

## Pestisit Üretiminde Atıksuların Koagülasyon/Flokülasyon Prosesi ile Geri Kazanımının Değerlendirilmesi

Aslıhan Katip<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16120, Bursa. ORCID: [0000-0002-3210-6702](https://orcid.org/0000-0002-3210-6702)

### Özet

Pestisit endüstrisi atıksularının toksik etkilere ve biyolojik birikime neden olması ve bu atıksuların yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve askıda katı madde (AKM) konsantrasyonları çevresel açıdan önemli problemlere yol açmaktadır. Ayrıca, pestisit endüstrisinde üretilen pestisitlerin türüne ve kullanım özelliklerine göre atıksuların karakterizasyonu değişebilmektedir. Bu çalışmada yaygın ve ekonomik olarak kullanılan alum ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ), demir (II) sülfatın ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) ve demir (III) klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) koagülanları ve anyonik polielektrolit (magnaflok) ile koagülasyon-flokülasyon prosesi ile fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışması yapılarak atıksuyun üretimde yeniden kullanımı değerlendirilmiştir. AKM ve KOİ giderilmesinde koagülasyon-flokülasyon prosesinin giderim sağladığı ancak alıcı ortama deşarj için çok yeterli olmadığı görülmüştür. Demir (III) klorür, alum ve demir (II) sülfat için optimum pH değerleri sırasıyla 7,21, 8,12 ve 7,18 ve optimum koagülant dozajları demir (III) klorür ve demir (II) sülfat için 250 mg/L, alum için ise 300 mg/L olarak bulunmuştur. KOİ giderim verimleri demir (III) klorür, alum ve demir (II) sülfat için % 43, % 47 ve % 42, AKM giderim verimleri ise, demir (III) klorür için % 44, alum için % 47 ve demir (II) sülfat için % 39 bulunmuştur. Optimum polielektrolit dozları alum ve demir (II) sülfat için 0,2 mg/L, demir (III) klorür için ise, 0,3 mg/L olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak bu koagülasyon-flokülasyon prosesi sonucunda elde edilen suyun geri kazanılarak üretimde kullanılabileceği belirlenmiştir.

### Anahtar Sözcükler

Pestisit Endüstrisi Atıksuyu, Koagülasyon, Flokülasyon, Geri Kazanım

## Evaluation of Wastewater Reuse with Coagulation/Flocculation Process in Pesticide Production

### Abstract

Pesticide industry wastewater causes toxic effects and bioaccumulation and high chemical oxygen demand (COD) and suspended solids (SS) concentrations of these wastewaters cause environmental problems. Furthermore, the wastewater caused from pesticide industry indicates great alteration in the wastewater characteristics subjected to the kind of agrochemicals produced and on the use of materials manipulated. In this study wide found and economical coagulants; ferrous (II) sulphate, alum, and iron (III) chloride, and also a polyelectrolyte magnafloc were used for a physicochemical treatability study and reusing of the wastewater was evaluated. SS and COD removal was ensured with coagulation and flocculation process, however, it was seen that this process was not sufficient for discharging to receiving water environment. The optimum pH values for iron (III) chloride, alum and iron (II) sulphate were found to be 7.21, 8.12 and 7.18, respectively and optimum coagulant dosages were 250 mg/L for iron (III) chloride and iron (II) sulfate, and 300 mg/L for alum. The COD removal efficiencies were 43%, 47% and 42% for iron (III) chloride, alum and iron (II) sulphate respectively and also SS removal efficiencies were 44% for iron (III) chloride, 47% for alum, and iron (II) sulphate for 39%. Optimum polyelectrolyte doses were determined to be 0.2 mg/L for alum and iron (II) sulfate and 0.3 mg/L for iron (III) chloride. Consequently, it was ascertained that the wastewater originated from pesticide industry could be reused in production after the coagulation/flocculation process.

### Keywords

Pesticide Wastewater, Coagulation, Flocculation, Reuse

### 1. Giriş

Dünyada nüfusun giderek artması sebebiyle mevcut tarım alanlarından daha yüksek verimin alınmak istenmesi kaçınılmaz olmuştur. Pestisitler farklı alanlarda kullanılmakla birlikte tarımsal üretimde yüksek verim elde etmek için geliştirilmiştir ve herhangi bir zararlıyı yok etmek, engellemek, uzaklaştırmak ve azaltmak için kullanılan kimyasallardır (Demirci 2013). Dünyada pestisit kullanım veri raporları her ne kadar yetersiz ve düzensiz olsa da, genellikle tarımda sentetik pestisit kullanımı istikrarlı bir şekilde artmaktadır (Pretty ve Bharucha 2015). Çin, ABD ve Arjantin dünya pestisit kullanımının %70'ini oluşturmakta iken, Çin sadece dünya çapında pestisitlerin yarısını kullanmaktadır (Pretty ve Bharucha 2015).

Türkiye’de son 14 yıldaki pestisit kullanımı incelendiğinde, tüketimin zamansal olarak değişiklik gösterdiği ve değerlerin 28220-51210 ton arasında olduğu görülmektedir (Kızılaslan ve Yaşa 2011).

