

## Doğu Karadeniz Bölgesinde Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) Dağılımlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Belirlenmesi

Kazım Onur Demirarslan<sup>1\*</sup>, Halil Akıncı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 08100, Seyitler, Artvin.

<sup>2</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 08100, Seyitler, Artvin.

### Özet

Hava kirliliği özellikle kentleşmenin yoğun ve plansız olduğu bölgelerde daha fazla görülmektedir. Bu noktalarda yaşanan kirlilik, hava kalitesini azaltmakta ve sonuç olarak çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu çalışmada gerek çarpık kentleşme, gerekse topografik nedenlerden dolayı hava kalitesinde azalma görülen Doğu Karadeniz Bölgesindeki kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) konsantrasyon dağılımları incelenmiştir. Özellikle kış aylarında ısınma amacıyla kullanılan fosil yakıtlar bölgede önemli derecede hava kirliliğine yol açmaktadır. Çalışma alanında hava kirliliğine yol açabilecek önemli kaynaklardan biride Karadeniz sahil yoludur. Yapılan çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan, Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize ve Trabzon illerindeki SO<sub>2</sub> kirleticisinin hava kalitesi üzerindeki etkileri ve dağılımları, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla üretilen haritalarla incelenmiştir. Hava kalitesiyle ilgili veriler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait ölçüm istasyonlarında ölçülen 2011-2016 yılları arasındaki saatlik verilerdir. Yapılan çalışma sonucunda, 2011-2016 yılları arasında illere göre ilkbahar ayları SO<sub>2</sub> konsantrasyon ortalamaları sıralaması Ordu > Giresun > Trabzon > Gümüşhane > Rize > Bayburt > Artvin, yaz aylarında Trabzon > Giresun > Rize > Ordu > Artvin > Bayburt, sonbahar aylarında Trabzon > Ordu > Gümüşhane > Giresun > Bayburt > Artvin > Rize, kış aylarında ise Ordu > Trabzon > Gümüşhane > Giresun > Bayburt > Artvin > Rize şeklinde olduğu bulunmuştur.

### Anahtar Sözcükler

CBS, Doğu Karadeniz Bölgesi, Hava Kalitesi, SO<sub>2</sub>

## Determination of Sulphurdioxide (SO<sub>2</sub>) Distribution in the Eastern Black Sea Region with Geographical Information System

### Abstract

Air pollution occurs more particularly in areas where there are an intense and unplanned urbanization. Because of the pollution, air quality is reduced and the pollution causes the various health problems. In this study, sulphurdioxide (SO<sub>2</sub>) concentration distributions has been examined in The Eastern Black Sea region where decreasing air quality because of the non-planned urbanization and topographical reasons. Fossil fuels used for heating especially in the winter season lead to air pollution dramatically. The Black Sea Coast could be one of the major sources of the air pollution in the study area. In this study, the effects and distributions of SO<sub>2</sub> polluter on air quality is investigated by produced maps with the help of geographical information systems in the area of Eastern Black Sea zone that has Artvin, Bayburt, Giresun, Gumushane, Ordu, Rize, and Trabzon cities. The related data of air quality, measurement stations which are belonging to The Ministry of Environment and Urbanization, have been used to measure hourly data between 2011-2016 years. The outcomes of this study, the means of SO<sub>2</sub> concentrations ranking is found in spring seasons, Ordu > Giresun > Trabzon > Gumushane > Rize > Bayburt > Artvin, in summer seasons, Trabzon > Giresun > Rize > Ordu > Artvin > Bayburt, in fall seasons, Trabzon > Ordu > Gumushane > Giresun > Bayburt > Artvin > Rize, in winter seasons, Ordu > Trabzon > Gumushane > Giresun > Bayburt > Artvin > Rize.

### Keywords

GIS, Eastern Black Sea Region, Air Quality, SO<sub>2</sub>

### 1. Giriş

Kentler insanlar, eşyalar ve bunların aktiviteleriyle yoğunlaşmış alanlardır ve bu nedenle kentsel alanlarda yüksek seviyede kirlilik ve etkileri görülebilmektedir. Kentsel hava kalitesi dünyanın farklı alanlarında farklı sosyo-ekonomik görüşle beraber en büyük konulardan biri olmuştur (Fenger 1999). Kentsel alanlarda atmosfer yapısının karmaşıklığı, nem, sıcaklık, kısa ve uzun dalga radyasyon ile diğer etkilere bağlıdır. Bu durum ise hava kirliliğinin zararları ile maruziyet üzerine etkileriyle ilişkilidir (Vanos vd. 2013). Yaklaşık olarak 3000'e yakın insan kaynaklı hava kirleticisi madde tanımlanmış ve bunların çoğunun organik kökenli olduğu belirlenmiştir. Yakma işleminin gerçekleştiği yerler özellikle motorlu taşıtlar olup, motorlu taşıtlar 500 farklı bileşeni atmosfere vermektedir. Kentlerde görülen

\* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (466) 2151040 Faks: +90 (466) 2151057

E-posta: onurdemirarslan@artvin.edu.tr (Demirarslan K.O), hakinci@artvin.edu.tr (Akıncı H)

konvansiyonel kirleticiler ve kaynakları Tablo 1’de verilmektedir. Ancak bunlardan 200 tanesinin etkileri araştırılmış ve kaydedilmiştir (Fenger 1999). Hava kirliliği gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde halk sağlığını etkileyen önemli konulardan biri olarak tanımlanmaktadır. Hava kirliliği ve hastalıklar arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla dünya çapında birçok çalışma yapılmış ve hava kalitesinin toplum huzurunu etkilediği belirlenmiştir. Hava kirliliği ve hastalıklar arasındaki ilişkinin olduğunu gösteren birçok kanıt bulunmuştur ve bu rahatsızlıkları PM10, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> gibi konvansiyonel kirleticilerin yol açtığı belirlenmiştir (Zou vd. 2014; Fischer vd. 2006). Hava kirliliği, solunum yolları hastalıklarının ve buna bağlı ölümlerin en önemli faktörlerinden bir tanesidir. Birçok çalışma, hava kirliliğinin maruz kalan halk üzerinde ölümcül etkilere neden olduğunu göstermektedir. Kısa süreli maruziyetlerin akut bronşit, miyokardiyal damar tıkanıklığı, astım atakları, ani ölümler ve birçok farklı sağlık sorunlarına yol açtığı, uzun süreli maruziyetlerin ise akciğer fonksiyonlarında azalma, akciğer hastalıkları ve kansere yol açtığı belirlenmiştir (Pan 2007).

Tablo 1: Kentsel hava kirleticilerinin bazıları ve kaynakları (Fenger 1999)

Kirletici Kaynağı	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	TSP*	Organik Madde	Pb	Ağır Metal
Enerji	▲▲	▲	▲				▲/▲▲
Isınma-Kömür	▲▲	▲	▲▲	▲▲	▲▲/▲		▲/▲▲
Isınma-Petrol	▲▲	▲					
Isınma-Odun				▲▲	▲▲/▲		
Trafik-Benzin		▲▲	▲▲▲		▲▲	▲▲▲	
Trafik-Dizel	▲	▲▲		▲▲	▲▲		
Endüstri	▲		▲	▲	▲		

▲ % 5-25, ▲▲ %25-50, ▲▲▲ %50

\* Toplam Asılı Partikül (Total Suspended Particles)

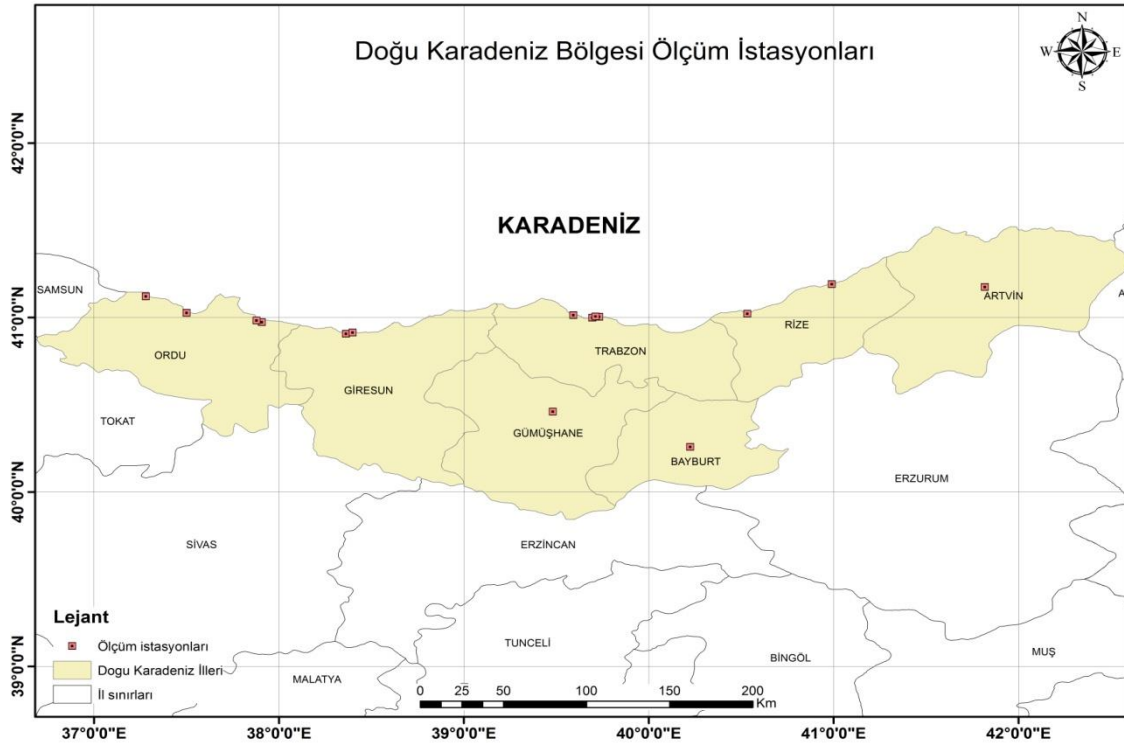
Troposferik SO<sub>2</sub> artışı atmosferin kimyasal yapısı üzerindeki etkisinden dolayı oldukça önemlidir. Bunun yanında da iklim değişimi, insan, yapılar ve sucul-karasal ekosistem üzerindeki olumsuz etkiler de sayılabilir. Rüzgâr yönü, hızı, karışım yüksekliği gibi meteorolojik faktörler de kirletici seviyesindeki değişiklikler üzerinde etkili olmaktadır (Tayanç 2000). Atmosferdeki toksik ve önemli birincil kirletici olarak SO<sub>2</sub> farklı endüstriyel proseslerden (kömür yakıtlı santraller vb.), dizel yakıtlı araçlardan atmosfere verilmektedir. SO<sub>2</sub> emisyonları son birkaç yıl içerisinde birçok ülkede azaltılmasından beri, çevre bilimcileri ve halk sağlığı ile uğraşanlar tarafından daha düşük riski olan kirletici sınıfında incelenmektedirler. Ancak son yapılan çalışmalar SO<sub>2</sub>’nin çok düşük konsantrasyonlarda bile sağlık üzerinde istenmeyen etkilere neden olduğunu göstermiştir (Zou vd. 2014). Bu nedenle gelişmiş birçok ülkede SO<sub>2</sub> kirleticisi kanunlarla sınırlandırılan ilk kirletici olmasına rağmen hala en önemli hava kirliliği problemlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Panucci 1998). Konvansiyonel kirleticilerden olan SO<sub>2</sub>’nin insan üzerinde birçok etkileri bulunmaktadır. Bu etkiler arasında uzun mesafe taşınım, iklim değişikliği oldukça önem verilmesi gereken bir durum olmuştur. Bunun yanında solunum yollarında tahrişe ve bronşite, kardiyovasküler anormallikler gibi birçok rahatsızlıklara yol açmaktadır (Chen vd. 2012; Kanaroglou vd. 2013). Kükürt emisyonlarının çevre üzerine etkileri ise farklı şekillerde meydana gelmektedir. SO<sub>2</sub> asit yağışlarını oluşturan kirleticilerdendir. Asit yağışları ise doğal sistemlere, tarıma ve eşyalar üzerinde oldukça önemli zararlara neden olmaktadır (Smith vd. 2011).

