



Drımaren Orange Boyar Maddesinden Renk Gideriminde Tuz Türü ve Konsantrasyonun etkisi

Sermin Günaslan^{1*}, Deniz Tosun², Baybars Ali Fil³

^{1*} Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2395-2808), gunaslansermin@gmail.com

² Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye (ORCID: 0000-000-4350-7242), deniztosun87@gmail.com

³ Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3085-224X), baybarsalifil2@gmail.com

(2nd International Conference on Scientific and Academic Research ICSAR 2023, March 14-16, 2023)

(DOI: 10.31590/ejosat.1264348)

ATIF/REFERENCE: Günaslan, S. Tosun, D. & Fil, B. A. (2023). Drımaren Orange Boyar Maddesinden Renk Gideriminde Tuz Türü ve Konsantrasyonun etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (49), 38-42.

Öz

Bu çalışmada son yıllarda endüstrilerde sıklıkla kullanılmakta olan boyar maddelerden renk gideriminin ve sistemin elektrik tüketiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Boyar madde olarak Drımaren Orange tercih edilmiştir. Elektrooksidasyon yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalarda tuz türü olarak NaCl, KCl, NaNO₃ ve Na₂SO₄ kullanılmıştır. 2.5, 5, 7.5 ve 10 mM tuz konsantrasyonlarında 1 saatlik denemelerde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Tuz türünün etkisini incelemek için yapılan çalışmalar 1 amper akımda, 250 mg/L kirletici madde konsantrasyonu, 5 mM NaCl ve 200 rpm karıştırma hızında atıksuyun doğal pH değerinde gerçekleştirilmiştir. İncelenen sonuçlarda en verimli elektrolitin %98.91 verimle KCl olmuştur. Bunu %93.35 verimle NaCl, %84.79 verimle NaNO₃ ve %79.12 verimle Na₂SO₄ izlemiştir. Tuz konsantrasyonu etkisi için yapılan çalışmalarda tüm konsantrasyonlar için %99 üzerinde verimler elde edilmiş ve etkili giderim sağlandığı görülmüştür. Elektrik tüketimi etkisini incelemek için yapılan çalışmalarda destek elektrolit konsantrasyonu arttıkça elektrik tüketiminin azaldığı görülmüştür. Farklı elektrolitlerin elektrik tüketiminde ise renk giderim verimleri ile ters orantılı sonuçların olduğu görülmüştür. En yüksek verim elde edilen KCl elektrolitinde en düşük elektrik tüketimi gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atıksu Arıtımı, Drımarine Orange, Tuz Türü, Renk Giderimi, Enerji Tüketimi.

Effect of Supporting Electrolyte Type and Concentration on Color Removal from Drımaren Orange Dyestuff

Abstract

In this study, it is aimed to examine the color removal of dyestuffs that have been used frequently in industries in recent years and the electricity consumption of the system. Drımaren Orange was preferred as the dyestuff. In studies using electrooxidation method, NaCl, KCl, NaNO₃ and Na₂SO₄ were used as salt types. Studies were carried out in 1-hour trials at 2.5, 5, 7.5 and 10 mM salt concentrations. Studies to examine the effect of salt type were carried out at 1 ampere current, 250 mg/L pollutant concentration, 5 mM NaCl and 200 rpm mixing speed at natural pH value of wastewater. In the results examined, the most efficient electrolyte was KCl with 98.91% efficiency. This was followed by NaCl with 93.35% yield, NaNO₃ with 84.79% yield and Na₂SO₄ with 79.12% yield. In the studies carried out for the effect of salt concentration, efficiencies above 99% were obtained for all concentrations and it was observed that effective removal was achieved. In studies conducted to examine the effect of electricity consumption, it has been observed that as the support electrolyte concentration increases, the electricity consumption decreases. In the electricity consumption of different electrolytes, it was observed that the results were inversely proportional to the color removal efficiencies. The lowest electricity consumption was observed in the KCl electrolyte with the highest efficiency.

Keywords: Wastewater Treatment, Drımarine Orange, Type Of Salt, Decolorization, Energy Consumption.

