

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ & FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MERMERLERDE UYGULANAN KİMYASALLAR,  
EPOKSİ VE POLYESTER UYGULANMIŞ MERMERLERDE  
ÇEKME VE EĞİLME DAYANIM-SICAKLIK İLİŞKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Müh. Lokman ÖZTEKİN**

**Ana Bilim Dalı : MADEN MÜHENDİSLİĞİ**

**Programı : MADEN MÜHENDİSLİĞİ**

**OCAK 2007**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ & FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MERMERLERDE UYGULANAN KİMYASALLAR,  
EPOKSİ VE POLYESTER UYGULANMIŞ MERMERLERDE  
ÇEKME VE EĞİLME DAYANIM-SICAKLIK İLİŞKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Müh. Lokman ÖZTEKİN  
505031004**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Erkin NASUF  
Juri Üyeleri : Prof. Dr. Gündüz ÖKTEN  
Prof. Dr. Mustafa ERDOĞAN**

**OCAK 2007**

## ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım için konu seçiminde ve tezin sürdürülmesinde her türlü desteği veren Sayın Hocam Prof. Dr. Erkin NASUF'a;

Çalışmalarım sırasında her türlü katkısı sağlayan ve bugünlere gelmemde sayamayacağım kadar emeği geçen Sayın Hocam Prof. Dr. Nuh BİLGİN ve Sayın Hocam Prof. Dr. Gündüz ÖKTEN'e;

Tezin bütün aşamalarında yanımda olan, bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen değerli arkadaşlarım Ar. Gör. Abdullah FİŞNE, Ar. Gör. Murat ÖZKAN ve Ar. Gör. İ. Emre ÖNSEL'e;

Tez numunelerimin hazırlanması sırasında yardımlarını benden esirgemeyen değerli arkadaşım Adnan BAYSAN'a;

Numunelerin hazırlanmasına imkan ve olanak sağlayan Sn. Emek KILIÇ'a ve tüm ÜRÜN MERMER ailesine;

Ayrıca tez yapabilmem için bana destek olan aileme ve tüm dostlarıma,

Teşekkür ediyorum....

Ocak 2007

Lokman ÖZTEKİN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
<b>1 GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2 MERMERLERDE KULLANILAN BAZI KİMYASALLAR</b>	<b>2</b>
2.1 Mermer-Granit Deterjanları ve Leke Sökücüleri	2
2.1.1 Ekstra Güçlü Granit ve Seramik Deterjanı	2
2.1.2 Mermer Deterjanı	2
2.1.3 Cila Sökücü	2
2.1.4 Mermer ve Granit İçin Yıkama ve Parlatma Ürünü	2
2.1.5 Alkalın Bazlı Deterjan	3
2.1.6 Asidik Deterjan	3
2.1.7 Leke Emici Macun	3
2.2 Mermer ve Granit Yüzey Koruyucu ve Leke Önleyiciler	3
2.2.1 Su ve Yağ Lekeleri Önleyici, Sıvı veya Gazsız Sprey	3
2.2.2 Su Lekesi Önleyici	4
2.2.3 Sıvı İzolatörü	4
2.2.4 Döşemede Çizik Önleyici Kaplama (İnşaatlarda)	4
2.2.5 Seramikler İçin Leke Önleyici	4
2.2.6 Antika Görünümlü (Eskitilmiş) Taş Kaplaması	5
2.2.7 Sıkıştırıcı Yüzey Koruyucu	5
2.3 Mermer – Granit Cilaları	5
2.3.1 Özel Karışım Cila (Şeffaf)	5
2.3.2 Köşe ve Kenarlar İçin Özel Karışım Sıvı Cila	5
2.3.3 Silikonlu Sıvı Cila	6
2.3.4 Mermer ve Granit İçin Sıvı Cila	6
2.3.5 Sıvı ve Sprey Cila	6
2.3.6 Sıvı Cila, Yüksek Hızlı Parlatma Sistemi	6
2.3.7 Kristalleştirici Cam Cila	7
2.3.8 İzolasyon Cilası	7
2.3.9 Sprey Cila	7
2.4 Yapıştırıcılar – Mastikler - Tamir ve Dolgu Malzemeleri	7
2.4.1 Epoksi Reçineler	7
2.4.2 Polyester Reçineler	8
2.4.3 UV Reçineler	9
2.4.4 Mastikler	10
2.4.5 Çimento Dolgu	10

<b>3</b>	<b>MERMERLERDEDEKİ PROBLEMLER VE EPOKSİNİN ETKİ MESAFESİ</b>	<b>11</b>
3.1	Çatlaklar – Gözenekler - Mikro Gözenekler (Porozite)	11
3.1.1	Epoksinin Etki Mesafesi	11
3.1.2	Viskozite, Akışkanlık ve Penetrasyon (Nüfuziyet)	12
3.2	Üretim Problemleri	12
3.3	Ticari Problemler	13
3.4	Uygulama (Montaj) Problemleri	13
<b>4</b>	<b>EPOKSİ ve POLYESTERLERİN UYGULAMA PROSESLERİ</b>	<b>14</b>
4.1	Taş Tamir, Güçlendirme ve Dolgu Sistemleri Seçiminde ve Kullanılmasında Dikkat Edilecek Hususlar	14
4.1.1	Uygun Malzemenin Seçimi	14
4.1.2	Uygulama Sistemleri	14
4.1.2.1	Masalar	15
4.1.2.2	Kurutma ve Kürleme Odaları	15
4.1.2.3	Batch Fırınlr	16
4.1.2.4	Tünel Fırınlı Hatlar	16
4.2	Üretim Hatları	16
4.2.1	Reçine Hatları	16
4.2.2	Mastik Hatları	17
4.2.3	UV Hatlar	20
4.2.4	Çok Amaçlı Hatlar	23
4.2.5	Elevatör Fırınlı Reçine Hatları	23
4.2.6	Çimento Dolgu Makineleri	24
4.2.7	Karma ve Bileşik Sistemler	24
4.3	Doğru Uygulama Sisteminin Seçimi	25
4.4	Uygulamada Dikkat Edilecek Hususlar	26
4.4.1	Temizleme ve Kil Çıkartma	26
4.4.2	Kurutma, Kurutmanın Önemi ve Parametreleri	26
4.4.3	Fileli Uygulamalar	27
4.5	Polimerizasyon	27
4.5.1	Sertleştirici Katkılar ve Katalizörler	27
4.5.2	UV Polimerizasyon ve Çifte Kürleme Sistem (DCS-Double curing system)	28
4.6	Polimerizasyonun Aşamaları	29
4.6.1	Manipülasyon Polimerizasyonu	29
4.6.2	Proses Polimerizasyonu	29
4.6.3	Tam Polimerizasyon	30
4.7	Kimyasalların Özel Üretimlerde Kullanılması	30
4.8	Blokların Sağlamlaştırılması	31

<b>5</b>	<b>MERMERLERDE KİMYASAL UYGULAMASININ İŞLETME VERİMİNE ETKİSİ</b>	<b>32</b>
5.1	Maliyetler	32
5.1.1	Yatırım	32
5.1.2	Bakım-Onarım	32
5.1.3	Dolgu-Tamir Malzemesi	32
5.1.4	Enerji	32
5.1.5	İşçilik	34
5.2	Kazanımlar	34
5.2.1	Fire Azalması, Kalite Artışı	34
5.2.2	Prosesteki Tıkanıklıkların Giderilmesi	34
5.2.3	Standart Ürün, Programlı Üretim, Kalite Güvencesi ve Sürekliliği	34
5.2.4	Yükleme-Boşaltma ve Nakliye Problemlerinin Azalması	35
5.2.5	Satış Sonrası Problemlerin Azalması	35
5.2.6	Müşteri Memnuniyeti ve Rekabet Gücündeki Artış	35
5.2.7	Örnek Kazanç Tabloları	36
<b>6</b>	<b>MERMER KİMYASALLARININ ÇEKME VE EĞİLME DAYANIMLARININ ISI İLE DEĞİŞİMİ</b>	<b>38</b>
6.1	Mermer Kimyasalları ile Yüzey Kalitesi Arasındaki İlişki	38
6.2	Deney Numunelerinin Hazırlanması	40
6.3	Deneyle	42
6.3.1	Çekme Dayanımı Deneyi (Brazilian Deneyi)	42
6.3.1.1	Epoksi Uygulaması	43
6.3.1.2	Polyester Uygulaması	46
6.3.1.3	Doğal Mermer Uygulaması	49
6.3.2	Eğilme Dayanımı Deneyi	52
6.3.2.1	Epoksi Uygulaması	53
6.3.2.2	Polyester Uygulaması	56
6.3.2.3	Doğal Mermer Uygulaması	59
6.4	Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması	62
6.5	Mastik Dolguların Genleşme Ölçümleri	65
<b>6</b>	<b>SONUÇLAR</b>	<b>66</b>
	<b>KAYNAKLAR</b>	<b>68</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>69</b>

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 5.1:</b> Maliyetler tablosu (MF:Makina Fiyatı) [1].....	33
<b>Tablo 5.2:</b> Çatlak tamiri kazanç tablosu (bej plaka için) [1].....	36
<b>Tablo 5.3:</b> Gözenek dolgu kazanç tablosu.....	37
<b>Tablo 5.4:</b> Tamir ve dolgu ile net ilave kazanç tablosu (Euro) .....	37
<b>Tablo 6.1:</b> Epoksi uygulanan numunelerde -20 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	43
<b>Tablo 6.2:</b> Epoksi uygulanan numunelerde 0 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	43
<b>Tablo 6.3:</b> Epoksi uygulanan numunelerde 20 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	43
<b>Tablo 6.4:</b> Epoksi uygulanan numunelerde 40 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	44
<b>Tablo 6.5:</b> Epoksi uygulanan numunelerde 60 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	44
<b>Tablo 6.6:</b> Epoksi uygulanan numunelerde 80 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	44
<b>Tablo 6.7:</b> Değişik sıcaklıklarda epoksi uygulanan numunelerde yapılan çekme dayanımı deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterilmesi.....	45
<b>Tablo 6.8:</b> Polyester uygulanan numunelerde -20 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	46
<b>Tablo 6.9:</b> Polyester uygulanan numunelerde 0 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	46
<b>Tablo 6.10:</b> Polyester uygulanan numunelerde 20 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	46
<b>Tablo 6.11:</b> Polyester uygulanan numunelerde 40 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	47
<b>Tablo 6.12:</b> Polyester uygulanan numunelerde 60 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	47
<b>Tablo 6.13:</b> Polyester uygulanan numunelerde 80 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	47
<b>Tablo 6.14:</b> Değişik sıcaklıklarda polyester uygulanan numunelerde yapılan çekme dayanımı deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterilmesi. ....	48
<b>Tablo 6.15:</b> Doğal numunelerde -20 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları .....	49
<b>Tablo 6.16:</b> Doğal numunelerde 0 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	49
<b>Tablo 6.17:</b> Doğal numunelerde 20 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	49
<b>Tablo 6.18:</b> Doğal numunelerde 40 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	50
<b>Tablo 6.19:</b> Doğal numunelerde 60 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	50
<b>Tablo 6.20:</b> Doğal numunelerde 80 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları.....	50

<b>Tablo 6.21:</b> Değişik sıcaklıklarda doğal numunelerde yapılan çekme dayanımı deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterilmesi.....	51
<b>Tablo 6.22:</b> Epoksi uygulanan numunelerde -20 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	53
<b>Tablo 6.23:</b> Epoksi uygulanan numunelerde 0 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	53
<b>Tablo 6.24:</b> Epoksi uygulanan numunelerde 20 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	53
<b>Tablo 6.25:</b> Epoksi uygulanan numunelerde 40 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	54
<b>Tablo 6.26:</b> Epoksi uygulanan numunelerde 60 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	54
<b>Tablo 6.27:</b> Epoksi uygulanan numunelerde 80 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları .....	54
<b>Tablo 6.28:</b> Değişik sıcaklıklarda epoksi uygulanan numunelerde yapılan eğilme dayanımı deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterilmesi.....	55
<b>Tablo 6.29:</b> Polyester uygulanan numunelerde -20 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	56
<b>Tablo 6.30:</b> Polyester uygulanan numunelerde 0 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	56
<b>Tablo 6.31:</b> Polyester uygulanan numunelerde 20 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	56
<b>Tablo 6.32:</b> Polyester uygulanan numunelerde 40 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	57
<b>Tablo 6.33:</b> Polyester uygulanan numunelerde 60 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	57
<b>Tablo 6.34:</b> Polyester uygulanan numunelerde 80 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	57
<b>Tablo 6.35:</b> Değişik sıcaklıklarda polyester uygulanan numunelerde yapılan eğilme dayanımı deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterilmesi.....	58
<b>Tablo 6.36:</b> Doğal numunelerde -20 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	59
<b>Tablo 6.37:</b> Doğal numunelerde 0 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	59
<b>Tablo 6.38:</b> Doğal numunelerde 20 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	59
<b>Tablo 6.39:</b> Doğal numunelerde 40 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	60
<b>Tablo 6.40:</b> Doğal numunelerde 60 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	60
<b>Tablo 6.41:</b> Doğal numunelerde 80 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları.....	60
<b>Tablo 6.42:</b> Değişik sıcaklıklarda doğal numunelerde yapılan eğilme dayanımı deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterilmesi.....	61
<b>Tablo 6.43:</b> Mastik dolgu ve ham mermerin genleşme değerleri.....	65



## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1: Epoksinin etki mesafesi.....	12
Şekil 4.1: Epoksinin spatula ile yüzeye uygulanması.....	15
Şekil 4.2: Tünel fırın.....	16
Şekil 4.3: Çatlak tamiri ve sağlamlaştırma için epoksi uygulaması.....	18
Şekil 4.4: Tamir-Dolgu için polyester uygulaması.....	19
Şekil 4.5: Mastik dolgu uygulaması.....	21
Şekil 4.6: UV Reçine uygulaması.....	22
Şekil 4.7: Çimento dolgu uygulaması.....	25
Şekil 4.8: DCS ve klasik UV reçine kürlenme prensibi [1]. ....	28
Şekil 4.9: Sıcaklık-Zaman polimerizasyon ilişkisi (Epoksi 100:30) [1].....	29
Şekil 4.10: Reçine ve mastiklerin polimerizasyon karakteristiği [1].....	30
Şekil 6.1: Yapıştırılmış ham yüzeylerin kesit görünümü.....	39
Şekil 6.2: Yapıştırılmış honlu yüzeylerin kesit görünümü.....	39
Şekil 6.3: Yapıştırılmış cilalı yüzeylerin kesit görünümü.....	40
Şekil 6.4: Eğilme dayanımı deney numunesi.....	41
Şekil 6.5: Çekme dayanımı deney numunesi.....	41
Şekil 6.6: Epoksi uygulamasında çekme dayanımı – sıcaklık karakteristiği.....	45
Şekil 6.7: Polyester uygulamasında çekme dayanımı – sıcaklık karakteristiği.....	48
Şekil 6.8: Doğal numunenin çekme dayanımı – sıcaklık karakteristiği.....	51
Şekil 6.9: El ile yükleme modeli.....	52
Şekil 6.10: Epoksi uygulamasında eğilme dayanımı – sıcaklık karakteristiği.....	55
Şekil 6.11: Polyester uygulamasında eğilme dayanımı – sıcaklık karakteristiği.....	58
Şekil 6.12: Ham mermerin eğilme dayanımı – sıcaklık karakteristiği.....	61
Şekil 6.13: Çekme dayanımı deney sonuçlarının grafik gösterimi.....	62
Şekil 6.14: Eğilme dayanımı deney sonuçlarının grafik gösterimi.....	63
Şekil 6.15: Erimeye bırakılmış epoksi.....	64
Şekil 6.16: Erimeye bırakılmış polyester.....	64

# **MERMERLERDE UYGULANAN KİMYASALLAR, EPOKSİ VE POLYESTER UYGULANMIŞ MERMERLERDE ÇEKME VE EĞİLME DAYANIM-SICAKLIK İLİŞKİSİ**

## **ÖZET**

Son yıllarda, mermer ve diğer doğaltaş tüketiminde artış gözlenmektedir. Bunun doğal sonucu olarak da mermer ve doğaltaş üretim teknolojisinde yeni gelişmeler meydana gelmiştir. Bu yeni gelişmelerden biri de doğaltaşların sağlamlaştırılması için yapılan kimyasal uygulamalardır. Günümüz mimari tasarımlarında yapı malzemelerinin hafif ve sağlam olması istenmektedir, kimyasal uygulaması yapılan taşlar sağlamlaşacağından, daha ince ölçülerde mermer üretimini mümkün kılmıştır.

Bu çalışmada, mermer kimyasalları tanıtılmış, mermer sektöründe en çok kullanılan kimyasallardan epoksi ve polyester ile ilgili genel bilgiler ve uygulama proseleri verilmiştir. Mermerlere yapılan kimyasal uygulamaların maliyetleri ve işletme verimine etkisi incelenmiş, uygulanan kimyasalların hangi doğal taşlarda hangisinin tercih edilmesi gerektiği ve birbirlerine göre avantajları irdelenmeye çalışılmıştır.

Gerek mermerler, gerekse mermerlerde kullanılan kimyasallar, uygulama ve montaj sonrası buldukları iklim şartlarından etkilenirler. Kimyasalların uygulandığı sıcaklık ile montaj sonrası yapı malzemelerinin maruz kaldığı sıcaklıklar genellikle birbirlerinden farklıdır. Montaj sonrasında oluşan sözkonusu sıcaklık farklılıklarının mermer ve kimyasalların mukavemetini nasıl değiştirdiği deneysel olarak incelenmiştir. Çekme dayanımları ve eğilme dayanımları epoksi, polyester ve doğal mermer üzerinde farklı sıcaklıklarda tekrarlanarak mukavemet değişimleri gözlenmiştir. Ayrıca epoksi'nin etki mesafesi ile mastik dolguların sıcaklık değişimi karşısındaki genleşme özellikleride değerlendirilmiştir.

Deney sonuçları özellikle dış cephe kaplamalarında kullanılan mermer ve diğer doğal taşların montaj sonrası maruz kaldıkları atmosferik etkilere karşı tepkilerin kestirilmesi açısından faydalı olacaktır.

**CHEMICALS THAT APPLYING ON MARBLES,  
PULLING AND BENDING – HEAT RELATIONS ON  
EPOKSI AND POLYESTER APPLIED MARBLES**

**SUMMARY**

In the last years, in the usage of the marble and other natural Stone increase has been observed. Result of this in the technologies of marble and natural stone production there has been developments. One of these developments is the increasing of the strength of the natural stones through chemical applications. In today's architectural design building materials has to be strong and light. Chemical applied stones will become more durable. This makes possible to produce thinner marble.

In this work, the marble chemicals are introduced and information about epoxy and polyester and their application processes are given. The cost of chemical processes which is used in marble and affects on management efficiency is studied. Which chemicals must be used on which marble and advantages of them is examined.

Either marbles or chemicals which are used on marbles can be affected of the climate conditions after application and fitting process. The heats are usually different in chemical application place and building place after fitting process. The heat changes after fitting process how to change marble and the resistance of chemicals is examined by tests. The resistance changes in epoxy, polyester and natural stone are examined by working Brazilian and bending tests repeatedly. In addition, dilation values which are changed on different heats are examined besides impact distance of epoxy on crack and mastic filling.

Tests results especially can be useful to guess reactions on different heats on marbles and other natural stones which is used for building coating.

## 1 GİRİŞ

İnsanoğlu'nun yontma taş devri ile başlayan taş işleme serüveni, binlerce yıldan beri süregelmiş ve insanlık tarihi kadar geçmişe sahip olmuştur. Taşlar yontularak şekillendirilmiş, kesilmiş ve cilalanmıştır. Bu uzun geçmişinde devrim diye nitelenebilecek önemli gelişmeler yaşanmıştır.

Tel kesme yönteminin uygulanmasından itibaren taş teknolojisinde bir devrim gerçekteşmiş, üretim miktarları misli misli artmış, yeni üretim yöntemleri şekillenmiş, uygulama alanları genişlemiştir. Mermer endüstrisi ikinci büyük devrimini de kimyasalların kullanılması ile yaşamış ve daha önce ekonomik olmayan birçok mermer rezervi ekonomik hale gelmiştir. Mamüllerin birim üretim maliyetleri kimyasalların kullanılmalarıyla düşürülmüş, verim artmıştır.

Bu çalışmada kimyasalların mermere uygulama prosesleri ve kazanımları incelenmiş sözkonusu kimyasalların ısıya karşı tepkileri gözlenip montaj sonrası davranışları kestirilmeye çalışılmıştır.

## **2 MERMERLERDE KULLANILAN BAZI KİMYASALLAR**

### **2.1 Mermer-Granit Deterjanları ve Leke Sökücüleri**

#### **2.1.1 Ekstra Güçlü Granit ve Seramik Deterjanı**

Granit, seramik ve gres porselen için geliştirilmiş son derece konsantre, asit bazlı bir deterjandır. Sadece çok inatçı lekeler ve pas ya da potasyum nitrat lekelerini çıkarmak için kullanılmalıdır. Köpük halinde olduğu için dikey yüzeylere de akmadan uygulanabilir. Duvara döşendikten hemen sonra fayansların derinden temizliği için çok kullanışlıdır. Leke miktarına göre 1 litre suya 10 - 20 cl katılarak kullanılır. Cilalı ve yumuşak mermer üzerine uygulanmaz [7].

#### **2.1.2 Mermer Deterjanı**

Özellikle mermerin ve bazı hassas granitlerin doğal parlaklığını bozmadan ve yüzeye zarar vermeden temizlenebilmesi için geliştirilmiştir. Suyla karıştırılarak kullanılan LEM-3, uzun araştırmalara dayanan pH derecesi ile kirlere karşı çok etkiliyken, taş zarar vermez. Uygulandığı yüzeylerde güzel bir koku bırakır. Bir litre suya bir yemek kaşığı katılarak kullanılır. Yüzey sürüldükten sonra kirlilik miktarına göre bir süre beklenir ve daha sonra yüzey silinir [7].

#### **2.1.3 Cila Sökücü**

Eskimiş ve sararmış cilayı taşa zarar vermeden asit bazlı temizleyicilerle sökmek hep sorun olmuştur. DECER-DOS özel formülü ile hem reçine esaslı hem de sentetik cilaları taşa zarar vermeden kolayca söker. Ortalama olarak 1 litre suya 10-20 cl katılarak kullanılır. Çok eski ve paslı cilaları sökmek için bu miktar 50 cl' ye kadar arttırılabilir. Zemin cila makineleri ile uygulanır. İstenen temizlik elde edildikten sonra zemin bol su ile durulanmalıdır [7].

#### **2.1.4 Mermer ve Granit İçin Yıkama ve Parlatma Ürünü**

Doğal taş ya da aglomere taşların tek bir işlemde, hem yıkanıp temizlenmesini, hem de doğal parlaklığını kazanmasını sağlayan pratik bir bakım ürünüdür.1/30 ... 1/50

oranında suyla seyreltilerek, elle ya da yıkama-kurulama özelliğine sahip zemin cila makinaları ile uygulanır [7].

### **2.1.5 Alkalın Bazlı Deterjan**

Alkalın bazlı konsantre deterjandır. Dış yüzeylerdeki granit, çimento, gres porselen, klinker ve seramik malzemenin temizliği için kullanılır. %30-50 oranında sulandırılarak kirli yüzeye yer fırçası ile sürülür. 5-10 dakika bekledikten sonra bol su ile durulanır [7].

