

# KÜLTÜR VARLIKLARININ KORUNMASINDA DOĞA DOSTU ÇÖZÜMLER (YEŞİL KİMYA ÜRÜN VE METODOJİLERİ) VE JELLERİN KULLANIMI\*

## ECO-FRIENDLY SOLUTION IN THE CONSERVATION OF CULTURAL HERITAGE (GREEN CONSERVATION), AND THE USE OF GELS

Öğr. Gör. Serap Özdemir

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi,

Güzel Sanatlar Fakültesi,

Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü

serap.ozdemir@hbv.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-0598-5668

MAKALE GELİŞ TARİHİ: 12 Haziran 2023 · YAYIMA KABUL TARİHİ: 22 Aralık 2023

Prof. Dr. Bekir Eskici

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi,

Güzel Sanatlar Fakültesi,

Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü

b.eskici@hbv.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-2352-5080

## Öz

Sürdürülebilirlik kavramı çevre ile ilgili ortaya çıkmasına ve son zamanlarda en çok tartışılan konulardan biri olmasına rağmen günümüzde sadece çevre ile sınırlı değildir. Bu kavram kültürel miras alanında da insana, doğaya ve kültürel mirasa zarar vermeyen yeşil kimya ürünlerinin ve yöntemlerinin kullanımını içermektedir. Özellikle kültürel mirasın korunması açısından kritik öneme sahip olan temizlik aşamasında kullanılacak olan malzemeler ve metodolojiler bu kavramla yakından ilişkili fakat bununla sınırlı değildir. Bu açıdan kültürel miras alanında malzeme ve metodolojilerle ilgili araştırmaların desteklenmesi ve tanıtılması yenilikçi (yeşil kimya) ürünlerinin kullanımının yaygınlaşması açısından önemlidir. Korumacıların geçmişte kendini kanıtlamış fakat yoğun kimyasal içeren malzemeler yerine alternatif ve zararsız ürünleri kullanmayı tercih etmeleri ancak bu malzemelerin farkında olmaları ile mümkündür. Bu açıdan makalenin amacı kültürel mirasın korunması anlamında sürdürülebilir yeşil koruma malzeme ve metodolojilerine yönelik güncel çalışmalarla ilgili koruma uzmanlarının dikkatini çekmektir.

**Anahtar Kelimeler:** Konservasyon, yeşil kimya, sürdürülebilirlik, kültürel miras, temizlik.

## Abstract

Although the concept of sustainability emerged regarding the environment and has been one of the most discussed topics recently, it is not limited to the environment today. This concept includes the use of green chemistry products and methods that do not harm humans, nature and cultural heritage in the field of cultural heritage. The materials and methodologies to be used in the cleaning phase, which is especially critical for the protection of cultural heritage, are closely related to this concept, but are not limited to it. In this respect, supporting and promoting research on materials and metrology in the field of cultural heritage is important for the widespread use of innovative (green chemistry) products. It is only possible for conservators to choose and use alternative and harmless products instead of materials that have proven themselves in the past but contain intense chemicals, if they are aware of these materials. In this respect, the aim of the article is to draw the attention of conservation experts regarding current studies on sustainable green conservation materials and methodologies in the sense of conservation cultural heritage.

**Key Words:** Conservation, green chemistry, sustainability, cultural heritage, cleaning.

\* Özdemir, S., Eskici, B., Kültür Varlıklarının Korunmasında Doğa Dostu Çözümler (Yeşil Kimya Ürün ve Metodolojileri) ve Jellerin Kullanımı. Sanat ve Tasarım Dergisi, (34), 23-44.

\* Bu çalışma Prof. Dr. Bekir Eskici danışmanlığında Ocak 2024 tarihinde tamamlanan "Kültür Varlıklarının Korunmasında Doğa Dostu Çözümler (Yeşil Konservasyon) ve Jellerin Kullanımı" başlıklı doktora tezi esas alınarak hazırlanmıştır. (Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2024).

## I. GİRİŞ

Türkçe literatürde birebir karşılığı olmamakla birlikte, genel kabul gören “sürekli [daimi, mütemadiyen, devamlı, kesintisiz] olma kabiliyeti veya becerisi” şeklinde tercüme edebileceğimiz sürdürülebilirlik, İngilizce “sustainability” kelimesi etimolojik olarak Latince “Sus” ve “Tenere” kelimelerinden türetilmiştir. Bu Latince kelimelerin sırasıyla anlamları “ayakta durmak” ve devam etmektir”. Daha geniş anlamda bakıldığında sürdürülebilirlik, bir şeyin kendisini muhafaza edebilme, koruyabilme, varoluşunu devam ettirebilme becerisi ve yeteneği anlamına gelmektedir (Şen, Kaya ve Alparslan, 2018 :5).

Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramları çevresel tahribatın giderek arttığı dünyamızda son zamanlarda en çok tartışılan konulardan biridir. Enerji, ekonomi ve çevre üçgeninin tam merkezinde bulunan bu kavram, hükümetler ve hükümetler arası örgütlerin yanı sıra, sosyal bilimcilerden fen ve doğa bilimcilerine, politikacılardan yerel ve uluslararası çevre örgütlerine kadar uzanan çok geniş bir yelpazede tartışılmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramının çok boyutlu yapısı nedeniyle bu konu üzerinde çalışma yapan farklı bilim dalları farklı yaklaşımlar ve farklı tanımlar geliştirmişlerdir. Sürdürülebilirliğe ilişkin kaygılar Malthus ve Jevons gibi kimi 18. ve 19. yüzyıl iktisatçılarına kadar geriye götürülebilse de “sürdürülebilir kalkınma” kavramının doğuşu 20. yüzyılda çevre konusundaki kaygılar nedeniyle ortaya çıkmıştır (Onur, 2015:183-184).

1960’lı yıllarda çevreye verilen zararın boyutlarının anlaşılması ile başlayan çevre ve ekoloji hareketi, 1970’lerde uluslararası boyuta ulaşmış, 1983 yılında Birleşmiş Milletler (BM) tarafından Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun kurulmasına sebep olmuştur. 1987 yılında WCED (Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu) tarafından “Ortak Geleceğimiz” başlıklı raporun yayımlanması sonrasında sürdürülebilirlik kavramının içeriği oldukça zenginleşmiştir. Sürdürülebilir kalkınma kavramının hayatımıza girmesi ile birlikte yalnızca çevre ile alakalı bir içeriğiyle kalmamış; sağlıktan iletişime, kurumsallıktan finansa ve kültürel değerlere kadar; hayatın her alanında kullanılabilir hale gelmiştir (Şen vd., 2018: 6).

Kültürel miras alanında sürdürülebilirlik malzemelerinin incelenmesi, bunların korunması ve sürdürülebilir yaklaşımların planlanması, çok çeşitli araştırma alanlarından profesyonellerin iş birliğini gerektirir. Bu amaçla son 20 yılda yapılan araştırmalar kirlilik ve iklim değişikliğinin sadece insan sağlığına zarar vermediği, aynı zamanda malzemelerin korunmasını da tehlikeye attığı kanıtlanmıştır. Bunun sebebi sanatsal yüzeylerin aynı zamanda onları çevreleyen çevre ile etkileşime girmesidir. Avrupa örneğine odaklanan AB, yeşil bir politikaya uygun olarak teknolojilerin ve ürünlerin geliştirilmesini

hedefleyen Horizon 2020<sup>1</sup> çerçevesindeki projelerin finansmanı sayesinde, koruma için sürdürülebilir eylemler olasılığına çok daha fazla önem vermiştir (Di Toro ve Medeghini, 2021: 1-3).

Bu gelişmeler sonrasında günümüzde yeşil kimya araştırma alanı çok özel ve genişleyen bir sektör haline gelmiştir. Yeşil kimya, tehlikeli maddelerin kullanımını veya üretimini azaltan veya ortadan kaldıran kimyasal ürünlerin ve süreçlerin tasarımıdır. Kimyasal ürünlerin tasarımında, üretiminde ve kullanımında insan ve çevre için tehlikeli maddelerin kullanımını azaltan veya ortadan kaldıran yenilikçi kimyasal teknolojileri teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Yeşil kimya, tasarımı, üretimi, kullanımı ve nihai imhası dahil olmak üzere bir kimyasal ürünün yaşam döngüsü boyunca geçerlidir<sup>2</sup>.

Yeşil kimya ürünlerinin tasarımı ve üretiminde belli ilkelerin belirlenmesi uygun nitelikte malzeme geliştirmek için kritik öneme sahiptir. 1990'larda Massachusetts Üniversitesi Yeşil Kimya Enstitüsü başkanı Paul Anastas ve John Warner, kimyasal proseslerde ve analizlerde toksik çözücülerin en aza indirilmesi veya kullanılmamasının yanı sıra atıkların oluşmamasına dayanan, bugün hala kullanımda olan Yeşil Kimya'nın 12 ilkesini (Tablo1) öne sürdüler (De Marco, Rechelo, Tótoli, vd., 2019: 2).

