

T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SERAMİK VE CAM TASARIMI ANASANAT DALI
SERAMİK TASARIMI PROGRAMI

ÜRETİMİNE VE KİMYASINA UYGUN OLARAK
ANTİK CAM RESTORASYONU
İRDELEMESİ VE ÖNERİLER
(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
20076068 Ceren BAYKAN

Danışman
Yrd.Doç.Dr. İlhan HASDEMİR

İSTANBUL - 2010

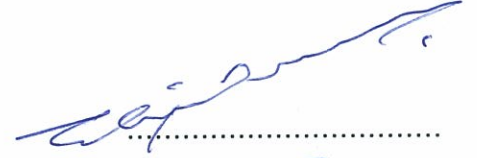
Ceren BAYKAN tarafından hazırlanan **Üretimine ve Kimyasına Uygun Olarak Antik Cam Restorasyonu İrdelemesi ve Öneriler** adlı bu çalışma aşağıda adları yazılı jüri üyelerince Oybirliğiyle / Oyçokluğuyla Yüksek Lisans Tezi olarak Kabul Edilmiştir.

Kabul (Sınav) Tarihi : 15 / 06 / 2010

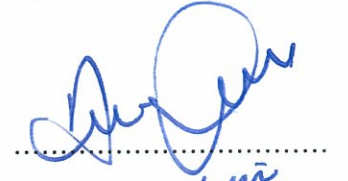
(Jüri Üyesinin Ünvanı , Adı , Soyadı ve Kurumu) :

İmzası :

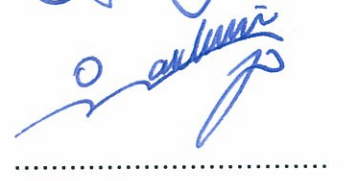
Jüri Üyesi : Prof.Elif TÖL TULUNAY (İ.Ü.Öğr.Üy.)



Jüri Üyesi : Yrd.Doç. İrfan AYDIN



Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.İlhan HASDEMİR (Danışman)



İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖNSÖZ.....	II
ÖZET.....	III
SUMMARY.....	IV
RESİMLERİN LİSTESİ.....	V
TABLoların LİSTESİ.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. TARİHSEL SÜREÇ İÇİNDE CAMIN KİMYASI VE ÜRETİMİ.....	3
2.1. M.Ö. 2. Bin Camları.....	7
2.2. M.Ö. 1. Bin Camları.....	13
2.3. M.S. 1. Bin Camları	19
3. ANTİK ÇAĞ CAMLARININ KİMYASAL VE FİZİKSEL BOZULMA NEDENLERİ.....	33
3.1. Yüzey Bozulmaları ve Nedenleri	35
3.2. Çatlama ve Kırılmaların Nedenleri	47
4. ANTİK ÇAĞ CAMLARININ KİMYASINA VE ÜRETİMİNE UYGUN ÖNERİLERLE RESTORASYON VE KONSERVASYONU	51
4.1. Antik Çağ Camlarının İrdelenmesi	51
4.1.1. Kimyasal Açından	51
4.1.2. Üretimleri Açısından	53
4.2. İlk Müdahaleler ve Belgeleme	54
4.3. Temizleme Uygulamaları	59
4.4. Birleştirme Uygulamaları	68
4.5. Tümleme Uygulamaları.....	86
4.6. Depolama ve Sergileme	99
5. SONUÇ.....	106
KAYNAKLAR	111
ÇEVİRİMİÇİ KAYNAKLAR.....	122
ÖZGEŞMİŞ.....	123

ÖNSÖZ

Birer belge niteliğindeki Antik Çağ camlarının sağlıklı bir şekilde geleceğe aktarılmaları, restorasyon ve konservasyon uygulamalarının bilimsel kıstaslarla dikkatli ve bilinçli yapılmasıyla doğrudan ilişkilidir. Antik Çağ camlarının kimyasına ve üretimine uygun restorasyon ve konservasyon yöntemleri, bozulma neden ve sürecinin doğru tanımlanmasıyla belirlenmelidir.

Antik Çağ camlarının kimyasına ve üretimine uygun restorasyon ve konservasyon uygulamalarının irdelenerek yeni öneriler sunulan bu çalışmamın planlanması ve düzenlilik içerisinde kaleme alınmasında yol gösteren danışmanım Yrd.Doç.Dr. İlhan Hasdemir'e; öneri ve düzeltmeleriyle bana yardımcı olan Arş.Gör. Ergün Karaca'ya, çevirilerimde emeği geçen kardeşim İpek Küçükbar da ile Gürhan Kirilen'e ve çalışma arkadaşlarıma göstermiş oldukları anlayış ve destekten ötürü teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi tezimde de beni sabırla destekleyen eşim Arş.Gör.Dr. Daniş Baykan ve her zaman yanımda olan aileme minnettarım.

Mayıs 2010

Ceren BAYKAN

ÖZET

Anadolu'nun köklü tarihsel geçmişi ve Antik Çağ camlarının farklı kimyasal yapı, üretim tekniği ve formlarda olması nedeniyle, arkeolojik kazılardan ele geçen cam çeşitleri bakımından ülkemiz son derece zengindir. Narin yapısı nedeniyle son derece dikkatli korunması gereken taşınabilir kültür varlıklarımızdan olan Antik Çağ camları, toprak altında kaldıkları süre boyunca ve sonrasında farklı nedenlerden kaynaklanan bozulmalara maruz kalır. Kimyasal yapıları, üretim teknikleri, bulundukları ortamın koşulları veya maruz kaldıkları yanlış uygulamalar nedeniyle bozulmaya uğrayan Antik Çağ cam buluntularının doğru bir şekilde restorasyon ve konservasyonunun yapılabilmesi için üretim teknikleri, kimyası ve bozulma nedenleri bu çalışmada irdelenmiştir. Özellikle son yıllarda yapılan araştırmaların değerlendirilmesi sonucunda Antik Çağ camlarının üretim ve kimyasına uygun restorasyon ve konservasyon uygulamalarını içeren bu çalışmanın, ülkemizde yapılan kazılardan ele geçen cam eserlerin daha iyi korunabilmesine katkı sağlaması amaçlanmıştır. Sonuç olarak; Antik Çağ camlarının kimyası ile bozulma nedenlerinin doğru tanımlanabilmesiyle geçmişte ve günümüzde yapılan çoğu restorasyon ve konservasyon uygulamasının yanlış olduğu ortaya çıkmış ve bunlara alternatif yeni teklifler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Antik Cam Kimyası, Antik Çağ Camı, Cam Bozulması, Cam Restorasyonu, Cam Konservasyonu.

SUMMARY

Owing to the historical background of Anatolia and the various chemical textures of Ancient Glasses, the production techniques and forms; types show abundance in our country in the aspect of archaeological findings of excavations. The Ancient Glasses which belong to our mobile cultural heritage though have to be well protected for their fragile texture still exposed to attrition for various reasons both they are underground and after. Accurate restoration and proper conservation of the Ancient Glasses which deteriorated due to their chemical structure, production techniques, environmental conditions or the malpractices applied, are carefully examined in this study. The research evaluation in recent years for appropriate production and chemistry of ancient glass restoration practices are included in this work especially, which hopefully intends to contribute better protection for uncovered glass works found in excavations in our country. As a result, by defining the chemistry of Ancient Glasses and the reasons of corruption correctly, it's shown that the restoration and conservation practices made in the past and today is improper and the new proposals are presented alternatively in this study.

Key Words: Chemistry of Ancient Glass, Ancient Glass, Glass Weathering, Restoration of Glass, Conservation of Glass.

RESİMLERİN LİSTESİ

- Resim 2.1.** Cam üretiminde kullanılan aletler (Davison, 2006, 104).
- Resim 2.2.** Mezopotamya ve Mısır kozmetik kapları (Uzuner 35, 70; Davison, 2006, 95).
- Resim 2.3.** İç kalıp kaplar (Lightfoot-Arslan, 28; Atik, 2004, 78, 84).
- Resim 2.4.** M.Ö. 2. bin ticaret malzemeleri ve ticaret yolları (Yalçın, 25).
- Resim 2.5.** Uluburun batığı cam külçeleri ve Mısır cam potası (Rehren, 536-537).
- Resim 2.6.** Kalıba basma (M.Ö. 2. yy) ve kayıp balmumu (M.Ö. 4. yy) tekniğinde iki kâse (Atik, 79).
- Resim 2.7.** Asur buluntusu M.Ö. 9-8. yüzyıla ait mozaik kap (Atik, 1998, Levha 93).
- Resim 2.8.** Reticelli ve altın şerit teknikleriyle üretilmiş örnekler (Atik, 2004, 81).
- Resim 2.9.** Mozaik tekniğinde bir kemer tokası ve bir kase (M.S. 1-2. yy) (Swift, 42; <http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8178>, Ocak 2010).
- Resim 2.10.** Serbest üfleme kaplar (Lightfoot-Arslan, 127, 148, 185).
- Resim 2.11.** Kalıba üfleme kaplar (Lightfoot - Arslan, 60, 110).
- Resim 2.12.** Roma Dönemi'ne ait cam ergitme fırını betimli pişmiş toprak kandil (Lazar, 230).
- Resim 2.13.** Pompei pencere camları (<http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8182> ve 8184, Ocak 2010).
- Resim 2.14.** Ürdün (Jerash) M.S. 6-7. yüzyıl göbekli cam ve kayıt (Baykan - Orbeyi vd., 882).
- Resim 2.15.** Kameo kap örnekleri (Painter - Whitehouse, 138, 140, 159).
- Resim 2.16.** Dietretum ve kesme bezemeli örnekler (Whitehouse, 1997, 48, 284).
- Resim 3.1.** İyi korunmuş cam bilezikler (Koob, 2006, 13).
- Resim 3.2.** **a)** Cam yüzeyinde sedefli (yanardöner) görünüm (Lampropoulos, Leakou vd., 36); **b)** Cam yüzeyinde matlaşma (Lampropoulos, Leakou vd., 36).
- Resim 3.3.** **a)** Cam yüzeyinde açıkli koyulu lekeler (Lampropoulos, Leakou vd., 36, 38); **b)** İç baskıya neden olan karbonatlar (Optik mikroskop görüntüsü) (Dal Bianco - Bertoncetto vd., 94).
- Resim 3.4.** **a)** Mikroskobik kalınlıktaki birkaç katlı yapraklanma (metalografik mikroskop görüntüsü) (Lampropoulos, Leakou vd., 44); **b)** Cam yüzeyinde kabuk şeklinde yapraklanma (Koob, 2006, 17).
- Resim 3.5.** Yüzey yapraklanmalarının elektron mikroskobu görüntüleri (Silvestri - Molin vd., 1346).
- Resim 3.6.** Yüzey yapraklanmasının yer yer dökülmesi **(a)** Koob, 2006, 14; **(b)** Başaran, Res.30).
- Resim 3.7.** Yüzey kaybı sonucunda görülen matlaşma (Lampropoulos, Leakou vd., 37).

- Resim 3.8.** **a)** Sedefli (yanardöner) görünümlü bozulmaya uğramış yüzeyin pul pul dökülmesi (elektron mikroskobu görüntüsü) (Abd-Alla, 47); **b)** Bozulmaya uğramış yüzeydeki mikro çatlakların yüksek CaO oranına bağlı azlığı (elektron mikroskobu görüntüsü) (Abd-Alla, 47).
- Resim 3.9.** **a)** Cam yüzeyinde çukur oluşumu (Lampropoulos, Leakou vd., 36-37); **b)** Çukur oluşumunun elektron mikroskobunda alınan kesit görüntüsü (Silvestri – Molin vd., 1344).
- Resim 3.10.** Cam yüzeyde yarık oluşumu şeklindeki bozulma (Lampropoulos, Leakou vd., 43).
- Resim 3.11.** Yarık oluşumu (elektron mikroskobu görüntüsü) (Lampropoulos, Leakou vd., 39, 41, 44).
- Resim 3.12.** Çözünebilir tuzların cam yüzeyinde oluşturduğu tabakalanma (Lightfoot - Arslan, 35, 94).
- Resim 3.13.** **a)** Cam yüzeyde sabit kalan etiket izi (Davison, 2006, 173); **b)** Dayanımsız bir yapıştırıcının (Arap zımkı) sarararak oluşturduğu lekeler (Koob 2006, 112).
- Resim 3.14.** **a)** Onarımda kullanılan metal kenetlerin korozyon sonucu lekeler oluşturması (Davison, 2006, 173); **b)** Kimyasal madde içeren gazete kâğıdıyla yapılan paketlemenin yüzeyi matlaştırması (<http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009).
- Resim 3.15.** **a)** Cam eserde görülen habbeler (Özet, 102); **b)** Parçalı ele geçen Antik Çağ camları (Lierke, 53) .
- Resim 3.16.** Elektron mikroskobunda görülebilen kılcal çatlaklar (**a)** Dal Bianco - Bertoncello vd., 97; **b)** Abd-Alla, 47).
- Resim 3.17.** Ağaç köklerinin fiziksel tahribatı (Baykan, 182).
- Resim 3.18.** Yanlış tümleme malzemesi nedeniyle oluşan çatlak (Koob, 2006, 49).
- Resim 3.19.** Dayanımsız karton kutu içinde hareketli destek malzemesi ile paketleme (<http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009).
- Resim 4.1.** Toprakaltı buluntusu cam kâse (Stjernquist, 105).
- Resim 4.2.** Toprağı ile birlikte kaldırılıp, laboratuvara taşınmış cam kâse (Stjernquist, 107-108).
- Resim 4.3.** Cam parçalarının ani kurummasına neden olan yanlış paketleme örnekleri (Koob, 2006,16).
- Resim 4.4.** Parça camların paketlenmesine uygun polietilen poşet ve kapaklı kaplar (<http://www.conservationresources.com/Main/S%20CATALOG/default.htm>, Ocak 2010).
- Resim 4.5.** Farklı tipte pH ölçücüler (<http://www.conservationresources.com/Main/S%20CATALOG/default.htm>, Ocak 2010).

- Resim 4.6.** Restorasyon laboratuvarı için gerekli teknik donanım (Koob, 2006, 28, 41).
- Resim 4.7.** Sünger, pamuk veya kum desteklerin kullanımı (Koob, 2006, 21, 33).
- Resim 4.8.** Temizlemede kullanılan çubuklar, organik kıl uçlu ve su hazneli fırçalar (<http://www.conservationresources.com/Main/S%20CATALOG/default.htm>, Ocak 2010).
- Resim 4.9.** Mekanik temizlik için kullanılan bisturi sap ve uçları (<http://www.conservationresources.com/Main/S%20CATALOG/default.htm>, Ocak 2010).
- Resim 4.10.** Kullanılan yanlış yapıştırıcının temizlenerek yenilenmesi (<http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009).
- Resim 4.11.** Birden fazla yanlış yapıştırıcının kullanımı (Koob, 2006, 111).
- Resim 4.12.** Antik Çağ'da onarım görmüş cam amfora (Platz - Horster, 36).
- Resim 4.13.** Yapıştırıcı uygulamasına yardımcı küçük aletler (Koob, 2006, 62).
- Resim 4.14.** Arap zamkıyla yapıştırma (Koob, 2006, 112).
- Resim 4.15.** Polivinil asetat ile yapıştırma (**a**) Majewski, 102; **b**) Koob, 2006, 112).
- Resim 4.16.** Selüloz nitratla yapıştırma (Koob, 2006, 112).
- Resim 4.17.** Epoksi reçinenin zamanla sararması (Koob, 2006, 49).
- Resim 4.18.** Paraloid B-72 çözeltisinin hazırlanma aşamaları (Koob, 2006, 50-53).
- Resim 4.19.** Birleştirme öncesinde cam parçalarının dizilmesi (**a**) Koob, 2006, 58; **b**) http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/laborato/chapotat_r03.htm, Ocak 2010).
- Resim 4.20.** Bandın ince şeritler halinde hazırlanması ve kullanımı (Koob, 2006, 58, 69).
- Resim 4.21.** Gereğinden büyük bantlarla hatalı birleştirmeler (**a**) Pannell, Res.58; **b**) Herold, 231).
- Resim 4.22** Cam parçalarının şerit bant ve omega profilli tellerle birleştirilmesi (http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/laborato/chapotat_r03.htm, Ocak 2010).
- Resim 4.23.** Omega profilli tellerle cam parçalarına birleştirme uygulaması (Koob, 2006, 60).
- Resim 4.24.** Parçaların birleştirilmesinde yapılan hatalar sonucu boşluk kalması (**a**) <http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009; **b**) Koob, 2006, 58).
- Resim 4.25.** Epoksi reçinelerin hazırlandığı yassı camlar ve karıştırma çubukları (Koob, 2006, 67-68).
- Resim 4.26.** Parçaların birleşim yerlerine yapıştırıcı uygulaması (Baykan, 184).
- Resim 4.27.** Birleştirme öncesi ve sonrası (<http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009).

- Resim 4.28.** Kalıp malzemesi olarak kullanılan plasterin ve dişçi mumu (Koob, 2006, 79-80).
- Resim 4.29.** Epoksi reçine ile tümleme (Koob, 2006, 81, 103).
- Resim 4.30.** **a)** Çift taraflı kalıp yöntemi (Koob, 2006, 92); **b)** Kanallı kapalı kalıp yöntemi (Koob, 2006, 94).
- Resim 4.31.** Kanallı kalıp yöntemi ile tümleme (http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/laborato/chapotat_r03.htm, Ocak 2010).
- Resim 4.32.** Balon kalıp yöntemi (**a)** Başaran, Res. 37; **b-c)** Pannell, Res. 65-66).
- Resim 4.33.** Doğrudan döküm tekniğiyle yapılmış epoksi reçine tümleme (Koob, 2006, 49).
- Resim 4.34.** Epoksi reçineye renk oksit karıştırılması ve bekletilmesi (Koob, 2006, 87).
- Resim 4.35.** Döküm malzemesinin renklendirme denemeleri (Koob, 2006, 88,104).
- Resim 4.36.** Açık silikon kalıba parça döküm tekniğiyle tümleme (Koob, 2006, 96, 99, 100, 101).
- Resim 4.37.** İ / balon kalıp yöntemiyle parça döküm tekniği (Koob, 2006, 85, 96).
- Resim 4.38.** Kapalı silikon kalıba parça döküm tekniğiyle tümleme (Koob, 2006, 97-99, 101, 104).
- Resim 4.39.** Kanallı alçı kalıba parça döküm tekniğiyle tümleme (<http://www.ucl.ac.uk/archaeology/conservation/jcms>, Nisan 2009).
- Resim 4.40.** Pleksiglas iskelet üzerine tümleme (Page - Pilosi vd, 130).
- Resim 4.41.** Dijital ortamda tümleme (Borzi, 93-94).
- Resim 4.42.** **a)** Cam eserde etiket kalıntısı (<http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8184>, Ocak 2010); **b)** Cam eserin yazıyla numaralandırılması (<http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009).
- Resim 4.43.** Nem ölçümlerinde kullanılan araçlar (**a)** Guichen, 17; **b)** Koob, 2006, 134).
- Resim 4.44.** Vitrin altı bölme ve nem değişimi probleminin zm (Koob. 2006, 130, 133).
- Resim 4.45.** Büyük, geniş raflar ve numaralandırma sistemi (Koob, 2006, 142).
- Resim 4.46.** Depolamada kullanılan ekmeceli elik dolaplar (Koob, 2006, 143).
- Resim 4.47.** Depolama ve taşıma için uygun paketleme (Koob, 2006, 146).
- Resim 4.48.** Uygun paketleme (**a)** <http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009; **b)** Davison, 312).

TABLOLARIN LİSTESİ

- Tablo 2.1.** Mezopotamya camlarının analiz sonucu (Caley, 84-85).
- Tablo 2.2.** Malkata ve Tell-el Amarna camlarının analiz sonucu (Shortland - Eremin, 584-588)
- Tablo 2.3.** Berlin Müzesi'ndeki Tell-el Amarna camlarının analiz sonucu (Forbes, 211-212).
- Tablo 2.4.** Tell-el Amarna buluntusu Mısır kobalt camlarının analiz sonucu (Shortland - Tite, 144).
- Tablo 2.5.** Renkli Mısır camlarının analiz sonucu (Forbes, 213).
- Tablo 2.6.** Dönemlere göre Mısır üretimi camların analiz sonucu (Caley, 70-72).
- Tablo 2.7.** M.Ö. 6 - 4. yy küçük kozmetik şişesi örneklerinin analiz sonucu (Atik, 119-124).
- Tablo 2.8.** Hellenistik Dönem'e ait kozmetik kaplarının analiz sonucu (Atik, 118-119).
- Tablo 2.9.** Nippur Hellenistik Dönem camlarının analiz sonucu (Forbes, 220).
- Tablo 2.10.** Pokrovka Kurganı cam boncuklarının analiz sonucu (Hall - Yablonsky, 1997, 371).
- Tablo 2.11.** Pantakrator kilisesinin pencere camlarının analiz sonucu (Brill, 2005, 226-229).
- Tablo 2.12.** Erken Roma Dönemi cam kabın analiz sonucu (Velde, 4).
- Tablo 2.13.** Pompei, Lipari ve Tusa cam örneklerinin analiz sonucu (Arletti - Dalconi vd., 240).
- Tablo 2.14.** Bocholtz mezarlığı cam buluntularının analiz sonucu (Huisman - Pols vd., 406).
- Tablo 2.15.** İngiltere'den Roma Dönemi cam boncuklarının analiz sonucu (Boon - Dekówna, 204).
- Tablo 2.16.** Ren civarından bulunan camların (M.S. 1-4.yy) analiz sonucu (Forbes, 221-223).
- Tablo 2.17.** İsrail'den Roma Dönemi cam örneklerinin analiz sonucu (Aerts - Janssens vd., 888).
- Tablo 2.18.** Sagalassos örneklerinin analiz sonucu (Degryse - Schneider, 292).
- Tablo 2.19.** M.S. 4-5. yy Sasani Dönemi camların analiz sonucu (Mitri - Pace vd., 6).
- Tablo 2.20.** Samarra (M.S. 8-9. yy) camlarının analiz sonucu (Forbes, 230).
- Tablo 2.21.** Sagalassos camlarının analiz sonucu (Degryse - Schneider vd., 498).
- Tablo 2.22.** Pantakrator kilisesinin cam kap parçalarının analiz sonucu (Brill, 2005, 228).
- Tablo 2.23.** İstanbul Aya Sofya camlarının analiz sonucu (Forbes, 229).

- Tablo 2.24.** 13. yüzyıl tabak parçasının analiz sonucu (Whitehouse - Pilosi vd., 91).
- Tablo 2.25.** Hindistan Taxila'daki M.S. 6. yy camlarının analiz sonucu (Caley, 87).
- Tablo 2.26.** Eski Singapur Krallığı'na ait boncukların analiz sonucu (Welter - Schüssler vd., 115-116).
- Tablo 3.1.** M.S. 1. bin Mısır cam örneklerinin yüzey ve bozulma tabakası analizleri (Abd-Alla, 45).
- Tablo 3.2.** M.S. 1. bin cam kaplarının yüzey ve bozulma tabakası analizleri (Huisman - Pols vd., 407).
- Tablo 3.3.** Rodos cam örneklerinin analiz sonuçları (Lampropoulos, Leakou vd., 43).
- Tablo 3.4.** 1 (Örnek 1; yüzey), 2 (Örnek 1; yarık içi), 3 (Örnek 2; yüzey), 4 (Örnek 2; yarık içi), 5 (Örnek 3; yüzey), 6 (Örnek 3; yarık içi), 7 (Örnek 4; yüzey), 8 (Örnek 4; yarık içi), 9 (Örnek 4; çukur içi), 10 (Örnek 5; yüzey), 11 (Örnek 5; yarık içi), 12 (Örnek 6; yüzey), 13 (Örnek 6; yarık içi), 14 (Örnek 7; yüzey), 15 (Örnek 7; yarık içi), 16 (Örnek 7; çukur içi) (Lampropoulos, Leakou vd., 42).
- Tablo 4.1.** Camların birleştirilmesinde kullanılan epoksi reçinelerin özellikleri (Koob, 2006, 48).

1. GİRİŞ

Anadolu’da yüzyıllar boyu yaşamış medeniyetlerden miras kalan kültür birlikteliğinin korunması için bizlere düşen görev; toplumsal yapıyı irdelemesi açısından tarihsel anlamda belgesel önem kazanan taşınır ve taşınmaz kültür varlıklarının, özgünlüğünü yitirmeden gelecek kuşaklara aktarımını sağlamaktır. Anadolu’da sürdürülmekte olan birçok arkeolojik kazıdan ele geçen Antik Çağ camları da narin yapıları nedeniyle özenle korunması gereken taşınır kültür varlıklarımızdandır.

Çeşitli nedenlerle bozulma sürecine giren Antik Çağ camlarının, özgünlüklerini yitirmeden sonraki nesillere aktarılması amacıyla, mutlaka bazı konservasyon uygulamalarından geçirilmesi gerekmektedir. Birer belge niteliğindeki Antik Çağ camlarının sağlıklı bir şekilde geleceğe aktarılmaları, restorasyon ve konservasyon uygulamalarının bilimsel kıstaslarla dikkatli ve bilinçli yapılmasıyla doğrudan ilişkilidir.

Bu tez çalışmasında: Antik Çağ camlarının kimyası, üretim teknikleri ve bozulmalarının; uygulanan restorasyon ve konservasyon tekniklerinin Antik Çağ camlarının kimyası ve üretim teknikleriyle uyumunun araştırılması ve tüm bu veriler doğrultusunda Antik Çağ camları için en doğru restorasyon ve konservasyon yöntemlerinin yeni tekliflerle ortaya konması amaçlanmıştır.

Çalışma, M.Ö. 2. bin ile M.S. 1. bin tarihleri arasındaki toprak altından ele geçen Antik Çağ camlarına uygulanmış olan ve uygulanması gereken restorasyon ve konservasyon yöntemlerini kapsamaktadır. Ayrı bir çalışma konusu olabilecek kadar kapsamlı kabul edilen su altı buluntusu Antik Çağ camları bu çalışmada değerlendirme dışında tutulmuş; toprak altından ele geçen Antik Çağ camları ayrıntılarıyla ele alınmıştır.

Çalışmanın hazırlanmasında iki (veri toplama ve değerlendirme) aşamalı bir yöntem izlenmiştir. İlk olarak Antik Çağ camları hakkındaki bilgi ve bunlara uygulanmış restorasyon ve konservasyon örnekleri yayınlardan araştırılmıştır. Antik Çağ camlarının genel olarak kimyasının anlaşılabilmesi için farklı coğrafya ve zamanlara ait analizleri yapılmış örnekler kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasıyla, ülkemizin toprak altı arkeoloji kazılarından ele geçen Antik Çağ camlarının bozulma nedenleri ve koruma sorunları ile yeni önerilerin ortaya konmasıyla, yapılacak restorasyon, konservasyon uygulamalarına ve ilerideki çalışmalara katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

2. TARİHSEL SÜREÇ İÇİNDE CAMIN KİMYASI VE ÜRETİMİ

Rastlantısal tabiat olaylarıyla ortaya çıktığı sanılan camın bulunuşuyla ilgili bir efsaneyi Plinius, *Naturalis Historia* adlı eserinde aktarır¹. Aynı kaynakta geçen² ve cam hammaddesi olarak kullanıldığından bahsedilen *Belus* kumları hakkında Josephus³ da bilgi vermektedir. Arkeolojik buluntulara göre, bugün bildiğimiz cam ortaya çıkmadan, M.Ö. 4. binde sır malzemesi olarak kullanılmıştır⁴. Horace C. Beck'in, camın kap formlarında kullanımından önce de bilindiği tezi halen geçerliliğini korumaktadır⁵. Bağımsız cam malzeme üretiminin en erken örnekleri, M.Ö. 3. bine tarihlenen Mezopotamya ve Mısır boncuklarıdır⁶.

Silis (silisyumdioksit - SiO_2), potas (potasyumkarbonat - K_2CO_3), soda (sodyumkarbonat - Na_2CO_3) ve kireçtaşı (kalsiyumkarbonat - CaCO_3) gibi hammaddelerden oluşan cam⁷ harmanı 1100 °C'de işlenebilir hal almaktadır. Antik Çağ'da cam harmanı tam ergimeye yetecek kadar ısıtılamamış ve sodanın (tadil edici⁸) fazla kullanımıyla silis kumunun ergime noktası düşürülmüştür. Camın suda çözülmemesi için de kireçtaşı sabitleyici olarak kullanılmış ve soğuma hızı da kireçtaşı miktarıyla ayarlanmaya çalışılmıştır. %60-75 SiO_2 , %12-18 Na_2O ve %5-12 CaO içeren soda-kireç camları, şekillendirilebilme süresi uzun olduğundan detaylı ve

¹ PLINIUS, *Natural Historia* XXXVI, 190-199. "...Suriye'de Fenikeliler zamanında Carmelus Dağı'nın alçak tepeleri arasında Candebia adında bataklık bir bölge vardır. Belus Nehri'nin bu bataklıkta başladığı ve sekiz kilometre sonra Ptolemaios şehri yakınında denize dökülür... Çamurlu birikintili derin nehrin dibindeki kum, ancak suların çekilmesiyle meydana çıkardı. ... Kumun toplandığı bir kilometreden az olan kıyı boyu asırlarca cam yapımında kullanılan hammaddenin kaynağı olmuştur. Rivayete göre güherçile dolu bir gemi burada demirler; gemi tayfaları kıyıda yemek hazırlamak üzere odun yakacakları bir ocak kurmak istediklerinde civarda taş bulamadıklarından gemiden getirdikleri güherçile bloklarını kullanırlar. Odunlar yanınca kum ve güherçile birlikte erir ve saydam bir sıvının ocaktan sızdığını gördüklerinde cam bulunmuş olur."

² Bkz. (2), PLINIUS, 75-76.

³ R.J. FORBES, *Studies in Ancient Technology* V, 110-231 "Belus Nehri'nin yakınında Menon Anıtı yanında... yuvarlak ve derin bir yerde cam yapılan bir tür kum bulunur. Gemiler buradan kum aldıkları için sahilde kum azalsa da rüzgârlar yeniden sahile kum dolduruyor..."

⁴ E. Çiğdem DEMİR, *Antik Çağ'da Cam ve Perge Konut Alanı "A" Evi Cam Eserleri Kataloğu*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, 9.

⁵ Şeniz ATİK, *M.Ö. I. Binde Anadolu'da Cam Üretimi ve Tasarımı*, yayınlanmamış doktora tezi, 48.

⁶ Önder KÜÇÜKERMEN, *Glass Beads Anatolian Glass Bead Making The Final Traces of Three Millennia of Glass Making in the Mediterranean Region*.

⁷ Cam kimyası hakkında ayrıntılı bilgi için bkz.: Jan HLAVAC, *The Technology of Glass and Ceramics An Introduction*, 11-227; Duran KOCABAĞ, *Cam Kimyası, Özellikleri, Uygulaması*, b.a.

⁸ Soda (sodyumkarbonat - Na_2CO_3) ve potas (potasyumkarbonat - K_2CO_3) hammaddeleri camın ergime sıcaklığını düşüren tadil edicilerdir.

plastik üretime uygunluğuyla Antik Çağ'da yaygın olarak kullanılmıştır. Parlak görünümüne sahip ve daha sert olan, Na_2O yerine yine %12-18 K_2O içeren potas- kireç camları, Antik Çağ'da nadiren kullanılmıştır. Yüksek miktarda katılan tadil ediciler ergime sıcaklığını 725°C 'ye kadar düşürse de homojen akışkanlıkta şeffaf cam için daha yüksek ısı gereklidir. Antik Çağ'da ergime için yeterli ısıya ulaşamadığından cam harmanının rastgele ölçülerle (oransız) ayarlandığı görüşü de yaygındır. Silis kumunun bünyesinde %1-3 oranında bulunan demir, cama yeşilimsi bir renk vermektedir. Renksiz cam üretmek için günümüzde de kullanılan manganez, bazı Mısır kumlarında doğal olarak bulunduğundan Mısırlılar renksiz cam üretebilmiştir. Ayrıca silis kumunun demir oksitten arındırılması haricinde bir Mısır fırınında, ön ergitmesi tamamlanmamış cam harmanıya bulunan bir ön ergitme potası, silis kumu yerine öğütülmüş kuvarsitin kullanıldığını açıkça göstermektedir⁹. Kalay oksidin (SnO_2), M.Ö. 1500'de camı opak yaptığıının keşfedilmesinden sonra değerli taşları taklit amacıyla, metal oksitler cam renklendirmede kullanılmıştır. Bugün de olduğu gibi, bakıroksit (CuO), demiroksit (FeO), kobaltoksit (CoO), manganoksit (MnO), gümüşoksit (AgO) ve nikeloksit (NiO) Antik Çağ'da da kullanılan cam renklendiricileridir¹⁰. Mezopotamya Tell Umar'da bulunan bir tablet, bakıroksitle renklendirilmiş, zukû, tersitu (mavi sır) ve uknû (Mısır / lapis mavisi) camları hakkında bilgi vermektedir¹¹. Bir başka tablette “*Camı kırmızı üzüm rengini alana kadar kaynat, camı ocak ya da tuğlanın üstüne koy.... Onu dört gözü açıkken yerleştir... Ateşin iyi ve dumansız yanmasını sağla... Cam kor olana kadar fırının kapağını kapatma. Sararmaya başlayana kadar kendine doğru karıştır...*” denmekte ve birinci ergitme için gereken kızıl sıcaklık 850°C dereceden az, ikinci ergitme için gereken sarı sıcaklık yaklaşık 1100°C olmalı diye yorumlanabilir¹². Diğer bir tablette

⁹ Sandra DAVISON, **Conservation and Restoration of Glass**, 139.

¹⁰ Bkz. (6), ATİK, 61. Cama demir, yeşil - mavi - sarı; kobalt, koyu mavi - açık mavi; bakır, yeşil - türkuaz - mavi; mangan, mor - eflatun; gümüş, sarı; altın, kırmızı - pembe renk vermek amacıyla kullanılmıştır.

¹¹ Bkz. (4), FORBES, 131-132; “*zukû cam: 10 şekel kurşun, 15 şekel bakar, ½ şekel güherçile, ½ şekel kireç karışımını fırına koyduktan sonra kırmızı renkli cam elde edersin; bu karışıma 1/16 şekel kurşun ekle; 14 şekel bakar, 2 şekel kireç, 1 şekel güherçile; bunu fırına koyarsan kırmızı renkli cam elde edersin; ondan sonra yeşil kili, sirke ve bakar içinde sakla; bu saklamanın 3. gününde; bakar pasını al dışarda süz; dışarda bırak ve kurut; mermer gibi bir şey elde edersin; bunun adı Akkadian santu camıdır; bunu eşit şekillerde bölebilirsin; onu havanda ez; erit; bu eriyiğe 1,5 şekel zukû camı; 7 ½ şekel güherçile, 7 ½ parça bakar, 7 ½ parça kurşun; bunu yine havanda ez, erit ve soğut, ateşte ısıt, ateşten çıkart...*”.

¹² Bkz. (10), DAVISON, 137.

de “*iyi bir cam fırını kuracağında öncelikle... uygun bir ay seç... Şayet mavi renkli cam istiyorsan gayet ince 10 mina kuvars taşı dövereksin. 15 mina naga bitkisinin kökü ve 1,67 mina beyaz bitki karıştıraraksin*” bilgisi bulunmaktadır¹³. Harmanda bulunan katkı maddelerinden özellikle bitkilerin, izotop analizi yöntemi ile tespit edilmesi, en azından cam hammaddesinin imal edildiği coğrafyanın belirlenmesi açısından önem taşımaktadır¹⁴. Vergina (Yunanistan) kazısından ele geçen bir grup cama yapılan kimyasal ve kurşun izotop analizleri sonucunda hammaddenin Mezopotamya kaynaklı olduğu görülmüştür¹⁵. Antik Çağ’da ergimenin daha kolay olması için harman hazırlanırken içerisine cam kırıklarının konulması alışılmış bir uygulamaydı ve hammaddesi pahalı olan camın kırıklarının dahi ticari değeri vardı¹⁶.

Cam harmanının ateşin ısıyla, şekillendirilmeye uygun akışkan cam elde edilme işlemi ergime aşamasıdır. Bu aşamanın gerçekleştirildiği kapalı düzeneğe cam ergitme fırını denir. Cam ergitme fırınları cam harmanının ergitildiği yere göre ikiye ayrılmaktadır. Bunların ilkinde, cam harmanı veya cam kırıkları *pota* denilen pişmiş toprak kaplara konularak ertilir. Cam ergitme fırınının kapasitesi pota büyüklüğü ve sayısını değiştirmektedir. Kâse şeklindeki ilk cam ergitme potaları, zamanla içine yabancı maddelerin düşmesini ve ısı kaybını engelleyerek daha homojen bir karışım sağlamak amacıyla, sadece ağzı açık kapalı kaplara dönüşmüştür. İkinci tip ergitme fırınlarında harman doğrudan fırındaki ergitme haznesinde ertilmiştir¹⁷. Antik Çağ’ın başta sıvalı kerpiç cam fırınları zamanla duvarlarında tuğla veya taş kullanılan kubbe veya düz çatılı, iç kısmı ızgaralı cam fırınlarına dönüşmüştür¹⁸. Mezopotamya tabletlerinden birinde, bir cam atölyesinde 3 fırın tipinden bahsedilmiştir: ilki dört gözlü ön ergitme, ikincisi kapaklı, üçüncüsü uzun süreli (bir hafta) yanma fırınıdır¹⁹. Olasılıkla 1000-1100°C dereceye ulaşabilen Mezopotamya fırınlarında kullanılan açık ve kapalı potalar muhtemelen bronz

¹³ Bkz. (5), DEMİR, 6.

¹⁴ J. HENDERSON - J.A. EVANS vd., “The use of oxygen, strontium and lead isotopes to provenance ancient glasses in the Middle East”, 665-673. I.C. FREESTONE - K.A. LESLIE vd., “Strontium Isotopes in the Investigation of Early Glass Production: Byzantine and Early Islamic Glass from the Near East”, 19-32.

¹⁵ Robert H. BRILL, “Laboratory Studies of some glasses from Vergina”, 11-23.

¹⁶ Ahmet Tolga TEK, “Antik Dönemde Anadolu’da Cam Üretimi”, 116.

¹⁷ Serra KANYAK, **Cam Fırınlarının Tarihsel Gelişimi**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, 13-15.

¹⁸ A.g.tez, 18.

¹⁹ Robert J. CHARLESTON, “Glass Furnaces Through the Ages”, 9-10.

döküm tekniğinden türemiştir; çivi yazısı tabletlerde, ayaklarla (*nimedu*) desteklenen temiz cam potalarının (*taptuzakatu*) fırın tavanına değmeyecek şekilde yerleştirildiğinden ve “*su’lu*” denilen bir kepçenin cam eriyiğini büyük potadan daha küçüğe aktarmakta kullanıldığından bahsedilmiştir²⁰. Cam ergitme fırınında kullanılan yakıtlar hakkında yazılı kaynaklar bilgi verebilmektedir. Mezopotamya’da bulunan tabletlerde, yakıt olarak ılgın, papirüs ve kavağın kullanıldığı, ayrıca odunların kesim zamanlarının, kalitesinin ve fırına konuluş şekillerinin önem taşıdığı görülmektedir²¹. Mısır cam ergitme fırınlarında yakıt olarak palmiye ve bir çeşit incir ağacı olan *figus sycromorus* odunu kullanıldığı Tell-el Amarna cam ergitme fırınından alınan karbon örneğine yapılan analiz sonucunda anlaşılmıştır²².

Cam harmanına hapsolmuş habbe adı verilen hava boşluklarının üretim sırasında çıkartılma işlemine afınasyon denir. Habbeler camın mekanik dayanımını azalttığı gibi optik görüntü hatalarına da sebep olur. Antik Çağ camlarında sık karşılaşılan bu problemin en önemli nedeni cam ergitme fırınlarında 1200°C ısının üzerine çıkılamamasıdır. Habbelerin olumsuz etkisinden dolayı Antik Çağ’da da afınasyon işlemi için çeşitli yöntemlerin denendiği bilinmektedir. Günümüzde de harmana afınasyon amacıyla katılan antimon oksidin (Sb_2O_3) Antik Çağ’da da (afınasyon veya opaklaştırma amacıyla) kullanıldığı kimyasal analizlerden anlaşılmaktadır. Ayrıca çivi yazılı tabletlerde *mutirru* (Suriye’de “*mattara*”, Latince “*rutabulum*”) isimli kancanın ergitme esnasında habbe oluşumunu azaltmak için camı karıştırmakta kullanıldığını bilmekteyiz²³.

Günümüzde de kullanılan az sayıdaki basit şekillendirme aletlerinden kalıp, üretime göre boyutu farklılık gösteren üfleme çubuğu (pipo), yardımcı çubuk (noble çubuğu) ve makas gibi aletlerin aynıları ya da benzeri Antik Çağ’da da kullanılmıştır (Resim 2.1). Antik Çağ’da bu aletlerle yapılan cam şekillendirme teknikleri kalıplama ve üfleme olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir. Antik Çağ

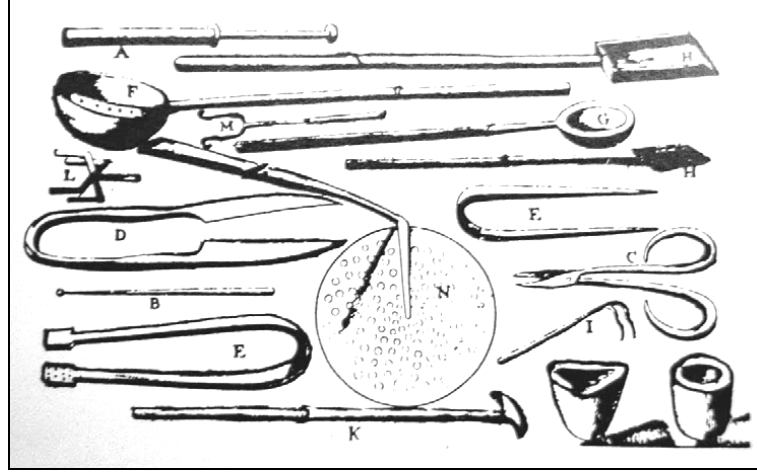
²⁰ Bkz. (10), DAVISON, 137.

²¹ Bkz. (5), DEMİR, 6 “*Kullanacağın odun kalın ve kabuğu soyulmuş kavak ağacı olmalı; budaksız, deri şeritlerle birbirine bağlanmış ve Temmuz/Ağustos ayında kesilmiş bir odun fırına konabilir...*”.

²² C. M. JACKSON - P.T. NICHOLSON vd., “Glassmaking at Tell el-Amarna: an Integrated Approach”, 18-19.

²³ Bkz. (10), DAVISON, 137 “*eriyik sarardıktan sonra bir mutirru ile damla alıp damlat eğer hava kabarcıkları yoksa onu fırının içinde yeni bir kalıba dök*”.

kalıplama teknikleri iç kalıp, kalıba döküm (masif döküm / balmumu akıtma), bin çiçek ve kalıba basmadır. Üfleme tekniği ise serbest ve kalıba üfleme olmak üzere sınıflandırılmaktadır²⁴.



Resim 2.1. Cam üretiminde kullanılan aletler (Davison, 2006, 104).

Cam ani bir ısı değişimiyle oluşacak gerilimle kolayca parçalanabildiği için üretimi henüz tamamlanmış camın, kontrollü olarak soğutulması yani “*tavlama*” gereklidir. Erken dönemlerde üretilen cam ergitme fırını içindeki bir yerde uzun süre kapalı tutularak ve soğumaya bırakılarak tavlana çalışılmış olmalıdır. Üfleme tekniğinin bulunuşundan sonraki fırınlarda tavlama bölümünün oluşturulmasıyla soğutma daha kontrollü yapılabilmektedir.

2.1. M.Ö. 2. Bin Camları

Güney Mezopotamya’daki Tell Asmar kazılarında ele geçen ve M.Ö. 2300’e tarihlenen açık mavi renkli silindir cam çubuk, Eridu kazılarında ele geçen M.Ö. 2100’e tarihlenen işlenmemiş cam külçe ve Ur kentindeki mezardan ele geçen boncuklar, camın Mezopotamya’da keşfedildiğini ortaya koymaktadır²⁵. Bu keşif sırlı boncuk, duvar fayansı ve seramik gibi malzemenin zaten Mezopotamya’da üretilerek kullanılmasının bir sonucudur. Cam tarihindeki ilk şekillendirme yöntemi M.Ö. 3. bin

²⁴ Antik Çağ’daki farklı şekillendirme yöntemlerinin örneklere dayanarak günümüzde yapılan denemeleri için bkz.: Bilgehan UZUNER, **Bulunuşundan Üfleme Uygulamalı Cam Teknikleri Akantaş**, b.a.

²⁵ Bkz. (6), ATİK, 48.

sonlarında görülen, taşçı alet ve tekniğiyle sıcak döküm sonrasında şekillendirmenin soğuk cama yapıldığı tekniktir. Bu teknikle boncuk, mühür, çubuk, kakma gibi küçük nesneler²⁶ yanında M.Ö. 16. yüzyıl sonlarına ait Kuzey Mezopotamya’da üretilen ilk kalın cidarlı ve renkli cam kaplar (küçük şişeler)²⁷ da yapılmıştır (Resim 2.2).



Resim 2.2. Mezopotamya ve Mısır kozmetik kapları (Uzuner 35, 70; Davison, 2006, 95).

Bir kalıp ya da düzleme dökülen sıcak cam eriyiğinin soğumasının ardından (genelde içi oyularak) işlenmesi yöntemi kendinden sonra gelişen asıl masif döküm tekniğinin ilk uygulamasıdır. M.Ö. 2. bin yıl ortalarında Mısır ve Mezopotamya’da, M.Ö. 2. bin yıl sonlarında Doğu Akdeniz’de görülen ve kum çekirdek, kum maça²⁸ ve kum kalıp isimleriyle de geçen iç kalıp²⁹, farklı malzemeden bir iç şekle cam kaplanmasıdır. Yüksek derecede ısıtılan çekirdek, toz cam üzerinde yuvarlanır veya kalıp üzerine cam tozu serpilir. Eğer çekirdek yeterince ısınmış ise, küçük cam tanecikleri erir ve yüzey camla kaplanır. Isıtma işlemi tekrarlanır, sert yüzeyde yuvarlanan çekirdek üzerindeki cama istenilen biçim verilir, istenilen kalınlık sağlanıncaya kadar işlem devam eder veya ısıtılan çekirdek potadaki ergimiş cama daldırılarak camın çekirdeğe sıvanması sağlanır. Bir diğer çubukla kalıp etrafına cam dolandır, düz ve sert yüzeyde yuvarlanır. Bezeme için dolanan renkli cam tahta tarak veya sivri uçlu metalle şekillendirildikten sonra yuvarlanarak cidar kalınlığı ayarlanır. Birçok kez tekrarlanan bu işlemler ardından ağız, dip ve kulp eklenebilir. Soğuyan kabın içindeki kalıp kırılıp temizlenir. İç kalıp tekniği M.Ö. 1. binde de ufak kozmetik kaplarında kullanılmıştır (Resim 2.3).

