KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOCAELİ TRAMVAY HATTI PROJESİNİN HAVA KALİTESİNE YAPACAĞI ETKİNİN MODELLENMESİ

MÜCAHİT BAYAM

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOCAELİ TRAMVAY HATTI PROJESİNİN HAVA KALİTESİNE YAPACAĞI ETKİNİN MODELLENMESİ

MÜCAHİT BAYAM

Doç. Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK
Danışman, Kocaeli Üniversitesi .....

Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞULU YİĞİT
Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi .....

Prof. Dr. Aykan KARADEMİR
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 17.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında Kocaeli İli'nin İzmit ilçesinde toplu taşıma araçlarından tramvay ve yolcu otobüslerinin emisyon miktarları açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Tramvay yatırımı devreye alınmadan öncesi ve alındıktan sonrası için sayısı ve güzergahları değişen yolcu otobüslerinden kaynaklanan emisyon miktarları hesaplanıp karşılaştırma yapılmıştır.

Tez çalışması sırasında ilgi ve desteğini esirgemeyen hocam Doç. Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK'a en derin teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın yapılabilmesi için gerekli verileri sağladığı için Kocaeli Büyükşehir Belediyesine ve Toplu Taşıma Planlama Şube Müdürü Salih Mülayim'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması sırasında desteğini esirgemeyen arkadaşım Uzman Biyolog Mustafa Çelik'e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca destek veren aileme teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz-2019 Mücahit BAYAM

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ viii
ÖZET ix
ABSTRACT x
GİRİŞ 1
1. KÜRESEL ISINMAYA BAĞLI İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SEBEP VE SONUÇLARI 3
1.1. İklim Değişikliği 3
1.2. Sera Etkisi 4
1.3. Küresel Isınma ve Etkileri 4
1.4. İklim Tahminleri 5
1.5. Kyoto Protokolü 5
1.6. Küresel Isınmanın Türkiye'ye Etkileri 6
2. TOPLU TAŞIMA 8
2.1. Toplu Taşıma Türleri 8
2.1.1. Karayolu ulaşımı 8
2.1.2. Raylı sistemler 9
2.1.3. Deniz yolu ulaşımı 9
2.2. Toplu Taşıma Türlerinin Belirlenmesinde Etkili Olan Faktörler 10
3. KOCAELİ'NDE TOPLU TAŞIMA 11
3.1. Kocaeli Nüfus Verileri 11
3.2. Kocaeli İlinde Ulaşım İstatistikleri 11
4. MOTORLU TAŞITLARDAN KAYNAKLI EMİSYONLAR 12
4.1. Karbon Emisyonları 12
4.2. Azot Emisyonları 12
4.3. Partikül Maddeler 13
4.4. Kükürt Dioksit 13
4.5. Ağır Metaller 14
4.5.1. Kurşun (Pb) 14
4.5.2. Kadmiyum (Cd) 14
4.5.3. Çinko (Zn) 15
4.5.4. Nikel (Ni) 15
5. EMİSYON ENVANTERİ 16
5.1. Emisyon Faktörü 16
6. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 17
7. AERMOD MODELİ İLE HAVA KALİTESİ DAĞILIMI 25
7.1. Modelin Tanıtımı 25
7.2. AERMOD Modeli Özellikleri 26
7.3. Modelin Kullanılması 26

8. MATERYAL VE METOT 31
8.1. Çalışma Alanı 31
8.2. Tier 1 Metodu İle Emisyonların Belirlenmesi 33
9. BULGULAR 39
9.1. Tramvay Öncesi ve Sonrası İçin Envanter Çalışması Bulguları 39
9.2. Tramvay Öncesi ve Sonrası İçin Modelleme Bulguları 44
10.SONUÇ VE ÖNERİLER 67
KAYNAKLAR 68
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 73
ÖZGEÇMİŞ 74

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 7.1. Yeni model oluşturma 27
Şekil 7.2. Koordinat sistemi seçimi 27
Şekil 7.3. Koordinat girme 28
Şekil 7.4. Alıcı noktaların girilmesi 28
Şekil 7.5. Meteorolojik veri girişi 29
Şekil 7.6. Rüzgar gülü 29
Şekil 7.7. Emisyon değerlerinin girişi 30
Şekil 7.8. Output görünümü 30
Şekil 8.1. Tramvay güzergâhı ve belirlenen bölgeler 31
Şekil 8.2. Tramvay güzergâhı ve tramvay duraklarının yerleri ……..... 32
Şekil 9.1. Bölgelere göre tramvay öncesi ve tramvay sonrası oluşan emisyon miktarları…..... 40
Şekil 9.2. Tramvay öncesi ve tramvay sonrası oluşan toplam emisyon miktarları 43
Şekil 9.3. Modelleme çalışmasına göre tramvay öncesi ve sonrası için CO emisyonlarının max değerleri 44
Şekil 9.4. Modelleme çalışmasına göre tramvay öncesi ve sonrası için NMVOC emisyonlarının max değerleri 44
Şekil 9.5. Modelleme çalışmasına göre tramvay öncesi ve sonrası için NOx emisyonlarının max değerleri 45
Şekil 9.6. Modelleme çalışmasına göre tramvay öncesi ve sonrası için PM emisyonlarının max değerleri 45
Şekil 9.7. Modelleme çalışmasına göre tramvay öncesi ve sonrası için N_2O emisyonlarının max değerleri 46
Şekil 9.8. Modelleme çalışmasına göre tramvay öncesi ve sonrası için NH_3 emisyonlarının max değerleri 46
Şekil 9.9. Tramvay öncesi için saatlik CO emisyonunun atmosferik dağılımı 47
Şekil 9.10. Tramvay öncesi için günlük CO emisyonunun atmosferik dağılımı 47
Şekil 9.11. Tramvay öncesi için yıllık CO emisyonunun atmosferik dağılımı 48
Şekil 9.12. Tramvay sonrası için saatlik CO emisyonunun atmosferik dağılımı 48
Şekil 9.13. Tramvay sonrası için günlük CO emisyonunun atmosferik dağılımı 49
Şekil 9.14. Tramvay sonrası için yıllık CO emisyonunun atmosferik dağılımı 49
Şekil 9.15. Tramvay öncesi için saatlik NMVOC emisyonunun atmosferik dağılımı….. 50
Şekil 9.16. Tramvay öncesi için günlük NMVOC emisyonunun atmosferik dağılımı….. 50

Şekil 9.17. Tramvay öncesi için yıllık NMVOC emisyonunun atmosferik dağılımı…. 51
Şekil 9.18. Tramvay sonrası için saatlik NMVOC emisyonunun atmosferik dağılımı 51
Şekil 9.19. Tramvay sonrası için günlük NMVOC emisyonunun atmosferik dağılımı 52
Şekil 9.20. Tramvay sonrası için yıllık NMVOC emisyonunun atmosferik dağılımı 52
Şekil 9.21. Tramvay öncesi için saatlik NOx emisyonunun atmosferik dağılımı 53
Şekil 9.22. Tramvay öncesi için günlük NOx emisyonunun atmosferik dağılımı 53
Şekil 9.23. Tramvay öncesi için yıllık NOx emisyonunun atmosferik dağılımı 54
Şekil 9.24. Tramvay sonrası için saatlik NOx emisyonunun atmosferik dağılımı 54
Şekil 9.25. Tramvay sonrası için günlük NOx emisyonunun atmosferik dağılımı 55
Şekil 9.26. Tramvay sonrası için yıllık NOx emisyonunun atmosferik dağılımı 55
Şekil 9.27. Tramvay öncesi için saatlik PM emisyonunun atmosferik dağılımı 56
Şekil 9.28. Tramvay öncesi için günlük PM emisyonunun atmosferik dağılımı 56
Şekil 9.29. Tramvay öncesi için yıllık PM emisyonunun atmosferik dağılımı 57
Şekil 9.30. Tramvay sonrası için saatlik PM emisyonunun atmosferik dağılımı 57
Şekil 9.31. Tramvay sonrası için günlük PM emisyonunun atmosferik dağılımı 58
Şekil 9.32. Tramvay sonrası için yıllık PM emisyonunun atmosferik dağılımı 58
Şekil 9.33. Tramvay öncesi için saatlik N_2O emisyonunun atmosferik dağılımı 59
Şekil 9.34. Tramvay öncesi için günlük N_2O emisyonunun atmosferik dağılımı 59
Şekil 9.35. Tramvay öncesi için yıllık N_2O emisyonunun atmosferik dağılımı 60
Şekil 9.36. Tramvay sonrası için saatlik N_2O emisyonunun atmosferik dağılımı 60
Şekil 9.37. Tramvay sonrası için günlük N_2O emisyonunun atmosferik dağılımı 61
Şekil 9.38. Tramvay sonrası için yıllık N_2O emisyonunun atmosferik dağılımı 61
Şekil 9.39. Tramvay öncesi için saatlik NH_3 emisyonunun atmosferik dağılımı 62
Şekil 9.40. Tramvay öncesi için günlük NH_3 emisyonunun atmosferik dağılımı 62

Şekil 9.41. Tramvay öncesi için yıllık NH_3 emisyonunun atmosferik dağılımı 63
Şekil 9.42. Tramvay sonrası için saatlik NH_3 emisyonunun atmosferik dağılımı 63
Şekil 9.43. Tramvay sonrası için günlük NH_3 emisyonunun atmosferik dağılımı 64
Şekil 9.44. Tramvay sonrası için yıllık NH_3 emisyonunun atmosferik dağılımı 64
Şekil 9.45. Marmara Hava Kalitesi İzleme Ağı İzmit istasyonu 65

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 8.1. Belirlenen bölgeler ve durak isimleri 32
Tablo 8.2. CO, NMVOC, NO_X için Tier 1 emisyon faktörleri 34
Tablo 8.3. PM, N_2O, NH_3 için Tier 1 emisyon faktörleri 34
Tablo 8.4. Tier 1 araç kategorisine göre km başına tipik yakıt tüketimi değerleri 34
Tablo 8.5. Tramvay öncesi emisyonları için oluşturulan Seka Blokları otobüs durakları tablosu 35
Tablo 8.6. Tramvay sonrası emisyonları için oluşturulan Seka Blokları otobüs durakları tablosu 37
Tablo 9.1. Marmara Hava Kalitesi İzleme Ağı, İzmit istasyonu tramvay öncesi ve sonrası verileri 66

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

℃	: Santigrat Derece
CFC_s	: Kloroflorokarbonlar
CH_4	: Metan
CO_2	: Karbon Dioksit
H_2O	: Su
N_2O	: Nitröz Oksit
NH_3	: Amonyak
NiAs	: Arsenik Nikel
NiAsS	: Arsenikli Nikel Galeni
NiS	: Nikel Galeni
NO	: Azot Oksit
NO_2	: Azot Dioksit
O_3	: Ozon
ppm	: Milyonda bir birim
SO_2	: Kükürt Dioksit

Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
ANP	: Analytic Network Process (Analitik Ağ Süreci)
BM İDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BRT	: Bus Radip Transit (Metrobüs)
CNG	: Compress Natural Gas (Sıkıştırılmış Doğalgaz)
CO	: Karbon Monoksit
COHb	: Karboksi Hemoglobin Kompleksi
EEA	: European Economic Area (Avrupa Ekonomik Alanı)
EMEP	: European Monitoring and Evaluation Programme (Avrupa İzleme ve Değerlendirme Programı)
GYÜ	: Gelişme Yolundaki Ülke
HRS	: Hafif Raylı Sistem
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli)
İGDAŞ	: İstanbul Gaz Dağıtım Sanayi ve Ticaret Anonim Şirket
KBB	: Kocaeli Büyükşehir Belediyesi
KP	: Kyoto Protokolü
KYT	: Kentsel Yolcu Taşımacılığı
NOx	: Azot Oksit
OECD	: Organisation for Economic Co-operation & Development (Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü)
OY	: Ortak Yürütme
PCB	: Polychlorobiphenyl (Poliklorlübifeniller)
PM	: Partiküler Madde
TKD	: Temiz Kalkınma Düzeneği

KOCAELİ TRAMVAY HATTI PROJESİNİN HAVA KALİTESİNE YAPACAĞI ETKİNİN MODELLENMESİ

ÖZET

Hızla artan nüfus sayısı ulaşım problemini de beraberinde getirmektedir. Modern insan için ulaşım zorunlu olmakta ve kullanılan motorlu taşıtlar çevreyi kirleterek insan sağlığına zarar vermektedir. Bu yüzden toplu taşımanın önemi artmakta ve klasik içten yanmalı motorlu taşıtlar yerine sürdürülebilir ulaşım araçlarının tercih edilmesi zorunlu hale gelmektedir. Bu çalışmada Kocaeli ilinin İzmit ilçesinde toplu taşıma araçlarından tramvay ve yolcu otobüslerinin emisyon miktarları açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışma kapsamında tramvay yatırımı devreye alınmadan öncesi ve alındıktan sonrası için sayısı ve güzergahları değişen yolcu otobüslerinden kaynaklanan emisyon miktarları hesaplanıp karşılaştırma yapılmıştır. Çalışma alanı olarak Haziran 2017'de faaliyete geçen tramvayın güzergâhını içine alan 9,20 km uzunluğunda ve yaklaşık 5,10 km^2'lik bir alan seçilmiştir. Belirlenen emisyonlar, CO, PM, NOx, NMVOC, N_2O, NH_3 emisyonlarıdır. Yolcu otobüsü kaynaklı egzoz emisyonlarının envanterlenmesi için kullanılan metot, elde edilebilecek veriler göz önünde bulundurularak Tier 1 metodu olarak belirlenmiştir. Hesap edilen veriler Aermod programı kullanılarak modellenmiştir.

Yapılan çalışmada hesaplamalar sonucunda, tramvayın devreye alınmasına bağlı olarak emisyon miktarlarında azalma gözlenmiştir. Azalma max değerlerde CO için %15,5, NMVOC için %14,8, NOx için %15, PM için %14,4, N_2O için %14,4, NH_3 için %14,4 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aermod, Hava Kalitesi, Sürdürülebilir Ulaşım, Toplu Taşıma, Tramvay.

MODELING THE IMPACT ON AIR QUALITY OF KOCAELI TRAMWAY LINE PROJECT

ABSTRACT

Population increasing rapidly brings along the transportation problem. Transportation is obligatory for modern people and the motor vehicles used pollute the environment and cause harm to human health. Therefore, the importance of urban transportation is increasing and it is necessary to choose sustainable transportation vehicles instead of classical internal combustion motor vehicles. In this study, it is aimed to evaluate the emission amounts of tram and city buses from urban transportation vehicles in İzmit district of Kocaeli province. For this purpose, the amount of emissions from city buses, which vary in number and routes, were calculated and compared before and after the tram investment was commissioned. As a study area, it was selected as a length of 9,20 km and an area of approximately 5,10 km2, which covers the route of the tram.That was started operation in June 2017. The emissions are CO, PM, NOx, NMVOC, N_2O, NH_3 emissions. The method used for the inventory of exhaust emissions from the city bus was determined as Tier 1 method considering the available data. The data were modeled using Aermod program.

As a result of the calculations, the emission amounts decreased due to the commissioning of the tram. Decreases in the amount of emission calculated are 15.5%, 14.8%, 15%, 14.4%, 14.4%, 14.4% for CO, NMVOC, NOx, PM, N_2O, NH_3 respectively.

Keywords: Aermod, Air Quality, Sustainable Transport, Urban Transport, Tram.

GİRİŞ

Gelişmekte olan toplumlarda, nüfus artışı ve kişilerin hayat standartlarının artması sonucu her bin kişi başına düşen araç sayısı sürekli artmaktadır. Ülkemizdeki mevcut durum da benzer niteliktedir. Türkiye'de 2010 yılı sonu itibarıyla 1000 kişiye 102, hane başına 0,38 otomobil düşmekte iken 2013 yılı sonunda bu oran 121, hane başına 0,45 otomobildir [1, 2]. Araç teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak araç başına yakıt tüketiminde ciddi azalma yaşanmış olmasına karşılık, artan araç sayısı sonucunda ulaştırma sektöründen ve özellikle karayolu kaynaklı ulaşım emisyonlarının da arttığı görülmektedir. Bu durum, özellikle bireylerin günlük hayatta kendi araçlarını kullanma alışkanlıklarını değiştirecek ve toplu taşıma sistemlerinin etkinliğini arttıracak şekilde gerekli önlemler alınmadığında, karayolu taşıtlarından kaynaklanan emisyonların önümüzdeki yıllarda da artışını sürdürmesine neden olacaktır. Hükümetler arası iklim değişikliği panelinin (IPCC) 3. raporuna göre, fosil yakıt kullanımının aynı seviyede devam etmesi durumunda 2100 yılına kadar yer kürenin 1,5 ila 5,4 °C ısınacağı tahmin edilmektedir [3]. Liu ve arkadaşlarına göre, ulaştırma sektörüne bağlı sera gazı emisyonları yıllara bağlı olarak artmaktadır. Örneğin Avrupa Birliği'nde salınan toplam sera gazlarının %35'i taşımacılık sektörü kaynaklıdır. Taşımacılık sektörünün saldığı sera gazı miktarının %72.8'i ise karayolu taşımacılığına bağlı olarak gerçekleşmektedir [4].

Özel taşıt kullanımına kıyasla sürdürülebilir bir ulaşım şekli olarak, toplu taşıma kabul edilir. Ancak dizel otobüsler yüksek karbon emisyonu ve hava kirliliğine sebep olduğu için toplu taşımada sürdürülebilir değildir. Bu nedenle geleneksel dizel otobüslere alternatif olarak hem yüksek enerji verimliliği sağlayan hem de daha az hava kirliliğine yol açan toplu taşıma sistemlerinin tercih edilmesi gerekmektedir [5]. Günümüzde nüfusu 1.000.000'un altında olan şehirlerde toplu taşıma problemlerinin lastik tekerlekli sistemler ile çözüme kavuşturulması söz konusuyken, 1.000.000'un üzerindeki nüfusa sahip şehirlerde ise raylı sistemler kullanılmıştır, lastik tekerlekli sistemler ise artık raylı sistemleri besleyen ulaşım türü olarak kullanılmak üzere yerini almıştır. Raylı ulaşım sistemleri; hafif raylı sistemler, tramvaylar, metrolar, banliyö

trenleri, manyetik yataklı sistemler ve üst yollu elektrikli, toplu taşıma sistemi olan monorail'dan oluşmaktadır. Bu sistemlerden ilk dördü ülkemizin değişik kentlerinde etkin olarak kullanılmaktadır [6]. Kocaeli İli'nde ise, Haziran 2017'de toplu taşımada tramvay sistemi devreye girmiştir.

Tramvaylar, mevcut kent yolları üzerinde döşenen hatlarda elektrikle çalışan, yol ve trafik durumuna göre bir sürücü tarafından kumanda edilen, daha çok bir adım atılarak binilebilen alçak zeminli araçların kullanıldığı toplu taşıma sistemleridir. Yolcu taşıma kapasiteleri en çok 10.000 kişi/saat, ortalama ticari hızları 14–16 km/saat, durak aralıkları 400-600 m olup, kent içinde çevre kirlenmesi ve enerji tasarrufu açısından avantajlıdır[5]. Tramvay yollarının inşası sırasında çok büyük çaplı kazı ve inşaat çalışmaları gerekmediği için maliyet açısından diğer sistemlere oranla oldukça ucuz sistemlerdir [6].

Bu çalışmada Kocaeli İl'inin İzmit ilçesinde toplu taşıma araçlarından tramvay ve yolcu otobüslerinin emisyon miktarları açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Tramvay yatırımı devreye alınmadan öncesi ve alındıktan sonrası için sayısı ve güzergahları değişen yolcu otobüslerinden kaynaklanan emisyon miktarları hesaplanıp karşılaştırma yapılmıştır. Çalışma kapsamında değerlendirilen emisyonlar; karbon monoksit (CO), partiküler madde (PM), azot oksit (NOx) ve metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC)'dir.

1. KÜRESEL ISINMAYA BAĞLI İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SEBEP VE SONUÇLARI

1.1. İklim Değişikliği

Yeryüzünün herhangi bir yerinde, herhangi bir zaman diliminde gözlemlenen atmosferik olayların (kar, yağmur, sis, rüzgâr. vb.) tümüne hava olayı denir. İklim ise yeryüzünün herhangi bir yerinde gerçekleşen uzun süreli hava olaylarının ortalama özelliklerinin yanı sıra, olayların oluşum sıklığının zamansal dağılımı, gözlenen ekstrem değerlerin, gerçekleşen şiddetli olayların ve tüm değişkenlik tiplerinin bireşimini ifade eder. İklim değişikliği ise, iklimsel olayların ortalamasında ya da değişkenliğinde uzun yıllar boyunca gözlemlenen istatistiksel olarak anlamlı değişimlerdir. İklim değişikliğinin nedenlerini iç süreç ve etmenler ile dış süreç ve etmenler olmak üzere iki başlıkta sınıflandırabiliriz. İç süreç ve etmenler, doğrudan iklim sisteminin içerisinde gelişir. İç süreç ve etmenler, doğrudan iklim sisteminin içerisinde gelişir. Doğal ve insan kaynaklı önemli değişiklikler iklim değişikliğinin potansiyel iç nedenlerinin başında gelir. Örnek olarak, beşerî faaliyetler sonucu atmosfere salınan sera gazları ve aerosoller gösterilebilir. İklim değişikliğinin dışında meydana gelen olaylar ise dış etmen olarak adlandırılır. Bunların başında ise yer kabuğundaki levha hareketleri (levha tektoniği kuramı), güneş etkinlikleri ve astronomik hareketler gelir. Dünya 4,6 milyar yıldır çeşitli etmenlerle iklim değişikliklerine maruz kalmıştır. 19 yy. itibari ile tekrardan bir iklim değişikliği gözlenmektedir fakat diğer iklim değişikliklerinden farklı olarak bu değişimin temel nedeni insanlardır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BM İDÇS) bu durum karşılaştırılabilir bir zaman döneminde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik şeklinde tanımlanmıştır [7].

1.2. Sera Etkisi

Sera etkisi, atmosferimizi oluşturan gazların oranına bağlı olarak değişiklik gösterir. Atmosferimizi oluşturan temel gazlar olan Azot (%78) ve Oksijen (%21) sera etkisine neredeyse hiç katkı sağlamazken daha az miktarda bulunan diğer gazlar sera etkisinin ana nedenidir. Sera gazlarının etki şekli, atmosfere ulaşan radyasyonun bu gazlar tarafından emilimi ile gerçekleşir. Bu emilimi en yüksek seviyede gerçekleştiren gaz ise su buharıdır. Su buharının atmosferdeki miktarının artması insanların faaliyetlerinden ziyade beşerî şartlara bağlıdır. Atmosferde insan kaynaklı sera gazları konsantrasyonu doğrudan etkilenen ve radyatif zorlama değeri en yüksek sera gazları; karbondioksit (CO_2), kloroflorokarbonlar (CFCs), metan (CH_4), ozon (O_3) ve nitröz oksittir (N_2O) [8].

Fosil yakıtlar, insan nüfusunun hızla artması ve orman alanlarının hızla yok edilmesi sebebi ile atmosferde ki sera gazlarının konsantrasyonunu sanayi devrimi öncesine göre %25 oranında artırmıştır. Bu etkenlerin devam etmesi Dünyanın sıcaklığını git gide artırarak buzulların erimesine neden olacağı tahmin edilmektedir. Küresel ısınmanın buzulların erimesi, deniz suyu seviyelerini artırarak kıyı kesimlerde su baskınları, verimli toprakların kaybı, temiz su kaynaklarında azalma, kuraklık, canlı türlerinin yaşamının tehdit altında olması, demografik yapının değişmesi gibi yerel ve çevresel anlamda büyük sorunları ortaya çıkaracağı tahmin edilmektedir [9].

1.3. Küresel Isınma ve Etkileri

Dünya atmosferini oluşturan bazı gazların (CO_2 (karbondioksit), CH_4 (metan), N_2O (diazot monoksit), O_3 (ozon), CFCs (kloroflorokarbon) ve H_2O (su buharı)) güneşten gelen ısının bir kısmını tutması yeryüzünün ısınmasına neden olur. Dünya atmosferinde bulunan bu gazlar dünyamızı bir sera gibi ısıtması nedeniyle sera gazları olarak adlandırılır. Sera gazlarının atmosferde bulunma miktarının azlığı veya çokluğu yeryüzünün sıcaklığı ile doğru orantılıdır. Atmosferdeki sera gazlarının miktarının azalması Dünyayı buzul çağına götürebileceği gibi, artması da aşrı sıcak bir gezegen haline getirebilir. Gezegenimiz var olduğu günden beri çeşitli etkenler sebebiyle bu iki durumu da yaşamıştır. 19. yüzyıldan itibaren yani sanayi devrimi ile birlikte Dünya insan kaynaklı bir ısınma dönemine girmiştir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporuna göre sanayi devriminden günümüze kadar geçen zamanda

gezegenimiz 0,85 °C ısındığı ve böyle devam etmesi halinde 2100 yılına kadar ortalama sıcaklığın 1,8-4,0 °C daha artacağı öngörülmektedir. Sıcaklık farklarına bağlı iklim değişikliği, biyolojik çeşitliliği, habitat ekosistemini, besin zinciri dengesini etkileyerek ekonomiyi olumsuz etkiler [10-12].

1.4. İklim Tahminleri

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) üçüncü değerlendirme raporunda sera gazlarının 20. yy. atmosferdeki konsantrasyonlarının artışı göz önüne bulundurulduğunda çeşitli senaryolar oluşturulmuştur. Bu rapora göre önümüzdeki yıllarda atmosferdeki sera gazlarının değişimi şu şekilde olacağı öngörülmüştür.

IPCC raporuna göre atmosferdeki CO_2 konsantrasyonu sanayi devrimi öncesinde 280 ppm iken, 2000'li yıllarda 368 ppm olmuştur. Oluşturulan senaryolara göre atmosferdeki CO_2 konsantrasyonunun 2100 yılına kadar artacağı öngörülmektedir. 2100 yılına kadar atmosferdeki CO_2 konsantrasyonunun 540-970 ppm arasında olacağı tahmin edilmektedir.

IPCC raporuna göre 2100 yılına kadar karasal sıcaklığın 1,4-5,8 °C artacağı tahmin edilmektedir. Sıcaklık artışına bağlı olarak artan buharlaşma sebebiyle ortalama yağış miktarında ve şiddetli yağışlarda artış öngörülmektedir (5-20 %).

Raporda ayrıca özellikle kuzey yarım kürede kar ve deniz buzu miktarının önemli ölçüde azalacağı tahmini belirtilmiştir. Buzulların azalmasının doğal sonucu olan deniz seviyelerindeki yükselme kaçınılmazdır. Rapor deniz seviyesinin 1990- 2025 yılları arasındaki periyotta 0,03 ile 0,14 metre, 1990-2050 yılları arasındaki periyotta 0,05 ile 0,32 metre, 1990-2100 yılları arasındaki periyotta ise 0,09 ile 0,88 metre kadar yükseleceğini öngörmektedir [13].

1.5. Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü (KP), sera gazlarının artışına bağlı olarak gözlemlenen küresel iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak ve sera gazı salınımını kısıtlamak amacıyla 2000 yılı sonrasında düzenlenen yasal prosedürdür. KP'ye göre, Ek 1 ülkeleri (OECD, AB ve eski sosyalist doğu Avrupa ülkeleri), KP'de listelenen sera gazlarını 2008-2012 döneminde 1990 düzeylerinin en az %5 altına indirmekle yükümlüdür. Bazı ülkeler,

bu ilk bu dönemde sera gazı salımlarını arttırma ayrıcalığı alırken (örneğin, Avustralya %8 arttırabilecek), Yeni Zelanda, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'nın sera gazı salımlarında 1990 düzeylerine göre herhangi bir değişiklik olmayacaktır. AB hem birlik olarak hem de üye ülkeler acısından %8'lik bir azaltma yükümlülüğü almıştır. ABD'nin salım azaltma yükümlülüğü %7 olarak belirlenmiştir.

Kyoto düzenekleri (Örneğin, Ortak Yürütme (OY) ve Temiz Kalkınma Düzeneği (TKD)) gelişmiş ülkelere sera gazı salımlarını azaltma ve iklim değişikliğinin etkilerini en düşük maliyetle azaltmak için ulusal sınırlarının dışına çıkma olanağı sağlar. Ortak Yürütme, Ek 1 ülkesinin başka bir Ek 1 ülkesinde yaptığı emisyon salımını azaltıcı yatırımının sonucu kazandığı Emisyon İndirim Birimlerini (EİB) kendi yükümlülüğüne sayabilir. KD, yükümlülük sahibi yatırımcı ülke ile yükümlülüğü olmayan ev sahibi bir ülke arasında gerçekleşen bir OY'dir. KP'ye göre projelerin yatırımcı ülkelerin kendi salım yükümlülüklerini gerçekleştirebilmesi için Onaylanmış Emisyon İndirimleri oluşturması gerekir.KP çerçevesinde yürütülecek OY ve TKD programlarının sırası ile ekonomileri geçiş sürecinde olan ve gelişme yolundaki ülkelerin sera gazları emisyonlarını azaltıcı projelerin finansmanı için sermaye ve kredi sağlanması beklenmektedir. Ayrıca Salım Ticareti yoluyla da , özellikle zengin ve gelişmiş ülkeler ile geçiş sürecindeki ülkeler arasında kredi alımına ve satımına izin veren 'Salım Ticareti Rejimi' kurulmuştur.

KP ve KP düzeneklerinin uygulanmasına ilişkin yasal zeminin hazırlanması 2001 Bonn Anlaşması ile çizilmiştir. Bu anlaşmanın ana politik anlaşma konuları ise Kasım 2001'de Marakeş de yapılan İDÇS Taraflar Konferansı'nın 7. toplantısında (TK-7) imzalanan Marakeş Uzlaşmalarıyla yasal metinlere dönüştürüldü [14].

1.6. Küresel Isınmanın Türkiye'ye Etkileri

Türkiye karmaşık iklim yapısı nedeniyle olası küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliklerinden en çok etkilenecek ülkelerin başında gelmektedir. Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, parçalanmış topografyaya sahip olması ve orografik özelliklerinden dolayı her bölgenin iklim değişikliğinden farklı etkilenmesi olasıdır. Küresel iklim değişikliğinin ülkemiz üzerine yaratacağı olası sorunlar yağış rejiminin değişmesi nedeniyle çok kurak veya ani yağışa bağlı olarak su baskınları, üç tarafımızın denizler ile çevrili olması nedeniyle olası deniz seviyesi yükselmelerinden

en çok etkilenen ülkelerden biri olmamız olası, ormanların tahrip olması, ekilebilir tarım arazilerinin yok olması ve su kıtlığı şeklinde gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu etkenler birbirini tetikleyen ve tahribatın boyutunu artıran en önemli etkenlerdir. Küresel ısınmanın sonucunda yaşayacağımız en büyük problem ise su kıtlığı, değişen doğal flora ve fauna ve toprakların çölleşmesi gibi nedenlerle tarım yapılamaz hale gelmesiyle oluşabilecek kıtlık olarak tahmin edilmektedir [15, 16].

2. TOPLU TAŞIMA

Dünya üzerinde artan kentsel nüfusa bağlı olarak trafik problemi başta olmak üzere pek çok sorun ortaya çıkmıştır. Özellikle de artan araç sayısı sebebi ile trafik yoğunluğu ve buna bağlı olarak da insanların trafik de geçirdiği süre uzamaktadır. Bu problemin çözümü için kullanılan en önemli yöntem toplu ulaşımın yaygınlaştırılmasıdır. En çok kullanılan toplu ulaşım yöntemi lastik tekerlekli araçların kullanılmasıdır. Bu durum trafikte geçen sürenin özel araçlar ile paylaşılması anlamına gelmektedir. Bu sorunun çözümü için toplu ulaşım sağlayan lastik tekerlekli araçlara özel yollar ayrılması gibi yollarla trafikte geçirilen sürenin azaltılması ve toplu ulaşımı özendirmesi amaçlanmıştır. Ayrıca kullanılan raylı sistemler yüksek kapasite, hız ve güvenilirlik gibi parametreleri nedeniyle toplu ulaşımda tercih edilen yöntem haline gelmiştir. Dünyada ve ülkemizde kent içi ulaşımda toplu taşımacılık en çok tercih edilen yöntemdir. Toplu taşıma araçların değil insanların ulaşımını öncelemesi nedeni ile tüm araçları ile etkili bir şekilde planlayarak öncelik verilmesi ve yatırım yapılması gerekmektedir [17].

2.1. Toplu Taşıma Türleri

Toplu taşıma sistemleri temelde karayolu, raylı sistem ve deniz yolu olmak üzere 3 alt başlıkta sınıflandırılmaktadır. Karayolu ulaşım çeşitleri; otobüs, dolmuş-minibüs ve metrobüstür. Raylı sistemler ise; Hafif Raylı Sistemler (HRS), metrolar, tramvaylar, manyetik yataklı sistemler, banliyö trenleri ve üst yollu elektrikli, toplu taşıma sistemi olan monoraydan oluşmaktadır. Deniz yolu ulaşımı ise; feribot, deniz otobüsü, tekne, vapur şeklinde sınıflandırılabilir [17, 18].

2.1.1. Karayolu ulaşımı

Karayolu ulaşımı direkt ulaşım ve özel araç kullanım rahatlığı nedeniyle en fazla tercih edilen ulaşım çeşididir. Fakat çevre kirliliği, kaza, trafik tıkanıklığı ve hareketliliği sınırlama gibi dezavantajları vardır. Otobüsler kent içi yolcu taşımacılığında en fazla tercih edilen toplu taşıma araçlarıdır. Otobüsler altyapı maliyetinin azlığı ve geniş

hareket kapasitesi nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Dolmuş ve minibüs ise sisteminin yeterli olmadığı ülkelerde ara ulaşımda rahatlık sağlaması ve sistemi rahatlatması nedeniyle çok kullanılmaktadır. Türkiye'de metrobüs olarak bilinen, dünyada kullanılan ismi ile Bus Radip Transit (BRT) kaliteli bir toplu ulaşım sistemidir. Metrobüs, lastik tekerlekli olup kendisine ait özel bir yolda hareket eden, genellikle elektrik enerjisiyle çalışan, boş ağırlığı 21 tonu bulan, hibrit motoruyla saatte 96 km hıza ulaşabilen, çevreyle dost, metro ile otobüsün birleşimi ile ortaya çıkmış bir toplu taşıma aracıdır. Metrobüsün hızlı, rahat, konforlu ve altyapı maliyeti düşük bir toplu taşıma sistemi olması en önemli avantajlarındandır [17, 18].

2.1.2. Raylı sistemler

Raylı sistemler yoğun nüfuslu bölgelerin ulaşım ihtiyaçlarını karşılamak için en uygun ulaşım araçlarıdır. Teknolojik gelişmelerle birlikte raylı sistemlerin hızları ve boyutları da artmıştır. HRS, tek ya da kısa dizi halinde vagonlar şeklinde hareket eden yer seviyesinde ya da yerden yükseltilmiş yollarda, diğer araçlardan bağımsız özel bir yolu olan, kent içi elektrikli ulaşım sistemidir. Bir sürücü tarafından sinyalizasyon sistemine uygun olarak kullanılan, belli aralıklarla durağı olan, ortalama 300 yolcu kapasitesinde, ortalama 60-80 km/saat hızla hareket edebilen raylı toplu taşıma sistemleridir. Tramvaylar, mevcut yollar üzerine döşenen hatlarda elektrikle çalışan, bir sürücü tarafından kumanda edilen, yol ve trafik durumuna göre hareket eden, alçak zeminli araçların kullanıldığı toplu taşıma sistemleridir. Ortalama hızları saatte 14-16 km'dir. Çevreye olan katkısı ve enerji verimliliği nedeniyle kullanılması avantajlı bir toplu ulaşım aracıdır. Metro sistemleri ise diğer türlerden yüksek hızlarıyla ve yüksek yolcu taşıma kapasiteleriyle ayrışmaktadırlar. Yüksek otomasyon gerekesimi duymaktadır ve yüksek yatırım maliyetlerine karşılık en düşük işletme giderleriyle çalışmaktadırlar [17, 18].