Bu çalışmada, ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesi’nde meydana gelen SO<sub>2</sub> emisyon dağılımlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla belirlenmesi ve bu dağılımların haritalandırılması amaçlanmıştır.

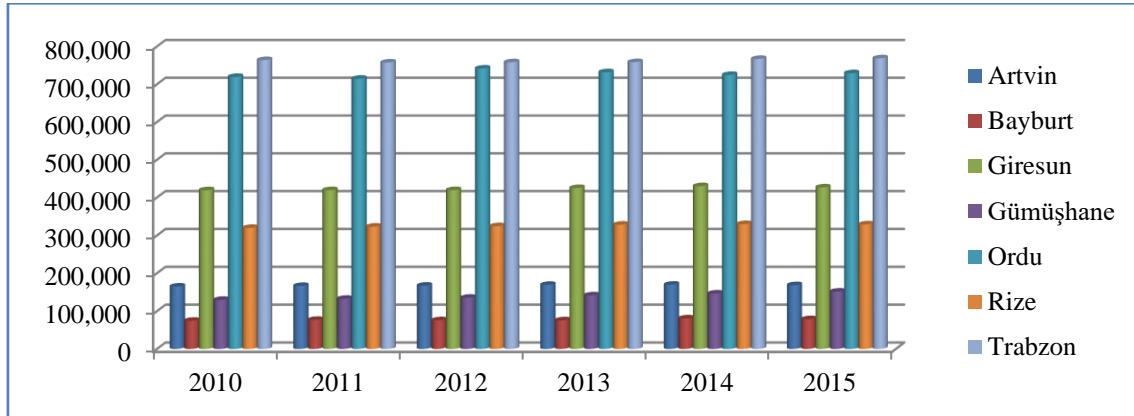
## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı incelenmiştir. Çalışma alanı, Doğu Karadeniz Bölgesi sınırları içerisinde kalan Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize ve Trabzon illerini kapsamaktadır (Şekil 1). Bölgenin yüzölçümü yaklaşık olarak 39483 km<sup>2</sup>’dir. Konsantrasyon ölçüm verileri, çalışma alanındaki illerde bulunan T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na ait ölçüm istasyonlarından elde edilmiştir ve 2011-2016 yıllarına ait verilerdir. Bu istasyonlara ait konumlar Şekil 1’de, koordinatlar ise Tablo 2’de verilmektedir. Söz konusu veriler, Bakanlığın "Hava Kalitesi İzleme İstasyonları" Web sitesinden (<http://www.havaizleme.gov.tr>) alınmış olup ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış ayları olmak üzere mevsimlere ayrılmış ve mevsimlere göre ortalama konsantrasyon değerleri hesaplanmıştır.

ArcGIS 10.2.1 CBS yazılımında ölçüm istasyonlarının koordinatları kullanılarak bir nokta katmanı yaratılmış ve mevsimsel ortalama konsantrasyon değerleri öznitelik verisi olarak bu nokta katmanına eklenmiştir. ArcGIS CBS yazılımında “Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighted, IDW)” kullanılarak Doğu Karadeniz Bölgesi’nin mevsimsel SO<sub>2</sub> dağılım haritaları üretilmiştir. Dağılım haritalarının yorumlanmasında kullanılmak amacıyla bölgeye ait rüzgârgülleri oluşturulmuştur. Bu amaçla, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Meteorolojik Veri Arşiv Sisteminden il merkezlerinde bulunan meteorolojik istasyonlardaki 2010-2014 yılları rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü verileri elde edilmiştir. Çalışma bölgesinde hava kalitesinden etkilenen nüfus verileri TÜİK’in Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi’nden temin edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 1: Çalışma alanı ve ölçüm istasyonları (2016 yılı)



Şekil 2: Çalışma alanındaki il merkezlerinin nüfus verileri

Çalışma alanında 2016 yılı baz alındığında 16 adet ölçüm istasyonu görülmektedir. Ancak bu istasyonların bir kısmında 2015 yılından itibaren ölçüm kayıtları bulunmaktadır. Ayrıca Artvin-Hopa istasyonunda çalışma yıllarını kapsayan dönemde hiç ölçüm yapılmadığı için çalışmaya eklenmemiştir. Çalışmada kullanılan verilerin alındığı ölçüm istasyonları ve bu istasyonların koordinatları Tablo 2’de verilmektedir.

Çalışma alanında hava kalitesini etkileyen sebepleri belirlemek için adı geçen illerin il çevre durum raporları incelenmiştir. Buna göre, Artvin ilinde çizgisel kaynak (trafik) ile kışın ısınmadan kaynaklı fosil yakıt kullanımı hava kirliliği kaynağı olarak gösterilmektedir (URL-1 2012, URL-2 2013, URL-3 2014). Bayburt ilinde ise kışın ısınmadan kaynaklı fosil yakıt kullanımı ile çizgisel kaynaklar ve sanayi tesisleri hava kirlilik kaynağı olarak gösterilmektedir (URL-4 2011, URL-5 2012, URL-6 2013, URL-7 2014). Giresun il çevre ve durum raporunda ise ilde özellikle kış aylarında ısınmadan kaynaklı hava kirliliğinin olduğu belirtilmekte ve bunun da yanlış yakma tekniklerinin uygulanması, kullanılan yakma sistemleri, işletme (kazan, baca vb.) bakımlarının düzenli olarak yapılmaması, atmosferik koşullar gibi sebeplerden dolayı olduğu bildirilmektedir. Yine aynı raporda, ilde endüstriyel emisyon kirliliği yapan kuruluşların sayılarının az olması ve sanayi tesislerinin şehir merkezi dışında bulunmalarından dolayı ilin hava kalitesi üzerine etkisinin az olduğu belirtilmiştir. İlin topoğrafik yapısının çanak şeklinde olması özellikle kış aylarında hava kirlitici kaynağının yoğun olarak hissedilmesine neden olmaktadır. Ayrıca, Giresun il merkezinden geçen Karadeniz Sahil Yolu çizgisel kaynak olarak değerlendirilebilmektedir (URL-8 2011, URL-9 2012, URL-10 2013, URL-11 2014).

Tablo 2: Çalışma yılları ve çalışmada kullanılan verilerin olduğu ölçüm istasyonları ve koordinatları

İstasyon	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Koordinatlar	
Artvin Merkez	●	●	●	●	●	●	41,175278°	41,818056°
Artvin Hopa	○	○	○	○	○	○	41,466667°	41,490556°
Bayburt	●	●	●	●	●	●	40,258889°	40,224167°
Giresun	●	●	●	●	●	●	40,906944°	38,361944°
Giresun Gemilerçekeği	○	○	○	○	●	●	40,914444°	38,398333°
Gümüşhane	●	●	●	●	●	●	40,460833°	39,480833°
Ordu Fatsa	○	○	○	○	●	●	41,026944°	37,500000°
Ordu Karşıyaka	○	○	○	○	●	●	40,973611°	37,907500°
Ordu Stadyum	●	●	●	●	●	●	40,983333°	37,878333°
Ordu Ünye	○	○	○	○	●	●	41,121389°	37,280000°
Rize	●	●	●	●	●	●	41,021667°	40,532778°
Rize Ardeşen	○	○	○	○	○	●	41,191667°	40,989722°
Trabzon Akçaabat	○	○	○	○	○	●	41,014167°	39,592222°
°Trabzon Fatih	○	○	○	○	○	●	40,999167°	39,694167°
Trabzon Meydan	●	●	●	●	●	●	41,004444°	39,731667°
Trabzon Valilik	●	●	●	●	●	●	41,005833°	39,712222°

● Ölçüm kayıtları mevcut ○ Ölçüm kayıtları yok

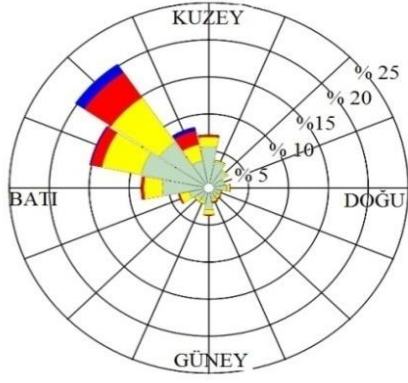
Gümüşhane il çevre ve durum raporlarına göre ise ildeki sanayi, binalar ve özellikle motorlu taşıtlar hava kirliliğinde artışlara neden olmuştur. Yine aynı raporlara göre Gümüşhane ilinde trafik ve sanayi kaynaklı hava kirliliği ilin hava kalitesi üzerinde pek değişikliğe neden olmasa bile ısınma kaynaklı kirlilik söz konusudur ([URL-12 2010](#), [URL-13 2011](#), [URL-14 2012](#), [URL-15 2013](#), [URL-16 2014](#)). Ordu ilinde ise konutlarda ısınma amaçlı kullanılan yakıtların ve mobil kaynakların hava kirlenici kaynaklardan olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ilin sınırlarından geçen D-010 karayolunun bazı kesimlerinde meydana gelen trafik yoğunluğu ve buna bağlı trafik sıkışıklıkları hava kalitesi üzerinde önemli olumsuz etkilere sebep olmaktadır ([URL-17 2011](#), [URL-18 2012](#), [URL-19 2013](#)). Rize ilinde hava kirliliği kaynağı olarak konutlar ve çay üretim tesisleri başta gelmektedir. Ek olarak il sınırları içerisinde geçen Karadeniz Sahil Yolunun da hava kalitesi üzerine olumsuz etkileri bulunmaktadır. Kış aylarında ise kömür, odun ve kalorifer yakıtı ısınma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu da ısınma sonucu oluşan hava kirliliğinin nedenleri arasında gösterilmektedir ([URL-20 2010](#), [URL-21 2011](#), [URL-22 2012](#), [URL-23 2013](#), [URL-24 2014](#)). Trabzon ilinde ise hava kalitesini etkileyen unsurlar arasında kentleşme ve trafik sayılmaktadır ([URL-25 2010](#), [URL-26 2011](#), [URL-27 2012](#), [URL-28 2013](#), [URL-29 2014](#)).

### 3. Bulgular

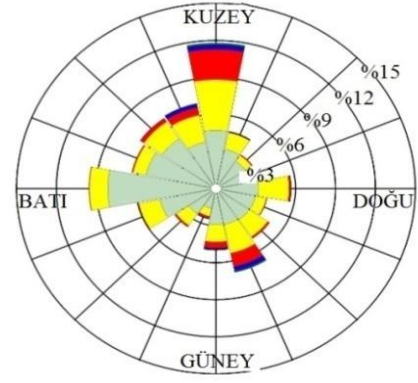
Çalışma alanında bulunan Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonlarından alınan ve 2011-2016 yıllarını kapsayan SO<sub>2</sub> verileri CBS veri tabanına girilmiş ve ArcGIS 10.2.1 yazılımında “Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighted, IDW)” kullanılarak mevsimsel SO<sub>2</sub> dağılım haritaları üretilmiştir. Dağılım haritalarının yorumlanması için bölgeye ait rüzgârgülleri ise il merkezlerinde bulunan meteorolojik istasyonlardaki veriler yardımıyla çizilmiştir. Bu veriler saatlik bazda yıllık verilerdir ve 2010-2014 yıllarını kapsamaktadır. Rüzgârgüllerinin çiziminde Lakes Environmental Software tarafından hazırlanan WRPLOT View 7.0.0 programından yararlanılmıştır. Program yardımıyla rüzgâr yönü, frekans analizi gibi sonuçlar alınmakta, zamana ve yere bağlı olarak rüzgâr sınıfı, yönü ve hızı belirlenebilmektedir ([URL-30 2016](#)). Çalışma alanının WRPLOT View programı ile üretilen rüzgârgülleri Şekil 3’te verilmektedir.