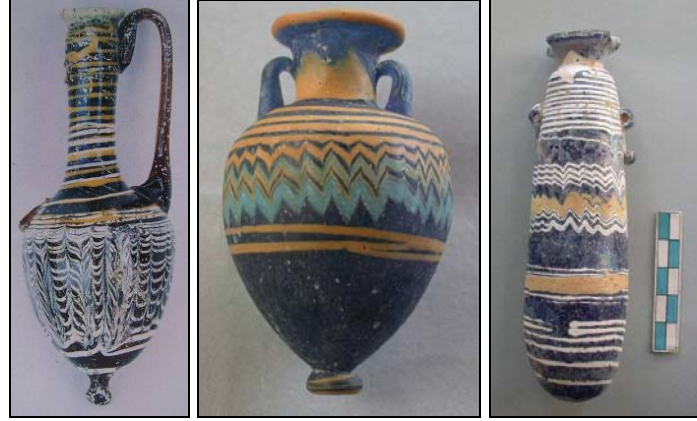
²⁶ C. LIGHTFOOT - M. ARSLAN, *Anadolu Antik Camları: Yüksel Erimtan Koleksiyonu*, 1-13.

²⁷ E. Erten YAĞCI, *Başlangıcından Geç Antik Dönem Sonuna Kadar Anadolu’da Cam*, yayınlanmamış doktora tezi, 34.

²⁸ Maden heykel ve içi boş cam kap imalatında kullanılan dolgu kalıba *maça* denmektedir.

²⁹ Bkz. (27), LIGHTFOOT - ARSLAN, 10; ayrıca ayrıntılı bilgi için bkz.: Üzlifat CANAV, *Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Cam Eser Koleksiyonu*, 25-26; Bkz. (6), ATİK, 65.

Yine M.Ö. 2. bin sonlarında görülmeye başlanan masif döküm tekniğindeyse, bir araya geldiğinde arası boş kalan pişmiş topraktan iç ve dış kalıbın arası toz ve parça camlarla doldurulur; fırında tamamen eriyip kalıbın formunu alır³⁰.



Resim 2.3. İç kalıp kaplar (Lightfoot-Arslan, 28; Atik, 2004, 78, 84).

İlk cam üretim merkezi olan Mezopotamya’da ele geçen yerel üretimlerin³¹ kimyasal analiz örnekleri (Tablo 2.1) için tekil dört örneğin haricinde üç dönemin ortalamalarından çıkan sonuçları da verilmiştir. Özellikle dönem ortalamalarından Mezopotamya bölgesinde üretilen camlarda 1200 yıl içerisinde büyük bir kimyasal farklılığın görülmemesi, hammaddelerin ve kaynaklarının değişmediğini göstermesi açısından geleneksel bir üretim olarak son derece önemlidir.

Adı	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	MgO
Örnek 1	71,1	16,54	2,1	8,04	2,58	5,5
Örnek 2	69,8	14,5	2,88	7,66	2,48	5,4
Örnek 3	68	14,37	2,48	7,53	2,13	5,31
Örnek 4	65,4	13,98	2,37	7,1	2,06	4,92
M.Ö. 15-14. yy Örnekleri	64,7	15,68	2,03	6,92	1,83	4,06
M.Ö. 8-6. yy Örnekleri	65,4	15,53	1,79	7,96	0,43	4,83
M.Ö.3. yy Örnekleri	65,8	14,15	2,35	6,57	2,13	4,77

Tablo 2.1. Mezopotamya camlarının analiz sonucu (Caley, 84-85).

Mezopotamya camları, kısa süre içinde başta Mısır olmak üzere diğer merkezlere ihraç edilen bir ticari malzeme haline gelmiştir³². Çivi yazılı metinlerde Mısır’ın “mekku” ve “ehlipakku” adıyla anılan ön ergitme külçelerini

³⁰ Aynur ÖZET, “Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesi’ndeki Cam Örnekleri ile Antik Çağ’da Cam Yapımı”, 592.

³¹ E.R. CALEY, *Analyses of Ancient Glasses 1790-1957*, 84.

³² Bkz. (27), LIGHTFOOT - ARSLAN, 1.

Mezopotamya'dan getirttiğinden bahsedilir³³. M.Ö. 2. bine ait Uluburun batığının bulunması, geminin ticari yükünün ve geliş yerlerinin saptanmaya çalışılması (Resim 2.4) döneme ait bilgilerimize çok büyük katkıda bulunmuştur³⁴.



Resim 2.4. M.Ö. 2. bin ticaret malzemeleri ve ticaret yolları (Yalçın, 25).

Cam külçelerin ticaretinin potalarıyla mı yapıldığı problemi ilk kez Uluburun batığı sayesinde açıklanabilmiştir ve külçelerin potasız taşındıkları anlaşılmıştır (Resim 2.5.a). Böylelikle arkeolojik kazılarda cam ergitme potası bulunan tüm yerleşimlerin, cam üretimiyle olan kesin bağlantısı da ortaya konabilmiştir³⁵. 2005 yılında Mısır Kantir kazılarında potaların (Resim 2.5.b) ele geçmesi, Mısır'ın da Tel-el Amarna'dan³⁶ sonra başka cam işliklerinin de olduğunu göstermektedir³⁷.



Resim 2.5. Uluburun batığı cam külçeleri ve Mısır cam potası (Rehren, 536-537).

³³ Bkz. (10), DAVISON, 139.

³⁴ Ünsal YALÇIN, "Tarih Yazan Gemi: Uluburun", 21-26.

³⁵ Uluburun'da bulunan cam külçelerin bugüne kadar ele geçmiş potalarla karşılaştırılması için bkz.: Paul T. NICHOLSON - Caroline M. JACKSON vd., "The Ulu Burun Glass Ingots, Cylindrical Vessels and Egyptian Glass", 143-153.

³⁶ Tel-el Amarna'daki cam üretimi için bkz.: Paul T. NICHOLSON, "Glassmakings and Glassworking at Amarna: Some New Work", 11-19; Bkz. (23), JACKSON - NICHOLSON, 11-23.

³⁷ Thilo REHREN, "Geç Tunç Çağı'nda Cam Ticareti", 535-541.

Mısır duvar resimlerinde (M.Ö. 15. yy) görülen cam şarap sürahileri arkeolojik olarak henüz tespit edilememişse de IX. Sülale Dönemi'nden (M.Ö. 1293-1185) çok sayıdaki cam eser (M.Ö. 14. yy) yerleşik atölyelere işaret etmektedir³⁸. Mobilya, mimari ve cenaze eşyaları için opak renklerde kakmaların da üretildiği M.Ö. 2. bine tarihlenen Malkata³⁹ ve Tell-el Amarna⁴⁰ yerleşimlerinden ele geçen cam parçaları (Tablo 2.2 - 2.3) yerel üretim olmalıdır.

Örnek	BM9	FITZ5	FITZ6	COP6	COP27	UPP25	UPP5
Renk	Opal Kırmızı	Opal Yeşil	Y.saydam Sarı	Opal Beyaz	Y.saydam Mavi	Y.saydam Kahverengi	Y.saydam Renksiz
SiO ₂	59.7	61.5	62.4	64.0	63.8	63.8	67.1
Na ₂ O	19.2	18.1	18.8	24.4	17.7	19.1	14.2
K ₂ O	2.3	2.5	1.5	0.9	2.1	3.1	3.0
CaO	6.6	6.7	5.9	4.8	8.5	7.2	8.6
Al ₂ O ₃	0.5	0.4	0.5	0.9	0.8	0.4	1.1
MgO	4.5	3.5	3.6	2.4	3.2	4.0	3.9
FeO	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	0.2	0.6
TiO ₂	0.06	-	0.03	0.07	0.06	0.04	0.08
CuO	2.97	2.02	0.06	0.02	1.69	-	-
MnO	0.04	0.03	0.04	0.02	0.01	0.01	0.03

Tablo 2.2. Malkata ve Tell-el Amarna camlarının analiz sonucu (Shortland - Eremin, 584-588)

Örnek/ Renk	Koyu mavi, opak Kap Boynu	Koyu mavi, opak Kap Boynu	Açık sarı, opak Çubuk	Yeşil, opak Çubuk	Siyah, opak Kütle	Açık Mor, opak Gövde Parçası	Hematit, opak Gövde Parçası	Türkuaz, opak Boncuk
SiO ₂	61,7	59,55	62,71	62,44	64,1	62,27	51,35	62,58
Na ₂ O	17,63	14,86	20,26	18,08	19,3	19,94	17,22	18,19
K ₂ O	1,58	7,36		2,76	2,76		1,86	2,75
CaO	10,05	10,6	9,16	9,23	7	10,13	8,4	9,33
Al ₂ O ₃	2,45	3	1,47	1	1,34	0,75	0,9	0,82
MgO	5,14	4,43	4,52	3,05	3,52	4,17	2,54	4,37
Fe ₂ O ₃	0,72	0,44	0,96	0,54	0,5	0,57	0,75	0,58
MnO	0,47	-	-	-	0,32	0,89	-	-
CuO	0,32	0,45	-	2	0,2	-	-	0,52
PbO	-	-	0,92	0,47	-	-	12,02	-
SO ₃	-	-	-	0,72	0,78	1,21	5,46	0,45

Tablo 2.3. Berlin Müzesi'ndeki Tell-el Amarna camlarının analiz sonucu (Forbes, 211-212).

³⁸ Bkz. (10), DAVISON, 19.

³⁹ Andrew. J., SHORTLAND - K. EREMİN, "The Analysis of second Millenium Glass from Egypt and Mesopotamia, Part 1: New WDS Analyses", 581-603.

⁴⁰ Bkz. (4), FORBES, 211-212. Hammadde analizleri için bkz.: Andrew J. SHORTLAND - M.S. TITE, "Raw Materials of Glass from Amarna and Implications for the Origins of Egyptian Glass", 141-151.

Tell-el Amarna camları dönemin özelliği olarak renkli ve opak camlar ile cam üretiminin başlangıcından itibaren ticarete aranan Mısır / kobalt mavisidir⁴¹ (Tablo 2.4 - 2.5). Tablo 2.6’da Mısır üretimi camların dönemsel analiz sonuçları görülmektedir⁴².

Örnek	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	FeO	TiO ₂	CoO	CuO	P ₂ O ₅	MnO
E5613/7	62,8	22,1	1,1	4,6	2,5	3,8	1	0,2	0,09	0,61	0,2	0,56
AM37	67,9	21,2	0,6	4,6	2	2,6	0,4	0,1	0,16	0,1	0,1	0,16
AM22	64,6	20,2	0,8	8,8	1,8	2,5	0,5	0,1	0,17	0,11	-	0,22
E5613/3	59,9	19,9	0,5	8,6	4,1	4,5	0,6	0,2	0,27	0,04	0,2	0,24
E5613/2	59,6	19,8	0,6	8,6	4,3	4,6	0,7	0,1	0,37	0,06	0,1	0,31
E5613/1	67	19,5	0,9	7,4	1,4	2,9	0,4	0,1	0,05	0,01	0,1	0,07
E5613/5	64,2	18,7	1,6	8,5	2,1	3,3	0,5	0,1	0,16	0,26	0,1	0,18

Tablo 2.4. Tell-el Amarna buluntusu Mısır kobalt camlarının analiz sonucu (Shortland - Tite, 144).

Tarih	M.Ö. 19-17. yy		M.Ö. 16-11. yy				
Renk	Saydam	Sarı	Turuncu	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi
SiO ₂	68,3	68	59	60,7	59,8	59,9	60,3
Na ₂ O	20,2	19,4	30,2	29,8	30,5	30,1	30,4
K ₂ O	2	2,2					
CaO	4,9	5	3,7	3,6	3,4	3,9	3,8
Al ₂ O ₃	3,2	4	3,9	2,3	2,7	2,7	2,3
MgO	1	0,9	3	3	3	2,8	2,6
MnO	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5	0,7	0,6

Tablo 2.5. Renkli Mısır camlarının analiz sonucu (Forbes, 213).

Dönem	Buluntu Yeri	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	MgO
M.Ö. 15. yy	Thebes	65,2	15,76	2,29	5,8	2,97	3,23
M.Ö. 14. yy	Tell-el Amarna	61,6	20,63	0,62	9,19	1,47	4,13
M.Ö. 2-1. yy	Elephantine	64,8	21,02	0,53	7,43	2,55	2,06
M.Ö. 1 - M.S. 1. yy	Alexandria	68	15,08	0,17	10,1	4,42	0,97

Tablo 2.6. Dönemlere göre Mısır üretimi camların analiz sonucu (Caley, 70-72).

Genellikle M.Ö. 1. bin öncesine ait Mezopotamya ve Mısır üretimi camların kimyasal analizleri incelediğinde, genel oksit ortalaması şu şekildedir; %64 cam yapıcı (SiO₂), %23 tadil edici (%18 Na₂O, %5 K₂O) ve %13,1 aracı (%7,5 CaO, %3,8 MgO, %1,8 Al₂O₃). Oksit ortalamalarına göre bu dönemde Mezopotamya ve Mısır’da üretilen camlar, soda camıdır. Mezopotamya ve Mısır camlarını birbirleriyle

⁴¹ Andrew J. SHORTLAND, - M. S. TITE vd., “Ancient Exploitation and use of Cobalt Alums from the Western Oases of Egypt”, 153-168.

⁴² Bkz. (32), CALEY, 70-72.

karşılaştırdığımızda ise Mısır camlarında daha az cam yapıcı (SiO_2), için daha çok tadil edici (Na_2O) kullanıldığı görülmektedir. Buna karşın Mezopotamya camlarındaki K_2O oranı Mısır camlarından daha fazladır. K_2O oranının, harmanın hammaddesiyle ilişkili olduğu düşünülürse Mısır'da yerel üretilmiş camlarla birlikte bulunan bazı camların, aslında Mezopotamya'dan ithal edilmiş olma ihtimali ortaya çıkmaktadır.

2.2. M.Ö. 1. Bin Camları

M.Ö. 1. binin başlarına gelindiğinde özellikle Suriye ve Mezopotamya'da (M.Ö. 9. yüzyılda) cam üretiminin yeniden canlanmaya başladığını görmekteyiz. M.Ö. 9. yüzyıl sonlarında tahrip edilen Hasanlu Kalesi'nde bulunan mozaik cam bardak parçaları; Gordion'da bulunan bir kâse (M.Ö. 8. yy sonu)⁴³; Eridu'da bulunan türkuaz renkli opak külçe (M.Ö. 7. yy)⁴⁴; Urartu yerleşimi Karmir Blur Suriye ve Filistin'de bulunan iç kalıp yöntemiyle üretilmiş kaplar bu dönemdeki cam imalatının canlandığını gösteren arkeolojik verilerdir. Tekrar üretilmeye başlayan iç kalıp kaplar, M.Ö. 7. yüzyılda İran'a ihraç edilmiştir. Kısa süre sonra İran da yerel üretime başlamıştır. Susa'da imal edilen kaplar, Mezopotamya örneklerinin birer kopyasıdır. M.Ö. 6. yüzyıla gelindiğinde Mısır ve tüm Akdeniz havzasında cam üretimi ve ticareti adeta bir yarış halini almıştır. Rodos'ta bulunan cam kozmetik kaplar, Mezopotamya'dan ihraç veya göç eden Mezopotamyalı ustaların yerel üretimidir. Rodos, M.Ö. 6. yüzyıl ortalarında iç kalıp yöntemini kullanan önemli bir merkez haline gelmiş; büyük olasılıkla buradan Akdeniz ve Karadeniz Bölgeleri'ne yayılmıştır⁴⁵. Kokulu yağ, merhem ve kozmetik konulan bu tip kapların İstanbul Arkeoloji Müzeleri'nde bulunan örneklerinin analizleri⁴⁶ (Tablo 2.7) bu kapların, soda-kireç camı olduğunu ve K_2O oranlarının daima %1'in altında olduğunu göstermektedir.

⁴³ S. Von SALDERN, "Two Achaemenid Glass Bowls and a Hoard of Hellenistic Glass Vessels", 37- 46.

⁴⁴ Bkz. (10), DAVISON, 137.

⁴⁵ Rodos, Kıbrıs, Güney İtalya ve Fenike'nin kıyı şehirleri olası üretim merkezleri olarak önerilir. Bu tip kapların Gordion kazılarında ele geçmiş örnekleri için bkz.: Janet DUNCAN JONES, "Classical and Hellenistic Core-Formed Vessels from Gordion", 21-33.

⁴⁶ Bkz. (6), ATİK, 119-124.

Örnek	Kos	Lindos	Eleonte	Çandarlı
				
SiO ₂	67,17	71,58	71,14	68,66
Na ₂ O	16,38	14,07	15,23	16,03
K ₂ O	0,64	0,79	0,43	0,23
CaO	7,95	7,54	6,79	10,32
Al ₂ O ₃	2,51	2,4	1,9	1,93
MgO	0,69	0,49	0,64	0,51
Cr ₂ O ₃	0,04	-	0,03	0,02
Fe ₂ O ₃	0,8	1,51	2,07	0,88
NiO	0,13	-	-	-
Cu ₂ O	2,15	0,34	0,24	-
CoO	-	0,18	0,17	0,08
Örnek	Çandarlı	Assos	Rodos	
				
SiO ₂	64,39	70,78	69,27	
Na ₂ O	15,8	16,19	16,85	
K ₂ O	0,55	0,51	0,47	
CaO	9,8	7,37	7,72	
Al ₂ O ₃	2,65	2,42	2,25	
MgO	0,59	0,22	0,41	
SO ₃	0,5	0,3	0,38	
Fe ₂ O ₃	4,18	0,84	1,34	
Cr ₂ O ₃	0,07	0,17	0,06	
Cu ₂ O	0,57	-	-	
CoO	-	0,15	0,14	

Tablo 2.7. M.Ö. 6 - 4. yy küçük kozmetik şişesi örneklerinin analiz sonucu (Atik, 119-124).

M.Ö. 1. binde kâse gibi açık ağızlı kapların bezemeli yapılabilmesi için kalıba basma tekniği kullanılmıştır (Resim 2.6.a). *Kalıba basma* tekniğinde cam eriyiği (bezemeli) dış kalıba yerleştirildikten sonra iç kalıpla sıkıştırılarak dış kalıbın tam formunu alması sağlanmıştır. Benzer kapları daha görsel ve daha çıkıntılı yapabilmek için o dönemde bronz döküm tekniklerinde de kullanılan balmumu model tekniği

kullanılmıştır (Resim 2.6.b). M.Ö. 5. yüzyılda yaygınlaşan *balmumu model* tekniğinde, ince kum katkılı alçıdan hazırlanan kuru kalıba sürülüp şekillendirilen sıcak balmumunun üzeri yine alçıyla kaplanırken balmumunun dışı akabileceği delik(ler) bırakılır. Fırına ters konan kalıbın, ısındığında akan balmumundan boşalan yerine cam tozu doldurulup, ısı yavaşça yükselen fırında camın ergiyip tamamen kalıba yerleşmesi sağlanır; kalıp kırılarak cam kap çıkarılır. Bu teknikle, metal ve pişmiş toprak kâselerinin formlarını ve kaya kristalinin görünümünü taklit eden lüks cam kaplar üretilmiştir⁴⁷. Persepolis Sarayı'nın M.Ö. 4. yüzyıl tahrip tabakasında, ele geçen çok sayıda cam kap parçası cam üretimin devlet himayesinde olduğunu düşündürmüştür⁴⁸.



Resim 2.6. Kalıba basma (M.Ö. 2. yy) ve kayıp balmumu (M.Ö. 4. yy) tekniğinde iki kâse (Atik, 79).

Kökeni Mezopotamya'ya uzanan⁴⁹ *mozaik tekniği*, düzensiz cam kırık ve tozlarıyla yapıldığında *basit mozaik*, özel biçimlendirilerek dikine kesilmiş dairesel çubuk parçalarından yapıldığında *bin çiçek*, özel biçimlendirilerek enine kesilmiş dörtgen çubuk şeritlerinden yapıldığında *renkli şerit*, renkli şerit tekniğinde altın kullanıldığında *altın şerit*, renkli cam iplikli çubuklardan yapıldığında *reticelli* olarak adlandırılır⁵⁰. En erken tarihli Mezopotamya mozaik camlarından biri İstanbul Arkeoloji Müzeleri koleksiyonundadır⁵¹ (Resim 2.7). Resim 2.8'de reticelli tekniğinde bir kâse (M.Ö. 1. yy) ve altın şerit tekniğinde bir kozmetik şişesi (M.Ö. 1. yy) görülmektedir. Erken örnekleri tek renkli çubuklardan düzenlenen *bin çiçek*

⁴⁷ Bkz. (31), ÖZET, 592-593.

⁴⁸ Bkz. (27), LIGHTFOOT - ARSLAN, 4.

⁴⁹ Şeniz ATİK, "İstanbul Arkeoloji Müzelerinde Bulunan İ.Ö. II-I. Bin Yıllarına ait Mezopotamya Cam Eserleri", 365-376, Resim 6-6a.

⁵⁰ Farklı tekniklerdeki mozaik kapların şekillendirilmeleri için bkz.: David F. GROSE, "Glass Forming Methods in Classical Antiquity: Some Considerations", 25-34; Bkz. (6), ATİK, 69-70.

⁵¹ Bkz. (50), ATİK, 371-372.

(*millefiori*) uygulamasında, M.Ö. 1. binin sonlarında çok renkli çubuk demetleri ısıtılıp çekildikten sonra kesilen küçük parçalar, kalıba dizildiğinde dağılmamaları için bir de iç kalıp konularak fırınlanmıştır⁵². *Renkli şerit* tekniğinde, istenilen renklerle önceden biçimlendirilen dörtgen çubuklar enine kesilerek şeritler oluşturulur; ısıtılmış iç kalıbın yan yana dizilen bu şeritleri tutması sağlanarak kalıpta döndürme yardımıyla yüzeyde görülen hareketlilik gerçekleştirilir; eğer renkli şeritlerin yapımı sırasında renkler arasında altın kullanılmışsa, renkli şerit tekniğindeki gibi yapılan işlem altın şerit adını almaktadır⁵³. *Reticelli* (*reticello* / *cam iplik*) tekniğinde renkli cam ipliklerinin renksiz cam içine alınıp döndürülmesiyle oluşturulan çubuklar, ağ ya da kafes biçiminde dizilir ve fırındaki bir kalıpta tekrar ergitilerek kap formu verilir.



Resim 2.7. Asur buluntusu M.Ö. 9-8. yüzyıla ait mozaik kap (Atik, 1998, Levha 93).



Resim 2.8. Reticelli ve altın şerit teknikleriyle üretilmiş örnekler (Atik, 2004, 81).

⁵² Bkz. (6), ATİK, 69.

⁵³ Keith CUMMINGS, *A History of Glassforming*, 54-57.

Klasik ve Hellenistik Dönem’de cam üretimi, zenginler veya Kral ailelerinin himayesinde kurulan atölyelerde sürdürülmüştür⁵⁴. Hellenistik Dönem’de en önemli cam üretim merkezleri Akdeniz havzasındaki Sidon ve İskenderiye’dir. Anadolu’da yürütülmekte olan kazı buluntularına bir örnek teşkil etmesi açısından; Menekşe Çatağı Hellenistik Dönem tabakasına ait bir cam parçasının analizi sonucunda; %64,4 SiO₂, %20,5 Na₂O, %8,2 CaO, %2,5 Al₂O₃, %1,5 Cl, %0,9 K₂O, %0,6 Fe₂O₃, %0,6 MgO, %0,5 MnO, %0,2 SO₃, %0,1 TiO₂ oranları bulunmuştur. Ancak bu buluntu ithal bir malzeme olup yerel üretim değildir⁵⁵. Yine çağının önemli ticari malzemelerinden olan M.Ö. 3-1. yüzyıla ait iç kalıp tekniğiyle şekillendirilmiş kozmetik kaplarının İstanbul Arkeoloji Müzeleri’nde bulunanlarının analizleri Tablo 2.8’de verilmiştir⁵⁶. Analiz sonuçlarına göre bu kozmetik kapları aynı teknikle bunlardan yaklaşık 300 yıl önce üretilen (Tablo 2.7) kaplarla benzer harmana sahiptir. Bu da Fenike camcılık geleneğini aynı topraklarda muhtemelen Aleksandria’nın devam ettirdiğini göstermektedir. Zaten her iki gruptaki (Tablo 2.7 ve 2.8) kaplar deniz ticareti ile yakından ilişkili liman kentlerinin mezarlıklarından ele geçmiştir. Cam üretiminde giderek önemini yitiren Mezopotamya camlarının bu döneme ait örnekleri için Nippur’da ele geçen cam kap parçalarının (M.Ö. 3. yy) analizi⁵⁷ Tablo 2.9’da verilmiştir. Akdeniz havzası dışındaki örneklerden, İç Asya’da Pokrovka’dan iki mezar içinden ele geçen cam boncukların⁵⁸ (Tablo 2.10) üretim yerleri belirsizdir. İç Asya’daki bir yerel üretime işaret etmesi açısından, bu boncukların CaO ve Na₂O oranlarının diğer örneklerle nazaran daha düşük olması önem taşımaktadır.

⁵⁴ Bkz. (27), LIGHTFOOT - ARSLAN, 1-13.

⁵⁵ Bkz. (6), ATİK, 128.

⁵⁶ A.g.tez, 118-119.

⁵⁷ Bkz. (4), FORBES, 220.

⁵⁸ M. HALL - L. YABLONSKY, “Chemical Analyses of glass beads found in two Sarmatian Burials”, 369-377. M. HALL - L. YABLONSKY, “Chemical Analyses of Sarmatian Glass Beads from Pokrovka, Russia”, 1239-1245.

Örnek	Rodos	İnceğiz Nekropolü	Myrina
			
SiO ₂	69,40	66,46	70,22
Na ₂ O	14,74	15,97	16,19
K ₂ O	1,05	0,60	0,83
CaO	7,88	8,79	7,65
Al ₂ O ₃	2,30	2,42	2,20
MgO	0,62	0,71	0,65
Cr ₂ O ₃	0,09	0,10	-
Fe ₂ O ₃	1,41	2,02	1,35
CoO	0,60	0,12	-
MnO	-	1,50	-
NiO	0,19	-	-
Cu ₂ O	0,53	-	-

Tablo 2.8. Hellenistik Dönem'e ait kozmetik kaplarının analiz sonucu (Atik, 118-119).

Renk	Parlak pembe	Pembe	Koyu yeşil	Parlak yeşil	Koyu mavi	Parlak mavi
SiO ₂	71,14	69,82	63,1	61,18	64,41	65,38
Na ₂ O	10,81	13,51	9,35	12,9	12,75	13,55
K ₂ O	1,3	2,18	3,18	2,88	2,08	2,48
CaO	5,26	5,79	7,66	7,1	7,53	6,1
Al ₂ O ₃	2,48	1,4	2,75	2,06	2,58	1,5
MgO	5,4	4,69	3,42	4,92	4,59	5,5
Fe ₂ O ₃	0,72	1,8	1,76	2,15	1,44	1,54
MnO	1,04	0,41	5,92	4,37	2,75	0,99
CuO	0,55	0,36	1,02	0,52	1,2	1,48
SO ₃	0,87	0,96	1,52	1,67	1	1,19

Tablo 2.9. Nippur Hellenistik Dönem camlarının analiz sonucu (Forbes, 220).

Örnek	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃
B6-01	69,91	16,88	0,66	7,65	2,55	0,24	1,17
B6-02	73,22	12,9	1,75	6,12	2,34	0,36	1
B5-01	70,64	16,23	0,53	7,26	2,21	0,27	1,26
B5-02	71,22	16,33	0,54	7,49	2,19	0,31	1,38
B5-03	67,89	17,62	0,53	7,34	2,25	0,17	1,27
B5-04	68,14	18,46	0,49	6,21	2,92	0,21	1,48
B5-05	70,74	16,33	0,58	7,59	2,23	0,25	1,06

Tablo 2.10. Pokrovka Kurganı cam boncuklarının analiz sonucu (Hall - Yablonsky, 1997, 371).

M.Ö. 1. bin'e ait cam örneklerinin kimyasal analiz ortalamalarının sonucunda %69 cam yapıcı (SiO₂), %15,9 tadil edici (%14 Na₂O, %1,9 K₂O), %10,9 aracı

(%7,3 CaO, %1,4 MgO, %2,2 Al₂O₃) oranı ortaya çıkmaktadır. Daha erken camlarla karşılaştırıldığında, M.Ö. 1. bin camlarında SiO₂ oranı yükselip, Na₂O oranının düşmüş olması, cam ergitme ısısının bu dönemde yükseltilebildiğini, dolayısıyla ergitme fırınlarındaki teknolojinin gelişimini kanıtlamaktadır.

2.3. M.S. 1. Bin Camları

Suriye’de iç kalıp çizgi ve yiv bezemeli kâse üretimi M.Ö. 1. yüzyıla kadar devam etmiş; bu dönemde ise kâseler yumrulu ve kaburgalı olarak üretilmiştir. İskenderiyeli cam ustaları, mozaik tekniğinin her çeşidinde üretime devam etmiştir⁵⁹ (Resim 2.9).



Resim 2.9. Mozaik tekniğinde bir kemer tokası ve bir kâse (M.S. 1-2. yy) (Swift, 42; <http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8178>, Ocak 2010).

M.Ö. 1. yüzyılın ortalarında Suriye’de (tesadüfen) bulunan cam üfleme tekniği⁶⁰, bu dönemde camı daha ucuza mal ederek çok miktarda üretilmesini sağlamıştır⁶¹. M.Ö. 1. yüzyılda ticaretin barış ortamıyla birlikte artması ve doğu seferleri nedeniyle Roma Filistin ve Mısır’la dolaylı olarak da cam üretim merkezleriyle yaklaşır. Camın icadından sonraki ikinci büyük atılım olarak nitelendirilen cam *üfleme tekniği*, serbest şekillendirme ve kalıba üfleme olarak ikiye ayrılmaktadır. Cam *serbest şekillendirme*, üfleme çubuğu ucuna alınan cam eriyiği döndürülerek, (işleme masasında) yuvarlanarak ve ardından gerekirse üflenerek şekillendirilir. Ağız, kaide,

⁵⁹ Bkz. (4), FORBES, 110-231.

⁶⁰ Üfleme tekniği hakkında bkz.: Önder KÜÇÜKERMEN, “Cam İşçiliği”, 312-313; A.Cengiz KILIÇ, *Cam Üretiminde Üfleme Yöntemiyle Biçimlendirme*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi.

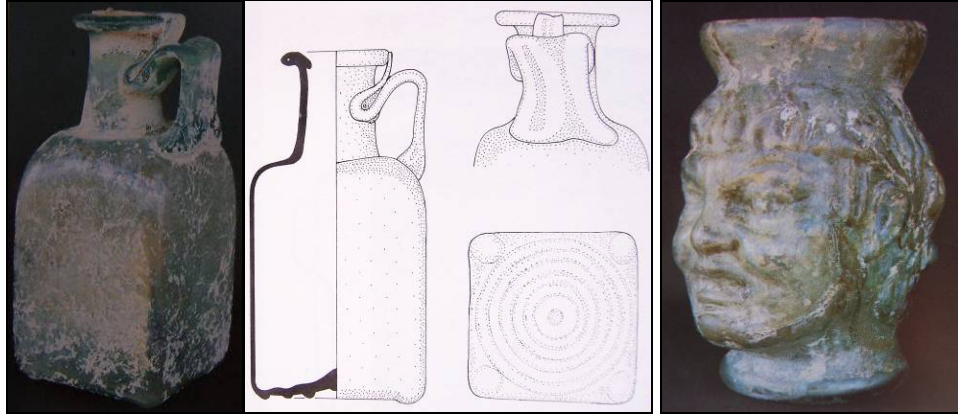
⁶¹ Roma Dönemi’ne ait camların kimyasının öncülleriyle karşılaştırmalı analiz sonuçları için bkz.: Thilo REHREN, “Rationales in Old World Base Glass Compositions”, 1225-1234.

kulp gibi eklentiler ve süslemeler yardımcı aletlerin kullanımıyla yapıldıktan sonra cam soğumaya bırakılır (Resim 2.10).



Resim 2.10. Serbest üfleme kaplar (Lightfoot-Arslan, 127, 148, 185).

Serbest şekillendirme tekniğinin bulunmasından sonra, büyük olasılıkla M.S. 1. yüzyılın ilk çeyreğinde⁶² geliştirilen *kalıba üfleme* tekniğinde cam, pişmiş toprak, taş ya da ahşap kalıpların içine üflenerek istenilen form elde edilmiştir (Resim 2.11).



Resim 2.11. Kalıba üfleme kaplar (Lightfoot - Arslan, 60, 110).

Üfleme çubuğunun ucundaki eriyik, iki ya da daha fazla parçalı kalıp içerisinde kalıbı kaplayıncaya kadar şişirilir. Süslemeli kalıpların kullanılması ayrıca bir süsleme yapılmasını gereksiz kılmıştır⁶³. Bu teknikle aynı form, ölçü ve süslemeye sahip camların tek bir kalıpla seri üretimi gerçekleştirilebilmiştir. Üfleme tekniği ile daha ince üretilebilen camların tavlanması daha da önem kazandığı için fırınlarda

⁶² Bkz. (31), ÖZET, 595.

⁶³ Kalıba üfleme tekniği ile üretilmiş olan bu tip kaplara örnek olarak bkz.: Chris LIGHTFOOT, "A Roman Glass Flask in Gaziantep Museum", 123-129.

da tavlama bölümü oluşmuştur. M.S. 1. yüzyıl cam ergitme fırınları hakkında bilgi edinilen bir kandilde⁶⁴, karşılıklı iki cam ustası ve altta ateşliği olan iki katlı cam ergitme fırını görülmektedir (Resim 2.12).



Resim 2.12. Roma Dönemi'ne ait cam ergitme fırını betimli pişmiş toprak kandil (Lazar, 230).

Üfleme tekniği ile önceleri küçük boyutlu üretilen düz cam, doğuda alçı, batıda kurşun kayıtların kullanılmasını zorunlu kılmış ve büyük açıklıklı pencereler ancak bu kayıtların cam parçalarını bir arada tutmasıyla kapatılabilmektedir. M.S. 1. yüzyılda Pompei'de ahşap çerçeveli pencere boşluklarında 51 x 45,5 cm ölçülerinde kalıba döküm levha camların kullanıldığı buluntularla kanıtlanmıştır⁶⁵ (Resim 2.13).

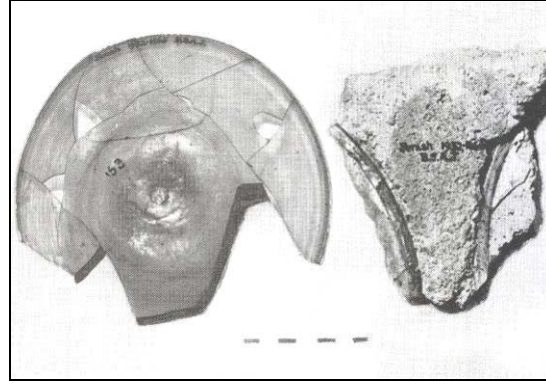


Resim 2.13. Pompei pencere camları
(<http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8182> ve 8184, Ocak 2010).

⁶⁴ Irena LAZAR, “An oil lamp from Slovenia depicting a Roman glass furnace”, 227-234.

⁶⁵ <http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8182> ve 8184, Ocak 2010).

Üfleme tekniğinin pencere camı yapımında kullanılmasıyla göbekli cam⁶⁶ olarak adlandırılan yeni bir teknik ortaya çıkmıştır. M.S. 4. yüzyılda geliştiği düşünülen bu tekniğe ait en erken buluntular M.S. 6-7. yüzyıla ait Ürdün Jerash camlarıdır⁶⁷ (Resim 2.14). Bu teknikte üfleme çubuğuyla cam şişirildikten sonra noble çubuğuna alınır; üfleme çubuğun kesilmesiyle oluşan delik bir diğer alet yardımıyla ve noble çubuğun döndürülme hızıyla açılarak bir disk haline getirilir.



Resim 2.14. Ürdün (Jerash) M.S. 6-7. yüzyıl göbekli cam ve kayıt (Baykan - Orbeyi vd., 882).

Arkeolojik kazılardan ele geçen M.S. 1. bine ait düz camların, ileri araştırma yöntemleri kullanılarak, üretim teknikleri ve aşamaları belirlenmeye çalışılmaktadır⁶⁸. M.S. 3. yüzyıla ait bir pencere camı %69,4 SiO₂, %16,8 Na₂O, %7,8 CaO, %2,5 Al₂O₃, %0,6 MgO, %0,6 K₂O, %0,5 Fe₂O₃, %0,7 MnO, %0,1P₂O₅; günümüz pencere camlarının da %75 SiO₂, %15 Na₂O, %7,4 CaO, %2,6 Al₂O₃ oranlarından⁶⁹ oluştuğu göz önünde bulundurulduğunda kimyasal yapılarının çok fazla değişmediği görülmektedir. Batıdaki vitray geleneğinin öncüleri olarak kabul edilen, renkli pencere camları dönemin cam sanatındaki gelişimini kanıtlamaktadır. Bu vitraylarda kullanılan sarı, yeşil, kırmızı, mavi renkli camlar batıda daha geç dönemde görülenler gibi iki yüzü boyanmış değil, tamamen renklendirilmiş camlardır. Pantokrator (Tablo 2.11) ve Kariye kiliselerinde çok sayıda boyalı cam ele geçmiştir⁷⁰. Mimaride cam, pencere açıklıklarını kapama dışında

⁶⁶ İngilizce’de *crown glass* olarak adlandırılan bu teknik hakkında ayrıntılı bilgi için bkz.: Ceren BAYKAN - Nil ORBEYİ vd., “Göbekli Cam Üretim Teknolojisi ve Mimaride Pencere Camı Olarak Kullanımı”, 879-890.

⁶⁷ Bkz. (10), DAVISON, 128-129.

⁶⁸ L. RAFFAELLY - B. CHAMPAGNON vd., “IR and Raman Spectroscopies, a way to Understand how the Roman Window Glasses were made?”, 780-786.

⁶⁹ A.g.m., 781.

⁷⁰ Robert H. BRILL, “Chemical Analyses of the Zeyrek Camii and Kariye Camii Glasses”, 213-230.

mozaik⁷¹ veya opus sectile⁷² olarak süsleme amacıyla taban ve duvar kaplamalarında karşımıza çıkmaktadır.

Örnek	1574 Şeffaf	1582 Soluk Amber	136 Soluk Mor	1579 Mor	1577 Koyu Mavi	1581 Renksiz	154 Amber	151 Turuncu	1580 Mor	156 Zümrüt Yeşil	149 Koyu Mavi
SiO ₂	65,08	59,6	67,5	66,61	68,94	65,33	66,14	62,76	62,68	60,2	63,2
Na ₂ O	15,3	18,7	15,1	14,2	13,5	13,9	14,8	15,8	13,7	15,7	15,4
K ₂ O	2,97	3,37	2,19	2,22	2,05	2,93	2,64	2,66	2,69	3,75	3,24
CaO	9,22	10,6	8,95	8,65	9,25	11,2	9,92	10,1	11,3	10,9	10,9
Al ₂ O ₃	1,54	1,47	1,23	1,22	1,27	2,08	1,78	2,42	2,42	2,26	2,23
MgO	3,9	4,01	2,92	2,97	2,98	3,56	3,77	4,03	3,36	3,97	3,85
Fe ₂ O ₃	0,3	0,57	0,46	0,4	0,8	0,4	0,6	0,5	0,8	0,8	0,7
MnO	0,5	0,99	1,14	2,5	0,8	0,4	0,1	1,5	2,5	0,1	0,01
TiO ₂	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1	0,1	0,13	0,1	0,15	0,13	0,1

Tablo 2.11. Pantakrator kilisesinin pencere camlarının analiz sonucu (Brill, 2005, 226-229).

Cam rağbet gören ticari malzeme haline gelince Roma İmparatoru Augustus, imparatorluk merkezine yakın cam atölyeleri kurdurmuştur. İmparatorluktaki zenginler, bir yandan ince zarif yapıları şeffaf kaplarla ilgilenirken diğer yandan da canlı ve çarpıcı renkli camlardan⁷³ vazgeçmemişlerdir. Her atölye tüm renkleri üretmediği için bazı renkler ithal edilmeye devam edilmiştir. Günümüzde Antik Çağ'ın muhtemel hammadde kaynakları analizler yapılarak⁷⁴ belirlenmeye çalışılmaktadır. Ayrıca opak⁷⁵ ya da şeffaf⁷⁶ renkli camlara ait kimyasal analiz çalışmaları⁷⁷ da artmaktadır (Tablo 2.12 - 2.13).

⁷¹ Mark T. WYPYSKI, "Technical Analysis of Glass Mosaic Tesserae from Amorium", 183-192. A. N. SHUGAR, "Byzantine Opaque Red Glass Tesserae from Belt Shean, Israel", 375-384.

⁷² Antik Çağ cam opus sectile örnekleri için bkz.: Andrew OLIVER, "A Glass Opus Sectile Panel from Corinth", 349-363. Stephen P. KOOB - Robert H. BRILL vd., "The Kenchreai Opus Sectile Glass Panels Revisited: A Comparison and Assessment of Previous Treatments", 105-110. Marco VERITA - Maria Stella ARENA vd., "Roman glass: Art and technology in a 4th century A.D. opus sectile in Ostia (Rome)", e16-e20.

⁷³ Roma Dönemi'nde kullanılan renkli camlarla ilgili ayrıntılı bilgi için bkz.: C. M. JACKSON, "Making Colourless Glass in the Roman Period", 763-780.

⁷⁴ Roma Dönemi ve sonrasına ait bir grup camın hammadde kaynağının belirlenmesine yönelik yapılan silis analizleri için bkz.: A. AERTS - B. VELDE vd., "Change in Silica Sources in Roman and Post-Roman Glass", 659-667.

⁷⁵ B. VELDE, "Analysis of a white, opaque glass fragment associated with a free-blown skyphos cup from a Roman military camp, Aulnay, central western France", 1-10.

⁷⁶ R. ARLETTI - M. C. DALCONI vd., "Roman Coloured and Opaque Glass: a Chemical and Spectroscopic Study", 239-245.

⁷⁷ M. GARCIA-HERAS - J. Ma. RINCON vd., "Pre-Roman Coloured Glass Beads from the Iberian Peninsula: a Chemico-Physical Characterisation Study", 727-738; Sarah PAYNTER, "Analyses of Colourless Roman Glass from Binchester, County Durham", 1037-1057; P.A. BINGHAM - C.M. JACKSON, "Roman Blue-Green Bottle Glass: Chemical-Optical Analysis and High Temperature Viscosity Modelling", 1-8; Alberta SILVESTRI - Gianmario MOLIN vd., "The Colourless Glass of Iulia Felix", 331-341.

	SiO₂	62,84
	Na₂O	14,73
	K₂O	0,55
	CaO	7,52
	Al₂O₃	2,28
	MgO	0,61
	Cl	0,3
	SO₃	0,6
	MnO	0,71
	FeO	0,61
	Sb₂O₃	9,1
	PbO	0,24
	Skyphos, Opak Beyaz, M.S.1. yy	

Tablo 2.12. Erken Roma Dönemi cam kabın analiz sonucu (Velde, 4).

Yeri Tarihi Renk	Pompei M.S.1.yy Opak Yeşil	Pompei M.S.1.yy Opak Yeşil	Lipari M.S.3.yy Şeffaf Yeşil	Lipari M.S.3.yy Şeffaf Mavi	Tusa M.S.3.yy Opak Mavi	Lipari M.S.3.yy Opak Kırmızı	Tusa M.S.3.yy Opak Kırmızı	Pompei M.S.1.yy Opak Kırmızı
SiO₂	69,09	61,52	60,67	64,22	67,21	61,17	63,04	64,6
Na₂O	18,47	16,45	16,19	16,33	15,56	14,66	16,49	16,21
K₂O	0,84	1,58	3,56	3,2	0,74	2,52	1,47	1,45
CaO	6,57	5,9	9,22	8,35	5,09	8,89	6,63	8,44
Al₂O₃	2,24	2,02	2,66	2,19	2,46	2,04	3,24	3,5
MgO	1,14	1,15	3,73	3,61	0,49	2,64	1,04	1,08
TiO₂	0,12	0,17	0,13	0,13	0,08	0,18	0,18	0,15
FeO	0,88	0,98	0,53	0,6	1,77	1,37	2,71	2,17
MnO	0,38	0,48	0,11	0,13	0,46	0,4	0,46	0,4
Sb₂O₅	1,85	2,67	0,07	0,08	4,99	0,3	0,66	0,28
PbO	0,28	3,11	0,04	0,25	0,12	2,12	1,81	0,52
CuO	0,85	3,99	4,25	0,07	0,81	2,63	2,1	1,8
CoO	-	0,01	0,01	0,04	0,48	0,01	-	-

Tablo 2.13. Pompei, Lipari ve Tusa cam örneklerinin analiz sonucu (Arletti - Dalconi vd., 240).

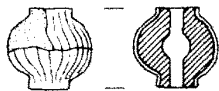
Roma Dönemi'ne kadar en zenginlerin evlerinde bulunan metal özellikle de gümüş sofrta takımlarının yerini cam takımlar almaya başlamıştır⁷⁸ (Tablo 2.14). M.Ö. 2. binden beri devam eden cam kozmetik kap ve şişelerinde gelenek bozulmamış Roma Dönemi'nde de zengin bir form çeşitliliğiyle devam etmiştir.

⁷⁸ D.J. HUISMAN - S. POLS vd., "Degradation Processes in Colourless Roman Glass: cases from the Bocholtz Burial", 398-411.

İngiltere’de ele geçen bir grup⁷⁹ (Tablo 2.15) gibi boncuk üretimi de sürmüştür. Şeffaf cam elde etmenin maliyeti yükseltmesi nedeniyle günlük hayatta kullanılan cam eşyalar şeffaf olsa da genellikle mavi, yeşil ya da kahverengi veya tonlarındaydı⁸⁰ (Tablo 2.16).

Örnek	Kâse, Renksiz	Kâse, Açık Yeşil	Kâse, Açık Yeşilimsi Sarı	Kulplu Şişe, Renksiz	Kulplu Şişe, Renksiz	Sürahi Renksiz	Sürahi Renksiz	Sürahi Renksiz
SiO ₂	69,6	69,96	66,12	69,14	68,98	69,15	68,18	70,4
Na ₂ O	18,66	18,79	19,61	18,76	19,24	18,96	19,43	17,13
K ₂ O	0,37	0,38	0,47	0,43	0,34	0,5	0,48	0,37
CaO	5,47	5,6	5,77	5,31	5,12	5,9	5,71	5,27
Al ₂ O ₃	1,74	1,81	2,16	1,83	1,8	2,11	2,01	1,8
MgO	0,28	0,29	0,57	0,32	0,3	0,35	0,36	0,28
TiO ₂	0,07	0,08	0,15	0,08	0,07	0,09	0,09	0,08
Fe ₂ O ₃	0,31	0,34	0,59	0,37	0,34	0,49	0,46	0,37
MnO	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,12	0,07	0,01
P ₂ O ₅	0,04	0,05	0,06	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03

Tablo 2.14. Bocholtz mezarlığı cam buluntularının analiz sonucu (Huisman - Pols vd., 406).