1. Giriş

Dünya çapında artan su kıtlığı bu kaynakların korunması için kısıtlayıcı çevre politikalarının benimsenmesini gerekli kılmıştır. Tatlı su kaynaklarının mevcut durumu azalırken tekstil endüstrisi gibi yoğun su kullanımı olan endüstrilerde kısıtlama oluşturmaktadır. Bunun için endüstrilerin yeni su yönetim stratejileri benimsemesi gerekmektedir (Pinto et al., 2022). Daha etkili bir kaynak yönetimi için artırılmış atıksuyun yeniden kullanımı AB su politikasında bu konuda etkili bir önlem olarak vurgulanmıştır (Directors, 2016). Endüstriyel üretimde dünya çapında 10 bin farklı boya ve pigment türünün kullanıldığı ve 700 bin ton sentetik boyanın üretildiği tahmin edilmektedir (Chequer et al., 2013; Keyikoğlu, 2018). Diğer kimyasalların yanı sıra güneş ışığı altında yüksek stabilite ve mikrobiyal çoğalmaya ve sıcaklığa karşı direnç sunan sentetik organik boyaların yaygın kullanımı nedeniyle, tekstil endüstrisi tarafından üretilen atık suyun arıtılması çok zordur ve olası yeniden kullanımını engellemektedir (Martínez-Huitle & Brillas, 2009; Yaseen & Scholz, 2019). Bu nedenle, son yıllarda, tekstil endüstrisi atık sularının yeniden kullanım standartlarına uygun şekilde arıtılmasını sağlayan teknolojilerin geliştirilmesine yönelik çeşitli çalışmalar yoğunlaşmıştır (Buscio, López-Grimau, Álvarez, & Gutiérrez-Bouzán, 2019; Ergas, Therriault, & Reckhow, 2006; López - Grimau, Gutiérrez - Bouzán, Valldeperas, & Crespi, 2012; Riera-Torres, Gutierrez-Bouzan, Valldeperas Morell, Jose Lis, & Crespi, 2011; Sala, López-Grimau, & Gutiérrez-Bouzán, 2014).

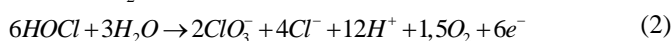
2000'den önce, elektrokimyasal teknolojilerin atık sulardan boyaları giderme konusundaki etkisini gösteren çok az sayıda çalışma yapılmıştır (Gutierrez & Crespi, 1999; Naim & El Abd, 2002; Robinson, McMullan, Marchant, & Nigam, 2001).

Daha sonra, birçok araştırma grubu, sentetik ve endüstriyel atıklardan boyaların giderilmesi için potansiyel alternatifler olarak gelişmiş ileri oksidasyon prosesleri ve diğer elektrokimyasal yaklaşımları önermek için büyük çaba sarf etmiştir (Brillas & Martínez-Huitle, 2015). Sentetik boya çözeltileri veya gerçek tekstil endüstrisi atıkları, organik kirleticilerin güçlü oksidanlar sayesinde dolaylı elektrooksidasyon yöntemleriyle tamamen dekontamine edilebilirler.

Elektrooksidasyon organik kirleticilerin uzaklaştırılmasında en popüler elektrokimyasal proseslerden biridir. Atıksulardan arıtım sonrası çamur ve konsantré kirletici üretmeyen basit ve temiz bir arıtım sağlamaktadır (Brillas & Martínez-Huitle, 2015). Uygun anot malzemesi seçimi ile organik kirleticilerin mineralizasyonunu sağlayan yüksek oranda hidroksil radikali üretimini teşvik etmektedir (Martínez-Huitle & Brillas, 2009).

Elektrooksidasyon mekanizması direkt ve dolaylı olarak iki farklı şekilde meydana gelmektedir. Kirleticilerin anot yüzeyinde adsorbe edildiği direkt oksidasyon ve elektrokimyasal olarak oluşan klor, hipoklorit, hidroksil radikalleri, ozon ve hidrojen peroksit gibi oksidanların aracılık ettiği dolaylı oksidasyon prosesleri meydana gelmektedir. Hipoklorit organik kirleticileri oksitleyebilen önemli bir oksidandır. Bu oksitleme işlemi sırasında meydana gelen reaksiyonlar aşağıdaki gibidir (Chiang, Chang, & Wen, 1995).

