



KENTSEL HAVA KİRLİTİCİLERİNE METEOROLOJİNİN ETKİSİ: KONYA ÖRNEĞİ

Gülnehal KARA

Selçuk Üniv. Müh. Mim. Fak. Çevre Müh. Böl. 42031 Kampüs/Konya
gkara@selcuk.edu.tr

ÖZET: SO₂, PM ve meteorolojik parametreler 1990 yılından beri Konya’da birçok bölgede ölçülmektedir. Bu çalışmanın amacı Konya’nın hava kalite seviyeleri üzerine meteorolojik faktörlerin etkisini belirlemektir. Ölçümler, Konya’nın farklı bölgelerinde bulunan 4 sabit istasyonda ve 1 mobil istasyonda gerçekleştirilmiştir. Kirleticilerin konsantrasyonu ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişki yüksek kirlilik episodları yaratan 5 önemli meteorolojik parametre üzerine odaklanarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar rüzgâr hızı, bağıl nem ve sıcaklığın sadece kirletici konsantrasyonlar üzerine değil kirleticiler ile olan korelasyonların üzerinde de etkisi olduğunu göstermiştir. Daha yüksek rüzgar hızları yakın bölgelerden partikül taşınımına neden olarak ortamdaki partikül madde seviyelerine katkıda bulunmaktadır. SO₂ ve PM₁₀ için en yüksek ortalama konsantrasyonlar nemin %75-80, basıncın 890-910 hpa rüzgar hızınının 1.2 m’s’den daha düşük olduğu kış periyodunda belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Konya, hava kirliliği, meteoroloji, SO₂, PM₁₀.

Effect of Meteorological to Urban Air Pollutants: The Case of Konya

ABSTRACT: The atmospheric concentrations of several atmospheric pollutants: SO₂, PM₁₀, and meteorological parameters have been measured at several locations in Konya city, Turkey since 1990. The objective of this work is to estimate the effects of meteorological factors on the air quality levels for this city. The measurements are achieved using 4 fixed stations and 1 mobile station to cover several important areas of Konya. The relationship of pollutants concentrations to five major meteorological parameters is assessed, with a particular focus on the meteorological conditions that create high-pollution episodes.

The results showed that, wind speed, relative humidity and temperature were found to have an influence not only on pollutant concentrations but also on the correlation between pollutants. At higher wind speeds, from the surrounding area was entrained by the wind, thus contributing to ambient particulate matter levels. For SO₂ and PM₁₀ the highest average concentrations occurred at humidity above 75-80%, atmospheric pressure above 890-910 hpa and lower wind powers than 1.2 m/s during winter period.

Key Words: Konya, air pollution, Meteorology, SO₂, PM₁₀.

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sanayileşme sürecinde ortaya çıkan ve günümüzde çağın sorunu olarak kabul edilen çevre kirliliği, özellikle “hava kirliliği” şeklinde canlılar, insanlar ve yapılar üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Türkiye’nin en büyük 6. şehri olan Konya kış sezonunda hava kirliliği problemleri ile karşı karşıya kalmaktadır.

Konya’da kış aylarında sıkça inversiyon meydana geldiği bilinmektedir. PM₁₀ konsantrasyonu bazı kış günlerinde 200 µg m⁻³ aşmaktadır. SO₂ ve PM₁₀ eş zamanlı 4 istasyonda 2005’den beri tam otomatik cihazlarla izlenmektedir. İzleme istasyonları Konya genelini kapsayacak şekilde Karatay, Selçuklu, Meram ve Horozluhan (Selçuklu Bölgesinde) bölgelerinde konumlandırılmıştır.

Meteoroloji, kirleticilerin havadaki konsantrasyon seviyelerini önemli ölçüde etkilemektedir. Rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü verileri, bir bölgeye kirleticilerin taşınımı hakkında güvenilir bilgi sağlamakta ve izleme istasyonlarındaki ölçümler ve kirletici kaynaklar arasındaki ilişkileri değerlendirmek için kullanılmaktadır. Sıcaklık, yakıt tüketimini ve atmosferdeki kimyasal reaksiyonları; radyasyon hava kirleticiler arasındaki fotokimyasal reaksiyonları etkilemektedir. Yağış, kirleticilerin atmosferden giderilmesini sağlamaktadır (İncecik, 1994). Meteorolojik faktörler ayrıca kirleticilerin konsantrasyonunu ve atmosferde kalış süresini etkilemektedir. Bu çalışma da, Konya kent havasındaki kirleticilere meteorolojik faktörlerin etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Çalışma Alanı ve Örnekleme (Study Area and Sampling)

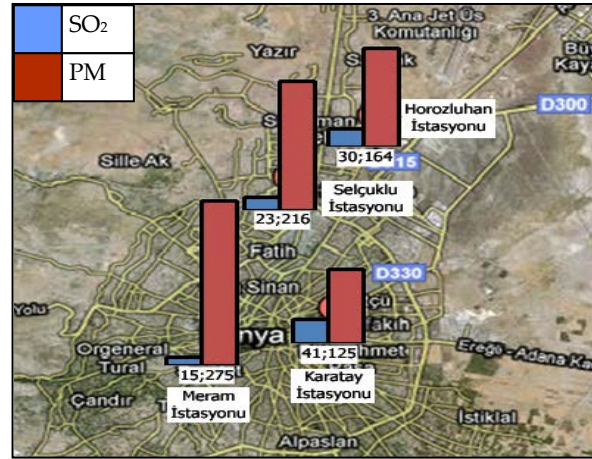
Bu çalışma nüfus yoğunluğu 1.019.755 kişi olan Konya şehrinde gerçekleştirilmiştir. Bu şehir yıllık ortalama sıcaklığı 11.5 °C, yağış yüksekliği 321.8 mm, çok güneş alan sert karasal iklim ile karakterize edilmektedir. Özellikle kış aylarında hava sert ve soğuktur. Kuzey (N-4966), Kuzey- Kuzeydoğu (NNE-4206) ve kuzeydoğu (NE-3388) rüzgar yönleri hakimdir. Konya'da sanayide doğal gaz kullanımı 2003, konutlarda ise 2004 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Nüfusun % 35'inden fazlası doğal gaz kullanmaktadır. Toplu taşıma halk otobüsleri ile karayolu ve tramvay ile demiryolu kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ayrıca dolmuş ve taksilerde ulaşımda kullanılmaktadır. Hava kalitesi izleme istasyonları Konya genelini kapsayacak şekilde Karatay, Selçuklu, Meram ve Horozluhan (Selçuklu Bölgesinde) bölgelerinde olarak konumlandırılmıştır. SO₂ ve PM eş zamanlı 4 istasyonda 2005'den beri izlenmektedir. Meteorolojik veriler Konya Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir.

PM₁₀ ve SO₂ ölçümleri ülkemizdeki diğer illerde olduğu gibi Konya'da da Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından kurulan Hava Kalitesi izleme istasyonlarındaki mevcut cihazlar tarafından yapılmaktadır. Cihazlar EPA veya EN

gibi uluslararası kabul edilmiş referans metotlarına uygun olarak, göre tasarlanmış online tam otomatik ölçüm yapmaktadır. PM₁₀ beta ışını zayıflatma, SO₂ ise optik sensörlü, UV floresans yöntemleriyle ölçülmektedir. Hava kalitesi verileri Konya Büyükşehir Belediyesinden ve Çevre ve Orman Bakanlığı web sitesinden temin edilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

2009-2010 periyodunda istasyonlarda kış periyodunda gözlenen ortalama PM ve SO₂ konsantrasyonları Şekil 1'de gösterilmiştir.

