

**T.C.  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MERMER BLOK, PLAKA VE STRİPLERİNE UYGULANAN  
KİMYASAL DOLGU-GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN  
VERİMLİLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**FELAT GÖKDEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**DİYARBAKIR  
2010**

**T.C.  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MERMER BLOK, PLAKA VE STRİPLERİNE UYGULANAN  
KİMYASAL DOLGU-GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN  
VERİMLİLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**FELAT GÖKDEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
DANIŞMAN: DOÇ.DR. MUSTAFA AYHAN**

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**DİYARBAKIR  
2010**

T.C  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ  
DİYARBAKIR

Felat GÖKDEMİR tarafından yapılan bu çalışma, jürimiz tarafından Maden Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin

Ünvanı      Adı Soyadı

Başkan                    :Doç.Dr. Mustafa AYHAN  
Üye                        : Yard.Doç.Dr. Özgür AKKOYUN  
Üye                        : Yard.Doç.Dr. Zahir DÜZ

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

...../...../.....

Prof.Dr.Hamdi TEMEL

ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

( MÜHÜR )

# ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

## MERMER BLOK, PLAKA VE STRİPLERİNE UYGULANAN KİMYASAL DOLGU-GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN VERİMLİLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**FELAT GÖKDEMİR**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MADEN MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

Bu çalışmada Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretilen Brown Espera, Elazığ Vişne ve Sand Wave mermerlerin blok, plaka ve striplerine uygulanan dolgu-güçlendirme yöntemlerinin kesme ve işleme verimliliğine etkisi, uzun sürece yayılan ve yerinde yapılan çalışmalarla (mermer işleme fabrikasında) ortaya konulmuştur. Daha sonra maliyet analizi yapılarak plaka ve strip dolgu-güçlendirme uygulamalarının işletmeciliğe sağladığı ekonomik katkı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Mermer, blok güçlendirme, plaka ve strip dolgu-güçlendirme, epoksi dolgu, ultraviyole dolgu, dolgu-güçlendirme performansı.

## **ABSTRACT**

MSc. Thesis

### **THE PRODUCTIVITY INVESTIGATION OF CHEMICAL FILLING-REINFORCING METHODS APPLIED BLOCKS, SLABS AND STRIPS**

**FELAT GÖKDEMİR**

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
UNIVERSITY OF DİCLE

The effects of marble blocks, marble slabs and strips filling-reinforcing methods on cutting and surface processes which applied on Brown Espera, Rosso Levanto and Sand Wave marbles that produced at East and Southeastern Anatolia have been propounded by application field studies (in one marble processing plant) on this study. Subsequently; cost analysis have been done for determining the incomes of blocks, slabs and strips filling-reinforcing methods.

Keywords: Marble, block reinforcing, slab and strip filling-reinforcing, epoxy, ultraviolet, filling-reinforcing performace.

## TEŞEKKÜR

Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yapmış olduğum yüksek lisans çalışmamda tecrübeleriyle beni yönlendirerek destekleyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa AYHAN'a ve her aşamada bana yardımcı olan Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Yrd.Doç.Dr.A.Karakuş'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca araştırmalarım sırasında mermer işleme tesislerinde her türlü kolaylığı sağlayan Dimer yetkililerine, ayrıca Dimer Mermer Fabrika Müdürü İrfan Türk'e, Ar-Ge Departmanı Sorumlusu Maden Mühendisi Erhan AĞCA'ya ve Gidem Doğal Taş Laboratuvarı çalışanlarından Maden Mühendisi Zeynep OĞUZ'a değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>SAYFA</b>
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
SEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	IX
1.GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Doğal Taşlarda Dolgu-Güçlendirme Uygulamalarının Nedenleri .....	4
2.1.1. Çatlaklar, Gözenekler ve Mikro Gözenekler (Porozite).....	5
2.1.2. Üretim Problemleri.....	5
2.1.3. Ticari Problemler .....	6
2.1.4. Uygulama (Montaj) Problemleri.....	7
2.2. Doğal Taş Sektöründe Kullanılan Dolgu Yöntemleri.....	8
2.2.1. Epoksi Reçine.....	8
2.2.2. Polyester Reçine.....	10
2.2.3. Ultraviyole Reçine.....	12
2.2.4. Mastik .....	13
2.2.5. Çimento Dolgu .....	14
2.2.6. Yüzey Koruyucular.....	15
2.3. Doğal Taşların Fiziksel-Yapısal Özelliklerine Göre Uygun Kimyasal Malzemenin Seçimi .....	15

2.4. Plaka ve Striplerde Uygulama Sistemleri.....	16
2.4.1. Masalar.....	17
2.4.2. Kurutma ve Kürleme Odaları.....	18
2.4.3 Batch fırınlar.....	18
2.4.4. Tünel Fırınlı Hatlar.....	19
2.4.4.1. Reçine Hatları.....	19
2.4.4.2. Ultraviyole Hatları.....	20
2.4.4.3. Mastik Hatları.....	21
2.4.5. Elevatör Fırınlı Reçine Hatları .....	23
2.4.6. Çimento Dolgu Makineleri.....	23
2.4.7. Karma ve Bileşik Sistemler.....	24
2.5. Doğru Uygulama Sisteminin Seçimi .....	25
2.6. Dolgu İşleminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar.....	26
2.6.1. Temizleme ve Kil ıkartma.....	26
2.6.2. Kurutma.....	26
2.6.3. Viskozite, Akışkanlık ve Penetrasyon ( Nüfuziyet).....	27
2.6.4. Fileli Uygulamalar.....	27
2.6.5. Polimerizasyon .....	28
2.7. Doğal Taş Bloklarına Uygulanan Blok Güçlendirme Sistemleri.....	29
2.8. Doğal Taşlara Dolgu Uygulamasının Avantajları .....	32
2.9. Dolgu Malzemelerinin İnsan Sağlığı �zerindeki Etkileri.....	32
3. MATERYAL VE METOD.....	38



3.1. Materyal.....	34
3.2. Metod.....	41
3.2.1. Blok Güçlendirilmesi.....	41
3.2.1.1. Elazığ Vişne Bloklarına Bloklarının Güçlendirilmesi.....	41
3.2.1.2. Sand Wave Bloklarının Güçlendirilmesi.....	51
3.2.2. Plaka ve Strip Dolgu-Güçlendirmesi.....	54
3.2.2.1. Elazığ Vişne Plaka ve Striplerinin Dolgu-Güçlendirmesi....	55
3.2.2.2. Sand Wave Plaka ve Striplerin Dolgu-Güçlendirilmesi.....	65
3.2.2.3. Brown Espera Plaka ve Striplerinin Dolgu-Güçlendirilmesi.....	68
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	74
4.1. Blok Dolgu-Güçlendirme Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular.....	74
4.1.2. Elazığ Vişne Epoksi Jel Blok Dolgu-Güçlendirme Maliyet Analizi...	75
4.1.3. Elazığ Vişne Epoksi Jel + Elyaf File Blok Dolgu-Güçlendirme Maliyet Analizi.....	76
4.1.4. Sand Wave Epoksi Jel Blok Dolgu-Güçlendirme Maliyet Analizi...	76
4.2. Plaka Dolgu-Güçlendirme Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular.....	78
4.2.1. Plaka Dolgu-Güçlendirme Maliyet Analizi.....	79
4.3. Strip Dolgu-Güçlendirme Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular.....	79
4.3.1. Strip Dolgu-Güçlendirme Maliyet Analizi.....	80
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	85
KAYNAKLAR.....	88
ÖZGEÇMİŞ.....	89

# ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 1.1. Maden ve Mermer İhracatının Karşılaştırması.....	2
Şekil 2.1. Halkalı Epoksi Grubunun Şematik Gösterimi.....	9
Şekil 2.2. Klasik Ultraviyole Reçine Kurlenme Prensibi.....	22
Şekil 2.3. Çift Kurlenme Sistemi (Double Curing System) İle Ultraviyole Reçine Kurlenme Prensibi.....	22
Şekil 2.4. Çin’de Bir Mermer Fabrikasında Uygulanan Blok Güçlendirme Yöntemi.....	30
Şekil 2.5. Epoksi Püskürtmesiyle Yapılmış Blok Güçlendirme Uygulaması.....	31
Şekil 3.1. Dimer Mermer İşleme Fabrikasından Bir Görünüm.....	35
Şekil 3.2. Elazığ Vişne.....	37
Şekil 3.3. Sand Wave.....	37
Şekil 3.4. Brown Espera.....	38
Şekil 3.5. Blok Değerlendirme Akım Şeması.....	42
Şekil 3.6. Orijinal (Güçlendirilmemiş) Elazığ Vişne Bloğu.....	43
Şekil 3.7. Orijinal Elazığ Vişne Bloğunun Geometrisi ve Çatlak Konumlarının Ölçekli Çizimi.....	44
Şekil 3.8. Blok Güçlendirme İşleminde Kullanılan Malzeme ve Ekipmanlar.....	45
Şekil 3.9. Epoksi Jel İle Güçlendirilen Elazığ Vişne Bloğu.....	45
Şekil 3.10. Boyuna Çatlaklı (Güçlendirilmemiş) Elazığ Vişne Bloğu.....	48
Şekil 3.11. Boyuna Çatlak İçeren Elazığ Vişne Bloğunun Geometrisi ve Çatlak Konumunun Ölçekli Çizimi.....	48
Şekil 3.12. Epoksi Jel + Elyaf File İle Güçlendirilmiş Elazığ Vişne Bloğu.....	50
Şekil 3.13. Orijinal (Güçlendirilmemiş) Sand Wave Bloğunun Görünümü.....	52

Şekil 3.14. Çatlaklı Sand Wave Bloğunun Geometrisi ve Çatlak Konumlarının Ölçekli Çizimi.....	52
Şekil 3.15. Epoksi Jel İle Güçlendirilen Sand Wave Bloğu.....	53
Şekil 3.16. Plaka Üretim Hattı Akım Şeması.....	56
Şekil 3.17. Plakaların Robotlar İle Dolgu Makinesine Yüklenmesi.....	57
Şekil 3.18. Plakalara Epoksi + Elyaf File Uygulaması.....	58
Şekil 3.19. Uygulaması Biten Cilalanmış ve Ambalajlanmış Elazığ Vişne Plakaları.....	61
Şekil 3.20. Striplere Epoksi + Elyaf File Uygulaması.....	62
Şekil 3.21. Striplerin Aralarına Separatör Konularak Paletlere Dizilmesi.....	63
Şekil 3.22. Strip Üretim Hattı Akım Şeması.....	64
Şekil 3.23. Strip Üretim Hattı Akım Şeması.....	66
Şekil 3.24. Dolgusu yapılmış Brown Espera Plakası.....	70

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Dimer Mermer İşleme Fabrikasının Makine-Ekipman Parkı.....	39
Çizelge 3.2. Sand Wave, Brown Espera ve Elazığ Vişne Doğal Taşlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	40
Çizelge 3.3. Blok Güçlendirme İşleminde Kullanılan Epoksi Jelin Teknik Özellikleri.....	46
Çizelge 3.4. Farklı Çatlak Sistemine Sahip Elazığ Vişne Mermerlerinin Orişinal ve Güçlendirilmiş Bloklarının Plaka Verimleri.....	51
Çizelge 3.5. Güçlendirilmemiş ve Güçlendirilmiş Sand Wave Bloğunun Plaka Verimleri.....	54
Çizelge 3.6. Plaka Dolgu-Güçlendirme İşleminde Kullanılan Epoksinin Teknik Özellikleri.....	57
Çizelge 3.7. Epoksi Jelinin Teknik Özellikleri	71
Çizelge 3.8 Plaka Dolgu-Güçlendirme Uygulamalarının Performans Tablosu.....	72
Çizelge 3.9. Strip Dolgu-Güçlendirme Uygulamalarının Performans Tablosu.....	74
Çizelge 4.1. Blok Güçlendirme İşlemlerinin Plaka Verimine Etkisi.....	
Çizelge 4.2. Blok Dolgu-Güçlendirme İşlemi Yapılmış Blokların Maliyet Analiz Tablosu.....	76 80
Çizelge 4.3. Plaka Dolgu-Güçlendirme İşlemlerinin Plaka Verimine Etkileri.....	81
Çizelge 4.4. Strip Dolgu-Güçlendirme İşlemlerinin Fayans ve Fayans + Strip Verimine Etkileri.....	82
Çizelge 4.5. Dolgu-Güçlendirme İşlemi Yapılmış Plakaların Maliyet Analiz Tablosu.....	83
Çizelge 4.6. Dolgu-Güçlendirme İşlemi Yapılmış Striplerin Maliyet Analiz Tablosu.....	84

# 1. GİRİŞ

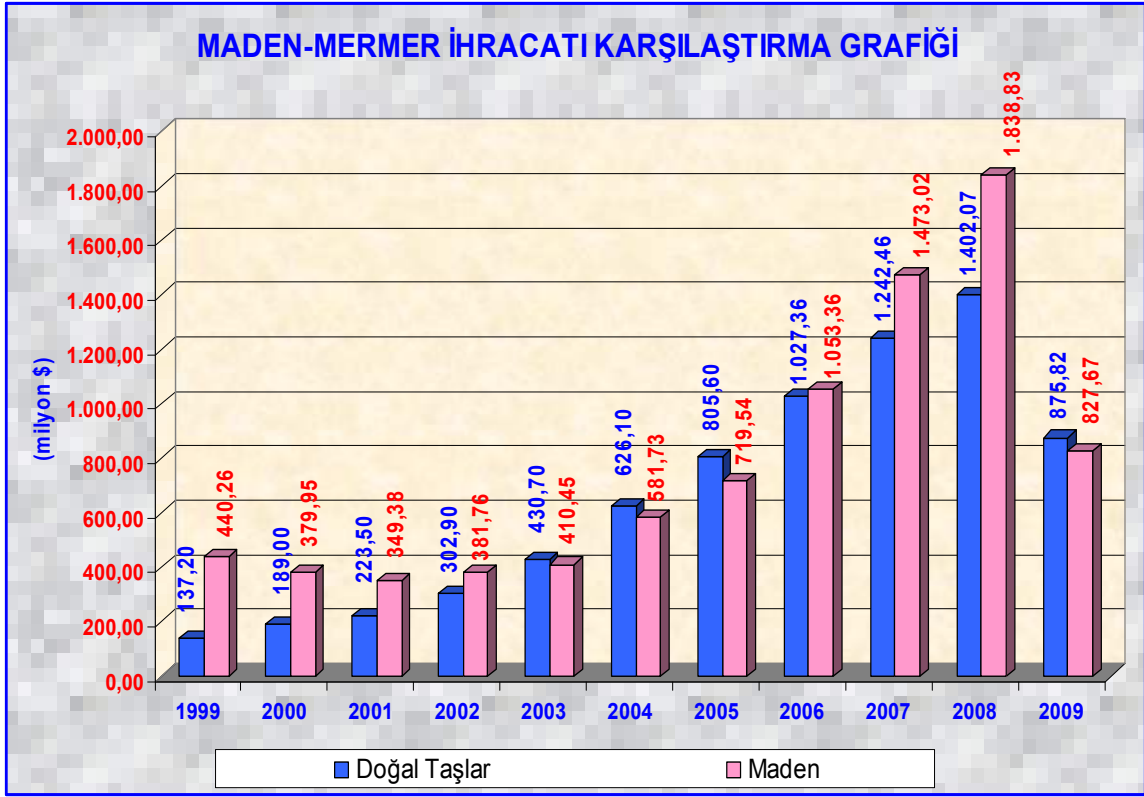
İnsanın yaşamına binlerce yıl önce giren doğal taş-mermer, başlangıçta sadece yapı taşı olarak kullanılırken, insanlık tarihi ve medeniyetlerin ilerlemesiyle birlikte süsleme, sanatsal tasarım, inşaat ve dekorasyon gibi alanlarda yoğun olarak kullanılarak günlük yaşamın önemli bir parçası haline gelmiştir.

Ülkemiz doğal taş sektörü renk, desen ve rezerv açısından oldukça avantajlı bir konumdadır. Bilinen 7.6 milyar m<sup>3</sup> doğal taş (mermer, granit, oniks, limra, traverten v.b.) rezervi ile dünya doğal taş rezervlerinin yaklaşık 1/3'üne sahiptir. Bu rezerve henüz tam olarak belirlenemeyen Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin rezervleri eklendiğinde 10 milyar m<sup>3</sup>'ü geçeceği tahmin edilmektedir. Son yıllarda bulunan yeni rezervlerle bu rakamların arttığı bilinmektedir <sup>1</sup>.

Ülkemizde mermer sektörünün gelişimiyle birlikte arama faaliyetlerinin ivme kazanmasıyla ve yeni havza ve sahaların bulunmasıyla birlikte ülkemizin sahip olduğu doğal taş potansiyeli daha gerçekçi bir biçimde ortaya çıkacaktır.

Türkiye, mermer üretimi ve satışında dünyanın önde gelen ülkelerinden birisidir. Dünyanın en zengin ve kaliteli mermer yataklarının büyük bölümü Akdeniz ülkelerinde yer almaktadır ve bu ülkeler arasında Türkiye mermer açısından en zengin rezerve sahip ülke konumundadır. Türkiye'nin maden ihracatında mermer sektörü önemli bir paya sahiptir. **Şekil 1.1**'de de görüldüğü gibi 1999 yılından itibaren doğal taş ihracat rakamları, maden ihracatı rakamlarına çok yakın seyretmiş, hatta 2003–2005 yılları arasında ise maden ihracatını geride bırakmıştır. Türkiye'nin 1999–2008 yılları arasındaki doğal taş ihracatında doğrusal bir artışın yaşandığı gözlenmektedir. Ancak 2009 yılında; Amerika'da mortgage krizi ile başlayan ve dünya geneline

yayılan küresel krizin etkisiyle doğal taş ihracatında bir önceki yıllara göre düşüş yaşanmıştır.



Şekil 1.1.Maden ve Mermer İhracatının Karşılaştırması<sup>2</sup>

Mermerler genelde inşaat sektöründe, binaların iç ve dış cephe kaplamalarında, iç döşemelerde, merdiven ve giriş kısımları ile mutfak ve banyolarda ayrıca mezar taşı ve anıt gibi dış mekânlarda kullanılmaktadır.

Son yıllardaki teknolojik gelişmeler ve büyüyen rekabetle birlikte mermer ürünlerinin özellikle de fayansların daha ince ve geniş boyutlu üretilmesi yönünde bir eğilim oluşmaktadır. Ortaya çıkan bu yeni durum işletmecileri; AR-GE çalışmalarına daha fazla önem vermeye ve pazarın talep ettiği kalitede üretim gerçekleştirmeye zorlamaktadır. Özellikle; kırık, çatlak, gözenek, boşluk, kil dolgu gibi arıza ve kusurlara sahip doğal taşların kullanıma nitelikli bir biçimde sunumu için dolgu-güçlendirme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Dolgu-güçlendirme işlemi; daha önce

üretilmesi düşünülmeven veya terk edilen sahaların verimli bir şekilde üretilmesine olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte dolgu-güçlendirme uygulamaları; yapısal probleme sahip mermerlerin kesilmesi ve işlenmesi sırasında oluşan kayıpları önemli derecede azaltmakta ve albenilerini olumlu yönde etkilemektedir.

Bu çalışmada, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde blok üretimi yapılan; Brown Espera (Adıyaman), Sand Wave (Diyarbakır) ve Elazığ Vişne (Elazığ) mermerlerin blok, plaka ve striplerine uygulanan kimyasal dolgu-güçlendirme yöntemlerinin kesme ve işleme verimliliğini nasıl etkilediği mermer işleme fabrikalarında gerçekleştirilen ve uzun sürece yayılan çalışmalar ile analiz edilmiştir.

Öncelikle breşik yapıda olan ve kalsit damarlar içeren çok çatlaklı ve kırılğan yapıya sahip fire oranı oldukça yüksek olan 2. kalite Elazığ Vişne blokları ve sadece derin ve geniş karsik boşluklar barındıran Sand Wave blokları katrakta kesme verimini arttırmak amacıyla güçlendirme uygulamalarına tabi tutulmuştur.

Daha sonra Brown Espera, Elazığ Vişne ve Sand Wave mermerinden üretilen plakalara ve striplere; kesim ve işlenme süreçlerinde oluşan kayıpların azaltılması amacıyla farklı dolgu-güçlendirme yöntemleri uygulanmıştır.

Blok güçlendirme, plaka ve strip dolgu-güçlendirme işlemlerinden sağlanan ekonomik katkıyı belirlemek için; fabrika ortamında her bir üretim prosesinin uzun sürece yayılan izleme ve performans ölçümleri sonucunda maliyet analizi yapılmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Doğal Taşlarda Dolgu-Güçlendirme Uygulamalarının Nedenleri

Doğal taşlar değişik birçok renk, Şekil ve dokuya sahiptirler. Ancak yapısal olarak çoğunlukla kırıklar, yüzeysel delikler ve gözenekler içermektedir. Ocak üretim teknolojilerinde yaşanan hızlı geliŐime rağmen tamamen deforme olmuş blokların değerlendirilmesi için kaçınılmaz olarak güçlendirme gereksinimi ortaya çıkmaktadır.

Plaka kazanım oranının arttırılması ve farklı ürünlerin geliştirilmesi için dolgu-güçlendirme malzemelerinin ve teknolojilerinin geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Doğal taşlarda dolgu-güçlendirme yapılmasını gerektiren önemli nedenler aşağıda verilmiştir:

- Doğal çatlaklı mermerler; renkleri, sağamlıkları veya diğer özellikleri açısından uygun değilse satılamamakta veya pazarlanamamaktadır.
- Yeni pazarlar oluŐturma, değişik çeŐitlilikte ürün kullanımını arttırma ve nakliye maliyetlerini düşürme amacıyla daha ince plaka üretimi gereksinimi oluşmaktadır.
- Özellikle mermer plakalarının üretim firelerinin %35 ile %40'larda oluŐu, sağlam plakaların fiyatlarını önemli ölçüde arttırmaktadır.
- Cilalama işleminde aşırı kırılğan yapıya sahip malzemelerde yüksek firelerin oluŐması ve bu ocakların verimli bir Şekilde işletilmesini olanaksız kılmaktadır.
- Yoğun talebi olan spesifik renk, desene ve sınırlı rezerve sahip mermerler ocakların stoklarında kalan damarlı ve hasarlı blok miktarının hızla artmasına neden olmaktadır<sup>3</sup>.



### 2.1.1. Çatlaklar, Gözenekler ve Mikro Gözenekler (Porozite)

Birçok doğal taşta tozu ve nemi bünyesine alan, ince ve kılcal çatlaklar bulunmaktadır. Çatlak problemi bej renkli sert taşlarda daha fazla gözlenmektedir. Bunun yanında Elazığ Vişne gibi çok renkli heterojen yapıya sahip taşlarda da yaygın çatlaklı bir yapı söz konusu olmakta, bazı kılcal çatlakların gözle tespiti mümkün olamamaktadır. Bu taşlarda gözle görülür belirginlikte olmayan bu kılcal çatlaklar kesme ve işleme sırasında kırılma eğilimi göstermektedirler. Arasına kil ve benzeri malzeme dolmuş çatlaklar dolgusu en problemli çatlaklardır.

Özellikle traverten ve bazı bej mermerlerde çeşitli büyüklüklerde doğal gözenekler, hatta bazen delikler mevcuttur. Kırılma problemi yaratmayan ancak, yüzeyde açıklıklara yol açan kanal tipi çatlaklar da aslında bir çeşit gözenek olarak kabul edilmektedir. Mikro gözenekler gözle belirgin şekilde fark edilmese de taşın istenilen düzeyde cilalanmasını engeller. Gözenek çapının taş kalınlığından büyük olduğu çoğu durumda delik oluşmaktadır. Bu durumda öncelikle taşın bünyesindeki delik tılandıktan sonra dolgu işlemi yapılmaktadır <sup>4</sup>.

### 2.1.2. Üretim Problemleri

Doğal taş işletmecilerinin, mermerlerin kesilmesi ve işlenmesi sırasında karşılaştığı problemler, üretim verimini düşürmekte ve bununla beraber ortaya çıkan üretim kayıpları maliyetleri artırmaktadır. Bu sonucu doğuran başlıca problemler:

**Blok verimsizliği:** Mermerlerin yapısındaki doğal çatlak ve kırıklar katrak kesimlerinde sorun yaratmaktadır.

**Plaka ve striplerdeki verimsizlik:** Katrak ve ST makinelerinden elde edilen yarı mamul ürünlerde çatlak, kırık, delik ve boşlukların olmaktadır.

**Mamul (fayans) Verimsizliği:** Silim ve ebatlama sonrası fayanslarda düşük dayanım, kırık düzlemleri ve delik oluşumları gibi problemler ortaya çıkabilmektedir<sup>5</sup>.

Bu nedenle bazı mermerlerde % 40 -50'lere varan çok büyük bir fireler oluşmaktadır. Ülkemizde üretilen Bursa Beji gibi bazı mermerlerde bu oran %70'lere kadar çıkabilmektedir. Bu tür mermerlerin plakaları; taşıma esnasında kırılabileceği gibi büyük çoğunluğu kesme sürecinde de kırılabilmektedirler. Kesme işlemi sırasında kırılmayıp kalibrasyon işleminde kırılan plakaların kalibrasyon öncesinde güçlendirilmesi gerekir. Kalibrasyon öncesinde güçlendirme işlemi yapılmamış olan kırılğan yapıya sahip mermerler, cila işlemi sırasında kırılabilmektedirler. Kırılan mermer parçalarını aradan çıkarmak, hattın içine dağılan taşların kırıdığı abrasifleri değiştirmek için cila makinesi sık sık durdurmak hat verimini etkilemekte, etrafa dağılan kırık taş parçacıkları ise cila kalitesini olumsuz etkilemektedir. Yüzeydeki gözle görülen küçük gözenekler mermerin iyi cila tutmasını engellemekte, defalarca silinmesine rağmen iyi parlatılamamakta zaman ve para kaybı oluşturmaktadır. Bu gözeneklerin kalibrasyon ve ön silim işleminden sonra doldurularak cila yapılması sonucunda istenilen parlaklığa erişilmesi sağlanmaktadır<sup>4</sup>.

### **2.1.3. Ticari problemler**

Güçlendirilmemiş mermerlerin, daha kalın kesilmesi zorunluluğundan dolayı bloktan faydalanılan verim azalmaktadır<sup>4</sup>. Üretim sırasında çatlak ve gözenek problemleri nedeni ile ıskartaya ayrılan taşların maliyeti, geriye kalan sağlam taşların üzerine eklendiğinden, metrekaşe başına ortalama üretim maliyeti artmaktadır<sup>1</sup>.

Çatlak güçlendirilmesi ve gözenek dolgusu yapılmamış mermerler, yüksek fire oranları ve uygulama riskleri nedeniyle çok daha düşük fiyata alıcı bulabilmektedir. Küçük gözenekleri doldurulmadan cilalanan ve iyi parlamayan bir granit plakası, dolgu yapılmış çok daha parlak ve canlı görünümüne sahip bir granit plakasına göre yarı fiyata alıcı bulabilmektedir. Günümüz mimarisinde eğilim mümkün olduğu kadar bina yükünü azaltmak yönünde olduğundan; güçlendirilmiş ve ince kesilmiş mermerlerin pazarı hızla artmakta, seramik ve benzeri rakip ürünlere karşı rekabet gücü yükselmektedir <sup>4</sup>.

#### **2.1.4. Uygulama (Montaj) Problemleri**

Güçlendirilmemiş mermerlerin, yeterince dayanıklı olması için daha kalın kesilmekte ve ağırlıkları artmaktadır. Bu da uygulama zorluğu yaratmakta ve bina yükünü arttırmaktadır. İstenilen incelikte kesildiğinde ise kırılma riski artmakta ve çok daha dikkatli bir döşeme işlemi gerekmektedir. Çatlak güçlendirilmesi ve/veya gözenek dolgusu yapılmadan döşenmiş mermerlerde, bir aydan daha kısa bir sürede toz ve kir açık bir şekilde görülebilmektedir. Belirtilen nedenlerden dolayı, her geçen gün daha fazla müteahhit, çatlak güçlendirilmesi ve/veya gözenek dolgu işlemi yapılmış doğal taş talep etmektedir. Tek bir uygulama ile taşıdaki tüm bozuklukları giderebilecek özel bir kimyasal talebi, dolgu güçlendirme malzemesi üreten firmalar için alışıldık bir durum olmaya başlamıştır <sup>4</sup>.

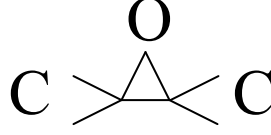
## 2.2. Doğal Taş Sektöründe Kullanılan Dolgu Yöntemleri

### 2.2.1. Epoksi Reçine

Epoksi kelimesi Yunan dilinde; arasında ve üzerinde anlamına gelen ‘ep’ kelimesi ve keskin asitli anlamına gelen ‘oxy’ hecelerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuştur.

Epoksinin tarihçesi kesin olmamakla beraber 1900’lerin başlarında; Rus kimyacı Prileschajev’in olefinlerin, peroksibenzoik asitlerle tepkimeye girerek epoksi formuna dönüştüğünü keşfetmesiyle başlamıştır. 1930 yılının ortalarında Alman bilim adamı P. Schlack aminleri birden fazla epoksit grup içeren epoksit karışımları ile reaksiyona sokarak hazırladığı yüksek molekül ağırlıklı poliaminler için patent başvurusunda bulunmuştur. Patent, epiklorohidrin ile bisfenol A'nın epoksit karışımlarının reaksiyonu olarak tanımlanmıştır. Bugün, denizcilik ve endüstriyel koruma alanlarında da kullanılan epoksilerin kimyası, İsviçre'den P. Caston ve Amerika Birleşik Devletleri'nden S. Greenlee tarafından aynı zamanda keşfedilmiştir. Bu iki kimyager 1930 yılının sonlarına doğru çeşitli patent hakları için başvuru yapmışlardır. Epoksi reçinenin (epoksi resin) ilk çeşidi 1946 yılında Ciba tarafından ticarileştirilmiştir<sup>6</sup>.

Epoksi reçineler, birbirleri ile etkileşerek olağanüstü dayanıklı, kimyasal dirençli ve yapıştırma kuvveti yüksek çapraz bağlı ürünler meydana getiren polimer oluşturucu sistemlerdir. Polimerizasyondaki kilit eleman bir oksijen ve iki karbon atomundan oluşan 3 elemanlı gergin halkadır (Şekil 2.1.). Buna oksirane grubu (halkası) denilmektedir. Bu yapı, halkayı açmak için eklenen aktif hidrojen bileşiği ile tepkimeye girmektedir<sup>7</sup>.



**Şekil 2.1.** Halkalı Epoksi Grubunun Şematik Gösterimi

Epoksi sistemleri 1940’lardan beri ticari olarak kullanılabilir olmasına rağmen son on yıldır doğal taş plakalarını sağlamlaştırmak (güçlendirmek) amacı ile doğal taş sektöründe yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır<sup>8</sup>. Bu amacın yanı sıra epoksi reçineler, taşın yüzeyinde bulunan mikro gözenekleri doldurarak taşı pürüzsüz hale getirmek, su geçirgenliğini azaltmak ve cila sonrası parlaklığı arttırmak için de kullanılmaktadır<sup>4</sup>.

Epoksi iki bileşenli bir malzemedir. Birincisi reçine olarak tabir dilen ana malzemedir, ikincisi ise katalizör adıyla anılan donmayı hızlandırıcı malzemedir. Bu iki malzeme uygulama öncesi belirli oranlarda birbirleriyle karıştırılır. Karışım oranları uygulamada farklılık göstermekle birlikte en çok kullanılan ölçüler;

- 1 ölçek reçine, 1 ölçek sertleştirici,
- 2 ölçek reçine, 1 ölçek sertleştirici,
- 4 ölçek reçine, 1 ölçek sertleştiricidir<sup>9</sup>.

Epoksi reçine karışımı hazırlanırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus; ölçülerin hacme göre değil, ağırlığa göre ayarlanması gerektiğidir. Gerekli görülürse uygulanan taşın rengine uyması açısından renklendirici de kullanılabilir. Epoksi uygun oranda karıştırıldıktan sonra spatula, fırça vb. yardımıyla plaka yüzeyine uygulanmaktadır.

Epoksinin donma süresi; uygulamanın yapıldığı ortamın hava sıcaklığı ve nemine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle üreticiler değişen sıcaklıklar için farklı sürelerde kürlenebilen epoksi reçineler üretmektedirler. Genelde kürlenme süresi 24–48 saat arasında değişmektedir<sup>10</sup>.

Gerekli görüldüğü takdirde epoksi ile birlikte mermerin arka yüzeyine fileleme de yapılabilir. Bu işlem taşa fazladan mukavemet kazandırmakta ve özellikle mermerin üretim ve uygulama noktası arasında taşınması sırasında zarar görmesi büyük ölçüde engellenmektedir. Katrak plakalarında genellikle epoksi ve fileleme işlemi birlikte uygulanmaktadır. Ancak fayans üretimi sırasında aşırı kırılğan taşlarda file ve ilave katkı malzemesi epoksi ile birlikte kullanılmaktadır. Burada da dikkat edilecek konu kullanılan filenin elyaf esaslı olmasıdır.

Naylon bileşimli filelerin yapışma verimi oldukça düşük olup sorun yaratabilmektedir. Epoksi uygulanan mermerler paletlere alınarak ortamın sıcaklığına ve nem oranına göre 12–24 saat süreyle kurumaya bırakılmakta ve tam kuruma sağlandıktan sonra cilalama işlemiyle birlikte üretime devam edilmektedir<sup>9</sup>.

### **2.2.2. Polyester Reçine**

Zinciri ester işlevleriyle bağlı motiflerin birleşmesinden oluşan polimerlere polyester denir. Kullanım sırasında katılan peroksit ve ardından uygulanan ısıtma ile polimerleşme sağlanmaktadır<sup>4</sup>.

Elli yılı aşkın bir süredir doğal taş sektöründe, dolgu ve güçlendirme işlemleri için polyester reçine kullanılmaktadır. Günümüzde de hala bütün traverten çeşitleri ve birçok mermer çeşidine polyester ve çimento dolgu birlikte uygulanmaktadır. Bu

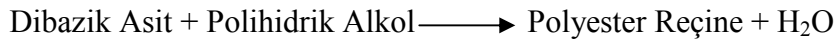
dolgu malzemeleri genellikle estetik görünüm ve mermer yüzeyinde bulunan açık deliklerin doldurulması amacıyla kullanılmaktadır.

Taşıma sırasında kırılmaları önlemek için çok kırılğan olan mermerlerde polyester reçineler cam elyaf esaslı filelerle birlikte kullanılmaktadır. Polyester reçineler; düşük maliyet, göreceli yüksek yapışma kapasitesi, göreceli yumuşak ve gözenekli mermerlerdeki başarılarından dolayı mermer sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar<sup>3</sup>.

Polyester reçinelerin kısa süre içerisinde hızlı kuruma özellikleri nedeniyle seri hat üretimlerinde başarılı ve etkin bir olarak kullanılmaktadırlar.

Günümüzde değişik akışkanlığa, renge ve sertleşme süresine sahip çok çeşitli polyester reçineler bulunmaktadır. Ayrıca bazı reçineler ultraviyole ışın ile sertleşme yetenekleri sayesinde kısa süre kürlenmeye imkân sağlamaktadır.

Polyester reçineler, çok geniş bir kimyasal aileyi kapsar ve genel olarak dibazik asitlerle polihidrik alkollerin kondensasyon reaksiyonu sonucunda elde edilirler.



Kullanılan dibazik asit türüne bağlı olarak, doymamış polyester reçineler, kompozitin genel amaçlı veya kimyasal dayanım amaçlı kullanımı için “ortoftalik” veya “izoftalik” olarak tanımlanmaktadırlar<sup>11</sup>.

Polyester reçineler kalibrasyonu ve ön silimi yapılmış taşa uygulanan yarı katı polyester esaslı dolgu malzemeleri ve cilalı taşa rötuş amaçlı uygulanan mum dolgular olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır<sup>9</sup>.

Yarı katı olan birinci gruptaki polyesterler, epoksi reçineler gibi iki bileşenden oluşurlar. Ana malzemeye %2–4 oranında sertleştirici eklenir iyice karıştırılarak

epoksi reçinenin uygulandığı gibi spatula, fırça vb kullanılarak taşa uygulanır. Genellikle şeffaf renkte olmasının yanı sıra taşa uyum sağlaması açısından renklendirici pigment macunu ile de kullanılabilir. Taşın ön yüzeyine uygulandığında belirgin miktarda cila kalitesini arttırmaktadır <sup>4</sup>.

Polyesterler, epoksi kadar mukavemetli olmasa da; yüksek kırılma riski taşıyan taşlarda çatlak güçlendirmesini ve gözenek dolgusunu bir arada yapabilmektedirler. Uygulama zamanı yaklaşık olarak 1 saat 40 dakika olmakta ve ciladan önce tam sertleşme için 24 saat beklemek gerekmektedir <sup>12</sup>.

Genellikle, mermer işlemede çokça kullanılan yöntemler granit üretiminde çok başarılı olamamaktadır. Bu durumun ana sebebi her iki malzemenin yapısal özelliklerinin farklı olmasıdır. Granitler daha sert olmakla birlikte, mikroskobik kılcal çatlaklara ve değişik epoksi emme oranına sahiptir. Malzeme bünyesindeki çok ince çatlaklar önemli bir sorun oluşturmakta, bu durumda hiçbir polyester türü mermere yeterince sağlamlık kazandıracak etkin bir nüfuz gerçekleştirememektedir <sup>3</sup>.

### **2.2.3. Ultraviyole Reçine ( UV.)**

Ultraviyole reçineler ışık enerjisi altında reaksiyona uğrayarak mekanik ve kimyasal yapısı değişen polyester esaslı ve genellikle tek bileşenli polimerlerdir. Tek bileşenli olmaları sayesinde karışım oranı belirleme gibi bir sorun yaşanmadan kolaylıkla kullanılabilirler <sup>13</sup>.

Her bir UV. reçinesinin reaksiyona girdiği UV. ışığının dalga boyu ve gücü farklılıklar gösterebilir. Dolgu ve güçlendirilme işlemlerinde, UV. reçineler dolgu işlemi uygulama süresinin sıfıra indirme ihtiyacı ile ortaya çıkmıştır. UV. reçine, UV. lambalar altında kürlenmekte; yüzeydeki ince film tabakası, ışınım etkisiyle hemen



polimerize olmakta ve yapışkanlığını kaybederek sertleşmektedir. Bu da dolgu işlemi uygulama için yeterli olmaktadır. Geleneksel reçinelerin manipülasyonu için gerekli olan ortalama 1- 2 saatlik kuruma süreleri, UV. reçine ile sıfırlanmaktadır. Diğer yandan, perdeleme yöntemi ile otomatik olarak uygulanabilme özelliği, özellikle yüksek bant hızlı strip hatlarında büyük kolaylık sağlamakta ve reçinenin taş yüzeyine düzgün olarak yayılmasını kolaylaştırmaktadır.

UV. reçineler, gözenek dolgu ve çatlak güçlendirmesi için kullanılmaktadır. UV. ışınlarını engellememesi için renklendirme tavsiye edilmemektedir. Ancak zorunlu hallerde çok hafif bir renklendirme yapılmaktadır. Bu yöntemde dolgu işlemi uygulama zamanı sıfırlandığından, uygulamadan hemen sonra malzeme stoklanabilmekte ve böylece üretim süreci hız kazanmaktadır <sup>4</sup>.

UV. reçinelerin diğer reçinelerden farkları:

- Tek bileşenli olmaları (5 mm'den daha az gözenekler için)
- Çok hızlı yüzey donma süreleri ( 10 – 20 saniye UV. görmesi yeterli)
- Küçük gözeneklerde etkili nüfuz özellikleri

UV. dolgu malzemeleri çoğunlukla ikinci bir bileşen kullanılmadan; doğal taş levhalarında bulunan sığ deliklerde, kılcal çatlaklarda ve çok gözenekli yüzeylerin sağlamlaştırılmasında kullanılırlar. UV. ışını görmeden; sadece %0.5–1 oranlarında karıştırılarak 8 saatte sertleşmeyi sağlayan sertleştiriciler de kullanılabilir <sup>14</sup>.

#### **2.2.4. Mastik**

Genellikle polyester reçinelerin; bazı aminler, kalsiyum ve benzeri tozların, homojenleştirici ve hızlandırıcı katkı maddeleri ile karıştırılmasıyla elde edilir. Her türlü doğal taşta istenildiği şekilde renklendirilerek kullanılmaktadır. Uygulamadan 7–

10 dakika sonra cilalama yapılabilir. Bazı hızlandırıcılar ve uygun fırınlar kullanarak bu süre, 3 dakikaya kadar indirilerek kesintisiz çalışmaya imkân sağlanabilmektedir. Hatta UV mastikler kullanılarak, cilaya verme süresi çok daha kısaltılabilmektedir. Gözeneklere dikkatli bir şekilde el ile uygulanarak gözenekleri doldurulmaktadır.

Mastik dolgular; çimentodan daha pahalı olmasına rağmen, İspanya ve İtalya gibi ileri teknolojik düzeye sahip olan ülkelerde özellikle traverten dolgusunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü çimentoya göre birçok avantaja sahiptirler. Sonuç olarak taşın kusurları; taşla aynı renk, parlaklık ve sertlikte, su geçirmeyen, zamanla rengini kaybetmeyen mastik dolgu malzemesiyle giderilmiş olur<sup>4</sup>.

#### **2.2.5. Çimento Dolgu**

Travertenlerin yapısında birçok boşluklar bulunmaktadır. Estetik anlamda kusur sayılabilecek bu gözenekleri doldurmak için genellikle çimento dolgu kullanılmaktadır<sup>12</sup>.

Birçok işletmeci deneyimlerine bağlı olarak farklı karışım oranlarında dolgu işlemi yapmaktadır. Karışımda uygun miktarlarda beyaz çimento, kalsit, kaolen, uygun renkte oksit ve ufalanmayı azaltmak, cila kalitesini arttırmak ve donma süresini kısaltmak amacıyla tutuculuğu sağlayıcı bir tutkal bulunmaktadır. Dolgusu yapılmış taşın, cilaya verilebilmesi için hava koşullarına göre 3–8 gün kürelemeye gereksinim duyulmaktadır. Kütleme odaları ve bazı hızlandırıcılarla bu süreyi 32 saate kadar indirmek mümkün olabilmektedir<sup>4</sup>.

Sağlamlık ve gözeneklilik açısından; çimento dolgusu yapılmış travertenler, çimento dolgusu yapılmamış travertenlere göre daha yüksek mukavemete sahiptir.

Glossmetre ölçümlerine göre dolgusu yapılarak cila işleminden geçirilmiş travertenlerin parlaklığı, dolgusu yapılmadan cila işleminden geçirilmiş travertenlerden %20 daha parlaktır. Ayrıca fire oranları dolgusuz travertenlere göre %15–20 daha az olmaktadır. Bu dolgu yönteminin maliyeti polyester bazlı dolgu yöntemlerine oranla 3–4 kat daha düşüktür <sup>15</sup>.

### **2.2.6. Yüzey Koruyucular**

Bazı doğal taşlar çoğu zaman yapısal özelliklerinden dolayı üretim bandından ilk çıktığı haldeki gibi kendini koruyamamakta zamanla yüzey görüntüleri ve renkleri olumsuz yönde değişmektedir. Bunun yanı sıra mermerlerin mineral yapısı ve gözeneklilikleri itibarıyla da emme kabiliyeti oldukça yüksektir. Dolayısıyla dış mekânlara döşenen doğal taşlar kirlenmekte, atmosfer olaylarından etkilenmekte, ufalanıp dağılmakta ve orijinal rengini kaybetmektedirler <sup>5</sup>.

Doğal taşların yüzeyini korumak ve dış etkilere karşı dayanımı arttırmak için çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. Günümüzde; uygulandığında su ve yağ geçirilmeyen, yazı yazılamayan ve taşın parlaklığını arttıran çeşitli özel kimyasallar bulunmaktadır. Ürünlerin katma değerlerini arttırmak amacıyla ürünlere son işlem olarak yüzey koruma kimyasalları uygulaması giderek artmaktadır <sup>12</sup>.

