

Kentleşmenin Hava Kalitesi Üzerine Etkisi; Bingöl İli Örneği

Ahmet KOÇ¹, Ahmet CAF², Sevgi YILMAZ¹

ÖZET: Kırsal nüfusun kentlere olan hızlı akımı, kentleri bu konuda hazırlıksız yakalamıştır. Artan nüfusun talebi ile baskılar yaşayan kentlerde çevre sorunlarını artmakta ve kent konforunu etkilemektedir. Artan hava kirliliği Bingöl ilinde yaşam kalitesini düşürmekte özellikle kış aylarında bu olumsuzluklar daha yoğun bir şekilde hissedilmektedir. Hava kirliliği insanoğlunun konforu üzerine olumsuz etkilere neden olmaktadır. İnsan etkilerinden kaynaklanan hava kirliliğinin Bingöl İli üzerindeki etkilerini amaçlayan bu çalışma 2007-2015 yılları arasında 8 yıllık uzun zamanı kapsayan uzun vadeli meteorolojik değerlerden yola çıkılarak yapılmıştır. Aynı zamanda araç ve konut sayısındaki değişimler göz önünde bulundurularak hava kalitesiyle arasındaki bağ incelenmiştir. Çalışmada metot olarak istatistiksel yöntemlerle CANOCO veri tabanında ordınasyon analizleri yapılmıştır. Çıkan analiz sonuçlarına göre hava kalitesi üzerindeki değişken elamanlar olan araç sayısı, konut sayısı ve meteorolojik etmenlerin zamansal değişimleri incelenerek geleceğe dair senaryolar üretilmiş ve Bingöl İli için alternatif çözüm önerileri belirtilmiştir. Aynı zamanda çıkan sonuçlara göre Bingöl kent merkezi hava kalitesi yönünden çoğu zaman Uluslar Arası Hava Kalitesinin belirlemiş olduğu sınır değerlerini aşmamıştır.

Anahtar kelimeler: Bingöl, canoco, hava kalitesi, ordınasyon,

Effects of Urbanization on Air Quality; Sample of Bingol City

ABSTRACT: Rapids immigration of rural population to urban population causes nonpreparation of city's population growth. Due to growing population demand, in these cities environmental problems increase and city comfort is influenced. Increasing air pollution causes a downfall in life quality. Especially, in winter season these problems are seen clearly. Air pollution causes negative effects on people's comfort. This study aiming to find effects of air pollution on Bingol city which is caused by people's effects. It was made between 2007-2015 years. This octennical study was proceeded with long term meteorological values, also considering the number of changes in vehicle and housing the tie between air quality was investigated. As a work description, with statistical methods ordination analysis were made in CANOCO database. According to the analysis result, numbers of vehicle and housing which are changeable factors on air quality and timewise alteration of meteorological factors were investigated. Therefore, prospectively scenarios were made and solution offers were stated. At the same time, according to study result of Bingol city center; air quality does not exceed the limit values of International Air Quality.

Key words: Air quality, bingol, canoco, ordination,

¹ Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı, Erzurum, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Peyzaj ve Süs Bitkileri, Bingöl, Türkiye

³ Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ahmet CAF, acaf@bingol.edu.tr

GİRİŞ

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kırsal nüfus sürekli kentsel mekânlara göç eğilimi içinde bulunmaktadır. Geçtiğimiz son 20 yıl içerisinde dünya nüfusun % 50'sinden fazlası kentsel alanlarda yaşamaya başlamışlardır, 2050 yılında bu oranın %70 olacağı tahmin edilmektedir. Avrupa da ise bu nüfusun şu an %75 i kentsel mekânlarda yaşamaktadır (Gan et al., 2012). Kentsel mekânların bu denli nüfusunun fazla artması, kent içinde enerji tüketiminin artmasıyla fosil yakıt kullanımının oranını yükseltmektedir (Zhang and Cao, 2015; Xu et al., 2016). İnsanlar fosil yakıt kullanımı daha çok ısınma ve ulaşım gibi gereksinimlerde kullanmaktadır. Fosil yakıtlar aynı zamanda atmosferde sera gazı emisyonlarını artırmaktadır (Bauer et al., 2015). Dünya genelinde büyük kentlerde hava kirliliği büyük bir sorun haline gelmiştir. Dünya sağlık örgütünün istatistiksel verilerine göre her yıl yaklaşık olarak 3,1 milyon insanın hava kirliliğinden ve buna bağlı kaynaklanan sorunlardan öldüğü belirtilmiştir (Khodakarami and Ghobadi, 2016). Hava kirletici etmenlerden kaynaklı partikül maddeler dış ortamlarda uzun süreli havada asılı bir şekilde kalabilir (Kim et al., 2016). Havada asılı kalan zararlı maddeler insanları sağlık yönünden savunmasız bir şekilde yakalayıp olumsuz etkilemektedir (Berggren et al., 1990; Lippmann et al., 2006; Lippmann and Chen, 2009; Bollati et al., 2010; Kim et al., 2016). Bu olumsuz etkiler insanlarda kalp hastalıkları riskini, solunum yetersizliği ve solunuma kaynaklı hastalıkları tetiklemekte ve yol açmaktadır (Lin et al., 2002; Kampa and Castanas, 2008; Shuster-Meiseles et al., 2016). Kent içerisindeki hava kütleleri içerisinde PM (partiküler madde) ve SO₂ (Kükürt di oksit) bünyelerinde barındırmaktadırlar. SO₂ ler genellikle fosil yakıtların yanmasından dolayı sülfür içerikli maddeler halinde bulunmaktadır (Pires, Alvim-Ferraz, and Martins, 2012) Sülfür ve oksit içerikli maddeler aynı zamanda hava birleşiminde yağış esnasında su moleküllerine katılıp asit yağmurlarının oluşmasına sebebiyet vermektedir (Rahmat et al., 2013). Aynı zamanda çalışmanın diğer aşaması