2.1.3. Deniz yolu ulaşımı

Deniz taşımacılığı, düşük maliyetli, konforlu ve yüksek güvenlikli bir taşıma türüdür. Ancak direkt ulaşımın zorluğu bu taşıma şeklini diğer taşıma türlerine bağımlı olmasına neden olmaktadır. Denizyolu ulaşımı genel olarak uluslararası taşımada kolaylık sağlamaktadır. Bunun yanında feribot, deniz otobüsü, tekne ve vapur gibi ulaşım araçları kıyı kentlerinde kent içi ulaşımda kullanılmaktadır [18].

2.2. Toplu Taşıma Türlerinin Belirlenmesinde Etkili Olan Faktörler

Kent içi toplu taşıma için yeni yapılacak olan yatırım kararlaştırılırken, çeşitli etmenler göz önüne bulundurulmalıdır. Bu etmenler belirlenirken sistemin farklı açılardan değerlendirilmesi gerektiği için çok geniş bir yelpaze dikkate alınması gerekir. Kullanılan ölçütler ülkeden ülkeye, şehirden şehre göre farklılık gösterir. Yeni bir toplu taşıma sistemi belirlenirken uzmanlar, kullanıcılar ve işletmelerinde aralarında bulunduğu çeşitli gruplardan fikir ve yardım alarak ihtiyaca en uygun yöntemin belirlenmesi sağlanmalıdır. En temelinde toplu taşımanın bir kamu hizmeti olduğunu dikkate alırsak kullanıcıların istek ve önerilerinin de diğer etmenlerle birlikte değerlendirmenin daha uygun olduğu düşünülmektedir [19].

Toplu taşıma seçeneklerini karşılaştırmada en yaygın kategoriler maliyet, kapasite ve hızdır [20]. Bu kategoriler arasındaki kapasite kavramının ucu açık olması nedeniyle taşınan yolcu sayısı kavramının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Bunların yanında yolculuk süresi de kent içi toplu taşımanın belirlenmesinde kullanılan en önemli kategorilerden biridir. Bu nedenle, sayısal olarak belirtilemeyen önemli sebepleri de sağlıklı biçimde göz önünde bulundurmaya olanak tanıdığından, çok ölçütlü karar verme süreçlerinin, bir toplu taşıma türü seçimi sürecinde anlamlı sonuç vereceği düşünülmektedir [19].

Çok ölçütlü karar verme süreçlerinin tek başına yetmeyeceği düşünüldüğü durumlarda simülasyon yöntemi karar vermemizi kolaylaştırabilir. Simülasyon yöntemi bir model aracılığıyla, sistemin davranışı ile ilgili bilgilerin elde edilmesini sağlar. Bu nedenle var olan ya da yapılması planlanan bir sistemi gözlemlemek için yararlanılan en verimli yöntemlerden en önemlisi simülasyon yöntemdir. Bu yöntem modellenen sistemin performansı hakkında önemli veriler elde etmemizi sağlar. Daha da önemlisi, sistemin çok çeşitli şartlar altında nasıl çalışacağının tespit edilmesini sağlayabilir. Böylece sistemin verimliliği, belirli sorunlarla karşılaşılıp karşılaşılmayacağı gibi önemli konular hakkında bilgi sahibi olunmasına olanak tanır [19].

3. KOCAELİ'NDE TOPLU TAŞIMA

3.1. Kocaeli Nüfus Verileri

Kocaeli ilinin nüfusu, 2019 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt sistemi sonuçlarına göre 1.906.391 kişidir, 1'i büyükşehir, 12'si ilçe belediyesi olmak üzere toplam 13 belediyesi, 472 mahalle ve km^2'ye düşen 526 kişilik nüfus yoğunluğu ile ülkemizin önemli illerinden biridir [1].

3.2. Kocaeli İlinde Ulaşım İstatistikleri

Kocaeli, Türkiye'nin önemli sanayi kuruluşlarının yer aldığı, çalışan nüfusun ve ekonomik faaliyetlerin yoğunlaştığı önemli bir merkezdir ve hızlı bir kentsel gelişim göstermektedir. Bu durum kentteki insan sirkülasyonunu artırmakta, gelişen ekonomi seyahat talebi ve kişisel araç sahibi olana kişi sayısında artışa neden olmaktadır. Özellikle kent merkezinde ve ana ulaşım yollarında çok fazla trafik sıkışıkları oluşmaktadır. Toplu ulaşım sistemleri kentin gelişimiyle paralel gelişim gösterememiştir. Bu durum ulaşım problemine sebep olamamaktadır. 2013 verilerine göre Kocaeli'nde ulaşımın %43,16 'sı yaya, %18,90 'ı özel araç, %14,58 'i servis, %21,47 'si toplu taşıma, %0,14 'ü deniz yolu, %0,71 'i banliyö/tren, %2,13 'ü ise diğer ulaşım seçeneklerini kullanmaktadır [17]. Kocaeli'nde en çok kullanılan toplu taşıma sistemi karayolu toplu taşımacılığıdır. Toplu taşımacılığa karayolu özelinde baktığımızda ise en yaygın topu taşımacılığın özel halk otobüsleri ile yapıldığı görülmektedir. Özel halk otobüsü kaynaklı toplu taşıma sisteminin gerek araç yapısı gerekse durak ve yolcu indirme-bindirme sistemleri incelendiğinde, aslında bu sisteme toplu taşıma dan ziyade toplu ulaşım denmesi daha doğru olacaktır. Böyle bir ulaşım şeklini Kocaeli gibi nüfus ve yoğunluğun yüksek rakamlara ulaştığı şehirlerde uygulamak beraberinde ulaşım sorunlarını beraberinde getirmektedir [17].

4. MOTORLU TAŞITLARDAN KAYNAKLANAN EMİSYONLAR

Dünyada şehirli nüfusun artması ulaşımda kullanılan motorlu taşıtları artırarak bundan kaynaklı emisyonların artmasına sebep olmuştur. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan ve hava kirliliğinin en önemli sebepleri; CO, Pb ve askıdaki partikül maddelerdir. Bunların yanında motorlu taşıtlardan önemli miktarda hidrokarbonlar ve azot oksitler atmosfere salınmaktadır [21].

4.1. Karbon Emisyonları

Karbon emisyonlarının en önemlileri Karbonmonoksit (CO) ve Karbondioksit (CO_2) gazlarıdır. CO gazı yakıtların yetersiz yanması sonucu oluşan, renksiz ve kokusuz bir gaz olup atmosferde yok olma süresi 2 ila 4 ay arasında değişmektedir. CO küresel ısınmada dolaylı olarak yer almaktadır. CO 'nun ana kaynağı motorlu taşıtların egzoz dumanıdır. CO 'in kapalı ortamda birikmesi canlılar için toksik bir gazdır. CO kanda oldukça zehirli olan karboksi hemoglobin kompleksi (COHb) oluşturarak toksik etki gösterir. Çeşitli kaynaklara göre CO 'in ortamdaki toksik sınır değeri 50 ppm veya 50 $\mu g/m^3$ dür. CO 'in havada sınır değerinin üzerinde bulunması insan sağlığına önemli ölçüde zararlı etkilere sahiptir. Bu etkilerden en önemlisi kanda oksijen taşımada görevli olan eritrosit hücrelerinin oksijen tasıma kabiliyetini azaltmasıdır[22].

4.2. Azot Emisyonları

Atmosfer doğal bileşiminde %79 oranında azot (N) bulunur. Azotun canlılar üzerine herhangi bir zararı olmadığı gibi bitkilerin yaşam döngüsünde etkisi elzemdir. Hava kirliliğine sebep olan azot türleri nitrik oksittir (NOx). Atmosferdeki nitrik oksitin (NOx) temel kaynağı, motorlu araçlar ve yüksek sıcaklıkta yanma yapan tüm noktasal tesislerdir. Hava kirliliği sebep olan nitrik oksit türleri azot dioksit (NO_2) ve azot oksit (NO) gazlarıdır. NO renksiz kokusuz bir gaz olup yüksek sıcaklıkta yanma işlemi sonucunda ortaya çıkar. Atmosfere salınan NO havadaki oksijenle birleşerek NO_2 oluşturmaktadır[22]. NO_2'nin NO 'ya göre daha zararlı olduğu bilinmektedir. Azot dioksit, solunum yollarında tahriş edici bir etkiye sahiptir ve yüksek

konsantrasyonlarının toksik etkisi bilinmektedir. Fotokimyasal duman, asit yağmurları, ikincil formdaki partiküllerin oluşumunda önemli rolü bulunmaktadır. SO2 ve ozon ile birlikte, ekinler ve bitki örtüsüne zarar verirler. Kentsel alanlarda konsantrasyonlarda bulunmasını temel sebebi trafik emisyonları olup en fazla ana yollara yakın yerlerde bulunurlar [23].

4.3. Partikül Maddeler

Havada asılı kalabilen ufak katı parçalara ve sıvı damlalarına partikül madde adı verilir. Hepsine birden aerosol olarak isimlendirilen ve insanları rahatsız edebilen fakat genellikle zehirli olmayan, kurum, toz, duman ve polenlerde bu grupta yer almaktadır. Bu aerosollerden bazıları, daha tehlikeli maddeler olan, asbest lifleri ve arsenik içerebilmektedir. Bunlara ek olarak, sıvı haldeki sülfürik asit, PCB (Poliklörlübifeniller), petrol ve zirai ilaç damlacıkları da partiküller maddeler içerisinde yer alırlar. Partikül boyutun küçük olmasıyla maddenin havada asılı kalması doğru orantılıdır. Örneğin PM10 havada daha kısa kalabilmekte ve büyük boyutu sebebiyle nispeten daha kısa mesafeler boyunca taşınabilmekteyken PM2.5 havada daha uzun süre havada kalabilmektedir ve nispeten küçük ve hafif olması sebebiyle çok uzun mesafelere taşınabilmektedir. Yapılan çalışmalar, özellikle çapları 2,5 μm'den küçük olan ve PM2.5 adı verilen partiküllerin insan sağlığı üzerinde daha tehlikeli etkileri olduğu saptanmıştır. Bunun sebebi, PM2.5'un akciğerlerin derinlerine kadar nüfuz edebilmesidir. Ayrıca dizel yakıt dumanında da bulunan bu küçük parçacıklar genellikle zehirli veya kanserojen yanma ürünleri de içerdiğinden insan sağlığını olumsuz etkilemektedir [22-24].

4.4. Kükürt Dioksit

Bu gazın; boğucu, renksiz, asidik özellikleri vardır. Atmosferik kükürt dioksitin (SO_2) hemen hemen yarısı doğal emisyonlar kaynaklıdır. SO_2, kömür ve fuel-oil'in doğal olarak yapısında bulunan kükürt bileşiklerinin yanması ile ortaya çıkmaktadır. Dünya atmosferinde bulunan SO_2 endüstriyel prosesler, ısınma amaçlı kullanılan evsel yakıtlar ve termik santraller den kaynaklanır. Çok küçük bir kısmı ise dizel yakıtlı motorlu taşıtlardan kaynaklanmaktadır. SO_2'nin yüksek konsantrasyonları, öksürük ve bunun sonucunda akciğer fonksiyonlarında değişime neden olarak solunum sistemi harabiyetine neden olmaktadır. SO_2 'nin diğer etkileri arasında taş binaların ve diğer

materyallerin de korozyonuna, bitkilere zarar verebilir ve asit yağmurlarının ve ikincil partiküllerin temel kaynağı olarak gösterilebilir. SO_2' nin yüksek olmasının temel sebebi olarak evsel ısıtma amacıyla kömür kullanımı gösterilebilir. Son 20-30 yıldır bazı şehirlerde daha temiz yakıtların kullanılması veya daha temiz ısıtma tekniklerinin uygulanması ile konsantrasyonlarda bir azalma eğilimi gözlenmektedir [25].

4.5. Ağır Metaller

Motorlu taşıtlar kaynaklı en önemli ağır metal kirleticilerin; kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), nikel (Ni) ve çinko (Zn) olduğu birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir [26].

4.5.1. Kurşun (Pb)

Çevremizde ki en önemli kurşun kaynağı olarak, araç yakıtlarına vuruntuyu önlemek üzere katkı maddesi olarak katılan tetraetil kurşun veya tetrametil kurşun gösterilebilir. Katı ve sıvı yakıtlar, türlerine göre, yakılmaları sonucunda atmosfere kurşun salabilmektedir. Fakat bu alanda egzoz gazları açık ara liderdir. Bu nedenle araç trafiğinin fazla olduğu şehirlerde kurşun miktarı 1-10 μg/m³ hatta daha yüksek seviyede olabilmektedir. Havadaki kurşun derişiminin artmasının insan sağlığı üzerinde çok ciddi zararları olduğu çeşitli çalışmalar ile ortaya koyulmuştur. Kurşunun insan sağlığına zararları arasında; sinir iletişim hızında azalma, beyin hasarı, kursun ensefalopatisi, kemiklerdeki kalsiyum metabolizmasının bozulması ve eritrosit harabiyetine bağlı anemi gösterilebilir [27].

4.5.2. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum doğada az miktarda bulunmaktadır. Daha çok metal sanayinde ve plastiklerde kullanılan bir ağır metaldir. Kadmiyum bileşikleri ise daha çok pil sanayinde kullanılan ve kontrol altında tutulması gereken bileşiklerdir. Ayrıca motorlu araçların yağlarında ve lastiklerinde de bulunmaktadır. Havaya karışması genellikle kadmiyum içeren maddelerin yanması ve yıpranması sonucunda karışabilmektedirler. Kadmiyum fazlalığı dolaşım sistemine zarar vererek hipertansiyona neden olmaktadır. Canlılarda kadmiyum daha çok böbrek ve karaciğerde birikmektedir. Su ortamında müsaade edilen sınır değeri ise 0.003 mg/L dir [27].

4.5.3. Çinko (Zn)

Çinko; metalürji sanayi, metal kaplama, alaşımlarda, boya, lastik ve kozmetik sanayisinde kullanılmaktadır. Çinko otomobil lastiklerinin aşınması ile yüksek miktarda atmosfere salınmasının yanında az miktarda da olsa atık yakma tesislerinden de salınabilir. Çinko atmosferden aerosoller içerisinde oksitlenmiş olarak da bulunabilirler. Örnek verecek olursak bunlar çinko sülfür, demirli çinko, çinko fosfit, çinko klorür ve metalik çinko halinde bulunan maddelerdir. Toprak ortamına ise yaş ve kuru çökelme yoluyla ulaşmaktadırlar [26].

4.5.4. Nikel (Ni)

Doğada nikel; arsenik nikel (NiAs), nikel galeni (NiS), arsenikli nikel galeni (NiAsS) veya demir ve bakır içeren minerallerle birlikte bulunur. Nikel endüstride nikelle kaplama, nikel sülfat, nikel tozunun öğütülmesi sırasında ve nikel karbonil seklinde ve ayrıca elektronik, madeni para, pil ve besin endüstrisinde (katalizör olarak) ve paslanmaz çelik üretiminde kullanılmaktadır. Nikel toksiditesi düşük bir metal olmasına rağmen, aktif nikel ile karbon monoksitin etkileşmesi ile oluşan nikel karbonil çok toksik bir gazdır. Nikel, fosil kaynaklı yakıtların yakılması ile havaya atılmaktadır. Sigara dumanında yüksek ölçüde nikel karbonil bulunmaktadır. Suda ise genellikle bulunmaz. Nikel vücuda en hızlı solunum yolu ile girer, gastrointestinal veya deri yolu ile girişi çok yavaştır [22].

5. EMİSYON ENVANTERİ

Emisyon envanteri, belirli bir coğrafi alandan birim zamanda atmosfere salınan emisyon gazlarının miktarlarının kaynaklarına göre listelenmesidir. Detaylı bir emisyon envanterinin hazırlanması, hava kalitesi yönetiminin önemli bir evresidir. Emisyon envanteri önemli emisyon gazlarının kaynakların saptanması, zamana göre emisyon artışlarının incelenmesi, eylem planlarının hazırlanması ve bilgisayar destekli hava kalitesi dağılım modeli yardımıyla hava kalitesinin tahmini çalışmalarında yardımcı olarak kullanılmaktadır. Emisyon envanteri, belirli alanda farklı kaynaklardan kaynaklanan emisyonların hesaplamalarını içerir [23].

5.1. Emisyon Faktörü

Emisyon faktörü, atmosfere salınan emisyon gazlarının miktarı ile bu emisyon gazlarını üreten kaynağın aktivitesi arasındaki bağlantıyı temsil eden bir katsayıdır [23]. Bu faktörler, kirletici kütlesinin bu kirleticiyi atmosfere salan kaynağın birim aktivitesine bölünmesiyle belirlenmektedir. Emisyon faktörleri farklı hava kirleticilerden kaynaklanan emisyonların hesaplanmasını kolaylaştırmaktadır. Çoğu zaman, bu faktörler kabul edilebilir kalitedeki tüm mevcut verinin ortalamasıdır ve genellikle bir kaynak kategorisinde bulunan tüm verilerin uzun dönem ortalaması olarak kabul edilmektedir [28].

6. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar için yaptığımız araştırmalarda daha önceden yapılmış çalışmaların bazılarının şunlar olduğunu gördük.

Gülşen AKMAN ve Atakan ALKAN ‘ın İzmit kent içi ulaşımda alternatif toplu taşıma sistemlerinin aksiyomlarla tasarım yöntemi ile değerlendirilmesi çalışması incelendi.

Bu çalışmada İzmit ilçesi şehir içi ulaşımından kaynaklı trafik yoğunluğunun önüne geçilmesi ve toplu taşımanın kolaylaştırılmasına yönelik en uygun yöntemin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda öncelikli olarak metro, metrobüs, tramvay, hafif raylı sistemler ve monoray alternatif olarak belirlenmiştir. Alternatiflerin belirlenmesinde maliyet, ulaşım hattı özellikleri, araç özellikleri, çevreye duyarlılık ve müşteri memnuniyet faktörleri etkili olmuştur. En uygun toplu taşıma yönetiminin belirlenmesinde aksiyomlarla tasarım yöntemini kullanılmıştır. Yöntem sonucu İzmit ilçesi için hafif raylı sistemlerin , metrobüsün en uygun toplu taşıma aracı olduğu belirlenmiştir [17].

Murat AKAD ve Ergun GEDİZLİOĞLU ‘nun Toplu taşıma türü seçiminde simülasyon destekli analitik hiyerarşi yaklaşımı çalışması incelendi.

Bu çalışmada seçilen bir şehir içi bölgesinde, hangi toplu taşıma sisteminin uygulanması gerektiğine ilişkin verilecek olan karar süreci için analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Toplu taşıma türü seçilirken farklı koşullardaki performansının da dikkate alınması gerekir. Bu koşulda en önemli performans parametresi yolculuk süresidir. Yolculuk süresini de yolcu sayısı, durak sıklığı, ödeme şekli, taşıt hızı, yolculuların taşıta iniş ve biniş süresi gibi parametreler etkilemektedir. Bu parametreler kullanılarak bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bu model ile elde edilen sonuçlar analitik hiyerarşi yöntemine uyarlanarak göz önüne alınması gereken diğer ölçütler belirlenmiştir. Kullanılan simülasyon destekli hiyerarşi yöntemi İstanbul ilindeki iki bölgede arasında otobüs yolu ve tramvay seçenekleri için uygulanmıştır.

Uygulanan metot sonucunda Aksaray-Taksim ve Beşiktaş-Levent bölgelerinde otobüs yoluna nazaran tramvayın tercih edilebilir bir seçenek olduğu belirlenmiştir [19].

Muhammet Aydın PEKİN 'in Ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları çalışması incelendi.

Bu çalışmada Türkiye'deki ulaşımdan kaynaklı sera gazları emisyonları IPCC tarafından önerilen (Tier) metodolojisi kullanılarak belirlenmiştir. Açığa çıkan gazların büyük çoğunluğu CO_2 olmasına rağmen NO_2, CO, CH_4, NMVOC, N_2O ve SO_2 gazları da hesaba dahil edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda bakılan tüm emisyonlarda artış gözlenmiştir. Ulaşım sektöründeki en büyük emisyon kaynağı karayolu ulaşımıdır. Karayolu ulaşımı kaynaklı CO_2 emisyonu 1990 yılında %93 iken 2004 yılında %84'e gerilemiştir. Buradaki düşüşün asıl sebebi havayolu ulaşımının yaygınlaşmasıdır. Bu süreçte hava yolundan kaynaklı emisyonlar %4'ten %12'ye yükselmiştir. Eski araçların trafikten çekilmesi, daha az yakıt tüketen ve emisyonu daha düşük araçların piyasaya sürülmesi, alternatif enerji kaynaklarına sahip toplu taşıma araçlarının kullanımının artması, devlet tarafından emisyon azaltıcı önlemler alınması sonucu karayolu kaynaklı emisyonların azaltılmasına yardımcı olacağı öngörülmüştür [29].

Yakup CUCİ ve Esra ERGÜN POLAT 'ın Gaziantep'in trafik kaynaklı hava kirliliğinin belirlenmesi çalışması incelendi.

Bu çalışmada Gaziantep il merkezinin trafik kaynaklı emisyonlarının hava kalitesine etkisi incelenmiştir. İl haritası 1x1 km şeklinde alanlara bölünerek trafik kaynaklı emisyonlar aktivite verisi ve emisyon faktörü kullanılarak hesaplanarak kirlilik haritası oluşturulmuştur. Yapılan çalışma sonucu Gaziantep ilindeki kirliliğin en yoğun yer şehir merkezi ve şehrin kuzeyinde yer alan organize sanayi bölgesinde olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen verilerin yapılacak eylem planının hazırlamasında ve halkın bilinçlendirilmesinde kullanılması amaçlanmıştır [30].

Zübeyde ÖZTÜRK 'ün İstanbul'da karayolu yolcu taşımacılığında elektrikli araç kullanımının incelenmesi çalışması incelendi.

Bu çalışmada, İstanbul'da toplu taşıma ulaşımı kaynaklı emisyonların içten yanmalı motorlu taşıtlar yerine elektrik motorlu taşıtların kullanılmasının senaryoları

oluşturulmuştur. Bu bağlamda elektrikli araçların oranının içten yanmalı motorlara oranla artarak kullanılacağı varsayılarak toplamda 6 adet farklı senaryo oluşturulmuştur. Kaynak emisyonları belirlenerek toplu taşıma araçları kaynaklı kirlilikler hesap edilmiştir. Elektrikli sisteme geçiş ile azalan emisyonlar ile kaynakta oluşan emisyonlar arasındaki farktan net emisyon azalması belirlenmiştir. Sonuç olarak elektrikli araç sistemine geçişişin emisyonlarda azalmalara sebep olacağı belirlenmiştir [2].

Atilla MUTLU ‘nun Balıkesir şehir merkezinde trafik kaynaklı hava kirliliği seviyelerinin analizi çalışması incelendi.

Bu çalışmada, Balıkesir ili şehir merkezinde trafik kaynaklı hava kirliliği azaltılmasına ait model oluşturulmuştur. Bu model oluşturulurken araçların yakıt tipi, motor tipi ve kullanılan egzoz çeşidi göz önüne alınmıştır. Oluşturulan model binek otomobillerde CO_2 emisyon hesaplaması sırasında oluşabilecek çelişkileri de göz önünde bulundurmaktadır. Modelde yer alan hedeflerin ağırlıkları analitik ağ süreci (ANP-Analytical Network Process) yönteminin uygulanması ile hesaplanmıştır. Bu yöntem sayesinde hedef programlamanın en zor adımlarından biri olan hedeflerin önceliklendirilmesi aşaması da oluşturulmuştur. Oluşturulan model sonrasında duyarlılık analizi de yapılmış olup modelin farklı koşullarda nasıl davrandığı da incelenmiştir. Bunun sonucu olarak sektöre ait dinamikler üzerinde yapılacak revizeler yapılsa dahi model kullanılabilir sonucu ortaya çıkmıştır [31].

Hülya DEMİREL ve Asude ATEŞ ‘in Sapanca Gölü çevresinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirleticilerinin emisyon envanteri çalışması incelendi.

Bu çalışmada Sapanca Gölü’nün etrafındaki otoyollarda taşıt sayımı yapılarak araç türlerine göre saatlik trafik yoğunluğu hesaplanmış, emisyon envanteri oluşturulmuş ve buna bağlı olarak Sapanca Gölü’ne etkileri araştırılmıştır. Çalışmaya göre 1 haftalık süreçte PM için 2 ton, NOx için 41 ton, CO için 84 ton ve VOC için 14 ton emisyon hesaplanmıştır. Uzun vadede Sapanca Gölü’nde ve onu besleyen derelerde önemli miktarda kirletici emisyon birikeceğinden dolayı önlem alınması gerektiği ortaya çıkmıştır [32].

Burcu ONAT ve Ülkü Alver SAHİN ‘in Trafik kaynaklı partikül madde boyutlarının ve siyah duman ile ilişkisinin araştırılması çalışması incelendi.

Bu çalışmada, İstanbul İl’inde trafiğin yoğun olduğu seçili bölgede partikül madde (PM10, PM2.5, PM1) örneklemesi yapılmış ve partikül maddenin boyutuna bağlı olarak reflektometrik siyah duman metodu kullanılarak yansıma oranları belirlenmiştir. Bu kapsamda Yenibosna’da D100 otoyoluna 25 metre mesafede 24 saatlik örnekleme yapılmıştır. Glassfiber filtreler üzerinde biriken partikül madde konsantrasyonları gravimetrik olarak tespit edilerek tozun yansıma oranı arasındaki ilişki incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde günler arasındaki konsantrasyon farkının yüksek olduğu ve PM10 ve PM2.5 konsantrasyonlarının sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir [33].

Levent TOPÇU ve arkadaşlarının Şehir içi alternatif ulaşım sistemlerinin sera gazı emisyonları açısından incelenmesi bildirisi incelendi.

Bu çalışmada, karayolu ulaşımına alternatif olarak raylı sistem ve denizyolu ulaşımının kullanılması sonucu sera gazı emisyonlarındaki değişimler incelenmiştir. İlk olarak Gebze-Halkalı arasındaki raylı sistem Marmaray bağlantı projesi incelenmiştir. Daha sonra 2023 yılı için planlanan diğer raylı sistemlerin Marmaray’a entegre olup olmama durumdaki emisyon değişimleri incelenmiştir. İkinci olarak denizyolu ulaşımından kaynaklı CO_2 emisyon miktarı ve karayoluna alternatif olarak kullanılacak alternatif denizyolu için hesaplamalar yapılmıştır. İstanbul’da trafiğin yoğun olduğu noktalar tespit edilerek alternatif hatların ve karayoluna karşılık denizyolu ulaşımın farklı durumları değerlendirilmiştir. Her bir ulaşım seçeneği için kişi başı üretilen CO_2 değeri hesaplanarak elde dilen sonuçlar karşılaştırılmıştır [34].

Jian Chai ve arkadaşlarının Çin’in karayolu taşımacılığı sektöründe yakıt verimliliği ve emisyon: İndüklenmiş etki ve ribaunt etkisi incelendi.

Bu çalışmada endojen yol kapasitesinin, karayolu erişilebilirliği ve trafik talebindeki artışın (indüklenmiş etki), dışsal verimlilik politikaları ve teknolojik ilerleme açısından yakıt verimliliğindeki artışa (ribaunt etkisi) analizi olarak incelenmiştir.1985-2013 yıllarındaki verileri kullanılarak karayolu trafik kullanımının, yakıt tüketiminin ve egzoz emisyonlarının hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan araştırmalarda ve önceki

çalışmalarda indüksiyon etkisinin ve ribaunt etkisinin ABD'ye oranla Çin'de daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yakıt verimliliğinin etkisi tartışılmaz ancak yakıt verimliğini artırmak ve araç ve yakıt fiyatlarının yüksekliği araç emisyonlarını azaltmada pek fazla yardımcı olmadığı sonucu çıkmıştır [35].

Wendai Lv ve arkadaşlarının Yunnan eyaletindeki araç emisyonlarının 2003'ten 2015'e kadar değerlendirilmesi çalışması incelendi.

Bu çalışmada, Araç emisyonlarının Çin'deki Yunnan kentindeki hava kirliliğinin ve ağır metal kirliliğinin artmasındaki sebepleri araştırılmıştır.2003-2015 yılları arasında özel araçlar, otobüsler, hafif hizmet araçları ve ağır hizmet araçlarının COPERT IV modeli kullanılarak hesaplaması yapılmıştır. Bu kapsamda CO, CO_2, SO_2, NOx, NO, NO_2, N_2O, NH_3, VOC, NMVOC, CH_4, PM2.5, PM10, PM (egzoz), Kadmiyum ve Çinkoya bakılmıştır. Sonuçlar, taşıt emisyonu artmasına karşılık SO_2 hariç diğer tüm kirleticilerin farklı büyüme eğiliminde olduğunu göstermiştir. Özel araçlar kaynaklı ana emisyonlar; CO, VOC, NMVOC, CH_4, NH_3, CO_2 ve ağır ve hafif hizmet araç kaynaklı emisyonlar; N_2O, NO_X, NO, PM10, NO_2, PM2.5, PM(egzoz) olarak tespit edilmiştir. Çıkan sonuçlar ise Monte Carlo simülasyonu ile analiz edilmiştir [36].

Shida Sun ve arkadaşlarının 2000'den 2014'e kadar Çin'in Shandong eyaletindeki araç emisyon eğilimleri ve Mekânsal dağılımı çalışması incelendi.

Bu çalışmada Çin'in Shandong eyaletindeki araç kaynaklı hava kirliliğinin COPERT IV modeli kullanılarak 2000 yılından 2014 yılına kadar olan zaman dilimindeki verilere dayanarak araç emisyonları hesaplanmıştır. Çalışmaya hem geleneksel hava kirleticiler hem de sera gazları dahil edilmiştir. Ayrıca il düzeyinde yüksek çözünürlüklü araç emisyon envanteri hazırlanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu geleneksek hava kirletici emisyonlarının eskiye oranla azaldığı ancak sera gazları için etkili bir kontrol yönetmeliği olmadığı için artmaya devam ettiği ortaya çıkmıştır[37].

Johannes Hendricks ve arkadaşlarının Almanya'daki kara kaynaklı taşımacılıktan kaynaklanan emisyonların iklim üzerindeki etkisinin ölçülmesi çalışması incelenmiştir.

Bu çalışmada kara ulaşımı kaynaklı iklim değişikliğini hesaplamak için üç boyutlu ayrıntılı bir küresel kimya-iklim modeli alternatifi geliştirilmiştir. Bu model aeresol

iklim değişikliği fonksiyonlarının ve sıfır boyutlu bir iklim yanıtı modelinin bir kombinasyonuna dayanmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda temel senaryoya göre Almanya'daki karasal taşımacılık emisyonları sonucu 21.Yüzyıl boyunca 0,01 K derecesinde yüzey sıcaklığında artışa neden olacağı tespit edilmiştir. Bu etkideki en büyük payın CO_2 emisyonlarına ait olduğu belirlenmiştir [38].

Tolga ELBİR ve Melik KARA 'in İzmir kent merkezinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliğinin incelenmesi çalışması incelendi.

Bu çalışmada, İzmir ilindeki karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliği seviyeleri araştırılmıştır. Çalışmada, kent merkezi içinde seçilen önemli caddeler üzerinde hareket halindeki tüm motorlu karayolu taşıtları kategorize edilerek sayılmıştır. Ayrıca sayımlar yıl içerisinde yaz ve kış mevsiminde aynı noktalarda birer hafta boyunca kesintisiz olarak gerçekleştirilmiştir. Böylelikle kentin trafik yoğunluklarının ve trafik akış hızlarının mevsimsel, günlük ve saatlik karakteristikleri ortaya çıkarılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasındaysa, taşıt sayım bilgileri ve literatürden seçilen emisyon faktörleri kullanılarak trafik kaynaklı emisyonlar hesaplanmıştır. Çalışmada motorlu taşıtlardan kaynaklanan temel kirleticilerin başında gelen NOx, CO, PM10, SO_2 ve NMVOC ile çalışılmıştır. Hesaplanan emisyonlar bir matematiksel hava kalitesi dağılım modeli yardımıyla kent atmosferinde dağıtılmış ve yıl içinde yaşanmış bazı episodlarda trafikten kaynaklanan hava kirliliği seviyeleri incelenmiştir. Ayrıca mobil dış hava kalitesi ölçüm istasyonu ile taşıt sayımı yapılan caddelerde eş zamanlı hava kalitesi ölçümleri yapılmış ve model çalışmaları bu veriler ile desteklenmiştir [39].

Hüseyin ŞANLI ve Mustafa ÇANAKÇI' nın Dizel motorlar için yükselen bir alternatif yakıt: biyodizel çalışması incelendi.

Bu çalışmada, içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılan petrole alternatif yakıt olarak biyodizel incelenmiştir. Petrolün bir gün biteceği gerçeği ve petrolü dışardan almak zorunda olan ülkeler için alternatif yakıtların başında biyodizel gelmektedir. Biyodizel kullanımının ana avantajları; yenilenebilirliği, mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılabilirliği ve daha düşük egzoz emisyonlarıdır. Biyodizel atmosferdeki CO_2 seviyesini artırmadığından küresel ısınmaya ve kükürt içeriği sıfıra yakın olduğundan asit yağmurlarına yol açmamaktadır. Ancak biyodizel kısa vadede de olumlu sonuç vermesine karşılık uzun vadede ciddi motor problemlerine de yol

açmaktadır. Motor üzerinde yapılacak ufak modifikasyonlar ile de bu sorunun önüne geçinilebilir [40].

YUAN Rui-Qiang ve arkadaşlarının Çin'de ki kentsel yolcu taşımacılığının 2000'den 2014'e kadar CO2 emisyonu çalışması incelendi.

Bu çalışmada, 2000 yılından 2014 yılına kadar Çin'deki 7 şehrin (Şangay, Pekin, Guangzhou, Chengdu, Xi'an, Taiyuan, and Urumçi) kentsel yolcu taşımacılığı (KYT) CO2 yönünden incelenmiştir. Bu süreçte toplam ve kişi başı CO_2 emisyonlarında artış tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucu özel araçlardan kaynaklanan CO_2 artışının KYT kaynaklı artıştan daha fazla olduğu anlaşılmıştır. Pekin ve Taiyuan'da özel araç kaynaklı CO_2 emisyon KYT kaynaklı CO_2 emisyonundan daha fazla çıkmıştır. Ancak Xi'an kentindeki iki emisyonda neredeyse aynı olduğu görülmüştür [41].

Tuğba SAATÇİOĞLU 'nun Marmaray projesi ile trafikten çekilecek otomobil sayısının İstanbul'daki hava kalitesine yapacağı etkinin IVE modeli ile tespiti çalışması incelendi.