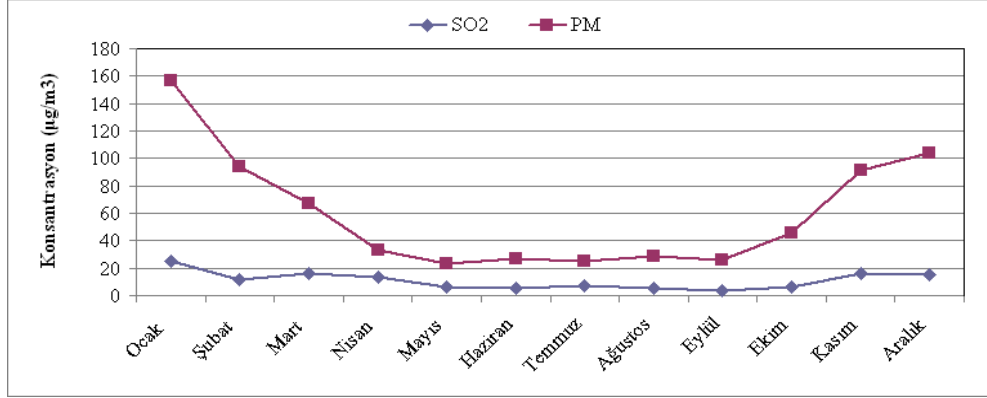


Şekil 1. 2009-2010 kış periyodunda istasyonlarda gözlenen ortalama PM₁₀ ve SO₂ konsantrasyonları (The observed concentrations of PM₁₀ and SO₂ in stations in the winter period of 2009-2010)

Şekil 1 incelendiğinde Meram istasyonunda PM₁₀ konsantrasyonunun, Karatay istasyonunda SO₂ konsantrasyonunun diğer istasyonlardan yüksek seviyede olduğu görülmektedir. İstasyonlar incelendiğinde Horozluhan istasyonu şehrin girişinde kuzey yönde şehirdeki en büyük fabrikalardan biri olan Konya Çimento fabrikasının çok yakınında, civarında Birinci organize sanayi, küçük ölçekli mobilyacılar sitesi, kunduracılar sitesi ve matbaacılar sitesi bulunan ve yakınından şehirlerarası yol geçen, ayrıca etrafında yerleşim bölgesi bulunan bir istasyondur. Bu istasyonda SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonunun kış sezonu ortalaması sırasıyla 30 ve 164 µg/m³ olarak tespit edilmiştir. İstasyonun bulunduğu bölgede sanayi sitelerinin ve çimento fabrikasının var

olması, özellikle kunduracılar sitesinde yakıt olarak imalat atıklarının kullanılması, istasyonunun şehir içi ve şehirlerarası trafikten etkilenmesi ve konutlarda kömür kullanımının PM konsantrasyonunun yüksek oluşunda etkili olduğu düşünülmektedir. Bu istasyona yakın bir diğer istasyon olan Selçuklu İstasyonu sanayi bölgesinden uzak ama şehirlerarası yola nispeten biraz daha yakın, mesken bölgesinin içinde olan bir istasyondur. Bu istasyondaki SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonunun kış sezonu ortalaması sırasıyla 23 ve 216 µg/m³ olarak tespit edilmiştir. Bu istasyonda nispeten SO₂ konsantrasyonu diğer istasyona göre düşük iken PM₁₀ konsantrasyonu yüksektir. İstasyonun yakın civarında küçük ölçekli matbaacılar sitesi ve oto parçacılar sitesi bulunmaktadır. Ayrıca Konya'da hâkim rüzgâr yönü kuzeyli rüzgârlar olduğu için Horozluhan civarındaki kirlenmelerin de bu bölgeye meteorolojik faktörlerin etkisiyle taşınmış olabileceği düşünülmektedir. Doğal gaz Konya'nın pek çok bölgesinde kullanılırken bazı bölgelerde ilk yatırım maliyetleri nedeniyle hala

kullanılmamakta ve kömür kullanımına devam edilmektedir. Selçuklu bölgesinde de hala kömür kullanan konutlar mevcuttur. Karatay istasyonu şehrin güney doğusunda yer almaktadır. Doğal gaz bu bölgede diğer bölgelere göre daha az yaygındır. Bu nedenle bu bölgede SO₂ konsantrasyonu diğer istasyonlara göre daha yüksek seviyelerde 41µg/m³ olarak tespit edilmiştir. İstasyonun yakın civarında üçler mezarlığı ve park bulunmaktadır. Bu istasyon yakın civarda nokta ve çizgi kaynaklardan uzak konumda ve etkilenmemektedir. Son istasyon olan meram istasyonu yakın civarında kavşak ve üst geçit olan mesken bölgesinin içinde bir istasyondur. İstasyonun çevresi rehabilite olmamış bahçe ile çevrilidir. İstasyonun rüzgâr yönünde olması ile meteorolojik faktörlerle kirlenici taşınımından, ayrıca rüzgârın etkisiyle yerdeki tozuşmadan kolay etkilenmesi bu istasyondaki PM₁₀ konsantrasyonunun yüksek olmasının nedenleri olarak düşünülmektedir. SO₂ ve PM₁₀'nin aylık ortalamaları Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. SO₂ ve PM₁₀'nin aylık ortalamaları (2009-2010) (Monthly averages of SO₂ and PM₁₀ (2009-2010))

Şekil 2'de görüldüğü gibi kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarında kirlenmelerin konsantrasyonları yükselirken kirlilik episodları sıklıkla aralık, ocak ve şubat aylarında görülmektedir.

Ülkemizde yürürlükteki Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDY) 6 Haziran 2008 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikte PM ve CO için 2014, ozon için 2022 yılı hedef değerler belirtilmiştir, 2008 yılından itibaren bu hedef değerlere kademeli geçiş öngörülmüştür. Yönetmelikteki 24 saatlik, kış sezonu (1 Ekim-31 Mart), yıllık

ortalama hedef değerler SO₂, için 200, 125 ve 60 µg/m³; PM için 300, 90, 60 µg/m³ olarak belirtilmiştir. Bu hedef değerlere 2008 yılı için belirtilen 24 saatlik, kış sezonu, yıllık ortalama hedef değerler SO₂, için 400, 250 ve 150 µg/m³; PM için 300, 200, 150 µg/m³ olarak belirtilen değerlerden kademeli olarak geçiş olacağı yönetmelikte belirtilmiştir. CO için yıllık ortalama sınır değer 10 mg/m³, 24 saatlik ortalama sınır değer ise 30 mg/m³'den 10 mg/m³'e kademeli düşüş belirtilirken ozon için 2022 yılındaki hedef sınır değer 120 µg/m³ (maksimum günlük 8 saatlik ortalama) olarak

belirtilmiştir. Bu çalışma da veriler hedef değerlere göre analiz edilmiştir. Çizelge 1’de hava kirleticileri için çalışma da elde edilen