Rüzgârgülleri incelendiğinde, çalışma alanında hâkim rüzgâr yönlerinin her ilde farklı olduğu anlaşılmıştır. Bu durum da bölgedeki hava kirliliği dağılımlarında etkili olmaktadır. Ortalama rüzgâr hızlarının en fazla olduğu il 9,79 km/saat ile Trabzon’dur. Bunun yanında sakin koşulların yaşandığı en fazla zaman Rize’de görülmektedir.

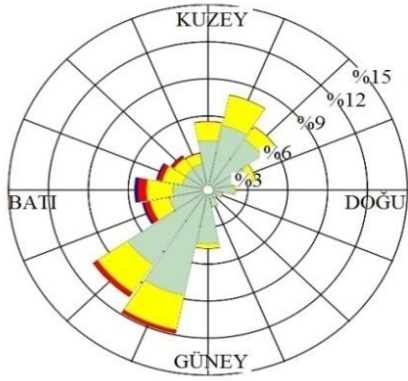
Bölgede hava kirliliği dağılımında etkili olabilecek diğer bir etkende alanın topoğrafik yapısıdır. Karadeniz Bölgesi’nin bir özelliği olarak çalışma alanının kuzey kesiminde yükseklikler deniz seviyesindedir ve güney kesimlerine gidildikçe yükseklikler hızla artmaktadır. Bu durumda kirliliğin şehir merkezlerinden dağılmasını engelleyebilmektedir.



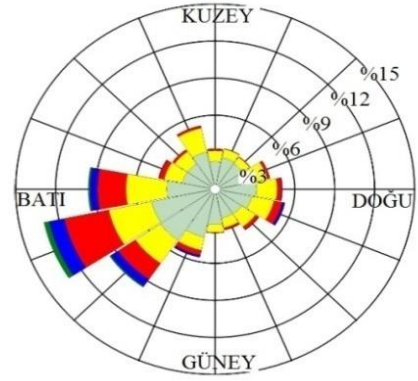
a. ARTVİN



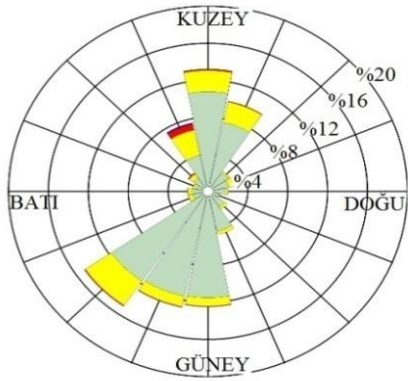
b. BAYBURT



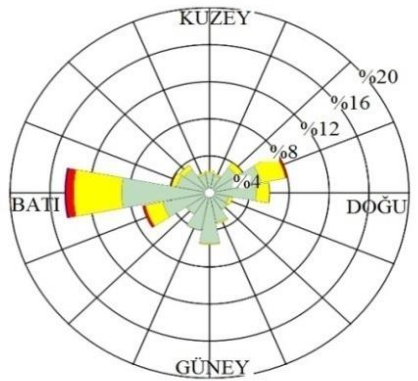
c. GİRESUN



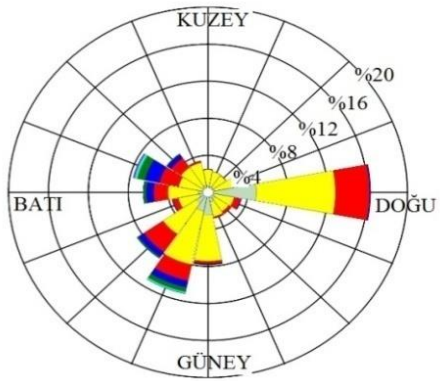
d. GÜMÜŞHANE



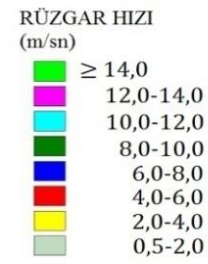
e. ORDU



f. RİZE



g. TRABZON



Şekil 3: Çalışma alanı rüzgâr hız ve yönleri

### 3.1. İlkbahar Mevsimi Hava Kalitesi Dağılımları

Çalışma alanı içerisinde bulunan illerdeki SO<sub>2</sub> verilerinin ilkbahar mevsimi ortalaması Mart, Nisan ve Mayıs ayları verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu ortalamaların ArcGIS programı yardımıyla dağılımları haritalandırılmış ve Şekil 3 ve 4’de verilmiştir.

2011 yılı ilkbahar haritası incelendiğinde, en yüksek ortalama konsantrasyon 20,36 µg/m<sup>3</sup> ile Giresun’da görülmektedir. Ayrıca Rize merkezde konsantrasyonun 17,22~20,36 µg/m<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir. Ordu ilinin tamamı ile Giresun güneyi ve batı kesimi, Rize çevresi üçüncü en yüksek konsantrasyona sahiptir (10,95~14,08 µg/m<sup>3</sup>). Trabzon merkez, Gümüşhane, Bayburt ve Artvin’in en düşük SO<sub>2</sub> ortalamasına sahip iller arasında olduğu görülmektedir (4,67~10,95 µg/m<sup>3</sup>).

Şekil 3’teki 2012 yılı ilkbahar ortalaması SO<sub>2</sub> dağılım haritası incelendiğinde en yüksek ortalama konsantrasyonun 6,231 µg/m<sup>3</sup> ile yine 2011 yılının benzeri şekilde Giresun’da olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra Trabzon, Giresun ve Gümüşhane illeri 5,14~6,28 µg/m<sup>3</sup> ile ikinci en yüksek konsantrasyonun görüldüğü iller arasındadır. 4,0~5,14 µg/m<sup>3</sup> lük konsantrasyon seviyesi ise Ordu ile çevresinde, Trabzon’un doğusunda, Gümüşhane’nin ise güney ve doğusunda bulunmaktadır. Artvin, Rize, Bayburt ile Ordu il merkezi 1,72~4,00 µg/m<sup>3</sup> lük konsantrasyon ile en düşük konsantrasyon seviyesinde yer almaktadır.

2013 yılının ilkbahar ortalaması haritasında ise en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonun 19,18 µg/m<sup>3</sup> ile Trabzon’da olduğu belirlenmiştir. 9,61~12,71 µg/m<sup>3</sup> lük konsantrasyon seviyesi ise Gümüşhane ilinin tamamında görülebilmektedir. Geri kalan illerin hepsinde ise 3,40 ~9,61 µg/m<sup>3</sup> ile düşük konsantrasyon hesaplanmıştır.

Şekil 4’te ise Doğu Karadeniz Bölgesi 2014, 2015 ve 2016 yılları ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyon dağılım haritaları verilmektedir. 2014 yılı ilkbahar ortalamasını gösteren harita incelendiğinde en yüksek ortalama konsantrasyonun Trabzon Valilik istasyonunda 14,07 µg/m<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 10,88~14,42 µg/m<sup>3</sup> olan ikinci en yüksek konsantrasyon seviyeleri Ordu ilinin tamamında ve Trabzon ilinde görülebilmektedir. Giresun ve Bayburt illerinin tamamında ise 7,34~10,88 µg/m<sup>3</sup> lük üçüncü konsantrasyon seviyeleri bulunmaktadır. Gümüşhane merkezi ile Rize ve Artvin illeri ise en düşük SO<sub>2</sub> ortalamasına (5,36~7,08 µg/m<sup>3</sup>) sahiptir.

2015 yılına ait dağılım haritasında en yüksek ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyonu Ordu ili Fatsa ilçesi istasyonunda 17,95 µg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Giresun, Ordu ve Trabzon da ise 7,34~14,42 µg/m<sup>3</sup> lük konsantrasyon dağılımı görülmektedir. Diğer illerde ise en düşük konsantrasyon (0,26~3,80 µg/m<sup>3</sup>) hesaplanmıştır.

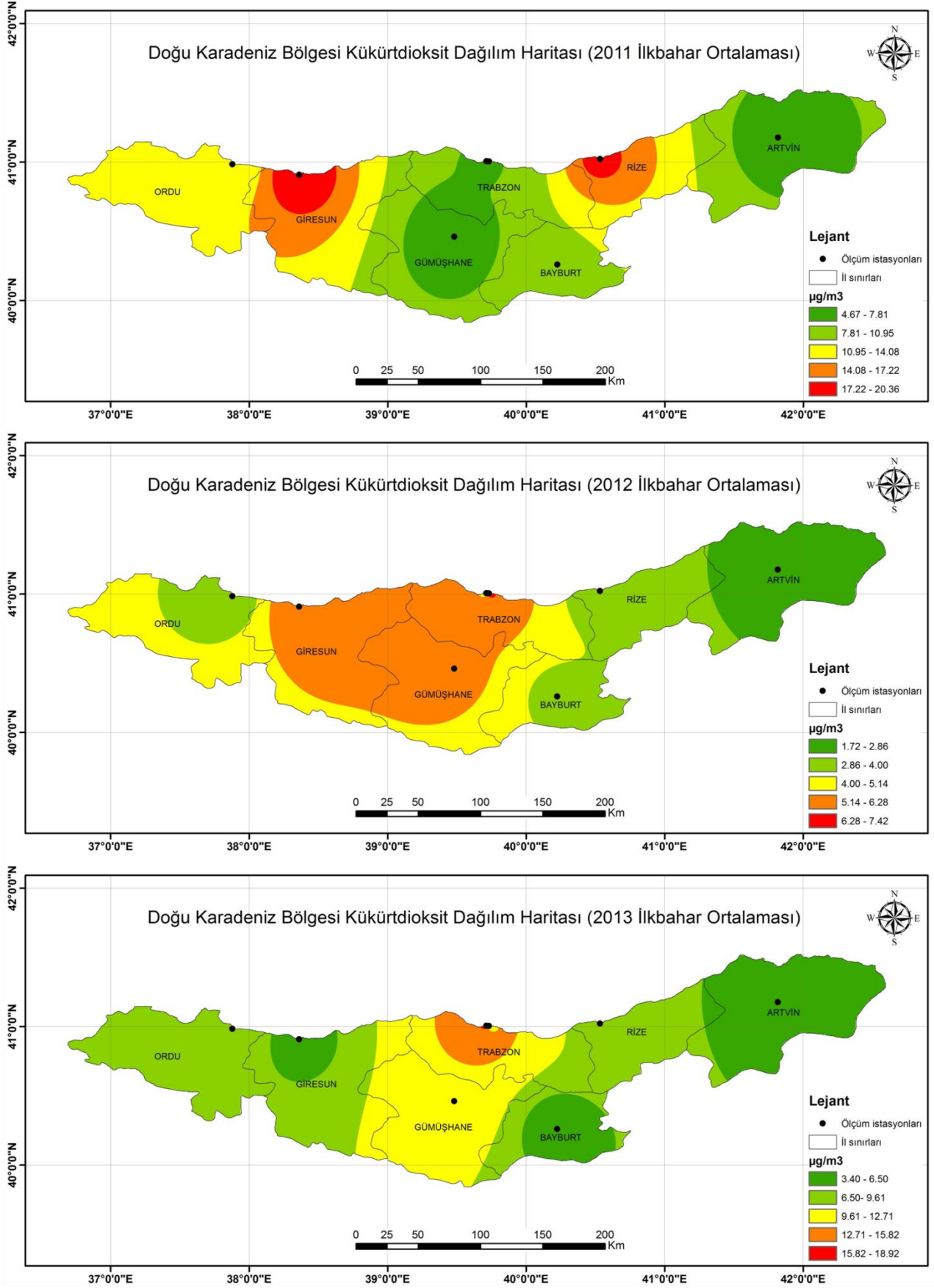
2016 yılı SO<sub>2</sub> ilkbahar ortalamasının gösterildiği haritada Ordu ilinde yüksek konsantrasyon ortalaması görülebilmektedir. Hesaplanan en yüksek ortalama konsantrasyon 37,13 µg/m<sup>3</sup> ile Ordu ili Fatsa ilçesi istasyonunda bulunmuştur. Diğer iller ise 1,18~15,55 µg/m<sup>3</sup> lük düşük konsantrasyon dağılımı görülebilmektedir.