Pestisitler sentetik olabildikleri gibi bitkilerden de elde edilebilmektedir. Pestisitlerin etkileri, doğadaki davranışına, toksisitesine ve uygulanan miktarına bağlıdır (Babu vd. 2011). Pestisitler üç ana unsurdan meydana gelmektedir. Bunlar; öldürücü ana bileşen olan “etkili madde”, kimyasal bileşiklerle tepkimeye girmeyen, etkili maddeyi taşıyan, formülasyon türünü belirleyen, sıvı veya katı olabilen “dolgu maddesi” ve pestisitinin etkinliğini ve dayanıklılığını artırarak bitkilerdeki kötü etkileri azaltan “diğer maddeler” dir (Tunçdemir 2016). Kullanım alanlarına göre de çok farklı türleri olan pestisitler su kirliliğine de neden olmakta ve kimyasal yapısı sebebiyle yüksek KOİ içeriğine de sahiptirler (Atabey 2016). Pestisit kirliliğinin büyük bir kısmı pestisit üretimi sırasında ortaya çıkmaktadır ve doğada 1 pg seviyesinde bile yüksek oranda toksik ve kanserojen etkiye sahip olabilmektedir (Mısra vd. 2013). Pestisit endüstrisi atıksuları, toksik maddeler içermeleri, yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (6000-10000 mg/L), biyolojik oksijen ihtiyacı (2000-5000 mg/L) ve toplam çözülmüş katı madde (12000-13000 mg/L) konsantrasyonlarına sahip olmaları ve bazik özellik göstermelerinden dolayı kirlilik problemlerine sebep olmaktadır (Mısra vd. 2013). Pestisit üretim tesislerinde üretimde kullanılan mikserlerin ürün tipi değişimleri, yıkanması, yeni üretilecek ürünü bir önceki üründen kullanılan kimyasal malzemelerle kirlenmemek ve ürün kalitesini bozmamak bakımından önemlidir. Bu tip atıksular biyolojik arıtma, iklimlendirilmiş mikrobiyal kültür, kimyasal koagülasyon, foto-oksidasyon, kimyasal oksidasyon, basit sedimentasyon, nano-filtrasyon, adsorpsiyon gibi yöntemlerle giderilmektedirler. Ancak kimyasal oksidasyon ve foto-oksidasyon enerji tüketen tekniklerdir, bu açıdan basit koagülasyon daha ekonomik olabilmektedir (Mısra vd. 2013; Ateşok 1987; Bourgeois vd. 2012). Koagülasyon, askıdaki koloidal boyuttaki maddelerin çöktürülebilmesi için kimyasalların (koagülant) eklenmesi, flokülasyon ise bu maddelerin kümeleştirerek çöktüren molekül ağırlığı yüksek organik elektrolitlerin (polimerlerin) ilave edilmesidir. Polimerler kullanılarak flokülasyon işlemi son elli yılda çok farklı alanlarda kullanılmıştır. Flokülasyon işleminde polimerler doğrudan mineral yüzeyine adsorpsiyonu sağlamaktadır (Bourgeois vd. 2012). Yüzeysel sulardan içme suyu elde edebilmek amacıyla yapılan bir arıtılabilirlik çalışmasında koagülasyon/flokülasyon ile % 30 ile % 40 arasında pestisit giderimi sağlanmıştır (Thuy vd. 2008). Atıksulardan pestisit gideriminde ise koagülasyon/flokülasyon prosesinin daha sonraki ozonlama, adsorpsiyon ve nanofiltrasyon gibi ileri arıtma proseslerinin giderim verimlerini arttırdığı belirlenmiştir (Alexander vd. 2012). Flokülasyon ve adsorpsiyonla arıtımın denendiği bir çalışmada ise flokülasyonun bazı pestisit türlerinde %50’den fazla iken bazı türlerde %10’dan düşük giderimi sağladığı, adsorpsiyonla arıtımın ise %50 ile % 90 arasında arıtım sağladığı belirlenmiştir (Shon vd. 2009). Kimyasal ve biyolojik arıtma yapan bir tesisinden diazinon, irgarol ve terbutryn isminde pestisit türlerinin giderimlerinin %13, %75, %47 olduğu belirlenmiştir (Morasch vd. 2010). Atıksularda yoğun miktarda gözlenen ve bir herbisit türü olan atrazinin daha çok fotokimyasal ve kimyasal oksidasyon prosesleri ile yüksek verimle giderildiği görülmektedir (Gerrity vd. 2011; De la Cruz vd. 2012; Aksangür ve Erol Nalbur 2018). Pestisit endüstrisi atıksularının ileri oksidasyon prosesi ile arıtımı sonucunda % 36 oranında KOİ giderimi sağlanmıştır (Chaudhari 2018). Farklı bir çalışmada fenton prosesinin atıksuda uygulanması sonucunda dimethoate, triazophos, and malathionun tamamen parçalandığı ve %80’e yakın KOİ giderimi sağladığı görülmüştür (Cheng vd. 2015).