Bu çalışmada, İstanbul'un trafik sorununun rahatlatılması için alternatif çözüm yolu olarak düşünülen Marmaray projesinin, şehir içi araç kullanımı ve otomobil kaynaklı emisyonların etkisi üzerine çalışma yapılmıştır. Bu projenin etkisi araştırılırken mevcut durum, 2015 ve 2030 yıllarında Marmaray projesinin çalışması ve çalışmaması durumu için ayrı ayrı emisyonlar hesaplanmış ve bulunan sonuçların emisyon açısından değişimi, kriter kirleticiler, sera gazı kirleticileri ve toksik kirleticiler için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Otomobil kaynaklı emisyonlar kullanılan otomobillerin teknolojisi, kullanım sıklığı, kullanım tipi, çevresel faktörler gibi birçok etkene bağlı olduğundan bu etkenlerin tamamının detaylı olarak incelenmesi amacıyla IVE Modeli kullanılmıştır. Projenin gerçekleşmediği durumda otomobil miktarının artacağı dolayısıyla emisyon salınımının da artacağı ön görülmüşken projenin gerçekleşmesi durumunda otomobil kullanımının azalmasına bağlı olarak emisyon miktarlarında ciddi bir azalma gerçekleşeceği öngörülmüştür [42].

Jinxue Hu ve arkadaşlarının İsveç karbon ayak izinde küresel ulaşım emisyonları çalışması incelendi.

Bu çalışmada İsveç'teki toplam CO_2 emisyonlarının içindeki taşımacılığın etkisi araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucu İsveç'teki toplam 84 Mton CO_2 emisyonunun 12 Mton'un (%14) küresel tedarik zinciri ulaştırma faaliyetlerinden geldiğini göstermiştir. Bu emisyonların 8,5 Mton'u inşaat, ev aletleri ve motorlu taşıtlar 'ın taşımacılığından kaynaklandığını göstermiştir. Bununla birlikte, tatil paketleri ve uçuş kaynaklı emisyonların toplamının 3,5 Mton olduğu hesaplanmıştır [43].

7. AERMOD MODELİ İLE HAVA KALİTESİ DAĞILIMI

7.1. Modelin Tanıtımı

1991 yılında geliştirilmiş olan AERMOD modeli 2005 yılında da EPA tarafından resmi olarak kabul edilmiştir. AERMOD modeli sanayi tesislerinden çıkan emisyonların kısa mesafede dağılımını inceleyen kararlı hal dağılım modelidir.

Program https://www.epa.gov/scram adresinden ücretsiz olarak indirilebilir ancak bu sürüm MS-DOS ortamında çalıştığından dolayı son kullanıcı için cazip gelmeyebilir. Bu yüzden programın çeşitli ticari versiyonları da türetilmiştir. Firmalar AERMOD modelini baz alarak çeşitli modüller ve grafik ara yüzü eklemişlerdir. Bu şekilde programın kullanılması daha kolay hale gelmiştir.

Bu çalışmada Lakes Environmental Software tarafından üretilen AERMOD View programı kullanılmıştır [55].

AERMOD modelini kullanabilmek için emisyon değerlerine ve meteorolojik verilere ihtiyaç vardır. AERMOD atmosferik modeli 3 ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi, hava kirliliği davranışları ile alan özellikleri arasında fiziksel ilişki sağlayan, her bir alıcı için konum ve yükseklik verisi oluşturan AERMAP'tir. Bunlardan ikincisi, meteorolojik veriler için atmosferik türbülans karakteristiği ve sürtünme gibi parametreleri hesaplayan meteorolojik verileri hesaplayan AERMET'tir. Üçüncü ve son kısım ise, emisyonların kaynaklarını ve özelliklerini barındıran model veri dosyasıdır [51].

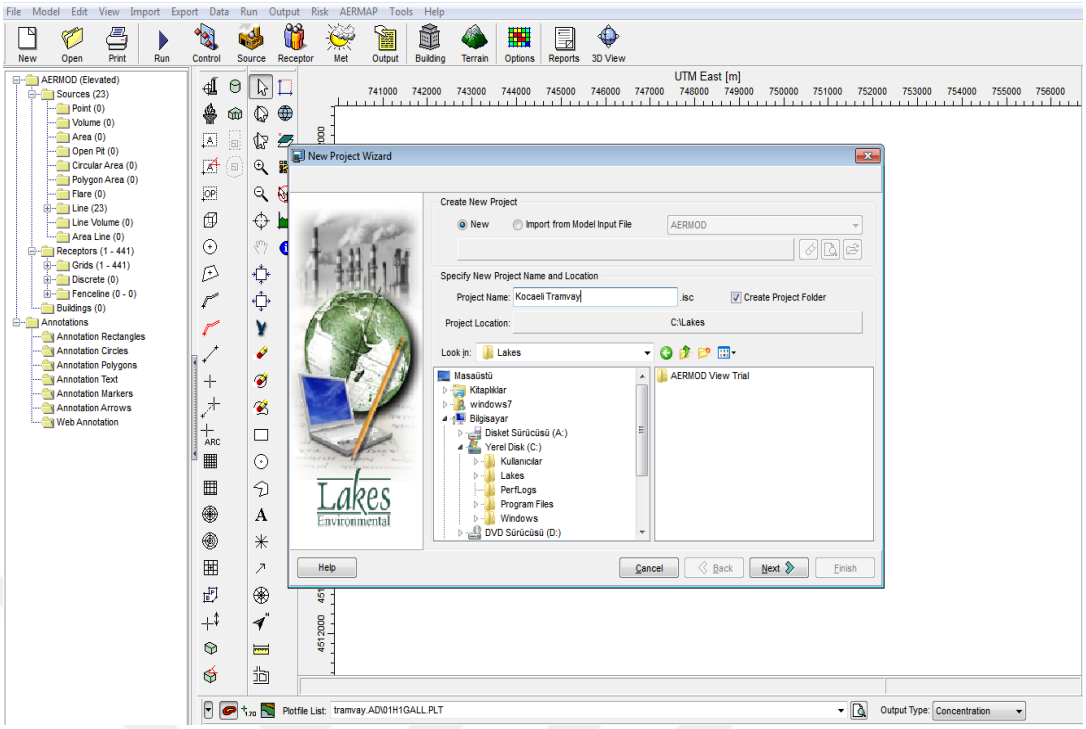
AERMOD modeli, havanın kararsız olduğu durumlarda "non-gaussian probability density function" varsayımını, havanın kararlı olduğu durumlarda ise gaussian dağılımını kullanır. Kompleks topografyaya sahip alanlarda diğer modellere göre daha doğru sonuçlar verir[52]. Daha önce yapılan çalışmalara göre de AERMOD modeli; rüzgâr hızı, rüzgâr yönü ve yüzey pürüzlülük uzunluğuna yüksek hassasiyet göstermektedir [53].

7.2. AERMOD Modeli Özellikleri

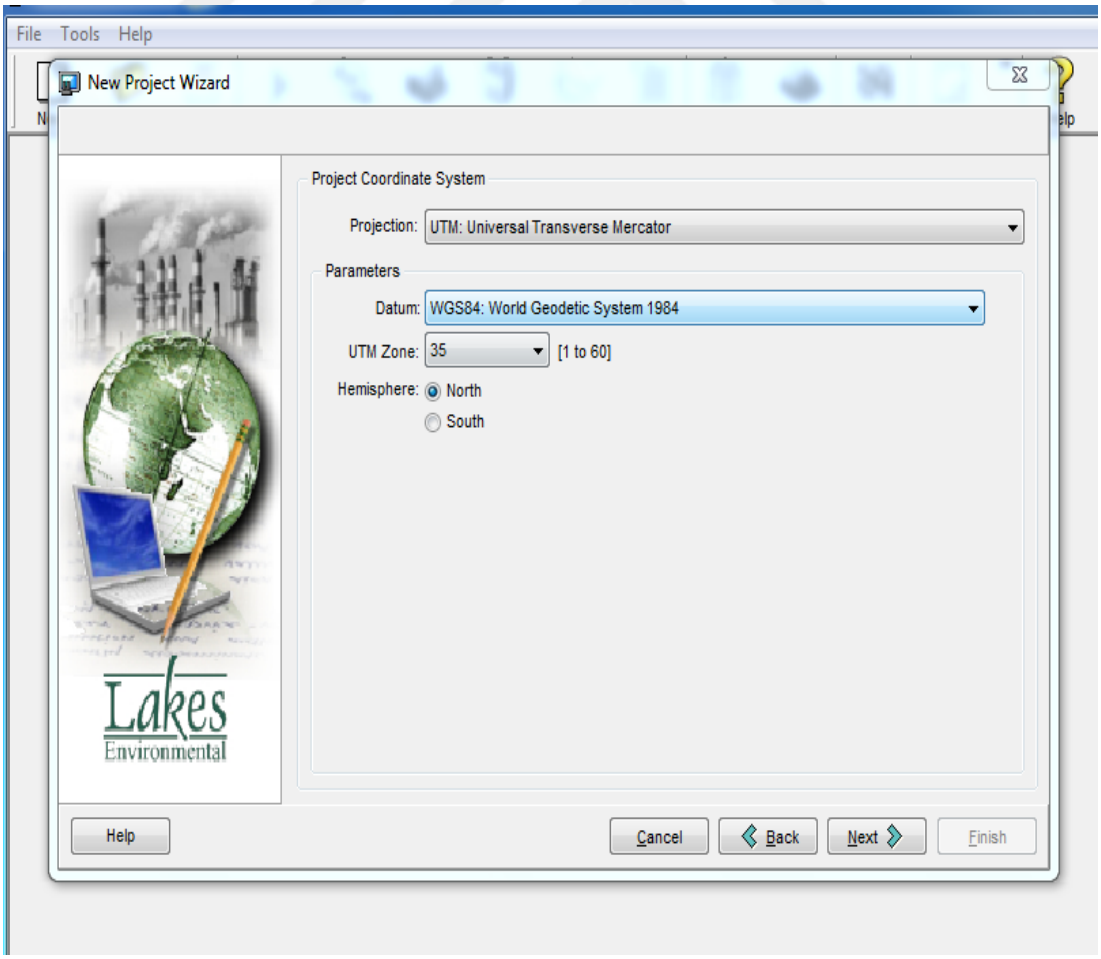
- Ücretsiz versiyonunun da bulunabilmesi,
- Sürekli güncellenen bir model olması,
- Tüm dünyada kabul gören ve çok yaygın olarak kullanılan bir model olması,
- Kaynaktan en çok 50 km mesafeye kadar olan alanlar için çalışabilmesi,
- Kompleks endüstriyel kaynaklar (tek veya çoklu noktasal kaynak, alansal, çizgisel, hacimsel kaynaklar) için kullanılabilmesi,
- Sabit ve değişken emisyon bilgileri ile partikül ve gaz birikimini, kuru ve ıslak çökelme konsantrasyonlarını verebilmesi,
- Kırsal ve kentsel yerleşim alanları için konsantrasyon tahmini yapabilmesidir [54].

7.3. Modelin Kullanılması

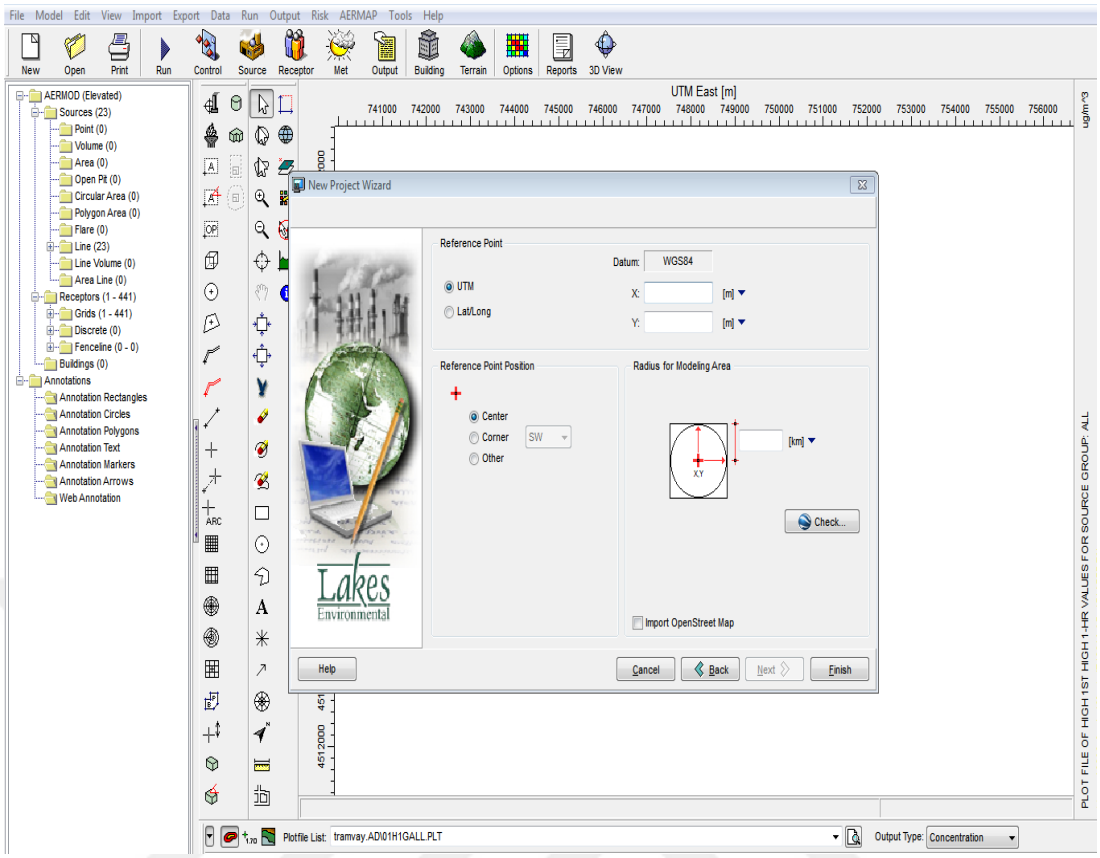
- Program açıldıktan sonra New komutu ile Şekil 7.1'de gösterildiği gibi isim verilerek yeni model oluşturulur.
- Girilecek koordinat sisteminin türü Şekil 7.2'de gösterildiği gibi seçilir.
- Hesaplama yapılacak yerin koordinatları Şekil 7.3'de gösterildiği gibi girilir.
- Koordinat girildikten sonra program sizi Google Earth'e yönlendirecek ve daha sonra buradan hesaplanacak bölgenin haritası alınır.
- Emisyon kaynaklarının (Alıcı) koordinatları ve özellikleri Şekil 7.4'te gösterildiği girilir.
- Şekil 7.5 ve Şekil 7.6'da gösterilen şekilde meteorolojik veriler girilir. Program meteorolojik verileri kendisi girmektedir ancak elle de düzeltme yapılabilir.
- Emisyon kaynakları ve değerleri Şekil 7.7'daki girilir.
- Veri girişlerinde hata olup olmadığı kontrol edilerek RUN komutu ile program çalıştırılır.
- Şekil 7.8'de belirtildiği gibi çıkan sonuçlar (OUTPUT) değerlendirilir.



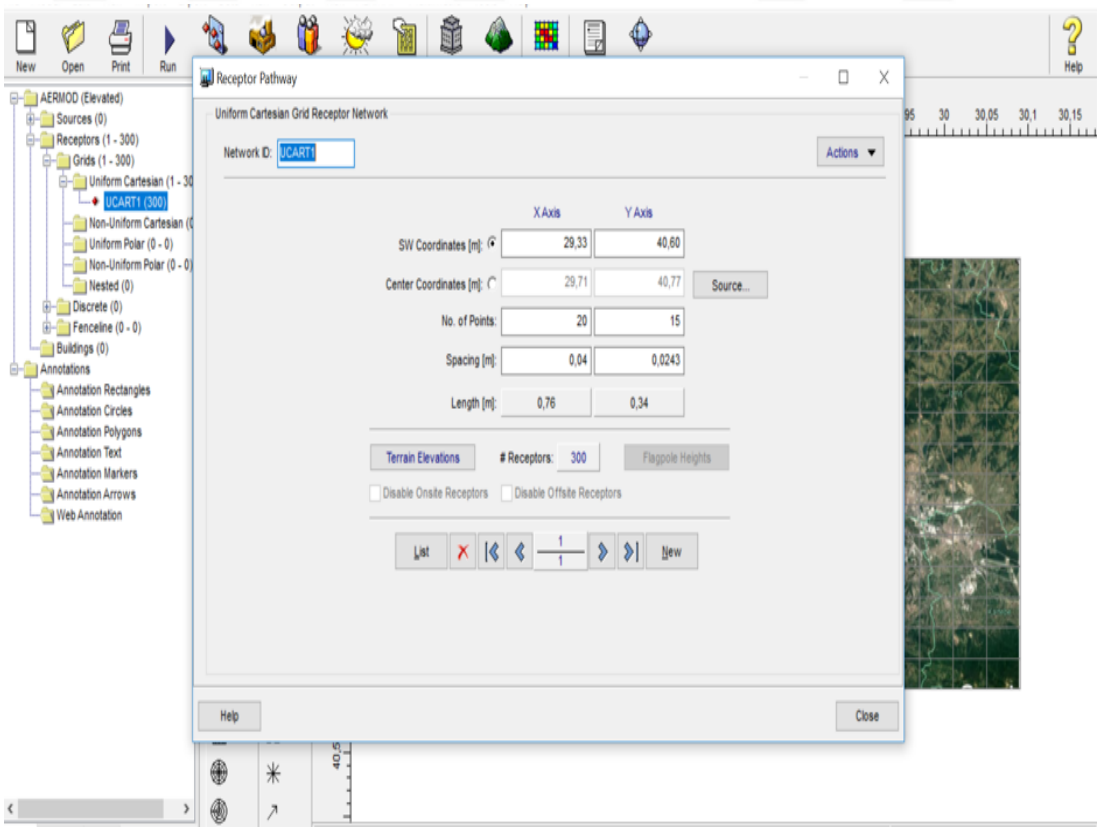
Şekil 7.1. Yeni model oluşturma



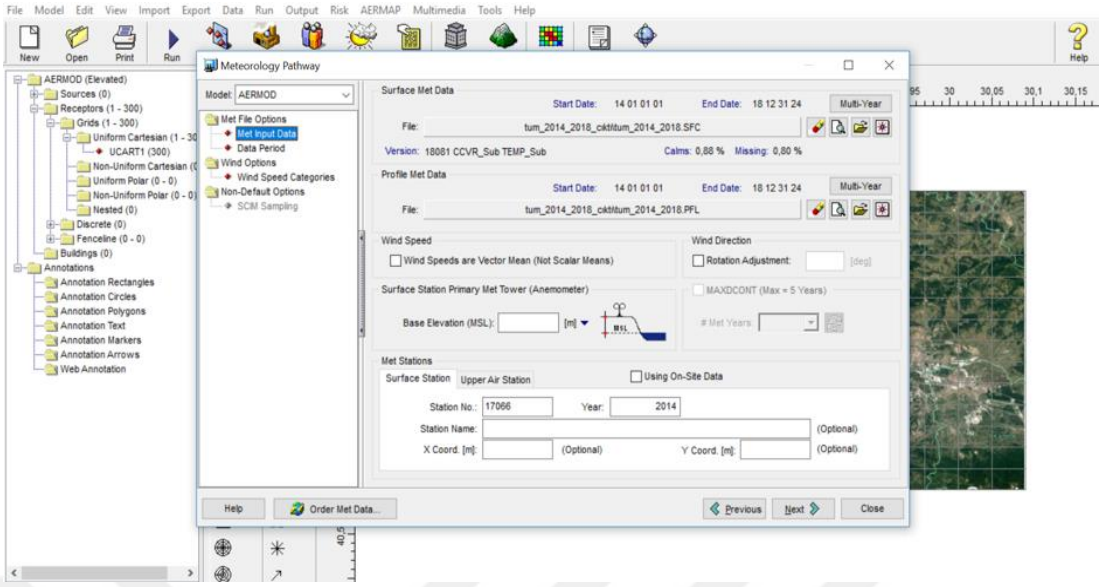
Şekil 7.2. Koordinat sistemi seçimi



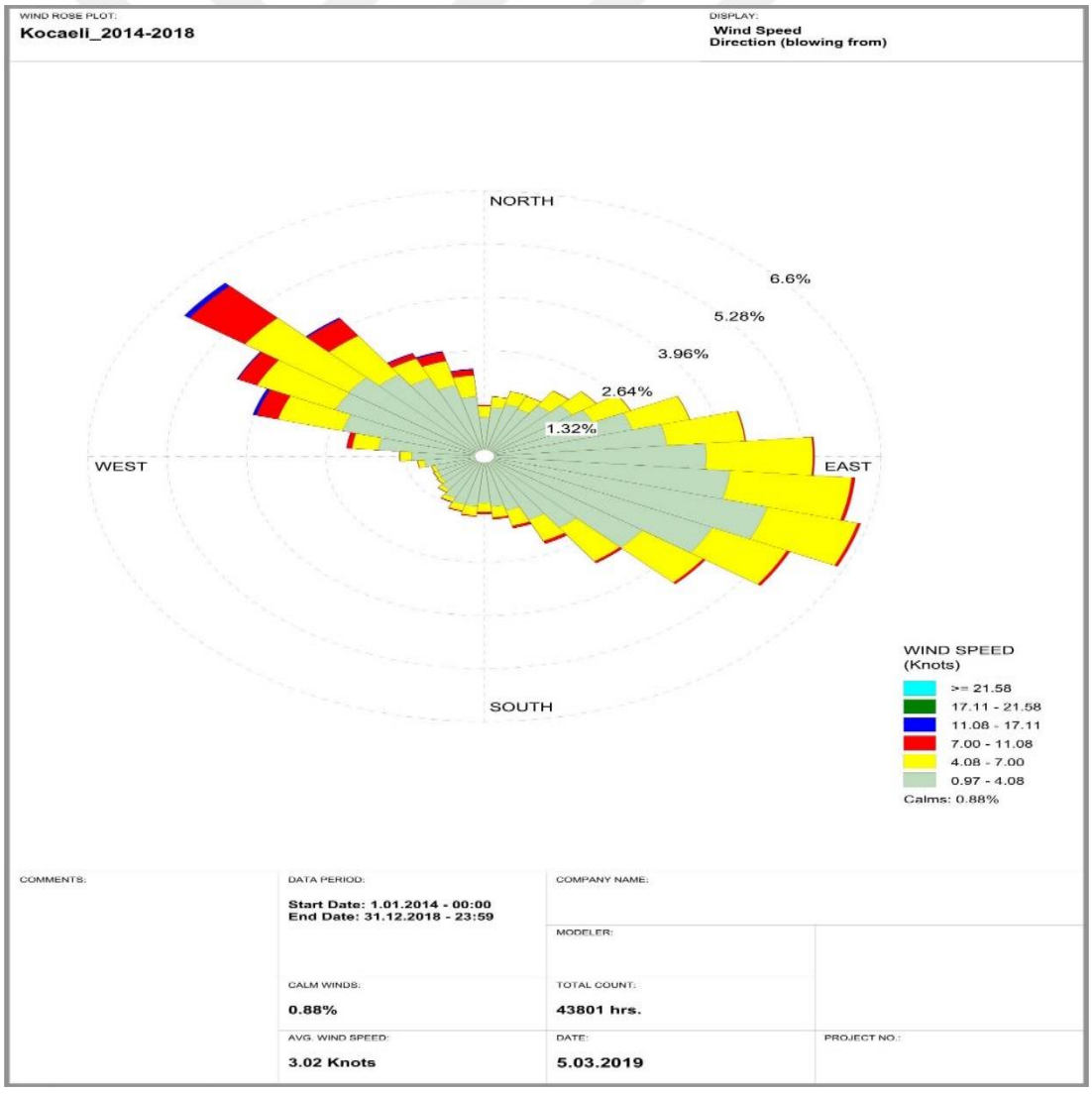
Şekil 7.3. Koordinat girme



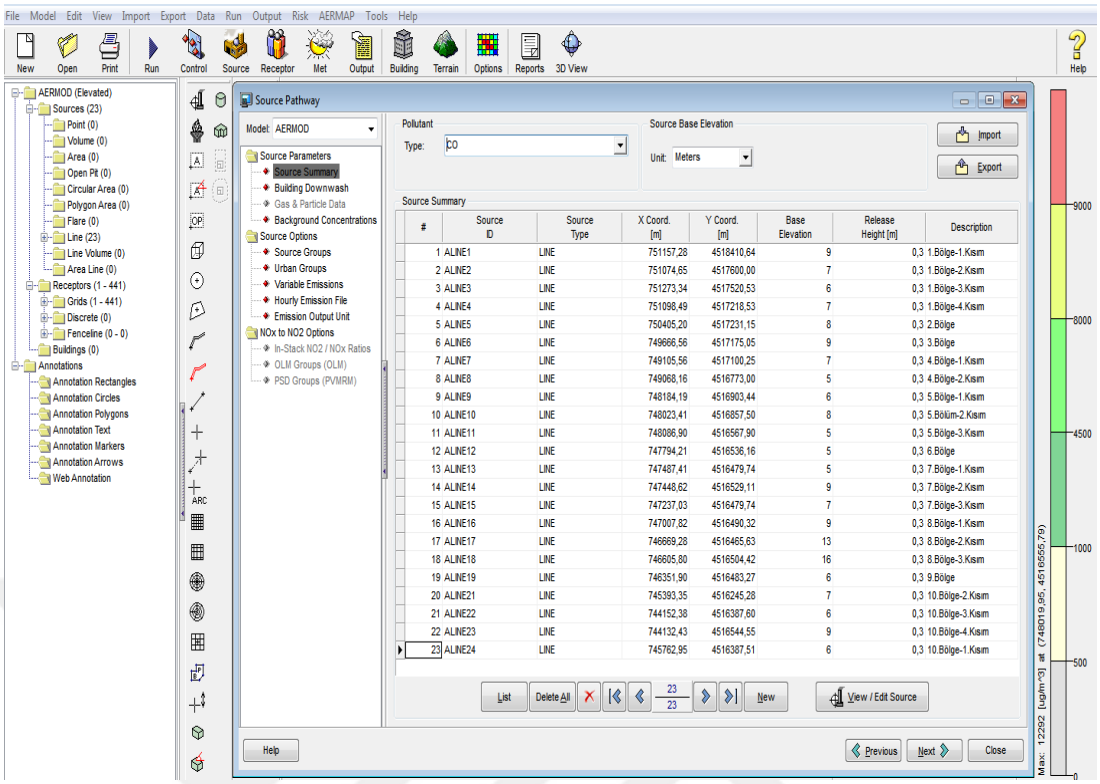
Şekil 7.4. Alıcı noktaların girilmesi



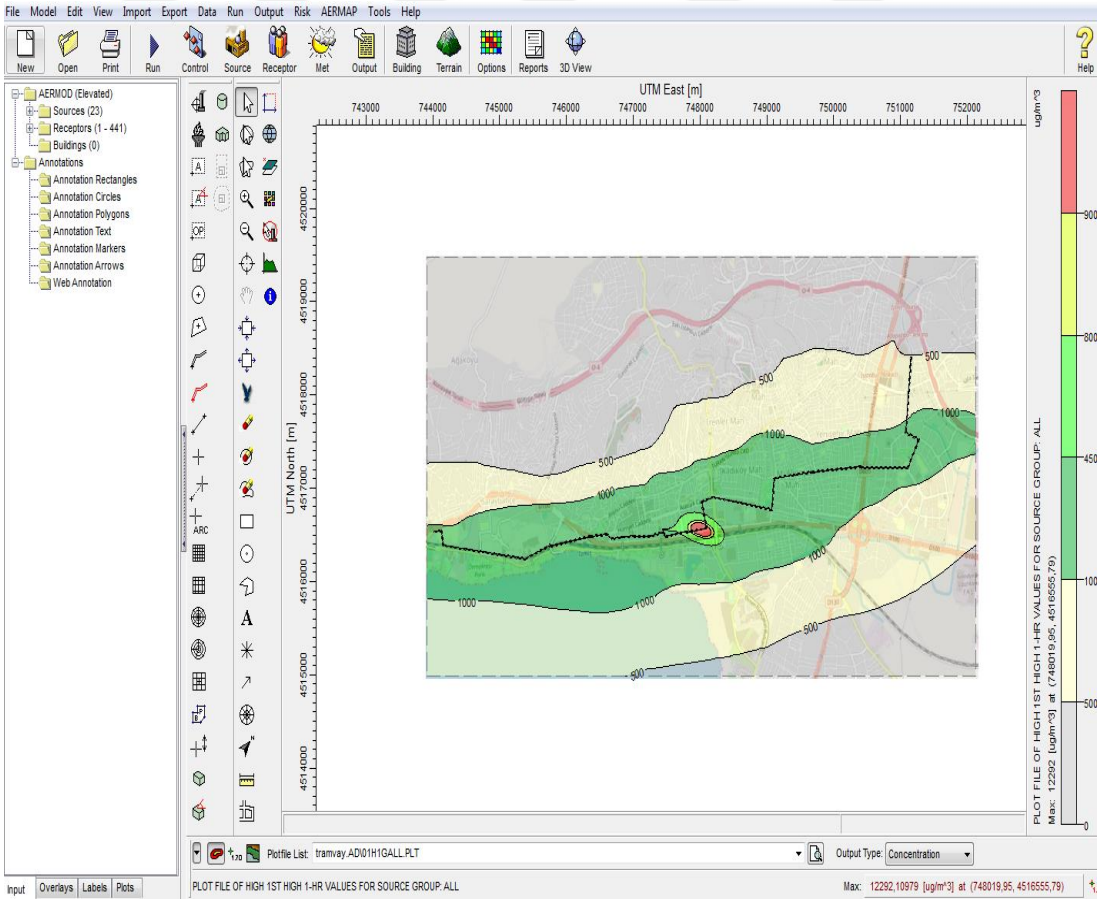
Şekil 7.5. Meteorolojik veri girişi



Şekil 7.6 Rüzgâr gülü



Şekil 7.7 Emisyon değerlerinin girişi



Şekil 7.8 Output görünümü

8. MATERYAL VE METOT

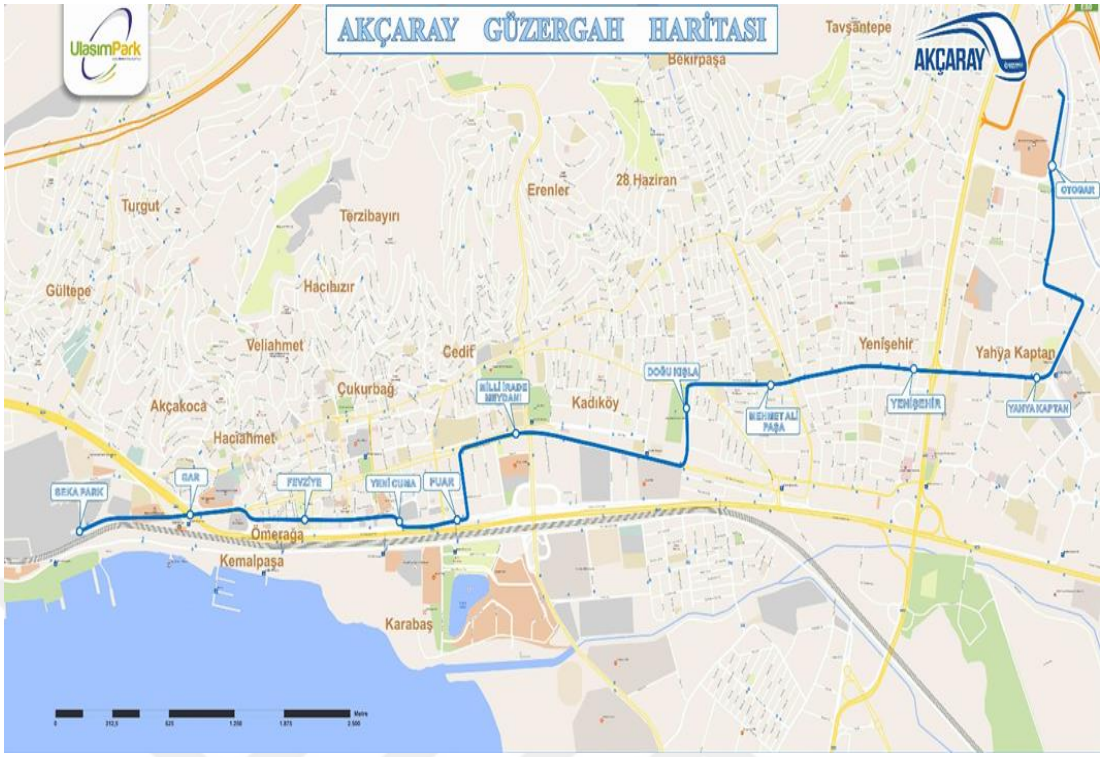
8.1. Çalışma Alanı

Kocaeli, 29 22 ve 30 21 doğu boylamları ile 40 31 ve 41 31 kuzey enlemleri arasında yer alan Türkiye'nin en büyük sanayi ve ticaret şehirlerinden biridir. İstanbul ve Bursa ilinden sonra Marmara Bölgesi'nin üçüncü en büyük ilidir. 2017 itibariyle 1.883.270 kişilik nüfusa sahiptir. Adını 1320 yılında İzmit yöresini fetheden Akça Koca'dan almaktadır. Haziran 2017'de faaliyete geçen Sekapark-Otogar arası tramvay hattının adı da Akça Koca'dan esinlenilerek Akçaray olarak belirlenmiştir. Akçaray günlük ortalama 23.000 yolcu taşımaktadır. Otogar-Sekapark arası 1.etap olup bu çalışmada hesaplamalar 1. etap için yapılmıştır.

Çalışma kapsamında, tramvay güzergâhını içine alan 9,20 km uzunluğunda ve yaklaşık 5,10 km^2'lik alan belirlenmiştir (Şekil 8.1). Temin edilen veriler durak bazlı olduğundan dolayı çalışmada ve hesaplamada kolaylık oluşturması açısından tramvay hattı güzergâhı, Şekil 8.1 ve Şekil 8.2'de gösterilen tramvay duraklarının lokasyonları baz alınarak 10 adet bölgeye bölünmüştür. Her durak için tramvay öncesi ve sonrasını içerecek şekilde tüm veriler (hat sayısı, güzergahlar, hafta içi-hafta sonu sefer sayıları vb.) Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Toplu Taşıma Dairesi Başkanlığı'ndan temin edilmiştir [44].



Şekil 8.1. Tramvay güzergâhı ve belirlenen bölgeler [45]



Şekil 8.2 Tramvay güzergâhı ve tramvay duraklarının yerleri [56].

Tablo 8.1. Belirlenen bölgeler ve durak isimleri

Bölge	**Durak İsimleri**
1. Bölge	İşot Giriş Durağı- Demokrasi Durağı
2. Bölge	Dört Yol Durağı- G. Mustafa Kemal Durağı
3. Bölge	Namık Kemal Lisesi Durağı- Zincirlikuyu Durağı
4. Bölge	Doğu Kışla Durağı- 15 Temmuz Milli İrade Meydanı Durağı
5. Bölge	Yunus Emre Durağı- Emniyet Durağı
6. Bölge	Turgut Özal Köprüsü Durağı- Mimar Sinan K. Yan Yol Durağı
7. Bölge	Mimar Sinan Durağı- Halkevi D100 (İstanbul Yönü) Durağı
8. Bölge	Halkevi D100 Durağı- Tren İstasyonu Durağı
9. Bölge	Çeşme Durağı- Batı Çıkış Durağı
10. Bölge	Zülfiyar Durağı- Seka Blokları Durağı

Toplu taşıma sefer sayıları yolcu yoğunluğuna göre belirlenmektedir. Kışın yolcu sayısı artmakta buna bağlı olaraktan sefer sayısı değişebilmektedir. Kocaeli'nde yaz tarifesi ve kış tarifesi adı altında 2 adet toplu taşıma tarifesi kullanılmaktadır. Bu çalışmada tramvay öncesi çalışması olarak 2017 yılı kış tarifesi, tramvay sonrası çalışması olarak da 2018 yılı kış tarifesi sefer sayıları kullanılmıştır.