olan PM₁₀ partiküler madde, insan sağlığı yönünden önemli etkilere sahiptir.

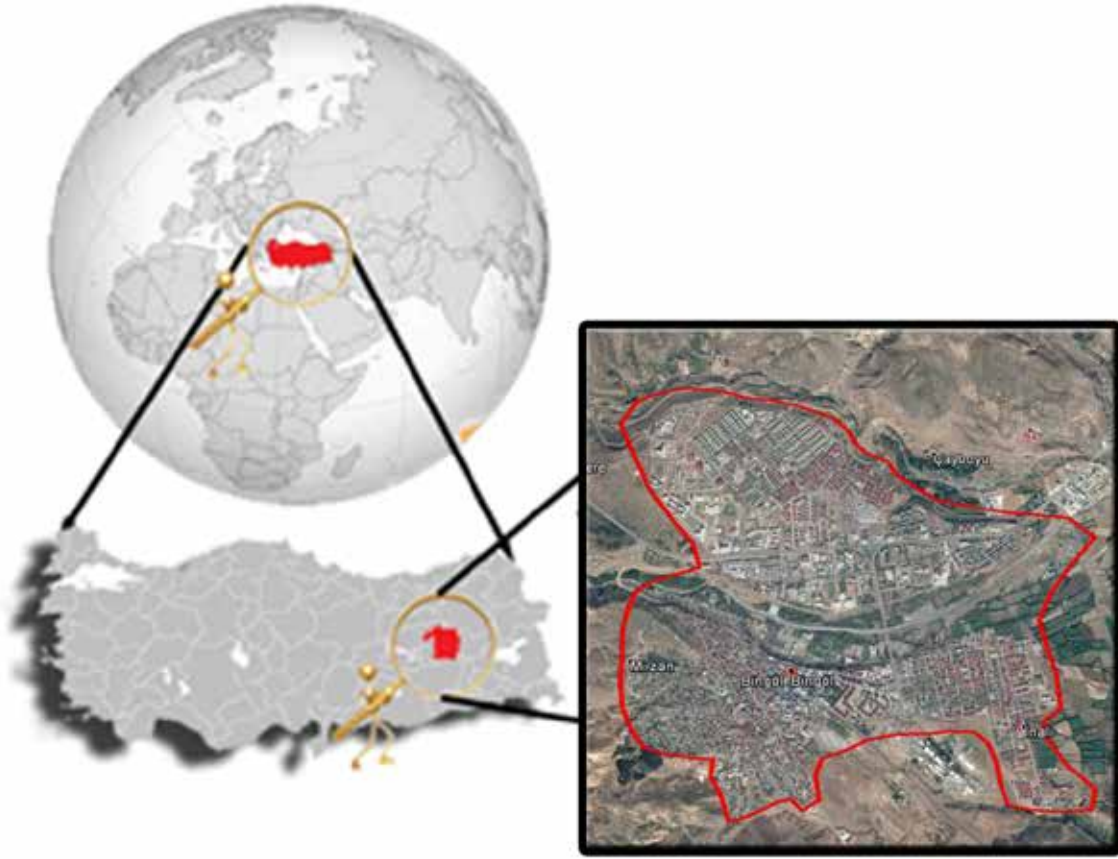
Partiküller maddeler yanmış fosil yakıtlardan ve araçlarda kullanılan yakıtlardan yayılmakta olup insanlarda kanserojen ve solunum rahatsızlıkları gibi sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Correa et al., 2016). Partiküller maddeye bağlı ölümler son yıllarda artmaktadır, İngiltere'de yapılan bir çalışmada partiküler maddeye (PM₁₀) bağlı ölümlerin %5.4 olduğu tahmin edilmiştir (Taylor et al., 2016). Aynı zamanda hava kirliliğini teşkil eden bu zararlı maddeler kent morfolojisi ve nüfus yoğunluğuna bağlı oldukları önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Kalbitz et al., 2000; Wilson and Xenopoulos, 2009; He et al., 2016).