Örnek	 Caerleon (M.S. 2-3.yy)	 Faras (M.S. 2.yy)	 Panticapaeum (M.S. 2-3.yy)
SiO ₂	69,91	68,07	69,83
Na ₂ O	16	16,1	14
K ₂ O	0,4	0,6	0,4
CaO	7,25	9,12	8,6
Al ₂ O ₃	2,04	2,19	3,3
MgO	0,72	0,89	1,7
Fe ₂ O ₃	0,9	0,85	0,82
MnO	0,03	0,04	0,05
Sb ₂ O ₃	1,58	0,76	0,74
PbO	0,1	0,1	0,05
CuO	0,02	0,18	0,001
BaO	0,05	0,05	0,05
TiO ₂	0,1	0,13	0,115
SnO ₂	0,03	0,05	-
B ₂ O ₃	0,3	0,3	0,15
ZnO	0,5	0,5	0,1
Ag ₂ O	0,05	0,05	0,05

Tablo 2.15. İngiltere’den Roma Dönemi cam boncuklarının analiz sonucu (Boon - Dekówna, 204).

⁷⁹ G.C. BOON - M. DEKÓWNA, “Gold-in-Glass Beads from the Ancient World”, 193-207.

⁸⁰ Bkz. (4), FORBES, 221-223.

Örnek	Kâse	Dar Boyunlu Şişe	Şişe	Şişe	Şişe
Renk	Camgöbeği saydam	Sarımtırak kahve, saydam	Yeşilimsi mavi, saydam	Yeşilimsi sarı, saydam	Yeşilimsi, saydam
SiO ₂	69,22	69,58	68,69	70,97	70,23
Na ₂ O	11,99	19,39	17,73	17,35	17,24
K ₂ O	2,16	0,79	1,83	1,25	0,15
CaO	7,51	6,88	7,01	7,31	7,99
Al ₂ O ₃	7,12	2,89	2,75	3,16	2,7
MgO	1,22	0,79	0,29	0,08	0,7
Fe ₂ O ₃	0,49	0,43	0,61	0,5	0,39
MnO	0,46	-	0,12	-	0,38
CuO	-	-	0,91	-	-
Örnek	Şişe Boynu	Kap Parçası	Şişe Boynu	Şişe Parçası	Büyük Kâse
Renk	Mavimsi, saydam	Renksiz, saydam	Yeşilimsi sarı, saydam	Yeşilimsi sarı, saydam	Koyu mavi, saydam
SiO ₂	68,94	68,92	68,1	66,35	69,04
Na ₂ O	18,8	20,67	18,61	21,47	13,87
K ₂ O	0,15	0,77	0,95	0,65	2,02
CaO	6,69	5,79	6,87	6,52	5,76
Al ₂ O ₃	3,9	2,49	2,31	2,8	2,97
MgO	1,18	0,43	0,84	1,25	2,64
Fe ₂ O ₃	0,66	0,31	0,63	0,45	0,94
MnO	-	-	1,52	1,03	0,62
CuO	-	-	-	-	1,96
SO ₃	-	-	0,6	-	-

Tablo 2.16. Ren civarından bulunan camların (M.S. 1-4. yy) analiz sonucu (Forbes, 221-223).

Camın ilk bulunuşundan itibaren önemli rol üstlenen Mısır, Roma Dönemi'nde de cam üretimine devam etmiştir. Mısır'da Roma (Ptolemaioslar) Dönemi'nde üretilen cam örneğine yapılan kimyasal analiz sonucunda, %63,1 SiO₂, %17,4 Na₂O, %7,3 CaO, % 3 Al₂O₃, % 1,8 MgO ve %2,7 K₂O oranlarından oluştuğu görülmektedir⁸¹. Oranlardan, eski Mısır cam geleneğinin Roma Dönemi'nde de devam ettirildiği anlaşılmaktadır. Bu döneme ait İsrail'de bulunan bir grup cam⁸² (Tablo 2.17) ile Anadolu'da Sagalassos⁸³ kazısından ele geçen cam parçalarının (Tablo 2.18) analizi aşağıda verilmiştir.

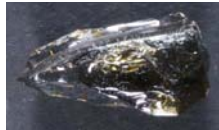
⁸¹ Bkz. (32), CALEY, 69.

⁸² A. AERTS - K. JANSSENS vd., "Trace-Level Microanalysis of Roman Glass from Khirbet Qumrân, Israel", 883-891.

⁸³ P. DEGRYSE - J. SCHNEIDER vd., "A Geochemical Study of Roman to Early Byzantine Glass from Sagalassos, South-west Turkey", 287-299.

Oksitler	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
SiO ₂	69,46	71,69	70,92
Na ₂ O	16,48	17,2	16,28
K ₂ O	0,84	0,58	0,61
CaO	8,41	5,52	7,54
Al ₂ O ₃	2,51	2,35	2,42
MgO	0,23	0,01	0,07
P ₂ O ₅	0,08	0,02	-
SO ₃	0,16	0,17	0,2
Cl	0,82	1,16	1,06
TiO ₂	0,05	0,04	0,02
MnO	0,43	0,84	0,09
Fe ₂ O ₃	0,52	0,33	0,39

Tablo 2.17. İsrail’den Roma Dönemi cam örneklerinin analiz sonucu (Aerts - Janssens vd., 888).

Örnek			
	Sagalassos		Sagalassos
Renk	Yeşil	Yeşil	Sarı-Yeşil
Tarih	M.S. 1-2. yy	M.S. 5-7. yy	M.S. 5-7. yy
SiO ₂	70,92	65,24	62,79
Na ₂ O	16,38	17,96	19,71
K ₂ O	0,54	0,58	0,46
CaO	6,83	6,96	6,22
Al ₂ O ₃	1,97	2,59	2,69
MgO	0,5	0,99	1,23
MnO	0,51	1,78	2,36
Fe ₂ O ₃	0,66	1,89	2,46
TiO ₂	0,1	0,33	0,54
P ₂ O ₅	0,14	0,12	0,09

Tablo 2.18. Sagalassos örneklerinin analiz sonucu (Degryse - Schneider, 292).

Roma Dönemi’ne ait cam örneklerini kimyasal olarak kendi içerisinde değerlendirdiğimizde ortalama %68 cam yapıcı (SiO₂), %18,3 tadil edici (%17 Na₂O, %1,3 K₂O) % 11,5 aracı (%7 CaO, %1,2 MgO, %3,2 Al₂O₃) oranlarından oluşan düşük potaslı soda camlarının yaygın olduğu görülür. Her zaman zenginlerin ve yöneticilerin himayesinde olan cam imalatı, Avrupa Ortaçağı’nda ergitme fırınlarına odun sağlamak için ormanlarda kurulan küçük cam atölyelerinde devam etmiştir. Bu dönemde Avrupa’nın aksine Yakın Doğu’da cam işçiliği gelişir. Yakın Doğu’nun M.S.

5. yüzyıla ait Sasani camları⁸⁴ (Tablo 2.19) ile Avrupa Ortaçağına denk gelen Samarra camlarının⁸⁵ (Tablo 2.20) analizleri aşağıdadır.

Örnek	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Cu
SE01	66,8	14,3	0,68	6,57	2,38	0,48	0,36	0,06	0,71	4,1
SE02	65,5	15	0,88	6,72	2,24	0,73	0,58	0,1	0,52	1,7
SE03	64,8	15,5	0,89	7,41	2,22	0,78	0,68	0,1	0,52	1,5
SE04	63,6	15,7	0,56	7,57	2,38	0,49	0,99	0,06	0,34	14
SE05	70,9	15,4	0,51	7,11	2,32	0,43	0,36	0,07	0,21	-

Tablo 2.19. M.S. 4-5. yy Sasani Dönemi camların analiz sonucu (Mitri - Pace vd., 6).

Örnek	Sarımtırak, saydam pencere camı	Koyu mavi saydam disk	Yeşil saydam pencere camı	Renksiz saydam tabak	Renksiz kap	Koyu mavi yeşil
SiO ₂	68,48	66,93	65,86	67,22	67,44	71,4
Na ₂ O	14,95	15,26	12,84	13,28	13,94	17
K ₂ O	2,83	2,26	2,7	2,68	1,93	0,3
CaO	5,71	3,62	5,95	5,84	4,8	2,7
Al ₂ O ₃	0,7	2,08	2,16	1,8	2,98	4,7
MgO	5,28	5,42	4,55	5,64	5,64	0,8
FeO	0,91	1,44	1,19	1,03	0,51	(Fe ₂ O ₃) 2,0
Mn ₂ O ₃	-	0,34	1,09	1,07	0,73	0,3
CuO	-	1,76	2,66	-	-	0,1
PbO	0,95	-	-	0,82	1,01	-
SO ₃	0,54	0,52	1,72	0,39	0,84	0,1

Tablo 2.20. Samarra (M.S. 8-9. yy) camlarının analiz sonucu (Forbes, 230).

Roma İmparatorluğu'nun yıkılmasıyla (M.S. 5. yy), imparatorluk merkezindeki cam ustaları farklı bölgelere dağılırken Anadolu'da Doğu Roma İmparatorluğu (Bizans Dönemi) kurularak yeni bir devlet otoritesi oluşmuş ve yine zanaatkarlar devlet himayesine alınmıştı. Amorium, Sardeis, Sagalassos⁸⁶ (Tablo 2.21), Anamur, Demre ve İznik gibi şehirlerin kazılarında İstanbul'daki Pantokrator kilisesi⁸⁷ (Tablo 2.22) ile Aya Sofya'da⁸⁸ (Tablo 2.23) bulunan Bizans Dönemi'ne ait kandil, bilezik, sofrta kapları ve mozaik taneleri gibi günlük kullanıma⁸⁹ hitap eden cam eşyalar form, yapı ve renk bakımından benzeşmektedir⁹⁰.

⁸⁴ P. MITRI - M. PACE vd., "ICP-MS Analysis of Glass Fragments of Parthian and Sasanian Epoch from Seleucia and Veh Ardaşir (Central Iraq)", 1-22.

⁸⁵ Bkz. (4), FORBES, 230.

⁸⁶ P. DEGRYSE - J. SCHNEIDER vd., "Evidence for Glass 'Recycling' using Pb and Sr Isotopic Ratios and Sr-mixing Lines: The Case of Early Byzantine Sagalassos", 494-501.

⁸⁷ Bkz. (71), BRILL, 213-230.

⁸⁸ Bkz. (4), FORBES, 229.

⁸⁹ Üzlifat ÖZGÜMÜŞ, **Anadolu Camcılığı**, 104.

⁹⁰ Üzlifat ÖZGÜMÜŞ, "Anadolu'da Bizans Dönemi Camcılığı", 39-43.

Örnek	Renk	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅
582	Mavi	68,6	15,53	0,74	9	2,57	0,85	0,4	0,77	0,13	0,14
583	Mavi	68	15,31	0,75	9,41	2,71	0,95	0,39	0,83	0,15	0,16
590	Mavi	68,1	17,68	0,9	7,28	1,87	0,85	0,29	0,9	0,14	0,15
VL8A	Mavi	68,4	17,52	0,39	8,27	1,39	0,96	0,39	0,62	0,09	0,15
727	Yeşil	65,5	18,09	0,48	6,9	2,31	1,9	1,71	0,85	0,33	0,15
729	Yeşil	63,7	18,9	0,47	7,06	2,52	1,62	2,31	0,97	0,45	0,1
586	-	62,4	20,41	0,38	6,04	2,58	1,87	2,72	1,12	0,62	0,08
720	-	63,7	20,03	0,35	6,52	2,3	1,55	2,1	0,92	0,42	0,12
JP25	-	63,5	18,35	0,45	6,56	3	2,69	1,82	1,4	0,57	0,1
JP25B	-	63,2	18,4	0,45	5,38	3,08	2,57	2,21	1,95	0,94	0,11
VL4	-	63,8	18,1	0,75	7,12	2,22	2,4	3,14	1,21	0,42	0,11

Tablo 2.21. Sagalassos camlarının analiz sonucu (Degryse - Schneider vd., 498).

Örnek	542 Eflatun	543 Renksiz	2500 Renksiz	2503 Renksiz	246 Renksiz	2501 Renksiz	541 Eflatun
SiO ₂	70,5	63,74	65,14	64,98	68,28	65,04	65,65
Na ₂ O	12,8	15,2	16	15,3	14,3	17,1	13,5
K ₂ O	2,72	2,89	2,65	2,59	1,79	1,48	1,97
CaO	7,97	9,85	10,3	10,3	9,06	10,6	7,65
Al ₂ O ₃	1,22	3,35	0,86	0,91	1,54	1,02	2,65
MgO	3,02	3,45	3,61	3,09	2,73	2,36	1,56
Fe ₂ O ₃	0,3	0,4	0,57	0,73	0,6	0,75	2,25
MnO	1	0,4	0,5	1,17	1	0,34	3,63
TiO ₂	0,02	0,1	0,12	0,18	0,03	0,12	0,2

Tablo 2.22. Pantakrator kilisesinin cam kap parçalarının analiz sonucu (Brill, 2005, 228).

Örnek	Saydam mavi Mozaik taşı 6. yy	Opak kırmızı Mozaik taşı 6.yy	Saydam sarımsı Mozaik taşı 6. yy	Obje	Ağırlık 13-15. yy	Düz cam 13. yy
SiO ₂	67,12	70,71	65,32	60,1	57,89	56,25
Na ₂ O	17,59	11,55	18,96	28,7	16,03	-
K ₂ O	1,26	0,7	0,71		5,47	17,3
CaO	8,37	7,26	8,18	5,1	6,9	14,35
Al ₂ O ₃	2,66	3,42	2,58	3,8	8,17	8,15
Fe ₂ O ₃	1,39	3,26	1,13		0,63	3
MgO	0,97	1,05	1,44	1	4,92	-
MnO	0,37	0,55	0,79	1,1	-	-
CuO	-	1,26	-	-	-	-
PbO	0,27	0,24	0,39	-	-	-

Tablo 2.23. İstanbul Aya Sofya camlarının analiz sonucu (Forbes, 229).

M.S. 1. binde önceden bilinen teknikler ile gelişen tekniklerin bir arada kullanımı özgün form ve bezemeler ortaya çıkartmıştır. *Kameo*⁹¹ tekniğinde koyu renkli (opak lacivert ya da siyah) genellikle üfleme tekniğinde yapılan bir formun yüzeyi kısmen opak beyaz camla kaplanır; beyaz tabaka soğuk işlenerek plastik

⁹¹ David WHITEHOUSE, “The Seasons Vase”, 16-23; Donald B. HARDEN, “New Light on the History and Technique of the Portland and Auldjo Cameo Vessels”, 45-54; Mavis BIMSON - Ian C. FREESTONE, “An Analytical Study of the Relationship Between the Portland Vase and other Roman Cameo Glasses”, 55-64.

görünüm verilir (Resim 2.15). M.S. 1. yüzyıldan itibaren görülmeye başlanan kameo tekniğindeki kaplar⁹² 17. yüzyılda ve sonrasında özellikle Avrupa’da sıkça taklit edilmiştir.



Resim 2.15. Kameo kap örnekleri (Painter - Whitehouse, 138, 140, 159).

M.S. 4. yüzyıldan itibaren görülen ve *dietretum* adı verilen bezemeli kapların yapımında karmaşık bir kalıp tekniği kullanılmıştır⁹³. Bir dış kalıp içerisine konulan cama kalıbın şekli verildikten sonra üzerine ikinci delikli bir kalıp yerleştirilir, tekrar cam konularak yeniden kalıbın formunu alması sağlanır. Delikli iç kalıbın içindeki ve dışındaki cam sadece deliklerin olduğu yerden tutunmuş olur. Soğutulan kap, deliklerin arası kesilerek ve delikli kalıp kalıntısı temizlenerek kaba plastik bir görünüm kazandırılır. Bu teknikteki kapların geometrik bezenenleriyle⁹⁴ (Resim 2.16.a), kameo tekniğindeki gibi plastik bezenmiş örnekleri⁹⁵ de mevcuttur. Günümüz kristal veya kesme camlarını andıran, renksiz şeffaf camların soğuk işlenmesi sonucunda kesme bezemeli kapların⁹⁶ (Resim 2.16.b) ortaya çıkışı da yine Roma Dönemi’dir (M.S. 3-4. yy).

⁹² Kenneth PAINTER - David WHITEHOUSE, “Early Roman Cameo Glasses”, 138-188.

⁹³ Dietretum yapım tekniği için bkz.: Rosemarie LIERKE, “Re-evaluating Cage Cups”, 174-177. Dietretum tekniğindeki parçalardan yola çıkarak aynı teknikte yapılan bir rekonstrüksiyon denemesi için bkz.: Josef WELZEL, “Die Rekonstruktion Eines Dietretglases Nach Einem Scherbenfund”, 127-139.

⁹⁴ David WHITEHOUSE, **Roman Glass in The Corning Museum of Glass 1**, 284; David WHITEHOUSE, “A Recently Discovered Cage Cup”, 28-33. Aynı teknikte yapılmış ve yazı bantı olan geometrik bezemeli bir kap için bkz.: Aleksandrina CERMANOVIC-KUZMANOVIC, “The Komini Dietretum”, 51-53; Otto DOPPELFELD, “Das neue Kölner Dietretglas”, 403-417.

⁹⁵ Kameo tipinde plastik bezenmiş rölyefli cam kaplar için bkz.: Annelies KOSTER - David WHITEHOUSE, “Early Roman Cage Cups”, 25-31; George D. SCOTT, “A Study of the Lycurgus Cup”, 51-64.

⁹⁶ Andrew OLIVER, “Early Roman Faceted Glass”, 35-58.



Resim 2.16. Dietretum ve kesme bezemeli örnekler (Whitehouse, 1997, 48, 284).

Varaklı cam⁹⁷ (gold glass, silver stain) olarak adlandırabileceğimiz teknikte, M.S. 1. binin sonu ve M.S. 2. bin başlarında av ve savaş sahnelerinin betimlendiği veya portre ve ismin yer aldığı özel cam kaplar zenginlerin sofraları için tasarlanmıştır. Bu teknikte renkli cam üzerine yerleştirilen altın veya gümüş varak şeffaf cam tabakasıyla kaplanmaktaydı, bu teknikte yapılan gümüş varaklı bir cam tabağın kimyasal analizi Tablo 2.24’de verilmiştir⁹⁸.

	SiO₂	67,7
	Na₂O	18,4
	K₂O	0,9
	CaO	6,9
	Al₂O₃	2,3
	Fe₂O₃	1,9
	TiO₂	0,1
	MgO	0,8
	SO₃	0,2
	Cl	1
	MnO	0,4
	CuO	0,2
	CoO	0,1
	ZnO	0,2

Tablo 2.24. 13. yüzyıl tabak parçasının analiz sonucu (Whitehouse - Pilosi vd., 91).

Hindistan’ın Nalanda kentinde ele geçen M.S. 5. yüzyıla ait %62,6 SiO₂, %17,8 Na₂O, %7 CaO, %6 Al₂O₃, %5 K₂O, %3,8 MgO oranlarından oluşan cam parçalarıyla yine Hindistan⁹⁹ Taxila’dan M.S. 6. yüzyıla ait cam örnekleri (Tablo 2.25) ve Eski

⁹⁷ Susan Auth HANDLER, “A Fragmentary Christian Gold-Glass at the Newark Museum”, 35-38. Cam varaklama ile ilgili önemli bir koleksiyon için bkz.: Aldona SNITKUVIENĖ, “Unikalios ankstyvosios krikdėionybės vertybės Mykolo Tiškevičiaus kolekcijoje: *auksinio stiklo Rinkiny*”, 30-38.

⁹⁸ David WHITEHOUSE - L. PILOSI vd., “Byzantine Silver Stain”, 85-96.

⁹⁹ Bkz. (32), CALEY, 69, 87.

Singapur Krallığı¹⁰⁰ cam boncukları (Tablo 2.26) Akdeniz havzası dışında, Uzak Doğu ülkelerinde de cam üretimini kanıtlar niteliktedir. M.S. 5-9. yüzyıllara ait cam örneklerinin kimyasal analizlerinin ortalamasına bakıldığında %66 cam yapıcı (SiO_2), %16,8 tadil edici (%14,5 Na_2O , %2,3 K_2O), %12,4 aracı (%7,3 CaO , %2,2 MgO , %2,9 Al_2O_3) oranlarından oluşan soda camı bileşimi ortaya çıkmaktadır.

Örnek	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	Al_2O_3	MgO
1	70,57	17,76	2,65	7,05	2,88	3,74
2	68,34	16,74	2,65	6,27	2,46	2,68
3	68,11	14,99	2,35	4,91	2,22	2,32

Tablo 2.25. Hindistan Taxila'daki M.S. 6. yy camlarının analiz sonucu (Caley, 87).

Örnek									
							Mavi/Beyaz	Mavi/Beyaz	Kahve/Beyaz
SiO_2	62,36	68,78	64,32	50,09	50,78	50	69,01/59,9	70,29/51,09	74/70,98
Na_2O	3,67	1,97	1,33	7,39	12,03	13	16,12/17,12	15,3/11,41	7,33/11,12
K_2O	7,1	5,76	6,23	0,3	3,65	4,04	0,68/1,93	1,18/0,87	1,83/1,54
CaO	2,09	2,33	1,55	0,23	4,63	5,35	7,16/3,8	5,08/3,79	7,3/7,51
Al_2O_3	4,57	4,78	5,48	1,36	8,5	6,89	2,38/5,71	4,32/3	5,1/3,74
MgO	1,7	1,91	1,4	2,38	1,95	2,66	0,57/1,28	0,29/0,26	1,02/0,95
MnO	0,16	0,22	0,16	5,11	0,11	0,18	0,45/1,4	1,26/0,81	0,3/0,23
TiO_2	0,25	0,25	0,26	0,53	0,59	0,41	0,09/0,3	0,16/0,11	0,51/0,37
SnO_2	<0,05	-	-	9,84	0,64	0,43	<0,05/5,98	<0,05/27,57	<0,05/0,21
FeO	3,98	1,73	3,9	10,28	2,12	2,37	0,9/1,29	0,66/0,65	0,93/1,25
CuO	10,64	10,09	13,05	<0,05	8,22	8,26	0,2/0,86	<0,05	<0,05/
PbO	<0,05	-	-	9,6	3,37	2,46	0,27/0,4	<0,05	<0,05
P_2O_5	1,6	1,44	0,91	1,72	1,28	0	0,15/0,23	0,14/0,11	0,34/1,61
Cl	0,19	-	-	-	0,8	0,72	0,84/1	0,84/0,6	0,63/0,45
SO_3	-	0,06	0,1	-	-	-	0,38/0,22	0,21/0,16	-

Tablo 2.26. Eski Singapur Krallığı'na ait boncukların analiz sonucu (Welter - Schüssler vd., 115-116).

M.S. 1. bine ait Antik Çağ cam örneklerinin kimyasal analizlerinin ortalamaları sonucunda %67 cam yapıcı (SiO_2), %18,3 tadil edici (%16,5 Na_2O , %1,8 K_2O), %12,4 aracı (%7 CaO , %1,8 MgO , %2,9 Al_2O_3) oranları ortaya çıkmaktadır. Bu döneme ait Antik Çağ camlarının analiz sonuçları daha erken dönem camlarla karşılaştırıldığında, şekillendirme teknikleri çeşitlenmiş olsa da bileşen oranlarının pek değişmediği görülmüştür.

¹⁰⁰ N. WELTER - U. SCHÜSSLER vd., "Characterisation of inorganic pigments in ancient glass beads by means of Raman microspectroscopy, microprobe analysis and X-ray diffractometry", 113-121.

3. ANTİK ÇAĞ CAMLARININ KİMYASAL VE FİZİKSEL BOZULMA NEDENLERİ

Arkeolojik kazı ortamından laboratuvara getirilen cam eser fotoğraflanarak gerekli bilgi fişleri doldurulduktan sonra ilk olarak korunmuşluk durumunun ve bozulmalarının tespiti gerekmektedir. Antik Çağ camları üretim aşamaları, buluntu yeri, bulunduğu ortam ve sonrasındaki dış müdahalelerden kaynaklanan etkiler ile bozulmaktadır. Bozulmanın derecesi ve hızı; camın yapısı, ortamın ısısı, pH değeri, tuz oranı ve camın maruz kaldığı suyun miktarına göre değişmektedir. Kuru, nemsiz ortamlarda camın çok iyi korunduğu bilinmektedir. Bunu hava ve nem alışverişinin yalıtımla kesildiği mezar ortamlarının bazılarında ele geçen cam eserlerden anlıyoruz (Resim 3.1). Camın kendi yapısından ve ortamın etkisinden kaynaklanan kimyasal ve fiziksel bozulmalar ortaya çıkmaktadır. Bu bozulmalar kendini ya cam yüzeyinin bozulması ya da çatlama ve kırılma olarak göstermektedir.



Resim 3.1. İyi korunmuş cam bilezikler (Koob, 2006, 13).

Antik Çağ camlarının bozulmaları, gözlem ve kimyasal analizler haricinde, mikroskopik ve spektral¹⁰¹ analiz (AFM¹⁰², TEM¹⁰³,

¹⁰¹ Elektronları uyararak maddenin yüzeyi hakkında bilgi alma prensibini kullanan tekniklerin tümüne (AES, UPS, XPS) bu ad verilir. Bkz. (10), DAVISON, 235; lazer spektroskopisi için bkz.: N. CARMONA - M. OUJJA vd., “Analysis of Corroded Glasses by Laser Induced Breakdown Spectroscopy”, 1155-1162.

¹⁰² Atomsal kuvvet mikroskobu; yüzeylerde atomların dizilişini görüntüleyen tarama sistemi. E. LESTER - N. HILAL vd., “Porosity in Ancient Glass from Syria (c.800 AD) using gas adsorption and atomic force microscopy”, 1323-1329.

¹⁰³ Geçirimli elektron mikroskobu; numunenin içinden geçirilen yüksek enerjili elektronların ayrıntılarının görüntülenmesi prensibine dayanır. P. FREDRICKX - I. De RYCK vd., “EPMA and μ -SRXRF Analysis and TEM-based Microstructure Characterization of a set of Roman Glass Fragments”, 326-333.

SEM¹⁰⁴, PIXE¹⁰⁵, PIGE¹⁰⁶, EPMA¹⁰⁷, XRF¹⁰⁸, SIMS¹⁰⁹, EDS¹¹⁰, WDS¹¹¹, AAS¹¹², ICP-AES¹¹³, EXAFS¹¹⁴, XSANES¹¹⁵) yöntemleriyle de belirlenebilmektedir¹¹⁶. Bu

¹⁰⁴ Taramalı elektron mikroskobu; çok küçük bir alana odaklanan yüksek enerjili elektronlarla yüzeyin taranması prensibiyle çalışır. Bkz. (10), DAVISON, 234; Lisa PILOSI - Mark T. WYPYSKI, "Technical Examination and Conservation of Glass", 66-68.

¹⁰⁵ Paricle/proton Induced X-ray Emission; bir malzeme ya da numunenin element birleşiminin tespiti için kullanılan bir teknik. Bkz. (10), DAVISON, 236; S.J. FLEMING - C.P. SWANN, "Roman Mosaic Glass: a study of Production Processes, using PIXE Spectrometry", 622-627.

¹⁰⁶ Proton Induced Gamma/ray Emission; numune analizi ve tahribatsız derinlik profili elde etmede, diğer iyon demeti yöntemlerini (özellikle PIXE) tamamlayan bir tekniktir. Nükleer analiz uygulamalarında da kullanılan PIGE metodu çoğunlukla protonların neden olduğu ve ani gama ışınlarının üretildiği nükleer reaksiyonlara dayanır. Bkz. (10), DAVISON, 321; B. GOMEZ-TUBIO - M.A. ONTALBA SALAMANCA vd., "PIXE-PIGE Analysis of late Roman Glass Fragments", 616-621. G. WEBER - L. MARTINOT vd., "Application of PIXE and PIGE Under Incident Variable Ion Beam Angle to Several Field of Archaeometry", 844.1-844.5.

¹⁰⁷ Elektron prob mikro analizi; bu teknikte numuneye gönderilen elektron demeti sonucunda meydana gelen demet-numune etkileşimi ile açığa çıkan X-ray ışınlarının dalga boylarının sınıflandırılmasıyla element analizi yapılır. EDS tekniğine göre daha hassastır. Bkz. (10), DAVISON, 235; Bkz. (104), FREDRICKX - RYCK vd., 326-333.

¹⁰⁸ X ışını flüoresans spektroskopisi; tahribatsız, hızlı, doğruluk oranı yüksek ve uygulama alanı geniş bir yöntemdir. Bkz. (10), DAVISON, 236; Bkz. (104), FREDRICKX - RYCK vd., 326-333.

¹⁰⁹ Yüksek vakum ortamında katıların birkaç mikrometre derinliğe kadar element ve isotopik analizlerinde kullanılır. Bu teknikte iyon kaynaklarından elde edilen oksijen (O) veya sezyum (Cs) iyonları, uygun voltaj altında hızlandırılarak analiz edilecek numune yüzeyine çarptırılırlar. Bu (birincil) iyon demetinin numune ile etkileşimi sonucu incelenen numune yüzeyinden sıçratılan (ikincil) iyonlar, manyetik alan altında kütlelerine göre ayrılırlar ve uygun detektörlerle sayılırlar. Örnekler için bkz.: D.S. McPHAIL, "Some Applications of SIMS in Conservation Science, Archaeometry and Cosmochemistry", 7107-7112; F.J.M. RUTTEN - M.J. ROE vd. (2006), "Surface Analysis of Ancient Glass Artefacts With ToF-SIMS: A Novel Tool for Provenancing?", 7124-7127.

¹¹⁰ Elektron dağılım spektroskopisi; her elementi karakteristik X-ışını spektrumlarına göre tanıyarak onların örnek içindeki oranlarının yüzde olarak belirlenmesidir. Bkz. (10), DAVISON, 234; Bkz. (105), PILOSI - WYPYSKI, 66-68.

¹¹¹ Dalga boyu dağılım spektroskopisi; berilyum ve uranyum arasındaki tüm elementlerin nokta analizi, çizgi analizi ve X-ışını haritalaması gerçekleştirilir. Bkz. (10), DAVISON, 235; Bkz. (105), PILOSI - WYPYSKI, 66-68.

¹¹² Atomik absorpsiyon spektroskopisi; yüksek sıcaklıkta gaz halinde bulunan element atomlarının elektromanyetik ışınları emmesi üzerine kurulmuştur. Emilen elektromanyetik ışınlar genellikle UV ve görünür alan ışınlarıdır. Bkz. (10), DAVISON, 237.

¹¹³ Eşleşmiş plazma atomik emülsiyon spektroskopisi; camlarda bileşen analizleri için plazma kaynağı olarak genellikle argon gazı kullanılan bir yöntemdir. Bkz. (10), DAVISON, 235; G. ZACHARIADIS, - E. DIMITRAKOUDI vd., "Optimized Microwave-Assisted Decomposition Method for Multi-Element Analysis of Glass Standard Reference Material and Ancient Glass Specimens by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry", 1448-1456.

¹¹⁴ Uzamış X-ray ışını soğurumlu ayrıntılı yapı spektroskopisi; X-ışını enerjisinin değişikliğine bağlı olarak soğurulmasında oluşan dalgalanmaları inceleyerek soğurmaya yapan atomun etrafındaki bağ yapısını incelemeye yarayan deneysel bir yöntemdir. Bruce M. BIWER - L. SODERHOLM vd., "Actinide Speciation in Glass Leach-Layers: An EXAFS Study", 1-8; G. N. GREAVES, "Corrosion Studies of Glass using Conventional and Glancing Angle EXAFS", C8.819-C8.824.

¹¹⁵ X-ışını soğurma yakın kenar spektroskopisi; yüksek hassasiyette bir element elektron spektroskopisidir. Simona QUARTIERI - Rosella ARLETTI vd., "Archaeometrical Analyses of Ancient Glass of the Imperial Age", 1-2.

¹¹⁶ Tüm bu yöntemlerin ayrıntıları için bkz.: Michele R. DERRICK - Dusan STULIK vd., **Scientific Tools for Conservation**, b.a.; bu yöntemlerin Türkçe karşılıkları için bkz.: Erdoğan TEKİN, **Metal Bilim ve Gereç Bilim Karşılıklar Sözlüğü** kullanılmıştır.

yöntemlerin her biri veya birkaçının karşılaştırması¹¹⁷ yüzey bozulmalarının nedenlerinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.

3.1. Yüzey Bozulmaları ve Nedenleri

Su altı buluntusu camlar, farklı bir çalışma konusu olduğundan¹¹⁸ bu çalışmanın genelindeki gibi yüzey bozulmaları ve nedenlerinde de değerlendirme dışında tutulmuştur¹¹⁹. Antik Çağ camlarında görülen yüzey bozulmaları, harmanının iyi karıştırılmaması ve içeriği, bulunduğu ortamdaki nem, ısı, pH değerlerinin ve toprak bileşenlerinin değişmesiyle ilişkilidir.

Antik Çağ'da cam harmanının karıştırılması sırasında bir arada kalan bileşenlerin ergime sırasında camda oluşturduğu *mikroinhomojenite* adı verilen, noktasal yoğunluklar (mikro bölgecikler) bazı bozulmalara neden olmaktadır. Silis kumunun beyaz görünümlü noktasal yoğunluğu gerilimli alanlar kırılma ve çatlamları; sodanın noktasal yoğunluğu nemin de etkisiyle yüzeyde lekeleri oluşturmaktadır.

Antik Çağ'da harmanın ergime ısısı ana yapıcı (SiO_2) ve araçların (CaO , MgO , Al_2O_3) azaltılması ve tadil edicilerin (Na_2O , K_2O) artırılmasıyla düşürülmekteydi. Tadil edici oranı yüksek camlar ortamın ısı, pH ve nem değişimiyle kimyasal çözünmeye daha hızlı uğramaktadır. CaO oranı %10'dan yüksek camlarda kimyasal çözünme daha az görülmektedir. Camdaki renk oksitler¹²⁰, fosfat ve (nadiren görülen) florürler¹²¹ de kimyasal çözünmenin hızlanmasına neden

¹¹⁷ M.J. BAXTER - H.E. COOL vd., "Comparing Glass Compositional Analyses", 399-414.

¹¹⁸ Stephen P. KOOB, **Conservation and Care of Glass Objects**, 18.

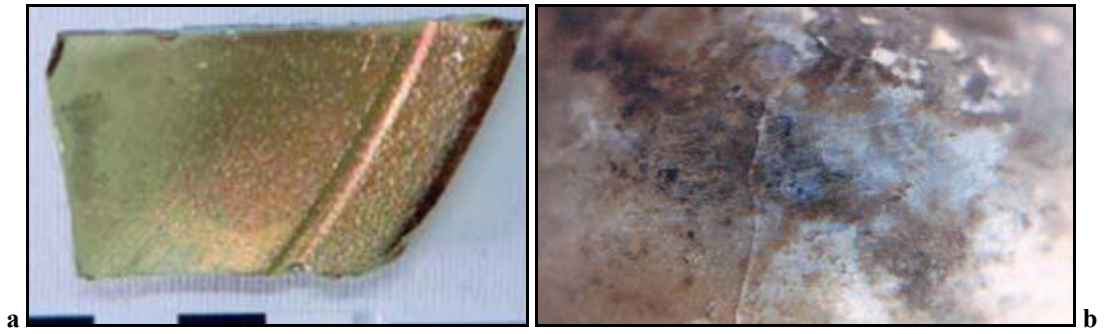
¹¹⁹ Su altı Antik Çağ camları için; Bkz. (10), DAVISON, 186-190; Bkz. (1), KOCABAŞ, 106-108; Alberta SILVESTRI-Gianmario MOLIN vd., "Archaeological Glass Alteration Products in Marine and Land-Based Environments: Morphological, Chemical and Microtextural Characterization", 1338-1349; Barbara Dal BIANCO-Renzo BERTONCELLO vd., "Glasses on the Seabed: Surface Study of chemical Corrosion in Sunken Roman Glasses", 91-100; Fabio BARBANA-Renzo BERTONCELLO vd., "Alteration and Corrosion Phenomena in Roman Submerged Glass Fragments", 136-141; Jane PANNELL, "Conservation of Glass in Bodrum Museum of Underwater Archaeology", 47-50; Fabio BARBANA-Renzo BERTONCELLO vd., "Alteration and Corrosion Phenomena in Roman Submerged Glass Fragments", 136-141.

¹²⁰ Bkz. (1), KOCABAŞ, 107.

¹²¹ Bkz. (119), KOOB, 14.

olmaktadır¹²². Antik Çağ camlarının yüzey bozulmaları ve nedenlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için kimyasal çözünme aşamaları aşağıda incelenmiştir.

Camdaki tadil edicilerin (Na_2O / K_2O) iyonları karşılaştıkları su veya nemdeki hidrojen iyonlarıyla yer değiştirerek hidroksit (sodyum hidroksit NaOH / potasyum hidroksit KOH) oluşumunu yani difüzyon yoluyla hidratasyon sürecini başlatmaktadır. Bu şekilde bozulmaya başlayan yüzey, koruyucu bir kalkan oluşturur. Bu sürecin başında, Antik Çağ camının içinde bulunduğu topraktaki metallerin cam yüzeyin difüze olması sonucunda¹²³ yüzeyde sedefli (yanardöner) bir görünüm¹²⁴ (Resim 3.2.a), toprakta metal olmaması durumunda ise oluşan NaOH ve KOH 'dan dolayı da matlaşma¹²⁵ (Resim 3.2.b) görülebilir.



Resim 3.2. a) Cam yüzeyinde sedefli (yanardöner) görünüm (Lampropoulos, Leakou vd., 36); **b)** Cam yüzeyinde matlaşma (Lampropoulos, Leakou vd., 36).

Hidroksitler (NaOH / KOH) atmosferdeki karbondioksit iyonları ile reaksiyona girerek karbonatları (sodyum karbonat Na_2CO_3 / potasyum karbonat K_2CO_3) oluşturur. Cam yüzeyindeki karbonat oluşumu, ortamın nemini bünyesine daha hızlı çeker. Karbonat oluşumunun camın yüzey bozulmasına olan etkisi ve ortaya çıkan sonuç, camın bileşenlerine göre değişmektedir. CaO oranı yüksek Na_2O oranı düşük camlarda, yüzeydeki karbonat oluşumu nem emerek başlangıçta açık (beyaz), daha sonra koyu (kahverengi / siyah) renkli lekeler görülmektedir¹²⁶ (Resim 3.3.a). CaO

¹²² Barbara DAL BIANCO - Renzo BERTONCELLO vd., “Surface Study of Water Influence on Chemical Corrosion of Roman Glass”, 393-396.

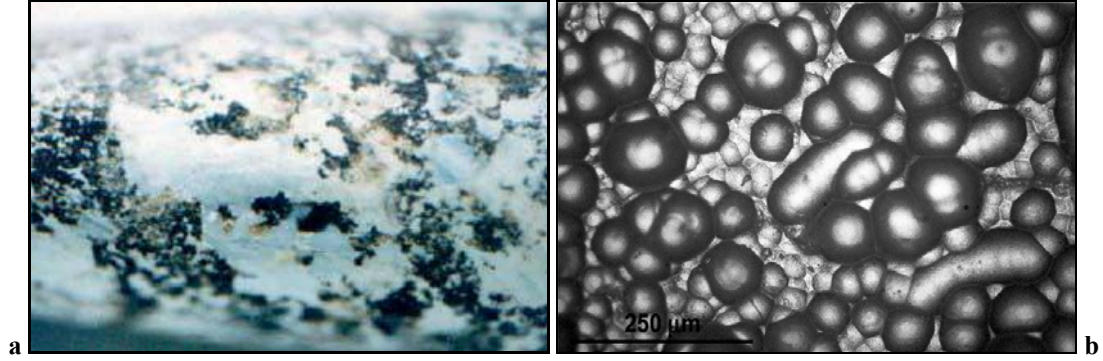
¹²³ Yard. Doç. Dr. İlhan Hasdemir ile 16 Nisan 2010 tarihinde yapılan özel görüşme.

¹²⁴ Bu tabaka Fransızca yanardöner, sedefli görünüm anlamına gelen “irizasyon” adıyla tanımlanmaktadır. Bkz. (1), BAŞARAN, 74-79.

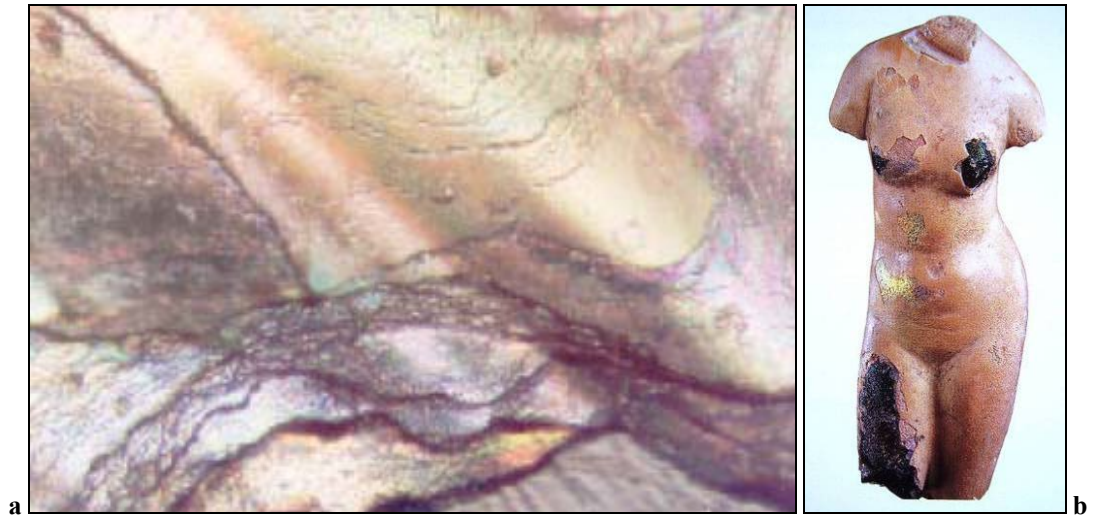
¹²⁵ Jerzy KUNICKI-GOLDFINGER, “Preventive Conservation Strategy for Glass Collections. Identification of Glasses Susceptible to Crizzling”, 301-304.

¹²⁶ Bu bozulmaya *süt beyazı* veya *mine aşınma* da denilmektedir; Bkz. (10), DAVISON, 184; Bkz. (1), BAŞARAN, 74-75, 79.

oranı düşük Na_2O oranı yüksek camlarda ise, karbonat hacimlerinin artmasıyla (Resim 3.3.b) oluşan iç baskıyla ($V_{\text{Na}_2\text{O}} < V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$), yüzey yapraklanmaktadır.

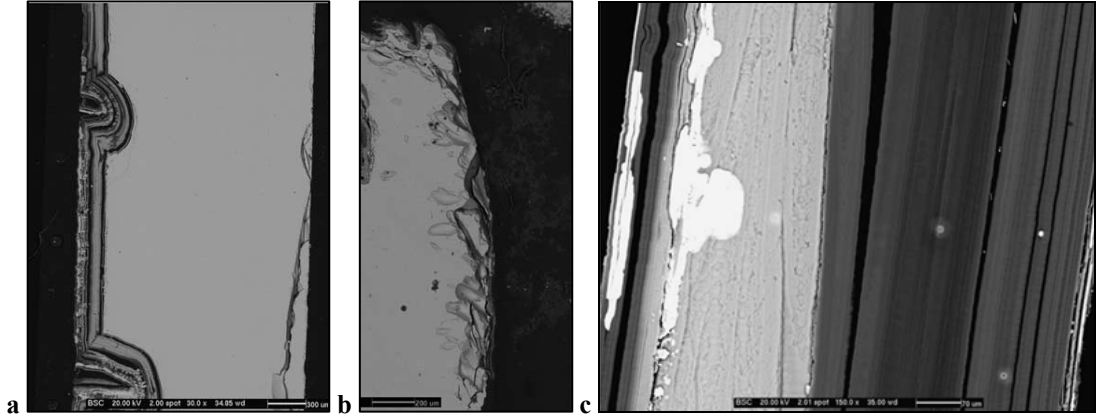


Farklı kalınlıklarda (mikroskobik kalınlıktan birkaç milimetreye kadar değişen) sedefli (yanardöner) görünümlü kırılğan yapraklanma, bir ya da birkaç katlı olabilir¹²⁷ (Resim 3.4). Birbirine paralel oluşan yapraklanmanın görüldüğü Antik Çağ cam yüzeylerinin elektron mikroskobunda alınan görüntüleri oluşumun yapısı ve kalınlığı hakkında bilgi vermektedir (Resim 3.5). Yapraklanan yüzeyin kısmen (pul pul) veya bir bütün halinde dökülmesi sonucunda yüzey kaybına (aşınmaya) uğrayan (Resim 3.6) Antik Çağ camı matlaşır (Resim 3.7).



Resim 3.4. a) Mikroskobik kalınlıktaki birkaç katlı yapraklanma (metalografik mikroskop görüntüsü) (Lampropoulos, Leakou vd., 44); **b)** Cam yüzeyinde kabuk şeklinde yapraklanma (Koob, 2006, 17).

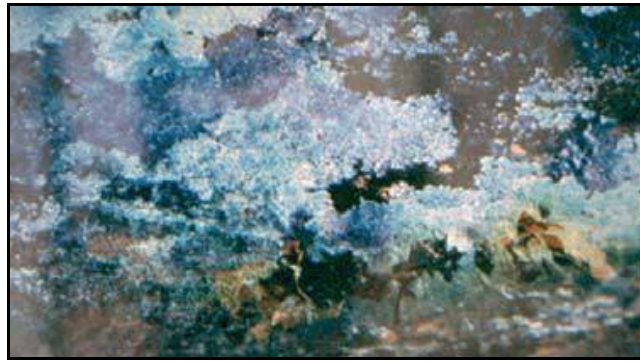
¹²⁷ Bkz. (119), KOOB, 13.



Resim 3.5. Yüzey yapraklanmalarının elektron mikroskobu görüntüleri (Silvestri - Molin vd., 1346).



Resim 3.6. Yüzey yapraklanmasının yer yer dökülmesi (a) Koob, 2006, 14; b) Başaran, Res.30).



Resim 3.7. Yüzey kaybı sonucunda görülen matlaşma (Lampropoulos, Leakou vd., 37).