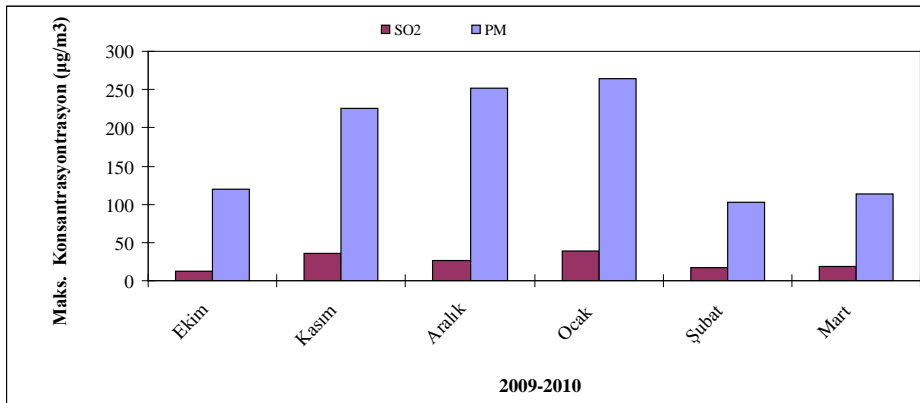
değerlerin standartlarla karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 1. SO₂, PM, Ozon ve CO verilerinin (2010 yılı için µg/m³ olarak) ulusal ve uluslar arası limitlerle karşılaştırılması (Comparison of national and international limits of SO₂, PM, ozone and CO datas (µg/m³ for the year 2010)

| Kirletici | Bu çalışmada elde edilen veriler | HKDY | WHO | EU | USEPA |
|-------------------------|--|--|---|--|---|
| SO ₂ | 10.975 (yıllık) 12.5 (Kış sezonu) 10 (Yaz sezonu) | 340 (24 saat) 200 (kış sezonu) 150 (insan sağlığı) 44 (ekosistem) | 500 (1 saat) 125 (24 saat) 50 (yıllık) | 350 (1 saat) 125 (24 saat) 20 (yıllık) | 1300 (3 saat) 365 (24 saat) 80 (yıllık) |
| PM10 | 60.675 (yıllık) 108.5 (Kış sezonu) 43.5 (Yaz sezonu) | 220 (24 saat) 90 (kış sezonu) 114 (yıllık) | - | 50 (24 saat) 40 (yıllık) | 150 (24 saat) 50 (yıllık) |
| Ozon | 49 ^a | - | 120 (8 h) | 180 (1 saat) 120 (8 saat) | 235 (1 saat) 157 (8 saat) |
| CO (mg/m ³) | 1.715 ^a | - | 100 (15 dak) 60 (30 dak) 30 (1 saat) 10 (8 saat) | 10 (8saat) | 40 (1 saat) 10 (8 saat) |

Nisan 2010 için 8 saatlik ortalama

2009-2010 periyodunda kış sezonunda gözlenen günlük maksimum konsantrasyon değerleri Şekil 3’de verilmiştir.



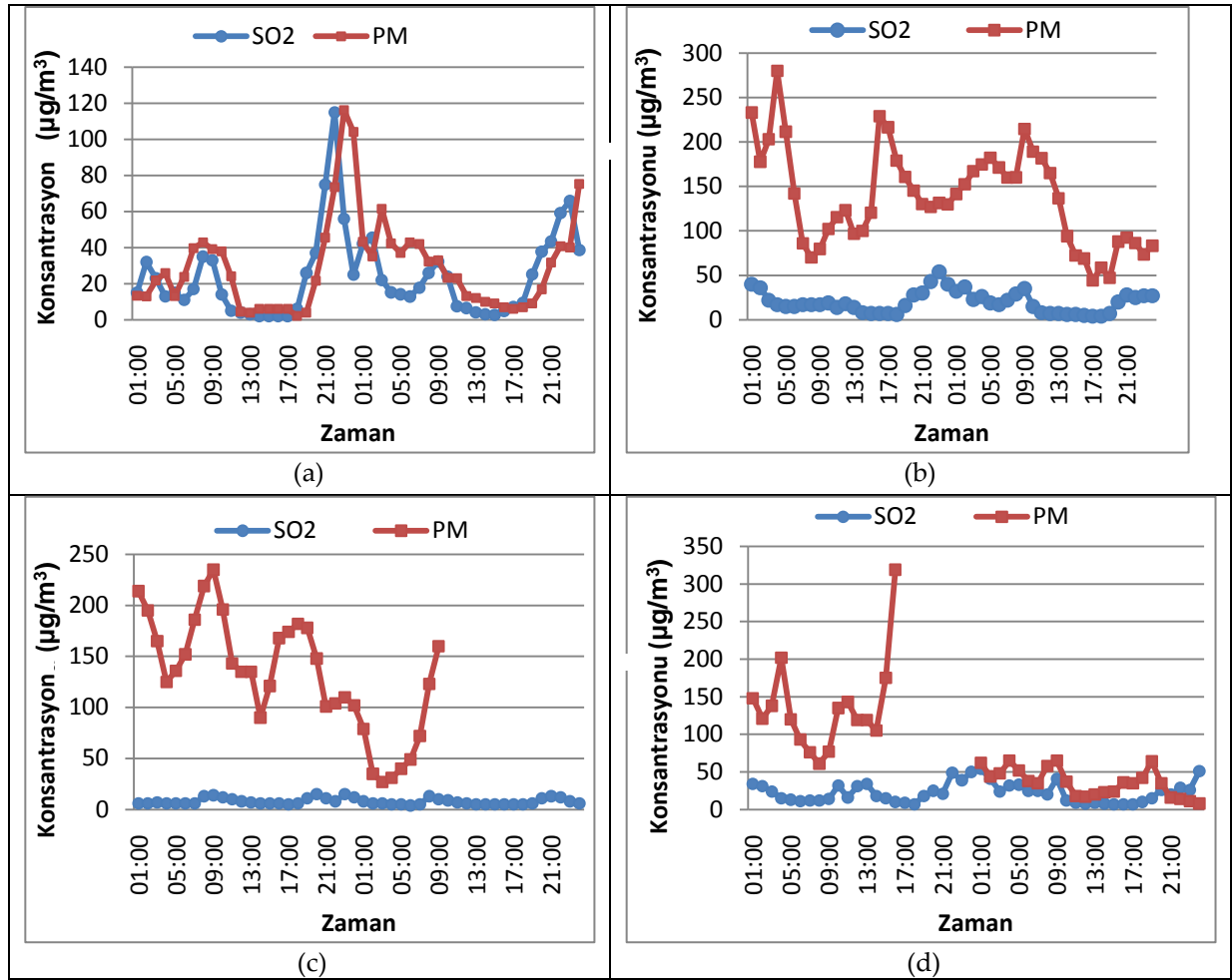
Şekil 3. Maksimum SO₂ ve PM konsantrasyonları (The maximum concentrations of SO₂ and PM)

Şekil 3 incelendiğinde SO₂ ve PM10’in HKDY’ne göre sınır değerlerin altında olduğu ama PM10’un EU’nin ve USEPA’nın belirttiği Çizelge 1’de görülen sınır değerlerin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum Konya’da ısınma kaynaklı kirliliğin göstergesi olarak belirtilen SO₂’in alınan önlemlerle kontrol

altına alındığını ama PM10’un kirlilik kaynaklarının tam olarak tespit edilemediği veya kontrol alınamadığını göstermektedir. Çizelge 1 incelendiğinde SO₂, Ozon ve CO’in standartların altında olduğu, PM10’un standartların üzerinde olduğu görülmektedir.