No	Özellikler
1	<b>Atıkları önleyin:</b> Atıkları üretmemek, oluştuktan sonra arıtmak veya temizlemekten daha etkilidir.
2	<b>Atom ekonomisi:</b> Proseste kullanılan tüm maddelerin nihai ürüne dahil edilmesini optimize etmek için sentetik prosedürler planlanmalıdır.
3	<b>Daha az tehlikeli kimyasal sentezler tasarlayın:</b> Mümkün olan her yerde, insan sağlığı ve çevre için çok az veya hiç zehirli olmayan maddeleri kullanmak ve üretmek için sentetik yöntemler tasarlanmalıdır.
4	<b>Daha güvenli kimyasallar ve ürünler üretin:</b> Kimyasal ürünler, gıpta edilen işlevlerini yerine getirirken zararlılıklarını en aza indirecek şekilde üretilmelidir.
5	<b>Daha güvenli solventler ve yardımcı maddeler:</b> Yardımcı maddelerin (örn. solventler veya ayırma maddeleri) kullanımı mümkün olduğunda gereksiz ve kullanıldığında zararsız hale getirilmelidir.
6	<b>Enerji verimliliğini artırın:</b> Kimyasal prosedürlerin enerji gereksinimleri, çevresel ve ekonomik etkileri açısından ayırt edilmeli ve en aza indirilmelidir. Mümkünse, sentetik prosedürler ortam sıcaklığında ve basıncında yapılmalıdır.
7	<b>Yenilenebilir hammaddeler kullanın:</b> Bir hammadde teknik ve ekonomik olarak uygulanabilir olduğunda tükenmek yerine yenilenebilir olmalıdır.
8	<b>Kimyasal türevlerden kaçının:</b> Gereksiz türevlendirme (blokaj gruplarının kullanımı, koruma/korumanın kaldırılması, fiziksel/kimyasal süreçlerin geçici olarak değiştirilmesi) en aza indirilmeli veya mümkünse kaçınılmalıdır, çünkü bu tür adımlar ek reaktifler gerektirir ve atık üretebilir.
9	<b>Stokiyometrik reaktifler yerine katalizörler kullanın:</b> Katalitik reaktifler (mümkün olduğunca seçici) stokiyometrik reaktiflerden üstündür.
10	<b>Kullanımdan sonra azalacak/bozunacak kimyasal madde ve ürünler üretin:</b> Kimyasal ürünler, işlev gördükten sonra zararsız bozunma ürünlerine dönüşecek ve çevrede uzun süre dayanmayacak şekilde üretilmelidir.

<sup>1</sup> Horizon 2020, AB'nin 2014-2020 yılları arasında yaklaşık 80 milyar Euro'luk bir bütçeyle araştırma ve yenilik finansman programıdır.

<sup>2</sup> <https://www.epa.gov/greenchemistry/basics-green-chemistry> (Erişim Tarihi: 02/02/2023)

11	<b>Kirlenmeyi önlemek için gerçek zamanlı olarak analiz edin:</b> Zararlı maddelerin oluşumundan önce gerçek zamanlı, süreç içi izleme ve kontrol sağlamak için analitik metodolojilerin daha da geliştirilmesi gerekir.
12	<b>Kaza olasılığını en aza indirin:</b> Bir kimyasal süreçte kullanılan maddeler ve bir maddenin şekli, salınımlar, patlamalar ve yangınlar dahil olmak üzere kimyasal kaza potansiyelini en aza indirecek şekilde seçilmelidir.

**Tablo 1:** Yeşil Kimyanın 12 ilkesi (Karagölge ve Bahri, 2016: 93)

Bu ilkeler yeşil kimya anlayışının temellerini belirlemiş bununla birlikte yıllar içinde kavram giderek yeni ve farklı anlamlar kazanmış, teknolojideki gelişmelerle birlikte yenilenebilir kaynaklar ve enerji tasarrufu gibi konular ön plana çıkmıştır<sup>3</sup>.

Kültür varlıklarının korunması ve restorasyonu, çoğu zaman standart olmayan restorasyon teknikleriyle bağlantılıdır; bunlar çözücülerin ve diğer kimyasal karışımların yanı sıra biyosidal<sup>4</sup> ürünlerin kullanımını da içerir. Bu sebeple kültür varlıklarının korunması ve onarılması konusunda korumacılar toksikolojik olarak havadaki zararlı partiküller ve gazların neden olduğu hafif etkilerden kanserojen etkilere kadar birçok zararlı maddeye ve bunların karmaşık bileşimlerine maruz kalırlar. Bu maruziyet kültür varlıklarına kapalı ortamlarda ve gerekli önlem alınmadan yapılan uygulamalar sebebiyle daha da tehlikeli hale gelmektedir.

Sürdürülebilirlik kavramını koruma dünyasına adapte etme konusunda zorluklar olması yanında güvenlik standartlarına uygunluğun sağlanması da elzemdir. Son yıllardaki ana zorluklardan biri, koruma ve restorasyon için hem çevreye hem de korumacılara saygılı, yenilikçi ürünler geliştirme konusu olmuştur. Kültürel mirasla ilgili geliştirilen araştırmaların artmasına rağmen, mevcut ve yaygın olarak kullanılan ürün ve metodolojilerin çoğu diğer alanlardan ödünç alınmış, bunlar etkinlik uyumluluk vb. gibi özel ve önemli koruma gereklilikleri dikkate alınarak uyarlanmıştır. Bu noktada ne yazık ki ana çaba eserlerin korunması olmuş; korumacılar, çevre ve atık yönetimi gibi diğer konulara çok daha az dikkat etmişlerdir. Ulusal mevzuat ve uluslararası düzenlemeler sayesinde son yıllarda yüksek riskli ürünler yerine daha güvenli alternatif bileşikler ve malzemelerin kullanımına yönelik artan bir ihtiyaç oluşmuştur. Bu ihtiyaç, araştırmaların ilerlemesi ve çevresel ve kültürel sürdürülebilirlik bilinciyle daha da güçlenmiştir. Sonuç olarak, kültürel mirasın korunmasına yönelik araştırmalarda artık yeşil kimya konusu ön plana çıkmaktadır (Di Turo vd., 2021: 4-6).

Önerilen yeşil çözümler ve metodolojiler doğrultusunda, ortaya çıkan ana sorunlardan biri yeni ürünlerin koruma uzmanlarına erişilebilirliği ile ilgilidir.

<sup>3</sup> <https://www.products.pcc.eu/tr/blog/yesil-kimyanin-12-ilkesi-bize-ne-ogretiyor/> (Erişim Tarihi 10/02/2023)

<sup>4</sup> Bakteri, virüs, mantar, böcek, sinek, fare gibi tek hücreli yada çok hücreli mikroorganizmalar ile mücadele için kullanılan kimyasal ya da biyolojik preparatların tamamı "biyosidal" olarak isimlendirilir.

Ayrıca, yeşil ve sürdürülebilir çözümlerin kullanımı, potansiyel olarak etkili olmakla birlikte, kültürel miras alanında güvenli bir şekilde kullanılmadan önce uzmanlaşmış profesyoneller tarafından yapılan özel testlere ihtiyaç duyar. Aynı zamanda korumacıların bu ürün ve metodolojilerin kullanımını engelleyen bir diğer önemli husus yeşil kimya alanındaki çalışmaların başka bilim alanları ile ilgili olması sebebiyle koruma uzmanlarını hedeflemeyen belirli mesleki dergilerde yayınlanmasıdır.

## **KONSERVASYONDA KULLANILAN YEŞİL KİMYA ÜRÜN VE YÖNTEMLERİ**

Kültürel mirasın korunmasında yeşil koruma yaklaşımını teşvik etmek için, sadece kullanılan ürünlere değil, özellikle bir restorasyon projesini karakterize eden tüm aşamalara dikkat edilmesi gerekir. Bu anlamda korumacılar, şirketler ve araştırmacılar arasında yakın iş birliği olması, güncel çözümler önermek ve kültürel miras araştırmalarına yönelik ekonomik yatırımları teşvik etmek için önemlidir (Balliana, Ricci, Pesce, vd., 2016: 185).

Kültürel mirasın korunması sırasındaki prosedürler duruma göre birçok kimyasal malzemenin kullanılmasını gerektirir. Geleneksel olarak, hem aromatik (ksilen, tolüen, selülozik tiner vb) hem de aromatik olmayan çözücüler ve diğer temizlik ürünleri (yani şelatlayıcı maddeler, hafif ve güçlü asitler ve bazlar) büyük ölçüde koruma alanında kullanılır. Bu ürünler toksisitelerine rağmen, verimlilikleri ve hızlı etkileri nedeniyle, genellikle daha ucuz ve daha yerleşik oldukları için restoratörler tarafından hala tercih edilmektedir. Son zamanlarda, özellikle eski ve bozulmuş polimerik uygulama ürünlerinin çıkarılması için toksik solventlerin kullanımını önlemek ve sınırlandırmak için alternatif ürünler ve metodolojiler geliştirilmiş ve önerilmiştir. Mikroemülsiyon, biyotemizleme, iyonik sıvılar, lazer temizleme ve jellerin bazı örnekleri yeşil ve sürdürülebilir temizleme yöntemleri olarak önerilen yöntemlerdendir (Balliana vd, 2016: 187).