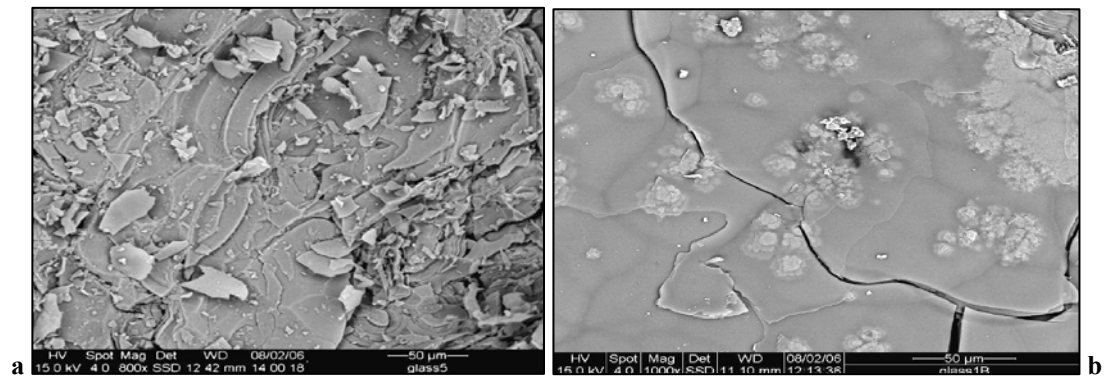
M.S. 1. bine ait 4 adet Mısır cam örneğinin, yüzeyine yapılan analizlerinde¹²⁸ (Tablo 3.1), %10 oranından az CaO (%6,7-7,79 arasında) ve yüksek oranda Na₂O (%12,7-14,72 arasında) görülmektedir. Sedefli (yanardöner) görünümlü korozyonlu

¹²⁸ R. ABD-ALLA, “Devitrification Behaviour of Corroded Glass: Four Cases Study”, 39-49.

yüzeyde Na_2O oranının (%3,92-6,12 arasına) düşmesi Antik Çağ camlarının yüzeyinin kimyasal çözünmeye uğradığını kanıtlamaktadır. Kimyasal çözünmeyle örnek 1’de sedefli (yanardöner) görünümlü bozulmaya uğramış yüzeyin pul pul döküldüğü ve örnek 2’de bozulmaya uğramış yüzeydeki mikro çatlakların, yüksek CaO oranına bağlı azlığı elektron mikroskobuyla alınmış fotoğraflarda (Resim 3.8) açıkça görülmektedir.

Örnek	1		2		3		4	
	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası
SiO_2	71,76	77,43	73,55	78,02	75,92	79,62	75,94	81,07
Na_2O	14,72	5,13	13,41	6,12	12,07	5,18	12,31	3,92
K_2O	0,86	0,31	0,76	0,11	0,61	0,28	0,77	0,31
CaO	6,87	7,19	7,79	8,32	6,73	7,36	6,8	7,42
Al_2O_3	2,83	4,02	2,65	2,2	2,55	4,06	2,13	4,09
MgO	1,33	2,46	1,43	2,06	1,05	1,74	1,1	1,45
Fe_2O_3	0,76	2,53	0,52	1,38	0,5	1,12	0,47	1,02
MnO	0,81	0,85	0,6	0,79	0,57	0,64	0,52	0,72

Tablo 3.1. M.S. 1. bin Mısır cam örneklerinin yüzey ve bozulma tabakası analizleri (Abd-Alla, 45).



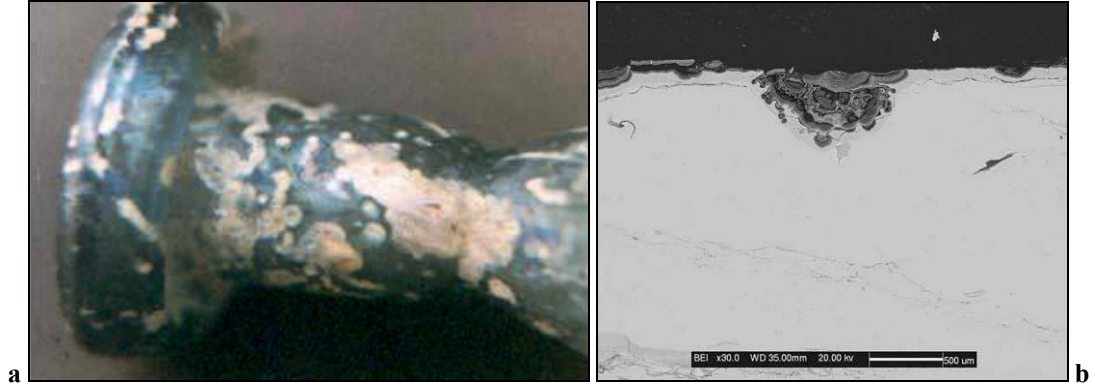
Resim 3.8. a) Sedefli (yanardöner) görünümlü bozulmaya uğramış yüzeyin pul pul dökülmesi (elektron mikroskobu görüntüsü) (Abd-Alla, 47); b) Bozulmaya uğramış yüzeydeki mikro çatlakların yüksek CaO oranına bağlı azlığı (elektron mikroskobu görüntüsü) (Abd-Alla, 47).

Hollanda’da (Bocholtz) bulunan M.S. 1. bin Antik Çağ cam kaplarının yüzey ve bozulma tabakalarına yapılan analiz sonuçları Tablo 3.2’de verilmektedir. Sonuçta, cam bileşenlerinden CaO oranının %6’dan düşük olmasına karşın Na₂O oranının yüksek tutulması, bu camların üfleme tekniğinde şekillendirilmiş olmasına dayandırılabilir. Cam yüzeylerinde, %17’den çok olan Na₂O oranının, bozulma tabakasında %0,24 ile %4,8 arasına gerilemesi kuvvetli bir kimyasal çözünmeye işaret eder. Ayrıca, Antik Çağ’da tavlama eksikliğinden kaynaklı üretim sonucunda ortaya çıkan gerilimli camların, kimyasal bozulma hızının gerilimsiz camlara göre daha fazla olduğu bilinmektedir.

	Örnek 1 Kâse, Renksiz		Örnek 2 Kâse, Açık Yeşil		Örnek 3 Kâse, Yeşilimsi Sarı		Örnek 4 Kulplu Şişe, Renksiz	
	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası
SiO ₂	69,6	86,58	69,96	84,06	66,12	86,5	69,14	88,75
Na ₂ O	18,66	2,12	18,79	4,8	19,61	0,9	18,76	1,03
K ₂ O	0,37	0,34	0,38	0,39	0,47	0,26	0,43	0,23
CaO	5,47	6,46	5,6	6,61	5,77	6,57	5,31	6,18
Al ₂ O ₃	1,74	1,74	1,81	1,81	2,16	2,45	1,83	1,48
MgO	0,28	0,35	0,29	0,32	0,57	0,66	0,32	0,32
TiO ₂	0,07	-	0,08	-	0,15	-	0,08	-
Fe ₂ O ₃	0,31	0,57	0,34	0,41	0,59	0,8	0,37	0,38
MnO	0,02	0,3	0,02	-	0,02	0,09	0,01	-
P ₂ O ₅	0,04	-	0,05	-	0,06	-	0,04	-
Cl	-	1,65	-	1,56	-	1,79	-	1,72
	Örnek 5 Kulplu Şişe, Renksiz		Örnek 6 Sürahi Renksiz		Örnek 7 Sürahi Renksiz		Örnek 8 Sürahi Renksiz	
	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası
SiO ₂	68,98	87,94	69,15	87,16	68,18	88,08	70,4	88,37
Na ₂ O	19,24	1,92	18,96	0,46	19,43	0,24	17,13	1,16
K ₂ O	0,34	0,17	0,5	0,24	0,48	0,2	0,37	0,14
CaO	5,12	5,67	5,9	7,23	5,71	6,76	5,27	6,33
Al ₂ O ₃	1,8	1,7	2,11	2,34	2,01	1,95	1,8	1,41
MgO	0,3	0,38	0,35	0,43	0,36	0,43	0,28	0,19
TiO ₂	0,07	-	0,09	-	0,09	-	0,08	-
Fe ₂ O ₃	0,34	0,34	0,49	0,58	0,46	0,57	0,37	0,4
MnO	0,01	0,2	0,12	0,21	0,07	0,09	0,01	0,19
P ₂ O ₅	0,03	-	0,05	-	0,04	-	0,03	-
Cl	-	1,76	-	1,52	-	1,71	-	1,86

Tablo 3.2. M.S. 1. bin cam kaplarının yüzey ve bozulma tabakası analizleri (Huisman - Pols vd., 407).

Antik Çağ'da harmanın yetersiz karıştırılması sonucunda tadil edicilerin oluşturduğu mikro bölgecikler (noktasal yoğunluk), kimyasal çözünme ve dökülme sırasında Antik Çağ camlarının yüzeyinde çukurlar oluşturabilmektedir (Resim 3.9.a). Çukur şeklindeki bozulma Antik Çağ'da cam harmanının karıştırılmasıyla ilişkili olarak ya Antik Çağ cam yüzeyinin tamamında ya da bir bölümünde oluşmaktadır¹²⁹. Antik Çağ camlarında bölgesel çukur oluşumu şeklindeki yüzey bozulması elektron mikroskobuyla elde edilen kesit görüntüsünde açıkça görülebilmektedir (Resim 3.9.b). Noktasal çukurlar şeklinde olabilen bu yüzeysel bozulma mikroinhomojenite bölgeleri daha büyük olduğunda bozulma *yarık oluşumu* şeklinde de görülmektedir.



Resim 3.9. a) Cam yüzeyinde çukur oluşumu (Lampropoulos, Leakou vd., 36-37); **b)** Çukur oluşumunun elektron mikroskobunda alınan kesit görüntüsü (Silvestri – Molin vd., 1344).

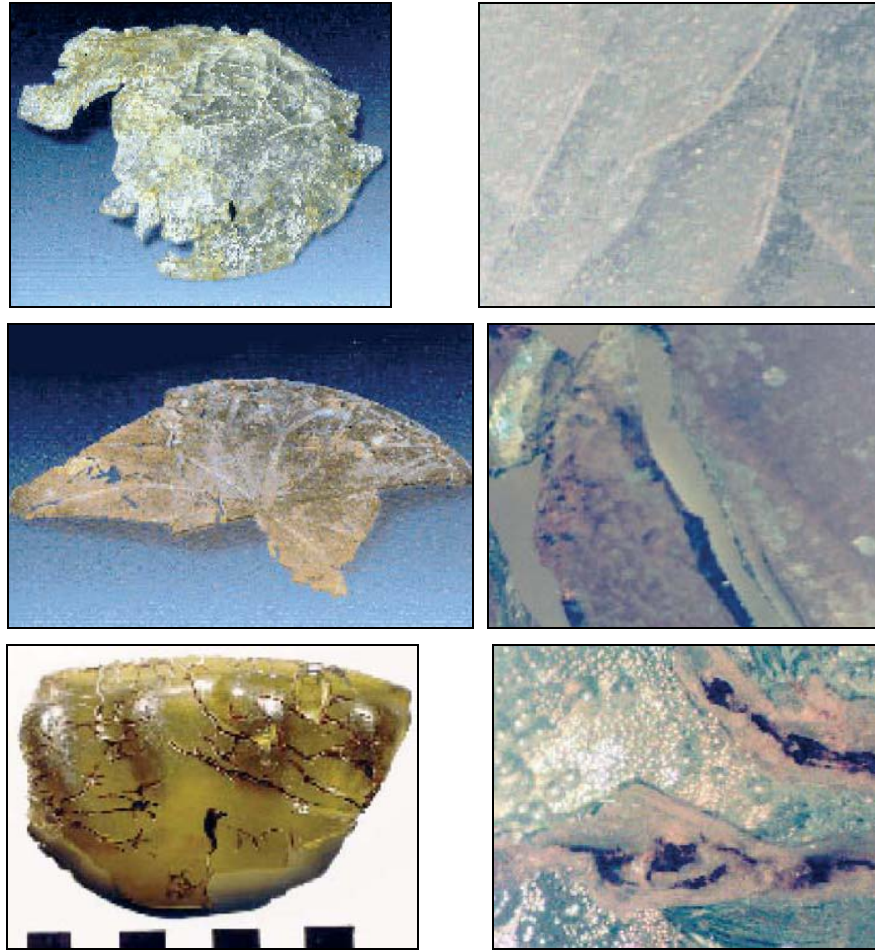
Antik Çağ camlarının yüzeyindeki yarık oluşumu¹³⁰ ilk kez 1960'da Tarrha¹³¹ cam buluntularında tespit edilerek, bu bozulmanın mikro organizma kaynaklı olup olmadığı tartışmaya açılmıştır. Geniş çukurların gelişmiş veya birleşmiş şeklinde yorumlanan bu bozulma tipi görünüş ve element kaybı açılarından çukur oluşumuyla benzer, ancak yarıkların içinde nerdeyse tamamen yok olan Na_2O bu oluşumda kaybın daha fazla olduğunu göstermektedir. Antik Çağ camlarının yüzeyinde oluşan yarıklar birbirinden bağımsız çizgiler halinde olabileceği gibi birbirine bağlı kanallar görünümünde de olabilmektedir. Nem, tuz ve camda kullanılan tadil edicilerin miktarı diğer yüzey bozulmaları gibi bu tip yarık oluşumunda da ana etkenlerdir. Çukur ve yarık oluşumu

¹²⁹ Vasilios LAMPROPOULOS - Antigoni LEAKOU vd., "Study and Comparisons Between Ploughing and Other Forms of Corrosion of Greek Archaeological Glass", 36-37.

¹³⁰ Bkz. (130), LAMPROPOULOS - LEAKOU vd., 38-45.

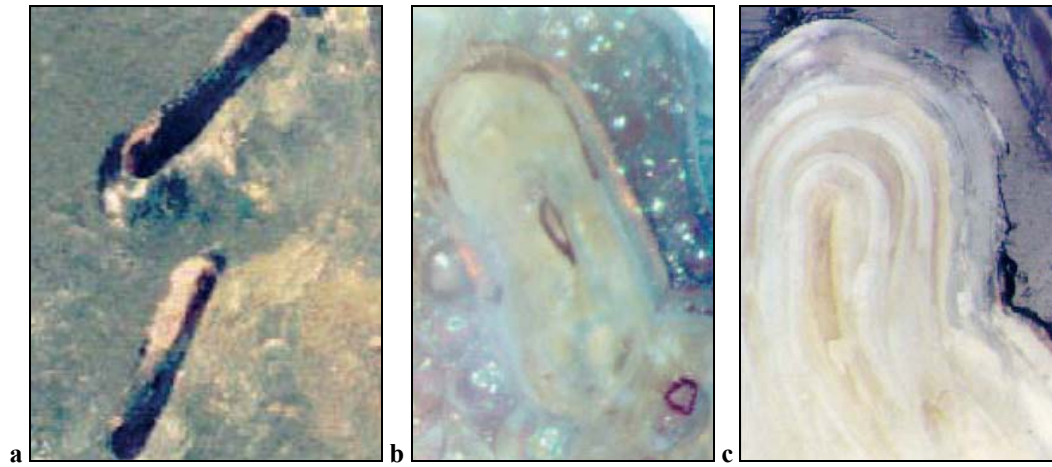
¹³¹ Thomas S. BUECHNER, "The Glass from Tarrha", 109-117.

şeklindeki yüzey bozulmalarının yoğun olarak görüldüğü Rodos'ta ele geçen Antik Çağ camları (Resim 3.10) aynı cam parçasında her iki bozulmanın görüldüğünü göstermesi açısından önemlidir¹³². Yarık oluşumu şeklindeki yüzey bozulmasının neden ve sonuçlarının anlaşılabilmesi için Rodos cam örnekleri üzerinde yapılan mikroskobik görüntüleme çalışmalarında, oluşumun yüzeyin tamamını kaplamadığı ve belli bir düzen sergilemediği (bazen birbirinden bağımsız çizgiler bazen de kanallar halinde) görülmüştür (Resim 3.10). Resim 3.11.a'da yer yer oluşan düzensiz yarıklar, Resim 3.11.b'de kimyasal çözünmeye uğramış bir yarık; Resim 3.11.c'de bir yarığın yatay kesiti görülmektedir. Yapılan analizler (Tablo 3.3) ve analiz sonuçlarının grafiği (Tablo 3.4), çukur ve yarık oluşumundaki Na₂O oranları iki bozulma arasındaki (çukur ve yarık) kayıp farkını ve bu kaybın ne kadar çok olduğunu kanıtlamaktadır.



Resim 3.10. Cam yüzeyde yarık oluşumu şeklindeki bozulma (Lampropoulos, Leakou vd., 43).

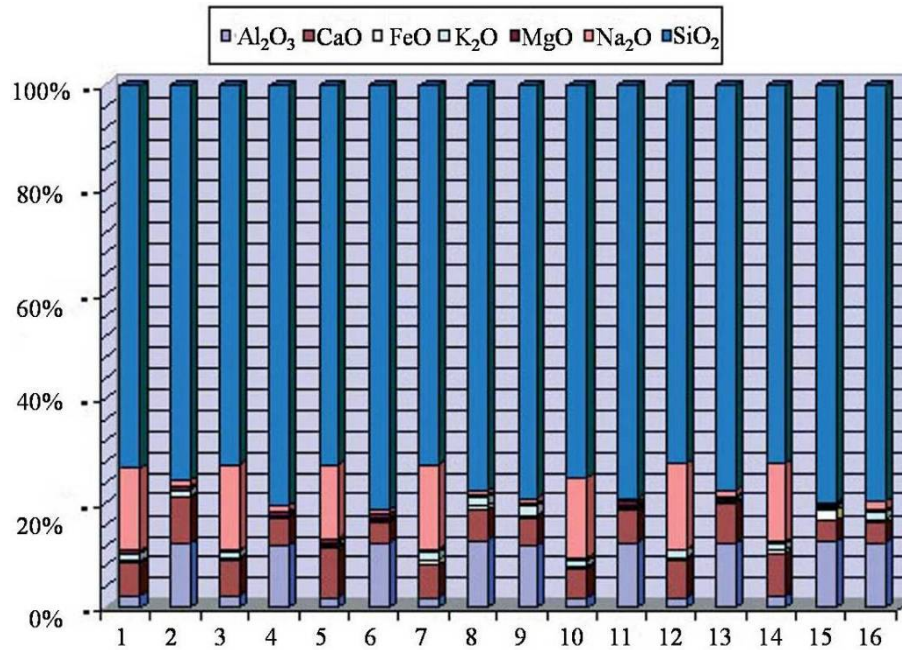
¹³² Bkz. (130), LAMPROPOULOS - LEAKOU vd., 38.



Resim 3.11. Yarık oluşumu (elektron mikroskobu görüntüsü) (Lampropoulos, Leakou vd., 39, 41, 44).

Oksit	Örnek 1		Örnek 2		Örnek 3		Örnek 4		
	Yüzey	Yarık içi	Yüzey	Yarık içi	Yüzey	Yarık içi	Yüzey	Yarık içi	Çukur içi
SiO ₂	73,18	75,63	72,61	80,63	72,67	80,68	72,62	77,69	78,01
Na ₂ O	15,82	1,18	16,32	1,23	14,22	0,81	16,23	0,79	1,96
K ₂ O	1,45	1,32	0,99	0,25	0,69	0,31	1,34	1,47	1,78
CaO	6,41	8,91	7,12	5,33	9,4	3,85	6,18	5,81	5,38
Al ₂ O ₃	2,16	12,16	2,17	11,71	2,05	12,44	2,05	12,82	11,85
MgO	0,58	0,67	0,36	0,43	0,57	0,84	0,64	0,42	0,41
FeO	0,39	0,11	0,41	0,41	0,39	0,31	0,94	1,01	0,61
Oksit	Örnek 5		Örnek 6		Örnek 7				
	Yüzey	Yarık içi	Yüzey	Yarık içi	Yüzey	Yarık içi	Çukur içi		
SiO ₂	75,08	79,26	72,37	77,58	72,85	79,81	79,5		
Na ₂ O	15,36	0,43	16,51	0,98	14,93	0,44	1,79		
K ₂ O	1,03	0,63	1,16	0,76	1,35	0,7	1,25		
CaO	5,78	6,2	7,48	7,83	8,24	4,13	3,96		
Al ₂ O ₃	1,82	12,49	1,84	12,13	2,16	12,66	12,42		
MgO	0,58	0,69	0,25	0,44	0,41	0,51	0,46		
FeO	0,35	0,3	0,39	0,28	0,67	1,75	0,62		

Tablo 3.3. Rodos cam örneklerinin analiz sonuçları (Lampropoulos, Leakou vd., 43).



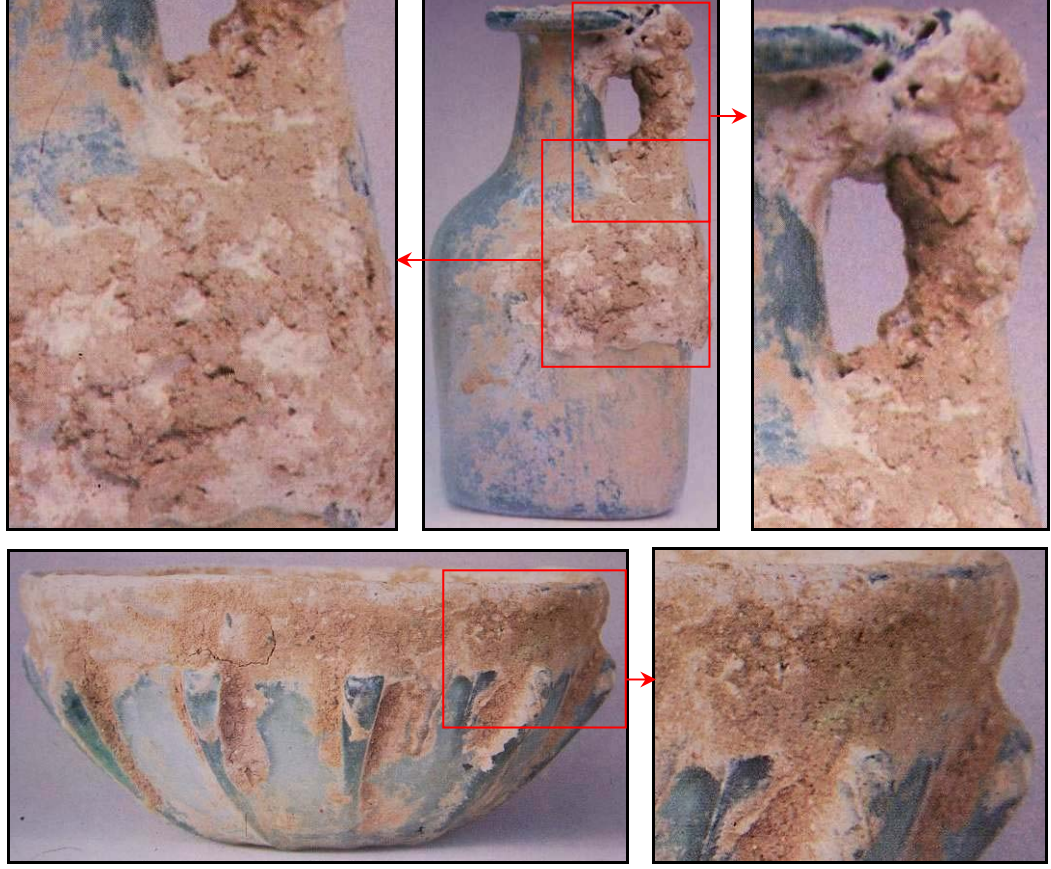
Tablo 3.4. 1 (Örnek 1; yüzey), 2 (Örnek 1; yarık içi), 3 (Örnek 2; yüzey), 4 (Örnek 2; yarık içi), 5 (Örnek 3; yüzey), 6 (Örnek 3; yarık içi), 7 (Örnek 4; yüzey), 8 (Örnek 4; yarık içi), 9 (Örnek 4; çukur içi), 10 (Örnek 5; yüzey), 11 (Örnek 5; yarık içi), 12 (Örnek 6; yüzey), 13 (Örnek 6; yarık içi), 14 (Örnek 7; yüzey), 15 (Örnek 7; yarık içi), 16 (Örnek 7; çukur içi) (Lampropoulos, Leakou vd., 42).

Toprağın üst kesimlerinde bulunan Antik Çağ camlarının yüzeyleri, suyla taşınan çözünabilir kalsiyum karbonat (CaCO_3), magnezyum karbonat (MgCO_3) ve sodyum karbonat (Na_2CO_3) gibi karbonatlı tuzlar; kalsiyum sülfat (CaSO_4), magnezyum sülfat (MgSO_4) ve sodyum sülfat (Na_2SO_4) gibi sülfatlı tuzlar; magnezyum klorür (MgCl), sodyum klorür (NaCl) ve potasyum klorür (KCl) gibi klorürlü tuzların etkisiyle kabuklaşma şeklinde tabakayla kaplanabilir¹³³ (Resim 3.12). Tablo 3.2’de bozulmuş yüzeylere yapılan analizde ortaya çıktığı görülen Cl, Hollanda’da (Bocholtz) bulunan M.S. 1. bin Antik Çağ cam kaplarının toprak altındaki ortamlarında suyla taşınabilen çözünür tuzlara maruz kalarak kabuklaşma şeklinde tabakayla kaplandığını kanıtlamaktadır. Toprak altında metal eserlerle yan yana (birbirine değen) bulunan cam eserlerin yüzeylerinde yoğun renk değişimi ve lekelenmeler meydana gelebilmektedir¹³⁴. Bakterilerin de Antik Çağ camlarında

¹³³ Bkz. (129), ABD-ALLA, 39-49; Bkz. (10), DAVISON, 171-172.

¹³⁴ Bkz. (10), DAVISON, 172.

yüzey bozulmasına neden olduğu görüşüne¹³⁵ karşın bu tip sülfat bozulmaları ancak yüksek kurşunlu camlarda görülebilir¹³⁶.



Resim 3.12. Çözünabilir tuzların cam yüzeyinde oluşturduğu tabakalanma (Lightfoot - Arslan, 35, 94).

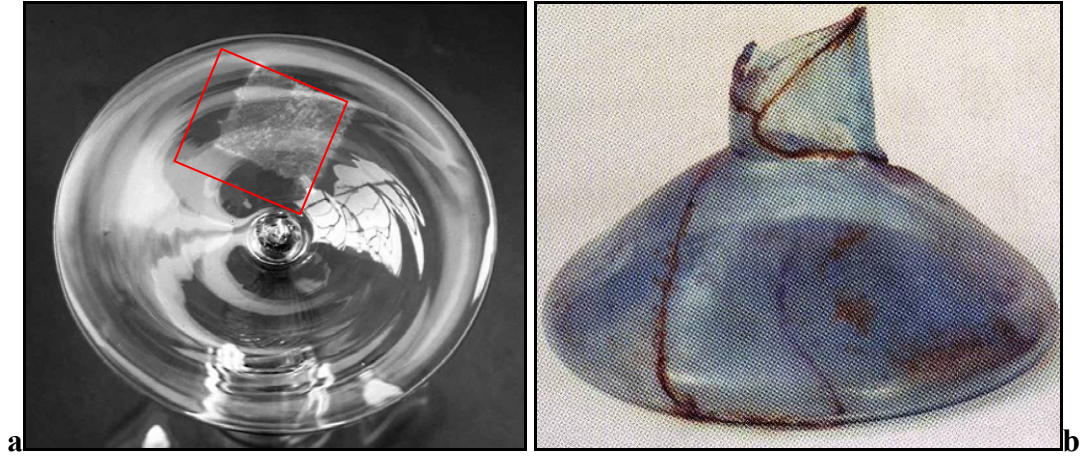
Antik Çağ camları bulundukları ortamdan çıkartılarak doğru restorasyon ve konservasyon aşamalarından geçirilmemesi, yüzey bozulmalarını artırır. Restorasyon ve konservasyon sürecinde, yüksek oranda kimyasal kullanımı matlaşma ve yüzey kaybına; birleştirmede ve etiketlemede kullanılan yapışkanlı bantların nemle çözünmesi lekelerle¹³⁷ (Resim 3.13.a); dayanımsız (Resim 3.13.b) ve geri dönüşümsüz yapıştırıcılar (ör.: termoset reçineler) sararmaya; onarımda bilinçsizce kullanılan metal kenet ve perçinlerin korozyonu lekelerle¹³⁸ (Resim 3.14.a) neden olur.

¹³⁵ Bkz. (10), DAVISON, 193; Bkz. (1), BAŞARAN, 79; Ayşe Gülçin KÜÇÜKKAYA, **Taşların Bozulma Nedenleri Koruma Yöntemleri**, 86.

¹³⁶ Bkz. (119), KOOB, 14-15.

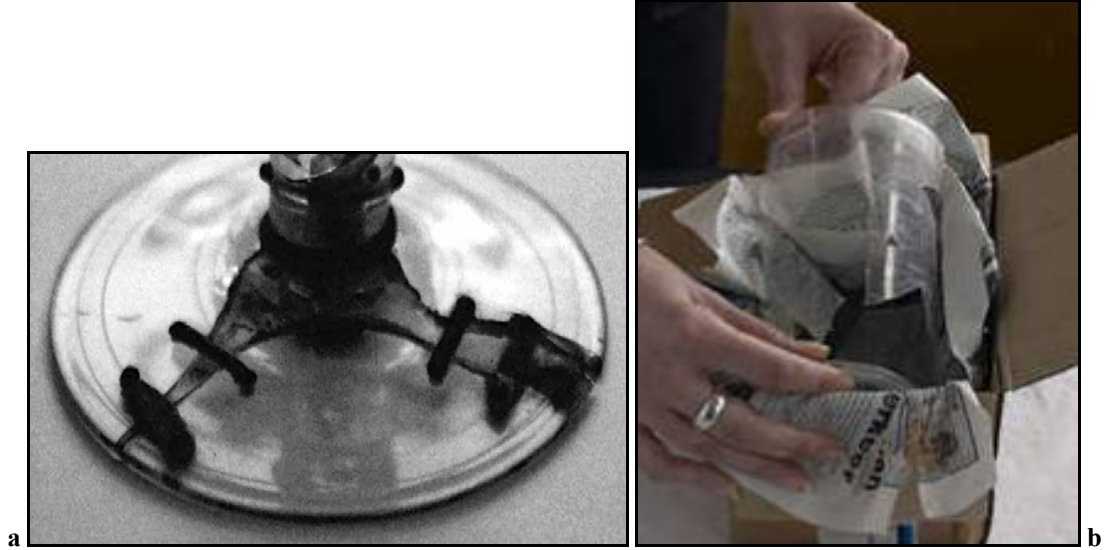
¹³⁷ A.g.k., 45.

¹³⁸ Bkz. (10), DAVISON, 173.



Resim 3.13. a) Cam yüzeyde sabit kalan etiket izi (Davison, 2006, 173); **b)** Dayanımsız bir yapıştırıcının (Arap zımkı) sararak oluşturduğu lekeler (Koob 2006, 112).

Depolama ve sergileme sürecindeyse, uygun olmayan nem ve ısı ortamı, ısı ve UV (morötesi) ışın veren aydınlatma¹³⁹, kimyasal madde içeren malzemelerle paketlenme (Resim 3.14.b) ve tüm bunların kontrol edilmemesi Antik Çağ camlarının yüzeyinde matlaşma ve renk değişimine yol açar.



Resim 3.14. a) Onarımda kullanılan metal kenetlerin korozyon sonucu lekeler oluşturması (Davison, 2006, 173); **b)** Kimyasal madde içeren gazete kâğıdıyla yapılan paketlenmenin yüzeyi matlaştırması (<http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009).

¹³⁹ Bkz. (119), KOOB, 137.

3.2. Çatlama ve Kırılmaların Nedenleri

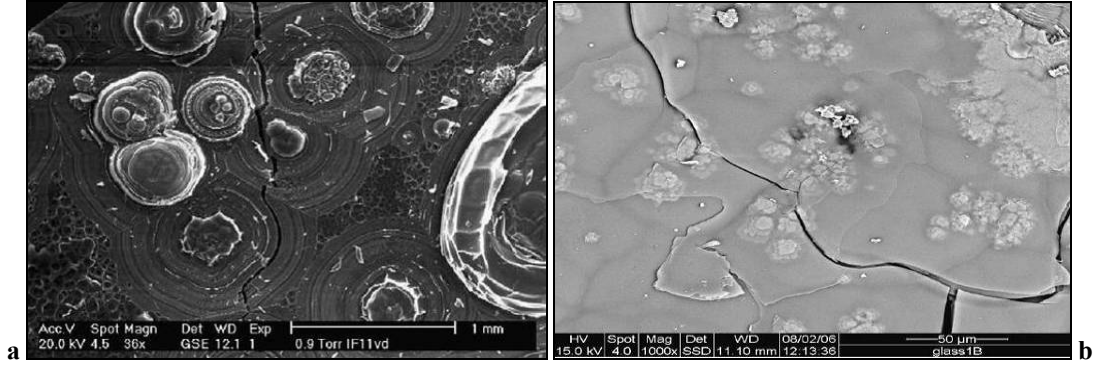
Antik Çağ camlarının, soda oranının yüksek olması yapısal dayanımın zayıflığına, üretimde kontrollü soğutulamaması gerilimli olmasına, cam ergitme fırının ısısının yetersiz olması yoğun habbeli olmasına neden olmaktadır (Resim 3.15.a). Bahsedilen bu nedenlerden ve bulundukları ortamdaki ani değişimlerden dolayı da Antik Çağ camları genellikle elimize çok parçalı geçmektedir (Resim 3.15.b). Kimyasal çözünme konusunda da değinildiği gibi¹⁴⁰ karbonatların oluşumu ve hacimlerinin artması, camın yapraklanan yüzeyinin dökülmesine neden olmaktadır. Oluşan iç baskı¹⁴¹ yüzey kaybının yanı sıra kılcal çatlaklara ve kırılmalara da neden olabilmektedir (Resim 3.16).



Resim 3.15. a) Cam eserde görülen habbeler (Özet, 102); **b)** Parçalı ele geçen Antik Çağ camları (Lierke, 53).

¹⁴⁰ Bkz. yukarıda sayfa 35-40.

¹⁴¹ Bkz. (1), BAŞARAN, 74-75.



Resim 3.16. Elektron mikroskobunda görülebilen kılcal çatlaklar
(a) Dal Bianco - Bertoncetto vd., 97; b) Abd-Alla, 47).

Şekillendirme sonrası tavlama aşamasında Antik Çağ camlarının uzun sürede ve yavaş soğutulamaması gerilimli bölgeleri oluşturur¹⁴². Camın, havayla doğrudan temas eden iç ve dış yüzeyleri hızlı, cidar kalınlığının içinde kalan kısmıysa yavaş soğuyarak katılaştığından, kalın camların gerilimsiz üretilmesi daha zordur. Antik Çağ camlarının tavlama ve üretim teknikleri düşünüldüğünde; M.S. 1 bin öncesinde üretilmiş camların gerek kalınlıkları gerekse yetersiz tavlama sonucunda, M.S. 1 binden sonra üfleme tekniğinde üretilen ve fırınların tavlama bölümünde soğutulan camlara nazaran daha gerilimli olduğu söylenebilir. Antik Çağ'da bahsedilen nedenlerden dolayı gerilimli üretilen bu camların ani ısı değişimi veya darbeye çatlayıp parçalanması olasıdır. Toprak altındaki nemli ve tuzlu ortamından, aniden sıcak ve güneşli ortama çıkarılan camın kılcal çatlaklarında kristalleşen tuzun veya buzlanmanın etkisiyle genişleme sonucunda çatlakların arasında oluşacak baskı kırılmaları yol açar. Bitki ve ağaçların toprak altından ilerleyen kökleri cam kapların ağız kısmından içine (Resim 3.17) veya kılcal çatlaklarına girerek zamanla büyümesi sonucunda baskıyla parçalara ayrılmasına neden olmaktadır. Ayrıca toprak altında yuva yapan ve yumurta bırakan canlılar (köstebek, karınca, yılan gibi), hareket, baskı ve oluşturdukları boşluklarla Antik Çağ camlarının kırılmasına neden olabilmektedir.

¹⁴² A.g.k., 78.



Resim 3.17. Ağaç köklerinin fiziksel tahribatı (Baykan, 182).

Ülkemizdeki arkeolojik alanların en önemli problemlerinden biri olan defineci tahribatları, cam eserlerin de parçalanarak bir araya getirilemeyecek kadar dağılmasına neden olmaktadır. *İlk Müdahaleler ve Belgeleme* bölümünde değinilecek¹⁴³ toprak altı Antik Çağ camlarının bulunuşu ve kaldırışı sırasında uyulması gereken kuralların göz ardı edilmesi geri dönüşü olmayan fiziksel bozulmalarla sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle toprak altı Antik Çağ camları bulunduğunda: buluntu ortamına dikkat etmek, güneş ışığından koruyarak nemini aniden kaybetmesini engellemek, etrafındaki toprağı uygun (kesici veya delici olmayan) aletlerle temizleyip yüzeyine yapışmış toprağa dokunmamak ve hassas davranarak titreşim yaratmamak fiziksel bozulmaları en aza indirecektir.

Gösterilecek bu özenin laboratuvar ortamında da devam etmesi gerekmektedir. Alanında uzman olmayan kişiler tarafından yapılan restorasyon uygulamalarında, eserin iyi gözlemlenmeden ve yeterli araştırma yapılmadan temizlenmesi, yanlış birleştirme yöntemleriyle camın yapısına uygun olmayan ve geri dönüşümsüz yapıştırıcıların ve tümleme malzemelerinin kullanılması da Antik Çağ camlarında çatlama ve kırılmalara neden olabilmektedir. Antik Çağ camının yapısına ve gerilimine uygun olmayan bir tümleme malzemesiyle restore edilen bir eserin, gerilim sonucunda Resim 3.18’de görüldüğü gibi zamanla çatlaması mümkündür.

¹⁴³ Bkz. aşağıda sayfa 54-58.



Resim 3.18. Yanlış tümleme malzemesi nedeniyle oluşan atlak (Koob, 2006, 49).

Depolama ve sergi alanlarında cam eserler için gerekli, deprem, yangın ve hırsızlık önlemlerinin alınması olası fiziksel müdahaleleri ve kırılmaları engelleyecektir. Antik ağ camlarının fiziksel sarsıntılara karşı desteklenmesi gerekmektedir. Bu durumlarda paketlemede ve taşımada dayanımsız ve hareketli malzemelerin (Resim 3.19) kullanılmaması gerekmektedir.



Resim 3.19. Dayanımsız karton kutu içinde hareketli destek malzemesi ile paketleme (<http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009).

4. ANTİK ÇAĞ CAMLARININ KİMYASINA VE ÜRETİMİNE UYGUN ÖNERİLERLE RESTORASYON VE KONSERVASYONU

Antik Çağ camlarına yapılacak doğru restorasyon ve konservasyon, camın tarihsel süreç içerisindeki kimyasının ve üretiminin iyi bilinmesi ve bozulma nedenlerinin doğru teşhisiyle gerçekleştirilebilir. Bundan önceki iki bölümde incelenen bu konulara dayanarak bu bölümde Antik Çağ camlarının kimyasına ve üretimine dayalı kısa bir irdelenmeden sonra, geçmişte ve günümüzde yapılan restorasyon ve konservasyon uygulamaları ele alınacaktır. Antik Çağ camlarının buluntu anından sergilenme veya depolanma aşamasına kadar geçireceği süreç restorasyon ve konservasyon aşamalarını oluşturmaktadır. Bu çalışmadaki restorasyon ve konservasyon uygulamaları da bu sırayla ele alınarak araştırılacaktır. Araştırma, mevcut bilgi ve kaynakların değerlendirmesini, doğruluğu ve yanlışlığı kanıtlanmış uygulamaların belirtilmesini ve bunların bir sonucu olarak yeni önerileri kapsamaktadır. Tarafımdan yapılan yeni öneriler Antik Çağ camlarının kimyasına ve üretimine dayandırılmıştır.

4.1. Antik Çağ Camlarının İrdelenmesi

4.1.1. Kimyasal Açıdan

M.Ö. 2. bine ait Mezopotamya ve Mısır üretimi camların kimyasal analizleri incelendiğinde, yaklaşık olarak %64 cam yapıcı (SiO_2), %23 tadil edici (%18 Na_2O , %5 K_2O) ve %13,1 aracı (%7,5 CaO , %3,8 MgO , %1,8 Al_2O_3) oksit ortalaması görülmektedir. Bu dönemde Mezopotamya ve Mısır'da üretilen camlar, soda camıdır.

M.Ö. 1. bin'e ait cam örneklerinin kimyasal analiz ortalamalarının sonucunda %69 cam yapıcı (SiO_2), %15,9 tadil edici (%14 Na_2O , %1,9 K_2O), %10,9 aracı (%7,3 CaO , %1,4 MgO , %2,2 Al_2O_3) oranı ortaya çıkmaktadır. Daha erken camlarla karşılaştırıldığında, M.Ö. 1. bin camlarında SiO_2 oranı yükselip, Na_2O oranının

düşmüş olması, cam ergitme ısısının bu dönemde yükseltilebildiğini, dolayısıyla ergitme fırınlarındaki teknolojinin gelişimini kanıtlamaktadır.

Roma Dönemi'ne ait cam örneklerini kimyasal olarak kendi içerisinde değerlendirdiğimizde, %68 cam yapıcı (SiO_2), %18,3 tadil edici (%17 Na_2O , %1,3 K_2O) % 11,5 aracı (%7 CaO , %1,2 MgO , %3,2 Al_2O_3) oranlarından oluşan, soda camlarının yaygın olduğu görülmektedir. M.S. 5-9. yüzyıllara ait cam örneklerinin kimyasal analizlerinin ortalamasına bakıldığında %66 cam yapıcı (SiO_2), %16,8 tadil edici (%14,5 Na_2O , %2,3 K_2O), %12,4 aracı (%7,3 CaO , %2,2 MgO , %2,9 Al_2O_3) oranlarından oluşan, soda camı bileşimi ortaya çıkmaktadır. M.S. 1. bine ait Antik Çağ cam örneklerinin kimyasal analizlerinin ortalamaları sonucunda %67 cam yapıcı (SiO_2), %17,5 tadil edici (%15,7 Na_2O , %1,8 K_2O), %11,8 aracı (%7,1 CaO , %1,7 MgO , %3 Al_2O_3) oranları görülmektedir.

M.Ö. 1. bin öncesinden M.S. 1. bine kadar gelişim göstererek kullanılan Antik Çağ camlarının kimyasal bileşen analizleri incelendiğinde hammaddelerinin değişmediği görülmüştür. Antik Çağ camlarının çok istisnai örnekler dışında soda kireç camları oldukları incelenen tüm örneklerin değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. M.Ö. 1. bin öncesinde henüz yeni olan cam üretimi sırasında, düşük oranda cam yapıcı ve yüksek oranda tadil edici kullanılarak teknolojik gelişimini tamamlamamış cam ergitme fırınlarında ergime kolaylaştırılmaya çalışılmıştır. M.Ö. 1. bine gelindiğinde, ortaya çıkan cam yapıcının oranının yükselmesi ve tadil edici oranının düşmesi cam ergitme fırınlarındaki teknolojik gelişimin bir sonucudur. M.S. 1. bin camları incelendiğinde M.Ö. 1. bin camlarına göre cam yapıcı oranının azaldığı ve tadil edici oranının arttığı göze çarpmaktadır. Teknolojik gelişime göre ters orantıdaki bu durumun M.S. 1. bin camlarının üfleme tekniğiyle üretilmesinden ve şekillendirme süresinin uzatılmak istenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Antik Çağ camlarının bileşenlerindeki özellikle düşük oranlardaki bazı maddelerin, Antik Çağ cam teknolojisi göz önünde bulundurulduğunda tesadüfen diğer bileşenler aracılığıyla harmana girmiş olabileceği unutulmamalıdır.

4.1.2. Üretimleri Açısından

M.Ö. 4. binde sır olarak kullanılmakta olan cam, M.Ö. 3. binden itibaren Mezopotamya ve Mısır'da boncuk ve ardından da kap olarak karşımıza çıkmaktadır. Çivi yazılı kil tabletlerden öğrendiğimiz gibi dini bir seremoni eşliğinde hazırlanan camın, üretim safhaları bugünküyle aynıydı. İnsanın, yaşamsal standartların ve malzeme bilgisinin gelişimiyle cam ve cam üretimi de gelişme göstermiştir. Daha çok üretildikçe tanınan cam, renklendirilebildiği gibi şeffaflaştırılabildiği. Hammaddenin zamanla tanınmasıyla ergitme kolaylaşmış ve habbe oluşumu azalmıştır. Cam ergitme fırınlarının gelişimiyle de cam üretimi kontrollü (tavlama gibi) ve çeşitli bir hal almıştır.

Camın ilk şekillendirme yöntemi M.Ö. 3. bin sonlarında görülen, taşı alet ve tekniğiyle sıcak döküm sonrasında soğuk şekillendirme tekniğidir. Bu teknikle boncuk, mühür, çubuk, gibi küçük nesneler ile M.Ö. 16. yüzyıl sonlarına tarihli ilk çok kalın cidarlı ve renkli cam kaplar yapılmıştır. M.Ö. 2. bin sonlarında da masif döküm tekniği, M.Ö. 2. ve 1. binde de ufak kozmetik kaplarının üretiminde iç kalıp tekniği görülmeye başlanmıştır. M.Ö. 1. binde kâse gibi açık ağızlı kapların bezemeli yapılabilmesi için kalıba basma tekniği ve M.Ö. 5. yüzyılda balmumu model tekniği yaygınlaşmıştır. Kökeni Mezopotamya'ya uzanan mozaik tekniğiyle basit mozaik, bin çiçek, renkli şerit ve reticelli teknikleri ortaya çıkmıştır.

M.Ö. 1. yüzyılın ortalarında bulunan ve camın icadından sonraki ikinci büyük atılım cam üfleme tekniğidir. Üfleme tekniğiyle cam formlar çeşitlenmiş, boyutlar farklılaşmış ve cam her alana girmeye başlamıştır. M.S. 4. yüzyılda geliştiği düşünülen ve M.S. 6-7. yüzyıla ait örneklerini bildiğimiz üfleme tekniğiyle üretilen göbekli cam ortaya çıkmıştır. Üfleme tekniğinin bulunmasından sonra, büyük olasılıkla M.S. 1. yüzyılın ilk çeyreğinde geliştirilen kalıba üfleme tekniğiyle cam daha seri üretilenmiştir.

M.S. 1. yüzyıldan itibaren cameo tekniği, M.S. 4. yüzyıldan itibaren görülen dietretum adı verilen bezemeli kap ve Roma Dönemi'nden (M.S. 3-4. yy).itibaren de

kesme bezeme tekniği görülmektedir. Cam varaklama tekniğinin de M.S. 1. binin sonundan itibaren kullanıldığı örneklerden anlaşılmaktadır.

Antik Çağ camlarını genel olarak değerlendirdiğimizde cam ergitme fırınlarının teknolojisinin ve üretim tekniklerinin çeşitlenerek geliştiği görülmektedir. Camın mekanik dayanımını azaltan ve optik görüntü hatalarına neden olan habbeler, Antik Çağ cam ergitme fırınlarında ısının 1200°C üzerine çıkarılamaması sonucunda Antik Çağ camlarında sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Antik Çağ camlarının tavlama ve üretim teknikleri düşünüldüğünde; M.S. 1. bin öncesinde üretilmiş camların gerek kalınlıkları gerekse yetersiz tavlama sonucunda, M.S. 1. binden sonra üfleme tekniğinde üretilen ve fırınların tavlama bölümünde soğutulan camlara nazaran daha gerilimli olduğu söylenebilir.