Çalışma kapsamında Bingöl kenti örnek olarak alınmıştır. Doğu Anadolu'da yer alan ilde üniversite açılmasıyla kent merkezi göç olarak nüfus artış eğilimindedir. Nüfusun artmasından kaynaklanan hava kalitesi indekslerinin uzun yıllar verileri elde edilip bunlara paralel konut ve araç sayısındaki artış göz önünde bulundurularak, hava kalitesindeki değişim yaşam standartları çevresinde incelenmiştir. Çalışma da artan insan faaliyetleri ve buna bağlı olarak hava kalitesindeki değişimler için ne tür önlemler alınabileceğine yönelik senaryolar ortaya koymak amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın materyalini Bingöl İl Merkezi oluşturmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat bölümünde yer alan Bingöl ili 38°27' ve 40°27' doğu boylamlarıyla 41°20' ve 39°54' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır (Şekil 1). Deniz seviyesinden 1151 m yükseklikte olup Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat Bölgesinde yer almaktadır.

Bingöl doğuda Muş kuzeyde Erzincan ve Erzurum batıda Tunceli ve Elazığ güneyde ise Diyarbakır ili ile komşudur. Çalışma alanı yaklaşık olarak 14 km²'lik bir alana sahiptir ve bu alan içerisinde Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait bir tek istasyon bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışma Alanının Lokasyon Haritası

Çalışma alanına dair 2007-2015 yılları arası 8 yıllık veriler Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir ve bunların yanında Emniyet Müdürlüğünden aynı yıllara dair taşıt sayısı ve Bingöl Belediyesi'nden yine aynı yıllara ait konut sayısındaki değişim verileri elde edilmiştir (Şekil 2 ve Şekil 3). Elde edilen veriler bazında 8 yıllık zaman dilimine ait 8 değişken veri kümesi oluşturulmuştur, oluşturulan bu küme CANOCO versiyon 4.5 (Terbraak CJF, 1988) bilgisayar programı aracılığıyla ordınasyon analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir.

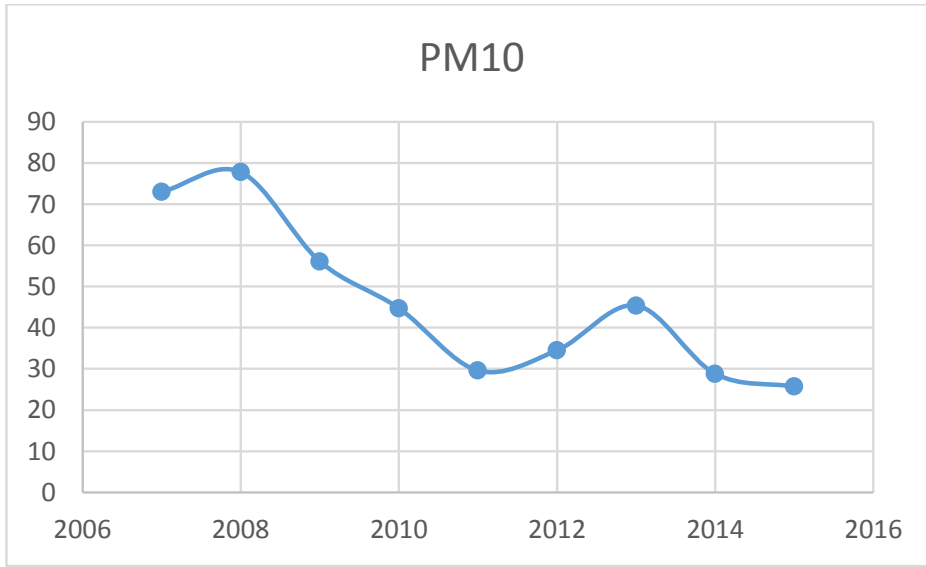
2007 ve 2015 yıllarına ait iklim verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Bingöl istasyonundan, hava kirliliği verileri de Bingöl İl müdürlüğünden temin edilmiştir. Aynı zamanda taşıt ve konut sayısına ait veriler sırası ile Bingöl Belediyesi ve Bingöl Emniyet Müdürlüğünden elde edilmiştir. İklim, hava kirliliği, taşıt sayısı ve konut sayısının arasındaki ilişkiler CANOCO versiyon 4.5 (Terbraak CJF, 1988) bilgisayar programı

aracılığı ile ordınasyon analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Veriler arasındaki ilişkiler doğrusala yakın seyir izlediği için ordınasyon analizinde RDA (Redundancy Analysis) analizi yöntemi tercih edilmiştir (Terbraak CJF, 1991)