Anodik reaksiyonlar:



e-ISSN: 2148-2683

Çözültü reaksiyonları:



Katodik reaksiyonlar:

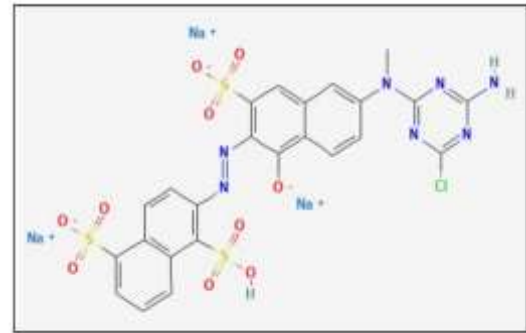


Bu çalışmada Drimaren Orange boyar maddesinden elektrooksidasyon yöntemi ile renk gideriminde, kullanılan destek elektrolit türü ve konsantrasyonun etkisi ve proses boyunca sistemin elektrik tüketiminin etkisi incelenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kullanılan boyar maddenin yapısı

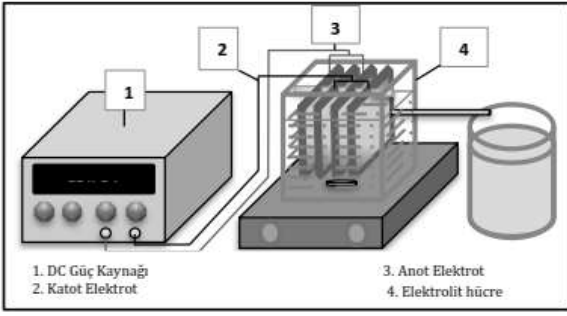
Drimaren Orange'dan 50 mg alınıp 500 mL kullanım suyunda çözdürülmüş ve 1000 mL kullanım suyu ile tamamlanarak stok boyar madde çözeltisi olarak kullanılmıştır. Drimaren Orange kimyasal formülü $C_{24}H_{15}ClN_7Na_3O_{10}S_3$ ve moleküler ağırlığı 762 g/mol'dür. Kullanılan boyanın kimyasal yapısı aşağıda Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Drimaren Orange boyar maddesinin kimyasal yapısı

2.2. Deney düzeneği

Elektrooksidasyon çalışmalarında 2000 mL hacimli ceketli cam reaktör tercih edilmiştir. Elektrot plakaları 70x100 mm boyutlarında ve 3080 cm² yüzey alanına sahiptir. Tüm plakaların yaklaşık ıslak yüzey alanı 2464 cm² olarak hesaplanmıştır. Ti/IrO₂/RuO₂ anot (DSA tipi) ve paslanmaz çelik katot (plaka tipi) elektrotlar tercih edilmiştir. Reaktör kabında beş anot ve beş katot elektrot monopolar düzenek oluşturularak paralel bağlı aralarında 5 mm mesafe olacak şekilde dizilmiştir. Voltaj ve akım ölçümü dijital "Control Unit PE280" marka güç kaynağı ile yapılmıştır. Reaktördeki karıştırma işlemini dijital "Yellowline MST" marka manyetik karıştırıcı tercih edilmiştir. Sistemin çalışması için doğru akım güç kaynağı seçilmiş ve manyetik karıştırıcı ile solüsyon devamlı karıştırılma halindedir. Başlangıç şartlarını belirlemek için numune alınarak pH, sıcaklık, iletkenlik "Thermo Orion" marka cihaz ile ölçülmüştür. Sistemin sıcaklığının sabit tutulması için soğutucu cihaz kullanılmıştır. Renk tayinin yapılması için "Lovibond" marka fotometre tercih edilmiştir. Fotometrenin dalga boyu 490 nanometre olarak belirlenmiştir. Deneysel düzenek Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Elektrooksidasyon sistemi

2.3. Deneyin yapılışı

Deney 1 Amper (0,325 mA/cm²), 200 rpm karıştırma hızı 250 mg/L başlangıç konsantrasyonu ve 25°C sıcaklıkta yapılmıştır. 1000 ml stok çözeltiden 5 mL numune otomatik pipet ile çekilerek plastik tüplere aktarılmıştır. Toplam deney süresi 60 dakika olarak tanımlanmıştır. Numuneler başlangıç, 5. dk, 10. dk, 15. dk, 20. dk, 30. dk, 45. dk ve 60. dk olmak üzere 8 adet alınmıştır. Alınan her numunenin sıcaklık, iletkenlik, pH değerlerine bakılıp 10 mL cam numune tüplerine alınarak renk tayini yapılmıştır. Renk verimleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

% Renk Giderim Verimi

$$\eta(\%) = \left(\frac{C_0 - C_e}{C_0} \right) \times 100 \quad (8)$$

Burada;

C_0 : Giriş konsantrasyonu, mg/L

C_e : Çıkış konsantrasyonu, mg/L

Enerji Tüketimi hesaplanırken;

$$W \left(\frac{kWsaat}{m^3} \right) = \frac{VxIx t}{v} \quad (9)$$

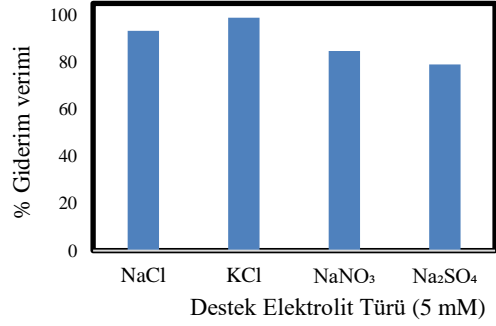
Bu denklemde, W ifadesi enerji sarfıyatı (kW-saat/m³), I akım şiddeti (A), V : Volt, t : zaman (dakika) ve v : toplam çözelti hacmini (m³) ifade etmektedir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Destek elektrolit türünün renk giderimi üzerine etkisi

Elektrooksidasyon prosesi için önemli parametrelerden biri kullanılan elektrolit türüdür. Atıksu içerisinde oksitlenme reaksiyonlarını etkileyen ve su ortamına doğrudan etki eden bu elektrolitlerin kullanımı önemlidir. Proses sırasında ortamın iyonlaşmasına katkı sağlayarak prosese pozitif etki etmektedir. Özellikle klor içeren destekleyici elektrolitlerin varlığı verim açısından en yüksek etkinliğe sahip olduğu görülmüştür. Destek elektrolit türünün renk giderimine etkisini araştırmak için yapılan çalışmalar 1A (0.325 ma/cm²) akım yoğunluğunda, 250 mg/L kirlilik konsantrasyonunda, 5 mM NaCl kullanılarak 200 rpm karıştırma hızı ve atıksuyun doğal pH değerinde yapılmıştır. Elde edilen renk giderim verimi sonuçları sırasıyla KCl>NaCl>NaNO₃>Na₂SO₄ olarak hesaplanmıştır (Şekil 3). KCl ve NaCl'nin diğer elektrolitlere göre daha yüksek giderim sağladığı görülmektedir. Yapılarında klor bulundurmaları yönüyle suda daha iyi iyonlaşma sağlaması sebebiyle daha etkili elektrolitler olarak bulunmuşlardır. Renk

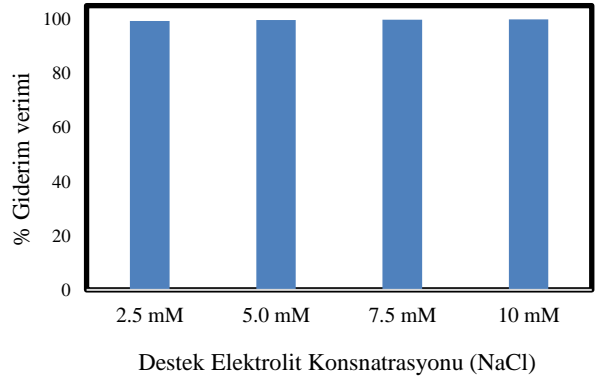
giderimi konusunda benzer sonuçlar diğer çalışmalarda da bulunmuştur (Erkmen & AdigÜzel, 2022; Fil & Günaslan, 2022).



Şekil 3. Destek elektrolit türünün renk giderimine etkisi

3.2. Destek elektrolit konsantrasyonunun renk giderimi üzerine etkisi

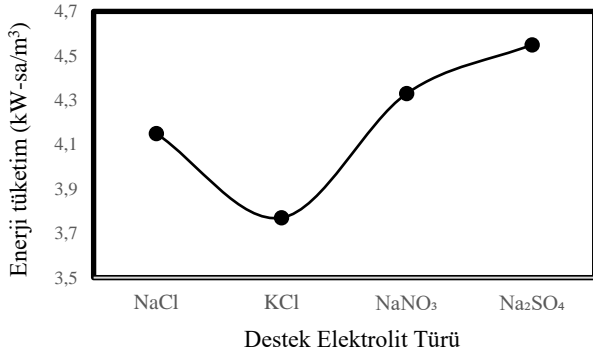
Destek elektrolit konsantrasyonunun etkisini araştırmak için 250 mg/L sentetik atıksu konsantrasyonunda, doğal pH değerinde 2.5, 5, 7.5 ve 10 mM konsantrasyonlarda ve 200 rpm karıştırma hızında çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda tüm konsantrasyonlar için renk gideriminin %99 üzerinde olduğu görülmüştür (Şekil 4). Bu yüzden fazla kimyasal sarfiyatını önlemek amacıyla düşük konsantrasyonlar tercih edilebilir. Elektrooksidasyon prosesinin renk gideriminde oldukça verimli olduğu sonucuna varılmıştır. Benzer sonuçlar literatürde mevcuttur (Chou & Wang, 2011).



Şekil 4. Destek elektrolit konsantrasyonunun renk giderimine etkisi

3.3 Enerji tüketimi üzerine destek elektrolit türünün etkisi

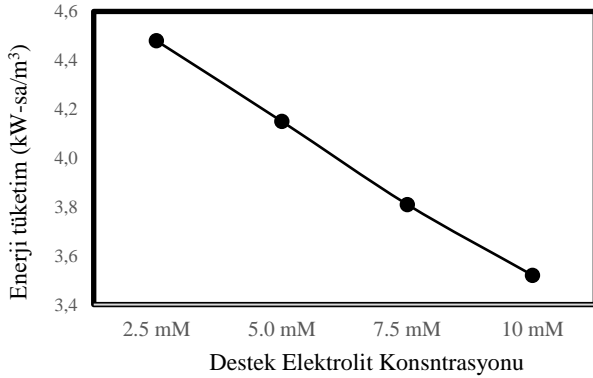
Elektrik tüketimi elektrokimyasal arıtım konusunda prosesin maliyetini doğrudan etkilediğinden önemli bir parametredir. Yapılan çalışmada incelenen NaCl, KCl, Na₂SO₄ ve NaNO₃ elektrolitleri için elde edilen sonuçların renk giderim verimleriyle ters orantılı olduğu görülmüştür. En yüksek giderim sağlayan KCl elektrolitinde enerji tüketiminin en düşük olduğu görülmüştür. Çünkü bu elektrolitlerin iyonlaşma kapasitesi ne kadar yüksek olursa ortamın iletkenliğini sağladığından potansiyel farkın düşüşüyle daha düşük enerji tüketimine sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlar aşağıda Şekil 5'te gösterilmiştir (Fil & Günaslan, 2023).



Şekil 5. Enerji tüketimi üzerine destek elektrolit türünün etkisi

3.4 Enerji tüketimi üzerine destek elektrolit konsantrasyonunun etkisi

Destek elektrolit konsantrasyonunun etkisini incelemek için sentetik atıksuyun doğal pH değerinde, 200 rpm karıştırma hızında, 1A (0.325 mA/cm²) akımda, 250 mg/L başlangıç kirlilik konsantrasyonunda denemeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 6'da grafiksel olarak sunulmuştur. 2.5, 5, 7.5 ve 10 mM konsantrasyonlar için hesaplanan elektrik tüketimleri sırasıyla: 4.48 kWh/m³, 4.15 kWh/m³, 3.81 kWh/m³, 3.52 kWh/m³ olarak bulunmuştur .



Şekil 6. Enerji tüketimi üzerine destek elektrolit konsantrasyonunun etkisi

4. Sonuç

Yapılan çalışmalarda sentetik boyar maddelerden renk gideriminde elektrooksidasyon yönteminin etkinliği kanıtlanmıştır. Prosesin uygulama kolaylığı, kısa sürelerde yüksek verim elde edilmesi, proses sonrası çamur oluşum miktarının diğer proseslere oranla çok düşük olması gibi avantajlarıyla bu tür atıksular ve diğer endüstrilerden kaynaklanan çeşitli atıksular için etkin bir yöntem olması en önemli tercih sebeplerindedir. Ayrıca farklı sentetik boyar maddeler için farklı tip anot malzemeleri kullanılarak verim açısından karşılaştırma yapılabilir.

Arıtımı konusunda çeşitli zorluklar bulunan ve endüstrilerde sıklıkla kullanılan sentetik boyar maddelerin elektrooksidasyon yöntemiyle arıtımında yüksek etkinlik gösterdiği görülmektedir. Farklı destek elektrolitler kullanılarak yapılan çalışmalarda etkili tuzların NaCl ve KCl olduğu görülmüştür. Elektrik tüketimi atıksu arıtım proseslerindeki maliyetle doğrudan ilişkisi sebebiyle önemlidir. Atıksuların deşarj kriterleri için önemli bir parametre olan renk giderimi için elektrooksidasyon prosesi güvenilir bir yöntem olarak bulunmuştur.

5. Teşekkür

Deneysel çalışmaların gerçekleştirilmesinde katkısı olan Balıkesir Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Atıksu Arıtma Laboratuvarı'na teşekkürler

Kaynakça

- Brillas, E., & Martínez-Huitle, C. A. (2015). Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods. An updated review. *Applied Catalysis B: Environmental*, 166, 603-643.
- Buscio, V., López-Grimau, V., Álvarez, M., & Gutiérrez-Bouzán, C. (2019). Reducing the environmental impact of textile industry by reusing residual salts and water: ECUVal system. *Chemical Engineering Journal*, 373, 161-170.
- Chequer, F. D., De Oliveira, G. R., Ferraz, E. A., Cardoso, J. C., Zanoni, M. B., & de Oliveira, D. P. (2013). Textile dyes: dyeing process and environmental impact. *Eco-friendly textile dyeing and finishing*, 6(6), 151-176.
- Chiang, L.-C., Chang, J.-E., & Wen, T.-C. (1995). Electrochemical treatability of refractory pollutants in landfill leachate. *Hazardous waste and hazardous materials*, 12(1), 71-82.
- Chou, W.-L., & Wang, C.-T. (2011). Removal of color and COD from dyeing wastewater by paired electrochemical oxidation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 20, 78-85.
- Directors, E. W. (2016). Common Implementation Strategy for The Water Framework Directive and The Floods Directive. *Guidelines on Integrating Water Reuse into Water Planning and Management in the Context of the WFD*.
- Ergas, S. J., Therriault, B. M., & Reckhow, D. A. (2006). Evaluation of water reuse technologies for the textile industry. *Journal of Environmental engineering*, 132(3), 315-323.
- Erkmen, J., & AdigÜzel, M. (2022). Acid red-20 sentetik endüstriyel boyar maddenin elektro-oksidasyon yöntemi ile sulu çözeltiden uzaklaştırılması. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2), 363-371.
- Fil, B. A., & Günaslan, S. (2022). Electrooxidation treatment of slaughterhouse wastewater: investigation of efficiency of Ti/Pt anode. *Particulate Science and Technology*, 1-10.
- Fil, B. A., & Günaslan, S. (2023). Treatment of Slaughterhouse Wastewaters with Ti/IrO₂/RuO₂ Anode and Investigation of Energy Consumption. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 48, 457-466. doi: 10.1007/s13369-022-07233-2
- Gutierrez, M., & Crespi, M. (1999). A review of electrochemical treatments for colour elimination. *Coloration Technology*, 115(11), 342-345.
- Keyikoğlu, R. (2018). *Boyar maddelerin molekül ağırlığının elektrooksidasyon ve elektrokoagülasyon proseslerinde renk giderme verimine etkisi*. Bursa Teknik Üniversitesi.
- López-Grimau, V., Gutiérrez-Bouzán, M. d. C., Valdeperas, J., & Crespi, M. (2012). Reuse of the water and salt of reactive dyeing effluent after electrochemical decolorisation. *Coloration Technology*, 128(1), 36-43.
- Martínez-Huitle, C. A., & Brillas, E. (2009). Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods: a general review. *Applied Catalysis B: Environmental*, 87(3-4), 105-145.

- Naim, M. M., & El Abd, Y. M. (2002). Removal and recovery of dyestuffs from dyeing wastewaters. *Separation and Purification Methods*, 31(1), 171-228.
- Pinto, C., Fernandes, A., Marques, A., Ciriaco, L., Miguel, R. A. L., Lopes, A., & Pacheco, M. J. (2022). Reuse of wool dyeing wastewater after electrochemical treatment at a BDD anode. *Journal of Water Process Engineering*, 49, 102972. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102972>
- Riera-Torres, M., Gutierrez-Bouzan, M. C., Valldeperas Morell, J., Jose Lis, M., & Crespi, M. (2011). Influence of electrochemical pre-treatment in dyeing wastewater reuse for five reactive dyes. *Textile research journal*, 81(18), 1926-1939.
- Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R., & Nigam, P. (2001). Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresource Technology*, 77(3), 247-255.
- Sala, M., López-Grimau, V., & Gutiérrez-Bouzán, C. (2014). Photo-electrochemical treatment of reactive dyes in wastewater and reuse of the effluent: Method optimization. *Materials*, 7(11), 7349-7365.
- Yaseen, D., & Scholz, M. (2019). Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: a critical review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, 1193-1226.