4.2. İlk Müdahaleler ve Belgeleme

Arkeolojik kazılardan ele geçen camlar, buluntu anından itibaren korunmaya başlanmalıdır. Korunma aşaması Antik Çağ camlarının kendisini, yerini ve durumunu gözlemlemek ve belgelemekle başlamaktadır. Buluntu anından itibaren Antik Çağ camlarının buluntu yeri, formu, fiziksel durumu, gözlemlenen bozulmaları, rengi gibi özellikleri kaydedilmeli ve ölçekli olarak fotoğraflanmalıdır. Genellikle kontrollü soğutulamayan ve gerilimli üretilen Antik Çağ camlarının, bulundukları ortamın ısı ve nem dengesinin ani değişimiyle oluşabilecek çatlaklarının engellenmesi için, doğrudan güneş ışığına maruz kalmaması gerekmektedir; Antik Çağ camlarının topraktan çıkarılış ve kaldırılış aşamalarında buna uygun ortam hazırlanmalıdır. Bunun için önceden kapatılmamış bir alanda çalışılıyorsa güneş ışınlarının etkisini yitirdiği saatler veya buluntu yeterli büyüklük ve kalınlıkta branda veya hasır bir örtü düzeneği¹⁴⁴ tercih edilmelidir. Antik Çağ cam buluntusunun yakın çevresindeki gevşek toprak yumuşak fırçalarla uzaklaştırılırken kontrollü soğutulamayan ve gerilimli üretilen Antik Çağ camlarında olabilecek çatlaklar nedeniyle, eser yerinden oynatılmamalı ve yüzeyindeki kimyasal çözünme

¹⁴⁴ Bkz. (119), KOOB, 15.

sonucunda oluşmuş tabakalara dokunulmamalıdır¹⁴⁵. Toprak altındaki cam buluntunun formu ve boyutu yeterince anlaşılır olduğunda kaldırma yöntemi planlanmalı ve gerekli malzemeler temin edilerek uygun mesafede bulundurulmalıdır. Antik Çağ camının yerinden kaldırılma aşaması, buluntunun yeri (kültür tabakası, dolgu, mekân içi, mezar içi), konumu (dik, düz, yan, ters), durumu (tüm, çatlak, parçalı), toprağın yapısı (kuru, nemli) gibi veriler anında ve hızla gözlemlenerek planlanmalıdır. Kaldırma yöntemini doğrudan etkileyen bu veriler kaydedilmeli ve fotoğraflanmalıdır. Antik Çağ camının kaldırılması planlanırken, buluntunun kodu ve konumu arkeolojik kazı tekniklerinde kullanılan yöntemlerle kaydedilmeli; eserin buluntu, bilgi ve durum fişleri tamamlanmalıdır. Bozulmaların tespiti ve uygun konservasyon aşamalarının belirlenmesi için cam eserin buluntu ortamının pH değeri ve ortamdaki tuzun varlığı ölçülmelidir. Ayrıca bozulmaların nedenlerinin anlaşılması amacıyla yapılacak kimyasal analizler için cam buluntunun yakınından toprak örneği alınmalıdır. Toprak örneği, kimyasal değişime uğramaması için ışık geçirimsiz, sıkı kapaklı plastik (mat siyah) bir kap içerisinde güneş ışınlarına maruz kalmayacağı bir ortamda korunmalıdır. Tespit edilen cam buluntunun arkeolojik bir kontekste aidiyeti kontrol edilmeli ve mekân yahut alandaki konumu tam görülmeden yerinden kaldırılmamalıdır. Antik Çağ camlarının kaldırma işlemi sırasında gerekli malzemenin yakın da olsa bir başka yerden gelmesi beklenemeyeceğinden arazide gölgelik branda veya hasır, ölçüm ve görsel belgeleme araçları, gerekli bilgi fişlerinin boşları, farklı ebatlarda kıl fırça, ışık geçirimsiz ufak plastik kutular, milimetrik çizim gereçleri, farklı ebatlarda ahşap ve plastik kasa ve kutular, sargı bezi, Paraloid B-72 çözeltisi, küçük püskürtme düzeneği, farklı ebatlarda kesilmiş ahşaplar ve küçük el aletleri bulundurulmalıdır.

Toprak altındaki Antik Çağ camları açığa çıktığında, cam yüzeyinde kimyasal çözünme sonucu oluşan ve toprak altındayken koruyucu bir kalkan oluşturan tabaka, ani ortam (nem ve ısı gibi) değişimi nedeniyle parçalanma sürecine girerek dökülür. Böyle bir durum sonucunda korumasız olarak bozulmalara daha açık hale gelecek Antik çağ camı, mutlaka gün içerisinde (mümkünse görüldüğü andan itibaren 1 saat içinde) kaldırılmalıdır. Antik Çağ camları buluntu durumundakinden

¹⁴⁵ A.g.k., 16.

daha parçalı hale getirilmemeli ve kaldırma aşamasında diğer arkeolojik buluntulara ve verilere zarar verilmemelidir (Resim 4.1). Kaldırma işlemindeki aşamalar laboratuvarda yapılacak koruma işlemlerini zorlaştırmamalı ve bilgileri yok etmemelidir; ancak bu koşulları yerine getirecek bir planlamanın sonrasında kaldırma işlemi başlayabilir.



Resim 4.1. Toprakaltı buluntusu cam kâse (Stjernquist, 105).

Kaldırma işlemi başladığında, Antik Çağ cam kaplarının içine dolan toprak boşaltılmamalıdır. Buluntu anındaki özellikle kapalı kaplar olarak adlandırılan şişe ve dar ağızlı kapların içerisindeki toprak, kullanıldığı dönemdeki işlevini kanıtlayabilecek bazı kalıntılar içerebileceğinden laboratuvar analizleriyle¹⁴⁶ bu konuda bilgi edinilebilir. Parçalı halde ele geçen Antik Çağ camları, yaygın kanının¹⁴⁷ aksine kaldırılma aşamasından önce kesinlikle numaralandırılmamalıdır. Kaldırma aşamasındaki numaralandırma işlemi, parçaları çok büyük olan taş ve pişmiş toprak eserlerde kullanılabilir, ancak Antik Çağ camları gibi son derece ufak ve kırılgan buluntuların üzerine numara verilmesi eseri doğrudan tahrip eden bir yöntemdir. Bunun yerine parçalı halde ele geçen Antik Çağ camlarının çiziminin yapılması daha uygun bir yöntem olacaktır. Taşıma düzeneği, Antik Çağ camına ve bulunduğu ortama uygun olarak hazırlanıp, eser bu düzeneğe yerleştirilir. Eğer kazı

¹⁴⁶ Günümüzde yapılan bu tip çalışmalara örnek olarak bkz.: Erika RIBECHINI - Francesca MODUNGO vd., “An Integrated Analytical Approach for Characterizing an Organic Residue from An Archaeological Glass Bottle Recovered in Pompeii (Naples, Italy)”, 555-561.

¹⁴⁷ Bkz. (1), BAŞARAN, 81.

açısından da bir sorun teşkil etmiyorsa, ele geçen Antik Çağ camının, form, durum ve bozulma tabakalarına göre etrafındaki toprak kütlesiyle beraber kaldırılması¹⁴⁸ gerekebilir. Kaldırma sırasında toprağın dağılmaması, camın formunun bozulmaması ve tahrip olmaması için destekleme malzemesi olarak temiz sargı bezi uygundur (Resim 4.2). Başka bir destekleyici kaldırma yönteminde, Antik Çağ camının etrafındaki toprak ahşap çerçeveye alınır; cam yüzeyi koruyucu folyoyla kaplanır; poliüretan köpük sıkılarak desteklenir ve çerçeve altındaki topraktan ayrılarak bir bütün halinde kaldırılabilir¹⁴⁹.



Resim 4.2 . Toprağı ile birlikte kaldırılıp, laboratuvara taşınmış cam kâse (Stjernquist, 107-108).

Antik Çağ camlarında kimyasında ve üretiminden kaynaklı yoğun bozulma (kimyasal çözünme) görülmesi durumunda etrafındaki toprağıyla kaldırılması yetersiz kaldığında yapısal destekleme malzemesi olarak sağlamlaştırıcı kullanılabilir. Bu durumda camla kimyasal reaksiyona girmeyen, geri dönüşümlü ve yüzey gerilimine neden olmayan bir sağlamlaştırıcı seçilmelidir¹⁵⁰. Antik Çağ camlarında bu gibi uygulamalarda Paraloid B-72 (metil metakrilat kopolimer)¹⁵¹ sağlamlaştırıcı olarak kullanılabilir¹⁵². Arkeolojik kazı alanında cam eserin yüzeyini sağlamlaştırma çok gerekli olmadıkça uygulanmamalı ve uygun yer ve koşullar oluşturulmadıkça temizlemeye kalkışmadan Antik Çağ camı en kısa zamanda laboratuvara ulaştırılmalıdır¹⁵³. Toprak altından dağınık halde ele geçen

¹⁴⁸ Bkz. (119), KOOB, 15. Herold, K., **Konservierung von Archäologischen Bodenfunden Metall Keramik Glass**, 125.

¹⁴⁹ Bkz. (10), DAVISON, 245-247.

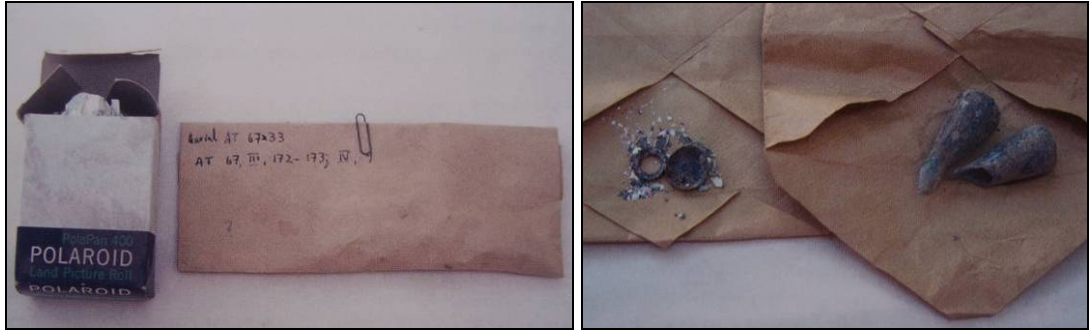
¹⁵⁰ Bkz. (119), KOOB, 47

¹⁵¹ Bkz. (10), DAVISON, 211.

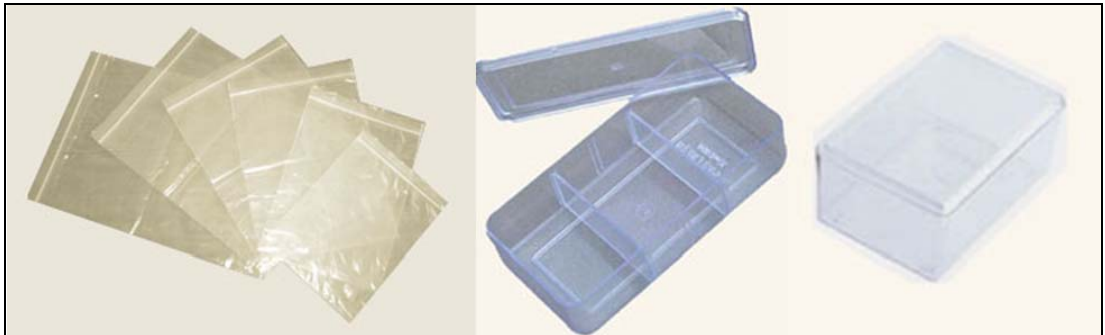
¹⁵² Paraloid B-72'nin hazırlanması için bkz. aşağıda sayfa 75-77.

¹⁵³ Bkz. (119), KOOB, 16.

Antik Çağ cam parçalarına da gerekli özen gösterilmelidir. Genellikle kâğıt zarf, zayıf karton kutu ve poşet gibi dayanımsız malzemelerle (Resim 4.3) paketlenen Antik Çağ camları üretimlerine (gerilimli) ve kimyasal özelliklerine (yüksek oranda tadil edici içermesi) bağlı yapısal dayanımsızlıkları nedeniyle kırılmalara ve ani nem değişimiyle yüzey dökülmelerine maruz kalmaktadır. Parça halindeki Antik Çağ camlarının paketlenmesi sırasında kullanılacak paketlenme malzemesinin, hava almayarak ani nem kaybını önleyecek nitelikte olması gerekmektedir. Bu nedenle arazi çalışması sırasında ele geçen Antik Çağ camlarının mutlaka kilitli polietilen poşet içinde gölgede tutulması gerekir. Yapısal dayanımı zayıf Antik Çağ camları, taşıma ve depolama sırasında, kilitli polietilen poşetler sarsıntı ve darbelere karşı korunmasında yetersiz kalacağından, araziden ayrılırken ayrıca kapaklı plastik kaplar (Resim 4.4) içerisine konularak daha korunaklı hale getirilmelidir. Laboratuvar çalışmaları ve depolama sırasında da Antik Çağ camları uygun boyut ve dayanımda kapaklı plastik kaplarda saklanmalıdır.



Resim 4.3. Cam parçalarının ani kurumasına neden olan yanlış paketlenme örnekleri (Koob, 2006,16).



Resim 4.4. Parça camların paketlenmesine uygun polietilen poşet ve kapaklı kaplar (<http://www.conservationresources.com/Main/S%20CATALOG/default.htm>, Ocak 2010).

4.3. Temizleme Uygulamaları

Laboratuvara getirilen cam eserin ilk olarak arazide doldurulan fiş(ler)i ve toprağının durumuyla ilgili notlar kontrol edilmeli ve incelenmelidir. Cam eserin laboratuvara geliş anı, temizlik öncesi, temizlik aşamaları ve temizlik tamamlandıktan sonraki durumu fotoğraflarla belgelenmelidir. İlk fotoğraflama yapıldıktan sonra cam eser için bir laboratuvar / restorasyon fişi doldurulur. Bu fişte, önceki fiş ve notlardaki gerek görülen bilgiler, eserin ilk gözlemiyle durum tanımlamasının doldurulması uygun olacaktır. İleriki olası uygulamalar ve kullanılan tüm malzeme ve solüsyonlar oranlarıyla birlikte zamanı geldikçe bu fişe işlenmelidir. Arazide sağlamlaştırma yapıp yapılmadığına ve camın yapısal özelliklerinin korunmuşluk durumuna gözlem sırasında dikkat edilmelidir. Cam eserin yüzeyine sağlamlaştırıcı uygulanmışsa temizlik uygulaması öncesi kaldırılması daha doğrudur. Arazide cam eserin buluntu yerinden alınan toprak örneğine ve cam esere pH testi yapılmalıdır; bu test için pH metre (Resim 4.5.a), pH kalemi (Resim 4.5.b) veya kâğıtları (Resim 4.5.c) kullanılabilir.



Resim 4.5. Farklı tipte pH ölçücüler

(<http://www.conservationresources.com/Main/S%20CATALOG/default.htm>, Ocak 2010).

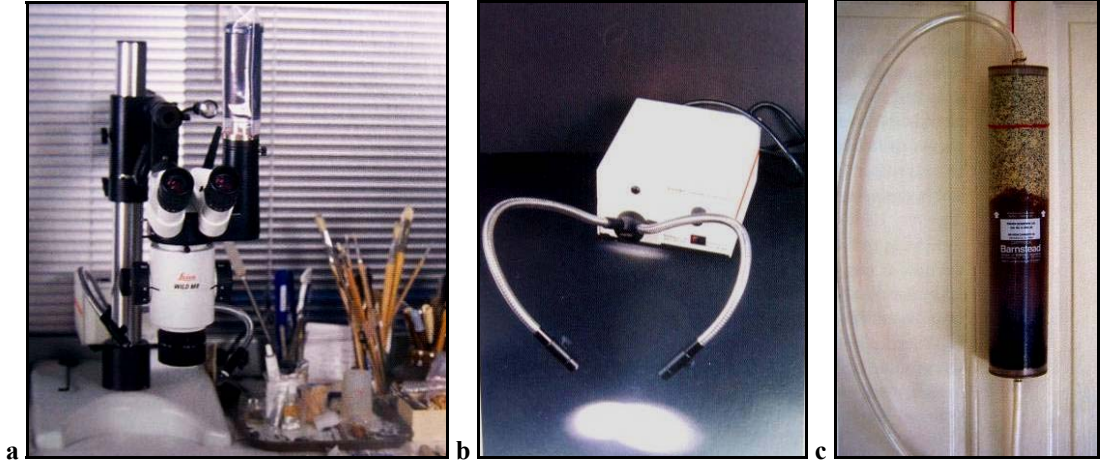
Cam yüzeyinde bezeme, boya, çatlak veya Antik Çağ'a ait bir onarımın olması gibi durumlarda bazen temizlik öncesinde geri dönüşümlü bir ön

sağlamlaştırma gerekli görülmektedir.¹⁵⁴ Ön belgeleme ve araştırma aşamaları tamamlandıktan sonra doğru temizlemenin etaplarına ve şekline karar verilebilir. Uygun temizlemenin belirlenmesi Antik Çağ camında görülen bozulmaların neden ve sonuçlarının irdelenmesiyle ortaya çıkacaktır. Yeterli irdelenmenin yapılabilmesinde eldeki bilgiler ve gözlem yetersiz kaldığında mikroskop ve spektral analiz destekli araştırma yöntemlerinden¹⁵⁵ yardım alınabilir. Bu yöntemlerin, Antik Çağ camlarında görülen bozulmaların anlaşılmasında yoğun olarak kullanılmaya başlandığı son on yıldır, önceden anlaşılamayan birçok bozulmanın neden ve sonuçlarını ortaya koyduğu, bu bağlamda da özellikle 1990 öncesi yayınların ve de bunlardan faydalanarak oluşturulmuş daha yeni yayınların geçerliliğine temkinli bir yaklaşımla karar verilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Laboratuvarda özellikle yüzey bozulmalarının tespitinde ve gözlem için kullanılabilecek yeterlilikte (6X-20X) bir mikroskop¹⁵⁶ bulundurulmalıdır; kullanılacak çift bakışlı mikroskop tercihen eserin masa yüzeyinde durmasına uygun ve masaya sabitlenebilen ayaklı olmalıdır (Resim 4.6.a). Mikroskop altında inceleme sırasında ve gerektiğinde bölgesel ışık kaynağı olarak, toprak altındaki Antik Çağ camlarının yüzeyinde kimyasal çözünme sonucu oluşan tabakanın, ani ortam (nem ve ısı gibi) değişimi sonucunda parçalanma sürecine girerek dökülmesine neden olmayan ve ısı vermeyen fiber optik aydınlatma cihazlarının (Resim 4.6.b) kullanılması uygundur. Temizlik aşamasında gerekli olabilecek miktarda saf suyun sağlanması için saflaştırıcı kartuşlu bir düzeneğin (Resim 4.6.c) bulundurulması kolaylık sağlayacaktır.

¹⁵⁴ Bkz. (119), KOOB, 39.

¹⁵⁵ Bu teknikler için bkz. yukarıda sayfa 33-34.

¹⁵⁶ Bkz. (119), KOOB, 27.



Resim 4.6. Restorasyon laboratuvarı için gerekli teknik donanım (Koob, 2006, 28, 41).

Cam eser temizliğinin yapılacağı laboratuvarında ayakta ve oturarak kullanılacak geniş çalışma yüzeyleri (masa / banko) ve iyi bir aydınlatma sistemi bulunmalıdır. Cam eserin bölgesel aydınlatılması için (tercihen ısı vermeyen fiber optik) seyyar masa aydınlatmaları ve hassas temizlik sırasında kullanılacak büyüteçli masa lambası¹⁵⁷ laboratuvarında hazır bulundurulmalıdır. Kırılgan yapıdaki Antik Çağ camlarının temizlik işlemleri sırasında sarsıntılardan ve baskılardan etkilenmemesi için yumuşak bir çalışma zemini oluşturulmalıdır; sünger, pamuk veya kum torbalarının temizlik aşamasında kullanımı uygundur (Resim 4.7).



Resim 4.7. Sünger, pamuk veya kum desteklerin kullanımı (Koob, 2006, 21, 33).

Antik Çağ camlarına elle doğrudan temasın önlenmesi amacıyla eldiven kullanılmalıdır; böylelikle temizlik aşamasında elden cam esere bulaşabilecek yağ ve

¹⁵⁷ Cam restorasyonunda kullanılmak üzere geliştirilmiş ancak yaygın kullanıma ulaşmamış ışıklı bir kutu için bkz.: Jonathan THORNTON, "A Light-Box Apparatus for the Repair of Glass", 107-109.

tuz engellenmiş olacaktır. Farklı ebat ve derinliklerde plastik kaplar, temizleme çubukları¹⁵⁸ (Antik Çağ camlarına zarar vermemesi için pamuk, pamuklu kumaş uçlu ve ahşap olabilecek) (Resim 4.8.a), çeşitli boy ve kalınlıklarda yumuşak ve organik kıllı fırçalar (Resim 4.8.b), sargı bezi ve pamuklu / kâğıt havlu temizlik işlemi başlamadan yeterli miktarda tedarik edilmiş olmalıdır. Gerekğinde ıslak uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmış organik kıllı ve su hazneli fırçaların (Resim 4.8.c) kullanımı kolaylık sağlayabilmektedir. Bu donanımların hazır bulunduğu ortamlarda uygulama mutlaka uzman kişiler tarafından gerçekleştirilmelidir.



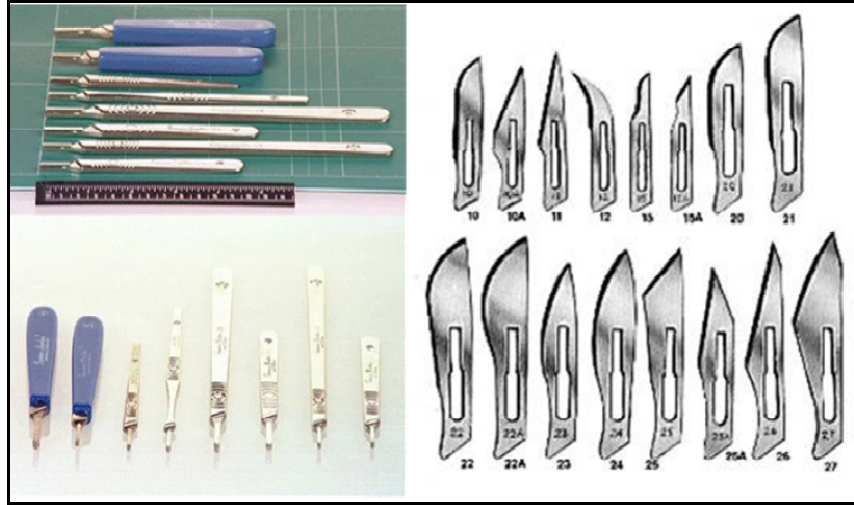
Resim 4.8. Temizlemede kullanılan çubuklar, organik kıl uçlu ve su hazneli fırçalar (<http://www.conservationresources.com/Main/S%20CATALOG/default.htm>, Ocak 2010).

Toprak altındaki Antik Çağ camlarının kimyasal yapısına bağlı olarak yüzeyinde kimyasal çözünmenin oluşturduğu koruyucu tabaka, parçalanarak dökülebilir. Aynı zamanda bir bozulma olan bu tabakanın temizlenmesi veya mevcut haliyle korunması, korunmuşluk durumuna göre değişebilmektedir. Antik Çağ cam yüzeyindeki bozulma veya suyun taşıdığı çözünebilir tuzlar nedeniyle oluşan tabaka çatlama, ayrışma ve dökülme sürecindeyse temizlenebilir; ancak yüzey bozulması ya da oluşan tabaka sağlam bir şekilde tutunuyorsa Antik Çağ camı bu durumda temizlenmeyebilir. Bu ayrımın yapılması aşamasında mikroskopla yapılacak yüzey incelemesi büyük önem taşımaktadır. Derinlemesine yapılan incelemelerde cam yüzeyinde, çözünebilir tuz tabakalanmaları ve bozulan yüzey kabuklaşması kolayca ayırt edilebilir ve böylece ayrı ayrı ele alınabilir.

¹⁵⁸ Marie BERDUCOU, “C ramique et verre”, 15.

Toprak altında suyla taşınan ve çözünebilir tuzlar nedeniyle oluşan kabuklaşma şeklindeki tabaka oluşumu eğer kendi içinde sağlam bir yapıya ulaştıysa, bu tabakanın kaldırılmaya çalışılması sırasında ortaya çıkacak baskı üretim aşaması sonucunda gerilimli olan Antik Çağ camlarının çatlama ve kırılmasına neden olabilir. Tabakanın sağlamlık durumuna ve Antik Çağ camının dayanımına göre kaldırılıp kaldırılmayacağına karar verilmelidir. Kısmî olarak dökülen yüzey tabakalanması Antik Çağ camını yüzeyindeki fiziki dengeyi bozabilmektedir. İmkân varsa temizlik müdahalesi öncesinde tabakalanma parçalarının kimyasal ve dayanım analizleri yapılarak sonuçları değerlendirilmelidir. Analizlerin yapılamaması durumunda kaldırılmasına karar verilen çözünebilir tuz tabakalaşmasının örnekleri ileriki analizler için saklanmalıdır. Böyle bir tabakanın kaldırılmasına karar verilirse, Antik Çağ camları için hazırlanan uygun çalışma zemininde kontrollü hareketlerle basınç uygulamadan, organik kıllı fırçalar ve uygun kalınlıkta bir bisturiyle (Resim 4.9) kuru mekanik temizlik gerçekleştirilebilir. Maliyet yüksekliği ve donanım gerekliliği nedenleriyle çok yaygın kullanılmayan fakat Antik Çağ camlarının kimyasına uygun ve sonuçları şu ana kadar başarılı görülen bir diğer mekanik kuru temizleme yolu da UV Lazer¹⁵⁹ yöntemidir. Tabakalanmada bazı yerlerin kaldırılan tabakadan daha sağlam tutunuyor olması durumunda, sadece bu sert bölgeler üzerine sıvı hazneli fırça veya pamuklu çubuklarla saf su ve etil alkol karışımı (%50 etil alkol+%50 saf su) uygulanarak tabakada yumuşama sağlanmalı, buharlaşma öncesinde yine bisturi ile mekanik temizliğe devam edilmelidir. Kabuklaşma şeklinde tabaka oluşumu görülen Antik Çağ camlarının ıslak temizliğinde, saf su ve etil alkol çözeltisi tercih edilebilir. Yüzeyindeki tabakalaşma dökülmeye başlamış ve tabakanın kaldırılmasına karar verilen Antik Çağ camları, suyla taşınan çözünebilir tuzlardan arındırılmak için belirli sürelerde değiştirilen saf suda bekletilebilir. Her bekleme suyuna yapılacak tuz testi sonucunda, tuzdan arındırılmış cam eserin bünyesindeki fazla su etil alkol banyosuyla alınabilir.

¹⁵⁹ Vitraylar üzerinde yapılan bu tip bir uygulama için bkz.: F. FEKRSANATI - J. HILDENHAGEN vd., “Feasibility Studies on Applying UV-Lasers for the Removal of Superficial Deposits from Historic Glass”, 196-210.



Resim 4.9. Mekanik temizlik için kullanılan bisturi sap ve uçları
(<http://www.conservationresources.com/Main/S%20CATALOG/default.htm>, Ocak 2010).

Antik Çağ camlarının yüzeyinde görülen yanardöner görünümlü sedefli bozulma (korozyon), ayrışmaya ve dökülmeye başlamışsa kaldırılması gerekebilir. Cam yüzeyinden pul pul dökülen bozulma oluşumlarının, analizle içeriklerinin saptanıp kimyasal bozulma sürecine ve camın kimyasal yapısına ışık tutacak veriler içerdiği unutulmamalıdır. Dökülen (ve temizlikte ortaya çıkan) bu oluşumlar, hangi esere ait olduğu kaydedilerek koruma altına alınmalıdır. Bu örnekler temizlik aşaması öncesinde ya da sonrasında değerlendirilmelidir. Eğer cam yüzeyindeki bozulma oluşumları dökülmeye başladıysa, buluntu yerinden alınan toprak örneğine ve esere pH, tuz ve nem testleri yapılarak ve gözlemlenerek bu dökülmenin nedenleri tespit edilmeye çalışılmalıdır. Tespit edilen tüm verilerin konservasyon fişine işlenmesi ve görsel belgelemenin tamamlanmasının ardından cam eser yüzeyinde temizliğe başlanabilir. Antik Çağ camlarının uygun olarak temizlenmesi için önceden hazırlanan çalışma zeminine yerleştirilip üzerindeki toprak kalıntıları, cam yüzeyine ve eğer varsa yüzey üzerindeki tabakalara zarar vermemek için yumuşak uçlu organik kıllı fırçalar, pamuklu çubuklar, sivriltilmiş ahşap veya bambu çubuklarla¹⁶⁰, kontrollü ve küçük hareketlerle alınmalıdır. Bu işlem sırasında Antik Çağ camlarında olabilecek kılcal çatlaklar düşünülerek baskı uygulanmamalı ve yüzeyde sertleşmiş tabaka halindeki toprak veya bitki kökü kalıntıları gerekirse saf su ve etil alkol ile yumuşatılarak aynı aletlerle temizlenmeli; gerekli görüldüğü durumlarda saf su ve

¹⁶⁰ Bkz. (159), BERDUCOU, 15.

etil alkol çözeltisi içinde bekletilmelidir. Saf suyla yapılan bu çözeltilerde etil alkol yerine noniyonik deterjanların¹⁶¹ kullanımı da cam konservasyonunda bahsedilen uygulamalardandır; ancak Antik Çağ camlarında saf su ve etil alkol çözeltilerinin kullanılması, çözeltinin yetersiz kaldığı durumlarda ise doğrudan etil alkol ile ıslak temizlik yapılmasının deterjan kullanımından daha uygun olacaktır.

Antik Çağ camlarına, buluntu anında veya laboratuvar aşamasında yanlış müdahalelerin yapılması, belli bir süre sonra tekrar temizlik işlemi uygulanmasını gerektirebilmektedir. Özellikle uygun olmayan ve bazen de gereğinden çok kullanılan yapıştırıcı¹⁶², sağlamlaştırıcı ve tümleme malzemeleri zamanla sararmalara neden olmaktadır. Bazen Antik Çağ camlarına kimyasal uyum göstermeyen yapıştırıcılar inceltirilerek tüm yüzeye koruyucu olarak sürülmektedir; böyle durumlarda, kullanılan malzemelerin dayanımsız olması nedeniyle, zamanla sararma ve renk değişikliği görülmektedir. Resim 4.10'da Antik Çağ camlarının restorasyonuna uygun olmayan bir yapıştırıcının zaman içerisinde nasıl sarardığı ve gerekli temizlik yapıp uygun malzemeyle tekrar yapıştırıldıktan sonraki hali görülmektedir. Bu gibi durumlarda, önce yapıştırıcı, tümleme malzemesi veya yüzey koruyucunun tespiti yapılmalı; bunların çözülmesi ve parçaların temizliği aşamasında varsa kendi çözücüleri kullanılmalı¹⁶³; çözücüleri yoksa saf su, etil alkol ve saf aseton denenmeli ve gerekirse mekanik temizlik uygulanmalıdır.

¹⁶¹ Teepol, symperonic N.D.B., desogen gibi noniyonik deterjanlar için; Bkz. (159), BERDUCOU, 16.

¹⁶² Antik Çağ camlarında kullanılan ve sarardıkları tespit edilen yapıştırıcılar için bkz. aşağıda sayfa 69-74.

¹⁶³ Yapıştırıcıların temizliği *Birleştirme Uygulamaları* bölümünde çözücüleriyle 69 ile 74 sayfaları arasında anlatılmıştır.

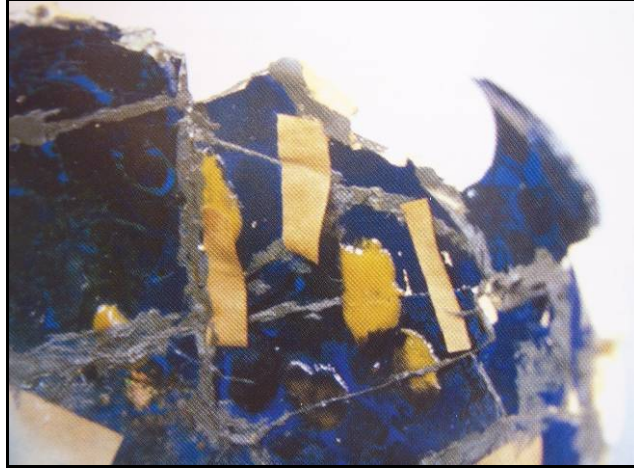


Resim 4.10. Kullanılan yanlış yapıştırıcının temizlenerek yenilenmesi
(<http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009).

Cam restorasyonunda eskiden kullanılıp belli nedenlerle artık kullanımı uygun görülmeyen yapıştırıcıların haricinde, hiçbir zaman Antik Çağ camlarında kullanımı onaylanmamış olan ve genellikle piyasada rahat bulunduğu için bilinçsiz kişiler tarafından uygulanan geri dönüşümsüz uhu¹⁶⁴ ve Japon yapıştırıcısı¹⁶⁵ gibi bazı yapıştırıcılar 24-48 saat arasında saf aseton tamponuyla bekletilerek temizlenmeye çalışılmalıdır. Ayrıca birden çok yapıştırıcı uygulanmış ve restorasyon aşaması yarım bırakılmış yanlış uygulama örnekleri de karşımıza çıkabilmektedir (Resim 4.11). Bu gibi durumlarda, kullanılan tüm yapıştırıcı cinslerinin tespit edilmesi ve her yapıştırıcıya uygun çözücüyle ayrı ayrı lokal müdahalelerle Antik Çağ camının kurtarılmaya çalışılması en doğru yöntem olacaktır.

¹⁶⁴ Bkz. (119), KOOB, 114.

¹⁶⁵ A.g.k., 115.



Resim 4.11. Birden fazla yapıştırıcının kullanımı (Koob, 2006, 111).

Genellikle su altından ele geçen Antik Çağ camlarına uygulanan ıslak bir temizlik yöntem kimyasal temizliktir. Çeşitli kimyasal maddelerin belli oranda saf suyla karıştırılmasıyla hazırlanan çözeltiler, bölgesel olarak cam yüzeyine uygulanmış veya doğrudan yıkamada kullanılmıştır. %2 oranında sülfürik asit¹⁶⁶, %10 oranında hidroklorik asit¹⁶⁷, %3 oranında nitrik asit¹⁶⁸, %5 oranında etilen diamin tetra asetik asit (EDTA)¹⁶⁹, %10 oranında sodyum heksameta fosfat¹⁷⁰, %10-25 oranında hidrojen peroksit¹⁷¹, metal kalıntıları için %5-10 oranında oksalik asit¹⁷² gibi kimyasallarla hazırlanan çözeltilerin, camların temizliğinde halen kullanıldığı belirtilmiştir. Buna karşın daha önceden kullanılan hidroflorik ve fosforik asitlerin artık kesinlikle kullanılmaması gerektiği anlaşılmıştır¹⁷³. Günümüzde uygulanan kimyasal temizliklerin de ileriki tahribatlarını bir miktar engelleyebilmek için cam eserin uygulama sonrasında saf suda bekletilmesi gerektiği bilinmektedir. Kimyasal madde çözeltileri ile kısa süreli üretilmiş çözümlerin, ileride esere vereceği zararın¹⁷⁴ boyutu günümüzde halen araştırmaları süren bir tartışma konusudur. Antik Çağ camlarında ıslak temizliğe gerek duyulduğunda, kimyasal bozulmalara yol açan ve

¹⁶⁶ Bkz. (1), BAŞARAN, 82.

¹⁶⁷ Bkz. (1), BAŞARAN, 83. Bkz. (1), KOCABAŞ, 108.

¹⁶⁸ Bkz. (119), KOOB, 43.

¹⁶⁹ Bkz. (1), KOCABAŞ, 109.

¹⁷⁰ A.g.k., 109.

¹⁷¹ A.g.k., 109.

¹⁷² Bkz. (119), KOOB, 43.

¹⁷³ A.g.k., 43.

¹⁷⁴ Sülfürik asit, hidrojen peroksit ve EDTA kullanımının Antik Çağ cam eserlerinin yüzeylerinde meydana getirdiği tahribatların XPS yöntemiyle tespiti için bkz.: C. ALTAVILLA - E. CILIBERTO vd., "The cleaning of early glasses: investigation about the reactivity of different chemical treatments on the surface of ancient glasses", 251-255.

günümüzde halen araştırılan kimyasal temizlik yerine, daha yavaş sonuç veren ama zararsızlığı büyük ölçüde kanıtlanmış saf su etil alkol çözeltilerinin (veya doğrudan etil alkolün) kullanılmasının daha uygun bir yöntem olduğu görüşü ortaya çıkmıştır.

Antik Çağ camlarına restorasyon uygulaması yapılsın ya da yapılmasın yüzeyinin havayla temasının kesilmesinin camı koruduğu sanılarak geri dönüşümlü ve hatta bazen de geri dönüşümsüz malzemelerle tüm yüzeyin bir film tabakasıyla kaplanmasının¹⁷⁵, aslında bir nem tuzağı¹⁷⁶ olduğu yapılan araştırmalar sonucunda günümüzde kesin olarak saptanmıştır. Antik Çağ camlarının araştırılmasında gelişen ve çeşitlenen teknikler sonucunda ortaya konan bu bilgiye dayanarak, son yıllarda yazılan kaynaklar hariç tüm diğer kaynaklarda doğruluğu savunulan ve koruma adı altında yapılan Antik Çağ camlarının yüzeyinin inceltilmiş yapıştırıcılarla kaplanmasının son derece yanlış ve kesinlikle uygulanmaması gereken bir yöntem olduğu bilinmelidir.

4.4. Birleştirme Uygulamaları

Antik Çağ camlarının birleştirilme uygulamaları, ön hazırlıklar ve yapıştırma aşaması olarak sınıflandırılmalıdır. İki yüzeyin, kimyasal ve fiziksel bağla birbirini çekmesi ve tutması yapıştırma olarak tanımlanmaktadır¹⁷⁷. Çoğu yapıştırıcı, viskozitesi ve yüzeye dağılımının ayarlanabilmesi için çözücüyle kullanılmaktadır¹⁷⁸. Cam kullanıldığı her dönemde özel ve lüks bir malzeme olarak kabul edildiğinden kırılanlar da birleştirilmeye çalışılmıştır. Antik Çağ'a ait kırıklarının onarılacak formu korunmaya çalışılan bir kap örneği Berlin Milli Müze'de sergilenen 60 cm. yüksekliğindeki amforadır (Resim 4.12). M.Ö. 150-80 yıllarına tarihlenen bu amforanın imalatından yaklaşık 60 yıl sonra, kapak tutamacı ve kulp bağlantıları

¹⁷⁵ Bkz. (10), DAVISON, 263-269; Bkz. (1), BAŞARAN, 87-89; Bkz. (1), KOCABAŞ, 109-110.

¹⁷⁶ Bkz. (119), KOOB, 55.

¹⁷⁷ Levent KODAKOĞLU, *Yapıştırıcıların Genel Özellikleri ve Çekme Gerilmesine Maruz Yapışma Birleşmesinin Analitik ve Nümerik Olarak İncelenmesi*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, 5-47.

¹⁷⁸ Feramuz KAYA, *Ana Hatları ile Yapıştırıcılar*, 237.

süslemeli metal apliklerle yeniden birleştirilmiş; ince yapılı gövdeye binen yükü azaltmak için omuz gövde geçişine metal bir bant ilave edilmiştir¹⁷⁹.



Resim 4.12. Antik Çağ'da onarım görmüş cam amfora (Platz - Horster, 36).

Hassas terazi, kurutma makinesi, ayakta duramayan eserler için taşıyıcı kollar, büyüteçli, normal masa ve UV lambaları (tabanlarından masaya sabitlenen ve gövdelerinden hareket kabiliyeti olan), taşıma tablaları / tepsi, şeffaf bant ve ağır metal bantlık, düz cam plaka, cam metal ve ahşap çubuklar, düz ve kaşık uçlu küçük ıspatulalar (Resim 4.13.a-b), birleştirme telleri (omega teller), yapıştırıcı hazırlanacak cam plakalar, cam ve plastik kavanozlar / şişeler, damlalık, beher ve yassı cam kaplar (Resim 4.13.c), çeşitli yapıştırıcı ve çözücüler, saf aseton, etil alkol, eldiven, doldurulabilir yapıştırıcı tüpleri, organik kılıf ince fırçalar (Resim 4.13.d), pamuklu çubuk, cımbız, sıkı dokulu pamuk bez ve sargı bezi gibi malzemeler yapıştırma aşamasında laboratuvarında hazır bulundurulmalıdır.

¹⁷⁹ G. PLATZ - HORSTER, "Die Berliner Glasamphora aus Olbia", 35-49.



Resim 4.13. Yapıştırıcı uygulamasına yardımcı küçük aletler (Koob, 2006, 62).

Bitkisel ve hayvansal kökenli bazı yapıştırıcılar¹⁸⁰; termoplastik yapıştırıcılardan¹⁸¹ polivinil asetat, selüloz nitrat¹⁸² ve akrilikler; termoset yapıştırıcılardan¹⁸³ epoksi reçineler Antik Çağ camlarının birleştirilmesinde kullanılmıştır.

Bitkisel kökenli yapıştırıcılardan Arap zımkı (*Gummi Arabicum*) Antik Çağ camlarının restorasyonunda 19. ve 20. yüzyıl başlarında kullanılmıştır. Yeni araştırmalar¹⁸⁴ Antik Çağ camlarının birleştirilmesinde kullanılan Arap zımkının zamanla hem yapıştırıcı özelliğini yitirdiğini hem de renginin değiştiğini ortaya koymuştur; bu nedenle Arap zımkının tamamen temizlenmesi gerekmektedir. Resim 4.14’de Samotrake kazılarında ele geçen ve M.S. 1. bine ait bir şişede Arap zımkı kullanımı ve yapıştırıcının zamanla renk değiştirdiği görülmektedir. Arap zımkı gibi tam geri dönüşümlü olmayan bitkisel kökenli yapıştırıcıların temizliği, yapışma

¹⁸⁰ Bkz. (179), KAYA, 237-244; Bitkisel kökenli (ör.: dekstrin, nişasta, Arap zımkı, gum traganat) ve hayvansal kökenli (kazein gibi) yapıştırıcılara çözücü olarak su kullanılmaktadır.

¹⁸¹ Bkz. (179), KAYA, 123-167; Termoplastik yapıştırıcılar: oda sıcaklığında katı halde bulunan, ısıtıldığında eriyip, soğuduğunda tekrar katılaşıp bu yapıştırıcılar aseton, tolüen, metil asetat, metilen klorür ve metil ve etil alkolde çözünebilmektedir.

¹⁸² Josef RIEDERER, *Restoration & Preservation*, 42-43; Charles M. SELWITZ, *Cellulose Nitrate in Conservation*, b.a.

¹⁸³ Bkz. (179), KAYA, 69-121; Termoset yapıştırıcılar: soğuk, yüksek ısı, rutubet ve yüke karşı dayanımlı sıvı yapıştırıcılardır. Tek veya iki bileşenli termosetlerin sertleşmesi oda sıcaklığında yavaş gerçekleştiğinden, yapışmanın kısa sürede gerçekleşmesi için ısıyla kimyasal tepkimeye sokulur. Termoset yapıştırıcılar ısıyla ergimeyip, organik çözücülerle çözünmemektedir.

¹⁸⁴ Bkz. (119), KOOB, 113.

özelliği %50 saf aseton ve %50 etil alkol çözeltisiyle azaltılarak mekanik yöntemle yapılmalıdır¹⁸⁵. Bitkisel kökenli yapıştırıcılarda zaman içerisinde görülen problemler hayvansal kökenli yapıştırıcılarda da ortaya çıkmaktadır. Birleştirilmesinde hayvansal kökenli yapıştırıcı kullanılan Antik Çağ camlarındaki yapıştırıcı, camın korunmuşluk durumuna göre eserin ılık saf suda yarım saat tutulmasıyla veya yapıştırıcı üzerine oda sıcaklığındaki saf suyun tatbik edilmesiyle temizlenebilir¹⁸⁶.



Resim 4.14. Arap zambıyla yapıştırma (Koob, 2006, 112).

Termoplastik yapıştırıcılardan polivinil asetat (PVA) suyla çözülmesi yanı sıra kokusuz ve zehirsiz olmasından dolayı Antik Çağ camlarının restorasyonunda da tercih edilmiştir. Sardeis kazısında ele geçen bir cam esere yapılan polivinil asetat uygulamasından; %2-5'lik polivinil asetat çözeltisiyle cam yüzeyinde sağlamlaştırma, %20'lik polivinil asetat çözeltisiyle yapıştırma, aynı çözelti ve Japon kâğıdıyla tümlene yapıldığını öğrenmekteyiz¹⁸⁷ (Resim 4.15.a). Resim 4.15.b'de polivinil asetatla yapıştırılan cam bir bardaktaki mat beyaz renkli yapıştırıcının zamanla sararmış olduğu görülmektedir¹⁸⁸. Beyaz tutkal da denilen su bazlı polivinil asetatın camdan temizlenmesi için tutkallı yerler ılık suyla ısıtılarak (yaklaşık 10-15 dakika) renginin tam beyazlaşması beklenmeli ve mekanik yolla kaldırılmalıdır¹⁸⁹.

¹⁸⁵ A.g.k., 113. Bitkisel kökenli yapıştırıcıların temizliği için ayrıca bkz.: P. Stephen KOOB, "The Removal of Aged Shellac Adhesive from Ceramics", 134-135.

¹⁸⁶ Bkz. (119), KOOB, 113.

¹⁸⁷ Lawrence J. MAJEWSKI, "The Conservation of Archaeological Materials at Sardis, Turkey", 99-100.

¹⁸⁸ Bkz. (119), KOOB, 112.

¹⁸⁹ A.g.k., 114.



Resim 4.15. Polivinil asetat ile yapıştırma (a) Majewski, 102; b) Koob, 2006, 112).

Termoplastik yapıştırıcılardan selüloz nitrat, pamuk selülozunun nitrik asit ve sülfürik asitle reaksiyonuyla elde edilen yapıştırıcı günümüzde kâğıt, deri ve tekstil alanında da kullanılmaktadır¹⁹⁰. Selüloz nitratla birleştirilen Antik Çağ camlarında, yapıştırıcının zamanla ve atmosfer temasıyla sararması ve yapıştırıcı özelliğini yitirmesi bu alanda kullanımının başarısız olduğunu kesinleştirmektedir. Resim 4.16'daki yıldızlı şişe topuzunda, yapıştırıcı özelliğini kaybederek kırılğanlaşan ve sararan başarısız bir selüloz nitrat uygulaması görülmektedir. Antik Çağ camlarının restorasyonunda *HMG*¹⁹¹ ticari markalı selüloz nitrat kullanılmıştır. Saf asetonla son derece kolay çözünen yapıştırıcının¹⁹² temizliğinde fırçalama ve mekanik temizliğe de gerek kalmamakta, parçalar ikinci bir saf aseton banyosundan geçirilerek kurutulmalıdır¹⁹³.