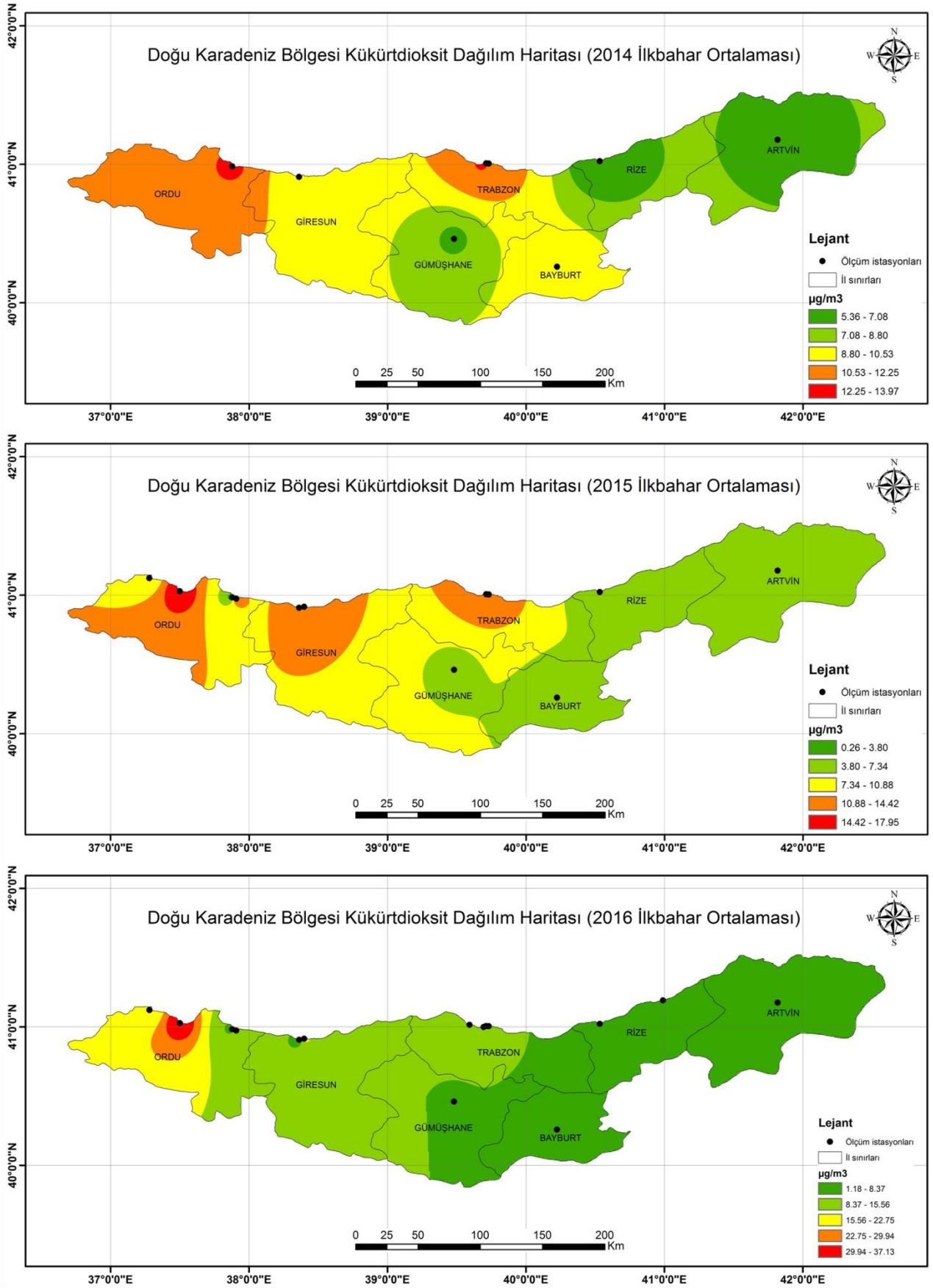
2011-2016 yılları arasında ölçülmüş saatlik en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve ölçüm istasyonu Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: 2011-2016 yılları arası ölçülmüş ilkbahar ayları saatlik en yüksek konsantrasyon ve ölçüm istasyonu

Ölçüm İstasyonu	Ölçülen En Yüksek SO <sub>2</sub> Konsantrasyonu (µg/m <sup>3</sup> )					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Artvin Merkez	42	28	35	39	51	34
Bayburt	76	91	47	91	11	208
Giresun	71	38	32	71	55	47
Giresun Gemilerçekeği	-	-	-	-	94	112
Gümüşhane	20	15	87	82	125	107
Ordu Fatsa	-	-	-	-	137	536
Ordu Karşıyaka	-	-	-	-	129	103
Ordu Stadyum	79	17	133	201	-	103
Ordu Ünye	-	-	-	-	81	143
Rize	372	18	29	27	34	18
Rize Ardeşen	-	-	-	-	-	9
Trabzon Akçaabat	-	-	-	-	-	139
Trabzon Fatih	-	-	-	-	-	63
Trabzon Meydan	80	114	104	109	89	54
Trabzon Uzungöl	-	-	-	-	-	177
Trabzon Valilik	29	20	259	178	142	101

Tablo 3’ten de görülebileceği üzere bölgede ilkbahar aylarında ölçülen en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 536 µg/m<sup>3</sup> ile Ordu ili Fatsa istasyonunda 22.03.2016 tarihinde saat 21:00’da kaydedilmiştir.

Şekil 3: Çalışma alanı ilkbahar mevsimi ortalaması SO<sub>2</sub> dağılımları (2011-2013 yılları)



Şekil 4: Çalışma alanı ilkbahar mevsimi ortalaması SO<sub>2</sub> dağılımları (2014-2016 yılları)



### 3.2. Yaz Mevsimi Hava Kalitesi Dağılımları

Çalışma alanında hava kalitesi dağılımları yapılırken yaz ayları ortalaması olarak Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ölçülen veriler kullanılmıştır. Elde edilen dağılım haritaları Şekil 4 ve 5’de verilmiştir. Haritalar incelendiğinde mevsimsel nedenlerden dolayı SO<sub>2</sub> ortalamalarının oldukça düşük seyrettiği görülebilmektedir.

Şekil 5’teki Doğu Karadeniz Bölgesi SO<sub>2</sub> dağılım haritalarından 2011 yaz ortalaması haritası incelenirse Trabzon ili haricinde diğer illerde 2,15~5,88 µg/m<sup>3</sup> lük ortalama konsantrasyon ile en düşük seviyelerde oldukları anlaşılmaktadır. Trabzon ilinde ise özellikle Valilik istasyonunda ölçülen yaz ayları konsantrasyonlarının ortalaması 11,65 µg/m<sup>3</sup> ile en yüksek seviyededir.

2012 yılı yaz ayları SO<sub>2</sub> ortalama konsantrasyon haritasında ise yine Trabzon ilinde yükselme görülebilmektedir. En yüksek ortalama konsantrasyon Trabzon ili Meydan ölçüm istasyonunda ölçülen verilerden elde edilmiştir. Giresun ile Gümüşhane illerinde ise 4,29~5,51 µg/m<sup>3</sup> ile üçüncü seviye konsantrasyona sahip olduğu belirlenmiştir. Diğer illerden, Ordu, Bayburt, Rize ve Artvin illeri ise 1,85~4,29 µg/m<sup>3</sup> ile en düşük SO<sub>2</sub> seviyesi olan illerdir.

2013 yılı yaz aylarında en yüksek ortalama konsantrasyonun Rize ilinde olduğu görülebilmektedir. Bu konsantrasyon 3,75 µg/m<sup>3</sup> tür ve Rize merkez istasyonundan elde edilen verilerin ortalamaları alınarak bulunmuştur. Ordu ilinde ise 2,95~3,35 µg/m<sup>3</sup> ile ikinci seviye konsantrasyon görülmektedir. Giresun’da konsantrasyon seviyesi 2,55~2,95 µg/m<sup>3</sup> arasında değişiklik göstermektedir. Gümüşhane, Trabzon, Bayburt ve Artvin illerinde 1,75~2,55 µg/m<sup>3</sup> seviyelerinde en düşük konsantrasyon seviyeleri gözlemlenmektedir.

Şekil 6’da çalışma alanına ait 2013-2015 yıllarının yaz ayları SO<sub>2</sub> ortalama konsantrasyon haritaları verilmektedir. 2014 yılı yaz aylarında Trabzon ilinde diğer illere nazaran yine yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu gözlemlenmiştir. Özellikle Trabzon Meydan istasyonunda ölçülen konsantrasyonların ortalaması 6,079 µg/m<sup>3</sup> tür. Ordu, Rize ve Giresun illerinde ise 3,08~4,99 µg/m<sup>3</sup> lük konsantrasyon bulunmakta; geri kalan illerde ise en düşük konsantrasyona sahip yaz aylarının olduğu belirlenmiştir.

2015 yaz aylarında ise Trabzon ve Artvin illerinde diğer illere göre bir yükselme söz konusudur. Trabzon Valilik istasyonunda ölçümlerin ortalaması 6,875 µg/m<sup>3</sup> tür ve diğer illerin ortalama konsantrasyonundan yüksektir. Ordu, Giresun, Bayburt ve Rize illerinde konsantrasyon seviyesi 3,48~4,63 µg/m<sup>3</sup> tür. Gümüşhane ili ise 1,19~3,48 µg/m<sup>3</sup> ile diğer iller arasında en düşük SO<sub>2</sub> konsantrasyonuna sahiptir.

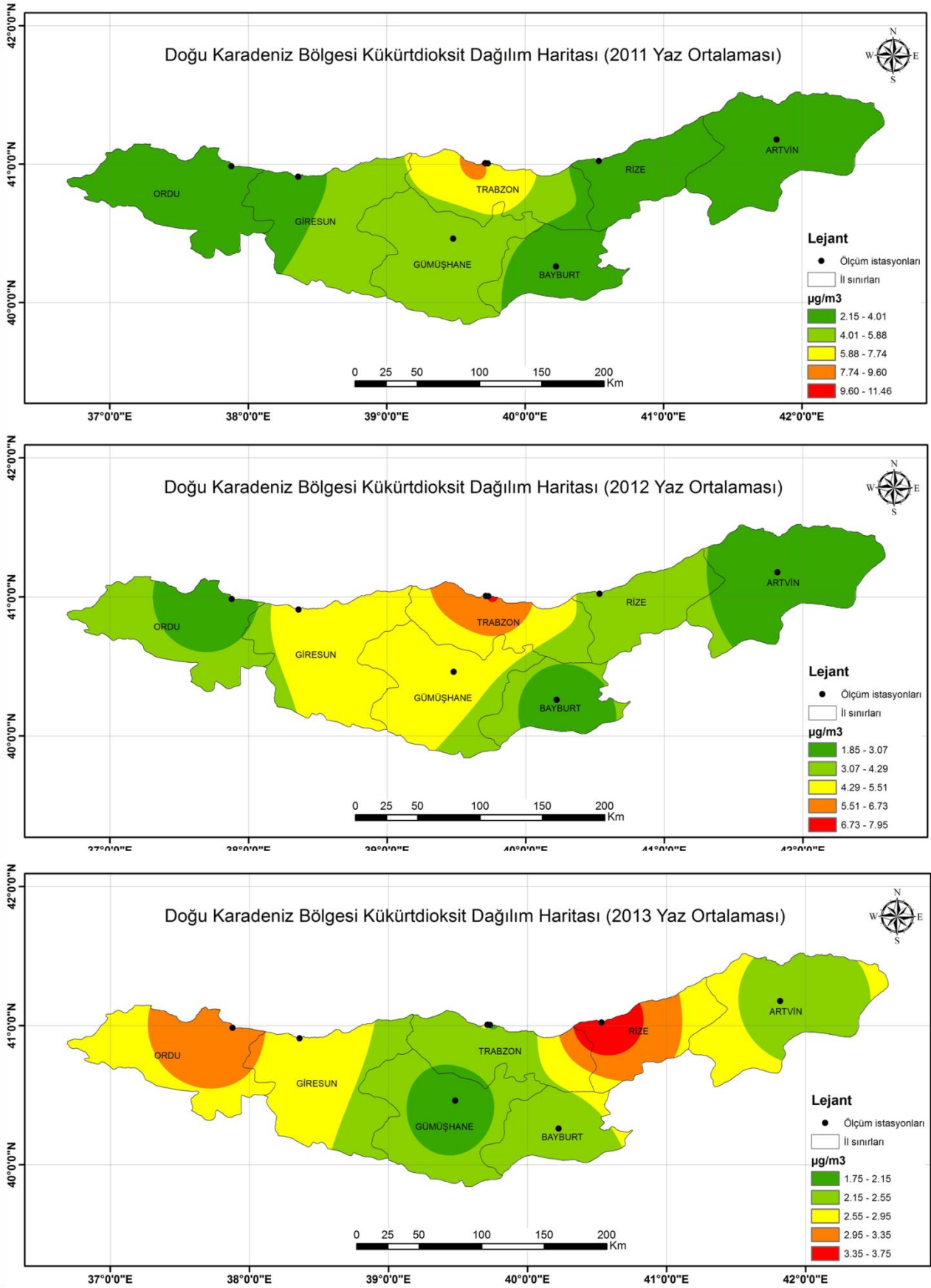
2016 yılı yaz ayları olarak çalışmanın yapıldığı zamanda ağustos ayı verileri hazır olmadığından sadece haziran ve temmuz ayları ortalamaları kullanılmıştır. Bu yılda ortalamalarının en yüksek olduğu nokta 55,207 µg/m<sup>3</sup> ile Trabzon Akçaabat istasyonu olmuştur. Bu istasyonun ölçümleri 2016 yılından itibaren başlamaktadır. Bu nedenle önceki senelere ait ölçüm kayıtları bulunmamaktadır. Geri kalan illerde ise 1,14~8,55 µg/m<sup>3</sup> arasında SO<sub>2</sub> konsantrasyonu hesaplanmıştır.

2011-2016 yılları arasında ölçülmüş yaz ayları saatlik en yüksek konsantrasyon ve ölçüm istasyonu Tablo 4’te verilmiştir.

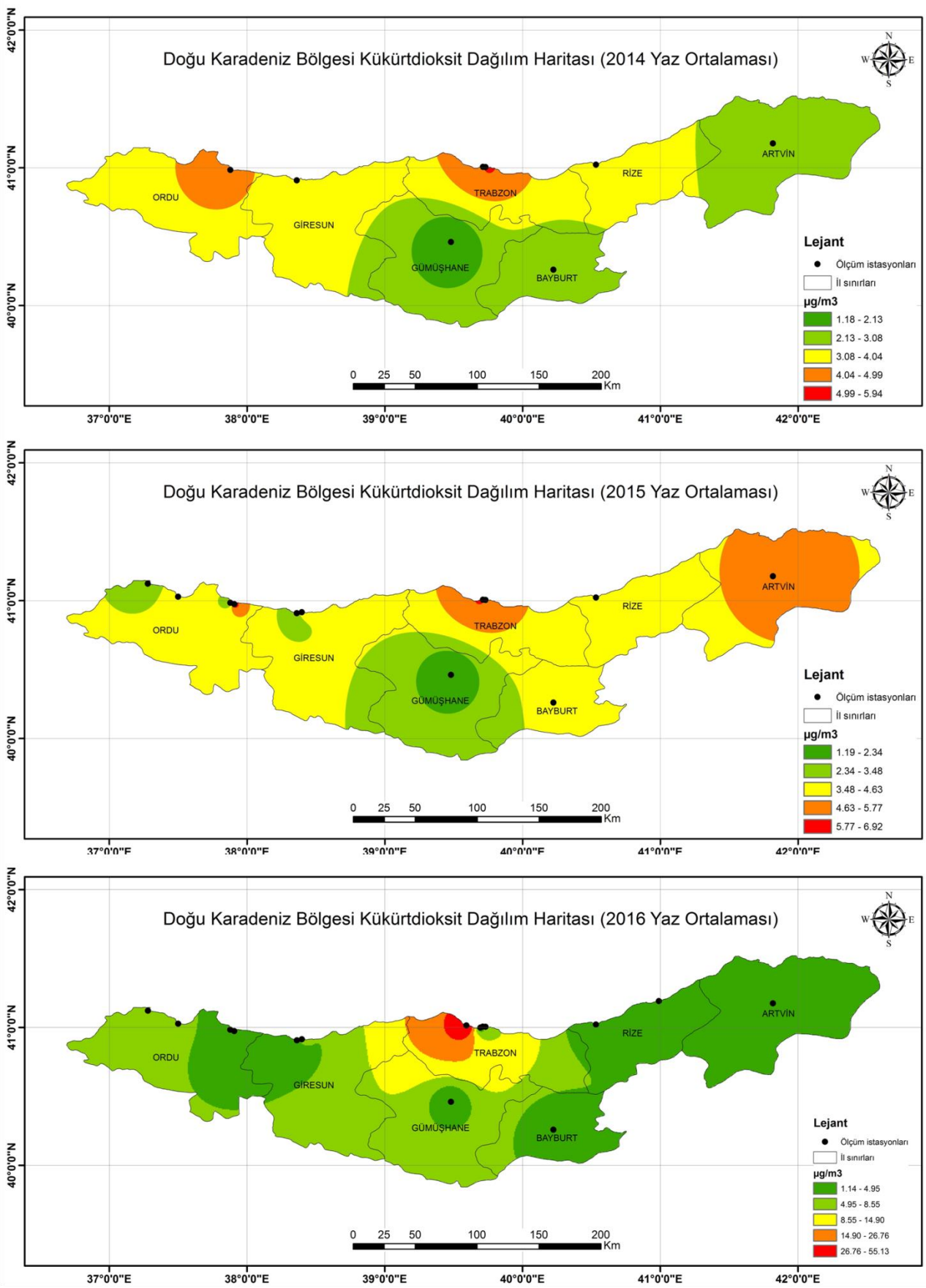
Tablo 4: 2011-2016 yılları arası ölçülmüş yaz ayları saatlik en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve ölçüm istasyonu

Ölçüm İstasyonu	Ölçülen En Yüksek SO <sub>2</sub> Konsantrasyonu (µg/m <sup>3</sup> )					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Artvin Merkez	27	4	8	7	10	8
Bayburt	9	10	6	8	7	3
Giresun	25	10	14	17	29	13
Giresun Gemilerçekeği	-	-	-	-	19	349
Gümüşhane	27	17	10	6	18	7
Ordu Fatsa	-	-	-	-	50	433
Ordu Karşıyaka	-	-	-	-	92	565
Ordu Stadyum	9	19	7	7	12	36
Ordu Ünye	-	-	-	-	30	534
Rize	24	8	36	7	17	104
Rize Ardeşen	-	-	-	-	-	10
Trabzon Akçaabat	-	-	-	-	-	120
Trabzon Fatih	-	-	-	-	-	7
Trabzon Meydan	37	41	12	20	22	270
Trabzon Uzungöl	-	-	-	-	-	4
Trabzon Valilik	34	37	7	27	257	20

Tablo 4’ten de görülebileceği üzere bölgede yaz aylarında ölçülen en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 565 µg/m<sup>3</sup> ile Ordu ili Karşıyaka istasyonundadır ve 30.06.2016 tarihinde saat 15:00’te kaydedilmiştir.



Şekil 5: Çalışma alanı yaz mevsimi ortalaması SO<sub>2</sub> dağılımları (2011-2013 yılları)

Şekil 6: Çalışma alanı yaz mevsimi ortalaması SO<sub>2</sub> dağılımları (2014-2016 yılları)

### 3.3. Sonbahar Mevsimi Hava Kalitesi Dağılımları

Çalışma alanında sonbahar mevsimi hava kalitesi dağılımları yapılırken ortalama değer olarak Eylül, Ekim ve Kasım aylarında ölçülen veriler kullanılmıştır. Elde edilen dağılım haritaları Şekil 7 ve 8'de verilmiştir.

2011 yılı sonbahar ayları ortalamasının en yüksek olduğu il Trabzon'dur ve Trabzon Meydan istasyonunda ölçülen sonbahar ayları konsantrasyon ortalaması 8,29 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Ordu ili ise ikinci sırada yer almaktadır (7,01 µg/m<sup>3</sup>). Giresun ili 4,60~5,76 µg/m<sup>3</sup> ortalama ile üçüncü seviye konsantrasyondadır. Gümüşhane, Bayburt, Rize ve Artvin 2,28~4,60 µg/m<sup>3</sup> ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile en düşük seviyedeki iller arasındadır.

Şekil 7'de verilen 2012 yılı Doğu Karadeniz Bölgesi SO<sub>2</sub> dağılım haritasında diğer illere göre ortalama konsantrasyonun yüksek olduğu il yine Trabzon'dur. Trabzon Meydan istasyonunda yapılan sonbahar ölçüm ortalaması 17,65 µg/m<sup>3</sup> tür ve diğer illerden yüksektir. Geri kalan tüm illerde ise düşük SO<sub>2</sub> miktarı görülmektedir (1,38~7,59 µg/m<sup>3</sup>).

Gümüşhane ilinin 18,62 µg/m<sup>3</sup>'lük ortalamasıyla en yüksek ortalama konsantrasyona sahip olduğu 2013 sonbahar haritasında Trabzon ve Ordu illerinde 10,10~12,94 µg/m<sup>3</sup>'lük konsantrasyon seviyeleri görülmektedir. Giresun, Rize, Bayburt ve Artvin illerinde ise 4,42~10,10 µg/m<sup>3</sup> lük düşük seviyeler bulunmaktadır.

Şekil 8'de 2014 ve 2015 yıllarına ait SO<sub>2</sub> dağılım haritaları verilmiştir. Ancak bu çalışmanın yapıldığı zamanda 2016 yılı sonbahar ayları ölçümleri yapılamadığından dağılım haritası elde edilememiştir. 2014 sonbahar aylarında Trabzon Meydan istasyonunda ölçülen verilerin ortalaması 16,13 µg/m<sup>3</sup> tür ve diğer illere göre yüksektir. İkinci yüksek konsantrasyon 10,47 µg/m<sup>3</sup> olarak Ordu Stadyum istasyonu verilerinden hesaplanmıştır. Diğer illerde ise düşük ortalama konsantrasyon görülmektedir (3,48~8,40 µg/m<sup>3</sup>).

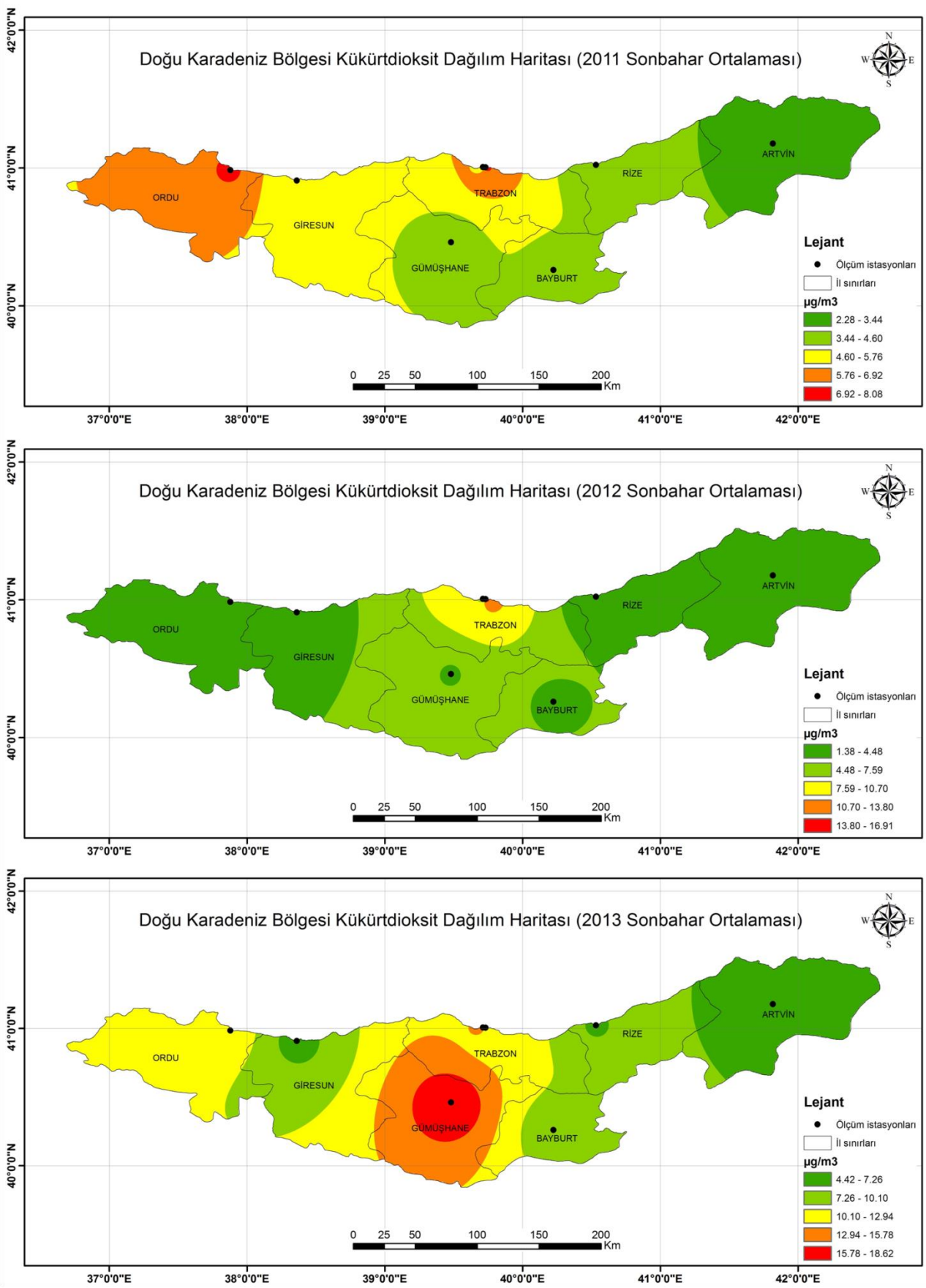
47,53 µg/m<sup>3</sup> ile 2015 yılı sonbahar ayları en yüksek ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyonuna sahip il Ordu'dur ve Fatsa istasyonundaki verilerden hesaplanmıştır. Ancak diğer iller 2,54~20,5 µg/m<sup>3</sup> ile en düşük seviyededir.

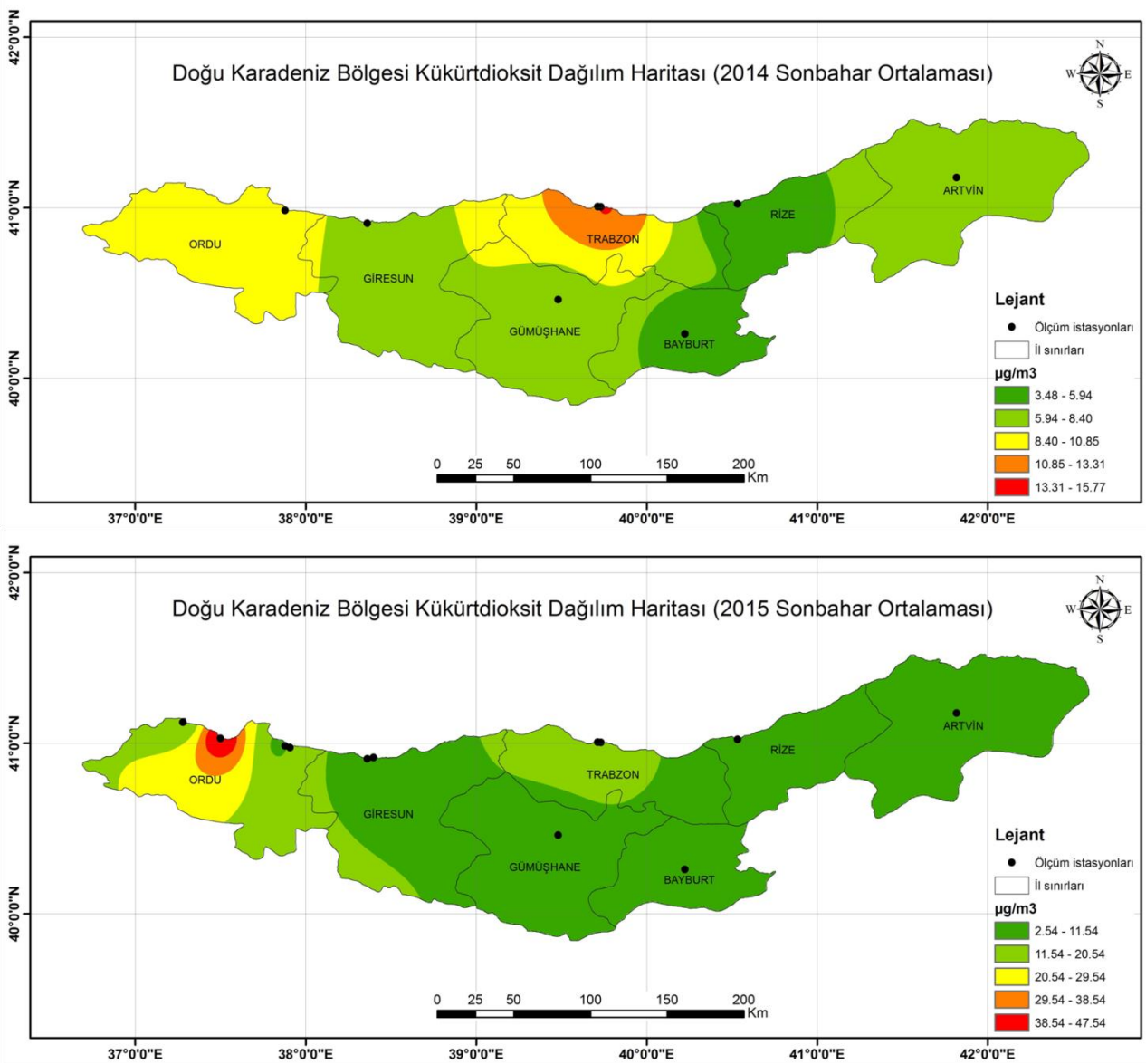
2011-2016 yılları arasında ölçülmüş sonbahar ayları saatlik en yüksek konsantrasyon ve ölçüm istasyonu Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: 2011-2016 yılları arası ölçülmüş sonbahar ayları saatlik en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve ölçüm istasyonu

Ölçüm İstasyonu	Ölçülen En Yüksek SO <sub>2</sub> Konsantrasyonu (µg/m <sup>3</sup> )					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Artvin Merkez	33	15	38	57	60	-
Bayburt	45	41	88	46	22	-
Giresun	45	19	26	38	44	-
Giresun Gemilerçekeği	-	-	-	-	116	-
Gümüşhane	11	16	203	112	178	-
Ordu Fatsa	-	-	-	-	255	-
Ordu Karşıyaka	-	-	-	-	115	-
Ordu Stadyum	103	33	116	193	44	-
Ordu Ünye	-	-	-	-	153	-
Rize	59	10	32	12	15	-
Rize Ardeşen	-	-	-	-	-	-
Trabzon Akçaabat	-	-	-	-	-	-
Trabzon Fatih	-	-	-	-	-	-
Trabzon Meydan	85	172	123	103	94	-
Trabzon Uzungöl	-	-	-	-	-	-
Trabzon Valilik	16	15	468	106	179	-

Tablo 5'ten de görülebileceği üzere bölgede sonbahar aylarında ölçülen en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 468 µg/m<sup>3</sup> ile Trabzon ili Valilik istasyonundadır ve 21.11.2013 tarihinde saat 08:00'de kaydedilmiştir.

Şekil 7: Çalışma alanı sonbahar mevsimi ortalaması SO<sub>2</sub> dağılımları (2011-2013 yılları)

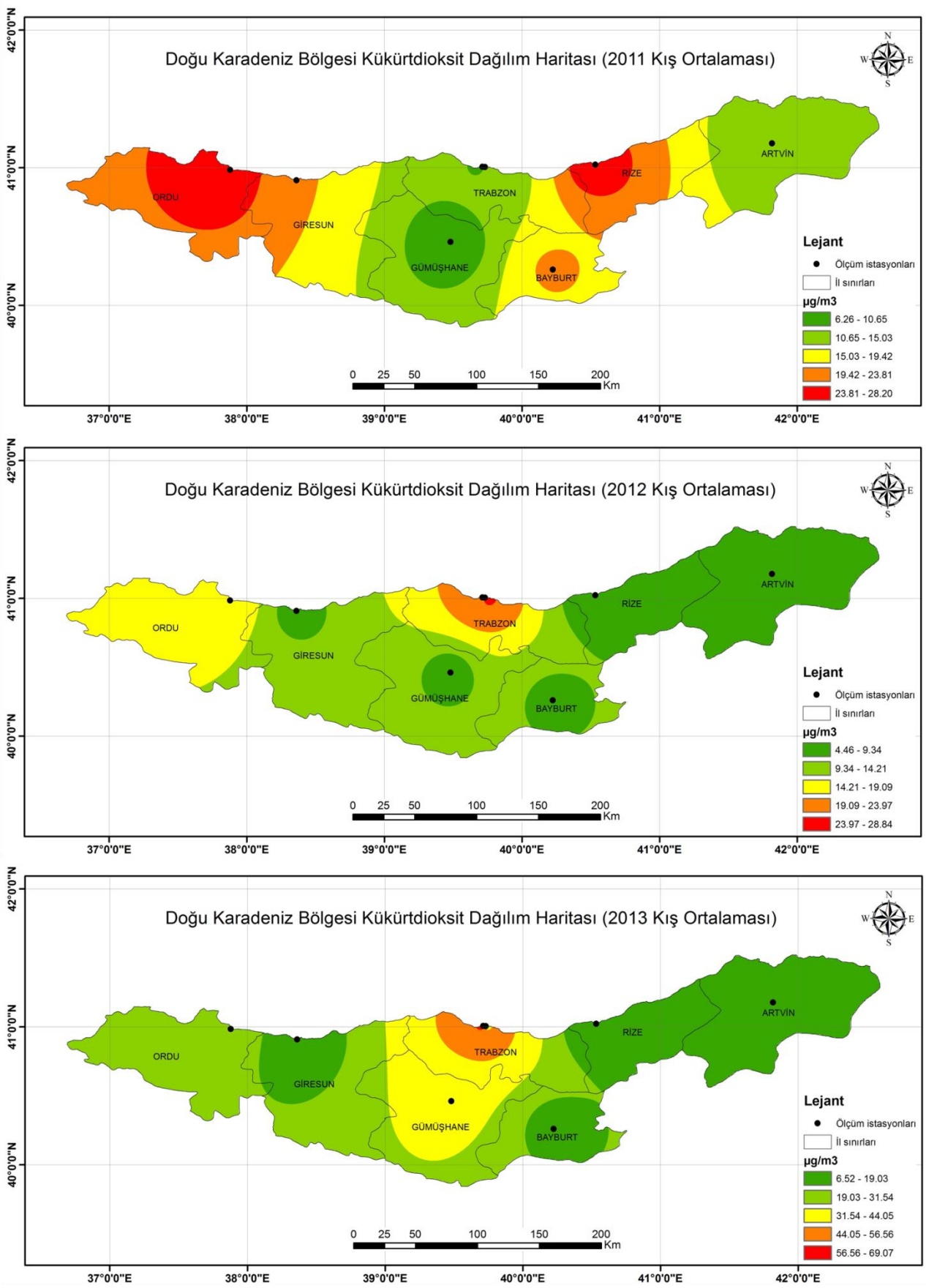
Şekil 8: Çalışma alanı sonbahar mevsimi ortalaması SO<sub>2</sub> dağılımları (2014-2015 yılları)

### 3.4. Kış Mevsimi Hava Kalitesi Dağılımları

Aralık, Ocak ve Şubat ayları SO<sub>2</sub> ölçüm verilerinin ortalamaları kullanılarak yapılan kış ayları dağılım haritası Şekil 9 ve 10'da verilmektedir. Kış ayları boyunca ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtlar kentsel alanlardaki SO<sub>2</sub> emisyonunu arttırmaktadır. Bu nedenle çalışma alanında kış ayları boyunca SO<sub>2</sub> konsantrasyonunda artış görülmektedir.

Şekil 9'daki 2011 kış ayları SO<sub>2</sub> ortalaması dağılım haritası incelendiğinde Rize ve Ordu illerinde diğer illere göre yüksek konsantrasyon ortalaması görülebilmektedir. Bu illerde hesaplanan ortalama konsantrasyonlar sırasıyla 27,14 µg/m<sup>3</sup> ve 28,2 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Giresun ve Bayburt illerinde ise konsantrasyon seviyeleri 15,03~23,81 µg/m<sup>3</sup> arasında olup geri kalan diğer illerde seviye 6,26~15,03 µg/m<sup>3</sup> arasındadır.

2012 yılına ait hesaplanan en yüksek ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 29,48 µg/m<sup>3</sup> ile Trabzon Meydan istasyonundan elde edilmiştir. Ordu ilinde ise 14,21~19,09 µg/m<sup>3</sup> lük üçüncü seviyede konsantrasyon bulunmakta ve geri kalan diğer illerde en düşük konsantrasyona sahip olduğu anlaşılmaktadır (4,46~14,21 µg/m<sup>3</sup>).

Şekil 9: Çalışma alanı kış mevsimi ortalaması SO<sub>2</sub> dağılımları (2011-2013 yılları)

2013 yılında, en yüksek ortalama konsantrasyon 70,01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Trabzon Valilik istasyonundaki verilerden elde edilmiştir. 2013 dağılım haritasında da en yüksek konsantrasyonun Trabzon ilinde olduğu görülebilmektedir. Gümüşhane ilinin büyük bir kesimi ise 31,54~44,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ile üçüncü seviye konsantrasyondadır. Şekil 9, 2013 kış ortalaması haritasında geri kalan diğer illerde düşük SO<sub>2</sub> konsantrasyon seviyesinin (6,52~31,54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) olduğu görülebilmektedir.

2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait kış ayları SO<sub>2</sub> ortalaması dağılım haritaları Şekil 10'da verilmektedir. 2014 yılı Trabzon Valilik istasyonu ortalaması hesaplandığında 104,39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lük bir değer elde edilmektedir. Dağılım haritasında göre ise Trabzon ilinin diğer illere nazaran daha yüksek konsantrasyona (43,68~102,10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ordu ilinin tamamı ile Gümüşhane ve Giresun illerinin büyük bir kesiminde 24,21~43,68  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lük bir dağılım vardır. Giresun merkez, Bayburt, Rize ve Artvin illerinde ise ortalama konsantrasyon 4,73~24,21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasındadır.

2015 yılı kış aylarında en yüksek konsantrasyon Ordu Fatsa istasyonundan alınan verilerden elde edilmiştir (74,03  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Ordu ilindeki bu yüksek konsantrasyon ise 2015 yılı kış dağılım haritasında görülebilmektedir. Giresun, Gümüşhane ve Trabzon illerinde konsantrasyon seviyeleri ise 19,12~32,85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  tür. Bayburt, Rize ve Artvin illerinde ise konsantrasyon dağılımı 5,40~19,12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında diğer illere göre en düşük seviyededir.

2016 yılında yine Ordu Fatsa istasyonu en yüksek SO<sub>2</sub> ortalamasına (98,57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sahiptir. Bu yüksek konsantrasyon 2016 yılı kış dağılım haritasından da anlaşılabilir. Giresun, Trabzon ve Bayburt illerinin büyük bir kesiminde konsantrasyon 18,35~31,47  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  iken geri kalan diğer illerde 2,98~18,35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  seviyelerindedir.

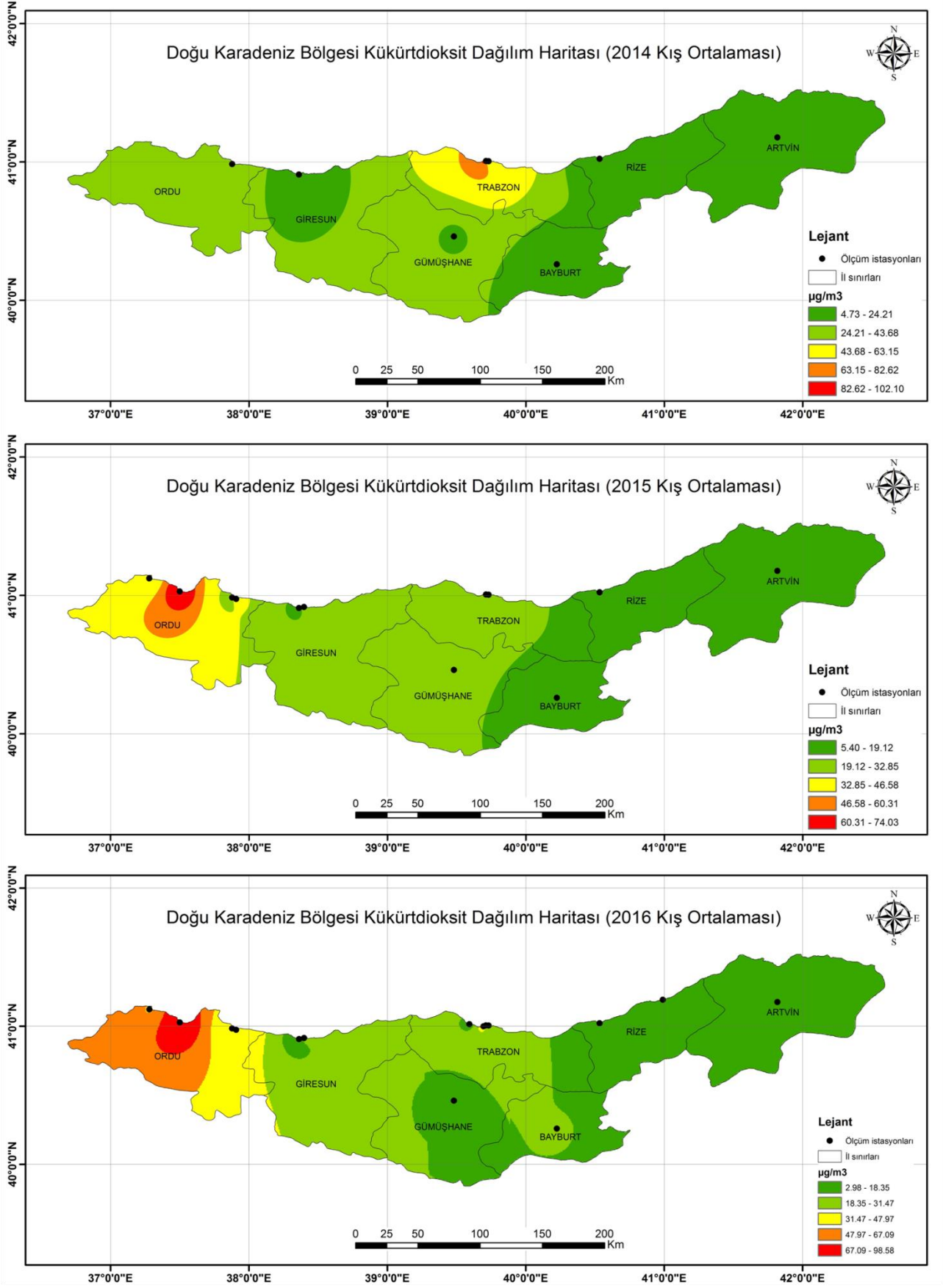
2011-2016 yılları arasında ölçülmüş sonbahar ayları saatlik en yüksek konsantrasyon ve ölçüm istasyonu Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: 2011-2016 yılları arası ölçülmüş kış ayları saatlik en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve ölçüm istasyonu

Ölçüm İstasyonu	Ölçülen En Yüksek SO <sub>2</sub> Konsantrasyonu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Artvin Merkez	52	38	73	50	82	151
Bayburt	144	112	148	40	25	142
Giresun	81	82	54	72	101	100
Giresun Gemilerçekeği	-	-	-	-	118	157
Gümüşhane	22	160	214	210	156	109
Ordu Fatsa	-	-	-	-	445	593
Ordu Karşıyaka	-	-	-	-	167	348
Ordu Stadyum	226	183	279	254	354	189
Ordu Ünye	-	-	-	-	252	656
Rize	426	23	94	73	37	26
Rize Ardeşen	-	-	-	-	-	38
Trabzon Akçaabat	-	-	-	-	-	86
Trabzon Fatih	-	-	-	-	-	228
Trabzon Meydan	125	208	234	204	172	92
Trabzon Uzungöl	-	-	-	-	-	-
Trabzon Valilik	24	415	885	924	252	156

Tablo 6'dan da görülebileceği üzere bölgede sonbahar aylarında ölçülen en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 924  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Trabzon ili Valilik istasyonundadır ve 13.02.2014 tarihinde saat 18:00'de kaydedilmiştir.



Şekil 10: Çalışma alanı kış mevsimi ortalaması  $\text{SO}_2$  dağılımları (2014-2016 yılları)

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan illerdeki SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımları incelenmiştir. Çalışma alanında hava kalitesini etkileyen sebepleri belirleyebilmek amacıyla, illerin çevre durum raporları incelenmiştir. Bölgede en baskın kirletici olarak trafik ve kış aylarında ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtlar olduğu söylenebilir. Ayrıca Rize ili sınırları içerisinde bulunan çay fabrikaları da önemli kirletici kaynakları arasındadır.

Doğu Karadeniz Bölgesi illerine ait 2011-2016 yılları arasındaki SO<sub>2</sub> konsantrasyonları T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait ölçüm istasyonlarının kayıtlarından elde edilmiştir. 2011-2014 yılları arasında 8 istasyon, 2015 yılında 12 istasyon ve 2016 yılında ise 15 istasyonun verileri kullanılmıştır. Bu veriler ve ArcGIS 10.2.1 CBS yazılımı kullanılarak bölgeye ait SO<sub>2</sub> dağılım haritaları oluşturulmuştur. Dağılım haritaları oluşturulurken ölçüm sonuçlarının mevsimsel ortalamaları kullanılmıştır. Ayrıca bölgede bulunan meteoroloji istasyon kayıtlarından alınan saatlik rüzgâr yön ile hız verilerinden ve WRPLOT VIEW 7.0.0 programından yararlanılarak, bölgeye ait rüzgârgülleri oluşturulmuştur. Rüzgâr hız ve yönleri incelendiğinde, bölgedeki hâkim rüzgâr yönlerinin çok farklı olduğu görülebilmektedir. Bu durum da gerçekteki SO<sub>2</sub> konsantrasyon dağılımları üzerinde etkili olmaktadır. Ortalama rüzgâr hızlarının da yine her bir ilde farklı olduğu ve dağılım üzerinde etkisinin bulunduğu anlaşılmaktadır. Bölgenin yüksek miktarda yağış alması, topoğrafik yapısının oldukça engebeli olması ve bitki örtüsü SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun dağılımı üzerinde etkili olmaktadır. Haritalar ve ölçüm ortalamaları incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

2011 yılı ilkbahar aylarında bölgede SO<sub>2</sub> konsantrasyonu ortalaması en yüksek olan il Giresun olmuştur (20,36 µg/m<sup>3</sup>). Yaz ayları incelendiğinde Trabzon Valilik istasyonu ortalamaları 11,65 µg/m<sup>3</sup> ile ilk sıradadır. Sonbahar aylarında ise Trabzon Meydan 8,29 µg/m<sup>3</sup> ile en başta yer almaktadır. Kış ayları dikkate alındığında 27,14 µg/m<sup>3</sup> konsantrasyon ortalaması ile Rize en yoğun ildir. 2012 yılı ilkbahar mevsiminde Trabzon Meydan istasyonunda ölçülen değerlerin ortalaması 7,61 µg/m<sup>3</sup> tür ve diğer illerin üzerindedir. Aynı noktada ölçülen değer ortalaması yaz aylarında yine artış göstermiştir (8,13 µg/m<sup>3</sup>). Sonbahar aylarında ise Trabzon Meydan ortalaması 17,65 µg/m<sup>3</sup> tür ve diğer illerden yüksektir. Bu durum kış aylarında da değişmemiş ve ortalama 25,48 µg/m<sup>3</sup> ile en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonuna sahip il Trabzon olmuştur. 2013 yılı ilkbahar mevsiminde Trabzon Valilik çevresi 19,18 µg/m<sup>3</sup> lük SO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile diğer illere göre en yüksek il olmuştur. Bu yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun nedeni olarak kış aylarında kullanılan yakıtlar ve diğer aylarda ise trafik yoğunluğu söylenebilir. Yaz aylarında bu oran düşmüş ve en yüksek konsantrasyon 3,75 µg/m<sup>3</sup> olarak Rize' de görülmüştür. Rize'de genellikle yaz aylarında artan yayla turizmi özellikle trafik yoğunluğuna sonuç olarak da SO<sub>2</sub> artışına neden olabilmektedir. Sonbahar aylarında ise 18,62 µg/m<sup>3</sup> ile Gümüşhane ilk sıradadır. Kış aylarında konsantrasyonda artış gözlenmiş ve Trabzon Valilik çevresi 70 µg/m<sup>3</sup> ile diğer illere nazaran en yüksek konsantrasyona sahip olmuştur. 2014 yılında ilkbahar mevsiminde 14,076 µg/m<sup>3</sup> ile Trabzon Meydan, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sırasıyla 6,079 µg/m<sup>3</sup> ile 16,133 µg/m<sup>3</sup> konsantrasyon ortalaması ile yine Trabzon Meydan, kış mevsiminde ise 104,39 µg/m<sup>3</sup> ile Trabzon Valilik istasyonu en yüksek ortalama konsantrasyona sahip olmuştur. 2015 yılına gelindiğinde ilkbahar aylarında Ordu Fatsa (17,95 µg/m<sup>3</sup>), yaz aylarında Trabzon Valilik (6,87 µg/m<sup>3</sup>), sonbahar aylarında Ordu Fatsa (47,53 µg/m<sup>3</sup>), kış aylarında yine Ordu Fatsa (74,034 µg/m<sup>3</sup>) istasyonunda en yüksek SO<sub>2</sub> ortalama konsantrasyonu gözlenmiştir. 2016 yılında ilkbahar aylarında Ordu Fatsa (37,13 µg/m<sup>3</sup>), yaz aylarında Trabzon Akçaabat (55,2 µg/m<sup>3</sup>), kış aylarında ise yine Ordu Fatsa (98,57 µg/m<sup>3</sup>) istasyonları en yüksek SO<sub>2</sub> ortalamasını kaydetmişlerdir.

Doğu Karadeniz Bölgesi 2011-2016 yılları geneline baktığımızda ilkbahar ayları SO<sub>2</sub> konsantrasyon ortalamaları sıralaması Ordu > Giresun > Trabzon > Gümüşhane > Rize > Bayburt > Artvin, yaz aylarında Trabzon > Giresun > Rize > Ordu > Artvin > Bayburt, sonbahar aylarında Trabzon > Ordu > Gümüşhane > Giresun > Bayburt > Artvin > Rize, kış aylarında ise Ordu > Trabzon > Gümüşhane > Giresun > Bayburt > Artvin > Rize olduğu görülmektedir.

Kış aylarında ısınma amacıyla kullanılan yakıtlar incelendiğinde adı geçen illerde özellikle doğalgaz kullanmayan tek il Artvin olduğu ve bu ilde yakıt olarak kömür, fuel-oil ve odun kullanıldığı Çevre Durum Raporları'ndan belirlenmiştir. Diğer illerde ise yaklaşık 2011 yılından günümüze kadar artan oranda doğalgaz kullanımı bulunmaktadır ve doğalgaza alternatif olarak kömür, odun ve fuel-oil kullanımı bulunmaktadır. Bu durum da kış aylarında meydana gelen SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun miktarı üzerinde önemli rol oynamaktadır.

Ölçüm istasyonlarından elde edilen veriler ve ortalamaları incelendiğinde bazı istasyon ölçümlerinde tutarsızlıklar görülmüştür. Buna göre özellikle Trabzon ilinde yapılan ölçümlerde, 2011-2016 yılları arasında ilkbahar aylarında Meydan ve Valilik istasyonlarında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Aynı istasyonda ölçülen en yüksek yaz ayları SO<sub>2</sub> konsantrasyon farkları 2011-2014 arasında normalden 2015-2016 yıllarındaki en yüksek konsantrasyonlar arasındaki fark artmıştır. Bu durum sonbahar ve kış aylarında da görülmektedir. Ayrıca 2015 ve 2016 yıllarında faaliyete geçen istasyonlardaki ölçümler aynı ildeki diğer istasyonlara nazaran oldukça yüksektir. Özellikle Ordu ili Fatsa, Karşıyaka ve Ünye istasyonlarında ölçülen 2015-2016 verileri her çalışma mevsiminde ildeki diğer istasyonlara göre oldukça yüksektir. Aynı durum 2016 yılı için Giresun-Gemilerçekeği istasyonunda da görülmektedir.

## Kaynaklar

- Chen R., Huang W., Wong C.M., Wang Z., Thach T.Q., Chen B., Kan H., (2012), *Short-Term Exposure to Sulfur Dioxide and Daily Mortality in 17 Chinese Cities: The China Air Pollution and Health Effects Study (CAPES)*, Environmental Research, 118, 101-106.
- Fenger J., (1999), *Urban Air Quality*, Atmospheric Environment, 33, 4877-4900
- Fischer P.H., Marra M., Ameling C.B., Janssen N., Cassee F.R., (2011), *Trends in Relative Risk Estimates for the Association Between Air Pollution and Mortality, 1992-2006*, Environmental Research, 111(1), 94-100.
- Kanaroglou P.S., Adams M.D., Luca P.F.D., Corr D., Sohel N., (2013), *Estimation of Sulfur Dioxide Air Pollution Concentrations with a Spatial Autoregressive Model*, Atmospheric Environment, 79, 421-427.
- Pan X., Yue W., He K., Tong S., (2007), *Health Benefit Evaluation of the Energy Use Scenarios in Beijing China*, Science of the Total Environment, 374, 242-251.
- Panicucci A., Lorenzini N., Lorenzini G., (1998), *Differential Photosynthetic Response of Two Mediterranean Species (Arbutus Unedo and Viburnum Tinus) to Sulphur Dioxide*, Chemosphere, 36(4-5), 703-708.
- Smith S.J., Pitcher H., Lwigley T.M., (2001), *Global and Regional Anthropogenic Sulfur Dioxide Emissions*, Global and Planetary Change, 29, 99-119.
- Tayanç M., (2000), *An Assessment of Spatial and Temporal Variation of Sulfur Dioxide Levels Over Istanbul, Turkey*, Environmental Pollution, 107, 61-69.
- URL-1, (2012), Artvin İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 05 Eylül 2015].
- URL-2, (2013), Artvin İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 22 Eylül 2015].
- URL-3, (2014), Artvin İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 10 Eylül 2015].
- URL-4, (2011), Bayburt İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-5, (2012), Bayburt İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-6, (2013), Bayburt İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-7, (2014), Bayburt İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-8, (2011), Giresun İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-9, (2012), Giresun İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-10, (2013), Giresun İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-11, (2014), Giresun İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-12, (2010), Gümüşhane İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-13, (2011), Gümüşhane İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-14, (2012), Gümüşhane İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-15, (2013), Gümüşhane İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-16, (2014), Gümüşhane İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-17, (2011), Ordu İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-18, (2012), Ordu İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-19, (2013), Ordu İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-20, (2010), Rize İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-21, (2011), Rize İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-22, (2012), Rize İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-23, (2013), Rize İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-24, (2014), Rize İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-25 (2010), Trabzon İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-26, (2011), Trabzon İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-27, (2012), Trabzon İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-28, (2013), Trabzon İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-29, (2014), Trabzon İl Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> [Erişim 19 Eylül 2015].
- URL-30, (2016), Lakes Environmental, WRPLOT View Overview, <http://www.weblakes.com/products/wrplot/> [Erişim 10 Ocak 2016].
- Vanos J.K., Çakmak S., Bristaw C., Brion V., Tremblay N., Martin S.L., Sherdian S.S., (2013), *Synoptic Weather Typing Applied to Air Pollution Mortality Among the Elderly 10 Canadian Cities*, Environmental Research, 126, 66-75.
- Zou B., Peng F., Wan N., Wilson J.G., Xiong Y., (2014), *Sulphur Dioxide Exposure and Environmental Justice: A Multi Scale and Source-Specific Perspective*, Atmospheric Pollution Research, 5(3), 491-499.