Üretim aşamasında kullanılan suyun geri kazanılması doğal kaynak korunumu açısından önem arz etmektedir. Atıksu kalitesinin iyileştirilmesinin, çevreye vereceği zararın azaltılmasına ve üretim sırasında daha az problemin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Katip 2018). Avrupa Birliği’nin (AB) Kentsel Atıksu Direktifi (91/271/EEC) “Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı çevre üzerindeki olumsuz etkileri minimum hale getirmek için her zaman uygundur” ifadesi yer almaktadır (Rodriguez-Mozaz vd. 2015). Pestisit içeren tarımsal atıksuların yeniden kullanımı Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Ülkelerinde yaygın olarak yapılmaktadır (CAWSI 2018). Tarımsal üretimin Türkiye ekonomisinin en önemli bileşenlerinden birisi olması sebebiyle ülkemizde önemli miktarda pestisit üretimi ve tüketimi yapılmaktadır. Bunun yanı sıra kentleşmenin artması pestisitlerin tarımsal amaçlı kullanımına ek olarak diğer amaçlarla kullanımını arttırmıştır (Maryam ve Büyükgüngör 2017). Bu nedenle pestisitlerin üretimi sırasında daha az atıksu deşarjının yapılabilmesi için atıksuların geri kazanımı çevresel ve ekonomik açıdan son derece önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, bir pestisit üretim tesisinde oluşan atık suların koagülasyon/ flokülasyon prosesi sonucunda Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Askıda Katı Madde (AKM) giderim verimini, optimum pH, koagülant ve polielektrolit miktarlarını belirlemek ve nihai suyun tesiste geri kazanım için uygunluğunun belirlenmesidir. Ülkemizde atıksuların geri kazanımı ve yeniden kullanımı istenilen seviyede değildir. Bu nedenle bu çalışma, pestisit endüstrisi atıksularının geri kazanım potansiyelinin artırılması, çevresel etkilerin azaltılması ve ülke ekonomisine katkı sağlaması açısından önemlidir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Pestisit Üretim Tesisi İş Akımı

İncelenen pestisit üretim tesisinde tarım, çevre ve sağlık sektörü için çeşitli pestisit türleri üretilmektedir. Emülsiyon konsantr ve süspansiyon konsantr olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Her iki yöntemde de ham ve yardımcı

maddeler üretim tankında yüksek devirde karıştırıldıktan sonra düşük devirde dinlendirilmektedir. Süspansiyon konsantre üretim yönteminde emülsiyondan farklı olarak ıslak öğütme işlemi uygulanmaktadır. Üretim yöntemlerine göre tesisin aylık toplam üretim kapasitesi 750 tondur. Tesiste surfaktan, kosurfaktan, solvent, kosolvent, dispersant, köpük ve don önleyici, pH ayarlayıcı, kalınlaştırıcı, dezenfektan, glyphosate ve su gibi hammadde ve yardımcı maddeler kullanılmaktadır.

Üretim tesisinde sıvı karıştırma tanklarının ve dökülen hammadde ve yardımcı maddelerin yıkanmasından dolayı oluşan endüstriyel nitelikteki atıksular, kurulan paket arıtma tesisinde ön arıtma yapıldıktan sonra tekrar üretimde kullanılmak üzere depolanmaktadır. Tesiste üretim tanklarının yıkanması sonucunda oluşan atıksulara klasik kimyasal arıtma (koagülasyon/flokülasyon) işlemi uygulanmaktadır ve daha sonra depolama tankında depolanarak üretim için tekrar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, farklı formülasyonlar kullanılarak yapılan üretim sürecinde formülasyon tipi değişimi sonrasında yıkama ve durulama ile kirlenmiş atık suların kimyasal arıtımı koagülasyon/flokülasyon işlemi ile yapılarak sonuçların değerlendirilebilmesi için arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır. KOİ ve AKM giderimleri ve pH değişimleri gözlenmiştir.

## 2.2. Yöntem

Bu çalışmada kullanılan atıksu, bir pestisit üretim tesisinden temin edilmiştir. İncelenen atıksu insektisit (BIO ALFA AC 10SC ve CHIRYSAMED-S DELTA EC) üretiminden alınmıştır. Atıksu içerisinde alphacypermethrin ve deltamethrin etken maddeleri bulunmaktadır (Sikko 2018). Tesisten alınan atıksu numunesinin kirlilik karakterizasyonu belirlenmiştir ve Tablo 1’de verilmiştir. Atıksu numunesi polietilen (PE) şişe ile laboratuvara getirilerek 4 °C’ de muhafaza edilmiştir. Deneyler jar testi düzeneği kullanılarak yapılmıştır (APHA 1998).

Tablo 1: Atıksuyun karakterizasyonu

Parametreler	Konsantrasyon (mg/L)
pH	7,52±0,5
KOİ	9520±30
AKM	2750±71

Atıksu numunesinin pH’ı, 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve 1 M NaOH kullanılarak farklı değerlerde ayarlanmıştır. Farklı dozlarda Alum (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.18H<sub>2</sub>O), demir (II) sülfatın (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) ve demir (III) klorür (FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) 1 L atıksu numunesi bulunan erlenlere ilave edilmiştir. Numuneler 5 dakika boyunca 100 rpm hızda karıştırıldıktan sonra 30 dakika boyunca 40 rpm hızda yavaş karıştırılmıştır. Daha sonra 1 saat numunelerin çökmesi için beklenmiş ve çökelen çamur hacmi bulunmuştur (Mırs vd. 2013; Song vd. 2004; Gürtekin 2012). Erlenlerin üst sıvı yüzeyinin 2 cm altından numuneler alınarak KOİ ve AKM parametreleri Standart Metotlara göre ölçülmüştür (APHA 1998). Koagülant ilavesinin pH değerlerine etkisi de incelenmiştir (Song vd. 2004).