Şiddetli hava kirliliğinin hissedildiği kış döneminde günlük ortalama sıcaklıklar -11°C 'ye kadar düşmektedir. Hâkim rüzgâr yönleri kuzey, kuzey-kuzeydoğu, kuzey-kuzey batı'dır. Yağış çok az olduğu için kirlenmeler ıslak çökeltme ile giderilmemektedir. Kış aylarında herhangi bir siklonik aktivitenin olmadığı zamanlarda rüzgâr hızı sabah saatlerinde havanın soğuk olması nedeniyle genel olarak düşük seviyede, saat 09:00'a doğru yerin ısınmasıyla birlikte hava ısınmakta ve konvektif hareketler sonucu yükselen havanın yerini dolduran çevreden gelen soğuk hava akımı yatay rüzgârın hızını arttırmakta, Saat 15:00 civarında ise rüzgâr hızı maksimum düzeye

ulaşmakta, saat 15:00'ten sonra soğumanın etkisiyle tekrar düşmekte ve bu düşüş gece boyunca devam etmektedir. Konya'da ilk yakma saatlerinin Konya'nın meteorolojik şartları göz önünde tutularak saat sabah 9:30 öğleden sonra 15:30 gibi olmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Isınma döneminde günlük maksimum konsantrasyon değerleri tespit edildikten sonra bu günlerdeki SO_2 ve PM konsantrasyonunun saatlik değerleri kullanılarak Şekil 4 oluşturulmuştur. Şekil 4'de 4 istasyonda maksimum konsantrasyonların gözlemlendiği tarihlerde kirlenmelerin saatlik değişimi verilmiştir.



Şekil 4. İstasyonlarda maksimum günlük konsantrasyon değerlerinin gözlemlendiği tarihlerdeki saatlik konsantrasyonlar (a-Mevlana istasyonu, b-Selçuklu istasyonu, c-Meram istasyonu, d-Horozluhan istasyonu) (Hourly concentrations at observed dates of maximum concentration values (a-Mevlana station, b-Selçuklu station, c-Meram station, d-Horozluhan station))

Şekil 4'de istasyonlardaki saatlik konsantrasyon değerleri görülmektedir.

İstasyonlar incelendiğinde Mevlana istasyonunda kirlenmelerin trendinin benzer

olduğu görülmektedir. Bu istasyonda pik konsantrasyonlar kalorifer ya da sobaların yakma saatlerinin hemen ardından tespit edilmiştir. (Selçuklu ve Horozluhan istasyonunda PM ve SO₂ farklı trend göstermiştir. Bu durum iki kirleticinin farklı kaynaklardan atmosfere dağıldığını göstermektedir. Bu iki istasyonda PM10'nun trendinin benzer olduğu Şekil 4'de görülmektedir. İki istasyonda da PM10 gece saatlerinde (2-3) pik yapmıştır. Ayrıca iki istasyonda trafiğin yoğun olduğu saatlerde (9-10 ve 17-19) de PM10 konsantrasyonu artmıştır. Bu durum iki bölgenin de trafikten kaynaklı kirliliğin etkisi altında olduğunu göstermektedir. Meram istasyonunda ise SO₂ konsantrasyonun gün içinde fazla değişmediği Şekil 4'de

görülmektedir. Bu bölgenin neredeyse tamamına yakının doğal gaz kullanmasının bu durumda etkili olduğu düşünülmektedir. PM10 ve SO₂'in trendinin farklı olması kaynaklarının farklı olduğunu göstermektedir. Bu istasyonda PM konsantrasyonu trafiğin yoğun olduğu saatlerde (7-9 ve 16-19) pik yapmıştır. Bölgenin trafik kaynaklı kirlilikten yoğun şekilde etkilendiği düşünülmektedir. İstasyonlarda günlük gözlenen SO₂ ve PM10 konsantrasyonlarının meteorolojik parametrelerle ilişkisi farklı SO₂ ve PM konsantrasyon aralıklarında sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve basınç değişimi tespit edilerek incelenmiştir. Çizelge 2'de farklı SO₂ konsantrasyon aralıkları için gözlenen meteorolojik parametrelerin değişimi verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı aralıklardaki SO₂ konsantrasyonunun meteorolojik parametrelerle değişimi (*Exchange of meteorological parameters in different ranges of concentration of SO₂*)

| SO ₂ (µg/m ³) | Rüzgâr yönü (°) | Ortalama Rüzgâr hızı (m/s) | Ortalama Sıcaklık (°C) | Ortalama Nem (%) | Ortalama Basınç (hPa) |
|--------------------------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|------------------|-----------------------|
| 100 - 80 | 157 | 0.5 | 2.4 | 82.9 | 898.3 |
| 80 - 60 | 135 | 0.5 - 0.7 | (-2.9) - (-0.1) | 75.6 - 77.2 | 901.8 - 907.2 |
| 60 - 40 | 0-270 | 0.4 - 1.2 | (-2.4) - (-9) | 61.6 - 82.8 | 897.3 - 911.1 |
| 40 - 20 | 67-270 | 0.4 - 2.1 | (-5.4) - (-22.3) | 31 - 90.9 | 887.9 - 914 |

SO₂ konsantrasyonun maksimum olduğu durumda sıcaklığın ve rüzgâr hızının düşük olduğu, nemin yüksek ve atmosferin yüksek basıncın etkisinde olduğu Çizelge 2'de görülmektedir. SO₂ konsantrasyonu kademeli olarak azalırken sıcaklığın, basıncın ve rüzgâr hızının kademeli olarak arttığı görülmektedir. Rüzgâr yönü aralığı ise oldukça geniş gözlenmiştir. Çizelge 3'de farklı PM konsantrasyon aralıkları için gözlenen

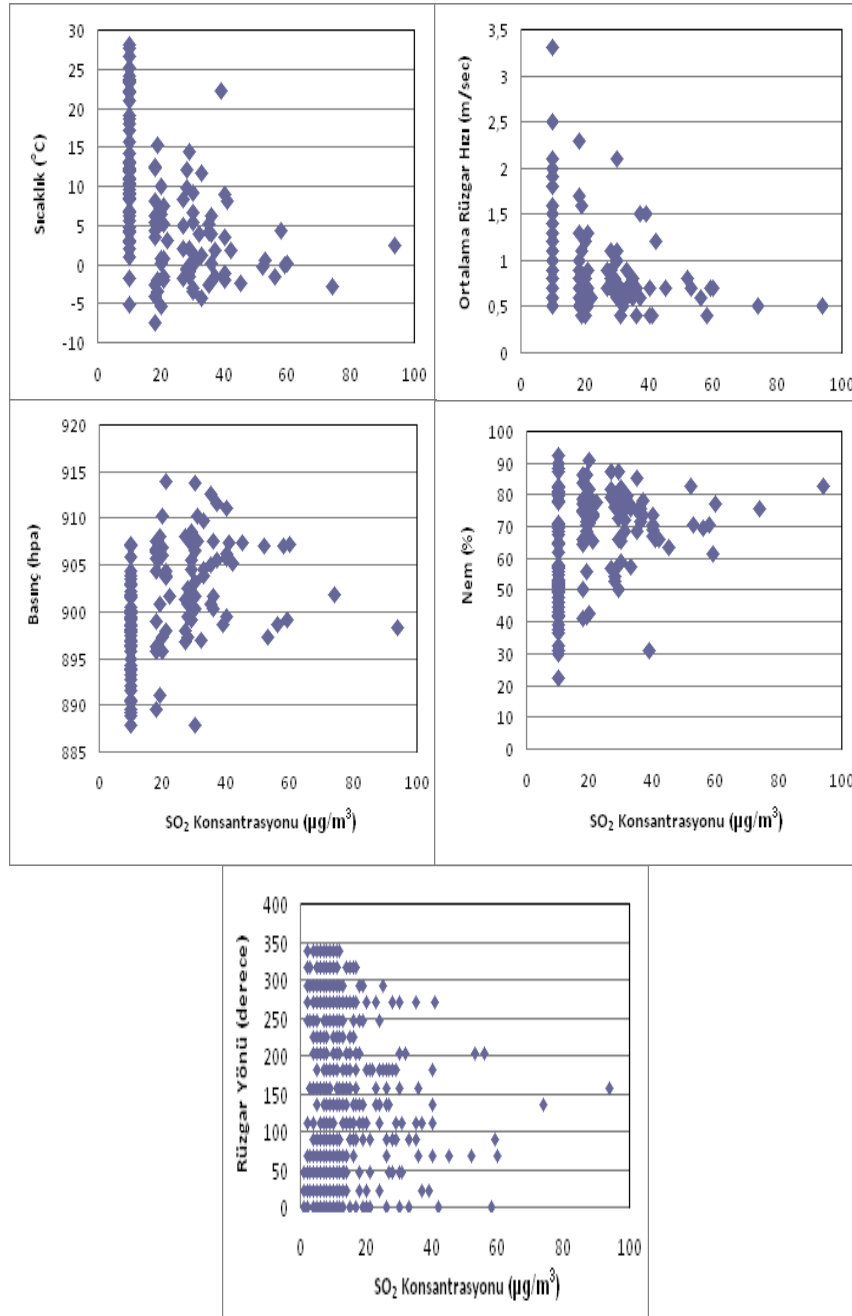
meteorolojik parametrelerin değişimi verilmiştir. Konya'da 100-80 ve 80-60 µg/m³ lik seviyeleri sadece birer kere tespit edilmiştir. SO₂ için yüksek konsantrasyon aralığı 60-40 µg/m³ olarak kabul edildiğinde sıcaklığın 9 °C'nin ve rüzgâr hızının 1.2 m/s'nin altında, nem değerinin %60-80, basınç değerinin 890-910 hPa olduğu şartlarda önemli seviyelerde kirlilik şartları oluşmaktadır.

Çizelge 3. Farklı aralıklardaki PM konsantrasyonunun meteorolojik parametrelerle değişimi (*Exchange of meteorological parameters in different ranges of concentration of PM*)

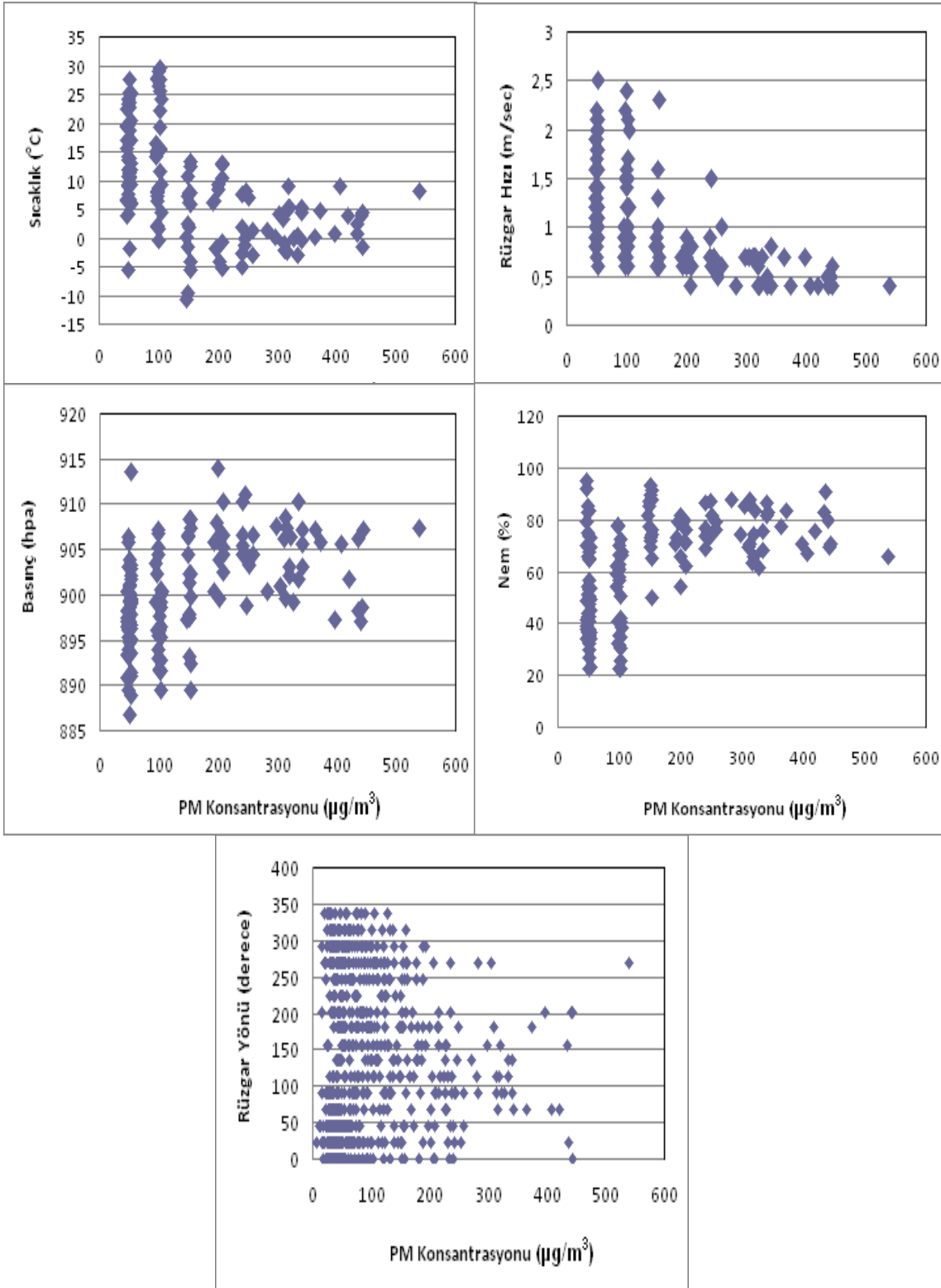
| PM (µg/m ³) | Rüzgâr yönü (°) | Ortalama Rüzgâr hızı (m/s) | Ortalama Sıcaklık (°C) | Ortalama Nem (%) | Ortalama Basınç (hPa) |
|-------------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|------------------|-----------------------|
| 600 - 500 | 270 | 0,4 | 8,2 | 65,8 | 907,3 |
| 500 - 400 | 22-202 | 0.4 - 0.6 | (-1.5) - (-9) | 67 - 90.9 | 897 - 907.1 |
| 400 - 300 | 90-270 | 0.4 - 0.8 | (-2.4) - (-9) | 61.6 - 87.5 | 897.3 - 910.2 |
| 300 - 200 | 22-270 | 0.4 - 1.5 | (-5.4) - (-13) | 54.1 - 88.8 | 897.3 - 914 |
| 200 - 100 | 22-337 | 0.4 - 4.1 | (-11) - (-30.2) | 17.1 - 98.3 | 886.3 - 912 |

Çizelge 3 incelendiğinde sıcaklığın minimum olduğu durumda nispeten düşük PM10 konsantrasyonu gözlemlenmektedir. Genel olarak sıcaklık düştüğünde PM 10 konsantrasyonu artarken, rüzgâr hızı arttığında PM10 konsantrasyonu azalmaktadır. PM10 konsantrasyonunun genelde alçak basıncın etkili olduğu, nem değerlerinin düşük olduğu şartlarda arttığı görülmektedir. PM konsantrasyonunun yüksek olduğu dönemlerde

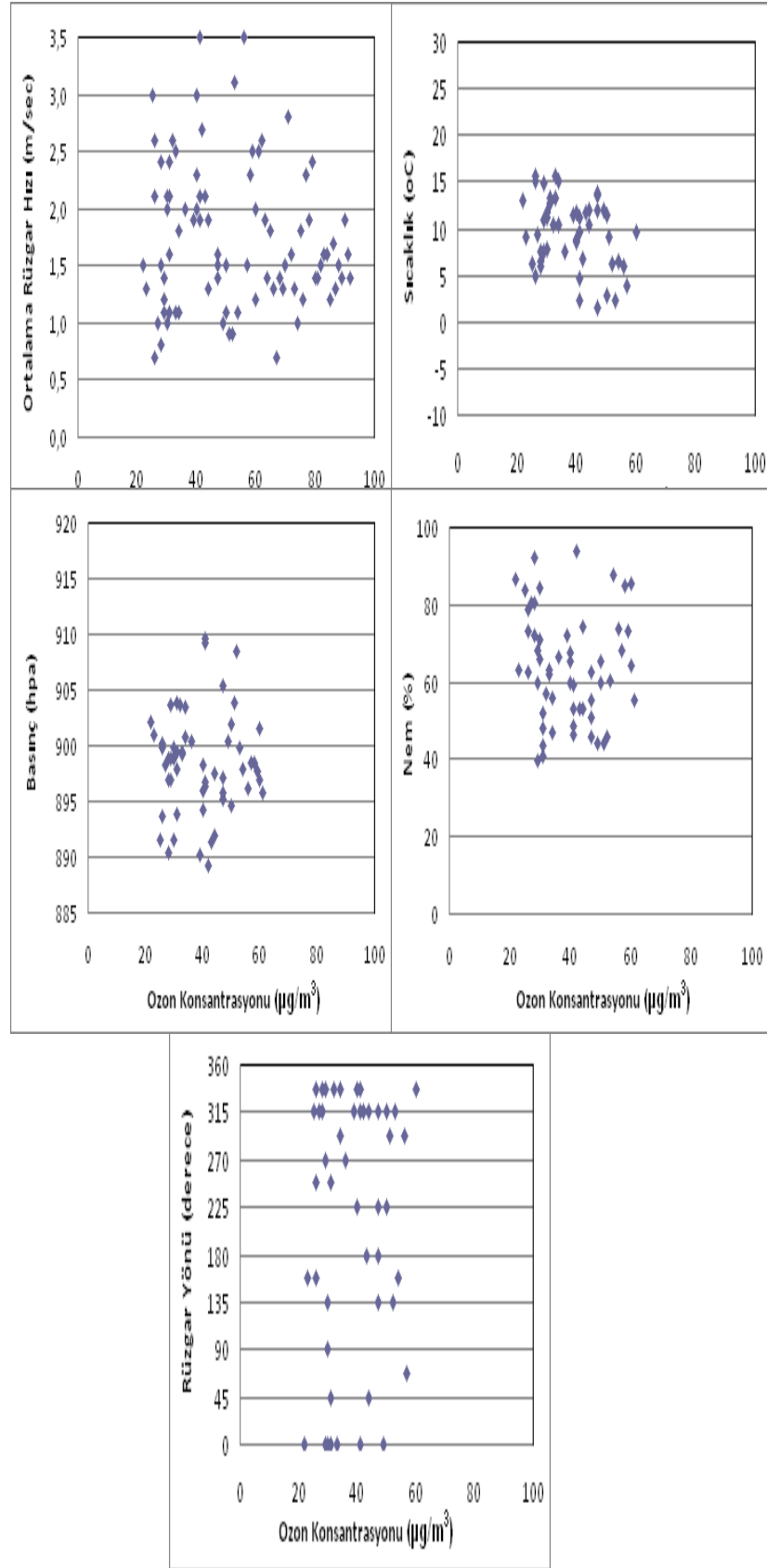
sıcaklık, nem ve basıncın çok fazla değişkenlik gösterdiği Çizelge 3'de görülmektedir. Kirlenici konsantrasyonları ile meteorolojik parametrelerin değişimini detaylı incelemek amacıyla Şekil 5, 6, 7 ve 8'de görülen dağılım grafikleri oluşturulmuştur. Şekil 5'de SO₂, Şekil 6'da PM, Şekil 7'de ozon, Şekil 8'de CO konsantrasyonunun meteorolojik parametrelerle değişimi görülmektedir.



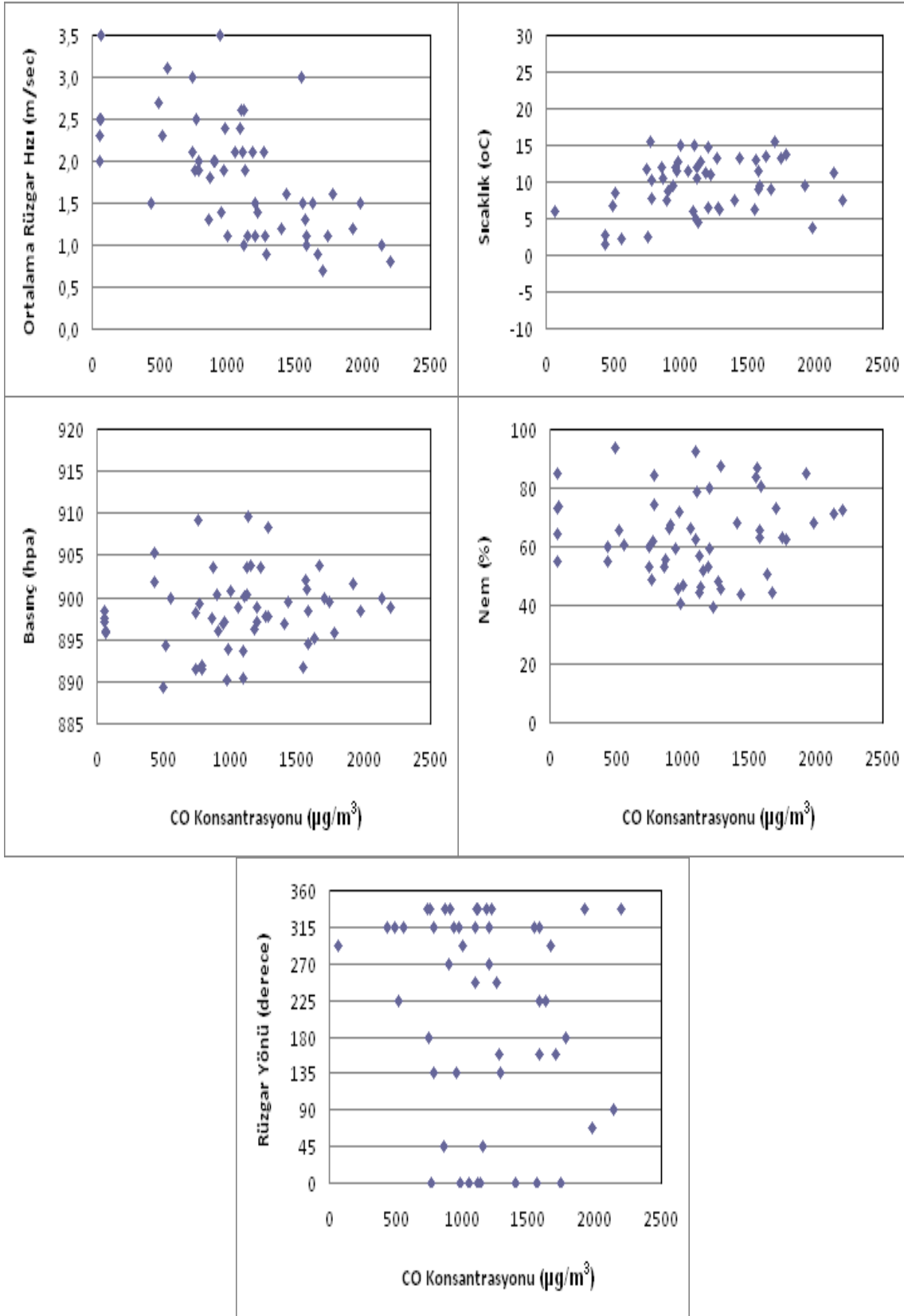
Şekil 5. SO₂ konsantrasyonunun meteorolojik parametrelerle değişimi (The change of SO₂ concentration with meteorological parameters)



Şekil 6. PM10 konsantrasyonunun meteorolojik parametrelerle değişimi (The change of PM10 concentration with meteorological parameters)



Şekil 7. Ozon konsantrasyonunun meteorolojik parametrelerle değişimi (The change of Ozone concentration with meteorological parameters)



Şekil 8. CO konsantrasyonunun meteorolojik parametrelerle değişimi (The change of CO concentration with meteorological parameters)

Kirleticilerin 30° genişliğinden çok daha yakın rüzgâr yönü bantları ile taşındığı Şekil

5,6,7 ve 8'de görülmektedir. Çok yakın rüzgâr bantları ile meydana gelen kirlilik taşınımının

izleme istasyonları tarafından tespit edilmesi güçtür. Rüzgar yönündeki çok küçük değişiklikler ile emisyon bulutları oluşabilir ve bazı bölgelerde şiddetli kirlilik ve sis oluşabilir (Köktürk, 1978). Bu vejetasyondaki ıslak ve kuru çökeltmeyi önemli miktarda artıracak bir etkidir.

Kirlenmelerin tespit edilme ve konsantrasyon seviyeleri dikkate alındığında sıcaklığın -5 ile 10 °C, rüzgar hızının 0.5 ile 1 m/s, basıncın 895-910 hpa, nem değerinin %70-80 aralığında olduğu şartlarda kirlenmelerin konsantrasyonu önemli seviyelerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Günlük ortalama SO₂, PM, Ozon ve CO konsantrasyonları ve meteorolojik parametreler arasındaki korelasyon değerleri (n=750) (*Daily average SO₂, PM, Ozone and CO concentrations and correlations values between meteorological parameters n=750*)

| Parametre | SO ₂ | PM | Ozon | CO | Ortalama Sıcaklık | Ortalama Nem | Ortalama Rüzgâr hızı | Ortalama Basıncı | Yağış Yüksekliği |
|------------------|-----------------|--------|--------|--------|-------------------|--------------|----------------------|------------------|------------------|
| SO ₂ | 1,000 | 0,738 | 0,452 | 0,270 | -0,493 | 0,329 | -0,376 | 0,318 | -0,204 |
| PM | 0,738 | 1,000 | 0,329 | 0,513 | -0,402 | 0,321 | -0,474 | 0,414 | -0,117 |
| Ozon* | 0,452 | 0,328 | 1,000 | -0,199 | -0,334 | -0,151 | 0,073 | 0,085 | -0,378 |
| CO* | 0,270 | 0,513 | -0,199 | 1,000 | 0,268 | 0,104 | -0,642 | 0,114 | 0,119 |
| Sıcaklık | -0,493 | -0,402 | -0,334 | 0,268 | 1,000 | -0,836 | 0,373 | -0,338 | -0,117 |
| Nem | 0,329 | 0,321 | -0,151 | 0,104 | -0,836 | 1,000 | -0,443 | 0,216 | 0,327 |
| Rüzgâr hızı | -0,376 | -0,474 | 0,073 | -0,642 | 0,373 | -0,443 | 1,000 | -0,429 | -0,108 |
| Basıncı | 0,318 | 0,414 | 0,085 | 0,114 | -0,338 | 0,216 | -0,429 | 1,000 | -0,109 |
| Yağış Yüksekliği | -0,204 | -0,117 | -0,378 | 0,119 | -0,117 | 0,327 | -0,108 | -0,109 | 1,000 |

* Ozon ve CO için n= 60'dır

Günlük ortalama SO₂, PM, Ozon ve CO konsantrasyonları ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişki korelasyon analizleri yapılarak Çizelge 4'de değerlendirilmiştir. Çizelge 4 incelendiğinde SO₂ ve PM arasındaki yüksek korelasyon (R= 0.738) dikkat çekicidir. Yine CO ve PM arasındaki korelasyon (R= 0.512), SO₂ ve sıcaklık arasındaki negatif korelasyon (R= -0.493), Rüzgar hızı ile PM (R=-0,474) ve CO (R=-0,642) arasındaki negatif korelasyonlar önemli seviyelerdedir. Elde edilen sonuçlar PM'nin 2 farklı kaynağı olduğunu göstermektedir. PM'nin CO ile olan yüksek korelasyonu trafiğin Konya'daki PM'nin önemli kaynaklarından biri olduğunu, SO₂ ile olan yüksek korelasyon ise ısınmanın her iki kirlenmenin benzer kaynağı olduğunu göstermektedir. SO₂ ile sıcaklık arasındaki yüksek negatif korelasyon da

sıcaklıkların düştüğü yakıt tüketiminin arttığı dönemlerde PM ve SO₂'in aynı kaynaktan atmosfere dağıldığını doğrulamaktadır. Rüzgâr hızının artması ile kirlenmeler ortamda seyredikleri için kirlenmelerin tamamını etkileyen bir parametredir.

Isınma döneminde kirlenmelerin meteorolojik parametrelerle ilişkisi bu periyotta konsantrasyon seviyelerinin çok yüksek olmasından dolayı önemlidir. Bu periyotta kirlenmelerin değişimi Çizelge 5'de incelenmiştir. Isınma döneminde Ozon ve CO verileri mevcut olmadığı için analizler SO₂ ve PM için yapılmıştır. Çizelge 5 incelendiğinde SO₂ ve PM'nin meteorolojik parametrelerle arasındaki korelasyon rüzgar hızı hariç düşmüştür.

Çizelge 5. Günlük ortalama SO₂ ve PM konsantrasyonları ve meteorolojik parametreler arasındaki korelasyon değerleri (Kış periyodu) (*Daily average SO₂, PM, Ozone and CO concentrations and correlations values between meteorological parameters (winter period)*)

| Parametre | SO ₂ | PM | Ortalama Sıcaklık | Ortalama Nem | Ortalama Rüzgâr hızı | Ortalama Basınç | Yağış Yüksekliği |
|----------------------|-----------------|--------|-------------------|--------------|----------------------|-----------------|------------------|
| SO ₂ | 1.000 | 0.678 | -0.158 | -0.005 | -0.264 | 0.061 | -0.429 |
| PM | 0.678 | 1.000 | -0.079 | 0.210 | -0.576 | 0.372 | -0.291 |
| Ortalama Sıcaklık | -0.158 | -0.079 | 1.000 | -0.511 | 0.107 | -0.037 | -0.032 |
| Ortalama Nem | -0.005 | 0.210 | -0.511 | 1.000 | -0.434 | 0.060 | 0.366 |
| Ortalama Rüzgâr hızı | -0.264 | -0.576 | 0.107 | -0.434 | 1.000 | -0.556 | -0.036 |
| Ortalama Basınç | 0.061 | 0.372 | -0.037 | 0.060 | -0.556 | 1.000 | -0.142 |
| Yağış Yüksekliği | -0.429 | -0.291 | -0.032 | 0.366 | -0.036 | -0.142 | 1.000 |

Çizelge 6. SO₂ konsantrasyonunun 40 µg/m³'ten, PM konsantrasyonunun 300 µg/m³'ten büyük olduğu şartlarda kirletici konsantrasyonlarının meteorolojik parametrelerle korelasyonları (*The correlations of pollutant concentrations with meteorological parameters (greater than SO₂ concentration 40 µg/m³ and PM concentration in 300 µg/m³)*)

| | Rüzgâr | | | | Rüzgâr | | | | |
|--|----------|--------|--------|--------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | Sıcaklık | Nem | hızı | Basınç | Sıcaklık | Nem | hızı | Basınç | |
| SO ₂ >40 µg/m ³ | -0.208 | 0.574 | -0.285 | -0.490 | PM>300 µg/m ³ | 0.261 | -0.063 | -0.423 | -0.127 |
| Sıcaklık | 1.000 | -0.202 | -0.416 | 0.252 | Sıcaklık | 1.000 | -0.024 | -0.600 | 0.102 |
| Nem | -0.202 | 1.000 | -0.075 | -0.018 | Nem | -0.024 | 1.000 | -0.109 | 0.090 |
| Rüzgâr hızı | -0.416 | -0.075 | 1.000 | 0.044 | Rüzgâr hızı | -0.600 | -0.109 | 1.000 | -0.172 |
| Basınç | 0.252 | -0.018 | 0.044 | 1.000 | Basınç | 0.102 | 0.090 | -0.172 | 1.000 |

SO₂ ve PM'nin yüksek seviyelerde olduğu durumlarda meteorolojik parametrelerle olan ilişkiyi daha iyi değerlendirmek için Çizelge 6 oluşturulmuştur. Çizelge 6 incelendiğinde sadece SO₂'in nem ve rüzgâr hızı ile olan korelasyonu artarken diğer parametrelerle olan korelasyonu azalmıştır. PM10'nun meteorolojik parametrelerle olan korelasyonu ise rüzgâr hızı hariç azalmıştır. Bu durum kirleticilerin rüzgâr hızının yüksek olduğu günlerde seyredildiği ve aralarında önemli derecede korelasyon olduğunu göstermektedir. Daha doğru değerlendirme için bu tür çalışmaların daha fazla veri ile yapılması, meteorolojik parametrelerin Konya'daki hava kirliliğini ne ölçüde etkilediğinin her yıl rapor edilmesi alınacak önlemlere de yol gösterecektir. Konya'daki mevcut hava kalitesinin değerlendirilmesi ilk kez Altuntaş (1992)

tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışma da Konya il merkezinde 1990-1991 ısınma dönemindeki SO₂ ve PM konsantrasyonlarının meteorolojik parametrelere göre değişimi incelenmiştir. SO₂ miktarı ile sıcaklık değişimi arasında yapılan regresyon analizinde $r = -0.69$ olmuştur. Aynı şekilde SO₂ miktarı ile rüzgâr hızı arasındaki korelasyon $r = -0.31$, nem ile $r = -0.47$, basınç ile $r = 0.25$, yağış miktarı ile $r = -0.09$, güneş ışığı şiddeti ile $r = -0.23$, ve inversiyon yüksekliği ile $r = 0.47$ olarak tespit edilmiştir.

1998 yılında Gür ve diğ., (1998) tarafından gerçekleştirilen çalışma da 1986-1997 yılları arasındaki SO₂ ve PM verileri incelenmiş, TARIST bilgisayar programı ile, sıcaklık, atmosferik basınç, relatif nem, bulutluluk yoğunluğu, gün ışığı yoğunluğu, güneşlenme süresi, rüzgâr hızı gibi meteorolojik parametrelerin SO₂ ve PM konsantrasyonlarına

etkisi araştırılmıştır. Isınma dönemindeki SO₂ ve PM emisyonlarının miktarının %53 (SO₂) ve %48 (PM)'nin meteorolojik parametrelere bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışma da benzer korelasyon katsayıları tespit edilmiştir. Bu çalışma da kullanılan veriler günlük ortalama değerlerdir. Meteorolojik veriler günlük ortalama olarak mevcut olduğundan çalışma da günlük ortalama verilere göre dağılım grafikleri ve korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Karasal iklimin görüldüğü Konya şehrinde meteorolojik şartlar gün içinde çok fazla değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle bu analizlerin saatlik ortalama değerlere göre yapılması daha gerçekçi sonuçların elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Yurtdışında yapılan benzer çalışmalarda saatlik ortalama değerler kullanılmakta ve özellikle rüzgâr hızı, nem, basınç ve sıcaklıkla daha güçlü korelasyonlar elde edilmektedir (Elminir, 2005).

Atmosferdeki kimyasal reaksiyonlar radyasyon, sıcaklık ve nem gibi meteorolojik şartlardan etkilenmektedir. Kentsel hava kirleticilerinin kentlerin coğrafi, jeolojik ve meteorolojik şartları ile ilişkisi olduğu bilinmektedir. Bu çalışma da kriter hava kirleticilerinin meteorolojik parametrelerle ilişkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda hava kirliliğinin özellikle ısınma döneminde diğer illerde olduğu gibi Konya'da da arttığı tespit edilmiştir. Konya kent atmosferinde hava kirliliği, özellikle kış periyodunda yüksek basınç ve düşük rüzgâr hızının etkisi altındadır. Plansız şehirleşme, kent atmosferine salınan kirleticilerin rüzgârla taşınımını azaltmakta ve salınan kirleticilerin atmosferde birikmesine neden olmaktadır. Şehir planlamalarında cadde ve sokakların hâkim rüzgâr yönlerini dikkate alarak yapılmasında ve rüzgârın yön ve hızını etkileyebilecek yüksek yapılaşmalardan kaçınılmasında büyük yarar vardır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Altuntaş, A.K., 1992, *1990-1991 Isınma Mevsiminde Konya'daki Hava Kirliliğinin Meteorolojik Verilere Göre Değerlendirilmesi*, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, 101 sayfa.
- Elminir, H.K., 2005, "Dependence of Urban Air Pollutants on Meteorology", *Science of the Total Environment*, 350, 225-237.
- Gür, K., Burdurlu, Y., Ürün, H., Bilgiç, M., Zengin, M., Uyanöz, R., Ceyhan, N., 1998, "Effects of Some Meteorological Factors on The Air Pollution in Konya (Turkey)", *Environmental Quality and Environmental Engineering in The Middle East Region*, 31-40.
- İncecik, S., Şen, O., Kadioğlu, M., Alp, K., 1994, "İstanbul'da Hava Kirliliğinin Yüzeysel Su Kaynakları Üzerindeki Potansiyel Etkileri". 1. *Hidrometeoroloji Sempozyumu*. İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü. 23-25 Mart. İstanbul.
- Köktürk, U., 1978. *İklimlendirme ve Klimatoloji Tekniği*. Cilt1. İ.T.Ü Maçka Makine Fakültesi. Eğitim Yayınları.