8.2. Tier 1 Metodu ile Emisyonların Belirlenmesi

2006 IPCC raporunda fosil yakıtlarının yanmasından kaynaklanan emisyonların hesaplanmasında Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 olarak adlandırılan üç adet yaklaşım sunulmuştur. Bunların arasındaki temel fark faaliyet ve teknoloji detaylarıdır. Tier 1 yöntemi tabanda yakıt tüketimini baz alırken Tier 2 ve Tier 3 daha karmaşık olarak araç tipi, yanma sıcaklığı, motor teknolojisi gibi daha karmaşık veriler gerektirmektedir. Aslında Tier 1 ve diğer Tier yöntemleri olarak ayrım yapılabilir. Çünkü temelde Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri aynı mantıkla kullanılmaktadır [46].

Bu çalışmada yolcu otobüsü kaynaklı egzoz emisyonlarının envanterlenmesi için kullanılan metot, elde edilebilecek veriler göz önünde bulundurularak Tier 1 metodu olarak belirlenmiştir. Emisyon faktörleri, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 isimli veri tabanından alınmıştır [47]. Tier 1'e göre verilen emisyon faktörleri Tablo 8.2 ve Tablo 8.3'te, araç kategorisine göre kilometre başına tipik yakıt tüketim verileri ise Tablo 8.4'te verilmiştir. Emisyon miktarının belirlenmesi için Denklem (8.1) kullanılmıştır.

Bu çalışmada tramvay güzergâhında ki karayolu ulaşımı kaynaklı CO, NMVOC, NOx, PM, N_2O ve NH_3 emisyonları hesaplanmıştır.

$$E_i = \Sigma (V_{ehj} \times D_j) \times E_{i,j,km} \quad (8.1)$$

E_i: emisyon miktarı (i)
V_{ehj} : araç tipine bağlı araç sayısı (j)
D_j : aracın kat ettiği mesafe (j)
$E_{i,j,km}$: araç tipi (j) ve hıza (km) bağlı emisyon faktörü (i)

Tablo 8.2. CO, NMVOC, NOx için Tier 1 emisyon faktörleri

Kategori	Yakıt	CO			NMVOC			NOx		
		(g/kg yakıt)			(g/kg yakıt)			(g/kg yakıt)		
		Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.
Ağır vasıtalar	Dizel	7,580	5,730	10,570	1,920	1,330	3,770	33,370	28,340	38,290
	CNG (Otobüsler için)	5,700	2,200	15,000	0,260	0,100	0,670	13,000	5,500	30,000

Tablo 8.3. PM, N_2O, NH_3 için Tier 1 emisyon faktörleri

Kategori	Yakıt	PM			N_2O			NH_3		
		(g/kg yakıt)			(g/kg yakıt)			(g/kg yakıt)		
		Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.
Ağır vasıtalar	Dizel	0,940	0,610	1,570	0,051	0,030	0,089	0,013	0,010	0,018
	CNG (Otobüsler için)	0,020	0,010	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tablo 8.4. Tier 1 araç kategorisine göre km başına tipik yakıt tüketimi değerleri

Yakıt Tüketimi	Ortalama (g/km)
Dizel	240
Doğalgaz	500

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Toplu Taşıma Daire Başkanlığı'ndan temin edilen veriler doğrultusunda sadece 1 durak için Tablo 8.5 ve Tablo 8.6'da örneği verilen toplam 83 adet durağa ait yolcu otobüslerinin sefer sayıları ve yakıt tipleri tabloları oluşturulmuş, elde edilen bu tablolar kullanılarak emisyon hesaplamaları yapılmıştır.

Tablo 8.5. Tramvay öncesi emisyonları için oluşturulan Seka Blokları otobüs durakları tablosu

Hat Numarası	Hafta İçi Gidiş Sefer Sayısı	Hafta İçi Geliş Sefer Sayısı	Cumartesi Gidiş Sefer Sayısı	Cumartesi Geliş Sefer Sayısı	Pazar Gidiş Sefer Sayısı	Pazar Geliş Sefer Sayısı	Tramvay Güzergahı Mesafesi (km)	Yakıt Tüketimi (g/km)
61- Kulfallı - Valilik	17	15	17	15	9	8	3,84	500
64- Cezaevi - Sanayi	78	78	78	78	18	20	4,01	240
65- Orkide - Yenidoğan - Yuvam Akarca	20	21	20	21	12	14	5,92	500
70- Akpınar Toki - Cumhuriyet Parkı - Bayındırlık - Umuttepe	13	13	13	13	12	11	3,25	500
81- Gündoğdu - Plaj Yolu - Çenesuyu - Radar	84	87	63	65	60	61	1,24	240
82- Çenesuyu - Bayındırlık	205	207	161	163	142	145	1,57	240
85- Akpınar Toki - Dünya Bankası - Umuttepe	7	7	7	7	7	7	3,19	240
87- Şirintepe - Kuruçeşme - Bekirpaşa	130	135	130	135	120	120	3,18	240

Tablo 8.5.(Devam) Tramvay öncesi emisyonları için oluşturulan Seka Blokları otobüs durakları tablosu

Hat Numarası	Hafta İçi Gidiş Sefer Sayısı	Hafta İçi Geliş Sefer Sayısı	Cumartesi Gidiş Sefer Sayısı	Cumartesi Geliş Sefer Sayısı	Pazar Gidiş Sefer Sayısı	Pazar Geliş Sefer Sayısı	Tramvay Güzergahı Mesafesi (km)	Yakıt Tüketimi (g/km)
88- Akpınar Toki - Çenesuyu - Dünya Bankası	115	123	113	117	92	94	4,45	240
90- Şirintepe - Çayırköy - Tekke Köy - Cezaevi	16	18	16	18	16	18	3,55	500
91- Plajyolu - Bekirpaşa	131	135	131	135	120	120	2,72	240
92- Bayındırlık - Rabia Hatun - Çenesuyu	87	87	62	62	64	64	2,8	240
94- Harmantarla - Sanayi	81	84	78	79	64	64	4,22	240
113- Çınarlı - Kuruçeşme - Gültepe - Umuttepe	2	2	0	0	0	0	3,18	240
118- Yenikent - Öğretmenler - Terminal	96	97	90	91	89	90	3,56	240
120- Sopalı - Dünya Bankası - Bayındırlık	10	11	10	11	10	11	3,45	240

Tablo 8.6. Tramvay sonrası emisyonları için oluşturulan Seka Blokları otobüs durakları tablosu

Hat Numarası	Hafta İçi Gidiş Sefer Sayısı	Hafta İçi Geliş Sefer Sayısı	Cumartesi Gidiş Sefer Sayısı	Cumartesi Geliş Sefer Sayısı	Pazar Gidiş Sefer Sayısı	Pazar Geliş Sefer Sayısı	Tramvay Güzergahı Mesafesi (km)	Yakıt Tüketimi (gr/km)
61- Kulfallı - Valilik	30	29	30	29	16	15	0,92	500
64- Cezaevi - Sanayi	84	72	84	72	22	22	4,1	240
65- Orkide - Yenidoğan - Yuvam Akarca	29	0	29	0	29	0	2,74	500
70- Akpınar Toki - Cumhuriyet Parkı - Bayındırlık - Umuttepe	17	17	16	16	15	15	3,76	500
81- Gündoğdu - Plaj Yolu - Çenesuyu - Radar	87	90	69	71	62	63	1,5	240
82- Çenesuyu - Bayındırlık	111	111	92	92	78	80	1,77	240
85- Akpınar Toki - Dünya Bankası - Umuttepe	7	7	7	7	7	7	1,56	240
87- Şirintepe - Kuruçeşme - Bekirpaşa	130	135	130	135	115	115	3,18	240
88- Akpınar Toki - Çenesuyu - Dünya Bankası	110	119	117	120	96	98	0,87	240
90- Şirintepe - Çayırköy - Tekke Köy - Cezaevi	15	17	15	16	15	15	3,69	500
91- Plajyolu - Bekirpaşa	130	135	130	135	115	115	3,2	240

Tablo 8.6.(Devam) Tramvay sonrası emisyonları için oluşturulan Seka Blokları otobüs durakları tablosu

Hat Numarası	Hafta İçi Gidiş Sefer Sayısı	Hafta İçi Geliş Sefer Sayısı	Cumartesi Gidiş Sefer Sayısı	Cumartesi Geliş Sefer Sayısı	Pazar Gidiş Sefer Sayısı	Pazar Geliş Sefer Sayısı	Tramvay Güzergahı Mesafesi (km)	Yakıt Tüketimi (gr/km)
92- Bayındırlık - Rabia Hatun - Çenesuyu	116	116	92	92	74	74	1,7	240
94- Harmantarla - Sanayi	74	80	66	70	63	66	3,71	240
113- Çınarlı - Kuruçeşme - Gültepe - Umuttepe	2	2	0	0	0	0	0,51	240
118- Yenikent - Öğretmenler - Terminal	101	102	74	75	81	82	3,21	240
120- Sopalı - Dünya Bankası - Bayındırlık	10	11	10	11	10	11	1,61	240

9. BULGULAR

9.1. Tramvay Öncesi ve Sonrası için Envanter Çalışması Bulguları

Yapılan hesaplamalara örnek olması açısından 61 hat numaralı otobüsün tramvay öncesi CO emisyon değeri hesaplamaları, Denklem (8.1) kullanılarak yapılmış ve aşağıda gösterilmiştir. Diğer emisyon hesaplamaları da aynı şekilde tüm duraklar ve tüm otobüs hatları için hem tramvay öncesi hem de tramvay sonrası için ayrı ayrı yapılarak toplam emisyon değerleri hesaplanmıştır.

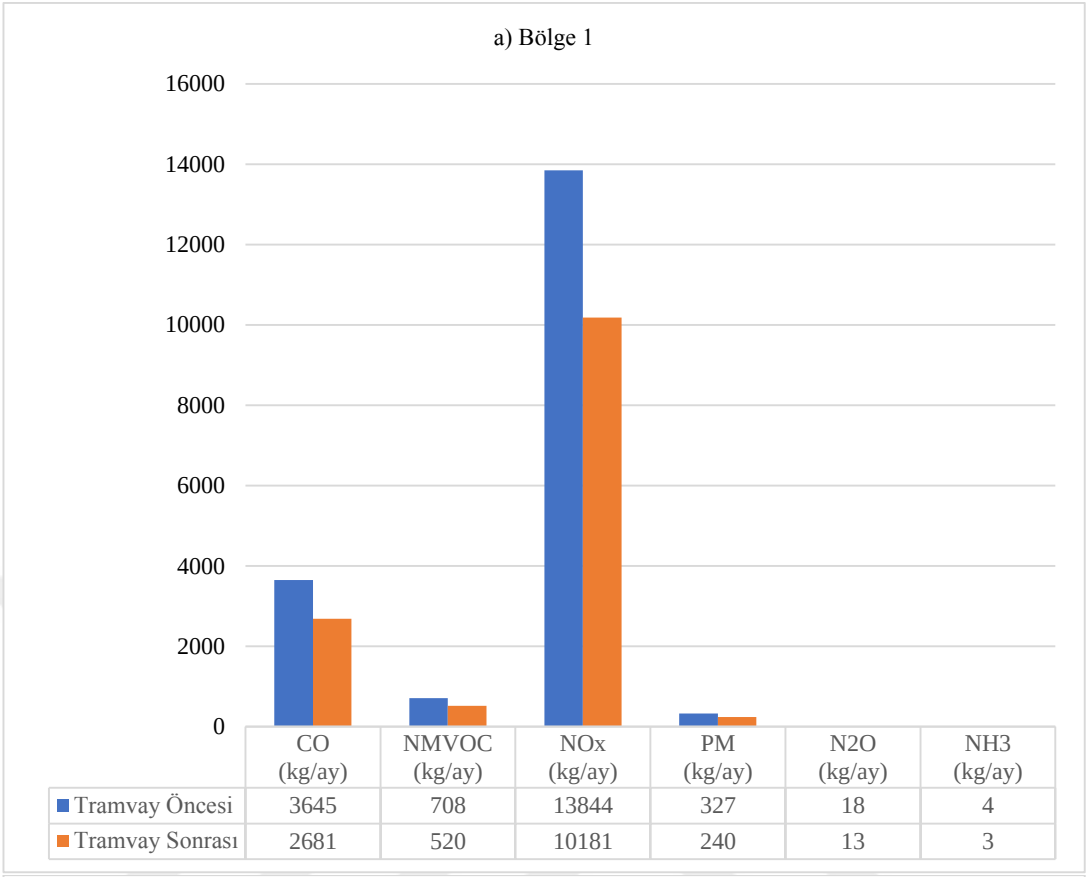
Denklem (8.1) ($E = V \times D_j \times E_i \times E_j$) ve Tablo 8.5'de yer alan veriler kullanılarak tramvay öncesi CO emisyon hesaplaması şu şekilde hesaplanmıştır;

$E_i = 836 \times 3{,}84 \times 5{,}7 \times 500 = 9.149.184$ mg/ay

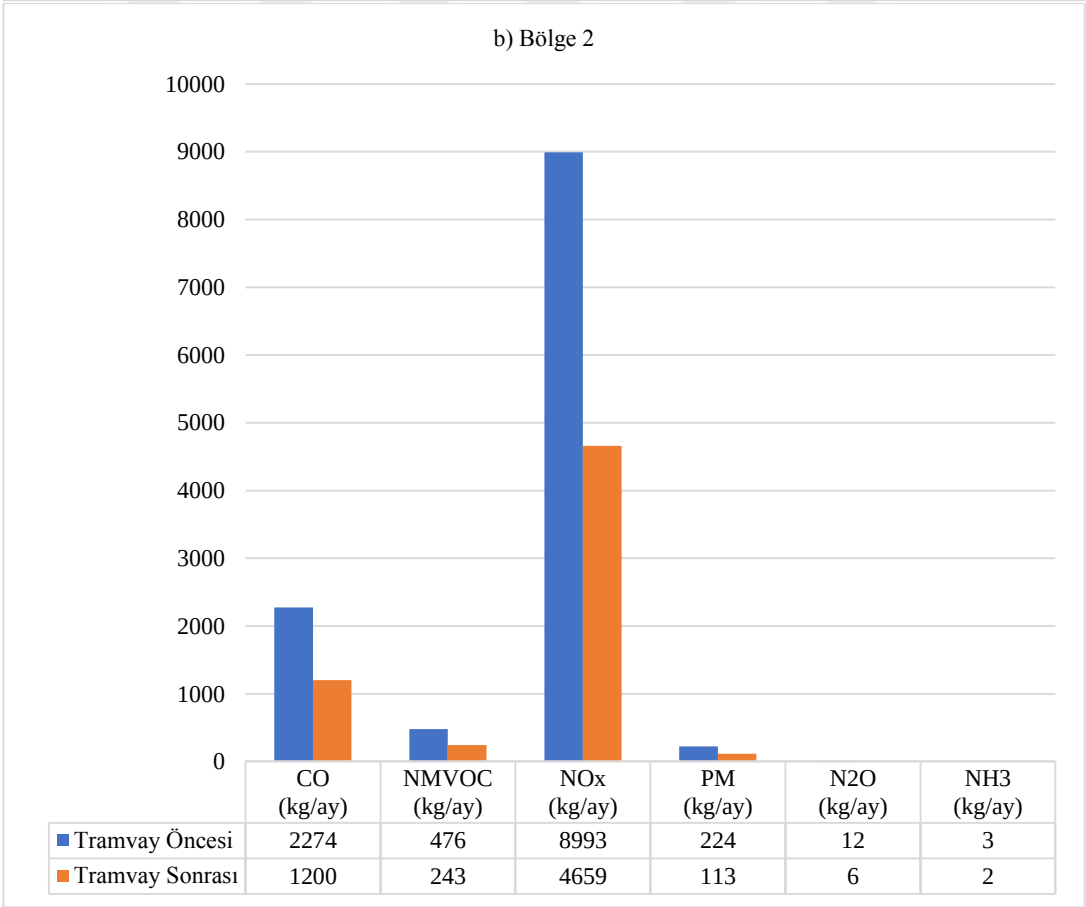
Tablo 8.6'da yer alan veriler kullanılarak tramvay sonrası CO emisyon hesaplaması ise şu şekilde hesaplanmıştır;

$E_i = 1540 \times 0{,}92 \times 5{,}7 \times 500 = 4.037.880$ mg/ay

Oluşturulan tablolar kullanılarak hesaplanan tramvay öncesi ve tramvay sonrası emisyon verileri Şekil 9.1 ve Şekil 9.2'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde incelenen her bir bölgede tramvay sonrası emisyon değerlerinin tramvay öncesine göre daha az olduğu görülmektedir. Toplam emisyonlar CO, NMVOC, NOx, PM, N_2O ve NH_3 sırasıyla tramvay öncesi için 30679, 6582, 122918, 3115, 168, 43 kg/ay iken, tramvay sonrasında 24342, 5236, 97666, 2479, 134, 34 kg/ay'a düşmüştür. Bu da hesaplamalara bağlı olarak tramvay sistemlerinin emisyonların azalmasında önemli rollerinin olduğunu göstermektedir. Ancak gerçekçi değerlerin belirlenmesi, o bölgelerde ölçümlerin yapılmasıyla mümkündür. Bölgeler incelendiğinde, bazı bölgelerde ciddi trafik sıkışıklığı söz konusudur. Bu sıkışıklık emisyon miktarlarında artışa neden olabilecek etkenlerden biridir.

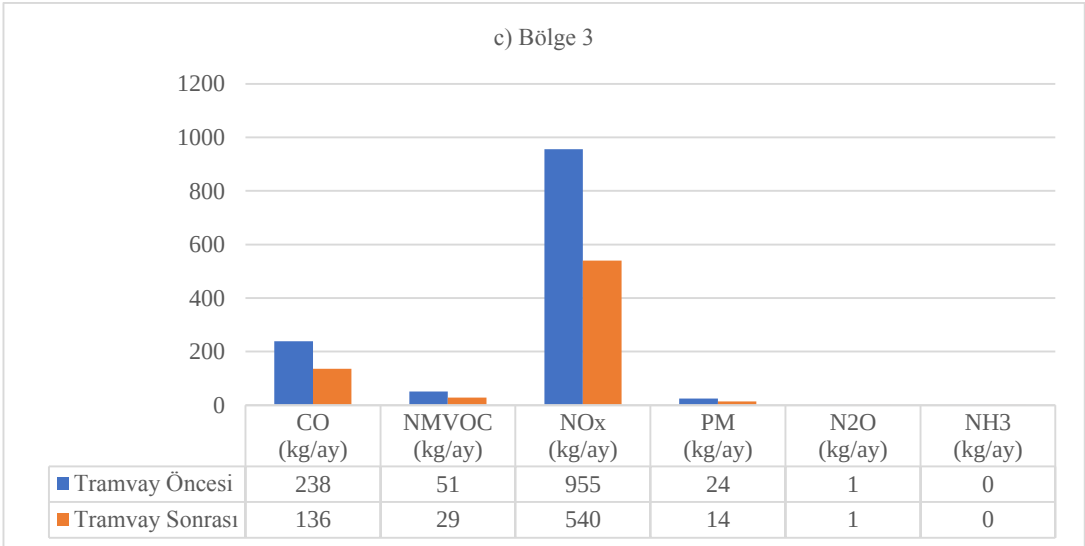


	CO (kg/ay)	NMVOC (kg/ay)	NOx (kg/ay)	PM (kg/ay)	N2O (kg/ay)	NH3 (kg/ay)
Tramvay Öncesi	3645	708	13844	327	18	4
Tramvay Sonrası	2681	520	10181	240	13	3

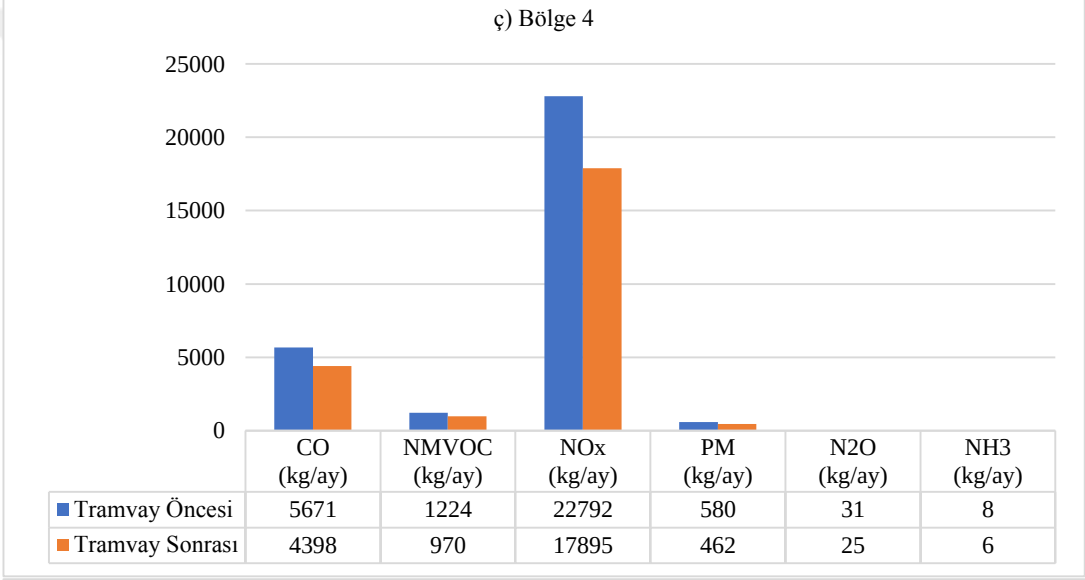


	CO (kg/ay)	NMVOC (kg/ay)	NOx (kg/ay)	PM (kg/ay)	N2O (kg/ay)	NH3 (kg/ay)
Tramvay Öncesi	2274	476	8993	224	12	3
Tramvay Sonrası	1200	243	4659	113	6	2

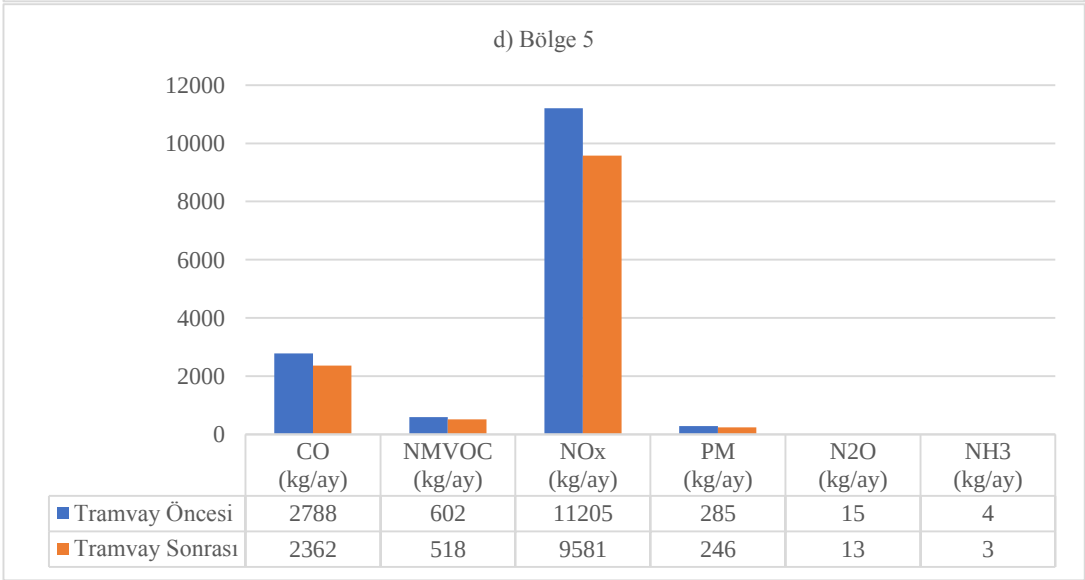
Şekil 9.1. Bölgelere göre tramvay öncesi ve tramvay sonrası oluşan emisyon miktarları



	CO (kg/ay)	NMVOC (kg/ay)	NOx (kg/ay)	PM (kg/ay)	N2O (kg/ay)	NH3 (kg/ay)
Tramvay Öncesi	238	51	955	24	1	0
Tramvay Sonrası	136	29	540	14	1	0

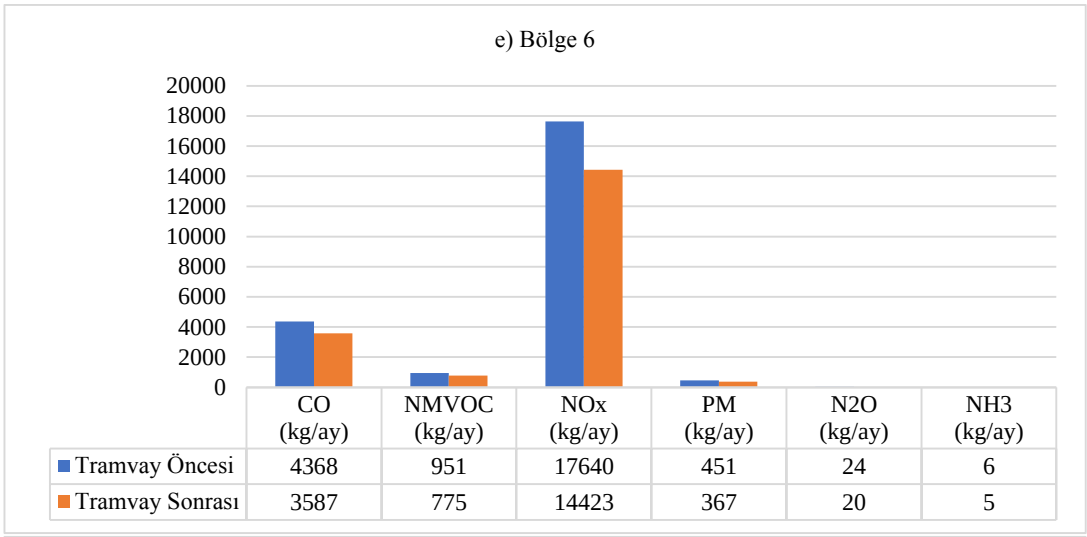


	CO (kg/ay)	NMVOC (kg/ay)	NOx (kg/ay)	PM (kg/ay)	N2O (kg/ay)	NH3 (kg/ay)
Tramvay Öncesi	5671	1224	22792	580	31	8
Tramvay Sonrası	4398	970	17895	462	25	6

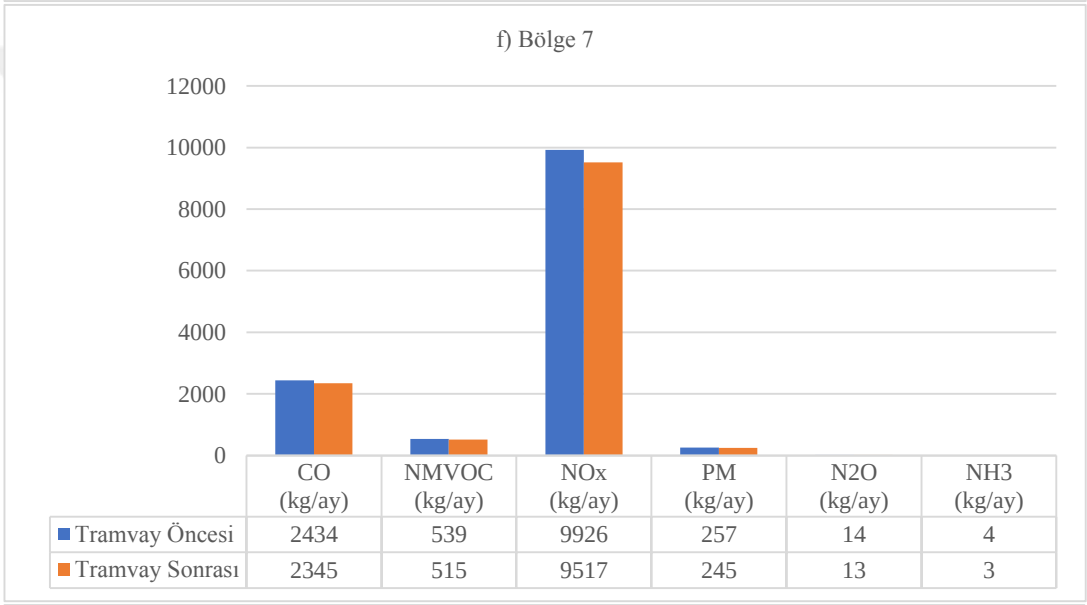


	CO (kg/ay)	NMVOC (kg/ay)	NOx (kg/ay)	PM (kg/ay)	N2O (kg/ay)	NH3 (kg/ay)
Tramvay Öncesi	2788	602	11205	285	15	4
Tramvay Sonrası	2362	518	9581	246	13	3

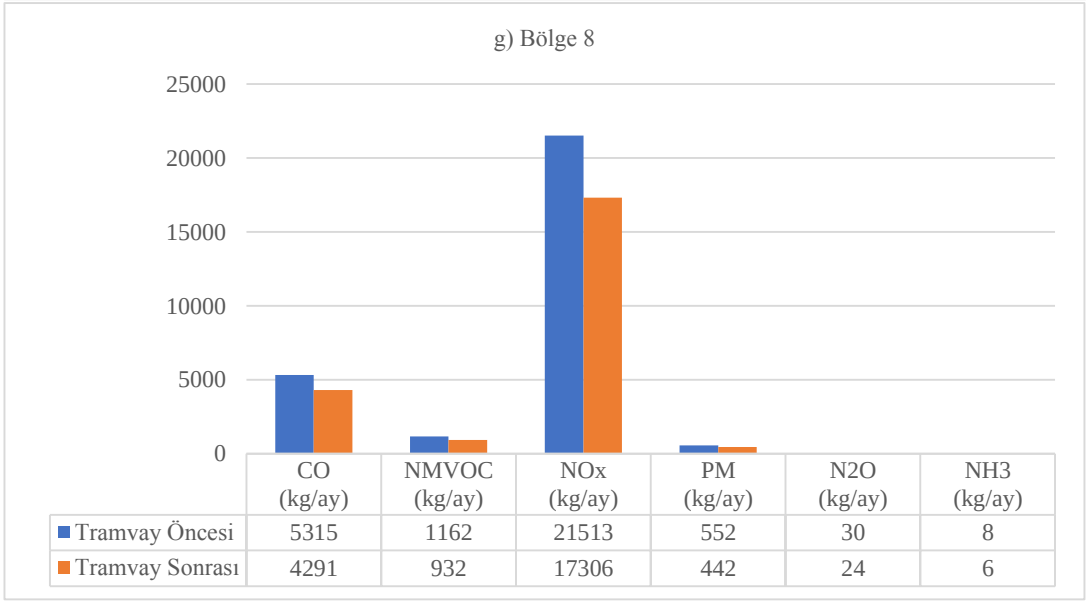
Şekil 9.1.(Devam) Bölgelere göre tramvay öncesi ve tramvay sonrası oluşan emisyon miktarları



	CO (kg/ay)	NMVOC (kg/ay)	NOx (kg/ay)	PM (kg/ay)	N2O (kg/ay)	NH3 (kg/ay)
Tramvay Öncesi	4368	951	17640	451	24	6
Tramvay Sonrası	3587	775	14423	367	20	5

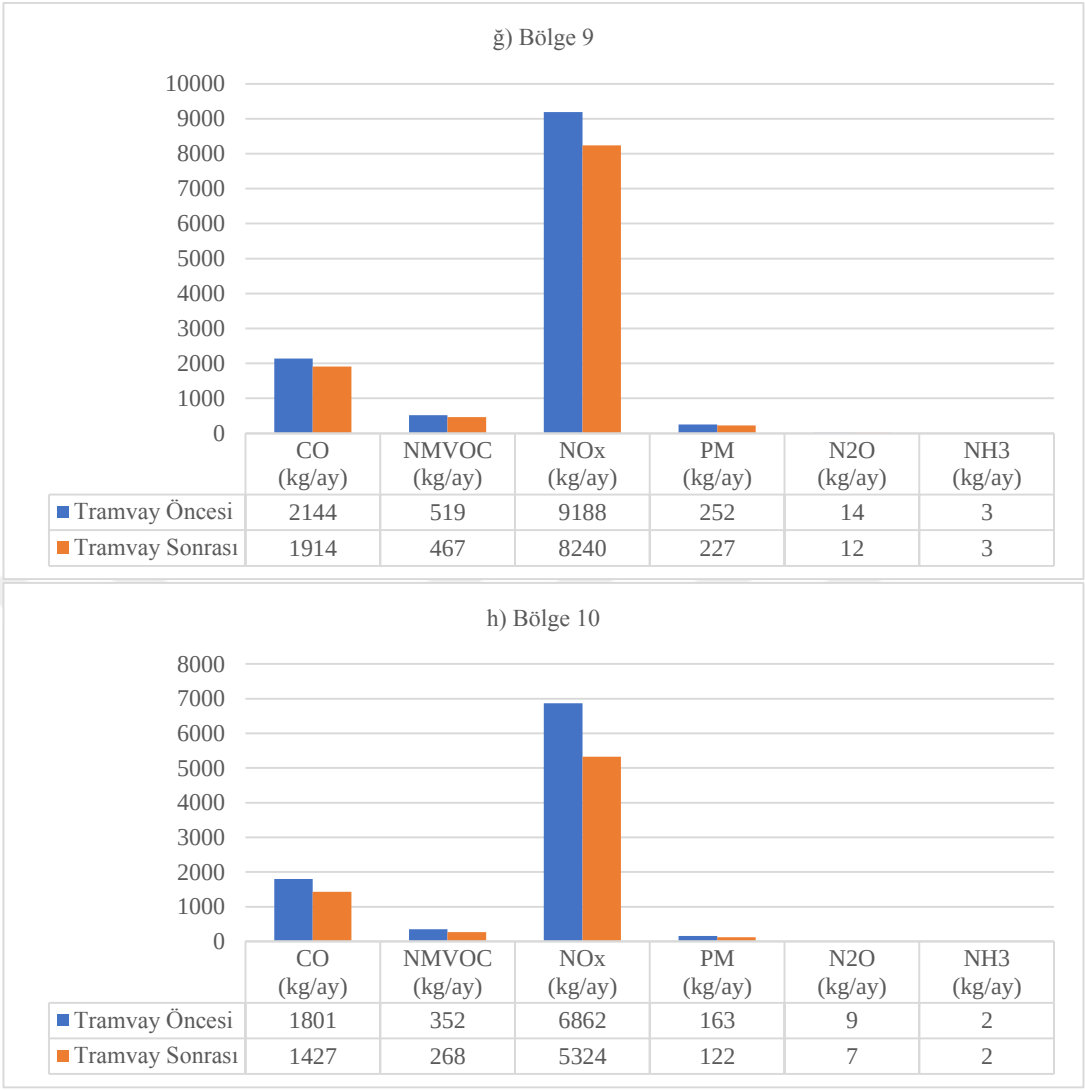


	CO (kg/ay)	NMVOC (kg/ay)	NOx (kg/ay)	PM (kg/ay)	N2O (kg/ay)	NH3 (kg/ay)
Tramvay Öncesi	2434	539	9926	257	14	4
Tramvay Sonrası	2345	515	9517	245	13	3