**II.1. MİKROEMÜLSİYONLAR:** Mikroemülsiyonlar çeşitli teknolojik uygulamalarda ve koruma projelerinde de kullanılmakta olup, su bazlı temizleme sistemlerinin avantajlarını sunarken sulu temizleyicilere maruz kalmayla ilişkili riskleri sınırlandırmaktadır (Giordano, Barresi, Rotolo, vd., 2019: 287).

Mikroemülsiyonlar sıvı, kararlı ve homojen, optik olarak şeffaf, izotropik ve karşılıklı olarak çözünmeyen iki sıvıdan “kendiliğinden” oluşan sistemlerdir; amfifilik<sup>5</sup> moleküllerin (sümfaktanlar) en az bir tek tabakası tarafından stabilize edilmiş mikro küreler şeklinde biri diğerinin içinde dağılmıştır. Koruma alanında mikroemülsiyonların kullanımı seksenlere kadar uzanmaktadır ve o zamandan beri dünya çapında kullanılmaktadır. (Baglioni, Berti, Bonini, vd., 2014: 362).

5 Amfifil hem hidrofilik ve hidrofobik özellikler taşıyan bir kimyasal bileşiği ifade eder.

Mikroemülsiyonlarla ilgili akrilik yüzeyler ve diğer hassas yüzeylerdeki kiri gidermek için yapılan çeşitli çalışmalar vardır. Bunlardan Dow Chemical Company, Tate ve Getty Conservation Institute arasındaki iş birliği ile yapılan çalışma, biri Dow'un yüksek verimli robotik laboratuvar sistemi (Yüksek Verimlilik) kullanılarak gerçekleştirilen üç mikroemülsiyon tipine odaklanmıştır. Seri-I mikroemülsiyon sistemi, lineer alkil benzen sülfonat sürfaktan, I-bütanol, I-heksanol, Shellsol D38 çözücü ve sudan oluşur. Seri-II sistemi, su, Shellsol D38 çözücü, ECOSURF EH-6 Sürfaktan ve yine I-butanol ve I-hekzanolün kombinasyonu olan bir kosürfaktana dayalıdır. Seri-III mikroemülsiyon sistemi için yardımcı sürfaktan gerekmez ve su, alifatik mineral ispirotolar (Shellsol D38 veya D40) ve bir anyonik sürfaktan içerir. Bu sürfaktanlar hem suda hem de düşük polariteli çözücülerde iyi eridiğinden, kırılğan akrilik boya üzerinde iyi sonuçlar verdiğinden ve yüzeyde daha yavaş çalıştıkları için daha kontrol edilebilir olduklarından kullanım avantajı sağlamaktadırlar (Giordano vd, 2019: 287).



**Görsel 1:** Japon kağıdı ile korunan boyalı yüzey üzerine mikroemülsiyon emdirilmiş bir kağıt hamuru sisteminin uygulama prosedürü (Baglioni, Berti, Bonini, vd., 2012: 363).

Çözücüler korumacılar tarafından koruma prosedürlerinde yoğun olarak kullanılmış hala da kullanılmaktadır. Genel koruma pratiğinde kullanımları yaygın olduğundan, çözücülerin insan sağlığını, çevreyi ve en azından sanat eserlerini nasıl etkileyebileceğini düşünmek çok önemlidir. Yaygın olarak kullanılan çözücülerin çoğu, uçucu organik bileşikler (VOC'ler), tehlikeli hava kirleticileridir (HAP'ler). Bu çözücüler yanıcı ve/veya zehirli olmaları yanında çevre için toksik olmaları, uygulama güvenliği tehlikeleri ve atık yönetimi sorunları dahil olmak üzere ciddi çevre, sağlık ve güvenlik endişeleri oluştururlar. Yeşil kimyanın 12 ilkesinden biri olan "yardımcı maddelerin (örn. solventler veya ayrıştırma maddeleri) kullanımı mümkün olduğunda gereksiz ve kullanıldığında zararsız hale getirilmelidir" maddesi konunun yeşil kimyada çok önemli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle solvent kullanımı kontrol altına

alınmalı, kullanımı kaçınılmaz olduğunda, su gibi toksik ve yanıcı olmayan ve çevre dostu olan çözücüler tercih edilmelidir (Doble, Rollins, Kumatr, 2010: 97).

Tıpkı bir çözücünün belirli bir çözünen maddeye göre yalnızca “iyi” veya “güçlü” olarak tanımlanabilmesi gibi, bir çözücünün ‘yeşilliği’ de bir başkasıyla karşılaştırılmalıdır. Bu göreceli özelliği vurgulamak için SiC (Sustainability in Conservation-Korumada Sürdürülebilirlik) “yeşil” çözücüler yerine “daha yeşil” terimini kullanmayı daha doğru bulur ve bu şekilde değerlendirmenin karşılaştırılabilirliğini vurgular. 1990’ların sonundan bu yana, konservasyon-restorasyon alanındaki çalışmalar, öncelikle teratojenik (gelişimsel deformasyon yapan madde), kanserojen çözücülerin yerine daha az toksik olan alternatifler öneren bir yöne doğru evrilmektedir. Birçok ülkede 70’lerden beri bu çaba vardır (Assumpçao ve Pourret 2021: 25-27).

Çözücü sınıflandırmasında saf su en zararsız çözücü olarak görülür. Bu sebeple korumada organik çözücüler yerine sulu yöntemlerin kullanılması en çok kullanılan güvenli ve “çevre dostu” yaklaşımlardan biridir. Bununla birlikte, saf su üretiminin yüksek enerji maliyeti dikkate alınırsa üretiminin zaman alması, yüksek miktarda enerji kullanımı ve % 95 oranında su atığı oluşturması sebebiyle tam sürdürülebilirliği sorgulanabilir. Bir koruma işleminin sürdürülebilirliğini artırmak veya aynı anda etkinlikten ödün vermeden toksisiteyi en aza indirmek, genellikle daha çevreci ürün ve süreçlerin geliştirilmesindeki en zorlu yönlerden biridir. En uygun çözücüyü seçmek için, işlem yapılacak yüzeyin özelliklerini ve kaldırılacak katmanları dikkate almak çok önemlidir. Bazı alternatif maddeler ve çözücüler, daha çevreci olmalarına rağmen amaçlanan kullanım için yeterli olmayabilir, bu nedenle mevcut kılavuzlar (Örneğin Pfizer, GSK ve Sanofi kılavuzları gibi) tarafından belirlenen ikame ürünlerin kritik bir analizi gerekebilir (Doble vd., 2010: 96).

Pfizer, tıbbi kimyagerler için renk kodlu, hiyerarşik çözücü seçim kılavuzunu yayınlayan ilk şirket olmuştur. Bu kılavuzlar çözücülerini “tercih edilen”, “kullanılabilir” veya “istenmeyen” olarak listeleyen basit bir belgedir. Pfizer, GSK ve Sanofi solvent seçim kılavuzlarından derlenen verilere göre en çevreci çözücüler su, n-propil asetat, i-propil asetat, 1-bütanol ve 2-bütanol dür (Byrne, Jin, Paggiola, vd., 2016: 6).

2017’de Tobiezewski tarafından en çok kullanılan çözücülerin 78’inin çevresel kalıcılık, toksikolojik, kanserojenlik, fotokimyasal ozon oluşumu ve kronik etki verileri kullanılarak yeniden değerlendirilmesi sonucunda Tablo 2 oluşturulmuştur. Tablo listelenen çözücülerin risk değerlendirmelerinin yapılabileceği özelliklerini listelemektedir.

