



1. Uluslararası İçmesuyu ve Atıksu Sempozyumu

6-7 Aralık 2018 , Afyonkarahisar

1st International Potable Water and Waste Water Symposium

December 6-7, 2018 Afyonkarahisar

Sulardan Karbon Nanotüp Adsorpsiyonu ile Klorlu Pestisitlerin Giderimi

Hacer Şule Gönül Doğu, Yağmur Meltem Aydın Kızılkaya, Vedat Uyak

Pamukkale Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Denizli, ymeltema@pau.edu.tr

ÖZET

Pestisitlerin yoğun bir şekilde tarımsal faaliyetlerde kullanılması, bu bileşiklerin yüzeysel akışla su kaynaklarına karışmasına neden olmaktadır. 1970’li yıllardan sonra kanserojen risk taşıyan klorlu pestisitlerin kullanımına bazı sınırlamalar getirilmiş ve yönetmelik limitleri oluşturulmuştur. Söz konusu klorlu pestisitlerin su kaynaklarına karışması, su ve toprak ortamında taşınımı ve besin zinciri yoluyla insan bünyesindeki birikimi önemli sağlık endişelerini gündeme getirmektedir. Klorlu pestisitlerle ilgili sağlık endişeleri, bu tür kirleticilerin su ortamından uzaklaştırılmalarını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında klorlu pestisit bileşiklerinden aldrin ve atrazin bileşiklerinin karbon nanotüp (CNT) adsorpsiyon yöntemiyle içme sularından giderilmesi üzerine çalışılmıştır. Çalışma kapsamında klorlu pestisit adsorpsiyonunu etkileyen parametreler pH, Çözünmüş Organik Karbon (ÇOK) konsantrasyonu, temas süresi, CNT dozu, CNT türü ve başlangıç pestisit konsantrasyonu olarak belirlenmiştir. Çok katmanlı CNT (MWCNT) ve tek katmanlı CNT (SWCNT) ile yapılan adsorpsiyon çalışmalarında, maksimum atrazin adsorpsiyonun elde edildiği pH değeri SWCNT ve MWCNT için pH 9 olarak tespit edilmiştir. Reaksiyon süresinin atrazin ve aldrin adsorpsiyonuna etkisi ÇOK 4 mg/L konsantrasyonunda, pH 7’ de, 100 µg/L pestisit konsantrasyonunda, CNT 25 mg/L dozunda ve 6, 12, 24 ve 48 saat çalkalama sürelerinde incelenmiş ve sonuçta her 2 klorlu pestisit CNT adsorpsiyon miktarı çalkalama süresinin artışıyla doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, 100 mg/L CNT doz adsorpsiyonunda, maksimum aldrin adsorplama kapasitesinin gözlemlendiğini ortaya koymuştur. Diğer yandan, CNT türleri ile yapılan deneylerde başlangıç pestisit konsantrasyonu artmasıyla doğru orantılı olarak adsorpsiyon veriminde artış görülmüştür. Bu artışın CNT bünyesindeki yüksek gözenek hacmi ve yüzey alanından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışma sonucunda, CNT taneciklerinin içme suyu arıtımında mikrokirletici gideriminde güvenli bir şekilde kullanılabilceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Pestisit, karbon nanotüp, adsorpsiyon, içme suyu

Removal of Chlorinated Pesticides by Carbon Nanotube Adsorption from Waters

ABSTRACT

Intensive use of pesticides in agricultural activity causes mixing of these compounds into water sources with surface flow. Especially after the 1970s, a number of limitations imposed on the use of chlorinated pesticides that has a carcinogenic risk potential and regulatory limit have been established. Mixing chlorinated pesticides with water sources, transporting them in water and soil, and accumulating in the human body through food chain, brings important health concerns. Health concerns associated with chlorinated pesticides requires the removal of such contaminants from aquatic environment.

In this study, the parameters affecting the adsorption of chlorinated pesticide were set as pH, dissolved organic carbon concentration (DOC), contact time, CNT dose, CNT type and initial pesticide concentration. In adsorption studies with multi-walled CNT (MWCNT) and single walled CNT (SWCNT), the pH at which maximal atrazine adsorption was determined as pH 9 for SWCNT and MWCNT. The effect of the reaction time on the adsorption of atrazine and aldrin was investigated at a DOC concentration of 4 mg/L, pH 7, 100 µg/L pesticide concentration, CNT 25 mg/L and 6,12, 24 and 48 hours of contact time. It was concluded that the CNT adsorption amount showed an increase in direct proportion with the increase in the agitation time. The results showed that maximum adsorption capacity of aldrin was observed in 100 mg/L CNT dose. On the other hand, experiments with CNT species showed an increase in the adsorption efficiency in direct proportion to the increase of the initial pesticide concentration. This increase is thought to be due to the high pore volume and surface area within the CNT. As a result of this study, CNT particles could be used safely in the treatment of micropollutants in drinking water treatment.

Keywords: Pesticide, carbon nanotube, adsorption, drinking water

1. GİRİŞ

Hızla artan nüfusun beslenme gereksinimlerini karşılamak için tarımsal üretimin artırılması ve dolayısıyla tarım ilaçlarının kullanılması kaçınılmazdır. Doğal organik pestisitlerin pahalı olması, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ürün kalitesini ve üretim verimini arttırmak amacıyla sentetik tarım ilaçlarının fazla miktarda kullanılmasına neden olmaktadır (Aslan, 2001). Ekonomik zehirler olarak sınıflandırılan pestisitler, kullanım alanlarına göre insektisitler (böceklere karşı), herbisitler (yabancı otlara karşı), fungusitler (mantarlara karşı), akarasitler (uyuz böcekleri ve parazitlere karşı), rodendisitler (kemiricilere karşı) ve molusisitler (yumuşakçalara karşı) olarak adlandırılırlar (Çiftçioğlu vd., 2015). Pestisit kullanımının tarım için faydaları olmasına karşın, insanlar ve diğer canlı organizmalar üzerinde potansiyel toksisiteleri bulunmaktadır.

Türkiye’de pestisitler 1945’lerde zararlılara karşı kullanılmaya başlanmış ve 1960 - 1970 yılları arasında bu kimyasalların kullanım oranı oldukça artmıştır (Çok vd., 1997). 1978’den sonra ise bu bileşiklerin sınırlandırılması ile kullanımları azalmıştır. Sonraki yıllarda bu bileşiklerin kullanımlarının düşük miktarlarda

olmasına rağmen Türkiye'nin bazı bölgelerinde yasal olmayan şekilde hala kullanılmaktadır. 2004 yılında yasal olarak yürürlüğe giren Stockholm Sözleşmesi'nin ilk etabında bahsedilen 12 kalıcı organik kirleticinin 9 tanesi tarımsal alanda kullanılan pestisitlerdir. 2010 ve 2011 yıllarında yapılan toplantı sonrası 10 yeni kalıcı organik kirletici bu listeye eklenmiş olup 4 tanesi pestisit olarak kullanılmaktadır. Bazı tehlikeli kimyasalların, çevreye uyumlu biçimde kullanılmaları, insan sağlığına ve çevreye verecekleri zararlardan korunmayı veya kullanılmalarının yasaklanmalarını içeren Rotterdam Sözleşmesi'ne de Türkiye 2005 yılında taraf olmuştur. Rotterdam Sözleşmesi'nde ise yaklaşık 36 çeşit tehlikeli kimyasaldan 26 tanesi pestisit türüdür. Her iki sözleşmede ortak olarak yasaklanmış olan pestisitler aldrin, klordan, dieldrin, heptaklor, heksaklorobenzen, toksafen, lindan ve DDT'tir (İstanbuluoğlu ve Tekbaş, 2013). Söz konusu klorlu pestisitlerin su kaynaklarına karışması, su ve toprak ortamında taşınımı ve besin zinciri yoluyla insan bünyesindeki birikimi önemli sağlık endişelerini gündeme getirmektedir. Klorlu pestisitlerle ilgili sağlık endişeleri, bu tür kirleticilerin su ortamından uzaklaştırılmalarını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada içme sularında bulunan klorlu pestisit bileşiklerinden aldrin ve atrazinin giderilmesinde karbon nanotüp (CNT) esaslı nanotaneçiklerin kullanım potansiyelinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada farklı taneçik çaplarına sahip tek katmanlı ve çok katmanlı karbon nanotüp taneçikleri kullanılmıştır. Öte yandan, MWCNT taneçiklerinin hidroksil ve karboksil fonksiyonel grupları içeren türlerde çalışma kapsamında kullanılmıştır. CNT adsorpsiyon deneyleri izoterm şeklinde uygulanmış ve adsorpsiyonu etkileyen parametreler ise pH, temas süresi, CNT dozu, CNT türü ve başlangıç pestisit konsantrasyonu olarak ayarlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar ve Su Kalitesi Parametreleri

Çalışma kapsamında tek katmanlı (SWCNT) ve çok katmanlı (MWCNT) CNT'ler kullanılmıştır (Tablo 1). CNT için 1 adet 1-2 nm taneçik çapına sahip SWCNT ve 4 farklı taneçik çapına (8-15 nm, 10-15 nm, 30-50 nm ve >50 nm) sahip çok MWCNT olmak üzere toplam 5 farklı CNT kullanılmıştır. Adsorpsiyon testlerinde kullanılan MWCNT taneçiklerinden 2 tanesi karboksil (-COOH) fonksiyonel gruba sahiptir.

Tablo 1. CNT Türleri ve Taneçik Çapları

Orijinal İsmi	Yeni Adlandırma	Taneçik Çapı (nm)	Uzunluk (µm)	-COOH İçeriği (%wt)	Yüzey Alanı (m ² /g)	Safılık (%)
SWCNT	SWCNT	1 - 2	5 - 30	-	405,95	≥ 95
MW-CNT-COOH	CNT-8-COOH	8 - 15	~ 50	2,56	130	≥ 95
MWCNT	CNT-10	10 - 15	10 - 30	-	150	≥ 95
MWCNT	CNT-30	30 - 50	10 - 20	-	> 100	≥ 95
MW-CNT-COOH	CNT-50-COOH	> 50	10 - 20	0,49	> 60	≥ 95

Bu çalışmada kullanılan pestisit bileşikleri ultra saf suda çözülerek sentetik çözelti hazırlanmıştır. Daha sonra bu çözeltiye Tablo 2' de gösterilen kimyasallar gerekli miktarda eklenerek, sentetik çözeltinin göl suyu

karakterini temsil etmesi sağlanmıştır. Laboratuvar ölçekli çalışmalarda kullanılacak sentetik çözeltinin organik içeriği 1 adet hümik asit model organik bileşiği kullanılarak temin edilmiştir. Hümik asit, öncelikle saf suyun pH değeri 1 M NaOH çözeltisi ile 10'a getirildikten sonra saf suya ilave edilmiş ve ardından karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Organik maddenin tümünün suda çözündüğünden emin olduktan sonra, suyun pH değeri 1 M H₂SO₄ ile 7.0 civarına ayarlanarak aşağıda Tablo 2'de gösterilen kimyasallar ilave edilmiştir. Sentetik ham su, su kalite parametrelerinin değerleri Tablo 3' de belirtilen aralıklara denk gelecek şekilde hazırlanmıştır. Buna göre elde edilmesi planlanan sentetik ham su numunelerinin beklenen karakterizasyon profili Tablo 3' de verilmiştir. Tablo 2'de belirtilen parametrelerin analizi standart yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sentetik çözeltide değişken olarak Çözünmüş Organik Karbon (ÇOK) parametresi kullanılmıştır. Bu amaçla 4 farklı (2, 4, 6, 10 mg/L) ÇOK konsantrasyonuna sahip sentetik çözelti hazırlanmıştır. İstenen ÇOK konsantrasyonları sentetik çözeltilere belirli miktarlarda Glutamik asit eklenerek ayarlanmıştır. Daha sonra çözünmesi için karıştırıcıya bırakılmış ve pH değeri istenen düzeye getirilmiştir.

Tablo 2. Sentetik Ham Su Parametreleri

Bileşen	Konsantras-yon
CaCl ₂ .2H ₂ O	111 mg/L
MgSO ₄ .7H ₂ O	70 mg/L
NaHCO ₃	127 mg/L
KBr	0.24 mg/L
Organik madde	5.0 mg/L
Kil	5.0 g/L

Tablo 3. Sentetik Ham Su Karakterizasyonu

Parametre	Konsantrasyon	Birim
İletkenlik	200 - 400	$\mu\text{S/cm}$
Bulanıklık	3 - 5	NTU
pH	7.0-8.0	
Toplam Sertlik	110 - 120	mg/L CaCO_3
Ca^{+2}	30 - 32	mg/L
Mg^{+2}	8 - 10	mg/L
SO_4^{-2}	25 - 30	mg/L
Alkalinite	95 - 100	mg/L CaCO_3
ÇOK	0.0 - 10.0	mg/L
UV_{254}	0.015 - 0.250	$1/\text{cm}$

2.2. Adsorpsiyon Deneyleri ve Pestisitlerin Analizi

Çalışma kapsamında kullanılmış olan pestisit bileşiklerinden Aldrin ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{Cl}_6$) ve Atrazin ($\text{C}_8\text{H}_{14}\text{ClN}_5$) standart çözeltileri Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir. Kalibrasyon için konsantrasyonlar 5, 20, 40 ve 100 $\mu\text{g/L}$ olarak ayarlanmıştır. Kalibrasyon sonucunda U.S. EPA 508.1 Metodunda belirtildiği gibi alıkonma süreleri Atrazin için 15,5 Dakika ve Aldrin için ise 13,8 dakikada elde edilmiştir. Yapılan kalibrasyonun ardından hazırlanan sentetik çözeltiler GC'ye verilmiştir. Adsorpsiyon deneyi için sentetik numuneler 150 mL ultra-saf su içeren viallere eklenmiş ve ÇOK konsantrasyonları ayarlanmıştır. Deneylerde pH aralığı olarak 4, 6, 7 ve 9 değerleri uygulanmıştır. Çalışılacak olan sentetik numune konsantrasyon aralığı pestisitlerin suda çözümleri baz alınarak 10, 20, 100 ve 250 $\mu\text{g/L}$ olacak şekilde ayrı ayrı ve birlikte olmak üzere 2 farklı çözelti hazırlama modunda hazırlanmıştır. CNT doz değeri olarak 10, 25, 50 ve 100 mg/L değerleri izoterm deneylerinde kullanılmıştır. Sentetik numuneler içinde CNT'nin dağılmasını sağlamak için 30°C 'de 15 dk ultrasonik banyoya koyulmuş ve ardından karıştırıcı bir üniteye yerleştirilmiştir. Karıştırıcı cihaz 6, 12, 24 ve 48 saatlik süreler için karışıma tabi tutulmuştur. Adsorpsiyon işleminin ardından numuneler vakumlu süzme düzeneğinden 0,45 μm filtre kağıdından süzülmuş ve CNT tanecikleri uzaklaştırılmıştır. Daha sonra ayrılan numunelerde pestisit analizi gerçekleştirilmiştir. Bu test işleminde her bir parametre için optimum değerler belirlenmiştir. Adsorpsiyon deneylerinde Tablo 4' de belirtilen aralıklar uygulanmıştır.