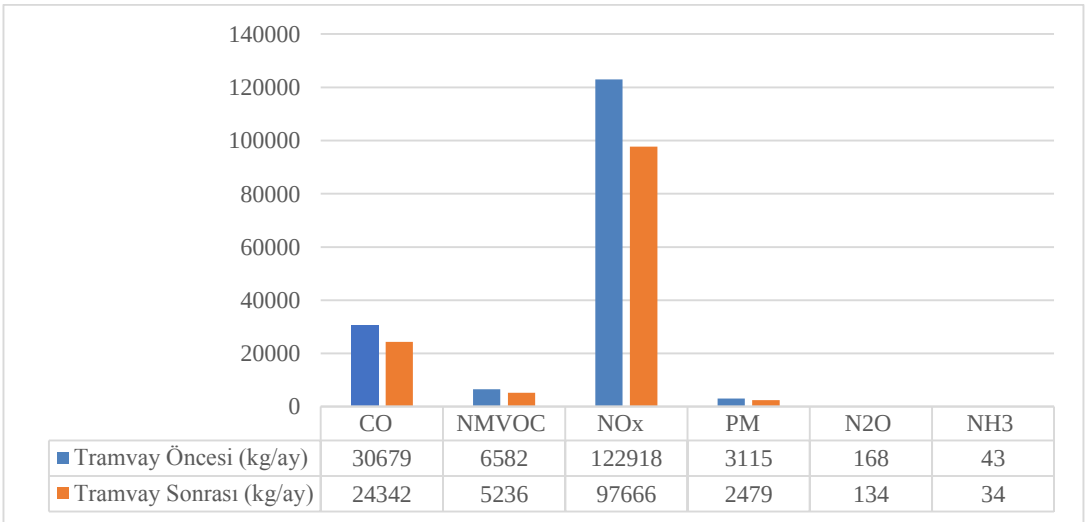


	CO (kg/ay)	NMVOC (kg/ay)	NOx (kg/ay)	PM (kg/ay)	N2O (kg/ay)	NH3 (kg/ay)
Tramvay Öncesi	5315	1162	21513	552	30	8
Tramvay Sonrası	4291	932	17306	442	24	6

Şekil 9.1.(Devam) Bölgelere göre tramvay öncesi ve tramvay sonrası oluşan emisyon miktarları



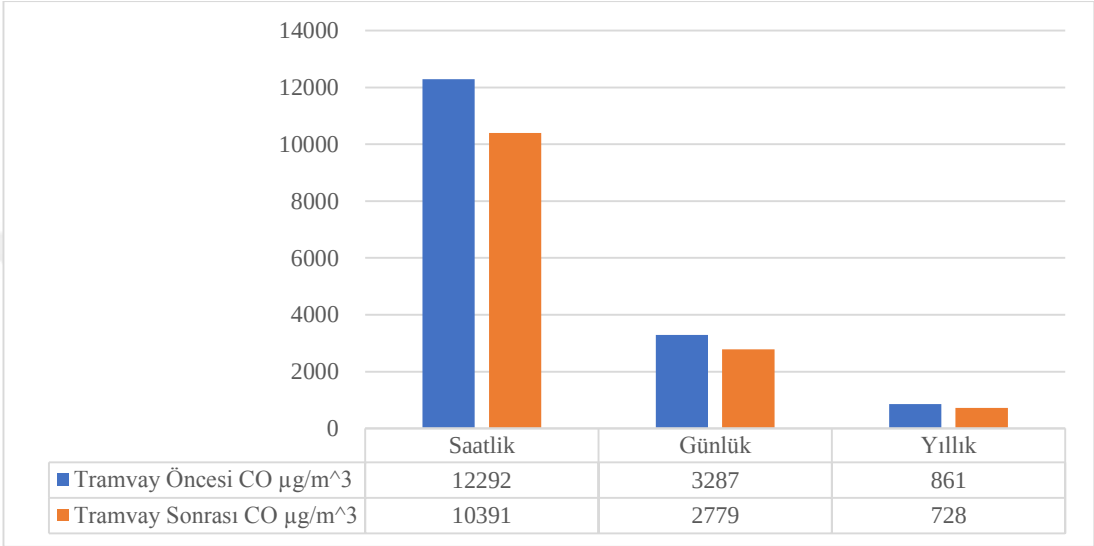
Şekil 9.1.(Devam) Bölgelere göre tramvay öncesi ve tramvay sonrası oluşan emisyon miktarları



Şekil 9.2 Tramvay öncesi ve tramvay sonrası oluşan toplam emisyon miktarları

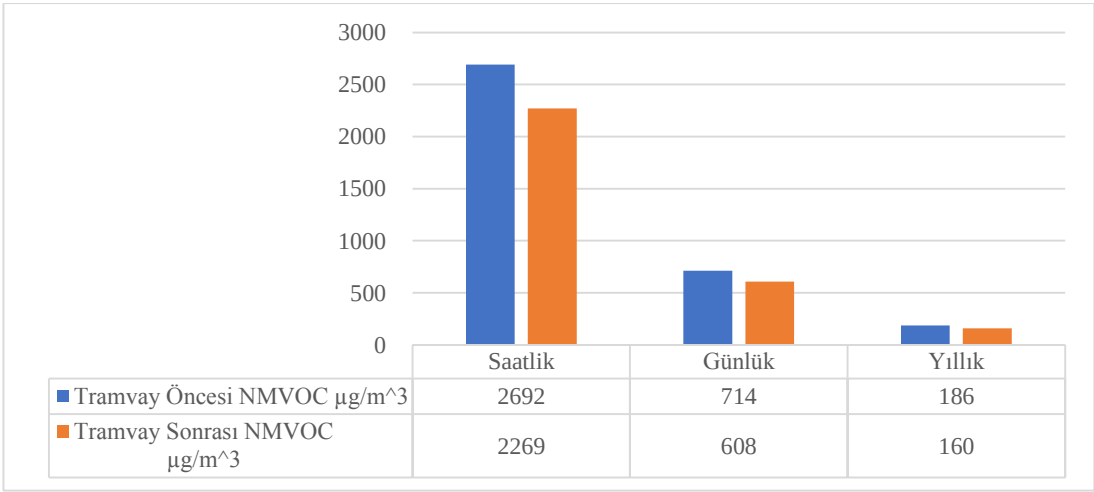
9.2. Tramvay Öncesi ve Sonrası için Modelleme Bulguları

- Max CO emisyonları, tramvay öncesi için Şekil 9.3'te görüldüğü gibi saatlik 12292 µg/m^3, günlük 3287 µg/m^3, yıllık 861µg/m^3 olarak, tramvay sonrası için ise Şekil 9.3'te görüldüğü gibi saatlik 10391µg/m^3, günlük 2779 µg/m^3, yıllık 728 µg/m^3 olarak bulunmuştur.



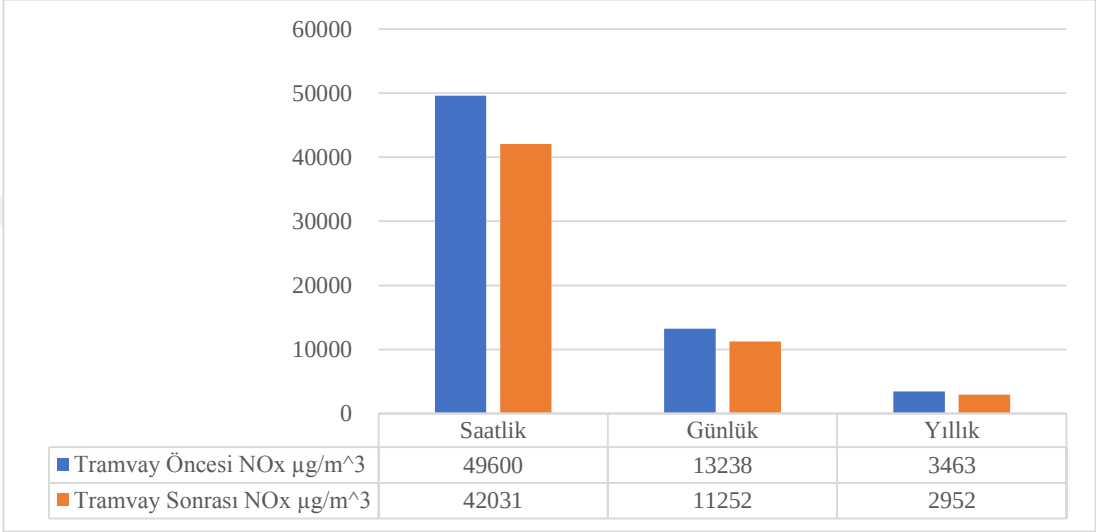
Şekil 9.3 Modelleme çalışmasına göre tramvay öncesi ve sonrası için CO emisyonlarının max değerleri

- Max NMVOC emisyonları, tramvay öncesi için Şekil 9.4'te görüldüğü gibi saatlik 2692 µg/m^3, günlük 714 µg/m^3, yıllık 186 µg/m^3 olarak, tramvay sonrası için ise Şekil 9.4'te görüldüğü gibi saatlik 2269 µg/m^3, günlük 608 µg/m^3, yıllık 160 µg/m^3 olarak bulunmuştur.



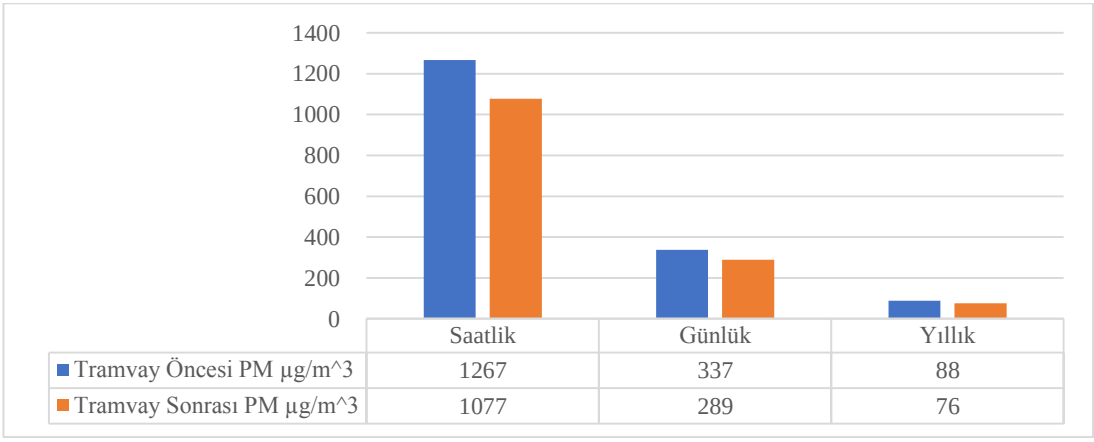
Şekil 9.4 Modelleme çalışmasına göre tramvay öncesi ve sonrası için NMVOC emisyonlarının max değerleri

- Max NOx emisyonları, tramvay öncesi için Şekil 9.5'te görüldüğü gibi saatlik 49600 µg/m^3, günlük 13238 µg/m^3, yıllık 3463 µg/m^3 olarak, tramvay sonrası için ise Şekil 9.5'te görüldüğü gibi saatlik 42031 µg/m^3, günlük 11252 µg/m^3, yıllık 2952 µg/m^3 olarak bulunmuştur.



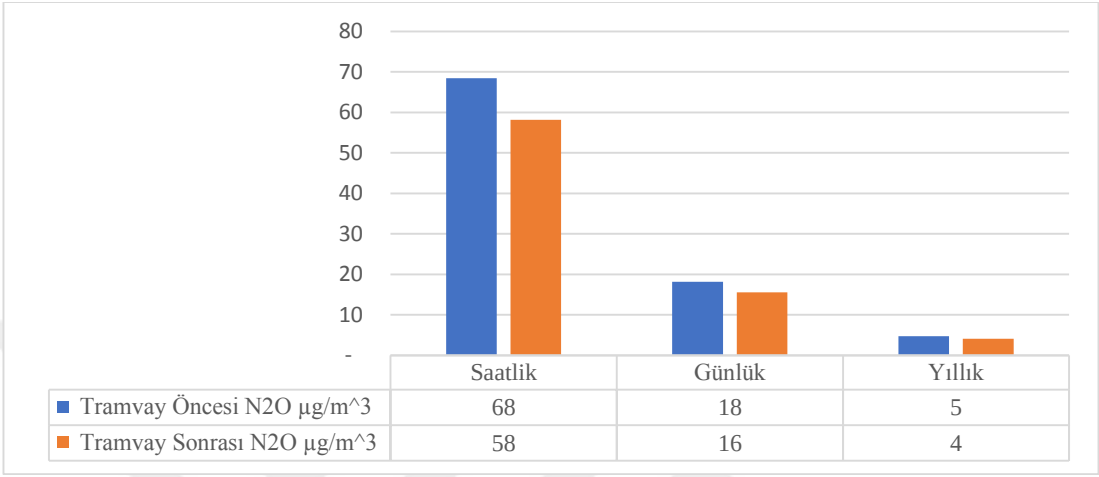
Şekil 9.5 Modelleme çalışmasına göre tramvay öncesi ve sonrası için NOx emisyonlarının max değerleri

- Max PM emisyonları, tramvay öncesi için Şekil 9.6'da görüldüğü gibi saatlik 1267 µg/m^3, günlük 337 µg/m^3, yıllık 88 µg/m^3 olarak, tramvay sonrası için ise Şekil 9.6'da görüldüğü gibi saatlik 1077 µg/m^3, günlük 289 µg/m^3, yıllık 76 µg/m^3 olarak bulunmuştur.



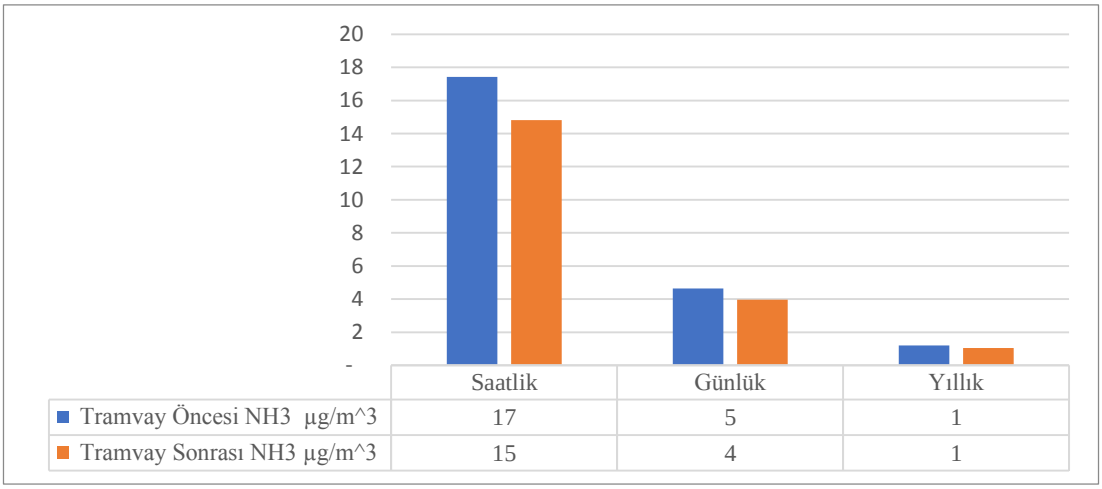
Şekil 9.6 Modelleme çalışmasına göre tramvay öncesi ve sonrası için PM emisyonlarının max değerleri

- Max N_2O emisyonları, tramvay öncesi için Şekil 9.7'da görüldüğü gibi saatlik 68 µg/m^3, günlük 18 µg/m^3, yıllık 5 µg/m^3 olarak, tramvay sonrası için ise Şekil 9.7'da görüldüğü gibi saatlik 58 µg/m^3, günlük 16 µg/m^3, yıllık 4 µg/m^3 olarak bulunmuştur.



Şekil 9.7 Modelleme çalışmasına göre tramvay öncesi ve sonrası için N_2O emisyonlarının max değerleri

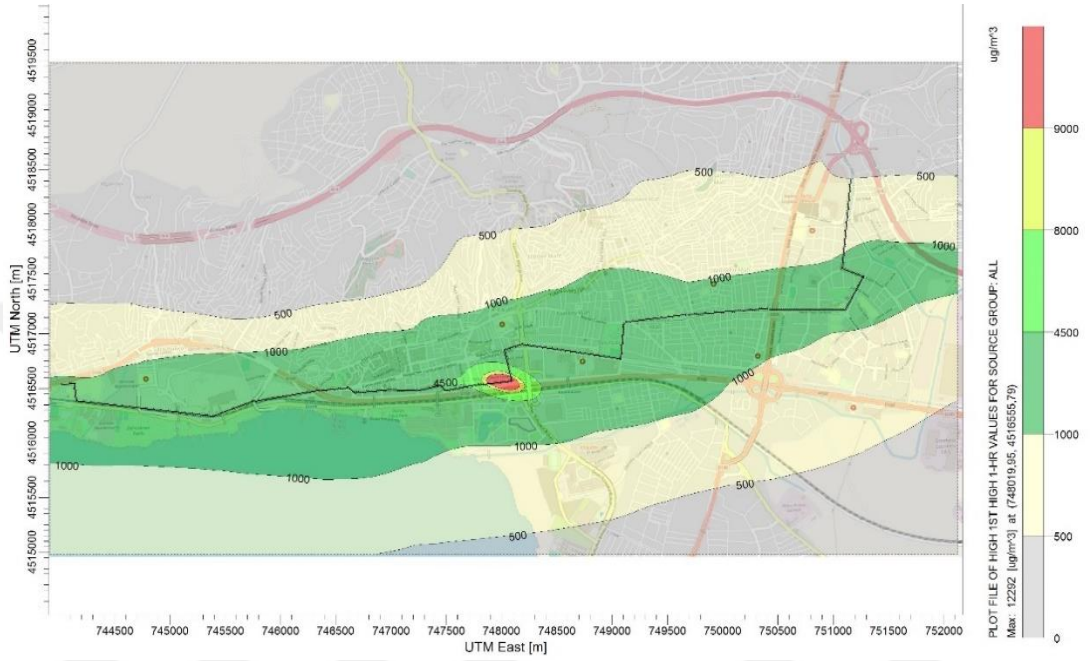
- Max NH_3 emisyonları, tramvay öncesi için Şekil 9.8'da görüldüğü gibi saatlik 17 µg/m^3, günlük 5 µg/m^3, yıllık 1 µg/m^3 olarak, tramvay sonrası için ise Şekil 9.8'da görüldüğü gibi saatlik 15 µg/m^3, günlük 4 µg/m^3, yıllık 1 µg/m^3 olarak bulunmuştur.



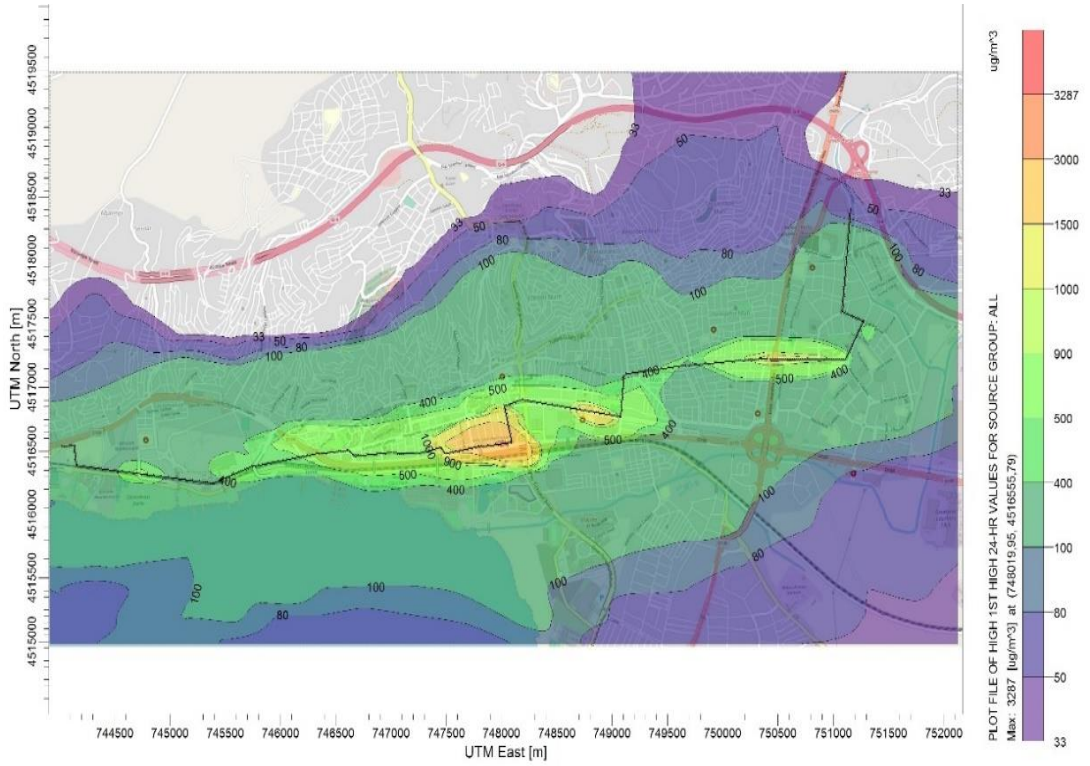
Şekil 9.8 Modelleme çalışmasına göre tramvay öncesi ve sonrası için NH_3 emisyonlarının max değerleri

Yapılan modelleme sonucuna göre, tramvayın devreye alınmasına bağlı olarak hesaplanan max değerlerde CO için %15,5, NMVOC için %14,8, NOx için %15, PM

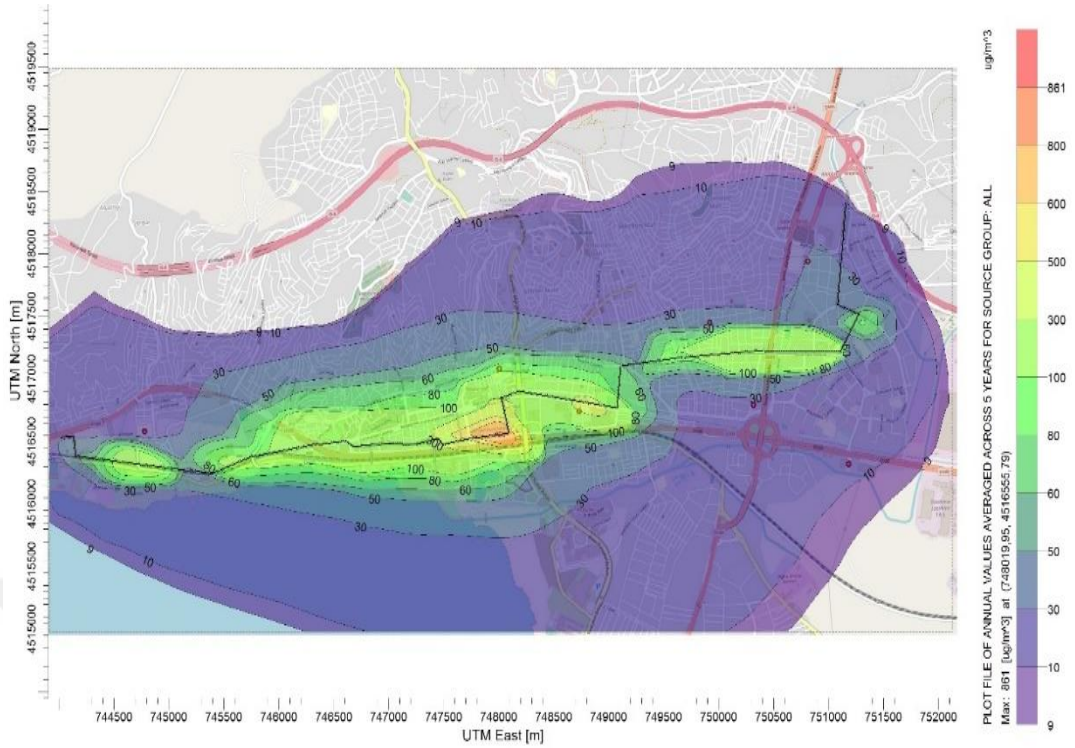
için %14,4, N_2O için %14,4, NH_3 için %14,4, azalma gözlenmiştir. Modelleme çalışmasının dağılım haritaları Şekil 9.9- 9.44 'de görüldüğü gibidir. Dağılım haritaları incelendiğinde max konsantrasyonun 5. ve 6. bölgenin kesişim noktasında olduğu görülmektedir. Bu bölgedeki değerlerin yüksek çıkmasının ana sebebi, şehrin cazibe merkezi olmasından dolayı tüm otobüslerin bu bölgeden geçmesidir.



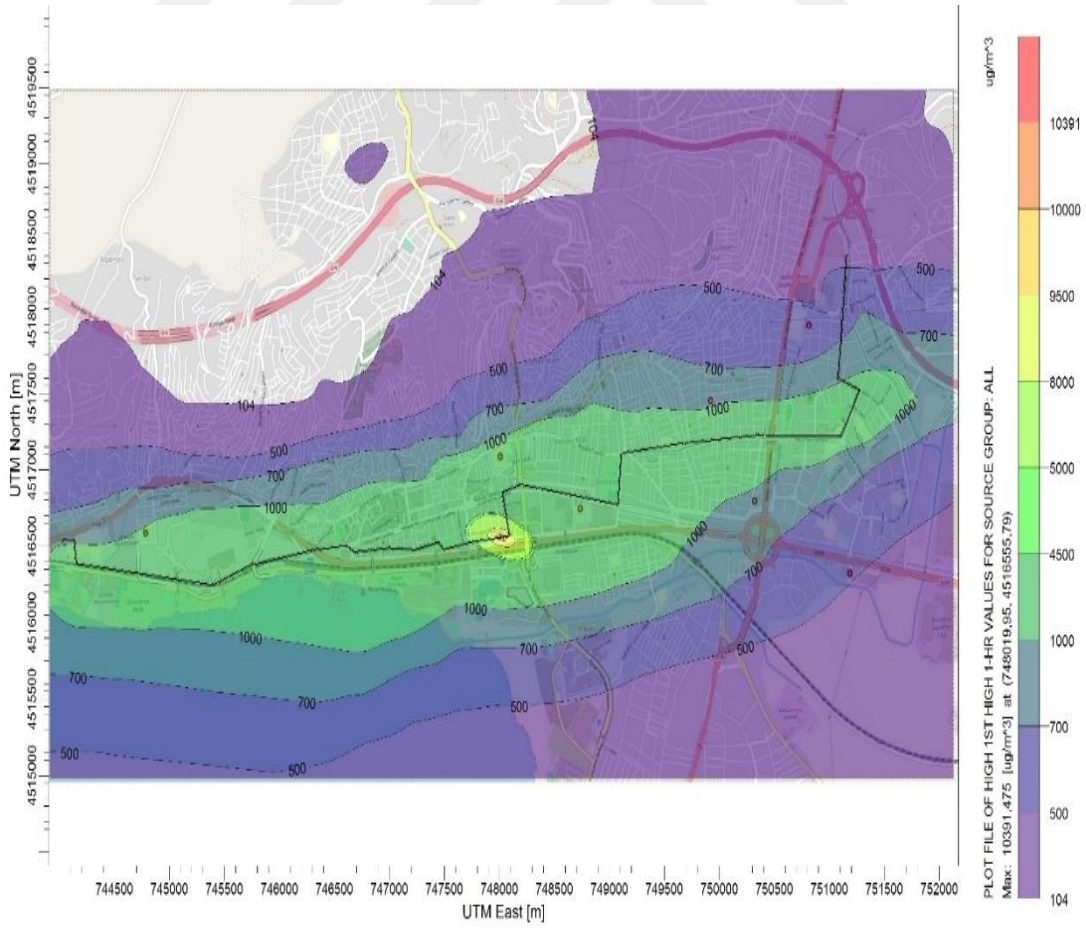
Şekil 9.9 Tramvay öncesi için saatlik CO emisyonunun atmosferik dağılımı



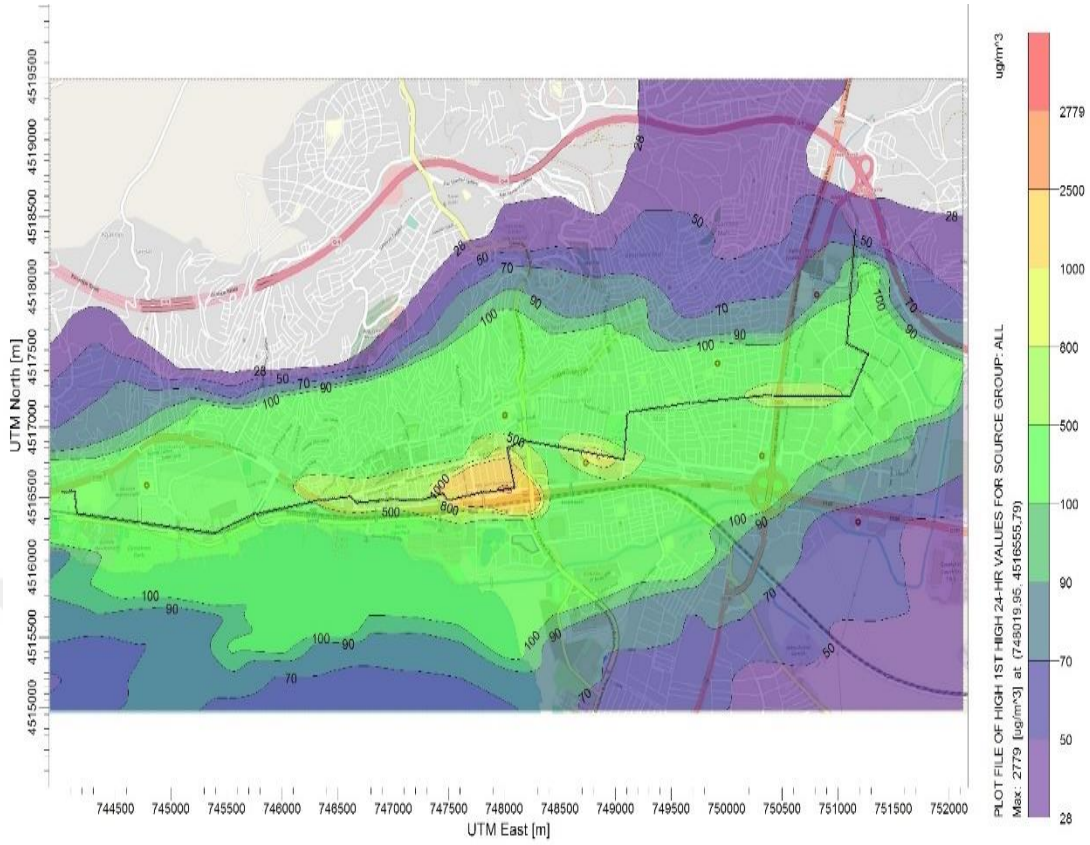
Şekil 9.10 Tramvay öncesi için günlük CO emisyonunun atmosferik dağılımı



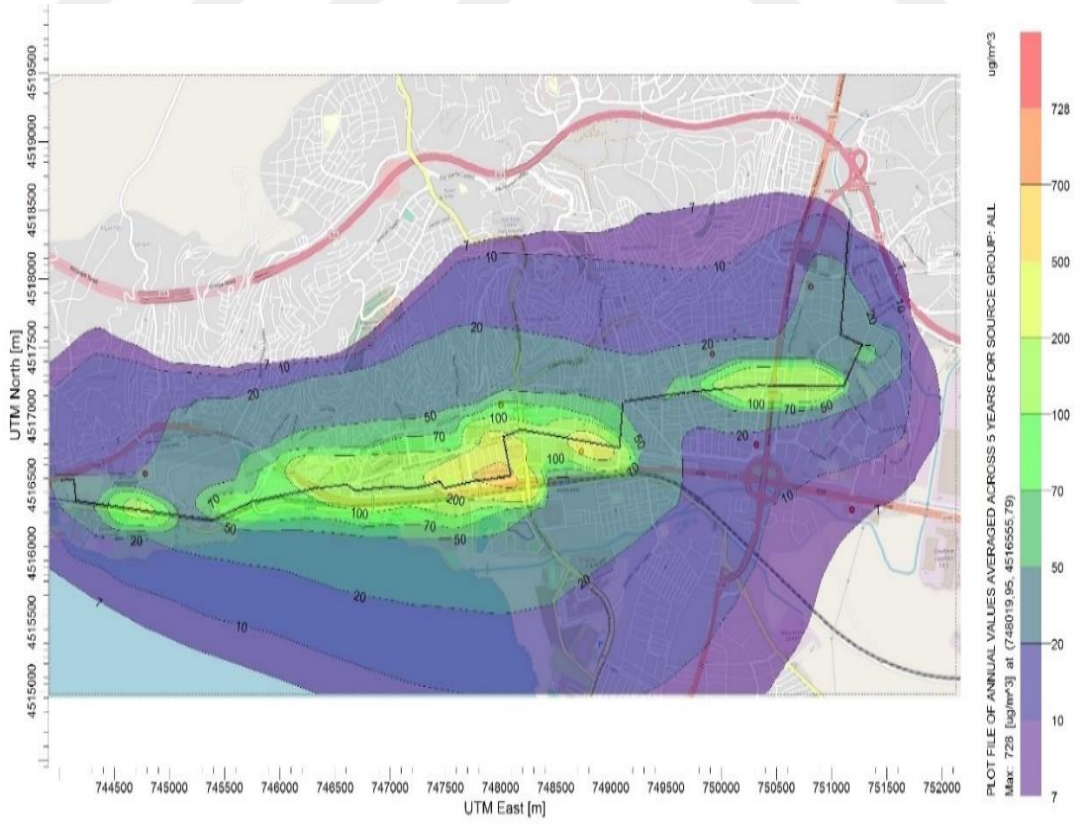
Şekil 9.11 Tramvay öncesi için yıllık CO emisyonunun atmosferik dağılımı



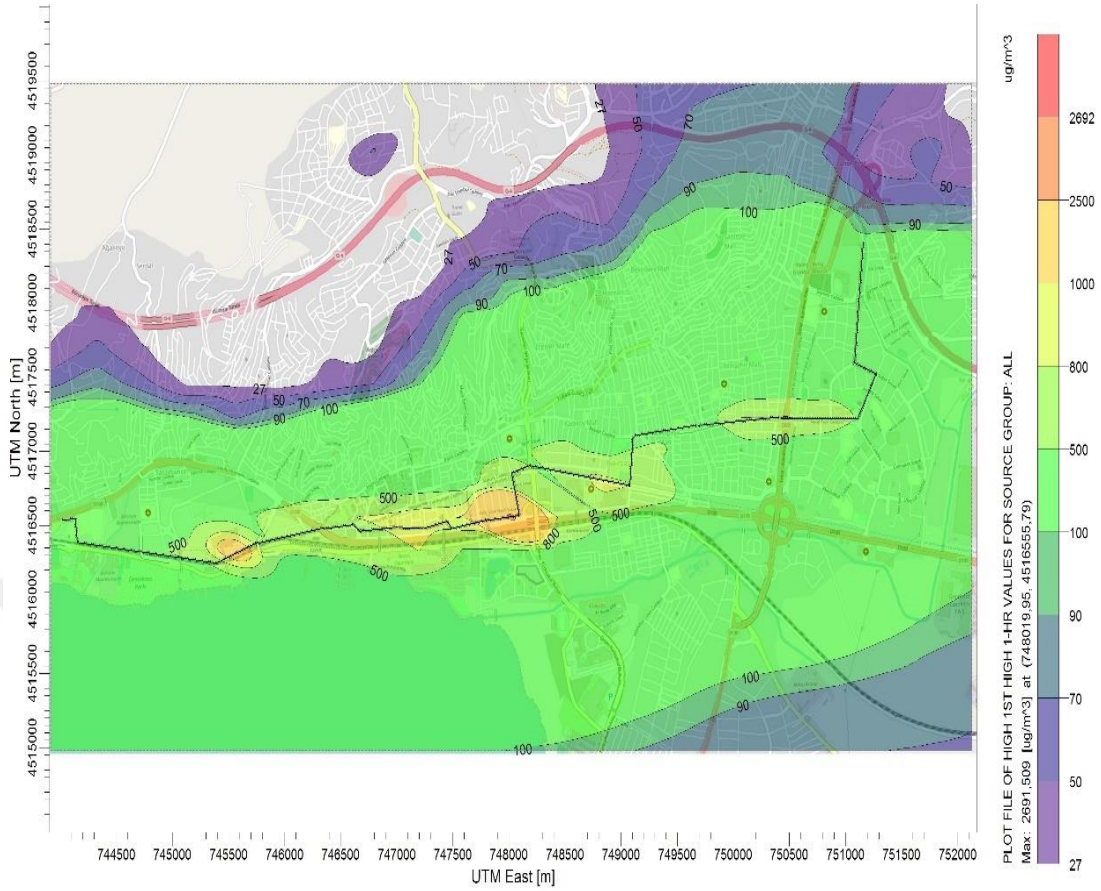
Şekil 9.12 Tramvay sonrası için saatlik CO emisyonunun atmosferik dağılımı