¹⁹⁰ Bkz. (179), KAYA, 124-125.

¹⁹¹ Bkz. (10), DAVISON, 35-47.

¹⁹² Michaela NEIRO, "Adhesive Replacement: Potential New Treatment for Stabilization of Archaeological Ceramics", 237-244.

¹⁹³ Bkz. (119), KOOB, 114.



Resim 4.16. Selüloz nitratla yapıştırma (Koob, 2006, 112).

Termoplastik akriliklerden¹⁹⁴ Paraloid B-72¹⁹⁵ ticari markalı yapıştırıcı, Antik Çağ camlarının restorasyonunda kullanılmaktadır. Diğer yapıştırıcılara değinildikten sonra daha detaylı inceleyeceğimiz¹⁹⁶ Paraloid B-72, cam restorasyonunda sıklıkla karşımıza çıkmaktadır¹⁹⁷. Termoplastik akriliklerden metakrilat yapıştırıcılar (ör.: *Plastogen G*¹⁹⁸, *silikon lastik*¹⁹⁹) tam şeffaf olmadıkları için ancak mat ve yarı saydam Antik Çağ camlarında tercih edilebilmiştir. Metakrilat yapıştırıcılar saf asetonla temizlenebilmektedir²⁰⁰.

Termoset yapıştırıcılardan epoksi reçineler hakkında birçok bilimsel araştırma yapılmış²⁰¹ ve yapılmaya devam etmektedir. Antik Çağ camlarının restorasyonu ile ilgili yayınlarda epoksi reçinelerin kimyasal özellikleri, sertleşme süreleri, viskoziteleri ve dayanım süreleri fark gösterdiği için (Tablo 4.1) hangi ticari

¹⁹⁴ Bu grup “akrilik polimer” veya “silikon polimer” olarak da adlandırılmaktadır.

¹⁹⁵ Avrupa’da “Paraloid B-72” olarak bilinen yapıştırıcıya Amerika’da “Acryloid B72” adı verilmektedir.

¹⁹⁶ Bkz. aşağıda sayfa 75-78.

¹⁹⁷ Bkz. (119), KOOB, 47-57; Stephen P. KOOB, “The Use of Paraloid B-72 as an Adhesive: Its Application for Archaeological Ceramics and Other Materials”, 7-14; C. ARCAK - J. KUNICKI-GOLDFINGER, “The Use of Silicone Polymers in the Conservation of Glass from Waterlogged Sites: A Brief Introduction”, 6-8; Sasha CHAPMAN - David MASON, “Literature Review: The Use of Paraloid B-72 as a Surface Consolidant for Stained Glass”, 381-392; A. Boccia PATERAKIS, “The Conservation of Ancient Glass”, II.2.4.5.

¹⁹⁸ Bkz. (1), BAŞARAN, 98.

¹⁹⁹ Sandra DAVISON, “Reversible Fills For Transparent And Translucent Materials”, 35-47.

²⁰⁰ Bkz. (119), KOOB, 114.

²⁰¹ Norman H. TENNENT - J.H. TOWNSEND, “Factors Affecting The Refractive Index of Epoxy Resins”, 26-28; Rolf WIHR, “Possibilities of Restoration and Reproduction of Ancient Glass by the use of Pourable Synthetic Resins”, 17-25; John KAPOLOS - Nicholas BAKAOUKAS vd., “Evaluation of Acrylic Polymeric Resin and Small Siloxane Molecule for Protecting Cultural Heritage Monuments Against Sulfur Dioxide Corrosion”, 152-159; Evrikleia G. KARAYANNIDOU - Dimitris S. ACHIKIAS vd., “Cure Kinetics of Epoxy-Amine Resins Used in The Restoration of Works of Art from Glass or Ceramic”, 3311-3323;

markanın (ör.: *Araldit AY 103 + HY 956*²⁰², *Araldit MY 752 + HY 2296*²⁰³, *Araldit GY 292 + XD 537*²⁰⁴, *Hysol 2038+3416*²⁰⁵, *Ciba Polymers*²⁰⁶, *Ablebond 342-I*²⁰⁷, UV ışınları ile reaksiyona giren *Loctite 305*²⁰⁸, *Epoteck 301*²⁰⁹ ve *Epoteck 301-2*²¹⁰) kullanıldığı belirtilmektedir; tam şeffaf olduğu kabul edilen ve en az sararan²¹¹ Araldit 2020²¹² en sık kullanılanlarındanr.

Yapıştırıcı	Sertleşme süresi (22°C)	Viskozite (Pa·s)	Dayanım süresi
Hxtal NYL-1	48-96 saat	200-300	< 100 yıl
Epoteck 301	4-8 saat	100-200	< 50 yıl
Epoteck 301-2	16-24 saat	300-600	< 100 yıl
Fynebond	24-35 saat	orta karar	< 50 yıl?
Araldit AY103/HY956	24 saat	140	< 50 yıl?
Araldit 2020	16 saat	130	< 50 yıl?

Tablo 4.1. Camların birleştirilmesinde kullanılan epoksi reçinelerin özellikleri (Koob, 2006, 48).

Su altından ele geçen²¹³ Antik Çağ camlarında ve açık hava etkilerine maruz Geç Antik Çağ vitraylarında²¹⁴ *Hxtal NYL-1*²¹⁵ ticari markalı epoksi reçine tercih edilmiştir. Epoksi reçineler gerilme, kopma ve yırtılmalara dayanıklıdır²¹⁶. Sertleşmek için ısıya ihtiyaç duyan ve zamanla sararan²¹⁷ (Resim 4.17) epoksi reçinelerin tam geri dönüşümü yoktur; temizlenmek istendiğinde klorlu hidrokarbon (*eposolve ciba*)²¹⁸, metilen klorür²¹⁹ (CH_2Cl_2 -diklora metan) ile yapıştırıcı özelliği bozulabilir. Bahsedilen

²⁰² Bk. (149), HEROLD, 127.

²⁰³ Bkz. (1), KOCABAŞ, 110.

²⁰⁴ A.g.k., 110.

²⁰⁵ C. Wayne SMITH, **Archaeological Conservation Using Polymers: Practical Applications for Organic Artifact Stabilization**, 98.

²⁰⁶ Bkz. (10), DAVISON, 35-47.

²⁰⁷ Bkz. (1), KOCABAŞ, 110.

²⁰⁸ Bkz. (10), DAVISON, 35-47.

²⁰⁹ Bkz. (1), KOCABAŞ, 110.

²¹⁰ Bkz. (10), DAVISON, 35-47.

²¹¹ Bkz. (1), BAŞARAN, 90.

²¹² E. RISSER, "A New Technique For The Casting of Missing Areas in Glass Restoration", (bkz.: <http://www.ucl.ac.uk/archaeology/conservation/jcms>, Nisan 2009).

²¹³ Bkz. (120), PANNELL, 47-50; George F. BASS, **Su Altında Arkeoloji**, 250-256.

²¹⁴ Bruce S. Hutton, **Restoration Techniques of Stained Glass**, (özet için bkz.: <http://www.almond-glass.com/pages/thesis.html>, Aralık 2009).

²¹⁵ Penelope FISHER, "HXTAL NYL-1, An Epoxy Resin For The Conservation of Glass", 6-9.

²¹⁶ Bkz. (1), KOCABAŞ, 110; Raymond ERRETT, "The repair and restoration of glass objects", 48-49.

²¹⁷ Jane L. DOWN, "The Yellowing of Epoxy Resin Adhesives", 63-76; Christopher C. AUGERSON - John M. MESSINGER, "Controlling The Refractive Index of Epoxy Adhesives With Acceptable Yellowing After Aging", 311-314; Norman H. TENNENT, "Clear and Pigmented Epoxy Resins for Stained Glass Conservation: Light Ageing Studies", 153-164.

²¹⁸ Bkz. (1), KOCABAŞ, 111.

²¹⁹ Bkz. (119), KOOB, 115.

kimyasallar epoksi reçineleri tamamen çözmeyp, sadece yapıştırıcı özelliğini bozarak ayrılmasına imkân sağlar; bu işlemin gerçekleşebilmesi için bekletmenin kapalı ortamda (poşet veya kap içinde) en az 2 saat sürmesi gerekmektedir. Antik Çağ camlarının yapıştırılmasında kullanılan epoksi reçinelerin temizlenmesi gerektiğinde, bahsedilen kimyasallarla sadece yapıştırıcı özelliğinin zayıflatılabilmesi ve kullanılacak kimyasalların Antik Çağ camlarında kimyasal bozulmalara yol açmasının kaçınılmaz olması, kullanımının ne kadar sakıncalı olduğunu açıkça gösteriyor.



Resim 4.17. Epoksi reçinenin zamanla sararması (Koob, 2006, 49).

Antik Çağ camlarının birleştirilmesinde kullanılabilecek yapıştırıcının; viskozitesi ve gerilimi uygun, tutucu, geri dönüşümlü, şeffaf, atmosferik şartlara (en az 100 yıl) dayanıklı olması, cama zarar vermemesi (camla kimyasal reaksiyona girmemesi), camdaki aktif iyonlar Na ve K ile yer değiştirecek maddeler içermemesi, kolay uygulanması, hızlı sonuç vermesi (yapışması geç / erken olmayan) gerekmektedir²²⁰. Cam restorasyonunda kullanılan yapıştırıcıların görülme ve artık bırakma oranları son derece önem taşıdığı için günümüzde bu tip yapıştırıcıların Antik Çağ camları üzerindeki etkilerinin gözlemlenmesi için deneyler yapılmaktadır²²¹. Antik Çağ camlarında kullanılacak yapıştırıcılar hakkındaki araştırmalar günümüzde henüz tamamlanmış değildir²²²; uygulamaların deneme

²²⁰ A.g.k., 47.

²²¹ Stefanie SCHEERER, - Meg ABRAHAM vd., “Study of the Effects of Laser Radiation on Epoxy Resins and Epoxy Systems on Stone, Ceramic, and Glass Surface”, 223-229.

²²² Bu konudaki yeni gelişmeler için bkz.: Sandra DAVISON, “Review of Adhesive and Consolidants Used on Glass Antiquities”, 191-195; Norman H. Tennent, - J. H. Townsend, “The Significance of the Refractive Index of Adhesives for Glass Repair”, 205-212.

yanılma yöntemiyle gözlemlenmesi yaklaşık yüz yıldır devam etmektedir. Antik Çağ camlarının birleştirilmesinde kullanılacak uygun yapıştırıcının karar sürecinin uzunluğu ve cam restorasyonu örneklerinin azlığı nedenleriyle araştırmalar halen sürmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmada tam geri dönüşümlü olmamasına rağmen Antik Çağ camlarının restorasyonunda çeşitli yapıştırıcıların denendiği ve bunların bazılarının halen kullanılmakta olduğu görülmüştür; ancak her birinin kullanım ömürlerinin kısa oluşu ve zaman içerisinde renk değiştirmesi (bazıları deneme aşamasını halen tamamlamamış) gibi olumsuzlukları bilinmektedir. Bu olumsuzlukların haricinde en önemlisi tam geri dönüşümlü olmayan ve halen deneme sürecinde olan yapıştırıcıların, Antik Çağ camlarının birleştirilmesinde kullanılması zamanla bazı problemlere yol açacaktır. Böyle bir durumda Antik Çağ camlarında karşılaşılabilecek problemlerin başında yapıştırıcının renk değiştirmesi gelmektedir; tam geri dönüşümlü olmayan yapıştırıcı geri alınmak istendiğinde, Antik Çağ camları, kimyasal çözücülerin farklı sürelerde olumsuz etkilerine, maruz kalacaktır. Yapıştırıcının geri alınması amacıyla kullanılan kimyasalların tam geri dönüşümü sağlamaması durumunda Antik Çağ camlarının cidarlarında kalan artıkların mekanik temizlikle alınması, fiziksel tahribata da neden olacaktır. Toprak altında kimyasal çözülmeye uğramış Antik Çağ camlarının kimyasal çözücülere maruz bırakılması da bozulma sürecini hızlandıracaktır.

Geri dönüşümlü, dayanıklı ve farklı çözücülerle çözülebilen²²³ bir yapıştırıcı olan Paraloid B-72²²⁴, Antik Çağ camlarının birleştirilmesinde kullanılabilir. Paraloid B-72'nin, hızlı buharlaştığında hava kabarcıkları oluşturması ve hazırlanmasının her uygulamaya göre ayrı olduğu için uzun sürmesi gibi dezavantajları vardır. Paraloid B-72, kullanım ortamına (ortam ısısı) ve amacına uygun hazırlanmak zorundadır. Paraloid B-72'nin farklı amaçlarda kullanılmak üzere standart bir ön hazırlık süreci vardır, bu hazırlık doğru ve titiz bir çalışmayla gerçekleştirildiğinde ikincil hazırlıklar daha kolay ve doğru gerçekleşecektir. *“Ön hazırlık 150-200 ml.lik metal kapaklı bir cam kavanozda 50 gr saf aseton içerisinde önemsiz bir bulanma*

²²³ Bkz. (198), CHAPMAN - MASON, 386.

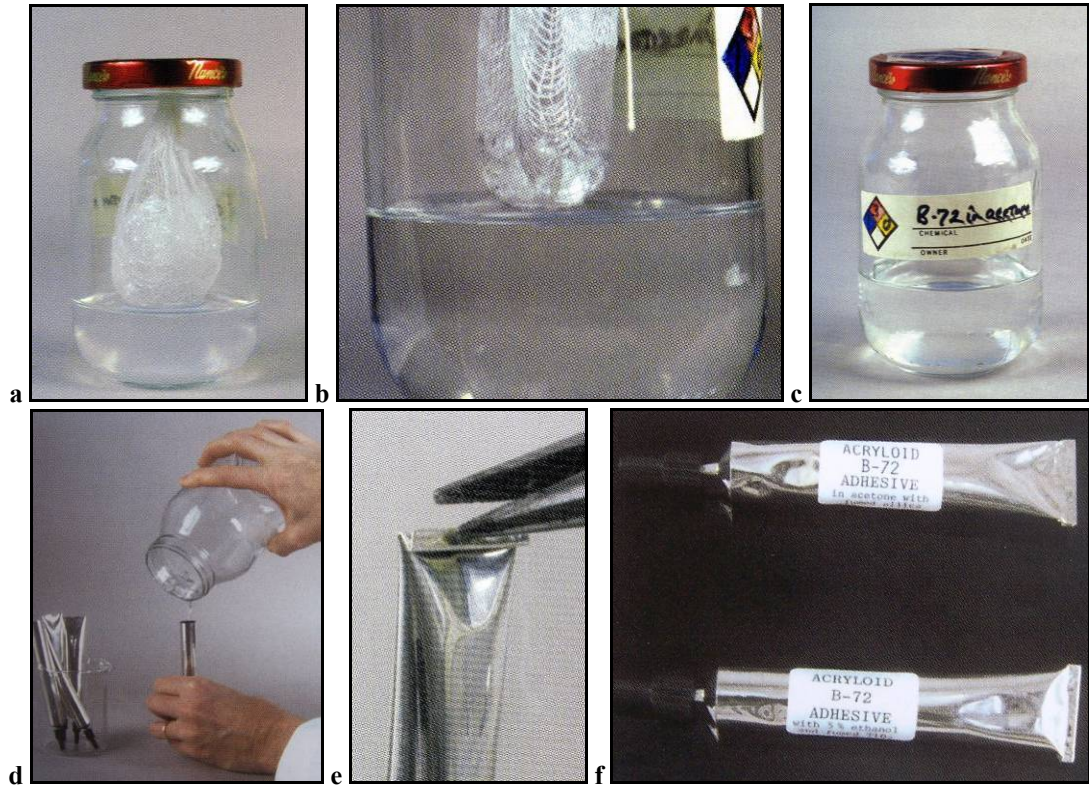
²²⁴ Bkz. (119), KOOB, 47. Genellikle tek çözücü ile kullanılan Paraloid B 72'nin iki çözücünün karıştırılmasıyla kullanımı için bkz.: D.R. GRIFFITHS - A.M. FEUERBACH, “The Conservation of Wet Medieval Window Glass: A Test Using an Ethanol and Aceton Mixed Solvent System”, 125-136.

yaratacak olan 0,5 gr hidrofobik silikanın (aerosil)²²⁵ konulması ve kapatılarak karıştırılmasıyla başlar. Önceden kesilerek hazırlanan 15 cm²'lik sargı bezine katı (boncuk) haldeki Paraloid B-72'den 25 gr (50 gr saf asetonla çözünebilecek maksimum Paraloid B-72 miktarı) konulup, yumurta formu bir bohça haline getirilen sargı bezi bağlanarak kavanoza sarkıtılır (Resim 4.18.a); bohça saf aseton içine daldırılmayacak (sadece alt ucundan değecek) şekilde uzun bırakılan bağlama ipleriyle kavanozun dışına sabitlenir. 12-16 saatte gerçekleşecek çözünmenin sonunda (Resim 4.18.b) kaliteli bir yapıştırıcı elde etmek için kavanozun sarsılmamasına dikkat edilmelidir. Elde edilen bu karışım yapıştırıcı olarak kullanım için ince olduğundan, saf asetonun kontrollü bir şekilde buharlaşması sağlanarak kalınlaştırılmalıdır; kapağı açılarak belirli aralıklarla tartılan kavanozdaki çözeltinin, 2-3 saatte kalınlaştığı fark edilecektir; başlangıçta toplam 75 gr olan Paraloid B-72 karışımının, saf asetonun buharlaştırılmasıyla 55-60 gr a düşürülmesi, cam parçalarının yapıştırılmasında ideal kalınlık olarak kabul edilmektedir. Çözeltinin 55-60 gr a düşürülmesinden sonra tekrar kapatılan kavanoz, buharlaşma sırasında çözelti yüzeyinde oluşan kabuk tekrar eriyene kadar döndürülür ve ½ ile 1 saat arası dinlendirilir (Resim 4.18.c); döndürme sırasında oluşan hava kabarcıkları dinlendirme sürecinde yüzeye çıkacaktır; Paraloid B-72'nin aerosili bünyesine alması sonucunda berraklaşan yapıştırıcı, zaman kaybetmeden alüminyum tüplere doldurulmalıdır (Resim 4.18.d). Doldurma işlemi sırasında saf aseton buharlaşmaya devam ederek çözeltinin oranını değiştireceğinden aynı oranlarda daha fazla çözeltinin hazırlanması, gereken boşaltma zamanı olmayacağından yanlış bir uygulamadır. Seri bir şekilde doldurulan tüplerde, kapatılırken kıvrılacak kadar pay bırakılmalı, dolum sonrasında hemen ince uçlu cımbızla sıkıştırılarak kapatılmalıdır (Resim 4.18.e). Doldurma sırasında kavanoz içerisinde kabuk oluşumu görüldüğünde, kapağın kapatılıp döndürülerek tekrar çözünmesi sağlanmalı; doldurulan tüplere, içeriği ve tarihi yazılı etiketler yapıştırılmalıdır (Resim 4.18.f); kapağı açılmayan tüpler 1 yıl saklanabilir”²²⁶. “Hazırlanmış olan bu Paraloid B-72 yapıştırıcısı 20-24°C derecelik ortamlarda kullanılmaya uygundur; 24-30°C derecede kullanılacaksa çözücünün %10'u, 30-38°C

²²⁵ Aerosil; ham maddesi, camın, kumun, kuvarsin da özünü teşkil eden SiO₂'dir. Sıvı sistemlerin koyulaştırılması ve yapı değişikliği meydana getirerek, viskozitenin ayarlanmasını sağlamaktadır.

²²⁶ Bkz. (119), KOOB, 50-52

derecede kullanılacaksa çözücününün %20'si etil alkol olmalıdır. Bu oranın ön hazırlık aşamasında yapılmayıp sonradan karışıma ilave edilmesi gerekmektedir; ön hazırlığı tamamlanan ve elimizde hazır bulunan Paraloid B-72 yapıştırıcısı içinde 30 gr saf aseton bulunmaktadır (buharlaştırılan saf asetonun sonra kalan 55 gr çözeltinin 25 gramı Paraloid B-72 olduğu için); saf asetonun %10'unu etil alkolle değiştirmek için kapağı açık olarak hassas terazi üzerine konulan kavanoz ağırlığının 3 gr düşmesi beklenmeli (buharlaşacak saf aseton) ve yerine 3 gr etil alkol ilave edilmelidir; çözücününün %20'si etil alkolle değiştirilmesi gerektiğinde (30-38°C derecede kullanılacaksa), bu kez aynı şekilde 6 gr buharlaştırılan saf aseton yerine 6 gr etil alkol konur. Bu işlemlerden sonra kapatılan kavanozda oluşan kabuklaşma kavanoz döndürülerek giderildikten sonra Paraloid B-72 1 saat dinlendirilerek tüplere doldurulur ve tüpler etiketlenir. Paraloid B-72 ve çözücüyle kullanılan diğer yapıştırıcıların 38°C derecenin ve %60 bağıl nemin üstündeki ortamlarda kullanılması mümkün değildir²²⁷.



Resim 4.18. Paraloid B-72 çözeltisinin hazırlanma aşamaları (Koob, 2006, 50-53).

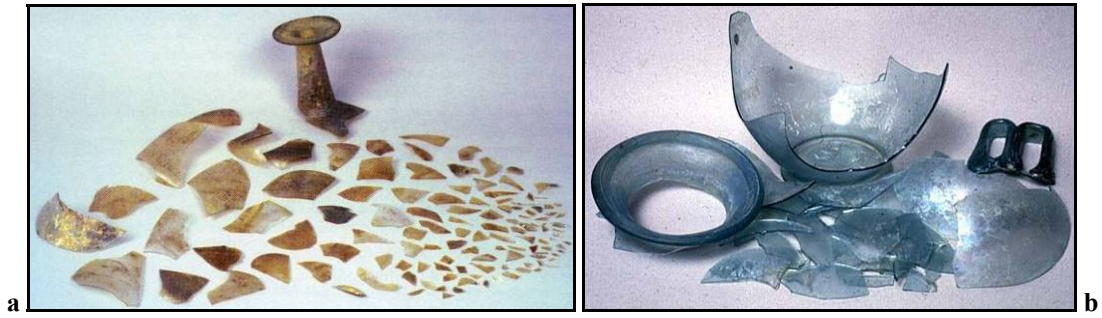
²²⁷ A.g.k., 54-55.

Birden çok çözücüyle kolayca ve tamamen geri dönüşümü sağlanabilen Paraloid B-72, camla kimyasal reaksiyona girmeyerek yapısal uyum göstermektedir. Hazırlanma aşamasında viskozitesi uzman bir kişi tarafından çalışma ortamının ısisına ve birleştirilecek Antik Çağ camının durumuna göre ayarlanabilen Paraloid B-72, hızlı sertleşme süresine sahiptir. Antik Çağ camlarının bulundurulacağı uygun ortamdaki nem ve ısıya dayanıklı Paraloid B-72, zamanla renk değişimi göstermez ve yapıştırıcı özelliğini korur. Bu çalışma kapsamında yapılan kaynak araştırması ve cam restorasyonu örneklerinin incelenmesi sonucunda Paraloid B-72'nin, Antik Çağ camlarının birleştirilmesinde kullanılan yapıştırıcılar arasında en uygunu olacağı görüşü ortaya çıkmaktadır. Büyük boyutlu Antik Çağ camlarının birleştirilmesinde Paraloid B-72'nin taşıma kapasitesi yetersiz kalabilmektedir. Çok özel ve mutlaka sergilenen büyük boyutlu bir Antik Çağ camının, birleştirilmesinde geri dönüşümlü olmayan diğer epoksi reçinelere göre daha düşük viskoziteli olan ve özellikle cam yapıştırıcısı olarak üretilen Araldit 2020 kullanılmak zorunda kalmaktadır.

Antik Çağ camlarının hangilerinin birleştirileceğinin doğru seçimi son derece önemli bir konudur. Aksi takdirde her Antik Çağ cam parçasının birleştirilmeye çalışıldıktan sonra form oluşturmadığı anlaşıp yapıştırmanın yarıda kalması ileride kalıcı tahribata yol açacaktır. Bu nedenle Antik Çağ cam parçalarının önce ait oldukları kaplara göre ayrılarak tasnif edildikten sonra ancak bu parçalar bir cam eserin üçte ikisini oluşturuyorsa birleştirme aşamasına geçilmesi uygun olacaktır. Önceden temizlenerek hazırlanmış parçaların doğrudan yapıştırılması Antik Çağ cam restorasyonunda kabul edilemeyecek büyük bir hatadır. Bu nedenle geçici bantlarla bir araya getirilen parçalarla Antik Çağ camının statüğü değerlendirilerek yapıştırıcı uygulamasının yapılıp yapılamayacağı kararlaştırılmalıdır. Değerlendirme sonucunda Antik Çağ camına yapıştırıcı uygulanmayacaksa bantların tamamı özenle temizlenmelidir. Vitrinde sergilenmeye değer görülen Antik Çağ camlarının birleştirilmesi, sergilenmeyeceklerin ise temizlik sonrasında parça halinde depolanması uygun olacaktır. Antik Çağ camlarında kullanılabilecek yapıştırıcıların günümüzde halen araştırılmaya devam edildiği ve parça halinde depolamanın kolaylığı

düğüldüğünde, Antik Çağ cam parçalarının temizlikleri tamamlandıktan sonra uygun ortam koşullarında mevcut durumlarında koruma altına alınmaları doğru olacaktır.

Temizliği yeterli olmayan Antik Çağ camları birleştirilemeyeceğinden her parçanın yüzey ve cidarları kontrol edilmelidir; cidarlar, yapıştırıcının yüzeye homojen şekilde yayılmasını ve yapışmayı engelleyecek maddelerden (su, etil alkol gibi) arındırılmış, temiz ve kuru olmalıdır²²⁸. Temizlik sonrasında parçaların tam kuruması için yapıştırma öncesinde yeteri kadar beklenmelidir. Kuruyan Antik Çağ cam parçalarının temiz ve pürüzsüz bir düzleme, ağız, gövde ve dip parçaları ayrılarak ait oldukları cam kabın formunu oluşturacak düzende dizilmesi birleştirme aşamasını kolaylaştıracaktır (Resim 4.19)²²⁹.



Resim 4.19. Birleştirme öncesinde cam parçalarının dizilmesi (a) Koob, 2006, 58; b) http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/laborato/chapotat_r03.htm, Ocak 2010).

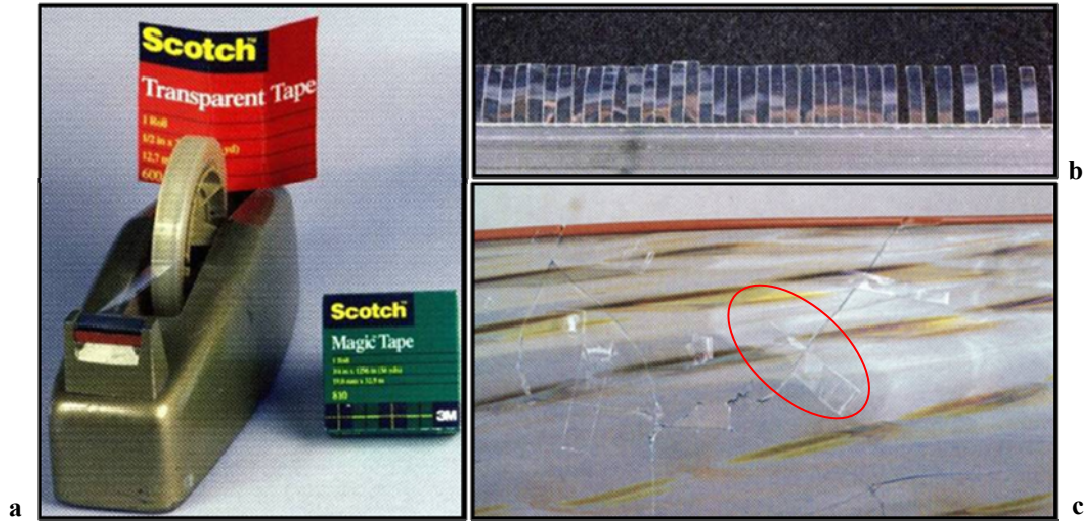
Antik Çağ camlarının birleştirilmesinde, eldivensiz çalışmak esere ve uygulamaya zarar verebileceğinden steril eldiven kullanılmalıdır. Çalışmanın hazırlık ve uygulama aşamaları fotoğraflanmalıdır. Tasniflenen parçalar Antik Çağ camının formuna (açık / kapalı ağızlı) göre düzleme oturan dip veya ağız parçalarından birleştirilmeye başlanmalıdır. Birleştirmenin doğrudan yapıştırıcıyla yapılması mümkün olamadığı için ön birleştirme şeffaf bantla yapılmalıdır. Ağır demir bir bantlığa yerleştirilerek sabit kalması sağlanan banttın (Resim 4.20.a) kesilen şeritler dörtgen cam bir plaka üzerine yapıştırılarak (bisturi veya maket bıçağı yardımıyla) 0.3 - 0.5 cm genişlikte ince şeritlere ayrılır²³⁰ (Resim 4.20.b). Bu ince şerit bantlar, hem yapıştırma sürecine kadar cam parçalarının geçici bir süre birbirine tutunmasını,

²²⁸ Bkz. (10), DAVISON, 278.

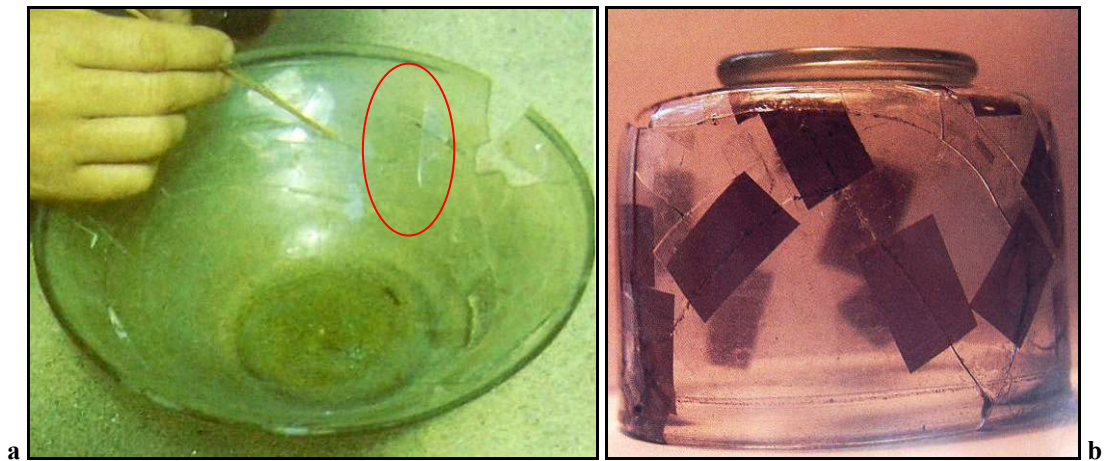
²²⁹ J. M. CRONYN, *The Elements of Archaeological Conservation*, 138.

²³⁰ Bkz. (119), KOOB, 59.

hem de parçaların denenmesi ve gerektiğinde çıkartılabilmesi için gerekli esnekliği sağlayacaktır. Birleştirmede kullanılan ince şerit haline getirilmiş bantların parçaların birbirini tutmasını sağlayacak aralıkta yapıştırılması yeterli olacaktır (Resim 4.20.c). Şerit bandın denk geldiği yere, yapıştırıcı uygulaması sırasında, yapıştırıcı giremeyeceği için bantların yerleri değiştirilerek, yapıştırıcının her yere ulaşması sağlanabilir. Birleştirme işleminde gereğinden daha geniş bantların kullanılması (Resim 4.21), Antik Çağ camının kırıklarından yeterli yapıştırıcının girmemesine ve uygulamanın başarısız olmasına neden olacaktır.



Resim 4.20. Bantın ince şeritler halinde hazırlanması ve kullanımı (Koob, 2006, 58, 69).



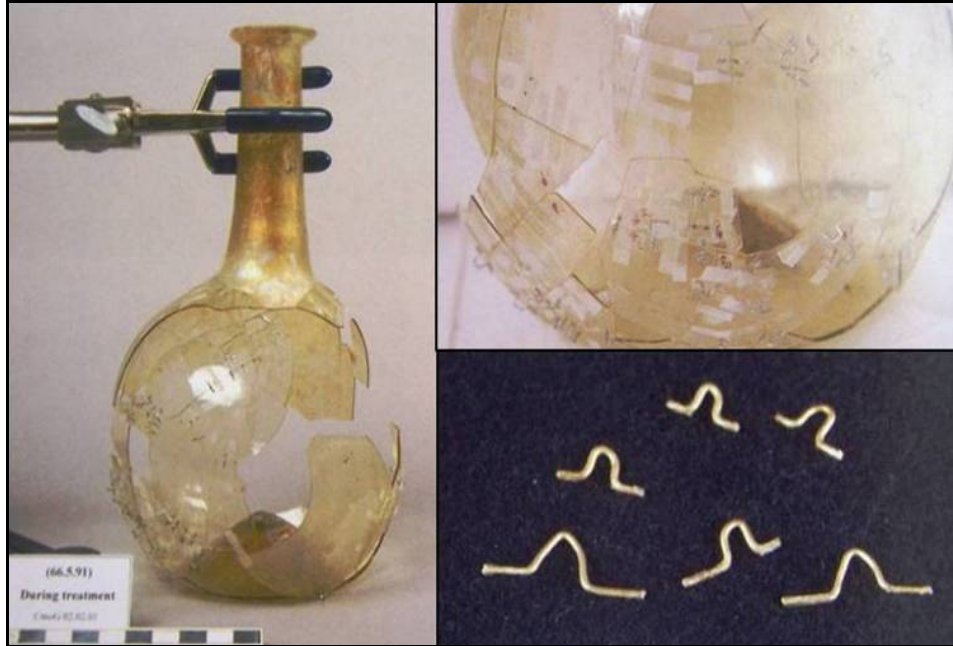
Resim 4.21. Gereğinden büyük bantlarla hatalı birleştirmeler (a) Pannell, Res.58; (b) Herold, 231).

Yapıştırıcı uygulamasının bant yerleri değiştirilmeden tek seferde yapılabileceği bir birleştirme uygulamasında; ince bantlarla bir araya getirilen Antik

Çağ camlarının parçalarındaki bantlar, omega (Ω) profilli tellerle değiştirilir²³¹ (Resim 4.22). Cam parçaların birleşimlerine, ince ve yumuşak metal tellerin ortalarındaki kavisler denk getirilerek her iki ucundan ince şerit bantlarla tutturulduğunda, yapıştırıcı uygulaması için tüm kırık hatları açık kalmış olacaktır (Resim 4.23).



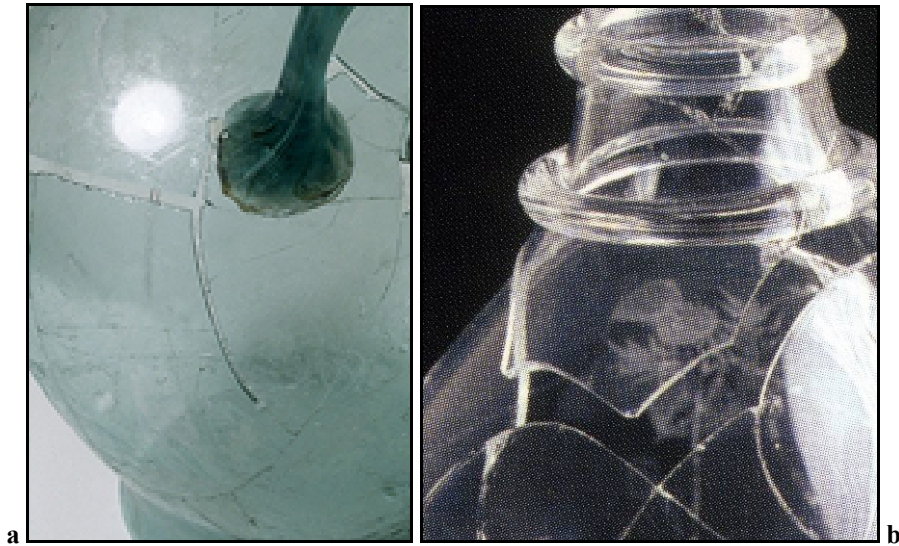
Resim 4.22 Cam parçalarının şerit bant ve omega profilli tellerle birleştirilmesi (http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/laborato/chapotat_r03.htm, Ocak 2010).



Resim 4.23. Omega profilli tellerle cam parçalarına birleştirme uygulaması (Koob, 2006, 60).

²³¹ Bkz. (119), KOOB, 60; Bkz. (10), DAVISON, 276.

Antik Çağ cam parçalarının yapıştırıcısız olarak ön bileştirilmesindeki tam ve doğru dizilim cam restorasyonunun önemli aşamalarındandır. Antik Çağ camlarının milimetre kalınlığındaki cidarları uygulamanın hassaslığını kanıtlamaktadır. Şerit bant veya omega profilli telle birleştirmenin büyüteçli masa lambası altında yapılması hata payını düşürecektir. Bu aşamada çok hafif kaydırılan bir cam parçası kabın tamamlanmasına yakın son parçaların yerine oturmamasına ve aralarında büyük açıklıkların kalmasına neden olabilir (Resim 4.24); zamanında fark edilmeyen böyle bir hata, yapılan yapıştırmanın son aşamada tamamen geri alınmasını gerektirecektir.

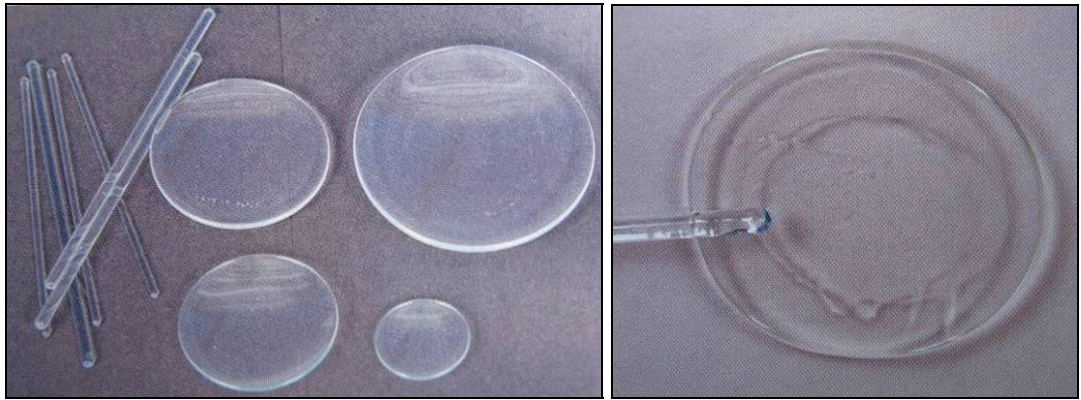


Resim 4.24. Parçaların birleştirilmesinde yapılan hatalar sonucu boşluk kalması
(a) <http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009; (b) Koob, 2006, 58).

İnce şerit bant veya omega profilli tellerle bir araya getirilen cam parçalarının birleştirilmesinde en uygun yapıştırıcı, yukarıda da değinildiği gibi Antik Çağ camlarının kimyasına ve üretimine uygun ve geri dönüşümlü olan Paraloid B-72 olacaktır. Zor hazırlanan Paraloid B-72'nin, hızlı buharlaşma ve olası hava kabarcıkları nedenleriyle parçaların arasına tam olarak sızamayabileceğinden kesinlikle sıcaklık ve nem açısından uygun duruma getirilmiş laboratuvar ortamında uzman kişilerce kullanılması hata olasılığını ortadan kaldıracaktır. Paraloid B-72 buharlaşması azaltılarak²³² ve inceltilerek bantlı birleştirme sonrasında yapıştırıcı

²³² Bkz. (119), KOOB, 65. Paraloid B-72 çözücülerden uçuculuğu daha yavaş tolüen içinde doğrudan hazırlanabildiği gibi %75 tolüen + %25 aseton çözeltisi içinde de hazırlanabilir.

olarak kullanılabilir. Tam geri dönüşümlü olduğu için tercih edilmesi gereken Paraloid B-72 yerine bantla birleştirilen parçaların yapıştırılmasında kullanım kolaylığı nedeniyle ne yazık ki bazen de geri dönüşümsüz epoksi reçineler²³³ tercih edilmektedir. Yassı cam kaplarda (Resim 4.25) hazırlanan Araldit 2020, parçaların arasına daha kolay sızabilmesi için sıcak lamba altında bekletilerek akışkanlığı sağlanmalı ve bir ıspatula yardımıyla parçalar arasına sızdırma yoluyla uygulanır (Resim 4.26).



Resim 4.25. Epoksi reçinelerin hazırlandığı yassı camlar ve karıştırma çubukları (Koob, 2006, 67-68).



Resim 4.26. Parçaların birleşim yerlerine yapıştırıcı uygulaması (Baykan, 184).

²³³ Bkz. (119), KOOB, 66.

Geri dönüşümsüz Araldit 2020'nin yapıştırma sırasında yüzeye bulaşmasını önlemek amacıyla cam yüzeyinin suyla çözünen lak F86, vazelin ve sabun gibi maddelerle kaplanması gibi değişik uygulamalardan bahsedilmekteyse de²³⁴; bunun yerine yapıştırma işleminin temiz ve dikkatli yapılarak cam yüzeyine hiç bulaşmamasının sağlanması daha doğru olacaktır. Az miktarlarda uygulanan yapıştırıcının parçaların arasına sızabilmesi için gerekli zaman aralıkları bırakılmalıdır. Yapıştırıcının ortamın ısısına göre değişen sertleşme süresi, normal oda sıcaklığında 1 gündür²³⁵; ısıyla sertleştiği bilindiğinden, sertleşme süresinin kısaltılması için UV ışınlı lamba altında bekletme²³⁶ hatalı bir uygulamadır. Sertleşme süresinde parçaların yerinden kayma olasılığı nedeniyle ve dışa sızan yapıştırıcının ağdalı kıvama geldiğinde (saf aseton gibi) çözücülerle ıslatılmış pamuklu çubuk yardımıyla temizlenebilmesi için eserin devamlı gözetim altında tutulması gerekmektedir. Yapıştırıcı sertleştiğinde, ince şerit bant ve omega profilli teller yüzeyden alınarak, yapıştırma uygulaması yapılan yerler etil alkolle silinmelidir. Birçok parçanın birleştirilerek yapıştırılmasıyla tamamlanan eser, formunu kazanmış ve tek bir parça haline getirilmiş olur (Resim 4.27).



Resim 4.27. Birleştirme öncesi ve sonrası
(<http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009).

Her Antik Çağ camının birleştirilmeye çalışılarak form oluşturmadağı anlaşılıp yapıştırmanın yarıda bırakılması ileride kalıcı fiziksel bozulmalara yol açacağından, önce ait oldukları kaplara göre ayrılarak tasnif edildikten sonra cam eserin üçte ikisini oluşturuyorsa birleştirme aşamasına geçilmesi aksi takdirde

²³⁴ Bkz. (1), BAŞARAN, 91.

²³⁵ Bkz. (202), KARAYANNIDOU - ACHIKIAS, 3319.

²³⁶ Bkz. (1), BAŞARAN, 91.

restorasyonun temizleme aşamasından sonra durdurulması en doğru seçimdir. Parçaların doğrudan yapıştırılması Antik Çağ cam restorasyonunda kabul edilemeyecek büyük bir hata olduğundan ince şerit bantlarla bir araya getirilen Antik Çağ camının statığı ve fiziksel özellikleri değerlendirilerek uygulamanın devamı kararlaştırılmalı, yapıştırıcı uygulanmayacaksa bantların tamamı özenle temizlenmelidir. Şerit bant veya omega profilli telle birleştirmenin büyüteçli düzeneğin altında yapılması, Antik Çağ camlarının laboratuvar ortamında ısıya maruz kalarak bozulma sürecinin hızlanmaması için fiber optik ışık kaynağı kullanılması en doğrusudur. Vitrinde sergilenmeye değer görülen Antik Çağ camlarının birleştirilmesi, sergilenmeyeceklerin ise temizlik sonrasında parça halinde depolanması; uygun yapıştırıcıların halen araştırılmaya devam edildiği ve parça halinde depolamanın kolaylığı düşüldüğünde, Antik Çağ cam parçalarının temizlikleri tamamlandıktan sonra ısı ve nem gibi faktörleri ayarlanan ortamlarda korunmaları doğru olacaktır. Üfleme tekniğinde üretilmiş Antik Çağ camları, cidar inceliği nedeniyle yapıştırma aşamasında son derece dikkat gerektirmektedir. Antik Çağ cam parçalarının birleştirilmesinde yapıştırıcı olarak mümkün olduğunca Paraloid B-72; büyük boyutlu ve mutlaka birleştirilmesi zorunlu Antik Çağ camlarında ise istisnai olarak Araldit 2020 kullanımı uygun olacaktır.

4.5. Tümleme Uygulamaları

Günümüzde cam restorasyonunda tümlemenin statik ve estetik olmak üzere iki gerekçesinin olduğu kabul edilmektedir²³⁷. Antik Çağ camlarının restorasyonunda statik gerekçeler önem taşıyabilse de estetik amaçla bir tümleme etik açıdan kabul edilemez. Özellikle üfleme tekniğinde üretilen ince cidarlı Antik Çağ camlarının tümlenmesi risk taşımaktadır. Ayrıca Antik Çağ camlarının üretimleri ve kimyası açısından tümlemde kullanılan malzemelerin uyumluluğu tartışma konusudur. Bu nedenlerle birleştirilmesi tamamlanan ve statik bir problemi olmayan Antik Çağ camlarının bu aşamada mevcut durumuyla sergilenmesi daha doğru olacaktır. Özellikle yüzey bozulması ve kaybı görülen Antik Çağ camları, eksiklik bütünlüğü ve dengeyi bozmuyorsa tümlenmeden kaçınılmalıdır. Ender rastlanan bir formun

²³⁷ Bkz. (119), KOOB, 75.

denge probleminden dolayı ayakta duramadığı durumlarda tümleme gereklidir. Müze vitrininde sergilenecek bir Antik Çağ camının statik açıdan önemsiz eksikliklerinin görsel bütünlük amacıyla tümlenmesi bazen uygulanabilse de günümüzün gelişen olanakları ve teknolojik imkânların hızla değişmesi nedeniyle bu tip uygulamalardan kaçınmanın koruma açısından daha doğrudur. Ayakta durabilen ve benzeri mevcut Antik Çağ camlarında uzman(lar)ın tümlemenin gerekli olup olmadığına karar vermesi gereklidir. Tümlemede de uygulama öncesi ve aşamalar ölçekli ve detaylı fotoğraflanmalıdır.