Tablo 4. Deneysel Tasarım Şablonu

Deneysel tasarım no	ÇOK (mg/L)	pH	Pestisit konsantrasyonu (µg/L)	CNT dozu (mg/L)	Reaksiyon süresi (sa)
I	2.0	7.00	100	25	24
	4.0	7.00	100	25	24
	6.0	7.00	100	25	24
	10.0	7.00	100	25	24
II	4.0	4.00	100	25	24
	4.0	6.00	100	25	24
	4.0	7.00	100	25	24
	4.0	9.00	100	25	24
III	4.0	7.00	10	25	24
	4.0	7.00	20	25	24
	4.0	7.00	100	25	24
	4.0	7.00	250	25	24
IV	4.0	7.00	100	10	24
	4.0	7.00	100	25	24
	4.0	7.00	100	50	24
	4.0	7.00	100	100	24
V	4.0	7.00	100	25	12
	4.0	7.00	100	25	24
	4.0	7.00	100	25	48
	4.0	7.00	100	25	72

2.3. Pestisitlerin Ekstraksiyonu ve Analizi

Katı faz ekstraksiyonu (SPE) EPA 508.1 metodu izlenerek gerçekleştirilmiştir (U.S. EPA, 2007). Numuneler önceden saf sudan geçirilmiş 0,45 µm naylon filtreden süzölmüş ve ardından 6N HCl çözeltisi kullanılarak pH değeri 2 olarak ayarlanmıştır. Katı faz ekstraksiyon işlemi için SPE kartuşlar ilk olarak şartlandırma işlemine tabi tutulmuş, sırasıyla 3 mL etil asetat, 3 mL n-hegzan, 1 mL metanol ve 1 mL saf su ile şartlandırılmıştır. Daha sonra kartuşlardan 4 mL/dk hızla vakum altında 50 mL'lik numuneler süzülerek yükleme yapılmıştır. Yıkama işlemi için kartuşlar 2 kere 3 mL saf su ile yıkanmıştır. Bu işlemin ardından, kartuşlardaki kalıntı suyun giderilmesi için kartuşlar 10 dakika süre boyunca havalandırılmıştır. Daha sonra, söz konusu bu kartuşlardan ekstraksiyon aşamasında sırasıyla 6 mL n-hegzan ve 6 mL etil asetat geçirilmiş ve ekstrakt 13 mL hacimli cam tüplerde toplanmıştır. Bu cam tüplere daha sonra ekstraksiyon verimini arttırmak amacıyla 0,5 gr sodyum sülfat (Na₂SO₄) eklenmiştir. Daha sonra suyun giderilmesi aşamasında cam tüplerdeki ekstrakt evaporatörde 40°C'de 80 rpm altında hacim 3 mL olana kadar buharlaştırılmıştır. Sonuçta, örnekler 2 mL'lik kahve renkli cam viallere aktarılmıştır. Bu vialler cihazın oto analizör kısmına yerleştirilmiş ve ardından gaz kromatografa enjekte edilmesi için cihaz kumanda edilmiştir.

Pestisit analizi Pamukkale Üniversitesi (PAÜ) Çevre Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Agilent 7890N marka Gaz Kromatografisi (GC) enstrümanı kullanılarak, U.S. EPA 508.1 metoduna göre analiz edilmiştir. Kullanılan dedektör pestisit analizinde etkili olan Elektron Yakalama Dedektörü (ECD)'dür. GC cihazına DB35-ms kolonu (30 m × 0.32 mm. × 0.25 µm) monte edilmiştir. Ölçüm yönteminin kalibrasyon eğrisi, kalibrasyon

standartları ile oluşturulmuştur. Kalibrasyon eğrisi 4 noktadan geçecek ve 5 - 250 µg/L konsantrasyon aralığında olacak şekilde hazırlanmıştır. Kolonda taşıyıcı gaz olarak 45 cm/dk sabit akış debisinde helyum (saflık derecesi > % 99.99) kullanılmıştır. Enjektör sıcaklığı 250°C'ye set edilmiştir. GC sıcaklık programı aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

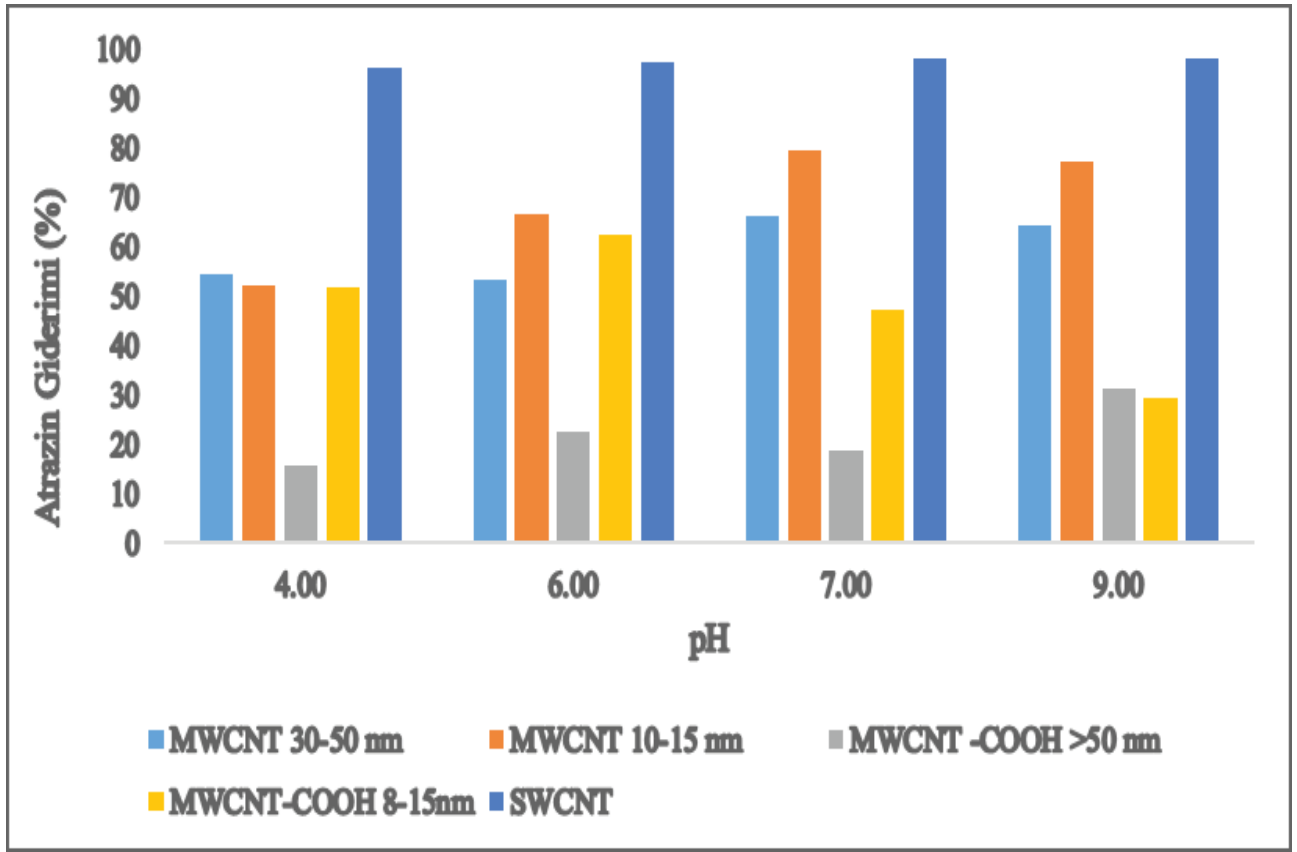
Fırın ilk sıcaklığı 75°C'de 0,5 dakika olarak çalışmıştır. Ardından bu ilk sıcaklıktan dakikada 10°C artarak 300°C'ye yükselmiştir ve bu sıcaklık değerinde 2 dakika beklemiştir. Metot her bir numune için yaklaşık olarak 24 dk sürmüştür. Bunun dışında dedektör max sıcaklığı 350°C ve kolon max sıcaklığı 250°C ayarlanarak kullanılmıştır. Cihaza 2 µL örnek splitless modunda enjekte edilmiştir (U.S.EPA, 2007).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

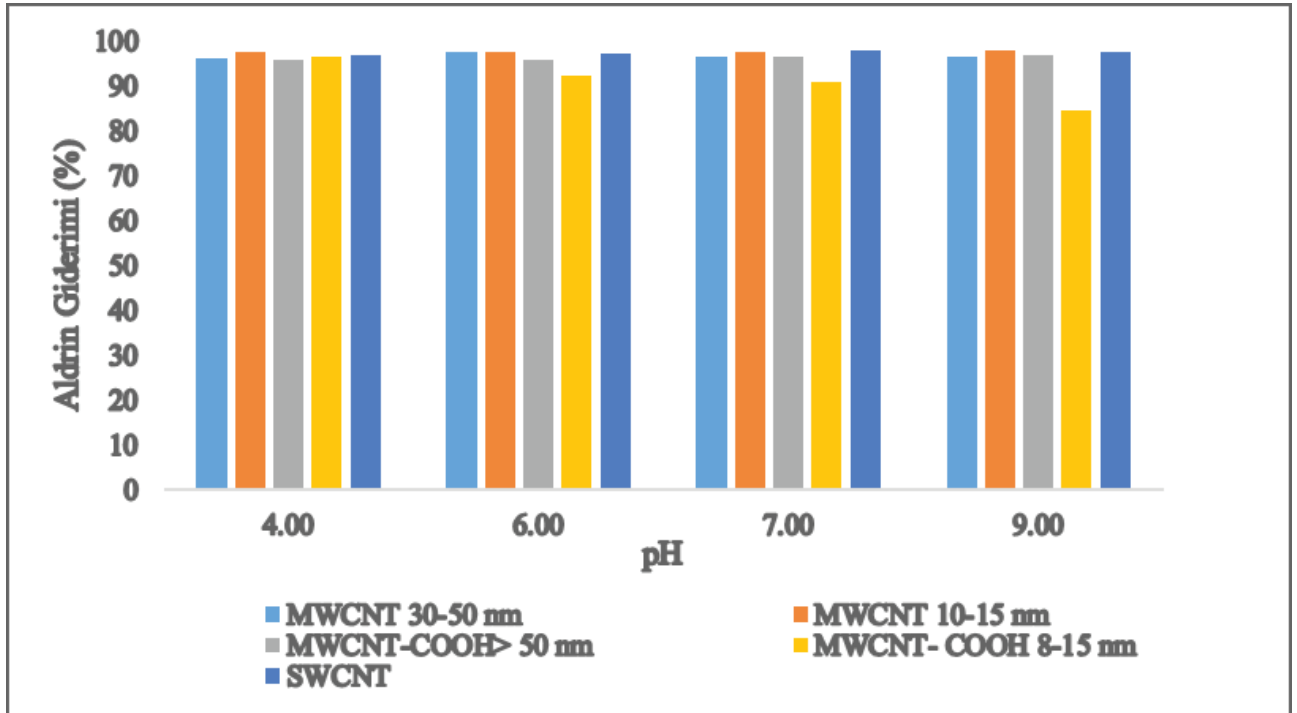
Bu çalışmada klorlu pestisit bileşiklerinden aldrin ve atrazin bileşikleri karbon nanotüp (CNT) adsorpsiyon yöntemiyle içme sularından giderilmesi çalışılmıştır. Bu kapsamda klorlu pestisit adsorpsiyon işlemini etkileyen parametreler pH, temas süresi, CNT dozu, CNT türü ve başlangıç pestisit konsantrasyonu olarak ayarlanmıştır. Çok katmanlı CNT (MWCNT) ve tek katmanlı CNT (SWCNT) ile yapılan adsorpsiyon çalışmalarında, maksimum atrazin adsorpsiyonun elde edildiği pH değeri SWCNT ve MWCNT için pH 9 olarak tespit edilmiştir (Şekil.1 ve Şekil.2). Reaksiyon süresinin atrazin ve aldrin adsorpsiyonuna etkisi ÇOK 4 mg/L konsantrasyonunda, pH 7'de, 100 µg/L pestisit konsantrasyonunda, CNT 25 mg/L dozunda ve 6, 12, 24 ve 48 saat çalkalama sürelerinde incelenmiş ve sonuçta her 2 klorlu pestisit CNT adsorpsiyon miktarı çalkalama süresinin artışıyla doğru orantılı olarak bir artış göstermiştir (Şekil.3 ve Şekil.4). Elde edilen sonuçlar, 100 mg/L CNT doz adsorpsiyonunda, maksimum aldrin adsorplama kapasitesinin gözlemlendiğini ortaya koymuştur (Şekil.5 ve Şekil.6). Diğer yandan, CNT türleri ile yapılan deneylerde başlangıç pestisit konsantrasyonu artmasıyla doğru orantılı olarak adsorpsiyon veriminde artış görülmüştür (Şekil.7 ve Şekil.8). Bu artışın CNT bünyesindeki yüksek gözenek hacmi ve yüzey alanından kaynaklandığı düşünülmektedir. Atrazin ve Aldrin için sırasıyla Şekil 9 ve 10'da verilmiştir. Şekil 9'da görüldüğü gibi çalışılan ÇOK aralığında (2, 4, 6, 10 mg/L) Atrazin için maksimum verim SWCNT ile % 98,74 olarak ÇOK 2 mg/L konsantrasyonunda elde edilmiştir. Genel olarak en az verim MWCNT - COOH >50 nm'de ÇOK 2 mg/L değerinde görülmüştür. MWCNT 10 - 15 nm ve MWCNT - COOH 8 - 15 nm için en yüksek adsorpsiyon ÇOK 6 mg/L konsantrasyonunda gözlemlenmiş ve 10 mg/L ÇOK değerinde adsorpsiyon azalışa geçmiştir.

Şekil 10'da ise çalışılan ÇOK aralığının tüm değerleri için Aldrin verimi yüksektir. Atrazin adsorpsiyonunda olduğu gibi Aldrin adsorpsiyonunda da en yüksek verim SWCNT ile elde edilmiştir. MWCNT - COOH 8-15 nm ile yapılan Aldrin adsorpsiyon deneylerinden elde edilen sonuçlarda ise ÇOK değerinin artmasıyla adsorpsiyon veriminin azaldığı gözlemlenmiştir.

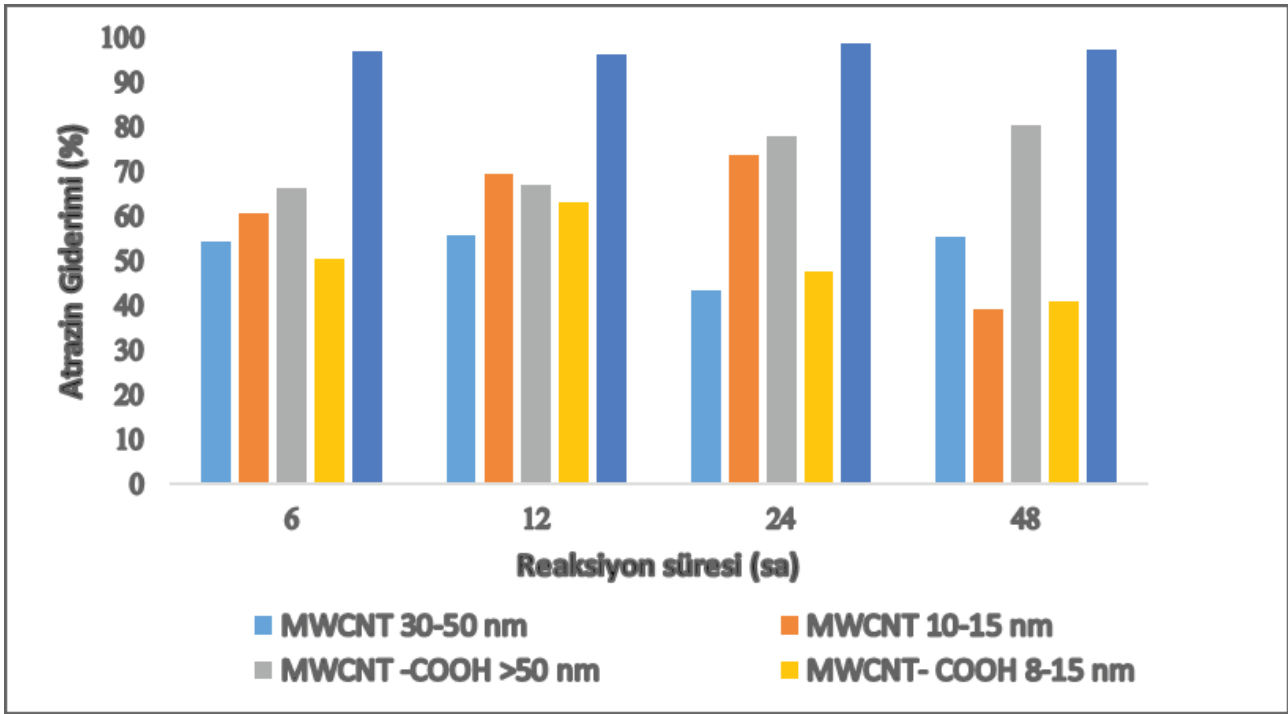
Bu çalışma sonucunda, CNT taneciklerinin içme suyu arıtımında mikrokirletici gideriminde teknik ve ekonomik açıdan güvenli bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür.



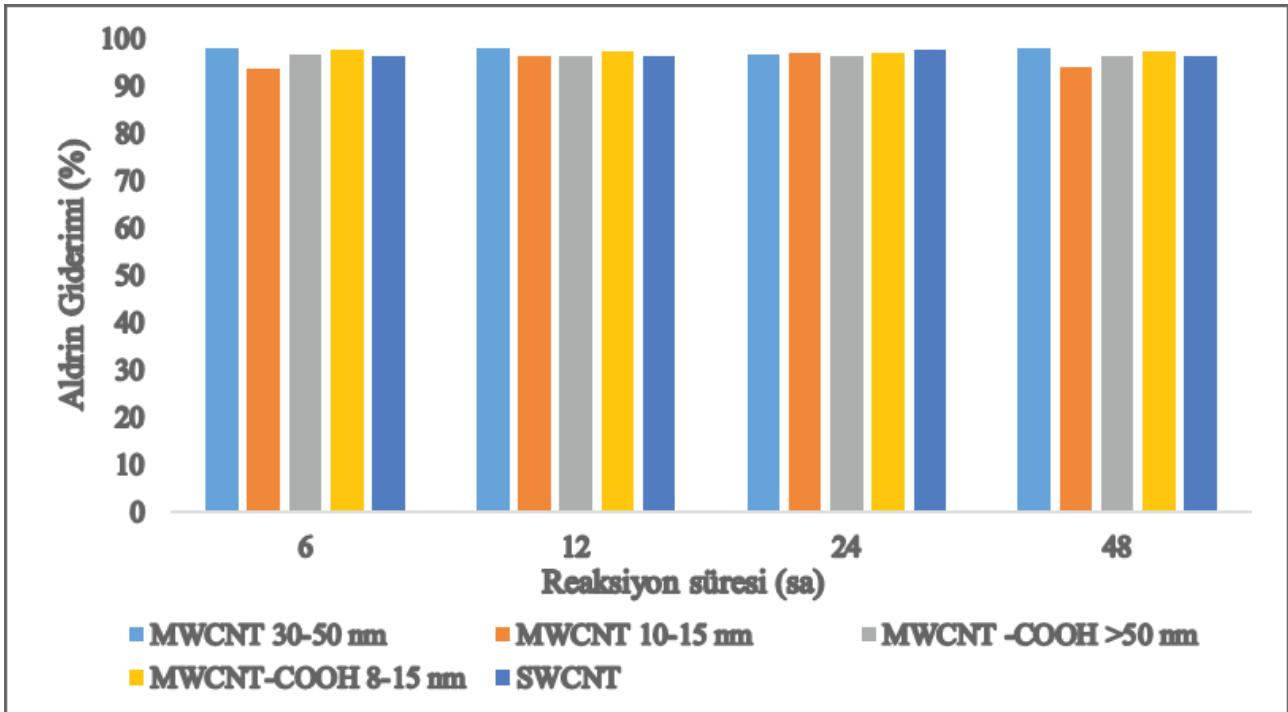
Şekil 1. CNT'ler ile Atrazin Adsorpsiyonu İşlemine pH Etkisi (ÇOK 4 mg/L, Pestisit konsantrasyonu 100 µg/L, CNT Adsorban Dozu 25 mg/L, Reaksiyon süresi: 24 saat).



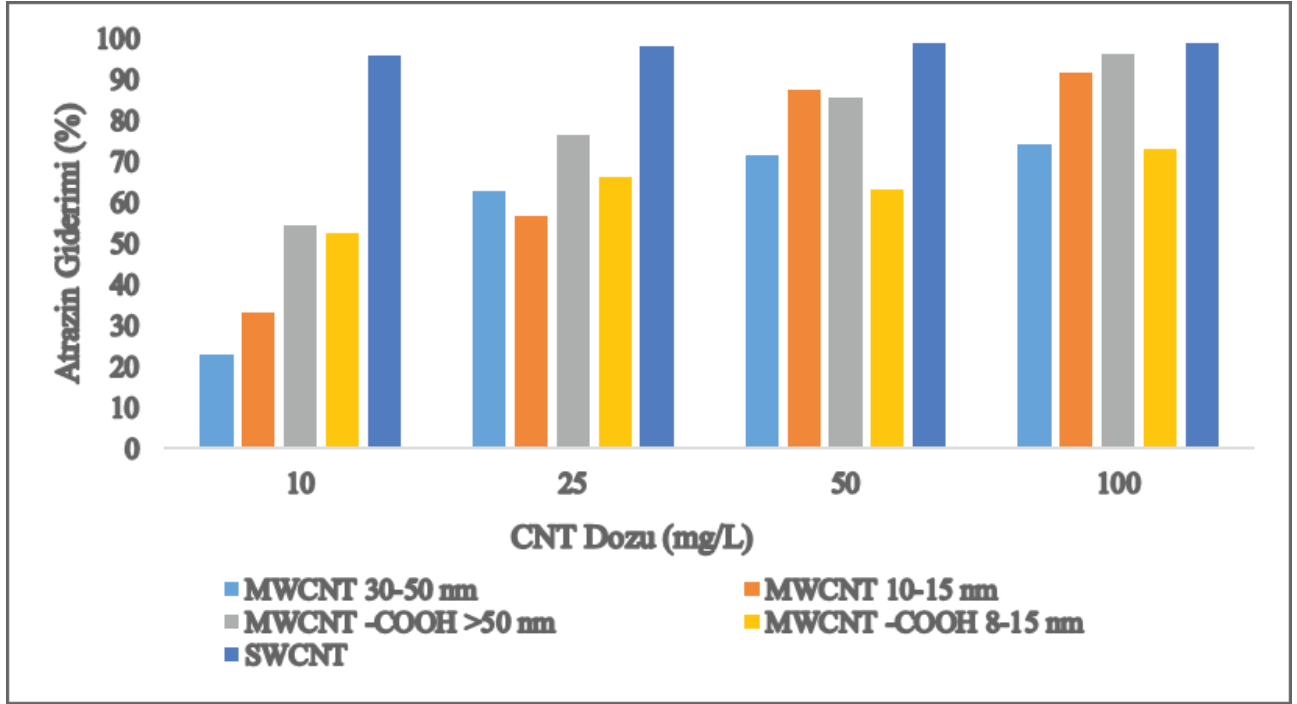
Şekil 2. CNT'ler ile Aldrin Adsorpsiyonu İşlemine pH Etkisi (ÇOK 4 mg/L, Pestisit konsantrasyonu 100 µg/L, CNT Adsorban Dozu 25 mg/L, Reaksiyon süresi: 24 saat).



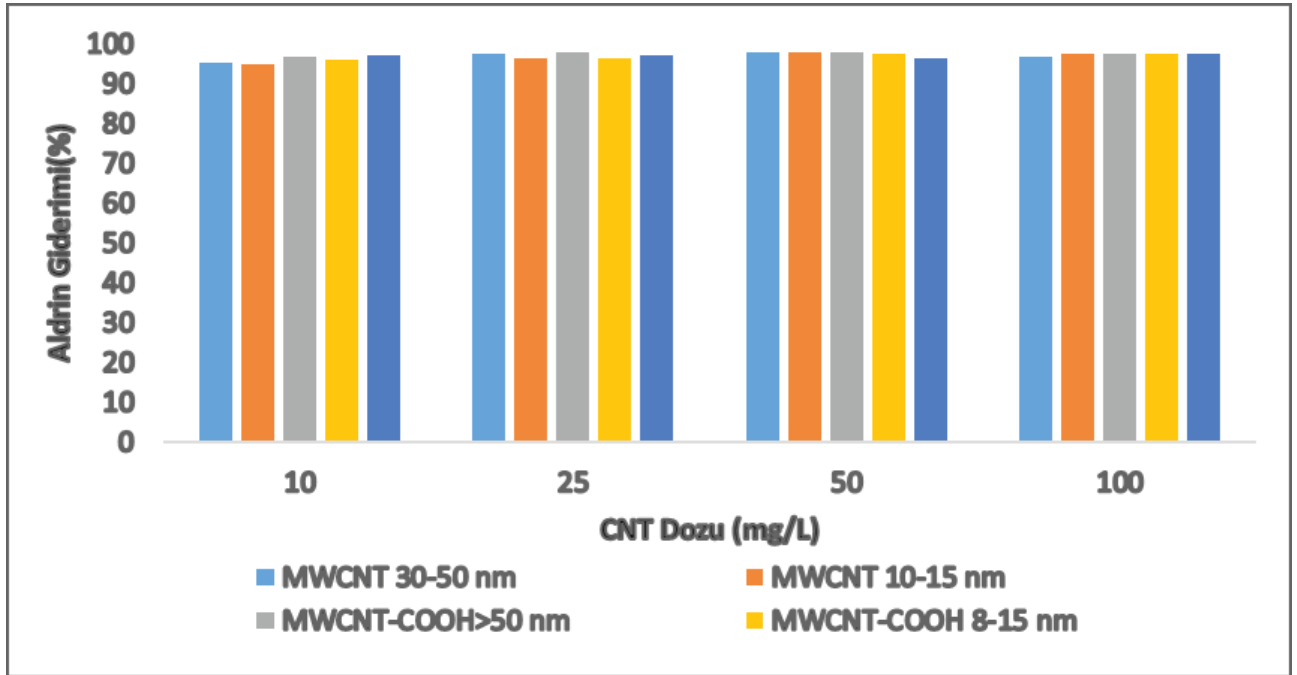
Şekil 3. CNT'ler ile Atrazin Adsorpsiyonu İşlemine Reaksiyon Süresinin Etkisi (ÇOK 4 mg/L, pH 7, Pestisit Konsantrasyonu 100 µg/L, Adsorban Dozu: 25 mg/L).