Çözücüler	Kaynama noktası (C)	Yoğunluk (g cm <sup>-3</sup> )	Viskozite (Cp 20°C <sup>-1</sup> )	Yüzey gerilimi (G s <sup>-2</sup> per 25°C)	Buhar basıncı (kPa 20°C <sup>-1</sup> )	Çözünürlük (ml ml <sup>-1</sup> per 20°C <sup>-1</sup> )	Log K <sub>ow</sub> (Oktanöl/su dağılım katsayısı)	Risk sıralaması
1. Su	100	1.00	0.01	72.8	3.17	Karışabilir	1.38	1.0000
2. l-propanol	97	0.80	1.96	23.7	2.0	Karışabilir	0.25	0.9545
3. Etanol	78	0.79	1.04	22.4	5.9	Karışabilir	0.81	0.9300
4. Aseton	56	0.79	0.32	22.8	30.8	Karışabilir	0.24	0.9545
5. Dodecane	216	0.75	1.82	25	0.028	4.0 10 <sup>6</sup>	5.98	0.8703
6. Etil asetat	77	0.90	0.43 (25°C)	23.6	12.1	87.8	0.73	0.8868
7. Decane	174	0.73	0.48	22.4	0.17	1.2 10 <sup>5</sup>	5.98	0.8703
8. l-Oktanöl	195	0.83	6.49 (30 °C)	26.4	0.011	0.65	3.0	0.8689
9. Asetonitril	82	0.78	0.35	29.0	9.73	Karışabilir	0.34	0.8687
10. Undekan	196	0.74	1.08	19.2	0.075	5.4x10 <sup>6</sup>	6.6	0.8677
11. Metanol	65	0.79	0.543	22.7	13.0	Karışabilir	0.77	0.8644
12. Pentan	36	0.63	0.222	16	68.5	0.061	3.39	0.8475
13. Heptan	98	0.68	0.408	20.2	6.1	0.0044	4.66	0.8021
14. 2-Propanol	82	0.785	2.1	23.3	4.4	Karışabilir	0.05	0.8698
15. Sikloheksan	81	0.78	0.98	25	13.1	0.070	4.15	0.7892
16. m-ksilen	139	0.86	0.62	28.9	0.8	0.19 (25 °C)	3.20	0.7594
17. Toluen	110	0.86	0.59	29.7	3.79	0.55	2.73	0.7344
18. Diklorometan	40	1.33	0.41 (25 °C)	27.4	46.5	12	1.25	0.7150
19. p-ksilen	138	0.86	0.34 (30 °C)	29.0	0.9	0.21(25 °C)	3.15	0.7072
20. Heksan	69	0.65	0.37	18.4	17	0.02	3.94	0.7057
21. Tetrakloreten	121	1.63	0.89	31.7(25 °C)	2.46	0.37	3.40	0.6841
22. Kloroform	61	1.48	0.57	27.2	21.1	5.54	1.97	0.6862
23. o-ksilen	144	0.88	0.81	30.1	0.7	0.19 (25°C)	3.12	0.6715
24. Karbon tetraklorür	77	1.59	0.97	26.9	11.9	0.50	2.64	0.6424
25. Benzen	80	0.88	0.60 (25 °C)	28.2	12.7	2.0	2.13	0.6098

**Tablo 2:** En çok kullanılan geleneksel ekstraksiyon solventlerinin özellikleri ve çevresel risk sıralaması (Yılmaz ve Soylak 2020: 227).

Bu tabloya göre su, etanol, l-propanol, aseton, asetonitril, 2-propanol ve metanol gibi polar çözücüler, endüstriyel solvent seçim yönergelerinde (SSG) çevre açısından güvenli olarak listelenir ve yeşil kimyasallar listesinin başında yer alırlar. Pentan, diklorometan, heksan, benzen, karbon tetraklorür ve kloroform gibi apolar kimyasallar yüksek derecede tehlikeli, istenmeyen ve yasaklı kimyasallar grubunda değerlendirilmektedir. Bu sınıflandırmalar, endüstriyel ölçekte kullanım için gerekli olan güvenlik ve çevre gerekliliklerini sağlamak için özellikle önemlidir (Yılmaz vd., 2020: 225-226).

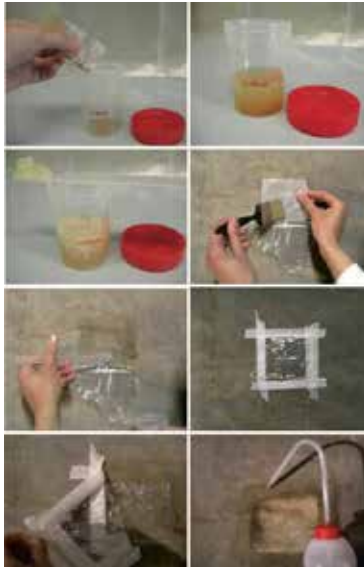
**II.3. BİYO-TEMİZLİK:** Biyo-temizlik, kültür varlığı, koruma uzmanı ve çevre üzerinde düşük etkiye sahip, homojen, kademeli ve kontrol edilebilir bir eyleme izin veren çok yönlü bir stratejiye sahiptir. Biyolojik temizlik, son



yıllarda biyoteknoloji araştırmaları sonucunda büyük ölçüde gelişmiştir ve günümüzde kültürel varlıkların korunması ve restorasyonunda önemli bir rol oynamaktadır (Balloi ve Pala, 2017: 67-68).

Biyoteknolojiler, çeşitli sanatsal malzemeler (anıtsal taş, duvar resimleri, mermer heykeller vb.) üzerindeki bir dizi sorunu çözebilmiştir, ayrıca farklı canlı bakteri kültürlerini kullanarak çeşitli patolojilerle (organik maddelerin, siyah kabukların ve mineral tuzların biyolojik olarak uzaklaştırılması gibi) mücadele edebilmektedir (Bosch-Roig ve Ranalli, 2014: 1). Biyo-temizleme sistemleri, istenmeyen maddelerin çıkarılmasında iyi bir performans sağlamak ve daha fazla bozulmayı önlemek için uygun biyoajan(lar)ın dikkatli bir şekilde seçilmesini gerektirir (Gueidão, Vieira, Bordalo, vd., 2020: 27).

Bunlardan bazıları gibi sülfat indirgeyen bakteriler (*Desulfovibrio desulfuricans*, *Desulfovibrio vulgaris*) nitrat azaltan bakterilerdir (*Pseudomonas stutzeri* vd.) (Bosch-Roig vd. 2014: 1). Günümüzde, canlı bakteri hücreleri veya hidrolitik enzimler tarafından yapılan biyo-temizlik, kültürel mirasın restorasyonunda büyük potansiyele sahip bir kaynağı temsil etmekte, sanat eserleri ve insan sağlığı için riskleri en aza indirmektedir. Sülfat indirgeyen bakterilere veya hidrolitik aktiviteye sahip biyoaktif moleküllere dayalı yeni metodolojiler, taş yüzeylerden veya yapıştırıcı ve/veya yapıştırıcılar gibi organik malzemelerden, resimlerden ve diğer alt tabakalardan siyah kabukların çıkarılmasında seçici ve daha güvenli temizleme yöntemleri olarak uygulanmaktadır (Balloi ve Pala, 2017: 67-68).



**Görsel 2:** *Carboneutralgel*'deki sülfat indirgeyen bakterilere dayalı bir biyo-temizleme ürünü olan *Micro4Art solfate*'i hazırlama ve uygulama adımları (Balloi vd., 2017 :79).

**II.4. İYONİK SIVILAR (İL):** İyonik sıvılar, iyonik reçineler “yeşil malzeme” olmaları ve düşük çalışma sıcaklıkları nedeniyle lignoselülozik biyokütleden selüloz ve diğer organik bileşenlerin çözülmesi ve çıkarılması için uygun çözücüler olarak artan ilgi görmüştür. İyonik sıvılar yalnızca katyon ve anyonlardan oluşan sıvılardır. Genellikle tasarımcı çözücüler olarak adlandırılan iyonik sıvılar, düşük sıcaklıkta erime noktaları, ihmal edilebilir buhar basınçları ve yüksek termal kararlılık için not edilen yüksek düzeyde ayarlanabilir organik tuzlardır. İyonik sıvıların ayarlanabilir doğası, bir katyon çekirdeği, katyon ikame edicileri, anyon çekirdeği ve anyon ikame edicilerinden oluşan modüler tasarımlarından kaynaklanmaktadır. Katyon ve anyonların kombinasyonu değiştirilerek viskozite, asitlik/bazlık ve erime sıcaklığı gibi özellikler özel talepleri karşılamak için ayarlanabilir. Geleneksel çözücülerle karşılaştırıldığında, iyonik sıvılar ticari olarak ancak yakın zamanda elde edilebilir hale geldiğinden, ana dezavantajları yüksek maliyetle ilgilidir (Rieland, 2020: 2-3).



**Görsel 3:** Efes Yamaçevler 2’de iyonik reçinelerle (anyon ve katyon) yapılan temizlik uygulaması (soldaki anyon, sağdaki katyon uygulaması) (Ceren Gürçay Yılmaz Kişisel Arşivi)

**II.5. LAZER:** Lazer temizliği, fiziğin kültürel mirasın korunmasına yaptığı en önemli katkıyı temsil eder. 1970’lerin başına kadar uzanan öncü çalışmalara rağmen, bu yenilikçi teknik sistematik olarak araştırılmaya başlanmış ancak 20 yıl sonra kapsamlı bir şekilde uygulanmıştır (Siano, 2012: 419-420).