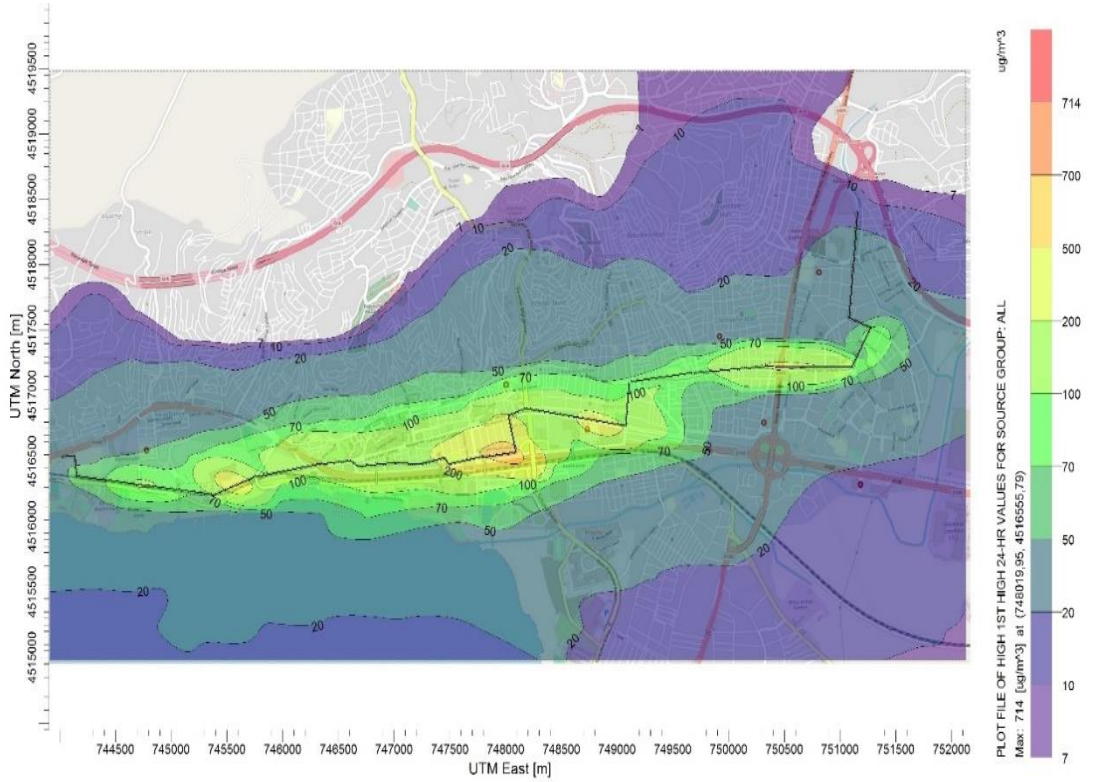
Şekil 9.13 Tramvay sonrası için günlük CO emisyonunun atmosferik dağılımı



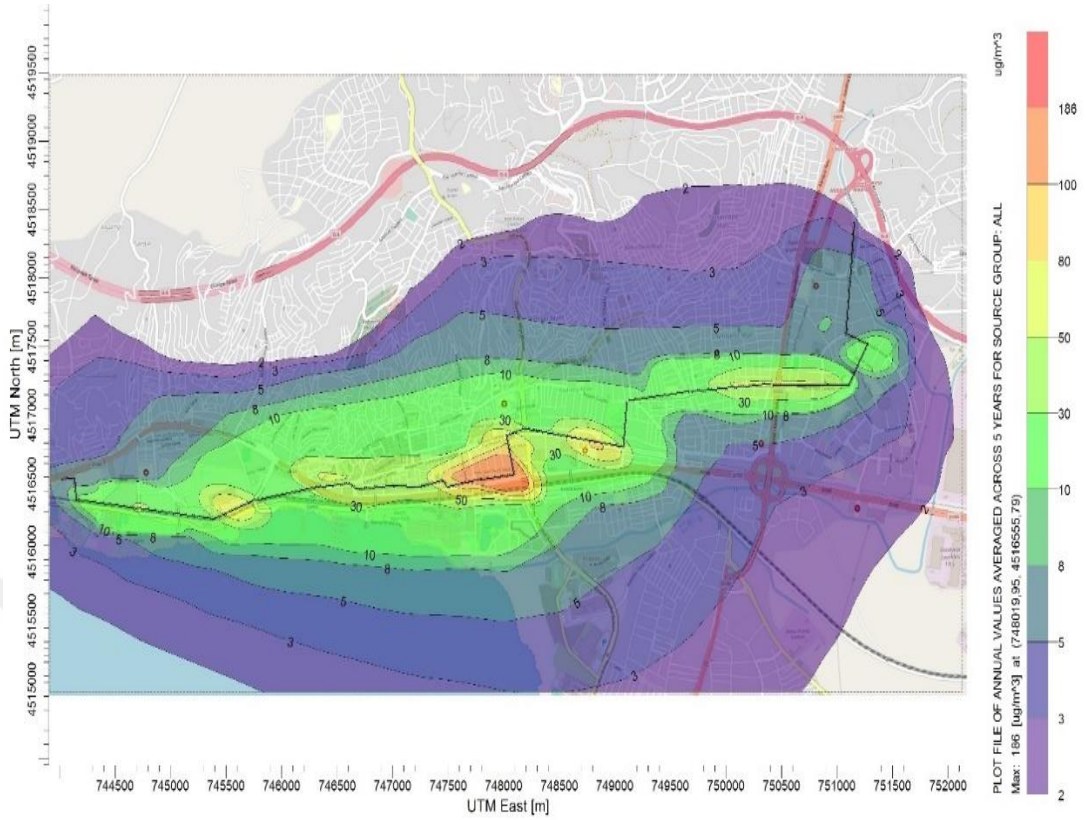
Şekil 9.14 Tramvay sonrası için yıllık CO emisyonunun atmosferik dağılımı



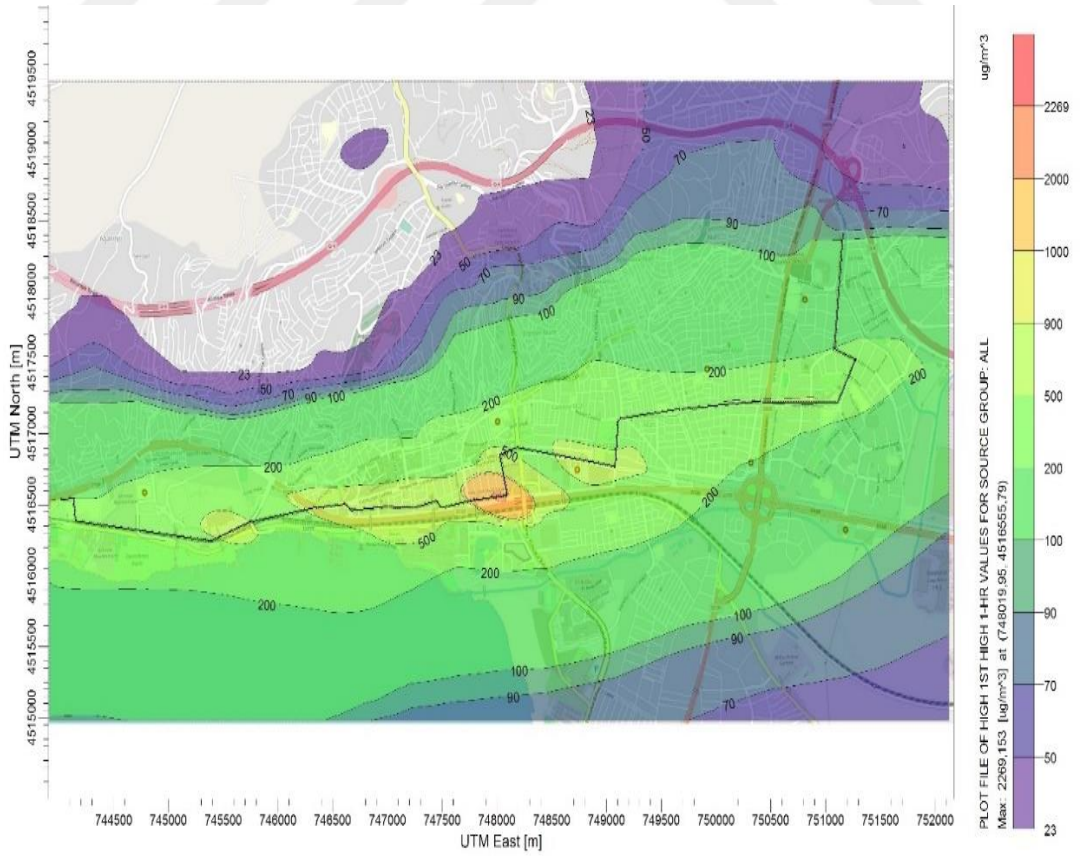
Şekil 9.15 Tramvay öncesi için saatlik NMVOC emisyonunun atmosferik dağılımı



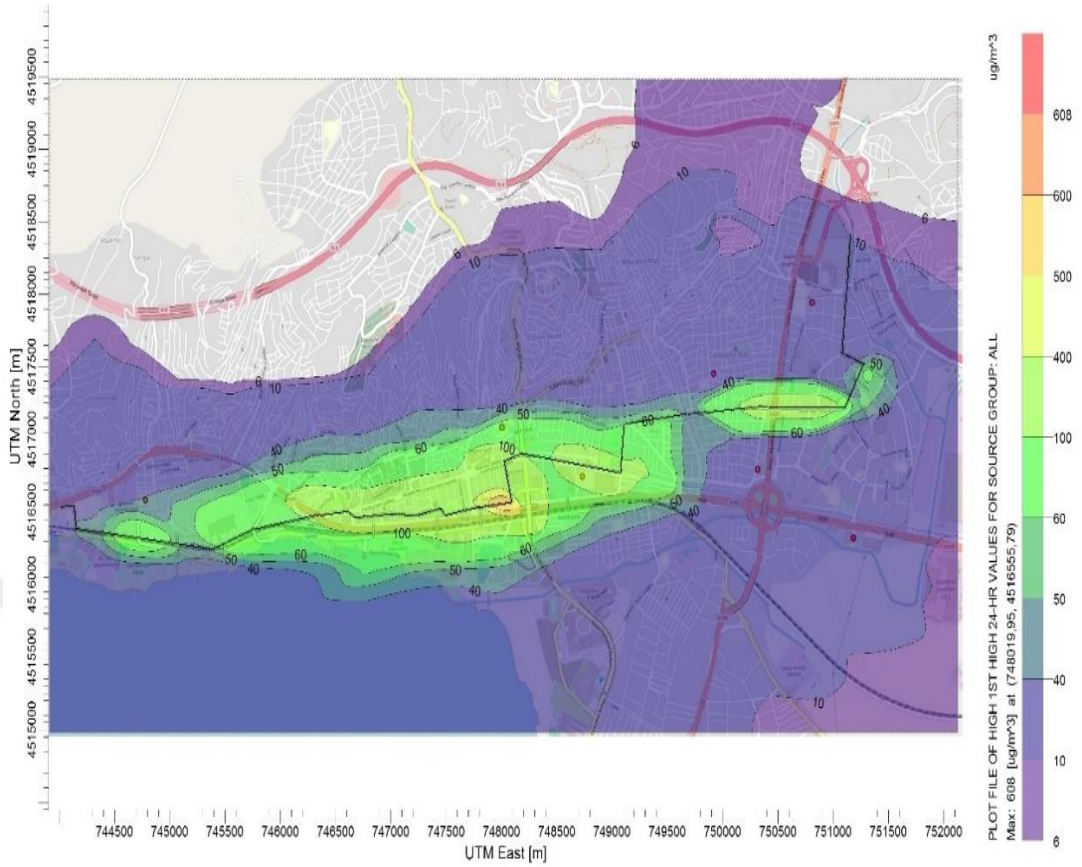
Şekil 9.16 Tramvay öncesi için günlük NMVOC emisyonunun atmosferik dağılımı



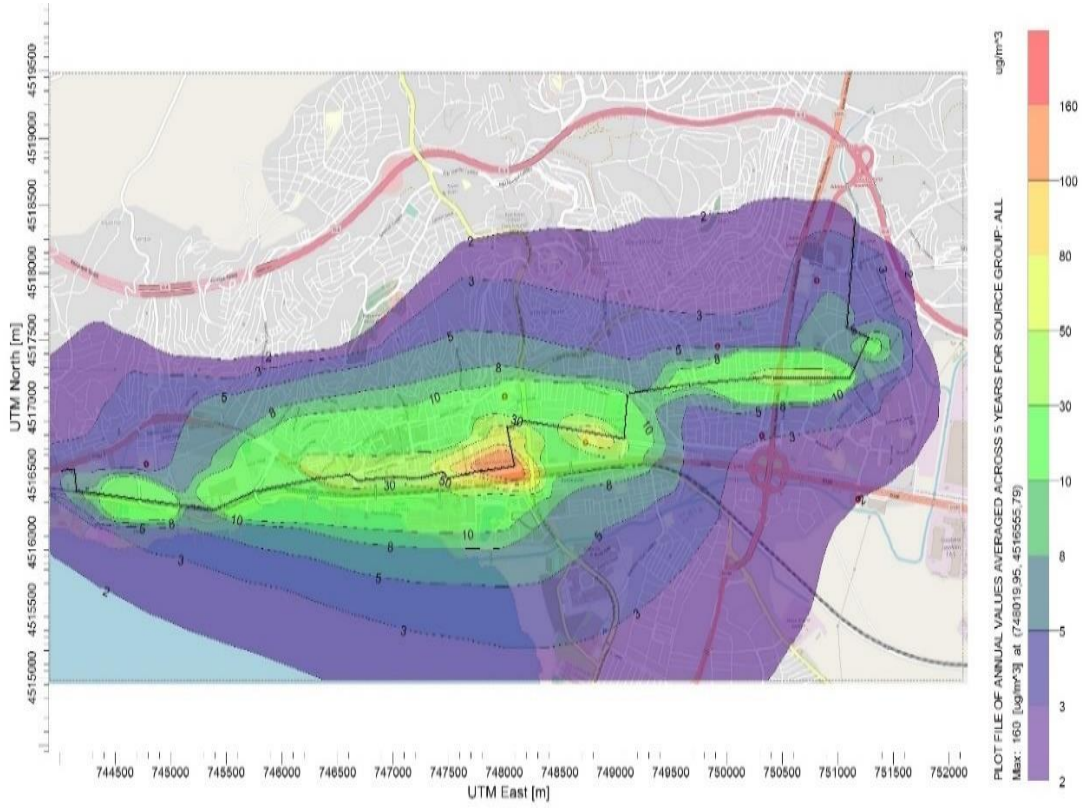
Şekil 9.17 Tramvay öncesi için yıllık NMVOC emisyonunun atmosferik dağılımı



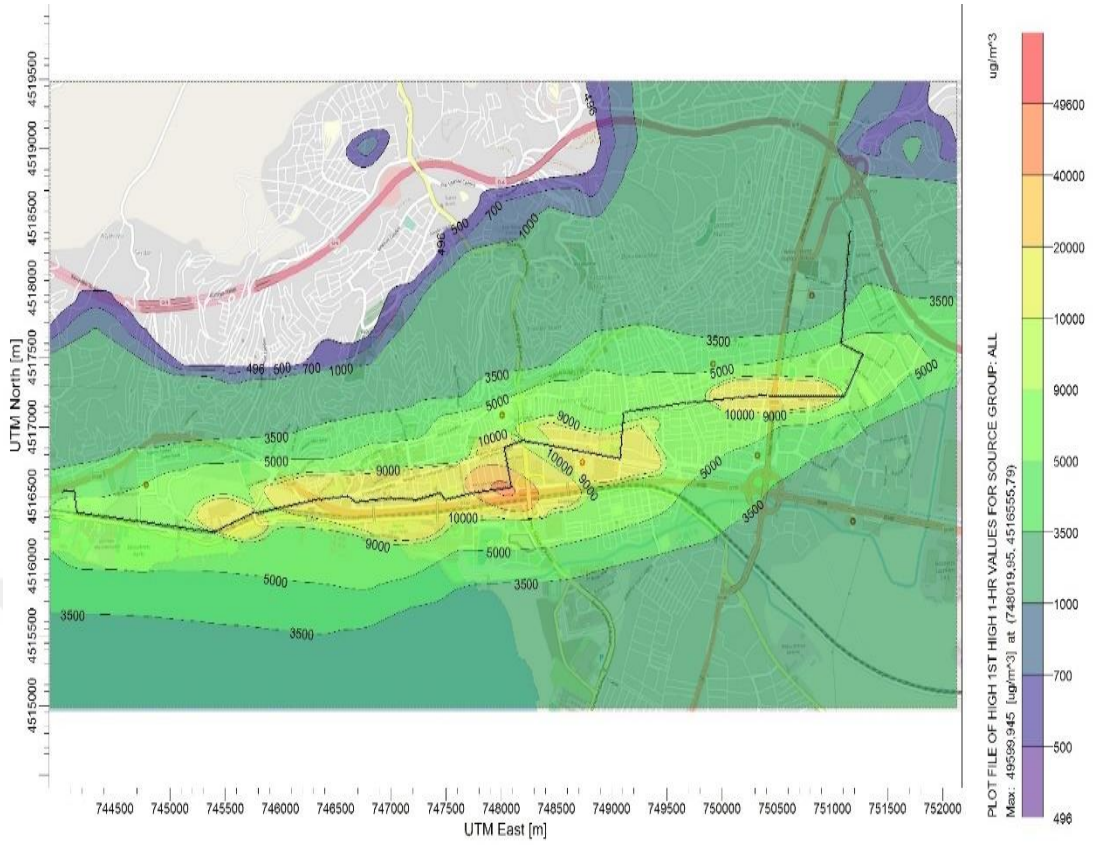
Şekil 9.18 Tramvay sonrası için saatlik NMVOC emisyonunun atmosferik dağılımı



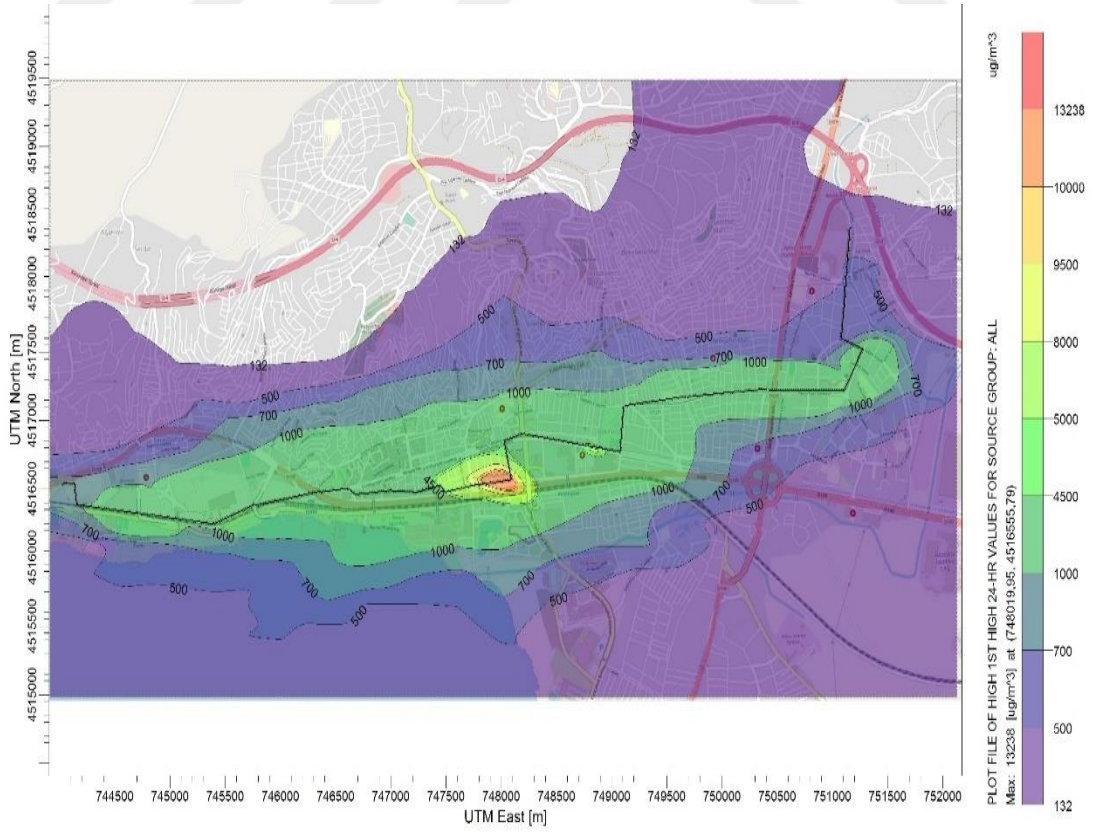
Şekil 9.19 Tramvay sonrası için günlük NMVOC emisyonunun atmosferik dağılımı



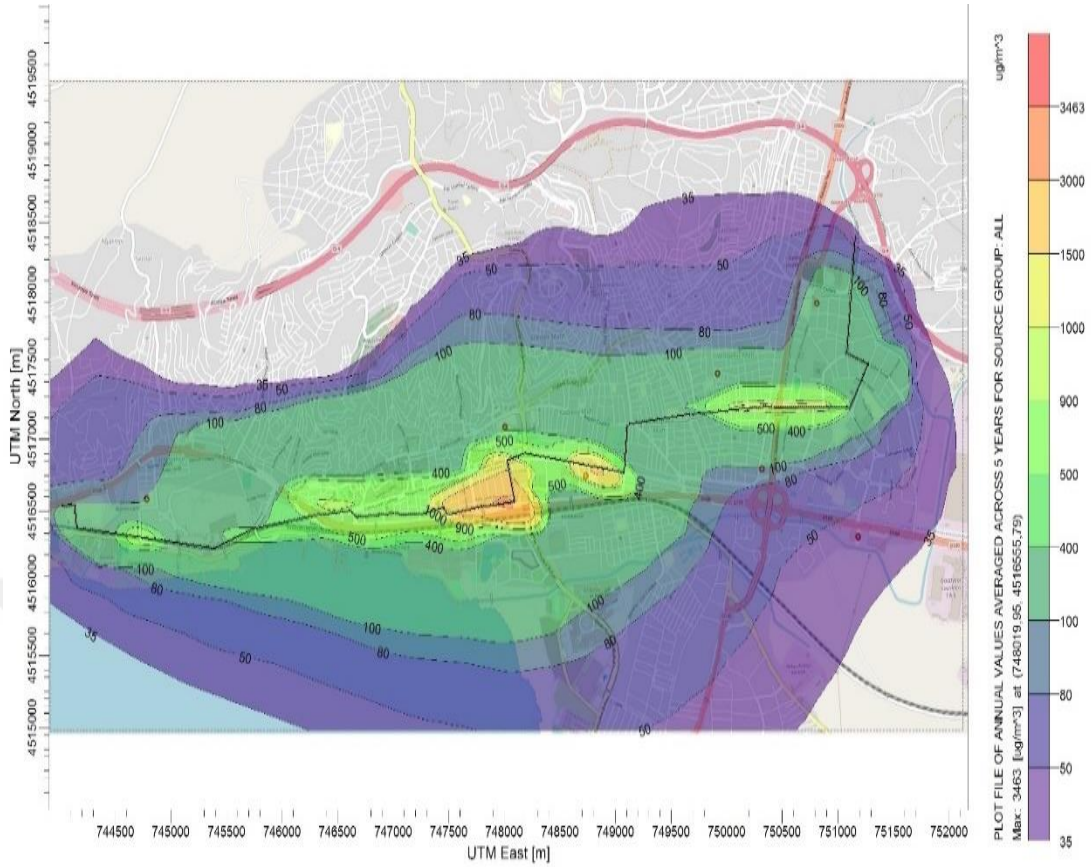
Şekil 9.20 Tramvay sonrası için yıllık NMVOC emisyonunun atmosferik dağılımı



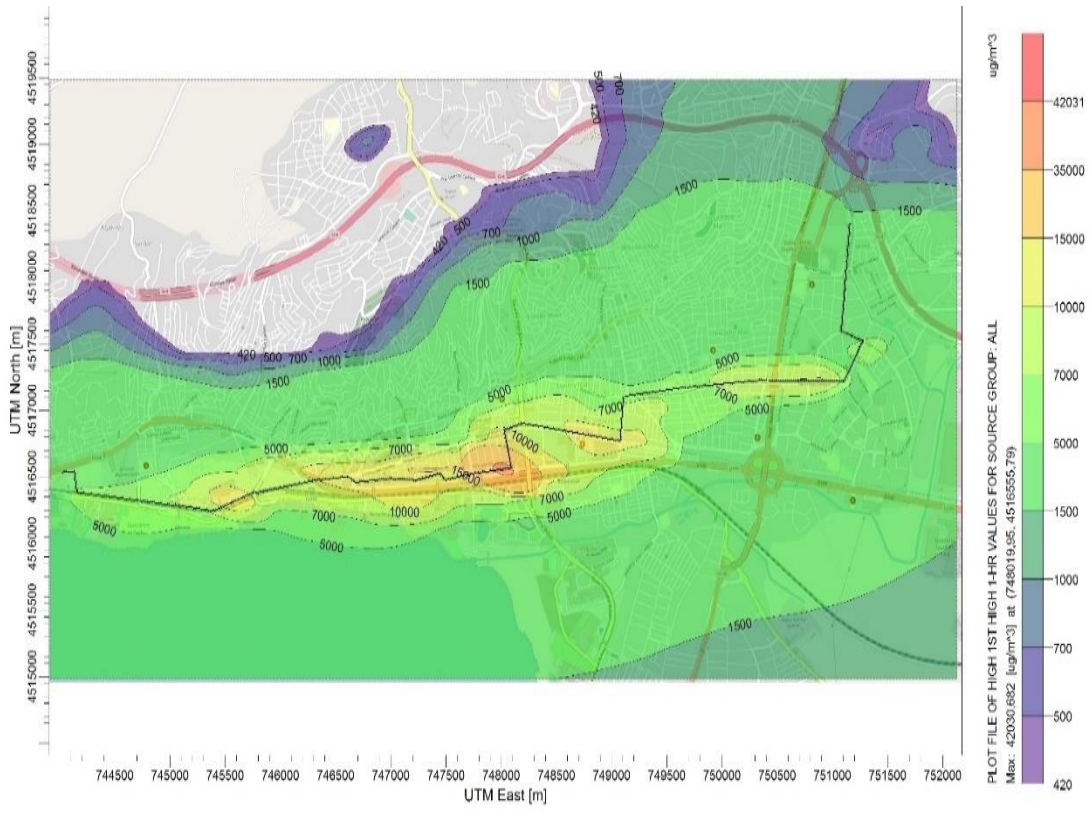
Şekil 9.21 Tramvay öncesi için saatlik NOx emisyonunun atmosferik dağılımı



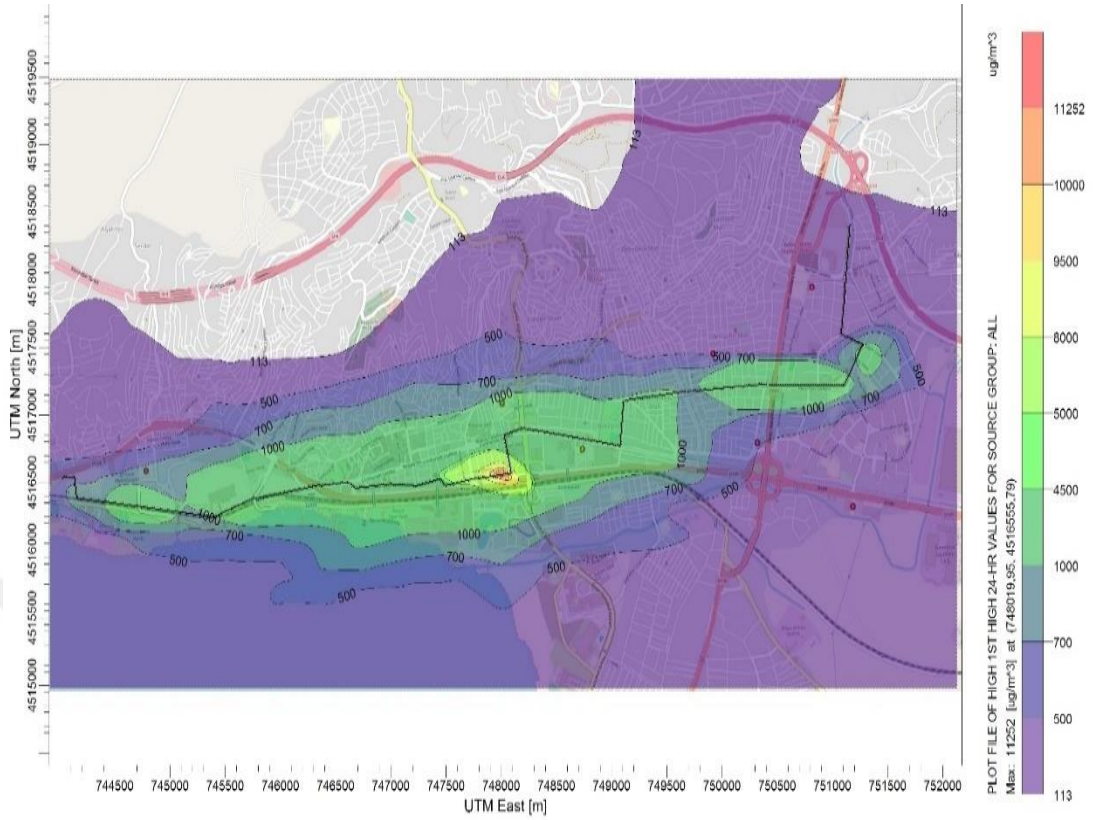
Şekil 9.22 Tramvay öncesi için günlük NOx emisyonunun atmosferik dağılımı



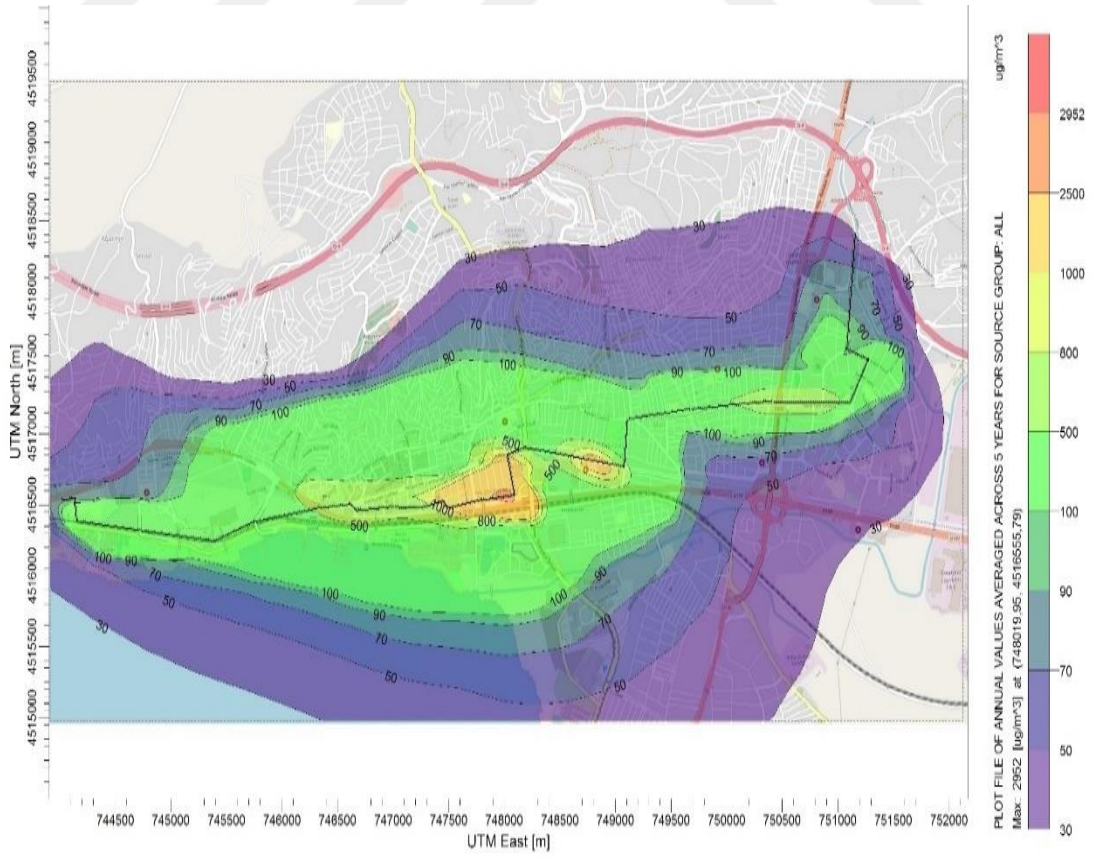
Şekil 9.23 Tramvay öncesi için yıllık NOx emisyonunun atmosferik dağılımı



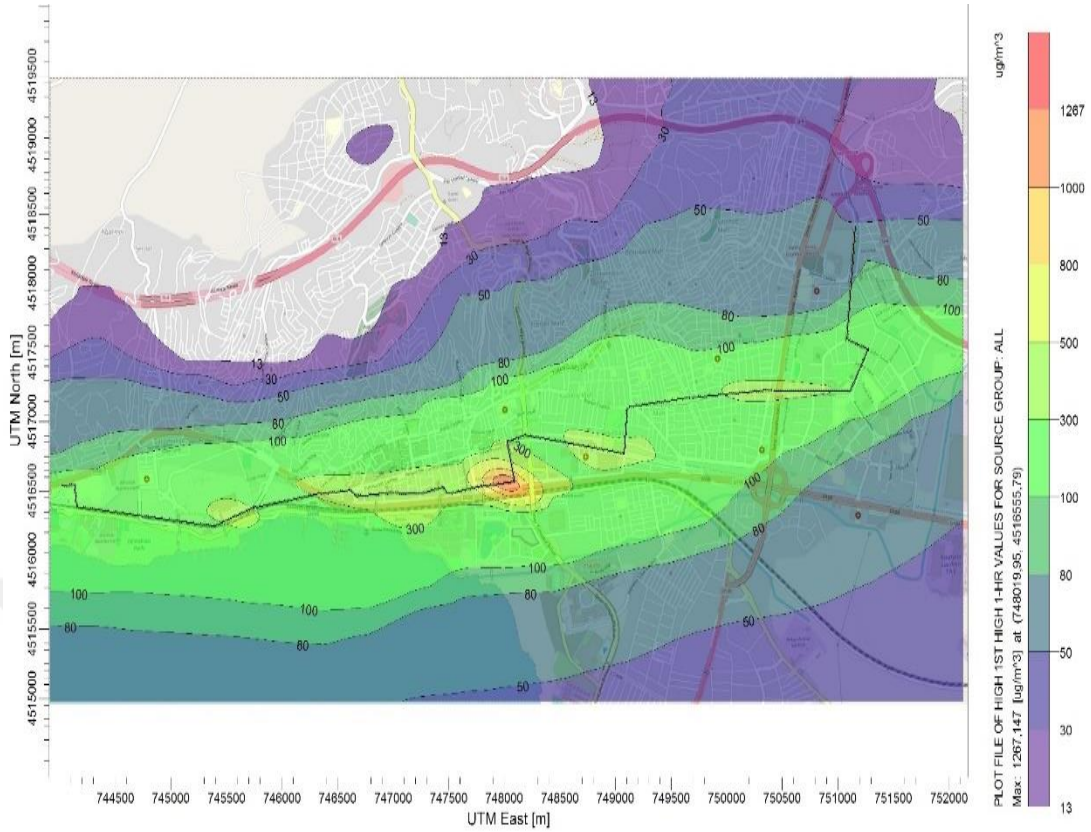
Şekil 9.24 Tramvay sonrası için saatlik NOx emisyonunun atmosferik dağılımı