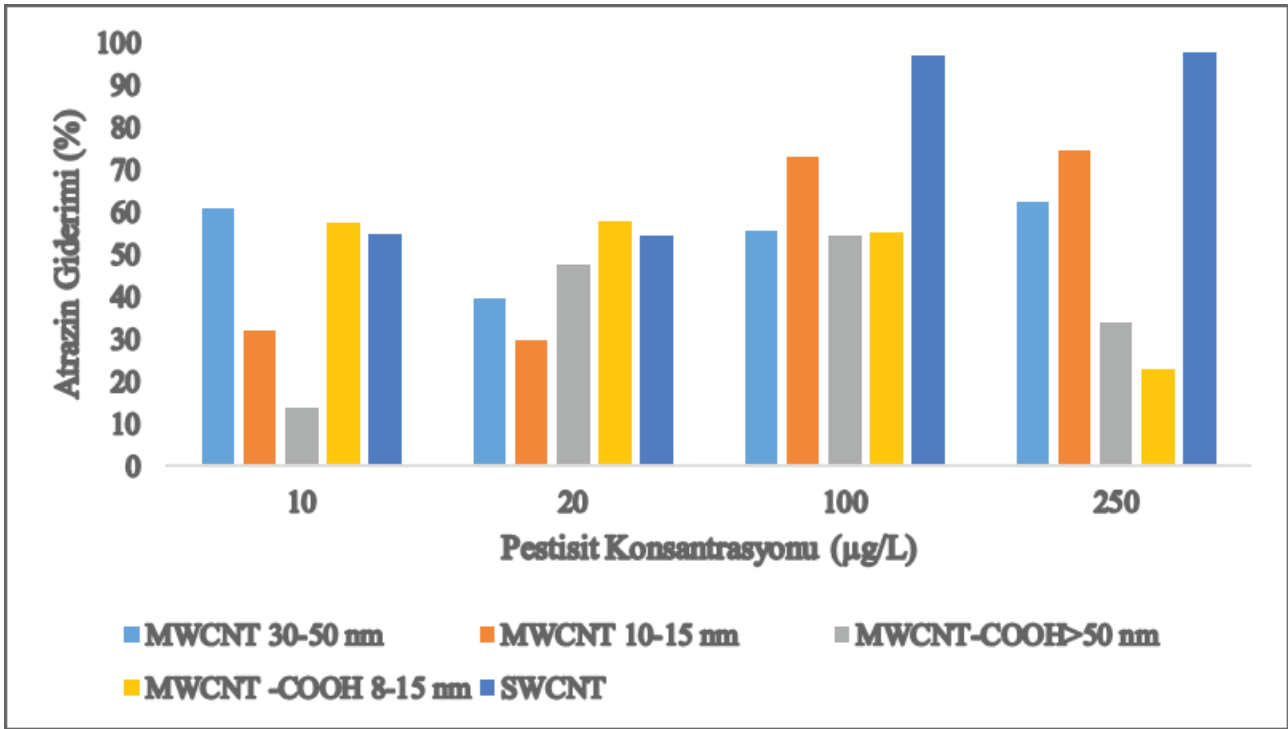
Şekil 4. CNT'ler ile Aldrin Adsorpsiyonu İşlemine Reaksiyon Süresinin Etkisi (ÇOK 4 mg/L, pH 7, Pestisit Konsantrasyonu 100 µg/L, Adsorban Dozu: 25 mg/L).



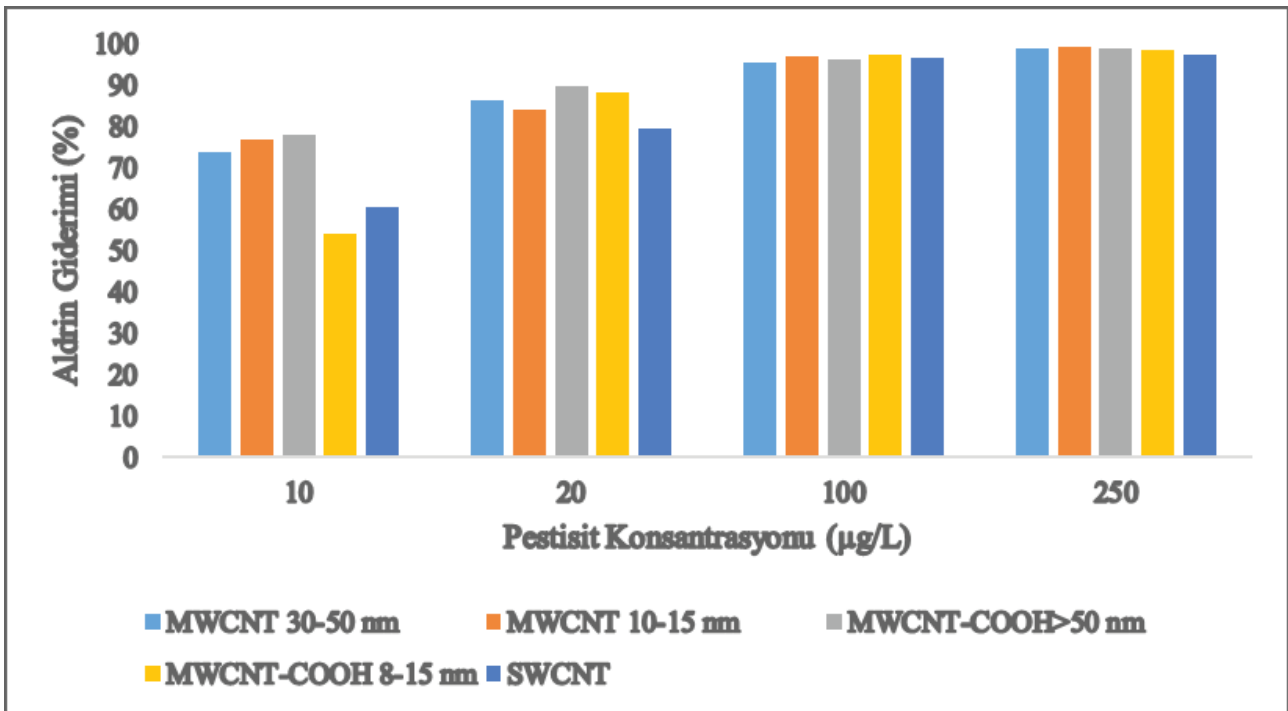
Şekil 5. CNT'ler ile Atrazin Adsorpsiyonu İşlemine Adsorban Dozu Etkisi (ÇOK 4 mg/L, pH 7, Pestisit Konsantrasyonu 100 µg/L, Reaksiyon süresi: 24 saat).



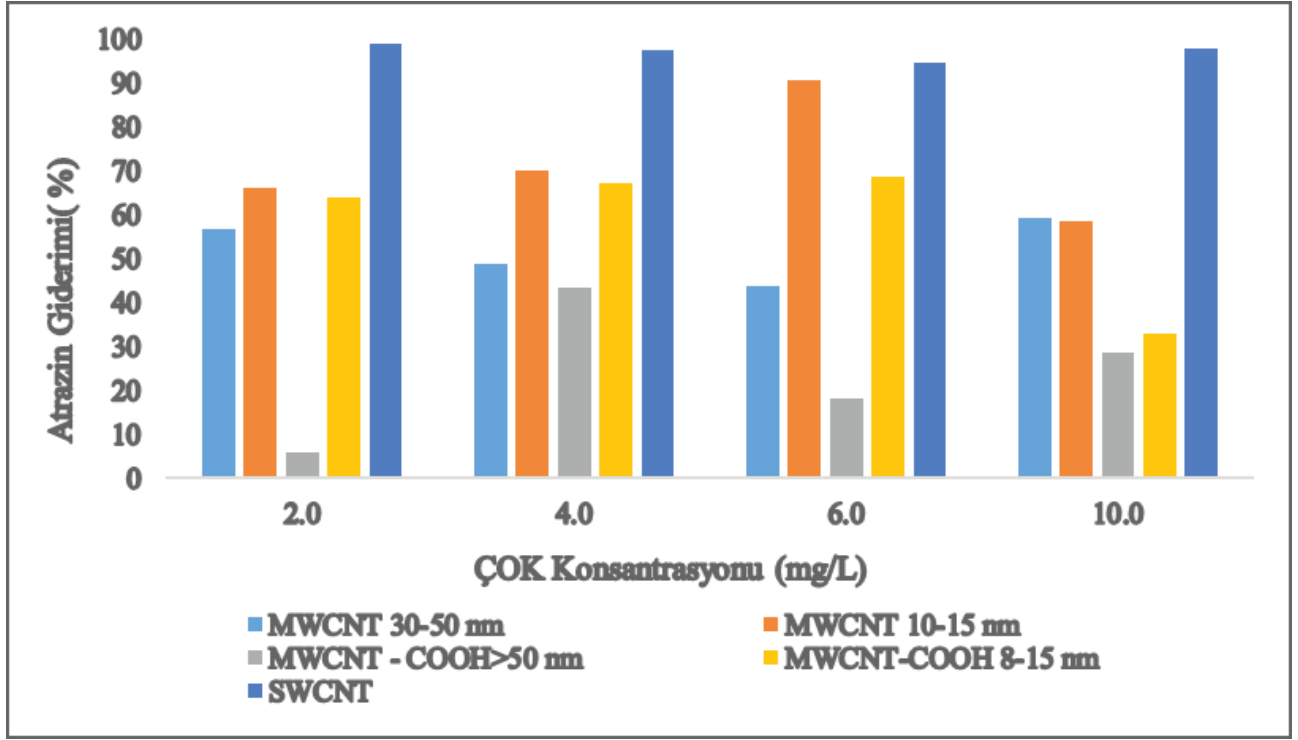
Şekil 6. CNT'ler ile Aldrin Adsorpsiyonu İşlemine Adsorban Dozu Etkisi (ÇOK 4 mg/L, pH 7, Pestisit Konsantrasyonu 100 µg/L, Reaksiyon süresi: 24 saat).