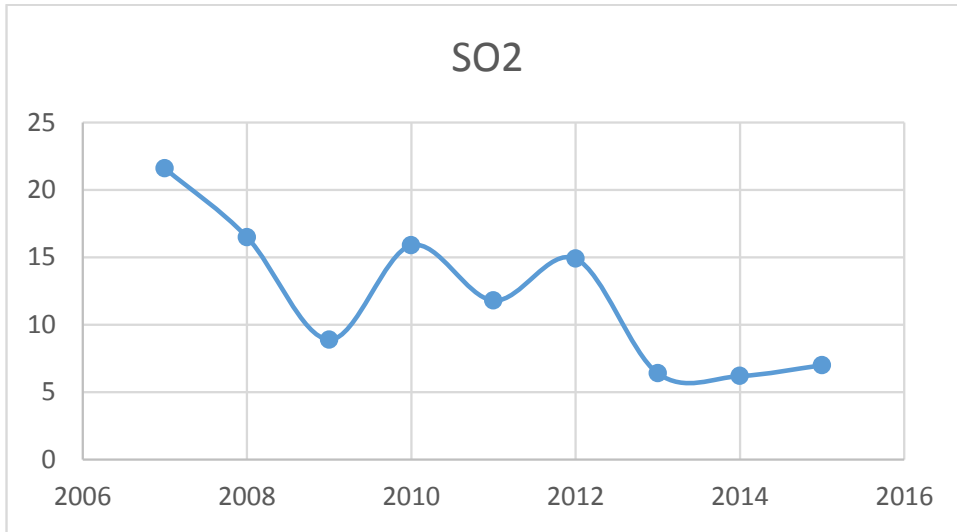
8 yıllık veriler bazında 2007 yılında 8631 olan araç sayısı 2015 yılında 14119 çıkarak %63 lük bir artış olmuştur. Kent merkezindeki nüfus ise 251552 den 267184'e çıkarak sadece %6 'lık bir değişim olduğu görülmektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kış aylarında düşen sıcaklık ile birlikte insanların iklimsel konforlarını sağlamak için ısıtma sistemlerinin çalıştırılmaya başlandığı zaman Bingöl merkezi genelinde partikül madde miktarında artış olduğu görülmektedir. Şekil.2 ve Şekil.3 de görüldüğü gibi 2007-2008 yıllarında maksimum seviyeye ulaşmaktadır.



Şekil 2. Partikül madde (PM10) yıllara göre değişimi

Şekil 3. Kükürt di oksitin (SO₂) yıllara göre değişimi (DMİ)

Azalan hava sıcaklığına bağlı olarak fosil yakıtların kullanımı artmakta ve buna bağlı olarak havadaki partikül madde ve kükürt di oksit miktarında sürekli artış olduğu bilinmektedir (Stellman, 1998; McKenzie et al., 2011). Düşen hava sıcaklığı aynı atmosfere salınan bu kirleticilerin atmosferde seyrelmesini yavaşlatarak yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır. Bu durumda kirleticilerin şehir havasından uzaklaştırılmasında en önemli görev hava hareketlerine düşmektedir. Nitekim

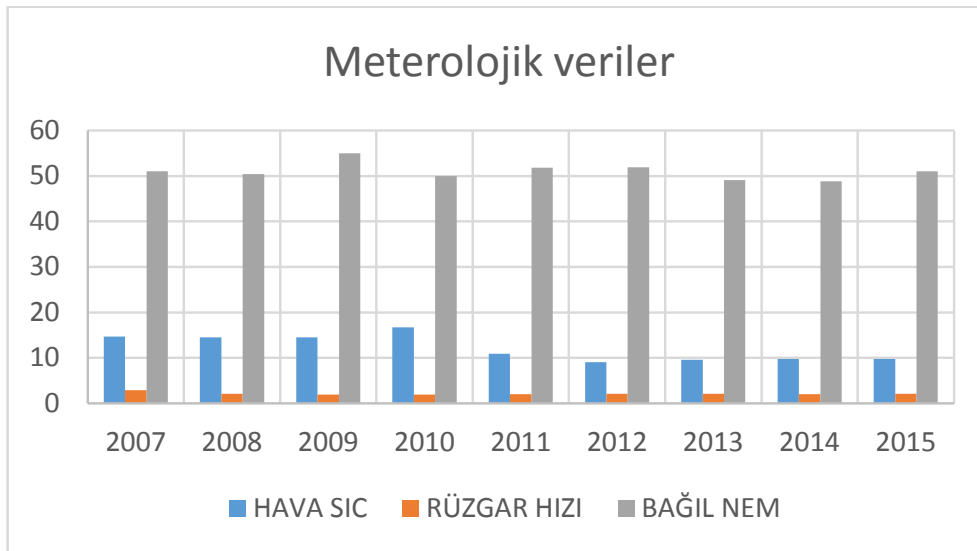
kirleticiler ile rüzgâr hızı arasındaki ters ilişki bunu açık şekilde izah etmektedir. Yapılan çalışmalarda da kirliliğin dağıtılmasında rüzgâra dikkat çekilmiştir (Türkeş ve ark., 2000; Taşdemir Y, 2001). Rüzgar hızının 1.5 m/s'den fazla olması kirlilik etmenlerinin ortadan uzaklaştırılması için yeterli görülmektedir (Anonim, 2017). Bingöl İli kent merkezinde ortalama rüzgar hızı 2.1 m/s olmasından dolayı kent içinde hava akımlarının oluşmasına olanak sağlamamaktadır.

Çizelge 1. Bingöl İli'ne ait veriler

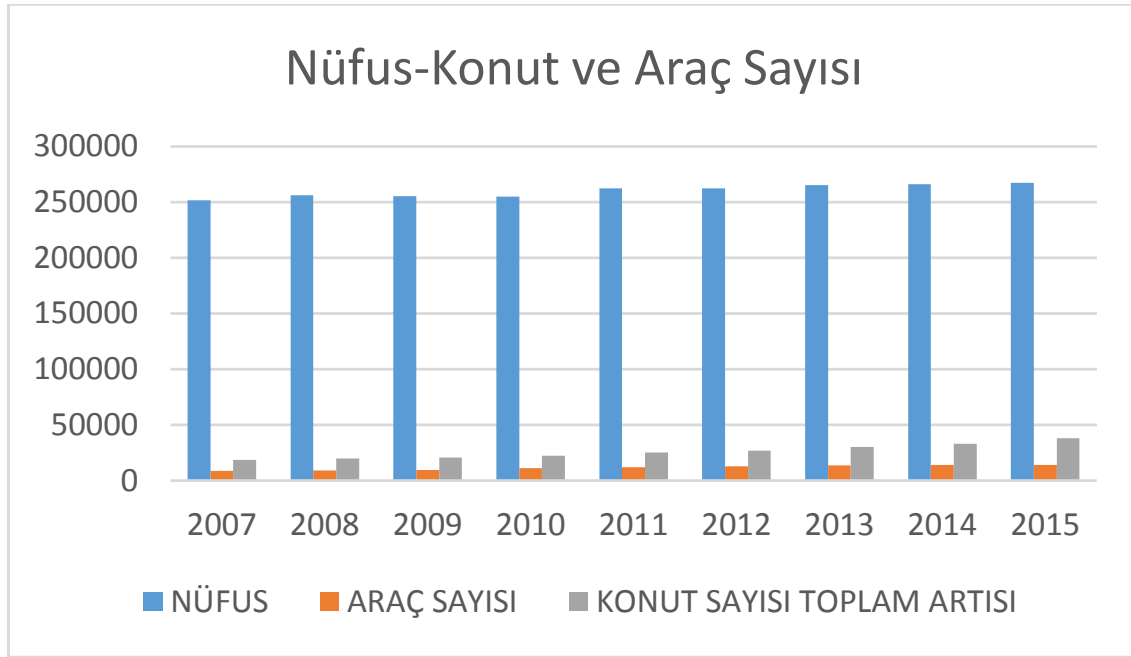
YILLAR	PM10	SO2	NÜFUS	ARAÇ SAYISI	HAVA SIC	RÜZGAR HIZI	BAĞIL NEM	KONUT SAYISI TOPLAM ARTISI
2007	73	21,6	251552	8631	14,7	2,9	51	18688
2008	77,8	16,5	256091	9044	14,5	2,1	50,4	19608
2009	56,1	8,9	255475	9439	14,5	1,9	55	20488
2010	44,75	15,9	255170	10902	16,7	1,9	50	22188
2011	29,6	11,8	262263	11779	10,9	2	51,8	25068
2012	34,5	14,9	262507	12784	9,08	2,1	51,9	26948
2013	45,4	6,4	265514	13417	9,6	2,08	49,1	30008
2014	28,8	6,2	266019	13981	9,75	2,07	48,8	33108
2015	25,7	7	267184	14119	9,8	2,1	51	38108

8 yıllık veriler bazında Bingöl kent merkezinde Partikül madde ortalaması 46.6 görülmektedir Çizelge 1. de görülen hava kalitesi indeksine göre "iyi" olarak değerlendirilmektedir, fakat Şekil.2 de görüldüğü gibi 2007, 2008 ve 2009 yıllarında partikül madde miktarı 50 değerini aşmakta buda

hava kalitesi indeksinde "orta" durumuna tekabül etmektedir. Aynı zamanda Şekil. 5 de görülen konut sayısı ve araç sayısındaki artışa rağmen kükürt di oksit ortalaması 12.1 lik ortalama hava kalitesi indeksine göre "iyi" durum ifade etmektedir.



Şekil 4. Meteorolojik verilerin yıllara göre değişimi (DMİ)



Şekil 5. Nüfus-konut ve araç sayısının yıllara göre değişimi (DMİ)

Çizelge 2. Ulusal Hava Kalitesi İndeksi

İndeks	SO ₂ [µg/m ³]	PM10 [µg/m ³]
İyi	0-100	0-50
Orta	101-250	51-100
Hassas	251-500	101-260
Sağlıksız	501-850	261-400
Kötü	851-1100	401-520
Tehlikeli	>1101	>521

Kuzeyden sokulan nemli-serin hava kütlelerine açık olması ve yükselti faktörü sebebiyle Bingöl ve çevresi yazları sıcak, kışları soğuk geçmektedir. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Bingöl'de yıllık ortalama sıcaklık 12.1 derecedir. Yıllık yağış tutarı 873.7 mm. kadar olup, kar yağışlı gün sayısı 24.5 gün, donlu gün sayısı ise 94.1 gün kadardır. 8 yıllık veriler bazında hava sıcaklığın

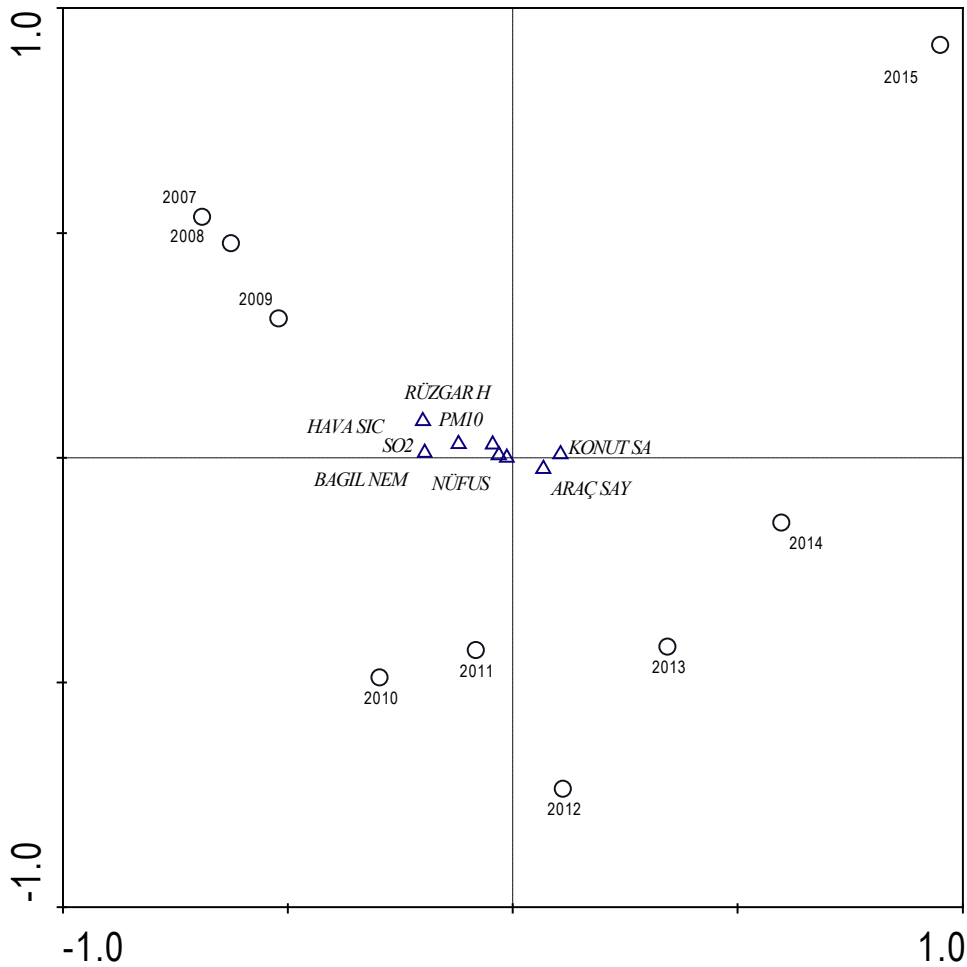
en yüksek olduğu yıl 2010 olup bu yılda ortalama sıcaklık 16.7 derecedir (Şekil.4). Bingöl İli Kent Merkezinde nüfus 8 yıllık zaman dilimi içerisinde fazla artmamasına rağmen araç sayısında 2 kat artış olduğu elde edilen verilere göre bilinmektedir, aynı zamanda nüfusla paralellik göstermeyen diğer bir eylemde konut sayısındaki muazzam artıştır. 2007 yılında 18688 olan konut sayısı 2015 yılı sonunda

38108 e ulaşmıştır (Şekil.5). Konut sayısı ve araç sayısındaki artışa rağmen hava kirletici etmenlerinin çok fazla değişmemesinin nedeni ise kullanılan fosil yakıtların kalitesinin artması ve bunlara bağlı olarak hakim rüzgar yönü üzerinde yapılaşma olmamasından dolayı kent içinde sürekli hava akımı olmaktadır. Bunun sonucunda kent merkezinde kirletici etmenlerde sürekli sabit değerlere rastlanmaktadır.

SONUÇ

Ordinasyon analizine göre; araç sayısı 2012-2013 ve 2014 yıllarında ortalamamın üzerinde artış olmuştur ve buna bağlı olarak kükürt di oksit ve partikül maddede ortalamamın hafif üzerine çıkmıştır. Analize göre konut sayısının ortalamamın üzerinde arttığı tek yıl 2015 yılı olarak sonuçlanmıştır bu artışta da görülmektedir ki araç

sayısındaki artış gibi kükürt di oksit ve partikül maddede ortalamamın hafif üzerine çıkmıştır. Ordinasyon analizinde rüzgar hızı, hava sıcaklığı, partikül madde ve kükürt di oksitin en yüksek olduğu yıllar 2007, 2008 ve 2009 yılları olduğu sonuçlanmıştır (Şekil 6). Bağıl nem ve nüfusun ortalamamın üzerinde arttığı yıllar ise 2010 ve 2011 yıllarıdır. Fosil yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliği kent merkezinden rüzgâr ve buna bağlı olan rüzgâr koridorları vasıtasıyla uzaklaştırabilir. Kirlilik etmenlerinin hüküm sürdüğü Ocak-Şubat ve Mart aylarından Bingöl merkezinde hakim rüzgar yönü kuzey ve kuzey-batı istikametinde değişmektedir. Yapılaşmanın bu yönlerde az olduğu mevcut koridorların korunduğu açıkça görülmektedir. Bundan sonraki yıllarda yapılacak olan imar değişikliklerinde ve yapılaşmalarda rüzgar koridorları korunmalı ve geliştirilmelidir.



Şekil 6. 2007 ve 2015 yılları arası hava kirletici, meteorolojik veriler ve nüfusa bağlı faaliyetlerden oluşan CANACO programına ait ordinasyon analizi sonuçları

KAYNAKLAR

- Anonim 2017. www.mgm.gov.tr
- Bauer N, Bosetti V, Hamdi-Cherif M, Kitous A, McCollum D, Mejean A, van Vuuren D, 2015. CO₂ emission mitigation and fossil fuel markets: Dynamic and international aspects of climate policies. *Technological Forecasting and Social Change*, 90, 243-256. doi:10.1016/j.techfore.2013.09.009
- Berggren D, Bergkvist B, Falkengrengrerup U, Folkeson L, Tyler G, 1990. Metal Solubility and Pathways in Acidified Forest Ecosystems of South Sweden. *Science of the Total Environment*, 96(1-2), 103-114. doi:10.1016/0048-9697(90)90010-R
- Bollati V, Marinelli B, Apostoli P, Bonzini M, Nordio F, Hoxha M, Baccarelli A, 2010. Exposure to Metal-Rich Particulate Matter Modifies the Expression of Candidate MicroRNAs in Peripheral Blood Leukocytes. *Environmental Health Perspectives*, 118(6), 763-768. doi:10.1289/ehp.0901300
- Correa AXR, Cotelle S, Millet M, Somensi CA, Wagner TM, Radetski CM, 2016. Genotoxicity assessment of particulate matter emitted from heavy-duty diesel-powered vehicles using the in vivo *Vicia faba* L. micronucleus test. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 127, 199-204. doi:10.1016/j.ecoenv.2016.01.026
- Gan WQ, McLean K., Brauer M, Chiarello SA, Davies HW, 2012. Modeling population exposure to community noise and air pollution in a large metropolitan area. *Environmental Research*, 116, 11-16. doi:10.1016/j.envres.2012.04.001
- He W, Jung H, Lee JH, Hur J, 2016. Differences in spectroscopic characteristics between dissolved and particulate organic matters in sediments: Insight into distribution behavior of sediment organic matter. *Science of the Total Environment*, 547, 1-8. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.12.146
- Kalbitz K., Geyer S, Gehre M, 2000. Land use impacts on the isotopic signature (C-13, C-14, N-15) of water-soluble fulvic acids in a German fen area. *Soil Science*, 165(9), 728-736. doi:10.1097/00010694-200009000-00006
- Kampa M, Castanas E, 2008. Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*, 151(2), 362-367. doi:10.1016/j.envpol.2007.06.012
- Khodakarami J, Ghobadi P, 2016. Urban pollution and solar radiation impacts. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 57, 965-976. doi:10.1016/j.rser.2015.12.166
- Kim KH, Hong YJ, Szulejko JE, Kang CH, Chambers S, Feng XB, Kim YH, 2016. Airborne iron across major urban centers in South Korea between 1991 and 2012. *Science of the Total Environment*, 550, 309-320. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.11.109
- Lin S, Munsie JP, Hwang SA, Fitzgerald E, Cayo MR, 2002. Childhood asthma hospitalization and residential exposure to state route traffic. *Environmental Research*, 88(2), 73-81. doi:10.1006/enrs.2001.4303
- Lippmann M, Chen LC, 2009. Health effects of concentrated ambient air particulate matter (CAPs) and its components. *Critical Reviews in Toxicology*, 39(10), 865-913. doi:10.3109/10408440903300080
- Lippmann M, Ito K, Hwang JS, Maciejczyk P, Chen LC, 2006. Cardiovascular effects of nickel in ambient air. *Environmental Health Perspectives*, 114(11), 1662-1669. doi:10.1289/ehp.9150
- McKenzie J, Pinger R, Kotecki JE, 2011. An introduction to community health: Jones & Bartlett Publishers.
- Pires JCM, Alvim-Ferraz MCM, Martins FG, 2012. Surface ozone behaviour at rural sites in Portugal. *Atmospheric Research*, 104, 164-171. doi:10.1016/j.atmosres.2011.10.001
- Rahmat M, Maulina W, Rustami E, Azis M, Budiarti DR, Seminar KB, Alatas H, 2013. Performance in real condition of photonic crystal sensor based NO₂ gas monitoring system. *Atmospheric Environment*, 79, 480-485. doi:10.1016/j.atmosenv.2013.05.057
- Shuster-Meiseles T, Shafer MM, Heo J, Pardo M, Antkiewicz DS, Schauer JJ, Rudich Y, 2016. ROS-generating/ARE-activating capacity of metals in roadway particulate matter deposited in urban environment. *Environmental Research*, 146, 252-262. doi:10.1016/j.envres.2016.01.009
- Stellman M, 1998. *Encyclopaedia of occupational health and safety: International Labour Organization.*
- Taşdemir Y, 2001. Bursa'da Kükürt Dioksitten Kaynaklanan Hava Kirliliği. *Ekoloji Dergisi.*
- Taylor J, Davies M, Mavrogianni A, Shrubsole C, Hamilton I, Das P, Biddulph P, 2016. Mapping indoor overheating and air pollution risk modification across Great Britain: A modelling study. *Building and Environment*, 99, 1-12. doi:10.1016/j.buildenv.2016.01.010
- Terbraak CJF, 1988. Canoco - an Extension of Decorana to Analyze Species-Environment Relationships. *Vegetatio*, 75(3), 159-160. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:A1988P856900005
- Terbraak CJF, 1991. Multivariate-Analysis of Ecological Communities - Digby,Pgn, Kempton,Ra. *Journal of Classification*, 8(2), 271-273. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:A1991GR28300008
- Türkeş M, Sümer UM, Çetiner G, 2000. Küresel İklim Değişikliği Ve Olası Etkileri.
- Wilson HF, Xenopoulos MA, 2009. Effects of agricultural land use on the composition of fluvial dissolved organic matter. *Nature Geoscience*, 2(1), 37-41. doi:10.1038/Ngeo391
- Xu B, Luo LQ, Lin, BQ, 2016. A dynamic analysis of air pollution emissions in China: Evidence from nonparametric additive regression models. *Ecological Indicators*, 63, 346-358. doi:10.1016/j.ecolind.2015.11.012
- Zhang YL, Cao F, 2015. Is it time to tackle PM_{2.5} air pollutions in China from biomass-burning emissions? *Environmental Pollution*, 202, 217-219. doi:10.1016/j.envpol.2015.02.005