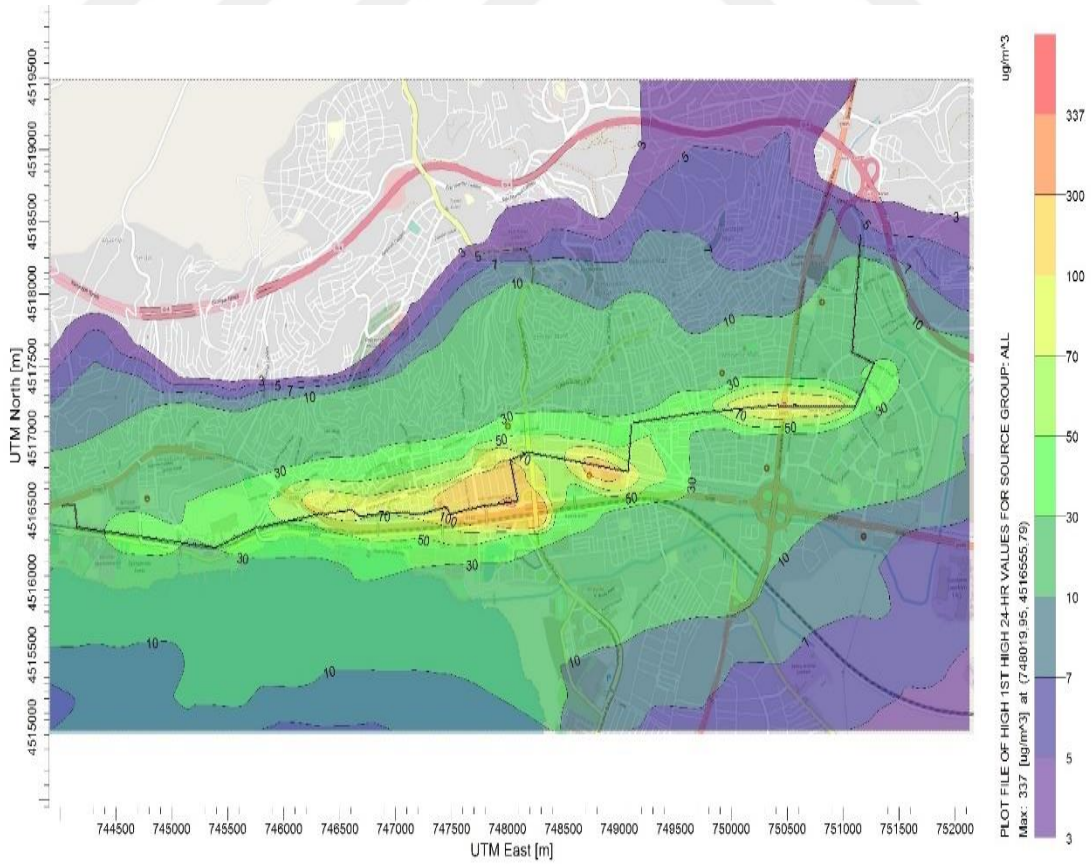
Şekil 9.25 Tramvay sonrası için günlük NOx emisyonunun atmosferik dağılımı



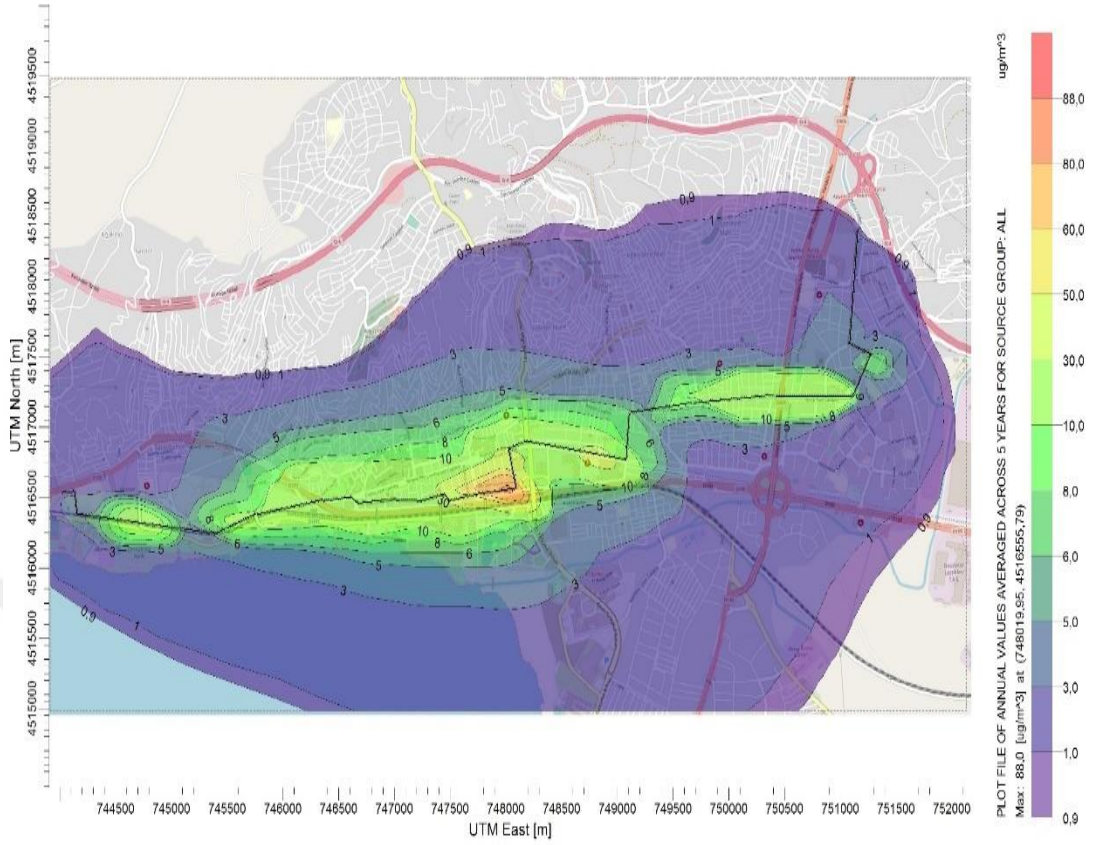
Şekil 9.26 Tramvay sonrası için yıllık NOx emisyonunun atmosferik dağılımı



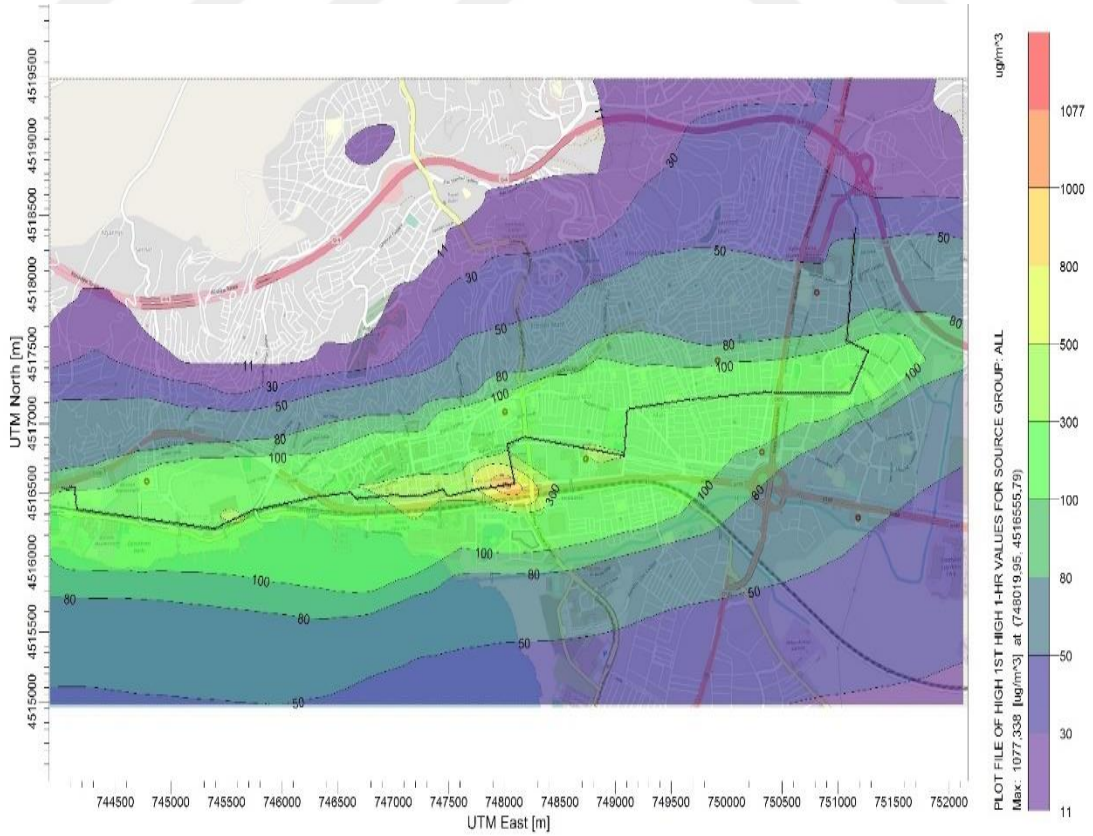
Şekil 9.27 Tramvay öncesi için saatlik PM emisyonunun atmosferik dağılımı



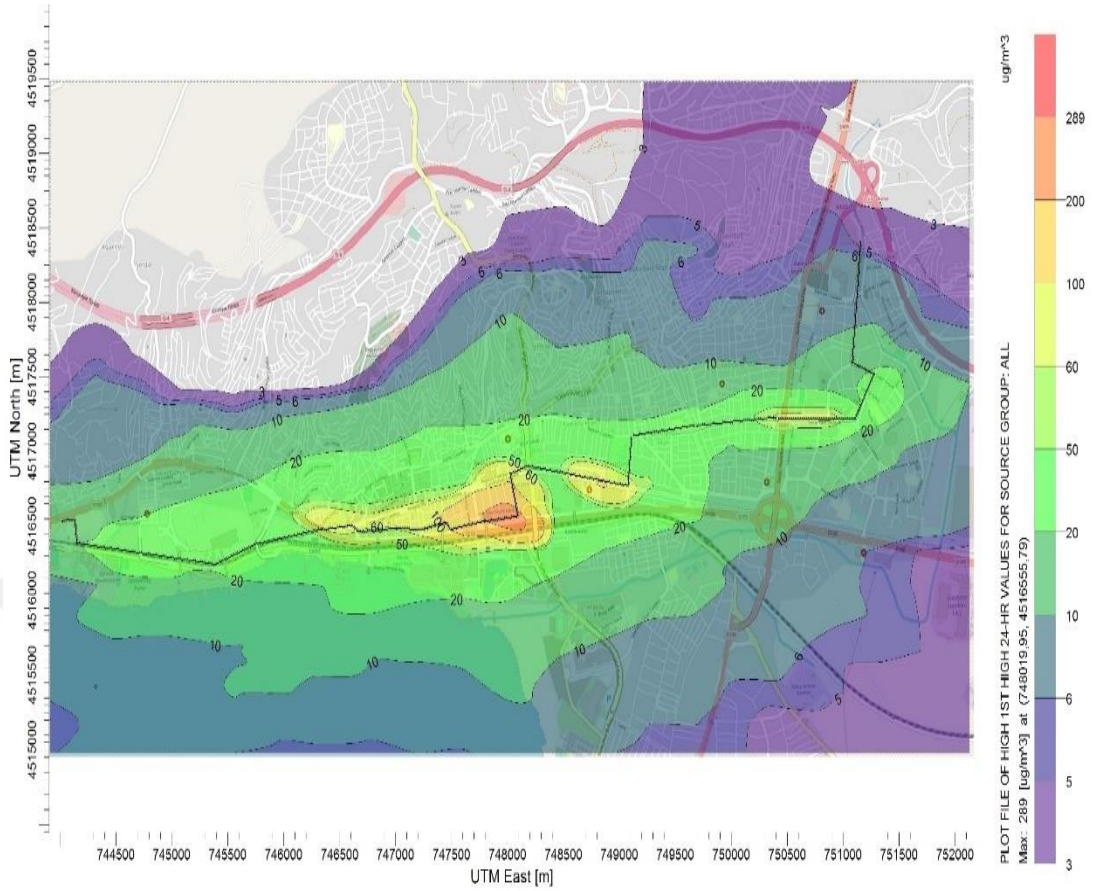
Şekil 9.28 Tramvay öncesi için günlük PM emisyonunun atmosferik dağılımı



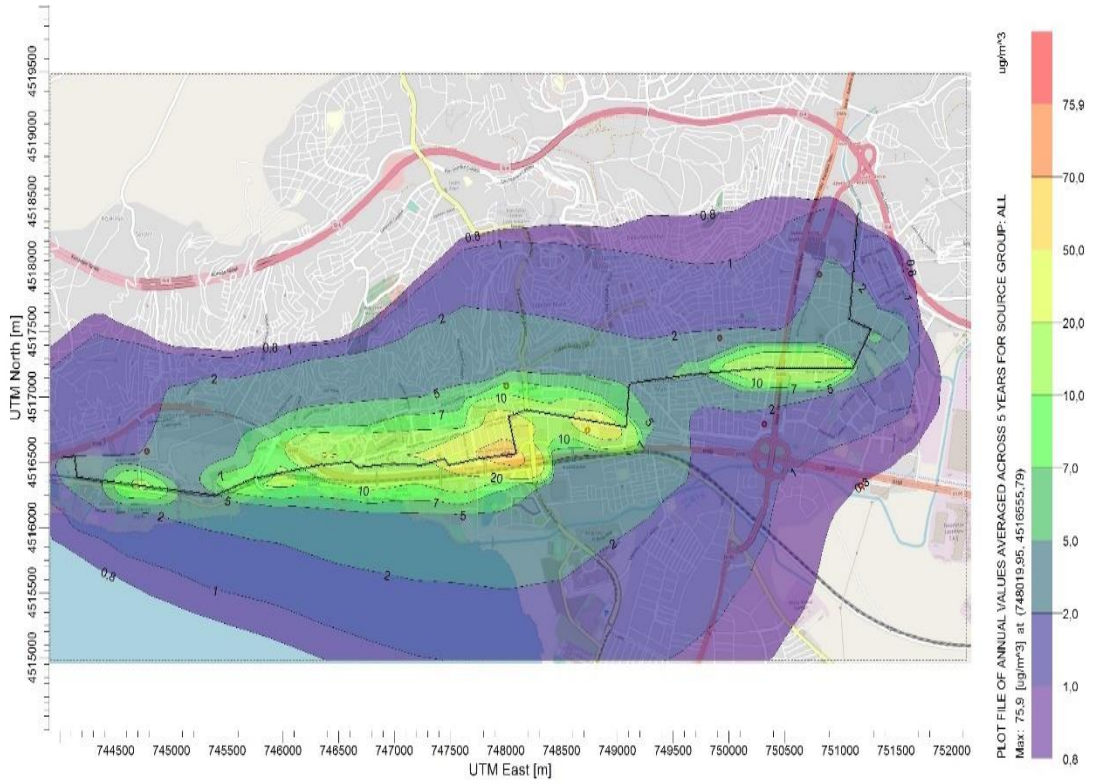
Şekil 9.29 Tramvay öncesi için yıllık PM emisyonunun atmosferik dağılımı



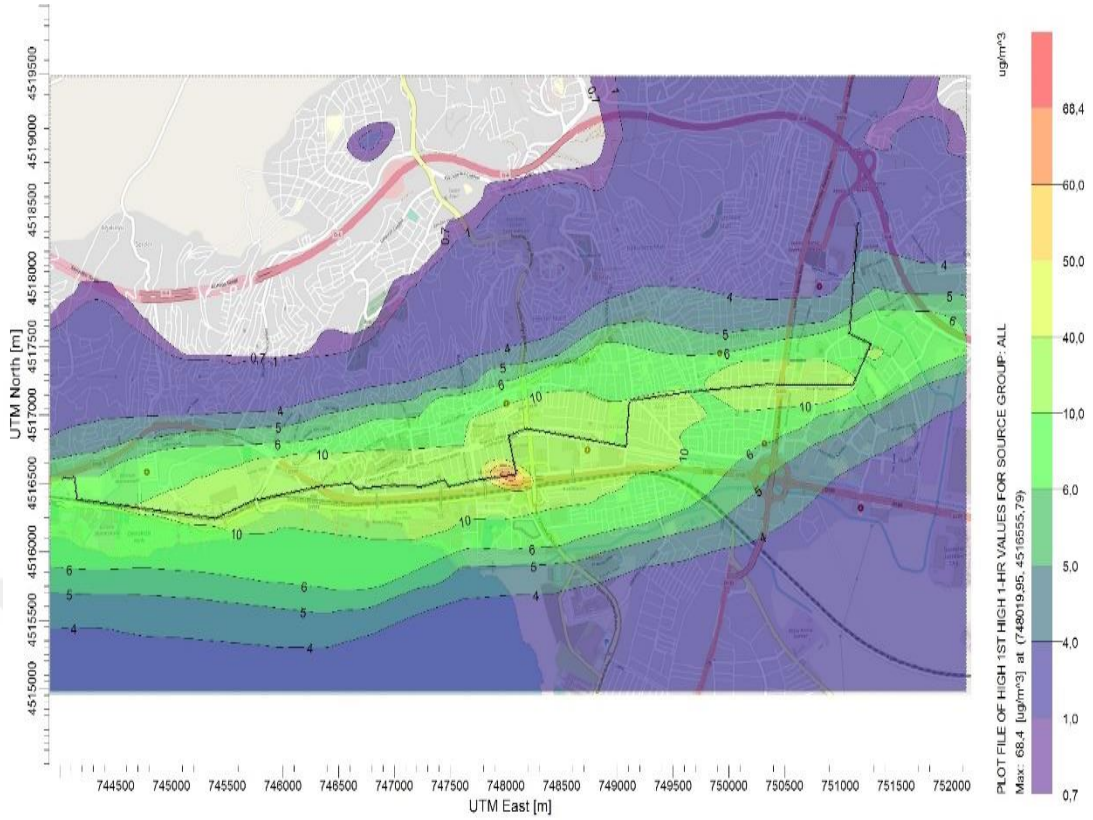
Şekil 9.30 Tramvay sonrası için saatlik PM emisyonunun atmosferik dağılımı



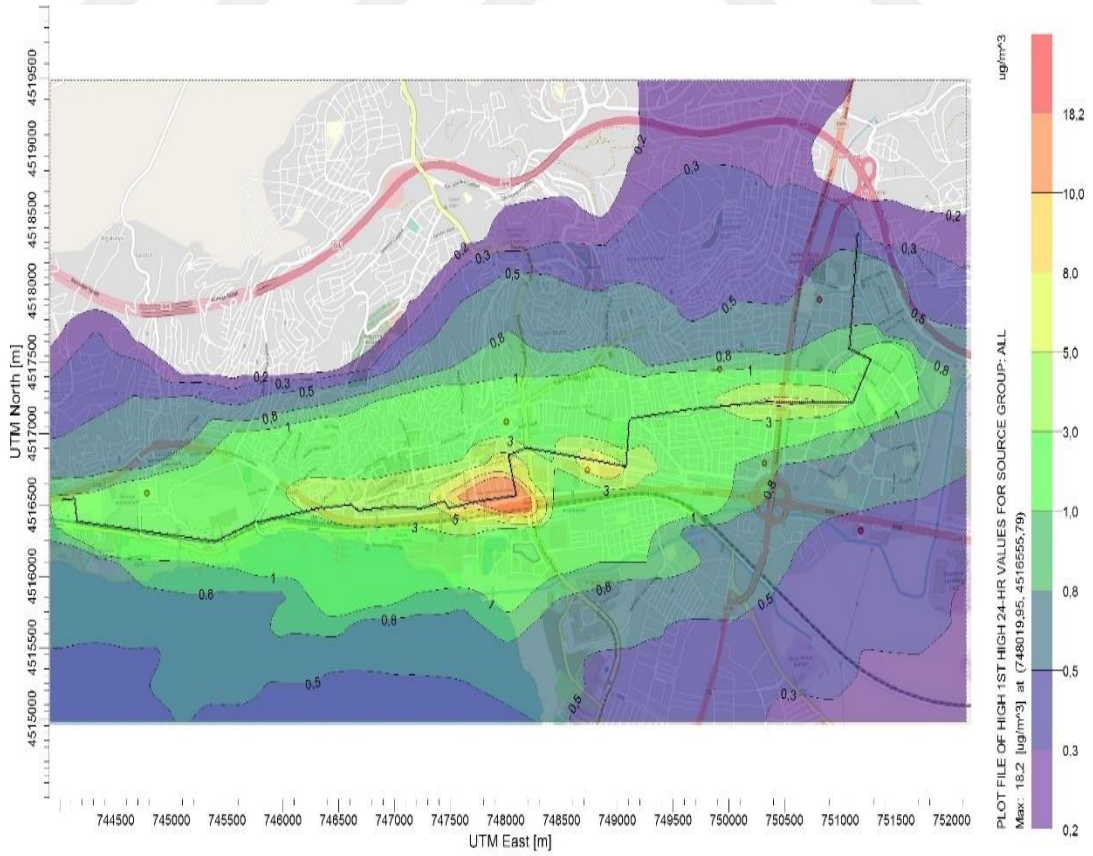
Şekil 9.31 Tramvay sonrası için günlük PM emisyonunun atmosferik dağılımı



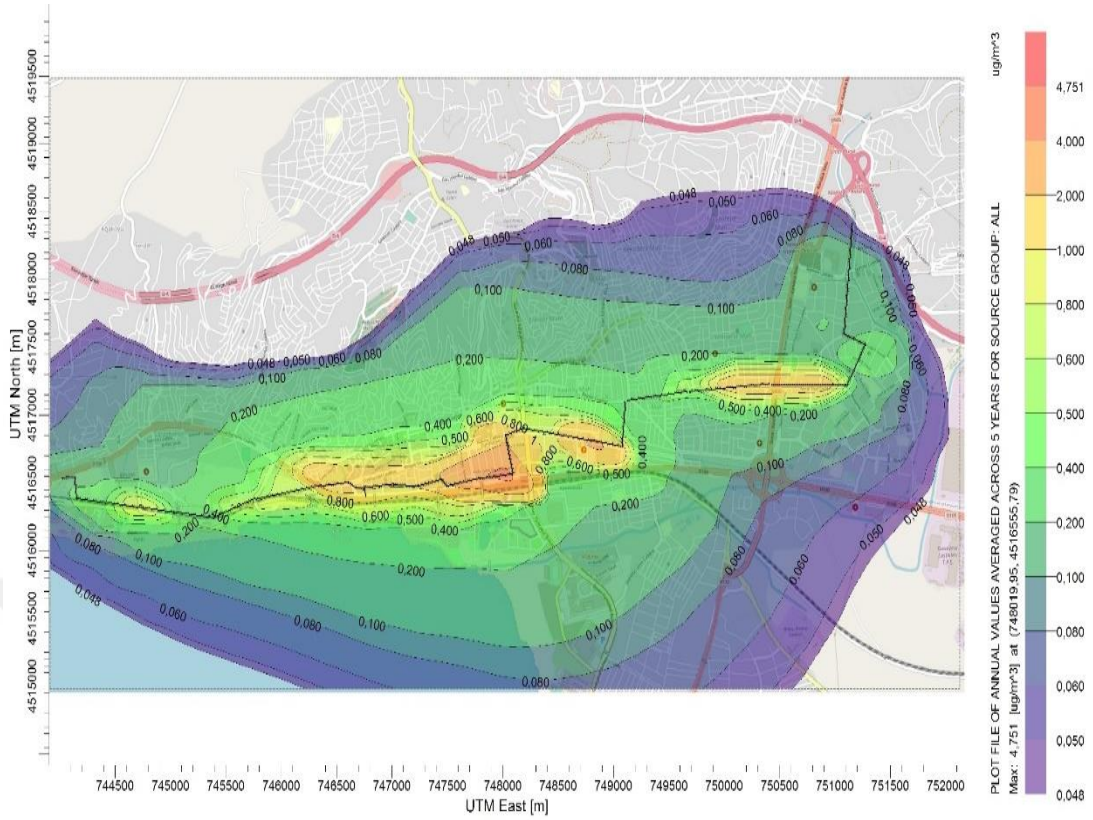
Şekil 9.32 Tramvay sonrası için yıllık PM emisyonunun atmosferik dağılımı



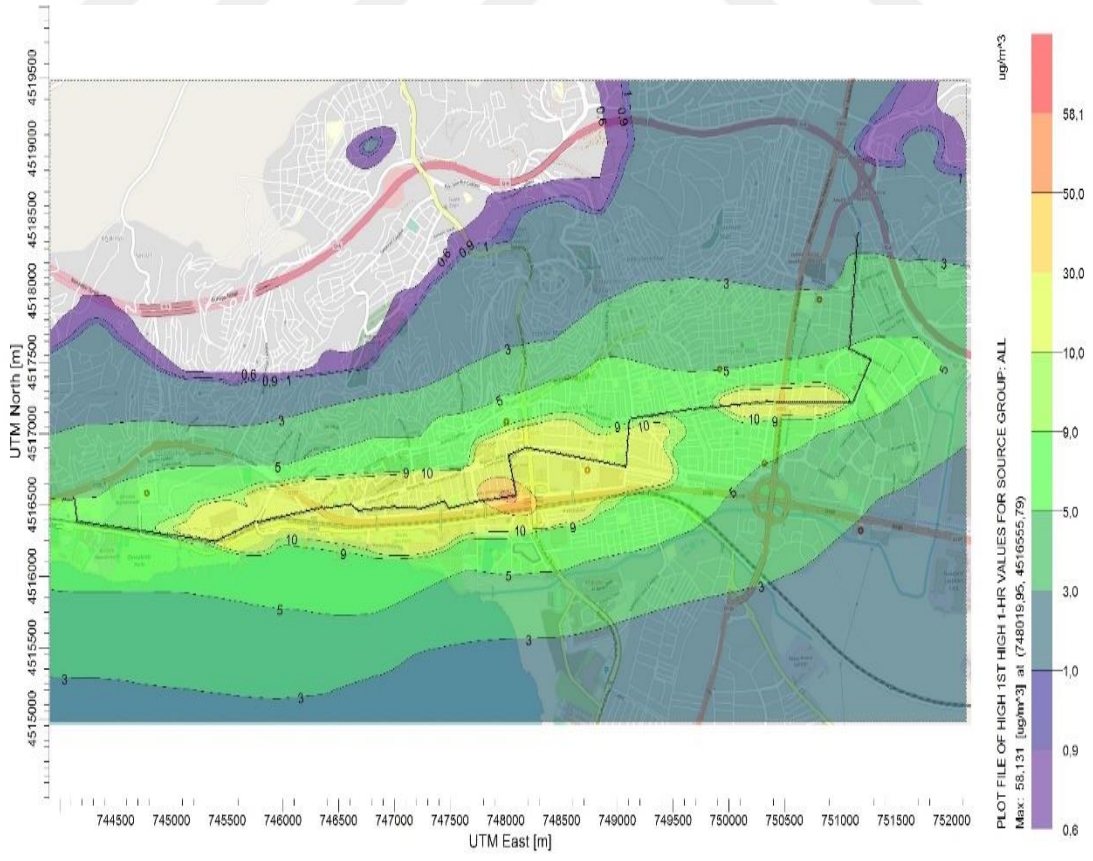
Şekil 9.33 Tramvay öncesi için saatlik N_2O emisyonunun atmosferik dağılımı



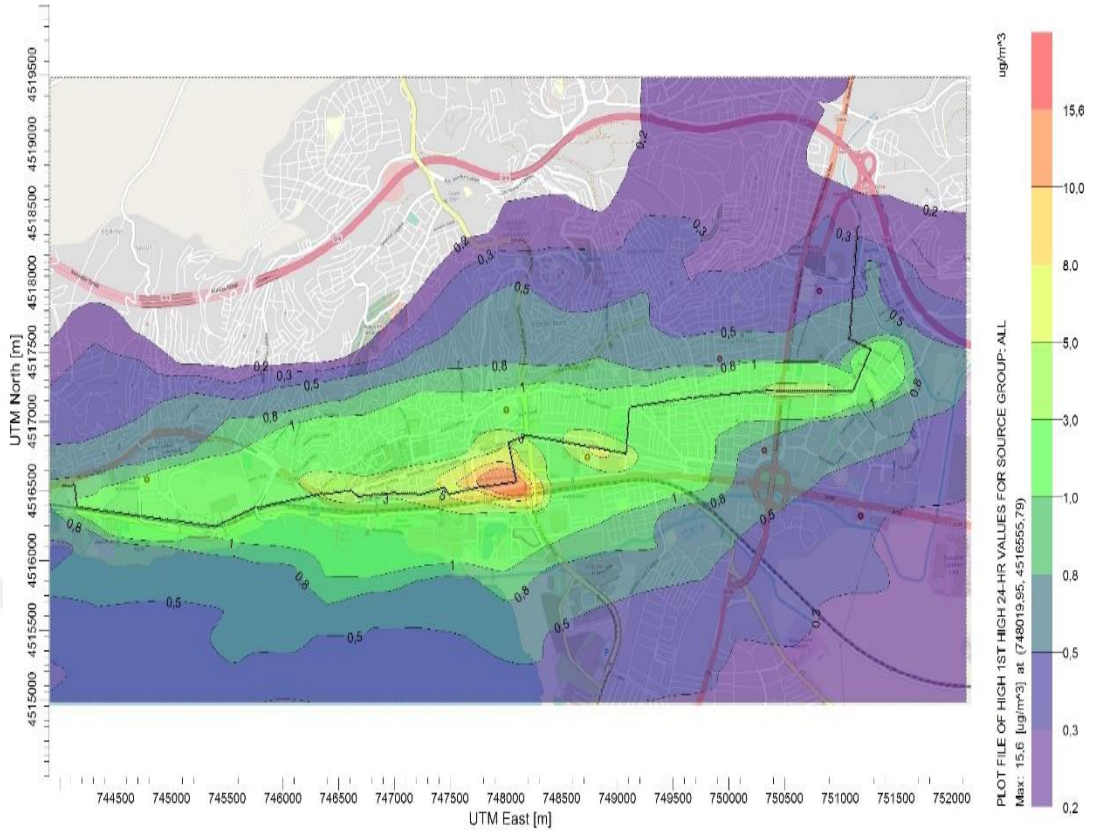
Şekil 9.34 Tramvay öncesi için günlük N_2O emisyonunun atmosferik dağılımı



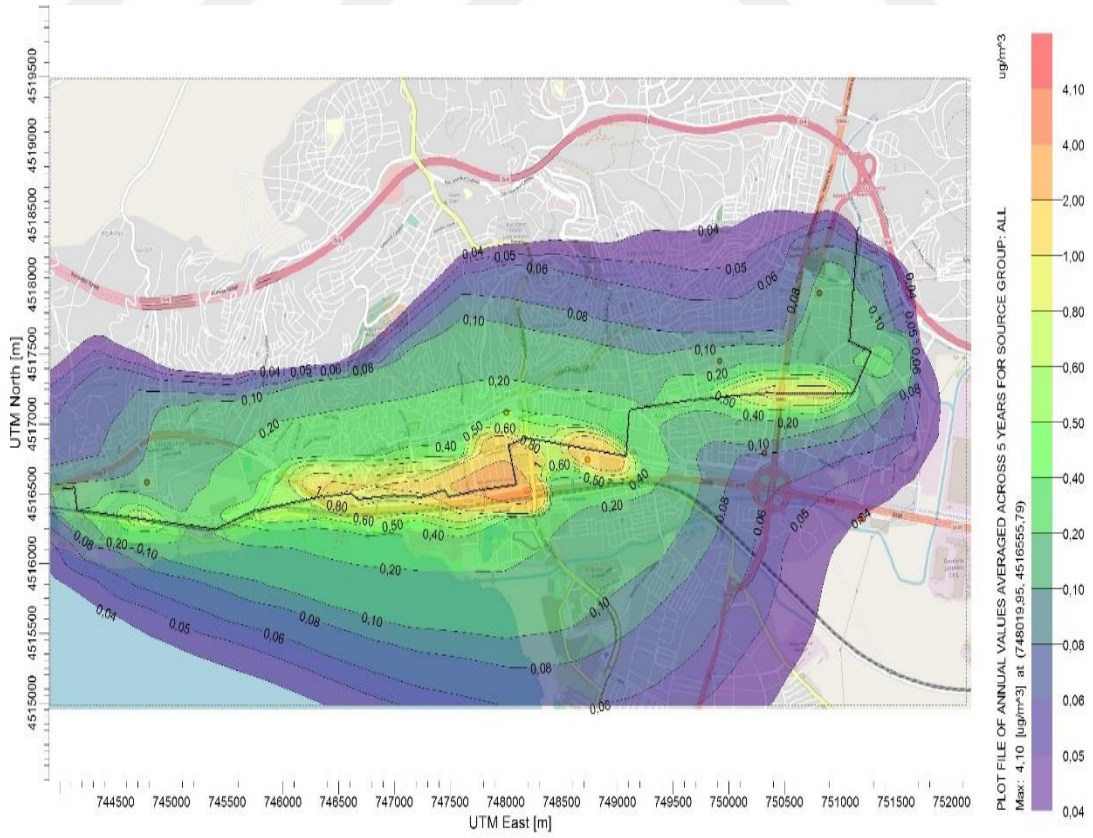
Şekil 9.35 Tramvay öncesi için yıllık N_2O emisyonunun atmosferik dağılımı



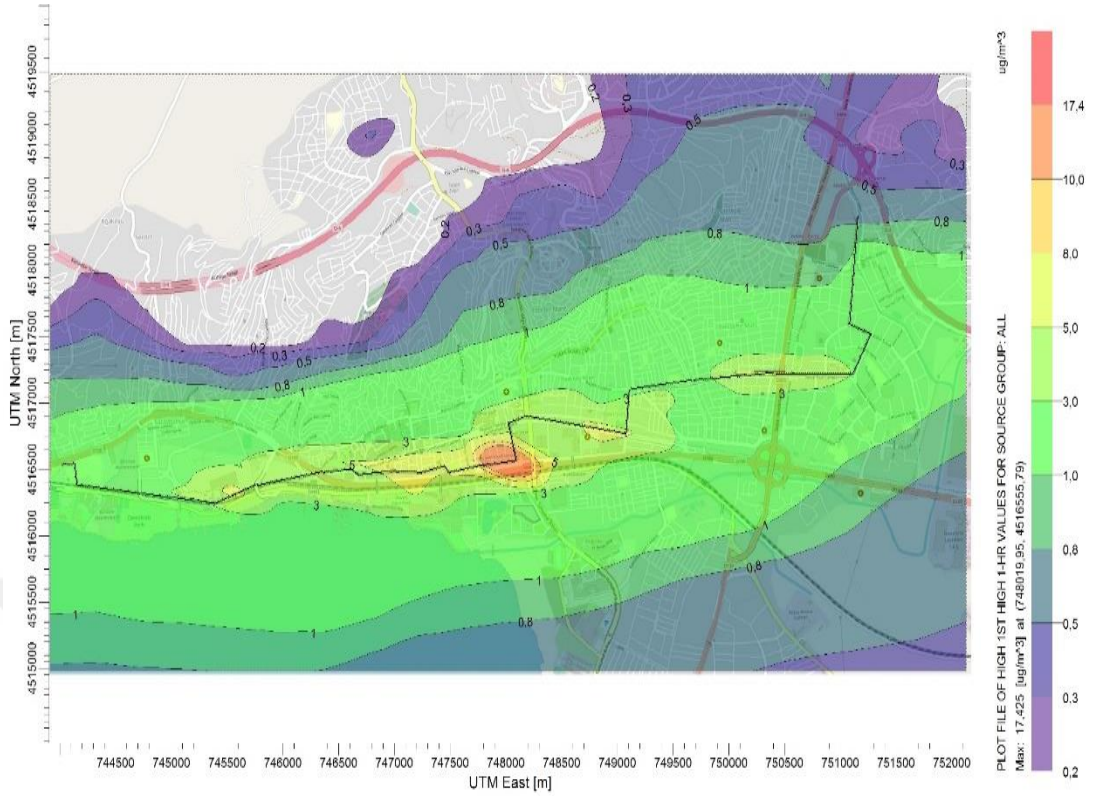
Şekil 9.36 Tramvay sonrası için saatlik N_2O emisyonunun atmosferik dağılımı