### **2.3. Doğal Taşların Fiziksel ve Yapısal Özelliklerine Bağlı Olarak Uygun Kimyasal Malzemenin Seçimi**

Doğal taşlarda güçlendirme veya dolgu işleminin seçimini etkileyen birçok değişken vardır. Güçlendirme yönteminin seçiminde önemli iki unsur taşın cinsi ve

sahip olduğu problemdir. Eğer malzeme kılcal çatlaklı ve yüksek kırılma oranına sahip ise, en uygun reçine yüksek akışkanlığa sahip epoksi reçinelerdir. Fakat kırılma oranı çok yüksek değilse ve aynı zamanda doldurulacak gözenekler de varsa, polyester reçine kullanılmaktadır. Dolgu işlemi uygulama süresini sıfırlamak önemli ise, UV reçineler tercih edilmelidir. Kimyasallar ile çalışma tecrübesi, girilmek istenen pazar, üretim maliyetleri gibi birçok faktör bu kararı etkileyebilmektedir. Genellikle herhangi bir mermer için kullanılan tek bir dolgu malzemesi yoktur ve en iyi çözümü bulabilmek, malzeme üreticilerinin taş türü ve problemlerine yönelik çalışmalarıyla mümkündür. Daha önce belirtilen tüm çatlak güçlendirme veya gözenek dolgu işlemleri birlikte uygulanabilmektedir. Mastik, polyester, epoksi veya arka yüzeye epoksi ve n yüzeye mastik uygulanabilir. Büyük gözenekler mastik ile doldurulduktan sonra reçine dolgusu yapılarak daha az reçine kullanılmakta ve tasarruf sağlanmaktadır. Bir güçlendirme veya dolgu işlemi, diğerinin kullanılmasını engellemez ve böylece tüm kimyasal ürünlerin avantajından yararlanılabilir <sup>4,3</sup>.

Özetle doğal taslara uygulanacak dolgu yöntemini belirlemede; tasın fiziksel özellikleri (atlak, gözenek), kimyasal içeriği, dolgu uygulama biçimi ve dolgu malzemesinin kimyasal içeriği göz önünde bulundurulmalıdır <sup>16</sup>.

#### **2.4. Plaka ve Striplerde Uygulama Sistemleri**

Plaka ve striplerin dolgu-güçlendirme uygulamalarında masa ve sehpalardan, çift elevator fırınlı büyük hatlara kadar çeşitli sistemler mevcuttur. Tüm bu sistemlerden verimli sonuç alınabilmesi için taşların tozsuz, yağsız ve nemsiz durumda olması gerekir. Yüzeyin kuru olması yeterli değildir, reçinenin nüfuz etmesi

ve mukavim bir şekilde çatlağın iki çeperine yapışması için kılcal çatlakların veya killi çatlakların tamamen kuru olması büyük önem taşımaktadır <sup>4</sup>.

#### **2.4.1. Masalar**

Doğal taşlara kimyasal uygulamanın başlangıcı genellikle uygulama sehpaları veya masalar üzerinde yapılmaktadır. Fabrikada masalar grubu bulunmakta ve çalışanlar taşı masanın üzerine yerleştirerek kimyasal uygulamaktadır. Taşlar açık ve kuru havada güneş-rüzgâr altında kurutulabileceği gibi, gazlı veya elektrik ısı cihazları ile de kurutulabilmektedir. Kurutulmuş taşa reçine uygulanmakta, çatlaklara işleyene kadar iyice yedirilmekte ve doğal koşullarda kürlenmeye bırakılmaktadır <sup>4</sup>.

Masalar, fabrikada çok geniş bir alan kaplamaktadırlar. Masalar üzerindeki doğal taşlara polyester reçine uygulanırsa 40 dakika, Epoksi uygulanırsa 2 saat beklemek gerekmektedir. Polimerizasyon (sertleşme) zamanı oldukça uzun olduğu için, reçine dolgudan sonraki ısıtma işlemi polimerizasyon sürecini hızlandırır. Polimerizasyon yazın daha kısa zamanda gerçekleşirken, kışın soğuk hava şartlarında oldukça uzun zaman gerektirmektedir.

Bu yöntemde, masalarda reçine uygulamak için çok fazla işçinin çalışması gerekmekte plakalar el ile hareket ettirildiğinden kırılabilmekte bu nedenle az hareket ettirilerek kırılmalar azaltılabilmektedir. Ayrıca her reçine uygulamasında; plakaları yükleme ve boşaltma işlemi, zaman ve geniş alan ihtiyacı nedeniyle verimsizlik söz konusu olmaktadır.

Fayans uygulamalarında da, plakalardaki gibi benzer dezavantajlar söz konusu olmakta yüksek oranda reçine israfı oluşmaktadır <sup>12</sup>.

### **2.4.2. Kurutma ve Kürleme Odaları**

Yazın doğal Şartlarda kürlenebilen taşlar, kışın soğuk ve nemli ortamda kendi halinde k rlenmeyebilmektedir. Bu nedenle kışın uygulama masaları; kurutma ve kürleme odalarına alınmalıdır. Bu odaların bir bölümünde mermerler 40–50°C sıcaklıkta ve yüksek hava hızlarında kurutulurken, diğer bir bölümünde 30–40 °C sıcaklıkta kürleme yapılabilir. Kurutma, kürleme ve insan sağlığı aÇısından, taze hava giriŐi ve egzost çıkıŐı gereklidir. Dolgu işlemi uygulama s resinden sonra reÇine uygulanmış taşlar stoklanacakları yerlere taŐınırlar. 24 saat bekletildikten sonra cila hattına nakledilirler<sup>4</sup>.

### **2.4.3. Batch Fırınlar**

Masalı uygulamanın bir sonraki aŐaması raylı veya tekerlekli masalar üzerinde taşların ‘Batch Fırın’ ile kurutulup, uygulamadan sonra doğal koşullarda kürlemeye bırakılmasıdır. Kış Şartlarında  st üste dizilen plakalar kürlenme iÇin ikinci bir Batch fırınında bekletilebilirler<sup>4</sup>.

## 2.4.4. Tünel Fırınlı Hatlar

### 2.4.4.1. Reçine Hatları

Bu hatlar temel olarak; yükleme ünitesi, ön kurutma fırını, reçine uygulama masası, reçine sonrası polimerizasyon fırını, konveyör ve bir boşaltma ünitesinden oluşmaktadır <sup>12</sup>.

Epoksi veya polyeester reçine ile çatlak güçlendirilmesi sırasında, taşların derinlemesine kurutulması gerekir. Polyeester reçine ile gözenek dolgusunda hızlı polimerizasyonun sağlanması için sisteme, polimerizasyon fırını eklenerek polimerizasyon işlemi kesintisiz yapılabilir. Reçine uygulamalarında en önemli hususlardan biri, taşın içindeki tüm gözeneklerin ve çatlakların derinlemesine kurutulmasıdır. Aksi takdirde kalan nem, reçinenin nüfuz etmesine engel olmaktadır. Özellikle kılcal çatlaklı taşları derinlemesine kurutmak kolay olmamakta ve oldukça uzun zaman almaktadır. Kurutma işlemini alt ve üst yüzeyden aynı anda yapmak bu süreyi %60 azaltmakta ve böylece fırın uzunluğu makul düzeyde kalabilmektedir. Kurutma sonrası işlem tamamlandıktan sonra seçilen reçine masa üzerinde fileli veya filesiz olarak uygulanmaktadır. Uygulama sonrası taşlar birbirine yapışmaması için aralarına naylon veya çita konularak üst üste istiflenir. İstiflenen taşlar ister doğal ortamda, ister kürleme odasında veya fırınında polimerizasyon için bekletilir.

Kürleme koşullarına göre 24–48 saat sonra ürünler cilaya verilmektedir. Polimerizasyon süresini kısaltmak için uygulama sonrasında taşlar, elevatör fırınlarda ya da batch fırınlarda bekletilir. Ancak nispeten hızlı jelleşen bir reçine kullanılıyorsa çok dikkatli olmak gerekir. Çünkü uygulamadan sonra penetrasyon (nüfuziyet) için yeterli zaman verilmez ise; reçinenin henüz çatlaklara nüfuz etmeden fırında

jelleşmesi başlayabilmekte ve verimli bir güçlendirme işlemi yapılamayabilmektedir. Tünel fırınlarda daha çok gazlı ve elektrik rezistanslı ısıtıcılar kullanılmaktadır. Hat boyunu bir miktar kısaltmak için bazı durumlarda kızılötesi ısıtıcılar kullanılabilir. Fakat unutulmamalıdır ki, kurutmanın tek parametresi sıcaklık değildir. Sıcaklıkla birlikte hava miktarı ve hızı, egzost ve taze hava oranları ve kurutma süresi (fırın boyu) arasında bir optimizasyon yapılmalıdır. Birçok reçine için taş yüzey sıcaklığı uygulama öncesi 60 °C'den fazla olmamalı, kütleme sırasında da reçine, 50 °C den fazla ısıtılmamalıdır. Diğer parametreler uygun şekilde düzenlenmeli örneğin, yer darlığı nedeniyle fırın boyu uzatılmıyorsa sıcaklığı limitlerin üzerine çıkarmak yerine, kurutma havası miktarını ve egzost oranını arttırmak gerekebilmektedir <sup>4</sup>.

#### 2.4.4.2. Ultraviyole Hatlar

Kurutma fırını, reçine uygulama ünitesi, (stripler için perdeli uygulama, plakalar için manüel uygulama tercih edilir) penetrasyon ünitesi, düşük radyasyonlu UV kütleme ünitesi ve yüksek radyasyonlu UV kütleme üniteleri bu hatların ana unsurlarını oluşturmaktadır. Bu yöntem doğal taş sektöründe son 7–8 yılda kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin ahşap sektöründe ve matbaacılıkta, yüzeylerin çok ince reçine filmi ile kaplanıp, kesintisiz olarak polimerize edilmesi amacıyla çok daha önceleri kullanılmıştır. Büyük gözenek ve derin çatlaklara sahip mermerlerde UV ışınımın, taşın derinliklerine erişmesi imkânsız olabilmektedir. Bu nedenle “Çifte Kürlemeli Sistem - Double Curing System (DCS)” olarak adlandırılan bir kütleme tekniğinin kullanılması zorunlu olmaktadır. **Şekil 2.2** ve **Şekil 2.3**'de görüldüğü gibi deliklerin sığ bölgeleri UV ışınlarıyla; derin bölgeler ise kullanılan sertleştiricilerle kürlenmektedir. Uygulama öncesi müsaade edilen taş yüzey sıcaklığı azami 45°C

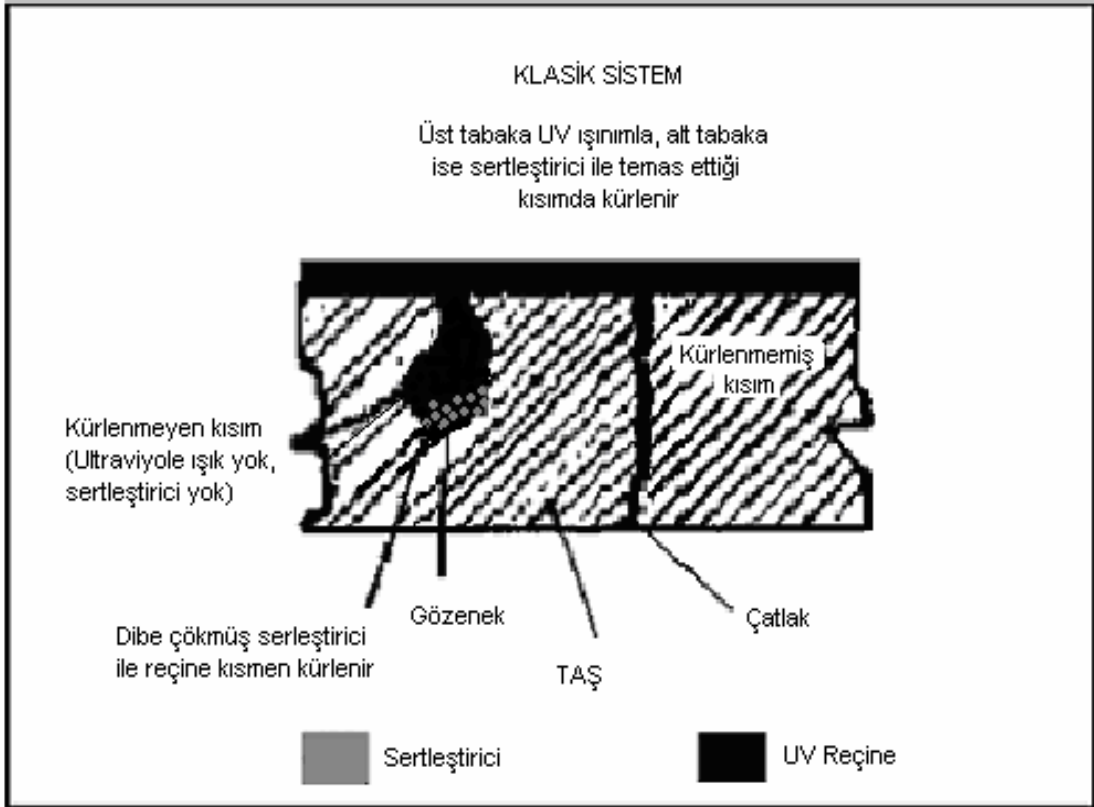


olup, 50°C'den itibaren reçinenin özelliği bozulmaktadır. Dolayısı ile bu tür hatlardaki kurutma işleminde sıcaklık parametresinden çok; hava hızları, egzost oranı, taze hava miktarı, fırın boyu gibi diğer parametreler üzerinde durulmalıdır <sup>4</sup>.

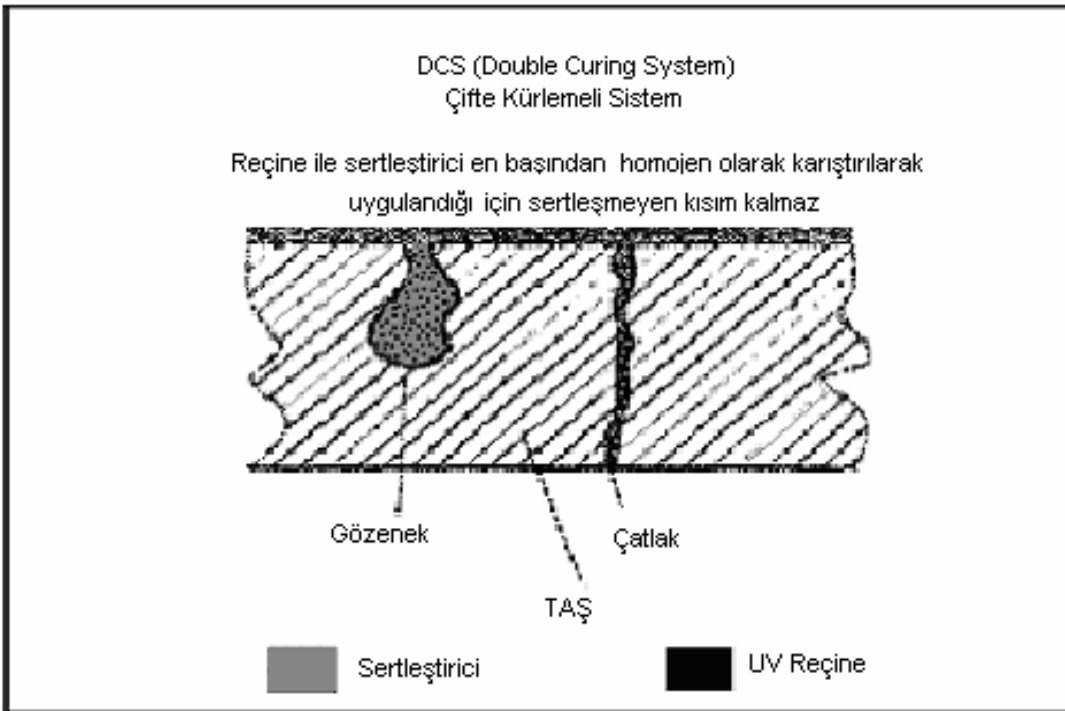
#### **2.4.4.3. Mastik Hatları**

Mastik hatlarda gözenek dolgu işlemi; "Kalibrasyon - Ön Silim - Kurutma – Mastik Dolgu - Polimerizasyon - Cilalama" şeklinde tek bir hat üzerinde kesintisiz olarak gerçekleştirilmektedir. Ancak bunun için monoblok şeklinde cila hatları yerine kalibrasyon ve ön silim kısmıyla cilalama kısmı aynı parçalı hatlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Kalibrasyon ve ön silimle taş yüzeyindeki yiv ve setler büyük oranda giderilmekte, gözenekler nihai haline çok yakın bir biçimde ortaya çıkartılmaktadır. Kurutma fırınında gözeneklerdeki nem kurutulmuş ve çoğu zaman el ile mastik uygulanmaktadır. Çok hızlı hatlarda öncelikle sertleştiricisi eklenmiş mastik; mekanize uygulama kafaları ile yüzeye sürülmekte, ancak yapılan dolgudan emin olmak için kontrol yapılmakta ve gerektiğinde spatula ile son dolgu yapılmaktadır. Dolgu yapılacak yüzey tamamen kuru olmalı, mastiğin yapısını bozmaması için çok sıcak olmamalı ve 40- 45°C yüzey sıcaklığı ideal kabul edilmektedir. Dolgudan sonra polimerizasyon fırınında cila için yeterli kürlenme sağlanmaktadır. Kürlenme esnasında mastiğin 40°C'den fazla ısıtılmamasına dikkat edilmeli aksi takdirde sakızlaşma sonucu abrasife sıvanma riski ortaya çıkmaktadır. Dolgu külendikten sonra cilalama işlemine devam edilebilmektedir <sup>4</sup>.



**Şekil 2.2.** Klasik Ultraviyole Reçine Kürleme Prensipleri <sup>4</sup>



**Şekil 2.3.** Çift Kürleme Sistemi (Double Curing System) İle Ultraviyole Reçine Kürleme Prensipleri <sup>4</sup>

#### **2.4.5. Elevatör Fırınılı Reçine Hatları**

Üretim kapasiteleri arttıkça tünel kurutma fırınlarının boyu çok uzamakta ve aynı zamanda fabrika içinde polimerizasyon için bekletilen taşlar önemli bir alan işgal etmektedir. Özellikle pahalı ve çok kırılabilir plakaların güçlendirilmesinde, kapasiteye bakılmaksızın minimum transferle, maksimum süreklilikte üretim hedeflenir. Bu durumlarda özellikle polimerizasyon işleminin kesintisiz yapılması gerekir. En iyi şartlarda 40 dk. ile 2,5 saat arasında değişen polimerizasyon süreleri dikkate alındığında polimerizasyon işlemi için tünel fırın boylarının fabrikaya sığmayacak şekilde uzaması sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu durumda taşları, bir tünelde ard arda ilerletmek yerine, bir elevatörde aralıklı olarak üst üste dizip önce yukarı, sonra da aşağı doğru dolaştırmak için “Elevatör Fırın” sistemi kullanılmaktadır. Kapasite yükseldikçe benzer şekilde kurutma fırını da elevatör fırınına dönüştürülmelidir. Kurutma ve çift taraflı reçine uygulaması için 3 elevatör fırın içeren gelişmiş hatlar da mevcuttur. Büyük kapasiteli elevatör fırın hatlarında, 2000 – 3000 m<sup>2</sup>/vardiya kapasitelere ulaşılmaktadır. Elevatör fırınılı reçine hatları; daha çok plaka dolgu için tercih edilmektedir. Bu hatlarda dolgu işlemi uygulama süresi 1–2 saate indirilmesine rağmen, taşı cilaya vermek için yine de 24 saat beklemek gerekmektedir. İstisnai ve zaruri durumlarda 8 saat fırınılı kütleme yapılarak taşlar cilaya verilebilmektedir <sup>4</sup>.

#### **2.4.6. Çimento Dolgu Makineleri**

Bu hatlar çimento ve diğer katkı malzemeleri ile hazırlanan harcın traverten yüzeyine kesintisiz hat üzerinde mekanize olarak bir kaç kademede uygulanması için tasarlanmıştır. Makine girişinde, yüzeydeki aşırı suyu sıyırmaya yarayan bir fan

bulunmaktadır. Ardından gözenek yapısına, hedeflenen dolgu kalitesi ve kapasiteye göre değişen sayıda (strip hatlarında 3–5 adet, plaka hatlarında 3 – 8 adet) dolgu kafaları yer alır. Bu dolgu yöntemi daha çok traverten striplerinde tercih edilmektedir. Strip hatlarında dolgu sarfiyatını azaltmak için aynı kalınlık ve genişlikteki taşları ard arda aralıksız besleme yapmak gerekmektedir. Plaka dolgusu için sabit köprülü ve şaşırtmalı yerleştirilmiş 6 – 8 kafalı makineler olduğu gibi, hareketli köprülü 3–4 kafalı makineler de mevcuttur<sup>4</sup>.

#### **2.4.7. Karma ve Bileşik Sistemler**

Birçok doğal taşta, hem çatlak ve hem de gözenek bulunabilmektedir. Genellikle işletmeler için, mastik ve reçine hatlarını ayrı ayrı almak büyük yatırım maliyetlerini beraberinde getirmektedir. Bu gibi durumlar için cila hattı üzerine özel bir mastik hattı yerleştirilebilir. Örneğin gündüz vardiyasında mastik ile gözenek dolgusu, gece vardiyasında da reçine ile çatlak güçlendirmesi yapılabilir. "Dual Sistem" olarak adlandırılan bu hatlarda ünite boyları ve fırın güçleri; mastik uygulama için 1.fırın kurutma, ara masa mastik dolgusu, 2.fırın polimerizasyon ve son masada da mastik polimerizasyonu yapılmaktadır. Reçine uygulamaları için ise 1.fırın, ara masa ve 2. fırın derinlemesine kurutma işlemi, son masada da reçine uygulaması yapılacak şekilde tasarlanmaktadır.

Dual Hat ile; dolgu-güçlendirme hattı toplam yatırım maliyetini %30- 40 azalmaktadır. Benzer şekilde esas olarak "UV. hat" olarak tasarlanmış bir hat, küçük ilavelerle gerektiğinde klasik reçine ve mastiklerin de kullanılabilereceği bir hat haline dönüştürülebilmektedir. Plaka hattı olarak tasarlanmış bir tünel fırında hattın başına stripleri yan yana dizen, sonuna da yan yana dizilmiş stripleri tekrar ard arda getiren

manipülâtörler konulduğunda, plaka hattı rahatlıkla strip hattı olarak da kullanılabilir. Arka yüzeye fileli + epoksi, ön yüzeye önce polyester reçine, kalibrasyon ve ön silimle açılan gözeneklere mastik dolgu rötüşu yapan, cila sonrasında da taşları tekrar kurutup, yüzey koruma kimyasal uygulayan bileşik sistemlerde kesintisiz bir üretimin yapılması gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır<sup>4</sup>.

## **2.5. Doğru Uygulama Sisteminin Seçimi**

Amaca uygun olarak seçilmiş dolgu malzemesine ve üretim kapasitesine bağlı olarak 100 m<sup>2</sup>/gün için masalar, 200 m<sup>2</sup>/vardiya için batch fırınlı sistemler, 400 m<sup>2</sup>/vardiya için tünel fırınlı sistemler, daha büyük kapasitelerde ise elevator fırınlı sistemler tercih edilebilmektedir. Gözenek dolgusu cila hattı üzerinde kesintisiz yapılacaksa kapasiteye bakılmaksızın seçilecek sistem, tünel fırınlı mastik hattıdır. Cilalanan veya honlanan tüm taşlara yüzey koruma kimyasalı uygulanacaksa, cila makinesinden sonra kapasiteye uygun bir kurutma fırını ve Wax (mum dolgu) makinesi veya benzeri kimyasal uygulama makinesi koymakta fayda vardır. Reçine veya mastik uygulamasında dolgu işlemi uygulama süresinin "sıfır" olması isteniyorsa, tercih edilecek uygulama UV. uygulaması olmalıdır. Yüksek kapasitelerde strip (aşırı kırılğan olmamak kaydı ile) çatlak dolgusunda UV. hatlar, plaka güçlendirmesinde ise elevator fırınlı hatlar avantajlıdır. Traverten gibi doğal taş çeşitlerine şeffaf dolgu yapmak için striplerde UV. hatlar daha çok avantajlı olabildiği gibi, plakalar için klasik polyester reçine kullanmak daha avantajlı olabilmektedir<sup>4</sup>.

## **2.6. Dolgu İşleminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar**

### **2.6.1. Temizleme ve Kil Çıkartma**

Uygulama yüzeylerinde genel olarak nem, toz ve yağ olmaması tutuculuk açısından çok önemlidir. Kil içeren çatlak ve gözeneklere dolgu ve çatlak onarımı yapılmasında kilin kısmen de olsa temizlenmesi zorunludur. Eğer gözenek ve çatlaklarda kil varsa, reçine kil üzerine yapışır ve ciladan sonra reçinede boşalmalar olmakta bu yüzden kaliteli bir dolgu işlemi için kilin temizlenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun için su jetlerinden veya tel fırçalardan yararlanılmaktadır. Killi çatlaklara dahi nüfuz edebilen çok özel epoksi reçineler mevcuttur. Ancak bunların fiyatları normal epoksi reçinelerin çok üzerindedir <sup>4</sup>.

### **2.6.2. Kurutma**

Doğal taş sektöründe kullanılan birçok kimyasal, petrol bazlı olup su ile karışmazlar. Bu nedenle taşın; kimyasal uygulama öncesinde tam olarak kurutulması çok önemlidir. Aksi takdirde reçine çatlak ve gözeneğe iyice nüfuz edememekte ve cila sırasında yerinden sökülmetedir. Çok kirli taşlar önce basınçlı suyla yıkanır, daha sonra iyice kurutularak kimyasal uygulanır. Çimento dolgusunda yüzeydeki hafif nem, iyi nüfuziyet için olumlu bir unsurdur. Özellikle kuru karışımla dolgu yapıldığında gözenek içinde harç oluşumu için, nem gereklidir.

Kurutma sadece sıcaklığa bağlı işlem değildir. İyi bir kurutma için, sıcaklık, havanın nem oranı, yüzey film katsayısı (hava hızları), hava debisi, egzost oranı ve en uygun zaman parametrelerini doğru seçmek ve ayarlamak gerekir <sup>4</sup>.

### **2.6.3. Viskozite, Akışkanlık ve Penetrasyon ( Nüfuziyet)**

Dolguda kimyasalın akışkanlığını sağlamak için, reçine üreticisi ile işbirliği yapılması çok önemlidir. Eğer çatlaklar çok ince, delikler mikro gözenek düzeyinde ise derinlemesine nüfuziyet için çok akışkan reçineler kullanılır. Aksine taşta bir yüzden diğer yüze geçen büyük delikler varsa akışkan reçine yerine koyu kıvamlı mastik tercih edilmelidir. Doğru akışkanlığa sahip olmasına rağmen, reçinenin çatlakların içine girmesi için yine de bir zamana ihtiyaç vardır. Özellikle UV sistemlerde reçine uygulama ünitesi ile UV kürleme ünitesi arasında nüfuziyete yetecek uzunlukta bir "penetrasyon konveyörü" bulunmalıdır <sup>4</sup>.

### **2.6.4. Fileli Uygulamalar**

Epoksi reçineler, özellikle plakalarda yaygın olarak cam elyafli fileler ile birlikte kullanılır. Nadir de olsa polyester reçine ile fileli uygulama yapılabilmektedir. Fileli uygulamalarda elyaf üzerindeki kaplamanın epoksiye ve polyestere yapışması gerekir, aksi durumda file taşın arkasından kolayca sökülebilmektedir <sup>4</sup>.

Doğal taş uygulamalarında kullanılan file çeşitleri:

1. Blok güçlendirme fileleri
2. Plaka ve strip güçlendirme fileleri
3. Mozaik fileleridir <sup>5</sup>

### 2.6.5. Polimerizasyon

**Dolgu İşlemi Uygulama Polimerizasyonu:** Elle dokunulduğunda yapışma olmayan ve taşların taşınması sırasında sorun yaşanmayacak düzeydeki polimerizasyon derecesidir. Dolgu işlemi uygulama süresi; karışımdaki katalizör oranına, kullanılan reçine veya mastiğin cinsine, sıcaklığa ve uygulama sistemine göre değişmektedir. Epoksi reçineler için ortalama dolgu işlemi uygulama zamanı açık havada yaklaşık olarak 4 saattir. Fırınli kürleme ile bu süre ortalama 1,5 saate, hatta bazı reçineler için 50 dakikaya kadar düşürülebilmektedir. Polyester reçinelerde dolgu işlemi uygulama süresi 40–60 dakika olmaktadır. Mastiklerde ise bu süre 2–3 dakika olup, fırınli kürlemede, 1 dakikanın altına düşmektedir. UV hatlarda dolgu işlemi uygulama süresi sıfır olmakta çimento dolguda ise birkaç saat olmaktadır.

**Proses polimerizasyonu:** Dolgu uygulaması sonrası taşın cilaya verilebilir sağlamlık düzeyine gelmesi durumuna proses polimerizasyonu denir. Bir başka ifadeyle nihai ve azami sertlik derecesinin %70–90 oranlarına ulaşmasıdır. Mastikler için gerekli süre 7–10 dakika olup, bu süre fırınli kürleme ile 3 dakikaya indirilebilir. Etkin bir uygulama sonucu için Epoksi, polyester ve UV reçinelerin uygulamadan 24 saat sonra cilaya verilmesi tavsiye edilir. İstisnai durumlarda, uygun bir kürleme ile bu süre reçineler için 7–8 saate kadar indirilebilir. Çimento dolgu için bu süre katkı malzemelerine ve kürleme koşullarına göre 32 saat ile 8 gün arasında değişebilmektedir.

**Tam polimerizasyon:** %99,9 oranında tam sertleşmenin olabildiği aşamaya tam polimerizasyon denir. Birçok polimer ve çimento esaslı dolgu malzemesi bu noktaya ancak 28 günde gelebilmektedir <sup>4</sup>.



## 2.7. Doğal Taş Bloklarına Uygulanan Kimyasal Dolgu-Güçlendirme Yöntemleri

Mermer blokların sınıflandırılması genelde çatlak durumuna göre yapılmakta ve blok satış fiyatını doğrudan etkilemektedir. Üretimi yapılmış olan blok hangi imalat için en uygundur, fiyatı ne olmalıdır gibi soruların cevabı bloktaki çatlaklar incelenerek verilmekte ve blok; üretim hattına alınmaktadır.

Katrakta kesilecek blok çatlaksız ve en az 5–6 m<sup>3</sup> boyutunda olmalıdır. Ocaklarda blokların boyutlandırılmasını yine çatlak yapısı belirlemekte, sayılama sırasında işletmeciyi yönlendirmektedir. Hiç çatlaksız bloklar katrağ üretiminde sorun çıkartmamakta, çatlaklı bloklar ise ST makinelerinde ebatlanmaktadır. Genellikle beğ mermerlerde katraklık blok oranı düşük olmakta, dolayısıyla çatlaklı blokların katrakta kesilebilmesinin sağlanması oldukça önem kazanmaktadır. Blokların güçlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntem bulunmamakta, her bir bloğun öznel yapısına bağlı olarak çeşitli blok güçlendirme yöntemleri uygulanmaktadır. Tek ve uzun kenara paralel çatlak içeren bloklarda kaybedilen plaka sayısı çok azalacağından katrakta kesilmesi mümkün olmaktadır <sup>17</sup>.

Blok güçlendirmesinde kullanılan yöntemlerden biri; viskozitesi ve tutuculuğu yüksek, epoksi jellerin blok etrafına uygulanmasıdır. Bu uygulamada amaç bloktan alınacak plakaların etrafını epoksiyle çevreleyerek, plakaların mevcut çatlaklardan ayrılmasını önlemek ve ikincil işlem olan dolgu hatlarına hazırlamaktır. Bu işlemde epoksinin çatlak aralarına sızması sonucu tutuculuk sağlanmakta; plaka transferleri esnasında kırılmalara karşı dayanımı arttırılmaktadır. Fakat bu yöntemde, epoksiyi hem çatlak aralarına sızdırmak hem de plaka etrafında epoksi çerçevesi oluşturmak amaçlandığından bloğun durumuna göre yeteri kadar etkili dayanım

sağlanamayabilmektedir<sup>14</sup>. Çatlak aralarına epoksi sızdırma yöntemine örnek olarak **Şekil 2.4**'te Çin'de bir mermer fabrikasında çatlak aralarına epoksi sızdırılarak yapılan bir blok güçlendirme uygulaması görülmektedir. Bu yöntemde öncelikle blokta kesişen ve/veya açık ve derin çatlaklar tespit edilmekte, bu çatlaklar tel fırçalarla temizlendikten sonra ince metal tellerin bu açıklıklara sokularak çatlak sistemlerinin derinlemesine temizlenmesi sağlanmaktadır. Daha sonra çatlaklara tek taraflı açılabilen plastik supaplar takılmakta ve hızlı donan mastiklerle geriye kalan açıklıklar kapatılmaktadır. Son olarak bu supaplardan; düşük viskoziteli ve yapışma özelliği yüksek epoksiler enjekte edilmektedir.



**Şekil 2.4.** Çin'de Bir Mermer Fabrikasında Uygulanan Blok Güçlendirme Yöntemi

Yaygın olarak kullanılan blok güçlendirme yöntemlerinden ikincisi de yine blok çevresine epoksi jel ile birlikte cam elyaf bazlı file uygulamasıdır. Bu yöntemde amaç; kesim yönüne bağlı olarak, bloğun ardışıklı dört uzun yüzeyinde boşluk bırakmayacak şekilde, fileyi epoksi jelin içerisine gömerek en az 4 mm kalınlığında çerçeve oluşturmaktır. Buradaki file; epoksi kürlenmesiyle oluşacak tabakanın sağlamlığını belirli bir kararlılıkta tutmakta ve lifli yapısı sayesinde ekstra mekanik

sağlamlık kazandırmaktadır. Bu yöntemin işçilik ve sarf malzeme maliyeti göreceli olarak daha yüksektir. Bu uygulamada blok yüzeyleri mümkün olduğunca düzgün olmalıdır.

Gelişen teknolojik gelişmelerle bu yönetime alternatif olarak; öğütülmüş cam elyaf ile karıştırılmış epoksi jelli blok macunları üretilmektedir. Bu malzemeler bloğa filesiz mekanik sağlamlık kazandırmaktadır. Dolayısıyla bu yöntem; göreceli olarak yoğun çatlak içermeyen ve çatlakların derinlik arz etmediği bloklarda daha başarılı olmaktadır.

Bununla birlikte İtalya’da farklı bir uygulama olarak blok yüzeyine viskozitesi yüksek epoksiler püskürtülerek blok güçlendirilmesi yapılmaktadır. Bu işlem uygulanmadan önce blok yüzeyleri alev tabancalarıyla kurutulmaktadır. Basınçlı tanklara doldurulmuş epoksi bileşenleri basınç tabancalarıyla püskürtülmekte; böylelikle epoksi karışımının blok yüzeyinde homojen dağılımı sağlanmaktadır (**Şekil 2.5**).



**Şekil 2.5.** Epoksi Püskürtmesiyle Yapılmış Blok Güçlendirme Uygulaması

Uygulanan başka bir blok güçlendirme yöntemi de atıl durumda olan mermer plakalarının epoksi jeller yardımıyla blokların üzerine yapıştırılmasıdır. Kalınlıkları 3–5 cm olan ve çatlaklıklar içermeyen plaka veya stripler bloğun alt ve/veya üst yüzeylerine epoksi jellerle yapıştırılmaktadır. Güçlendirme yapılacak bloğun durumuna göre diğer yüzeyler epoksi jel veya epoksi jel + elyaf file yardımıyla güçlendirilebilmektedir<sup>18</sup>.

## **2.8. Doğal Taşlarda Dolgu Uygulamasının Avantajları**

Çatlaklı ve gözenekli taşlar, üretim süresinde tıkanıklığa, imalat hızının düşmesine neden olmaktadır. Kusurlu taşların neden olduğu bir diğer sorun ise yapılarındaki düzensizlik nedeni ile standart kalitede ve süreklilikte kısa zamanda ve programlı bir şekilde üretimi engellemeleridir<sup>4</sup>.

## **2.9. Dolgu Malzemelerinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri**

Epoksi reçinelerdeki kimyasal maddeler cilde temas ettiğinde ya da buharlaşarak teneffüs edilen havaya toz veya duman olarak karıştığında sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Gözlerde, burunda, boğazda ve deride tahrişe, cilt alerjisine ve astıma yol açabilmektedir.

Çiğerlerde epoksi reçineyi oluşturan kimyasalların buharı veya dumanı tahrişe neden olabilir. Sertleştiricilerden bazıları çalışanlarda astıma sebep olabilmektedir.

Cildin epoksi reçineye temas eden yüzeylerinde tahriş, kasıntı, kızarma ve kabarma görülebilmektedir.

Göz, burun ve boğazda birçok epoksi reçinenin kimyasalları ve buharları özellikle çözücü ve sertleştiriciler gözlerin, burnun ve boğazın tahriş olmasına neden olabilmektedir. Bu tahriş sonucunda baş ağrısı ortaya çıkabilmekte bu sıvıların göze sıçraması durumunda göze zarar verebilmektedir<sup>19</sup>.

Sinir sistemleri açısından teneffüs edilen veya deri ile emilen çözücüler beyni, alkol içmenin vücudu etkilediği şekilde etkilemektedir. Çözücü etkisine fazlaca maruz kalındığında baş ağrısı, mide bulantısı, baş dönmesi, konuşma bozukluğu, bilinç kaybı gibi şikâyetler ile karşılaşılabilir.

Eski epoksi reçinelerin, laboratuvar hayvanları üzerinde yapılan çalışmalarda kansere sebep olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin epiklorohidrin olabileceği ve bu maddenin insanlarda da kansere neden olabileceği düşünülmektedir. Ancak epiklorohidrin içeriği daha az olan yeni epoksilerin; laboratuvar hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarında kansere neden olmadığı görülmüştür<sup>19</sup>.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

Bölgemizde yüksek üretim kapasitesine sahip çok sayıda bej ve pembe renkli mermer üretimi gerçekleştirilen ocaklar bulunmaktadır. 2007 yılında sadece Diyarbakır yöresindeki yaklaşık 50 ocaktan 330.000 m<sup>3</sup> blok, 22 adet mermer işleme tesisinde 3 milyon m<sup>2</sup> civarındaki işlenmiş mermer üretilmiştir. İl mermer sektörü 3000'i aşan doğrudan istihdam ile Türkiye doğal taş sektöründe önemli bir yer tutmaktadır<sup>20</sup>.

Son yıllarda bölgemizde Brown Espera ve Sand Wave gibi uluslar arası pazarda tercih edilen mermerler bu ocaklarda üretilmekte ve yine yöredeki fabrikalarda işlenmektedir. Bununla birlikte benzersiz desen ve renge sahip dünyaca bilinen Elazığ Vişne mermeri yine bu yörede üretilmektedir. Ancak bu ocaklardan üretilen bazı blokların katrik kesimi aşamasında veya plaka – strip üretimi sırasında yapısal sorunlardan ötürü yüksek oranda fireler oluşmaktadır. Bu nedenle bu sorunlara sahip blok, plaka ve striplere dolgu-güçlendirme yapılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, öncelikle Diyarbakır-Hani Sand Wave ocağı ve Elazığ Maden Elazığ Vişne ocaklarından üretilen 2.Kalite bloklara güçlendirme işlemi uygulanmıştır. Daha sonra Sand Wave Elazığ Vişne ve Adıyaman ocağından üretilen Brown Espera mermerlerinden üretilen plaka ve striplere kimyasal dolgu-güçlendirme uygulamaları yapılmıştır.

Blok, plaka ve stripler üzerinde yapılan ve uzun sürece yayılan ayrıntılı çalışmalar sonucunda en uygun dolgu-güçlendirme yöntemleri belirlenmiştir. Daha

sonra, dolgu-güçlendirme öncesi ve sonrası kesme işleme verimlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Dolgu-güçlendirme çalışmaları; Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren Dimer Mermer İşleme Fabrikası'nda gerçekleştirilmiştir. Fabrikanın görünümü **Şekil 3.1**'de verilmiştir. Yılda yaklaşık 1.000.000 m<sup>2</sup> plaka+strip üretim kapasitesine sahip olup; Dimer Mermer İşleme Fabrikasının makine-ekipman parkı **Çizelge 3.1**'de verilmiştir.



**Şekil 3.1.** Dimer Mermer İşleme Fabrikasından Bir Görünüm

Uygulanan tüm dolgu-güçlendirme işlemlerinin m<sup>2</sup> maliyetleri kesme ve işleme verimleri dikkate alınarak işletmeye sağlanan ekonomik kazanç analizleri

yapılmıştır. Dolgu-güçlendirme uygulanan doğal taşların fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

**Elazığ Vişne;** Ofiyolitik malzemenin kırık ve çatlaklarının kalsit dolgusuyla çimentolanmasıyla meydana gelmektedir. Breşik yapıya sahip olan bu mermerin bilimsel adı ofi-kalsittir. Bu mermerlerden üretilen blok ve plakalarda kalsitlerin çatlakları iyi doldurmaması veya kalsit yerine bu çatlakların kil ile dolması neticesinde kesme işleme sırasında kırılmalar-fireler oluşmaktadır (**Şekil 3.2**).

**Sand Wave;** Kıta şelfinde çökelen stilolitli kireçtaşı grubunda yer alan bu mermerlerde çökelim sürecinde, stilolitler arasına karbonat yerine killerlerin yerleşmesi durumunda zayıf zonlar oluşmaktadır. Ayrıca, yüzey şartlarından kaynaklanan erimeler ve hızlı çökelim sırasında oluşan taneler arasındaki boşluklardan dolayı küçük gözenekler ve kartlaşmadan dolayı ise büyük boşluklar meydana gelmektedir (**Şekil 3.3**).

**Brown Espera;** Kireçtaşı kökenli bu mermerlerin çimentolanma derecelerinin yeterli derecede olmaması ve tektonik hareketler etkisiyle (strain ve stres) bünyelerinde farklı yönlerde gelişen **spider şeklinde** kılcal çatlaklar bulunmaktadır. Bununla birlikte, gerilme çatlaklarına suyun fazla miktarda girip eritmesi nedeniyle çapları plaka ve strip kalınlığında olan ve genellikle çevresinde kalsit çimentosu olan delikler oluşmaktadır (**Şekil 3.4**).





**Şekil 3.2.** Elazığ Vişne



**Şekil 3.3.** Sand Wave



**Şekil 3.4.** Brown Espera

Doğal taşlara dolgu-güçlendirme işleminde kullanılacak kimyasalın seçimi için taştaki sorun türüne bağlı olarak tedarikçi firma ile işbirliği yapılması büyük önem taşımaktadır. Fabrika ortamında yapılan yoğun çalışmalar sonucunda en yüksek üretim performansını sağlayan kimyasal dolgu-güçlendirme uygulama yöntemleri aşağıda verilmiştir:

**Blok Güçlendirmede:** Epoksi Jel + Sık Dokulu 600–800 gr/m<sup>2</sup>'lik Elyaf File

**Plaka Dolgu-Güçlendirmede:** Uygun Akışkanlığa Sahip Çift Bileşenli Epoksi

+ Sık Dokulu olmayan 65 gr/m<sup>2</sup>'lik Elyaf file +

Renk Katkılı Epoksi Jel

**Plaka Dolguda:** Epoksi veya Ultraviyole Jel

Çizelge 3.1. Dimer Mermer İşleme Fabrikasının Makine-Ekipman Parkı

<b>Makine Adı</b>	<b>Adet</b>
Katrak Makinesi	4
ST Makinesi	4
Yatay Yarma Makinesi	1
Tünel Fırınlı Strip Dolgu Makinesi	1
Strip Kalibre-Honlama Makinesi	2
Fayans Hattı	2
Elevatör Fırınlı Plaka Dolgu Makinesi	1
Plaka Kalibre-Honlama Makinesi	1
Plaka Cila Makinesi	1
Köprü Kesme Makinesi	2
Alın Cila Pah Makinesi	2
Baş Kesme Makinesi	5
Trimming Makinesi	2
Yan Kesme Makinesi	1
Kimyasal Dozajlama Pompası	2
Portal Vinç	2
Tavan Vinci	5
Blok Çevirme Makinesi	1
Jeneratör	1
Loader	1
Ekskavatör	1
2 Presli Arıtma Sistemi	1

**Çizelge 3.2.** Sand Wave, Brown Espera ve Elazığ Vişne Doğal Taşlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri <sup>21</sup>

<b>Taş Cinsi</b>	<b>Sand Wave</b>	<b>Brown Espera</b>	<b>Elazığ Vişne</b>
Sertlik (Mohs)	3 - 3,50	3 - 3,50	3,5-4
Hacimce Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	2,66	2,73	2,69
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )	1591	1397	700
Porozite ( % )	1,30	1,40	1,86
Doluluk Oranı ( % )	99,5	99,57	98,63
SiO <sub>2</sub> ( % )	0,38	0,50	19,60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( % )	0,08	0,20	7,41
MgO ( % )	0,36	1,25	14,85
CaO ( % )	55,04	51,60	29,93

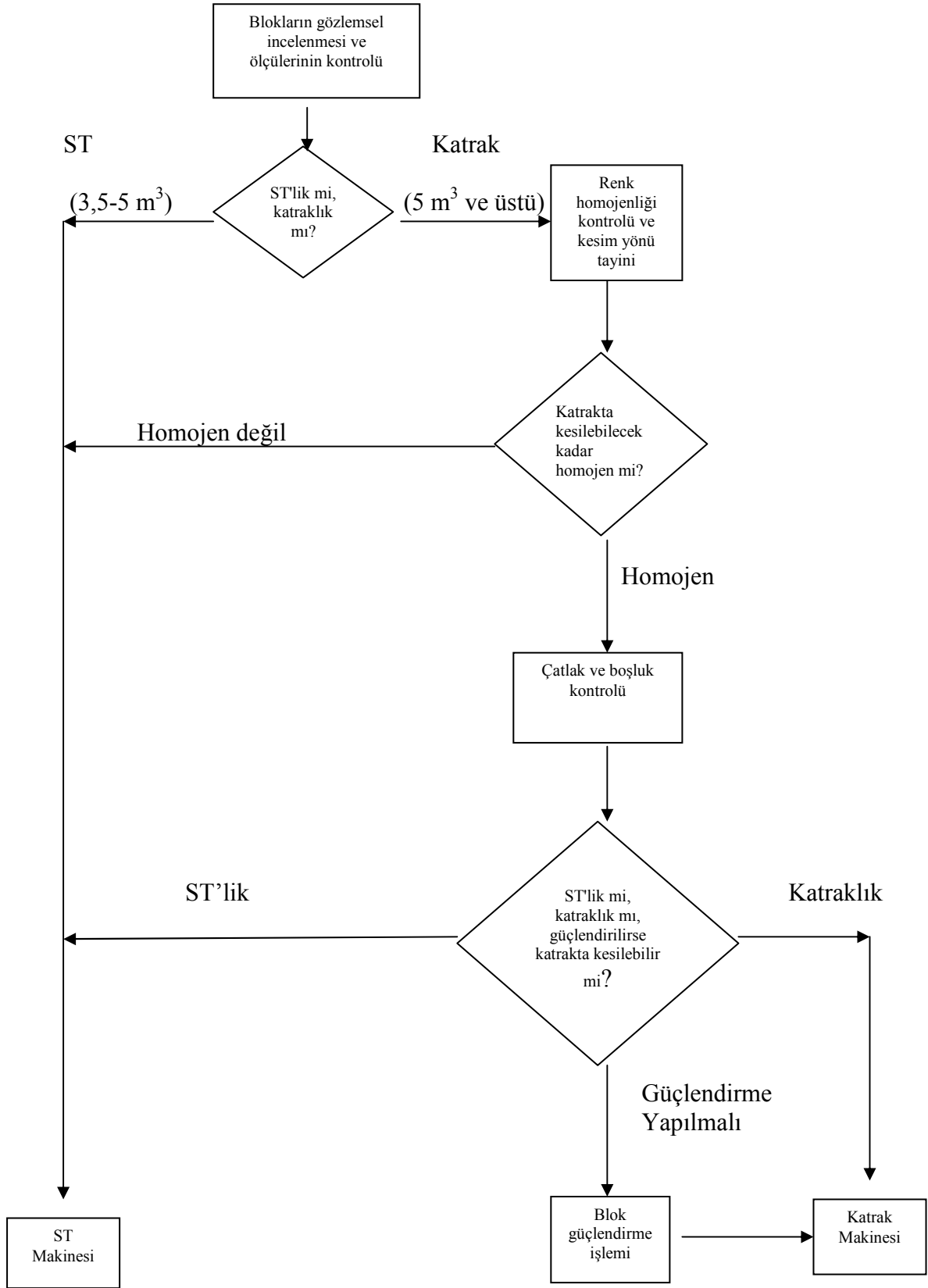
## **3.2. Metod**

### **3.2.1. Blok Güçlendirilmesi**

Özellikle piyasada albenisi yüksek olan ve pazarda tercih edilen Sand Wave ve Elazığ Vişne mermerlerinin ikinci kalite bloklarının kesimi sırasında yüksek oranda fireler olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla bu tip blokların katrakta ekonomik olarak kesilmesi için güçlendirme işlemi uygulanmıştır. Ocaklarda belirli bir maliyetle kesilip boyutlandırılan ve önemli miktarlarda nakliyat giderleri harcanarak fabrikaya getirilen bu blokların ekonomik olarak kesilip plakalar halinde işlenebilmesi büyük önem taşımaktadır. İşleme fabrikasında kesim öncesi için bloklar için ön değerlendirme işlemi yapıldıktan sonra kesime alınmaktadır. Blok değerlendirme akım şeması Şekil 3.5'te verilmektedir.

#### **3.2.1.1. Elazığ Vişne Bloklarının Güçlendirilmesi**

Elazığ Vişne 2. kalite blokları yoğun çatlak yapısından dolayı bazen % 50'lere varan kayıplar oluşabilmektedir. Yoğun çatlaklı blokların katrakta verimli bir şekilde kesilebilmesi için çatlakların konumu, genişliği, doğrultusu ve yoğunluğu dikkate alınarak farklı blok güçlendirme yöntemleri uygulanmıştır.



Şekil 3.5. Blok Değerlendirme Akım Şeması

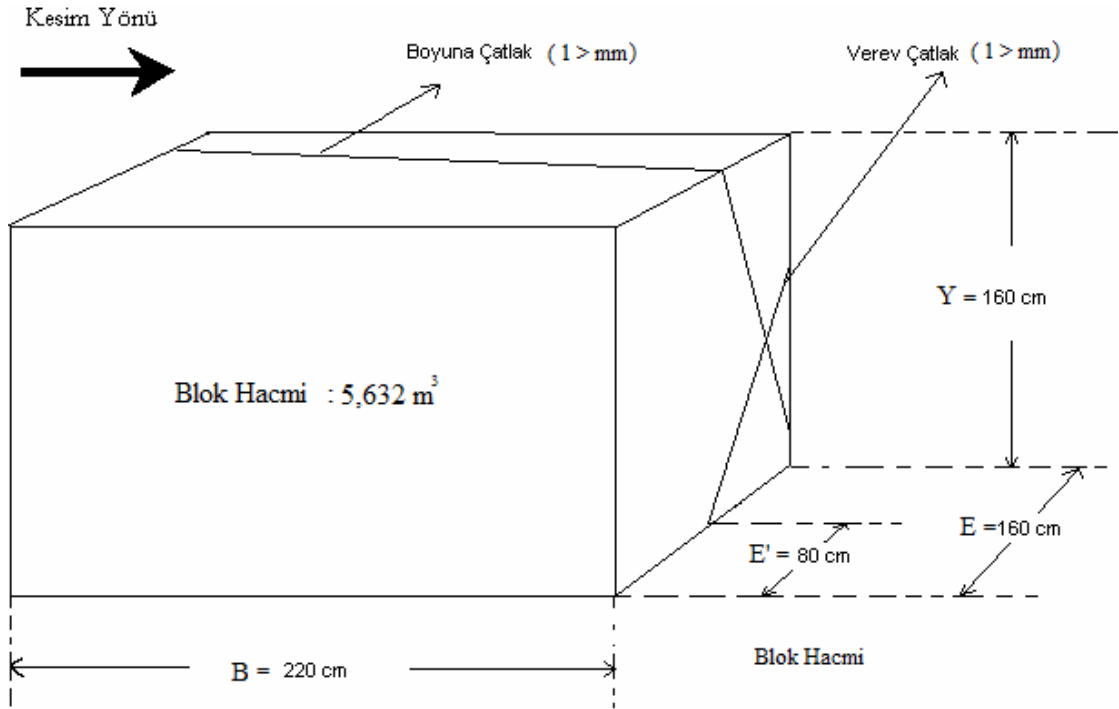
## Epoksi Jel Uygulaması

Ocaktan gelen 2. kalite blokların büyük bir bölümü boyuna ve verev çatlaklar içermektedir. Bu tip çatlak yapısına sahip bloklar genelde epoksi jel ile güçlendirilmiştir. Epoksi jel ile güçlendirilen ve 5,632 m<sup>3</sup> hacme sahip blok **Şekil 3.6**'da, söz konusu bloğun geometrisi ve çatlak konumlarının ölçekli çizimi ise **Şekil 3.7**'de verilmiştir. Bloкта uygulanan bu güçlendirmenin temel amacı; katrakta verimli kesimi ve kesilen plakaların dolgu makinesine kırılmadan transferini sağlamaktır.



**Şekil 3.6.** Orijinal (Güçlendirilmemiş) Elazığ Vişne Bloğu

Blok güçlendirme işleminde; viskozitesi yüksek, iki bileşenden oluşan ve 1:1 karışım oranına sahip epoksi jel kullanılmıştır. Tam bir karışımdan sonra dolgu işlemi uygulama süresi 50 – 60 dakikadır. Kısa sürede homojen bir karışım elde etmek için özel uçlu matkap kullanılmıştır. Uygulama çelik malalar yardımıyla yapılmıştır.



**Şekil 3.7.** Orijinal Elazığ Vişne Bloğunun Geometrisi ve Çatlak Konumlarının Ölçekli Çizimi

Güçlendirmede kullanılan malzeme ve ekipmanlar **Şekil 3.8**'de görülmektedir. Blok güçlendirme işleminde kullanılan epoksi jelin teknik özellikleri **Çizelge 3.3**'te verilmiştir.

Uygulama öncesi blok yüzeyleri temizleme fırçalarıyla yıkanmış ve kurutulmaya bırakılmıştır. Blok yüzeyleri tam olarak kurduktan sonra uygulamaya başlanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus jel uygulanmamış herhangi bir alanın kalmamasıdır. Birbirini takip eden 4 yüzeye 3–4 mm kalınlığında epoksi sürülmüştür. Uygulamanın üç yüzeyi bittikten sonra altta kalan 4. yüzeye uygulama yapılabilmesi için blok 24 saat bekletilmiştir. Blok; çevrilip 4. yüzeyin de uygulaması yapıldıktan sonra iyi bir kürlenme için 2 gün daha bekletilmiştir (**Şekil 3.9**). Bu uygulamada 15 kg sertleştirici ve 15 kg epoksi jel olmak üzere toplam 30 kg kimyasal kullanılmıştır. Uygulama 3 işçi ile yaklaşık 4 saatte bitirilmiştir.





Şekil 3.8. Blok Güçlendirme işleminde Kullanılan Malzeme ve Ekipmanlar



Şekil 3.9. Epoksi Jel İle Güçlendirilen Elazığ Vişne Bloğu

Çizelge 3.3. Blok Güçlendirme İşleminde Kullanılan Epoksi Jelin Teknik Özellikleri<sup>22</sup>

Bileşen Sayısı	2
Ağırlıkça Karışım Oranı	50/50
Karışım yoğunluğu ( 20°C’de gr/cm <sup>3</sup> ) (TS EN ISO 2811-1)	1,15 - 1,20
Karışım Ömrü (dak, 23°C’de 200 gr)	40-60
Kuruma Süresi ( 23°C’de) (TS 4317)	
Toz Tutma (dak.)	70-110
Dokunma (saat)	5-7
Tam Sertleşme (Hafta)	1
Çekme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ) (DIN 53504, TS 1967)	~ 21
Çekme Uzaması (%) (DIN 53504, TS 1967)	~ 1
Eğilme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ) (DIN 53504, TS 1967)	~ 52

### Blok Kesim Hesaplamaları

Şekil 3.7.’de görüldüğü gibi teorik olarak blok eninin ancak 80 cm’lik kısımdan sağlam plaka elde edilmesi mümkün olmakta hatta katrakta kesilme esnasında bloğun tamamının kırılıp dağılması söz konusu olmaktadır.

Ocakta üretilen blok yüzeylerinin 90 derece gönyeli bir biçimde kesilmesinin mümkün olmaması sebebiyle en dıştaki kesim yönüne paralel yüzeylerden elde edilen plakalar fire olmaktadır. Bir başka ifadeyle bloğun ön ve arka yüzeyindeki en dış iki plaka doğrudan kesim firesi olmaktadır.

Güçlendirme yapılmaması durumunda katrakta kesimi sırasında tamamının kırılıp dağılma riski olan bu bloktan; teorik olarak alınabilecek en fazla plaka adedi ( $P_A$ ) ve metrekaresi ( $P_M$ ) aşağıda verilen yöntemle hesaplanmıştır:

Soket Genişliği ( $S_g$ ) : 0,6 cm

Kesilmek İstenen Yaklaşık Plaka Kalınlığı ( $P_k$ ) : 2 cm

Blok Eni ( $E$ ) : 160 cm

Blok Boyu ( $B$ ) : 220 cm

Blok Yüksekliği ( $Y$ ) : 160 cm

Sağlam Plaka Beklenen Blok Eni ( $E'$ ) : 80 cm

$$P_A = [ E' / ( S_g + P_k ) ] - 1$$

$$P_A = [ 80 / ( 2 + 0,6 ) ] - 1$$

$$P_A = 29 \text{ adet ve}$$

$$P_M = P_A \times B \times Y$$

$$P_M = 29 \times 220 \times 160$$

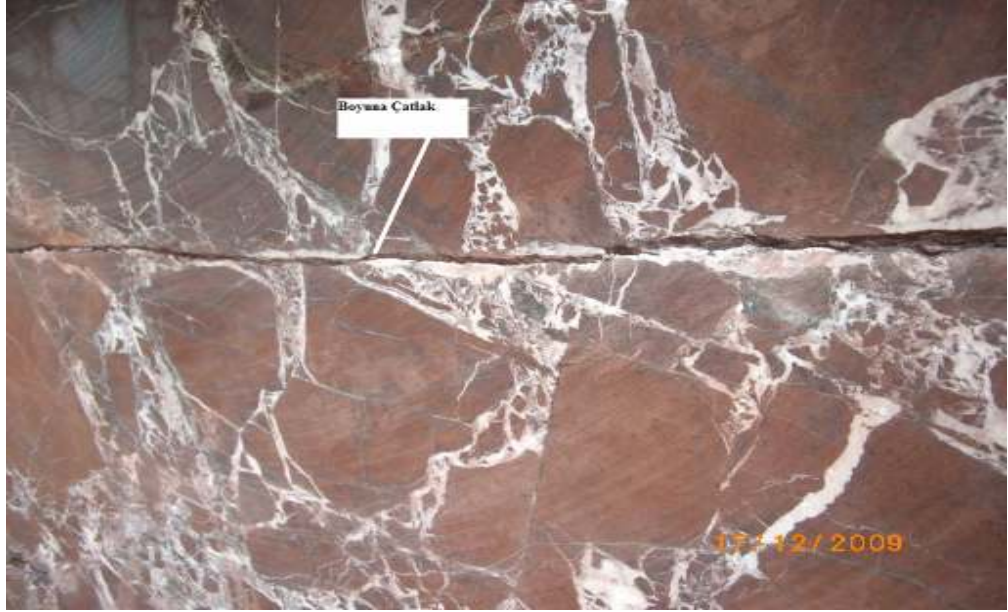
$$P_M = 102,08 \text{ m}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Söz konusu blok epoksi-jel ile güçlendirilmesi yapıldıktan sonra katrakta başarıyla kesilmiş ve toplam 35 adet 123 m<sup>2</sup>'lik plakalar sağlam bir şekilde dolgu-cila hattına transfer edilebilmiştir.

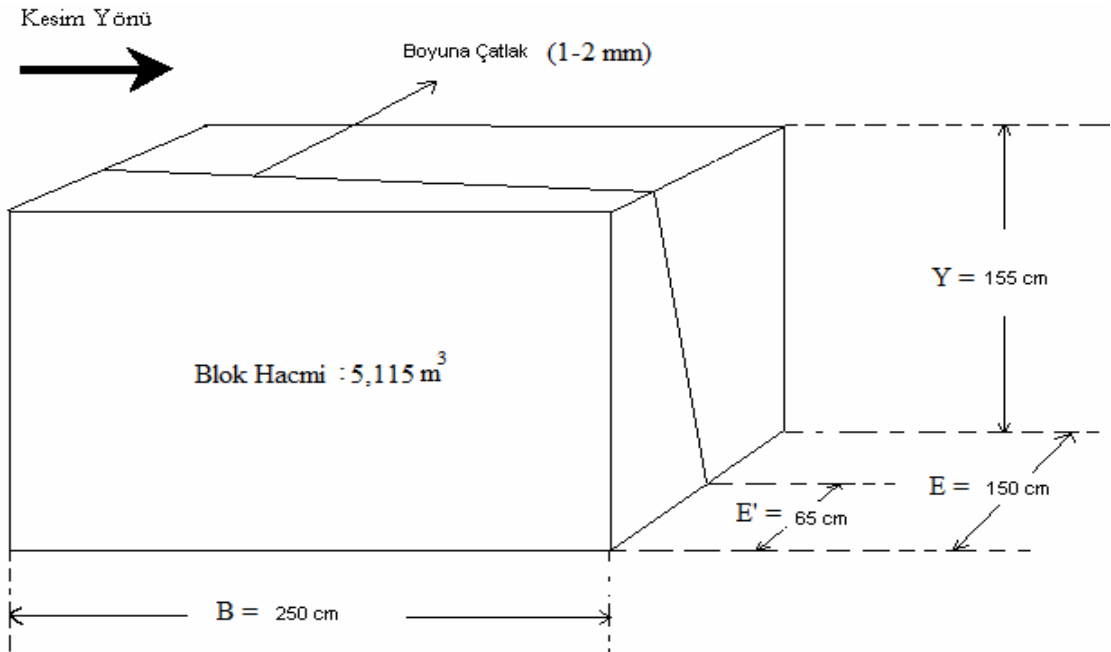
### **Epoksi Jel + File Uygulaması**

Bazı bloklar içerdikleri çatlakların, konumu ve açıklıklarına bağlı olarak epoksi + file yöntemiyle güçlendirilmiştir. Bu tip boyuna çatlak içeren ve 5.812 m<sup>3</sup> hacme sahip örnek bir Elazığ Vişne bloğuna önceki uygulamadan farklı olarak

etrafına epoksi jelle birlikte toplam  $11 \text{ m}^2$   $600 \text{ gr/m}^2$ 'lik elyaf file sarılmış ve  $17,5 \text{ kg}$  epoksi jel ile  $17,5 \text{ kg}$  sertleştirici uygulanmıştır. Söz konusu bloğun orijinal görüntüsü Şekil 3.10'da, geometrisi ve çatlak konumu ölçekli çizimi Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.10. Boyuna Çatlaklı Orijinal (Güçlendirilmemiş) Elazığ Vişne Bloğu



Şekil 3.11. Boyuna Çatlak İçeren Elazığ Vişne Bloğunun Geometrisi ve Çatlak Konumunun Ölçekli Çizimi

Bloğun birbirini takip eden dört yüzeyine sarılan elyaf file uygulandığında blok yüzeyiyle örtüşmeyen bölgelerin oluşmamasına dikkat edilmiş ve bu yüzden elyaf file tamamen epoksiyle sıvanmıştır. Elyaf file sadece bloğun çatlaklı bölümlerine uygulanmıştır. **Şekil 3.12**'de epoksi jel + elyaf file ile güçlendirilmiş Elazığ Vişne bloğu görülmektedir. Güçlendirme işlemi 3 işçi ile yaklaşık 5 saatte tamamlanmıştır. Güçlendirilen blok 3 gün kürlenme için bekletilmiştir.

Yapılan teorik hesaplama sonucunda güçlendirilmemiş bloktan sağlam elde edilmesi beklenen en fazla plaka sayısı 31 adet ve 121,125 m<sup>2</sup>'dir. Epoksi jel ve elyaf file ile güçlendirildikten sonra katrakta kesilen bu bloktan 40 adet toplam 156,29 m<sup>2</sup> plaka elde edilmiştir.



**Şekil 3.12.** Epoksi Jel + Elyaf File İle Güçlendirilmiş Elazığ Vişne Bloğu

Farklı çatlak sistemine sahip Elazığ Vişne bloklarından elde edilen teorik plaka verimi ve farklı güçlendirme yöntemleri kullanılarak pratikte elde edilen plaka verimi **Çizelge 3.4**'te verilmiştir.

**Çizelge 3.4.** Farklı Çatlak Sistemine Sahip Elazığ Vişne Mermerlerinin Orijinal ve Güçlendirilmiş Bloklarının Plaka Verimleri

Güçlendirme Yöntemi	Çatlak Konumu ve Sayısı	Blok Hacmi (m <sup>3</sup> )	Güçlendirilmemiş Blok Muhtemel Sağlam Plaka		Güçlendirilmiş Bloktan Elde Edilen Plaka	
			Adet	(m <sup>2</sup> )	Adet	(m <sup>2</sup> )
Epoksi Jel	Verev 1 Boyuna 1	5,812	29	102,08	35	123.2
Epoksi Jel + Elyaf File	Boyuna 1	5,682	31	121,125	40	156,290

Örneğin ayda ortalama 10.000 m<sup>2</sup> Elazığ Vişne plakası kesim kapasitesine sahip bir fabrikada blok güçlendirmesi yapılmadığı durumda yaklaşık 3.500 m<sup>2</sup>'lik plaka firesi oluşurken, blok güçlendirmesi yapılarak bu miktar yaklaşık 2.000 m<sup>2</sup>'ye kadar düşürülebilmektedir.

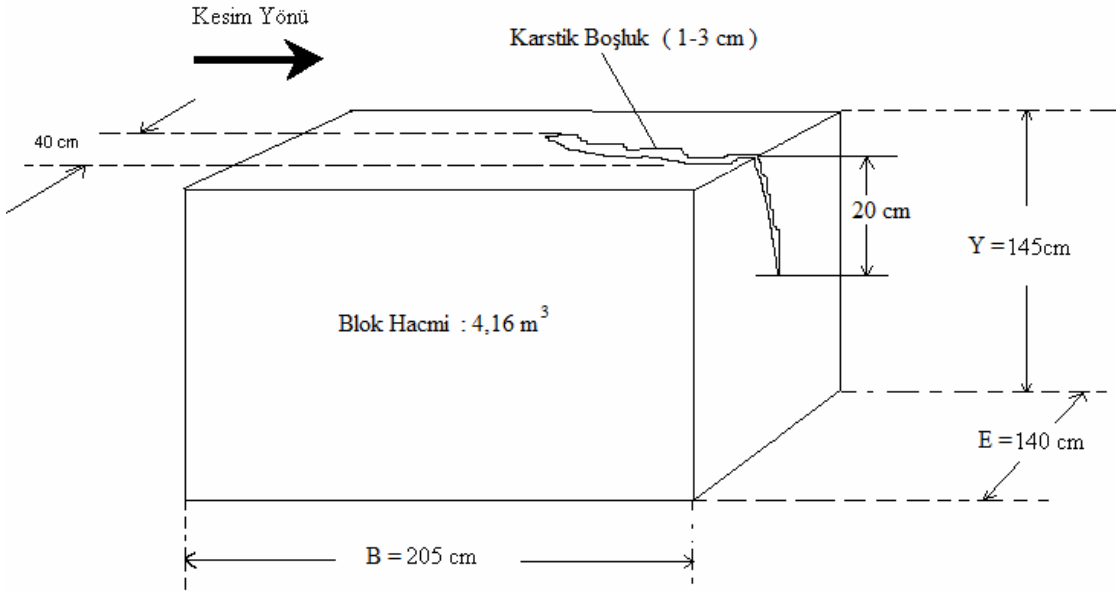
### 3.2.1.2. Sand Wave Bloklarının Güçlendirmesi

Ocaklardan gelen Sand Wave katraklık blokların bünyesindeki çatlak ve kırıklardan dolayı ST makinesinde kesilmesi zorunda kalınan blokların, katraklarda verimli bir şekilde kesilebilmesi için dolgu-güçlendirmesi yapılmıştır. Bünyesinde 136 cm uzunluğunda, 1–3 cm genişliğinde ve 20 cm derinliğinde çatlak barındıran 4,161

m<sup>3</sup>'lük 2. kalite Sand Wave bloğuna (Şekil 3.13 ve Şekil 3.14), epoksi jel ile dolgu yapılmıştır.



Şekil 3.13. Orijinal (Güçlendirilmemiş) Sand Wave Bloğunun Görünümü



Şekil 3.14. Çatlaklı Sand Wave Bloğunun Geometrisi ve Çatlak Konumlarının Ölçekli Çizimi



Şekil 3.15’de de görüldüğü gibi dolgu-güçlendirme işleminde çatlak aralarından epoksi jel akıntısını önlemek amaçlı ahşap plaka ve takozlardan faydalanılmıştır. 2 kişi ile 3 saat zarfında 9 kg epoksi jel karışımı kullanılmıştır. Bu bloğun katrakta kesimi sırasında her hangi bir problemle karşılaşılmamış, toplam 145,65 m<sup>2</sup> olan kullanılabilir 49 adet plaka elde edilmiştir. Çizelge 3.5’te katrak kesim verimleri görülmektedir.



Şekil 3.15. Epoksi Jel İle Güçlendirilen Sand Wave Bloğu

**Çizelge 3.5.** Güçlendirilmemiş ve Güçlendirilmiş Sand Wave Bloğunun Plaka Verimleri

Güçlendirme Yöntemi	Çatlak Konumu	Blok Hacmi (m <sup>3</sup> )	Güçlendirmemiş Bloktan Muhtemel Sağlam Plaka		Güçlendirilmiş Bloktan Elde Edilen Plaka	
			Adet	(m <sup>2</sup> )	Adet	(m <sup>2</sup> )
Epoksi jel Uygulaması	1-3 cm Genişliğinde	4,161	39	115,92	49	145,65

Sand Wave ocağında üretilen bloklarının çok küçük bir bölümünde bu tip çatlaklar görülmektedir. Yıllık kapasitesi yaklaşık 45.000 m<sup>3</sup> olan bu ocakta üretilen blokların güçlendirilme gereksinimi olabilecek 2. kalite blok oranı yaklaşık %3 civarında olup 1.350 m<sup>3</sup> civarındadır. Bu miktarı 47.500 m<sup>2</sup> 2 cm'lik plaka üretimine karşılık gelmektedir.

### 3.2.2.Plaka ve Strip Dolgu-Güçlendirmesi

Mermer işleme fabrikalarına getirilen mermer bloklarından plaka, strip ve fayans gibi mermerler üretilmektedir. Bu mamullerden katma değeri en yüksek olan plakalardır. Bünyesinde kılcal çatlak ve gözenek barındıran çoğu mermer plakalarına dolgu-güçlendirme işlemlerinin yapılması bir zorunluluk haline gelmektedir. Örneğin oluşumları sırasında tektonik hareketlere maruz kalmış Elazığ Vişne ve Brown Espera gibi mermerlerinin kesilmesi ve işlenmesi sürecinde dolgu-güçlendirme işlemlerinin yapılması kaçınılmaz olmaktadır. Dolgu-güçlendirme yapılmamış bazı Elazığ Vişne plaka ve striplerinde fire oranı % 60'lara ve Brown Espera'da ise % 50'lere varabilmektedir.

### 3.2.2.1.Elazığ Vişne Plaka ve Striplerinin Dolgu-Güçlendirmesi

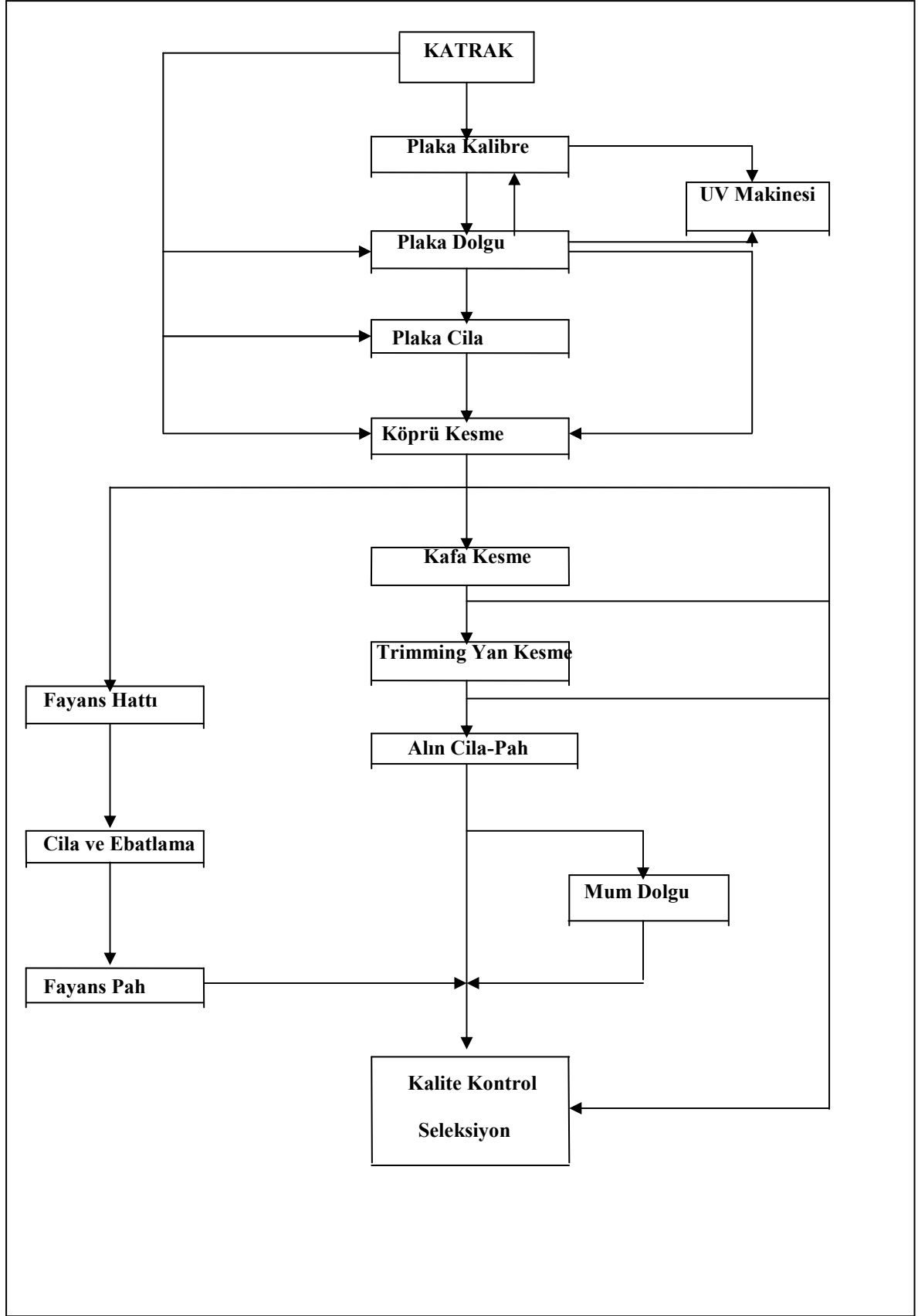
Fabrika ortamında yapılan uzun çalışmalar sonucunda Elazığ Vişne plaka ve striplerine uygulanacak en verimli dolgu-güçlendirme yöntemini; arka yüzeyin elyaf file + epoksi, ön yüzeyin epoksi + epoksi jel olarak belirlenmiştir. Plaka üretim hattı akım şeması **Şekil 3.12'** de verilmiştir.

### Elazığ Vişne Plakalarının Dolgu-Güçlendirilmesi

Plaka dolgu makinesine beslenen plakalar öncelikle güçlendirme işlemi için viskozitesi düşük epoksiyle fileleme işlemine tabi tutulmaktadır. Burada 2 mm<sup>2</sup> örgülü file 65 gr/m<sup>2</sup>'lik elyaf fileler kullanılmaktadır. Kullanılan epoksinin teknik özellikleri **Çizelge 3.6'** da verilmiştir.

Plaka dolgu makinesinde ısıtma tünellerinden geçerek 25–30°C'ye kadar ısıtılan plakalara ağırlıkça 4 birim epoksi ve 1 birim sertleştiriciden oluşan karışım uygulanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken husus epoksi ve sertleştiricinin çok iyi karıştırılmasıdır. İyi karışmayan kimyasallar tam olarak sertleşmemekte ve yer yer kurumamış bölgeler oluşturabilmektedirler.

Uygulayıcılar tarafından çelik malalar yardımıyla arka yüzeyine bir kat epoksi sürülen plakalar üzerine elyaf fileler serilmekte ve daha sonra bir kat daha epoksi uygulanmaktadır. Buradaki amaç elyaf filenin plakanın her yerine tam olarak nüfuz etmesini sağlamaktır. Uzun süren denemeler sonucunda fileleme işleminde, epoksi + sertleştirici karışım miktarı ortalama 120gr/m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. **Şekil 3.17'**de dolgu makinesinin plakalarla yüklenmesi, **Şekil 3.18'**de elyaf file uygulaması görülmektedir.



Şekil 3.16. Plaka Üretim Hattı Akım Şeması

**Çizelge 3.6.** Plaka Dolgu-Güçlendirme İşleminde Kullanılan Epoksinin Teknik Özellikleri<sup>3</sup>

Bileşen Sayısı	2
Ağırlıkça Karışım Oranı	75/25
Karışım Yoğunluğu ( 20°C’de gr/cm <sup>3</sup> ) (TS EN ISO 2811-1)	1,00 - 1,10
Karışım Ömrü (dak, 23°C’de 200 gr)	15-25
Kuruma Süresi ( 23°C’de) (TS 4317)	
Toz Tutma (dak.)	90-120
Dokunma (saat)	6-8
Tam Sertleşme (Hafta)	1
Renk	Sarımtırak
Karışımın Viskozitesi (mPas, 25°C,DIN 53229)	200-300



**Şekil 3.17.** Plakaların Robotlar İle Dolgu Makinesine Yükleneşmesi



Şekil 3.18. Plakalara Epoksi + Elyaf File Uygulaması

Fileleme işlemi biten plakalar makinenin ortam sıcaklığı 65°C olan elevatörlü fırınlarına verilmekte ve proses polimerizasyonu için 2,5-3 saat bekletildikten sonra otomatik boşaltma robotlarıyla makineden alınmıştır. Arka yüzeylerinin güçlendirme işlemi biten plakalar iyi bir kurlenme için 3-4 gün bekletilmiştir.

İyi bir ön yüzey dolgu-güçlendirme işlemi için; plaka yüzeyindeki çatlak ile uygulanacak epoksi arasındaki nüfuziyeti engelleyecek toz ve kil gibi unsurların uzaklaştırılması gerekmektedir. Dolayısıyla plaka ön yüzeylerinde uygulanan kalibre işleminin, dolgu-güçlendirme işleminden önce yapılmasına dikkat edilmelidir.

3-4 gün bekletilen fileli plakaların yüzey kalibrasyon işlemi; 6 kafalı tam otomatik plaka kalibre makinesinde sırasıyla elmas granüllü abrasif, yüzey aşındırıcı abrasif ve yüzey temizleyici fırça abrasiflerle gerçekleştirildikten sonra hava üfleyici

fanlarla yüzeydeki sular uzaklaştırılmakta ve tam bir kuruma için plakalar en az 1 gün bekletilmektedir.

Ön yüzey dolgu-güçlendirme işlemine hazır hale gelen plakalar tekrar Plaka Dolgu Makinesine beslenerek dolgu işlemi için ön ısıtma tünellerinden geçmektedir. Eğer yüzeyde aşırı gözenek ve/veya çukurluklar mevcut ise; öncelikle renklendirilmiş epoksi jellerle bu çukur ve gözenekleri doldurulur ve hemen ardından epoksi uygulanır. Burada kullanılan epoksi jel viskozitesi oldukça yüksek olup karışım oranı olarak ağırlıkça 4 birim epoksi jel ve 1 birim sertleştirici jel kullanılmış ve bu epoksi jelin teknik özellikleri **Çizelge 3.7'** de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Epoksi Jelinin Teknik Özellikleri <sup>14</sup>

Bileşen Sayısı	2
Ağırlıkça Karışım Oranı	75/25
Karışım Yoğunluğu ( 20°C'de gr/cm <sup>3</sup> ) (TS EN ISO 2811-1)	1,00 - 1,20
Karışım Ömrü (dak, 23°C'de 200 gr)	25-40
Kuruma Süresi ( 23°C'de) (TS 4317)	
Toz Tutma (dak.)	60-90
Dokunma (saat)	5-7
Tam Sertleşme (Hafta)	1
Çekme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ) (DIN 53504, TS 1967)	~ 12
Çekme Uzaması (%) (DIN 53504, TS 1967)	~ 1.41
Eğilme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ) (DIN 53504, TS 1967)	~ 22

Ön yüzey dolgu güçlendirme işleminde kullanılan epoksi miktarı yapılan çok sayıda deneysel çalışmadan sonra ortalama 40 gr/m<sup>2</sup> olarak alınmıştır. Kullanılan epoksi jel oranı genel olarak yüzeydeki gözenek ve çatlak yoğunluğuna bağlı değişmesine rağmen ortalama 44gr/m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir.

Epoksi karışımlarında her üretici kendi ürünü için belirlediği dolgu işlemi uygulama süresi ( JELL TIME ) bulunmaktadır. Dolgu işlemi uygulama süresi biten epoksiler, taş yüzeylerine uygulanmamalıdır. Çünkü mermer yüzeyine nüfuz etme özelliklerini kaybederler ve kristallenmeye başlarlar. Dikkat edilmesi gereken husus uygulayıcıların kısa sürelerde uygulama yapmaları veya gerekenden fazla miktarlarda karışım hazırlamamalarıdır. Plaka dolgu makinesinden alınan her bir plaka yüzeyi kontrol edilmeli ve yüzeyde kalabilecek yükselteler veya mermer kırıntıları spatulalar yardımıyla temizlenmelidir. Dolgu-güçlendirme işlemi tamamlanmış Elazığ Vişne plakaları son yüzey işlemleri yapılmak üzere plaka cila makinesine tavan vinçleri yardımıyla taşınmıştır.

Benzer özellikte cila hattına beslenen dolgu-güçlendirme uygulanmamış 523,15 m<sup>2</sup> Elazığ Vişne plakasından 272,03 m<sup>2</sup> sağlam plakalar elde edilmiştir. Buna karşın dolgu-güçlendirilmiş toplam 1650,25 m<sup>2</sup> Elazığ Vişne plakasından 1072,6 m<sup>2</sup>'si sağlam plaka elde edilmiştir. **Şekil 3.19**'da uygulaması bitmiş ve ambalajlanmış Elazığ Vişne plakalarının resimleri görülmektedir.





**Şekil 3.19.** Uygulaması Biten Cilalanmış ve Ambalajlanmış Elazığ Vişne Plakaları

## Elazığ Vişne Striplerinin Dolgu-Güçlendirilmesi

Fabrikada ST hatlarında üretilen striplerin dolgu-güçlendirme yöntemleri plakalardaki gibi olup sırası ile arka yüzey fileleme, ön yüzey kalibrasyonu sonrasında dolgu-güçlendirme şeklinde yapılmaktadır. Burada uygulama yüzey alanı daha küçük olduğundan; uygulama zamanları daha kısa olmaktadır (**Şekil 3.20**).

Tünel tipli strip dolgu makinesinde güçlendirme uygulaması yapılmış striplerin birbirine yapışmaması için aralarına 3 mm kalınlığında plastik seperatörler bırakılarak paletlere istiflenmiş (**Şekil 3.21**) ve plaka dolgu işleminden farklı olarak proses polimerizasyonu için en az 2 gün açık alanda bekletilmiştir. Strip dolgu hatlarında üretim hızının yüksek olması nedeniyle uygulayıcıların bu hızlara ayak uydurmaları gerekmektedir. **Şekil 3.22**'de strip hattı üretim akım şeması verilmiştir.

ST makinelerinde değerlendirilen bloklar genellikle daha küçük boyutlu, çatlak veya delikli gibi arıza ve kusurlar içerebilmektedir. Bu nedenle aynı mermer türü için strip verimi, plaka veriminden daha düşük gerçekleşmektedir fayans verimi enine ve boyuna ise boyutlandırma yapılması nedeniyle daha düşük olmaktadır. Bunun yanında birim alana uygulanan epoksi-epoksi jel miktarı plakaya oranla daha az miktarda olmaktadır. Epoksi file uygulamasında 110 gr/m<sup>2</sup>, epoksi ön yüzey uygulamasında 34 gr/m<sup>2</sup> epoksi jel dolgu uygulamasında ise 32 gr/m<sup>2</sup> epoksi jel kullanılmıştır.

Kalınlığı 2cm, genişliği 30 cm ve uzunluğu 60 cm olan dolgu-güçlendirme işlemine tabi tutulmayan toplam 429 m<sup>2</sup>'lik stripler cila hattına verilmiş ve 128,7 m<sup>2</sup>'si fayans olmak üzere toplam 275,84 m<sup>2</sup> ürün elde edilmiştir. Benzer nitelikte dolgu-güçlendirme işlemi uygulanmış 130 cm uzunluğunda toplam 487,5 m<sup>2</sup>'lik

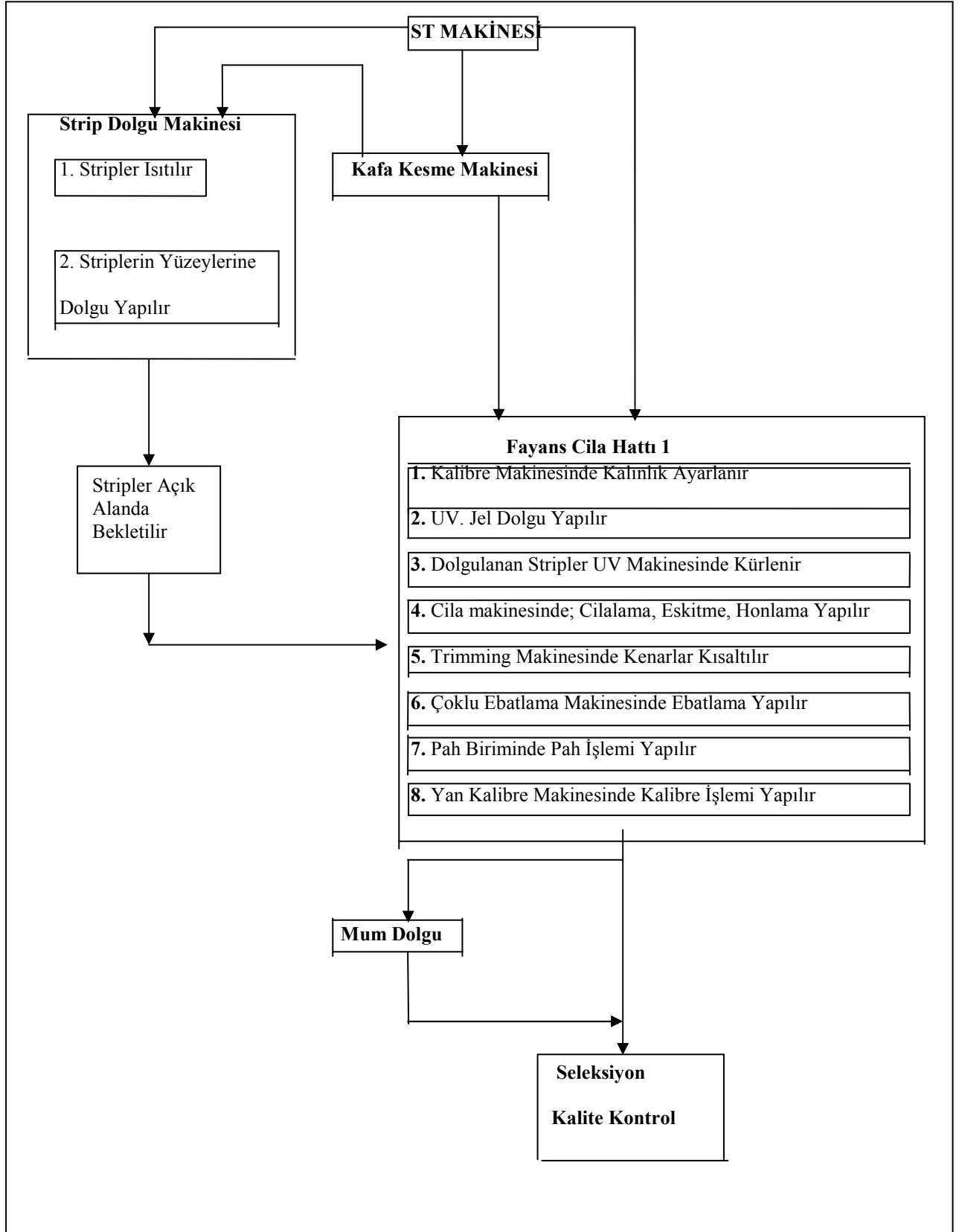
stripler cila hattına verildiğinde ise 194,82 m<sup>2</sup> fayans olmak üzere toplam 351,48 m<sup>2</sup> ürün elde edilmiştir.



Şekil 3.20. Striplere Epoksi + Elyaf File Uygulaması



Şekil 3.21. Striplerin Aralarına Separatör Konularak Paletlere Dizilmesi



Şekil 3.22. Strip Üretim Hattı Akım Şeması

### **3.2.2.2. Sand Wave Plaka ve Striplerin Dolgu-Güçlendirilmesi**

Üretim testleri ve pazar talepleri dikkate alınarak Sand Wave plaka ve striplerinin, az çatlaklı ancak çok gözenekli yapıya sahip olmasından ötürü daha çok yüzey dolgusuna ihtiyacının olduğu tespit edilmiştir. Fabrika ortamında yapılan ön çalışmalar neticesinde Sand Wave plakalarına uygulanacak en uygun dolgu-güçlendirme yönteminin güçlendirme ve dolgu gerektiğinde epoksi + epoksi jel, sadece dolgu işlemi gerektiğinde ise ultraviyole kimyasalları ile sağlandığı belirlenmiştir.

### **Sand Wave Plakalarının Dolgu-Güçlendirilmesi**

Öncelikle; dolgu-güçlendirilme ihtiyacı olan plakaların yüzeyleri kalibre edilir ve abrasif fırçalarla killeri boşaltılır. Elevatörlü dolgu makinesinde; çatlak ve gözeneklerdeki killerin boşaltılmasıyla oluşan boşlukları doldurmak için epoksi uygulanmaktadır. İki plaka için 7–8 dakikalık uygulama zamanı söz konusu olmakta bu süre zarfında epoksinin dolduramadığı geniş delikler ve yarıklar için epoksi jel uygulanmaktadır. Burada plakanın yapısal özelliklerine bağlı olarak lokal jel uygulamaları da yapılabilmektedir. Sand Wave plakalarının güçlendirmesinde kullanılan epoksi, epoksi jel, uygulama metodları ve bekleme süreleri Elazığ Vişne uygulamasındaki gibidir.

Fabrika ortamında dolgu-güçlendirme işlemi yapılmamış Sand Wave plakalarının 2 aylık üretim verileri ayrıntılı ölçülmüş ve hatta giren 2165,20 m<sup>2</sup> plakadan 1543,8 m<sup>2</sup> sağlam plaka elde edilmiştir. Benzer yapıya sahip 2 aylık süre

içinde dolgu-güçlendirme işlemi yapılmış Sand Wave plakalarından hatta giren 8572,13 m<sup>2</sup> plakadan ise 6789,13 m<sup>2</sup> sağlam plaka elde edilmiştir.

Dayanım sorunu olmayan ancak yoğun yüzey gözenekliliğine sahip Sand Wave plakalarına ultraviyole dolgu işlemi uygulanmıştır. Ultraviyole dolgu; yüzey kalibrasyonu yapılmış plakalara; Ultraviyole Plaka Dolgu makinesinde ultraviyole jeli uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken en önemli husus derinliği 5 mm'den büyük olan gözeneklerde yeterince sertleşmenin sağlanamamasıdır. Bu nedenle bu tip durumlarda ağırlıkça karışım oranı %1 olan Benzolin Peroksit sertleştirici kullanılmıştır. Fabrikada izlenen 2 aylık üretim verilerinde hatta giren toplam 3523,89 m<sup>2</sup> güçlendirme ihtiyacı olmayıp gözenek dolgusu ihtiyacı olan plakalara UV dolgu yapılmış ve 3213,78 m<sup>2</sup> yüzey dolgusu istenilen nitelikte sağlam plakalar elde edilmiştir. **Şekil 3.23**'te UV. Dolgusu yapılmış plakalar görülmektedir.



**Şekil 3.23.** UV. Dolgusu Yapılmış Sand Wave Plakası

Kullanılan ultraviyole kimyasal dolgu; stirenlerle çözülmüş doymamış polyester bazlı olup ultraviyole ışınlarla sertleşmektedir. Bu uygulamada kullanılan ultraviyole kimyasalının karakteristik ve teknik özellikleri ile uygulama koşulları aşağıdaki verilmiştir:

**Karakteristik özellikleri:**

- Tek bileşenli( 5 mm'den küçük gözeneler için)
- Çok hızlı yüzey sertleşme özelliği( 10–20 sn ışın maruz kalarak)
- Kılcal çatlaklarda ve killi yüzeylerde iyi nüfuz etme özelliği
- Değişik akışkanlıklarda ve renklerde kullanılma özelliği
- Gün ışığında da donma özelliği

**Teknik özellikler:**

Renk: Transparan-sarımtırak

Yoğunluk: 1,13 – 1,51 gr/cm<sup>3</sup>

Gerekli ışın dalga boyu: 365–420 nm

**Uygulama koşulları:**

1. Uygulanacak yüzeyler kuru, temiz ve tozsuz olmalıdır
2. Büyük deliklerde maksimum %1 sertleştirici kullanılmalıdır
3. Yüzeylere gerektiği kadar ve spatulalar yardımıyla sürülmelidir.
4. Flüoresan tipi ultraviyole lambalarda minimum 2,5 dakika, spot tipi ultraviyole lambalarda minimum 1 dakika ışın uygulanmalıdır.
5. Yüzeye uygulanmadan sertleşmeye başlamış ürün uygulamada kullanılmamalıdır <sup>4</sup>.

### **Sand Wave Striplerinin Dolgu-Güçlendirilmesi**

Fabrikada St'de 2 cm kalınlığında, 30 cm genişliğinde ve 130 cm uzunluğunda kesilen Sand Wave striplerinin bir bölümünün dolgu-güçlendirme yapılması gerektiği tespit edilmiştir. Bu striplere öncelikle yüzey kalibrasyon ve kil çıkartma amaçlı yüzey fırçalama işlemlerinden geçirilerek strip dolgu makinesinde epoksi + epoksi jel uygulaması yapılmıştır. Kullanılan malzemelerin birim alana düşen sarfiyatı plaka dolgu-güçlendirme işlemine çok yakındır.

Dolgu-güçlendirme yapılmamış toplam 406 m<sup>2</sup> strip; fayans cila hattında cilalandıktan sonra 243,54 m<sup>2</sup>'si fayans olmak üzere toplam 296,38 m<sup>2</sup> ürün elde edilmiştir. Benzer özelliklere sahip, epoksi + epoksi jel ile güçlendirilerek cila hattına beslenen 507 m<sup>2</sup> stripten ise 339,69 m<sup>2</sup> fayans olmak üzere toplam 410,67 m<sup>2</sup> ürün elde edilmiştir.

### **3.2.2.3. Brown Espera Plaka ve Striplerinin Dolgu-Güçlendirilmesi**

Brown Espera mermerinin plaka ve striplerinin; dolgu-güçlendirilmesiz, sadece ön yüzey dolgu- güçlendirmeli ve arka yüzey file+ön yüzey dolgu-güçlendirilmeli olmak üzere 3 farklı şekilde plaka cila performansları ölçülmüştür.



## **Brown Espera Plakalarının Dolgu-Güçlendirilmesi**

Brown Espera mermerinin plaka ve striplerinde plaka kalınlığında kalsit delikleri ve piyasada spider (ışınsal) yapısı olarak adlandırılan yoğun kılcal çatlak sistemleri görülebilmektedir. Bloklardan elde edilen plakaların tümüne hem güçlendirme hem de dolgu işlemlerinin gerektiği yapılan üretim çalışmaları sonucunda görülmüştür. Plakaların arka yüzeylerine plaka dolgu makinesinde epoksi + elyaf file uygulandıktan sonra kalibresi yapılmıştır. Daha sonra bu plakaların ön yüzeylerine; plaka dolgu makinesinde epoksi + epoksi jel uygulanmıştır. Burada diğer uygulamalardan farklı olarak; Brown Espera rengine uygun açık kahverengi-krem rengine epoksi jel kullanılmıştır. Ayrıca geniş ve plaka kalınlığı boyutundaki bazı deliklerin dolgusunda kimyasal sarfiyatını azaltmak için mermer kırıntıları kullanılmıştır. Epoksi file uygulamasında 130 gr/m<sup>2</sup> epoksi, epoksi ön yüzey uygulamasında 46 gr/m<sup>2</sup> epoksi ve epoksi jel dolgu uygulamasında 42 gr/m<sup>2</sup> jel kullanılmıştır.

Fabrikada yapılan 4 aylık bir çalışma sonucunda 2 cm'lik dolgu-güçlendirmesi yapılmamış olarak cila hattına beslenen 1453,2 m<sup>2</sup> Brown Espera plakasından 309,53 m<sup>2</sup> sağlam plaka elde edilmiştir. Buna karşın sadece ön yüzeyleri dolgu-güçlendirilen 2147,15 m<sup>2</sup> plakadan ise 693,52 m<sup>2</sup> sağlam plaka elde edilmiştir. Ön yüzeye epoksi + epoksi jel ve arka yüzeye epoksi + epoksi file uygulanarak cila hattına beslenen 12.743,4 m<sup>2</sup> plakadan 8.767,45 m<sup>2</sup> sağlam plaka elde edilmiştir

(Şekil 3.24).



**Şekil 3.24.** Dolgusu Yapılmış Brown Espera Plakası

### **Brown Espera Striplerinin Dolgu-Güçlendirilmesi**

Brown Espera plakalarına uygulanan dolgu-güçlendirme yöntemleri striplere de uygulanmıştır. Kalınlığı 2 cm, genişliği 30 cm ve uzunluğu 130 cm olan stripler dolgu-güçlendirme işlemi yapılarak takip edilen 4 aylık üretim periyodunda elde edilen verimler incelenmiştir. Sonuçta dolgu-güçlendirme uygulanmadan cila hattına verilen 375 m<sup>2</sup> stripten 75,6 m<sup>2</sup> fayans olmak üzere toplam 201 m<sup>2</sup> ürün elde edilmiştir. Sadece ön yüzey dolgu-güçlendirme işlemi uygulanarak cila hattına verilen 2.342,87 m<sup>2</sup> stripten; 726,12 m<sup>2</sup> fayans olmak üzere toplam 1.673,43 m<sup>2</sup> ürün elde edilmiştir. Ön yüzeye epoksi + epoksi jel ve arka yüzeye epoksi + epoksi file uygulanarak cila hattına beslenen 4.314,4 m<sup>2</sup> stripten ise 1.510,02 m<sup>2</sup>'si fayans olmak üzere toplam 3301,45 m<sup>2</sup> ürün elde edilmiştir. Burada daha önceki dolgu-güçlendirme işlemlerinde kullanılan malzemelerle kullanılmış ve gerçekleşen birim sarfiyat miktarları birbirlerine oldukça çok yakındır. Bu çalışma kapsamında plaka ve

striplere uygulanan dolgu güçlendirme yöntemlerinin performans verileri **Çizelge 3.8** ve **Çizelge 3.9**'da ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Çizelge 3.8. Plaka Dolgu-Güçlendirme Uygulamalarının Performansları

	PLAKA							
	Dolgu-Güçlendirmesiz Plaka Miktarları		Ön Yüzey Dolgu-Güçlendirmeli Plaka Miktarları				Epoksi + Epoksi Jel Elyaf File + Dolgu-Güçlendirmeli Plaka Miktarları	
			Epoksi + Epoksi Jel		UV			
	Hatta Giren (m <sup>2</sup> )	Hattan Sağlam Çıkan (m <sup>2</sup> )	Hatta Giren (m <sup>2</sup> )	Hattan Sağlam Çıkan (m <sup>2</sup> )	Hatta Giren (m <sup>2</sup> )	Hattan Sağlam Çıkan (m <sup>2</sup> )	Hatta Giren (m <sup>2</sup> )	Hattan Sağlam Çıkan (m <sup>2</sup> )
Elazığ Vişne	523,15	272,03	-	-	-	-	1650,25	1072,6
Sand Wave	2165,20	1543,79	8572,13	6789,13	3523,89	3213,78	-	-
Brown Espera	1453,20	309,53	2147,15	693,52	-	-	12743,40	8767,45

Çizelge 3.9. Strip Dolgu-Güçlendirme Uygulamalarının Performansları

	STRİP								
	Dolgu-Güçlendirmesiz Plaka Miktarları			Ön Yüzey Epoksi + Epoksi Jel Dolgu-Güçlendirmeli Plaka Miktarları			Ön Yüzey Epoksi + Epoksi Jel Arka Yüzey Elyaf File + Epoksi Dolgu-Güçlendirmeli Plaka Miktarları		
	Hatta Giren (m2)	Hattan Sağlam Çıkan		Hatta Giren (m2)	Hattan Sağlam Çıkan		Hatta Giren (m2)	Hattan Sağlam Çıkan	
		Fayans (m2)	Fayans+Serbest Boy (m2)		Fayans (m2)	Fayans+Serbest Boy (m2)		Fayans (m2)	Fayans+Serbest Boy (m2)
Elazığ Vişne	429	128,7	275,84	-	-	-	487,5	194,82	351,48
Sand Wave	406	243,54	296,38	507	339,69	410,67	-	-	-
Brown Espera	375	75,60	201	2342,87	726,12	1673,43	4314,4	1510,02	3301,45

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Blok Dolgu-Güçlendirme Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular

Fabrikada dolgu-güçlendirme uygulamaları yapılan 2. kalite Elazığ Vişne ve Sand Wave bloklarının bünyelerinde bulunan yapısal problemlerden (kırık, çatlak, boşluk vs. gibi) ötürü dolgu-güçlendirme işlemleri yapılmadan katrakta kesilmesi aşırı risk taşımaktadır. Söz konusu nitelikteki blokların uygun yöntemle dolgu-güçlendirmesi yapılarak katrakta verimli bir şekilde kesilebileceği bu çalışmayla ortaya konmuştur;

- Epoksi jel ile güçlendirilen Elazığ Vişne bloklarının plaka verimde yaklaşık % 20,7'lik bir artış sağlanmıştır.
- Epoksi jel + elyaf file ile güçlendirilen Elazığ Vişne bloklarının plaka veriminde yaklaşık % 29'luk bir artış elde edilmiştir.
- Epoksi jel uygulanarak güçlendirilen Sand Wave bloklarının plaka veriminde yaklaşık % 25,6'lık bir artış sağlanmıştır.

Güçlendirme işlemine tabi tutulan blokların katrakta kesilmesinde elde edilen plaka toplam m<sup>2</sup>'leri toplu bir biçimde **Çizelge 4.1**'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Blok Güçlendirme İşlemlerinin Plaka Verimine Etkisi

Mermer Cinsi	Güçlendirme Yöntemi	Blok Hacmi (m <sup>3</sup> )	Güçlendirilmemiş Blok Teorik Sağlam Plaka		Güçlendirilmiş Bloktan Elde Edilen Sağlam Plaka		Plaka Verimi Artışı (%)
			Adet	(m <sup>2</sup> )	Adet	(m <sup>2</sup> )	
Elazığ Vişne	Epoksi Jel	5,812	29	102,08	35	123,20	<b>20,7</b>
Elazığ Vişne	Epoksi Jel + Elyaf File	5,682	31	121,12	40	156,29	<b>29,0</b>
Sand Wave	Epoksi Jel	4,161	39	115,92	49	145,65	<b>25,6</b>

#### 4.1.2. Elazığ Vişne Epoksi Jel Blok Dolgu-Güçlendirme Maliyet Analizi

Boyuna ve vev çatlak içeren 5,812 m<sup>3</sup>'lük Elazığ Vişne Bloğunun dolgu-güçlendirmesinde toplam 30 kg epoksi jel karışımı kullanılmış ve uygulama 3 işçi tarafından toplam 4 saatte tamamlanmıştır. Epoksi jel karışımının 1 kg maliyeti 5 \$ ve bir işçinin ortalama maliyeti 4,26 \$/saattir.

$$\text{Epoksi jel maliyeti} = 30 \times 5$$

$$= 150 \$$$

$$\text{İşçilik maliyeti} = 4,26 \times 4 \times 3$$

$$= 51,12 \$$$

$$\text{Toplam Epoksi Jel Blok Dolgu-Güçlendirme Maliyeti} = 150 + 51,12$$

$$= 201,12 \$$$

#### 4.1.3. Elazığ Vişne Epoksi Jel + Elyaf File Blok Dolgu-Güçlendirme

##### Maliyet Analizi

Boyuna çatlak içeren 5,682 m<sup>3</sup>'lük Elazığ Vişne Bloğunun dolgu-güçlendirmesinde toplam 35 kg epoksi jel karışımı, 600 gr/m<sup>2</sup>'lik elyaf fileden toplam 11 m<sup>2</sup> kullanılmış ve uygulama 3 işçi tarafından toplam 5 saatte tamamlanmıştır. Epoksi jel karışımının 1 kg maliyeti 5 \$, 1 m<sup>2</sup> file maliyeti 0,6 \$ ve bir işçinin ortalama maliyeti 4,26 \$/saattir.

$$\begin{aligned}\text{Epoksi jel maliyeti} &= 35 \times 5 \\ &= 175 \$\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Elyaf file maliyeti} &= 11 \times 0,6 \\ &= 6,6 \$\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{İşçilik maliyeti} &= 4,26 \times 5 \times 3 \\ &= 63,9 \$\end{aligned}$$

##### **Toplam Epoksi Jel +**

$$\begin{aligned}\text{Elyaf File Dolgu-Güçlendirme Maliyeti} &= 175 + 6,6 + 63,9 \\ &= 245,5 \$\end{aligned}$$

#### 4.1.4. Sand Wave Epoksi Jel Blok Dolgu-Güçlendirme Maliyet Analizi

Kesim doğrultusu boyunca , 1-3 cm genişliğinde ve 20 cm derinliğinde çatlak bulunduran 4,161 m<sup>3</sup>'lük Sand Wave bloğunun dolgu-güçlendirmesinde toplam 9 kg epoksi jel karışımı kullanılmış ve uygulama 2 işçi tarafından 3 saatte tamamlanmıştır. Epoksi jel karışımının 1 kg maliyeti 5 \$ ve bir işçinin ortalama maliyeti 4,26 \$/saattir.



$$\begin{aligned} \text{Epoksi jel maliyeti} &= 9 \times 5 \\ &= 45 \$ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{İşçilik maliyeti} &= 4,26 \times 3 \times 2 \\ &= 25,56 \$ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Toplam Epoksi Jel Dolgu-Güçlendirme Maliyeti} &= 45 + 25,56 \\ &= 70,56 \$ \end{aligned}$$

Blok güçlendirme yapılmış blokların maliyet analiz tablosu **Çizelge 4.2**'de verilmiştir. Güçlendirme maliyeti hesaplamasında maliyette önemli paya sahip olan epoksi jel, elyaf file ve işçilik gibi parametreler dikkate alınmıştır. Enerji, tamir, bakım, amortisman ve diğer sarf malzemeler gibi parametreler toplam maliyette önemli bir paya sahip olmamaları nedeniyle maliyet hesaplamalarında dikkate alınmamıştır.

**Çizelge 4.2.** Blok Dolgu-Güçlendirme İşlemi Yapılmış Blokların Maliyet Analiz Tablosu

	Güçlendirme Yöntemi	Dolgu Güçlendirme	m2	Dolgu Maliyeti	Blok Verim Artışı (%)	Cilalı Plaka Satış Fiyatı (\$)	Gelir (\$)	Ek Kazanç (\$)
<b>Elazığ Vişne</b>	Epoksi Jel Blok Güçlendirme	Yapılmamış (Teorik)	102,08	0	-	95	7758,08	0
		Yapılmış (Güçlendirilmiş)	123,2	201,12	20,7	95	9363,2	1404
<b>Elazığ Vişne</b>	Epoksi Jel + Elyaf File Blok Güçlendirme	Yapılmamış (Teorik)	121,125	0	-	95	9205,5	0
		Yapılmış (Güçlendirilmiş)	156,29	245,5	29,0	95	11878,04	2427,04
<b>Sand Wave</b>	Epoksi Jel Blok Güçlendirme	Yapılmamış (Teorik)	115,92	0	-	30	2782,08	0
		Yapılmış (Güçlendirilmiş)	145,65	70,56	25,6	30	3495,6	642,96

## 4.2. Plaka Dolgu-Güçlendirme Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular

Fabrika ortamında Elazığ Vişne plakalarına çift taraflı dolgu-güçlendirme, Sand Wave plakalarına ön yüzey dolgu-güçlendirme ve ön yüzey ultraviyole dolgu, Brown Espera plakalarına hem çift taraflı hem de sadece ön yüzey dolgu- güçlendirme işlemleri uygulanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda;

- Güçlendirilmemiş Elazığ Vişne plakalarının cila işleminde plaka kırılma oranı % 48 iken; arka yüzey epoksi + file ve ön yüzey epoksi + epoksi jel dolgu-güçlendirme işlemi sonucunda % 35'e düşürülmüştür.
- Güçlendirilmemiş Sand Wave plakalarının cila işleminde plaka kırılma oranı % 28,7 iken; ön yüzey epoksi + epoksi jel dolgu-güçlendirme işlemi sonucunda % 20,8'e düşürülmüştür.
- Güçlendirilmemiş Brown Espera plakalarının cila işleminde plaka kırılma oranı % 78,7 iken; sadece ön yüzey epoksi + epoksi jel dolgu-güçlendirme işlemini sonucunda % 67,7'ye, arka yüzey epoksi + file ve ön yüzey epoksi + epoksi jel dolgu-güçlendirme işlemini sonucunda ise % 31,2'ye düşürülmüştür.
- Dolgu-güçlendirme işlemine tabi tutulmadan ve cila işleminden sonra sağlam elde edilen Brown Espera, Sand Wave ve Elazığ Vişne plakalarının genelinde yüzey dolgu ihtiyacının olduğu tespit edilmiştir.
- Sadece ultraviyole kimyasalı kullanılarak yüzey dolgu yapılan Sand Wave plakalarının cila işlemi sonrası yüzey dolgu ihtiyacı olmayan plaka verimi % 91,2 olarak gerçekleşmiştir.

Dolgu-güçlendirmesiz ve dolgu-güçlendirmeli plakaların cila işlemi sonrası verimleri **Çizelge 4.3**'te topluca verilmektedir.

#### **4.2.1. Plaka Dolgu-Güçlendirme Maliyet Analizi**

Plaka dolgu-güçlendirme işlemlerinde enerji, işçilik, amortisman, bakım-onarım, elyaf file ve kimyasal dolgu malzemesi gibi maliyetler söz konusu olmaktadır. Plaka dolgu-güçlendirme işleminde harcanan enerji, işçilik, yatırım, bakım-onarım maliyet rakamları bu fabrika ortamına göre hesaplanmış ve önceki çalışmalara yakın olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.4**'te plaka dolgu-güçlendirme işlemlerinin maliyetleri, kırılma oranları ve satış rakamları göz önüne alınarak elde edilen ekonomik kazanç ayrıntılı bir biçimde verilmektedir.

#### **4.3. Strip Dolgu-Güçlendirme Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular**

Plaka uygulamalarına benzer olarak; fabrika ortamında St'lerde kesilen Elazığ Vişne striplerine çift taraflı dolgu-güçlendirme, Sand Wave striplerine ön yüzey dolgu-güçlendirme, Brown Espera striplerine ise hem çift taraflı hem de sadece ön yüzey dolgu- güçlendirme uygulanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda;

- Dolgu-güçlendirilmemiş Elazığ Vişne striplerinin cila işleminde fayans + strip kırılma oranı; arka yüzey epoksi + file ve ön yüzey epoksi + epoksi jel dolgu-güçlendirme işlemiyle % 35,7'den % 27,9'a düşmüştür.

- Dolgu-güçlendirilmemiş Sand Wave striplerinin cilalanması sırasında işleminde fayans + strip kırılma oranı epoksi + epoksi jel dolgu-güçlendirme işlemiyle % 24'ten % 21'e düşürülmüştür.
- Dolgu-güçlendirilmemiş Brown Espera striplerinin cilalanması sırasında fayans + strip kırılma oranı; sadece ön yüzey epoksi + epoksi jel dolgu-güçlendirmesiyle % 46,4'ten % 28,57'ye düşürülmüştür.
- Dolgu-güçlendirilmemiş Brown Espera striplerinin cilalanması sırasında fayans + strip kırılma oranı; arka yüzey epoksi + file ve ön yüzey epoksi + epoksi jel dolgu-güçlendirmesiyle 46,4'ten % 23,4'e düşürülmüştür.
- Dolgu-güçlendirme işlemi yapılmayan ve cila işleminden sonra sağlam elde edilen Brown Espera, Sand Wave ve Elazığ Vişne fayans ve striplerinin genelinde yüzey dolgu ihtiyacının olduğu gözlenmiştir.

Dolgu-güçlendirmesiz ve dolgu-güçlendirmeli striplerin cila işlemi sonrası verimleri ile ilgili veriler topluca **Çizelge 4.5**'te verilmektedir.

#### **4.3.1. Strip Dolgu-Güçlendirme Maliyet Analizi**

Strip dolgu-güçlendirme uygulamalarında ilk yatırım maliyetleri plakaya oranla daha düşük işçilik masrafları ise daha yüksektir. Maliyeti oluşturan diğer parametreler (dolgu, enerji vb.) birbirlerine oldukça yakın olabilmektedir. **Çizelge 4.6**'da strip dolgu-güçlendirme işlemlerinin maliyet analizi verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Plaka Dolgu-Güçlendirme İşlemlerinin Plaka Verimine Etkileri

	<b>PLAKA</b>											
	Dolgu-Güçlendirmesiz Plakalar			Ön Yüzey Dolgu-Güçlendirmeli Plakalar						Ön Yüzey Epoksi + Epoksi Jel + Arka Yüzey Elyaf File + Epoksi Dolgu-Güçlendirmeli Plakalar		
				Epoksi + Epoksi Jel			UV					
	Hatta Giren (m <sup>2</sup> )	Hattan Sağlam Çıkan (m <sup>2</sup> )	Kırılma Oranı (%)	Hatta Giren (m <sup>2</sup> )	Hattan Sağlam Çıkan (m <sup>2</sup> )	Kırılma Oranı (%)	Hatta Giren (m <sup>2</sup> )	Hattan Sağlam Çıkan (m <sup>2</sup> )	Kırılma Oranı (%)	Hatta Giren (m <sup>2</sup> )	Hattan Sağlam Çıkan (m <sup>2</sup> )	Kırılma Oranı (%)
Elazığ Vişne	523,15	272,03	<b>48,00</b>	-	-	-	-	-	-	1650,25	1072,60	<b>35,00</b>
Sand Wave	2165,20	1543,79	<b>28,70</b>	8572,13	6789,13	<b>20,80</b>	3523,89	3213,78	<b>8,80</b>	-	-	-
Brown Espera	1453,20	309,53	<b>78,70</b>	2147,15	693,52	<b>67,70</b>	-	-	-	12743,40	8767,45	<b>31,20</b>

**Çizelge 4.4.** Strip Dolgu-Güçlendirme İşlemlerinin Fayans + Strip Verimine Etkileri

	<b>STRİP</b>											
	<b>Dolgu-Güçlendirmemiş Stripler</b>				<b>Epoksi + Epoksi Jel Ön Yüzey Dolgu-Güçlendirmeli Stripler</b>				<b>Ön Yüzey Epoksi + Epoksi Jel + Arka Yüzey Elyaf File + Epoksi Dolgu-Güçlendirmeli Stripler</b>			
	Hatta Giren (m <sup>2</sup> )	Hattan Sağlam Çıkan			Hatta Giren (m <sup>2</sup> )	Hattan Sağlam Çıkan			Hatta Giren (m <sup>2</sup> )	Hattan Sağlam Çıkan		
		Fayans (m <sup>2</sup> )	Fayans +Strip (m <sup>2</sup> )	Fayans+Strip Kırılma Oranı (%)		Fayans (m <sup>2</sup> )	Fayans +Strip (m <sup>2</sup> )	Fayans+Strip Kırılma Oranı (%)		Fayans (m <sup>2</sup> )	Fayans + Strip (m <sup>2</sup> )	Fayans+Strip Kırılma Oranı (%)
Elazığ Vişne	429	128,7	275,84	<b>35,70</b>	-	-	-	-	487,50	194,82	351,48	<b>27,90</b>
Sand Wave	406	243,54	296,38	<b>27,00</b>	507	339,6	410,67	<b>19,00</b>	-	-	-	-
Brown Espera	375	75,60	201,00	<b>46,40</b>	2342,87	726,1	1673,43	<b>28,57</b>	4314,4	1510,0	3301,45	<b>23,48</b>

**Çizelge 4.5.** Dolgu-Güçlendirme İşlemi Yapılmış Plakaların Maliyet Analizi ve Ekonomik Kazanç Verileri

	Dolgu-Güçlendirme Yöntemi	Dolgu-Güçlendirme	Plaka Miktarı m <sup>2</sup>	Dolgu Maliyeti (\$/m <sup>2</sup> )							Kırılma Oranı (%)	Hattan Çıkan Sağlam Plaka Miktarı m <sup>2</sup>	Cilalı Plaka Satış Fiyatı (\$)	Gelir (\$)	Dolgu Gideri	Ek Kazanç (\$)	Ek Kazanç (\$/m <sup>2</sup> )
				Enerji	İşçilik	Yatırım	Bakım-Onarım	Elyaf File	Dolgu	Toplam							
Elazığ Vişne	Epoksi+Epoksi Jel+Elyaf File Dolgu-Güçlendirme	Yapılmamış	1650,25	0	0	0	0	0	0	0	48	858,13	95	81522,35	0	0	
		Yapılmış	1650,25	0,4	0,15	0,11	0,02	0,6	1,24	2,50112	35,0	1072,66	95	101902,9	4127,5	16253,1	9,8489
Sand Wave	Epoksi + Epoksi Jel Ön Yüzey Dolgu-Güçlendirme	Yapılmamış	8572,13	0	0	0	0	0	0	0	28,7	6111,93	30	183357,9	0	0	0
		Yapılmış	8572,13	0,4	0,15	0,11	0,02	0	0,51	1,16965	20,8	6789,13	30	203673,8	10026,4	10289,5	1,2003
	Ultraviyole	Yapılmamış	3523,89	0	0	0	0	0	0	0	8,8	3213,8	27	86772,3	0	0	0
		Yapılmış	3523,89	0,3	0,15	0,046	0,01	0	0,4	0,8963	8,8	3213,79	30	96413,6	3158,4	6482,9	1,8397
Brown Espera	Epoksi + Epoksi Jel Ön Yüzey Dolgu-Güçlendirme	Yapılmamış	2147,15	0	0	0	0	0	0	0	78,7	457,34	35	16007,0	0	0	0
		Yapılmış	2147,15	0,4	0,15	0,11	0,02	0	0,53	1,1900	67,7	693,53	35	24273,5	2555,1	5711,4	2,66
	Epoksi+Epoksi Jel+Elyaf File Dolgu-Güçlendirme	Yapılmamış	12743	0	0	0	0	0	0	0	78,7	2714,26	35	94999,1	0	0	0
		Yapılmış	12743	0,4	0,15	0,11	0,02	0,6	1,27	2,5300	31,2	8767,18	35	306851,4	32239,8	179612,6	14,095

**Çizelge 4.6.** Dolgu-Güçlendirme İşlemi Yapılmış Striplerin Maliyet Analizi ve Ekonomik Kazanç Verileri

	Dolgu-Güçlendirme Yöntemi	Dolgu-Güçlendirme	Strip Miktarı m <sup>2</sup>	Dolgu Maliyeti (\$/m <sup>2</sup> )							Fayans+ Strip Kırılma Oranı (%)	Hattan Çıkan Sağlam Fayans+Strip Miktarı m <sup>2</sup>	Cilalı Fayans+ Strip Ortalama Satış Fiyatı (\$)	Gelir (\$)	Dolgu Gideri	Ek Kazanç (\$)	Ek Kazanç (\$/m <sup>2</sup> )
				Enerji	İşçilik	Yatırım	Bakım - Onarım	Elyaf File	Dolgu	Toplam							
Elazığ Vişne	Epoksi+Epoksi Jel+Elyaf File Dolgu-Güçlendirme	Yapılmamış	487,5	0	0	0	0	0	0	0	35,70	313,45	45	14105,5	0	0	0
		Yapılmış	487,5	0,4	0,2	0,07	0,02	0,6	1,24	2,5111	27,90	351,48	45	15816,6	1224,2	487,0	1,0
Sand Wave	Epoksi + Epoksi Jel Ön Yüzey Dolgu-Güçlendirme	Yapılmamış	507	0	0	0	0	0	0	0	27,0	370,11	20	7402,2	0	0	0
		Yapılmış	507	0,4	0,2	0,07	0,02	0	0,51	1,1797	19,0	410,67	20	8213,4	598,1	213,1	0,4
Brown Espera	Epoksi + Epoksi Jel Ön Yüzey Dolgu-Güçlendirme	Yapılmamış	2342,87	0	0	0	0	0	0	0	46,4	1255,78	21	26371,3	0	0	0
		Yapılmış	2342,87	0,4	0,2	0,07	0,02	0	0,53	1,2000	28,6	1673,43	21	35142,0	5177,3	3593,4	1,5
	Epoksi+Epoksi Jel+Elyaf File Dolgu-Güçlendirme	Yapılmamış	4314,4	0	0	0	0	0	0	0	46,4	2312,52	21	48562,9	0	0	0
		Yapılmış	4314,4	0,4	0,2	0,07	0,02	0,6	1,27	2,5400	23,5	3301,45	21	69330,5	5950,9	14816,7	3,4



## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Dolgu- güçlendirme uygulaması; dolgu ve sağlamlaştırma gereksinimi olan blok veya işlenmiş ürünlere uygulanabilmektedir. Son yıllarda geliştirilen yeni kimyasal dolgu malzemeleri, mermerlerin dayanımını arttırmasının yanı sıra albenilerini de olumlu yönde etkilemekte ve daha yüksek fiyatlara satılmalarını sağlamaktadır. Dolgu-güçlendirme alanında sağlanan teknolojik gelişmeler arızalı ve kusurlu ocakların daha verimli bir şekilde işletilebilmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca fabrikada kesilmesi ve işlenmesi sırasında büyük fireler oluşan mermerlerin de ekonomik bir şekilde üretilmesine olanak sağlamaktadır.

Blok, plaka ve strip dolgu-güçlendirme uygulamalarında aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir:

- Bünyesinde boyuna ve verev çatlaklar içeren katrakta kesilmesi mümkün olmayan bloklar güçlendirilerek katrakta başarılı bir şekilde kesilmiştir. Güçlendirme sonrası boyuna çatlak içeren Elazığ Vişne bloğundan % 20,7 (21,12 m<sup>2</sup>) verim artışı ile 1404 \$ ek kazanç sağlanmıştır. Verev çatlak içeren Elazığ Vişne bloğundan ise % 29 (35,16 m<sup>2</sup>) verim artışı ile 2427 \$ ek kazanç sağlanmıştır. Boyuna geniş çatlak içeren Sand Wave bloğundan % 25,6 (29,73 m<sup>2</sup>) verim artışı ile 642 \$ ek kazanç elde edilmiştir.
- Epoksi + elyaf file + epoksi jel dolgu-güçlendirme sonucunda, cila hattına beslenen 1650,25 m<sup>2</sup> Elazığ Vişne plakalarından % 13 (214,53 m<sup>2</sup>) verim artışı ile toplam 16253 \$ ek kazanç sağlanmıştır. Diğer bir deyişle birim m<sup>2</sup> başına 9,8 \$ ek kazanç sağlanmıştır. Brown Espera mermerinde ise cila hattına beslenen 12743 m<sup>2</sup> plakadan % 47,5 (6052 m<sup>2</sup>) verim artışı ile toplam 179612 \$; birim m<sup>2</sup> başına ise 14 \$ ek kazanç sağlanmıştır.

- Epoksi + epoksi jel ön yüzey plaka dolgu-güçlendirme işlemi sonucunda cila hattına beslenen 1650,25 m<sup>2</sup> Sand Wave plakalarından % 7,9 (677,2 m<sup>2</sup>) verim artışı ile toplam 10289 \$ ek kazanç sağlanmıştır. Diğer bir deyişle birim m<sup>2</sup> başına 1,2 \$ ek kazanç sağlanmıştır. Brown Espera mermerinde ise cila hattına beslenen 2147,15 m<sup>2</sup> plakadan % 10 (236,19 m<sup>2</sup>) verim artışı ile toplam 5711 \$; birim m<sup>2</sup> başına ise 2,6 \$ ek kazanç sağlanmıştır.
- Sadece ultraviyole kimyasalı kullanılarak yüzey dolgusu yapılan 3523,89 m<sup>2</sup> Sand Wave plakalarının cila işlemi sonrasında % 91,2 (3213,79 m<sup>2</sup>) plaka verimi ile toplam 6482 \$; birim m<sup>2</sup> başına ise 3 \$ ek kazanç sağlanmıştır. Görüldüğü gibi ultraviyole uygulamasıyla kırılma oranı diğer dolgu-güçlendirme uygulamalarında olduğu gibi çok büyük bir etkisi olmamış, ürün kalitesinin artırılması sebebiyle daha yüksek fiyata satılmalarına olanak sağlanmıştır.
- Epoksi + elyaf file + epoksi jel dolgu-güçlendirme sonucunda, cila hattına beslenen 487,5 m<sup>2</sup> Elazığ Vişne striplerinden % 7,8 (38,03 m<sup>2</sup>) verim artışı ile toplam 487 \$ ek kazanç sağlanmıştır. Diğer bir deyişle birim m<sup>2</sup> başına 1 \$ ek kazanç sağlanmıştır. Brown Espera mermerinde ise cila hattına beslenen 4314,4 m<sup>2</sup> stripten % 22,9 (988 m<sup>2</sup>) verim artışı ile toplam 14816 \$ ek kazanç sağlamıştır. Birim m<sup>2</sup> başına 3,4 \$ ek kazanç sağlanmıştır.
- Epoksi + epoksi jel ön yüzey strip dolgu-güçlendirme işlemi sonucunda cila hattına beslenen 1650,25 m<sup>2</sup> Sand Wave striplerinden % 8 (40,5 m<sup>2</sup>) verim artışı ile toplam 213 \$ ek kazanç sağlanmıştır. Diğer bir deyişle birim m<sup>2</sup> başına 0,4 \$ ek kazanç sağlanmıştır. Brown Espera mermerinde ise cila hattına beslenen 2147,15 m<sup>2</sup> stripten ise % 22,9 (988 m<sup>2</sup>) verim artışı ile toplam 14816 \$ ek kazanç sağlamıştır. Birim m<sup>2</sup> başına 3,4 \$ ek kazanç sağlanmıştır.

- Her bir mermer türünün sahip olduğu arıza ve kusur türüne göre doğrudan uygulanabilecek kimyasal dolgu malzemesi yoktur. Dolgu-güçlendirme yöntemi seçiminde mermerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra arıza ve kusurlarının yoğunluğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Tedarikçilerle birlikte ayrıntılı ön çalışmalar yapılarak en uygun kimyasal dolgu malzemesi ve güçlendirme yöntemi belirlenmelidir.
- Blok güçlendirme işlem kararı sürecinde, çatlak yapısı, konumunu, açıklığı, dolgusu, bloğun kesim yönü ve blok geometrisi göz önünde bulundurulmalıdır.
- Güçlendirilmiş blokların katrakta kesimi esnasında oluşan titreşimler minimum düzeye indirilmelidir. Kesme performansında önemli etkiye sahip olan soket aşınmaları, blok sabitlenmesi ve kesme hızı gibi parametreler daha dikkatli seçilmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Yüzer E. ve Mutlu S., *Türkiye Doğal Taş Sektörünün Gelişimi*, Stone, Doğal Taş ve Endüstrisi Katalogu, 16s, 2005
2. <http://www.migem.gov.tr> (11/05/2009)
3. EMANUEL, F., *The Marble and Granit Resin Process: How and Why*, <Http://www..Stoneworld.Com/Cda/ArticleInformation>, 2003, (20/12/2008)
4. ACAR, H., *Doğal Taşlarda Çatlak Tamir ve Gözenek Dolgu sistemleri, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu* (Mersem 2003) Bildiriler Kitabı, 415-434s, 2003
5. [www.kromas.com.tr](http://www.kromas.com.tr), (12/11/2009)
6. <http://www.hempel.com/Internet/IneUSC.nsf/vHEMPELDOC/845FF159C1D7EEE1C1256F7F00644E5B?OpenDocument>, (13/11/2009)
7. SELWITZ, C., *Epoksi Resins in Stone Conservation*, Conservation Research Series, The Getty Conservation İnstitute, 1992
8. KOTAŞEK, V., *Application of Epoksi Resins in Consolidation of Ornamental Stone*, 2004, <http://www.stoneworld.com/CDA/ArticleInformation>, (19/01/2005)
9. ÇETİN, F., *Gözenek ve Çatlak Tamir Uygulama Örnekleri ve Bu Uygulamaların İşletmelere Getirdiği İlave Kazançlar*, Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı ,(Mersem 2001), 3–5 Mayıs, Afyon, 445 – 449s, 2001.
10. *Epoksi, Polyester, UV Reçine, ve Mastikler*, [www.inkatrade.com/epoksi.htm](http://www.inkatrade.com/epoksi.htm), (11/11/2009).
11. [www.camelyaf.com.tr](http://www.camelyaf.com.tr), (17/11/2009)
12. ŞENTÜRK, A., SARIŞIK, A., *Doğal Taş Tamirinde Epoksi, Polyester, Mastik ve Çimento Dolguların Uygulanma Kriterleri*, (Mersem 2003) Bildiriler Kitabı 553-565s, 2003.
13. POMAKIS, I., MEÇİK, A., *Modern Kimyasal Uygulama İşlemleri ile Doğal Taşların Kalitesinin Arttırılması*, Türkiye Taş Dünyası, Taş ve Taş Teknolojileri Dergisi, Sayı: 22, Temmuz-Ağustos, İzmir, 92-98s, 2001.
14. [www.akemi.com](http://www.akemi.com), *Ultraviyole Kimyasallar*, (10/10/2009)
15. DEMİRAĞ, S., [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), *The Effect Of Using Different Polymer And Cement Based Materials In Pore Filling Applications On Technical Parameters Of Travertine Stone*, 2007 (09/11/2009)
16. CEVHEROĞLU, S., *Diyarbakır Yöresindeki Bazı Mermer Türlerine Uygulanan Dolgu Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 46s, 2005
17. ÖZTEKİN, L., *Mermerlerde Uygulanan Kimyasallar, Epoksi ve Polyester Uygulanmış Mermerlerde Çekme ve Eğilme Dayanım-Sıcaklık İlişkisi* Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 42s, 2007
18. AGCA, E., *Sözlü Görüşmeler, Dimer Mermer Fabrikası Ar-Ge Birimi*
19. <http://www.cdph.ca.gov/programs/hesis/Documents/epoksi.pdf> (09/10/2009)
20. AYHAN, M. *Diyarbakır Mermer Sektörünün Türkiye Mermer Endüstrisindeki Yeri, Sorunları Ve Çözüm Önerileri*, [http://web.dicle.edu.tr/oakkoyun/mermer\\_diyarbakir\\_bulten.pdf](http://web.dicle.edu.tr/oakkoyun/mermer_diyarbakir_bulten.pdf), 2007 (02/01/2010)
21. Dimer ve Alacakaya Ürün Katalogları, 2009
22. Duratek Epoksi Ürün Kataloğu, 2007

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Felat GÖKDEMİR

Doğum Yeri: Diyarbakır

Doğum Tarihi: 12.05.1978

Medeni Hali: Bekâr

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Diyarbakır Anadolu Lisesi 1989-1996

Lisans : Dicle Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi

Maden Mühendisliği Bölümü 1997-2001

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: Dimer Mermer A.Ş. 2005 – Devam Ediyor