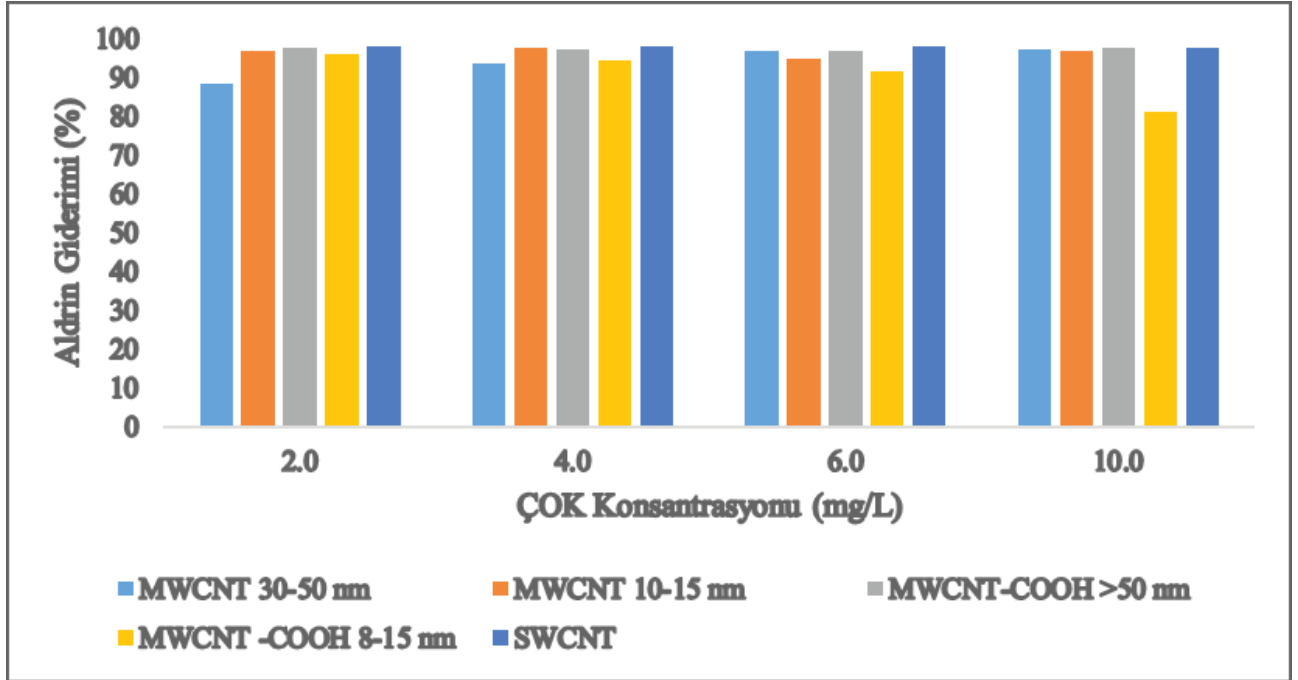
Şekil 7. CNT'ler ile Atrazin Adsorpsiyonu İşlemine Başlangıç Pestisit Konsantrasyonu Etkisi (ÇOK 4 mg/L, pH 7, CNT Adsorban Dozu 25 mg/L, Reaksiyon süresi: 24 saat).



Şekil 8. CNT'ler ile Aldrin Adsorpsiyonu İşlemine Başlangıç Pestisit Konsantrasyonu Etkisi (ÇOK 4 mg/L, pH 7, CNT Adsorban Dozu 25 mg/L, Reaksiyon süresi: 24 saat).



Şekil 9. CNT'ler ile Atrazin Adsorpsiyonu İşlemine ÇOK Konsantrasyonunun Etkisi (pH 7, Pestisit konsantrasyonu 100 µg/L, CNT Adsorban Dozu 25 mg/L, Reaksiyon süresi: 24 saat).



Şekil 10. CNT'ler ile Aldrin Adsorpsiyonu İşlemine ÇOK Konsantrasyonunun Etkisi (pH 7, Pestisit konsantrasyonu 100 µg/L, CNT Adsorban Dozu 25 mg/L, Reaksiyon süresi: 24 saat).

5. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında klorlu pestisit bileşiklerinden aldrin ve atrazin bileşiklerinin karbon nanotüp (CNT) adsorpsiyon yöntemiyle içme sularından giderilmesi üzerine çalışılmıştır. MWCNT ve SWCNT ile yapılan adsorpsiyon çalışmalarında, maksimum atrazin adsorpsiyonun elde edildiği pH değeri SWCNT ve MWCNT için pH 9 olarak tespit edilmiştir. Reaksiyon süresinin atrazin ve aldrin adsorpsiyonuna etkisi 6, 12, 24 ve 48 saat çalkalama sürelerinde incelenmiş ve sonuçta her 2 klorlu pestisitinin CNT adsorpsiyon miktarı çalkalama süresinin artışıyla doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, 100 mg/L CNT doz adsorpsiyonunda, maksimum aldrin adsorplama kapasitesinin gözlemlendiğini ortaya koymuştur.

6. TEŞEKKÜR BÖLÜMÜ

Bu çalışma Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri 2014FEBE055 nolu projeye desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Aslan, Ş., 2001. İçme Sularından Adsorpsiyon ile Pestisit Giderimi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 309-319,

Çiftçioğlu, G., Karlık, D. ve Ateş, M., 2015. Vakum Manifold Sistemi Kullanılarak İçme Kullanma Sularında Klorlu Pestisitlerin Katı - Sıvı Ekstraksiyon Yöntemi ile Analizi. Türk Hij. Den. Biyo. Derg., 72(1): 37-44.

Çok, İ., Bilgili, A., Özdemir, M., Özbek, H., Bilgili, S. ve Burgaz, S., 1997. Organochlorine Pesticide Residues in Human Breast Milk From Agricultural Regions of Turkey, 1995-1996. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 59: 577-582.

İstanbulluoğlu, H. ve Tekbaş, Ö.F., 2013. Kalıcı Organik Kirlenimler (KOK). Türk Hij. Den. Biyol. Derg., 70(3): 163-74.