### **2.1.6 Asidik Deterjan**

Asidik konsantre deterjandır. Dış yüzeylerdeki granit, çimento, gres porselen, klinker ve seramik malzemenin temizliği için kullanılır. 1:1 oranında sulandırılarak kirli yüzeye yer fırçası ile sürülür. 5-10 dakika bekledikten sonra bol su ile durulanır [7].

### **2.1.7 Leke Emici Macun**

Mermer, granit, doğal taş, aglomere taş gibi yüzeylere nüfuz etmiş yağ, gres, kahve, ketçap ve benzeri güçlü lekeleri temizlemek için kullanılır. Lekenin üzerine takribi 5 mm kalınlığında yayılır ve üzeri naylonla kapatılır. 2-3 saat bekletilip, naylon örtü kaldırılır, macun kurumaya bırakılır. İyice kuruyunca macun beyaz renkli bir toza dönüşmeye başlar. Tozlaşan macun fırçalanarak kazınır. Lekeden iz kalmışsa tamamen yok olana kadar aynı işlem tekrarlanır [7].

## **2.2 Mermer ve Granit Yüzey Koruyucu ve Leke Önleyiciler**

### **2.2.1 Su ve Yağ Lekeleri Önleyici, Sıvı veya Gazsız Sprey**

Mermer, granit ve diğer taş yüzeyleri su ve yağ lekelerine karşı korur, solvent içermez, su bazlıdır, bu nedenle yanıcı ve toksik değildir. Su geçirmeye karşı çok dirençlidir ancak taşın nefes almasını engellemez. Uygulama öncesi yüzey temiz ve kuru olmalıdır. Yüzeye iyice yayılır ve 5 dakika bekledikten sonra yüzey temiz bir bezle ovalanır. Daha sonra iyice kuruması beklenir. Tamamen kurumadan yüzey kullanılmamalıdır. Tam kuruma sağlandıktan sonra leke tutmaz yüzeyiniz kullanıma hazırdır. Özellikle mutfak tezgahlarının lekelerine karşı korunmasında iyi netice verir [7].

### **2.2.2 Su Lekesi Önleyici**

Mermer, granit ve diğer taş yüzeyleri suyun etkisinden koruruken orijinal renklerini değiştirmeyen silikon bazlı bir üründür. İçerideki nemin dışarıya çıkmasına izin verir, ancak içeriye daha fazla nem girmesini önler. Kolayca uygulanır, yüzeyde film tabakası bırakmaz ve uzun ömürlü bir koruma sağlar. Daha çok kalkerli taşların korunması için tavsiye edilir. Uygulama öncesi yüzey temiz ve kuru olmalıdır. Yüzeye iyice yayılır ve 20 dakika bekledikten sonra yüzey temiz bir bezle ovalanır ve fazlalıklar alınır. Daha sonra iyice kuruması beklenir. Tamamen kurumadan yüzey kullanılmamalıdır. Tam kuruma sağlandıktan sonra su geçirmez, leke tutmaz yüzey kullanıma hazırdır [7].

### **2.2.3 Sıvı İzolatörü**

Yumuşak taşların ve kum taşının yüzey hasarlarını gidermek ve sıvı izolasyonu sağlamak için özel olarak formüle edilmiştir. Renkleri yeniden canlandırır ve bir defa kullanılıncaya taşı "sıkılaştırarak" yüzey hasarlarından korur. Büyük alanlı yüzeylerde diğer yüzey işlemlerinden önce kullanılırsa bir astar (ön kaplama) vazifesi görür. Uygulanacak yüzey iyice temizlenmeli ve gözenekler ortaya çıkarılmalıdır. Yüzey tamamen kuruduktan sonra bir bez veya sünger yardımı ile sürülür. Su ile seyreltme oranı gözenek ve taşın su emme kabiliyetine bağlıdır, emici yüzeylerde daha yoğun halde kullanılmalıdır [7].

### **2.2.4 Döşemede Çizik Önleyici Kaplama (İnşaatlarda)**

İnşaatlarda mermer veya granit döşendikten sonra çoğu zaman diğer bazı çalışmalar devam ettiği için, zemine düşen takımlar, kirli ayakkabılar vs yüzeyi tamamen tahrip edebilmektedir. Taş döşenir döşenmez bu ürün uygulanılırsa yüzeyde koruyucu bir örtü elde edilmiş olur ve inşaat tamamen bittiğinde yerden bir halı gibi kolayca kaldırılır. Uygulanacak yüzey kuru olmalı ve yakıcı güneşten korunmalıdır [7].

### **2.2.5 Seramikler İçin Leke Önleyici**

Kilden mamul (seramik vs) yüzeyleri yoğun ayak trafiğinden kaynaklanan kirlenmelere, su ve yağ lekelerine karşı uzun ömürlü olarak korur. Su bazlı olup, yanıcı ve toksik değildir. Uygulanacak yüzeye tamamen yayılır, 5 dakika beklendikten sonra yumuşak bir bezle silinir ve kuruması beklenir. Yüzey kuruduktan sonra istenen koruma sağlanmış olur [7].

## **2.2.6 Antika Görünümlü (Eskitilmiş) Taş Kaplaması**

Eski villalar, şatolar ve tarihi mekanlardaki antik mermerlerin doğal ve renkli güzelliği aşıkardır. Mermer yüzeylere uygulandığında doğanın yüzlerce yılda taşta kazandırdığı antika değer ve asalet birkaç dakikada elde edilebilir. Böylece modern eşyalarla dolu bir evdeki mermerler bile tarihi ve antik bir görünüm kazanabilir. Uygulandığı yüzeyin doğal rengini belirginleştirir, dış etkenlerden kaynaklanan kirlenme ve çürümeleri önler. Uygulanacak yüzey temiz olmalıdır. Fırça, sünger ya da boya tabancası ile uygulanır. Ortalama olarak 1 lt ile 15 metrekare yüzeye uygulanabilir. Emicilik ve pürüzlülük arttıkça sarfiyat da artar [7].

## **2.2.7 Sıkıştırıcı Yüzey Koruyucu**

Kalkerli taşların gözeneklerinin tıkanmasında ve su geçirgenliğinin azaltılmasında kullanılır. Uygulamadan önce yüzey iyice temizlenir ve tamamen kurutulur. Fırça ve rulo ile yüzey doyana kadar emdire emdire arda arda sürülür. Taş kasma yapana kadar işleme devam edilir. İyi uygulanırsa koruyuculuğunu yıllarca muhafaza eder [7].

## **2.3 Mermer – Granit Cilaları**

### **2.3.1 Özel Karışım Cila (Şeffaf)**

Yanıcı olmayan bir solvent içinde çözülmüş, karışımında bulunan son derece yüksek kalitede hammaddeler nedeniyle müstesna parlatma ve koruma gücüne sahip bir pasta – mum dolgudur. Mermer, granit ya da aglomere taşlara bir ince ovalama teli, keçe, kuru yünlü ya da pamuklu kumaş ile yedire yedire ovalanarak sürülürse, kalıcı parlaklığa sahip ayna gibi bir yüzey elde edilir. Özel karışımı sayesinde yüzeydeki mikro gözenekleri ve kılcal çatlakları örterek buralarda bakteri ve kir oluşumunu önler. Naturel, kırmızı, yeşil, sarı ve siyah renkleri mevcuttur [7].

### **2.3.2 Köşe ve Kenarlar İçin Özel Karışım Sıvı Cila**

Sıvı solvent bazlı ve yanıcı olmayan bu mum dolgu, köşe ve kenar gibi pasta cila uygulamanın zor olduğu yerlerde kullanılır. Sürüldüğü mermer ya da granit yüzeyin rengini belirginleştiren ve çok çekici ıslak bir görünüm veren özelliği vardır. Reçine içermediğinden bir film tabakası oluşturmaz ve zamanla sararmaz. Çabuk kurur ve kolay parlatır [7].



### **2.3.3 Silikonlu Sıvı Cila**

Özel işlemden geçirilmiş bir silikon içeren solvent bazlı bir ciladır. Yanıcı olmayan bu ürün mermer, granit, aglomere taş, yer karosu ve hatta seramik fayansların korunması ve cilalanması için özel olarak formüle edilmiştir. Uygulamadan önce yüzey iyice temizleyiniz, tabanca, fırça ya da temiz bir bezle yüzeye ince bir tabaka halinde iyice yayılmalıdır. Bir kaç dakika bekleyiniz. Başka bir temiz ve kuru bez ya da ince ovma teli ile parlatınız. Geniş yüzeylerde zemin cila makinası ile uygularsanız daha hızlı ve iyi netice alırsınız [7].

### **2.3.4 Mermer ve Granit İçin Sıvı Cila**

Birkaç temizleme işlemine dayanabilecek, sıcak ve kuru görümlü, uzun ömürlü cilalama yapar. Çok konsantre bir ürün olduğu için daha fazla miktarda suyla seyreltilip kullanılabilirdiğinden ekonomiktir. Ayrıca hoş bir kokusu vardır. Yoğun ayak basılan yerlerde uzun süre dayanabilir ve çabuk kirlenmeyi önler. Karışımında yüzey filmi oluşturan reçineler yoktur. Uygulanacak yüzey kir ve eski cila kalıntılarından arındırılmalıdır. 1 kapak dolusu RR/1 'i 2-3 litre suda seyreltip, bir bez, sünger ya da paspas yardımı yüzeye uygulanır. Tamamen kurduktan sonra mat bir görüntü kazanır. Parlak bir yüzey elde etmek için yumuşak başlı bir zemin cila makinesi ile zemini ovalanması gerekir [7].

### **2.3.5 Sıvı ve Sprey Cila**

Özellikle köşe , kenar ve oymalı yüzeylere uygulanır. Uygulandığı yüzeyde çok ince ve parlak; çatlamayan, şeffaf bir film tabakası oluşturur, uzun ömürlü ve koruyucu bir ciladır. Fırça veya bez kullanarak cila yapmanın zor olduğu yerlerde sprej halinde uygulanır [7].

### **2.3.6 Sıvı Cila, Yüksek Hızlı Parlatma Sistemi**

Geniş alanlı mermer, granit ve aglomere taş yüzeyleri hızlı ve kalıcı bir şekilde cilalamak üzere geliştirilmiştir. 1.500 dev/dk devirli ve tek diskli bir yer silim makinası ile birlikte kullanılır. Makineye takılı özel abradivlerin ve bu ürünün birlikte kullanılması sayesinde eskime, aşınma ve yoğun ayak trafiğinin izleri silinir, mükemmel ve kalıcı bir parlaklık elde edilir. Uygulamadan önce yüzey temiz ve kuru olmalıdır. Cila tek bir yönde (ovalamadan) yüzeye iyice yayılır. İyice kurduktan

sonra zemin cila makinası ile ovulur. Sonra ilk uygulamanın aksi yönünde cila tekrar ovalamadan yüzeye yayılır ve zemin cila makinesi ile cilalanır [7].

### **2.3.7 Kristalleştirici Cam Cila**

Tek kafalı bir yer cila makinası ile mermer ve aglomere taş yüzeylere uygulanır. Mermer içindeki naturel kalsiyum karbonatın hafif asitlerle eritilmesi ve camlaştırıcı maddelerle birleşmesiyle ortaya çıkan bir termo-kimyasal reaksiyon sonucu yüzeyde cama benzer son derece sert ve parlak bir tabaka oluşur. Gözenekler tamamen kapanır ve yoğun ayak trafiğine son derece dayanıklı ve kalıcı bir parlaklık elde edilir. Uygulamadan önce yüzeyde hiç bir leke kalmamalıdır. Yumuşak bir bezle yüzeye iyice yayılır ve hemen ardından cila makinası ile zemin ovulur [7].

### **2.3.8 İzolasyon Cilas**

Doğal taş ya da aglomere taş yüzeylerde yapılan sıvı izolasyon işlemini tamamlamak ve yüzeyin rengini canlandırıp, parlaklık kazandırmak üzere uygulanır. Gerektiğinde tek başına cila olarak da uygulanabilir. İçinde yoğun ayak trafiği nedeniyle doğal parlaklığını kaybetmiş yüzeyleri tekrar parlatan son derece sert reçineler bulunur [7].

### **2.3.9 Sprey Cila**

Mermer, granit ve vernikli ahşap yüzeyleri bir kerede hem temizleyip, hem de parlatan sprej - köpük halinde bir bakım ürünüdür. İçindeki mum dolgu sayesinde parlaklık ve kalıcılık arttırılmıştır, ozon delici gazlar içermez [7].

## **2.4 Yapıştırıcılar – Mastikler - Tamir ve Dolgu Malzemeleri**

### **2.4.1 Epoksi Reçineler**

Epoksi reçineler, epoksi (oksijen atomuyla eter halkasının kapanması) işlevlerini taşıyan makro moleküllerden oluşan reçinedir. Uçlarında epoksi işlevi taşıyan makro moleküller uygun şartlarda kürlendiklerinde çapraz bağlanmış, mukavemetli ve yapışma kabiliyetli güçlü dev molekül zincirleri oluştururlar. Bu özellikleri, epoksi reçineleri özellikle güçlendirme ve çatlak tamirinde avantajlı duruma getirmektedir. Mikro gözenekli bazı granitler de, cila öncesi epoksi uygulaması yapılmaktadır. Burada amaç mikro gözenekleri doldurup yüzeyi pürüzsüz hale getirmek ve cila sonrası parlaklığı arttırmaktadır. Su geçirgenliği yüksek, limra (kireç taşı) gibi bazı

taşlarda cila öncesi epoksi uygulayarak geçirgenliği azaltma ve parlaklığı artırma uygulamaları vardır. Ancak burada, çok hassas ve zorlu bir çalışma yapılması gerekir. Çünkü, uygulama sonrasında taşı cilalarken, yüzey filmi kalmayacak şekilde epoksiyi temizlemek, bu arada yaklaşık 1 mm derinliğe kadar nüfuz edebilmiş olan epoksili katmanı da korumak gerekmektedir. Epoksiyi silebilecek bir abrasiv diziliminde 0,7 mm civarında aşındırma meydana geldiğini kabul edersek, bu işlemin ne kadar hassas bir işlem olduğu anlaşılmaktadır [1].

Kırılma oranını maksimum derecede azaltan epoksi reçine, çok kırılğan malzemelerde (bej türü mermerlerde) %40 kırılma oranından %7'ye azaltabilir [4].

Epoksi ilk defa Almanya'da 1939 yılında I.G. Farben Industrie tarafından bulunmuş ve zemin kaplamalarında, yapıştırıcılarda ve takviyeli plastik üretiminde kullanılmıştır [8].

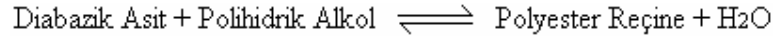
#### **2.4.2 Polyester Reçineler**

Zincirli eter işlevleri ile bağlı motiflerin birleşmesinden oluşan polimerlere polyester denir. Kullanım sırasında katılan peroksit ve ardından uygulanan ısıtma ile polimerleşme sağlanır. Polyester reçineler, gözenek dolgusu ve çok kırılğan olmayan taşların güçlendirilmesi için uygundur. Polyester reçineler uygulandıktan sonra, elle dokunulduğunda yüzeydeki yapışkanlık hissi çok uzun süre kalabilmektedir. Bu yapışkanlığın istenmediği durumlarda “parafin” içeren polyester reçineler kullanılır. Polyester reçineler uygulamada yüksek bir esnekliğe sahiptir. Polimerizasyon (tam sertleşme) zamanları değişmesine rağmen, masalar, tünel fırınlar, elevatör fırınlar gibi her türlü uygulama sistemiyle özelliklerini kaybetmeden kullanılabilirler. Taşın arka tarafında fileli veya filesiz olarak; ön tarafında renklendirilmiş veya şeffaf olarak polyester reçine uygulanabilir. Eğer ön yüze uygulanırsa, taşın cila kalitesi belirgin oranda artar. Böylece çatlak tamiri ve gözenek dolgusu tek bir işlemle yapılmış olur. En çok başvurulan yöntem, reçinenin spatula gibi klasik araçlar kullanılarak el ile uygulanmasıdır. Doğru uygulanırsa, çatlak ve gözenekler görülerek tek tek doldurulduğu için en garantili yöntemlerden biridir. İyi bir dolgu için reçine, gözeneklerin ve çatlakların içine spatula ile iyice dolana (kusana) kadar itilmelidir. Kürleme süresi daha kısa olduğu için enerji sarfiyatı düşmekte ve cila kalitesini epoksiye göre daha yüksek oranda arttırmaktadır. Epoksi reçinelere göre polyester reçineler çok daha ekonomiktir [1].

Üretim süresindeki kırılma yüzdesi yüksek bir oranda azalır ve malzemenin çatlakları zamana karşı çok dirençli bir ürünle doldurulmuş olur. Reçine uygulanmış bir taş yere döşendiğinde çatlaklar ve gözenekler tamamen kapanmış olduğundan taş daha zor kirlenir [4].

Doymamış polyester reçinelerin ilk pratik uygulama örneği, 2. Dünya savaşındadır. Fakat cam elyafı ile takviye edilmesi, çok sağlam ve hafif bir malzeme olduğunun anlaşılması 1950 leri bulmuştur. Günümüzde doymamış polyester reçineleri ilk hallerine göre çok daha üstün özelliklere sahiptirler.

Polyester reçineler, çok geniş bir kimyasal aileyi kapsar ve genel olarak dibazik asitlerle polihidrik alkollerin kondensasyon reaksiyonu sonucunda elde edilirler [9].



### 2.4.3 UV Reçineler

Işık enerjisi altında reaksiyona uğrayarak mekanik ve kimyasal yapısı değişen, polyester esaslı polimerlerdir. Her bir UV reçinenin reaksiyona girdiği UV ışını dalga boyu ve gücü farklılıklar gösterebilir. Taş dolgu ve tamirinde, UV reçine kullanma ihtiyacı manipülasyon (dokunulduğunda ele ve vantuzlara yapışmayacak sertliğe ve kendi ağırlığını taşıyabilecek düzeye ulaşma durumu) süresini sıfıra indirme talepleri ile ortaya çıkmıştır. UV reçine, UV lambalar altında kürlendiğinde en azından yüzeydeki ince bir film tabakası, ışınım etkisiyle hemen polimerize olmakta ve yapışkanlığını kaybederek sertleşmektedir. Bu da manipülasyon için yeterlidir. Geleneksel reçinelerin manipülasyon için gerekli olan ortalama 1-2 saatlik kuruma süreleri, UV reçine ile sıfırlanmış olur. Diğer yandan, perdeleme yöntemi ile otomatik olarak uygulanabilme özelliği, özellikle bant hızı yüksek strip hatlarında büyük kolaylık sağlamakta ve reçinenin taş yüzeyine düzgün olarak yayılmasını kolaylaştırmaktadır. UV reçineler, gözenek dolgu ve çatlak tamiri için kullanılabilir. UV ışınları engellemek için renklendirme tavsiye edilemez. Ancak zorunlu hallerde çok az renklendirme yapılabilir. Manipülasyon zamanı sıfırlandığından uygulamadan hemen sonra malzeme stoklanabilir ve böylece üretim süresi hız kazanır [1].

#### **2.4.4 Mastikler**

Mastik dolgular genellikle polyester reçineler, bazı aminler, kalsiyum ve benzeri tozlar, homojenleştirici ve hızlandırıcı katkı maddelerinin karıştırılması ile elde edilir. Her türlü taşta istenildiği şekilde renklendirilerek kullanılabilir. Uygulamadan 7-10 dakika sonra cilalanabilir. Bazı hızlandırıcılar ve uygun fırınlar kullanarak bu süre 3 dakikaya kadar indirilerek kesintisiz çalışmaya imkan vermektedirler. Hatta UV mastikler kullanılarak, cilaya verme süresi çok daha kısaltılabilir. Taşın gözenekleri üzerine dikkatli bir şekilde el ile uygulanır ve böylece görülen tüm gözeneklerin doldurulması garanti altına alınır. Mastik çimentodan daha pahalı olmasına rağmen, İspanya ve İtalya gibi İleri teknoloji uygulayan ülkelerde özellikle traverten dolgusunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü çimentoya göre birçok avantaj sunmaktadır. Sonuç olarak taşın kusurları, aynı renk, aynı parlaklık ve aynı sertlikte, su geçirmez, zamanla rengini kaybetmeyen bir dolgu ile giderilmiş olur [1].

Yukarıda bahsedilen mastik dolgu malzemeleri petrol esaslı oldukları için kurtulma prosesine tabi tutulan taşlara uygulanabilmektedir. Bu dolgulara alternatif olarak Tenax Firmasının ürettiği su bazlı dolgu malzemeleri de kullanılabilir. Uygulama nemli yüzey üzerine (traverten dolgusu) yapılır, manipülasyon süresi yaklaşık 15 dakika polimerleşme süresi ise yaklaşık 1,5 saattir. Fakat bu malzemelerin fiyatları da oldukça yüksektir.

#### **2.4.5 Çimento Dolgu**

Ülkemizde travertenin gözeneklerini doldurmak için yoğun olarak kullanılan bir dolgu malzemesidir. Birçok firmada, tecrübeye bağlı olarak farklı şekillerde karışım hazırlanarak dolgu yapılır. Karışımda uygun miktarlarda beyaz çimento, kalsit, kaolen, yeteri kadar uygun renklerde oksit ve ufalanmayı azaltmak, cila kalitesini arttırmak ve donma süresini kısaltmak üzere bağlayıcı bir tutkal, bulunmaktadır. Çimento dolgulu taşın, cilaya verilebilmesi için harcın özelliklerine ve hava koşullarına göre 3-8 gün kürleme süresi gerekmektedir. Kürleme odaları ve bazı hızlandırıcılarla bu süreyi 32 saate kadar indirmek mümkündür [1].

### **3 MERMERLERDEDEKİ PROBLEMLER VE EPOKSİNİN ETKİ MESAFESİ**

#### **3.1 Çatlaklar – Gözenekler - Mikro Gözenekler (Porozite)**

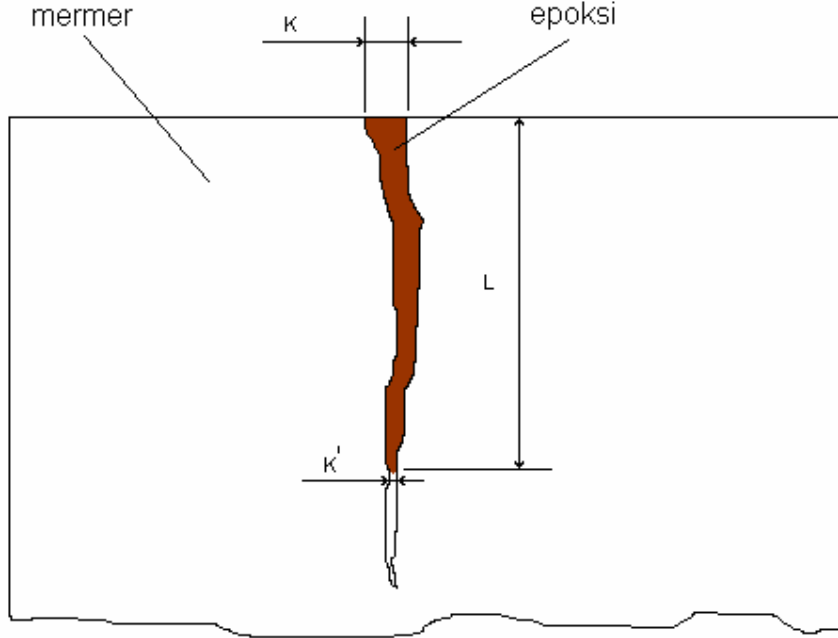
Birçok doğal taşta tozu ve nemi içine çeken, taş yüzeyini ve kesitini çaprazlamasına geçen ince, kılcal çatlaklar bulunmaktadır. Çatlak probleminin en sık görüldüğü taşlar genellikle bej renkli sert taşlardır. Ayrıca Elazığ Vişne çok renkli heterojen yapıya sahip taşlarda da çatlak problemi yaygındır. Bazı çatlaklar o kadar incedir ki, gözle fark etmek uzmanlık ister. Bu taşlarda gözle görülür belirgin çatlaklar olmasına rağmen, kırılma eğilimi gösterirler. Diğer bazı tip çatlaklar ise kil içerir. Arasına kil ve benzeri malzeme dolmuş çatlaklar tamiri en güç olan çatlaklardır.

Özellikle traverten ve bazı bej mermerlerde çeşitli büyüklüklerde doğal gözenekler, hatta delikler bulunmaktadır. Kırılma problemi yaratmayan ancak, yüzeyde çatlaklara yol açan 'kanal' tipi çatlaklar da aslında bir çeşit gözenek olarak kabul edilebilir. Mikro gözenekler belirgin şekilde fark edilmese de taşın istenilen düzeyde cilalanmasını engeller. Bazı granit türlerinin iyi cila tutması için, uygun reçine uygulamasından sonra cilalanmasının sebebi budur. Gözenek çapının taş kalınlığından büyük olduğu durumda problem 'delik' olarak karşımıza çıkar. Bu durumda öncelikle taşın bünyesindeki delik tıkanır, daha sonra dolgu işlemi yapılır [1].

##### **3.1.1 Epoksinin Etki Mesafesi**

Şekil 3.1'de gösterilen L değerinin epoksinin etki derinliğine bir tesiri yoktur. Ancak K<sup>1</sup> değerinin etki derinliğinde önemli rolü vardır. Numuneler üzerinde yapılan mikroskopik ölçümlerden 225, 120, 60, 45 mikron gibi değerler ölçülmüştür. Bu değerlerden 225 civarı çatlak aralığında kadar epoksinin bolca geçtiği , 120, 60, 45 mikron aralıklarına kadar epoksinin sızdığı gözlemlenmiştir. Bu çatlakların altında kalan değerlerde ise epoksi izine rastlanamamıştır.

Bu sızıntı taşın sıcaklığı, epoksinin sıcaklığı ile de doğrudan alakalıdır. Söz konusu deney numunesi yaz aylarında iyi kurutulmuş malzeme üzerinde yapılmıştır.



**Şekil 3.1:** Epoksinin etki mesafesi

### 3.1.2 Viskozite, Akışkanlık ve Penetrasyon (Nüfuziyet)

Taşlara kimyasal ürünün akışkanlığını uyarlamak için, reçine üreticisi ile işbirliği yapmak çok önemlidir. Eğer çatlaklar çok ince, delikler mikro gözenek düzeyinde ise derinlemesine nüfuziyet için çok akışkan (viskozitesi düşük) reçineler gerekir. Aksine taşta bir yüzden diğer yüze geçen büyük delikler varsa akışkan reçine yerine koyu kıvamlı (viskozitesi yüksek) mastik tercih edilmelidir. Doğru akışkanlığa sahip olmasına rağmen, reçinenin çatlakların içine girmesi için yine de bir zaman gerekir. Özellikle UV sistemlerde reçine uygulama ünitesi ile UV kürleme ünitesi arasında nüfuziyete yetecek uzunlukta bir "penetrasyon konveyörü" bulunmalıdır [1].

### 3.2 Üretim Problemleri

Bazı taşlarda %40 -50'lere varan çok büyük bir kırılma oranı vardır. Hatta ülkemizde Bursa bej gibi bazı taşlarda kırılma oranı %70'lere çıkabilmektedir. Bu taşlar, taşıma esnasında kırılabileceği gibi büyük çoğunluğu kesme süresince de kırılabilirler. Kesme işlemine dayanan, ancak kalibrasyon sırasında kırılan taşları kalibrasyon öncesinde güçlendirmek gerekir. Kalibrasyon öncesinde güçlendirme işlemi yapılmış kırılğan taşlar, cila makinesinde kırılmaya başlar. Kırılan taşları aradan çıkarmak, hatta dağılan taşların kırıldığı abrasivleri değiştirmek için cila makinesi sık sık durdurulur, etrafa sıçrayan kırık taş partikülleri diğer taşlarında cila kalitesini

bozmaktadır. Yüzeydeki gözle görülen küçük gözenekler taşın iyi cila tutmasını engeller. Taş defalarca silinse de iyi parlamaz ve parasal kayıplar ortaya çıkar. Bu gözenekler kalibrasyon ve ön silim işleminden sonra doldurularak cila yapılırsa istenilen parlaklık bir defada erişilebilir [1].

### **3.3 Ticari Problemler**

Güçlendirilmeyen taşları, daha kalın kesmek gerektiğinden blok verimi düşmektedir. Proses esnasında çatlak ve gözenek problemleri nedeni ile ıskartaya ayrılan taşların maliyeti, geriye kalan sağlam taşların üzerine bindiği için metre kare başına ortalama üretim maliyeti artmaktadır. İşletmenin satılabilir ürün miktarı düştüğü için metre kare üretim başına genel gider oranı artmaktadır. Çatlak tamiri ve gözenek dolgusu yapılmamış taşlar, yüksek fire ve uygulama riskleri nedeniyle çok daha düşük fiyata alıcı bulabilir. Küçük gözenekleri doldurmadan cillandığı için iyi parlamayan bir granit plaka, çok daha parlak ve canlı görünen başka bir granit plakasına göre yarı fiyatına alıcı bulabilmektedir. Günümüz mimarisinde eğilim mümkün olduğu kadar bina yükünü azaltmak olduğu için, güçlendirilmiş ve ince kesilmiş doğal taşların pazarı hızla artmakta, seramik ve benzeri rakip ürünlere karşı rekabet gücü yükselmektedir [1].

### **3.4 Uygulama (Montaj) Problemleri**

Güçlendirme işlemi yapılmamış taş, yeterince dayanıklı olması için daha kalın ve ağır olmalıdır. Bu uygulama zorluğu yaratmakta ve bina yükünü arttırmaktadır. İstenilen incelikte kesildiğinde ise bu kez kırılma riski fazla olmaktadır. Çok daha dikkatli bir döşeme işlemi gerekmektedir. Çatlak tamiri ve/veya gözenek dolgusu yapılmadan döşenmiş taşlarda, toz ve kirin açık bir şekilde görülmesi bir aydan daha bir kısa süre almaktadır. Belirtilen nedenlerle, her geçen gün daha fazla müteahhit, çatlak tamiri ve/veya gözenek dolgu işlemi yapılmış doğal taş istemektedir. Tek bir uygulama ile taştaki tüm bozuklukları giderebilecek özel bir kimyasal talebi, dolgu tamir malzemesi üreten firmalar için alışıldık bir durum olmaya başlamıştır [1].



## **4 EPOKSİ ve POLYESTERLERİN UYGULAMA PROSESLERİ**

### **4.1 Taş Tamir, Güçlendirme ve Dolgu Sistemleri Seçiminde ve Kullanılmasında Dikkat Edilecek Hususlar**

#### **4.1.1 Uygun Malzemenin Seçimi**

Tamir veya dolgu işlemi seçilirken kararı etkileyen birçok değişken vardır. Yeni bir işlemi seçerken, firmanın kimyasal tedarikçisi ile yakın ilişkiler içerisinde çalışması oldukça faydalıdır. Hangi tamir işleminin seçileceği kararını, taşın cinsi ve problemi etkiler. Eğer malzeme kılcal çatlaklı ve yüksek kırılma oranına sahipse, en uygunu yüksek akışkanlığa sahip epoksi reçinedir. Fakat kırılma oranı çok yüksek değilse ve aynı zamanda doldurulacak gözenekler de varsa, polyester reçine önerilebilir. Manipülasyon süresini sınırlamak önemli ise, bu kez UV reçineleri kullanmak gerekecektir. Kimyasallar ile çalışma deneyimi, girilmek istenen pazar, üretim maliyetleri gibi bir çok faktör kararı etkilemektedir. Genellikle bir malzeme için mükemmel bir ürün yoktur ve en iyi çözümü sunabilmek için her durum, tamir ve dolgu malzemeleri üreticisi tarafından çalışmalıdır. Daha önce belirtilen tüm çatlak tamir veya gözenek dolgu işlemleri birleştirilebilir. Mastik, polyester, epoksi veya arka yüzeye epoksi ve ön yüzeye mastik uygulanabilir. Büyük gözenekler mastik ile doldurulduktan sonra reçine ile de doldurulabilir, böylece daha az reçine kullanıldığından tasarruf yapılabilir. Bir tamir veya dolgu işlemi, diğerinin kullanılmasını engellemez ve böylece tüm kimyasal ürünlerin avantajından yararlanılabilir [1].

#### **4.1.2 Uygulama Sistemleri**

Tamir-dolgu uygulaması için masa ve sehpalardan, çift elevatör fırınlı büyük hatlara kadar çeşitli sistemler mevcuttur. Tüm bu sistemlerden yeterli sonuç almanın ilk koşulu taşların tozsuz, yağsız ve nemsiz olmasıdır. Yüzeyin kuru olması yeterli değildir, reçinenin nüfuz etmesi ve dayanıklı bir şekilde çatlağın iki çeperine yapışması için kılcal çatlakların veya killi çatlakların da tamamen kuru olması çok önemlidir [1].

#### 4.1.2.1 Masalar

Doğal taşlara, kimyasal uygulamanın ilk adımı genellikle uygulama sehpaları veya masalarında atılır. Fabrikada, masalar grubu bulunur ve işçiler taşı, masanın üzerine yerleştirerek kimyasal uygulamaları (Şekil 4.1). Taşlar açık ve kuru havada güneş-rüzgar altında kurutulabileceği gibi, gazlı veya elektrikli ısıtma ile de kurutulabilir. Kurutulmuş taşta reçine uygulanır, çatlaklara işleme kadar iyice yedirilir ve doğal koşullarda kürlenmeye bırakılır.



Şekil 4.1: Epoksinin spatula ile yüzeye uygulanması

#### 4.1.2.2 Kurutma ve Kürlenme Odaları

Yazın doğal şartlarda kürlenebilen taşlar, kışın soğuk ve nemli ortamında kendi halinde kürlenmeyebilir. Bu nedenle kışın masalar, kurutma ve kürlenme odalarına alınmalıdır. Bu odalar çift amaçlı kullanılabilir. Odanın sıcaklığı (40-50°C) ve hava hızları yüksek bir bölümünde taşlar kurutulurken, diğer bir kısmında 30-40 °C altında kürlenme yapılabilir. Kurutma ve kürlenme odalarında dolaşan sirkülasyon havası, en az % 10-15 egzost oranı ile tazelenmelidir. Kurutma, kürlenme ve sağlık için, taze hava girişi ve egzost çıkışı gereklidir. Manipülasyon zamanından sonra reçine uygulanmış

taşlar stoklanacakları yerlere taşınırlar. Ertesi gün, üretim sürecini bitirmek için dolgu yapılmış taşlar cila hattına nakledilir [1].

#### **4.1.2.3 Batch Fırımlar**

Masalı uygulamanın bir sonraki aşaması,taşları raylı veya lekerli masalar üzerinde "Batch Fırın" ile kurutulup, uygulamadan sonra doğal koşullarda küremeye bırakılmasıdır. Kış şartlarında üst üste dizilen plakalar küreme için diğer batch fırında bekletilebilir [1].

#### **4.1.2.4 Tünel Fırımlı Hatlar**

Batch fırınlı sistemlerden sonraki aşama tünel fırınlı hatlardır. Tünel şeklinde bir fırın ve içinde devamlı mal akışını sağlayan uygun bir konveyörden oluşur (Şekil 4.2) [1].



**Şekil 4.2:** Tünel fırın

## **4.2 Üretim Hatları**

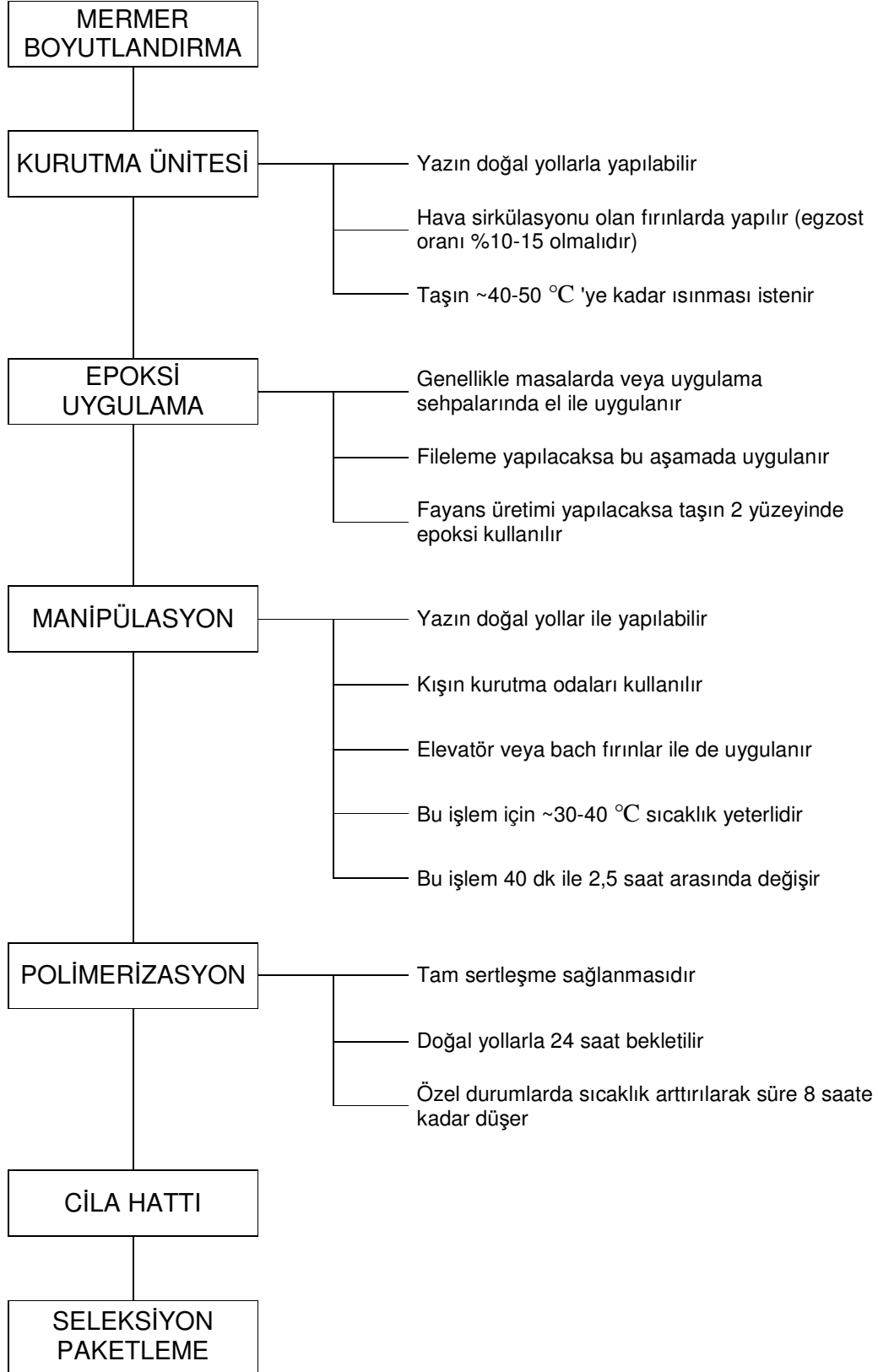
### **4.2.1 Reçine Hatları**

Epoksi veya polyester reçine ile çatlak tamirinde, taşların derinlemesine kurutulması ve ardından reçine uygulanması amacı ile kullanılır. Polyester reçine ile gözenek dolgusunda hızlı polimerize olabilen bazı polyester

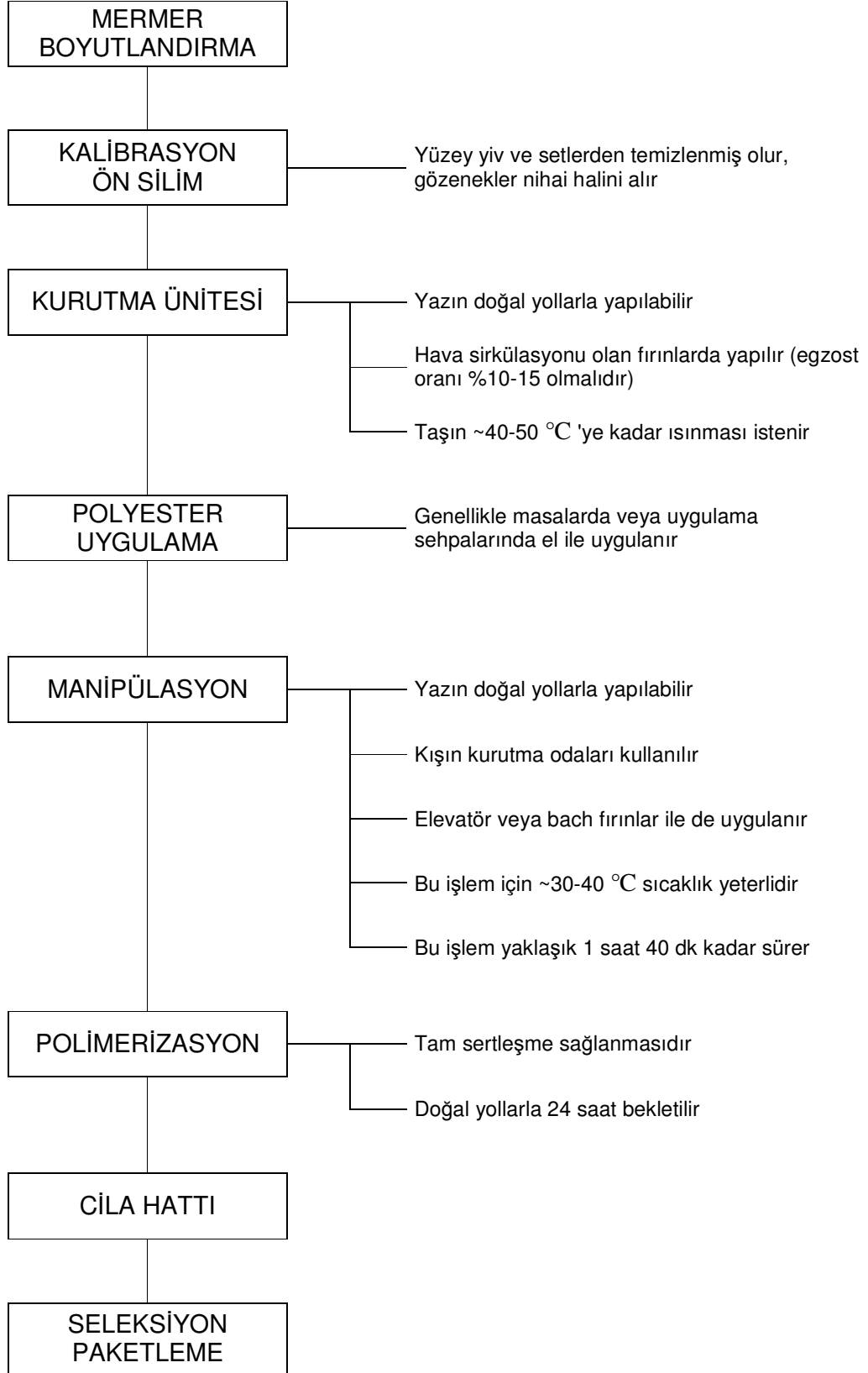
reçineler için sisteme, polimerizasyon fırını eklenerek polimerizasyon (manipülasyon için) işlemi de kesintisiz hale getirilebilir. Reçine uygulanmasındaki en önemli hususlardan biri, taşın içindeki tüm gözeneklerin ve çatlakların derinlemesine kurutulmasıdır. Aksi takdirde kalan nem, reçinenin nüfuz etmesine engel olacaktır. Özellikle kılcal çatlaklı taşları derinlemesine kurutmak kolay değildir ve oldukça uzun süre gerektirir. Kurutma işlemi 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 uygulanır. Uygulama sonrası taşlar birbirine yapışmaması için aralarına naylon veya çita konularak üst üste istiflenir. İstiflenen taşlar ister doğal ortamda, ister kürlleme odasında veya fırınında polimerizasyon için bekletilir. Kürlleme koşullarına göre 24-48 saat sonra cilaya verilir. Polimerizasyon süresini kısaltmak için uygulama sonrasında taşlar, elevatör fırınlarda ya da batch fırınlarda bekletilebilir. Ancak nispeten hızlı jelleşen bir reçine kullanılıyorsa çok dikkatli olmak gerekir. Çünkü, uygulamadan sonra penetrasyon (nüfuziyet) için yeterli zaman verilmez ise reçine henüz çatlaklara nüfuz etmeden fırında jelleşme başlayabilir ve tamirat amacına ulaşmaz. Tünel fırınlarda daha çok gazlı ve elektrik rezistanslı ısıtıcılar kullanılmaktadır. Hat boyunu bir miktar kısaltmak için bazı durumlarda İR ısıtıcılar kullanılabilir. Fakat unutulmamalıdır ki, kurutmanın tek parametresi sıcaklık değildir. Sıcaklıkla birlikte hava miktarı ve hızı, egzost ve taze hava giriş oranları ve kurutma süresi (fırın boyu) arasında bir optimizasyon yapılmalıdır. Birçok reçine için taş yüzey sıcaklığı uygulama öncesi 60 °C'den fazla olmamalı, kürlleme sırasında da reçine, 50 °C den fazla ısıtılmamalıdır. Sıcaklık sınırı bu şekilde belirlendiğine göre kurutma ve kürlleme için, diğer parametreler uygun şekilde düzenlenmelidir. Örneğin, yer darlığı nedeniyle fırın boyu uzatılamıyorsa sıcaklığı limitlerin üzerine çıkarmak yerine, kurutma havası miktarını ve egzost oranını arttırmak gereklidir (Şekil 4.3) (Şekil 4.4) [1].

#### **4.2.2 Mastik Hatları**

Bu tür hatlarla, örneğin Gözenek Dolgu İşlemi "Kalibrasyon - Ön Silim - Kurutma - Mastik Dolgu - Polimerizasyon - Cilalama" şeklinde tek bir hat üzerinde kesintisiz olarak gerçekleştirilebilir. Bunun için monoblok cila hatları yerine kalibrasyon ve ön silim kısmıyla, cilalama kısmı ayrı parçalı



**Şekil 4.3:** Çatlak tamiri ve sağlamlaştırma için epoksi uygulaması



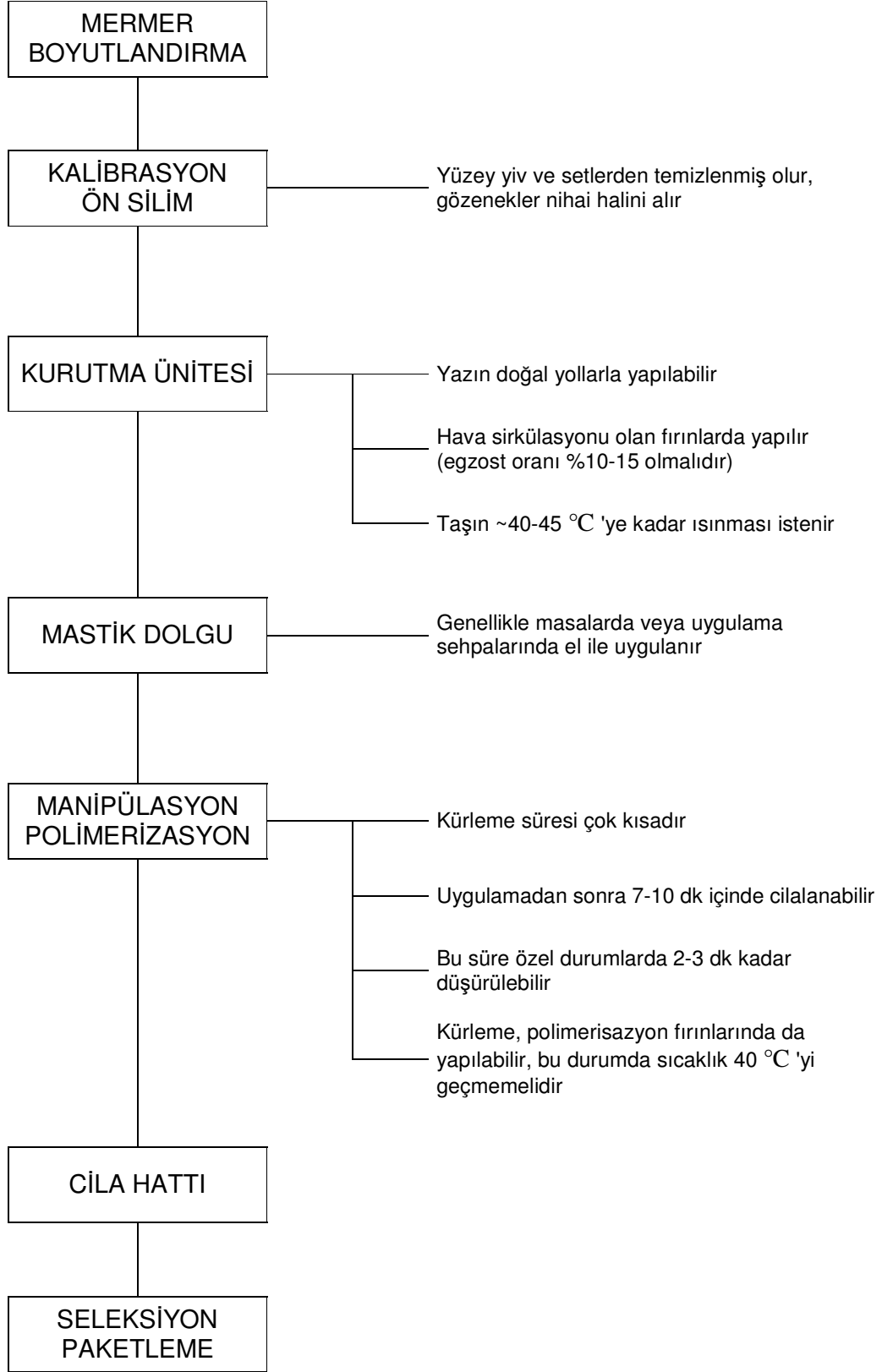
**Şekil 4.4:** Tamir-Dolgu için polyester uygulaması

hatlar gereklidir. Kalibrasyon ve ön silim yapılarak yüzeydeki yiv ve setler büyük oranda giderilir, gözenekler nihai haline çok yakın bir biçimde ortaya çıkartılır. Devamındaki kurutma fırınında gözeneklerdeki nem giderilir ve çoğu zaman el ile mastik uygulanır. Çok hızlı hatlarda öncelikle sertleştiricisi eklenmiş mastik mekanize uygulama kafaları ile yüzeye sürülür, ancak dolgudan emin olmak için devamında göz kontrolü ve spatula ile son dolgu yapılır. Dolgu yapılacak yüzey tamamen kuru olmakla beraber, mastiğin yapısını bozmaması için çok sıcak olmamalıdır. Uygulama öncesinde 40-45 °C yüzey sıcaklığı ideal sayılabilir. Dalgudan sonra polimerizasyon fırınında cila için yeterli kürlenme sağlanır. Kürlenme esnasında mastiğin 40 °C'den fazla ısıtılmamasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde sakızlaşma sonucu abrasiv sivanma riski ortaya çıkar. Dolgunun kürlenmesinden sonra aynı hat üzerinde cilalama işlemine devam edilir (Şekil 4.4) [1].

#### **4.2.3 UV Hatlar**

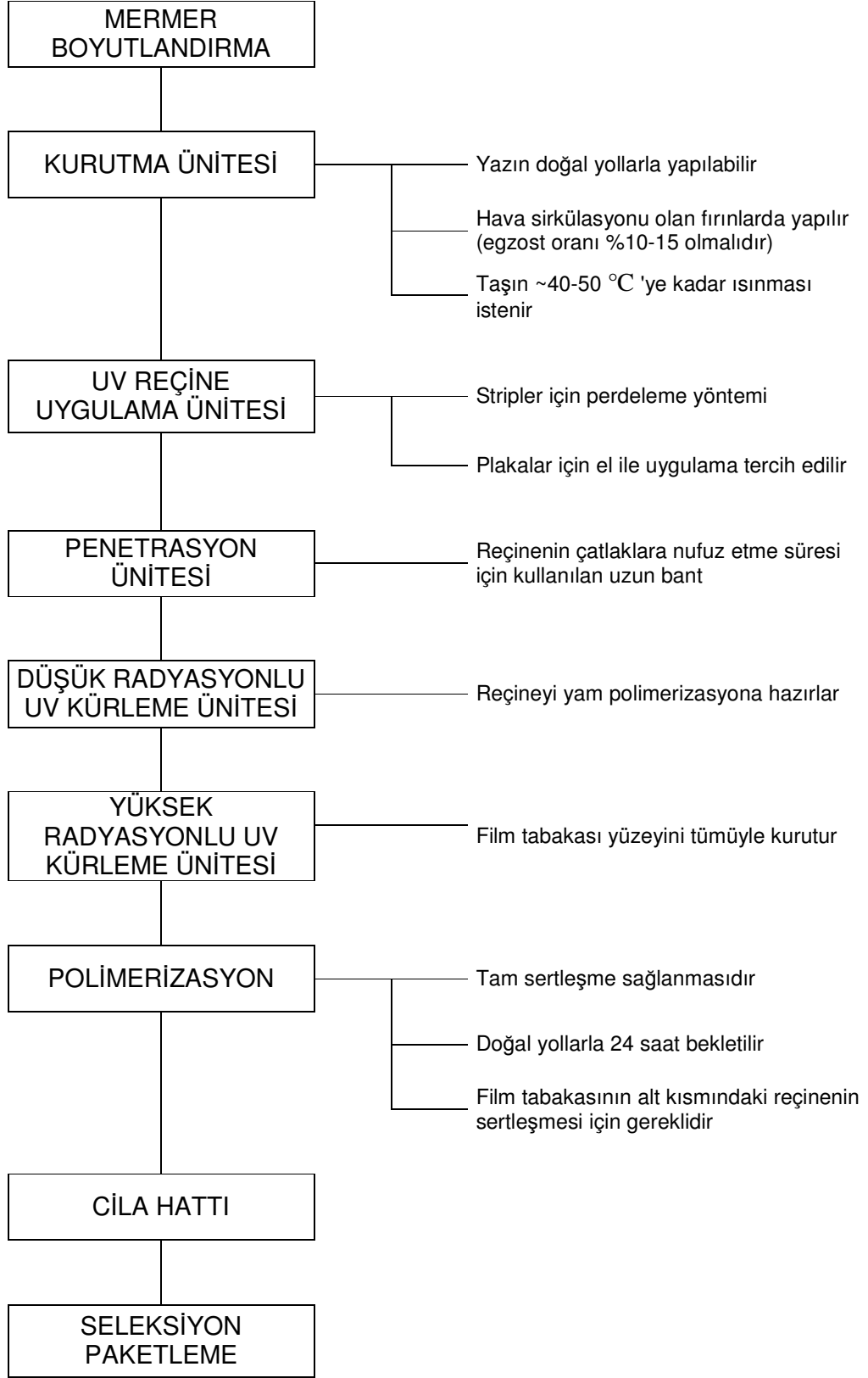
Kurutma fırını, reçine uygulama ünitesi, (stripler için perdeli uygulama, plakalar için manuel uygulama tercih edilir) penetrasyon ünitesi, düşük radyasyonlu UV kürlenme ünitesi ve yüksek radyasyonlu UV kürlenme üniteleri bu hatların ana unsurlarıdır. Taş seklöründe son 7-8 yılda kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin ahşap sektöründe ve matbaacılıkta, yüzeylerin çok ince reçine filmi ile kaplanıp, kesintisiz olarak polimerize edilmesi amacı ile çok daha önce kullanım alanı bulmuştur. Fakat, taş dolgu ve tamirinde ne yazık ki sadece iki boyutlu yüzeysel kaplama uygulaması yoktur. Hemen hemen tüm taşlar gözenek ve çatlak derinliklerine sahip oldukları için, UV ışınımın, taşın derinliklerine erişmesi imkansız hale gelmektedir. Bu nedenle taş sektöründe "Double Curing System (DCS) - Çifte Kürlenmeli Sistem" olarak adlandırılan bir kürlenme tekniğinin kullanılması zorunlu olmaktadır. UV reçine uygulaması öncesi müsaade edilen taş yüzey sıcaklığı en çok 45 °C olup, 50 °C'den itibaren reçinenin özelliği bozulmaktadır. Dolayısı ile UV hatlardaki kurutma işleminde sıcaklık parametresinden çok; hava hızları, egzost oranı, taze hava miktarı, fırın boyu gibi diğer parametreler üzerinde durmakta fayda vardır (Şekil 4.6) [1].

Yaklaşık 20 kg kapasiteli U.V. reçine deposu %1 oranında katalizör eklenmiş ve başka bir kaptan iyice karıştırılmış reçine ile doldurulur. Bu şekilde depoya konan reçine 3 saat boyunca tank içinde jelleşmeye başlamadan problemsiz olarak kullanılabilir. Gün boyunca sürekli ilave yapılarak depodaki reçine yenilediğinden,



**Şekil 4.5:** Mastik dolgu uygulaması





**Şekil 4.6:** UV Reçine uygulaması

perdeleme dolaşımı içerisinde reçinenin sertleşme problemi olmaz. Yine de aseton gibi bir çözücü ile deponun ve perdeleme sisteminin günde iki defa temizlenmesi gerekir [4].

#### **4.2.4 Çok Amaçlı Hatlar**

Bir hat yatırımı yaparak, hattı gereklğinde mastik dolgu hattı, gerektiğinde çatlak tamir hattı veya traverten kurutma ve seleksiyon hattı olarak kullanmak, her vardiyada farklı amaca hizmet eden bir iş yapmak mümkündür. Bunun için ihtiyaçlar doğru tespit edilmeli, her bir ihtiyaç için kapasiteler ve periyodlar belirlenmeli, fonksiyon, kapasite ve kullanım periyodu ya da zaman aralığı dikkate alınarak tüm beklentilere cevap verebilecek çok amaçlı bir hat yapıp, yapılamayacağı üzerinde makine ve kimyasal firmaları ile görüşülmelidir [1].

#### **4.2.5 Elevatör Fırınlı Reçine Hatları**

Yüksek kapasitelere çıkıldıkça tünel kurutma fırınlarının boyu çok uzamaya başlar ve aynı zamanda fabrika içinde polimerizasyon için bekletilen taşlar önemli bir yer işgal eder. Özellikle değerli ama çok kırılğan plakaların tamirinde, kapasiteye bakılmaksızın prosesin minimum transferle, maksimum süreklilikte olması istenir. Bu durumlarda özellikle polimerizasyon (manipülasyon için) işlemini kesintisiz yapmak gerekir. En iyi şartlarda 40 dk. ile 2,5 saat arasında değişen polimerizasyon süreleri dikkate alındığında polimerizasyon işleminin tünel fırında yapılabilmesi için fabrikaya sığdıramayacak uzunlukta fırın boyları çıkar. Bu durumda taşlan, bir tünelde ard arda ilerletmek yerine, bir elevatörde aralıklı olarak üst üste dizip önce yukarı, sonra da aşağı doğru dolaştırmak gereksinimi “Elevatör Fırın” sistemini ortaya çıkarmaktadır. Kapasite yükseldikçe benzer şekilde kurutma fırınına da elevatör fırına dönüştürmek gerekecektir. Kurutma ve çift taraflı reçine uygulaması için 3 adet elevatör fırın içeren gelişmiş hatlar da mevcuttur. Büyük kapasiteli elevatör fırınlı hatlar ile, 2000 - 3000 m<sup>2</sup>/vardiya kapasitelere ulaşılmaktadır. Elevatör fırınlı reçine hatları daha çok plakalar için uygundur. Bu hatlarda manipülasyon süresi 1-2 saate indirilmesine rağmen, taşı cilaya vermek için yine de 24 saat beklemek gerekmektedir. İstisnai ve zaruri durumlarda 8 saat fırınlı kütleme yapılarak taşlar cilaya verilebilir [1].

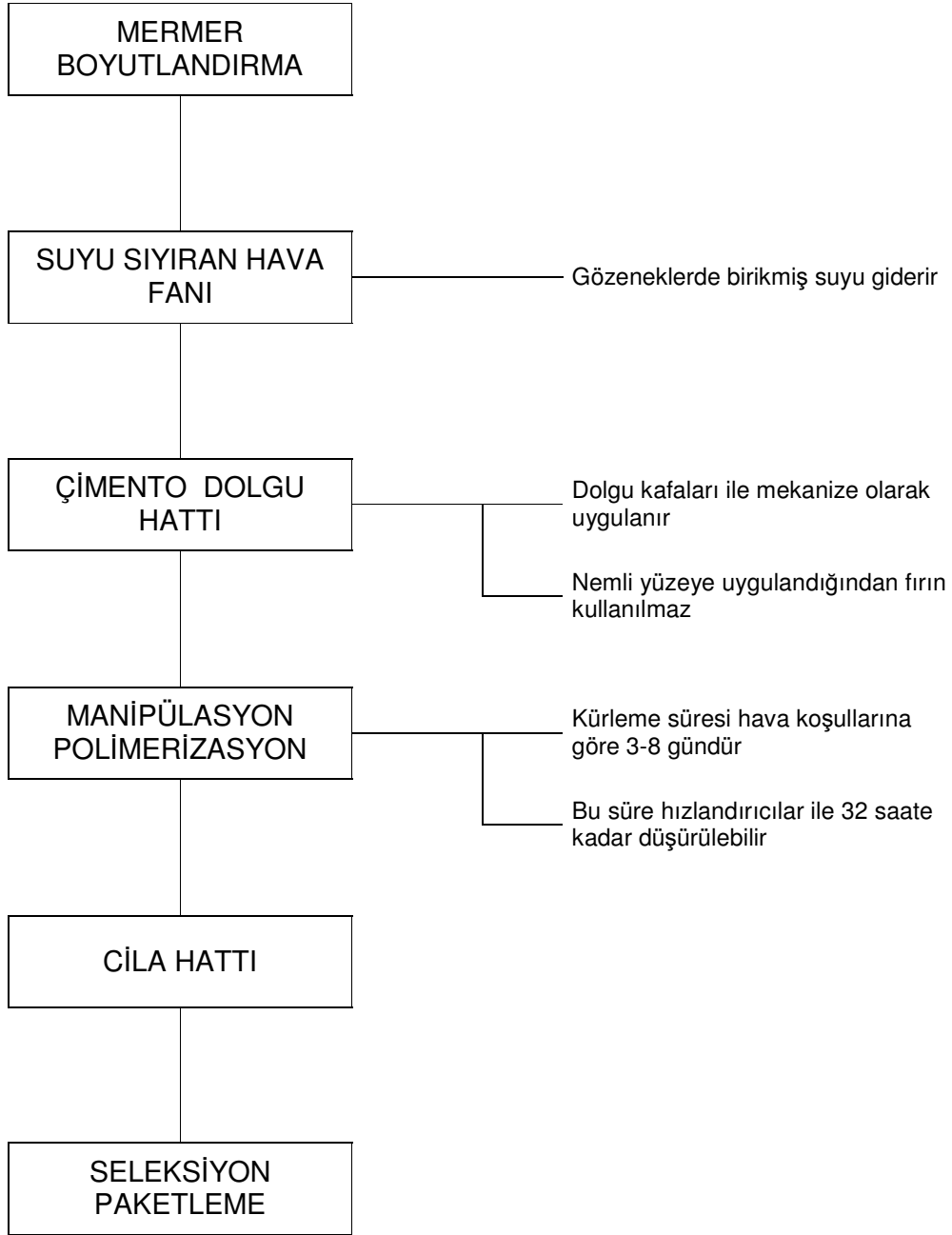
#### 4.2.6 Çimento Dolgu Makineleri

Çimento ve diğer katkı malzemeleri ile hazırlanan harcın traverten yüzeyine kesintisiz hat üzerinde mekanize olarak bir kaç kademedede uygulanması için geliştirilmişlerdir. Makine girişinde, yüzeydeki aşırı suyu sıyırmaya yarayan bir fan vardır. Ardından gözenek yapısına, hedeflenen dolgu kalitesi ve kapasiteye göre değişen sayıda (strip hatlarında 3-5 adet, plaka hatlarında 3 - 8 adet) dolgu kafaları sıralanır. Strip hatlarında dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan biri, dolgu kaçağını azaltmak üzere aynı kalınlık ve genişlikteki taşları ard arda aralıksız beslemek ve dayamaları iyi ayarlamaktır. Travertende daha çok strip dolgusunda kullanılır. Plaka dolgusu için sabit köprülü ve şaşırtmalı yerleştirilmiş 6-8 kafalı makineler olduğu gibi, hareketli köprülü 3-4 kafalı makineler de mevcuttur (Şekil 4.7) [1].

#### 4.2.7 Karma ve Bileşik Sistemler

Doğal taşlarda çatlak ve gözenekler genellikle birlikte bulunmaktadır. Ya da bir gün çatlak tamiri yapmak gerekirken, diğer gün gözenek dolgusu yapma ihtiyacı vardır. Bir çok işletme için, mastik ve reçine hatlarını ayrı ayrı almak ekonomik bir külfettir. Böyle durumlar için cila hattı üzerine özel bir mastik hattı yerleştirilebilir. Örneğin gündüz vardiyasında mastik ile gözenek dolgusu, gece vardiyasında da reçine ile çatlak tamiri yapılabilmektedir. "Dual Sistem" olarak adlandırılan bu hatlarda ünite boyları ve fırın güçleri öyle ayarlanmıştır ki, mastik hattı olarak kullanıldığında 1.fırın kurutma, ara masa mastik dolgu, 2.fırın polimerizasyon ve son masa da mastik polimerizasyonu sağlarken; reçine hattı olarak kullanıldığında 1.fırın, ara masa ve 2.fırın derinlemesine kurutma sağlamakta, son masada da reçine uygulaması yapılabilmektedir. Dual Hat ile dolgu-tamir hattı toplam yatırım maliyeti %30-40 azalmaktadır. Benzer şekilde esas olarak "UV hat" olarak tasarlanmış bir hat, ufak tefek ilavelerle gerektiğinde klasik reçine ve mastiklerin de kullanılabileceği bir hat haline getirilebilir. Esasında plaka hattı olarak tasarlanmış bir tünel fırınlı hattın başına stripleri yan yana dizen, sonuna da yan yana dizilmiş stripleri tekrar ard arda getiren manipulatörler konulduğunda, plaka hattı rahatlıkla strip hattı olarak da kullanılabilir. Arka yüzeye fileli epoksi, ön yüzeye önce polyester reçine uygulayıp, kalibrasyon ve ön silim sonrası açılan gözeneklere mastik dolgu rötuşu yapan, cila

sonrasında da taşları tekrar kurutup, yüzey koruma kimyasalı uygulayan bileşik sistemler de kesintisiz bir proses için hızla kullanım alanı bulmaktadırlar [1].



Şekil 4.7: Çimento dolgu uygulaması

### 4.3 Doğru Uygulama Sisteminin Seçimi

Amaca uygun olarak seçilmiş malzemeye ve ihtiyaca göre 100 m/gün kapasiteye kadar masalar, 200 m<sup>2</sup>/vardiya kapasiteye kadar baldı fırınlı sistemler, 400 m<sup>2</sup>/vardiya kapasiteye kadar tünel fırınlı sistemler, daha büyük kapasitelerde ise etevatör fırınlı

sistemler tercih edilebilir. 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 makinesi ardına kapasiteye uygun bir kurutma fırını ve mum dolgu makinesi veya benzeri kimyasal uygulama makinesi koymakta fayda vardır. Reçine veya mastik uygulamasında manipülasyon süresinin "sıfır" olması gerekiyorsa, tek çözüm UV hattır. Yüksek kapasitelerde strip (aşırı kırılğan olmamak kaydı ile) çatlak tamirinde UV hatlar, plaka tamirinde ise elevatör fırınlı hatlar avantajlıdır. Travertene şeffaf dolgu yapmak için striplerde UV hatlar açık ara avantajlı iken, plakalar için klasik polyester reçine kullanmak daha avantajlı olabilir [1].

#### **4.4 Uygulamada Dikkat Edilecek Hususlar**

##### **4.4.1 Temizleme ve Kil Çıkartma**

Uygulama yüzeylerinde genel olarak nem, toz ve yağ olmamalıdır. İçi kil dolu çatlak ve gözeneklere dolgu ve/veya çatlak tamiri yapılacaksa kilin kısmen de olsa temizlenmesi gerekir. Eğer gözenek ve çatlaklarda kil varsa, reçine kil üzerine yapışır ve ciladan sonra reçinenin kalktığı kısımlar olur. İyi dolgu için kil çıkarılmalıdır [4].

Bunun için Su jetlerinden veya tel fırçalardan istifade edilir. Killi çatlaklara dahi nüfuz edebilen çok özel epoksi reçineler mevcuttur. Ancak, fiyatları normal epoksi reçinelerin çok üzerindedir [1].

##### **4.4.2 Kurutma, Kurutmanın Önemi ve Parametreleri**

Taş sektöründe kullanılan birçok kimyasal, petrol bazlıdır ve herkesin bildiği gibi petrol ve su asla karışmaz. Bu nedenle, taşın kimyasal uygulamalarından önce tümüyle kurutulması çok önemlidir. Aksi takdirde reçine çatlak ve gözeneğe iyice nüfuz edemez ve cila sırasında yerinden sökülür. Çok kirli taşlara uygulanacaksa önce basınçlı suyla yıkanmalı, sonra kurutularak kimyasal uygulanmalıdır. İstisnai durumlar da vardır. Çimento dolgusunda yüzeydeki hafif nem, nüfuziyet için olumlu bir unsurdur. Özellikle kuru karışımla dolgu yapıldığında gözenek içinde harç oluşumu için, nem gereklidir.

Kurutma sadece sıcaklığa bağılı işlem değıildir. İyi bir kurutma için, sıcaklık, havanın nem oranı, yüzey film katsayısı (hava hızları), hava debisi, egzost oranı ve en zaman parametrelerini doğru seçmek ve ayarlamak gerekir [1].

#### **4.4.3 Fileli Uygulamalar**

Epoksi reçineler, özellikle plakalarda yaygın olarak cam elyafılı fileler ile birlikte uygulanır. Fileli uygulamalarda elyaf üzerindeki kaplamanın epoksiye yapışma özelliğı olması gerekir. Uygun olmayan bazı fileler epoksiye iyice yapışmamakta ve taşın arkasından kolayca sökülebilmektedir. Nadir de olsa, eğer file polyester ile birlikte uygulanacaksa, cam elyafı üzerindeki kaplama polyestere iyi yapışan özellikle olmalıdır [1].

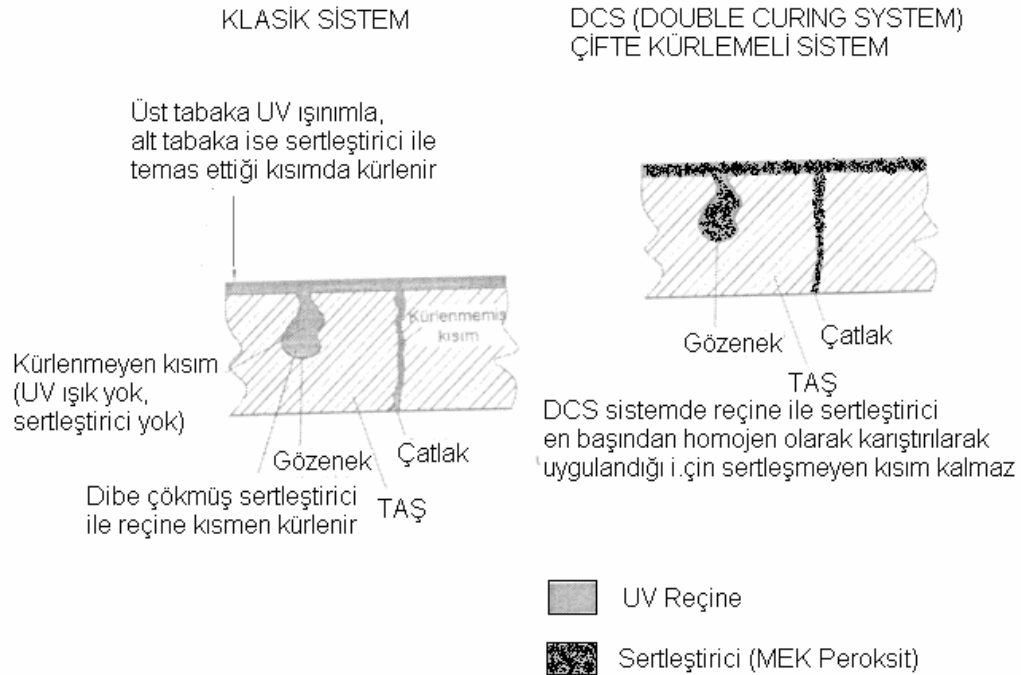
#### **4.5 Polimerizasyon**

##### **4.5.1 Sertleştirici Katkılar ve Katalizörler**

Reçine ve mastikler çoğıu zaman iki bileşenlidir. Bunlar uygun akışkanlıkta ve özellikte tasarlanmış ana malzeme ile ana malzemenin çatlak veya gözenek içerisinde belirli bir sürede sertleşmesini sağlayan sertleştirici katalizördür. Tamir veya dolgu işlemi yapılmadan önce katalizör ve ana bileşen belirli oranlarda karıştırılır. İstenen sonucun elde edilebilmesi için karışımın, üreticinin talimatları doğrultusunda eksiksiz yapılması gerekir. Çünkü her bir karışım oranının başka bir sonucu vardır. Karışım oranına göre polimerizasyon süresi ve sonuçta elde edilen mukavemet değerleri değıışmektedir. Epoksi için genel olarak uygulanan karışım oranları; 100:25, 100:30, 100:33 ve 100:50 dir. "25, 30, 33, 50" birim olarak gösterilen "B" bileşeni, yani sertleştirici her bir oran için farklı bir malzemedir. Yani aynı sertleştirici farklı oranlarda katılamaz, farklı oranlarda kullanılan ve sonucu değıştiren farklı sertleştiriciler vardır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus da, bu oranların hacme göre değıil, ağırlığa göre ayarlanması gerektiğıidir. Polyester esaslı reçinenin türüne bağılı olarak karışımında, ya Benzoile peroksit ya da MEK peroksit sertleştirici olarak seçilir. Polyester esaslı dolgu malzemelerinde genel olarak uygulanan karışım oranları; 100:2 - 100:4'tür. UV reçinelerde karışım oranı 100:1 civanndadır. Mastiklerin sertleştirici si %2-4 oranında Benzoile Peroksittir. UV mastiklere ayrıca sertleştirici ilave edilmez. Çünkü ultraviole lambalar altında hemen polimerize olurlar [1].

#### 4.5.2 UV Polimerizasyon ve Çifte Kürleme Sistem (DCS-Double curing system)

Ultraviyole sistem ile kesintisiz reçine hattının oluşturulabilmesi her zaman mümkün olmamaktadır. Taşın ışık alan yüzeyi hemen polimerize olur, fakat gözenek ve çatlakların içine ışık ulaşamaz ve hızlı fotopolimerizasyon gerçekleşemez. Çifte Kürlemeli Sistem (DCS) ile çatlakların içindeki reçine sertleşerek 24 saat sonra cilaya hazır hale gelmektedir. Eğer hemen cilalanır ise, çatlaklar içindeki reçine yeteri kadar sertleşmeyecek ve kırılma problemi devam edecektir. Benzer şekilde gözenek dolgusu da yerinden çıkacaktır. Bu durumda işlem boşa yapılmış olur, para ve zaman kaybedilir. Bu tip sorunlardan kurtulmak için çözüm çifte kürlemeli sistemdir. Bu sistemle, yüzey filmi UV kürleme ile hemen polimerize olurken, gözenek ve çatlakların içindeki kısım reçine tankına katılmış olan MEK peroksit sayesinde zaman içinde kürlenecek tir. Tank içindeki reçineye katılan MEK peroksidin, hemen reaksiyona girerek jelleşmeye sebep olmaması için çifte kürlemeli UV reçinelerin içine MEK peroksit reaksiyonunu geciktiren bazı özel "inhibitor" ler katılır [1].



**Şekil 4.8:** DCS ve klasik UV reçine kürlenme prensibi [1].

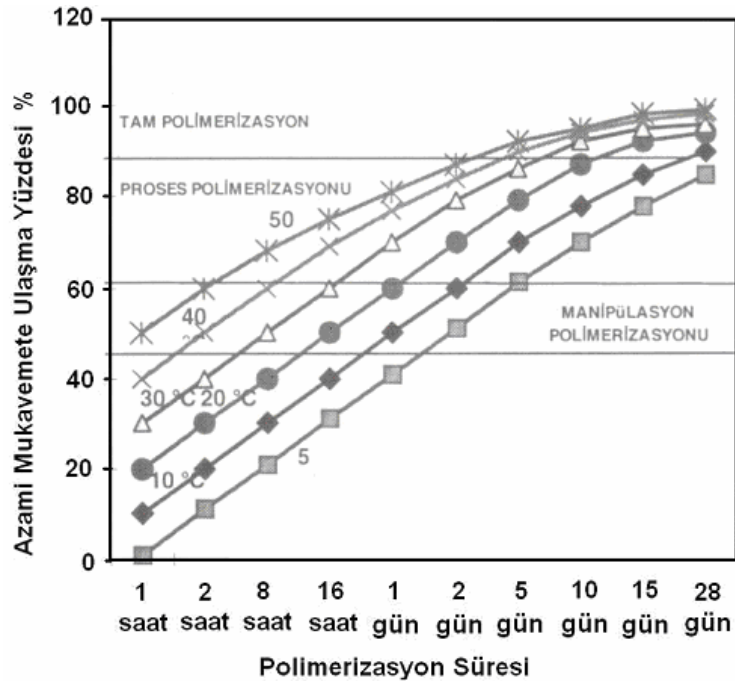
## 4.6 Polimerizasyonun Aşamaları

### 4.6.1 Manipülasyon Polimerizasyonu

Elle dokunulduğunda yapışmayacak ve taşların taşınabilmesine müsaade edecek düzeyde polimerizasyon derecesidir. Manipülasyon süresi, karışımdaki katalizör oranına, reçine veya mastiğin cinsine, sıcaklığa ve uygulama sistemine göre değişmektedir. Epoksi reçineler için ortalama manipülasyon zamanı açık havada yaklaşık olarak 4 saattir. Fırınli kürleme ile bu süre ortalama 1,5 saate, hatta bazı reçineler için 50 dakikaya kadar düşürülebilir. Polyester reçinelerde manipülasyon süresi 40-60 dakikadır. Mastiklerde ise bu süre 2-3 dakika olup, fırınli kürlemede, 1 dakikanın altına inmektedir. UV hatlarda manipülasyon süresi sıfırdır. Çimento dolgu için bu süre birkaç saattir [1].

### 4.6.2 Proses Polimerizasyonu

Uygulamadan sonra cilaya verilebilir sağlık düzeyine gelme durumudur. Nihai ve azami sertlik derecesinin %70-90 mertebesidir. Mastikler için gerekli süre 7-10 dakika olup, fırınli kürleme ile 3 dakikaya indirilebilir. Epoksi, polyester ve UV reçinelerin uygulamadan 24 saat sonra cilaya verilmesi önerilir. 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 değişmektedir [1].

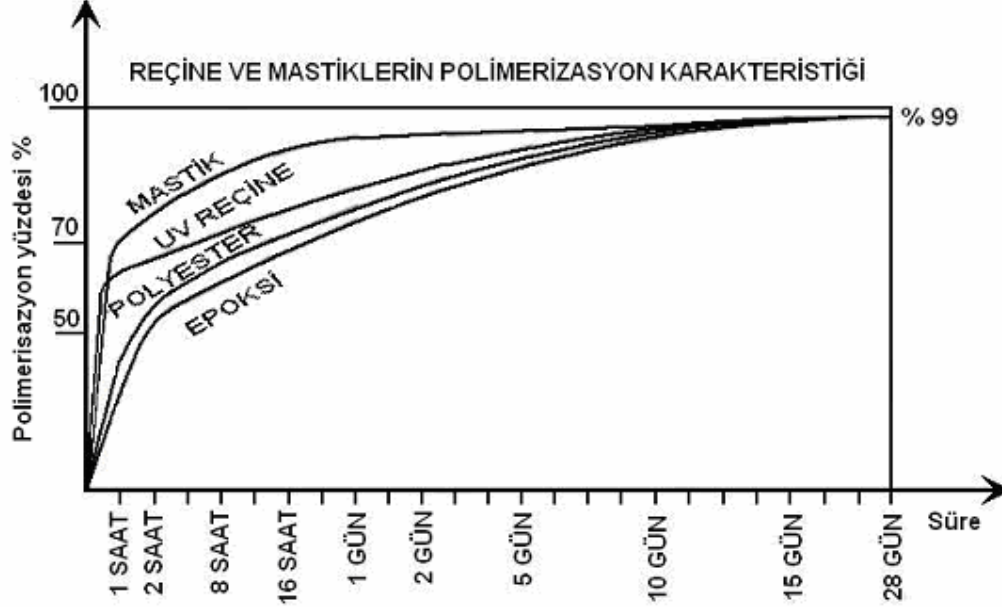


Şekil 4.9: Sıcaklık-Zaman polimerizasyon ilişkisi (Epoksi 100:30) [1].



### 4.6.3 Tam Polimerizasyon

%99.9 oranında tam sertleşmenin olabildiği aşamaya birçok polimer ve çimento esaslı dolgu malzemesi ancak 28 günde gelebilir. Şekil 4.10'da sıcaklık, zaman ve polimerizasyon ilişkisi görülmektedir.



Şekil 4.10: Reçine ve mastiklerin polimerizasyon karakteristiği [1].

### 4.7 Kimyasalların Özel Üretimlerde Kullanılması

Buraya kadar bahsedilen prosesler seri üretimi yapılan strip, fayans ve plaka üretimi için uygulanan proseslerdir. Mermer kimyasalları bunların dışında yapılan üretimlerde de sıkça kullanılmaktadır. Özellikle dış cephe kaplamaları için yapılan kapital, sütun, baza, söve, profil, korkuluk, trabzan, vazo, filiger ve benzeri özel imalatların üretiminde dolgu ve yapıştırma amaçlı olarak çok sık kullanılmaktadırlar. Bu tip üretimler makina imalatının yanısıra el işçiliği de gerektirmektedir. Belirtilen nedenlerle üretimleri uzun zaman ve emek gerektirir. Özellikle bej mermerlerde kendini gizlemiş olan taş kusurları üretim sırasında kendini göstermekte ve tamir gerektirmektedir. Bu tür tamirlerde mastikler çok yoğun olarak kullanılmakta bunun yanısıra polyester ve epoksi ile de tamir ve yapıştırma yapılmaktadır. Mastiklerin polimerizasyon süresinin çok kısa olması tercih edilmelerindeki en önemli sebeptir. Uygulamalar sırasında gerekli olan kurutma işlemi şalama (pürmüz) yardımıyla yapılmaktadır. Özellikle yapıştırma işlemlerinde mastik ile polyesterin karıştırılması sonucu jel kıvamına yakın bir yapıştırıcı elde edilip sıkça kullanılmaktadır. Bunun

dışında yapıştırma amaçlı özel olarak üretilmiş polimerizasyon süresi yaklaşık 30 dakika olan jel epoksiler üretilmiştir.

#### **4.8 Blokların Sağlamlaştırılması**

Mermer blokların sınıflandırılması çatlak yapısına göre yapılır. Dolayısıyla fiyatlandırmalar da buna paralel olarak değişmektedir. Üretimi yapılmış olan blok hangi imalat için en uygundur, fiyatı ne olmalıdır gibi soruların cevabını bloktaki çatlakları inceleyerek karar verebiliriz. Bu karar ile blok üretim hattına alınır. Katrakta kesilecek blok çatlaksız ve en az 5-6 m<sup>3</sup> boyutunda olmalıdır. Blokların boyutunu yine çatlak yapısı belirlemekte, sayalama yapımında üretimi yönlendirmektedir. Hiç çatlaksız bloklar katrak üretiminde sorun çıkartmamakta, çatlaklı bloklar ise ST makinalarında ebatlanmaktadır. Bej mermeri katraklık blok oranı düşük olan bir mermerdir, dolayısıyla bloğun çatlaklı olmasına rağmen katrakta kesilebilmesi çok önemlidir. Bunun için yoğun olarak kullanılan bir proses bulunmamakta, kısmi çözümler üretilmektedir. Bloğun çatlağı bir tane ve uzun kenara paralel ise kaybedilen plaka sayısı çok azalacağından katrakta kesilmeye olanak sağlayacaktır. Yine sözkonusu çatlağa doğal yollarla kurutulmuş bir blokta epoksi uygulaması kullanılan bir yöntemdir. Bunun dışında bloğun etrafının file + polyester ile kaplanması da kesimine olanak sağlamaktadır. Bazı uygulamalarda file + polyester yerine daha önceden kesilmiş plakalar yapıştırılıp blok sağlamlaştırma yoluna gidilmiştir. Yine çatlaklı blokların üzerinden delinecek bir veya birkaç deliğin epoksi ile doldurulması fikri de tartışılan başka bir sağlamlaştırma yöntemidir.

## **5 MERMERLERDE KİMYASAL UYGULAMASININ İŞLETME VERİMİNE ETKİSİ**

Tamir-Dolgu uygulamalarının ekonomik boyutu; Yatırım maliyeti, Bakım-onarım maliyeti, Enerji maliyeti, İşçilik maliyeti ve Sarf malzemeleri maliyetleri Tablo 5.l'de ayrıntılı olarak verilmiştir

### **5.1 Maliyetler**

#### **5.1.1 Yatırım**

Avrupa makine ve ekipmanların Türkiye fabrika teslim fiyatları yatırım maliyetleri sütununda verilmiş rakamların yaklaşık 2 katı kadardır [1].

#### **5.1.2 Bakım-Onarım**

Yıllık bakım-onarım maliyetleri makina fiyatlarının %10-20'si civarında gerçekleşmektedir [1].

#### **5.1.3 Dolgu-Tamir Malzemesi**

Dolgu malzemelerindeki yüksek rakamlar çok gözenekli travertenler için geçerlidir. UV reçine perde sistemi ile uygulanırsa tüm yüzeyde bir film tabakası oluştuğu için sarfiyat artmaktadır. Çok problemlili olmayan taşlarda sadece gözenek ve çatlaklar üzerine yapılan lokal uygulamalar maliyetleri önemli ölçüde azaltmaktadır [1].

#### **5.1.4 Enerji**

Özellikle fırınlı hatlarda çok önemlidir. Fırınlı hatlar için enerji maliyeti en yüksek elektrikli ısıtıcılarda, en düşük isedo doğal gazlı fırınlarla elde edilir [1].

**Tablo 5.1:** Maliyetler tablosu (MF:Makina Fiyatı) [1].

MALİYETLER (USD)													
Uygulama Sistemleri	Yatırım Maliyeti	Bakım Onarım	Enerji Maliyeti (USD/m <sup>2</sup> )	İşçilik (USD/m <sup>2</sup> )	Sarf Malzemesi Maliyeti (USD/m <sup>2</sup> )								
					Epoksi	Polyester çatlak için	File Çatlak	UV Reçine Çatlak	Polyester Gözenek	UV Reçine Gözenek	Mastik Gözenek	Çimento Karışımı	
Uygulama sehpaları ve masalar	400 - 1.000	% 10-20xMF		1,00	0,5-2,0	0,27-0,75	0,5-1,0			1,00-2,50		0,5-2,00	
Kurutma ve Kütleme Odaları	8.000 - 16.000	% 10-20xMF	0,25	1,00		0,27-0,75	0,5-1,0			1,00-2,50		0,5-2,00	
Gazlı tünel fırınlı mastik hatları	15.000 - 60.000	% 10-20xMF	0,25	0,50								0,5-2,00	
Elektrikli tünel fırınlı mastik hatları	17.000 - 65.000	% 10-20xMF	0,40	0,50								0,5-2,00	
Gazlı tünel fırınlı reçine hatları	17.000 - 80.000	% 10-20xMF	0,25	0,50	0,5-2,0	0,27-0,75	0,5-1,0			1,00-2,50			
Elektrikli tünel fırınlı reçine hatları	19.000 - 85.000	% 10-20xMF	0,40	0,50	0,5-2,0	0,27-0,75	0,5-1,0			1,00-2,50			
Elevatör fırınlı hatlar	120.000-500.000	% 10-20xMF	0,40	0,50	0,5-2,0	0,27-0,75	0,5-1,0			1,00-2,50		0,5-2,00	
UV reçine hatları	60.000 - 120.000	% 10-20xMF	0,30	0,50			0,5-1,0	1,00-2,00			1,5-4,00		
UV mastik hatları	20.000 - 50.000	% 10-20xMF	0,30	0,50			0,5-1,0					0,5-2,00	
Çimento dolgu makineleri	6.500 - 25.000	% 10-20xMF	0,20	1,00									0,2-0,4
Karna ve/veya bileşik sistemler	20.000 - 100.000	% 10-20xMF	0,40	0,50	0,5-2,0	0,27-0,75	0,5-1,0			1,00-2,50		0,5-2,00	

### **5.1.5 İşçilik**

İşçilik maliyetleri genel olarak 0,5-1,0 USD/m<sup>2</sup> civarındadır. Bu maliyetlere fabrika içindeki transferler vs. de dahil edilmiştir.

## **5.2 Kazanımlar**

### **5.2.1 Fire Azalması, Kalite Artışı**

Çatlak tamiri ve sağlamlaştırma yapılmadığı durumda kırılıp dağılarak ıskartaya ayrılan taş miktarı 100 m<sup>2</sup> ise, uygun bir tamir ve güçlendirme ile bu miktar 20 m<sup>2</sup>'ye kadar rahatça düşürülebilir. Başka bir deyişle 400 m<sup>2</sup> olarak hedeflenen bir üretim, kırılma - dağılma nedeni ile 300 m<sup>2</sup> olarak gerçekleşiyorken, uygun bir güçlendirme ile 380 m<sup>2</sup> ye çıkarılarak hedefe yaklaşılabılır. Kırılma ve dağılmadan kaynaklanan fire oranı, bazı taşlarda bu oranın da üzerinde, %50 hatta Bursa Bej gibi bazı taşlarda %70 civarında gerçekleşmektedir. Doğal taşların değerini düşüren en büyük etkenlerden birisi de gözenek sorunlarıdır. Cilayı iyi göstermeyen ve döşendiği yerde hemen kir tutarak çirkinleşen gözenekli - poroziteli taşlar ancak çok düşük fiyatlar ile satılırsa alıcı bulabilmektedir. Sağlamlaştırma ve gözenek dolgusu ile fireler önemli oranda azalmakta, yüzey kalitesi çok artmaktadır [1].

### **5.2.2 Proseste Tıkanıklıkların Giderilmesi**

Sorunlu taşlar, proses esnasında birçok tıkanıklığa ve imalat hızının düşmesine neden olmaktadır. Çatlaklı ve gözenekli taşları proses esnasında kalitelerine göre sınıflandırmak oldukça zor ve üretim hızını düşürücü bir etkidir. Çatlak tamiri ve gözenek dolgu işlemlerinden sonra taşlar, daha az sorunlu olacağından ve kalite düzeyleri birbirlerine yaklaşacağından sınıflandırma oranı azalacak, paketleme süreci hızlanacak ve dolayısıyla imalat kapasitesi artacaktır [1].

### **5.2.3 Standart Ürün, Programlı Üretim, Kalite Güvencesi ve Sürekliliği**

Doğal yapısı gereği taşlarda bulunan çatlakların ve gözeneklerin yapısı düzensizdir. Bu nedenle, standart kalitede ve süreklilikte ürün elde edilmesi zordur. Çatlaklar ve gözeneklerin bu düzensiz yapısı nedeniyle ıskartaya ayrılacak ürünlerin oranını tahmin etmek mümkün olmadığından, talepleri kısa zamanda ve programlı bir şekilde üretmek de büyük bir sorun oluşturmaktadır. Çatlak tamir

ve gözenek dolgu malzemeleri ile sürekli aynı kalitede standart ürünleri, programlı bir şekilde üretmek mümkündür [1].

#### **5.2.4 Yükleme-Boşaltma ve Nakliye Problemlerinin Azalması**

Çatlaklı taşlar her zaman üretim prosesi esnasında kırılmayabilir. Seçim sırasında ıskartaya ayrılmayan bu taşlar nakliye sırasında kırılabilmektedir. Sağlamaştırma ve çatlak tamiri yapılan taşların nakliye esnasında kırılma olasılığı ve oranı çok düşüktür [1].

#### **5.2.5 Satış Sonrası Problemlerin Azalması**

Çatlak tamiri yapılmamış taşlar, döşeme esnasında da kolayca kırılabilmektedir. Bu üreticinin daha sonraki satışlarını bitirebilecek kadar olumsuz bir olaydır. Dolgu yapılmamış gözenekli taşlar, döşendikten sonra toz ve leke tutmaktadır. Bu nedenle güçlendirme - dolgu - tamir işlemleri satış sonrası problemleri önemli oranda azaltmakta, ürüne duyulan güveni arttırmaktadır [1].

#### **5.2.6 Müşteri Memnuniyeti ve Rekabet Gücündeki Artış**

Günümüz, iletişim ve rekabet çağıdır. Gelişen doğal taş teknolojisi, üretimi ve rekabeti arttırmıştır. Müşteriler dünyanın her yerinden en uygun fiyata en uygun taşı temin edebilecek güce ve olanaklara sahiptir. Bu nedenle artık çatlaktan ve gözenekten kaynaklanan fire maliyetlerinin sebep olduğu fiyat artışlarını ve kazanç kayıplarının firmaların karşılaması ve ayakta durması oldukça zordur. Poroziteli bir granit en iyi abrasivlerle cilalanmasına rağmen örneğin 40-50 gloss parlaklık derecesine sahip yarı mat bir görünüm içinde 30 USD/m<sup>2</sup> fiyata alıcı bulabilirken, reçine uygulandıktan sonra cilalandığında parlaklık kolayca 60 - 70 gloss mertebesine çıkabilmekte ve 40 USD/m<sup>2</sup> fiyata alıcı bulabilmektedir. Her iki işlem arasındaki maliyet farkı 2 - 3 USD civarında olmasına rağmen, fiyat farkı 10 USD olabilmektedir. Bu da metrekare başına 7-8 USD ilave kazançtır. Reçine ile sağlamaştırılan ve gözenekleri doldurulan taşlar döşedikleri yerlerde de uzun yıllar sorunsuz bir şekilde kalabilmektedir. Sorunsuz ve kaliteli taşlar, artan rekabet ortamında rengi ve özelliği kadar müşteri memnuniyeti için vazgeçilmez bir unsurdur. Ayrıca inşaat sektöründeki eğilim bina yükünü azaltma yönündedir. Güçlendirilerek çok daha ince işlenmiş hafif taşların, pazar bulma şansı çok daha

yüksektir. İnce kesim ile bloktan alınan taş miktarı metrekare olarak önemli oranda artacaktır [1].

### 5.2.7 Örnek Kazanç Tabloları

Çatlak tamiri ve gözenek dolgunun firmalara sağlayacağı kazançlar aşağıdaki örnek tablolarda özetlenmiştir. Çatlak tamirinde m<sup>2</sup> başına 3-15 USD, gözenek dolgusunda m<sup>2</sup> başına 3-11 USD ilave kazanç elde edildiği Tablo 5.2 ve 5.3'de görülmektedir [1].

**Tablo 5.2:** Çatlak tamiri kazanç tablosu (bej plaka için) [1].

	Miktar	Toplam Tamir Maliyeti (*)	Kırılma Oranı	Sonuç	Gelir	İlave Kazanç
Tamir Yapılmamış	40 plaka	0 USD	25 %	120 m <sup>2</sup>	3600 USD	0 USD
Tamir Yapılmış	40 plaka	320 USD	5 %	152 m <sup>2</sup>	4.560 USD	640 USD

#### Sonuç olarak;

Sözkonusu yöntemlerin tamamı günümüz mermer işleme teknolojisinde kullanılmakta olan modern yöntemlerdir. Zaman içerisinde farklı malzeme ve uygulama sistemlerinin bulunabileceği düşünülebilir. Ancak günümüz koşullarında elimizdeki hammaddeyi en iyi şekilde değerlendirmek, üretim kayıplarını azaltmak, birinci sınıf malzeme üretimimizi arttırmak istiyorsak bu teknolojileri kullanmak bir zorunluluk olmaktadır. Özellikle dış pazardaki payımızı ve rekabet gücümüzü arttırmak ancak verimli ve kaliteli bir üretimle mümkün olabilecektir. Çatlak tamiri ve gözenek dolgusu işlemleri mermerin üretiminde son işlemlerden sayılabilir. Dolayısıyla, bu aşamada yaşanan üretim kayıplarının önemi daha da artmaktadır. Çünkü kesilip cilaya hazır hale gelmiş olan taş o ana kadar yapılan bütün masraflar, gerekli tamir işlemleri yapılmadığı takdirde tamamıyla boşa gitmektedir. Kaybedilen malzeme ve emek maliyetine bakıldığı takdirde tamir ve dolgu işlemlerinin sanıldığı kadar yüksek maliyetli olmadığı tam tersine ilave katma değer sağlayarak kar etmede önemli araçlar olduğu anlaşılacaktır.

---

\* Reçine, enerji, işçilik ve amortisman dahil edilmiştir.

**Tablo 5.3:** Gözenek dolgu kazanç tablosu (250 m<sup>2</sup>'lik örnek için)

	<b>Mastik *</b>	<b>Reçine **</b>	<b>Epoksi ***</b>
<b>Uygulama</b>	75 gr/m <sup>2</sup>	500 gr/m <sup>2</sup>	200 gr/m <sup>2</sup>
<b>Dolgunsuz Fiyat</b>	20 USD/m <sup>2</sup>	18 USD/m <sup>2</sup>	30 USD/m <sup>2</sup>
<b>Dolgulu Fiyat</b>	25 USD/m <sup>2</sup>	32 USD/m <sup>2</sup>	35 USD/m <sup>2</sup>
<b>Toplam Dolgu Birim Maliyeti</b>	1 USD/m <sup>2</sup>	3 USD/m <sup>2</sup>	2 USD/m <sup>2</sup>
<b>Dolgunsuz Satış Tutarı</b>	5000 USD	4500 USD	7500 USD
<b>Dolgulu Satış Tutarı</b>	6250 USD	8000 USD	8750 USD
<b>Toplam Dolgu Maliyeti</b>	250 USD	750 USD	500 USD
<b>250 m<sup>2</sup> için ilave kazanç</b>	1000 USD	2750 USD	750 USD

**Tablo 5.4:** Tamir ve dolgu ile net ilave kazanç tablosu (Euro)

<b>YILLAR</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>TAMİR VE DOLGU YAPILAN TAŞ (m<sup>2</sup>)</b>	7.500.000	9.000.000	11.000.000	13.500.000	16.000.000	20.000.000
<b>Tamir-dolgu malzemesi maliyeti</b>	7.500.000	9.000.000	11.000.000	13.500.000	16.000.000	20.000.000
<b>Fırınlı tamir ve dolgu hatları yatırımı</b>	5.000.000	6.000.000	7.500.000	9.000.000	10.500.000	12.000.000
<b>Enerji ve işçilik maliyeti</b>	3.750.000	4.500.000	5.500.000	6.750.000	8.000.000	10.000.000
<b>Hatlar için bakım - onarım maliyeti</b>	1.500.000	2.000.000	2.500.000	3.000.000	4.000.000	5.000.000
<b>TOPLAM MALİYET</b>	17.750.000	21.500.000	26.500.000	32.250.000	38.500.000	47.000.000
<b>TOPLAM İLAVE KATMA DEĞER</b>	40.500.000	48.500.000	60.000.000	72.750.000	86.000.000	107.000.000
<b>NET ASGARİ KAZANÇ</b>	<b>22.750.000</b>	<b>27.000.000</b>	<b>33.500.000</b>	<b>40.500.000</b>	<b>47.500.000</b>	<b>60.000.000</b>

\* Bej mermere uygulanmıştır

\*\* Travertene uygulanmıştır

\*\*\* Granite uygulanmıştır



## **6 MERMER KİMYASALLARININ ÇEKME VE EĞİLME DAYANIMLARININ ISI İLE DEĞİŞİMİ**

### **6.1 Mermer Kimyasalları ile Yüzey Kalitesi Arasındaki İlişki**

Mermere uygulanan kimyasal dolgu amaçlı yapılıyorsa silim hattında kalibrasyon ve ön silim işlemlerinde sonra yapılmalıdır. Bu sayede yüzeydeki yiv ve setler giderilerek gözenekler son halini alır. Uygulama çatlak tamiri amaçlı yapılıyorsa kimyasal kalibreden önce uygulanmalıdır. Epoksi veya polyester ile yapıştırma amaçlı bir uygulama yapıldığında ise yüzeyin mümkün olduğunca pürüzlü olmasında yarar vardır.

Mermer aşındırıcı abrasivler 30, 60, 80, 120, 220, 320, 400, 600, .....1000, 1500, 2000 gibi numaralar ile gösterilir. Bu numaralar aşındırıcı taneciğin mesh ölçüsüne göre verilir. Örneğin 100 grain bir abrasivden söz edildiğinde partikülün büyüklüğü 106-150 mikron kadardır. Abrasiv numaralarının sıralanması herbir mermer için ayrı ayrı yapılır. Örneğin, Muğla Beyazı cilalanması için tasarlanmış bir abrasiv sıralaması ile Elazığ Vişnesi'nin sağlıklı bir şekilde cilalanması mümkün değildir.

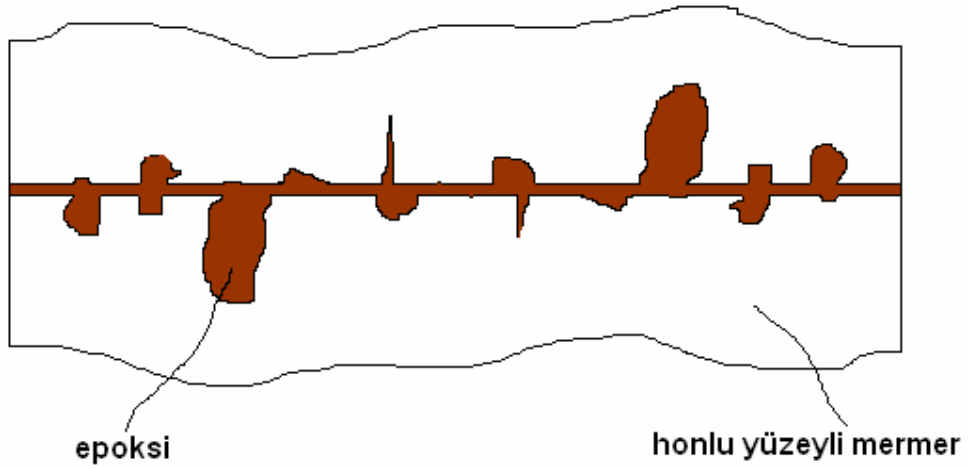
Doğaltaş bitiş yüzeyleri endüstriyel olarak düşünüldüğünde; yakılmış (granitler için), ham yüzeyli, çekiçlenmiş, kumlanmış, asitlenmiş, patinatolu, honlu ve cilalı olarak sınıflandırılabilir. Burada ham yüzey mermerin testere ile kesilmiş olan yüzeydir, herhangi bir aşındırma işlemi uygulanmamıştır, yüzeyde testere izleri net bir şekilde gözlenir, ebatlanmış mermerler içinde yapıştırmaya en uygun olanıdır (Şekil 6.1). Deneylerde kullanılan numuneler bu yüzeylerin yapıştırılması sonucu elde edilmiş ve numune boyutuna getirilirken yapılan ebatlamadan sağlam olarak çıkmışlardır.

Honlama deyimi abrasiv izi görülmeyen ışığı da yansıtmayan yüzeyleri tanımlamak için kullanılır (Şekil 6.2). Bu yüzey mermerin cinsine göre 220 ile 400 numara abrasivlerle elde edilir, yüzey nispeten pürüzsüzdür. Bu yüzeye sahip mermerlerin kimyasallar ile yapıştırılmaları pek sağlıklı olmamaktadır. Deneyler için bu yüzeye sahip mermerler ile de yapıştırma yapılmış fakat numune boyutuna getirme aşamasında parçaların koptuğu gözlenmiştir.

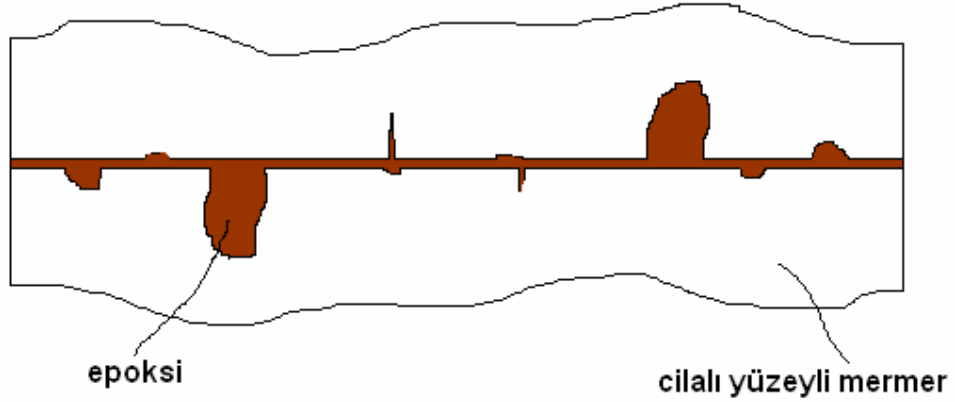
Cilalı yüzeylerde ise taşın cinsine göre 1500 – 2000 numara abrasivlerle son kat silimi yapılmaktadır. (Şekil 6.3) Bu yüzeye sahip mermerlerle de numune hazırlama çalışmaları yapılmış fakat ebatlama aşamasında parçaların birbirinden koştugu gözlenmiştir.



**Şekil 6.1:** Yapıştırılmış ham yüzeylerin kesit görünümü



**Şekil 6.2:** Yapıştırılmış honlu yüzeylerin kesit görünümü



**Şekil 6.3:** Yapıştırılmış cilalı yüzeylerin kesit görünümü

## 6.2 Dene Numunelerinin Hazırlanması

Deneyler için Antalya-Korkuteli civarında bulunan Deva Tekstil Madencilik İnşaat Sanayi Ticaret Limited şirketine ait Bej Mermeri seçilmiştir. Dene numuneleri ebatlı mermer parçalarına söz konusu kimyasallar kullanılarak ham yüzeylerin yapıştırılıp istenilen ölçülerde kesilmesi sonucu oluşturulmuştur. Uygulama öncesi taşlar yaklaşık 50 °C'ye kadar ısıtılmış ve kimyasallar kullanılarak yapıştırma işlemi yapılmıştır. Yapıştırma sonrası numuneler polimerisasyon için 24 saat yaklaşık 45 °C de bekletilmiştir. Deneylerde Elkay Kimyasal Maddeler San. ve Tic. Anonim Şirketi'ne ait Granit marka Epoksi ve Polyester kullanılmıştır. Kimyasal karışım oranları aşağıda verilmiştir.

### Epoksi:

4 ölçek epoksi ile 1 ölçek\* sertleştirici (üretici firmanın önerdiği orandır)

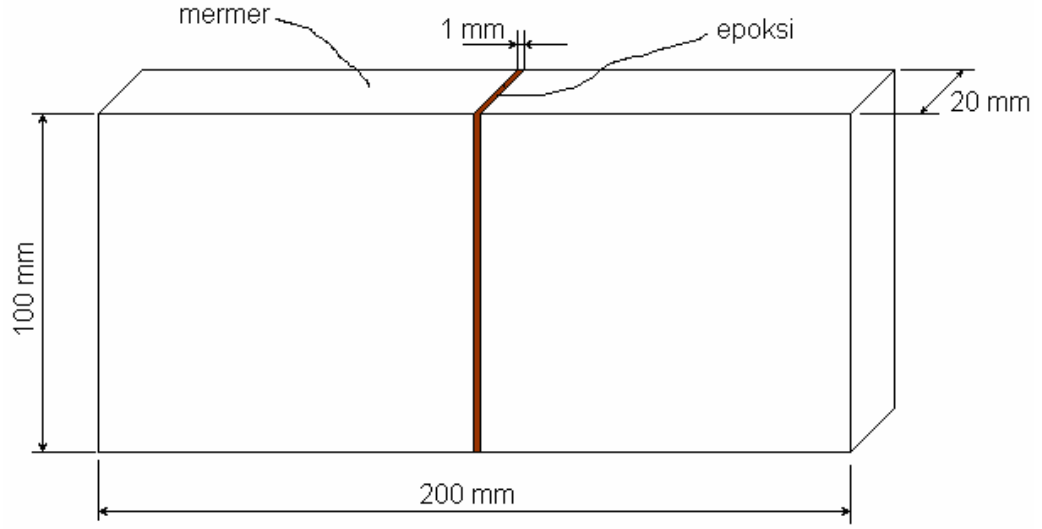
### Polyester:

100 gr polyester ile 2 gr sertleştirici

Hazırlanan numuneler testere ile kesilmiş bitiş yüzeyine yapıştırılması ile elde edilmiştir. İki yapıştırma yüzeyi arasında kimyasalların nüfuz kalitesini artırmak için yüzeyler arasında 1 mm boşluk bırakılmıştır. (Şekil 6.4)

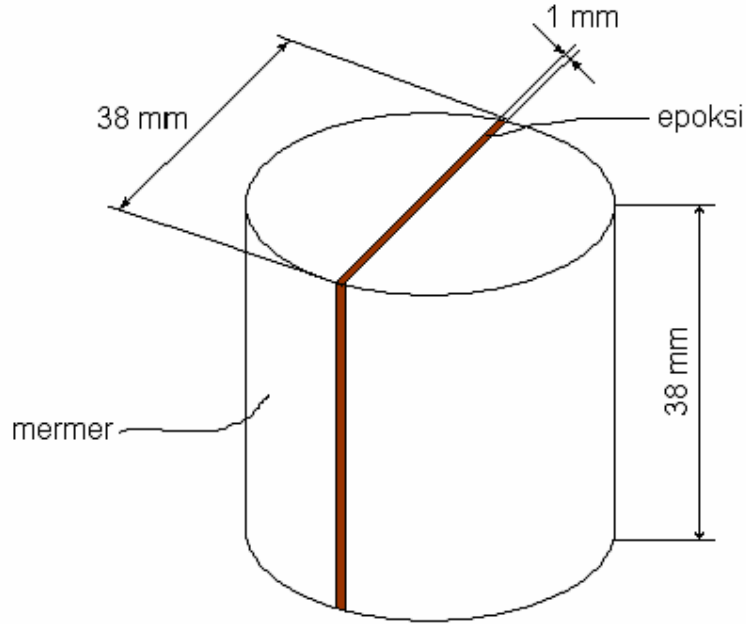
---

\* 1 ölçek yaklaşık 100 ml hacindedir, kullanılacak miktara göre kaç ölçek kimyasalın karıştırılacağına karar verilir.



**Şekil 6.4:** Eğilme dayanımı deney numunesi

Silindirik numunelerin hazırlanması da aynı proses ile yapılmış olup yapıştırılmış iki yüzeyden karot alınarak elde edilmişlerdir (Şekil 6.5).



**Şekil 6.5:** Çekme dayanımı deney numunesi

### 6.3 DeneYler

Montaj sonrasında mermerlerin en fazla maruz kaldıkları kuvvetler çekme ve eğilmeye karşı zorlanmadır, basınç dayanımı deneyi ile kimyasallardan çok mermerlerin mukavemet değerleri ölçüleceğinden basınç dayanımı deneyi tercih edilmemiştir. Bu çalışmada mermer üretimi sırasında kullanılan kimyasallardan bazılarının uygulama sonrası ısı karşısındaki tepkisini incelemek amacıyla çekme dayanımı ve eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Epoksi ile yapıştırılmış numune, polyester ile yapıştırılmış numune ve ham mermer numunesi olmak üzere 3 ayrı numune türü 2 farklı deneye tabi tutulmuştur. Deneyler -20, 0, 20, 40, 60 ve 80 °C sıcaklıklarda tekrarlanmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Her bir deney 6 ayrı deney numunesi ile tekrarlanmış toplam olarak 216 adet numune üzerinde deney yapılmıştır. Deneylerde elde edilen bazı değerler büyük sapma gösterdiğinden ortalamaya dahil edilmemiştir.

#### 6.3.1 Çekme Dayanımı Deneyi (Brazilian Deneyi)

Malzemelerin çekme kuvvetlerine karşı mukavemetinin hesaplanması için yapılan deneydir. Silindirik numunelerle yapılan deney dolaylı çekme dayanımını verir (Brazilian deneyi). Çekme Dayanımı deneyleri Kaya Mekaniği ve Doğaltaş Laboratuvarı'nda ELE Autotest 3000 deney cihazı ile yapılmıştır. Numuneler yaklaşık 1,5 saat fırında bekletilmiştir. Deney ölçüm cihazından okunan değer kN cinsindedir. Aşağıdaki formül ile hesap edilir. (1 kg = 0,01 kN olarak alınmıştır)

$$f_{\zeta} = \frac{P_k}{A} \text{ formülü ile hesaplanır. Birimi kgf/cm}^2 \text{ dir [5].}$$

Burada;

$f_{\zeta}$  : Taşın çekme mukavemeti (kgf/cm<sup>2</sup>)

$P_k$  : Kırılmaya neden olan en büyük yük (kgf)

A : Taşın çekme yüküne maruz kalan en kesit alanı (cm<sup>2</sup>)

Tablo 6.7, 6.14 ve 6.21'de deney sonuçlarının aritmetik ortalaması toplu olarak gösterilmiştir.

### 6.3.1.1 Epoksi Uygulaması

**Tablo 6.1:** Epoksi uygulanan numunelerde -20 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	19,2	132,96
2	13,5	93,49
3	13,4	92,8
4	11,7	81,02
5	14,8	102,49
6	13,2	91,41
<b>Ortalama Değer</b>	<b>14,3</b>	<b>99,03</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>2,6</b>	<b>17,97</b>

**Tablo 6.2:** Epoksi uygulanan numunelerde 0 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	20,5	141,97
2	13,8	95,57
3	10,3	71,33
4	13,6	94,18
5	12,3	85,18
6	17,5	121,19
<b>Ortalama Değer</b>	<b>14,67</b>	<b>101,57</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>3,7</b>	<b>25,65</b>

**Tablo 6.3:** Epoksi uygulanan numunelerde 20 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	19,8	137,12
2	10,1	69,94
3	13	90,03
4	12,8	88,64
5	14,8	102,49
6	18,9	130,89
<b>Ortalama Değer</b>	<b>14,9</b>	<b>103,19</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>3,77</b>	<b>26,11</b>

**Tablo 6.4:** Epoksi uygulanan numunelerde 40 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	16	110,8
2	14,8	102,49
3	12,8	88,64
4	11,3	78,25
5	13,6	94,18
6	18,5	128,12
<b>Ortalama Değer</b>	<b>14,5</b>	<b>100,42</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>2,54</b>	<b>17,6</b>

**Tablo 6.5:** Epoksi uygulanan numunelerde 60 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

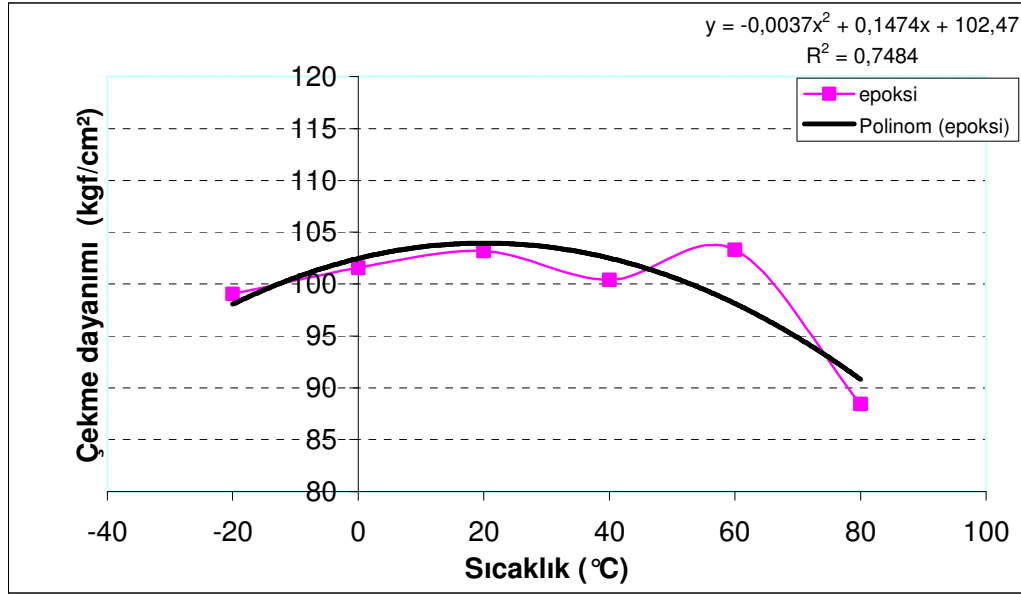
Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	17,1	118,42
2	14,4	99,72
3	12,2	84,49
4	14,3	99,03
5	15,2	105,26
6	16,3	112,88
<b>Ortalama Değer</b>	<b>14,92</b>	<b>103,3</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>1,72</b>	<b>11,91</b>

**Tablo 6.6:** Epoksi uygulanan numunelerde 80 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	12,2	84,49
2	15,7	108,73
3	11,1	76,87
4	13,5	93,49
5	13	90,03
6	11,1	76,87
<b>Ortalama Değer</b>	<b>12,77</b>	<b>88,41</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>1,74</b>	<b>12,03</b>

**Tablo 6.7:** Değişik sıcaklıklarda epoksi uygulanan numunelerde yapılan çekme dayanımı deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterilmesi

Sıcaklık	Okunan Değer (kN)	Hesap Edilen Değer(kgf/cm <sup>2</sup> )
-20 °C	14,30	99,03
0 °C	14,67	101,57
20 °C	14,90	103,19
40 °C	14,50	100,42
60 °C	14,92	103,30
80 °C	12,77	88,41



**Şekil 6.6:** Epoksi uygulamasında çekme dayanımı – sıcaklık karakteristiği

Epoksi ile yapıştırılarak elde edilen silindirik numuneler üzerinde yapılan çekme dayanımı deneylerinin sonuçları farklılıklar göstermiş fakat birbirlerine çok yakın değerler olarak gözlenmiştir. Bu sonuçlardan Epoksi'nin çekme mukavemetini -20 ile 60 °C arasında muhafaza ettiği söylenebilir. 80 °C'de mukavemetin belirgin bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Epoksinin 200 °C'de erimeye başladığı göz önüne alındığında 80 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bu değerlerin hızla düşeceği söylenebilir. En yüksek mukavemet değerleri ~20 °C'de gözlenmektedir.



### 6.3.1.2 Polyester Uygulaması

**Tablo 6.8:** Polyester uygulanan numunelerde -20 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	7,7	53,32
2	12,1	83,8
3	11	76,18
4	11,2	77,56
5	11,5	79,64
6	12	83,1
<b>Ortalama Değer</b>	<b>11,56</b>	<b>80,06</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,48</b>	<b>3,34</b>

**Tablo 6.9:** Polyester uygulanan numunelerde 0 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	22,4	155,12
2	11,3	78,25
3	16,1	111,5
4	14,7	101,8
5	14,2	98,34
6	16,8	116,34
<b>Ortalama Değer</b>	<b>14,62</b>	<b>101,25</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>2,13</b>	<b>14,75</b>

**Tablo 6.10:** Polyester uygulanan numunelerde 20 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	11	76,18
2*	12,8	88,64
3	23,5	162,74
4	22,2	153,74
5	21,5	148,89
6	26,5	183,52
<b>Ortalama Değer</b>	<b>23,43</b>	<b>162,22</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>2,21</b>	<b>15,31</b>

**Tablo 6.11:** Polyester uygulanan numunelerde 40 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	8	55,4
2	10,7	74,1
3	10,6	73,41
4	10,7	74,1
5	28,5	197,37
6	22,2	153,74
<b>Ortalama Değer</b>	<b>16,54</b>	<b>114,54</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>8,35</b>	<b>57,79</b>

**Tablo 6.12:** Polyester uygulanan numunelerde 60 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	12,7	87,95
2*	10,9	75,48
3	21,1	146,12
4	17,2	119,11
5	17,9	123,96
6	17,1	118,42
<b>Ortalama Değer</b>	<b>18,33</b>	<b>126,9</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>1,88</b>	<b>13,05</b>

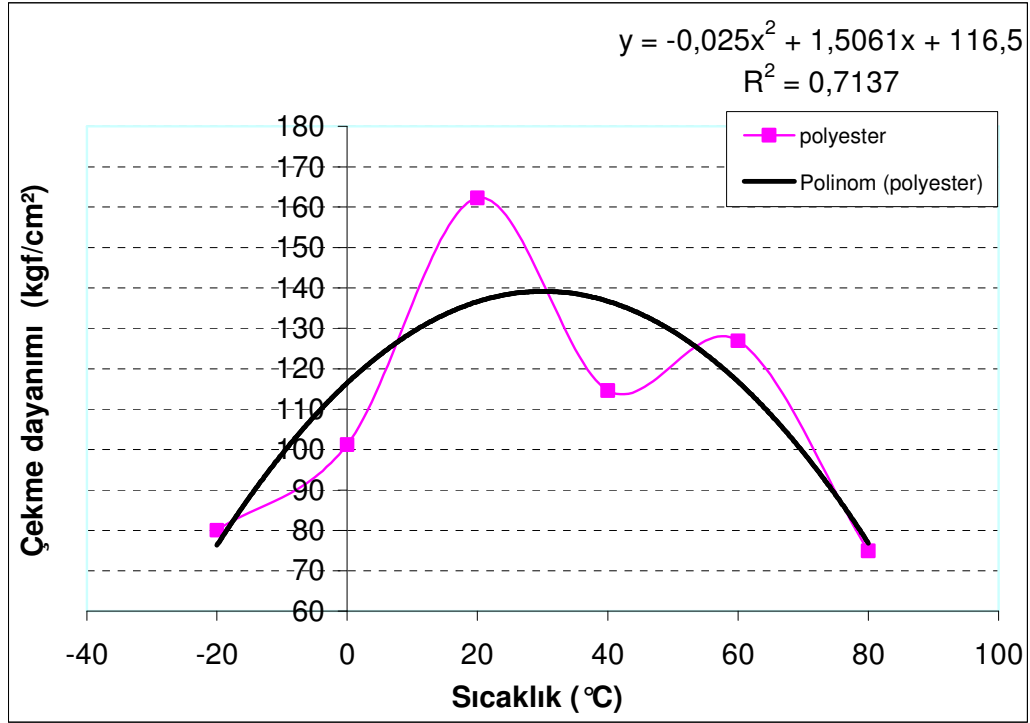
**Tablo 6.13:** Polyester uygulanan numunelerde 80 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	12,8	88,64
2	9,9	68,56
3	10,5	72,71
4	11,3	78,25
5	10,9	75,48
6	9,5	65,79
<b>Ortalama Değer</b>	<b>10,82</b>	<b>74,91</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>1,17</b>	<b>8,10</b>

\*Deney tablolarında eğik harflerle yazılı olan değerler ortalamaya dahil edilmemiştir.

**Tablo 6.14:** Değişik sıcaklıklarda polyester uygulanan numunelerde yapılan çekme dayanımı deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterilmesi.

Sıcaklık	Okunan Değer (kN)	Hesap Edilen Değer(kgf/cm <sup>2</sup> )
-20 °C	11,56	80,06
0 °C	14,62	101,25
20 °C	23,43	162,22
40 °C	16,54	114,54
60 °C	18,33	126,90
80 °C	10,82	74,91



**Şekil 6.7:** Polyester uygulamasında çekme dayanımı – sıcaklık karakteristiği

Polyester ile yapıştırılarak elde edilen silindirik numuneler üzerinde yapılan çekme dayanımı deneylerinde birbirlerinden oldukça farklı değerler gözlenmiştir. Bu sonuçlardan Polyester'in çekme mukavemetinin ~30 °C maksimum olduğunu söyleyebiliriz. -20 °C ile 80 °C sıcaklıklarda elde edilen değerler oldukça düşüktür. Polyesterin 220 °C de erimeye başladığı göz önüne alındığında 80 °C den sonraları için bu değerlerin hızla düşeceği söylenebilir.

### 6.3.1.3 Doğal Mermer Uygulaması

**Tablo 6.15:** Doğal numunelerde -20 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	18,6	128,81
2	26	180,06
3	26,5	183,52
4	30,1	208,45
5	32,2	222,99
6	22,4	155,12
<b>Ortalama Değer</b>	<b>27,44</b>	<b>190,03</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>3,81</b>	<b>26,39</b>

**Tablo 6.16:** Doğal numunelerde 0 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	17,8	123,27
2	24	166,2
3	25,8	178,67
4	35,1	243,07
5	26,2	181,44
6	30,1	208,45
<b>Ortalama Değer</b>	<b>28,24</b>	<b>195,57</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>4,43</b>	<b>30,70</b>

**Tablo 6.17:** Doğal numunelerde 20 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	34,8	241
2	25,8	178,67
3	21,6	149,58
4	25,2	174,52
5	28,6	198,06
6	32,3	223,68
<b>Ortalama Değer</b>	<b>28,05</b>	<b>194,25</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>4,87</b>	<b>33,74</b>

**Tablo 6.18:** Doğal numunelerde 40 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	24,4	168,98
2	14,3	99,03
3	18,3	126,73
4	17,4	120,5
5	22,1	153,05
6	20,8	144,04
<b>Ortalama Değer</b>	<b>19,55</b>	<b>135,39</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>3,61</b>	<b>25,03</b>

**Tablo 6.19:** Doğal numunelerde 60 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
<i>1*</i>	<i>12,5</i>	<i>86,57</i>
2	26,4	182,83
3	29,9	207,06
4	18,6	128,81
5	28,9	200,14
6	26	180,06
<b>Ortalama Değer</b>	<b>25,96</b>	<b>179,78</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>4,43</b>	<b>30,68</b>

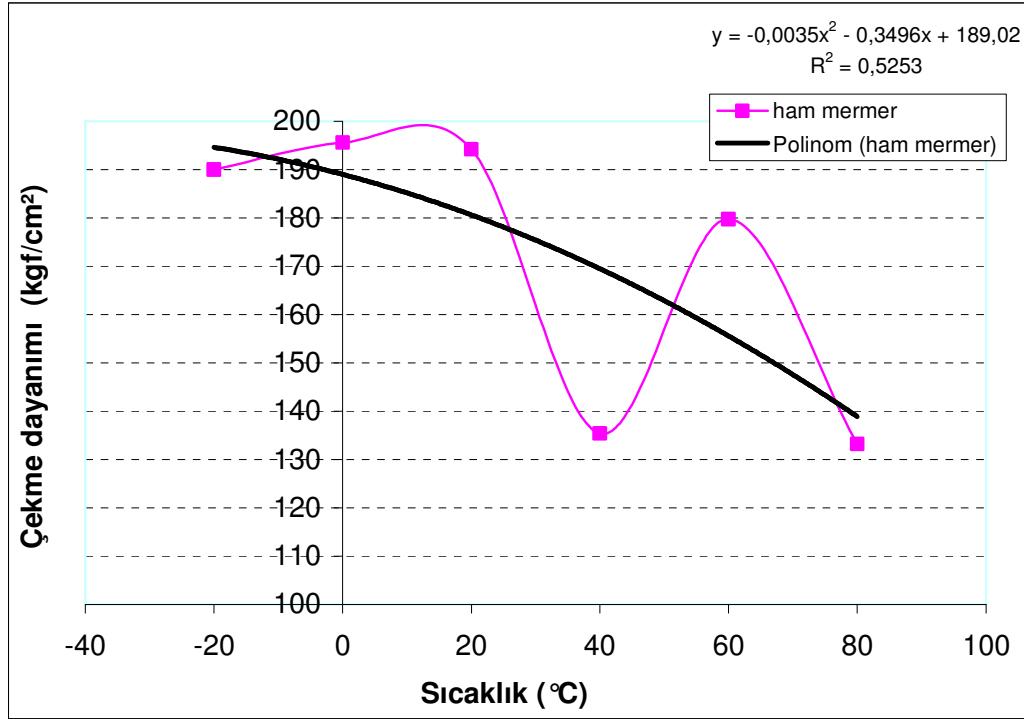
**Tablo 6.20:** Doğal numunelerde 80 °C sıcaklıkta çekme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
<i>1*</i>	<i>7,6</i>	<i>52,63</i>
2	12,2	84,49
3	14,5	100,42
4	21,1	146,12
5	26,3	182,13
6	22,1	153,05
<b>Ortalama Değer</b>	<b>19,24</b>	<b>133,24</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>5,78</b>	<b>40,01</b>

\*Deney tablolarında eğik harflerle yazılı olan değerler ortalamaya dahil edilmemiştir.

**Tablo 6.21:** Değişik sıcaklıklarda doğal numunelerde yapılan çekme dayanımı deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterilmesi.

Sıcaklık	Okunan Değer (kN)	Hesap Edilen Değer(kgf/cm <sup>2</sup> )
-20 °C	27,44	190,03
0 °C	28,24	195,57
20 °C	28,05	194,25
40 °C	19,55	135,39
60 °C	25,96	179,78
80 °C	19,24	133,24



**Şekil 6.8:** Doğal numunenin çekme dayanımı – sıcaklık karakteristiği

Herhangi bir kimyasal uygulanmayan doğal mermer numunelerinde farklı sıcaklıklarda yapılan deneyler sonucunda çekme dayanımında önemli değişiklikler gözlenmektedir. Sıcaklık arttığında dayanımda belirgin bir azalma olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık azaldığı zaman ise grafik düşme eğilimindedir. En yüksek değerler 0-20 °C arasında görülmektedir.

### 6.3.2 Eğilme Dayanımı Deneyi

Malzemelerin eğilmeye karşı mukavemetinin hesaplanması için yapılan deneydir. Eğilme Dayanımı deneyleri Kaya Mekanikği ve Doğaltaş Laboratuvarı'nda ELE Autotest 3000 deney cihazı ile yapılmıştır. Numuneler yaklaşık 1,5 saat fırında bekletilmiştir. Deney ölçüm cihazından okunan değer kN cinsindedir. Aşağıdaki formül ile hesap edilir.

$$f_{eg} = \frac{3 \cdot P_k \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad \text{formülü ile hesaplanır. Birimi kgf/cm}^2 \text{ dir. [5]}$$

Burada;

$f_{eg}$  = Taşın eğilme mukavemeti, (kgf/cm<sup>2</sup>)

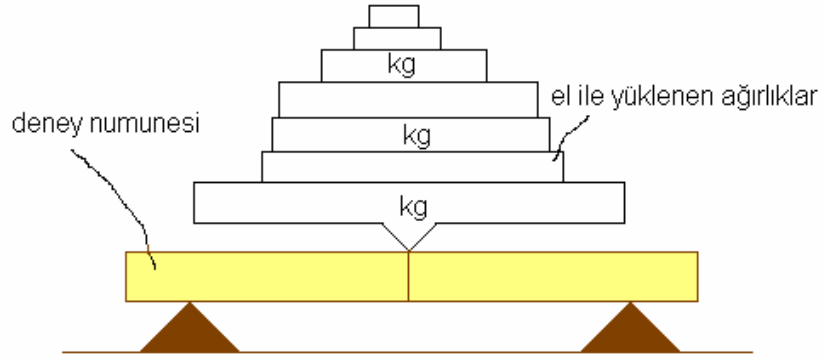
$P_k$  = Kırılmaya neden olan en büyük yük, (kgf)

$l$  = Deney numunesinin alt mesnetler arasında kalan boyu, (cm)

$b$  = Deney numunesinin genişliği, (cm)

$h$  = Deney numunesinin kalınlığı, (cm)

Deney ölçüm cihazı, yapıştırılmış olan deney numunelerini mukavemeti çok düşük olduğu için okumamaktadır. Bu sebepten eğilme dayanımı deneyleri ham mermerler için deney ölçüm cihazı ile epoksi ve polyester numuneleri için ise elle yükleme yapılarak ölçülmüştür. Şekil 6.9'da el ile yapılan yükleme modeli görülmektedir.



Şekil 6.9: El ile yükleme modeli

Tablo 6.28, 6.35 ve 6.42'de deney sonuçlarının aritmetik ortalaması toplu olarak gösterilmiştir.

### 6.3.2.1 Epoksi Uygulaması

**Tablo 6.22:** Epoksi uygulanan numunelerde -20 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kg)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	106	71,55
2	98	66,15
3	80	54
4	90	60,75
5	88	59,4
6	90	60,75
<b>Ortalama Değer</b>	<b>89,2</b>	<b>60,21</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>6,42</b>	<b>4,33</b>

**Tablo 6.23:** Epoksi uygulanan numunelerde 0 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kg)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	78	52,65
2	82	55,35
3	86	58,05
4	82	55,35
5	70	47,25
6	72	48,6
<b>Ortalama Değer</b>	<b>78,33</b>	<b>52,88</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>6,25</b>	<b>4,22</b>

**Tablo 6.24:** Epoksi uygulanan numunelerde 20 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kg)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	106	71,55
2	58	39,15
3	60	40,5
4	76	51,3
5	58	39,15
6	70	47,25
<b>Ortalama Değer</b>	<b>64,4</b>	<b>43,47</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>8,17</b>	<b>5,52</b>



**Tablo 6.25:** Epoksi uygulanan numunelerde 40 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kg)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	52	35,1
2	49	33,08
3	61	41,18
4	61	41,18
5	42	28,35
6	68	45,9
<b>Ortalama Değer</b>	<b>55,5</b>	<b>37,46</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>9,52</b>	<b>6,43</b>

**Tablo 6.26:** Epoksi uygulanan numunelerde 60 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kg)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	71	47,93
2	70	47,25
3	60	40,5
4	71	47,93
5	76	51,3
6	62	41,85
<b>Ortalama Değer</b>	<b>68,33</b>	<b>46,13</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>6,09</b>	<b>4,11</b>

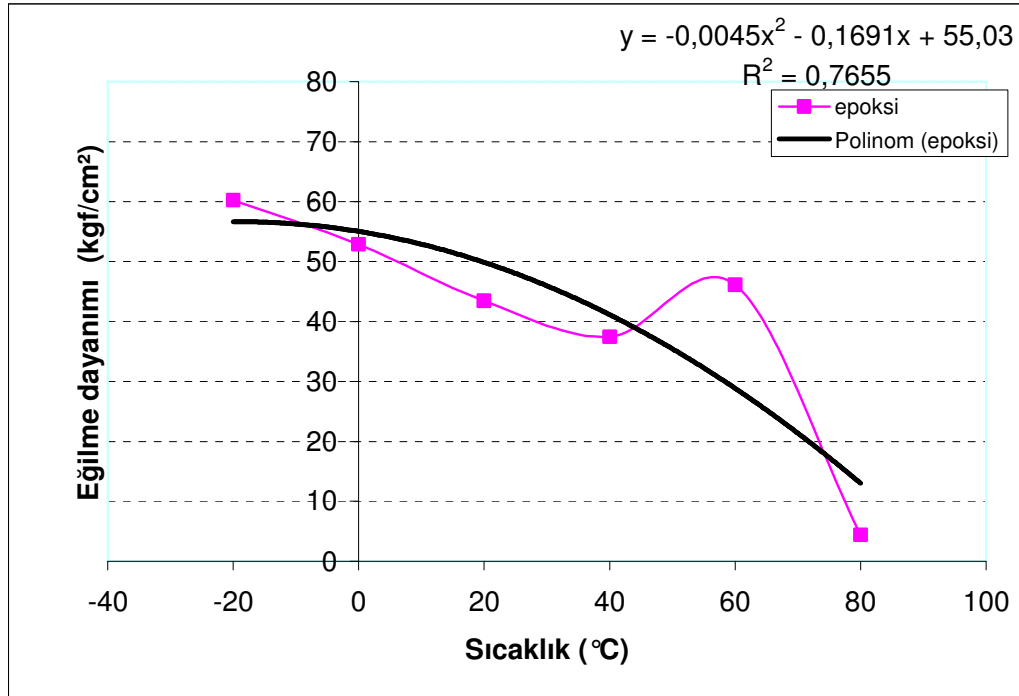
**Tablo 6.27:** Epoksi uygulanan numunelerde 80 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kg)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	9	6,08
2	7	4,73
3	8	5,4
4	5	3,38
5	5	3,38
6	5	3,38
<b>Ortalama Değer</b>	<b>6,5</b>	<b>4,39</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>1,76</b>	<b>1,19</b>

\*Deney tablolarında eğik harflerle yazılı olan değerler ortalamaya dahil edilmemiştir.

**Tablo 6.28:** Değişik sıcaklıklarda epoksi uygulanan numunelerde yapılan eğilme dayanımı deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterilmesi.

Sıcaklık	Okunan Değer (kg)	Hesap Edilen Değer(kgf/cm <sup>2</sup> )
-20 °C	89,20	60,21
0 °C	78,33	52,88
20 °C	64,40	43,47
40 °C	55,50	37,46
60 °C	68,33	46,13
80 °C	6,50	4,39



**Şekil 6.10:** Epoksi uygulamasında eğilme dayanımı – sıcaklık karakteristiği

Epoksi ile yapıştırılarak elde edilen numuneler üzerinde yapılan eğilme dayanımı deneylerinin sonuçları farklılıklar göstermiş fakat birbirlerine çok yakın değerler çıkmıştır. Epoksinin -20 ile 60 °C arasındaki değerleri birbirine çok yakın çıkmış, 80 °C’de mukavemetinin çok düştüğü görülmüştür. Bu hızla değer kaybı devam ederse ~100 °C’de mukavemetinin 0’a çok yakın bir değer olacağı düşünülmektedir.

### 6.3.2.2 Polyester Uygulaması

**Tablo 6.29:** Polyester uygulanan numunelerde -20 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kg)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	46	31,05
2	102	68,85
3	94	63,45
4	98	66,15
5	108	72,9
6	92	62,1
<b>Ortalama Değer</b>	<b>98,8</b>	<b>66,69</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>6,42</b>	<b>4,33</b>

**Tablo 6.30:** Polyester uygulanan numunelerde 0 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kg)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	46	31,05
2	82	55,35
3	80	54
4	76	51,3
5	78	52,65
6	92	62,1
<b>Ortalama Değer</b>	<b>81,6</b>	<b>55,08</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>6,23</b>	<b>4,20</b>

**Tablo 6.31:** Polyester uygulanan numunelerde 20 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kg)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	24	16,2
2	46	31,05
3	46	31,05
4	54	36,45
5	49	33,08
6	56	37,8
<b>Ortalama Değer</b>	<b>50,2</b>	<b>33,89</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>4,60</b>	<b>3,11</b>

**Tablo 6.32:** Polyester uygulanan numunelerde 40 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kg)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	35	23,63
2*	36	24,3
3	50	33,75
4	61	41,18
5	44	29,7
6	52	35,1
<b>Ortalama Değer</b>	<b>51,75</b>	<b>34,93</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>7,04</b>	<b>4,76</b>

**Tablo 6.33:** Polyester uygulanan numunelerde 60 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kg)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	20	13,5
2	72	48,6
3	69	46,58
4	80	54
5	82	55,35
6	86	58,05
<b>Ortalama Değer</b>	<b>77,8</b>	<b>52,52</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>7,09</b>	<b>4,78</b>

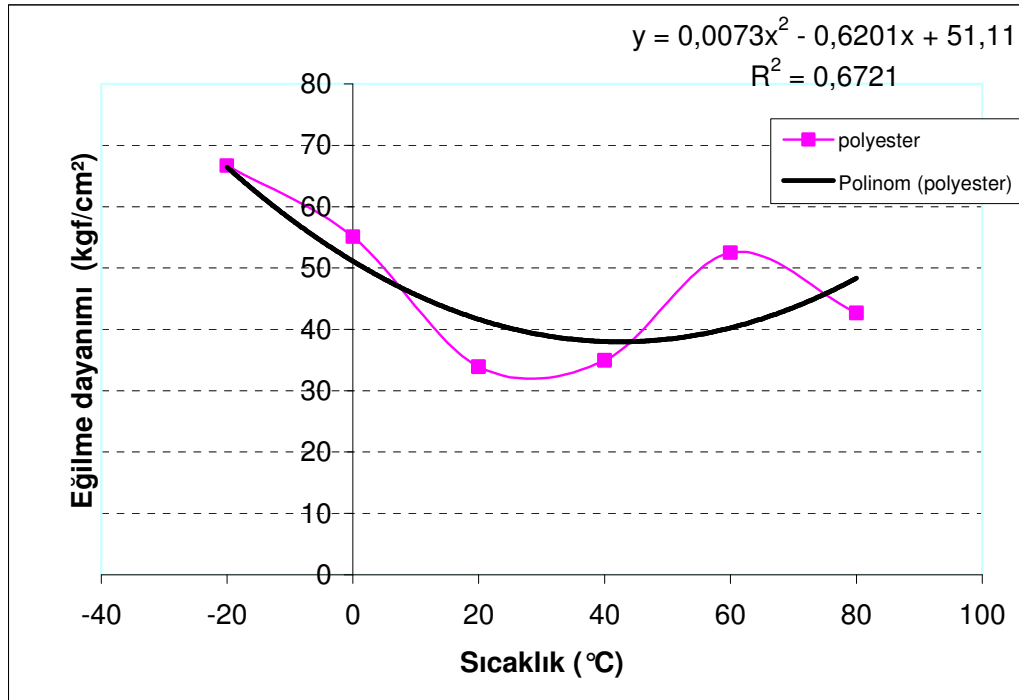
**Tablo 6.34:** Polyester uygulanan numunelerde 80 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kg)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1*	45	30,38
2	72	48,6
3	54	36,45
4	56	37,8
5	62	41,85
6	72	48,6
<b>Ortalama Değer</b>	<b>63,2</b>	<b>42,66</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>8,56</b>	<b>5,78</b>

\*Deney tablolarında eğik harflerle yazılı olan değerler ortalamaya dahil edilmemiştir.

**Tablo 6.35:** Değişik sıcaklıklarda polyester uygulanan numunelerde yapılan eğilme dayanımı deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterilmesi.

Sıcaklık	Okunan Değer (kg)	Hesap Edilen Değer(kgf/cm <sup>2</sup> )
-20 °C	98,80	66,69
0 °C	81,60	55,08
20 °C	50,20	33,89
40 °C	51,75	34,93
60 °C	77,80	52,52
80 °C	63,20	42,66



**Şekil 6.11:** Polyester uygulamasında eğilme dayanımı – sıcaklık karakteristiği

Polyester yapıştırılarak elde edilen numuneler üzerinde yapılan eğilme dayanımı deneylerinin sonuçları küçük farklılıklar göstermiş olup bu yaklaşık değerleri 80 °C'ye kadar muhafaza etmiştir. Beklenen mukavemet değerindeki ani düşme ~100 °C civarlarında olacağı tahmin edilmektedir. Maksimum değer -20 °C'de ölçülmüştür.

### 6.3.2.3 Doğal Mermer Uygulaması

**Tablo 6.36:** Doğal numunelerde -20 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	7,1	306,19
2	5,9	254,44
3	5,5	237,19
4	6,2	267,38
5	7,3	314,81
6	7	301,88
<b>Ortalama Değer</b>	<b>6,5</b>	<b>280,31</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,73</b>	<b>31,69</b>

**Tablo 6.37:** Doğal numunelerde 0 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	6,4	276
2	7,2	310,5
3	7,5	323,44
4	7	301,88
5	5	215,63
6	6,1	263,06
<b>Ortalama Değer</b>	<b>6,53</b>	<b>281,75</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,91</b>	<b>39,30</b>

**Tablo 6.38:** Doğal numunelerde 20 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	5,8	250,13
2	7,1	306,19
3	7,2	310,5
4	5,6	241,5
5	5,4	232,88
6	5	215,63
<b>Ortalama Değer</b>	<b>6,02</b>	<b>259,47</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,92</b>	<b>39,56</b>

**Tablo 6.39:** Doğal numunelerde 40 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	4,8	207
2	5,2	224,25
3	5,4	232,88
4	6,2	267,38
5	5,4	232,88
6	4,1	176,81
<b>Ortalama Değer</b>	<b>5,18</b>	<b>223,53</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,70</b>	<b>30,18</b>

**Tablo 6.40:** Doğal numunelerde 60 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

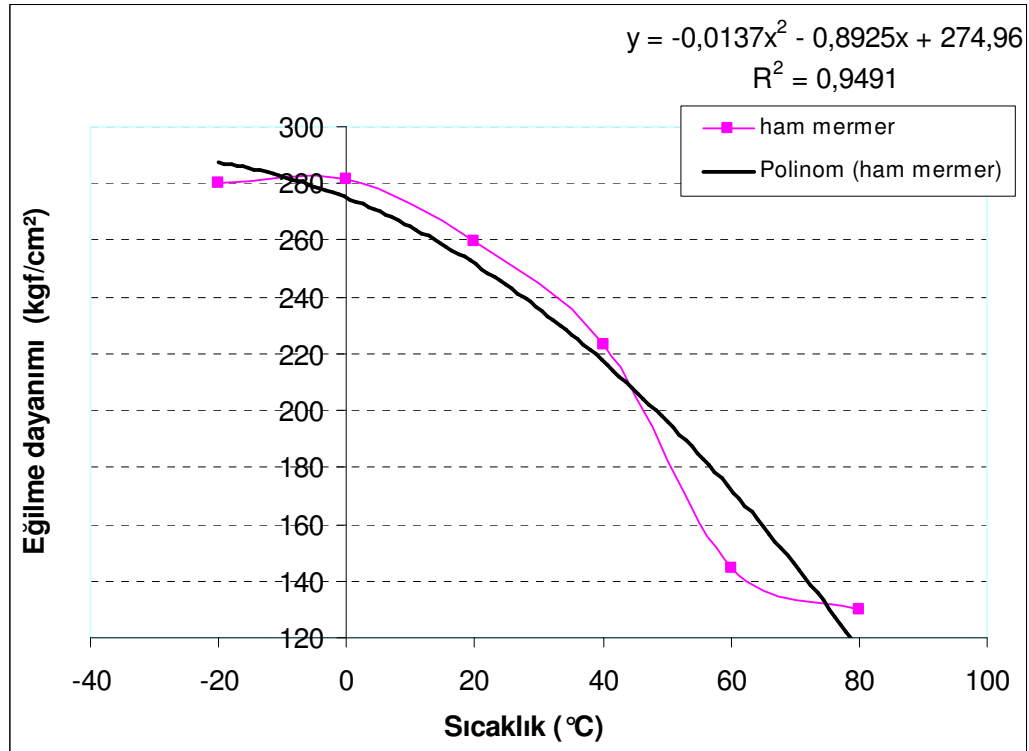
Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	2,3	99,19
2	2,5	107,81
3	3,8	163,88
4	3,8	163,88
5	4,5	194,06
6	3,2	138
<b>Ortalama Değer</b>	<b>3,35</b>	<b>144,47</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,85</b>	<b>36,47</b>

**Tablo 6.41:** Doğal numunelerde 80 °C sıcaklıkta eğilme dayanımı deney sonuçları

Deney No.	Okunan Değer (kN)	Hesaplanan Değer (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	2,1	90,56
2	2,6	112,13
3	2,8	120,75
4	3,8	163,88
5	3,6	155,25
6	3,2	138
<b>Ortalama Değer</b>	<b>3,02</b>	<b>130,09</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,64</b>	<b>27,60</b>

**Tablo 6.42:** Değişik sıcaklıklarda doğal numunelerde yapılan eğilme dayanımı deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterilmesi.

Sıcaklık	Okunan Değer (kN)	Hesap Edilen Değer(kgf/cm <sup>2</sup> )
-20 °C	6,50	280,31
0 °C	6,53	281,75
20 °C	6,02	259,47
40 °C	5,18	223,53
60 °C	3,35	144,47
80 °C	3,02	130,09



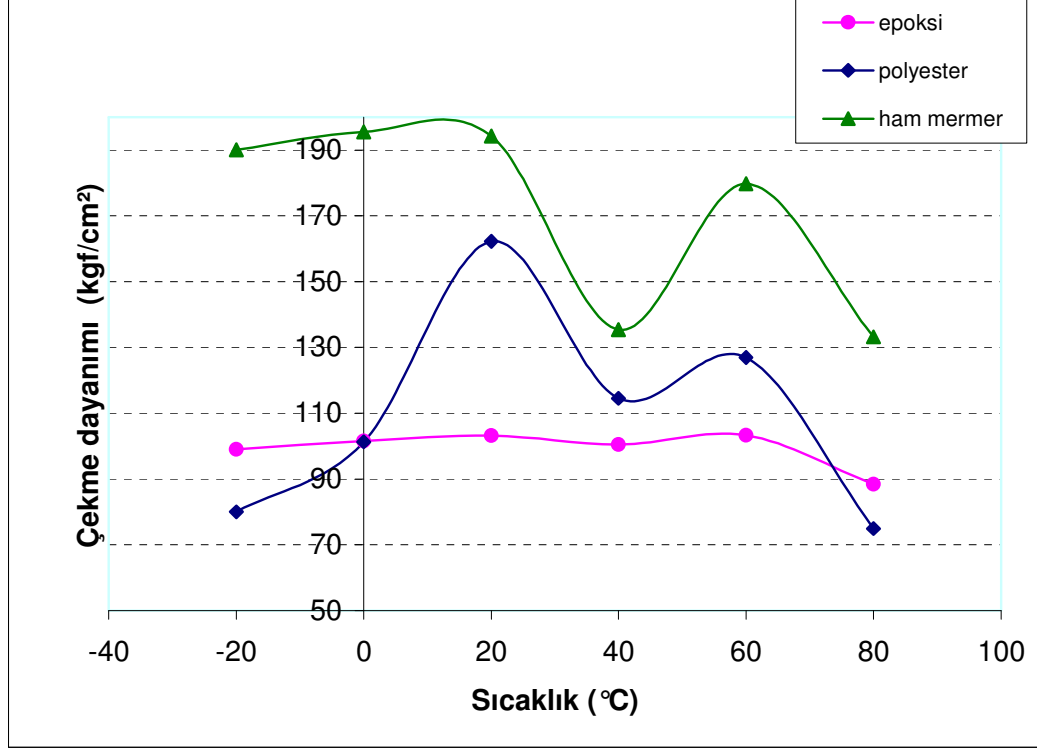
**Şekil 6.12:** Ham mermerin eğilme dayanımı – sıcaklık karakteristiği

Herhangi bir kimyasal uygulanmayan ham mermerde farklı ısılarda yapılan deneyler sonucunda eğilme dayanımı mukavemetinin de değişiklikler gösterdiği gözlenmektedir. Sıcaklık arttığında dayanımda belirgin bir azalma gözlenmektedir. Sıcaklık azaldığı zaman ise grafik değerlerinin birbirine çok yakın çıktığı gözlenmiştir. Maksimum değerler -20 ile 0 °C arasında gözlenmektedir.



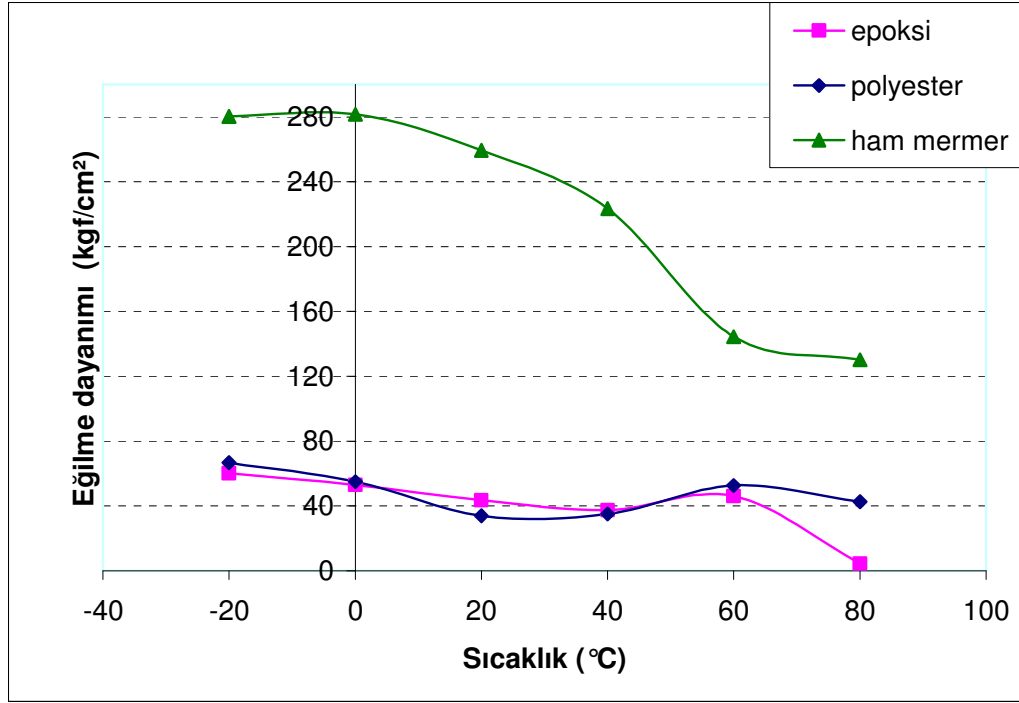
#### 6.4 DeneY Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çekme dayanımına tabi tutulan 3 ayrı deneY numunesinde elde edilen sonuçlar aynı grafik üzerinde gösterilirse; (Şekil 6.13)



Şekil 6.13: Çekme dayanımı deneY sonuçlarının grafik gösterimi

- Ham mermer ile polyesterin birbirine çok yakın karakterler gösterdiği, buna karşın epoksinin sıcaklıktan çok etkilenmediği görülmektedir.
- Ham mermer ile polyester değerleri düzenli olarak değişmemiş fakat genel karakteristik olarak sıcaklık artışıyla mukavemet değerlerinin düştüğü görülmektedir.
- Her 3 numunenin de 0 ile 20 °C aralığında maksimum değere ulaştığı gözlemlenmektedir.
- Yine her 3 numunenin de 80 °C'den sonra mukavemetlerinde ani bir dşuş görülmektedir.
- Eksi değerlerde polyesterin dşuş gösterdiği diğer malzemelerin fazla etkilenmediği görülmektedir.



**Şekil 6.14:** Eğilme dayanımı deney sonuçlarının grafik gösterimi

Eğilme dayanımına tabi tutulan 3 ayrı deney numunesinde elde edilen sonuçlar aynı grafik üzerinde gösterilirse; (Şekil 6.14)

- Epoksi ile polyesterin birbirine çok yakın karakterler gösterdiği ve bu iki kimyasalın sıcaklık farkından çok etkilenmedikleri gözlenmiştir. Epoksinin 80 °C’de mukavemetinde ani düşüş polyesterde ~100 °C’de beklenmektedir.
- Buna karşı ham mermer değerlerinin düzenli olarak azaldığı görülmektedir.
- Her 3 numunenin de -20 ile 0 °C aralığında maksimum değere ulaştığı gözlemlenmektedir.

Epoksi, polyester ve ham mermer bütün bu uygulamalar sonunda fırında bekletilmiş ve fırının sıcaklığı artırılmıştır. Sonuç olarak epoksizde 200 °C’de, polyesterde 220 °C’de erime gözlenmiş, ham mermerler ise genişmeden kaynaklı dağılmalar görülmemiştir (Şekil 6.15, Şekil 6.16).



Şekil 6.15: Erimeye bırakılmış epoksi



Şekil 6.16: Erimeye bırakılmış polyester

## 6.5 Mastik Dolguların Genleşme Ölçümleri

Mastik dolgular çatlak tamirinden çok gözenek ve boşluk dolgusunda kullanılmaktadır. Dolayısıyla atmosferik etkilere verdiği tepkiler dolgunun uzun ömürlü olması üzerinde etkilidir. Mastik dolgu numunesi ile ham mermer numunesini aynı sıcaklıklar da boyları ölçülmüş ve genleşme farkları gözlemlenmiştir. Tablo 6.43’de 20x20x50 mm boyutunda ham mermer ile aynı boyuttaki mastik dolgunun farklı sıcaklıklar altındaki boy ölçüm değerleri verilmiştir.

**Tablo 6.43:** Mastik dolgu ve ham mermerin genleşme değerleri

Sıcaklık (°C)	Ölçülen boy değerleri		$\Delta L$ değerleri (ham mermer)	$\Delta L$ değerleri (mastik dolgu)
	Ham mermer (mm)	Mastik dolgu (mm)		
0	48,12	48,4		
			0,03	0,05
20	48,15	48,45		
			0,02	0,08
40	48,17	48,53		
			0,03	0,11
60	48,2	48,64		
			0,03	0,08
80	48,23	48,72		
			0,02	0,05
100	48,25	48,77		
			0,01	0,04
120	48,26	48,81		
			<b>0,14</b>	<b>0,41</b>

Tablo değerlerinden de anlaşılacağı gibi, mastik dolgunun genleşme katsayısı mermerin genleşmesinden yaklaşık 3 kat daha fazladır. Eğer uygulama sonrası (montajdan sonra) mermerin maruz kalacağı sıcaklıklar farklılıklar gösterecek ise dolgular mermerden ayrılabilir. Mesela iklim şartlarına göre -20 °C ile 40 °C arasında farklılıklar gösteren coğrafyalarda dolgu yapılmış bir travertenin dolguları ile taş yüzeyi birbirinden ayrılabilir.

## 7 SONUÇLAR

- Mermerlerde kullanılan kimyasal çeşitleri hızla artmaktadır. Bu dolaylı olarak mermer ürünlerine talebin arttığını göstermektedir.
- Özellikle Epoksi, Polyester ve Mastik dolguların kullanımı ile mermer sektöründe işletme verimlilikleri açısından çok önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bu durum ülke ekonomisine girdi ve milli sermayenin doğru kullanımı açısından sevindiricidir.
- Kimyasalların kullanımı için her ne kadar prosesler önerilse de her işletmenin kendine göre geliştirdiği metodları uyguladıkları görülmektedir. Bunun en temel nedeni, mermerlerin formasyonlarına göre farklı fiziksel özellikler göstermesidir. Aynı tür mermerlerde bile farklı proseslerin uygulanması gerekebilir.
- Kimyasalların kullanılmaya başlanması ile daha önceleri ekonomik değer taşımayan mermer rezervlerinin bir kısmı da ekonomik hale gelmiş ve işletilebilir rezerv miktarı artmıştır.
- Yine kimyasalların uygulanması yaygınlaştıkça yeni bir sektör oluşmuş ve istihdam sağlanmıştır.
- İşletme verimlerinde %20-25 varan bir iyileştirmenin yanı sıra ürünün kalitesini arttırdığı için satış fiyatı üzerinde de %25'e varan bir katma değer sağladığı görülmüştür. Sektörlerin ortalama kârları %30 olarak kabul edildiğinde rakamların büyüklüğü daha iyi anlaşılacaktır.
- Kimyasalların sıcaklık değişimlerine karşı davranışları incelenmiş, uygulama sonrası maruz kalacakları iklimsel sıcaklık değişimleri veya yangın, don, vs. gibi durumlardaki davranışlarını kestirebilmek için ipuçları elde edilmiştir.

- Yerkürede maruz kalınan sıcaklık değerlerini -40 ile +40 °C arasında alırsak gerek kimyasalların ve gerekse ham mermerlerin bu sıcaklık aralıklarında problem yaşanacak bir değişim göstermediği ortaya çıkmıştır. Ancak aynı kimyasalların yüksek sıcaklıklara maruz kalmamaları gerektiği de rakamlardan anlaşılmaktadır.
- Özellikle soğuk ülkelerde (kuzey ülkelerinde) hava sıcaklığı genelde çok düşüktür. Yağmur, kar ve havadaki nem kimyasal uygulaması yapılmamış mermerlerin yüzeyindeki gözenekleri ve çatlakları doldurur, nemli taşlar don karşısında parçalara ayrılır ve demonte olurlar, bu da hem kullanıcılar için büyük tehlike hem de uygulama yapan şirket için büyük prestij kaybı demektir. Bunun önüne geçilebilmesi için özellikle don yaşanan ülkelerdeki dış cephe kaplamalarında, mutlaka epoksi uygulaması yapılmış taşlar tercih edilmelidir.
- Deney sonuçları düzenli olarak değişmese de, bütün deneylerden çıkan ortak sonuç; sıcaklık arttıkça mukavemet değerlerinin azaldığı yönündedir.
- Sıcaklıkla değişen mukavemet değerlerinin neden ve ne kadar azaldığı soruları yeni çalışmalar ile cevaplanabilir.
- Deneylerde kullanılan mermer, üretimine yeni başlanan Burdur Bej taşıdır. Henüz fiziksel ve kimyasal özellikleri tespit edilmediğinden, deneylerde elde edilen sonuçlar mukayese edilememiştir. Bu mermerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bakılarak ısıya karşı mukavemet değerlerinin değişimi ile ilgili fikir yürütülebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Acar, H.** 2004. İnkA A.Ş. Teknik Malzeme Dökümanları, Ersöz Matbaası, İstanbul.
- [2] **Çetin, F.** 2001. Gözenek ve Çatlak Tamir Uygulama Örnekleri ve Bu Uygulamaların İşletmelere Getirdiği İlave Kazançlar, Türkiye III. Mermer Sempozyumu, Kozan Ofset Matbaa, Afyon.
- [3] **Acar, H.** 2004.Doğal Taşlarda Çatlak Tamir ve Gözenek Dolgu Sistemleri, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu, Emre Ofset Matbaa, Afyon.
- [4] **Sarışık, A. ve Şentürk, A.** 2004.Doğaltaş Tamirinde Epoksi, Polyester, Mastik Dolgulu ve Çimentolu Dolguların Uygulanma Kriterleri, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu, Emre Ofset Matbaa, Afyon.
- [5] **TS-699**, 1987. Tabii yapı taşları – Muayene ve deney metodları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [6] **Nasuf, E.** Kaya Mekaniği ve Arazi Kontrolü Ders Notları.
- [7] <http://www.inkatrade.com>
- [8] <http://www.emiryapi.com/sorucevap.htm>
- [9] [http://www.camelyaf.com.tr/turkce/soru\\_cevap/plastikler\\_5.php](http://www.camelyaf.com.tr/turkce/soru_cevap/plastikler_5.php)

## **ÖZGEÇMİŞ**

Lokman Öztekin, 1974 yılında Çanakkale-Biga'da doğdu. 1993 yılında Çanakkale Teknik Lisesi, Makina Bölümünden mezun oldu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği bölümünde 1995-2000 yılları arasında Lisans öğrenimi gördü. 2001-2002 yılları arasında Vezir Mermer ve Madencilik Şirketinde 6 ay Ocak Sorumlusu olarak çalıştı. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans ve Doktora Programında 2003 yılında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Aynı yıl Ürün İnşaat Mermer ve Madencilik Şirketinde Hammadde Tedarik ve Üretim Sorumlusu olarak çalışmaya başladı, halen aynı görevini sürdürmektedir.