Lazer/Laser (light amplification by stimulated emission of radiation) yüksek enerjili ışınım ile temizlik sistemidir. Lazer ile temizlik kirli yüzeye kısa süreler ve noktasal vuruşlarla gönderilen ışık enerjisi sayesinde gerçekleşmektedir. Yüzeye yayılan ısı enerjisi istenmeyen kırı yakarak ve anında buharlaştırarak yok etmektedir. Nokta vuruşlu enerjinin etkisi çok kısa süre ile yüzeye gönde-

rildiğinden alttaki özgün yüzeye ulaşmadan yok olmaktadır. Bu sayede özgün yüzeye zarar vermeden temizlik işlemi gerçekleştirilmektedir. Lazer sisteminin en büyük avantajı, geleneksel (kimyasal ve fiziksel) yöntemlerle tam olarak sağlanamayan güvenli temizlik işlemlerine imkân tanimasıdır. Kullanımı ve kontrolü kolaydır. Temizlenecek yüzey ile doğrudan bir temas gerçekleşmediğinden kullanıcı ve eser için risk oluşturmaz. Bu özelliği sayesinde son derece tahribata uğramış hassas yüzeylerde bile geleneksel yöntemlerin aksine ön sağlamlaştırma işlemlerine başvurmaksızın güvenle uygulama imkânı sunmaktadır. Yüzeyde herhangi bir atık bırakmadığı gibi, yeni bir oluşuma (aşınma vb) yol açmaz. Eser, insan ve çevre sağlığı bakımından güvenlidir. 2000'lerden itibaren yeni versiyon olarak geliştirilen lazer sistemleri; yüksek güç, geniş spot alanı, hafif gövde ve mor ötesinden (UV) kızıl ötesine (IR) farklı dalga boylarına (1064 nm, 532 nm, 355 nm) sahip enerji kapasitesi özellikleriyle taş, seramik, metal, altın varak, cam, resim, ahşap, tekstil kağıt gibi hem organik hem de inorganik kökenli kültür ve sanat objelerinin temizliği için başarılı çözümler üretmiştir (Eskici, 2013: 61). Çok çeşitli malzemeler üzerinde eserin yüzeyini etkilememesi ve değiştirmemesi nedeniyle seçici ve çevre dostu bir tekniktir (Siano, 2007: 2).

Etkinliği ve düşük çevresel etkisi açıkça görülse de, yüksek maliyetleri, bu tekniği çoğu durumda büyük ve rutin uygulamalar için karşılanamaz hale getirmektedir.



**Görsel 4:** Lazer ile alçı dekorasyonun temizlenmesi-Vatikan (Bekir Eskici Kişisel Arşivi)

## II.6. NANOTEKNOLOJİLER

Richard P. Feynman tarafından ilk kez tanıtıldığı 1959'dan itibaren, nanoteknolojilerin uygulamaları ve gelişmeleri büyük ölçüde genişledi ve önemli ekonomik ve endüstriyel sonuçları olan multidisipliner alanlara (yani tıp, biyoloji, endüstri vb.) ulaştı. Nanoteknoloji, aslında, uzun vadede insan sağlığı ve çevre için gerçek faydalar ve olası riskler hakkında pek çok açık soruya sahip, gelişmekte olan bir araştırma alanıdır.

Nanoteknolojilerin uygulanması, özellikle inşaat ve kültürel miras alanında hızlı ve tutarlı bir gelişme göstererek, geleneksel metodolojilere ve ürünlere önemli bir yenilik getirmiştir. Kağıt, tuval, taş, duvar resimleri, ahşap vb. gibi farklı malzemeler için halihazırda pek çok özel araştırma projesi ve uygulaması bulunmaktadır. Kültürel mirastaki tüm farklı uygulamalar göz önüne alındığında, birçok araştırmacı için nanokonsolidantların kullanımı, restoratörler ve çevre için sürdürülebilirlik ve eko-uyumluluk açısından en umut verici ve yenilikçi metodolojilerden birini temsil edebilir. Nanomalzemelerin kendine özgü özellikleri aslında tüm durumlarda çok önemlidir. Sağlamaştırmada olduğu gibi en iyi sonuçları elde etmek için malzemelerin boyutunun kontrol edilmesi gerekir. Nanoteknolojiler, geleneksel inorganik konsolidasyon ürünlerini (kalsiyum, magnezyum ve baryum hidroksit bazlı) iyileştirme ve silika ve titanya nanoparçacıkları ile kolloidal dispersiyonlar gibi yenilikçi yöntemler önerme imkanı sunmaktadır (Balliana, 2016: 191-192).

## II.7. YEŞİL KOROZYON ÖNLEYİCİLER

Yeşil korozyon inhibitörleri biyolojik olarak parçalanabilirler ve ağır metaller veya toksik bileşikler içermezler (Rani ve Basu, 2012: 1). Geleneksel endüstride biyolojik olarak parçalanmayan sentetik organik korozyon inhibitörleri ve geleneksel inorganik korozyon inhibitörleri genellikle hem insan sağlığına hem de ekolojik sorunlara neden olan tehlikeli etkileri nedeniyle çevresel düzenlemelerle kısıtlayıcı hale gelen kromatlar gibi ağır metaller içerir. Bu çevresel sorunlar, korozyon üzerine çalışan bilim adamlarını ve mühendisleri doğal organiklerden yeşil korozyon inhibitörlerinin kullanımına doğru ilerlemeye yöneltmiştir. Korozyon inhibitörlerinin farklı türleri veya sınıflandırmaları ya temizleyiciler ya da ara yüz inhibitörleridir; burada birincisi aşındırıcı ortamdan agresif maddeleri temizler ve ikincisi, metal-çevre ara yüzünde film oluşumu yoluyla korozyonu engeller (Argyropoulos, Boyatzis, Giannoulaki, vd., 2021: 346).

Organik yeşil korozyon inhibitörleri, koruyucu etkiye sahip N, O ve S heteroatomlarına ve polar fonksiyonel gruplara sahip organik bileşiklerin varlığı nedeniyle sulu aşındırıcı türleri metal yüzeyden uzaklaştırmada etkilidir.

Aynı zamanda ucuz, kolayca bulunabilen, çevre dostu ve ekolojik olarak kabul edilebilir ve yenilenebilir, ağır metal içermeyen, organik, doğal ve/veya biyolojik bileşiklerdir. Örneğin, organik korozyon inhibitörleri, çözeltiye eklendiğinde su moleküllerini (ve sonunda klorür iyonları gibi agresif maddeleri) yerinden ederek metalik yüzey üzerinde adsorbe olur. Metallerin korunmasında kullanılan en iyi bilinen temizleyici tip inhibitörler, ya oksijen emici korozyon önleyiciler (RP/Escal ve Corrosion Intercept®) ya da uçucu gaz halindeki bileşikleri ve bu bileşikleri yakalayarak hapseden (Zerust® ve Cortec VpCl filmleri) korozyon önleyicilerdir. Diğerleri, organik yeşil inhibitörleri amino asitler, alkaloitler, fenoller ve polifenoller, yağ asitleri gibi içerdikleri doğal bileşiklere veya ürünlere göre veya biyolojik (kitosan, amino asitler, bakteri ve mantarlar), sebze (bitki özleri, kabuklar, tanenler) ve farmasötik ilaçlar olarak sınıflandırılır. Sınıflandırmalarına bakılmaksızın, organik korozyon yeşil inhibitörlerinin yaklaşık % 80'i, metali kimyasal ve fiziksel adsorpsiyon ve film oluşumu ile korozyondan koruyan karışık inhibitörler olarak kategorize edilir (Montemor, 2016: 109-110), (Argyropoulos vd., 2021: 346-349).

## II.8. JELLER

Sanat eserlerinin yüzeyindeki bozulmasını artıracıbocek bozulmuş kaplamaların, verniklerin, kirlerin çıkarılması için yapılan temizlik müdahalesi mümkün olduğunca seçici ve daha az zararsız olmalıdır. Jellerin en büyük katkısı sanat eserlerinin temizliği ile ilgilidir. Sanat eserlerinin temizlenmesi ve sağlamaştırılmasına kolayca adapte edilebilen çok yönlü sistemlerdir (Baglioni, 2009: 8373).



**Görsel 5:** Agar-agar ile yapılan lokal temizlik uygulaması (Serap Özdemir Kişisel Arşivinden)

Kültür varlıklarını koruma uygulamalarının önemli aşamalarından biri olan temizlik işlemi, malzeme yüzeyine doğrudan yapılan bir müdahaleyi gerektirdiğinden çoğu zaman teknik sorunları da beraberinde getirmektedir.

Sıvıların (su ve çözücüler) kullanımıyla ilgili en büyük pratik sorunlardan biri, agresif veya yüzeye özgü seçici olmayan temizlemeyle sonuçlanan uygulamalarda kontrol eksikliğidir. Temizlenecek yüzeyin özgün dokusuna saygı göstererek zarar vermemek temizlik uygulamalarının öncelikli hedefidir. Uygun olmayan bir yöntemle yapılan temizlik işleminin, özgün yüzeylerde geri dönüşü olmayan kayıplara yol açabildiği sıkça rastlanan bir durumdur. Jeller sıvıların tutulmasına ve bunların bir yüzey üzerinde kontrollü olarak salınmasına izin vererek çözücülerin hassas katmanlardan yayılmasını ve çözülmüş malzemelerin gözenekli yapı içinde yeniden çözünmesini sınırlar. Ayrıca, güvenli ve çevre dostu ürünlere olan ihtiyaç, uçucu, toksik organik çözücülerin kullanımında kontrolü gerektirir (Eskici, 2013: 60). Son on yılda, jel teknolojisi, farklı uygulama özellikleri sergileyen çeşitli malzeme sınıflarının geliştirilmesi yoluyla restorasyon uygulamalarına güçlü destek sağlamıştır. 1990'ların başında geliştirilen çözücü jeller, kimyasal temizlemenin etkinliğini artırmıştır (Baglioni, 2012: 17-18).

“Temizlik” terimi genel olarak etik, beklentiler, sonuç ve algı ile ilgili kaygılar sebebiyle birbirinden çok farklı iki müdahale türünü ifade eder:

- İlki obje yüzeyinde sonradan oluşmuş çeşitli niteliklerdeki kir ve birikimlerin özgün yüzeye zarar vermeden obje yüzeyinden temizlenmesini,
- Diğeri yüzeye sonradan uygulanmış, değişmiş, bozulmuş film oluşturucu vernik ve/veya üstüne boyama, rötüş gibi malzemelerin obje yüzeyinden çıkarılmasını (ayıklama) içerir (Casoli, Di Diego, Isca, 2014: 13253).

Konservatörler için en önemli zorluklardan biri, sadece zararlı katmanlar üzerinde etkili olan, temizlenecek yüzeye kimyasal veya mekanik olarak zarar vermeyen ve temizlik maddelerinin çıkarılmasından sonra yüzeyde kalıntı bırakmayan oldukça seçici malzemeler bulmaktır (Caretto, Dei ve Weiss, 2005: 18). Bu amaçla saf sıvıların kullanımı ile ilgili en önemli problemlerden biri, uygulamalar sırasındaki kontrol eksikliğinden kaynaklanmaktadır ve bu da agresif veya uygun olmayan temizlik ile sonuçlanmaktadır (Baglioni vd. 2012: 2). Özellikle sanat eserlerinin temizlemesi için organik çözücülerin kullanılması organik yapısal bileşiklerin şişmesine ve çözücünün iç katmanlara sızmasına ve boyanın zayıflamasına neden olmaktadır. Son 40 yılda bunun gibi zararları azaltmak için jeller kullanılmıştır (Baglioni vd. 2009: 8373). Birçok jel sistemi, boyalı yüzeylerden eskimiş verniği, taşların yüzeyinden kirleri, kâğıttan yapılmış kültür varlıklarının yüzeylerindeki lekeleri ve yapıştırıcıları çıkarmak için tasarlanmıştır (Caretto vd., 2010: 752).

Jel teknolojisi, farklı uygulama özellikleri sergileyen çeşitli malzeme sınıflarının geliştirilmesi yoluyla restorasyon uygulamasına güçlü bir destek sağlamıştır

(Baglioni vd. 2014: 9). Kültürel mirasın korunmasında, özellikle temizlikle ilgili uygulamalar için farklı türde organojeller ve hidrojjeller test edilerek çıkan sonuçlara göre birçok malzeme grubu için kullanımı önerilmiştir (Baglioni vd., 2012: 2).

## II. JELLERİN KONSERVASYONDA KULLANIMI

Günümüzde konservatörler mekanik temizleme alanında basit el aletlerinden (bistüri, silgi, sünger vb) lazerler gibi gelişmiş teknolojilere, kimyasal temizlikte ise hem sulu hem de organik çözücü sistemler, serbest veya jelleşmiş formlarda aktif enzimler, emülsiyonlar ve çeşitli hamurları (kağıt hamuru, emici kil vb) ve manyetik nanopartiküller içeren duyarlı tersinir fiziksel jeller gibi çok farklı seçenekleri kullanabilme imkanlarına sahiptir. Aynı zamanda her geçen yıl birçok yeni malzemeyi kullanım listelerine ve alet çantalarına ekleyerek seçenekleri çeşitlendirip zenginleştirmektedirler. (Angelova, 2015: 227). Yeşil kimya ürünlerinin konservasyonda kullanılması ile ilgili olarak jellerin çok yönlü kullanımı bu malzeme grubunu hem tek başına temizlik amacıyla kullanımda hem de kimyasal ve diğer temizlik malzemeleri ile birlikte temizlik etkisini artırarak kimyasalların zararlı etkilerini sınırlandırmak açısından diğerlerinden ayırmaktadır.

Sanatsal objelerden kir ve bozulmuş yüzey kaplamalarının uzaklaştırılması için jellerin kullanımı, 1980'lerin sonlarında Richard Wolbers'in jel oluşturmak için polimerlerin (örn. poliakrilik asit) kullanılmasını önermesiyle büyük bir ilerleme kaydetmiştir. Bu sistemler (çözücü jeller olarak adlandırılır), çözücüler, enzimler ve deterjanlar gibi bileşenlerin kontrolünü sağlayarak çözücülerin buharlaşmasını yavaşlatırlar ve temizlik için hedeflenen yüzeylerle iyi teması koruyarak bir işlem için gereken toplam çözücü veya su miktarını en aza indirirler (Baglioni vd., 2013: 5115).

Carbopol, Wolbers tarafından koruma mesleğine tanıtılan "yeni" jelleşme sistemlerinin ilk ve belki de en önemlisi oldu ve koruma alanına 1980'lerde solvent bazlı temizleme sistemlerinin jelleştirilmesi için bir araç olarak tanıtıldı. Bunu Pemulen ve Xanthan sakızı ve sulu sistemler için bir dizi diğer jel sistemi takip etti. Çok düşük polarite çözücüler için ise Velvessil Plus ve Shin-Etsu'dan KSG ürünleri<sup>6</sup> kullanıldı (Stavroudis, 2018: 209).

Wolbers'in temizlik sistemleri hakkındaki ilk sunumlarından biri 1986'da Washington, DC'deki Washington Koruma Birliği (Washington Conservation Guild) toplantısında idi. Bir diğeri, Amerikan Koruma Enstitüsü'nün (American Institute for Conservation)) 16. Yıllık Toplantısının "Aħşap Eserler Grubu" oturumunda gerçekleşti. Wolbers, sulu temizleme sistemlerinin teorik ve pratik yönlerini "Resimlerin Temizlenmesinde Yeni Yöntemler" başlığı altında

<sup>6</sup> KSG ürünleri denilen jeller, polieter ile modifiye edilmiş çapraz bağlı silikon polimerlerin (moleküler yapılarında alkil zincirleri bulunan) hidrokarbon bazlı bir yağ ile birleştirilmesiyle oluşturulur.

1987'den 1990'a kadar her yıl California, Marina del Rey'deki Getty Koruma Enstitüsü (Getty Conservation Institute) tarafından düzenlenen çalıştaylar serisiyle konservatörlere daha kapsamlı bir şekilde sunmuştur (Stulik, Miller, Khanjian, vd, 2004: 8).

Ayrıca yine Getty Konservasyon Enstitüsü, Ağustos 1988'de Los Angeles'ta Richard Wolbers tarafından sunulan bir eğitim kursu ile bu yeni temizlik yaklaşımının tanıtılması için ortam oluşturmuştur. Bunu, Victoria Ulusal Galerisi (National Gallery of Victoria) iş birliği ile 1989 ve 1999'da Melbourne ve Avustralya'daki diğer kurslar izlemiştir. Jel ile temizleme sistemleri günümüzde dünya çapında konservatörler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Atölyelerin popülaritesi, koruma tedavilerinde yüzey temizlemenin önemini göstermektedir<sup>7</sup>.

1997'den 2001'e kadar Richard Wolbers, alternatif temizleme yöntemlerini değerlendirmek için jellerle ilgili araştırma projelerinin geliştirilmesinde Getty Konservasyon Enstitüsü ile iş birliği yapmıştır. Bu proje (Gel Cleaning Research), Richard Wolbers'in deneyimleri ile bir temizleme sistemi seçerken jellerle ilgili bir "mantık ağacı" yaklaşımının tartışılması üzerine olmuştur (Dorge vd. 2004: 141-144). Ortaya çıkan su bazlı temizliğe uygulanan yeni sistem modifiye edilmiş ve Chris Stavroudis tarafından Modüler Temizleme Programı (Modular Cleaning Program) oluşturulmuştur (Stavroudis, Doherty ve Wolbers, 2005: 18).

Modüler Temizleme Programı (MCP) hem bir veri tabanı sistemi hem de sanat eserlerinin temizlenmesi için yeni bir yaklaşımdır. Bu sistem, konservatörlere solventler, solvent jelleri veya su bazlı sistemlerle temizleme yaklaşımlarında yardımcı olmak için geliştirilmiştir.

Jelle temizleme metodolojisinin daha geniş bir koruma topluluğu tarafından kabulü (veya sorgulanması), uygulanması ve geliştirilmesi aşamalı ve zamanla eklenerek artan bir bilgi birikimi şeklinde oluşmuştur. Atölye çalışmalarından herhangi birine katılan ya da bu yeni gelişmeyle ilgili olarak bilgilendirilen ve ilgilenen konservatörler ve bilim adamları tarafından gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin çeşitli makaleler 1980'lerin sonunda Kuzey Amerika ve Avrupa'daki mesleki yayınlarda yer almıştır. Chris Stavroudis ve Sharon Blank'ın (1989) ve Anna Southall'un (1988, 1989) makaleleri ABD ve Birleşik Krallık'ta öncü çalışmalar olmuş; sırasıyla konservatörlere yöntemi ve bu yöntemin temel avantajlarını açıklamaya çalışmışlardır (Stulik vd. 2004: 8).

2003 yılına gelindiğinde suya ve çözücülere karşı hassas malzemelerin temizliğiyle ilgili geliştirilen sert agar jellerinin kullanımı Richard Wolbers tarafından İtalya'da düzenlenen temizlik kurslarından birinde tanıtılmıştır.

<sup>7</sup> [https://www.getty.edu/conservation/our\\_projects/science/gels/index.html](https://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/gels/index.html) (Erişim tarihi 1/06/2020)



Bu tanıtım sonrası özellikle boyalı yüzeyler üzerinde gerçekleştirilen ön uygulamalar çok umut verici olmuş daha sonra, çalışma alanı ahşap nesnelere, alçı heykeller ve duvar resimleri gibi diğer malzemeler ile genişletilmiştir (Cremonesi, 2013: 180).

Kimyasal hidrojel, diğer formülasyonlara göre onları avantajlı kılan temel özelliklerinden ötürü son zamanlarda eserlerin temizlenmesinde uygulama alanı bulan bir başka malzeme sınıfıdır. Domingues vd. (2013), serbest poli (vinilpirolidon) -PVP- zincirlerinin poli (2-hidroksietil metakrilat) -p (HEMA) tarafından oluşturulan p (HEMA) / PVP jelleri, yüksek oranda su tutucudur ve bu, kontrollü temizlik sağlamak için çok önemli bir özelliktir. Bu jeller istenen özellikleri elde etmek için ayarlanabilir, yani alt tabakaya iyi yapışma, deterjan sisteminin ideal tutulması / bırakılması (su, o / w mikroemülsiyonlar, misel solüsyonları vb.), temizleme etkisinin jel ve sanatsal alt tabaka arasında temas alanına hapsedilmesi gibi avantajlar sağlamaktadır (Baglioni vd., 2014: 10).

Pizzorusso ve arkadaşları (2012) tuval resimlerinin temizliği için başka bir kimyasal hidrojel sınıfı, yani akrilamid / bisakrilamid jellerin kullanımını önermiştir. Elde edilen jellerin katılara benzer bir davranışı vardır. Herhangi bir kalıntı bırakmadan kolayca uygulanır yüzeyden çıkarılabilir. Sürfaktan bazlı nano yapı bir sıvı ile yüklenmiş akrilamid / bisakrilamid jeller, zararlı sentetik yapıştırıcıları kanvastan çıkarmak için başarıyla kullanılmıştır (Baglioni vd., 2014: 11).

Yüksek viskoziteli polimerik dispersiyonlar (HVPD'ler), vernik vb. kaplamaların sanatsal yüzeylerden zararsızca çıkarılması için uygunluğu önerilen başka bir malzeme sınıfıdır. HVPD'ler poli "vinil alkol" veya zincirleri boraks ile çapraz bağlı olan kısmen hidrolize poli "vinil asetat" ile oluşturulabilir. Ortaya çıkan 3D ağlar termodinamik olarak kararlıdır ve özellikle sanat eserlerinin temizlenmesi için uygun özellikler sergilerler. Bu "jeller" sanatsal alt tabakaya teması en üst düzeye çıkarmak için şekillerini uyarlayabilirler. Poli "vinil asetat" derecesine bağlı olarak, sistemler su veya aseton, alkoller (etanol, 1-propanol, 2-butanol, 1-pentanol), propilen karbonat, metil etil keton, N-metilpirolidon ve sikloheksanon gibi organik çözücülerle üretilebilir ve yüklenebilir. Bu nedenle, HVPD'ler farklı türdeki malzemelerin kaldırılması için kullanımları önerilmektedir (Baglioni vd., 2014: 12).

Jellerin kültürel mirası koruma alanında kullanımı ile ilgili birçok bilimsel araştırma yapılmış, günümüzde de yapılmaya devam etmektedir. Bu açıdan bakıldığında koruma ve estetik gibi iki temel amacı olan koruma biliminin altında yatan felsefenin güzel bir örneği olan Ferroni-Dini<sup>8</sup> yönteminde olduğu gibi jellerin de yapılan bilimsel araştırmalar doğrultusunda farklı amaçlar için kullanılabileceği anlaşılmıştır. Başlangıçta, jellerin kullanımı koruma yerine

<sup>8</sup> Ferroni-Dini yöntemi, duvar resimlerinin bozulmasına neden olan kimyasal reaksiyonları tersine çevirir, harcin yapısını stabilize eder ve boyalı tabakanın bağlayıcısını, yani kalsiyum karbonatı yeniler (Dumtriu vd. 2010: 46).

istenmeyen vernik, leke ve kir tabakalarını çıkarmak için gerekli temizlik prosedürlerini içeren estetik kaygıyla sınırlı olsa da bugün, jeller koruma alanı için hızla gelişen bir sektördür ve kullanımları hem temizliği hem de malzemelerin korunmasını içerir. Her ne kadar taşların korunması için sol-jel sistemlerinin kullanımı 18. yüzyıla kadar gitse de George Wheeler alanı yeniden canlandırmış ve alkoksisilanların kullanımını taş korumada bir “standart” haline getirmiştir (Baglioni vd. 2009: 8373). Aynı zamanda jel sistemleri, yüzey temizliği ve yüzeyde film oluşturan malzemelerin çıkarılması için özel bir temizleme aracı olarak kullanıldığı gibi yüzey temizliği ile ilgili karar verme aşamasında yüzey pH’ı ve iyonik mukavemeti ölçme yöntemi olarak da işlev görebilir (Pino, 2017: 356).

### III. SONUÇ

Sürdürülebilirlik kavramı nispeten yeni bir kavramdır. Bu kavram ekonomi, çevre ve toplum ile ilgili olarak ortaya çıkmış olsa da sürdürülebilir stratejilerin kültürel bağlamda da uygulanabilirliğinin gerekliliği konusunda farkındalık oluşmuştur. Sürdürülebilirlik kavramının giderek artan etkisiyle ortaya çıkan yeşil kimya çözümleri, kültürel mirasın sürdürülebilir şekilde korunmasına önemli ölçüde katkıda bulunabilir.

Son yıllarda ürün toksikolojisine ilişkin genel farkındalığın artması ve kimyasal üretim, kullanım ve arıtmaya ilişkin yeni mevzuat ve düzenlemelerin getirilmesi nedeniyle açıkça tehlikeli olan geleneksel ürünlere ve metodolojilere alternatifler için artan bir talep olmuştur.

Gelişmekte olan yeşil kimya alanı (alternatif olarak sürdürülebilir kimya veya yeşil ürün tasarımı olarak tanımlanır), kimyasal risklerin yönetilmesine yönelik bütüncül bir yaklaşım geliştirme girişimini temsil eder. Kimyasal kirlilik ve atık yönetimi sorunlarını ortaya çıktıktan sonra ele almak yerine, ürünleri bu tür sorunları en baştan ortadan kaldıracak (veya en azından en aza indirecek) şekilde tasarlamayı amaçlar. Yeşil kimya konseptinin temeli, sürdürülebilirlik, çevresel etkileri en aza indirme ve doğal kaynakların gelecek nesiller için kullanılabilir olmasını sağlama fikridir.

Yeşil çözümlerin geliştirilmesine paralel olarak yeşil bir koruma yaklaşımı hedefiyle, artık kültürel miras alanının ekolojik, ekonomik ve sosyal yönden taleplerinin karşılanması, koruma uzmanlarının bunları hazırlaması, kullanımı konularında bilgilendirmek ve eğitmek büyük önem arz etmektedir. Bir restorasyon veya koruma müdahalesi planlanırken, eserlerin güvenliğinin yanı sıra, asıl amaç bir restorasyon projesini karakterize eden tüm aşamaları dikkate almak olmalıdır. Sosyal, kültürel, ekonomik ve çevresel ihtiyaçları karşılayan tamamen yeşil ve bütüncül bir yöne odaklanılmalıdır. Bu anlamda konuyla ilgili

şirketler ve araştırmacılar arasında yakın bir iş birliği olması esastır. Kültürel mirasa yönelik müdahaleler için birçok alternatif yeşil ürünler ve metodolojiler mevcuttur, ancak bu araştırmalar ve bunların yayınları koruma camiasına ulaşma amacıyla olmayan başka alanlardaki dergilerde yayınlanmaktadır. Son yıllardaki ana zorluklardan biri hem çevreye hem de operatöre saygılı, koruma ve restorasyon için yenilikçi ürünler geliştirmek olmuştur. Bu alandaki bazı ürünler ekonomik veya endüstriyel olarak rekabetçi olmadıkları için üretim aşamasına bile gelmeleri zordur. Ayrıca, mevcut yeşil alternatiflerin birçoğunu piyasada bulmak hala zordur ve bunların kullanımı ve hazırlanması, uzman profesyoneller ve özel değerlendirme protokolleri gerektirir. Buna rağmen, bu ürünlerden bazıları hem insan sağlığı hem de çevre için risk değerlendirmelerinin yanı sıra, etkinliklerine ilişkin daha fazla test yapılmasını gerektirmektedir. Bu ihtiyaç, araştırmaların ilerlemesi ve çevresel ve kültürel sürdürülebilirlik bilinciyle daha da güçlenmiştir. Sonuç olarak, kültürel mirasın korunmasına yönelik araştırmalarda artık yeşil kimya konusu büyük önem kazanmıştır. Bu yeşil kimya ürünlerinin koruma alanında da araştırılması ve konuyla ilgili yayın çıkarılarak bu ürünlerin ve metodolojilerin zararlı olanlar yerine alana kazandırılması son derece önemlidir.

## KAYNAKÇA

Angelova, L. V., Berrie, B. H., de Ghetaldi, K., Kerr, A., & Weiss, R. G. (2015). Partially hydrolyzed poly (vinyl acetate)-borax-based gel-like materials for conservation of art: Characterization and applications. *Studies in Conservation*, 60(4), 227-244.

Argyropoulos, V., Boyatzis, S. C., Giannoulaki, M., Guilminot, E., & Zacharopoulou, A. (2021). Organic green corrosion inhibitors derived from natural and/or biological sources for conservation of metals cultural heritage. *Microorganisms in the Deterioration and Preservation of Cultural Heritage*, 341.

Assumpção A, Pourret L, (2021). Greener Solvents in Conservation. An Introductory Guide, History of 'Green' Solvents in Conservation, 21-31.

Baglioni, P., Dei, L., Carretti, E., & Giorgi, R. (2009). Gels for the conservation of cultural heritage. *Langmuir*, 25(15), 8373-8374.

Baglioni, P., Berti, D., Bonini, M., Carretti, E., Perez, M. D. C. C., Chelazzi, D., ... & Arroyo, M. C. (2012). Gels for the conservation of cultural heritage. *MRS Online Proceedings Library (OPL)*, 1418, 1411-1418.

Baglioni, P., Berti, D., Bonini, M., Carretti, E., Dei, L., Fratini, E., & Giorgi, R. (2014). Micelle, microemulsions, and gels for the conservation of cultural heritage. *Advances in colloid and interface science*, 205, 361-371.

Balliana, E., Ricci, G., Pesce, C., & Zendri, E. (2016). Assessing the value of green conservation for cultural heritage: positive and critical aspects of already available methodologies. *International Journal of Conservation Sciences*, 7, 185-202.

Balloi, A., & Palla, F. (2017). Biocleaning. *Biotechnology and Conservation of Cultural Heritage*, 67-84.

Bosch-Roig, P., & Ranalli, G. (2014). The safety of biocleaning technologies for cultural heritage. *Frontiers in microbiology*, 5, 155.

Byrne, F. P., Jin, S., Paggiola, G., Petchey, T. H., Clark, J. H., Farmer, T. J., ... & Sherwood, J. (2016). Tools and techniques for solvent selection: green solvent selection guides. *Sustainable Chemical Processes*, 4, 1-24.

Carretti, E., Dei, L., & Weiss, R. G. (2005). Soft matter and art conservation. Rheoreversible gels and beyond. *Soft Matter*, 1(1), 17-22.

Carretti, E., Bonini, M., Dei, L., Berrie, B. H., Angelova, L. V., Baglioni, P., & Weiss, R. G. (2010). New frontiers in materials science for art conservation: responsive gels and beyond. *Accounts of chemical research*, 43(6), 751-760.

Casoli, A., Di Diego, Z., & Isca, C. (2014). Cleaning painted surfaces: evaluation of leaching phenomenon induced by solvents applied for the removal of gel residues. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(23), 13252-13263.

Cremonesi, P. (2013). Rigid gels and enzyme cleaning. In *New Insights into the Cleaning of Paintings: Proceedings from the Cleaning 2010 International Conference*, Universidad Politecnica de Valencia and Museum Conservation Institute. Smithsonian Institution.

De Marco, B. A., Rechelo, B. S., Tócoli, E. G., Kogawa, A. C., & Salgado, H. R. N. (2019). Evolution of green chemistry and its multidimensional impacts: A review. *Saudi pharmaceutical journal*, 27(1), 1-8.

Di Turo, F., & Medeghini, L. (2021). How green possibilities can help in a future sustainable conservation of cultural heritage in Europe. *Sustainability*, 13(7), 3609.

Doble, M., Rollins, K., & Kumar, A. (2010). *Green chemistry and engineering*. Academic Press.

Dorge, V., Stulik, D., Miller, D., Khanjian, H., Khandekar, N., Wolbers, R., ... & Petersen, W. C. (2004). Solvent gels for the cleaning of works of art.

Dumitriu, I., Fierascu, R., Bunghez, R., Ion, R., & Corobea, C. (2010) *Nano-Approach of Painting Conservation*.

Eskici, B. (2013). "Arkeolojik Ve Sanat Eserlerinin Korunmasında Temizliğin Önemi Ve Laser Teknolojisi Üzerine", *Orhan Bingöl'e 67. Yaş Armağanı / A Festschrift for Orhan Bingöl on the Occasion of His 67th Birthday*, Ed. G. Kökdemir, 59-66

Giordano, A., Barresi, G., Rotolo, V., Schiavone, S., & Palla, F. (2019). The conservation of contemporary paintings: From dry cleaning to microemulsions. In *Nanotechnologies and Nanomaterials for Diagnostic, Conservation and Restoration of Cultural Heritage* (pp. 277-298). Elsevier.

Gueidão, M., Vieira, E., Bordalo, R., & Moreira, P. (2020). Available green conservation methodologies for the cleaning of cultural heritage: an overview. *Estudos de Conservação e Restauro*, (12), 22-44.

Karagölge, Z., & Bahri, G. Ü. R. (2016). Sustainable chemistry: green chemistry. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 6(2), 89-96.

Montemor, M. F. (2016). Fostering green inhibitors for corrosion prevention. *Active Protective Coatings: New-Generation Coatings for Metals*, 107-137.

Onur, YENİ (2015). Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma: Bir Yazın Taraması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(3), 181-208.

Pino, C. (2017). The use of gel systems for cleaning water- and solvent-sensitive paintings. *GELS in the Conservation of Art*, 356-359.

Rani, B. E., & Basu, B. B. J. (2012). Green inhibitors for corrosion protection of metals and alloys: an overview. *International Journal of Corrosion*, 2012.

Rieland, J. M., & Love, B. J. (2020). Ionic liquids: A milestone on the pathway to greener recycling of cellulose from biomass. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 104678.

Siano, S. (2007). Principles of laser cleaning in conservation. *Handbook on the use of lasers in conservation and conservation science*, 26.

Siano, S., Agresti, J., Cacciari, I., Ciofini, D., Mascalchi, M., Osticioli, I., & Mencaglia, A. A. (2012). Laser cleaning in conservation of stone, metal, and painted artifacts: state of the art and new insights on the use of the Nd: YAG lasers. *Applied Physics A*, 106, 419-446

Stavroudis, C. (2017). *Gel in Conservation* "Evolution in practice.

Stavroudis, C., Doherty, T., & Wolbers, R. (2005). A new approach to cleaning I: using mixtures of concentrated stock solutions and a database to arrive at an optimal aqueous cleaning system. *WAAC newsletter*, 27(2), 17-28.

Stulik, D., Miller, D., Khanjian, H., Carlson, J., Khandekar, N., & Wolbers, R. (2004). *Solvent gels for the cleaning of works of art: the residue question*. Getty Publications.

Şen, H., Kaya, A., & Alpaslan, B. (2018). Sürdürülebilirlik üzerine tarihsel ve güncel bir perspektif. *Ekonomik Yaklaşım*, 29(107), 1-47.

Yılmaz, E., & Soylak, M. (2020). Type of green solvents used in separation and preconcentration methods. In *New generation green solvents for separation and preconcentration of organic and inorganic species*, 207-266.