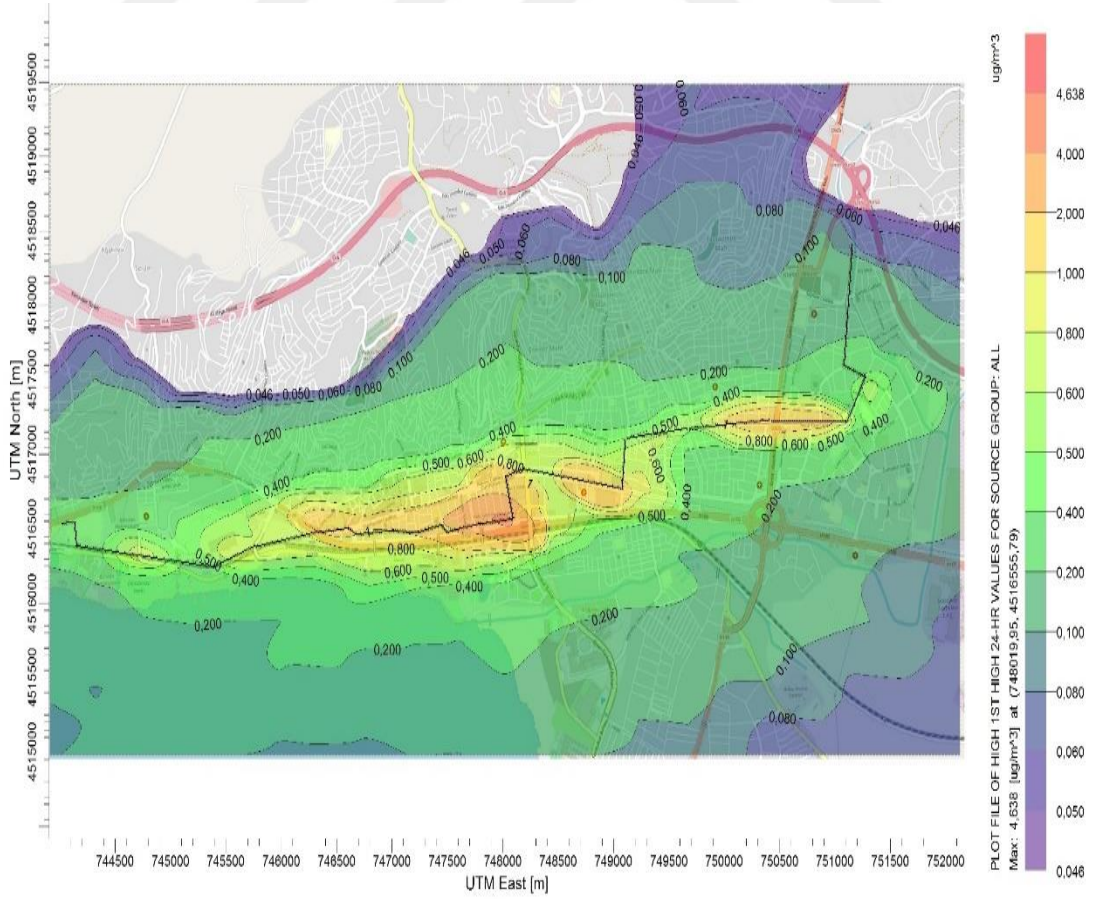
Şekil 9.37 Tramvay sonrası için günlük N_2O emisyonunun atmosferik dağılımı



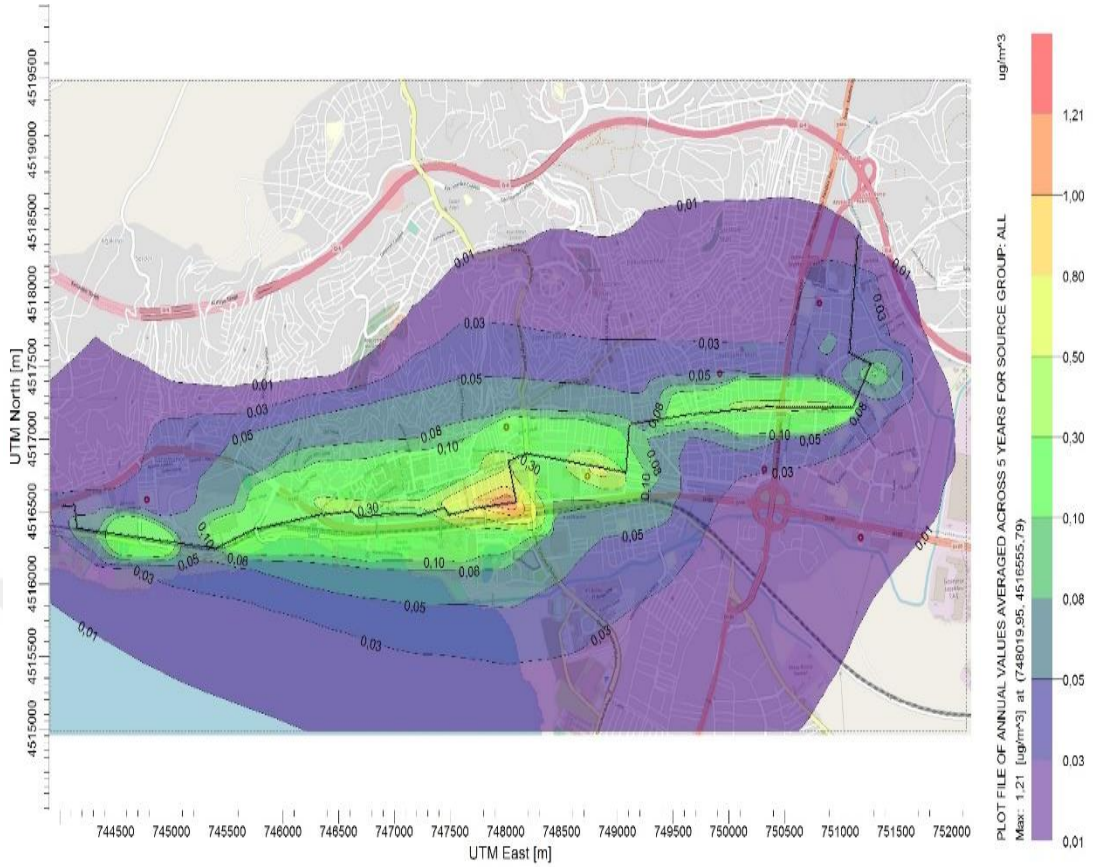
Şekil 9.38 Tramvay sonrası için yıllık N_2O emisyonunun atmosferik dağılımı



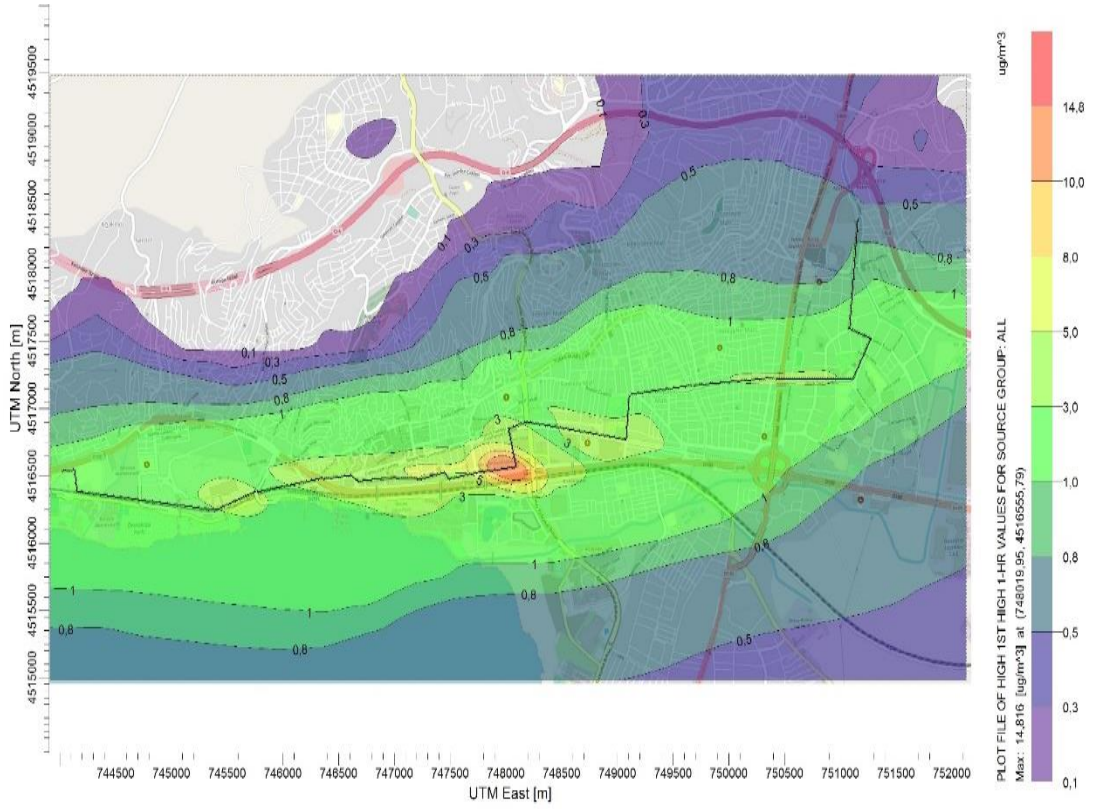
Şekil 9.39 Tramvay öncesi için saatlik NH_3 emisyonunun atmosferik dağılımı



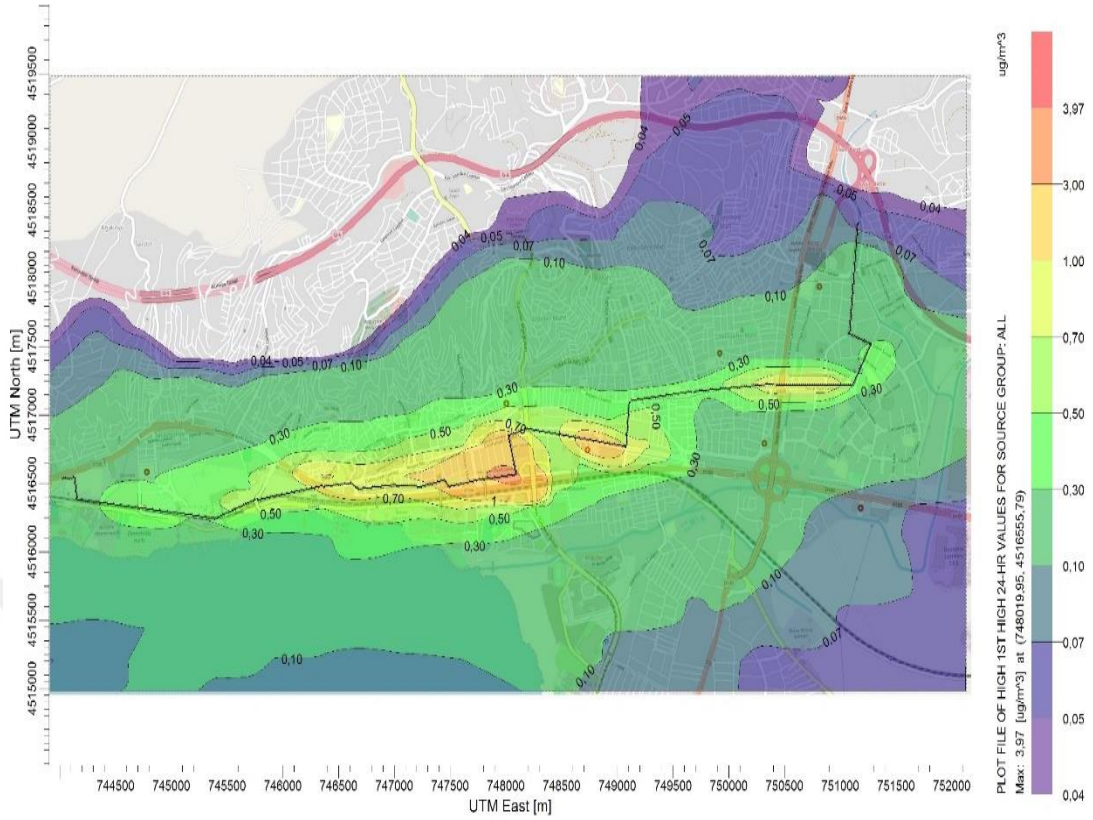
Şekil 9.40 Tramvay öncesi için günlük NH_3 emisyonunun atmosferik dağılımı



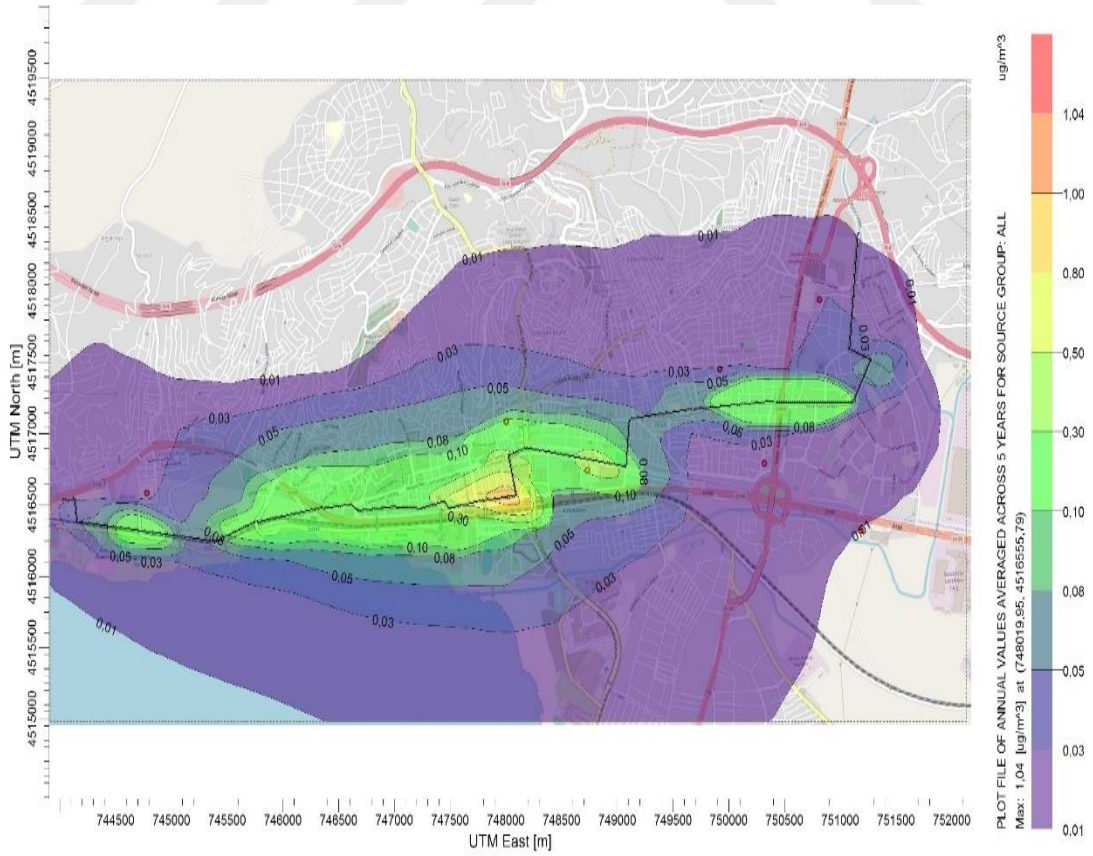
Şekil 9.41 Tramvay öncesi için yıllık NH_3 emisyonunun atmosferik dağılımı



Şekil 9.42 Tramvay sonrası için saatlik NH_3 emisyonunun atmosferik dağılımı

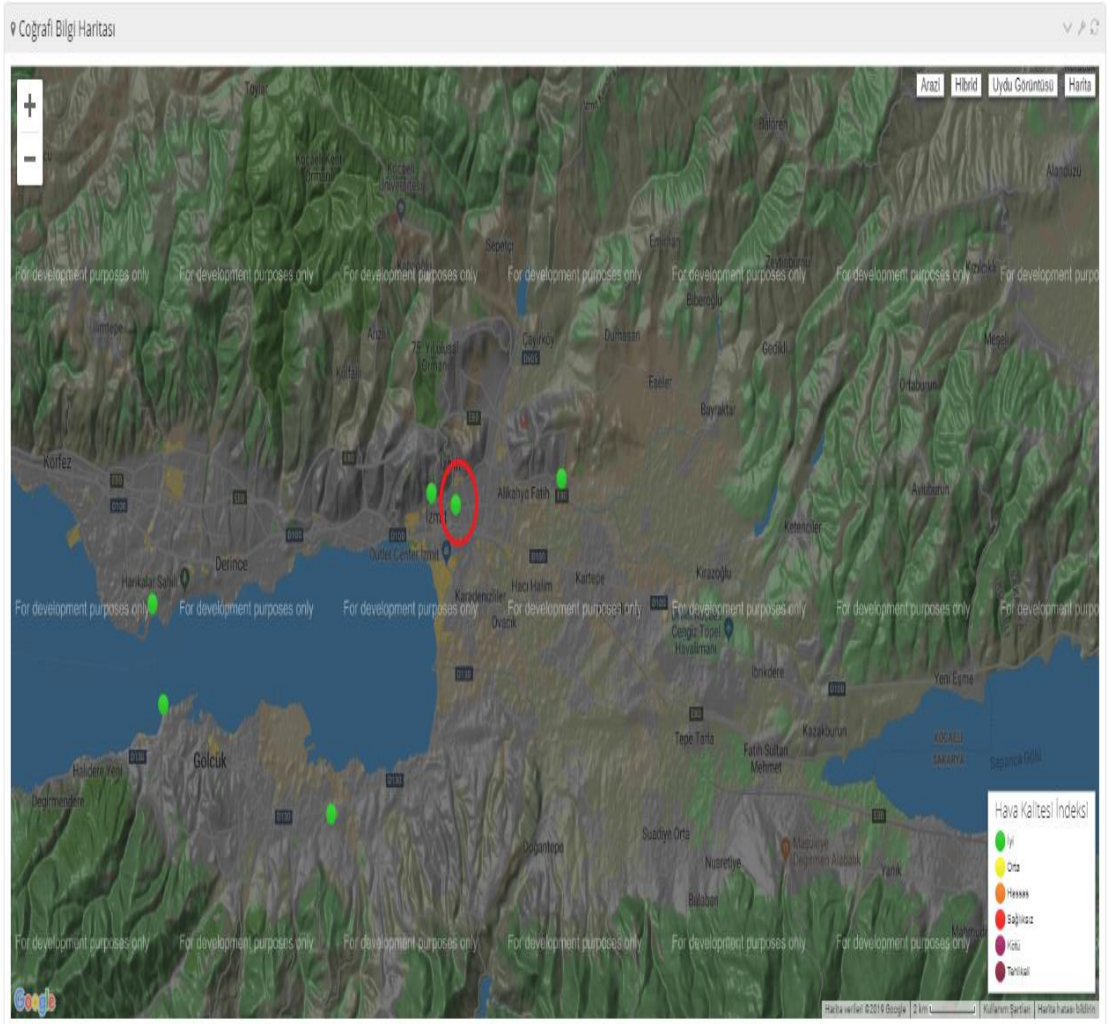


Şekil 9.43 Tramvay sonrası için günlük NH_3 emisyonunun atmosferik dağılımı



Şekil 9.44 Tramvay sonrası için yıllık NH_3 emisyonunun atmosferik dağılımı

Şekil 9.45'de yeri, Tablo 9.1'de değerleri gösterilen Marmara Hava Kalitesi İzleme Ağı, İzmit istasyonundan Mayıs 2017 ve Mayıs 2018 aylık ortalama şeklinde alınan veriler incelenmiş, ortam havası ölçümleri model sonuçları ile kıyaslandığında, NOx için model sonucunun çok yüksek olduğu gözlenmiş ve nedeni incelendiğinde, dizel yakıtlı ağır vasıtalar için Tier 1 emisyon faktörünün 33,370 g/kg yakıt gibi yüksek bir değere sahip olmasının model giriş verisinin yüksek olmasına ve dolayısıyla çıkış değerinin de yüksek olmasına neden olduğu görülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre tramvay öncesi ve sonrası için NO, NO_2, NOx ve CO değerlerinde azalma olduğu ancak PM10 değerinde artış yaşandığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan envanter ve modelleme çalışmalarına ek olarak izleme istasyonları tarafından yapılan ölçümler sonucunda da tramvay çalışması sonrasında emisyonlarda azalma olduğu gözlenmiştir. Bu da daha az hava kirliliğine yol açan toplu taşıma sistemlerinin tercih edilmesinin çevresel açıdan önemini açıkça göstermektedir.



Şekil 9.45 Marmara Hava Kalitesi İzleme Ağı İzmit istasyonu [57].

Tablo 9.1 Marmara Hava Kalitesi İzleme Ağı, İzmit istasyonu Tramvay öncesi ve sonrası verileri [57].

	Tramvay Öncesi	Tramvay Sonrası	Tramvay Öncesi	Tramvay Sonrası	Tramvay Öncesi	Tramvay Sonrası	Tramvay Öncesi	Tramvay Sonrası	Tramvay Öncesi	Tramvay Sonrası
Emisyon	PM10		NO		NO_2		NOx		CO	
Birim	µg/m³		µg/m³		µg/m³		µg/m³		µg/m³	
Ortalama	50,20	54,54	37,11	31,02	50,28	39,10	107,06	86,69	794,35	486,24
% Değişim	8,65%		16,40%		22,23%		19,02%		38,79%	

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada incelemeler sonucunda, yakıt tipleri açısından incelendiğinde, dizel otobüslerin sayılarının doğal gazlı otobüs sayılarına oranla daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bu da emisyonlar açısından dezavantajdır. Çünkü dizel otobüslerin oluşturduğu emisyonlar doğal gazlı otobüslerinkinden daha fazladır. Gelişen teknolojiyle motorlu taşıtların yakıtlarının daha az zararlı olanlar ile değiştirilmesi ve devletlerin insanları bu araçlara teşvik edici politikalar izlemesi emisyon miktarlarının düşmesini sağlayabilir. Bakker ve Konings'e göre; devletler hava kirliliği ve iklim kaygılarını dikkate alarak sıfır atıklı otobüs kullanımına destek vermelidir[50].

Bu çalışmadaki temel amaç toplu taşıma aracı olarak kullanılan tramvay ile otobüsün oluşturduğu emisyon farklarının hesaplanmasıdır.

Tramvay sistemlerinin emisyon açısından avantajlı hale gelmesi, kent içi ulaşımda önceliğin toplu ulaşım araçlarında olduğu bilincinin benimsetilmesi ve insanların özel araçlarını kullanma alışkanlıklarından vazgeçirilmesiyle mümkün olacaktır ki bu sayede hem trafik sıkışıklıkları olmayacaktır hem de otopark açısından yetersiz bölgelerdeki park sorunu ortadan kalkacaktır. İnsanların toplu taşımaya daha kolay adapte olabilmelerinin en temel koşulu alternatif toplu taşıma araçları vasıtası ile zamandan tasarruf ettirmek ile mümkündür. Bu yüzden metro, metrobüs, vapur gibi alternatif toplu taşıma araçları iç içe ve birbirleriyle uyumlu şekilde çalışmalıdır. Kent içindeki cazibe merkezlerine daha sık sefer yapılması, durak yerlerinin yerleşimlerinin toplumun ihtiyaçlarına göre belirlenmesi, kent içinde otomobil kullanmayı zorlaştırıcı hale getirilmesi, toplu taşıma araçlarının seferlerinin gece de devam ettirilmesi ve toplu taşıma araçları seçilirken daha rahat ve konforlu olanlarının seçilmesi gibi örnekler ile insanları toplu taşımaya teşvik edinilebilir. Ayrıca tramvay güzergâhının, planlama aşamasında olası trafik sıkışıklıklarının göz önünde bulundurularak belirlenmesi ve araç trafiğini kötü yönde etkilememesi de emisyonların azalması açısından son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

[1] URL-1: www.tuik.gov.tr/ (Ziyaret tarihi: 13 Nisan 2018).

[2] Öztürk Z., İstanbul'da Karayolu Yolcu Taşımacılığında Elektrikli Araç Kullanımının İncelenmesi, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2018, **5**(2), 367-386.

[3] Choudhary P., Srivastava R.K., De S., Integrating Greenhouse Gases (Ghg) Assessment for Low Carbon Economy Path: Live Case Study of Indian National Oil Company, *Journal of Cleaner Production*, 2018, **198**, 351-363.

[4] Liu F., Zhao F., Liu Z., Hao H., The Impact of Fuel Cell Vehicle Deployment on Road Transport Greenhouse Gas Emissions: The China Case, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2018, **43**(50), 22604-22621.

[5] Şenlik İ., Kent İçi Raylı Ulaşım Sistemlerinin Değerlendirilmesi, http://www.emo.org.tr/ekler/7ccd0ae17c4c6a8_ek.pdf?dergi=920/ (Ziyaret Tarihi: 17 Aralık 2018).

[6] Baştürk G., Kent İçi Raylı Toplu Taşıma Sistemleri İncelemesi Ve Dünya Örnekleri İle Karşılaştırılması, Ulaştırma Ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, Ulaştırma, Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara, 2014.

[7] Türkeş M., Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen Ve Öngörülen Değişiklikler, *Su Vakfı*, 2008, **1**, 26-37.

[8] Gülhan H., Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinden Kaynaklanan Sera Gazı Salınımının Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.

[9] Karadağ H., Sera Gazı Emisyonları İle Mücadelede Uluslararası Ticaret Bağlantılı Uygulamalar, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2016, **31**, 33-46.

[10] Bayraç H.N., Doğan E., Türkiye'de İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü Üzerine Etkileri, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2016, **11**(1), 23-48.

[11] Akın G., Küresel Isınma, Nedenleri, Ve Sonuçları, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 2006, **46**(2), 29-43.

[12] F. E. Kayhan, G. Kaymak, Ş.Tartar, C. Akbulut, H. E. Esmer, Ertuğ N.D.Y., Küresel Isınmanın Balıklar Ve Deniz Ekosistemleri Üzerine Etkileri, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2015, **31**(3), 128-134.

[13] IPCC, Climate Change and Biodiversity, IPCC Technical Paper V, 2002.

[14] Türkeş M., Küresel İklimin Geleceği Ve Kyoto Protokolü, *Jeopolitik,* 2006, **29**, 99-107.

[15] Öztürk K., Küresel İklim Değişikliği Ve Türkiye'ye Olası Etkileri *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2002, **22**, 47-65.

[16] Kılıç C., Küresel İklim Değişikliği Çerçevesinde Sürdürülebilir Kalkınma Çabaları Ve Türkiye, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2009, **10**, 19-41.

[17] Akman G., Alkan A., İzmit Kent İçi Ulaşımda Alternatif Toplu Taşıma Sistemlerinin Aksiyomlarla Tasarım Yöntemi İle Değerlendirilmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2016, **22**(1), 54-63.

[18] Akbulut F., Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması Ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri, *Kastamonu Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2016, **11**, 336-355.

[19] Akad M., Gedizlioğlu E., Toplu Taşıma Türü Seçiminde Simülasyon Destekli Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı, *İtü Dergisi/ Mühendislik*, 2007, **3**(1), 88-98.

[20] Gardner G., Choosing a Mass Transit System for a Developing City, *Proceedings of the 7th World Conference on Transport Research*, 1995, **3**, 113-122.

[21] Elsom D., Managing Urban Air Quality, *London*, 1996, 110-140.

[22] Öztürk G., Düzce İlinde Trafikten Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 2006.

[23] Polat E.E., Gaziantep'in Trafik Kaynaklı Hava Kirliliğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2006.

[24] Bayram H, Dörtbudak Z, Evyapan F F., Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde Ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu, *Dicle Tıp Dergisi*, 2006, **33**(2), 105-112.

[25] Sağlık Bakanlığı, Türkiye'nin Hava Kirliliği Ve İklim Değişikliği Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım, T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü 811 No' Lu Yayını, 2010.

[26] Anderson J.R., Aggett F.J., Buseck P.R., Germani M.S., Shattuck T.W., Chemistry of Individual Aerosol Particles from Chandler, *Environ Science and Technology*, 1988, **22**, 811–818.

[27] Belzerova E., Methodical Aspects of Potential Health Risk Assessment Related to Accumilated Waste, *International Symposium on Childeren's Health and Environment*, 2002, 202-207.

[28] Mangır N., İstanbul'da 2010 Yılına Ait Hava Kirliliği Envanterinin Halk Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2014.

[29] Pekin M.A., Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.

[30] Cuci Y., Polat E.E., Gaziantep'in Trafik Kaynaklı Hava Kirliliğinin Belirlenmesi, *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2015, **18**(2), 1-15.

[31] Mutlu A., Balıkesir Şehir Merkezinde Trafik Kaynaklı Hava Kirliliği Seviyelerinin Analizi *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi,*, 2019, **21**(1), 152-168.

[32] Demirel H., Ateş A., Sapanca Gölü Çevresinde Karayolu Trafiğinden Kaynaklanan Hava Kirleticilerinin Emisyon Envanteri, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2018, **22**(2), 150~158.

[33] Onat B., Sahin Ü.A., Trafik Kaynaklı Partikül Madde Boyutlarının Ve Siyah Duman İle İlişkisinin Araştırılması, *Ekoloji*, 2012, **21**, 77-83.

[34] Topçu L., Çevirgen M.S., Soruşbay C., Ergeneman M., Şehiriçi Alternatif Ulaşım Sistemlerinın Sera Gazı Emisyonları Açısından İncelenmesi, *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, Hatay, Türkiye, 22- 25 Ekim 2008.

[35] Chai J., Yang Y., Wang S., Lai K.K., Fuel Efficiency and Emission in China's Road Transport Sector: Induced Effect and Rebound Effect, *Technological Forecasting and Social Change*, 2016, **112**, 188-197.

[36] Lv W., Hu Y., Li E., Liu H., Pan H., Ji S., Hayat T., Alsaedi A., Ahmad B., Evaluation of Vehicle Emission in Yunnan Province from 2003 to 2015, *Journal of Cleaner Production*, 2019, **207**, 814-825.

[37] Sun S., Jiang W., Gao W., Vehicle Emission Trends and Spatial Distribution in Shandong Province, China, from 2000 to 2014, *Atmospheric Environment*, 2016, **147**, 190-199.

[38] Hendricks J., Righi M., Dahlmann K., Gottschaldt K.-D., Grewe V., Ponater M., Sausen R., Heinrichs D., Winkler C., Wolfermann A., Kampffmeyer T., Friedrich R., Klötzke M., Kugler U., Quantifying the Climate Impact of Emissions from Land-Based Transport in Germany, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2018, **65**, 825-845.

[39] Elbir T., Bayram A., Kara M., Altıok H., Seyfioğlu R., Ergün P., Şimşir S., İzmir Kent Merkezinde Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Hava Kirletici Emisyonlarının Belirlenmesi, *Hava Kirliliği Ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, Hatay, Türkiye, 22- 25 Ekim 2008.

[40] Şanlı H., Çanakcı M., Dizel Motorlar Için Yükselen Bir Alternatif Yakıt: Biyodizel, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, Mersin, Türkiye, 19-21 Ekim 2005.

[41] Yuan R.-Q., Tao X., Yang X.-L., Co2 Emission of Urban Passenger Transportation in China from 2000 to 2014, *Advances in Climate Change Research*, 2019.

[42] Saatçioğlu T., Marmaray Projesi ile Trafikten Çekilecek Otomobil Sayısının İstanbul'da Hava Kalitesine Yapacağı Etkinin ve Model ile Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010.

[43] Hu J., Wood R., Tukker A., Boonman H., de Boer B., Global Transport Emissions in the Swedish Carbon Footprint, *Journal of Cleaner Production*, 2019, **226**, 210-220.

[44] KBB, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Toplu Taşıma Dairesi Başkanlığı, Kocaeli, 2017.

[45] URL-2: https://earth.google.com/web/ (Ziyaret tarihi: 18 Kasım 2018).

[46] Aydın Ç., Doğalgazlı Taşıtların Geliştirilmesi Ve Benzinli Taşıtlarla Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.

[47] EMEP/EEA, Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016–Last Update June 2017, https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016/ (Ziyaret Tarihi: 13 Kasım 2018).

[48] İGDAŞ, Doğalgazın Araçlarda Kullanımı, İstanbul, 2009,

[49] Tektanıl M., Toplu Taşımadaki Doğalgazlı Otobüslerin Karbondioksit Emisyonlarına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.

[50] Bakker S., Konings R., The Transition to Zero-Emission Buses in Public Transport – the Need for Institutional Innovation, *Transportation Research Part D: Transport And Environment*, 2018, **64**, 204-215.

[51] Brode R.W., AERMOD Technical Forum, EPA R/S/L Modelers Workshop, California, ABD, 2006.

[52] Laffoon C., Rinaudo J., Soule R., Bowie T., Developing State-Wide Modeling Guidance for the Use of Aermod a Workgroup's Experience, 2005, 3-17.

[53] Karvounis G., Deligiorgi D., Philipopoulos K., On the Sensitivity of the Aermod to Surface Parameters under Various Anemological Conditions, Proceedings of the 11th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Greece, 2006.

[54] Erdoğan E., Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinde Modellerin Kullanımının Karar Verme Sürecindeki Rolü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.

[55] URL-3: https://www.weblakes.com/products/air_dispersion.html/ (Ziyaret tarihi: 22 Mayıs 2018).

[56] URL-4: https://www.ulasimpark.com.tr/Tramvay/GuzergahBilgileri.aspx (Ziyaret tarihi: 22 Mayıs 2019).

[57] URL-5: http://laboratuvar.cevre.gov.tr/Default.ltr.aspx (Ziyaret tarihi: 22 Mayıs 2019).

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Bayam M., Doğruparmak Çetin Ş., Toplu Taşımada Tramvay ve Yolcu Otobüslerinin Emisyon Miktarları Açısından Değerlendirilmesi, Kocaeli Örneği, *IMASCONGRESS,* Kocaeli Türkiye, 23-25 Kasım 2018

ÖZGEÇMİŞ

Mücahit Bayam 1987 yılında Kocaeli'nde doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Mimar Sinan İlköğretim okulunda tamamladı. 2002 yılında başladığı Lise öğrenimini Oruç Reis Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra yüksek öğrenimini 2014 yılında Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği'nde tamamladı. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı.