testi, polen dağılımı biyolojik olmayan kirleticiler ve meteorolojik parametrelerle önemli ölçüde ilişkili olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bunlar arasında $PM_{2.5}$ ve O_3, polen konsantrasyonu ile pozitif, NO_2 ise negatif korelasyon göstermiştir. Polen üzerinde bu parametreler arasında küçük bir etki ortaya çıkarmıştır.

Karakuş (2018), Sivas ilinin yer altı suyunu kurak havada ve yağışlı havalarda değerlendirerek içme suyu kalitesine uygunluğu araştırılmıştır. Yer altı sularının hangi bölgede su kalitesine uygun olduğu da tespit edilmiştir. İlk olarak, yeraltı suyu kalite değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılan diyagramlar hazırlanmıştır. Su kalite indeksi (WQI) değerleri belirlenmiştir. CBS kullanılarak WQI su kalitesi paremetreleriyle mekansal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Kurak ve yağışlı havalarda toplanan örnek numunelerin araştırmalar sonucunda %77,07 ve %91,66'nın içme suyu olarak kullanıma uygun olduğu tespit edilmişitr. Sivas il merkezinde yer altı suları 'mükemmel' su olarak derecelendirilmiştir.

Demirarslan ve Akıncı (2018), 2015-2016 yıllarında Marmara bölgesinde yapılan bir çalışmada kış mevsiminde SO_2 ve PM_{10} hava kalitesi açısından

araştırmışlardır. Çevre Şehircilik ve iklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı Hava Kalitesi Sürekli Izleme Merkezi web sitesi üzerinden çekilen konsantrasyon değerlerinin hava kirliliğine etkilerini ve yayılımlarını, CBS sistemi kullanılarak oluşturulan yayılım haritaları incelendiğinde SO_2 fazla konsantrasyonlarının 2015 ve 2016 döneminde Edirne ilinde görüldüğü, PM_{10} en yüksek konsantrasyonunun olduğu il ise Bursa olarak tespit etmişlerdir.

Karakuş ve Yıldız (2019), Sivas şehir merkezinde hava kirliliği paremetreleri ve HKİ araştırılmış ve değerlendirilmiştir. Sivas il merkezinde meterolojiye bağlı üç noktada hava kalitesi sürekli izleme merkezinin verileri kullanılmıştır. PM_{10} değerleri üç istasyondada Mart ve Kasım aylarında AB standartlarının çok üstünde çıkmıştır. CO, SO_2 ve NO_2 değerleri standartların altında olduğu tespit edildi. EPA HKİ Sınıflandırması'na göre; Sivas il merkezinde "İyi" ve "Orta" düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bağıl nem, sıcaklık, rüzgâr hızı ve HKİ değerleri arasındaki bağlantı çoklu regresyon yöntemi ile araştırılmıştır. Sıcaklık, nem ve rüzgar bağımsız değişken iken HKİ bağımlı değişken olarak çoklu regresyon yöntemiyle tespit edilmiştir. 1. nokta için R^2 değeri 0,5 olup 2. nokta için R^2 değeri 0,62 ve 3. noktada R^2 değeri 0,48 dir. Çoklu regresyon analizi sonuçlarına 2. nolu Başöğretmen istasyonunun R^2 değeri 0,62 olup sıcaklık, nem, rüzgar ve HKİ ile arasında orta seviyede anlamlı ($p<0,05$) bir bağı olduğu tespit edilmiştir.

Prasetia ve arkadaşları (2021), Edonezyda yapılan bu çalışmada; Trafik faaliyetinden kaynaklanan PM_{10} ve SO_2 konsantrasyonunun dağılım modeli CBS Mekansal Modelleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma iki gün boyunca üç istasyonda hafta sonu ve hafta içi günleri kapsamaktadır. Modelleme ve haritalama işleminden sonra Hafta sonu PM_{10} konsantrasyonu için en yüksek değer, üçüncü istasyonda 167.3 $\mu g.m^{-3}$ ölçülmüştür. Hafta içi en yüksek PM_{10} seviyesi, istasyon 3'te 236.3 $\mu g.m^{-3}$ miktarında ölçülmüştür. Modelleme bazında hafta içi ulaşılan en yüksek SO_2 seviyesi 423 $\mu g.m^{-3}$ olan istasyon 3 olduğu tespit edilmiştir.

Patra ve arkadaşları (2021), Hindistan'da aktif çalışan kömür madeninin yakınındaki yaşam alanının PM'ye maruz kalma seviyesini ölçmeyi amaçlamışlardır. Farklı boyutlardaki PM konsantrasyonları, çalışma alanında uzamsal profil oluşturma

için tek biçimli olarak dağıtılan 32 yerde ve zamansal değişimleri ile tozun karakterizasyonunu analiz etmek için 1 yerde izlenmiştir. PM'nin yaşam alanına sağlık etkileri, hava kalitesi indeksi (HKİ) değerleri kullanılarak tahmin edildi ve sağlık anketi verileri kullanılarak çapraz doğrulanmıştır. İzleme sonuçları, PM_{10} ve $PM_{2.5}$'in 15 dakikalık ortalama konsantrasyonlarının tüm izleme istasyonlarında karşılık gelen 24 saatlik Ulusal Ortam Hava Kalitesi Standartları'nın (NAAQS) 2.3-2.4 katı olarak bulunmuştur. İzleme sırasında düşük PM dağılımına düşük rüzgar hızı neden olduğu öne sürülmektedir. Madeni çevreleyen beş köydeki Hava Kalitesi İndeksi, sabah saatlerinde 'orta ila şiddetli' iken, gündüz saatlerinde 'tatmin edici ila orta' seviyelerine yükselmiştir. Göz tahrişi ve solunum sorunları, madene yakın yaşayan sakinlerin etkilendiği en olumsuz iki etki olarak bulunmuştur. Sağlık anketi verileri ve karşılık gelen HKİ değerleri, solunum probleminin HKİ değerleriyle ilişkili olduğunu göstermektedir.

Bera ve arkadaşları (2021), Hindistanın Kalküta şehrinde yapılan bu çalışmanın amacı, koronavirüs 19 (COVID-19) karantinası sırasında ve öncesinde hava kalitesinin durumunu incelemek ve bazı uzun vadeli sürdürülebilir çevre yönetim planı tavsiye etmektir. PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, SO_2, NO_2 ve CO gibi kirlilik verileri Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS)'nun gözlem uydusu görüntüleri ile arazi yüzey sıcaklığı haritaları hazırlanmıştır. Sonuç olarak, CO, NO_2 ve SO_2 gibi kirleticilerin önemli ölçüde azaldığını, 2020'de ise tüm endüstriyel ve ulaşım faaliyetlerin kapatılması nedeniyle karantina sırasında ortalama O_3 seviyesinin biraz arttığını gösteriyor. Bu arada, araçların durması, inşaat işlerinden azalması nedeniyle, karantina sırasında önceki yıllara kıyasla PM_{10} ve $PM_{2.5}$'teki ortalama azalma yaklaşık %17,5 olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, çevre ve toplumun uzun süreli birlikte yaşaması için hava kirliliğine toleranslı bazı bitki türlerini önermektedir.

Broitman ve Portnov (2020), İsrail'de yürütülen bu çalışmada, büyük bir metropol alanı için mevcut olan çocukluk çağı astım morbidite verilerini kullanıyoruz, büyük bir petrokimya kompleksine ev sahipliği yapmaktadır. Tahminlerimize göre petrokimya kompleksinin taşınması Söz konusu olduğu durumunda, bölge genelinde çocukluk çağı astım morbidite oranında yaklaşık

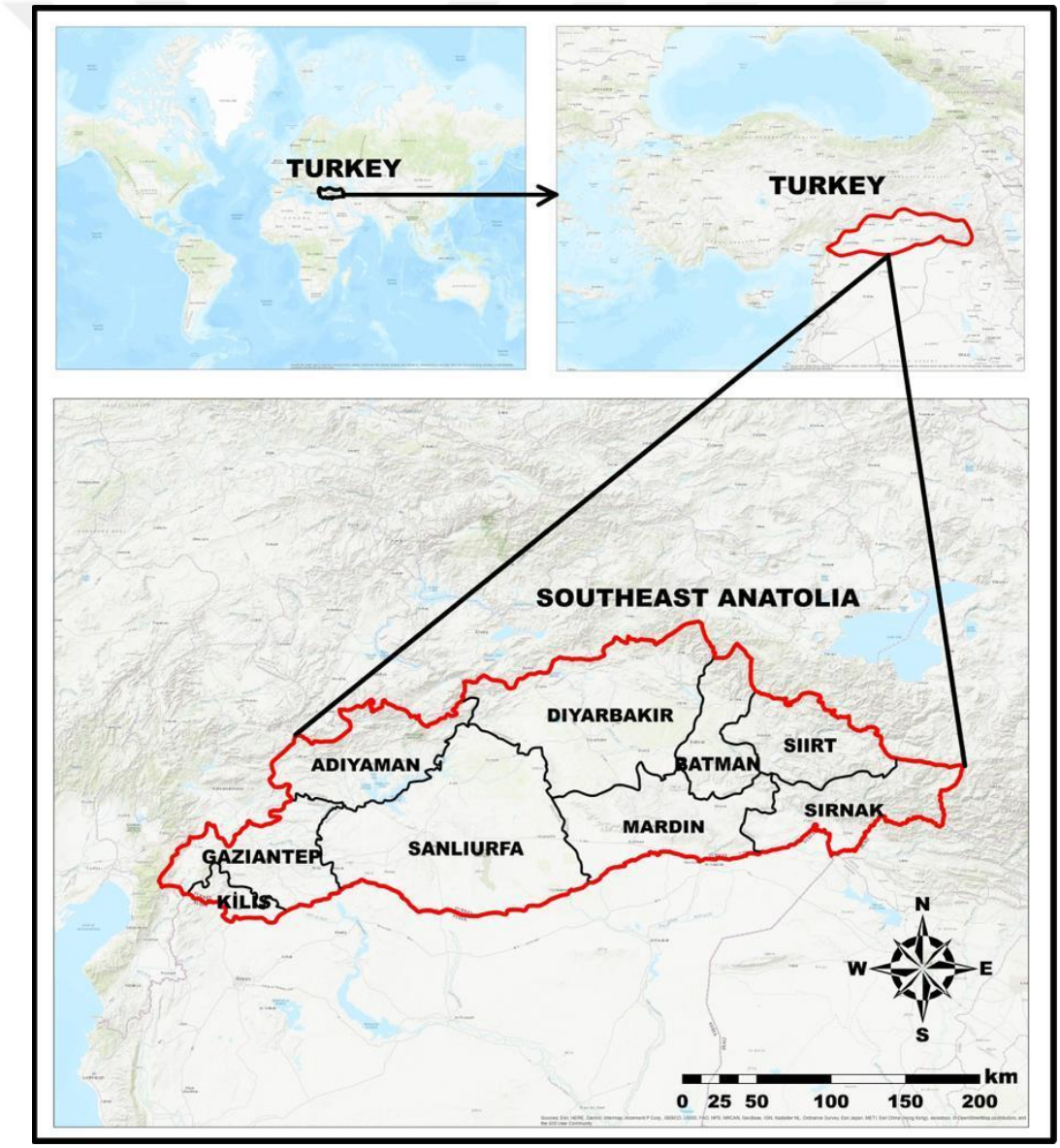
%70'lik bir düşüşle sonuçlanması beklenmektedir. Bildiğimiz kadarıyla, bu çalışma, dahil etmek için operasyonel bir yaklaşım öneren ilk çalışmadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

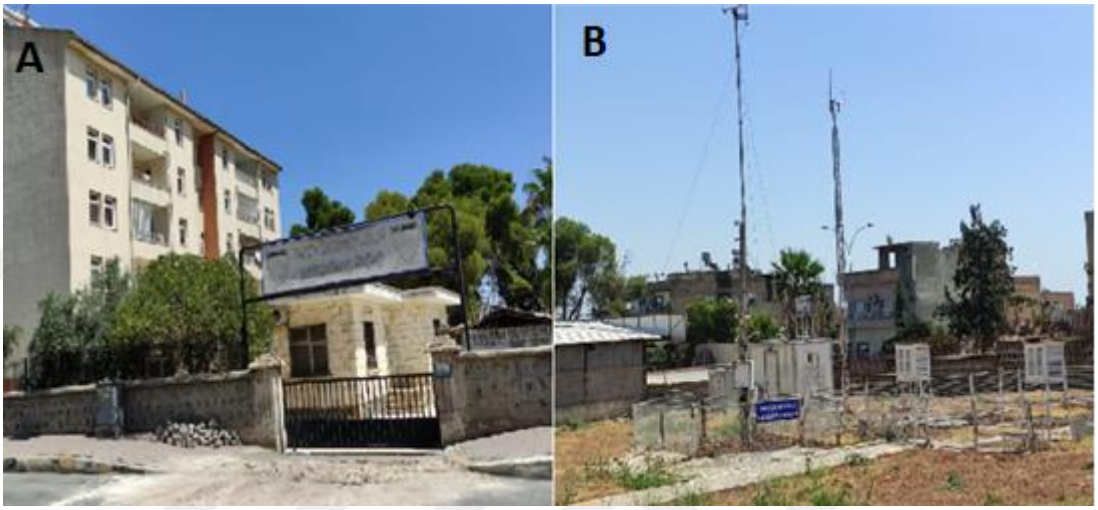
3.1.1. Çalışma alanı ve verilerin toplanması

Çalışma alanı, Türkiye'nin GAB bölgesinde yer alan ve 76327 km2'lik bir alan kaplayan 9 ilden (Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa ve Şırnak) oluşmaktadır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi illeri çalışma alanı

01.01.2010 ile 31.12.2020 tarihleri arasındaki tüm illere ait SO_2 ve PM_{10} konsantrasyon değerlerinin günlük ortalama, maksimum ve minimum değerleri, Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının "Hava Kalitesi İzleme İstasyonları" Web sitesinden (http://www.havaizleme.gov.tr) temin edilmiştir. Her ilde kurulan hava kalitesi izleme istasyonun Şanlıurfa'daki bir örneği Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Bakanlığın kurmuş olduğu Hava Kalitesi İzleme İstasyonu ve B-Ölçüm alanı

Çalışmaya dahil edilen 2010 ve 2020 yıllarına ait hava kirleticilerinin toplandığı istasyonların koordinat bilgileri aşağıdaki Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Örneklemelerin toplandığı istasyonların koordinat bilgileri

İSTASYON	ENLEM (º)	BOYLAM(º)
Adıyaman	37.7556	38.2790
Batman	37.8729	41.1712
Diyarbakır	37.9095	40.2124
Gaziantep	37.0586	37.3510
Kilis	36.7090	37.1120
Mardin	37.3130	40.7388
Siirt	37.9313	41.9357
Şanlıurfa	37.1591	38.7969
Şırnak	37.5221	42.4567

Çalışma bölgesindeki PM_{10} ve SO_2 kirliliğinin ana kaynağı ısınma gereksinimi nedeniyle temel olarak doğalgaz ve kömür olmak üzere yakıt tüketimidir. Şırnak şehrinde doğalgaz boru hattı döşemesi tam olarak bitmediğinden dolayı doğalgaza kısmen geçiş yapılmış ve bu nedenden ötürü verilerine ulaşılamamıştır. GAB illerine ait 2010 (1 Ocak 2010-31 Aralık 2010) ve 2020 (1 Ocak 2020-31 Aralık 2020) dönemleri arasındaki hava kirliliği analizleri aylık olarak değerlendirilmiştir. GAB illerinin kömür ve doğalgaz tüketimine bağlı verileri Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çevre Durum Raporuna göre illere ait yakıt tüketim miktarları (TUIK, 2021)

İLLER	Katı Yakıt(*)		Doğalgaz	
	Tüketim Miktarı (ton)		Tüketim Miktarı (sm^3)	
	2012	2020	2012	2020
Adıyaman	50.015,95	125,058	21.272,570	87.704.360,43
Batman	28.920	18.453	318.374,834	47.367.674
Diyarbakır	50.000	45.000	100.000	185.977.789,966
Gaziantep	530.000	375.545,73	99.506.984	261.803.442
Kilis	14.182,228	570	5.796.701	22.575.154
Mardin	2.038,359	42.765,66	173.511	30.369.487,75
Siirt	29.992,51	4.350	1.600.000	26.531.877,76
Şanlıurfa	5663	15.373,204	41.135.832	93.353.625,83
Şırnak	9900	8.700	-	-

(*) Yerli kömür, ithal kömür, briket, biyokütle, Sosyal Yardımlaşma Vakfı kömürü, odun gibi.

GAB illerinde taşıt kullanımını nüfus ile ilişkilendirmek için toplamda 9 ilin 2010 ve 2020 yıllarına ait nüfus verileri ve yüz ölçümleri Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Taşıt kullanımının nüfus ve yüz ölçümü ile ilişkisi (Doğan ve Atbinici, 2022)

Şehir	Nüfus (n)			İl Yüz Ölçümü (km2)	Motorlu Kara Taşıtları (n)		
	2010	2020	%artış		2010	2020	%artış
Adıyaman	590.935	632.459	7,003	7.337	64.962	110.433	69,9
Batman	510.200	620.278	21,575	4.477	34.381	45.916	33,5
Diyarbakır	1.528.958	1.783.431	16,643	15.272	320.032	540.397	68,8
Gaziantep	1.700.763	2.101.157	23,542	6.803	96.272	124.672	29,5
Kilis	123.135	142.792	15,963	1.412	28.457	110.430	288,05
Mardin	744.606	854.716	14,787	8.779	51.921	76.605	47,5
Siirt	300.695	331.070	10,101	5.718	13.596	20.394	50
Şanlıurfa	1.663.371	2.115.256	27,166	19.451	194.193	255.664	31,6
Şırnak	430.109	537.762	25,029	7.078	28.475	29.145	2,3

3.2. Yöntem

3.2.1. GIS tabanlı Inverse Distance Weighting (IDW) enterpolasyonu

Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi, her bir hücrenin yakınındaki örnek veri noktalarının değerlerinin ortalamasını alarak hücre değerlerini tahmin eder. Ölçülen her noktanın, mesafe ile azalan yerel bir etkiye sahip olduğunu varsayar. Tahmin konumuna en yakın noktalar daha ağır bir şekilde ağırlıklandırılır ve artan mesafe ile ağırlıklar azalır (Masoudi, 2021).

ArcGIS 10.2 yazılımının Spatial Analyst (Mekansal Analiz) modülündeki IDW (Ters Mesafe Ağırlıklı) enterpolasyon yöntemi, çalışma alanındaki 9 ilin 2010 ve 2020 yılları için PM_{10} ve SO_2 değerlerinin aylık ortalamalarını gösteren mekansal dağılım haritalarını oluşturmak için kullanılmıştır. Bu yöntemin temeli, istenen noktadan veri noktalarına olan mesafelerin hesaplanması ve bir ters fonksiyon

kullanılarak veri noktalarının istenen noktadaki değer üzerindeki etkisinin doğrusal ağırlıklandırılmasıdır (Loyd, 2010).

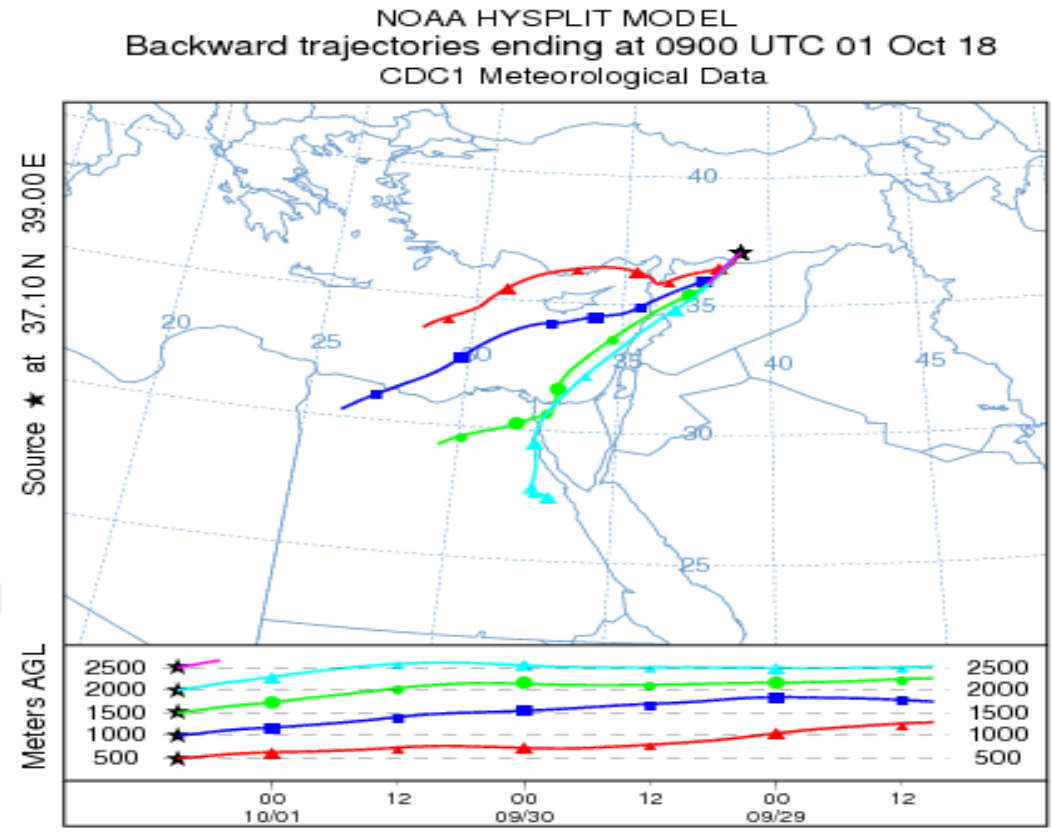
IDW için genel Denklem (3.1.) aşağıdaki gibidir (Loyd, 2010):

$$Z\,(Xo) = \frac{\sum_{i=1}^{n} Z\,(Xi).\, d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^{n} d_{i0}^{-r}} \qquad (3.1)$$

Burada; tahminler, bitişik ölçümlerin bir fonksiyonu olan Xo konumunda gerçekleştirilir n [Z (Xi) ve i = 1, 2, …, n,]. r, her bir gözlemin atanan ağırlığını belirleyen üstel sayıyı ifade eder ve d, gözlem konumu (Xi) ile tahmin edilen konum (Xo) arasındaki mesafedir. Tahmin konumundan belirli bir mesafedeki gözlemlerin atanan ağırlığı, üssün ne kadar büyük olduğuna bağlı olarak küçülür. Üslerdeki artışlar, tahminlerin en yakın gözlemlere çok benzediğini göstermektedir (Aksu ve Hepdeniz, 2016).

3.2.2. HYSPLIT modeli ile toz kaynağı tespiti

HYSPLIT modeli çalışma alanına ait koordinatlar girilerek kullanılan, 500 m, 1000m ve 1500m'den 5000 m'ye kadar 500m de bir 10 farklı seviyelerde ölçümler yapan bir uydu model programıdır. Şekil 3.3.'de 01 Ocak 2018 tarihli Şanlıurfa iline ait bir örnek verilmiştir.



Şekil 3.3. Şanlıurfa 01 Ocak 2018 gününe ait HYSPLIT modeli

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na ait Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (UHKİA) ile Türkiyede tüm illerde bulunan istasyonlarda hava kalitesi ölçülebilmektedir. Çalışmaya dahil edilen, 2010 ve 2020 yıllarına ait hava kirletici verileri, www.havaizleme.gov.tr adresinden temin edilmiştir.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde (HKDYY) belirlenen parametrelerin ölçüm verileri www.havaizleme.gov.tr ve http://mobil.havaizleme.gov.tr adreslerinde Şekil 3.4'teki gibi yayınlanmaktadır (Hava Kirliliği Raporu, 2018).



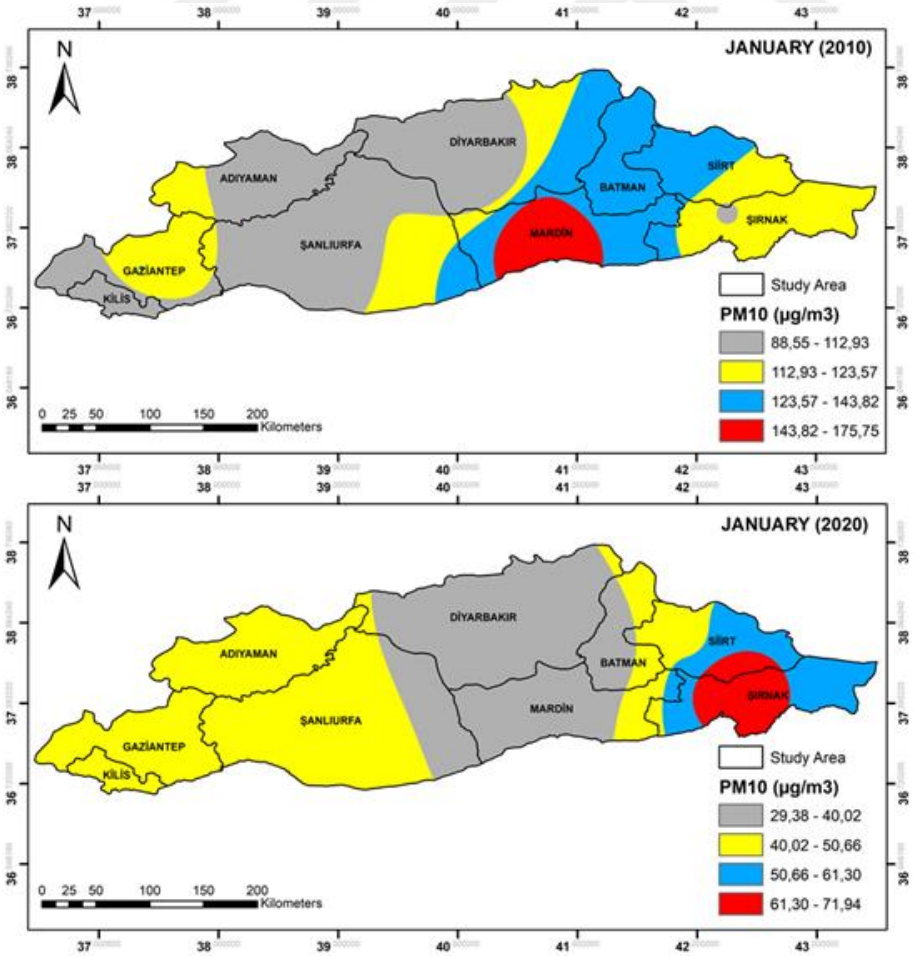
Şekil 3.4. Ulusal hava kalitesi izleme ağı (UHKİA, 2021)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. PM_{10} Dağılımları

- **2010-2020 Ocak ayı verileri**

GAB kış mevsiminde 2010-2020 Ocak ayında PM_{10} verileri Şekil 4.1.'de incelendiğinde 2010 yılında sırasıyla Diyarbakır (88,55 µg/m^3), Kilis (91,89 µg/m^3), Adıyaman (112,79 µg/m^3), Şanlıurfa (106,31 µg/m^3), Şırnak (112,14 µg/m^3), Gaziantep (123,6 µg/m^3), Batman (125,78 µg/m^3), Siirt (132,34 µg/m^3) ve Mardin (175,75 µg/m^3) illerinin ölçüm sonuçlarına göre DSÖ PM_{10} standart değeri olan 50 µg/m^3 limit değerini aşmıştır. Özellikle Mardin ilinde (175,75 µg/m^3) PM_{10} konsantrasyonunun en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir.



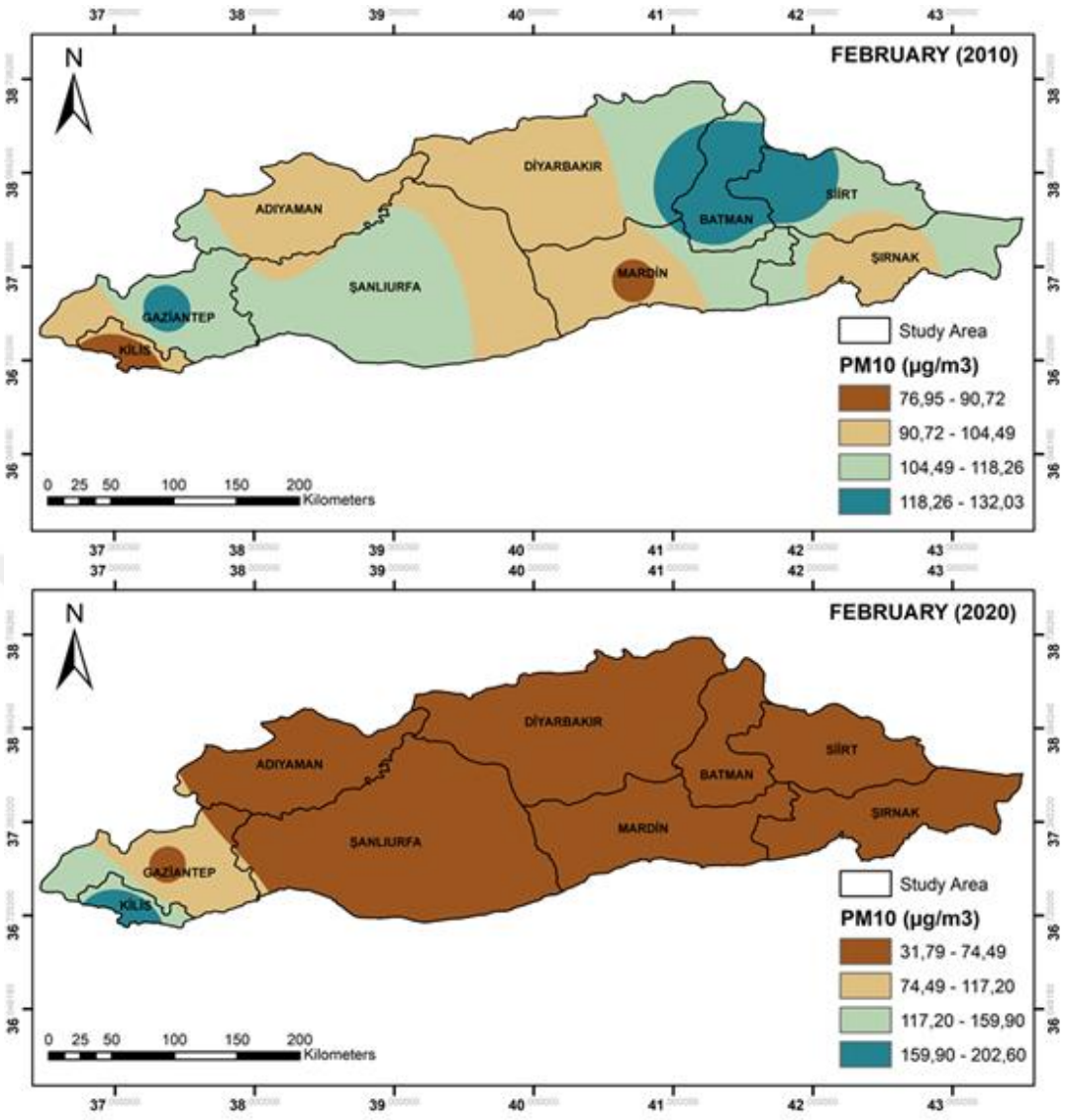
Şekil 4.1. Ocak ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları

Bu bölgedeki illerin PM_{10} konsantrasyon değerlerinin yüksek olmasına neden olan en büyük doğal kaynak yollardan kalkan tozlar ve kış mevsimi olmasından dolayı ısınma amaçlı kullanılan kömürdür. Diğer önemli kaynaklar ise trafik, inşaat alanları, taş ocakları ve bölgede bulunan kömür maden yataklarından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

2020 yıllında ise Diyarbakır (29,38 $\mu g/m^3$), Batman (31,90 $\mu g/m^3$), Mardin (32,06 $\mu g/m^3$), Adıyaman (43,59 $\mu g/m^3$), Gaziantep (46,95 $\mu g/m^3$), Şanlıurfa (47,88 $\mu g/m^3$), Kilis (49,13 $\mu g/m^3$), Siirt (49,14 $\mu g/m^3$) illerinin PM_{10} konsantrasyon değerlerinin hava kalitesi kirlilik sınır değerleri altında olduğu sonucuna varılmıştır. Şırnak ilinin 71.94 $\mu g/m^3$ PM_{10} konsantrasyon değeri ile limit değerini aştığı tespit edilmiştir. Diğer illerin hava kalitesi standartlarında olmasının nedeni olarak Şekil 4.1'de görüldüğü üzere 2010 yılında ısınma amaçlı kullanılan kömür yerine 2020 yılında doğalgaz geçilmesidir. Şırnak'da artan kentleşme, kentlerin plansız kurulması, özel araç kullanımının fazla olması, düzensiz sanayileşme, sosyal yardım kömürlerinin yakılması gibi nedenlerden özellikle kış mevsiminde hava kirliliği arttığı görülmektedir.

2010-2020 Şubat ayı verileri

Şekil 4.2.'deki kirlilik haritası incelendiğinde 2010 yılı Şubat ayı Kilis (76,95 $\mu g/m^3$), Mardin (88,04 $\mu g/m^3$), Şırnak (95,28 $\mu g/m^3$), Diyarbakır (95,58 $\mu g/m^3$), Adıyaman (99,09 $\mu g/m^3$), Şanlıurfa (111,16 $\mu g/m^3$), Gaziantep (124,24 $\mu g/m^3$), Siirt (125,27 $\mu g/m^3$) ve Batman (132,03 $\mu g/m^3$) illeri ölçüm sonuçlarına göre PM_{10} değerlerinin DSÖ standartlarını aştığı belirlendi. Bunun başlıca nedenlerinden biri kış mevsimi olması hava sıcaklıklarının 5-9 °C'de ve genelde yağışlı seyretmesinden dolayı ısınma amaçlı olarak Çizelge 3.3.'te görüldüğü üzere katı yakacak (kömür) kullanımından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.



Şekil 4.2. Şubat ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları

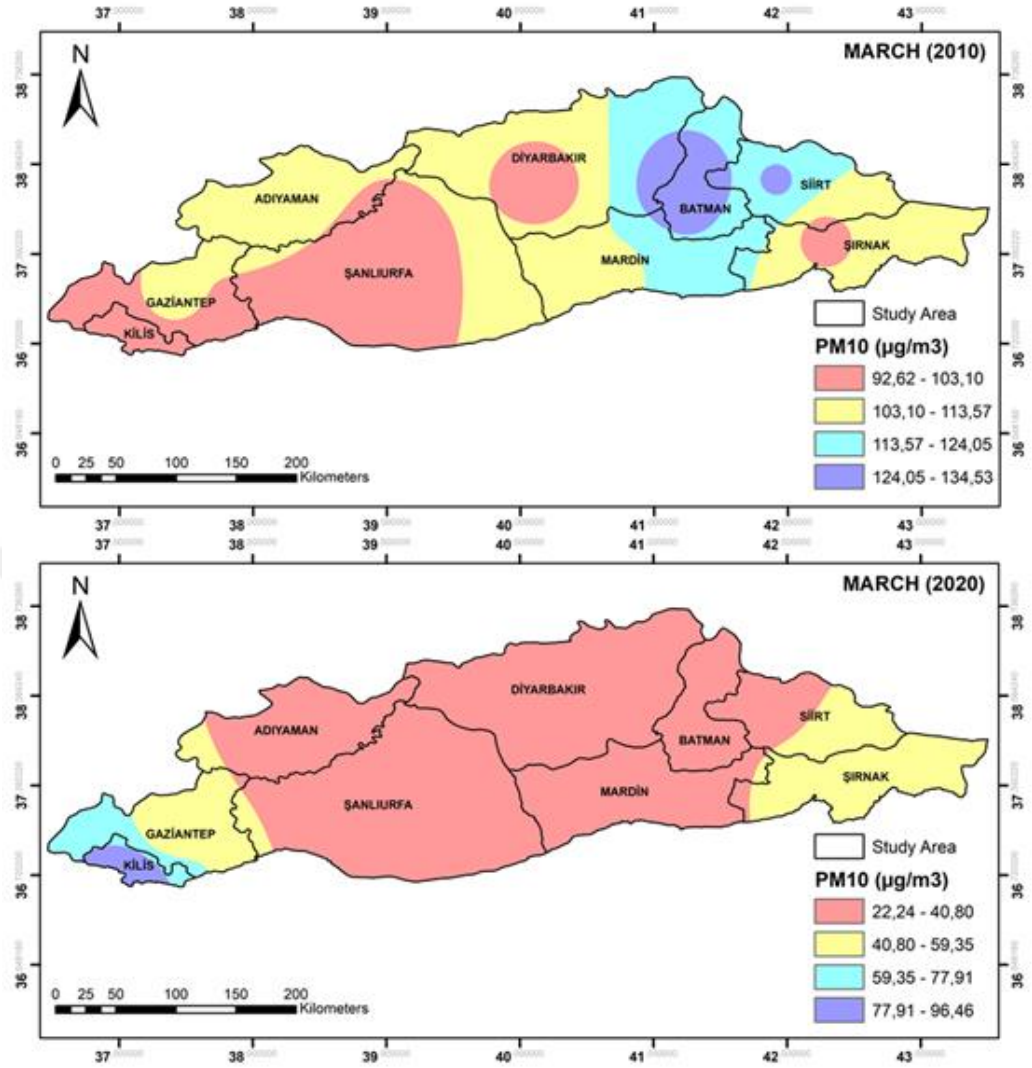
2020 Şubat ayında Batman (31,79 µg/m^3) Adıyaman (32,15 µg/m^3), Diyarbakır (35,42 µg/m^3), Mardin (39,77 µg/m^3) ve Siirt (45,38 µg/m^3) illerinin PM konsantrasyon değerlerinin DSÖ tarafından belirlenen limit değerler arasında olduğu belirlenmiştir. Şanlıurfa (54,25 µg/m^3), Şırnak (66,28 µg/m^3), Kilis (202,61 µg/m^3) ve Gaziantep (65,46 µg/m^3) illerinin ise PM_{10} konsantrasyonları limit değerleri aşmıştır.

2020 yılında PM konsantrasyon sınır değerleri'nin 2010 yılına oranla düştüğü belirlenmiştir. Bunun sebebi ise Çizelge 3.2.'de görüldüğü üzere doğalgaz kullanımının giderek artmasıdır. Gaziantep ve Şanlıurfa'nın büyük şehir statüsünde olması, gelişen sanayisi ve Kilis ile Şırnak'ın eski evleri ve kırsal kesimlerinde

kömür gibi yakıtların kullanılması ve Çizelge 3.3. incelendiğinde motorlu taşıt artışına bağlı olarak artan trafik yoğunluğu, PM_{10} konsantrasyonunun yüksek olmasının kaynakları arasında olabileceği tahmin edilmektedir.

2010-2020 Mart ayı verileri

2010 yılı Mart ayı verileri Şekil 4.3.'teki kirlilik haritası üzerinden incelendiğinde Şanlıurfa (92,62 μg/m^3), Diyarbakır (98,73 μg/m^3), Şırnak (99,76 μg/m^3), Kilis (100,29 μg/m^3), Gaziantep (103,65 μg/m^3), Adıyaman (107,06 μg/m^3), Mardin (112,54 μg/m^3), Siirt (125,16 μg/m^3) ve Batman (134,53 μg/m^3) illerinin PM_{10} konsantrasyonlarının DSÖ PM_{10} sınır değerlerini aştığı görülmektedir. Bunun başlıca nedenlerinden birinin ilkbahar mevsimi olması ve ısınma amaçlı kullanılan yakıt ve rüzgarlar yardımıyla sınır illere gelen çöl tozlarıdır. Batman'ın PM_{10} konsantrasyon değeri ile en yüksek olmasının nedenleri de yapılan araştırmalar göre gelir seviyesi düşük olan bölgelerde halkın kullandığı ısınma kaynaklarından olabileceği düşünülmektedir.

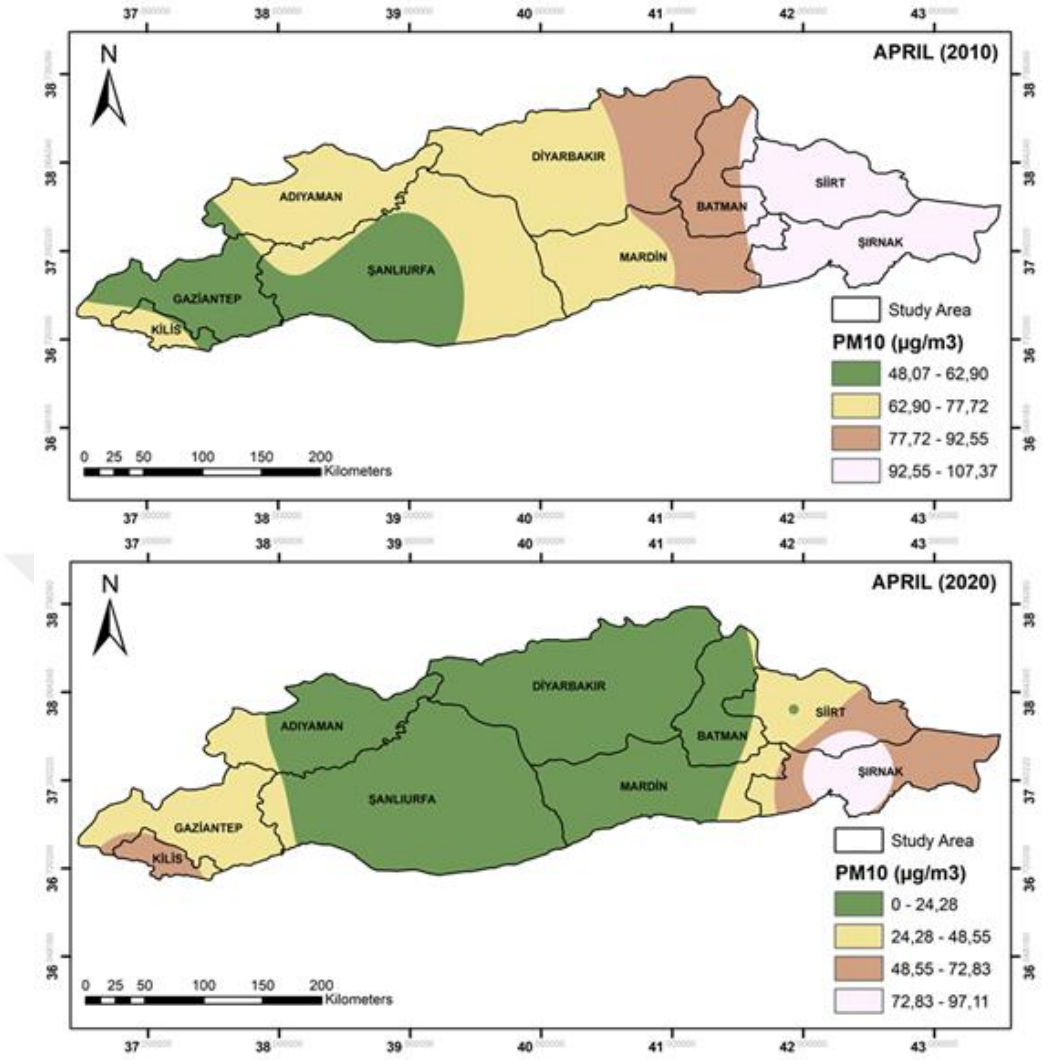


Şekil 4.3. Mart ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları

2020 Mart ayında PM_{10} kirletici konsantrasyonlarının Şanlıurfa (22,24 µg/m^3), Batman (27,04 µg/m^3), Adıyaman (28,35 µg/m^3), Diyarbakır (28,96 µg/m^3), Mardin (34,65 µg/m^3), Siirt (36,01 µg/m^3), Şırnak (55,14 µg/m^3), Gaziantep (48,58 µg/m^3) ve Kilis (96,46 µg/m^3) illerinde %60 oranında Kilis ili hariç azaldığı görülmektedir. Kilis ili ortalama PM_{10} konsantrasyonu ise 96.46 µg/m^3 olarak ölçülmüştür. Bu ilin yüksek değerde olması, bahar aylarında Sahra, Suriye ve Arap yarım adası çöllerinden gelen çöl tozlarına maruz kalması ve Kilis'in gelir seviyesi düşük bölgelerinde ısınma amaçlı yakıt olarak kalitesiz katı yakıt kullanımı, olarak sıralanabilir.

2010-2020 Nisan ayı verileri

Şeki 4.4.'teki 2010 Nisan ayı kirlilik haritasında görüldüğü üzere Şanlıurfa (49,24 μg/m^3) ve Gaziantep (48,07 μg/m^3) illerinin konsantrasyon değerleri, hava kirliliği kalitesi santandart değerleri arasında olduğu görülmektedir. Şırnak (107,37 μg/m^3), Siirt (102,59 μg/m^3), Batman (87,42 μg/m^3), Adıyaman (74,83 μg/m^3), Mardin (73,52 μg/m^3), Diyarbakır (70,84 μg/m^3) ve Kilis (70,03 μg/m^3) illerinin ise PM_{10} değerlerinin hava kirliliği kalitesi limit değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Şırnak ili için (107,37 μg/m^3)değer maxsimum seviyededir. Kirlilik etmenlerin inşaat alanları, kömür, maden ve taş ocakları olabileceği tahmin edilmektedir.



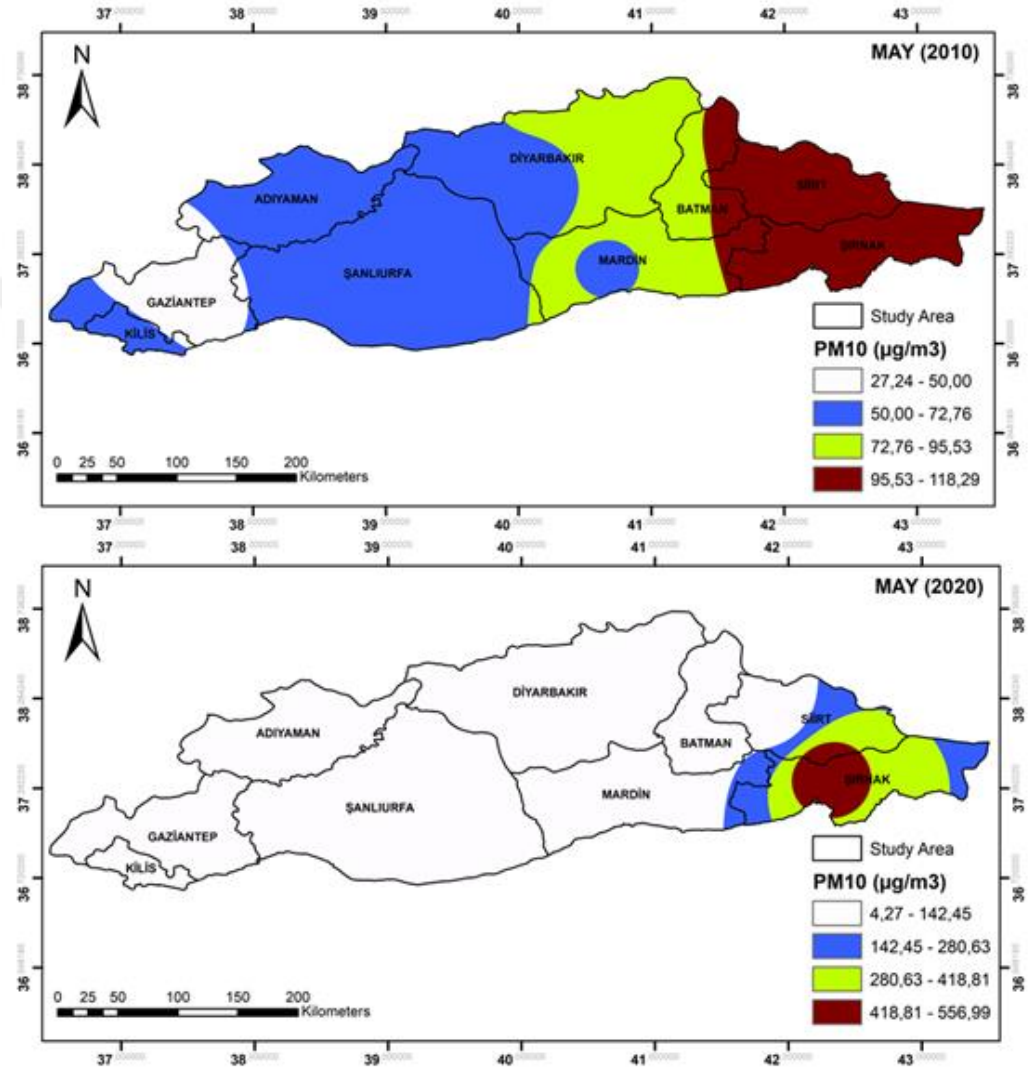
Şekil 4.4. Nisan ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları

2020'de Nisan ayında Şanlıurfa ve Batman illerinde ölçüm alınamamıştır. Yine Şekil 4.4.'te gösterildiği gibi Adıyaman, Diyarbakır, Mardin, Siirt, Gaziantep, Kilis ve Şırnak illerinin ölçüm değerleri sırasıyla; (22,52 µg/m^3), (22,16 µg/m^3), (10,69 µg/m^3), (23,96 µg/m^3), (35,95 µg/m^3), (60,60 µg/m^3) ve (97,11 µg/m^3) olarak ölçülmüştür. Mardin (10,69 µg/m^3) ili konsantrasyonu minimum seviyededir ancak Şırnak'ın rüzgarlar yardımıyla çöl tozu taşınımına maruz kalmış olması DSÖ PM_{10} konsantrasyon limit değerlerini aşmasına neden olmuştur.

2010-2020 Mayıs ayı verileri

Şekil 4.5.'teki 2010 Mayıs ayı hava kirlilik haritasında Gaziantep ilinin (27,23 µg/m^3) değeri ile hava kalitesi standartlarına uygun, Adıyaman (55,36 µg/m^3), Şanlıurfa (57,46 µg/m^3), Diyarbakır (69,84 µg/m^3), Mardin (70,02 µg/m^3), Kilis

(69,25 µg/m^3), Şırnak (118,29 µg/m^3), Siirt (117,23 µg/m^3) ve Batman (91,35 µg/m^3) illerinin PM_{10} konsantrasyonları ise; sıcaklıkların artması, tarımsal faaliyetlerin başlaması ve çöl tozlarının taşınımından dolayı hava kalitesi standartlarına uygun olmadığı görülmektedir.

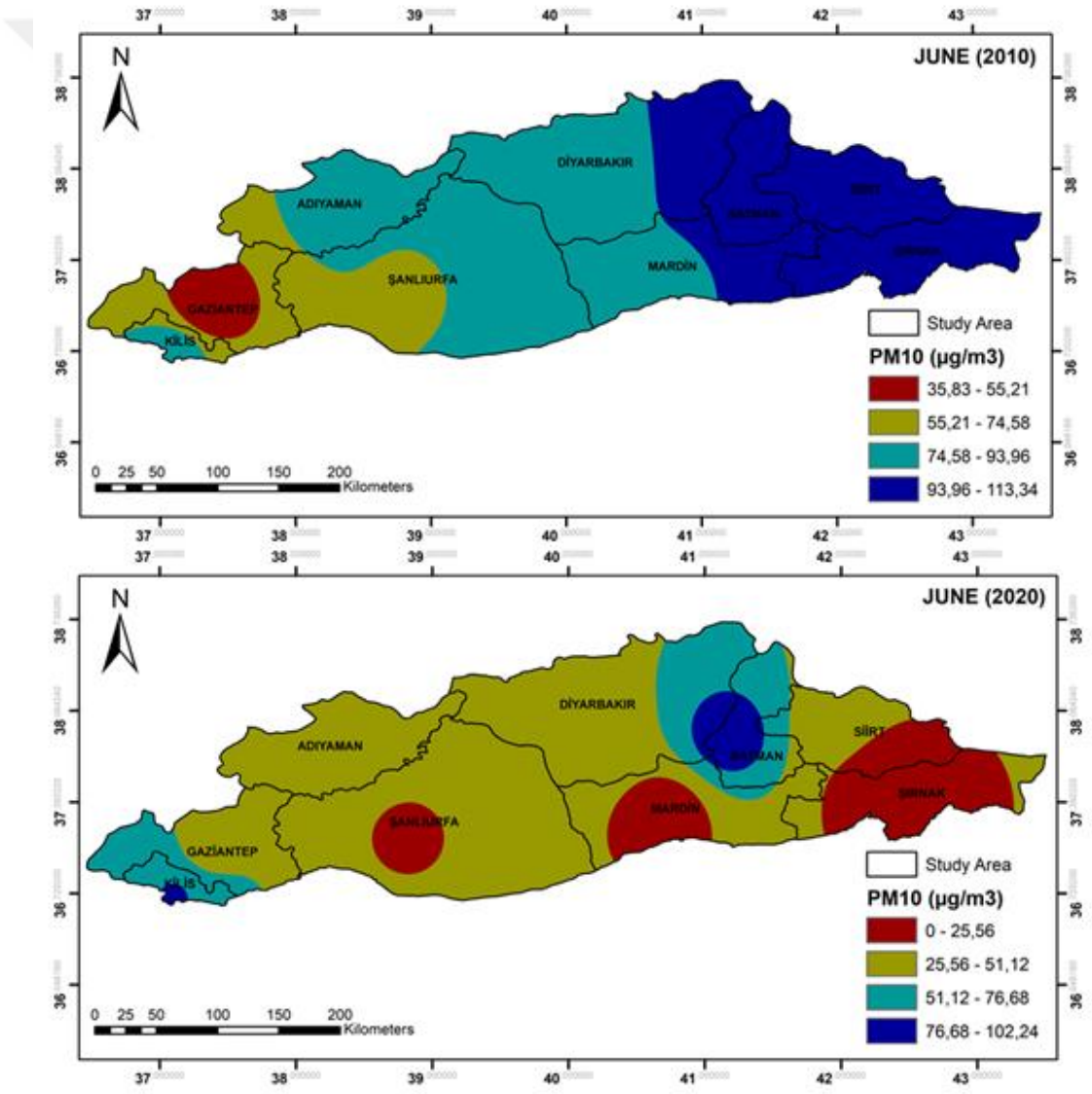


Şekil 4.5. Mayıs ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları

2020 Mayıs ayı hava kirlilik haritasında Mardin (4,27 µg/m^3), Şanlıurfa (17,98 µg/m^3), Adıyaman (29,38 µg/m^3), Siirt (29,76 µg/m^3), Batman (36,83 µg/m^3) ve Gaziantep (42,36 µg/m^3) illerinin PM_{10} konsantrasyon değerlerinin hava kalitesi standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir ancak Kilis (57,63 µg/m^3) ve Şırnak (557 µg/m^3) illeri hava kalitesi sınır değerini aşmıştır. Şırnak ilinin Suriye çöl bölgesine sınırının olması, güneyden ve doğudan gelen çöl tozları taşınımına maruz kalması nedeniyle DSÖ PM_{10} standartlarını aştığı belirlenmiştir.

- **2010-2020 Haziran ayı verileri**

Şekil 4.6.'daki 2010 Haziran ayı hava kirlilik haritasında Gaziantep ilinin (35,82 µg/m3) değeri ile hava kalitesi standartlarına uygun, Batman (113,34 µg/m^3), Siirt (113,23 µg/m^3), Şırnak (102,14 µg/m^3), Kilis (88,78µg/m^3), Mardin (87,35 µg/m^3) Diyarbakır (82,49 µg/m^3), Adıyaman (79,74 µg/m^3) ve Şanlıurfa (72,45µg/m^3) illerinin konsantrasyon değerleri DSÖ PM_{10} standartlarına göre hava kalitesi limit değerlerini aştığı belirlenmiştir.

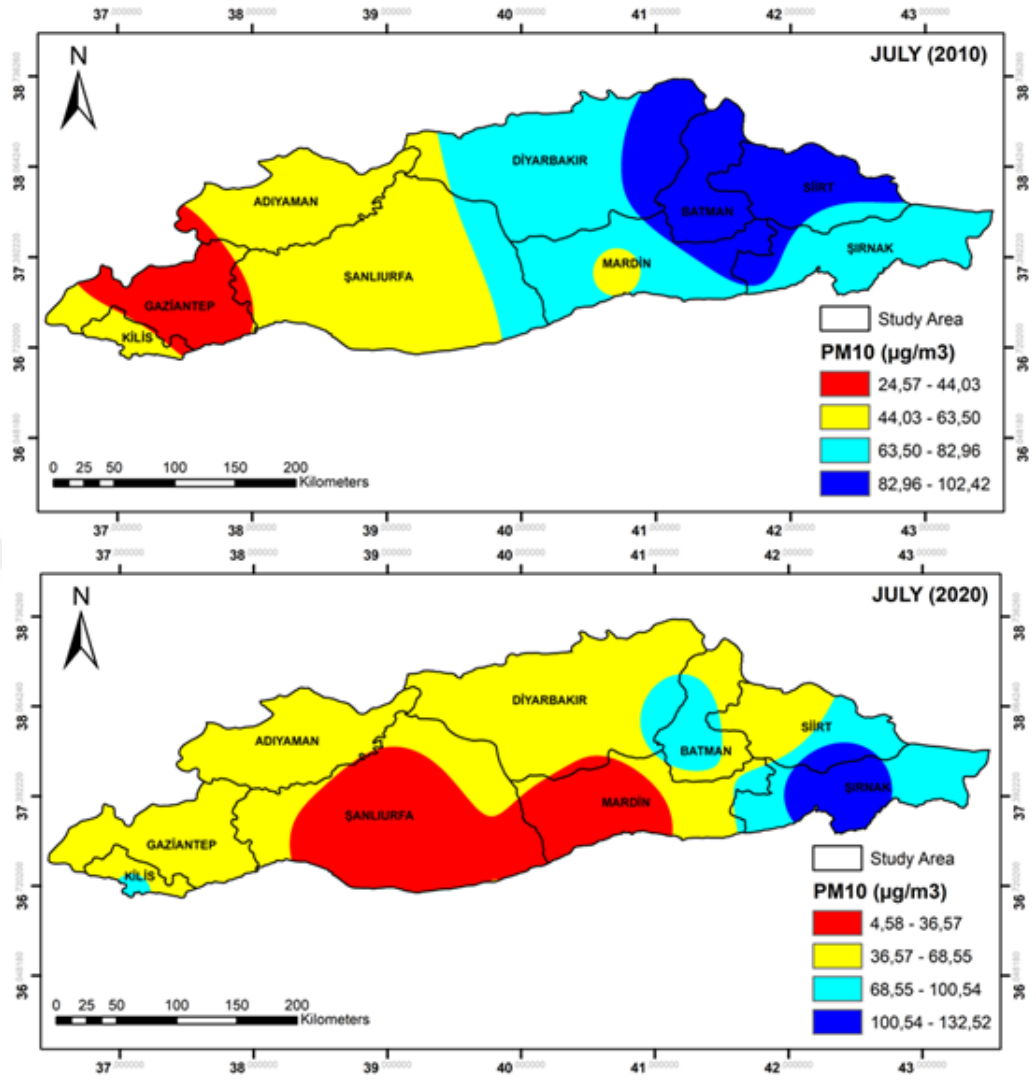


Şekil 4.6. Haziran ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları

2020 Haziran ayında Şırnak ili verileri alınamamıştır. Mardin (5,44 μg/m$^{3)}$, Diyarbakır (38,71 μg/m^3), Şanlıurfa (40,45 μg/m^3) en düşük konsantrasyonlar ile DSÖ hava kalitesi standartları dahilindedir. Kilis (79,11 μg/m^3), Batman (102,25 μg/m^3) en yüksek konsantrasyon değeri ile standartlara uygun olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.6.). Batman ilinde endüstride kullanılan katı yakıtların baca gazları, üretim sonucunda havaya salınan atık gazlar, meterolojik hava kirlilğine neden olan faktörler arasında sıralanabilmektedir (Kalıpçı ve Başer, 2019).

- **2010-2020 Temmuz ayı verileri**

Şekil 4.7.'deki 2010 Temmuz ayı hava kirlilik haritasında en düşük ölçüm değerleri Gaziantep (24,57 μg/m^3) ve Şanlıurfa (45,13 μg/m^3) illeri olup hava kirliliği standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir. Adıyaman (50,45 μg/m^3), Kilis (57,40 μg/m^3), Mardin (60,50 μg/m^3), Diyarbakır (71,80 μg/m^3), Şırnak (75,80 μg/m^3), Siirt (102,42 μg/m^3) ve Batman (101,54 μg/m^3) illeri yüksek ölçüm değerleri ile hava kirliliği standart değerlere uygun bulunmamıştır.

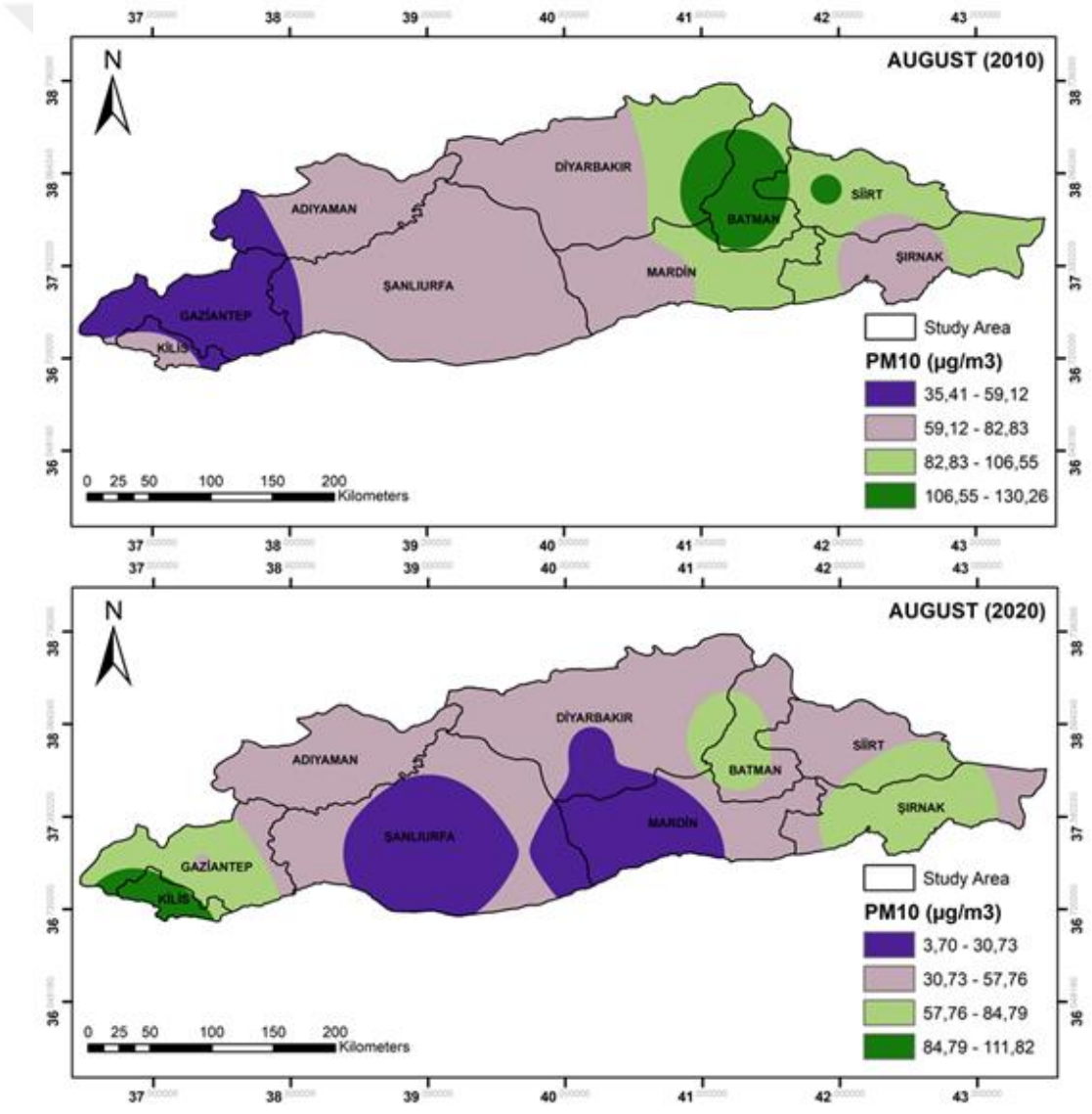


Şekil 4.7. Temmuz ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları

2020'de Siirt (37,02 µg/m^3), Şanlıurfa (18,14 µg/m^3), Adıyaman (48,23 µg/m^3), Gaziantep (46,09 µg/m^3), Diyarbakır (40,10 µg/m^3) ve Mardin (4,51 µg/m^3) illerinin PM_{10} konsantrasyon değerleri DSÖ PM_{10} standardına uygun en düşük ölçüm değerleri olarak belirlenmiştir. Şırnak (132,52 µg/m^3) ve Batman (87,14 µg/m^3) illeri ise temmuz ayında en yüksek konsantrasyonlarıyla DSÖ PM_{10} hava kirliliği standartlarına uygun bulunmamıştır. GAB illerinde tarımsal faaliyetler fazla olduğundan toprak işlemede kolaylık sağlamak için anızları yakmaktadırlar. Özellikle buğday hasatları sonrası tarlada kalan atık bitki saplarını yok etmek ve anız hızlı, maliyeti düşük ve pratik şekilde yapıldığından tercih edilmektedir (ŞTHEP, 2014-2019). Bu durumda havada PM_{10} artışına neden olduğu düşünülmektedir.

2010-2020 Ağustos ayı verileri

Şekil 4.8.'deki 2010 Ağustos ayı hava kirlilik haritasında en düşük ölçüm değeri Gaziantep (35,41 µg/m^3) ilinde ölçülmüş olup DSÖ PM_{10} hava kirliliği standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir. Şanlıurfa (68,58 µg/m^3), Adıyaman (60,41 µg/m^3), Diyarbakır (62,19 µg/m^3) Mardin (77,83 µg/m^3), Batman (130,26 µg/m^3), Siirt (107,94 µg/m^3) ve Kilis (67,66 µg/m^3) illerinde de ağustos ayının en yüksek konsantrasyon değerleri ile DSÖ PM_{10} hava kirliliği standartlarına uygun olmadıkları belirlenmiştir.

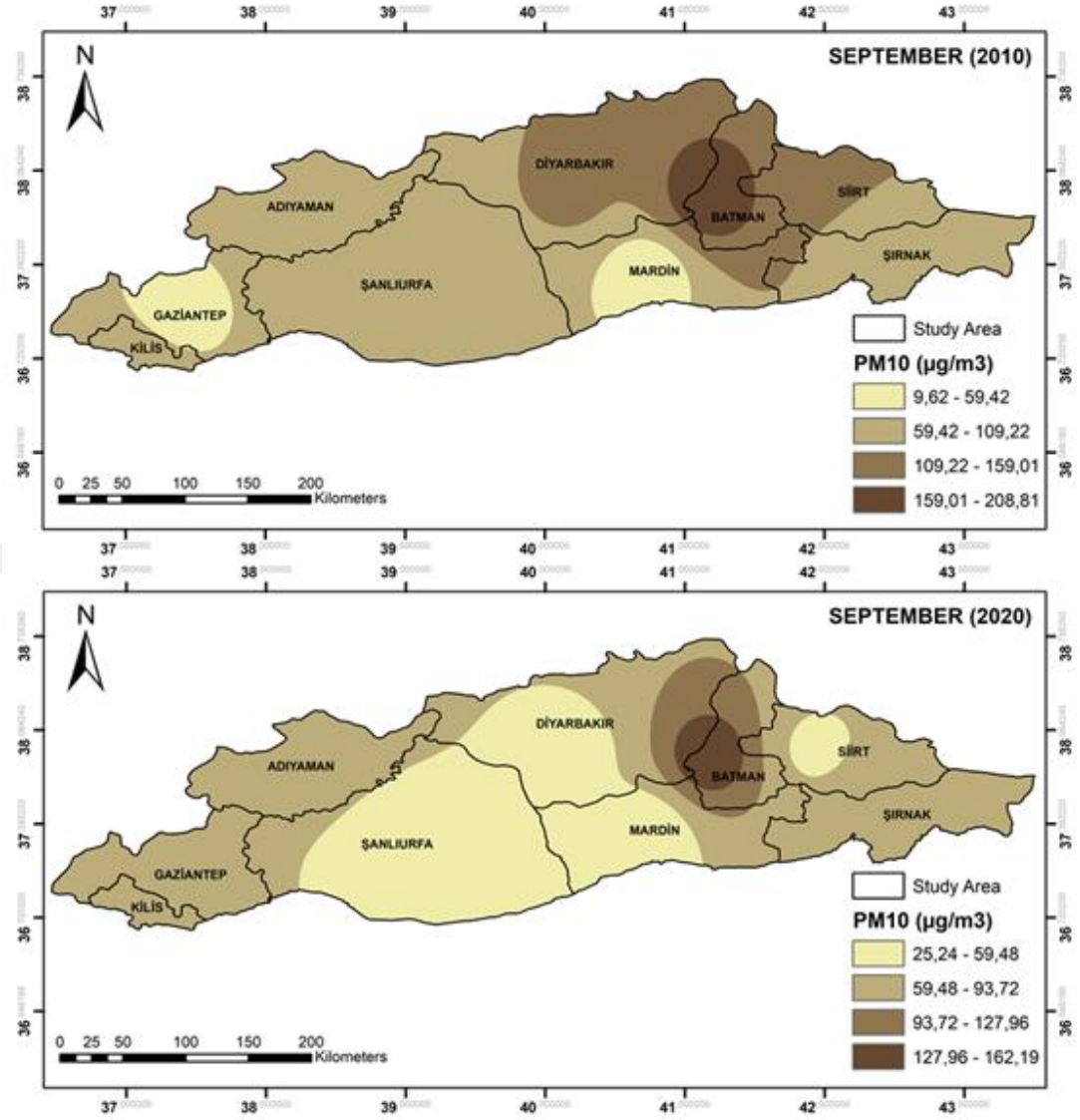


Şekil 4.8. Ağustos ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları

2020'de Şanlıurfa (15,96 μg/m^3), Mardin (3,70 μg/m^3), Adıyaman (36,90 μg/m^3), Diyarbakır (36,88 μg/m^3), Şırnak (36,88 μg/m^3) ve Siirt (36,88 μg/m^3) illerinin PM_{10} konsantrasyonları DSÖ hava kalitesi standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir. Batman (75,80 μg/m^3), Gaziantep (56,86 μg/m^3) ve Kilis (111,83 μg/m^3) illerinin DSÖ PM_{10} hava kirliliği standartlarını aştığı tespit edilmiştir. Kilis ili (111,83 μg/m^3) konsantrasyonu ile Ağustos ayının en yüksek konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir.

2010-2020 Eylül ayı verileri

Şekil 4.9.'daki 2010 Eylül ayı hava kirlilik haritasında en düşük ölçüm değeri Gaziantep (33,85 μg/m^3) ve Mardin (9,62 μg/m^3) ölçülmüş olup DSÖ PM_{10} hava kirliliği standartlarına uygundur. Kilis (91,76 μg/m^3), Adıyaman (88,53 μg/m^3), Şanlıurfa (89,75 μg/m^3), Şırnak (73,06 μg/m^3), Diyarbakır (118,35 μg/m^3), Siirt (138,51 μg/m^3) ve Batman (208,82 μg/m^3) illerinde ise yüksek konsantrasyon değerleri ile DSÖ PM_{10} hava kirliliği standartlarına uygun olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Eylül ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları

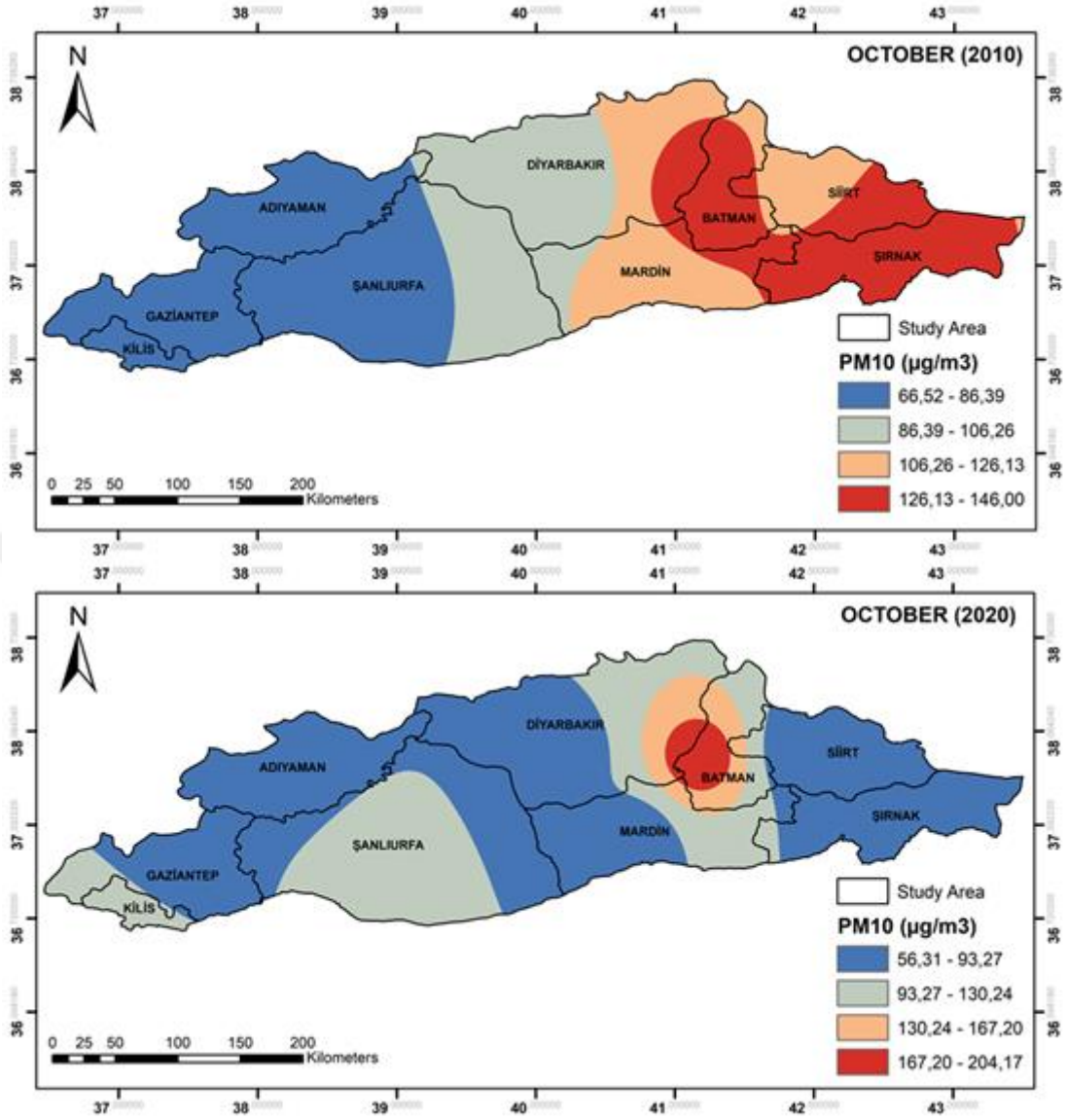
2020 yılında Şanlıurfa (35,15 µg/m^3), Mardin (25,24 µg/m^3), Diyarbakır (30,09 µg/m^3) ve Siirt (49,30 µg/m^3) illeri en düşük konsantrasyona sahip illerken; Adıyaman (82,49 µg/m^3), Gaziantep (65,02 µg/m^3), Kilis (91,65 µg/m^3), Şırnak (75,51 µg/m^3) ve Batman (162,20 µg/m^3) illeri en yüksek ölçüm değerleri ile DSÖ PM_{10} hava kirliliği standartlarına uygun bulunmamıştır.

Batman 2010 yılında 208,82 µg/m^3 iken 2020'de 162,20µg/m^3 ile yüksek konsantrasyon değeri olduğu belirlenmiştir. PM_{10} konsantrasyon değerine katkısı çok yüksek bir doğal kaynaktır. Diğer önemli kaynaklar ise, kömür, taş ve maden ocakları, inşaat alanları ve trafikdir. Adıyaman'da 2010 yılında PM_{10} 88,53 µg/m^3 ve

2020'de 82,49 μg/m^3 konsantrasyonu ile sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Bunu nedeni Çizelge 3.3'te belirtildiği gibi motorlu taşıt sayısının % 69,9 arttığından dolayı olabilir.

2010-2020 Ekim ayı verileri

Şekil 4.10.'daki 2010 Ekim ayı hava kirlilik haritasına bakıldığında Gaziantep (66,52 μg/m^3), Adıyaman (73,13 μg/m^3), Kilis (74,38 μg/m^3), Şanlıurfa (74,64 μg/m^3) Diyarbakır (90,19 μg/m^3), Mardin (111,06 μg/m^3), Siirt (115,18 μg/m^3), Şırnak (145,6 μg/m^3) ve Batman (146,01 μg/m^3) illerinin yapılan ölçüm sonucunda DSÖ PM_{10} sınır değerlerini aştığı belirlenmiştir. Bunun başlıca nedenlerinden biri sonbahar mevsimi, hava sıcaklıklarının 15-20°C'ye düşmesi ile esen rüzgarlar yardımıyla çöl tozlarına maruz kaldığı tahmin edilmektedir.



Şekil 4.10. Ekim ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları

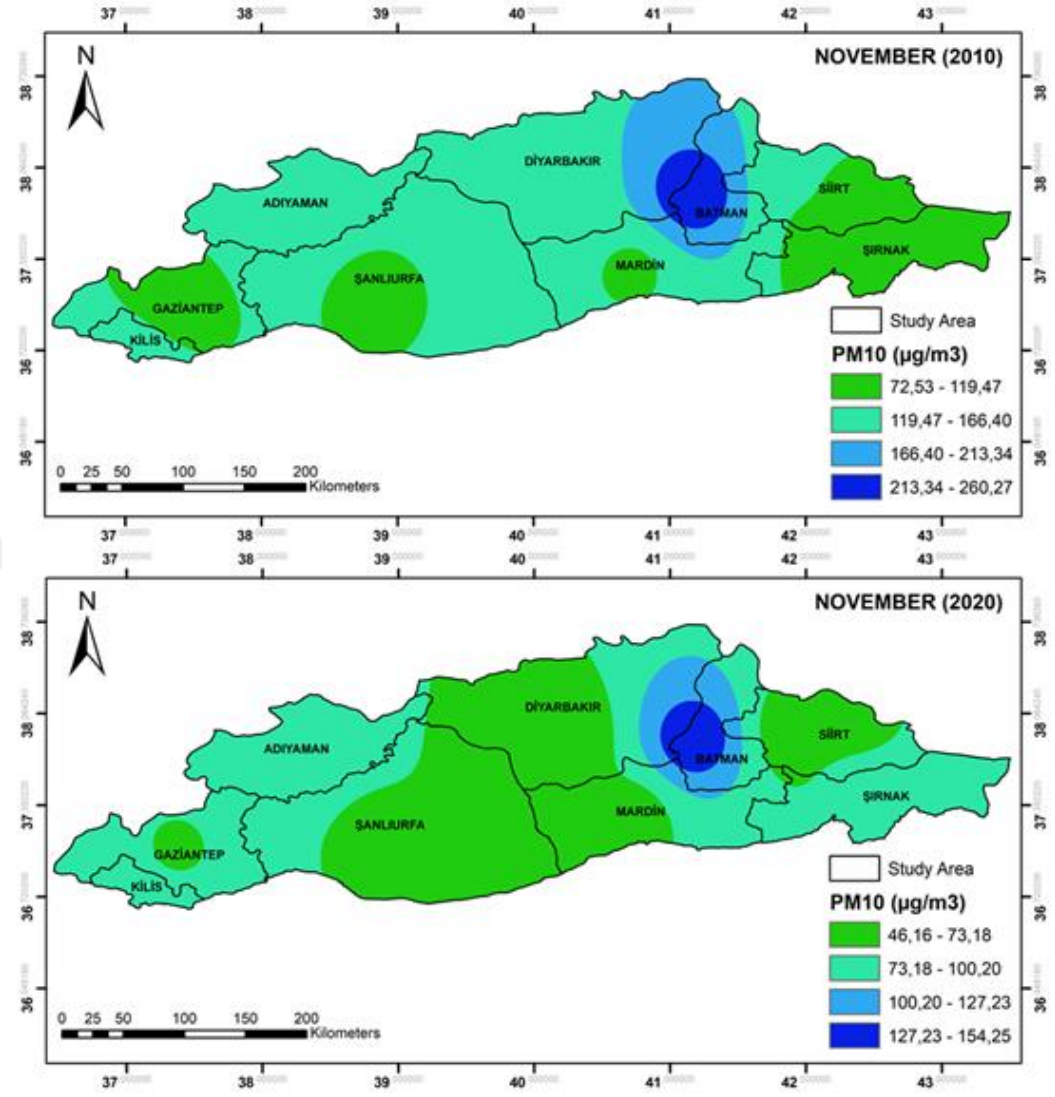
2020 yılında ise Siirt (56,30 µg/m^3), Mardin (69,48 µg/m^3), Diyarbakır (73,86 µg/m^3), Şırnak (76,96 µg/m^3), Gaziantep (81,31 µg/m^3), Adıyaman (81,73 µg/m^3), Şanlıurfa (103,91 µg/m^3), Kilis (107,15 µg/m^3) ve Batman (204,18 µg/m^3) illerinin ölçüm verilerine göre tüm GAB illerinin DSÖ PM_{10} hava kalitesi kirlilik değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir.

2010 yılında en yüksek Batman 146,01 µg/m3'dür, 2020 yılında ise yine Batman 204,18 µg/m3 değeri sınır değerlerin üstündedir. Batman ilinin çanak şeklinde olması, inversiyonlu günlerin fazla olması, Tüpraş ve Türkiye Petrolleri tesisleri gibi sanayi kuruluşlarının etkisi bulunmaktadır. 2010 ve 2020 yıllarında

Ekim ayında konsantrasyon değerlerinin standartların üzerinde çıkması özellikle sınır illerin maxsimum seviyede olması son bahar mevsimi ayları olmasından dolayı çöl tozları taşınımının arttığı düşünülmektedir.

- **2010-2020 Kasım ayı verileri**

Şekil 4.11.'deki 2010 Kasım ayı hava kirlilik haritasında Şırnak (72,53 μg/m^3), Gaziantep (97, μg/m^3), Şanlıurfa (107,08 μg/m^3), Mardin (108,68 μg/m^3), Siirt (121,98 μg/m^3), Diyarbakır (139,51 μg/m^3); Kilis (140,47 μg/m^3), Adıyaman (163,79 μg/m^3) ve Batman (260,28 μg/m^3) illerinin DSÖ PM_{10} konsantrasyon standart değerlerine uygun olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Kasım ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları

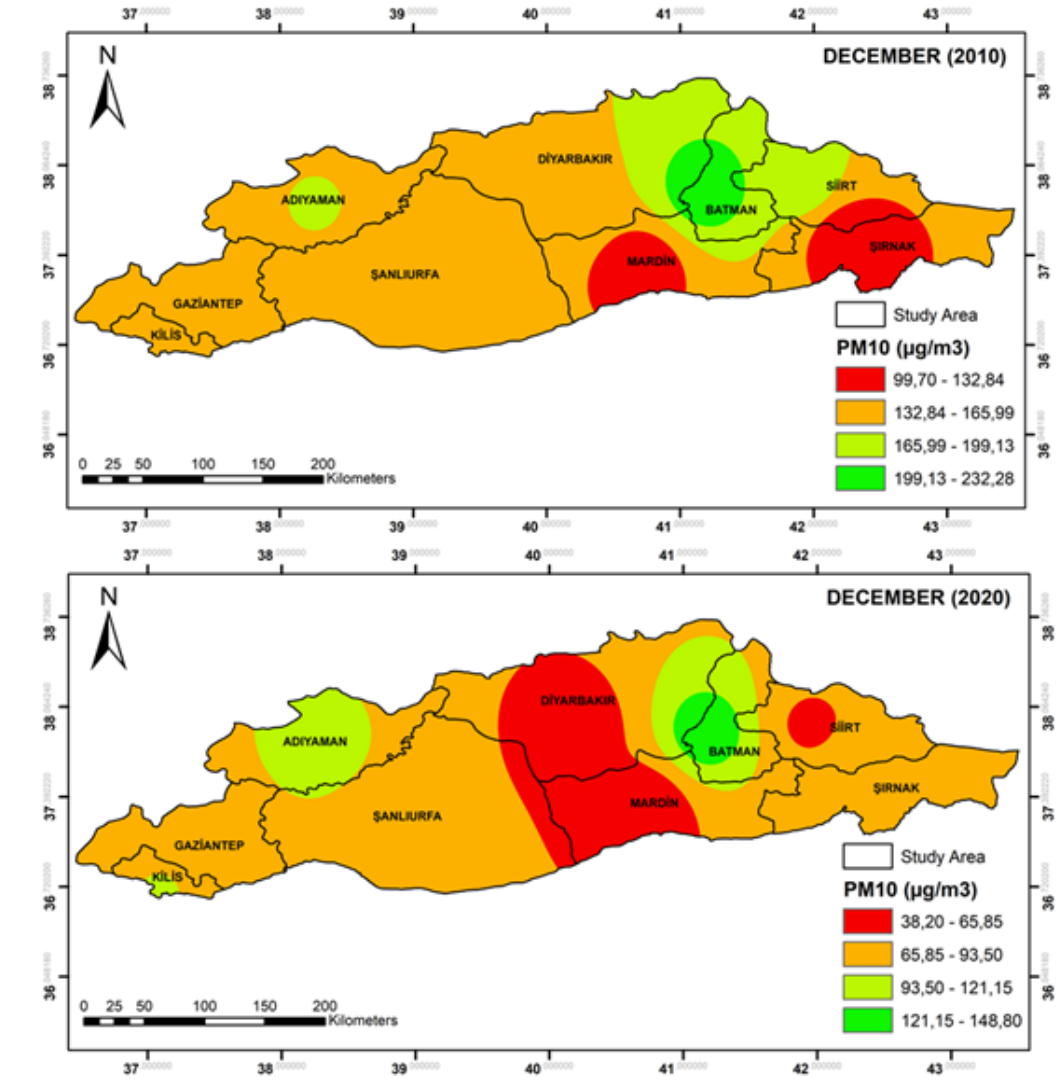
2020'de ise Siirt (50,31 µg/m^3), Mardin (60,11 µg/m^3), Şanlıurfa (68,43 µg/m^3), Gaziantep (70,28 µg/m^3), Şırnak (77,39 µg/m^3), Adıyaman (87,93 µg/m^3), Kilis (89,89 µg/m^3) ve Batman (154,25 µg/m^3) illerinin konsantrasyon değerlerinin DSÖ PM_{10} sınır değerleri aştığı tespit edilmiştir. Bu yüksek konsantrasyon değerlerinin çıkma nedeni hala bazı kesimlerde doğal gaz kullanımına geçilmemiş olmasının büyük etkisi olduğu belirlenmiştir.

2010 yılı Kasım ayı en düşük ölçüm değeri Şırnak 72,53 µg/m3 iken 2020' de Batman ve Kilis'ten sonra gelmektedir. Bu üç ilimizde kış mevsiminden dolayı banliyö bölgelerinde katı yakacak olarak kömür ve türevleri kullanımı devam

etmektedir. GAB illerinin kış mevsimi olmasından dolayı 2010 ve 2020 yılları konsantrasyon değerlerinin DSÖ PM_{10} sınır değerleri aştığı tespit edilmiştir.

2010-2020 Aralık ayı verileri

Şekil 4.12.'deki 2010 Aralık ayı hava kirlilik haritasında Şırnak (99,70 µg/m^3), Mardin (104,09 µg/m^3), Siirt (189,35 µg/m^3), Şanlıurfa (135,93 µg/m^3), Gaziantep (133,96 µg/m^3), Kilis (137,87 µg/m^3), Diyarbakır (157,78 µg/m^3), Adıyaman (169,60 µg/m^3) ve Batman (232,2 µg/m^3) illerinin PM_{10} konsantrasyon değerleri ile DSÖ hava kirliliği standartlarına uygun olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.12. Aralık ayı 2010-2020 PM_{10} konsantrasyonları

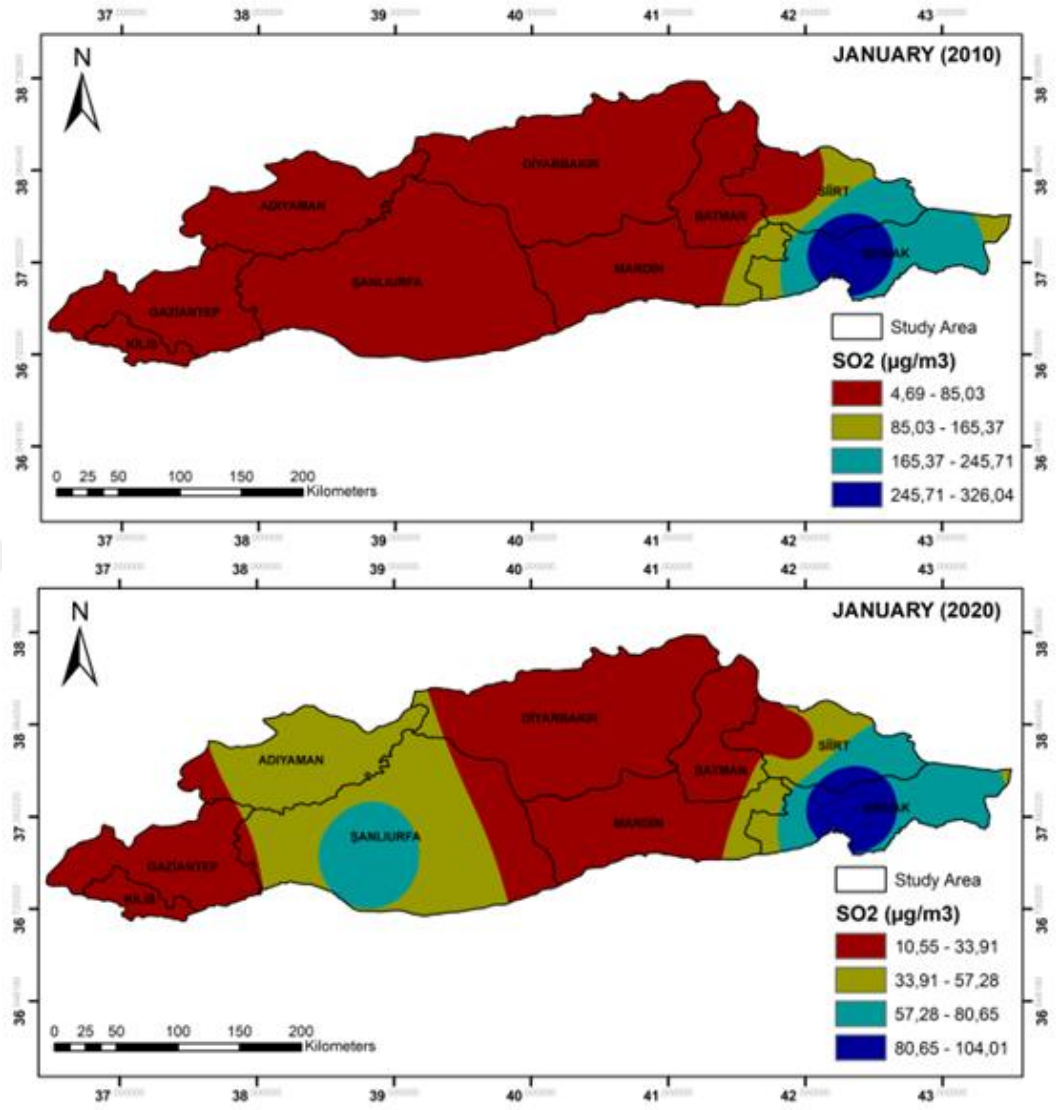
2020 yılı Aralık ayında ise Mardin (38,20 µg/m^3) ve Diyarbakır (46,64 µg/m^3) illerinin konsantrasyon değerleri DSÖ PM_{10} standartlara uygun olduğu belirlenmiştir fakat Siirt (60,68 µg/m^3), Şırnak (73,97 µg/m^3), Gaziantep (72,40 µg/m^3), Şanlıurfa (80,35 µg/m^3), Kilis (95,85 µg/m^3) Adıyaman (103,99 µg/m^3) ve Batman (148,8 µg/m^3) illerinin konsantrasyon değerlerinin DSÖ PM_{10} sınır değerlerinin aştığı tespit edilmiştir.

2010 Aralık ayında en yüksek Batman 232,2 µg/m3' ve 2020'de 148,8 µg/m3 değerine azalmaya başladığı belirlendi. Mardin'de ise 2010 yılında 104,09µg/m3 iken 2020 yılı Aralık ayında ise en düşük Mardin 38,20 µg/m3'tür. Bu azalmaların doğalgaza geçişin etkisi ile olduğu belirlenmiştir. 2010 yılı ile 2020 yılını karşılaştırma yapıldığında konsantrasyon değerlerinde düşüş olduğu belirlenmiştir.

4.2. SO_2 Dağılımları

2010-2020 Ocak ayı verileri

Şekil 4.13.'deki 2010 Ocak ayı hava kirlilik haritasında illere göre SO_2 ölçüm verileri Adıyaman (5,27 µg/m^3), Batman (14,19 µg/m^3), Diyarbakır (24,86 µg/m^3), Gaziantep (30,00 µg/m^3), Kilis (4,69 µg/m^3), Mardin (57,30 µg/m^3), Siirt (44,77 µg/m^3), Şanlıurfa (10,97 µg/m^3), Şırnak (326,05 µg/m^3) 'dür. Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa illerinde konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır. Mardin, Siirt ve Şırnak ilimiz kış döneni limit değerlerini aştığı belirlenmiştir. Şırnak ili ise (326,05 µg/m^3) konsantrasyon değeri ile DSÖ SO_2 limit değerlerinin çok üstünde ve tehlikeli bir seviyede çıkmıştır.



Şekil 4.13. Ocak ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları

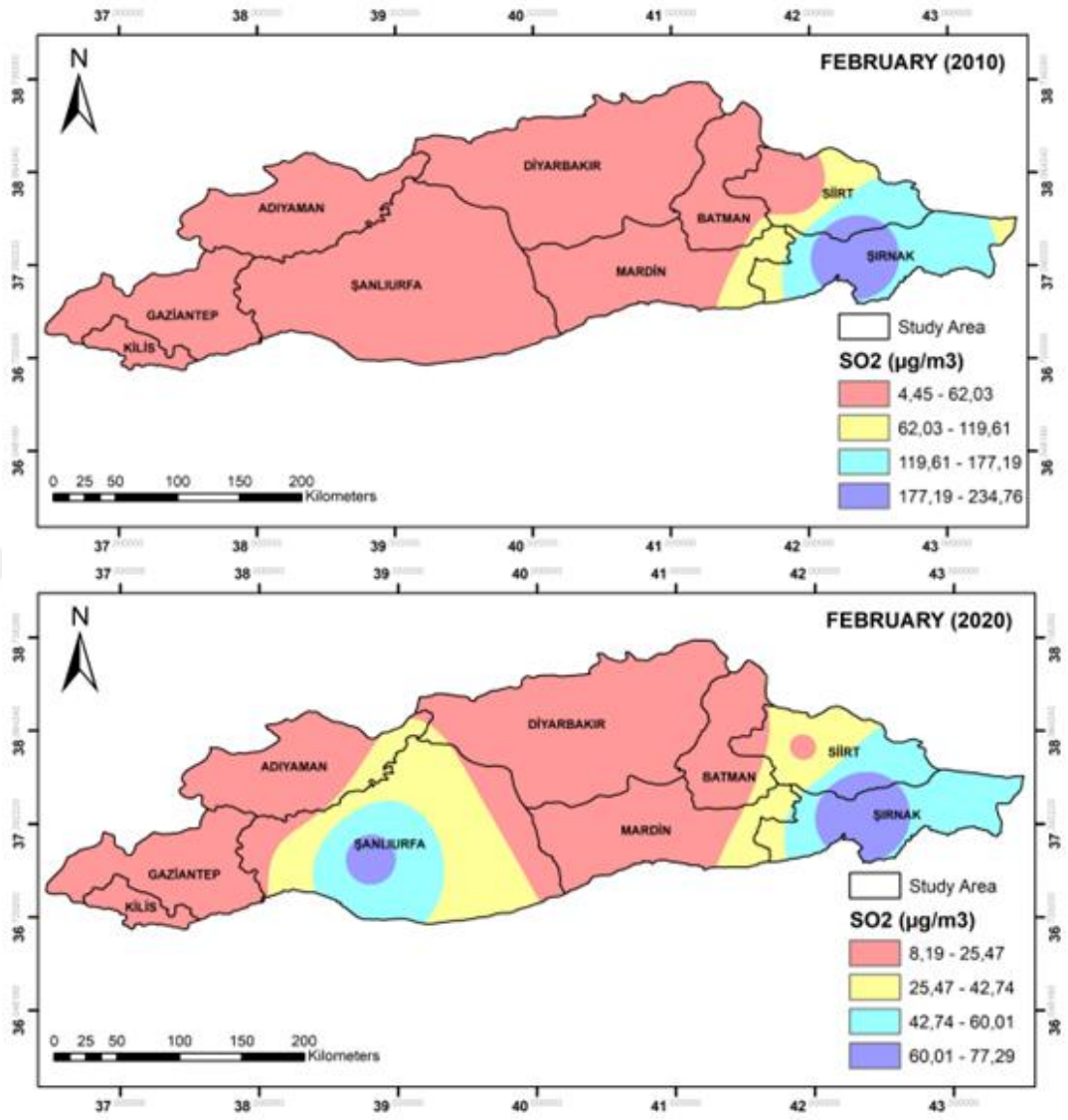
2020 yılında ise illerin konsantrasyon değerleri Adıyaman (43,29 µg/m^3), Batman (10,54 µg/m^3), Diyarbakır (11,72 µg/m^3), Gaziantep (10,72 µg/m^3), Kilis (15,19 µg/m^3), Mardin (19,38 µg/m^3), Siirt (29,45 µg/m^3), Şanlıurfa (70,89 µg/m^3), Şırnak (104,01 µg/m^3)'dür. Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin illerinde konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır. Şanlıurfa ili (70,89 µg/m^3), Siirt (29,45 µg/m^3) ile Şırnak ili ise (104,01 µg/m^3) konsantrasyon değeri ile kış dönemi limit değerlerinin üstünde çıkmıştır.

Şırnak 2010 yılında 326,05 µg/m3 ölçülmüş olup 2020 yılında 104,01 konsantrasyon değeri ile DSÖ SO_2 limit değerlerinin çok üstünde tehlikeli seviyede çıkmıştır. Şanlıurfa'nın 2010 da 10,97 iken 2020 de 70,89 değeri ile yükselmiştir.

Çizelge 4.3.'te görüldüğü üzere taşıt kullanımı %31,6 oranında artmış olması, kış mevsimi olması ve kırsal bölgelerde kalitesiz kömürün ısınmada kullanılmaya devam edilmesidir. SO_2 konsantrasyonlarında Şırnak ve diğer illerde de genel olarak doğalgaz kullanımının artmasıyla orantılı olarak azalma tespit edildi.

2010-2020 Şubat ayı verileri

Şekil 4.14'teki kirlilik haritasında 2010 yılı Şubat ayında Adıyaman (4,44 µg/m^3), Batman (14,86 µg/m^3), Diyarbakır (19,98 µg/m^3), Gaziantep (32,14µg/m^3), Kilis (10,68 µg/m^3), Mardin (49,98 µg/m^3), Siirt (37,97 µg/m^3), Şanlıurfa (10,63 µg/m^3), Şırnak (234,77µg/m^3) 'dür. Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa illerinde konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır. Siirt, Mardin, Şırnak ili ise konsantrasyon değeri ile kış dönemi limit değerlerinin çok üstünde tehlikeli seviyede olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.7. Şubat ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları

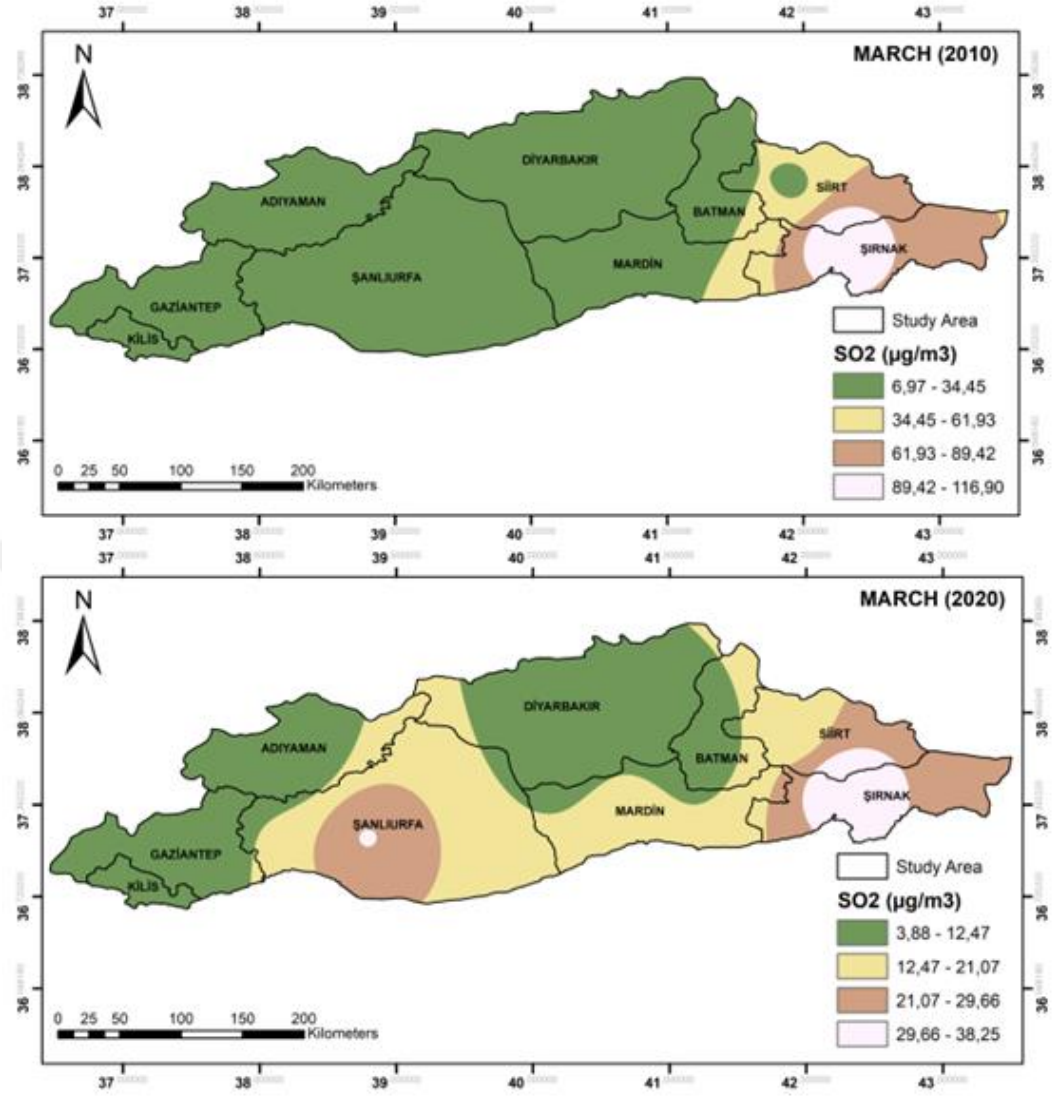
2020 yılında ise illerin konsantrasyon değerleri Adıyaman(9,824 µg/$m^{3)}$, Batman (8,19 µg/m^3), Diyarbakır (10,74 µg/$m^{3)}$, Gaziantep (9,79 µg/$m^{3)}$, Kilis (11,30 µg/m^3), Mardin (20,82 µg/m^3), Siirt (24,28 µg/m^3), Şanlıurfa (65,17 µg/m^3), Şırnak (77,29 µg/m^3)'dür. Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, illerinde konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır. Şanlıurfa, Mardin, Siirt ve Şırnak ile kış dönemi limit değerleri üstünde çıkmıştır.

2010 yılında Şırnak ili ise 234,77 µg/m^3 konsantrasyon değeri ile DSÖ SO_2 limit değerlerinin üstünde olduğu belirlenmiştir. 2020' de ise illerin konsantrasyon değerleri en düşük olanı 8,19 µg/m^3 ile Batman. Şırnak 77,29 µg/m^3 konsantrasyon

değerleri ile en yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon değeri doğalgaza geçişle kısmen azalmıştır bunun nedeni Şırnak'ta bulunan asfaltit kaynağının termik santral kurulmasına imkan sağladığı ve asfaltitin yakacak olarak kullanılması durumunda SO_2 konsantrasyonunda düşüş olmayacağı belirlenmiştir (Demirci ve ark., 2019).

2010-2020 Mart ayı verileri

Şekil 4.15.'teki kirlilik haritası 2010 yılı Mart ayındaki GAB illerinin SO_2 konsantrasyon dağılımlarını göstermektedir. Haritaya göre konsantrasyon dağılımları; Adıyaman (6,97 μg/m^3), Batman (13,07 μg/m^3), Diyarbakır (16,64 μg/m^3), Gaziantep (21,65 μg/m^3), Kilis (12,45 μg/m^3), Mardin (30,01 μg/m^3), Siirt (31,02 μg/m^3), Şanlıurfa (8,83 μg/m^3), Şırnak (116,90 μg/m^3) olarak sonuçlanmıştır. Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa illerinde konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır. Şırnak ve Mardin ili ise konsantrasyon değerleri ile DSÖ SO_2 kış dönemi limit değerlerinin üstünde çıkmıştır. İlk bahar mevsiminin hafif serin geçmesi bazı kesimlerde sobaların kullanımına devam ettiği ve dolayısıyla kullanılan yakacaklardan kaynaklı olarak Şırnak ili DSÖ SO_2 limit değerlerinin üstünde olduğu belirlenmiştir.

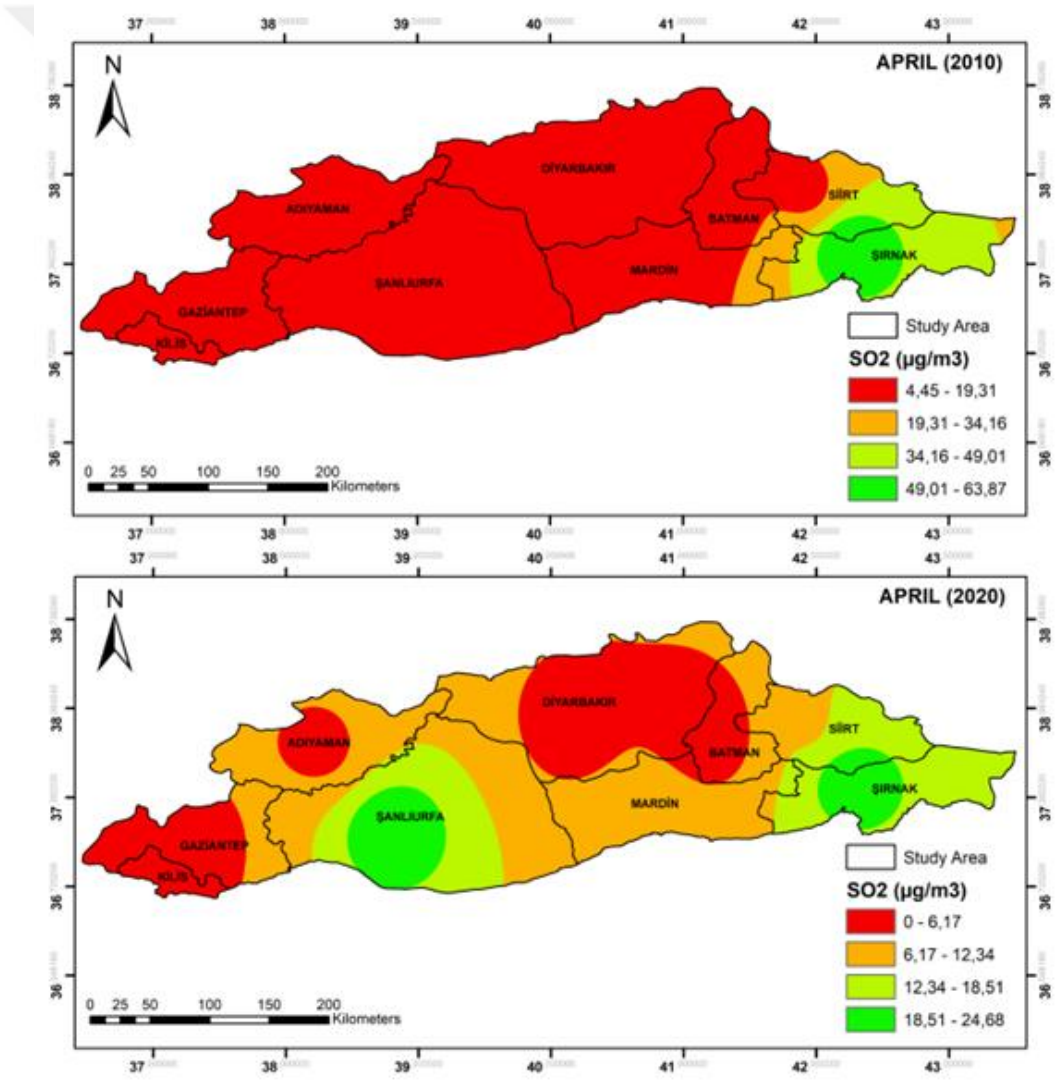


Şekil 4.15. Mart ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları

2020 yılında ise illerin konsantrasyon değerleri; Adıyaman (5,98 µg/m^3), Batman (3,88 µg/m^3), Diyarbakır (7,41 µg/m^3), Gaziantep (9,03 µg/m^3), Kilis (8,48 µg/m^3), Mardin (15,12 µg/m^3), Siirt (16,88 µg/m^3), Şanlıurfa (29,95 µg/m^3) ve Şırnak (38,25 µg/m^3)'tür. GAB illerin konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır Şırnak dışında. Şırnak kış dönemi limit değerleri üzerinde ölçülmüştür. Havaların biraz daha ısınması ve doğalgaza geçmeye başladıktan sonra hava kalitesi kirlilik parametrelerinde düşüş olduğu belirlenmiştir.

2010-2020 Nisan ayı verileri

Şekil 4.16.'daki kirlilik haritasına bakıldığında 2010 yılı Nisan ayında Adıyaman (9,02 µg/m^3), Batman (7,98 µg/m^3), Diyarbakır (13,41 µg/m^3), Gaziantep (5,94 µg/m^3), Kilis (4,45 µg/m^3), Mardin (11,98 µg/m^3), Siirt (14,43 µg/m^3), Şanlıurfa (5,14 µg/m^3) ve Şırnak (63,87 µg/m^3)'tür. GAB'nin illerinden Şırnak hariç diğerlerinin konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır. Şırnak ili ise 63,87 µg/m^3 konsantrasyon değeri ile limit değerlerinin üstünde olduğu belirlenmiştir.



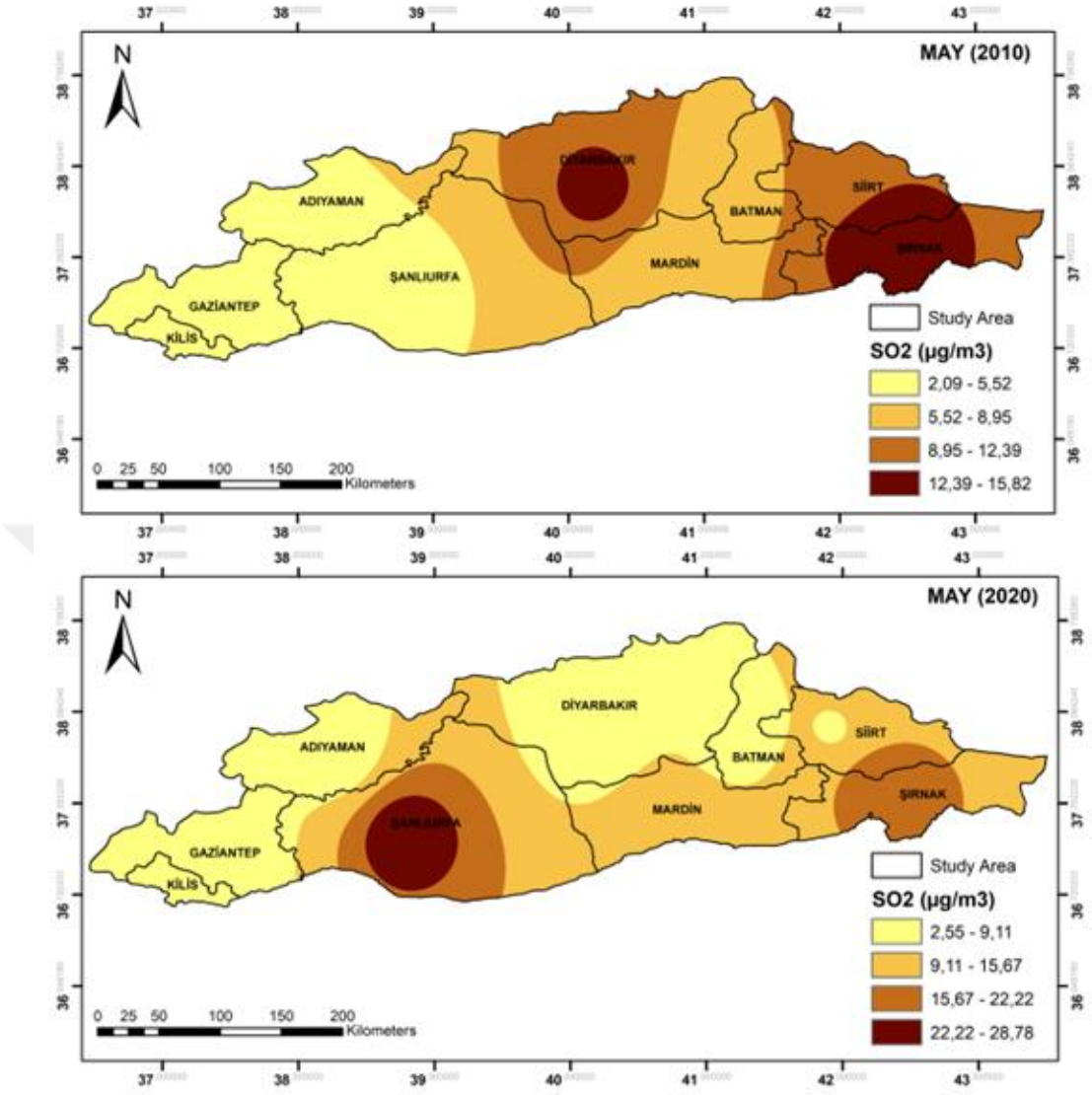
Şekil 4.16. Nisan ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları

2020' de ise illerin konsantrasyon değerleri Adıyaman (4,55 µg/m^3), Diyarbakır (3,06 µg/m^3), Gaziantep (4,97 µg/m^3), Kilis (4,12 µg/m^3), Mardin (11,20

μg/m^3), Siirt (11,63 μg/m^3), Şanlıurfa (24,68 μg/m^3) ve Şırnak (22,32 μg/m^3) olarak ölçülmüştür. Tüm illerin konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır. Havaların ısınması ve ilk bahar mevsimi olmasından dolayı hava kalitesi kirlilik parametrelerinde düşüş olduğu belirlenmiştir.

- **2010-2020 Mayıs ayı verileri**

Şekil 4.17.'deki kirlilik haritasına göre 2010 yılı Mayıs ayı SO_2 konsantrasyonları Adıyaman (5,29 μg/m^3), Batman (5,93 μg/m^3), Diyarbakır (14,07 μg/m^3), Gaziantep (5,19 μg/m^3), Kilis (2,09 μg/m^3), Mardin (6,35 μg/m^3), Siirt (9,74 μg/m^3), Şanlıurfa (3,58 μg/m^3) ve Şırnak (15,82 μg/m^3) olarak ölçülmüştür. GAB illerinde konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır.

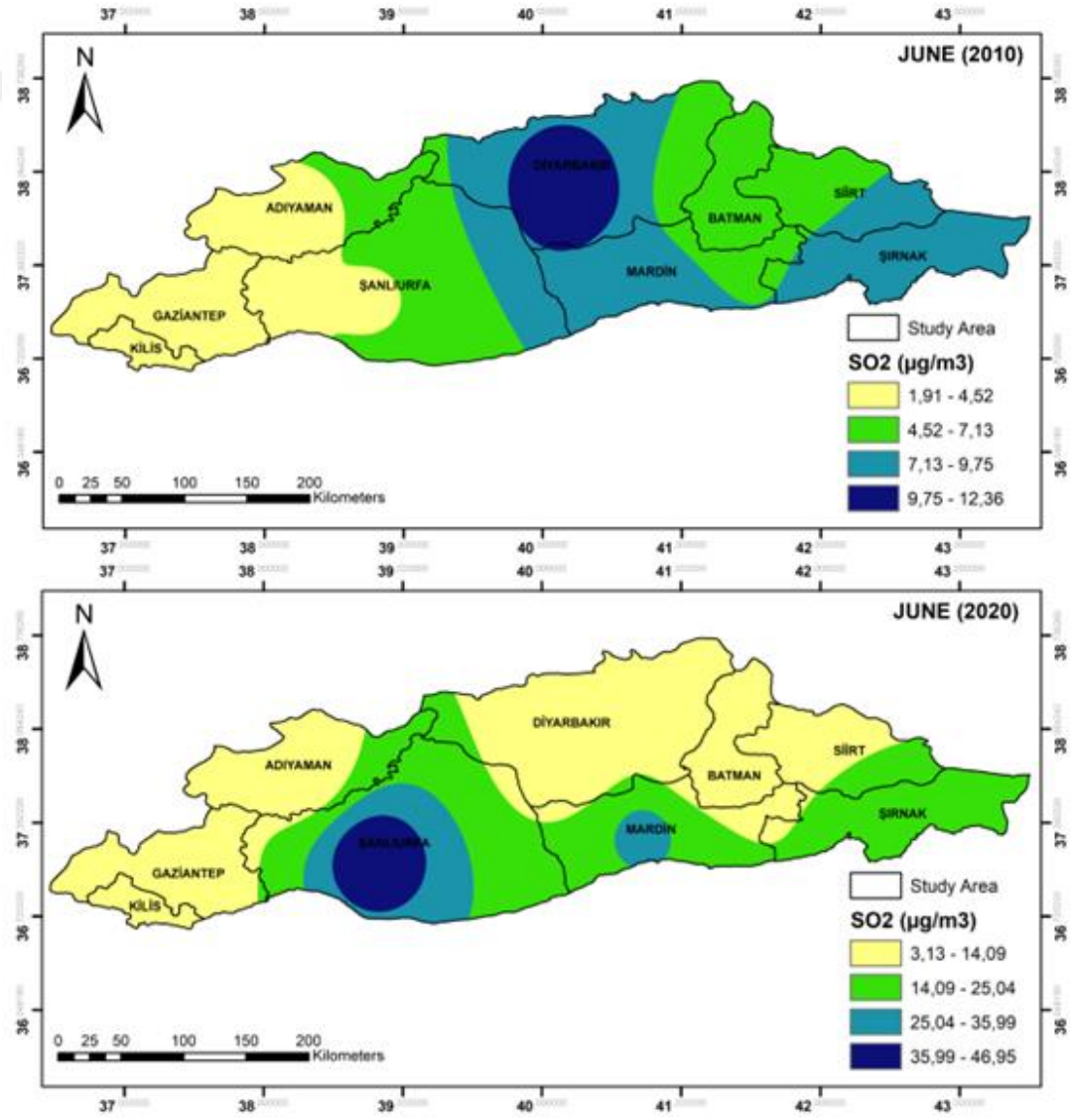


Şekil 4.17. Mayıs ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları

2020 yılında ise illerin konsantrasyon değerleri; Adıyaman (4,04 µg/m^3), Batman (5,65 µg/m^3), Diyarbakır (2,55 µg/m^3), Gaziantep (3,01 µg/m^3), Kilis (4,02 µg/m^3), Mardin (15,46 µg/m^3), Siirt (8,63 µg/m^3), Şanlıurfa (28,78 µg/m^3), Şırnak (20,46 µg/m^3) 'tür. Tüm illerin konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır. İlk bahar mevsimi olmasından dolayı hava kalitesi kirlilik parametreleri normal değerlerde olduğu tahmin edilmektedir.

2010-2020 Haziran ayı verileri

Şekil 4.18.'deki kirlilik haritası 2010 yılı Haziran ayında GAB illerinin SO_2 konsantrasyonlarını göstermektedir. Adıyaman (4,27 µg/m^3), Batman (4,79 µg/m^3), Diyarbakır (12,36 µg/m^3), Gaziantep (3,91 µg/m^3), Kilis (1,91 µg/m^3), Mardin (8,18 µg/m^3), Siirt (6,29 µg/m^3), Şanlıurfa (4,36 µg/m^3), Şırnak (8,27 µg/m^3) 'tür. GAB illerinde konsantrasyon değerleri hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasında olduğu belirlenmiştir.



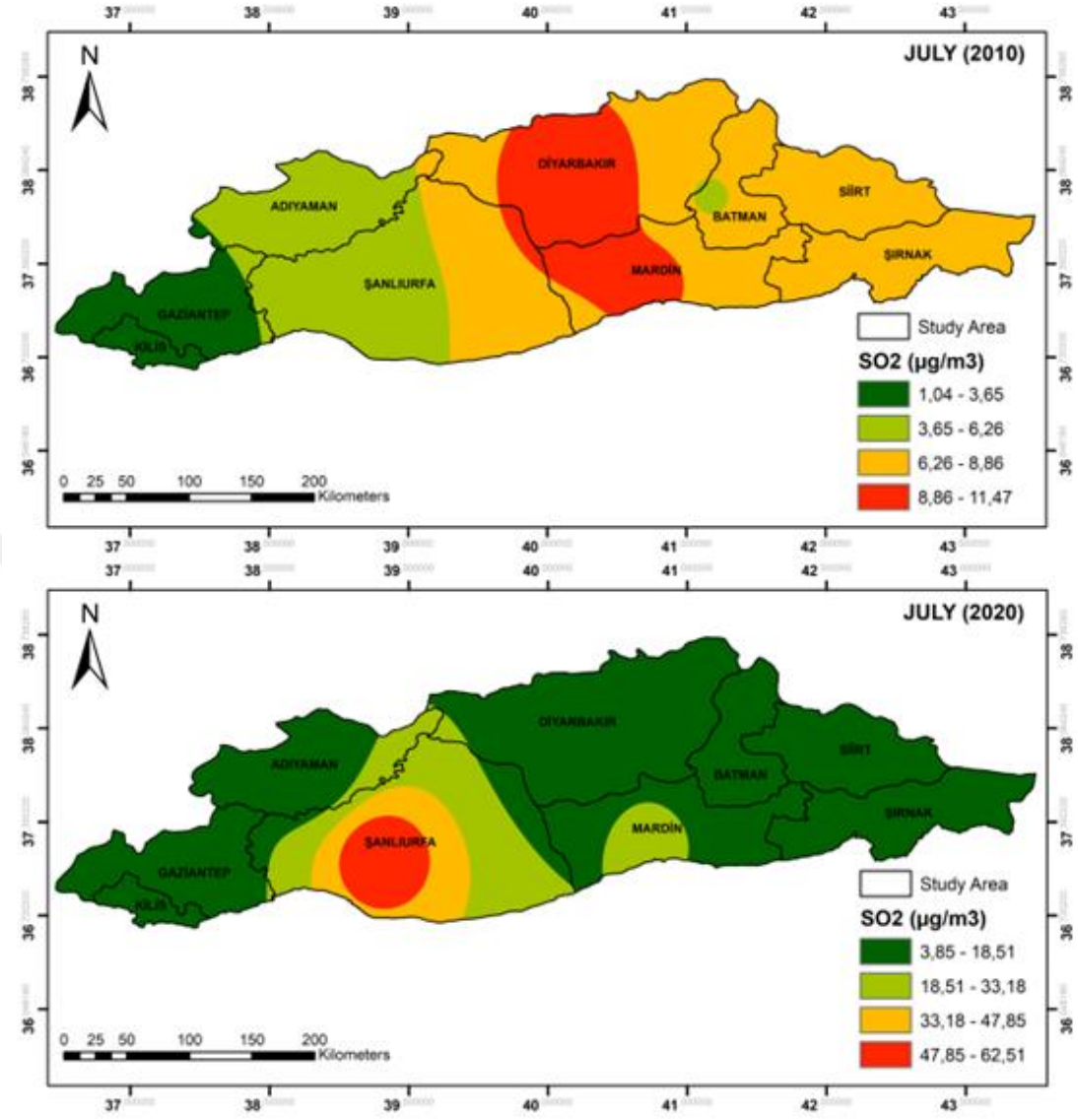
Şekil 4.18. Haziran ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları

2020 yılında ise illerin konsantrasyon değerleri Adıyaman (4,32 µg/m^3), Batman (4,40 µg/m^3), Diyarbakır (3,13 µg/m^3), Gaziantep (7,00 µg/m^3), Kilis (4,42

μg/m^3), Mardin (28,63 μg/m^3), Siirt (9,07 μg/m^3), Şanlıurfa (46,95 μg/m^3), Şırnak (18,31 μg/m^3) 'tür. Şanlıurfa 2010'da 4,36 μg/m^3 'den 2020'de 46,95 μg/m^3 değerine yükseldiği belirlendi. Bölgenin tarım alanı olması ve yaz aylarında hasat yapılıp anız yakıldığından dolayı artış olduğu söylenebilir. 2010-2020 yıllarında Haziran ayında GAB'nin illerinde SO_2 konsantrasyon değerleri hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır.

2010-2020 Temmuz ayı verileri

Şekil 4.19.'daki kirlilik haritasına bakıldığında 2010 yılı Temmuz ayında Adıyaman (4,32 μg/m^3), Batman (6,01 μg/m^3), Diyarbakır (11,47 μg/m^3), Gaziantep (2,72μg/m^3), Kilis (1,04 μg/m^3), Mardin (9,38 μg/m^3), Siirt (8,44 μg/m^3), Şanlıurfa (5,78 μg/m^3), Şırnak (8,27 μg/m^3) 'dür. GAB'nin illerinde konsantrasyon değerleri hava kalitesi kirliliği DSÖ SO_2 limit değerleri arasındadır.

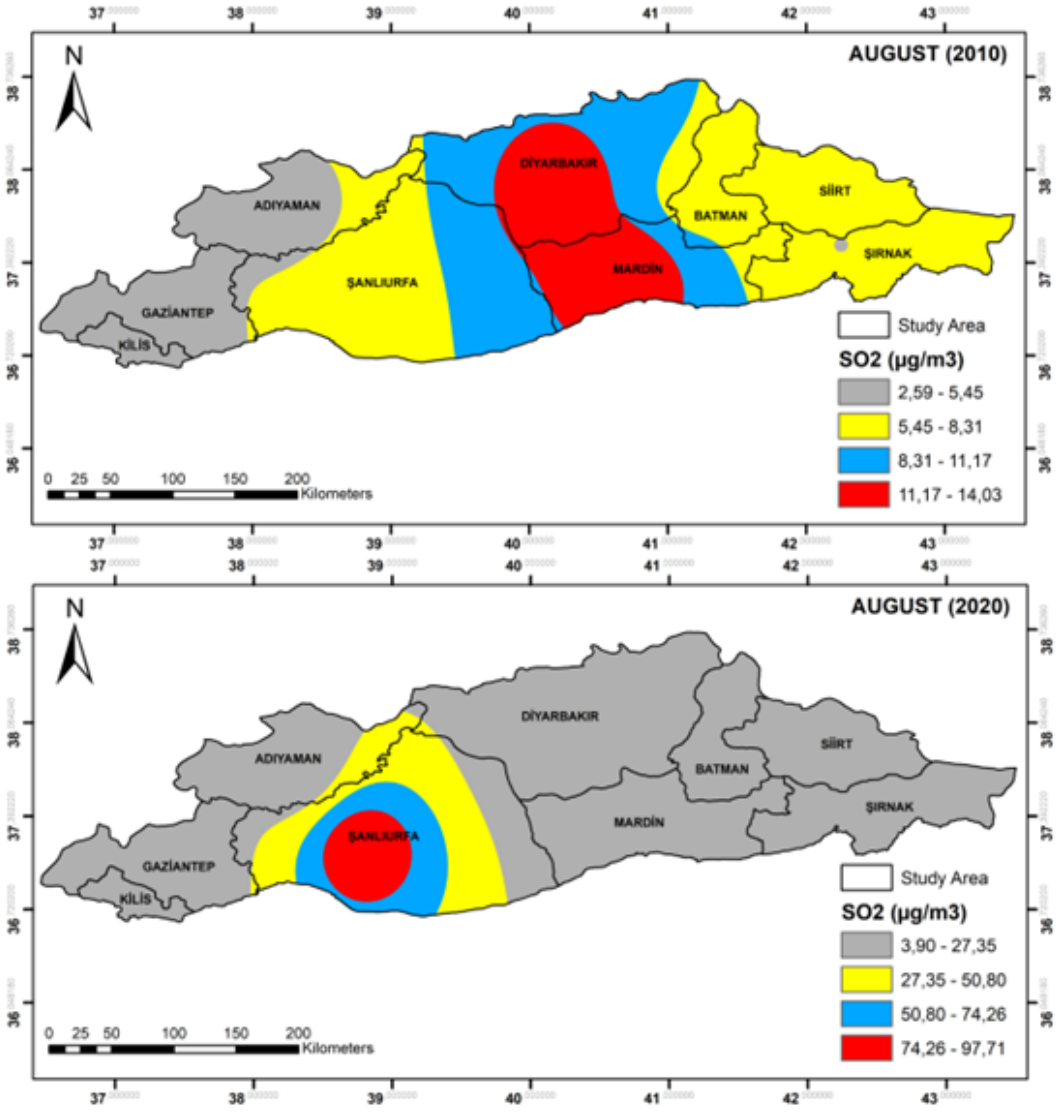


Şekil 4.19. Temmuz ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları

2020 yılında ise illerin konsantrasyon değerleri Adıyaman (3,84 µg/m^3), Batman (5,41 µg/m^3), Diyarbakır (3,95 µg/m^3), Gaziantep (9,20 µg/m^3), Kilis (4,86 µg/m^3), Mardin (22,25 µg/m^3), Siirt (10,48 µg/m^3), Şanlıurfa (62,51 µg/m^3), Şırnak (17,60 µg/m^3) 'tür. DSÖ SO_2 tüm illerin konsantrasyon değerleri hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır. Hava kalitesi kirliliği Yaz mevsimi olmasından, Şanlıurfa'da tarımsal faaliyetlerin gelişmiş olması ve anız yakılmasından kaynaklı olarak 2020'de konsantrasyon değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir.

2010-2020 Ağustos ayı verileri

Şekil 4.20.'deki kirlilik haritası 2010 yılı Ağustos ayındaki SO_2 konsantrasyonlarını göstermektedir. Haritaya göre; Adıyaman (4,13 µg/m^3), Batman (7,10 µg/m^3), Diyarbakır (13,18 µg/m^3), Gaziantep (5,43 µg/m^3), Kilis (2,59 µg/m^3), Mardin (14,04 µg/m^3), Siirt (6,56 µg/m^3), Şanlıurfa (7,55 µg/m^3), Şırnak (5,43 µg/m^3) olarak ölçülmüştür. GAB'nin illerinin SO_2 konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır.



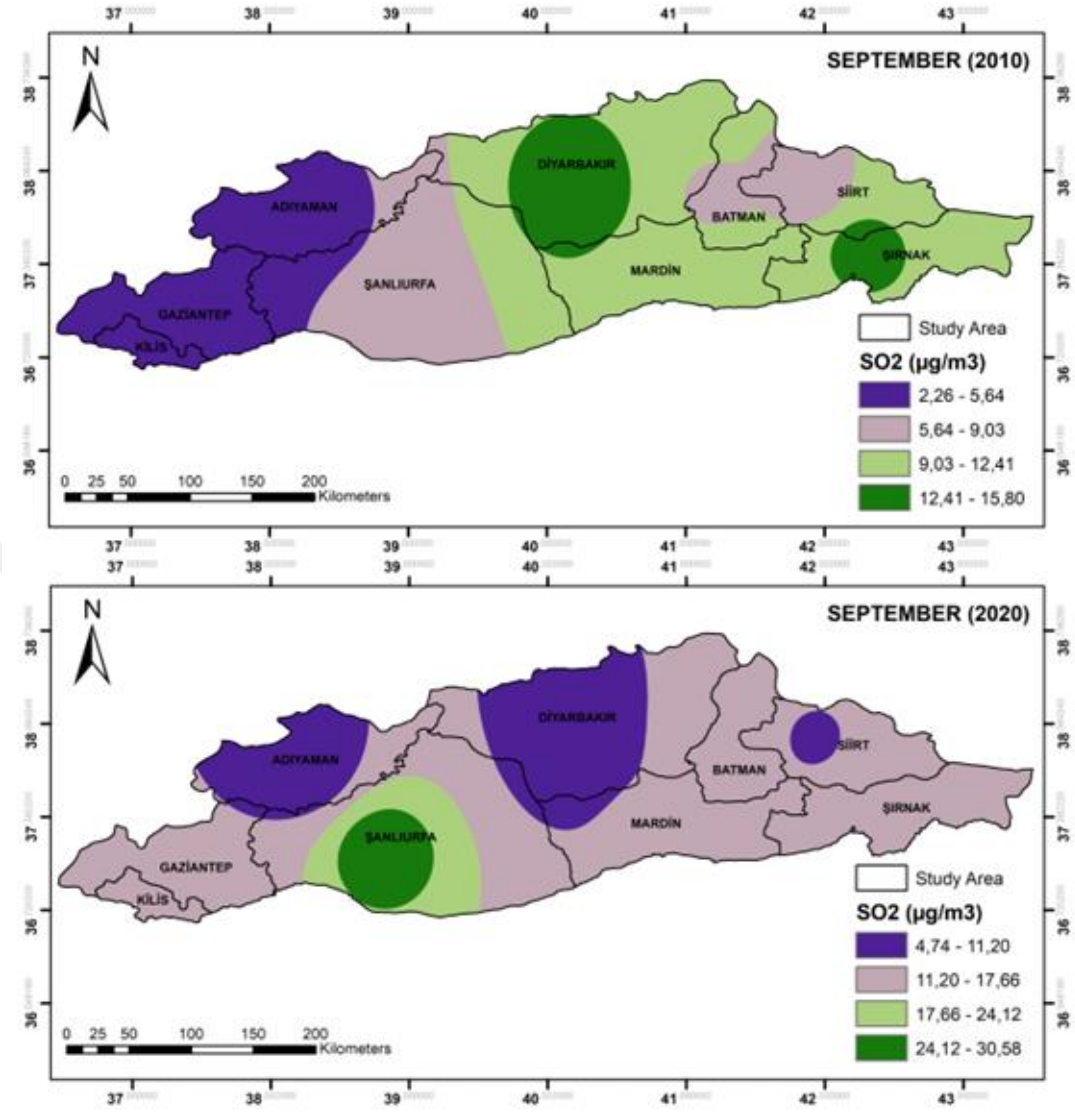
Şekil 4.20. Ağustos ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları

2020 yılında ise illerin konsantrasyon değerleri Adıyaman (5,07 µg/m^3), Batman (5,27 µg/m^3), Diyarbakır (3,90 µg/m^3), Gaziantep (10,06 µg/m^3), Kilis

(11,94 µg/m^3), Mardin (9,12 µg/m^3), Siirt (10,46 µg/m^3), Şanlıurfa (97,71 µg/m^3), Şırnak (11,62 µg/m^3) 'tür. Şanlıurfa 97,71 µg/m^3 konsantrasyon değeri ile Tablo 5'de görüldüğü üzere Şanlıurfa'da 2010 yılı taşıt kullanımı 2020 yılında % 31,6 oranında artmıştır ve egzoz emisyonlarının düzenli yapılmadığından dolayı SO_2 hava kalitesi kirliliğine emisyon kirliliği baskın olduğu tespit edilmiştir.

- **2010-2020 Eylül ayı verileri**

Şekil 4.21.'deki kirlilik haritasında 2010 yılı Eylül ayı SO_2 konsantrasyon verileri Adıyaman (3,82 µg/m^3), Batman (8,55 µg/m^3), Diyarbakır (15,80 µg/m^3), Gaziantep (5,39 µg/m^3), Kilis (2,26 µg/m^3), Mardin (11,19 µg/m^3), Siirt (7,31 µg/m^3), Şanlıurfa (6,11 µg/m^3), Şırnak (13,68 µg/m^3) 'tür. GAB illerinin konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasında olduğu belirlenmiştir.



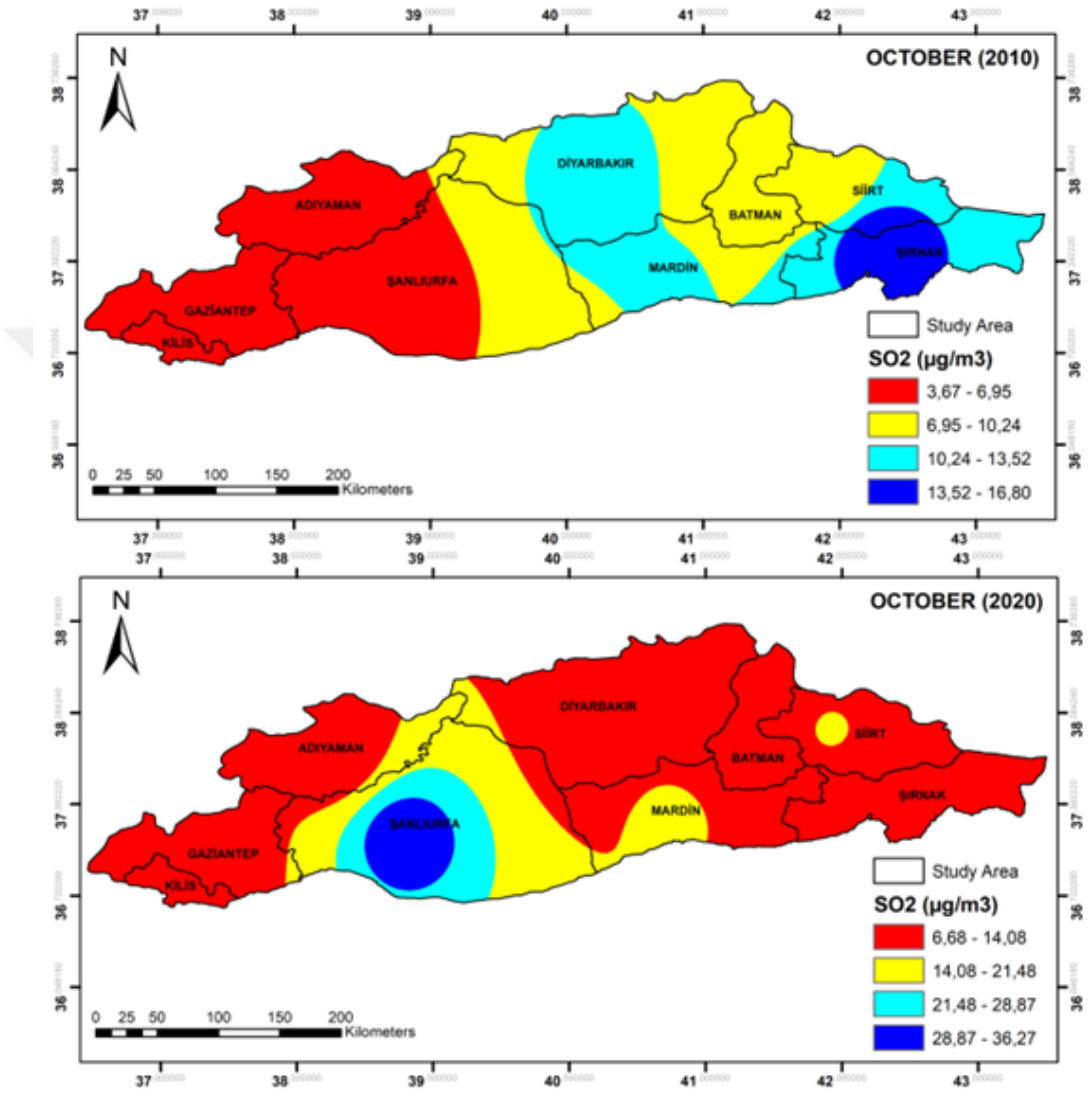
Şekil 4.21. Eylül ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları

2020 yılında ise illerin konsantrasyon değerleri Adıyaman (4,93 µg/m^3), Batman (15,08 µg/m^3), Diyarbakır (4,74 µg/m^3), Gaziantep (11,29 µg/m^3), Kilis (11,93 µg/m^3), Mardin (13,08 µg/m^3), Siirt (10,62 µg/m^3), Şanlıurfa (30,58 µg/m^3), Şırnak (13,97 µg/m^3) 'tür. Tüm illerin konsantrasyon değerleri hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasında olduğu belirlenmiştir.

- **2010-2020 Ekim ayı verileri**

Şekil 4.22.'deki kirlilik haritasına bakıldığında 2010 yılı Ekim ayı verileri; Adıyaman (5,53 µg/m^3), Batman (8,38 µg/m^3), Diyarbakır (12,28 µg/m^3), Gaziantep (4,91 µg/m^3), Kilis (3,67 µg/m^3), Mardin (10,60 µg/m^3), Siirt (7,02 µg/m^3), Şanlıurfa

(5,16 µg/m^3), Şırnak (16,80 µg/m^3) olarak ölçülmüştür. GAB illerinin SO_2 konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasında olduğu belirlenmiştir.



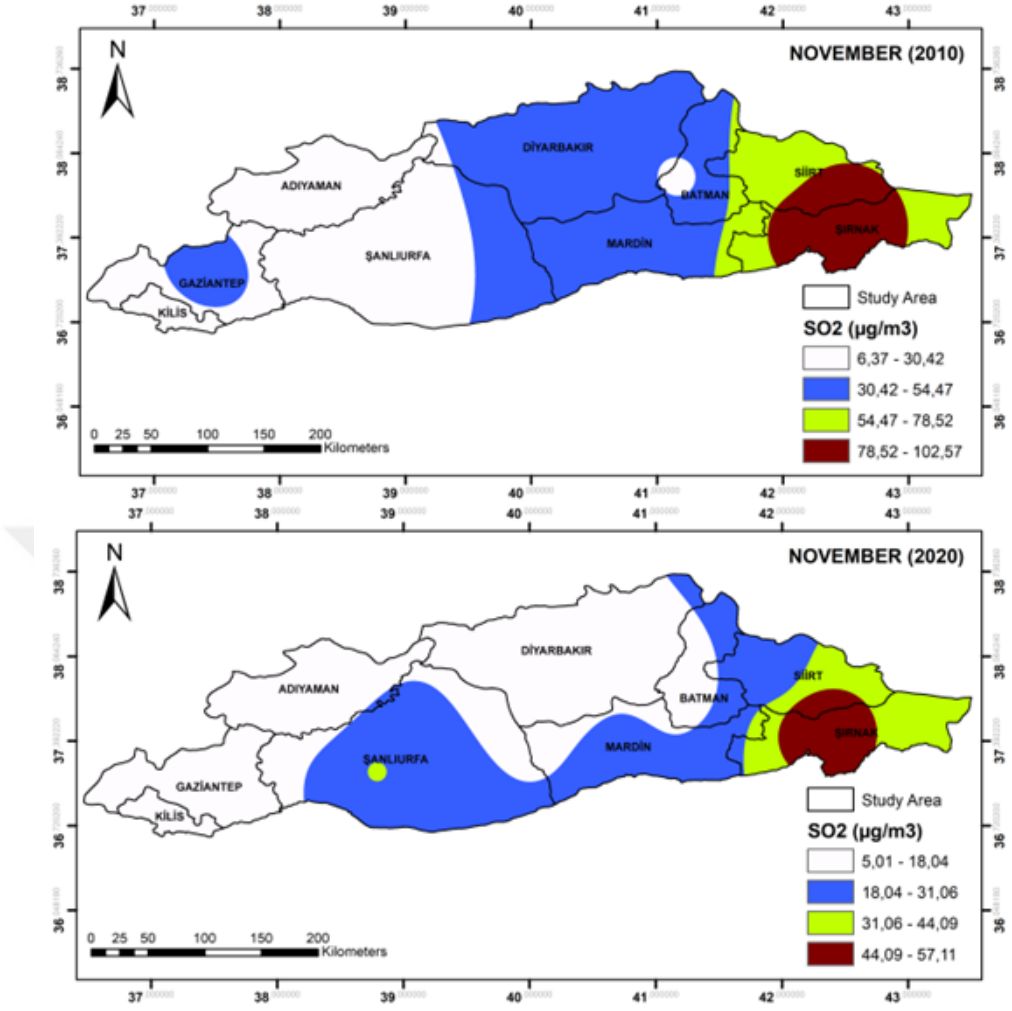
Şekil 4.22. Ekim ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları

2020 yılındaki haritaya bakıldığında ise GAB illerinin konsantrasyon değerleri; Adıyaman (6,68 µg/m^3), Batman (9,13 µg/m^3), Diyarbakır (7,77 µg/m^3), Gaziantep (10,68 µg/m^3), Kilis (9,07 µg/m^3), Mardin (15,55 µg/m^3), Siirt (14,46 µg/m^3), Şanlıurfa (36,27 µg/m^3), Şırnak (9,49 µg/m^3) 'tür. Tüm illerin SO_2 konsantrasyon değerleri DSÖ SO_2 hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasında olduğu belirlenmiştir.

- **2010-2020 Kasım ayı verileri**

Şekil 4.23.'teki kirlilik haritasında 2010 yılı Kasım ayı verileri; Adıyaman (19,42 μg/m^3), Batman (26,98 μg/m^3), Diyarbakır (31,17 μg/m^3), Gaziantep (40,38 μg/m^3), Kilis (6,37 μg/m^3), Mardin (47,37 μg/m^3), Siirt (69,06 μg/m^3), Şanlıurfa (18,67 μg/m^3), Şırnak (102,58 μg/m^3) 'tür. DSÖ satandartlarına göre SO_2 kirleticisinin en fazla görüldüğü GAB ili Şırnak olduğu belirlenmiştir.

Şırnak ve Siirt'te bu tür kirletici unsurunun görülmesindeki başlıca etmenler, hava sıcaklıklarının 10-15 °C'ye düşmesinden dolayı ısınmak için yakacak olarak kömür kullanılması SO_2 kirleticisinin DSÖ standartlarının kış dönemi limit değerleri üzerinde görülmesine neden olduğu tahmin edilmektedir. Kirliliğin çok yüksek olması; ısınma kaynakları, sanayi faaliyetleri ve motorlu taşıtların fazlalığı ile açıklana bilmektedir.



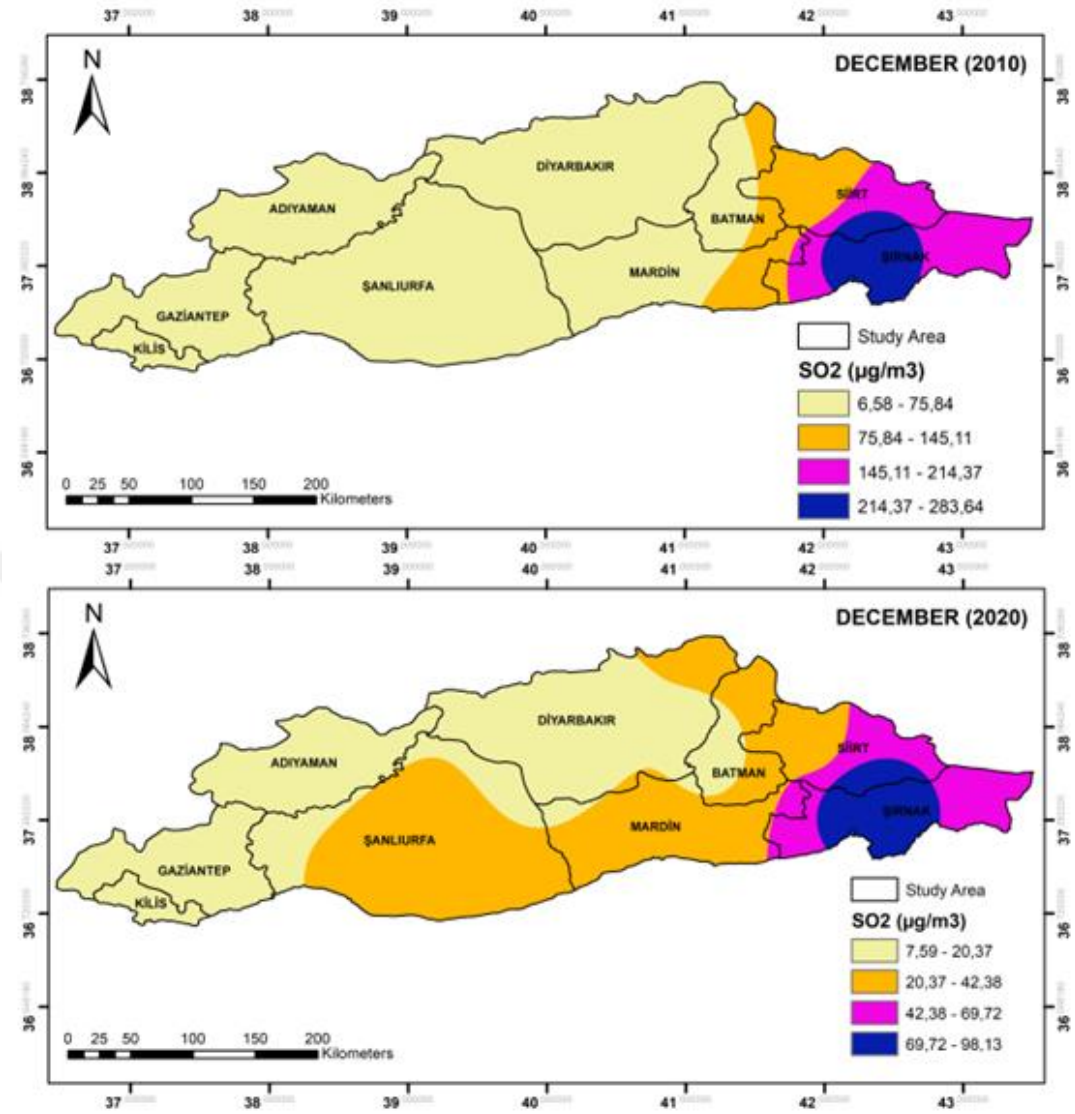
Şekil 4.23. Kasım ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları

2020 yılında ise illerin konsantrasyon değerleri; Adıyaman (9,59 µg/m^3), Batman (8,91 µg/m^3), Diyarbakır (7,15 µg/m^3), Gaziantep (8,69 µg/m^3), Kilis (5,01 µg/m^3), Mardin (21,93 µg/m^3), Siirt (24,75 µg/m^3), Şanlıurfa (31,44 µg/m^3), Şırnak (57,11 µg/m^3) 'tür. Şırnak SO_2 kirleticisinin en fazla görüldüğü GAB ili olmuştur. Kış mevsimi olması ve 2010 yılına göre hava kirlilik konsantrasyonunun yarıya kadar düştüğü tespit edilimştir. Şırnak ili hariç diğer GAB illerinin doğal gaza geçişi SO_2 konsantrasyon değerlerinin hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasındadır.

- **2010-2020 Aralık ayı verileri**

Şekil 4.24.'teki kirlilik haritası incelendiği zaman 2010 yılı Aralık ayı SO_2 konsantrasyon verileri; Adıyaman (22,77 µg/m^3), Batman (23,39 µg/m^3), Diyarbakır

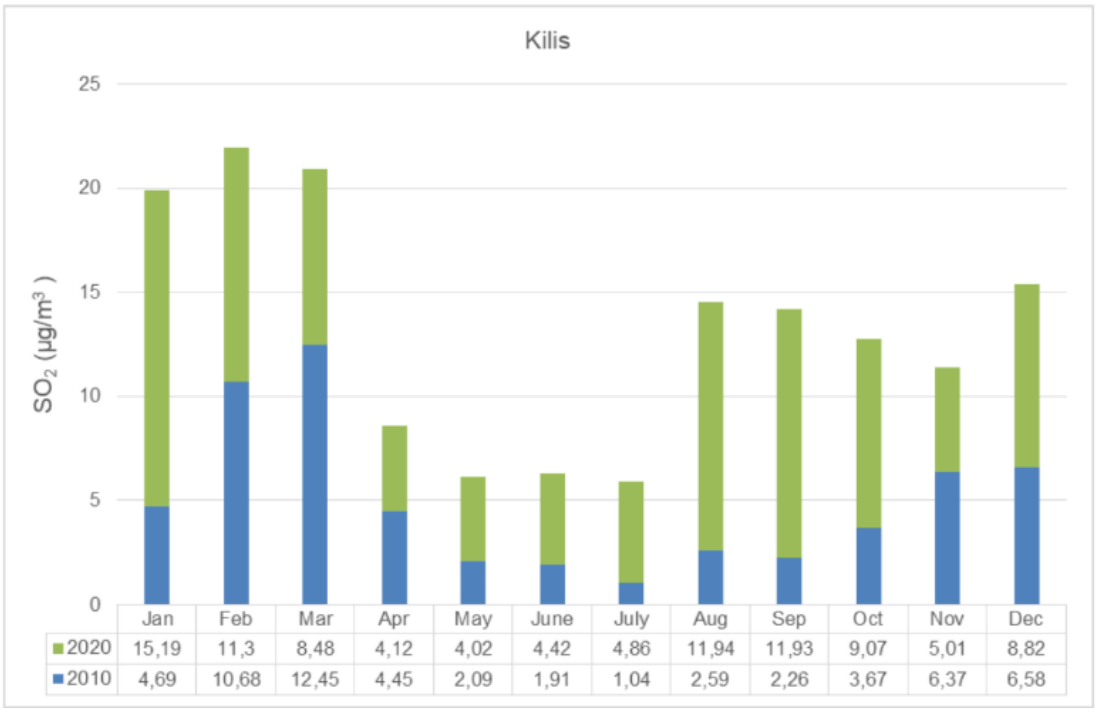
(21,58 μg/m^3), Gaziantep (43,28 μg/m^3), Kilis (6,58 μg/m^3), Mardin (73,87 μg/m^3), Siirt (99,73 μg/m^3), Şanlıurfa (15,09 μg/m^3), Şırnak (283,64 μg/m^3) 'tür. Siirt ili tapografik konumu gereği dağlar ve tepelerden oluşan, çukur modelindedir bu yüzden kirli havanın uzaklaşmasına engel olmaktadır. SO_2 değerlerinin sonbahar sonu ve kış mevsiminde standartların üzerinde olması ilde şehirleşmedeki pılansızlıklar ve yakacak olarak nitelikli kömür kullanımında bilgi yoksunluğu, kalorifer yakan personellerin niteliklerinin zayıf olasında da sıkıntılar vardır. Eğitim-öğretim dönemi olması okul taşıtlarının kullanımının yoğun olduğu bir dönem olmasından kaynaklandığı da tahmin edilmektedir. Şırnak ilinde de hava kirliliği kalitesiz yakıtların ısınmada tercih edilmesi, maden yataklarının bulunması ve artan tasıtlardan kaynaklanmaktadır. Banliyö kesimlerinde kullanılan yakacakların yerine, karton, bez parçalrı ve ısıta bilecek herhangi tüm maddelerin kullanılması ciddi sıkıntı haline gelmiştir. Mardin ilinde konutlarda doğal gaza henüz geçilmemiş olması ve özellikle de kış aylarında hava kirliliğine neden oluşturmaktadır (Kalıpcı ve Başer, 2019).



Şekil 4.24. Aralık ayı 2010-2020 SO_2 konsantrasyonları

2020 yılında ise illerin konsantrasyon değerleri Adıyaman (7,59 µg/m^3), Batman (10,01 µg/m^3), Diyarbakır (8,36 µg/m^3), Gaziantep (10,68 µg/m^3), Kilis (8,82 µg/m^3), Mardin (19,38 µg/m^3), Siirt (32,62 µg/m^3), Şanlıurfa (32,62 µg/m^3), Şırnak (98,13 µg/m^3) 'tür. Şırnak ilinde mevsimin kış olmasından dolayı hava kalitesi kirlilik parametreleri normal değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. 2010 yılına göre büyük oranda kirliliğin azalmış olduğu belirlenmiştir. Diğer illerin konsantrasyon değerleri hava kalitesi kirliliği limit değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.25.'te Kilis ilinde 2010 yılında 28.457 Motorlu Kara Taşıtları (n) varken 2020 yılında 110.430 olup %288,05 oranında arttığı tespit edilmiştir. İlk bahar mevsiminde (Mart, Nisan, Mayıs) havaların ısınması ile beraber ısınma amaçlı kullanılan yakıtların olmamasından dolayı SO_2 etkisinin azaldığı tespit edilmiştir. Özellikle 2020 yılında doğal gaza geçilmesinden dolayı enerji kaynaklı SO_2 etkisi dikkate alınmaz. Yaz mevsiminde (Haziran, Temmuz, Ağustos) sıcaklıkların artışından dolayı SO_2 konsantrasyonlarında artış tespit edilmiştir. Son bahar mevsiminde sıcaklıklar, rüzgar ve bağıl nem etkisyle hafif artış tespit edilmiştir. Kış mevsiminde havalar soğuduğundan ısınma amaçlı kullanılan yakacak maddelerinin etkisiyle SO_2 konsantrasyonu artış görülmektedir. 2020'de %288,05 oranında artan motorlu kara taşıtları SO_2 etkisini arttırdığı tespit edilmiştir.

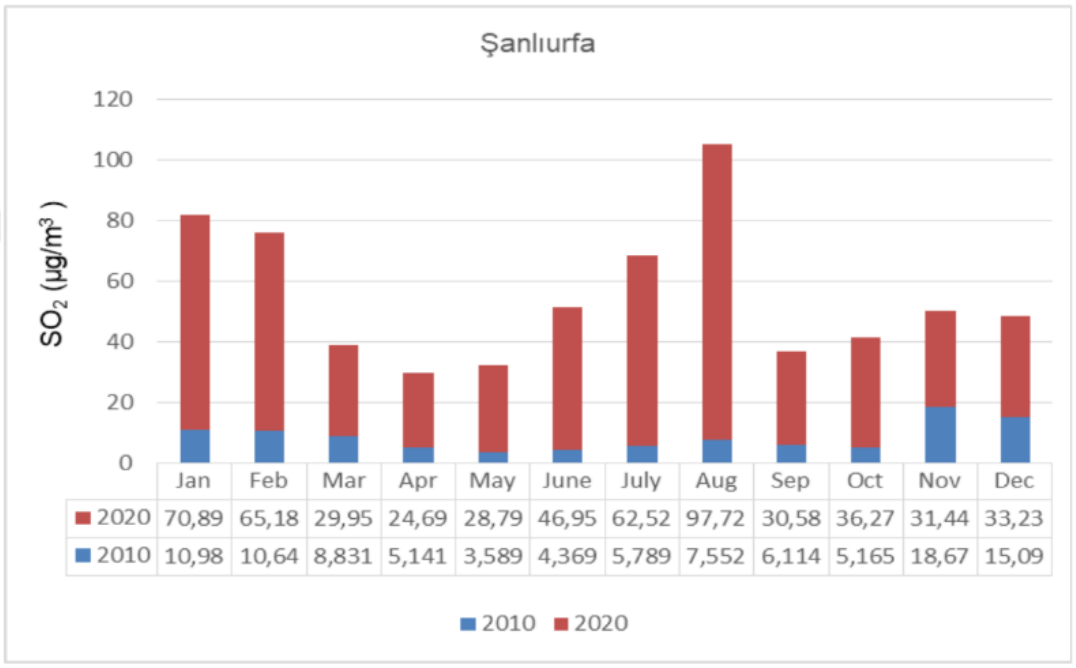


	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2020	15,19	11,3	8,48	4,12	4,02	4,42	4,86	11,94	11,93	9,07	5,01	8,82
2010	4,69	10,68	12,45	4,45	2,09	1,91	1,04	2,59	2,26	3,67	6,37	6,58

Şekil 4.25. Kilis ili 2010-2020 yılları SO_2 kirlilik dağılımı

Şekil 4.26.'daki veriler incelendiğinde Şanlıurfa ilinde 2010 yılında 194.19 Motorlu Kara Taşıtları (n) varken 2020 yılında 255.664 olup %31,6 oranında artmıştır. İlk bahar mevsiminde (Mart, Nisan, Mayıs) havaların ısınması ile beraber ısınma amaçlı kullanılan yakıtların olmamasından dolayı SO_2 etkisinin azaldığı görülmektedir. Özellikle 2020 yılında doğal gaza geçilmesinden dolayı enerji kaynaklı SO_2 etkisi dikkate alınmaz. Yaz mevsiminde (Haziran, Temmuz, Ağustos)

sıcaklıkların artışından dolayı SO_2 konsantrasyonlarında artış görülmektedir. Son bahar mevsiminde anız yakılması ve çöl tozlarının da etkisiyle hafif artış görülmektedir. Kış mevsiminde havalar soğuduğundan ısınma amaçlı kullanılan yakacak maddelerinin etkisiyle SO_2 konsantrasyonu artış tespit edilmiştir. 2020'de %31,6 oranında artan motorlu kara taşıtları SO_2 etkisini arttırdığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.8. Şanlıurfa ili 2010-2020 yılları SO_2 kirlilik dağılımı

4.3. HYSPLIT Değerlendirmeleri

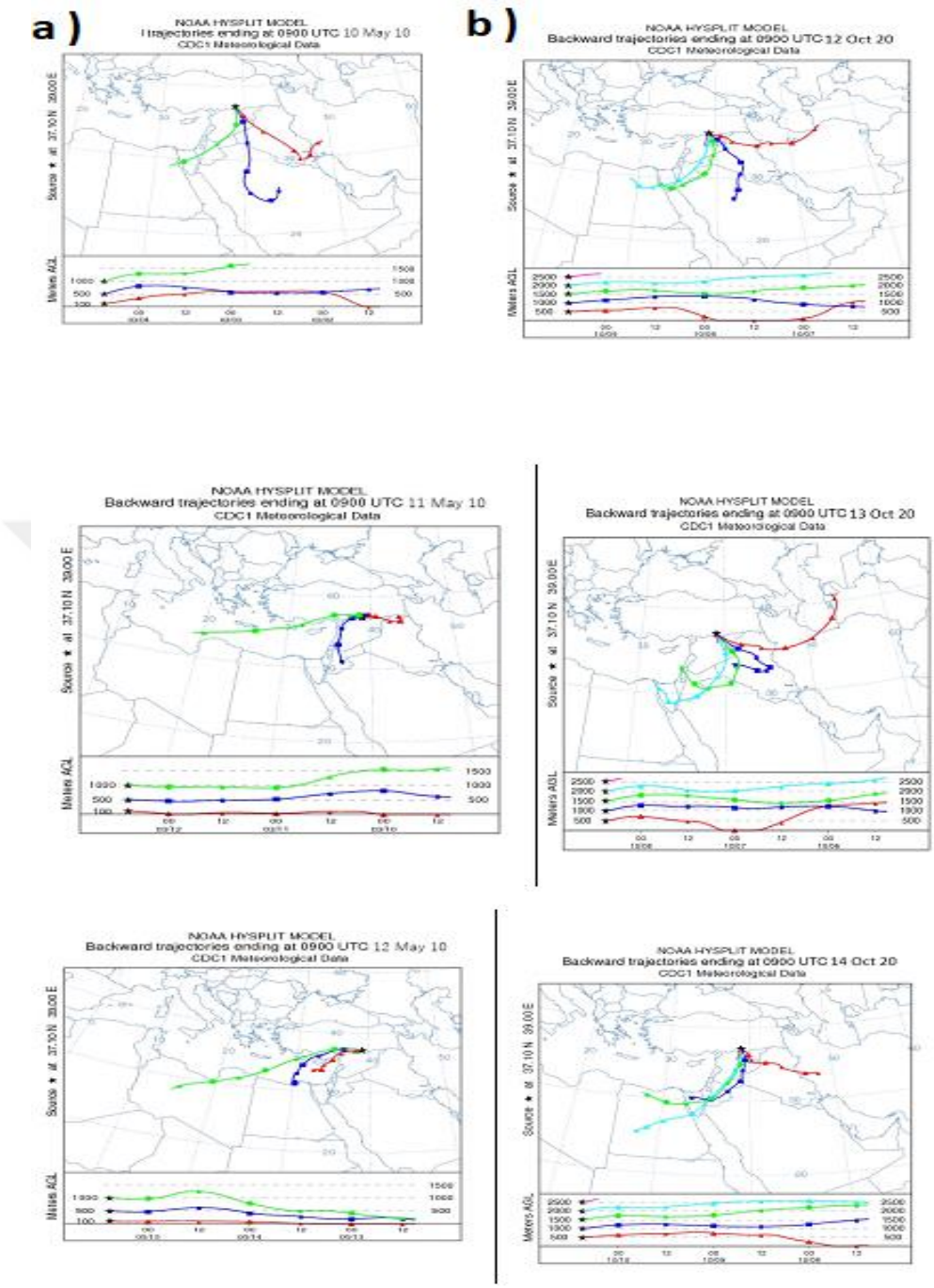
Bu çalışmada GAB'nin sınıra komşu olması, nüfusunun göçle birlikte en fazla il olması ve tarım alanlarına bağlı anız yangınlarına maruz kaldığı bilinen Şanlıurfa ili pilot il olarak seçilmiştir. PM10 konsantrasyonunun çok yüksek olduğu günleri belirlemek ve atmosferik toz taşınımının etkisini incelemek için HYSPLIT model ile kaynak tespiti araştırılmıştır. Çalışmamızda tozun başalagıcını, hangi güzergahtan, nerden geldiği konumu, yani nerden başlayıp oradan nereye yöneldiğini ve tozun kaç metre rakımında seyrettiğini belirlemek için HYSPLIT modeli kullanılmıştır. Bu atmosferik çöl taşımacılığı, şehri yalnızca yağmur yağdığında terk eder. İlkbaharda yağış olmayabilir, bu durumda toz havada 3 gün yada haftalarca asılı kalabilir.

Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği koordinatları 37.10 N, 39.00 E HYSPLIT model programına girilir ve sisteme 6 ay sonra yüklenen toz taşınım geri yörüngeleri 500 m'den başlayıp 1000m, 1500m'den 5000m'ye kadar bakılarak tozların hangi çöl kaynağından geldiği araştırılmıştır.

Şanlıurfa ili Suriye, Sahra ve hatta Arap çölünden gelen toza maruz kalmaktadır. Şanlıurfa'daki PM_{10} seviyesi, DSÖ tarafından belirlenen 50 µg/m^3 olan konsantrasyon sınır değerini aşmaktadır. Atmosferik toz taşınımı özellikle geçiş mevsimleri olan ilkbahar (mart-nisan-mayıs) ve sonbahar (eylül-ekim-kasım) aylarında etkisini göstermektedir. Bunun dışında yine yaz-kış bu taşınım olmaktadır fakat geçiş mevsimlerine oranla bu taşınım yaz ve kış aylarında daha azdır.

Şekil 4.27.'de görüldüğü gibi toz taşınımı İlkbahar aylarını oluşturan Mart-Nisan-Mayıs aylarında artığı görülmektedir. 2010 yılı Mayıs ayının 10-11-12 günlerinde toz taşınımı gerçekleşmiştir. 10 Mayıs tarihinde (73,04 µg/m^3), 11 Mayıs (185,51 µg/m^3), 12 Mayıs (80,29 µg/m^3) PM_{10} konstrasyonları ile Suriye kaynaklı toz taşınımı gerçekleşmiştir. Bu değerler DSÖ'nün belirlediği standart değeri aşmaktadır ve sağlık için de önemli bir risk oluşturmuştur.

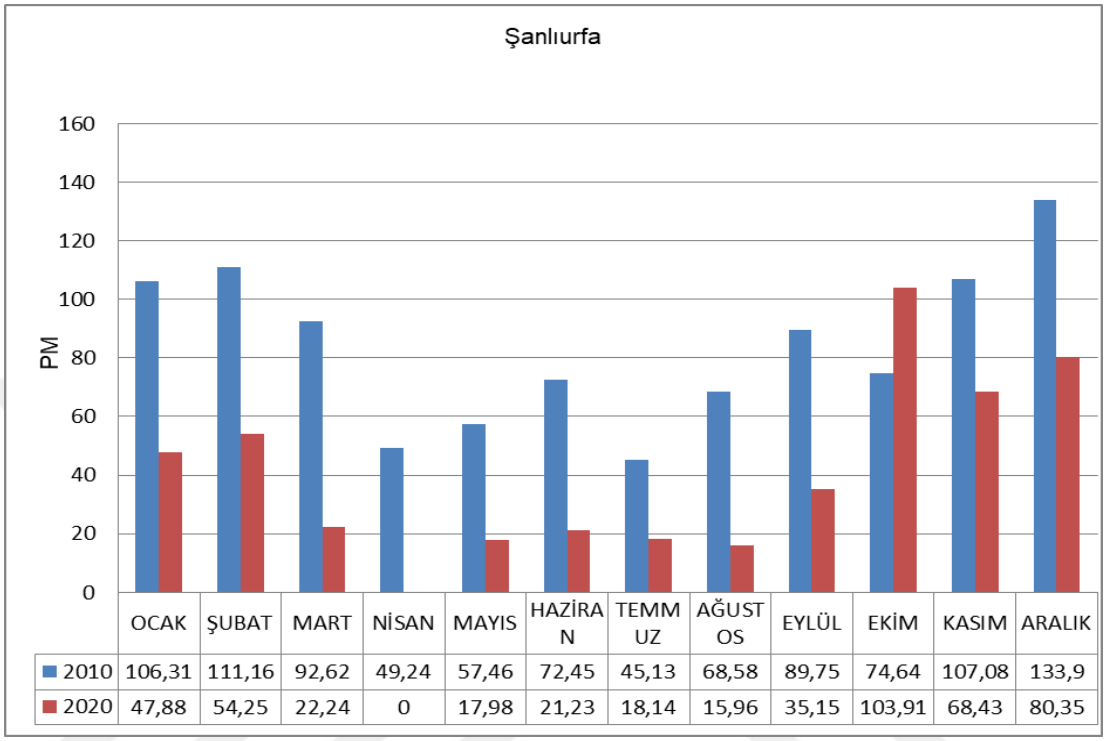
Geçiş mevsimi olan sonbahar aylarını oluşturan Eylül-Ekim-Kasım aylarında rüzgarlar yardımıyla atmosferik toz taşınımının arttığı görülmektedir. 2020 yılı Ekim ayında 12-13-14 günlerinde bir toz fırtınasına maruz kalınmış 3 gün süren toz taşınımında PM_{10} 12 Ekim (110,93 µg/m^3), 13 Ekim (123,05 µg/m^3), 14 Ekim (83,75 µg/m^3), gibi maxsimum konsantrasyonlara kadar yükselmiştir (Şekil 4.27.). Bu toz taşınımı 2000 m 'de Arap yarım adası ve 2500 m 'de Suriye kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Şayet yağmur yağmazsa toz 3 gün bazen haftalarca havada asılı olarak kalabilmektedir ve bu nedenle DSÖ'nün belirlediği standart değeri aşmaktadır.



Şekil 4.27. a. 10-11-12 Mayıs 2010 Şanlıurfa ilinin HYSPLIT modeli, b. 12-13-14 Ekim 2020 Şanlıurfa ilinin HYSPLIT modeli

Atmosferik toz taşınımın etkisi ile aylık PM_{10} değerleri değişmektedir. Şekil 4.28.'de görüldüğü gibi atmosferik toz taşınımı aylık en yüksek değeri sonbahar mevsiminin Aralık ayında ortalama 2010'da PM_{10} konsantrasyonu 133,9 $\mu g/m^3$, 2020' de ise aylık en yüksek değeri 103,91 $\mu g/m^3$'dür. İlkbahar mevsimi Mayıs ayında ortalama 2010'da PM_{10} konsantrasyonu 57,46 $\mu g/m^3$, 2020'de ise 17,98

µg/m^3'tür. Bu değerler DSÖ standartının üstünde değerlerdir. Atmosferik toz taşınımın aylık en düşük değeri kış mevsimi ocak ayında PM_{10} tespit edilmiştir.



	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
2010	106,31	111,16	92,62	49,24	57,46	72,45	45,13	68,58	89,75	74,64	107,08	133,9
2020	47,88	54,25	22,24	0	17,98	21,23	18,14	15,96	35,15	103,91	68,43	80,35

Şekil 4.28. Şanlıurfa ili 2010-2020 yılları PM_{10} kirlilik dağılımı

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada 2010-2020 tarihleri arasında GAB'nin illerindeki hava kalitesi ölçüm istasyonlarından elde edilen verilerin aradan geçen 10 yıla göre değişimleri incelenmiştir. 10 yıllık bir süre içinde hava kalitesinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bu çalışmada, CBS yardmıyla hava kirliliği parametrelerinin konumsal örüntüleri tespit edilerek mekansal kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuş ve istasyon bazındaki ölçümler değerlendirilmiştir. Kirletici parametre değerleri zamana bağlı değişimleri incelenmiş ve değerlendirmeler yapılmıştır. 2010 yılında özellikle kış aylarında (Aralık-Ocak-Şubat) ve sonbaharda (Eylül-Ekim-Kasım) kömürün yakılması nedeniyle PM10 seviyesi yüksek bulunmuştur. 2020 yılında ısınma amaçlı kömür yakmaya alternatif olarak doğal gaza geçiş yapılmıştır ve GAB illerinin hava kalitesinin yükselmesi yönünde etkilemiştir.

Sınır illerinde (Şanlıurfa, Gaziantep, Mardin, Kilis, Şırnak) hem 2010 hem de 2020 yıllarında ilkbahar (Mart-Nisan-Mayıs) ve sonbaharda (Eylül-Ekim-Kasım) PM_{10} miktarı yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni, HYSPLIT modeli kullanılarak Sahra, Suriye ve Arap Yarımadası çöllerinden atmosferik aerosollerin taşınması olduğu tespit edildi. Doğan ve ark., 2020, yılında Şanlıurfa'da yaptıkları çalışmada ilkbahar ve sonbahar aylarında maksimum PM_{10} ve $PM_{2.5}$ konsantrasyonlarının sırasıyla 150 ve 250 µg/m3 olduğunu bildirmişlerdir (Doğan ve ark., 2020). En yüksek SO2 konsantrasyon değeri Ocak 2010'da Şırnak ilinde 326,05 µg/m3'tür. 2020 yılında doğalgaza geçişle birlikte Şırnak'ta ısınma amaçlı kömür kullanılmamasının olumlu sonuçları gözlemlenmiş ve Şırnak ilinin 104,01 µg/m3'e düşmüştür. PM_{10} ve SO_2 konsantrasyonları oldukça azalmıştır.

Egzoz gazlarının ciddi bir SO_2 kaynağı olduğu bilinmektedir. Araç sayısında en yüksek artış Tablo 5'de görüldüğü üzere 2010 yılında 28.457 iken 2020 yılında %288.05 artış ile Kilis'te olduğu belirlendi. 2010 yılında ısınma amaçlı kömür kullanılmasına rağmen SO_2 değeri düşük iken 2020 yılında doğalgazın ısınma amaçlı

kullanılmasına rağmen bu değer artmıştır. Bu artışın nedeni özellikle bahar ve yaz aylarında motorlu taşıtların kullanımının artışına bağlanabilir. Çin'in güneybatısındaki bir elektrik santralindeki 600 MW'lık yüksek kükürtlü kömür ve kükürt gidericiler tüketilmektedir, Kömürlerin kalitesindeki değişim kapasite artırımı ihtiyacını doğurmuştur. SO2 konsantrasyonunun 400mg/m^3'ün altında kalmasıyla performanslarda önemli bir gelişme sağladı(Liu ve ark., 2020).

Batman, ili hava kirlilik konsantrasyon değerleri yüksek olup hava kalitesi düşük bir ilimizdir. 2010 yılının 12 ayı PM_{10} konsantrasyon değerleri D limit değerlerini aşmıştır. 2010 kasım ayında 260,28 µg/m^3 konsantrasyon değeri ile sağlık için risk oluşturmaktadır. Bunun nedeni petrol rafinerilerinden kaynaklanan atık gaz emisyonları olabilir. 2020 yılında PM_{10} konsantrasyonu, Mayıs ayında Şırnak'ta meydana gelen orman yangını sonucunda 557 µg/m^3 olan PM_{10} konsantrasyonu sağlığı tehdit eden maxsimum değer olmuştur.

Mardin'de ise Ağustos ayında minimum 3,70 µg/m^3 konsantrasyonlarında ölçülmüştür. Palarz ve Celiński-Mysław, Polonyada yani Jaslo, Zakopane ve Zywiec'te kasabalarında yaptıkları çalışmada, kalitelitesiz kömür kullanımının PM_{10} ve SO_2 konsantrasyon değerini yükselttiğini saptamıştır. Kış mevsiminde en yüksek PM_{10}, SO_2 ve NO_2 konsantrasyonları, güneş radyasyonundaki düşüşler, fırınlar ve ev tipi fırınlar, nedeniyle artan hava kirletici emisyonlarından kaynaklandığı belirlenmiştir (Palarz ve Celiński-Mysław, 2017).

Genel olarak kış ve son bahar ayları kasım-aralık-ocak'ta konsantrasyon değerleri limit değeri aşmıştır. Vural 2021, yılında yaptığı araştırmalarda PM_{10}'de 2007'de Batman, 2012'de Gaziantep, Batman ve Siirt, 2017'de Şanlıurfa ve 2019'da da Şırnak'ta yıllık ortalama değeri standartların üzerindedir. Şırnak konsantrasyon değerleri yüksek olup hava kalitesi düşük bir ilimizdir. SO2 konsantrasyonun en yüksek olduğu iller 2007'de Şanlıurfa ve Siirt, 2012'de Şırnak, 2017'de Şanlıurfa ve Siirt ve 2019'da Şanlıurfa'dır (Vural, 2021).

2010 yılında özellikle kış aylarında (Aralık-Ocak-Şubat) ve sonbaharda (Eylül-Ekim-Kasım) kömürün yanması nedeniyle PM_{10} seviyesi yüksek bulunmuştur.

Adıyaman, aralık ayında 169,60 μg/m^3, Batman kasım ayında 260,28 μg/m^3, Diyarbakır Mart 98,73 μg/m^3, Gaziantep en yüksek aralık ayında 133,96 μg/m^3, Kilis aralık ayında 137,87 μg/m^3, Siirt Aralık ayında 189,35 μg/m^3 konsantrasyon değerleri ile DSÖ standartlarını aştığı görülmüştür. Çalışma için öneriler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

5.2. Öneriler

- Konut, kurum ve sanayilerde enerji kaynağı olarak kömür ve doğal gaz kullanımı yerine güneş enerjisi panelleri kullanımına teşvik edilebilir.
- Özel araç kullanımı yerine toplu taşıma araçlarının kullanımı özendirilmelidir.
- Egsoz gazlarında yüksek miktarda PM_{10} ve SO_2 bulunmaktadır bu nedenle eski araçların trafikte kullanımının önüne geçilip yeni teknolojik araçların kullanımına özendirici projeler geliştirilmelidir.Kırsal bölgelerinde kalitesiz kömür ve katı yakacakların önüne geçilmelidir.
- Isınma amaçlı olarak doğal gaz kullanımının arttırılması sağlanmalıdır.
- Hızlı nüfus artışına bağlı olarak çarpık ve hızlı şehirleşmenin yasal yollarla ve denetlemeler arttırılarak önüne geçilmelidir.
- İnşaat, sanayi ve ulaşım sektörlerinde antropojenik emisyon kaynaklarının kontrolü için iyileştirmeler yapılması gereklidir.
- Endüsriyel Sanayinin gelişmesi ile olumsuz etkileri ile ilerleyen süreçte karşılaşmamak için gerekli önlemler alınmalıdır.
- Yüksek kirletici konsantrasyonlarını dengelemek için ve ciddi sağlık riskleri oluşturan emisyonların azaltılması için yeni hafifletme politikalarının geliştirilmesi gerekmektedir.
- Fabrikalarda ve araçlarda filtre kullanımı zorunlu hale getirilmelidir ve sürekli denetlemeler yapılmadır.

KAYNAKLAR

AKSU, H.H., ve HEPDENİZ, K. 2016. Burdur'da Yıllık ve Aylık Ortalama Maksimum Hava Sıcaklığı Dağılışının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Haritalanması ve Analizi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(Ek (Suppl.) 1), 202-214.

AKYÜREK, Ö., ARSLAN, O. ve KARADEMIR, A., 2013. "SO2 ve PM10 hava kirliliği parametrelerinin CSB ile konumsal analizi: Kocaeli örneği", TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara, 11-13 Kasım 2013.

AĞAÇ, K., 2015. "İstanbul Kağıthane bölgesinde yüksek PM10 konsantrasyonlarının meteorolojik olarak incelenmesi", Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniv., İstanbul,.

AIR QUALITY GUIDELINES: Global Update 2005: Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxideand Sulfur Dioxide.

AKAN D.S., ve MORCALI M.H., 2017, Kahramanmaraş Hava Kirliliği Kaynaklarının İzlenmesi ve Belirlenmesi, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(2), 105-115.

ANONIM, 2018. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin Ve Denetim Genel Müdürlüğü, 'Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu, Yayın No: 40, ISBN:978-605-5294-92-2 Ankara.

ATEŞ, M., ve ÖNDER, D. E., 2019. 'Akıllı Şehir' Kavramı ve Dönüşen Anlamı Bağlamında Eleştiriler, Megaron, 14 (1), 41-50.

AY, F. E., BALTA, M., ÇOLAK, M., ve SEMERCIOĞLU, H., 2010. Hava Kirliliği ve Modellemesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü.

AYDIN, Ö., 2006. "Havadaki SO2 ve PM konsantrasyonunun istatistiksel yöntemler ile modellenmesi : Zonguldak şehir örneği", Yüksek Lisans tezi, Zonguldak Karaelmas Üniv., Zonguldak.

BALDASANO J M, VALERA E and JIMENEZ P., 2003. Air quality data from large cities Sci. Total Environ. 307 141–65.

BAŞAR, P., OKYAY, P., ERGIN F., COŞAN, S. ve YILDIZ, A., 2005. "Aydın ili kent merkezinde hava kirliliği 1997-2004", ADÜ TFD, vol. 6, no. 3, s. 11-15,.

BAYRAM, H., DÖRTBUDAK, Z., FIŞEKÇI, F., KARGIN, M., VE BÜLBÜL, B., 2006. "Hava kirliliğinin insan sağlığına etkileri, dünyada, ülkemizde ve bölgemizde hava kirliliği sorunu paneli ardından", DTD, vol. 2, s. 105-112,.

BERA, B., BHATTACHARJEE, S., SHIT, PK, SENGUPTA, N., and SAHA, S. 2021. COVID-19 karantinasının Kalküta'daki (Hindistan) kentsel hava kirliliği ve çevre sağlığının iyileştirilmesi üzerindeki önemli etkileri. Çevre, kalkınma ve sürdürülebilirlik , 23 (5), 6913-6940.

BERGAMETTI, G., and FORÊT, G. 2014. Dust deposition. In Mineral dust (pp. 179-200). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8978-3_8

BERKTAŞ, BM ve BIRCAN, A. 2003. Ankara'da atmosferik kükürt dioksit ve partikül madde konsantrasyonlarının astım nedeniyle acil servis başvurularına etkisi. Tuberk Toraks , 51 (3), 231-238.

BISWAS P ET AL. 2006. Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect J. Air WasteManag. Assoc. 56(6) pp. 707–8

BROITMAN, D., and PORTNOV, B. A. 2020. Forecasting health effects potentially associated with the relocation of a major air pollution source. Environmental research, 182, 109088.

CAVKAYTAR, Ö., SOYER, Ö. U. ve ŞEKEREL, B. E., 2013. Türkiye'de Hava Kirliliğinden Kaynaklanan Sağlık Sorunları. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2, 105-111.

CHAUDHARY, M. T., 2003. Türkiye'de İskenderun Bölgesindeki Hava Kirliliğinin Modellemesi, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 307.

CHEHREGANI, A., MAJDE, A., MOIN, M., GHOLAMI, M., SHARIATZADEH, M.A. ve NASSIRI, H., 2004. Increasing allergy potency of Zinnia pollen grains in polluted areas. Ecotoxicol. Environ. Saf. 58 (2), 267–272.

CHEN, B., and KAN, H. 2008. Air pollution and population health: a global challenge. Environmental health and preventive medicine, 13(2), 94-101.

CHEN, H., GOLDBERG, M.S. and VILLENEUVE, P.J., 2008. A systematic review of the relation between long-term exposure to ambient air pollution and chronic diseases. Rev. Environ. Health 23 (4), 243–297.

COĞRAFI BILGI SISTEMI(CBS) 2022. https://tr.wikipedia.org/wiki/Co%C4%9Frafi_bilgi_sistemi Erişim, 28.03.2022

DAYLAN, E. G., İNCECIK, S., 2002. İstanbul'da Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Hava Kalitesinin İncelenmesi, İTÜ Mühendislik Dergisi, 1 (2), 51-62.

DEHBANDI, R., and AFTABI, A. 2016. Geochemical provenance of soils in Kerman urban areas, Iran: Implications for the influx of aeolian dust. Aeolian research, 21, 109-123. https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2016.04.004

DEMIRARSLAN, K. O., AKINCI, H., 2018, CBS ve Hava Kalitesi Verileri Kullanılarak Marmara Bölgesinin Kış Sezonunda Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4 (1), 11-27.

DEMIR, A., TUNA, G. ve ELBIR. T., 2014. "İzmir- Kadifekale bölgesinde kentsel dönüşüm öncesi ve sonrası hava kalitesinin belirlenmesi", HKAD, vol. 3, s. 68-75.

DENG, Q., LU, C., LI, Y., CHEN, L., HE, Y., SUNDELL, J., and NORBÄCK, D. (2017). Association between prenatal exposure to industrial air pollution and onset of early childhood ear infection in China. Atmospheric environment, 157, 18-26.

DENG, Q., LU, C., LI, Y., SUNDELL, J., and NORBÄCK, D. 2016. Exposure to outdoor air pollution during trimesters of pregnancy and childhood asthma, allergic rhinitis, and eczema. Environmental research, 150, 119-127.

DEMIRCI, S., SIVRIKAYA, O. ve VAPUR, H. 2019. Enerji Kaynaği Olarak Asfaltit: Oluşumu, İçeriği, Türkiye Rezervleri, Temizlenmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(1), 312-325.

DOĞAN, F., ve KITAPÇIOĞLU, G. 2007. İzmir ilinde hava kirliliğinin yıllar itibariyle karşılaştırılması. Ege Tıp Dergisi, 46(3), 129-133.

DOGAN, T. R., BEŞLI, N., AKTACIR, M. A., DINÇ, M. N., İLKHAN, M. A., ÖZTÜRK, F. VE YILDIZ, M. 2020. Seasonal effects of atmospheric particulate matter on performance of different types of photovoltaic modules in sanliurfa, Turkey. – Atmospheric Pollution Research 11(12): 2173-2181.

DOGAN, T.R., ve ATBİNİCİ, M. 2022. Temporal and Spatial Analysis PM10 and SO2 Concentration with the use of GIS in Southeastern Anatolia Region Cities of Turkey. Applied Ecology and Environmental Research, 20(5):4079-4093.

DOLAR, A., ve SARAÇ, H. T. K. 2015. Türkiye'nin Doğu İllerindeki Hava Kalitesinin PM10 Yönüyle İncelenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(4), 25-32.

ELBIR, T., BAYRAM, A., KARA, M., ALTIOK, H., SEYFIOĞLU, R., ERGÜN, P. ve ŞIMŞIR, S., 2010, İzmir Kent Merkezinde Karayolu Trafiğinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin İncelenmesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12 (1), 1-17.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2016. Sulfur Dioxide (SO2) Pollution. https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics#what, Erişim tarihi: 28 Ağustos 2017

ERGÜN, POLAT, E., "Gaziantep'in trafik kaynaklı hava kirliliğinin belirlenmesi üzerine bir çalışma", Yüksek Lisans tezi, Sütçü İmam Üniv., Kahramanmaraş, 2016.

FIŞEKÇI, F., ÖZKURT, S., BAŞER, S., DALOĞLU, G., ve HACIOĞLU, M. 1999. KOAH alevlenmelerinde hava kirliliğinin etkisi. Eur Respir J , 14 (Ek 30), 393.

GOUDIE, A. S., 2014. Desert dust and human health disorders. Environment international, 63, 101-113.

GULIA S., NAGENDRA S M S , KHARE M and KHANNA I., 2015. Urban air quality management–A review Atmos. Pollut. Res. 6 286–304

HAIZHU, Y., PENG, W., PENG, Z., and BO, Y. 2017. Research on comprehensive decision-making method of heating project based on combined weight method. In 2017 IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2) (pp. 1-6). IEEE.

HATAY VALILIĞI ÇEVRE VE ŞEHIRCILIK İL MÜDÜRLÜĞÜ, 2018, Hatay İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu.

HAVA KALITESI DEĞERLENDIRME VE YÖNETIMI YÖNETMELIĞI 2021

HAVA KİRLİLİĞİ RAPORU, 2019 TMMOB Çevre Mühendisleri Odası

İSKENDER, S., Filiz, BOLU, YILMAZ, M., and amp; MAYDA, A. 2015. Düzce hava kalitesi izleme çalışmaları 1 Ekim 2011-31 Mart 2015 değerlendirmelerinin incelenmesi. Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi , 6 (3), 161- 167.

İMAL, M., KARAPINAR, ve Ç., DOĞAN, O., 2013, Hava Kalitesine Doğalgazın Etkisi: Kahramanmaraş Örnek Çalışması, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16 (2),22-28.

KALIPCI, E., ve BAŞER, V. 2019. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Hava Kalitesi Verileri Kullanılarak Türkiye'nin Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 9(2), 377-389.

KAN, H.D., CHEN, R., and TONG, S., 2012. Ambient air pollution, climate change, and population health in China. Environ. Int. 42, 10–19.

KARAKUŞ, C.B. 2019. Evaluation of groundwater quality in Sivas province (Turkey) using water quality index and GIS-based analytic hierarchy process. International journal of environmental health research, 29(5), 500-519.

KARAKUŞ, C.B, ve YILDIZ, S. 2019. Hava Kalite İndeksi İle Meteorolojik Parametreler Arasindaki İlişkinin Çoklu Regresyon Yöntemi İle Belirlenmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8 (2), 698-711.

KOWALSKA, M., and KRZYCH, Ł. 2007. The impact of particulate matter and sulphur dioxide on blood pressure-current knowledge. Arterial Hypertension, 11(5), 435-442.

KUDAL, S., 2009, Hava Kirliliğinin Çevresel ve Mekânsal Modellenmesi, Analizi ve Tematik Haritalarla Görselleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 97.

LANCET PLANET HEALTH 2019 The impact of air pollution on deaths, disease burden, and life expectancy across the states of India: the Global Burden of Disease Study 2017 Lancet 18 30261–4

LONGO, B.M., ROSSIGNOL, A. and GREEN, J.B., 2008. Cardiorespiratory health effects associated with sulphurous volcanic air pollution. Public Health 122 (8), 809–820.

LOYD C.D. 2010. Local Models for Spatial Analysis, 2nd ed. ISBN 9780367864934, – Temple University, Philadelphia, PA, USA., 98.

LIU, X., WANG, R., ZHANG, R., LIU, B., and YAO, J. 2020. Performance analysis of 600 MW high sulfur coal unit desulfurization unit reform under ultra-low situation. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 446, No. 4, p. 042020). IOP Publishing.

MAHOWALD, N. M., BAKER, A. R., BERGAMETTI, G., BROOKS, N., DUCE, R. A., JICKELLS, T. D., ... and TEGEN, I. 2005. Atmospheric global dust cycle and iron inputs to the ocean. Global biogeochemical cycles, 19(4). https://doi.org/10.1029/2004GB002402

MAGAS, O. K., GUNTER, J. T., and REGENS, J. L. 2007. Ambient air pollution and daily pediatric hospitalizations for asthma. Environmental science and pollution research international, 14(1), 19.

MANNUCCI, P. M and FRANCHINI, M. 2017. Health effects of ambient air pollution in developing countries Int. J. Environ. Res. Public Health 14(9) 1–8

MASOUDI, M. 2021. Estimation of the spatial climate comfort distribution using tourism climate index (TCI) and inverse distance weighting (IDW)(case study: Fars Province, Iran). Arabian Journal of Geosciences, 14(5), 1-13.

MORMAN, S. A., and PLUMLEE, G. S. 2014. Dust and human health. In Mineral dust (pp. 385-409). Springer, Dordrecht

HAVA KIRLILIĞINE NEDEN OLAN GAZLAR NEDIR, 2014. https://hava-kirliligine-neden-olan-gazlar.nedir.org/ Erişim, 29.08.2022

NICKOVIC, S., KALLOS, G., PAPADOPOULOS, A., and KAKALIAGOU, O. 2001. A model for prediction of desert dust cycle in the atmosphere. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 106(D16), 18113-18129.

NOROUZI, S., KHADEMI, H., CANO, A. F., and ACOSTA, J. A. 2015. Using plane tree leaves for biomonitoring of dust borne heavy metals: A case study from Isfahan, Central Iran. Ecological indicators, 57, 64-73.

ULUSAL HAVA KALITESI DEĞERLENDIRME VE YÖNETIMI YÖNETMELIĞI, 2021.

ÖZCAN, N. S., 2016, Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen ve Şehir Planlama İle Kontrol Edilebilen Fiziksel Faktörlerin Mekânsal İstatistik Yöntemleri İle İncelenmesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 194.

ÖZŞAHIN, E., EROĞLU, İ. ve PEKTEZEL, H., 2016, Keşan'da (Edirne) Hava Kirliliği, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 36, 83-100.

PALARZ, A., and CELIŃSKI-MYSŁAW, P. 2017. The effect of temperature inversions on the particulate matter PM10 and sulfur dioxide concentrations in selected basins in the Polish Carpathians. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 12(2), 629-640.

PATRA, A. K., GORAI, A. K., RENGDE, V. R., and SHARMA, Y. 2021. GIS-based exposure assessment and characterization of particulate matter in a mining region in India. Environment, Development and Sustainability, 23(7), 9852-9874.

PRASETIA, H., ANNISA, N., RIDUAN, R., SETYOWATI, E. R., TASFIYATI, A. N., and MARYANA, R. 2021. The dispersion pattern of PM10 and SO2 on Highway Kuin Utara and Kuin Selatan Banjarmasin City based on GIS spatial model. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1011, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.

PROF.DR. HAKAN GERÇEKOĞLU, 2017. https://www.indyturk.com/node/440731/t%C3%BCrki%CC%87yeden-sesler/g%C3%B6r%C3%BCnmez-sessiz-katil-pm10-ve-pm25-kirlili%C4%9Fi Erişim, 24.08.2022

SAHU, C., and SAHU, S. K. 2019. Ambient air quality and air pollution index of Sambalpur: a major town in Eastern India. International Journal of Environmental Science and Technology, 16(12), 8217-8228.

SAĞLIK ve ÇEVRE BIRLIĞI HEAL 2016.

SARİ, M.F., ve ESEN, F., 2019. PM10 Ve SO2 Konsantrasyonlari Ve Meteorolojik Parametrelerin Konsantrasyonlar Üzerine Etkileri. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(2), 689-697.

SMITH, K.R., FRUMKIN, H., BALAKRISHNAN, K., BUTLER, C.D., CHAFE, Z.A. and FAIRLIE, I., et al., 2013. Energy and human health. Annu. Rev. Public Health 34, 159–188.

SÜREN, P., 2007. " Zonguldak kent merkezi atmosferik partikül madde kirliliğinin; PM2,5 ve PM10.0 boyut dağılımı, kaynak ve metalik kompozisyon temelinde incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir

ŞAHİN, M. 2020. Impact of weather on COVID-19 pandemic in Turkey. Science of the Total Environment, 728: 138810.

ŞENGÜN, M. T., ve KIRANŞAN, K., 2012. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Çöl Kaynaklı Tozlar ve Genel Çevresel Etkileri, İlhan Ofset Matbaa, Elazığ.

TECER, L. H., 2013. "Balıkesir'de hava kirliliğinin çocuk ve yetişkinlerde solunum hastalıklarına etkilerinin belirlenmesi üzerine bir alan çalışması", HKAD, vol. 2, s. 11-20

TMMOB ÇEVRE MÜHENDISLERI ODASI, "Hava Kirliliği Raporu", TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Ankara, 2018.

TUNCEL, G. 2013. Türkiye'de Hava Kirliliği Çalışmaları-I. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 2(4), 103-104.

TÜRKIYE İSTATISTIK KURUMU (TÜİK), 2021

TÜRKIYE CUMHURIYETI, ÇEVRE, ŞEHIRCILIK VE İKLIM DEĞIŞIKLIĞI BAKANLIĞI, İstanbul Hava Kalitesi İzleme Merkezi (İHKİM). https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/bilgi/kirletici-kaynaklar (16.06.2022)

TÜRKIYE CUMHURIYETI, ÇEVRE, ŞEHIRCILIK VE İKLIM DEĞIŞIKLIĞI BAKANLIĞI, Sürekli İzleme Merkezi (SİM). https://sim.csb.gov.tr/ Erişim, 20.08.2022

TÜRKIYE CUMHURIYETI, ÇEVRE, ŞEHIRCILIK VE İKLIM DEĞIŞIKLIĞI BAKANLIĞI, Şanliurfa İli Temiz Hava Eylem Planı (ŞİTHEP), 2014-2019. http://webdosya.csb.gov.tr/db/sanliurfa/webmenu/webmenu89117.pdf Erişim, 05.06.2022

TÜRKIYE CUMHURIYETI, ÇEVRE, ŞEHIRCILIK VE İKLIM DEĞIŞIKLIĞI BAKANLIĞI, ULUSAL HAVA KALITESI İZLEME AĞI (UHKİA) 2021 http://www.mgm.gov.tr/FTPDATA/arastirma/toz/uydu/0100_msg_dust_tr.jpeg Erişim, 20.08.2022

ÜNSAL, A., METINTAŞ, S., ÖNER. S., VE İNAN, O. Ç., 1999. "Eskişehir'de hava kirliliği ve bazı hastalıklar nedeniyle acil başvuruların incelenmesi", TTD, vol. 47, no. 4, s. 449-455,

VALLERO, D. A. 2008. Fundamentals of air pollution, US Environmental Protection Agency.

VURAL, E. 2021. Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinin CBS kullanarak hava kalitesinin mekânsal değişiminin incelenmesi (2007-2019). Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 7(1), 124-135.

WORLD HEALTH ORGANİZATİON, 2016

WORLD HEALTH ORGANİZATİON, 2020

YIGITERHAN, O., AL-THANI, J. A., DIB, S., ALSAADI, H. A., and AL-ANSARI, E. M. 2021. The Influence of Qatari Dust on the Element Composition of Marine Plankton.

ŽIBRET, G., VAN TONDER, D., and AMP; ŽIBRET, L. 2013. Metal content in street dust as a reflection of atmospheric dust emissions from coal power plants, metal smelters, and traffic. Environmental science and pollution research, 20(7), 4455-4468.