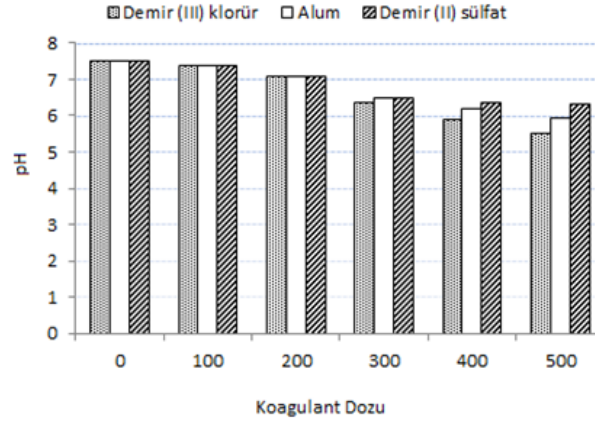
Koagülasyon işlemindeki en uygun doz değerlerini belirleyebilmek için, jar testleri pH değeri 4-8 aralığında olmak üzere koagülant dozajları 100-500 mg/L aralığında belirlenen değerlerle yapılmıştır. Deneylerin 1. kısmında, 500 mg/L koagülant dozajı kullanılarak, optimum pH değerini bulmak için pH değeri 4, 5, 6, 7 ve 8’e ayarlanmıştır. 2. kısımda, 1. aşamada belirlenen optimum pH değeri kullanılarak optimum koagülant dozajı belirlenmiştir. Optimum koagülant dozajını bulmak için 100, 200, 300, 400 ve 500 mg/L koagülant eklenerek incelenmiştir. 3. aşamada, 1. ve 2. aşamada belirlenen optimum pH değeri ve koagülant dozu ile optimum polielektrolit dozajı bulunmuştur. 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 ve 0,5 mg/L konsantrasyonlarda polielektrolit kullanılarak optimum değer belirlenmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Koagülant Dozunun pH Değişimine Etkisi

Atıksuyun başlangıçtaki pH değeri 7,52 olarak belirlenmiştir ve pH değeri kimyasal koagülantların ilavesiyle azalmıştır. 500 mg/L demir (III) klorür, alum ve demir (II) sülfat ilave edildikten sonra pH değerleri sırasıyla 5,53, 5,92 ve 6,30 olarak azalmıştır. Koagülant ilavesiyle pH değerlerindeki azalma Şekil 1’de gösterilmiştir. Elektron çifti alan maddeler asit, veren maddeler ise baz olarak Lewis (1923) tarafından tanımlanmıştır. Bu nedenle metaller elektron çifti aldığı için asidik etki yaratmaktadır. Koagülantların eklenmesiyle hızlıca hidroliz olan Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> ve Al<sup>3+</sup> metalleri atıksuyun asidik olmasına neden olmuştur (Bratby 2006) Koagülant olarak ilave edilen demir ve alüminyum tuzlarındaki metaller sudaki hidroksil iyonu (OH<sup>-</sup>) ile birleşerek hidrojen iyonunun (H<sup>+</sup>) serbest kalmasını sağlamaktadır. Boya endüstrisi atıksularının koagülasyon/flokülasyon yöntemiyle arıtılmasıyla ilgili bir çalışmada pH değişiminin çok etkili olduğu, 100 mg/L alum ilavesi ile alüminyum tuzlarının hidrolizinin Al(OH)<sub>3</sub> oluşumunu ve daha düşük pH olmasını (5,6-5,8) sağladığı, ancak bu asidik ortamın flok oluşumunun daha stabil olmasına neden olduğu görülmüştür (Klimiuk vd. 1999) Deri atıksuları ile yapılan kimyasal arıtmada ise pH azalması en fazla 500-900 mg/L koagülant kullanımı sonucunda olmuştur (Song vd. 2004)

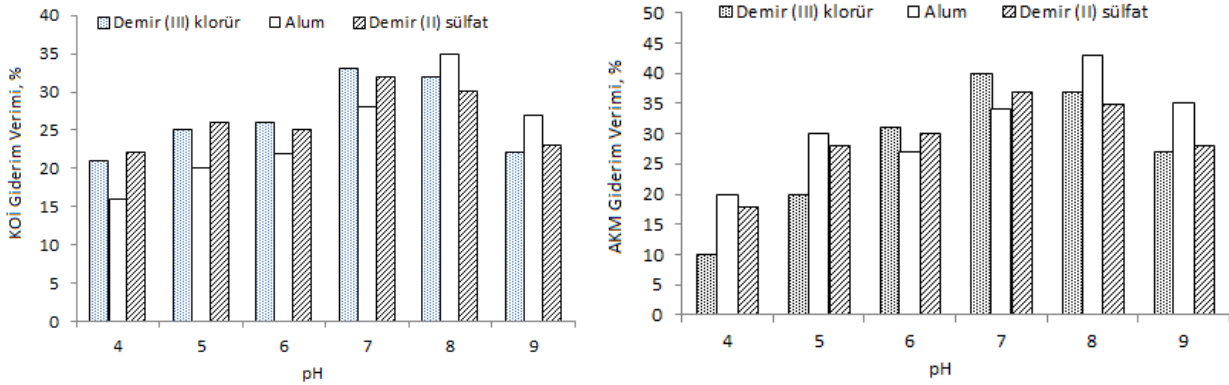
Yüzeysel suların doğal pH aralığı 6 ile 9 arasındadır. Ancak atıksular veya diğer çevresel faktörler pH'ın düşmesine veya yükselmesine neden olarak, dolaylı şekilde sucul canlılara zarar verebilmektedirler. pH 9,5-10 değerinin üzerine çıktığında ölümler gerçekleşebilmektedir (Tucker ve D'Abramo 2008). Özellikle aşırı alkali durumda meydana gelen amonyağın toksik olduğu bilinmektedir. pH 6'nın altına düştüğünde istenmeyen bazı planktonlar ortaya çıkarken bazı balık türleri kaybolabilir. pH 4,5'in altında ise, bölgedeki toprak yapısında bulunan  $Al^{3+}$  gibi bazı metalleri çözünmesine neden olarak balıkların üreme ve gelişme metabolizmalarını bozulmasına ve aşırı mukus oluşumu sebebiyle boğularak ölmelerine neden olmaktadır (EPA 2013). Bu nedenle atıksu arıtımı sonrasında deşarj kriterlerinde pH'ın 7 civarında olması gerekmektedir.



Şekil 1: Koagülant dozunun pH değişimine etkisi

### 3.2. pH Değişiminin Giderime Etkisi

Çalışmanın bu aşamasında, demir (III) klorür, alum ve demir (II) sülfat eklenerek yapılan jar testi ile pestisit endüstrisi atıksuyunun koagülasyonu sonucunda elde edilen KOİ ve AKM giderimlerine pH etkisi belirlenmiştir. Demir (III) klorür, alum ve demir (II) sülfat için optimum pH değerleri sırasıyla 7,21, 8,12 ve 7,18 olarak belirlenmiştir. Optimum pH değerlerinin üstünde ve altında giderim verimleri azalmıştır. pH'a göre KOİ ve AKM giderim verimlerinin değişimi her koagülant için benzer eğilimde bulunmuştur. Demir (III) klorür, alum ve demir (II) sülfat için belirlenen en yüksek KOİ giderim verimleri % 33, % 35 ve % 32 olarak bulunmuştur. AKM giderim verimleri ise sırasıyla % 40, % 43, % 37 olarak belirlenmiştir. pH değişiminin KOİ ve AKM giderim verimlerine olan etkisi Şekil 3'te gösterilmiştir. Kimyasal arıtmada pH değişiminin atıksulardaki kirleticilerin giderim verimlerini etkilediği bilinmektedir. İrdemez vd. (2006) yapmış oldukları çalışmada, bu çalışmaya benzer olarak optimum pH'ın 7 civarında olduğu belirlenmiştir (İrdemez vd. 2006). Şekil 2'de pH değerinin KOİ ve AKM giderim verimine etkisi gösterilmiştir.



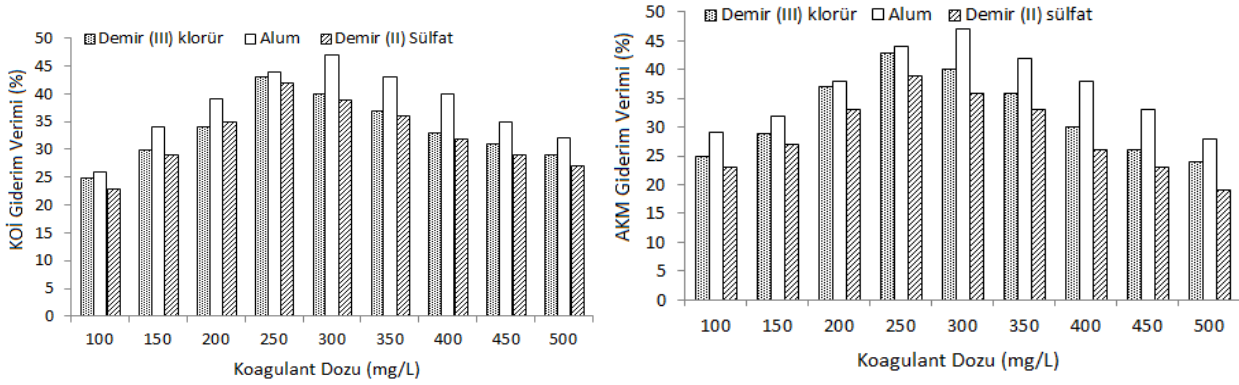
Şekil 2: pH değerinin KOİ ve AKM giderim verimine etkisi

### 3.3. Koagülant Dozunun Giderime Etkisi

Optimum koagülant dozları demir (III) klorür ve demir (II) sülfat için 250 mg/L, alum için ise 300 mg/L olarak bulunmuştur. Pestisit atıksularının koagülasyon/flokülasyon prosesi ile arıtımı ile ilgili farklı bir çalışmada demir (II) sülfat ve alumun optimum değerleri 250 mg/L ve 300 mg/L olarak bulunmuştur (Mısra vd. 2013).



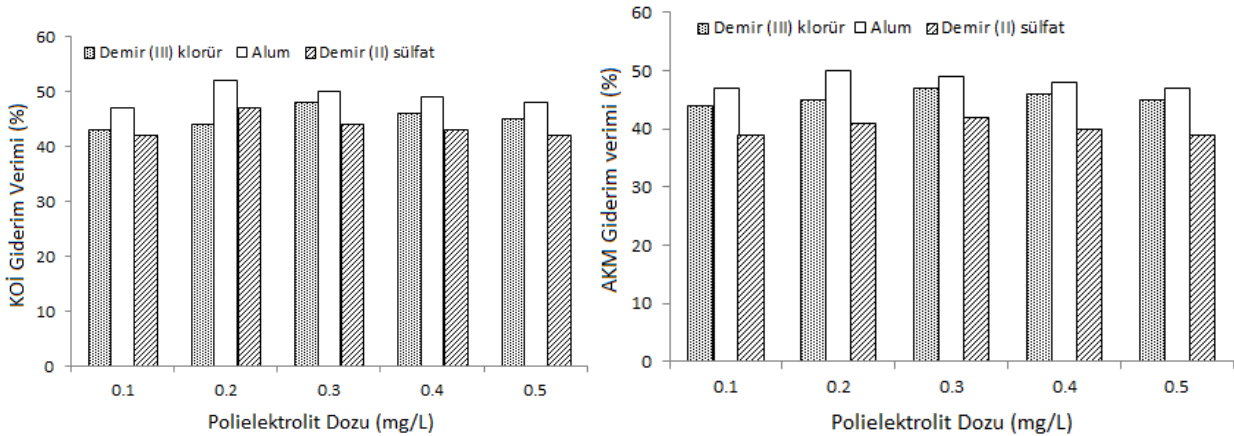
Peyniraltı suyunun aynı yöntem ile fizikokimyasal arıtımında ise, optimum dozajlar alum için 300 mg/L, demir (III) klorür ve demir (II) sülfat için 400 mg/L olarak belirlenmiştir (Gürtekin 2012). Bu çalışmada, KOİ giderim verimleri demir (III) klorür, alum ve demir (II) sülfat için %43, % 47 ve % 42 olarak bulunmuştur. AKM giderim verimleri ise, demir (III) klorür için % 44, alum için % 47 ve demir (II) sülfat için % 39 bulunmuştur. Optimum koagülant dozu aşıldığında AKM giderimi azalmıştır. Bunun nedeni kolloidal parçacıkların yüklerinin negatiften pozitifte değişmesidir (Amuda ve Alade 2006) Ayrıca, optimum pH'ta daha büyük partiküller metal hidroksit türleri ile çökelmektedirler (Özyonar ve Karagözoğlu 2011). Şekil 3'te koagülant dozunun KOİ ve AKM giderim verimlerine etkisi verilmiştir.



Şekil 3: Koagülant dozunun KOİ ve AKM giderim verimlerine etkisi

### 3.4. Polielektrolit ve Koagülant Kullanımının Etkisi

Koagülant polimerlerin, adsorpsiyon prosesi ve partikül yüzey yükü nötralizasyonu ile negatif yüklü partiküllerin koagülasyonunu arttırdığı bilinmektedir. Çözeltilerdeki polielektrolit konsantrasyonu belli bir limitin üzerinde arttırıldığında, partikülün bütün yüzey yükü pozitif olabilir ve emülsiyon yeniden stabilize olabilir. Koagülant yardımcısı polielektrolitler hem partiküllere adsorpsiyonuyla hem de partikül ve elektrolit arasında köprülerin oluşumuyla, süspansiyonları destabilize etmektedirler (Tunç ve Ünlü 2015; Meyssami ve Kasaeian 2005). Atıksuların, içme ve kullanma sularının arıtımında ve çamur susuzlaştırmada kullanılmaktadırlar. Metal endüstrisi atıksularında polielektrolit ile daha iyi flok oluşumu gözlenmiştir (Çay 2013) ve polielektrolitlerin evsel atıksuların kimyasal arıtımında AKM ve fosfor giderim verimlerini arttırdığı görülmüştür (Konuk 2014). Optimum anyonik polielektrolit Magnafloc dozunu bulabilmek için, optimum koagülant dozları kullanılarak 0,1 ile 0,5 mg/L polielektrolit denenmiştir. Şekil 4'te polielektrolit dozunun KOİ ve AKM giderimlerine olan etkileri verilmiştir. Optimum polielektrolit dozları Alum ve Demir (II) sülfat için 0,2 mg/L, Demir (III) klorür için ise, 0,3 mg/L olarak belirlenmiştir.



Şekil 4: Polielektrolit dozunun KOİ ve AKM giderimlerine olan etkileri

### 3.5. Koagülasyon Sonucunda Çamur Oluşumu

Kimya endüstrisi atıksularının arıtımında çamur oluşumu daha az katı oluşturmak açısından önemlidir (Nasr vd. 2004). Metal hidroksit türlerinin ve miktarının fazla olması ve çökelmeyi sağlamaları sebebiyle optimum pH'ta çamur hacimleri en fazla değerlerde bulunmuştur (Amuda ve Alade 2006). Kimyasal koagülasyon prosesini etkileyen diğer parametre koagülant maddelerdir.

Bu çalışmada demir (II) sülfat ve polielektrolit ilavesi, alum ve polielektrolit ilavesinden daha az çamur oluşturmuştur (Mısra vd. 2013). Ayrıca, demir (III) klorür ve polielektrolit ilavesi de alum ve polielektrolit ilavesinden daha az çamur sağlamıştır (Nasr vd. 2004). Oluşan çamur hacimleri polielektrolit ve koagülantın beraber kullanımı ile yalnız koagülant kullanılan duruma göre değerlendirildiğinde alum için % 43, demir (III) klorür için % 29 ve demir (II) sülfat için % 21 az bulunmuştur.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, pestisit endüstrisi atıksularının koagülasyon/flokülasyon prosesi ile fizikokimyasal arıtımı incelenmiştir ve işletme şartlarının optimum değerleri belirlenmiştir. Pestisit endüstrisi atıksularının koagülasyon/flokülasyon prosesi ile arıtımının AKM ve KOİ giderilmesini sağladığı ancak alıcı ortama deşarj edebilecek seviyede arıtımın sağlanmadığı görülmüştür. Ancak incelenen işletmenin atıksuyunu üretim prosesi için geri kazanabileceği belirlenmiştir. Koagülasyon/flokülasyon prosesine ilave olarak farklı ileri arıtım yöntemlerinin entegre edilmesi durumunda daha yüksek giderim verimleri elde edilebileceği görülmüştür. Ayrıca KOİ ve AKM dışında pestisit etken maddelerinin giderimi ve çamur oluşumu için daha detaylı çalışmalar yapılması, bertaraf maliyetlerinin ve kullanılan kimyasalların ekonomik analizinin yapılması gerekmektedir. Pestisit endüstrisinde üretim süreçlerinde proses sonucu kirlenmiş atık suların deşarj yapıyorsa standartları karşılayacak derecede temizlenmesi, çevre kirliliğinin ve su kaynaklarının korunması bakımından çok önemli bir konudur. İşletmelerin, mümkün olması durumunda, atık sularını geri kazanması ve tekrar proseste kullanması doğal kaynaklarımızın korunması açısından ve ülkemiz ekonomisine katkı sağlaması açısından çok önemli olacaktır.

#### Kaynaklar

- Aksangür İ., Erol Nalburt B., (2018), *Alıcı Ortamı Göl Olan Farklı Arıtım Proseslerinin Pestisit Giderim Verimliliğinin İncelenmesi*, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(2), 581-589.
- Alexander J.T., Hai F.I., Al-aboud T.M., (2012), *Chemical coagulation-based processes for trace organic contaminant removal: Current state and future potential*. Journal of Environmental Management, 111, 195-207.
- Amuda OS, Alade A., (2006), *Coagulation/flocculation process in the treatment of abattoir wastewater*, Desalination, 196 (1-3), 22-31.
- APHA (1998), *Standard Methods for the examination of water and wastewater, 20th Edition*, American Public Health Association Washington, USA.
- Atabey T., (2016), *Edirne yöresinde üretilen pirinçlerde pestisit tayini*, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Ateşok G., (1987), *Polimerlerin cevher hazırlamadaki yeri ve özellikleri*, Bilimsel Madencilik Dergisi, 26(3), 15 – 22.
- Babu B.R., Meera K.M.S., Venkatesan P., (2011), *Removal of pesticides from wastewater by electrochemical methods A comparative approach*, Sustainable Environmental Resources, 21(6), 401-406.
- Bourgeois A., Klinkhamer E., Price J., (2012), *Pesticide removal from water*, A Major Qualifying Project Completed in Partial Fulfillment of the Bachelor of Science Degree, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, Massachusetts, USA.
- Bratby J., (2006), *Coagulation and Flocculation in water and wastewater treatment*, IWA Publishing, Second Edition, London, England.
- CAWSI (2018), *California Agricultural Water Stewardship Initiative*, [http://agwaterstewards.org/practices/reuse\\_of\\_agricultural\\_wastewater/](http://agwaterstewards.org/practices/reuse_of_agricultural_wastewater/), [Erişim 9 Ağustos 2018].
- Chaudhari U., (2018), *Treatment of Pesticide Industry Effluent by Ozonation*, International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science, 7 (2), 41-44.
- Cheng G., Lin J., Lu J., Zhao X., Cai Z., Fu J., (2015), *Advanced Treatment of Pesticide-Containing Wastewater Using Fenton Reagent Enhanced by Microwave Electrodeless Ultraviolet*, Biomed Research International, doi: 10.1155/2015/205903.
- Çay Ş., (2013), *Bir Metal son işlemleri atıksularında en uygun arıtım teknolojilerinin ve atıksu geri kazanımının değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- De La Cruz N., Giménez J., Esplugas S., Grandjean De Alencastro L.F., Pulgarin C., (2012), *Degradation of 32 Emergent Contaminants by UV and Neutral Photo-Fenton in Domestic Wastewater Effluent Previously Treated by Activated Sludge*, Water Research, 46, 1947-1957.
- Demirci Ö., (2013), *Çeşitli pestisitlerin gammarus kischineffensis'in antioksidan enzim sistemi ve bazı biyobelirteçler üzerine etkisi*, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- EPA (2013), *Aquatic Life Ambient Water Quality Criteria for Ammonia–Freshwater*, EPA-822-R-13-001, United States Environmental Protection Agency, Washington, USA.
- Gerrity D., Gamage S., Holady J.C., Mawhinney D.B., Quiñones O., Trenholm R.A., (2011), *Pilot-Scale Evaluation of Ozone and Biological Activated Carbon for Trace Organic Contaminant Mitigation and Disinfection*, Water Research, 45, 2155-2165.
- Gürtekin E., (2012), *Koagülasyon/Flokülasyon prosesiyle peyniraltı suyunun fizikokimyasal arıtılabilirliği*, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11, 17-22.
- İrdemez Ş, Demircioğlu N, Yildiz Y.Ş., (2006), *The effects of pH on phosphate removal from wastewater by electrocoagulation with iron plate electrodes*, Journal of Hazardous Materials, 137(2), 1231–1235.
- Katip A., (2018), *Arıtılmış atıksuların yeniden kullanım alanlarının değerlendirilmesi*, Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, [Baskıda].
- Kızılaslan N., Yaşa Ö., (2011), *Türkiye'deki tarımsal mücadele üretim tüketim ve dış ticaretinin Avrupa birliği uyum sürecinde gelişim seyri*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(2), 103-116.

- Klimiuk E., Filipkowska U., Korzeniowska A., (1999), *Effects of pH and coagulant dosage on effectiveness of coagulation of reactive dyes from model wastewater by polyaluminium chloride (PAC)*, Polish Journal of Environmental Studies, 8(2), 73-79.
- Konuk M., (2014), *Kimyasal arıtma işlemi görmüş evsel atıksuların membran proseslerle arıtmaya uygunluğunun incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Lewis G.N., (1923), *Valence and the structure of atoms and molecules*, The Chemical Catalog Company, Inc., New York.
- Maryam B., Büyükgüngör H., (2017), *Wastewater reuse and reuse trends in Turkey: Opportunities and challenges*, Journal of Water Process Engineering, doi: 10.1016/j.jwpe.2017.10.001.
- Meyssami B., Kasaian A.B., (2005), *Use of coagulants in treatment of olive oil wastewater model solutions by induced air flotation*, Bioresource Technology, 96(3), 303-7.
- Mısr R., Satyanarayan S., Potle N., (2013), *Treatment of agrochemical/Pesticide Wastewater by Coagulation Flocculation Proces*, International Journal of Chemical and Physical Sciences, 2. Special Issue, 39-51.
- Morasch B., Bonvin F., Reiser H., Grandjean D., De Alencastro L.F., Perazzolo C., (2010), *Occurrence and Fate of Micropollutants in The Vidy Bay of Lake Geneva, Switzerland*, Part II: Micropollutant Removal between Wastewater and Raw Drinking Water, Environmental Toxicology Chemical, 29, 1658-1668.
- Nasr F.A., Doma H.S., Abdel-Halim H.S., El-Shafai S.A., (2004), *Chemical industry wastewater treatment*, TESCE, 30(2), 1183-1206.
- Özyonar F., Karagözoğlu B., (2011), *Mezbahane atıksularından KOI, yağ-gres ve bulanıklık giderimi üzerine bir çalışma: kimyasal koagülasyon prosesiyle ön arıtımı*, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 32(1), 1-15.
- Pretty J., Bharucha Z.P., (2015), *Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in asia and africa*, Insects, 6(1), 152-182.
- Rodriguez-Mozaz, S., Ricart, M., Köck-Schulmeyer, M., Guasch, H., Bonineau, C., Proia, L., Alda, M.L., Sabater, S., Barceló, D., (2015), *Pharmaceuticals and pesticides in reclaimed water: Efficiency assessment of a microfiltration–reverse osmosis (MF–RO) pilot plant*, Journal of Hazardous Materials 282: 165–173.
- Shon H.K., Phuntsho S., Vigneswaran S., Kandasamy J., (2009), *Physico-Chemical Processes for Organic Removal from Wastewater Effluent*, Water and Wastewater Treatment Technologies'in içinde (Vigneswaran S. Ed.), EOLSS Publications, 205-224.
- Sikko, (2018), *Sikko Industries Limited*, <http://www.sikkoindustries.net/>, [Erişim 10 Ağustos 2018].
- Song Z., Williams C.J., Edyvean R.G.J., (2004), *Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation*, Desalination, 164(3), 249-259.
- Thuy P.T., Moons K., Van Dijk J.C., Anh N.V., Bruggen B.V., (2008), *To what extent are pesticides removed from surface water during coagulation–flocculation?*, Water and Environment Journal, 22(3):217 – 223.
- Tucker C.S., D'Abramo L.R., (2008), *Managing High pH in Freshwater Ponds*, Southern Regional Aquaculture Center, Publication No. 4604, Mississippi State University, USA.
- Tunç M.S., Ünlü A., (2015), *Zeytinyağı üretim atıksularının özellikleri, çevresel etkileri ve arıtım Teknolojileri*, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(2), 44-74.
- Tunçdemir A., (2016), *Adıyaman il merkezinde çiftçilerin güvenli pestisit kullanımı ile ilgili bilgi, tutum, uygulamaları ve eğitimin Etkisi*, Doktor Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye.