

## Aminoketooksim Bileşiklerinin Sıvı-Sıvı Ekstraksiyon ve Boya Renk Giderim Özelliklerinin İncelenmesi

Güvenç GÖRGÜLÜ<sup>1\*</sup>, Betül ULU<sup>2</sup>, Bülent DEDE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi, Burdur, Türkiye

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Isparta, Türkiye

\*guvencgorgulu@mehmetakif.edu.tr

**ÖZET:** *Pb(II), Cd(II) ve Hg(II) gibi geçiş metal iyonları oldukça toksik olduğu için çevre sularında veya topraklarda bulunmaları istenmemektedir. Bu metaller çevrede birikebilir ve bitki ve hayvanlarda çok düşük konsantrasyonlarda dahi toksik etkilere neden olabilirler. Öte yandan, Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Zn(II) gibi bazı geçiş metalleri biyolojik önem taşımaktadır ve bu elementleri içeren çok sayıda metaloenzim bulunmaktadır. Bu elementler aynı zamanda yüksek konsantrasyonlarda canlılarda toksik etkilere neden olurlar. Bu nedenle, potansiyel sağlık ve ekolojik tehlikeler nedeniyle bu eser metallerin ayrıştırılması hayati öneme sahiptir. Eser miktarlarının ayrıştırılması ve önderiştirilmesi için en yaygın kullanılan teknikler ekstraksiyon, çöktürme ve şelatlama reçineleridir.*

*Birçok sanayi kuruluşu, boyaları, fenol ve türevleri, böcek öldürücüleri ve diğer organik kirleticileri içeren büyük miktarda atık suyu boşaltmaktadır. Birçok toksik organik bileşik biyorefrakter olduğundan, geleneksel biyolojik arıtma bu tür atık sular için etkisizdir. Adsorpsiyon, koagülasyon ve membran ayırma gibi bazı fizikokimyasal teknolojiler, kirleticileri sadece bir ortamdan diğerine aktararak daha ileri uygulamaları gerektirir. Organik kirleticilerin suya, karbondioksit ve diğer zararsız küçük moleküllere oksidasyonunu amaçlayan ileri oksidasyon işlemleri atık su arıtımında, özellikle de biyorefrakter kirleticiler için giderek daha önemli teknolojiler haline gelmektedir.*

*Bu çalışmada öncelikle bazı geçiş metal kationlarının [Mn(II), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II), Pb(II), Cd(II), Hg(II)] sulu fazdan organik faza ekstraksiyonu, aminoketooksim ligandı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ligandın sulu fazdan organik faza olan sıvı-sıvı ekstraksiyonu sonucunda Cu(II) ve Hg(II) kationlarının ekstraksiyonunda etkili bir şekilde kullanılabilceği tespit edilmiştir. Ayrıca metilen mavisi boyasının sulu ortamdan uzaklaştırılmasında ligandın Cu(II) kompleksinin etkinliği de araştırılmıştır. Yapılan çalışmalara göre ligandın Cu(II) kompleksinin sulu ortamdan oldukça iyi düzeyde boya uzaklaştırdığı belirlenmiştir.*

**Anahtar kelimeler:** Oksim, sıvı-sıvı ekstraksiyon, metal uzaklaştırma, boya renk giderimi

## **Investigation of Liquid-Liquid Extraction and Dye Decolorization Properties of Aminoketooxime Compounds**

**ABSTRACT:** *Transition metal ions such as Pb(II), Cd(II) and Hg(II) are recognized as highly toxic, which makes their presence in environmental waters or soils undesirable. These metals can accumulate in the environment and produce toxic effects in plants and animals even at very low concentrations. On the other hand some transition metals such as Co(II), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) are bioessential and there are numerous metalloenzymes containing these elements. However, these elements also produce toxic effects in living things at high concentrations. Therefore, separation of these trace metals is vital due to the potential health and ecological hazard. The most widely used techniques for the separation and preconcentration of trace amounts are extraction, precipitation and chelating resins.*

*Many industries discharge a large quantity of wastewater containing dyes, phenol and its derivatives, pesticides, and other organic pollutants. Because many toxic organic compounds are biorefractory, conventional biological treatment is ineffective for these kinds of wastewater. Some physicochemical technologies, such as adsorption, coagulation, and membrane separation, merely transfer pollutants from one medium to another requiring further treatment. Advanced oxidation processes, aiming to complete oxidation of organic pollutants to water, carbon dioxide, and other harmless small molecules, are becoming more and more important technologies for wastewater treatment, especially for biorefractory contaminants.*

*In this study firstly liquid–liquid extraction of various transition metal cations [Mn(II), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II), Pb(II), Cd(II), Hg(II)] from the aqueous phase to the organic phase was carried out using aminoketooxime ligand. It was concluded that the ligand can effectively be used in solvent extraction of Cu(II) and Hg(II) from the aqueous phase to the organic phase. Furthermore effectiveness of the Cu(II) complex of the ligand in removing methylene blue dye from aqueous media was investigated. According to the studies made, it was determined that the Cu(II) complex of the ligand removed the dye well from the aqueous medium.*

**Key words:** Oxime, liquid-liquid extraction, metal removal, dye decolorization

## GİRİŞ

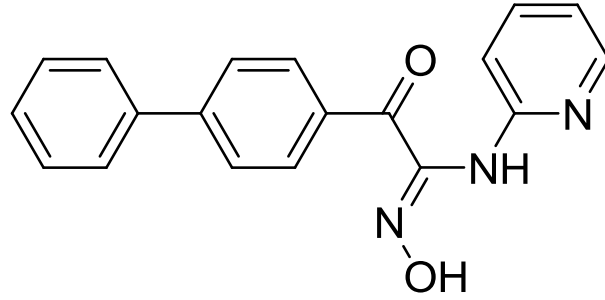
Sanayileşmenin kaçınılmaz getirisi atıklardır. Özellikle kimyasal atıklardan zehirli ağır metaller ve sentetik boyalar günümüzde en zararlı çevre kirleticileri arasında yer almaktadırlar. Bu maddeler çevreye doğal kaynaklardan veya insan etkenli kaynaklardan yayılabildiği gibi, kullanımları gereği doğrudan çevreye yayılarak da kirliliğe neden olabilirler. Sentetik boyalar ise günümüzde kozmetik, gıda ve en çok tekstil üretiminde kullanılmakta, yüksek miktarda boya içeren sularda toksisitenin yüksekliğinin yanında atık boyalar ışığa karşı barikat görevi görerek suyun alt katmanlarındaki bitkilerin fotosentez yapmasını engellemektedir. Fotosentezin azalması sudaki oksijenin dolayısı ile canlılığın azalmasına neden olmaktadır. Çevrenin doğal yapısının ve bileşiminin bozulmasına ve böylece insanların olumsuz yönde etkilenmesine neden olan bu zehirli ağır metallerin ve sentetik boyaların ortamdaki giderilmesi üzerine değişik metotlar geliştirilmiştir (Duran ve ark., 2007; Liang ve ark., 2008; Jin ve ark., 2012; Yang ve ark., 2013). Ağır metallerin uzaklaştırılmasında sıvı-sıvı ekstraksiyonu, boyalar için de renk giderimi kullanılan metotların en etkililerindedir. Sıvı-sıvı ekstraksiyon yöntemi organik bileşiklerin ve metal iyonlarının saflaştırılmasında ve deriştirilmesinde de kullanılmaktadır. Metilen mavisi biyoloji, kimya, tıp ve tarımdaki yaygın kullanımının yanında, endüstriyel amaçlarla kullanıldığında bir boyadan beklenen tüm olumsuz etkileri taşımaktadır. Bu açıdan, metilen mavisinin atık sulardan uzaklaştırılması hayati önem taşımaktadır (Forgacs ve ark., 2004; Gao ve ark., 2013; Lim ve ark., 2017).

Oksimler arginaz enzimini inhibe edebilmeleri sayesinde, insektisidal, mitisidal ve nematosidal aktivite göstermektedir (Custot ve ark., 2002). Diğer pek çok alanda biyolojik aktivite gösteren oksim grupları serbest ligandlara oranla yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahiptir (Mehta ve ark., 2002). Oksimlerin biyolojik aktivitelerinin temelinde metal şelatlama kabiliyetleri yer almaktadır (Patel ve ark., 1992). Oksimlerin şelatlama özellikleri, kimyasal eser metallerin analizinde ve değişik metal iyonlarının ayrılması ve ekstraksiyonunda kullanılmaktadır (Ghaedi ve ark., 2006).

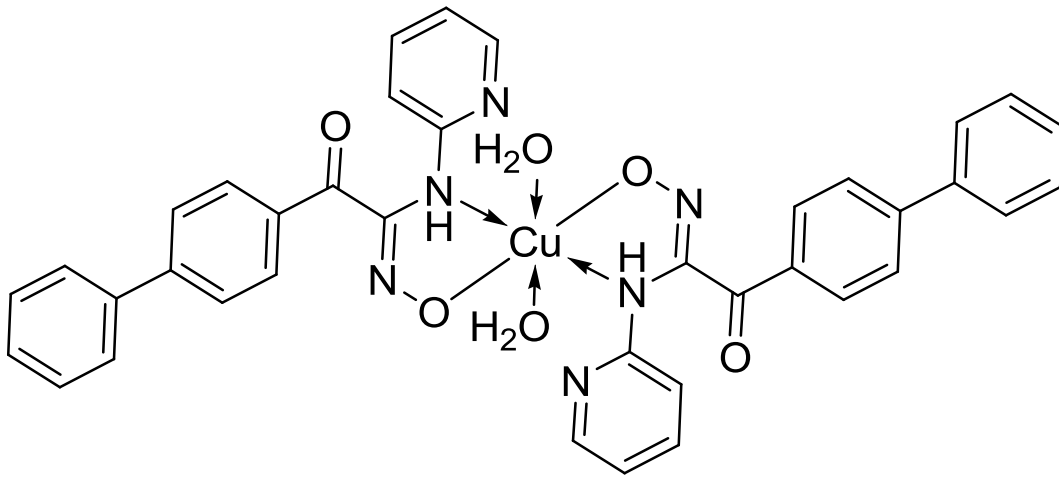
Bu çalışmada bifenil tabanlı aminoketooksim bileşiğinin sulu ortamdaki bazı geçiş metallerinin uzaklaştırılmasında kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla [Mn(II), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II), Pb(II), Cd(II), Hg(II)] katyonları seçilmiş ve bu iyonların pikrat tuzları elde edilmiştir. Daha sonra bu metal pikratlar ligand çözeltisi ile etkileştirilmiştir. Ekstraksiyon sonucunda sulu fazda kalan pikrat denge konsantrasyonu, spektrofotometrik yöntemle tayin edilmiştir. Aminoketooksim ligandının Cu(II) kompleksi de boya uzaklaştırma çalışmasında kullanılmıştır ve [CuL<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>] kompleksi katyonik bir boya olan metilen mavisini uzaklaştırmıştır. Reaksiyon temelde boyanın metal iyonları varlığında H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tarafından yükseltgenmesi prensibine dayanır. Çalışmada ayrıca, zaman ve sıcaklık değişkenlerinin boya giderimi üzerinde etkisi de araştırılmıştır.

## MATERYAL VE METOD

Deneyde kullanılan tüm çözücü ve kimyasal maddeler analitik saflıktadır. Spektrofotometrik ölçümler PG T80+ UV-Vis Spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir. Sıvı-sıvı ekstraksiyonu çalışmalarında kullanılan ligand (HL) ve boya renk gideriminde kullanılan bu liganda ait metal kompleksi [CuL<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>] literatüre göre sentezlenmiş olup Şekil 1 ve 2'de sırasıyla gösterilmiştir (Ulu ve Dede 2016).



Şekil 1. Sıvı-sıvı ekstraksiyon çalışmalarında kullanılan ligandın (HL) yapısı



Şekil 2. Boya renk giderimi çalışmalarında kullanılan kompleksin [CuL<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>] yapısı

### Sıvı-Sıvı Ekstraksiyon Çalışmaları

Ligandın metal katyonlarına karşı ekstraksiyon çalışmaları Pedersen tarafından geliştirilen pikrat ekstraksiyon metodu ile yapılmıştır (Pedersen, 1967). Bu metotta eşit miktarda metal nitrat çözeltisi ile pikrik asit etkileştirilerek pikrat çözeltisi elde edilir ve absorbans (A<sub>0</sub>) değeri ölçülür. Hazırlanan pikrat çözeltisi daha sonra kloroformda çözülerek hazırlanmış ligand çözeltisi ile eşit hacimde karıştırılır ve bu karışım bir saat süre ile çalkalanır. Daha sonra bu karışımın sulu fazı ayrılır ve absorbans (A) değeri ölçülür. Bu değerlerden yararlanarak ligandın metali sulu ortamda ekstrakte etme yüzdesi hesaplanır.

$$\% \text{ Ekstraksiyon} = [(A_0 - A) / A_0] \times 100 \quad (1)$$

### Boya Renk Giderimi Çalışmaları

Boyadaki renk giderimi (boyanın katalitik olarak parçalanması) 150 mL'lik yuvarlak dipli bir balona 100 mL sulu metilen mavisi çözeltisi (50 mg/L) eklenir. 100 mg kompleks metilen mavisi çözeltisi ile oda sıcaklığında karıştırılır ve üzerine 15 mL (%35 v:v) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

çözeltisi ilave edilir ve bozunma başlatılır. Çalışılan boya için 662 nm’de spektrofotometrik olarak belli zaman aralıklarında ölçüm yapılır ve boya bozunması aşağıdaki bağıntıya göre tespit edilir.

$$\text{Boya Renk Giderimi \%} = [(A_0 - A_t) / A_0] \times 100 \quad (2)$$

Burada  $A_0$  başlangıç anında ölçülen absorbans değeri,  $A_t$  ise  $t$  süresinde ölçülen absorbans değeridir.

## TARTIŞMA ve SONUÇ

### Sıvı-Sıvı Ekstraksiyon Çalışmaları

Toksik ağır metaller günümüzde en zararlı çevre kirleticileri arasında yer almalarından dolayı bu metallerin sulu ortamlardan uzaklaştırılabilmesi amacıyla çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Bu metotların en etkililerinden birisi ise şelatlama yöntemidir. Yapısında oksim grubu bulunduran bileşikler iyi metal tutma özelliklerinden dolayı iyi bir şelatlayıcıdır. Bu çalışmada sulu ortamdan metal uzaklaştırma çalışmaları araştırma grubumuz tarafından daha önce sentezlenen aminoketooksim türevi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aminoketooksim bileşiğinin seçilen geçiş metallerini sulu ortamdan uzaklaştırılabilme potansiyeli, Pedersen tarafından geliştirilen pikrat ekstraksiyon metodu ile belirlenmiştir (Pedersen, 1967). Sıvı-sıvı ekstraksiyon çalışmaları oda sıcaklığında ve ortam pH’ında yapılmıştır.

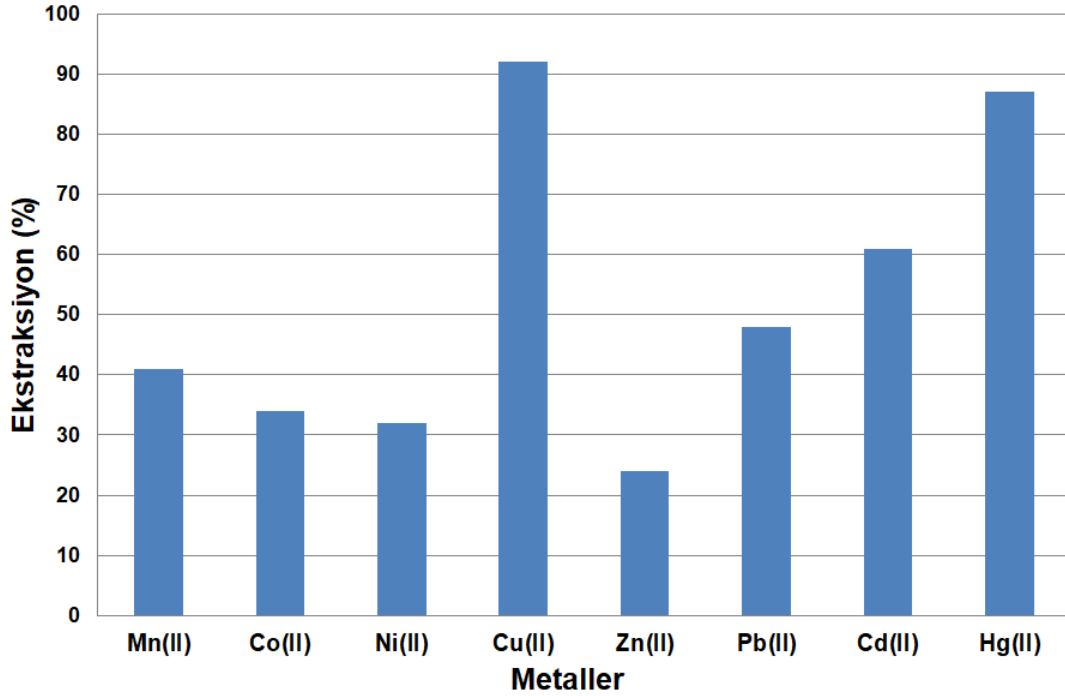
Yapılan çalışma sonucunda ligandın bazı metal tuzlarına karşı göstermiş olduğu ekstraksiyon yüzdeleri Tablo 1’de verilmiştir. Elde edilen ekstraksiyon yüzdelerine bakıldığında metal iyon türünün ligandın ekstraksiyon özelliklerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır.

**Tablo 1.** Ligandın seçilmiş geçiş metallerine karşı gösterdiği ekstraksiyon yüzdeleri (%)

Bileşik	Mn(II)	Co(II)	Ni(II)	Cu(II)	Zn(II)	Pb(II)	Cd(II)	Hg(II)
HL	41	34	32	92	24	48	61	87

Ligandın çalışılan bütün metallere karşı ekstraksiyon özelliği gösterdiği ancak en çok Cu(II) ve Hg(II) metallerine karşı seçici olduğu ve sulu fazdan organik faza en çok bu metalleri taşıdığı gözlenmiştir (Şekil 3). Bulunan sonuç sert-yumuşak asit baz teorisi ile uyumludur (Pearson, 1963). Sulu ortamdan %92 oranında uzaklaştırılan Cu(II) iyonu asit-baz skalasında sınırda bulunmakta, %87 oranında uzaklaştırılan Hg(II) ise yumuşak bir asit olarak etki göstermektedir. Çalışılan aminoketooksim bileşiğinde bulunan ve metal tutmada etkili olan oksim grubu ve piridin halkasına komşu azot atomu kısmen sınırda ama daha çok yumuşak baz olarak davrandığından, yine sırasıyla sınırda ve yumuşak asit olarak davranan Cu(II) ve Hg(II) ile daha çok etkileşime girmesi beklenen bir durumdur. Çalışılan bileşiğin bu metallere karşı seçicilik göstermesinde ve metallere tutunmasında başka faktörler de etkili olabilmektedir. Muhtemel faktörler makrosiklik etki, boşluk boyutu (cavity size) ve ligandın donör atom sayısıdır. Ekstraksiyon çalışmasında kullanılan aminoketooksim türevi iki dişli olarak davranmakta; yani metale iki farklı noktadan bağlanabilmektedir. Bu sebeple çalışılan

bileşiğin bu tür sıvı-sıvı ekstraksiyon özelliği göstermesinde sert-yumuşak asit baz teorisi kadar donör atomlarının sayısı ve etkinliğinin de önemli olduğu düşünülmektedir.

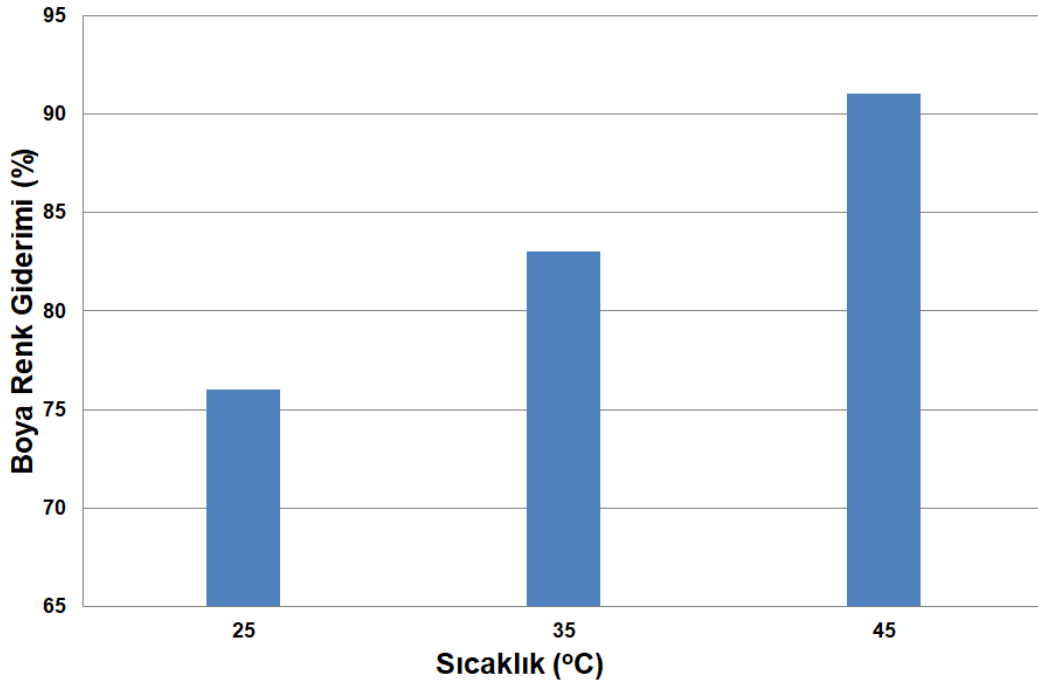


Şekil 3. Ligandın seçilmiş geçiş metallerine karşı gösterdiği ekstraksiyon yüzdelерini gösteren grafik.

### Boya Renk Giderimi Çalışmaları

Sıvı-sıvı ekstraksiyonu çalışmalarında kullanılan aminoketooksim bileşiğinin  $[CuL_2(H_2O)_2]$  kompleksi literatüre göre sentezlenmiş ve kompleksin boya renk giderim özelliği incelenmiştir. Renk giderimi konusunda genellikle üzerinde durulan arıtma teknolojileri, adsorpsiyon, iyon değişimi, membran prosesleri, kimyasal koagülasyon, kimyasal oksidasyon ve ileri oksidasyon teknikleridir (Sevimli, 2000). Bu çalışmada diğer tekniklere olan bazı avantajlarından dolayı kimyasal oksidasyon tekniği kullanılmış boya olarak da bir katyonik boyarmadde olan metilen mavisi tercih edilmiştir.

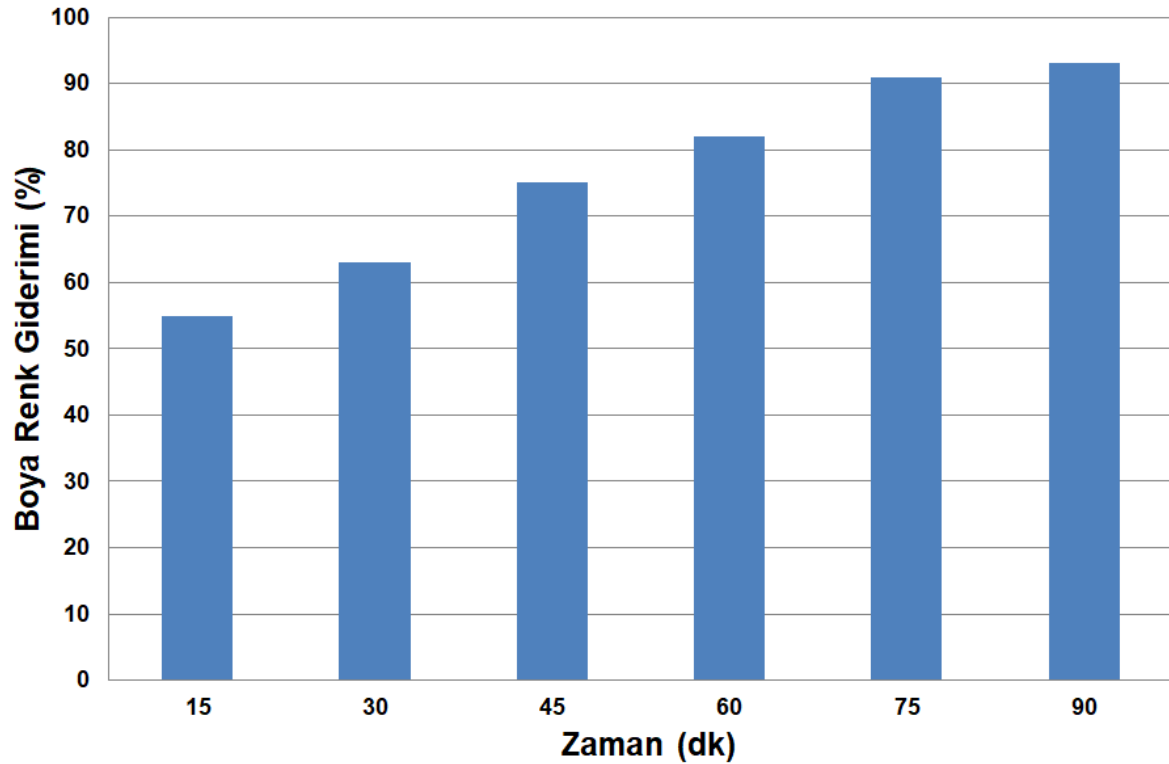
Sıcaklığın değişimi maddelerin boya renk giderimi potansiyeli üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Bu sebeple  $[CuL_2(H_2O)_2]$  kompleksinin boya renk giderim değerleri farklı sıcaklıklarda incelenmiştir. Eşdeğer miktarda  $[CuL_2(H_2O)_2]$  kompleksi, hidrojen peroksit ve metilen mavisi kullanılmak suretiyle 25°C, 35°C ve 45°C’de üç farklı çalışma yapılmış, elde edilen boya renk giderim oranları Şekil 4’te verilmiştir.



**Şekil 4.**  $[\text{CuL}_2(\text{H}_2\text{O})_2]$  kompleksinin farklı sıcaklıklardaki boya renk gideriminin yüzdesi (süre: 75 dk)

Şekil 4'te görüldüğü üzere sıcaklığın artması ile boya renk giderimi değerlerinde anlamlı bir artış gözlenmiştir. Kompleksin  $45^\circ\text{C}$ 'de gerçekleştirilen ve 75 dakika sonunda hesaplanan boya renk giderim değerinin %91 olduğu belirlendiğinden daha yüksek sıcaklıklarda deneme yapmaya ihtiyaç duyulmamıştır. Boya renk gideriminde gözlenen sıcaklığa paralel artışın, sıcaklık artışıyla beraber moleküllerin kinetik enerjisinde de artış olduğu, dolayısıyla birim zamandaki çarpışma sayısının ve çarpışmaların etkinliğinin de arttığı, kompleksin boya renk gideriminin sıcaklıkla beraber artmasının bu sebeplerden kaynaklandığı söylenebilir.

$[\text{CuL}_2(\text{H}_2\text{O})_2]$  kompleksinin boya renk giderim değerinin zamana bağıllığı ise  $45^\circ\text{C}$ 'de 15'er dakikalık periyotla incelenmiş ve sonuçlardan elde edilen grafik Şekil 5'te verilmiştir. Süreye bağlı yapılan çalışmada ilk 15 dakika sonunda  $[\text{CuL}_2(\text{H}_2\text{O})_2]$  kompleksinin %55 gibi önemli bir oranda boya renk giderimi sağladığı belirlenmiştir. Sürenin artışıyla beraber kompleksin boya renk giderim oranında da artışın olduğu, 75 dakikalık süre sonunda ise boyanın renginin %91 oranında kaybolduğu bu süreden sonra ise boya renk giderim değerinde önemli bir değişikliğin olmadığı gözlenmiştir. Bu sebeple kimyasal oksidasyon tekniği ile boya renk giderim çalışmalarında 75 dakikalık etkileşim süresinin yeterli olacağı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.  $[CuL_2(H_2O)_2]$  kompleksinin  $45^\circ C$ 'deki boya renk gideriminin zamanla değişimi

## SONUÇ

Sonuç olarak araştırma grubumuz tarafından daha önce sentezlenen ve yapısında oksim grubu bulunan liganın ve bunun mononükleer Cu(II) kompleksinin ekolojik olarak önemli iki farklı alanda kullanılabilirliği bu çalışmada incelenmiştir. İlk önce gerçekteşirilen deneyde, aminoketooksim bileşiğinin 1 saatlik süre içerisinde belli bir konsantrasyondan sonra toksik etki gösteren Cu(II) ve Hg(II) metal kasyonlarını sulu ortamdan %90'a varan oranlarda uzaklaştırdığı belirlenmiştir. Yapılan diğer çalışmada ise bu liganda ait Cu(II) kompleksinin sulu ortamdan metilen mavisi boyasını giderim potansiyeli incelenmiş ve  $45^\circ C$  ve 75 dakika olarak belirlenen optimum Őartlarda boyanın %91'ini uzaklaştırdığı tespit edilmiştir.  $[CuL_2(H_2O)_2]$  kompleksinin kimyasal oksidasyon reaksiyonunda bu denli aktif olmasında yapıdaki Cu(II) iyonunun uygun redoks potansiyelinin önemli rol oynadığı söylenebilir. Bu çalışmada kullanılan moleküllerin arıtma teknolojilerinde kullanılabilirliğinin yüksek olduğu düşünölmektedir.

## KAYNAKLAR

- Custot, J., Boucher, J. L., Vadon, S., Guedes, C., Dijols, S., Delaforge, M., & Mansuy, D. (1996).  $N^0$ -Hydroxyamino- $\alpha$ -amino acids as a new class of very strong inhibitors of arginases. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 1(1), 73-82.
- Duran, C., Gundogdu, A., Bulut, V. N., Soylak, M., Elci, L., Sentürk, H. B., & Tüfekci, M. (2007). Solid-phase extraction of Mn (II), Co (II), Ni (II), Cu (II), Cd (II) and Pb (II) ions from environmental samples by flame atomic absorption spectrometry (FAAS). *Journal of Hazardous Materials*, 146(1), 347-355.



- Forgacs, E., Cserhati, T., & Oros, G. (2004). Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. *Environment International*, 30(7), 953-971.
- Gao, H., Kan, T., Zhao, S., Qian, Y., Cheng, X., Wu, W., Wang, X., & Zheng, L. (2013). Removal of anionic azo dyes from aqueous solution by functional ionic liquid cross-linked polymer. *Journal of Hazardous Materials*, 261, 83-90.
- Ghaedi M, Asadpour E, & Vafaie A. (2006). Simultaneous preconcentration and determination of copper, nickel, cobalt, lead and iron content using a surfactant coated alumina. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 79(3), 432-436
- Jin, Z., Xie, D. X., Zhang, X. B., Gong, Y. J., & Tan, W. (2012). Bifunctional fluoroionophore-ionic liquid hybrid for toxic heavy metal ions: improving its performance via the synergistic extraction strategy. *Analytical Chemistry*, 84(10), 4253-4257.
- Liang, P., & Sang, H. (2008). Determination of trace lead in biological and water samples with dispersive liquid-liquid microextraction preconcentration. *Analytical Biochemistry*, 380(1), 21-25.
- Lim, J. C., & Lee, K. E. (2017). Reactive-Disperse Mixed Dye Wastewater Treatment Using Advanced Oxidation Process. *Nature Environment and Pollution Technology*, 16(1), 45-54.
- Mehta, B. H., & Nagarkoti, B. S. (2002). Synthesis and characterization of some transition metal complexes of 2-naphthoin oxime. *Asian Journal of Chemistry*, 14(1), 103-106.
- Memon, S., Oguz O., Yilmaz, A., Tabakcı, M., Yilmaz, M., Ertul, S. (2001). Synthesis and Extraction Study of Calix[4]Arene Dinitrile Derivatives Incorporated In A Polymeric Backbone With Bisphenol-A. *Journal of Polymers and The Environment*, 9(2), 97-101.
- Patel, P. S., Ray, A., & Patel, M. M. (1992). CNDO/2 calculations for  $\alpha$ -oximinoacetoacetanilide thiosemicarbazone and synthesis and characterization of some metal chelates derived from it. *Journal of Chemical Sciences*, 104(4), 471-477.
- Pearson, R. G. (1963). Hard and soft acids and bases. *Journal of the American Chemical Society*, 85(22), 3533-3539.
- Pedersen, C. J. (1967). Cyclic Polyethers and Their Complexes with Metal Salts. *Journal of the American Chemical Society*, 89(26), 7017-7036.
- Sevimli, M. F. (2000). Tekstil endüstrisi atık sularından ozonlama ile renk giderimi ve ozonlamanın biyolojik arıtılabilirliğe etkisi, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 216 sayfa, İstanbul
- Ulu, B., & Dede, B. (2016), Synthesis, Spectroscopic Characterization and Catecholase-Like Activity of Novel Aminoketooxime Ligand and Cu(II) Complex, *International Research Journal of Natural and Applied Sciences*, 3(10), 57-65
- Yang, F., Kubota, F., Baba, Y., Kamiya, N., & Goto, M. (2013). Selective extraction and recovery of rare earth metals from phosphor powders in waste fluorescent lamps using an ionic liquid system. *Journal of Hazardous Materials*, 254, 79-88.