




Gölcük Ovası Tarım Topraklarında Atrazin ve Metribüzin Herbisitlerinin Taşınım ve Tutunum Davranışlarının İncelenmesi

Nihat Hakan AKYOL¹ , Aslıhan AYVA¹ , Yusuf BİRİCİK¹ 

ÖZET

Pestisitler zararlı organizmaları engellemek, kontrol altına almak, ya da zararlarını bertaraf etmek için kullanılan tarım ilaçlarıdır. Dünyada 3 milyon tona, ülkemizde 30 bin tona ulaşan pestisit tüketimi ürün verimliliği açısından yararlı olsa da aşırı dozda ve bilinçsiz kullanımı neticesinde gıdalarda, toprak, su ve havada insan ve hayvan sağlığı için tehlike arz etmektedir. Dünyada kullanılan tarım ilaçlarının dağılımında herbisitler % 47 ile ilk sırada yer alırken, bunu % 29 ile insektisitler izlemekte, fungusitlerin ise % 19'luk bir payı bulunmaktadır. Atrazin ve metribüzin en çok kullanılan triazin herbisit türlerinden olup yabancı otlara karşı mücadele ederek ürün verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Bu herbisitler, ulusal ve uluslararası kullanım sonucunda içme sularında ve su ortamında kirlilik açısından sorun teşkil etmektedir. Çevrede geniş alanda kullanımı ve dayanımından ötürü bu tür bileşiklerin taşınımı ve davranışı oldukça önemli olup özellikle Kocaeli civarında literatürde yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Yapılacak çalışmanın amacı, atrazin ve metribüzin herbisitlerinin Gölcük Ovası civarındaki farklı türdeki tarım topraklarında tutunma ve taşınma davranışlarının incelenmesidir. Bu çalışma kapsamında bir seri kolon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Atrazin ve metribüzin herbisitlerinin fiziksel ortama olan tutunma-geri bırakma davranışının bu tür kirleticilerle kirlenmiş toprakların risk değerlendirmesi için önemli etkileri olup, bu toprakların düzenlenmesinde, yönetilmesinde ve ıslahında oldukça önem arz etmektedir.

Investigation of the Transport and Attachment Behaviors of Atrazine and Metribuzine Herbicides in Agricultural Soils of the Gölcük Plain

ABSTRACT

Pesticides are agrochemicals used to prevent, control or eliminate harmful organisms. Although pesticide consumption, which has reached 3 million tons in the world and 30 thousand tons in our country, is beneficial in terms of product efficiency, it poses a danger to human and animal health in food, soil, water and air as a result of overdose and unconscious use. In the distribution of pesticides used in the world, herbicides rank first with 47%, followed by insecticides with 29% and fungicides with 19%. Atrazine and metribuzin are the most widely used triazine herbicides, which aim to increase crop productivity by targeting weeds. These herbicides pose a problem in terms of pollution in drinking water and aquatic environment as a result of national and international use. The transport and behavior of such compounds are very important due to their wide use and resistance in the environment and there is no study in the literature, especially focusing on the area around Kocaeli.

Article Info

*Corresponding author:

e-mail: hakan.akyol@kocaeli.edu.tr

Institution:¹ Kocaeli Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Jeoloji
Mühendisliği Bölümü

Article history

Received: 27/04/2023

Accepted: 17/05/2023

Available online: 30/09/2023

Anahtar Kelimeler:

Atrazin, Metribüzin,
Herbisit, Taşınım, Tutunma.

Keywords:

Atrazine, Metribuzine, Herbicide,
Transport, Sorption.

How to Cite: N.H. Akyol,

A. Ayva, Y. Biricik

"Gölcük Ovası Tarım Topraklarında
Atrazin ve Metribüzin Herbisitlerinin
Taşınım ve Tutunum Davranışlarının
İncelenmesi",

Environmental Toxicology and Ecology,
c. 3, sayı. 2, ss. 45-51., 2023.

DOI: [10.59838/etoxec.1288743](https://doi.org/10.59838/etoxec.1288743)

The aim of this study is to investigate the uptake and transport behavior of atrazine and metribuzin herbicides in different types of agricultural soils around Gölcük Plain. Within the scope of this study, a series of batch and column experiments were carried out. The uptake and transport behavior of atrazine and metribuzin herbicides to the physical environment has important implications for the risk assessment of soils contaminated with such pollutants and is of great importance in the regulation, management and reclamation of these soils.

1. GİRİŞ

Pestisitler, son 30 yıldır toprak ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olduklarından önemli çevre sorunu olarak görülmektedir [1], [2]. Bu tür bileşiklerin tutunma (sorpsiyon) ve geri-bırakma (desorpsiyon) davranışları ile hızları fiziksel ortam içerisindeki davranışı üzerinde önemli rol oynamaktadır. Bu durum uygulanması düşünülen ıslah performansına önemli derecede etki etmektedir. Atrazin ve metribüzin en çok kullanılan triazin herbisit türlerinden olup yabancı otlara karşı mücadele ederek ürün verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Bu herbisitler, kullanım sonucunda içme sularında ve toprak ortamında kirlilik açısından sorun teşkil etmektedir. Çevrede geniş alanda kullanımı ve dayanımından ötürü bu tür bileşiklerin taşınımı ve davranışı oldukça önemli olup özellikle Kocaeli civarında literatürde yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Herbisitler istenmeyen zararlı bitkilerin büyümesi, kontrolü veya öldürülmesi amacıyla kullanılan önemli bir pestisit türü olup günümüzde tarımsal üretimde, demiryolu ve karayolu çalışmalarında kullanılmakta olup tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tüketimi oldukça önemli düzeydedir. Herbisitler konusunda 60 farklı ülkede kaydedilen vakalarda en önemli herbisit türü atrazin olarak gözlenmiştir. Atrazin geniş bir uygulama alanına sahip olup mahsul verimliliğini artırmada kullanılan bir herbisit grubu olmasına rağmen yeraltı sularında önemli oranda gözlenebilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde özellikle Mississippi, Missouri ve Ohio nehirlerinin farklı bölgelerinden alınan numunelerin % 30'una yakın bir kısmında atrazin konsantrasyonları izin verilen değerin (MCL= 3µg/L) üzerindedir [3]. Dünyada Avrupa dışında yaygın olarak kullanılan atrazin kimyasalı 2009 yılında ABD'de yasaklanmasına rağmen Türkiye'deki kullanımı raf ömrü gerekçe gösterilerek kullanımına yasal olmayan bir şekilde devam edilmektedir. Atrazin kimyasalı ülkemizde özellikle mısır üretiminde, horozibiği, yabancı hardal, semizotu, darıcan, pıtrak, sirken gibi yabancı otlara karşı ruhsatlı durumdadır. Bunun yanında, atrazin ile ilgili bileşikler ilave edildiğinde, yukarıda bahsedilen otların yanında boş alanlar, demiryolları, rafineriler, petrol boru hatları, havaalanlarının ilaçlanması da kullanılmaktadır.

Tutunma ve geri-bırakma davranışı genelde mineral fazların varlığı, fiziksel ortamın organik madde içeriği, ortamın özellikleri ve bazen bu bileşiklerin ortamın pH'sına ve konsantrasyonuna bağlı olmaktadır. [2, 4, 5].

Ülkemizde çoğunlukla Akdeniz bölgesindeki Antalya ve Mersin civarı tarım alanlarında kullanılan bu tür bileşiklerin tutunma ve taşınım davranışının belirlenmesine yönelik bazı çalışmalar mevcuttur [6-8]. Bu topraklarda pestisit olarak kullanımı günümüzde yasaklanmış olan atrazine herbisitinin Antalya ve Mersin İli içerisinde var olan farklı tarım topraklarındaki tutunma ve taşınım davranışları incelenmiştir [6, 7]. Ayrıca, 2,4-D ve Glifosfatın Antalya tarım topraklarındaki mobilitesi de kesikli deneyler yardımıyla incelenmiştir [8].

Gölcük ovası Kocaeli bölgesinde önemli yer altı suyu potansiyeline sahip olup $6,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ rezerve sahiptir [10]. Bu sebepten ötürü, bölgede halen kullanılan özellikle atrazin ve metribuzin gibi herbisitlerin Gölcük Ovası içerisindeki farklı tarım topraklarındaki tutunma ve taşınım davranışlarının araştırılması oldukça önemli olup yer altı su kaynaklarına olan etkisi araştırılacaktır. Bu kapsamda; bir seri kesikli ve kolon deneyleri yürütülecektir. Kesikli ve kolon deneyleriyle bazı taşınım parametrelerinin (doğrusal / doğrusal olmayan tutunma, kinetikle sınırlı tutunma ve geri-bırakma) ortaya çıkartılması ayrıca hedeflenmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Toprak

Çalışmada kullanılan toprak örnekleri Kocaeli ili Gölcük ilçesi civarından alınmıştır. Bu örnekler çalışma alanındaki topraklara benzeyen fakat kirlenme görülmeyen noktalardan alınmıştır. Toprak örnekleri bu bölgenin farklı noktalarındaki 0-30 cm derinliğinden alınıp homojen olarak karıştırılmıştır. Kolon deneyleri öncesi toprak numuneleri 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra 48 saat boyunca 105 C'de kurutulmuştur. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri (tane boyu dağılımı, pH, mineral faz dağılımı, organik madde içeriği ve organik karbon vs.). Tablo 2.1'de verilmiştir. Toprak kumlu tın tekstürüne sahip olup alkalin karakterli (pH=7.8) ve orta düzeyde organik madde (% 0.70) ihtiva etmektedir (Tablo 2.1). Toprağın ana mineral bileşiminin belirlenmesi için XRD analizi yapılmıştır ve XRD sonuçları Tablo 2.1'de belirtilmiştir.

Tablo 2.1. Toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri

Dane boyutu dağılımı, % (w/w)	
Kum	82
Silt	16
Kil	2
Dokusu	Kumlu Tın
Birim hacim ağırlık, ρ_b (g/cm ³)	1.3
Toprağın Kimyasal Özellikleri	
pH(1:1)	7.2
Toplam Organik Karbon, TOC (%)	0.55
Toplam İnorganik Karbon, TIC (CaCO ₃ olarak) (%)	14
SiO ₂ (%)	66
Al ₂ O ₃ (%)	5
Fe ₂ O ₃ (%)	7
MgO (%)	6
Diğer (%)	2

2.2. Çözeltiler

Analitik derecedeki atrazin ve metribüzin çözeltileri dahil bütün çözeltiler 0.02 M CaCl₂ elektrolit çözeltisi içerisinde günlük hazırlanmıştır. Kolon deneylerinin tümünde fiziksel ortamın hidrodinamik akım özelliklerinin belirlenmesi için yapılan trasör testlerinde 500 mg/L PFBA çözeltisi kullanılmıştır. Deneyler boyunca kullanılan malzemelerin tamamı % 10'luk nitrik asit çözeltisinde bir gün bekletilerek saf su ile yıkanmıştır.

2.3. Kolon Deneyleri

Kolon deneylerinde pleksicam malzemedeki olan 10 cm uzunluğunda, 2 cm iç çapında silindirik düzenek kullanılmıştır. Polietilen hortumlar monte edilen kolonun alt ve üst kapakları çözeltinin giriş ve çıkışına olarak verecek şekilde delinmiştir. Kolonun enjeksiyon yapılan bölümüne, çözeltinin homojen olarak toprağa yüklenmesini sağlayacak paslanmaz çelik yayıcı, diğer tarafına ise kolondaki toprağın sistemden çıkışına engel olacak 5 μ m gözenek çaplı paslanmaz çelik filtre yerleştirilmiştir. Kolon deney düzeneği Şekil 2.1'de görülmektedir.

Şekil 2.1. Kolon deney düzeneği.



Kolonun iç kısmına 2 mm çapında elekten geçirilen ve 105 °C’de kurutulan toprak uygun tane yoğunluğunda ilave edilmiştir. Kolonda suya doymun ortam koşulları elde etmek için alt girişinden yukarıya doğru toprak tamamıyla suya doymun duruma gelinceye kadar 0.02 mM CaCl₂ elektrolit çözeltisi ilave edilmiştir. Bu işlem sırasında belirli aralıklarla kolonun ağırlığı tartılarak toprağın suya doymun hale gelip gelmediği tespit edilmiştir. Bununla birlikte akımın debisi kontrol edilerek duraylı akım koşulları sağlanmaya gayret edilmiştir.

Sistem tamamıyla doymun duruma ulaştıktan ve duraylı akım koşulları sağlandıktan sonra fiziksel ortamın hidrodinamik ve dispersif akım özelliklerini belirlemek amacıyla trasör testleri uygulanmıştır. Testlerde konservatif (reaktif olmayan) trasör olarak Pentaflorobenzoik asit (500 mg/L) kullanılmıştır. PFBA organik bileşimli reaktif olmayan trasör olup ortama tutunmayan, kütle kaybına uğramayn ve anyon eksklüzyonuna neden olmayan bileşik olup benzer çalışmalarda kullanılmıştır [2, 10, 11]. Kolon çıkış suyundaki trasör konsantrasyonu (C) giriş konsantrasyonuna (C₀) ulaşınca değin trasör yüklemeye devam edildikten sonra sistem elektrolit çözelti ile yıkanmıştır. Çıkış suyundaki PFBA konsantrasyonu eşik değere ulaşınca Trasör deneyi sona ermiştir. Kolon deneylerinde trasör göreceli konsantrasyonunun (C/C₀) boyutsuz bir kavram olan gözenek hacmine (PV) göre değişimi grafiklendikten sonra trasörün konsantrasyon değişim eğrisi (breakthrough curve) bulunmuştur. 1 PV, kolon toprağının boşluklarında bulunan suyun yenilenmesi için geçen süredir. Elde edilen bu eğriler analiz edilerek sistemin hidrodinamik akım koşulları belirlenmiştir. Tutunma deneyleri iki ayrı atrazin ve metribüzün konsantrasyonlarında (2 ve 10 mg/L) yapılmıştır. Kolon deneylerinde yıkama hızı, temsili yeraltısuyu hızı değerleri esas alınarak 26 cm/saat olarak belirlenmiştir [2, 10, 11]. Konservatif trasör deneylerinin ardından, atrazin/metribüzün çözeltisi, kolon çıkış suyundaki konsantrasyon (C) giriş konsantrasyonuna (C₀) ulaşınca kadar sistematik olarak eklenmiştir. Sonrasında kolon elektrolit çözelti ile yıkanarak atrazin/metribüzünün ortamdaki uzaklaşması belirlenmiştir. Kolon çıkışında konsantrasyonundaki değişim duruncaya değin elektrolit çözeltisi ile yıkama işlemi sürdürülecektir. Atrazin ve metribüzün tutunma deneyleri farklı konsantrasyonlarda tekrar edilerek tutunma davranışı üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

2.4. Analitik Ölçümler

Kolon deneylerinden alınan örneklerdeki PFBA, atrazin ve metribüzün bileşikleri UV-VIS spektrofotometre ile ölçülmüştür. PFBA, atrazin ve metribüzün analizleri sırasıyla 254, 222 ve 233 nm dalga boyunda Varian Cary 50 cihazı ile ölçülmüştür.

2.5. Veri Analizleri

Kolon deneylerinin sonucunda çıkarılan konservatif trasör (PFBA) ve atrazin/metribüzin konsantrasyon değişim grafikleri (breakthrough grafikleri) standart zamansal moment analizi ile ele alınarak deneylerde izlenen bileşiklerin kütle dengeleri elde edilmiştir. Moment analizlerinde kolonu terk eden kütle miktarını 0. moment (M_0) vermektedir. Deneylerin kütle dengesini elde edebilmek için enjekte edilen kütleden kolonu terk eden kütle çıkartılmıştır. Tutunma kolon deneylerinde atrazin ve konservatif trasör elemente ait konsantrasyon değişim grafiklerinin moment analizi yapılarak bileşiklerin gecikme (Retardasyon) katsayıları (R) ayrıca hesaplanmıştır. Moment analizlerinde 1. düzeltilmiş moment (M_1^*) kirlenici kütlesinin gecikme katsayısını vermektedir [9]. 0. moment ve 1. düzeltilmiş normalize moment eşitlikleri aşağıda gösterilmiştir;

$$M_0 = \int_0^t c dt \quad (2.1)$$

$$M_1 = \int_0^t c t dt \quad (2.2)$$

$$M_1^* = \frac{M_1}{M_0} \quad (2.3)$$

$$R = M_1^* - 0,5 t_0 \quad (2.4)$$

Bu formüllerde M_0 = 0.moment; M_1 : 1. zamansal moment M_1^* = 1. zamansal normalize moment, C : konsantrasyon t : zaman, t_0 = enjeksiyon süresini temsil etmektedir.

3. SONUÇLAR

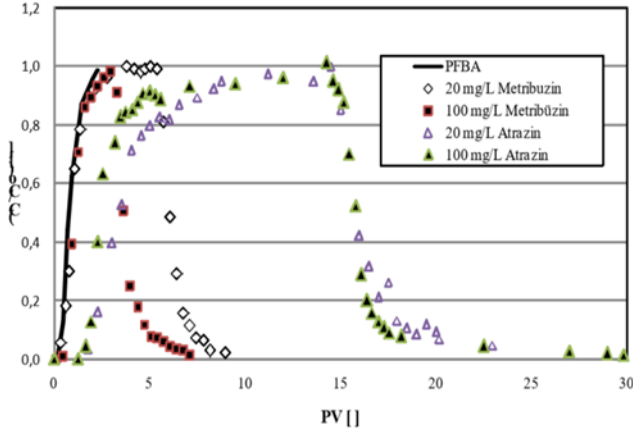
Toprağın hidrodinamik akım koşullarını tespit etmek için suya doygun ortam koşullarında konservatif trasör deneyleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1’de görüldüğü üzere PFBA trasör deneylerinin retardasyon katsayılarının 1 olması toprakta tercihi akım yollarının ya da anyon eksklüzyonunun varolmadığını göstermektedir. PFBA grafiklerinin yükselim ve elüsyon bölümlerinin oldukça simetrik olması, trasörlerin olması gerektiği gibi bir taşınım hareketi gösterdiğini kanıtlamıştır. Trasör deney sonuçları, topraktaki akımın ayrıca advektif karakterli olduğunu göstermektedir. Trasör deney sonuçlarının zamansal(temporal) moment analizleri sonucunda sisteme pompalanan kütlenin tamamının korunduğu belirlenmiştir (>98%) (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Kolon deney deney koşulları ve sonuçları

Solüsyonlar	Kütle geri kazanımı	Gecikme katsayısı	Boşluk suyu hızı
		R	v
	%	[]	cm/saat
PFBA	101	1.0	26.0
20 mg/L Metrbzn	99.1	1.6	26.0
100mg/L Metrbzn	99.7	1.3	26.0
20 mg/L Atrazin	97.4	2.3	26.0
100 mg/L Atrazin	98.1	2.6	26.0

İki farklı konsantrasyonda (20 ve 100 mg/L) atrazin ve metribüzinin toprağa tutunma ve geri bırakma

hareketi incelenmiştir. Bu deneylerde herbisit konsantrasyonları C/Co 1'e varıncaya kadar sisteme yüklenmiş sonrasında ise sistem elektrolit çözelti ile yıkanmıştır. Atrazin ve metribüzin kolon deney konsantrasyon değişim grafikleri Şekil 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.1. PFBA, atrazin ve metribüzin kolon deneyleri breakthrough grafikleri

Tablo 3.1 ve Şekil 3.1'de görüldüğü gibi metribüzin topraktaki taşınımı PFBA trasörüne göre çok düşük oranda gecikme gerçekleşmiştir. Kolon deneyleri sonucunda bulunan metribüzin gecikme katsayıları 20 ve 100 mg/L için 1.1-1.3 iken, geri kazanılan metribüzin kütlesi ise yaklaşık % 99.4-99.8 arasındadır. Atrazinde ise metribüzinin aksine PFBA trasöre göre belirli oranda gecikme gözlemlenmiştir. Hesaplamaların sonucunda bulunan gecikme katsayıları 1.8-1.9 arasında olup, kütle geri kazanımı %98.4-98.8 arasındadır. Bu durum, her iki herbisit türü için tutunmanın konsantrasyona bağlı olmadığını ve tutunmanın doğrusal karakterde olduğunu göstermektedir.

Bu bilgiler ışığında atrazin ve metribüzinin özellikle topraktaki orta derecedeki organik maddeye tutunduğu gözlenmektedir. Metribüzinin düşük gecikme katsayısı değerlerine sahip olması, topraktaki organik madde bileşeninin metribüzin tutunumuna etkisinin çok düşük oranda olduğunu göstermektedir. Bu veriler ışığında, Gölcük tarım toprağında metribüzin kullanımının aşırı dozda kullanımı yüksek oranda yer altı suyu kirliliğine neden olacağı gözlenmektedir. Ancak atrazin uygulaması yapılacak olan topraklarda ise yer altı suyu kirliliğinin daha uzun vadede olacağı belirlenmiştir. Sonuç olarak bu gibi topraklarda pestisitlerin hangi dozlarda uygulanacağına dikkat edilip yer altı suyu kaynaklarının korunması konusu detaylı bir şekilde incelenmelidir. Bu durum, özellikle kirlenmiş toprakların risk değerlendirmesi için uygun ıslah teknoloji seçiminde ve uygulamasında oldukça önem arz etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi BAP FYL 2020/2212 olanaklarıyla gerçekleştirilmiştir.

Finansman

Yazarlar bu çalışmanın araştırılması, yazarlığı veya yayınlanması için herhangi bir maddi destek almamıştır.

Çıkar Çatışması/Ortak Çıkar Beyanı

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması veya ortak çıkar beyan edilmemiştir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma etik kurul izni veya herhangi bir özel izin gerektirmez.

Araştırma ve Yayın Etiği Bildirgesi

Yazarlar, makalenin tüm süreçlerinde Environmental Toxicology and Ecology Dergisinin bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyduklarını ve toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapmadıklarını beyan ederler. Ayrıca karşılaşılabilecek etik ihlallerden Environmental Toxicology and Ecology ve yayın kurulunun hiçbir sorumluluğu olmadığını ve bu çalışmanın Environmental Toxicology and Ecology dışında herhangi bir akademik yayını

ortamında değerlendirilmediğini beyan ederler.

REFERANSLAR

- [1] Williams, W.M. Holden, P.W. Parsons, D.W. Lorber. M.N. Pesticides in Groundwater Database, Interim Report, pp. 6–64, US Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs, Washington, DC.
- [2] Koleli, N., Kantar, C., Cuvalcı U., Yılmaz H., Movement and adsorption of methamidophos in clay loam and sandy loam soil, International Journal of Analytical Chemistry, 86, 2006, 1127- 1134.
- [3] Kempf A., Brusseau M. L., Impact of non-ideal sorption on low-concentration tailing behavior for atrazine transport in two natural porous media, Chemosphere, 2009, 77, 877–882.
- [4] Cheng H., Reinhard M., Measuring hydrophobic micropore volumes in geosorbents from trichloroethylene desorption data, Environ. Sci. Technol., 2006, 40, 3595–3602.
- [5] Russo A., Johnson G. R., Schnaar G., Brusseau M. L., Nonideal transport of contaminants in heterogeneous porous media: 8. Characterizing and modeling asymptotic contaminant-elution tailing for several soils and aquifer sediments, Chemosphere, 2010, 81, 366–371.
- [6] Akyol, N.H., Characterizing and modeling of extensive atrazine elution tailing for stable manure-amended agricultural soil, Chemosphere, 2015, 119, 1027–1032.
- [7] Akyol, N.H., Ozbay, I., Ozbay, B., Effect of Organic Carbon Fraction on Long-term Atrazine Elution Tailing for Two Heterogeneous Porous Media: Experimental and Modeling Approach, Water Air Soil Pollut, 2015, DOI 10.1007/s11270-015-2639-4.
- [8] Ozbay B., Ozbay I., Akyol N.H., Akyol G, Sorption and desorption behaviors of 2,4-D and Glyphosate in calcareous soil from Antalya, Turkey", Water and Environment Journal, 32; 2018, 141-148.
- [9] Ozbay B., Ozbay I., Akyol N.H., Akyol G, Sorption and desorption behaviors of 2,4-D and Glyphosate in calcareous soil from Antalya, Turkey", Water and Environment Journal, 32; 2018, 141-148.
- [10] Kocaeli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Kocaeli İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu; 2018
- [11] Demir I., Akyol N.H., Atrazin ve Metribüzin Herbisitlerin Balıkesir Tarım Topraklarındaki Tutunum ve Taşınımının İncelenmesi, Environmental Toxicology and Ecology, 2021, Cilt: 1 Sayı: 2, 17 – 21.