Tümlemenin yapılacağı laboratuvarında; hassas terazi, ayakta duramayan eserler için taşıyıcı kollar, büyüteçli, normal masa ve UV lambaları (tabanlarından masaya sabitlenen ve gövdelerinden hareket kabiliyeti olan), cam, metal ve ahşap çubuklar, pamuklu çubuk, cımbız, düz ve kaşık uçlu küçük ıspatulalar, dolgu malzemesinin hazırlanacağı cam kaplar, çözücüler, döküm için pipet, enjektör, saf aseton, eldiven, organik kılıllı ince fırçalar, renk oksitler, kalıp ve dolgu malzemelerinin bulundurulması gerekmektedir. Kalıp malzemesi olarak plasterin (Resim 4.28.a), dişçi mumu (Resim 4.28.b), balon ve silikon; dolgu malzemesi olarak da epoksi reçineler kullanılabilmektedir²³⁸.



Resim 4.28. Kalıp malzemesi olarak kullanılan plasterin ve dişçi mumu (Koob, 2006, 79-80).

Tümleme malzemesi olarak kullanılan polyester ve akriliklere²³⁹ göre epoksi reçinelerin daha uygun olduğu kabul edilmektedir²⁴⁰. Epoksi reçineler şeffaf, camla reaksiyona girmeyen, gerilim karşısında dayanıklı, renklendirilebilir, akışkan ve

²³⁸ A.g.k., 75-76.

²³⁹ Bkz. (217), ERRETT, 48-49.

²⁴⁰ Bkz. (119), KOOB, 76.

kolay işlenebilir malzemelerdir. Araldit E²⁴¹, Araldit AY 103/ HY 956²⁴², Araldit 2020²⁴³, Technovit 4004A²⁴⁴, Teknovit 8004²⁴⁵, Hxtal NYL-1²⁴⁶, Silastik E RTV²⁴⁷, RTV-M 589²⁴⁸, Polimer 435T-T914²⁴⁹, Epotek 301²⁵⁰, Epotek 301-2²⁵¹, Plastogen G ve H²⁵² ticari markalı ürünler tümlemede kullanılmıştır.

Antik Çağ camlarının tümlemesinde dikkat edilmesi gereken ilk aşama kalıp malzemesi ile modellemedir. Kalıp malzemesi ve kalıp alma tekniği tümlenecek eserin formuna, döküm yapılacak yerin şekline ve ebadına göre belirlenmelidir. Eksik kısmın tümlenmesi doğrudan döküm veya parça döküm şeklinde yapılabilir. Doğrudan döküm tütleme tekniği, eserin eksik kısmında oluşturulan kalıba, dolgu malzemesinin dökülmesidir. Parça döküm tekniği ise, dolgu malzemesinin eserin eksik kısmına yapılan modelden alınan kalıba dökülerek esere sonradan yapıştırılmasıdır.

Doğrudan döküm tütleme tekniğinde, tek veya çift taraflı açık kalıp, kanallı kapalı kalıp ve iç / balon kalıp kullanılmaktadır. Eksik yerin devamındaki sağlam kısmın iç veya dış yüzeyinden (Resim 4.29) alınan tek taraflı açık kalıp, eksik kısma yerleştirilerek tümlenmektedir²⁵³. Geniş ağızlı kaplarda eksik yerin devamındaki mevcut kısmın iç ve dış yüzeyinden alınan çift taraflı açık kalıpla²⁵⁴ (iç ve dıştaki) döküm ağızı yaratılarak tütleme yapılmaktadır (Resim 4.30.a).Tütleme yapılacak kısım profilli bir ağız kenarı veya gövdeden bir parça olduğunda kanallı kapalı kalıp yöntemi kullanılmaktadır²⁵⁵. Kanallı kapalı kalıp yönteminde kalıp içten ve dıştan kapalı olduğundan tütleme malzemesinin girişi ile havanın çıkışı için iki kanal

²⁴¹ Bkz. (149), HEROLD, 131.

²⁴² Bkz. (149), HEROLD, 132; Bkz. (1), BAŞARAN, 98.

²⁴³ Bkz. (1), BAŞARAN, 98.

²⁴⁴ P. R. JACKSON, "Restoration of an Italic Glass Oinchoe with Technovit 4004A", 44-47; Bkz. (1), BAŞARAN, 99.

²⁴⁵ Bkz. (1), KOCABAŞ, 110; Bkz. (1), BAŞARAN, 99.

²⁴⁶ Bkz. (1), KOCABAŞ, 110; Bkz. (149), HEROLD, 131; Bkz. (1), BAŞARAN, 98.

²⁴⁷ Bkz. (213), RISSER, b.a.

²⁴⁸ Bkz. (149), HEROLD, 130.

²⁴⁹ A.g.k., 130.

²⁵⁰ Bkz. (119), KOOB, 100.

²⁵¹ A.g.k., 100.

²⁵² Bkz. (119), KOOB, 100; Bkz. (1), BAŞARAN, 98.

²⁵³ Bkz. (119), KOOB, 81; Bkz. (1), BAŞARAN, 93.

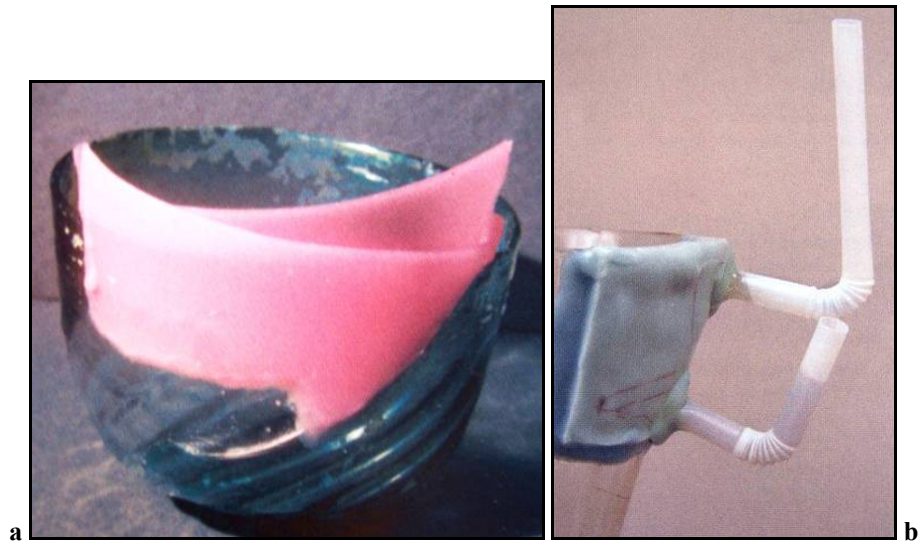
²⁵⁴ Bkz. (119), KOOB, 92.

²⁵⁵ Bkz. (119), KOOB, 93-94; Bkz. (1), BAŞARAN, 94-95; Bkz. (10), DAVISON, 286-292.

(pipet) oluşturulmakta (Resim 4.30.b); kanalın birinden enjektör yardımıyla tümleme malzemesi akıtılırken diğlerinden havanın çıkışı sağlanmaktadır (Resim 4.31). Bu uygulamada hava kanalında dolgu malzemesinin görülmesiyle yeteri kadar doldurulduğu anlaşılabilmektedir.



Resim 4.29. Epoksi reçine ile tümleme (Koob, 2006, 81, 103).



Resim 4.30. a) ift taraflı kalıp yöntemi (Koob, 2006, 92); **b)** Kanallı kapalı kalıp yöntemi (Koob, 2006, 94).

camını fiziksel olarak zayıf bir yerinden kopartabilmektedir (Resim 4.33). Antik Çağ camlarının tümlenmesinde sık kullanılan ve problemlere neden olan doğrudan döküm tekniğindense, parça döküm tekniği daha uygun olacaktır.



Resim 4.33. Doğrudan döküm tekniğiyle yapılmış epoksi reçine tümleme (Koob, 2006, 49).

Parça döküm tekniğinde; eksik kısmın alçıyla tümlenmesiyle oluşturulan çekirdeğin, silikonla alınan kalıbına dökülen epoksi reçine parça Antik Çağ camına yapıştırılır. Tümlenecek Antik Çağ camları sonradan tekrar sökülerek döküm parçayla bir daha birleştirileceği için sadece tam geri dönüşümlü Paraloid B-72 kullanılarak birleştirilmek zorundadır. Antik Çağ camları için en uygunu olan bu tümleme tekniğinde, eksikliğin yeri, boyutu, sayısı ve eserin formu göz önünde bulundurularak restoratörün uygulama şeklini belirlemesi gerekmektedir. Uygulama şeklinin her ne kadar seçilmesi gerekse de tüm uygulamalarda değişmeyen ve dikkat edilmesi gereken sabit kurallar vardır. Bunların ilki alçıdan yapılan kalıp çekirdeğinin düzeltilip perdahlandıktan sonra sağlamlaştırılmasıdır. Alçı parçalara, %15 oranında Paraloid B-72 çözeltisinin²⁵⁷ %85 oranındaki saf asetonla karışımıyla oluşturulan solüsyon emdirilmeli ve kurutulmalıdır. Birleştirilmiş Antik Çağ camının parçaları ile alçı parçaların birleşim yerlerine saf aseton uygulanarak tekrar

²⁵⁷ Bkz. yukarıda sayfa 75-77.

ayrılmalarının sağlanması gerekmektedir²⁵⁸. Ayrılan Antik Çağ cam parçaları, alçı ve Paraloid B-72 artıklarından saf aseton ve etil alkol yardımıyla temizlenerek kurumaya bırakılır. Ayrılan alçı parçalarının sağlamlaştırılmasına devam etmek ve üzerinde camsı pürüzsüz bir tabaka oluşturmak gerekmektedir. Bu aşamada alçı parçanın tüm dış yüzeyi şeffaf akrilik spreyci vernikle (ör.: *Krylon Crystal Clear*)²⁵⁹ kaplanabilir. Her katı arasında 10 dakika beklenmesi gereken bu uygulama alçının yüzeyi camsı görünümüne alana kadar tekrarlanır; son kuruma için 24 saat beklemesi gerekecektir. Tüm yüzeyleri camsı görünüm kazanan ve tamamen kuruyan alçı parça uygun genişlik ve derinlikteki (tercihen esnek plastik) bir kap içerisine yerleştirilerek üzerine sıvı silikon dökülür. Kalıbı alınması gereken alçı parçanın şekli ve büyüklüğü kalıp kabına yerleştiriliş aşamasında büyük önem taşır. Genelde yatay yerleştirilen alçı parçaların şeklinden dolayı kalıp içinde dik durması isteniyorsa, kalıp tabanına Paraloid B-72 kullanılarak sabitlenip kuruması beklendikten sonra sıvı silikon dökülmelidir²⁶⁰. Alçı parçaların silikon kalıba yerleştirilişinde kalıbın kesilerek açılacağı ve alçının alınacağı yere de önceden karar vermek gerekmektedir. Sıvı silikon alçı üzerine döküldükten hemen sonra (kurumadan önce) üzerine uygun büyüklükte bir sargı bezi parçasının yerleştirilmesi kalıptaki olası esnemeyi önleyecektir. Silikon kalıbın kullanışlı olduğu görüldükten sonra alçı parçanın bir bütün halinde çıkarılmasına gerek yoktur, kalıp başarısız olmuş ve yapımı tekrarlanacağı zaman alçı tek parça halinde çıkarılmak zorundadır; aksi takdirde önceki aşamalar tekrarlanmak zorunda kalınacaktır. Boşaltılan silikon kalıp UV lamba altında 24 saat tutularak tam kuruması sağlanmalıdır. Epotek 301²⁶¹ veya Araldit 2020²⁶², sertleşme süresi ve viskozitesi nedeniyle parça döküm malzemesine uygun epoksi reçinelerdir. Dökümü yapılacak parçaların epoksi reçinesi hazırlanmalı ve gerekiyorsa renklendirilmelidir. Renklendirmede tümlemenin belli edilebilmesi için birebir aynı olmayan ama Antik Çağ camının rengine benzer tonda renk oksitler katalizör katılmadan epoksi reçine içinde homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra bekletilmelidir. Resim 4.34.a'da renk oksitlerin epoksi reçineyle karıştırıldığı ilk 5

²⁵⁸ Bkz. (119), KOOB, 97.

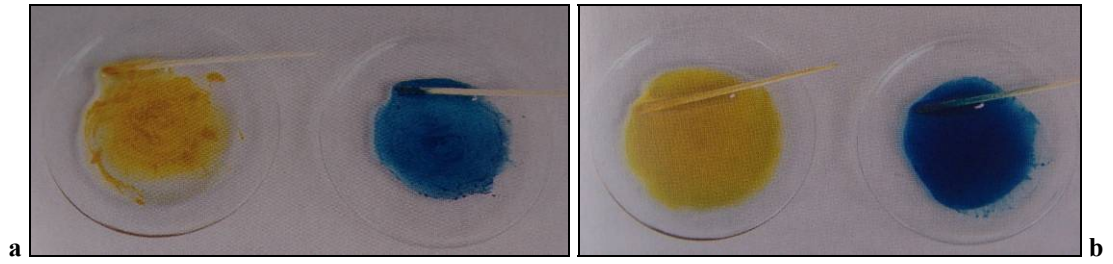
²⁵⁹ A.g.k., 97.

²⁶⁰ A.g.k., 98.

²⁶¹ Bkz. (119), KOOB, 100.

²⁶² Bkz. (10), DAVISON, 210.

dakikadaki heterojen, Resim 4.34.b’de ise 24 saat bekledikten sonraki homojen görünümleri verilmiştir²⁶³. Farklı renk ve tonlardaki boya veya oksitlerin karıştırılmasıyla yapılan renklendirme (Resim 4.35a) dökümün birkaç kez tekrarlanmasıyla kontrol edilmelidir (Resim 4.35b). Renklendirilen epoksi reçine enjektörle silikon kalıba doldurulur ve 24 saat UV lamba altında bekletilir. Kalıptan çıkartılıp (gerekliyorsa) rötuşlanan epoksi reçine parça(lar) ve Antik Çağ cam parçaları yine Paraloid B-72 ile yapıştırılarak birleştirme tamamlanır. Antik Çağ camlarının restorasyonunun tamamlanması için, yüzeyin tamamına havayla temasını keseceği ve koruma amaçlı olduğu düşüncesiyle bir film tabakasının²⁶⁴ (ör.: Paraloid B-72) uygulanmasına karşın, bunun Antik Çağ camlarında nem tehlikesi²⁶⁵ yaratarak kimyasal bozulmayı hızlandıracak yanlış bir uygulama olacaktır.



Resim 4.34. Epoksi reçineye renk oksit karıştırılması ve bekletilmesi (Koob, 2006, 87).



Resim 4.35. Döküm malzemesinin renklendirme denemeleri (Koob, 2006, 88,104).

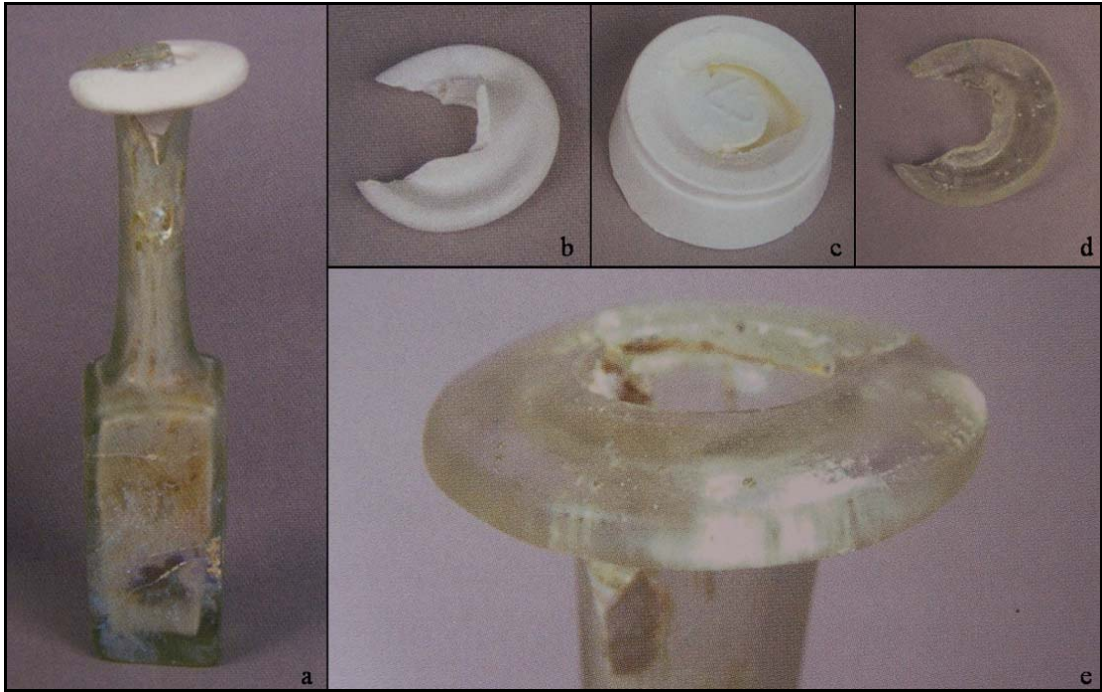
Tekniği aynı temele dayanan farklı yöntemli uygulama örnekleri Antik Çağ camlarının tümlenmesinde yol göstermektedir. Antik Çağ camlarının ağız, kaide veya kulp gibi kısımlarının eksikliklerinin, parça döküm tekniğiyle tümlenmesi

²⁶³ Bkz. (119), KOOB, 86-88.

²⁶⁴ Bkz. (1), BAŞARAN, 94-96.

²⁶⁵ Bkz. (119), KOOB, 55.

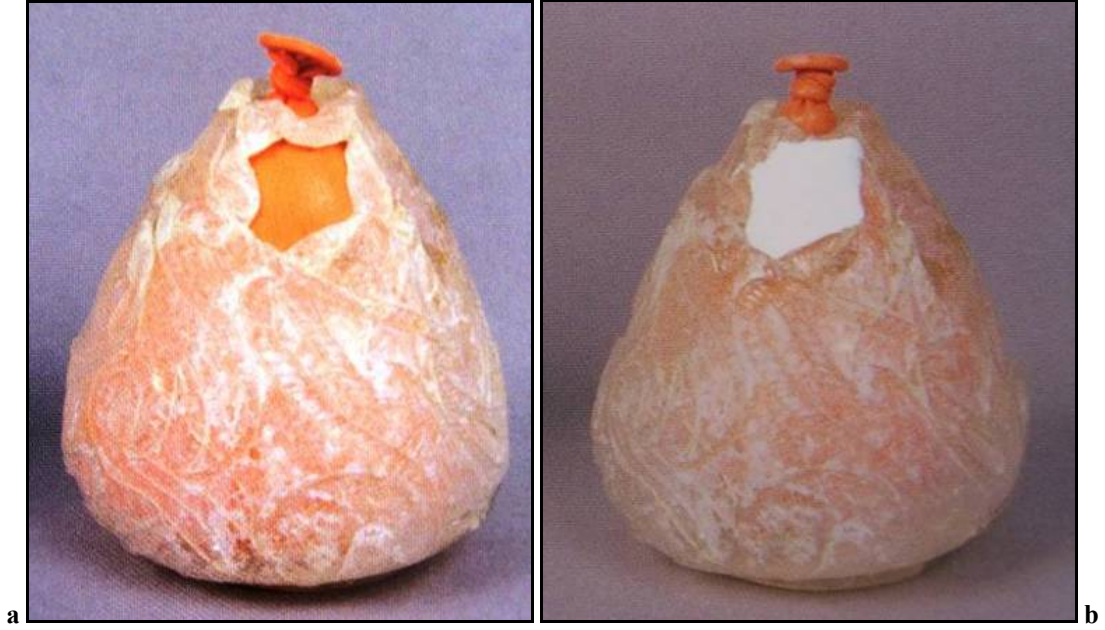
sağlıklı ve kolay bir yöntemdir. Günümüze ulaşan mevcut parçası yardımıyla alçıdan tümlenen bir şişe ağzı (Resim 4.36.a), yerinden çıkarıldıktan sonra (Resim 4.36.b) kalıbın döküleceği kabın tabanına düz kısmı gelecek şekilde yerleştirilerek üzerine sıvı silikon dökülmüştür. Kalıbının üstten açık yapılmasına elverişli olan bu örneğin kap tabanına değen düz yeri, döküm ağzını oluşturmuştur (Resim 4.36.c). Buradan dökülen ve sertleşmesi beklenen parça çıkarıldıktan sonra (Resim 4.36.d), Paraloid B-72 kullanılarak ağızdaki yerine yapıştırılmış ve tümleme tamamlanmıştır (Resim 4.36.e).



Resim 4.36. Açık silikon kalıba parça döküm tekniğiyle tümleme (Koob, 2006, 96, 99, 100, 101).

Doğrudan döküm tekniğinde de kullanılan iç / balon kalıp yöntemi parça döküm tekniğinde de kullanılabilir. Dar ağızlı Antik Çağ camlarının gövde eksiklerinde kullanılan bu uygulamada, balon kabın iç formunu alana kadar şişirilerek bir iç kalıp oluşturulur (Resim 4.37.a) ve bu iç kalıptan yararlanılarak cidarlarına Paraloid B-72 sürülen eksikliklere alçı doldurulur (Resim 4.37.b). Alçı kuruduktan sonra saf aseton yardımıyla çözölen Paraloid B-72 alçı parçanın çıkartılmasını kolaylaştıracaktır. Bu tip tümlemelerde eksik parça(lar) birden çok veya şekilsiz olduğunda alçıların çıkartılmasında problem yaşanırsa, Paraloid B-72 ile yapıştırılmış Antik Çağ camının tamamı saf asetonla çözölerek tüm parçaların

ayrılması ve alçıların problemsiz çıkartılması sağlanabilir. Alçıların silikonla alınan kalıpları, kuruduktan sonra uygun yerlerinden kesilerek çıkartılan alçıların yerine epoksi reçine enjekte edilir. Dökümü yapılan parça sertleştğinde, Paraloid B-72 kullanılarak yerine yapıştırılır.



Resim 4.37. İç / balon kalıp yöntemiyle parça döküm tekniği (Koob, 2006, 85, 96).

Eksikleri çok ve büyük boyutlu, silindirik formlu bir Antik Çağ camı tümleneceğinde, Paraloid B-72 çözeltisiyle birleştirilir ve dökümü yapılacak parçaların denk geleceği cidarlara da aynı çözelti sürülür. Cam kabın iç cidarına destek oluşturacak bir malzemeyle iç kalıp hazırlanarak, eksikler alçıyla doldurulur (Resim 4.38.a). Alçıların iç ve dış yüzeyleri rötuşlanıp, sağlamlaştırıldıktan sonra Antik Çağ camının parçaları saf aseton yardımıyla çözülerek alçı parçalar çıkartılır. Kalıp için kaplara yerleştirilen alçı parçaların üzerine sıvı silikon dökülür ve üstüne esnemesini engelleyecek sargı bezi yerleştirilir (Resim 4.38.b). Alçı parçaların silikon içerisindeki durumlarına göre uygun yerlerden kesilerek boşaltılan kalıba, (renklendirilmiş) epoksi reçine enjekte edilir (Resim 4.38.c). Döküm ve Antik Çağ camı parçalarıyla (Resim 4.38.d) birleştirme işlemi tekrarlanır (Resim 4.38.e).



Resim 4.38. Kapalı silikon kalıba parça döküm tekniğiyle tümlenme (Koob, 2006, 97-99, 101, 104).

Dökümü yapılacak epoksi reçine parça, silikon kalıba dökülemeyecek kadar büyükse, bu durumda kanallı alçı kalıba parça döküm tekniği denenebilir²⁶⁶. Böyle bir uygulamada önce, modelleme malzemesiyle (ör. dişçi mumu) Antik Çağ camının iç yüzeyinde bir destek oluşturulur (Resim 4.39.a). Gerektiğinde temizliği kolaylaştırmak için girintili çıkıntılı cidarlar alüminyum folyo kaplanarak eksik kısım alçıyla tümlenir (Resim 4.39.b). Alçı parça, yüzeyi düzeltilip sağlamlaştırıldıktan sonra yerinden çıkartılır (Resim 4.39.c). Bu parça çekirdek olarak kullanılarak, iki parçalı ve kanallı alçı kalıp oluşturulur (Resim 4.39.d). Gerektiğinde renklendirilen epoksi reçine, kanallar yardımıyla kalıba doldurularak döküm tamamlanır (Resim 4.39.e). Sertleşen ve kalıptan çıkarılan epoksi reçine parça (Resim 4.39.f), Paraloid B-72 kullanılarak yapıştırılır (Resim 4.39.g).

²⁶⁶ Bkz. (213), RISSER, b.a.



Resim 4.39. Kanallı alçı kalıba parça döküm tekniğiyle tümlenme
(<http://www.ucl.ac.uk/archaeology/conservation/jcms>, Nisan 2009).

Parçaları birbirine tam oturmayan ve eksikleri çok olduğu için normal şartlarda birleştirme ve tümlenme aşamalarına alınmayacak, ancak son derece önemli ve az rastlanılan Antik Çağ cam örneklerinde pleksiglas iskelet üzerine sabitleme yöntemi kullanılabilir. Böyle bir Antik Çağ camının, form ve boyutunda önceden hazırlanan pleksiglas bir iskelet üzerine, mevcut tüm parçaların Paraloid B-72 kullanılarak yapıştırılmasıyla gerçekleştirilen bir sergileme modeli Metropolitan Müzesi'nde denenmiştir²⁶⁷ (Resim 4.40).

²⁶⁷ Jutta-Annette PAGE - Lisa PILOSI vd., “Ancient Mosaic Glass or Modern Reproductions?”, 130.



Resim 4.40. Pleksiglas iskelet üzerine tümleme (Page - Pilosi vd, 130).

Restorasyon uygulamaları tamamlanan ve her aşaması fotoğrafla görsel, rapor ve fişlerle yazılı olarak belgelenen cam eser, son olarak 1/1 ölçeğinde yapılan çizimiyle belgelenir. Bu çizimde merkezi çizgiler 0,35 cm, kesit çizgileri 0,25 cm uçlu kalemle çizilir ve seramik eserlerden ayrılması için kesitleri boş bırakılabilir²⁶⁸. Genellikle tüm ve tümlenen cam kaplar için yapılan milimetrik çizimler, ağız, dip veya bezemeli Antik Çağ cam parçaları için de yapılabilir.

Bazen özel öneme sahip ufak Antik Çağ cam parçaları, milimetrik çizimleri yapıldıktan sonra, çizim programları kullanılarak bilgisayarda tamamlanır. Bilgisayarda tamamlanan bu çizimlerin ve Antik Çağ camının yakın benzerleri yardımıyla dijital bir tümleme gerçekleştirmek mümkün olabilmektedir²⁶⁹ (Resim 4.41). Bilgisayar destekli bu tip uygulamalarla birleştirilmesi ve tümlenmesi mümkün olamayacak Antik Çağ cam parçalarının en azından dijital restitüsyonları gerçekleştirilebilmektedir.

²⁶⁸ B. Claasz COOCKSON, *Arkeolojik İllüstrasyon ve Fotoğrafçılık*, 58-59.

²⁶⁹ Igor BORZİĆ, “Ennion čaše iz Burnuma”, 91-101.



Resim 4.41. Dijital ortamda tümleme (Borzić, 93-94).

Çalışma kapsamında yapılan araştırma ve incelenen uygulama örneklerinden Antik Çağ camlarının tümlenmesinde çoğunlukla doğrudan döküm tekniklerinin kullanıldığı saptanmıştır. Doğrudan döküm tekniklerinin, Antik Çağ camlarına uygunluğu yeteri kadar irdelenmeden sıklıkla tercih edilme nedeni, uygulama kolaylığı ve kısa zamanda tamamlanmasıdır. Ancak dolgu malzemesi olarak kullanılan epoksi reçinelerin dayanımı ve çekme gücü Antik Çağ camlarından daha yüksektir; bu durum, Antik Çağ camını fiziksel olarak zayıfladığı bir yerden kopartarak daha büyük bozulmalar ortaya çıkartabilmektedir. Bu sorunlar nedeniyle Antik Çağ camlarının restorasyonunda sık kullanılan doğrudan döküm tekniği yerine, parça döküm tekniğinin uygulanması gerekmektedir.

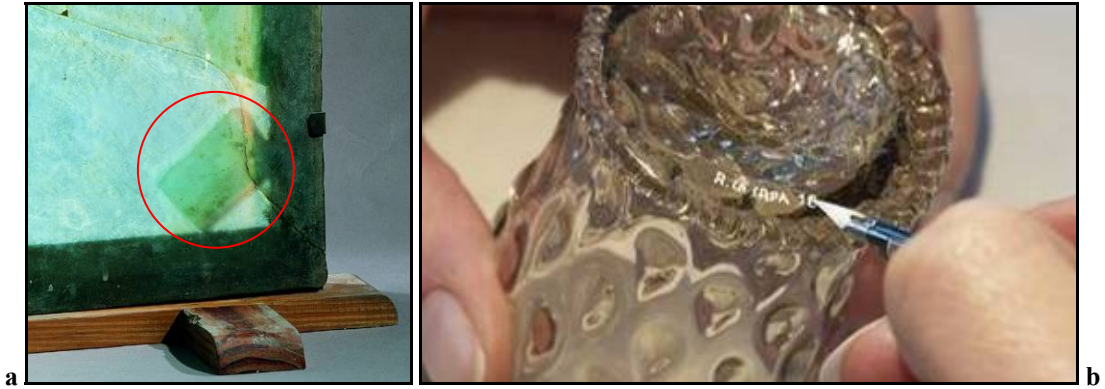
4.6. Depolama ve Sergileme

Antik Çağ camları, temizlik, yapıştırma ve tümleme aşamalarından sonra depolanması veya sergilenmesi sırasında uygun ortam oluşturulması ve belli bazı kurallara uyulmasıyla doğru bir şekilde korunabilecektir. Antik Çağ camlarının depolanma ve sergilenme ortamında nem, ısı, aydınlatma ayrıntıları²⁷⁰ ve hırsızlık, yangın, deprem, elektrik ve su tesisatı konularında gerekli güvenlik önlemlerine özen gösterilmelidir.

Müze ve arkeolojik kazıların tasnifleri için Antik Çağ camlarının kaydedilmesi ve bu kaydın numaralarının eser üzerinde tercihen sabit bir şekilde

²⁷⁰ Cüneyt KURTAY - Uğurtan AYBAR vd., “Müzelerde Algılama ve Aydınlatma Kriterlerinin Analizi: Ankara-Anadolu Medeniyetleri Müzesi Orta Holü”, 95-113.

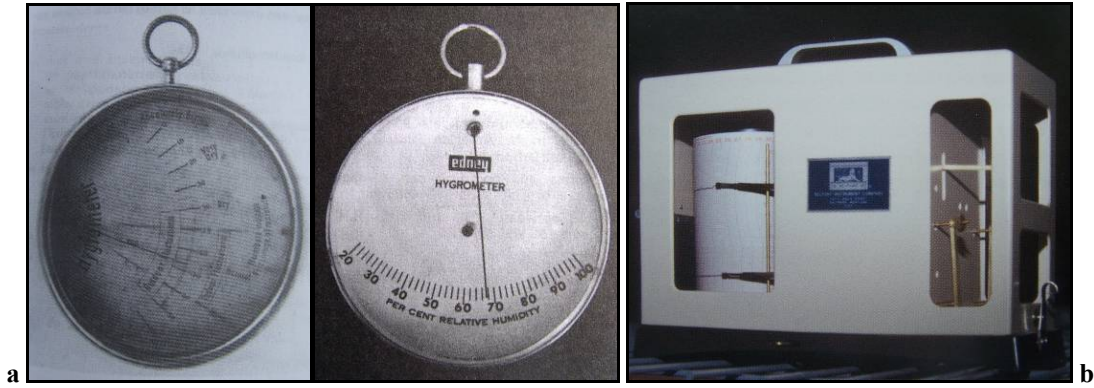
bulunması istenmektedir. Numaralama doğrudan Antik Çağ camlarının üzerine yapılacağı için uygulama dikkat gerektirecektir. Antik Çağ camlarının numaralandırılmasında etiketleme, camla nem etkisiyle reaksiyona girerek etiket yapıştırıcısının camın rengini değişime uğratması (Resim 4.42.a) nedeniyle daha önceden kullanılmışsa da günümüzde uygulanmamalıdır. Aynı şekilde Antik Çağ camlarının doğrudan yüzeyine herhangi bir kalemle yazılarak numaralandırma yapılması da kesinlikle yanlıştır. Antik Çağ camlarının numaralarının, mümkünse kaide altına veya forma göre görsel bütünlük içinde doğrudan algılanmayan bir yere (Resim 4.42.b) yazılması uygun olacaktır. Antik Çağ camı üzerinde numaranın yazılacağı alan seçilerek sadece bu alana tam geri dönüşümlü şeffaf lak (peligom, Paraloid B-72) sürülür; kuruduktan sonra üzerine mürekkeple (eserin rengine göre siyah veya beyaz) numara yazılır ve üzeri tekrar laklanır. Böylelikle iki şeffaf tabaka arasına hapsedilen mürekkebin Antik Çağ camıyla kimyasal reaksiyona girmesinin engellenmesi; yanlış yazım / numara değişimi gibi durumlarda kolay çıkartılabilmesi ve yazının zamanla kaybolmayacağı için sık tekrarlanmaması sağlanmış olacaktır.



Resim 4.42. a) Cam eserde etiket kalıntısı (<http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8184>, Ocak 2010); **b)** Cam eserin yazıyla numaralandırılması (<http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vademecun.m.htm>, Aralık 2009).

Antik Çağ camlarının kimyası ve üretiminden dolayı depolandığı ve sergilendiği ortamda, bozulmayı hızlandıracak nem ve ısı değişimlerinin olmamasına büyük önem verilmelidir. Üretimden kaynaklı gerilimli Antik Çağ camlarında ani ısı değişimi fiziksel bozulmaları, nem değişimi de kimyasından kaynaklı yüzey çözünmelerini hızlandıracaktır. Antik Çağ camları, depolama ve sergileme ortamlarında farklı malzemedan (metal, ahşap vs.) eserlerle kimyasal reaksiyon

gerçekleştirmemesi için ayrı tutulmalıdır. Gerilimli ve yüzeyi aşınmış, tabakalanmış Antik Çağ camlarının bulunduğu ortamda ısı değişimlerinin olması fiziksel bozulmalara neden olacağından ortam ısısının 18-20°C derecede, yüzeyde kimyasal çözünmenin gerçekleşmemesi için ise bağıl nemin %40-45²⁷¹ oranında sabit tutulması gerekmektedir. Nem ve ısı seviyesini ayarlayan klimalar kullanılarak ortam uygun seviyede tutulmalıdır. Nemin seviyesinin kontrolünde higrometreden (Resim 4.43.a) anlık nem ölçümlerinde ve nemle birlikte ısıнын ölçülüp kaydedilmesinde termo-higrograftan (Resim 4.43.b) faydalanılabilir²⁷².



Resim 4.43. Nem ölçümlerinde kullanılan araçlar (a) Guichen, 17; b) Koob, 2006, 134).

Antik Çağ camlarının müze ortamında ısı²⁷³ veya atmosferik koşullardan²⁷⁴ etkilenmeleri, mikroskop ve spektral analiz yöntemleriyle belgelenebilir ve kontrol edilebilir. Vitrinlerin ısı ve bağıl nemini dengelemek için silika jel²⁷⁵ (bağıl nem artınca nemi emer, azalınca ortama nem verir) veya programlanabilir elektrikli kuru hava fanları²⁷⁶ kullanılmalıdır. Vitrin tasarımlarında nem dengeleyici fanın veya silika jelin konulacağı bölümler unutulmamalıdır. Vitrindeki Antik Çağ camlarının bağıl nem dengesinin sabit tutulması için yerleştirilecek düzenekler (elektrikli fan

²⁷¹ Bkz. (119), KOOB, 55-56; Bkz. (10), DAVISON, 317; Bkz. (1), BAŞARAN, 97.

²⁷² Guichen (De), G., **Müzelerde İklim Kullanılan Aletler, Grafikler ve Öneriler**, 21. Bkz. (119), KOOB, 134.

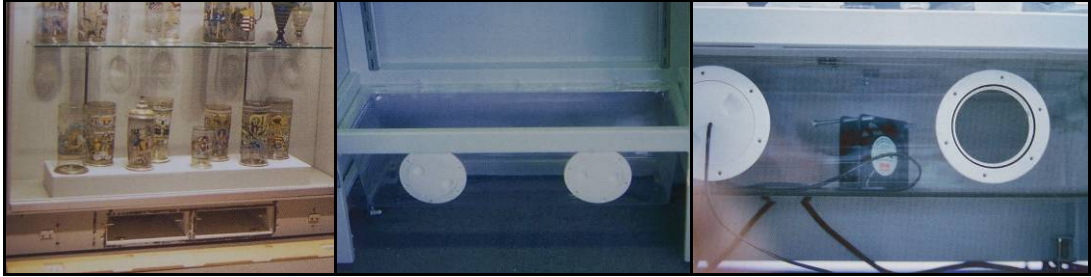
²⁷³ Sarah FEARN - David S. McPHAIL vd., "Room Temperature Corrosion of Museum Glass: an Investigation using low-energ SIMS", 510-514.

²⁷⁴ Glen R. CASS - James R. DRUZIK vd., **Protection of Works of Art From Atmospheric Ozone**, b.a.

²⁷⁵ Robert H. BRILL, "The use of Equilibrated Silica Gel for the Protection of Glass with Incipient Crizzling", 11-23. Bkz. (1), BAŞARAN, 97. Bkz. (10), DAVISON, 317. **Müzelerde Koruma: Çevresel Koşulların Denetimi**, 14.

²⁷⁶ Bkz. (119), KOOB, 129-130, 133-134.

için zamanlayıcı bir düzenek de kullanılmalı) eserlerin görselliğini etkilememeli, mümkünse vitrin altında görünmeyen yerlere yerleştirilmelidir (Resim 4.44).



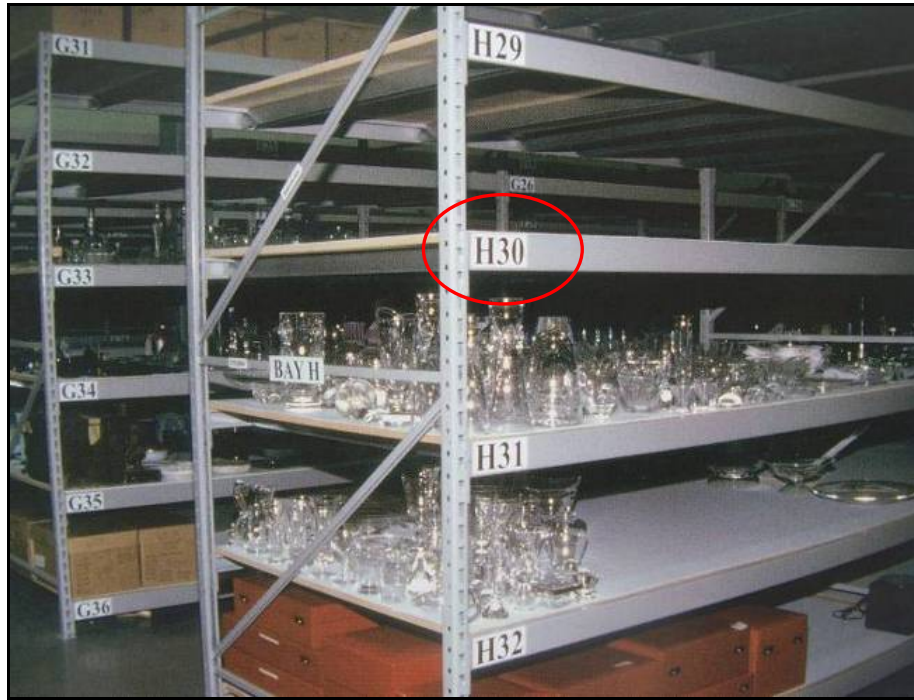
Resim 4.44. Vitrin altı bölme ve nem değişimi probleminin çözümü (Koob. 2006, 130, 133).

Antik Çağ camlarının bulunduğu mekânların aydınlatılmasında ortamın ısını yükseltecek doğrudan güneş ışığı kullanılmamalıdır. Yapay aydınlatmada da, ışık kaynağının ısı vermemesine özen gösterilmeli ve aydınlatma elemanlarından minimum düzeyde yararlanılmalıdır. Depoda bilimsel çalışmaların yürütülebilmesi için yine ısı vermeyen uygun ve yeterli ilave aydınlatma düzenekleri hazır bulundurulmalıdır. Antik Çağ camlarının bulunduğu vitrinlerin aydınlatılmasında yine ısı kontrolünün sağlanması için ışık kırıcı filtreler ve sadece gerektiğinde yanmasını sağlayan düzenekler (sensor) kullanılmalıdır. Eserleri dikkat çekici kılabilmek için üzerlerine spot ve benzeri ışıkların doğrudan yöneltmesi kimyasal çözünmeyi hızlandıracak yanlış bir uygulamadır. Vitrindeki Antik Çağ camlarına dikkat çekmek için açık renkliler siyah, koyu renkliler krem rengi fonlu vitrinlerde, sayıları on adedi aşmayacak şekilde düzenlendiğinde yeterli vurgu yapılmış olacaktır. Siyah fonlu vitrinlerdeki camların sadece alttan aydınlatılmaları da eserler üzerindeki vurguyu arttırmaktadır. Antik Çağ camlarının aydınlatılmasında 300 - 500 lux (ışıksal aydınlık ölçü birimi) aralığı uygun görülmektedir. Fiber optik lambalar²⁷⁷, UV (mor ötesi) ışın ve IR (kızıl ötesi) ısı yayını taşımayan, soğuk ışık kaynağı olarak müze binaları ve eser vitrinleri için en uygun aydınlatmalardır. Bu tip aydınlatmaların, soğuk ışıklı olduğu için esere istenildiği kadar yaklaştırılabilme; tek kaynaktan gelen ışığın ihtiyaca göre farklı noktalara yöneltilebilme; hassas noktasal aydınlatma yapılabilme; toz parçacıklarını harekete geçirmeme gibi birçok avantajı da bulunmaktadır. Fiber optik aydınlatma sistemi ışık kaynağı, fiber kablo demeti ve

²⁷⁷ <http://www.lamp83.com/fiberoptik.php>, Ocak 2010.

kablo uçlarına takılan 3 - 5 cm çapındaki lensli veya lenssiz armatürlerden oluşur. Çok küçük alanlara sığdırılabilen ve optik lenslileri ışığı tek noktada yoğunlaştırılabilen kablolar, ısıyı değil sadece görünen ışığı taşır; ayrıca renk değişimi, parıltı ve loşlaştırma özellikleri kontrol edilebilen sistemin bakım ve onarım maliyetleri düşüktür.

Depolanması düşünülen Antik Çağ camları form ve korunmuşluk durumlarına göre ayrılarak uygun düzeneklerde depolanmalıdır. Açık çelik raflarda depolama, ince cidarlı ve kırılğan Antik Çağ camlarını sarsıntılarla fiziksel, ortam nem ve ısı değişimine doğrudan maruz kalarak kimyasal bozulmalara neden olacağından uygun değildir. Antik Çağ camları, çelik raflara doğru ve uygun paketlenme yapıldıktan sonra yerleştirilmelidir. Depolama modülleri (dolap, raf, çekmece vs), harf ve/veya rakamlarla kodlandırılarak (Resim 4.45) kontrol, sayım veya onarım sırasında kolay bulunabilmeleri için bir defterde kayıt altına alınmalıdır. Çoğu ufak formulu olan ve parçalı ele geçen Antik Çağ camları, çelik çekmece sistemlerinde (Resim 4.46) depolanabilir.



Resim 4.45. Büyük, geniş raflar ve numaralandırma sistemi (Koob, 2006, 142).



Resim 4.46. Depolamada kullanılan çekmeceli çelik dolaplar (Koob, 2006, 143).

Çelik dolap, raf ve çekmecelerin duvara dayanarak veya vidalanarak sabitlenmesi arada oluşacak toz birikimi, duvarın olası nemi²⁷⁸ ve temizlik zorluğu gibi problemler doğurabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı eğer raf sistemi kullanılacaksa mekânın ortasında etrafından dolaşılabilir şekilde yerleştirilen geniş modüller (ince uzun değil) seçilmelidir. Standart emniyetin sağlanması için açık veya kapalı tüm modüllerin sallanmamaları için zemine sabitlenmesi gerekmektedir. Modüllerin kullanılacak her düzlemine 5-6 mm kalınlığında gözeneksiz polietilen²⁷⁹ (sünger / sentetik keçe) kaplanarak sert zeminin Antik Çağ camlarına oluşturacağı tehlike ortadan kaldırılacak ve üzerine asitsiz (kimyasal işleme tabi tutulmamış) kâğıt serilmesiyle de olası bir kimyasal reaksiyon engellenecektir. Bozulma görülen Antik Çağ camlarının devamlı gözlem altında tutulmasına gerekli özen gösterilmelidir.

Üretiminden kaynaklı gerilimli Antik Çağ camlarının paketlenmesinde, sarsıntılara karşı dayanım gösterecek kalınlıkta (3-4 dilimli)²⁸⁰, çıkabilir kapaklı mukavva kutu, olası bir kimyasal reaksiyona karşı asitsiz kâğıt ve gözeneksiz polietilen destekler kullanılmalıdır. Boyut ve formlarına göre gruplandırılan Antik Çağ camlarının hangi büyüklükte kutu içine kaç tane konulabileceği hesaplanmalıdır; hesaplamada dıştan gelebilecek darbeler düşünülerek kutu kenarları ve iki Antik Çağ camının arasında hacminin yarısı kadar alan bırakılması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. Kutu tabanına 5 cm kalınlığında polietilen tabaka konulur; üzerine, Antik Çağ camının formuna göre oyulan ikinci ve daha kalın tabaka yerleştirilir. Polietilen tabaka ile Antik Çağ camı arasında kimyasal bir reaksiyonun

²⁷⁸ Giovanni MASSARI, **Humidity in Monuments**, b.a.

²⁷⁹ Bkz. (119), KOOB, 142.

²⁸⁰ Bkz. (119), KOOB, 145-146.

gerçekleşmemesi için polietilen tabakanın eserle temas edecek yerlerine asitsiz kâğıt yerleştirilir; konulan son polietilen tabakadan sonra kutunun kapağı kapatılarak paketleme tamamlanır (Resim 4.47). Küçük boyutlu ve parça halindeki Antik Çağ camları ayrı polietilen yuvalar içerisinde ve asitsiz kâğıtla kaplanmak koşuluyla bir arada (Resim 4.48) paketlenabilir.



Resim 4.47. Depolama ve taşıma için uygun paketleme (Koob, 2006, 146).



Resim 4.48. Uygun paketleme (a) <http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm>, Aralık 2009; b) Davison, 312).

5. SONUÇ

Rastlantı sonucu ortaya çıktığı sanılan cam, M.Ö. 4. binde sır, M.Ö. 3. binde de Mezopotamya ve Mısır'da boncuk, ardından da kap olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı hammaddelerin bir araya getirilip karıştırılması ve yüksek ısıda ergitilmesiyle oluşturulan camın üretimi için malzeme bilgisi ve üretim teknolojisine ihtiyaç vardır. Cam üretiminde, hammaddenin oran ve özelliklerinin bilinmesi; harmanın iyi karıştırılması, yüksek ısıda ergitilerek şekillendirildikten sonra yavaş ve kontrollü soğutulması gerekmektedir. Antik Çağ cam hammaddelerinin, harmana bilinçli katılmaması ve harmanın çok iyi karıştırılmaması sonucunda, bir arada kalan bileşenlerin ergime sırasında oluşturduğu noktasal yoğunluklar (mikro bölgecikler), camın dayanımını zayıflatmıştır. Antik Çağ'da cam ergitme fırınlarında ısının 1200°C üzerine çıkarılamaması sonucunda oluşan habbeler, Antik Çağ camlarının mekanik dayanımını azaltmış ve optik görüntü hatalarına neden olmuştur. Antik Çağ camlarının tavlama ve üretim teknikleri düşünüldüğünde; M.S. 1. bin öncesinde üretilmiş camların gerek kalınlıkları gerekse yetersiz tavlama sonucunda, M.S. 1. binden sonra üfleme tekniğinde üretilen ve fırınların tavlama bölümünde soğutulan camlara nazaran daha gerilimli olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Restorasyon ve konservasyon yöntemlerinin belirlenmesi sırasında, M.S. 1. bin camlarından kalın olan M.Ö. 2. ve 1. bin camlarının daha gerilimli oldukları göz önünde bulundurulmalıdır. Üfleme tekniğinde üretilen habbeli Antik Çağ camlarının, diğerlerine nazaran daha ince olduğu ve habbe yoğunluğuna göre dayanımlarının azaldığı söylenebilir. M.Ö. 2. ve 1. bin camlarına göre daha ince ve habbeli olan M.S. 1. bin camlarına, dayanımsız olduklarından, restorasyon uygulamaları sırasında daha çok dikkat gösterilmelidir.

Kullanıldığı süreçte gelişim gösteren Antik Çağ (M.Ö. 2. bin - M.S. 1. bin) camlarının kimyasal bileşen analizleri incelendiğinde, hammaddelerinin değişmediği, çok istisnai örnekler dışında soda kireç camları oldukları anlaşılmaktadır. M.Ö. 2. binde cam üretimi sırasında, düşük oranda cam yapıcı ve yüksek oranda tadil edici kullanılarak teknolojik olarak tam gelişmemiş cam ergitme fırınlarında ergime kolaylaştırılmıştır. M.Ö. 1. binde, cam yapıcı oranının yükselmesi ve tadil edici

oranının düşmesi, cam ergitme fırınlarının gelişiminin bir sonucudur. M.S. 1. bin camlarının, M.Ö. 1. bin camlarına göre cam yapıcı oranının azalması ve tadil edici oranının artması, üfleme tekniğiyle üretilmesinden ve şekillendirme süresinin uzatılmak istenmesinden kaynaklanmıştır. Cam üretim teknolojisinin gelişimiyle oluşan kimyasal farklılıklar nedeniyle M.Ö. 2. ve 1. bin camları ile M.S. 1. bin camları, restorasyon ve konservasyon aşamalarında ayrı ayrı ele alınmalıdır. Antik Çağ camlarındaki düşük oranlı bileşenlerin, Antik Çağ cam teknolojisi göz önünde bulundurulduğunda, diğer hammaddeler aracılığıyla tesadüfen harmana girmiş olmalıdır.

Üretim hataları, kimyasal yapısı ve çevrenin etkisiyle bozulma sürecine giren Antik Çağ camlarının, özgünlüklerini yitirmeden sonraki nesillere aktarılabilmesi için doğru restorasyon ve konservasyon uygulamalarına tabi tutulması gerekmektedir. Uygulamaların doğru yapılması, Antik Çağ camının laboratuvar ortamına geliş sürecinde hata yapılmamasına ve bozulmaların doğru teşhisine bağlıdır.

Genellikle kontrollü soğutulamayan ve gerilimli üretilen Antik Çağ camlarının, bulundukları ortamın ısı ve nem dengesinin ani değişimiyle oluşabilecek çatlaklarının engellenmesi için, doğrudan güneş ışığına maruz kalmaması gerekir. Bozulmaların tespiti ve konservasyon aşamalarının belirlenmesi için buluntu ortamının pH değeri ve tuzu ölçülmelidir. Parçalı halde ele geçen Antik Çağ camları, yaygın kanının aksine kaldırma aşamasında kesinlikle numaralandırılmamalı; bunun yerine çizimleri yapılmalıdır. Antik Çağ camının durumuna göre kaldırma aşaması planlanmalıdır. Antik Çağ cam parçaları, kazı sırasında ani nem kaybının önlenmesi için kilitli polietilen poşet içinde gölgede tutulmalı; araziden ayrılırken kapaklı plastik kaplara konulmalıdır.

Kimyasından ve üretiminden kaynaklanabilen bozulmaların neden ve sonuçlarının irdelenmesiyle Antik Çağ camına yapılabilecek doğru temizleme yöntemi belirlenir. İrdeleme sırasında eldeki bilgiler ve gözlem yetersiz kaldığında, mikroskop ve spektral analiz yöntemlerinden yardım alınabilir. Kimyasal yapısı ve bulunduğu ortamla reaksiyonu sonucu, yüksek sodalı Antik Çağ camlarının

yüzeyinde, kimyasal çözünmenin oluşturduğu koruyucu tabakanın temizlenmesi veya mevcut haliyle korunması, durumuna göre değişebilmektedir. Antik Çağ camlarının yüzeyinde oluşan kabuklaşma, sıvı hazneli fırça veya pamuklu çubuklarla, saf su ve etil alkol karışımının lokal olarak uygulanmasıyla veya aynı çözeltide bekletilerek yumuşatılmalı ve bisturiyle mekanik yöntemle temizlenmelidir. Başarılı görülen bir diğer mekanik kuru temizleme yöntemi de UV lazerdir. Antik Çağ camları, suyla taşınan çözünebilir tuzlardan arındırılmak için belirli sürelerde değiştirilen saf suda bekletilebilir. Islak temizlikte, kimyasal çözünmeye uğramış yüksek sodalı Antik Çağ camlarıyla reaksiyona girerek bozulmalara yol açabilecek noniyonik deterjanlar ve kimyasallar yerine, saf su ve etil alkol çözeltisi veya doğrudan etil alkol kullanımı daha uygundur.

Birleştirmede kullanılacak yapıştırıcının, Antik Çağ camlarının viskozitesi ve gerilimine uygun, tutucu, geri dönüşümlü, şeffaf, atmosferik şartlara dayanıklı olması, camla kimyasal reaksiyona girmemesi, kolay uygulanması, hızlı sonuç vermesi gerekir. Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmada, Antik Çağ camlarının birleştirilmesinde kullanım ömürleri kısa ve zamanla renk değiştiren geri dönüşümsüz yapıştırıcıların denendiği ve bazılarının halen kullanıldığı görülmüştür. Birleştirmede kullanılan deneme sürecindeki geri dönüşümsüz yapıştırıcılar, geri alınmak istendiğinde, Antik Çağ camları kimyasal çözücülerin olumsuz etkilerine maruz kalır. Birden çok çözücüyle kolayca ve tamamen geri dönüşümü sağlanabilen Paraloid B-72, camla kimyasal reaksiyona girmeyerek yapısal uyum göstermektedir. Hazırlama aşamasında viskozitesi uzman kişi tarafından çalışma ortamının ısısına ve birleştirilecek Antik Çağ camının durumuna göre ayarlanabilen Paraloid B-72, hızlı sertleşme süresine sahiptir. Paraloid B-72, Antik Çağ camlarının bulundurulacağı uygun ortamdaki nem ve ısıya dayanıklıdır ve renk değişimi saptanmamıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan kaynak araştırması ve cam restorasyonu örneklerinin incelenmesi sonucunda Paraloid B-72, Antik Çağ camlarının birleştirilmesinde kullanılan yapıştırıcılar arasında Antik Çağ camlarının kimyasına en uygundur.

Antik Çağ cam parçalarının hangilerinin birleştirileceğinin doğru seçimi son derece önemlidir. Antik Çağ cam restorasyonunda parçaların doğrudan yapıştırılması kabul edilemeyecek büyük bir hatadır. Geçici bantlarla bir araya getirilen Antik Çağ

cam parçalarının statîği değerdendirilerek yapıştırıcı uygulaması kararlaştırılmalı, yapıştırıcı uygulanmayacaksa bantların tamamı özenle temizlenmelidir. Antik Çağ cam parçalarının ince şerit bant veya omega profilli telle yapılan birleştirilmesi, yapıştırıcı uygulaması öncesinde en önemli safha olduğundan, büyüteçli düzenek altında hatasız yapılmalıdır. Antik Çağ camlarının ısıya maruz kalarak bozulma sürecinin hızlanmaması için laboratuvar ortamındaki yardımcı düzeneklerde fiber optik ışık kaynağı kullanılmalıdır.

Antik Çağ camlarının üretimleri ve kimyası açısından tümlemede kullanılan malzemelerin uyumluluğu halen tartışmalıdır. Bu nedenle Antik Çağ camlarının tümlenmesinde önemli statik gerekçeler haricinde estetik amaçlı bir tümleme etik açıdan kabul edilemez. Özellikle üfleme tekniğinde üretilen ince cidarlı Antik Çağ camlarının tümlenmesi risk taşımaktadır. Birleştirilme sonrası statik bir problemi olmayan Antik Çağ camlarının mevcut durumuyla sergilenmesi daha doğrudur. Kolay ve kısa sürede uygulanması nedeniyle sık kullanılan doğrudan döküm tekniğı, dolgu malzemesi epoksi reçinelerin dayanımı ve çekme gücü Antik Çağ camlarından daha yüksek olduğu için gerilimli Antik Çağ camını zayıf bir yerinden kopartarak fiziksel bozulmalara neden olur. Bu nedenle tümlenecek Antik Çağ camlarında parça döküm tekniğı uygulanmalıdır. Parçaları birbirine tam oturmayan ve eksikleri çok olduğu için normal şartlarda tümlenemeyecek, ancak önemli ve az rastlanılan Antik Çağ cam örnekleri, form ve boyutuna göre hazırlanan pleksiglas iskelet üzerine mevcut tüm parçalarının Paraloid B-72 kullanılarak yapıştırılmasıyla tamamlanabilir. Bazen tümlenemeyecek ufak ama çok önemli Antik Çağ cam parçalarının, milimetrik çizimleri bilgisayarda tamamlanarak dijital restitüsyonları gerçekleştirilebilir.

Antik Çağ camlarının yüzeyinin havayla temasının kesilerek korunacağı düşüncesiyle film tabakasıyla kaplanması, nem tehlikesi yaratarak kimyasal bozulmayı hızlandıran yanlış bir uygulamadır.

Antik Çağ camları, depolama ve sergileme ortamlarında farklı malzemeden (metal, ahşap vs.) eserlerle kimyasal reaksiyon gerçekleştirmemesi için ayrı tutulmalıdır. Gerilimli Antik Çağ camlarının bulunduğu ortamdaki ısı değışimleri fiziksel bozulmalara neden olacağından ortam ısısının 18-20°C derecede, yüzeyinde

kimyasal çözünmenin gerçekleşmemesi için ise bağıl nemin %40-45 oranında sabit tutulması gerekmektedir. Nem ve ısı ayarlı klimalarla ortam uygun seviyede tutulmalıdır. Vitrinlerin ısı ve bağıl nemini dengelemek için silika jel veya programlanabilir elektrikli kuru hava fanları kullanılmalıdır. Isı ve ani ısı değişimleri, gerilimli ve kimyasal çözünmeye uğramış Antik Çağ camlarında fiziksel bozulmalara neden olacağından, aydınlatmada ışık kırıcı filtreler ile gerektiğinde yanmasını sağlayacak düzenekler veya özel elemanlar kullanılmalıdır. Mor ve kızıl ötesi ışın içermeyen, soğuk ışıklı noktasal aydınlatmaya uygun ve toz parçacıklarını harekete geçirmeyen fiber optik lambalar, Antik Çağ cam vitrinleri için en uygun aydınlatmadır.

Bu çalışma kapsamında, bilimsel kıstaslarla dikkatli ve bilinçli yapılması gereken Antik Çağ cam restorasyon ve konservasyonunda günümüze değin uygulanmış yöntemler ve kullanılan malzemeler, olumlu ve olumsuz yönleriyle değerlendirilmiştir. Yapılan araştırmada, kimyasına ve üretimine bağlı olarak çevrenin de etkisiyle kimyasal ve fiziksel bozulmaya uğrayan yüksek sodalı gerilimli Antik Çağ camlarına uygulanan restorasyon ve konservasyon aşamalarında, bozulmalarının iyi tanımlanmadığı ve uygulama aşamalarının buna göre planlanmadığı görülmüştür. Ülkemizdeki Antik Çağ cam restorasyonu ve konservasyonu konulu sınırlı yayına karşın, son yıllarda mikroskop ve spektral analiz yöntemleriyle desteklenen araştırmaların yurt dışında artması sonucunda bozulmaların neden ve türleri daha doğru tanımlanmaya başlamıştır. Antik Çağ cam restorasyonunda geçmişte denenilen ve günümüzde uygulanmaya devam eden çoğu malzeme ve yöntemin aslında yanlış olduğu, bozulmaların tanımlanması ve geçmiş restorasyonların gözlemlenmesiyle anlaşılmıştır. Bu çalışmada, Antik Çağ camlarının kimyasından ve üretiminden kaynaklanan bozulma neden ve tiplerinin tespiti yapılmış; bu bağlamda restorasyon aşamalarına göre uygun malzeme ve yöntemler önerilmiştir.

KAYNAKLAR

- ABD-ALLA, Ramadan (2006), “Devitrification Behaviour of Corroded Glass: Four Cases Study”, **Mediterranean Archaeology and Archaeometry** 7-1, 39-49.
- AERTS, A. - JANSSENS, K. vd. (1999), “Trace-Level Microanalysis of Roman Glass from Khirbet Qumrân, Israel”, **Journal of Archaeological Science** 26, 883-891.
- AERTS, A. - VELDE, B. vd. (2003), “Change in Silica Sources in Roman and Post-Roman Glass”, **Spectrochimica Acta Part B** 58, 659-667.
- AKILLI, Hüseyin (1984), **Antik Eserlerin Koruma ve Onarım Yöntemleri**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İÜ. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- AKILLI, Hüseyin (1998), “Eski Cam Eserlerin Bozulma Nedenleri ve Onarımı”, **Sanat Tarihi Araştırmaları Dergisi**, Sayı 3, İstanbul, 17-83.
- ALTAVILLA, C. - CILIBERTO, E. vd. (2008), “The cleaning of early glasses: investigation about the reactivity of different chemical treatments on the surface of ancient glasses”, **Applied Physics A** 92, 251-255.
- ARCAK, Cory - KUNICKI-GOLDFINGER, Jerzy (2006), “The Use of Silicone Polymers in the Conservation of Glass from Waterlogged Sites: A Brief Introduction”, **ICOM Glass & Ceramics Conservation** 15, 6-8.
- ARLETTI, R., DALCONI, M. C. vd. (2006), “Roman Coloured and Opaque Glass: a Chemical and Spectroscopic Study”, **Applied Physics A** 83, 239-245.
- ATİK, Şeniz (1998), “İstanbul Arkeoloji Müzelerinde Bulunan İ.Ö. II-I. Bin Yıllarına ait Mezopotamya Cam Eserleri”, **XXXIV. Uluslararası Assirioloji Kongresi**, Türk Tarih Kurumu, İstanbul, 365-376.
- ATİK, Şeniz (2004), **M.Ö. I. Binde Anadolu’da Cam Üretimi ve Tasarımı**, yayınlanmamış doktora tezi, MSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- AUGERSON, Christopher C. - MESSINGER, John M. (1993), “Controlling The Refractive Index of Epoxy Adhesives With Acceptable Yellowing After Aging”, **Journal of The American Institute of Conservation** 32, 311-314.
- BAKIRER, Ömür (1985), “Cam Buluntuların Değerlendirilmesinde Arkeometrik Araştırmaların Önemi”, **I. Arkeometri Sonuçları Toplantısı**, Ankara, 61-67.
- BARBANA, Fabio - BERTONCELLO, Renzo vd. (2004), “Alteration and Corrosion Phenomena in Roman Submerged Glass Fragments”, **Journal of Non-Crystalline Solids** 337, 136-141.
- BASS, George F. (2003), **Su Altında Arkeoloji**, Homer Kitabevi, İstanbul.
- BAŞARAN, Sait (2000), **Pişmiş Toprak ve Cam Eserlerin Konservasyon / Restorasyonu**, Graphis Yayınları, İstanbul.
- BAXTER, M.J. - COOL, H.E. vd. (2006), “Comparing Glass Compositional Analyses”, **Archaeometry** 48-3, 399-414.

- BAYKAN, Ceren (2007), “Allianoi’dan İki Cam Eserin Konservasyon ve Restorasyonu”, **IV. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri**, Eskişehir, 181-187.
- BAYKAN, Ceren - ORBEYİ, Nil vd. (2007), “Göbekli Cam Üretim Teknolojisi ve Mimaride Pencere Camı Olarak Kullanımı”, **IV. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri**, Eskişehir, 879-890.
- BERDUCOU, Marie (1987), “Céramique et verre”, **Conservation-Restauration du Mobilier Archeologique**, Saint-Denis, 11-19.
- BIMSON, Mavis - FREESTONE, Ian C. (1983), “An Analytical Study of the Relationship Between the Portland Vase and other Roman Cameo Glasses”, **Journal of Glass Studies** 25, 55-64.
- BINGHAM, P.A. - JACKSON, C.M. (2007), “Roman Blue-Green Bottle Glass: Chemical-Optical Analysis and High Temperature Viscosity Modelling”, **Journal of Archaeological Science** 34, 1-8.
- BIWER, Bruce M. - SODERHOLM, L. vd. (1996), “Actinide Speciation in Glass Leach-Layers: An EXAFS Study”, **Proceedings Fall MRS Meeting Symposium II**, 1-8.
- BOON, George C., DEKÓWNA, Maria (1977), “Gold-in-Glass Beads from the Ancient World”, **Britannia** 8, 193-207.
- BORZIĆ, Igor (2008), “Ennion čaše iz Burnuma”, **Archaeologia Adriatica** 11, 91-101.
- BRILL, Robert H. (1978), “The use of Equilibrated Silica Gel for the Protection of Glass with Incipient Crizzling”, **Journal of Glass Studies** 20, 11-23.
- BRILL, Robert H. (1994), “Laboratory Studies of some glasses from Vergina”, **Journal of Glass Studies** 36, 11-23.
- BRILL, Robert H. (2005), “Chemical Analyses of the Zeyrek Camii and Kariye Camii Glasses”, **Dumbarton Oaks Papers** 59, 213-230.
- BUECHNER, Thomas S. (1960), “The Glass from Tarrha”, **Hesperia** 29/1, 109-117.
- CALEY, Earle R. (1962), **Analyses of Ancient Glasses 1790-1957**, The Corning Museum of Glass Press, New York.
- CANAV, Üzlifat (1985), **Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Cam Eser Koleksiyonu**, İstanbul.
- CARMONA, N. - OUJJA, M. vd. (2005), “Analysis of Corroded Glasses by Laser Induced Breakdown Spectroscopy”, **Spectrochimica Acta Part B** 60, 1155-1162.
- CASS Glen R. - DRUZIK James R. vd. (1989), **Protection of Works of Art From Atmospheric Ozone**, Research in Conservation 5, The Getty Conservation Institute.
- CERMANOVIC-KUZMANOVIC, Aleksandrina (1979), “The Komini Diatretum”, **Journal of Glass Studies** 21, 51-53.

CHAPMAN, Sasha - MASON, David (2003), "Literature Review: The Use of Paraloid B-72 as a Surface Consolidant for Stained Glass", **Journal of the American Institute for Conservation** 42-2, 381-392.

CHARLESTON, Robert J. (1978), "Glass Furnaces Through the Ages", **Journal of Glass Studies** 20, 9-33.

COOCKSON, B. Claasz (2006), **Arkeolojik İllüstrasyon ve Fotoğrafçılık**, Çev. Ceyhun Çokal, Aytaşı Yayıncılık, Ankara.

CRONYN, J. Margaret (2002), **The Elements of Archaeological Conservation**, Routledge, Londra.

CUMMINGS, Keith (2002), **A History of Glassforming**, University of Pennsylvania Press, Pensilvanya.

DAL BIANCO, Barbara - BERTONCELLO, Renzo vd. (2004), "Glasses on the Seabed: Surface Study of chemical Corrosion in Sunken Roman Glasses", **Journal of Non-Crystalline Solids** 343, 91-100.

DAL BIANCO, Barbara - BERTONCELLO, Renzo vd. (2005), "Surface Study of Water Influence on Chemical Corrosion of Roman Glass", **Surface Engineering** 21-5, 393-396.

DAVISON, Sandra (1984), "Review of Adhesive and Consolidants Used on Glass Antiquities", **Adhesive and Consolidants**, Ed. N.S. Brommelle vd., International Institute for Conservation, Londra, 191-195

DAVISON, Sandra (1998), "Reversible Fills For Transparent And Translucent Materials" **JAIC** 37-1-4, 35-47.

DAVISON, Sandra (2006), **Conservation and Restoration of Glass**, Butterworth, Londra.

DEGRYSE, P. - SCHNEIDER, J., vd. (2005), "A Geochemical Study of Roman to Early Byzantine Glass from Sagalassos, South-west Turkey", **Journal of Archaeological Science** 32, 287-299.

DEGRYSE, P. - SCHNEIDER, J. vd. (2006), "Evidence for Glass 'Recycling' using Pb and Sr Isotopic Ratios and Sr-mixing Lines: The Case of Early Byzantine Sagalassos", **Journal of Archaeological Science** 33, 494-501.

DEMİR, E. Çiğdem (1999), **Antik Çağ'da Cam ve Perge Konut Alanı "A" Evi Cam Eserleri Kataloğu**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İÜ. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

DERRICK, Michele R. - STULIK, Dusan vd. (1999), **Scientific Tools for Conservation**, The Getty Conservation Institute, Los Angeles.

DOPPELFELD, Otto (1960), "Das neue Kölner Diatretglas", **Germania** 38, 403-417.

DOWN, Jane L. (1984), "The Yellowing of Epoxy Resin Adhesives", **Studies in Conservation** 29, 63-76.

DUNCAN JONES, Janet (1995), "Classical and Hellenistic Core-Formed Vessels from Gordion", **Journal of Glass Studies** **37**, 21-33.

ERRETT, Raymond (1972), "The repair and restoration of glass objects", **Bulletin of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works** **12-2**, 48-49.

FEARN, Sarah - McPHAIL, David S vd. (2004), "Room Temperature Corrosion of Museum Glass: an Investigation using low-energy SIMS", **Applied Surface Science** **231-232**, 510-514.

FEKRSANATI, F. - HILDENHAGEN, J. vd. (2001), "Feasibility Studies on Applying UV-Lasers for the Removal of Superficial Deposits from Historic Glass", **Studies in Conservation** **46-3**, 196-210.

FISHER, Penelope (1992), "HXTAL NYL-1, An Epoxy Resin For The Conservation of Glass", **Glass and Enamel Conservation UKIC** **11**, 6-9.

FLEMING, S.J. - SWANN, C.P. (1999), "Roman Mosaic Glass: a study of Production Processes, using PIXE Spectrometry", **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research** **B150**, 622-627.

FORBES, R.J. (1957), **Studies in Ancient Technology** V, Leiden.

FREDRICKX, P. - RYCK, I. De vd. (2004), "EPMA and μ -SRXRF Analysis and TEM-based Microstructure Characterization of a set of Roman Glass Fragments", **X-Ray Spectrometry** **33**, 326-333.

FREESTONE, I.C. - LESLIE, K.A. vd. (2003), "Strontium Isotopes in the Investigation of Early Glass Production: Byzantine and Early Islamic Glass from the Near East", **Archaeometry** **45-1**, 19-32.

GARCIA-HERAS, M. - RINCON, J. Ma. vd. (2005), "Pre-Roman Coloured Glass Beads from the Iberian Peninsula: a Chemico-Physical Characterisation Study", **Journal of Archaeological Science** **32**, 727-738.

GOMEZ-TUBIO, B. - ONTALBA SALAMANCA, M.A. vd. (2006), "PIXE-PIGE Analysis of late Roman Glass Fragments", **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research** **B 249**, 616-621.

GREAVES, G. N. (1986), "Corrosion Studies of Glass using Conventional and Glancing Angle EXAFS", **Journal de Physique** **47**, C8.819-C8.824.

GRIFFITHS, D.R. - FEUERBACH, A.M. (2001), "The Conservation of Wet Medieval Window Glass: A Test Using an Ethanol and Aceton Mixed Solvent System", **Journal of the American Institute for Conservation** **40-2**, 125-136.

GROSE, David F. (1984), "Glass Forming Methods in Classical Antiquity: Some Considerations", **Journal of Glass Studies** **26**, 25-34.

GUICHEN (DE), Gael (2004), **Müzelerde İklim Kullanılan Aletler, Grafikler ve Öneriler**, Der. Hayrettin Selçuk, İstanbul.

HALL, Mark E. - YABLONSKY, Leonid (1997), "Chemical Analyses of glass beads found in two Sarmatian Burials", **Archaeometry** **39-2**, 369-377.

HALL, Mark E. - YABLONSKY, Leonid (1998), "Chemical Analyses of Sarmatian Glass Beads from Pokrovka, Russia", **Journal of Archaeological Science** **25**, 1239-1245.

HANDLER, Susan Auth (1979), "A Fragmentary Christian Gold-Glass at the Newark Museum", **Journal of Glass Studies** **21**, 35-38.

HARDEN, Donald B. (1983), "New Light on the History and Technique of the Portland and Auldjo Cameo Vessels", **Journal of Glass Studies** **25**, 45-54.

HENDERSON, J. - EVANS, J.A. vd. (2005), "The use of oxygen, strontium and lead isotopes to provenance ancient glasses in the Middle East", **Journal of Archaeological Science** **32**, 665-673.

HEROLD, Karl (1990), **Konservierung von Archäologischen Bodenfunden Metall Keramik Glass**, Viyana.

HLAVAC, Jan (1983), **The Technology of Glass and Ceramics An Introduction**, Elsevier, New York.

HUISMAN, D. J. - POLS, S. vd. (2008), "Degradation Processes in Colourless Roman Glass: cases from the Bocholtz Burial", **Journal of Archaeological Science** **35**, 398-411.

HUTTON, Bruce S. (1997), **Restoration Techniques Of Stained Glass**, Monash Üniversitesi Seramik Tasarımı Bölümü Doktora Tezi, (Özeti için bkz.: <http://www.almond-glass.com/pages/thesis.html>, Aralık 2009).

JACKSON, C. M. - NICHOLSON, P.T. vd. (1998), "Glassmaking at Tell el-Amarna: an Integrated Approach", **Journal of Glass Studies** **40**, 11-23.

JACKSON, C. M. (2005), "Making Colourless Glass in the Roman Period", **Archaeometry** **47-4**, 763-780.

JACKSON, P.R. (1983), "Restoration of an Italic Glass Oinochoe with Technovit 4004A", **Conservator** **7**, 44-47.

KANYAK, Serra (2009), **Cam Fırınlarının Tarihsel Gelişimi**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Seramik ve Cam Tasarımı Anasanat Dalı Seramik Tasarımı Programı, İstanbul.

KAPOLOS, John - BAKAOUKAS, Nicholas vd. (2007), "Evaluation of Acrylic Polymeric Resin and Small Siloxane Molecule for Protecting Cultural Heritage Monuments Against Sulfur Dioxide Corrosion", **Progress in Organic Coatings** **59**, 152-159.

KARAKAYA, Berrin (2005), **Tarsus Antik Yol ile Aydınçık (Mersin) Kelenderis Kazılarında Çıkarılan Cam Malzemelerin Fiziksel (Morfolojik ve Mikromorfolojik) ve Kimyasal Yönden Karşılaştırılması**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, ÇÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

KARAYANNIDOU, Evrikleia G. - ACHIKIAS, Dimitris S. vd. (2006), "Cure Kinetics of Epoxy-Amine Resins Used in The Restoration of Works of Art from Glass or Ceramic", **European Polymer Journal** **42**, 3311-3323.

- KAYA, Feramuz (2004), **Ana Hatları ile Yapıştırıcılar**, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- KILIÇ, A.Cengiz (1995), **Cam Üretiminde Üfleme Yöntemiyle Biçimlendirme**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, DEÜ. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- KOCABAĞ, Duran (2002), **Cam Kimyası, Özellikleri, Uygulaması**, Yem Kitabevi, İstanbul.
- KOCABAŞ, Ufuk (1998), **Arkeolojik Sualtı Kalıntılarının Konservasyonu**, İstanbul.
- KODAKOĞLU, Levent (1996), **Yapıştırıcıların Genel Özellikleri Ve Çekme Gerilmesine Maruz Yapışma Birleşmesinin Analitik Ve Nümerik Olarak İncelenmesi**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- KOOB, P. Stephen (1979), "The Removal of Aged Shellac Adhesive from Ceramics", **Studies in Conservation** 24, 134-135.
- KOOB, P. Stephen (1986), "The Use of Paraloid B-72 as an Adhesive: Its Application for Archaeological Ceramics and Other Materials", **Studies in Conservation** 31-1, 7-14.
- KOOB, P. Stephen (2006), **Conservation and Care of Glass Objects**, Archetype Yay., New York.
- KOOB, P. Stephen - BRILL, Robert H. vd. (1996), "The Kenchreai Opus Sectile Glass Panels Revisited: A Comparison and Assessment of Previous Treatments", **Archaeological Conservation and its Consequences**, Ed. Ashok Roy ve Perry Smith, International Institute for Conservation, 105-110.
- KOSTER, Annelies - WHITEHOUSE, David (1989), "Early Roman Cage Cups", **Journal of Glass Studies** 31, 25-31.
- KUNICKI-GOLDFINGER, Jerzy (2003), "Preventive Conservation Strategy for Glass Collections. Identification of Glasses Susceptible to Crizzling", **In Proceedings of the 5th EC Conference 'Cultural Heritage Research: a Pan - European Challenge'**, Cracow, 301-304.
- KURTAY, Cüneyt - AYBAR, Uğurtan vd. (2003), "Müzelerde Algılama ve Aydınlatma Kriterlerinin Analizi: Ankara-Anadolu Medeniyetleri Müzesi Orta Holü", **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi** 18-2, 95-113.
- KÜÇÜKERMEN, Önder (1985), **Cam Sanatı ve Geleneksel Türk Camcılığından Örnekler**, Türkiye İşbankası Kültür Yayınları, Ankara.
- KÜÇÜKERMEN, Önder (1988), **Glass Beads Anatolian Glass Bead Making The Final Traces of Three Millennia of Glass Making in the Mediterranean Region**, Türkiye Turing ve Otomobil Kurumu, İstanbul.
- KÜÇÜKERMEN, Önder (1997), "Cam İşçiliği", **Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi** 1, İstanbul, 312-313.
- KÜÇÜKKAYA, Ayşe Gülçin (2004), **Taşların Bozulma Nedenleri Koruma Yöntemleri**, Birsen Yayınevi, İstanbul.

LAMPROPOULOS, Vasilios - LEAKOU, Antigoni vd. (2004), "Study and Comparisons Between Ploughing and Other Forms of Corrosion of Greek Archaeological Glass", **Mediterranean Archaeology and Archaeometry** 4-1, 35-45.

LAZAR, Irena (2006), "An oil lamp from Slovenia depicting a Roman glass furnace", **Vjesnik za Arheologiju i Povijest Dalmatinsku** 99, 227-234.

LESTER, E. - HILAL, N. vd. (2004), "Porosity in Ancient Glass from Syria (c.800 AD) using gas adsorption and atomic force microscopy", **Surface and Interface Analysis** 36, 1323-1329.

LIERKE, Rosemarie (1999), **Antike Glastöpferei Ein Vergessenes Kapitel der Glasgeschichte**, Philip von Zabern, Mainz am Rhein.

LIERKE, Rosemarie (2001), "Re-evaluating Cage Cups", **Journal of Glass Studies** 43, 174-177.

LIGHTFOOT, Chris (1985), "A Roman Glass Flask in Gaziantep Museum", **Anatolian Studies** 35, 123-129.

LIGHTFOOT, Chris - ARSLAN, Melih (1992), **Anadolu Antik Camları: Yüksel Erimtan Koleksiyonu**, Ünal Offset Ltd. Şti., Ankara.

MAJEWSKI, Lawrence J. (1973), "The Conservation of Archaeological Materials at Sardis, Turkey", **Bulletin of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works** 13-2, 99-104.

MASSARI, Giovanni (1971), **Humidity in Monuments**, University of Roma, Roma.

McPHAIL, D.S. (2006), "Some Applications of SIMS in Conservation Science, Archaeometry and Cosmochemistry", **Applied Surface Science** 252, 7107-7112.

MITRI, P. - PACE, M., vd. (2007), "ICP-MS Analysis of Glass Fragments of Parthian and Sasanian Epoch from Seleucia and Veh Ardašir (Central Iraq)", **Archaeometry**, 1-22.

NEIRO, Michaela (2003), "Adhesive Replacement: Potential New Treatment for Stabilization of Archaeological Ceramics", **Journal of the American Institute for Conservation** 42-2, 237-244.

NICHOLSON, Paul T. (1995), "Glassmakings and Glassworking at Amarna: Some New Work", **Journal of Glass Studies** 37, 11-19.

NICHOLSON, Paul T. - JACKSON, Caroline M. vd. (1997), "The Ulu Burun Glass Ingots, Cylindrical Vessels and Egyptian Glass", **The Journal of Egyptian Archaeology** 83, 143-153.

OLIVER, Andrew (1984), "Early Roman Faceted Glass", **Journal of Glass Studies** 26, 35-58.

OLIVER, Andrew (2001), "A Glass Opus Sectile Panel from Corinth", **Hesperia** 70-3, 349-363.

ÖZGÜMÜŞ, Üzlifat (1994), "Anadolu'da Bizans Dönemi Camcılığı", **Sanat Tarihi Araştırmaları Dergisi** 12, 39-43.

ÖZGÜMÜŞ, Üzlifat (2000), **Anadolu Camcılığı**, Pera Yayıncılık, İstanbul.

PAGE, Jutta-Annette - PILOSI, Lisa vd. (2001), "Ancient Mosaic Glass or Modern Reproductions?", **Journal of Glass Studies** **43**, 115-139.

PAINTER, Kenneth - WHITEHOUSE, David (1990), "Early Roman Cameo Glasses", **Journal of Glass Studies** **32**, 138-188.

PANNELL, Jane (1990), "Conservation of Glass in Bodrum Museum of Underwater Archaeology", **I. Uluslararası Anadolu Cam Sanatı Sempozyumu**, İstanbul, 47-50.

PATERAKIS, A. Boccia (2003), "The Conservation of Ancient Glass", **Materials Research Society** **757**, II2.4.1-II2.4.7.

PAYNTER, Sarah (2006), "Analyses of Colourless Roman Glass from Binchester, County Durham", **Journal of Archaeological Science** **33**, 1037-1057.

PILOSI, Lisa - WYPYSKI, Mark T. (2001), "Technical Examination and Conservation of Glass", **The Metropolitan Museum of Art Bulletin** **59-1**, 66-68.

PLATZ-HORSTER, Gertrud (1995), "Die Berliner Glasamphora aus Olbia", **Journal of Glass Studies** **37**, 35-49.

PLINIUS (1962), **Natural Historia**, Çev. D.E. EICHHOLZ, Harvard Üniversitesi Yayınları, Londra.

QUARTIERI, Simona - ARLETTI, Rosella vd. (2004), "Archaeometrical Analyses of Ancient Glass of the Imperial Age", **Report of ESRF** (25.10.2004), 1-2.

RAFFAELLY, L. - CHAMPAGNON, B. vd. (2008), "IR and Raman Spectroscopies, a way to Understand how the Roman Window Glasses were made?", **Journal of Non-Crystalline Solids** **354**, 780-786.

REHREN, Thilo (2000), "Rationales in Old World Base Glass Compositions", **Journal of Archaeological Science** **27**, 1225-1234.

REHREN, Thilo (2006), "Geç Tunç Çağı'nda Cam Ticareti", **Uluburun Gemisi 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti**, (Ed. Ünsal Yalçın, Cemal Pulak, Rainer Slotta), Graphis, İstanbul, 535-541.

RIBECHINI, Erika - MODUNGO, Francesca vd. (2008), "An Integrated Analytical Approach for Characterizing an Organic Residue from An Archaeological Glass Bottle Recovered in Pompeii (Naples, Italy)", **Talanta** **74**, 555-561.

RIEDERER, Josef (1989), **Restoration & Preservation**, Goethe-Institut, Münih, 42-43.

RISSER, Erik (1997), "A New Technique For The Casting of Missing Areas in Glass Restoration", **Journal of Conservation & Museum Studies** **3**, (bkz.: <http://www.ucl.ac.uk/archaeology/conservation/jcms>, Nisan 2009).

RUTTEN, F.J.M. - ROE, M.J. vd. (2006), "Surface Analysis of Ancient Glass Artefacts With ToF-SIMS: A Novel Tool for Provenancing?", **Applied Surface Science** **252**, 7124-7127.

SALDERN, Axel von, (1975), "Two Achaemenid Glass Bowls and a Hoard of Hellenistic Glass Vessels", **Journal of Glass Studies** **17**, 37-46.

SCHEERER, Stefanie - ABRAHAM, Meg vd. (2003), "Study of the Effects of Laser Radiation on Epoxy Resins and Epoxy Systems on Stone, Ceramic, and Glass Surface", **Journal of Cultural Heritage** 4, 223-229.

SCOTT, George D. (1995), "A Study of the Lycurgus Cup", **Journal of Glass Studies** 37, 51-64.

SELWITZ, Charles M. (1988), **Cellulose Nitrate in Conservation**, Research in Conservation 2, The Getty Conservation Institute.

SHORTLAND, Andrew J. - EREMIN, Katherine (2006), "The Analysis of second Millenium Glass from Egypt and Mesopotamia, Part 1: New WDS Analyses", **Archaeometry** 48-4, 581-603.

SHORTLAND, Andrew J. - TITE, M. S. (2000), "Raw Materials of Glass from Amarna and Implications for the Origins of Egyptian Glass", **Archaeometry** 42-1, 141-151.

SHORTLAND, Andrew J. - TITE, M. S. vd. (2006), "Ancient Exploitation and use of Cobalt Alums from the Western Oases of Egypt", **Archaeometry** 48-1, 153-168.

SHUGAR, A.N. (2000), "Byzantine Opaque Red Glass Tesserae from Belt Shean, Israel", **Archaeometry** 42-2, 375-384.

SILVESTRI, Alberta - MOLIN, Gianmario vd. (2005), "Archaeological Glass Alteration Products in Marine and Land-Based Environments: Morphological, Chemical and Microtextural Characterization", **Journal of Non-Crystalline Solids** 351, 1338-1349.

SILVESTRI, Alberta - MOLIN, Gianmario vd. (2008), "The Colourless Glass of Iulia Felix", **Journal of Archaeological Science** 35, 331-341.

SMITH, C. Wayne (2003), **Archaeological Conservation Using Polymers: Practical Applications for Organic Artifact Stabilization**, A & M University Press, Teksas.

SNITKUVIENĖ, Aldona (2005), "Unikalios ankstyvosios krikščionybės vertybės Mykolo Tiškevičiaus kolekcijoje: *auksinio stiklo* Rinkinys", **Menotyra** 39/2, 30-38.

STJERNQUIST, Berta (2004), "A Magnificent Glass Bowl from Uppåkra", **Continuity for Centuries: A Ceremonial Building and Its Context at Uppåkra**, Southern Sweden (Ed. Lars Larsson), 103-151.

SWIFT, Ellen (2003), **Roman Dress Accessories**, Shire Archaeology, Malta.

TEK, Ahmet Tolga (2005), "Antik Dönemde Anadolu'da Cam Üretimi", **III. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri**, Eskişehir, 108-123.

TEKİN, Erdoğan (2007), **Metal Bilim ve Gereç Bilim Karşılıklar Sözlüğü**, Erdem Bilim ve Teknolojisi Serisi, İstanbul.

TENNENT, Norman H. (1979), "Clear and Pigmented Epoxy Resins for Stained Glass Conservation: Light Ageing Studies", **Studies in Conservation** 24-4, 153-164.

TENNENT, Norman H. - TOWNSEND, Joyce H. (1984), "Factors Affecting The Refractive Index of Epoxy Resins", **ICOM Committee for Conservation Preprints 7**, 26-28.

TENNENT, Norman H. - TOWNSEND, Joyce H. (1984), "The Significance of the Refractive Index of Adhesives for Glass Repair", **Adhesives and Consolidants**, 205-212.

THORNTON, Jonathan (1990), "A Light-Box Apparatus for the Repair of Glass", **Studies in Conservation 35-2**, 107-109.

TUĞRUL, Beril - SUNGUR, Filiz vd. (1986), "İstanbul Arkeoloji Müzelerindeki Bazı Opak Cam Eserlerin X - Işını Radyografi Tekniği ile İncelenmesi", **II. Arkeometri Sonuçları Toplantısı**, Ankara, 81-90.

TUĞRUL, Beril - ATİK, Şeniz (1990), "Bazı Antik Anadolu Opak Cam Eserlerin X - Işını Radyografi Tekniği ile Değerlendirilmesi", **I. Uluslararası Anadolu Cam Sanatı Sempozyumu**, İstanbul, 37-39.

TUĞRUL, Beril - BAŞARAN, Sait (1991), "Enez Cam Buluntularının Tahribatsız Muayene Metodlarıyla İncelenmesi", **VI. Arkeometri Sonuçları Toplantısı**, Ankara, 29-40.

UZUNER, Bilgehan (2004), **Bulunuşundan Üfleme Uygulamalı Cam Teknikleri Akantaş**, İnkılap, İstanbul.

VELDE, B. (t.y.), "Analysis of a white, opaque glass fragment associated with a free-blown skyphos cup from a Roman military camp, Aulnay, central western France", 1-10 (<http://194.250.166.236/siteverre/aulnay.htm>, Mayıs 2009).

VERITA, Marco - ARENA Maria Stella vd. (2008), "Roman glass: Art and technology in a 4th century A.D. opus sectile in Ostia (Rome)", **Journal of Cultural Heritage 9**, e16-e20.

WEBER, G. - MARTINOT, L. vd. (2004), "Application of PIXE and PIGE Under Incident Variable Ion Beam Angle to Several Field of Archaeometry", **10th International Conference on Particle Induced X-ray Emission and its Applications PIXE 2004**, 844.1-844.5.

WELTER, N. - SCHÜSSLER, U., vd. (2007), "Characterisation of inorganic pigments in ancient glass beads by means of Raman microspectroscopy, microprobe analysis and X-ray diffractometry", **Journal of Raman Spectroscopy 38**, 113-121.

WELZEL, Josef (1998), "Die Rekonstruktion Eines Diatretglases Nach Einem Scherbenfund", **Journal of Glass Studies 40**, 127-139.

WHITEHOUSE, David (1988), "A Recently Discovered Cage Cup", **Journal of Glass Studies 30**, 28-33.

WHITEHOUSE, David (1989), "The Seasons Vase", **Journal of Glass Studies 31**, 16-23.

WHITEHOUSE, David (1997), **Roman Glass in The Corning Museum of Glass 1**, New York.

WHITEHOUSE, David - PILOSI, Lisa, vd. (2000), "Byzantine Silver Stain", **Journal of Glass Studies** 42, The Corning Museum of Glass, 85-96.

WIHR, Rolf (1970), "Possibilities of Restoration and Reproduction of Ancient Glass by the Use of Pourable Synthetic Resins", **Bulletin of the American Group, International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works** 11-1, 17-25.

WYPYSKI, Mark T. (2005), "Technical Analysis of Glass Mosaic Tesserae from Amorium", **Dumbarton Oaks Papers** 59, 183-192.

XU, Zhiwei - HUANG, Yudong vd. (2007), "Effect of γ -ray irradiation grafting on the carbon fiber interfacial adhesion of epoxy composites", **Composites Science and Technology** 67, 3261-3270.

YAĞCI, E. Erten (1993), **Başlangıcından Geç Antik Dönem Sonuna Kadar Anadolu'da Cam**, yayınlanmamış doktora tezi, AÜ. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

YALÇIN, Ünsal (2006), "Tarih Yazan Gemi: Uluburun", **Uluburun Gemisi 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti**, (Ed. Ünsal Yalçın, Cemal Pulak, Rainer Slotta), Graphis, İstanbul, 21-26.

ZACHARIADIS, G. - DIMITRAKOUDI, E. vd. (2006), "Optimized Microwave-Assisted Decomposition Method for Multi-Element Analysis of Glass Standard Reference Material and Ancient Glass Specimens by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry", **Talanta** 68, 1448-1456.

y.a.y. (1987), **Müzelerde Koruma: Çevresel Koşulların Denetimi**, TC Kültür ve Turizm Bakanlığı Eski Eserler ve Müzeler Genel Müdürlüğü, İstanbul.

ÇEVİRİMİÇİ KAYNAKLAR

<http://www.ucl.ac.uk/archaeology/conservation/jcms> (Nisan 2009)

<http://194.250.166.236/siteverre/aulnay.htm> (Mayıs 2009)

<http://www.almond-glass.com/pages/thesis.html> (Aralık 2009)

<http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm> (Aralık 2009)

http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/laborato/chapotat_r03.htm
(Ocak 2010)

<http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8178> (Ocak 2010)

<http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8182> (Ocak 2010)

<http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8184> (Ocak 2010)

<http://www.conservationresources.com/Main/S%20CATALOG/default.htm>
(Ocak 2010)

<http://www.lamp83.com/fiberoptik.php> (Ocak 2010)

ÖZGEŞMİŞ

1979 yılında İzmir’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İzmir’de tamamladı.

1999 yılında Ege Üniversitesi Bergama Meslek Yüksekokulu Restorasyon Konservasyon Programı’ndan mezun oldu.

2004 yılında İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü’nden mezun oldu.

1999-2006 yılları arasında Allianoi Kazısı’nda restorasyon ve konservasyon uzmanı olarak görev yaptı.

2005-2008 yılları arasında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, Mimari Restorasyon Programı’nda araştırma görevlisi olarak görev yaptı.

2008 yılından itibaren yaz aylarında Nif (Olympos) Dağı Araştırma ve Kazısı’nda restorasyon ve konservasyon uzmanı olarak görev yapmaktadır.

2009 yılından itibaren Trakya Üniversitesi Edirne Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimari Restorasyon Programı’nda öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır.