

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sümevra CEVHEROĞLU

**DIYARBAKIR YÖRESİNDEKİ BAZI MERMER TÜRLERİNE
UYGULANAN DOLGU YÖNTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2005

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİYARBAKIR YÖRESİNDEKİ BAZI MERMER TÜRLERİNE
UYGULANAN DOLGU YÖNTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ

Sümevra CEVHEROĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 22/12/2005 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

İmza:.....
Prof.Dr.Mesut ANIL
BAŞKAN

İmza:.....
Doç.Dr.Alaettin KILIÇ
ÜYE

İmza:.....
Yrd.Doç.Dr.Mustafa AKYILDIZ
ÜYE

İmza:.....
Yrd.Doç.Dr.A.Mahmut KILIÇ
ÜYE

İmza:.....
Yrd.Doç.Dr.Ahmet DAĞ
DANIŞMAN

Bu tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No :

Prof.Dr.Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: MMF2004YL11

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DİYARBAKIR YÖRESİNDEKİ BAZI MERMER TÜRLERİNE
UYGULANAN DOLGU YÖNTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sümevra CEVHEROĞLU

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Yrd.Doç.Dr.Ahmet DAĞ

Yıl: 2005, Sayfa: 49

Jüri: Prof.Dr. Mesut ANIL

Doç.Dr. Alaettin KILIÇ

Yrd.Doç.Dr. Mustafa AKYILDIZ

Yrd.Doç.Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ

Yrd.Doç.Dr. Ahmet DAĞ

Bu çalışmada Diyarbakır Bölgesi'nde yoğun olarak üretimi yapılan kireç taşı kökenli Orient Pink, Sand Wave ve Tigre Bej grubu mermerlere uygulanan dolgu yöntemlerinin performans değerlendirmesi yapılmıştır. Mermerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin uygulanan yöntemleri nasıl etkilediği laboratuvar çalışmaları ile ortaya konmuştur. Bununla birlikte dolgu yöntemlerinin taşın işleme maliyetini ne kadar arttırdığını belirlemek amacı ile maliyet analizi yapılmıştır. Ayrıca doğal taşlara uygulanacak dolgu yönteminin başarısına etki eden doğal taşla ilgili özellikler (fiziksel ve kimyasal yapı, doku, dolgu uygulama biçimi) ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler: Mermer, dolgu, çatlak, gözenek, epoksi, polyester, ultraviyole

ABSTRACT
MSc. Thesis

**PERFORMANCE EVALUATION OF THE FILLING METHODS APPLIED
TO SOME MARBLES IN DİYARBAKIR REGION**

Sümevra CEVHEROĞLU

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

Supervisor: Assist.Prof.Dr. Ahmet DAĞ

Year: 2005, Page: 49

Jury : Prof.Dr. Mesut ANIL
Assoc.Prof.Dr. Alaettin KILIÇ
Assist.Prof.Dr. Mustafa AKYILDIZ
Assist.Prof.Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
Assist.Prof.Dr. Ahmet DAĞ

In this study, performance of the filling methods that were applied on the limestone originated marbles which are widely produced in Diyarbakır Region such as Orient Pink, Tigre Beige and Sand Wave were evaluated. It was pointed out with laboratory researches that how the physical and rock mechanical properties of the marbles affected by the applied filling methods. Furthermore, a cost analysis was carried out to determine how much the filling methods increase processing cost of the marble. Also the factors i.e., physical and chemical properties, texture and filling methods, affect the effectiveness of the filling methods were explained in details.

Keywords: Marble, filling, crack, pore, epoxy, polyester, ultraviolet, resin

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yapmış olduğum yüksek lisans çalışmamın sonuca ulaştırılmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında beni yönlendirerek destekleyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet DAĞ'a ve Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Mesut ANIL'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın her aşamasında bana yardımcı olan Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Mustafa AYHAN'a teşekkür ederim.

Kaya Mekaniği deneylerinin gerçekleşmesi için Süleyman Demirel Üniversitesi Kaya Mekaniği AR-GE Laboratuvarlarını kullanım izni ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ'e teşekkür ederim.

Araştırmalarım sırasında mermer işleme tesislerinde her türlü kolaylığı sağlayan Dimer yetkililerine, ayrıca Dimer çalışanlarından Maden Mühendisi Devrim AYKAÇ'a ve Jeoloji Mühendisi Hatice KÜÇÜK'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen sevgili anneme ve ablama teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	IX
1.GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1. Doğal Taşlara Dolgu Uygulamasını Gerektiren Nedenler.....	3
2.1.1. Çatlaklar, Gözenekler ve Mikro Gözenekler (Porozite).....	3
2.1.2. Üretim Problemleri.....	3
2.1.3. Ticari Problemler	4
2.1.4. Uygulama (Döşeme) Problemleri.....	4
2.2. Doğal Taş Sektöründe Kullanılan Dolgu Yöntemleri.....	4
2.2.1. Epoksi Reçine.....	4
2.2.2. Polyester Reçine.....	7
2.2.3. Mastik.....	9
2.2.4. Çimento Dolgu.....	9
2.2.5. Ultraviyole Reçine.....	10
2.2.6. Yüzey Koruyucular.....	11
2.3. Uygun Dolgu Yönteminin Seçimi.....	11
2.4. Doğal Taşlara Dolgu Uygulama Sistemleri.....	12
2.4.1.Masalar.....	12
2.4.2. Batch fırınlar.....	12
2.4.3. Tünel Fırınlı Hatlar.....	13
2.4.3.1. Reçine Hatları.....	13
2.4.3.2. Ultraviyole Hatları.....	14
2.4.3.4. Mastik Hatları.....	16
2.4.4. Elevatör Fırınlı Reçine Hatları	16
2.4.5. Çimento Dolgu Makineleri.....	16

2.4.6. Karma ve Bileşik Sistemler.....	16
2.5. Doğru Uygulama Sisteminin Seçimi	17
2.6. Dolguda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar.....	17
2.6.1. Temizleme ve Kil Çıkartma.....	17
2.6.2. Kurutma.....	18
2.6.3. Viskozite, Akışkanlık ve Penetrasyon (Nüfuziyet).....	18
2.6.4. Fileli Uygulamalar.....	18
2.6.5. Polimerizasyon	19
2.7. Doğal Taşlara Dolgu Uygulamasının Faydaları	21
2.8. Dolgu Malzemelerinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri.....	21
3. MATERYAL VE METOD.....	23
3.1. Materyal.....	23
3.2. Metod.....	25
3.2.1. Fabrikada Kullanılan Dolgu Yöntemleri.....	25
3.2.2. Fabrikada Yapılan Dolgu Deneyleri.....	26
3.2.3. Dolgu Verimini Ölçmede Kullanılan Deneyler.....	32
3.2.3.1. Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Deneyleri.....	32
3.2.3.2. Sismik Hız Ölçümü.....	33
3.2.3.3. Basınç Dayanımı.....	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	35
4.1. Deneysel Dolgu Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular.....	35
4.1.1. Dolgu Türlerine Göre Plakaların Kuru Birim Hacim Ağırlık Değerlerinin Değişimi.....	35
4.1.2. Dolgu Türlerine Göre Plakaların Su Emme Oranlarının Değişimi....	37
4.1.3. Dolgu Türlerine Göre Plakaların Basınç Dayanım Değerlerinin Değişimi.....	38
4.1.4. Dolgu Türlerine Göre Plakaların Sismik Hız Ölçüm Değerlerinin Değişimi.....	40
4.2. Dolgu Yöntemlerinin Maliyet Analizi.....	41
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45

SAYFA

KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1. Epoksi Reçinenin Kimyasal Reaksiyonu.....	5
Şekil 2.2. Epoksi Reçine+Sertleştirici Karışımının Çatlaklı Taşa Uygulanmadan Önceki Durumu.....	7
Şekil 2.3. Polyester Reçine Uygulanmış Olan Plakanın Polimerizasyon Fırınına Girişi.....	8
Şekil 2.4. Ultraviyole Reçine Uygulaması.....	10
Şekil 2.5. Dolgusu Yapılmış Olan Plakaların Üzeri Naylon İle Örtülüp İstiflenerek Kürlemeye Bırakılması.....	13
Şekil 2.6. Ultraviyole Reçine Uygulanmış Stribin Ultraviyole Hattından Çıkışı.....	14
Şekil 2.7. Klasik Ultraviyole Reçine Kürleme Prensibi.....	15
Şekil 2.8. Çift Kürleme Sistemi (Double Curing System) İle Ultraviyole Reçine Kürleme Prensibi.....	15
Şekil 2.9. Arka Yüzüne File Uygulaması Yapılmış Plakalar.....	19
Şekil 2.10. Sıcaklık – Zaman – Polimerizasyon İlişkisi (Epoksi 100:30).....	20
Şekil 2.11. Reçine ve Mastiklerin Polimerizasyon Karakteristiği.....	20
Şekil 3.1. Dimer Mermer İşleme Fabrikası'nın Dış Görünümü.....	24
Şekil 3.2. Dimer Mermer İşleme Fabrikası'nın İç Görünümü.....	24
Şekil 3.3. Dimer Mermer Ocağı'ndan Bir Görünüm.....	25
Şekil 3.4. Ham Mermer Numunelerinin Görüntüleri.....	27
Şekil 3.5. Epoksi Dolgu Sonrası Mermer Numunelerinin Görüntüleri.....	28
Şekil 3.6. Polyester Dolgu Sonrası Mermer Numunelerinin Görüntüleri.....	29
Şekil 3.7. Ultraviyole Dolgu Sonrası Mermer Numunelerinin Görüntüleri.....	30
Şekil 3.8. Eğilme Dayanımı Deney Düzenegi.....	34
Şekil 4.1. Dolgu Yöntemlerinin Mermer Plakalarının Kuru Birim Hacim Ağırlığına Etkisi.....	36
Şekil 4.2. Dolgu Yöntemlerinin Mermer Plakalarının Su Emme Karakteristiğine Etkisi.....	37

SAYFA

Şekil 4.3. Dolgu Yöntemlerinin Mermer Plakalarının Basınç Dayanımına Etkisi....	39
Şekil 4.4. Dolgu Yöntemlerinin Mermer Plakalarının Sismik Hız Geçirgenlik Karakteristiğine Etkisi.....	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Mermer Numunelerinin Kimyasal Analizleri.....	26
Çizelge 3.2. Mermer Numunelerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.....	26
Çizelge 4.1. Dolgu Türlerine Göre Mermer Plakalarının Kuru Birim Hacim Ağırlık Değerleri	35
Çizelge 4.2. Dolgu Türlerine Göre Mermer Plakalarının Su Emme Karakteristiği Değerleri	37
Çizelge 4.3. Dolgu Türlerine Göre Mermer Plakalarının Basınç Dayanımı Değerleri.....	38
Çizelge 4.4. Dolgu Türlerine Göre Mermer Plakalarının Sismik Hız Ölçüm Değerleri.....	40
Çizelge 4.5. Çatlak Dolgu Yöntemi Kazanç Çizelgesi.....	43
Çizelge 4.6. Gözenek Dolgu İşlemi Kazanç Çizelgesi.....	44

1. GİRİŞ

Mimarlar ve tasarımcılar tarafından dekorasyon malzemesi olarak tercih edilen doğal taşların başında mermer gelmektedir. Dünyada bilinen mermer, kireçtaşı, oniks ve traverten rezervinin toplamı yaklaşık 41.7 milyar tondur. Bu rezervin yaklaşık 1/3'ü 13,9 milyar tonu (5,1 milyar m³) Türkiye'de bulunmaktadır (Tummer, 2004). Ancak bu rakam ülkemiz doğal taş rezervi bilgileri için 1966 yılında MTA Enstitüsü tarafından yayınlanan mermer envanterindeki verilerdir. Aradan geçen zaman içinde ülkemizde pek çok yeni doğal taş rezervi bulunmuştur. Bu nedenle ülkemizde bulunan doğal taş rezervi MTA tarafından verilen rakamların çok üzerindedir. 2003 yılı verilerine göre dünya doğal taş blok üretimi yaklaşık 75 milyon ton olup Türkiye'nin üretimdeki payı yaklaşık %8'dir. 2004 yılında ise dünya doğal taş üretiminin 82 milyon tona ulaştığı ve Türkiye'nin bu üretimdeki payının %9'a çıkacağı tahmin edilmektedir (Tummer, 2004).

Dünya genelinde yapılarda, iş yerlerinde ve alışveriş merkezlerinde kullanılan sentetik malzemelerin yerlerini daha sağlıklı ve hijyenik olan doğal malzemelere bırakması, doğal taşların yapı ve dekorasyon malzemesi olarak kullanılmaya başlanmasına neden olmuş ve dünya doğal taş üretimini de arttırmıştır.

Kullanım alanı her geçen gün artan doğal taşların başında gelen mermer, büyük kütleler halinde milyonlarca yılda oluşmaktadır. Bu oluşum sürecinde meydana gelen doğal hareketler nedeniyle kayaç kütle yapısında çatlaklar ve gözenekler oluşmaktadır. Oluşan bu çatlaklar fire oranının yükselmesine ve maliyetin artmasına neden olurken, gözenekler ise taşın ticari değerini düşürmekte ve talebi azaltmaktadır. Ayrıca bu tür kusurları olan doğal taşlar kullanıldıkları ortamdaki kir ve zararlı maddeleri bünyelerinde bulunan çatlak ve gözeneklere alarak zamanla renklerini kaybeder ve hijyenik olmayan bir ortama zemin hazırlarlar.

Günümüzde yapılan inşaatlarda bina yükünün azaltılması amacı ile mermer plakalarının ince kesilmesi istenmekte, kalın kesilmiş olan plakalara rağbet edilmemektedir. Ancak taşın doğal yapısı gereği bünyesinde bulundurduğu çatlaklar taşın istenilen incelikte kesilmesine izin vermemekte, taşın cilalanması aşamasında ve taşınması sırasında kırılmalara yol açabilmektedir.

Piyasanın talebine göre ince boyutta fayans ve plakaların gözenekli ve çatlaklı doğal taşlardan elde edilebilmesi ve bu doğal taşların ekonomik değer taşınması için son yıllarda dünyada çok yaygın bir biçimde farklı dolgu yöntemleri kullanılmaktadır. Doğal taşlarda yapılan dolgu işlemi; bir doğal taşın piyasa fiyatını yükseltirken dolgusuz halde talep edilmeyen ve ekonomik değer taşımayan bir taşın pazar bulmasını sağlayabilmektedir. Bu amaçla doğal taşlarda kullanılmak üzere bazı kimyasal maddeler (yapıştırıcılar) geliştirilmiştir. Bu kimyasal maddelerin kullanımı ile birlikte yapısında gözenek ve çatlak bulunduran, dayanımı düşük olan mermerlerin sağlamlaştırılması (desteklenmesi), ticari yönden değer kazanması sağlanmaktadır (Pomakis ve Meçik, 2001). Dolgu; magmatik (granit, siyenit, gabro vs), metamorfik (hakiki mermerler) ve sedimanter (kireçtaşı, traverten) kökenli tüm doğal taş gruplarına uygulanabilmektedir. Doğal taş sektöründe epoksi, polyester, ultraviyole, mastik, çimento ve yüzey koruyucu malzemeler kullanılarak dolgu yapılmaktadır.

Bu çalışmada doğal taş sektöründe yoğun bir biçimde kullanılan epoksi, polyester ve ultraviyole dolgu yöntemlerinin verimliliği, Diyarbakır yöresinde üretilen ve uluslararası pazarda Orient Pink, Sand Wave ve Tigre Bej olarak adlandırılan kireçtaşı kökenli mermerler üzerinde araştırılmıştır. Çalışma, Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan Dimer Mermer İşleme Fabrikası'nda gerçekleştirilmiştir. Dolgu yönteminin seçiminde etkili olan faktörler, uygulama biçimi, taşın görünümü ve cila tutma yeteneği üzerindeki etkisi, mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisi ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir. Ayrıca her bir dolgu yönteminin maliyeti hesaplanarak karşılaştırması yapılmış ve işletmeye sağladığı ekonomik katkı örnek maliyet analizi çalışmaları ile ortaya konmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Doğal Taşlara Dolgu Uygulamasını Gerektiren Nedenler

Doğal taşların yapılarında bulunan çatlaklar, gözenekler ve mikro gözenekler, üretimleri esnasında ve sonrasında ortaya çıkan problemler dolgu uygulamasını gerektiren nedenler arasında gelmektedir (Emanuel, 2003).

2.1.1. Çatlaklar, Gözenekler ve 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. Bunun yanı sıra Elazığ Vişne gibi çok renkli taşlarda da çatlak probleminin yaygın olduğu bilinmektedir. Bazı taşlarda gözle görülmesi çok güç olan ince çatlaklar olmasına rağmen bu taşların kırılma eğilimi yüksektir.

Kırılma problemi yaratmayan ancak yüzeyde açılmalara neden olan ‘kanal tipi’ çatlaklar ise bir çeşit gözenek olarak kabul edilir. Mikro gözenekler belirgin şekilde fark edilmese de taşın istenilen düzeyde cila tutmasını engeller. Özellikle traverten ve bazı bej renkli mermerlerde çeşitli büyüklüklerde, hatta buldukları taşın kalınlığından bile fazla derinliği olan ve ‘delik’ olarak nitelendirilen gözenekler bulunmaktadır. Bu durumda öncelikle taşın bünyesindeki deliği tıkamak, daha sonra dolgu işlemi yapmak gerekir (Acar, 2003).

2.1.2. Üretim Problemleri

Kırılma oranı %70'lere varan Bursa Bej gibi bazı taşlar taşıma esnasında kırılabileceği gibi kesme esnasında da kırılabilmektedir (Acar, 2003). Kesme işlemine dayanan, ancak kalibrasyon sırasında kırılan taşları kalibrasyon öncesinde güçlendirmek gerekir. Çünkü kalibrasyon öncesinde güçlendirilmeyen taşlar cila makinesinde kırılmaya başlar. Kırılan taşları aradan çıkartmak ve dağıttıkları abrasivleri değiştirmek için cila makinesini sık sık durdurmak gerekir. Etrafa dağılan kırık taş parçaları hem diğer taşların cila kalitesinin bozulmasına hem de zaman ve ekonomik kayba sebep olmaktadır. Yüzeydeki gözeneklerin kalibrasyon ve ön silim

işleminden önce dolgu işlemine tabi tutulması bu olumsuzlukları ortadan kaldıracak ve taş bir defa silindikten sonra istenilen parlaklık elde edilebilecektir.

2.1.3. Ticari problemler

Kalın kesilen plakalar yüzey alanı açısından blok verimini düşürmektedir. Ayrıca günümüz mimarisinde bina yükünü azaltmak, seramik ve benzeri rakip ürünlere karşı rekabet gücünü yükseltmek amacıyla doğal taşların mümkün olduğu kadar ince kesilmesi istenmektedir. Fakat güçlendirilmeyen gözenekli ve çatlaklı yapıya sahip taşların ince kesilmesi mümkün değildir.

Proses esnasında çatlak ve gözenek problemleri nedeniyle ıskartaya ayrılan taşların maliyeti işletmenin geriye kalan satılabilir taşlarının üzerine eklendiği için metrekare başına ortalama üretim maliyeti artmaktadır. Çatlak ve gözenek dolgusu yapılmadan cilalanan taşlar, dolgu işlemi yapıldıktan sonra cilalanarak daha parlak ve canlı görünen taşlara göre çok daha düşük fiyata alıcı bulmaktadır. Bu nedenle dolgu gereklidir (Acar, 2003).

2.1.4. Uygulama (Döşeme) Problemleri

Güçlendirme işlemi yapılmamış taş, yeterince dayanıklı olması için daha kalın kesilmekte daha ağır olmaktadır. İstenilen incelikte kesildiğinde ise taşın kırılma riski arttığı için daha dikkatli bir döşeme işlemi gerekmektedir. Çatlak tamiri ve gözenek dolgusu yapılmadan döşenmiş taşların bünyesine aldığı toz ve kir bir aydan daha kısa bir sürede açık bir şekilde gözle görülebilir hale gelmektedir. Bu nedenle her geçen gün çatlak tamiri ve gözenek dolgusu yapılmış doğal taşlara olan talep artmaktadır (Acar, 2003).

2.2. Doğal Taş Sektöründe Kullanılan Dolgu Yöntemleri

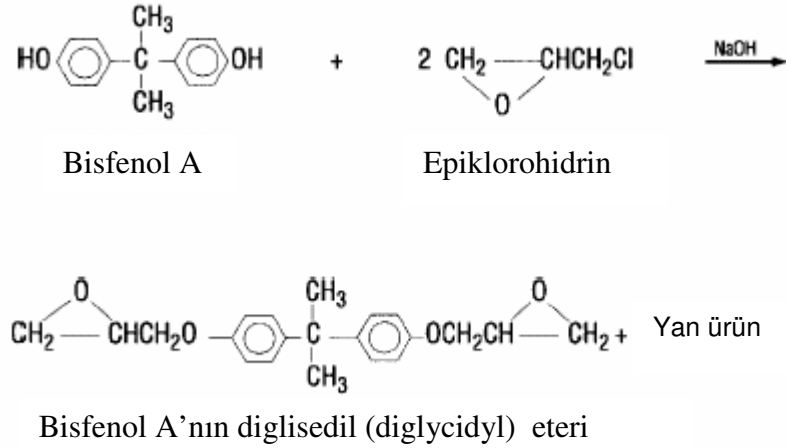
2.2.1. Epoksi Reçine

Epoksi sistemleri 1940'lerden beri ticari olarak kullanılabilir olmasına rağmen son on yıldır doğal taş plakalarını sağlamlaştırmak (güçlendirmek) amacı ile doğal taş sektöründe yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Kotasek, 2004). Bu amacının yanı sıra epoksi reçineler, taşın yüzeyinde bulunan mikro gözenekleri

doldurarak taşı pürüzsüz hale getirmek, su geçirgenliğini azaltmak ve cila sonrası parlaklığı arttırmak için de kullanılır (Acar, 2003).

Epoksi reçineler, birbirleri ile etkileşerek olağanüstü dayanıklı, kimyasal dirençli ve yapıştırma kuvveti yüksek çapraz bağlı ürünler meydana getiren polimer oluşturu sistemlerdir. Polimerizasyondaki kilit eleman bir oksijen ve iki karbon atomundan oluşan 3 elemanlı gergin halkadır. Buna oksirane grubu (halkası) denilmektedir. Bu yapı, halkayı açmak için eklenen aktif hidrojen bileşiği ile tepkimeye girmektedir (Selwitz, 1992).

Epoksi bileşiğinin yapısının değiştirilmesi ile farklı özellikte kürlenmiş reçineler elde etmek mümkündür. Fakat doğal taşı sağlamlaştırmak için kullanılan ürünlerin hemen hepsi eşitlikte görülen bisfenol A diglisedil (diglycidyl) eterine (DGEBA) dayanır (Şekil 2.1). Bisfenol A, fenolün aseton ile tepkimesinden oluşmaktadır (Selwitz, 1992).



Şekil 2.1. Epoksi Reçinenin Kimyasal Reaksiyonu

Reçineler veya epoksi polimerler sodyum hidroksit varlığında epiklorohidrin ile bisfenol A'nın yoğunlaşma (sıvılaştırma) tepkimesi ile oluşur (www.specialchem4polymers.com). Bu şekilde molekül ağırlığı düşük olan ve 'sıvı epoksi' olarak adlandırılan reçineler meydana gelir. Sıvı epoksiler endüstriyel doğal taşları sağlamlaştırma işlemi için kullanılan sistemlerdir. Akışkanlığının yüksek, yoğunluğunun düşük olması nedeni ile taşta bulunan çatlaklara derinlemesine nüfuz ederek uygulandığı taşı güçlendirip çatlaklarını tamir ederler (Kotasek, 2004).

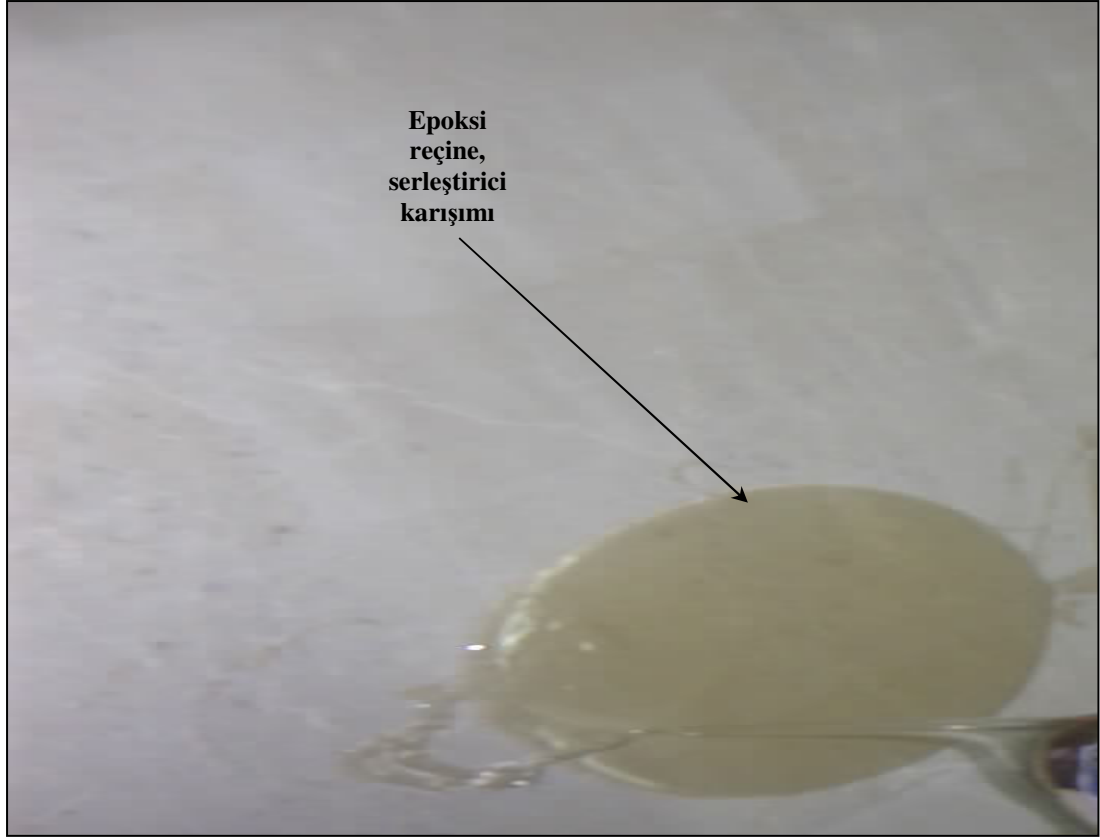
Epoksiler, reçine ve katalizör (donmayı hızlandıran sertleştirici) olmak üzere iki kısımdan oluşur. Bu bileşenler birbirinden ayrı kaplarda bulunur ve uygulama öncesinde üreticinin kullanma talimatlarında belirttiği oranlarda birbirleri ile karıştırılırlar. Karışım oranına ve akışkanlığa bağlı olarak manipülasyon zamanı (taşın sadece yüzeyinin kuruması için gerekli süre) ve cilalama zamanı (reçinenin çatlaklar ve gözenekler içinde de tam olarak sertleşmesi ve sorunsuz cilalanabilmesi için geçen süre) değişir (Şekil 2.2). Manipülasyon zamanı açık havada yaklaşık olarak 4 saattir. Elevatör fırınlar kullanılıyorsa bu süre 1,5 saate kadar düşebilir (Şentürk ve Sarıışık, 2003). Epoksi reçine ve sertleştirici karıştırılırken en çok kullanılan oranlar:

- 1 ölçek reçine, 1 ölçek sertleştirici,
- 2 ölçek reçine, 1 ölçek sertleştirici,
- 4 ölçek reçine, 1 ölçek sertleştirici

dir (Çetin, 2001).

Epoksi reçine karışımı hazırlanırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus; ölçülerin hacme göre değil, ağırlığa göre ayarlanması gerektiğidir. Gerekli görülürse uygulanan taşın rengine uyması açısından renklendirici de kullanılabilir. Epoksi uygun oranda karıştırıldıktan sonra spatula, fırça vb. yardımıyla plakanın yüzeyine uygulanır. Çok kırılğan taşları sağlamlaştırmak için taşın arka yüzüne file çekilebilir. File ile uygulama yapılırken filenin elyaf esaslı olmasına dikkat edilmelidir. Çünkü epoksinin naylona yapışması zordur ve naylon esaslı file kullanılarak istenilen performansa ulaşamayabilir. Epoksi uygulanan taş, paletlere alınarak kurumaya bırakılır (Çetin, 2001).

Epoksinin donma süresi; uygulamanın yapıldığı ortamın hava sıcaklığı ve nemine bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzden firmalar değişen sıcaklıklar ile orantılı olarak bu durumu dengelemek için farklı sürelerde kürlenebilen epoksi reçineler üretmektedir. Genelde kürlleme süresi 24-48 saattir (www.inkatrade.com). Kürlleme işlemi tamamlandığında plakalar cilalanmak üzere cila hattına verilir.



Şekil 2.2. Epoksi Reçine+Sertleştirici Karışımının Çatlaklı Taşa Uygulanmadan Önceki Durumu

2.2.2. Polyester Reçine

Zinciri ester işlevleri ile bağlı motiflerin birleşmesinden oluşan polimerlere polyester denir. Kullanım sırasında katılan peroksit ve ardından uygulanan ısıtma ile polimerleşme sağlanır (Acar, 2003). Polyester reçineler doğal taşa bulunan gözenekleri ve yüzeyde açıklık yaratan çatlakların doldurulması için kullanılan dolgu malzemeleridir (Şekil 2.3). Epoksi reçineye oranla daha ucuzdur ve kürleme zamanı daha kısadır.

Polyester reçineleri iki grupta toplamak mümkündür. Birincisi kalibrasyonu ve ön silimi yapılmış taşa uygulanan yarı katı polyester esaslı dolgu malzemeleri, ikincisi ise cilalı taşa rötuş amaçlı uygulanan mum dolgulardır (Çetin, 2001).

Yarı katı olan birinci gruptaki polyesterler, epoksi reçineler gibi iki bileşenden oluşur. Ana malzemeye %2-4 oranında sertleştirici eklenir iyice karıştırılarak epoksi reçinenin uygulandığı şekilde spatula, fırça vb kullanılarak taşa uygulanır. Genellikle şeffaf renkte olmasının yanı sıra taşa uyum sağlaması açısından renklendirici pigment macunu ile de kullanılabilir.



Şekil 2.3. Polyester Reçine Uygulanmış Olan Plakanın Polimerizasyon Fırınına Girişi

Polyester reçine taşın ön ve arka yüzeyine fileli ya da filesiz olarak uygulanabilmektedir. Taşın ön yüzeyine uygulandığında belirgin miktarda cila kalitesini artırır (Acar, 2003). Genellikle epoksi kadar mukavim olmasa da polyester dolgu kullanılarak kırılma riski yüksek olan taşlarda çatlak tamiri ve gözenek dolgusu bir arada yapılmış olur. Manipülasyon zamanı yaklaşık olarak 1 saat 40 dakikadır. Ciladan önce tam sertleşme için 24 saat beklemek gerekir (Şentürk ve Saruışık, 2003).

Katı olan polyester esaslı dolgu maddesine mum dolgu denir. Bu dolgu malzemesi gözeneği çok az olan taşa veya polyester uygulandıktan sonra cila sonrasında oluşan gözeneklere uygulanan dolgu malzemesidir. Renk maddesi sonradan karıştırılmayacağından taşa uygulanması sırasında renk uyumunu sağlamak için değişik renkli mum dolgular üretilmiştir. Taşa uygun olan malzeme seçilerek elektrikli dolgu ütüsü yardımı ile eritilerek gözeneğe uygulanır. 1-2 dakika sonunda katılaştıran dolgu mumunun fazlası silinerek işlem tamamlanır (Çetin, 2001).

2.2.3. Mastik

Genellikle polyester reçineler, bazı aminler, kalsiyum ve benzeri tozların homojenleştirici ve hızlandırıcı katkı malzemeleri ile karıştırılmasından elde edilir. Mastiklerin sertleştiricisi %2-4 oranında Benzoile Peroksittir. Gözenek dolgu rötuşunda ve yapıştırma amacıyla boyalı-boyasız olarak kullanılabilir. Mastik, gözenekleri kesintisiz bir sistemle doldurmak için tasarlanmış bir üründür. Çok hızlı sertleşerek taşı dolgu uygulamasından 7-10 dakika sonra cilalanabilir hale getirir. Bazı hızlandırıcılar ve uygun fırınlar kullanılarak bu süreyi 3 dakikaya kadar indirmek mümkündür. Hatta ultraviyole mastikler kullanılırsa cilaya verme süresi çok daha kısa olabilir. Taşın gözenekleri üzerine dikkatli bir şekilde el ile uygulanır. Çimento dan daha pahalıdır. Fakat taşıdaki kusurları aynı renk, aynı parlaklık ve aynı sertlikte, su geçirmeyen zamanla rengini kaybetmeyen bir dolgu ile giderdiği için çimento dolguya oranla daha fazla tercih edilmektedir (Acar, 2003).

2.2.4. Çimento Dolgu

Traverten; yapısından kaynaklanan boşluklar içerir. Estetik anlamda kusur sayılabilecek bu gözenekleri doldurmak için genellikle çimento dolgu kullanılmaktadır (Şentürk ve Sarıışık, 2003). Çimento dolgu karışımlarında uygun miktarda beyaz çimento, kalsit, kaolin ve yeterli miktarda farklı renklerde oksit, ufalanmayı azaltmak, cila kalitesini arttırmak, donma süresini kısaltmak amacı ile bağlayıcı tutkal kullanılmaktadır. Çimento dolgulu taşın cilaya verilebilmesi için harcın özelliklerine ve hava koşullarına göre 3-8 gün kürlenme süresi gerekmektedir.

Kürleme odaları ve bazı hızlandırıcılar ile bu süre 32 saate kadar indirilebilir (Acar, 2003).

2.2.5. Ultraviyole Reçine

Ultraviyole reçineler ışık enerjisi altında reaksiyona uğrayarak mekanik ve kimyasal yapısı değişen polyester esaslı genellikle tek bileşenli polimerlerdir (Şekil 2.4). Bu özellikleri sayesinde dozaj ve karışım hatasına yol açmazlar ve kullanım kolaylığı sağlamaktadırlar (Pomakis ve Meçik, 2001).

Taş dolgu ve tamirinde ultraviyole reçine kullanma ihtiyacı manipülasyon süresini sıfıra indirme talepleri ile ortaya çıkmıştır. Böylece uygulamadan hemen sonra malzeme taşınabilir ve stoklanabilir duruma geldiğinden üretim sürecinin hızlandırılması hedeflenmektedir (Acar, 2003).



Şekil 2.4. Ultraviyole Reçine Uygulaması

Her bir ultraviyole reçinenin reaksiyona girdiği ultraviyole ışığında dalga boyu ve gücü farklılıklar gösterebilir. Ultraviyole reçinedeki fotopolimer yapı, gerekli dalga boyu ve güçteki ultraviyole ışınım ile yapışkanlığını kaybederek hemen sertleşir. Ultraviyole reçineler, gözenek dolgu ve çatlak tamiri için kullanılabilir. Ultraviyole ışınları engellemek için renklendirme tavsiye edilmez. Ancak zorunlu hallerde çok hafif bir renklendirme yapılabilir (Acar, 2003).

2.2.6. Yüzey Koruyucular

Doğal taş üreticileri, cilanın taşa kattığı değeri arttırmak amacıyla malzemelerine son işlem olarak yüzey koruma kimyasalları uygulamaktadır. Yüzey koruma kimyasalları dış etkilere karşı dayanımı artırır. Su ve yağ geçirmeyen, üzerine yazı yazılmasını engelleyen ve taşın parlaklığını arttıran özellikteki çeşitli kimyasalların kullanımı giderek artmaktadır (Şentürk ve Sarıışık, 2003).

2.3. Uygun Dolgu Yönteminin Seçimi

Tamir veya dolgu yöntemi seçilirken kararı etkileyen birçok değişken vardır. Hangi dolgu yönteminin seçileceği kararını taşın cinsi ve problemi etkiler. Eğer malzeme kılcal çatlaklı ve yüksek kırılma oranına sahipse, en uygun dolgu türü yüksek akışkanlığa sahip epoksi reçinedir. Fakat kırılma oranı yüksek değilse ve aynı zamanda doldurulacak gözenekler de var ise polyester reçine önerilebilir. Manipülasyon süresini sınırlamak önemli ise bu kez ultraviyole reçineleri kullanmak gerekecektir. Kimyasallar ile çalışma tecrübesi, girilmek istenen pazar, üretim maliyetleri gibi birçok faktör dolgu yöntemi seçimini etkilemektedir. Genellikle bir malzeme için mükemmel bir ürün yoktur ve en iyi çözümü sunabilmek için her durum dolgu malzemeleri üreticileri tarafından ayrı ayrı çalışılmalıdır. Tüm çatlak tamir ve 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 dolguya devam edilebilir. Böylece daha az reçine kullanıldığından tasarruf yapılabilir. Bir tamir veya dolgu işlemi diğerinin kullanılmasını engellemez ve böylece tüm kimyasal ürünlerin avantajından yararlanılabilir (Acar, 2003).

2.4. Doğal Taşlara Dolgu Uygulama Sistemleri

Tamir-dolgu uygulama sistemlerinden yeterli sonuç alınmanın ilk koşulu taşların tozsuz, yağsız ve nemsiz olmasıdır. Yüzeyin kuru olması yeterli değildir, reçinenin nüfuz etmesi ve mukavim bir şekilde çatlağın iki çeperine yapışması için kılcal çatlakların veya killi çatlaklarında tamamen kuru olması gereklidir. Bu işlemlerin yapılabilmesi için çeşitli sistemler mevcuttur.

2.4.1. Masalar

Doğal taşlara kimyasal madde uygulaması genellikle masalar üzerinde yapılır. Genellikle doğal taş önceden ısıtılmadan dolgu yapılır. Burada amaç ısıtılma sonucu taşta oluşacak sıcaklığın, reçinenin akışkanlığını azaltmasını önlemek ve dolgu malzemesinin taşın içine derinlemesine nüfuz etmesini sağlamaktır. Polimerizasyon (sertleşme) süresi oldukça uzun olduğu için, dolgudan sonraki ısıtma işlemi polimerizasyon sürecini hızlandırır. Polimerizasyon yazın kısa zamanda gerçekleşirken kışın oldukça uzun zaman almaktadır (Acar, 2003).

İşçiler uygulama yapılacak olan taşı masanın üzerine yerleştirir. Masanın üzerinde taşa reçine uygulaması yapılır. Taşın yüzeyinin kurumaması için polyester uygulaması yapıldıktan sonra 40 dakika, epoksi uygulaması sonrasında ise 2 saat beklemek gerekir. Manipülasyon süresinden sonra reçine uygulanmış doğal taşlar stoklanacakları yerlere taşınırlar. Belli bir bekleme (kürleme) süresi sonrasında, üretim sürecini bitirmek için dolgu yapılmış taşlar cila hattına nakledilir.

Bu sistem, masalarda reçine uygulaması için çok fazla işçi çalıştırmaya ve yüksek oran da reçine sarfiyatına sebep olur. Plakalar el ile hareket ettirildiğinde kırılabilir. Ayrıca her reçine uygulamasından sonra plakaları yüklemek ve boşaltmak zaman ve yer kaybına neden olmaktadır (Şentürk ve Sarıışık, 2003).

2.4.2. Batch Fırınlr

Masalı uygulamanın bir sonraki aşaması raylı veya tekerlekli masalar üzerinde taşların 'Batch Fırın' ile kurutulup, uygulamadan sonra doğal koşullarda küremeye bırakılmasıdır. Kış şartlarında üst üste dizilen plakalar küreme için diğer Batch fırında bekletilebilir.

2.4.3. Tünel Fırınlı Hatlar

2.4.3.1. Reçine Hatları

Reçine hatları temel olarak; yükleme ünitesi, ön kurutma fırını, reçine uygulama masası, reçine sonrası polimerizasyon fırını, konveyör ve bir boşaltma ünitesinden oluşmaktadır (Şentürk ve Sarıışık, 2003).

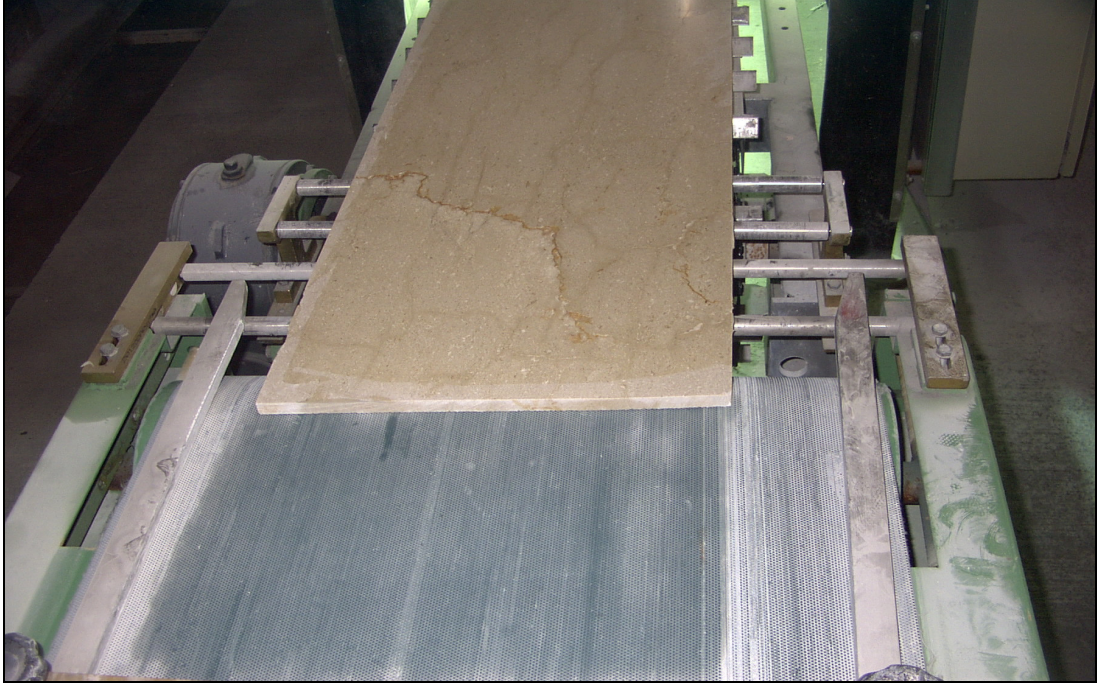
Reçine uygulamasındaki en önemli hususlardan biri taşın içindeki tüm gözeneklerin ve çatlakların derinlemesine kurutulmasıdır. Aksi halde gözeneklerin ve çatlakların içerisinde kalan nem, reçinenin taşa nüfuz etmesine engel olacaktır. Özellikle kılcal çatlaklı taşları derinlemesine kurutmak kolay değildir ve uzun süre gerektirir. Kurutma işleminin taşın alt ve üst yüzeyinden aynı anda yapılması bu süreyi %60 oranında azaltmaktadır. Kurutma sonrası uygulama masası üzerinde uygun reçine fileli veya filesiz olarak uygulanır. Uygulama sonrası taşlar, birbirine yapışmaması için aralarına naylon veya çita konularak üst üste istiflenir (Şekil 2.5). İstiflenen taşlar ister doğal ortamda ister kürleme odasında polimerizasyon için bekletilir. Kürleme koşullarına göre 24-48 saat sonra cila hattına verilir (Acar, 2003).



Şekil 2.5. Dolgusu Yapılmış Olan Plakaların Üzeri Naylon İle Örtülüp İstiflenerek Kürlemeye Bırakılması

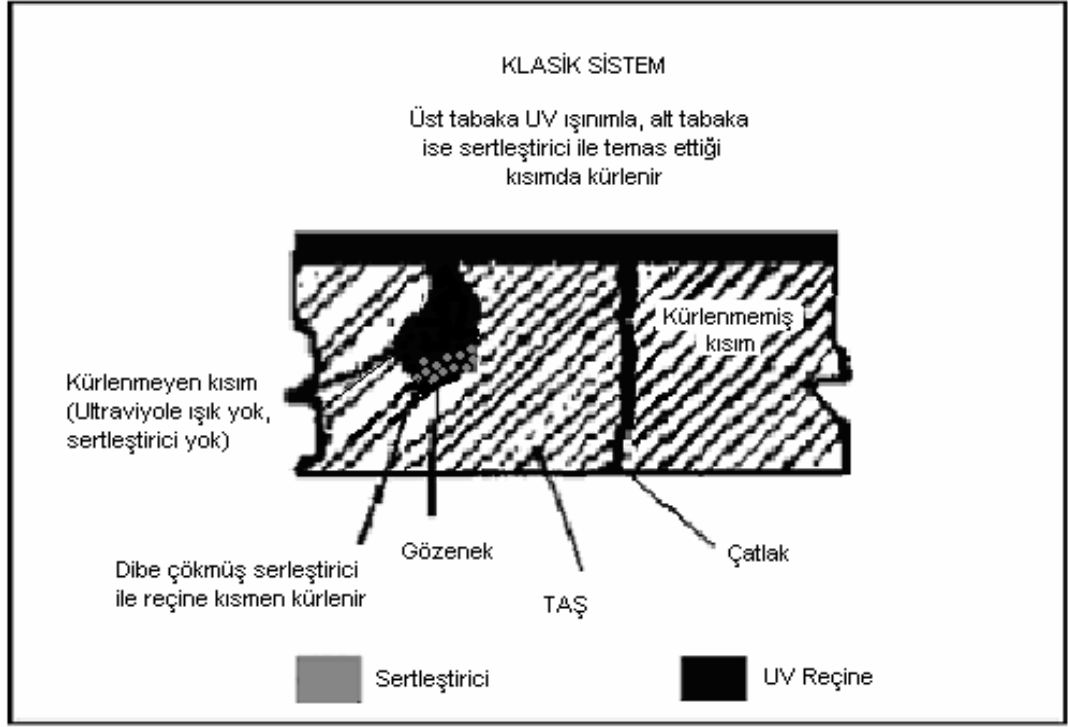
2.4.3.2. Ultraviyole Hatlar

Ultraviyole hatlar genellikle fayanslarda bulunan çatlak ve gözeneklerin reçine ile doldurulması için kullanılır (Şekil 2.6). Kurutma fırını, reçine uygulama ünitesi, penetrasyon ünitesi, düşük radyasyonlu ultraviyole kürleme ünitesi ve yüksek radyasyonlu ultraviyole kürleme üniteleri bu hatların ana unsurlarıdır (Şekil 2.7).

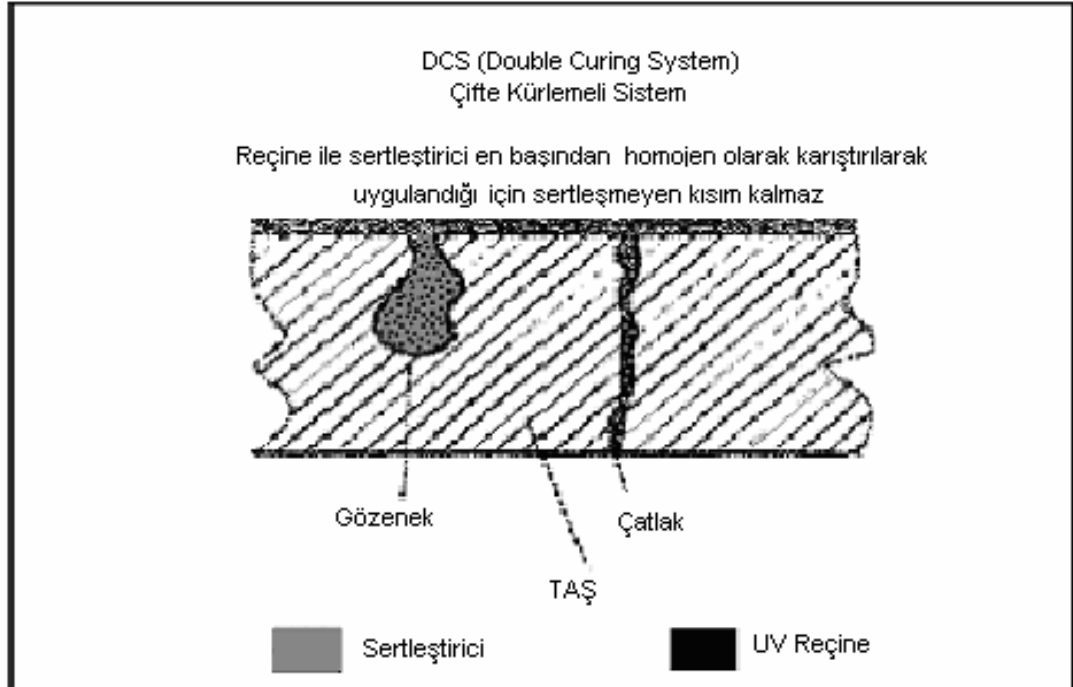


Şekil 2.6. Ultraviyole Reçine Uygulanmış Stribin Ultraviyole Hattından Çıkışı

Hemen hemen tüm taşlar gözenek ve çatlak derinliklerine sahiptir. Fakat bu hatlarda kullanılan reçineler ile ultraviyole ışınım dolgunun ilk 4-5 mm derinliğine kadar ulaşabilmektedir. Dolayısı ile alt tabakalarda sertleşme olmamaktadır. Bu nedenle taş sektöründe 'Double Curing System (DCS) – Çifte Kürlemeli Sistem' olarak adlandırılan bir kürleme tekniğinin kullanılması zorunlu olmaktadır (Şekil 2.8). Bu sistem de kullanılan ultraviyole reçinenin içine çok az miktarda serleştirici ilave etmek mümkündür (Pomakis ve Meçik, 2001) Reçine yapısının 50°C den bozulmaya başlaması nedeniyle ultraviyole reçine uygulama öncesinde taşın izin verilen en yüksek yüzey sıcaklığı 45°C dir (Acar, 2003).



Şekil 2.7. Klasik Ultraviyole Reçine Kürlenme Prensibi



Şekil 2.8. Çift Kürlenme Sistemi (Double Curing System) İle Ultraviyole Reçine Kürlenme Prensibi

2.4.3.4. Mastik Hatları

Gözenek dolgu işleminde kullanılan mastik hatlarda kesintisiz olarak ‘Kalibrasyon - Ön Silim - Kurutma - Mastik Dolgu – Polimerizasyon – Cilalama işlemleri yapılabilmektedir.

2.4.4. Elevatör Fırnlı Reçine Hatları

Fayanslara reçine uygulamasında en uygun sistem ultraviyole hat, plakalar için ise en uygunu elevatör tip fırnlı hatlardır. Reçine sonrası fırın yerine elevatör tipi fırnlı bir hattan, plakalara her iki yüzeyden reçine uygulanabilecek 3 elevatör fırın grubuna sahip bir hatta kadar farklı seçenekler uygulanabilir. Elevatör tipi fırnlardaki 1-2 saatlik bekleme süresi sadece manipülasyon için yeterlidir. Tam polimerizasyon için 1 gün beklemek gerekir.

2.4.5. Çimento Dolgu Makineleri

Bu sistemler, çimento ve diğer katkı malzemeleri ile hazırlanan harcın taşın yüzeyine kesintisiz bir hat üzerinde mekanize olarak birkaç kademedede uygulanması için geliştirilmişlerdir. Makine girişinde taşın yüzeyindeki aşırı suyu sıyırmaya yarayan bir fan bulunmaktadır. Taşın gözenek yapısına, hedeflenen dolgu kalitesine ve kapasiteye bağlı olarak değişen sayıda (strip hatlarında 3-5 adet, plaka hatlarında 3-8 adet) dolgu kafaları sıralanır. En çok traverten plakaların dolgusunda kullanılır. Plaka hatlarında dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan biri dolgu kaçağını azaltmak üzere aynı kalınlık ve genişlikte kesilmiş taşların ard arda aralıksız beslenmesidir. Plaka dolgusu için sabit köprülü ve şaşırtmalı yerleştirilmiş 6-8 kafalı makineler olduğu gibi, hareketli köprülü 3-4 kafalı makineler de mevcuttur (Acar, 2003).

2.4.6. Karma ve Bileşik Sistemler

Birçok doğal taşta, çatlak ve gözenekler birlikte bulunmaktadır. İşletme için mastik ve reçine hatlarını ayrı ayrı almak büyük bir ekonomik yük oluşturmaktadır.

Böyle durumlar için cila hattı üzerine özel bir mastik hat eklenebilir. ‘Dual Sistem’ olarak adlandırılan bu hatlarda ünite boyları ve fırın güçlerinin ayarlanması dikkatle yapılmalıdır. Mastik hattı olarak kullanıldığında 1. fırın, ara masa ve 2. fırın derinlemesine kurutma sağlamakta, son masada da reçine uygulaması yapılabilmektedir. Dual hat ile dolgu-tamir hattının toplam maliyeti %30-40 oranında azalmaktadır. Benzer şekilde esas olarak ultraviyole hat olarak tasarlanmış bir hat, ufak tefek ilaveler ile gerektiğinde klasik reçine ve mastiklerin kullanılabilceği bir hat haline getirilebilir (Acar, 2003).

2.5. Doğru Uygulama Sisteminin Seçimi

Amaca uygun olarak seçilmiş malzemeye ve ihtiyaca göre 100 m²/gün kapasiteye kadar masalar, 200 m²/vardiya kapasiteye kadar batch fırınlı sistemler, 400 m²/vardiya kapasiteye kadar tünel fırınlı sistemler, daha büyük kapasitelerde ise elevatör fırınlı sistemler tercih edilmektedir. Gözenek dolgusu cila hattı üzerinde kesintisiz yapılacaksa kapasiteye bakılmaksızın seçilecek sistem, tünel fırınlı mastik hattı olmalıdır. Cilalanan veya honlanan (yarı işlenmiş) tüm taşlara yüzey koruma kimyasalı uygulanacak ise cila makinesinin ardına kapasiteye uygun bir kurutma fırını ve wax (mum dolgu) makinesi veya benzeri kimyasal uygulama makinesi koymakta yarar vardır. Reçine veya mastik uygulamasında manipülasyon süresinin ‘sıfır’ olması isteniyorsa ultraviyole hat kullanılması uygun olur. Yüksek kapasitelerde aşırı kırılğan olmayan striplerdeki çatlakların dolgusunda ultraviyole hatlar, plakaların dolgusunda ise elevatör fırınlı hatlar avantajlıdır (Acar, 2003).

2.6. Dolguda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

2.6.1. Temizleme ve Kil Çıkartma

Uygulama yüzeylerinde genel olarak nem, toz ve yağ olmamalıdır. İçi kil dolu çatlak ve gözeneklere dolgu yapılacak ise kilin kısmen de olsa temizlenmesi gerekir. Bu işlem için su jetleri veya tel fırçalar kullanılabilir. Kil içeren çatlaklara dahi nüfuz edebilen epoksi reçineler mevcuttur. Fakat bu reçinelerin fiyatları normal epoksi reçinelere göre daha pahalıdır.

2.6.2. Kurutma

Taş sektöründe kullanılan birçok reçine petrol bazlıdır. Petrol ve su birbirine karışmadığı için taşın kimyasal işlem uygulaması öncesinde tümüyle kurutulması çok önemlidir. Aksi halde taşın bünyesinde bulunan çatlak ve gözeneğe derinlemesine nüfuz edemeyen reçine cila sonrasında yerinden sökülür. Çok kirli taşlara dolgu yapılmadan önce taş basınçlı suyla yıkanmalı, sonra kurutularak reçine uygulanmalıdır. Fakat çimento dolgu yapılacak ise taşın yüzeyindeki hafif nem nüfuziyet için olumlu bir unsurdur. Özellikle kuru karışım ile dolgu yapıldığında gözenek içinde harç oluşumu için nem gereklidir (Acar, 2003).

2.6.3. Viskozite, Akışkanlık ve Penetrasyon (Nüfuziyet)

Dolgu işlemi uygulanacak olan taştaki çatlaklar çok ince, delikler mikro gözenek düzeyinde ise derinlemesine nüfuziyet için viskozitesi düşük (çok akışkan) reçineler gerekir. Bu durumun aksine taşa bir yüzden diğer yüze geçen büyük delikler var ise akışkan reçine yerine koyu kıvamlı viskozitesi yüksek mastik tercih edilmelidir.

2.6.4. Fileli Uygulamalar

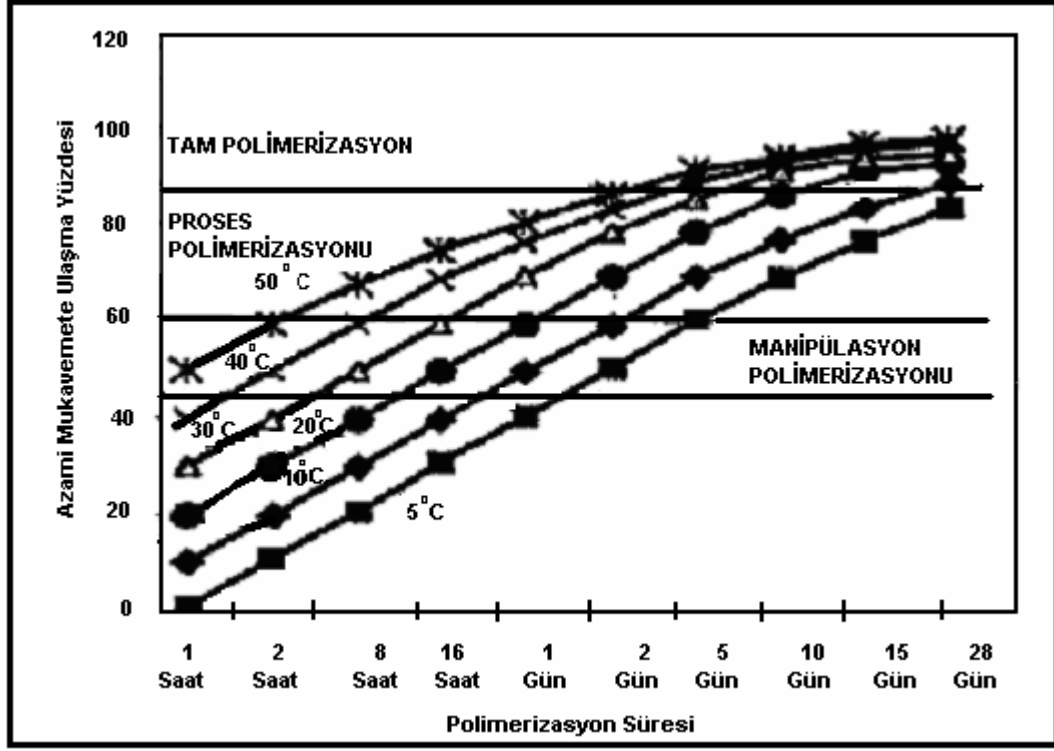
Epoksi reçineler, özellikle plakalarda yaygın olarak cam elyafli fileler ile birlikte kullanılır (Şekil 2.9). Nadir de olsa polyester reçine ile de fileli uygulama yapılmaktadır. Fileli uygulamalarda elyaf üzerindeki kaplamanın epoksiye ve polyestere yapışması gerekir. Çünkü iyice yapışmayan file taşın arkasından kolayca sökülebilmektedir.



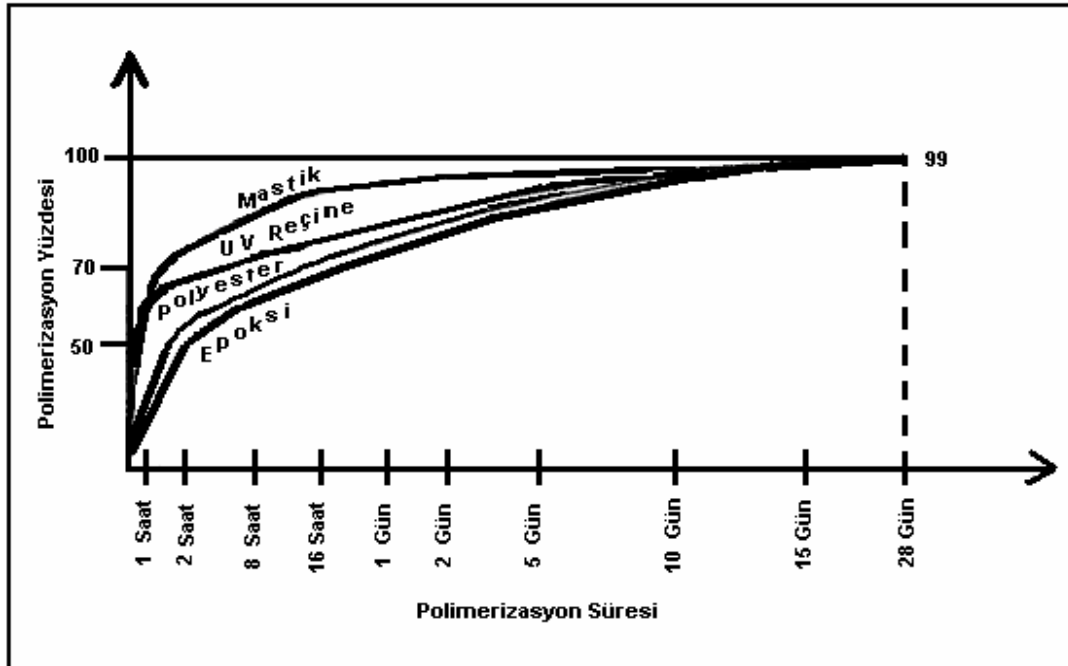
Şekil 2.9. Arka Yüzüne File Uygulaması Yapılmış Plakalar

2.6.5. Polimerizasyon

- **Manipülasyon polimerizasyonu:** Elle dokunulduğunda yapışmayacak ve taşların taşınmasına müsaade edecek düzeydeki polimerizasyon derecesidir. Manipülasyon süresi; karışımdaki katalizör oranına, kullanılan reçine veya mastiğin cinsine, sıcaklığa ve uygulama sistemine göre değişmektedir (Şekil 2.10).
- **Proses polimerizasyonu:** Dolgu uygulaması sonrası taşın cilaya verilebilir sağlamlık düzeyine gelme durumudur. Bir başka deyişle nihai ve azami sertlik derecesinin %70-90 oranlarına ulaşmasıdır (Şekil 2.11).
- **Tam polimerizasyon:** % 99,9 oranında tam sertleşmenin olabildiği aşamadır. Birçok polimer ve çimento esaslı dolgu malzemesi ancak 28 günde bu noktaya gelebilir (Acar, 2003).



Şekil 2.10. Sıcaklık – Zaman – Polimerizasyon İlişkisi (Epoksi 100:30)



Şekil 2.11. Reçine ve Mastiklerin Polimerizasyon Karakteristiği

2.7. Doğal Taşlara Dolgu Uygulamasının Faydaları

Çatlaklı ve gözenekli taşlar, proses esnasında birçok tıkanıklığa dolayısı ile de imalat hızının düşmesine neden olmaktadır. Kusurlu taşların neden olduğu bir diğer sorun ise yapılarındaki düzensizlik nedeni ile standart kalitede ve süreklilikte kısa zamanda ve programlı bir şekilde üretimin yapılmasına engel olmalarıdır.

Çatlak dolgusu yapılmadığı durumda kırılıp dağılarak ıskartaya ayrılan taş miktarı örneğin 100 m² ise uygun bir dolgu yöntemi uygulaması sonucu bu miktar 20 m²' ye düşürülebilir (Acar, 2003). Böylece işletmedeki fire oranı azalmış olur. Gözenek dolgusu yapılmayan taşların cila işlemi sonrasında istenilen düzeyde parlaklığa ulaşmaması ürüne olan talebi azaltmaktadır. Ayrıca gözenek ve çatlak dolgusu yapılmayan taş satışı sonrasında döşendiği yerde kısa zamanda bünyesine kir ve lekeyi alacağı için hijyenik olmayan ve güzel görünmeyen bir zemin oluşturacak bu sorun da müşterinin almış olduğu üründen memnun kalmamasına yol açacak, satış talebini azaltacaktır.

Yukarıda belirtildiği gibi doğal taşlara uygulanan dolgu fire oranının azalmasına, hızlı, kaliteli ve standart üretim yapılmasına, satış sonrası müşteri memnuniyetine ve tüm bu özellikleri sayesinde de satış talebinin artmasına neden olmaktadır.

2.8. Dolgu Malzemelerinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

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

Ciğerlerde: Birçok epoksi reçineyi oluşturan kimyasalların buharı veya dumanı ciğerleri tahriş edebilir. Sertleştiricilerden bazıları çalışanlarda astım görülmesine sebep olabilir.

Ciltte: Epoksi reçineye temas eden yüzeylerde (ellerde, yüzde) cilt tahrişi, kaşıntı, kızarma ve kabarma görülebilir.

Göz, burun ve boğazda: Birçok epoksi reçinenin kimyasalları ve buharları (özellikle çözücü ve sertleştiriciler) gözlerin, burnun ve boğazın tahriş olmasına

neden olabilir. Bu tahriş sonucunda baş ağrısı ortaya çıkabilmektedir. Eğer bu sıvılar göze sıçrar ise göze zarar verebilir.

Sinir sistemi: Teneffüs edilen veya deri ile emilen çözücüler beyni (merkezi sinir sistemini) alkol içmenin vücudu etkilediği şekilde etkiler. Çözücü etkisine fazlaca maruz kalındığında baş ağrısı, mide bulantısı, baş dönmesi, konuşma bozukluğu, bilinç kaybı gibi şikayetler ile karşılaşılabilir.

Kanser: Eski epoksi reçinelerin, laboratuvar hayvanları üzerinde yapılan çalışmalarda kansere sebep olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin epiklorohidrin olabileceği ve bu maddenin insanlarda da kansere neden olabileceği düşünülmektedir. Fakat epiklorohidrin içeriği daha az olan yeni epoksi sitemlerinin laboratuvar hayvanları üzerinde yapılan çalışmalarda kansere neden olmadığı görülmüştür (www.dhs.ca.gov).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Türkiye’de bilinen işletilebilir kireç taşı rezervi 2.720.000.000 m³ tür. Bu rezervin 9.000.000 m³ ü Diyarbakır ilinde bulunduğu bazı kaynaklarda ifade edilmektedir. Ancak yeterli derecede rezerv araştırması yapılmadığı için gerçek değer bu rakamın çok üstünde olduğu tahmin edilmektedir (Ayhan, 2000).

Diyarbakır ili sınırları içerisinde bilinen en önemli kireçtaşı mostraları Çermik, Çüngüş, Hani ve Hazro ilçeleri civarında yer almaktadır. Çermik ilçesinde çok iyi blok verme ve cila tutma özelliğine sahip pembe (Hazar pembe) – bej renkli kireçtaşları mevcuttur. Çüngüş ilçesi civarında beyaz renkli kristalize kireçtaşları yer yer iyi blok vermektedir. Hani ilçesinin güneyinde geniş kireçtaşı mostraları bulunmakta ve bu kireçtaşları Çermik kireçtaşlarına benzer özellik göstermektedir. Hazro ilçesi ve civarında ise pembe ve bej renkte iyi blok verme cila tutma özelliğine sahip birimler bulunmaktadır (Ayhan, 2003).

Bu çalışma Diyarbakır ili Organize Sanayi Bölgesi’nde bulunan Dimer Mermer Fabrikası’nda yapılmıştır. 1995 yılından bu yana faaliyet gösteren fabrika, 2004 yılında tesislerini geliştirerek 800.000 m² lik alana yayılmış işletme tesisi ile üretim yapmaktadır. Dimer mermer işleme fabrikasının iç ve dış görünümü Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de verilmiştir. İlk olarak Orient Pink ’i blok halinde üreterek sektöre adım atmış olan Dimer, daha sonra Corel Pink, Tigre Bej, Bazmar Red, Diyarbakır Bazalt taşlarını üretmeye başlamıştır. 2003 yılında ise Rosso Levanto ve Sand Wave’in üretimini gerçekleştirerek pazara sunmuştur (Dimer, 2004).



Şekil 3.1. Dimer Mermer İşleme Fabrikası'nın Dış Görünümü



Şekil 3.2. Dimer Mermer İşleme Fabrikası'nın İç Görünümü

Bu çalışmada, Diyarbakır İli Hani ilçesine bağlı Fayıntır Köyü mevkiinden blok işletmeciliği yapılan Sand Wave ocağından, aynı ilçenin Kırım Köyü mevkiinde blok işletmeciliği yapılan Tigre Bej ocağından ve Hazro ilçesi Kırmataş Köyü mevkiinde blok işletmeciliği yapılan Orient Pink ocağından üretilen bloklardan fabrikada elde edilen plakalara epoksi, polyester ve ultraviyole dolgu yöntemleri uygulanmıştır. Tigre ocağının görünümü Şekil 3.3'te verilmektedir.



Şekil 3.3. Dimer Mermer Ocağı'ndan Bir Görünüm

3.2. Metod

3.2.1. Fabrikada Kullanılan Dolgu Yöntemleri

Dimer Mermer İşleme Fabrikası'nda en çok uygulanan dolgu yöntemleri arasında epoksi, polyester ve ultraviyole reçine uygulamaları gelmektedir. Bu uygulamalara ek olarak gerekli görüldüğünde mastik ve mum dolgu da yapılmaktadır.

3.2.2. Fabrikada Yapılan Dolgu Deneyleri

Deneyisel çalışmada kullanılan mermerlerin, Dimer (2004) ve Tonçer (2005) tarafından belirlenen kimyasal özellikleri Çizelge 3.1’de, fiziksel ve mekanik özellikleri ise Çizelge 3.2’de topluca verilmiştir.

Çizelge 3.1. Mermer Numunelerinin Kimyasal Analizleri

	Orient Pink (Dimer, 2004)	Tigre Bej (Tonçer, 2005)	Sand Wave (Dimer, 2004)
SiO₂ (%)	1,20	2,88	0,38
Fe₂O₃ (%)	0,45	1,90	0,060
CaO (%)	52,55	-	55,04
MgO (%)	2,20	-	0,36
Na₂O(%)	-	-	0,007
K₂O(%)	-	-	0,031
MnO(%)	-	-	0,007
Al₂O₃(%)	-	1,80	-
CaCO₃(%)	-	91,73	-
MgCO₃(%)	-	1,30	-

Çizelge 3.2. Mermer Numunelerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri (Dimer, 2004)

	Orient Pink	Tigre Bej	Sand Wave
Sertlik (Mohs)	4	3	3,5
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm²)	2,70	2,66	2,64
Porozite (%)	0,7	1,51	1,30
Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	0,2	0,57	0,49
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm²)	1019	1482,7	1591
Dona Karşı Dayanım (kgf/cm²)	1019	-	-
Eğilme Dayanımı (kgf/cm²)	170	-	169
Doluluk Oranı (%)	99,3	-	
Boşluk Oranı (%)	-	-	1,32
Don Sonrası Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm²)	-	-	1540
Darbe Dayanımı kg cm/cm³	-	-	20,6

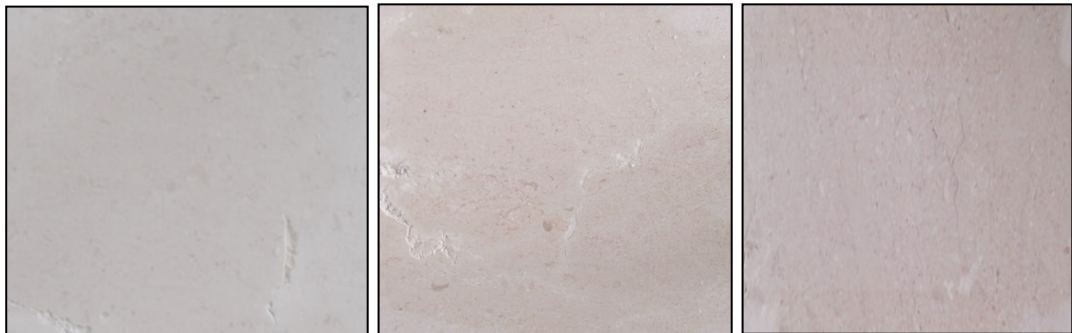
Fabrikada uygulanan dolgu yöntemlerin verimliliğini belirlemek ve karşılaştırmak için öncelikle her üç mermer grubundan homojen plakalar elde edilmiştir. Her bir mermer grubu için; seçilen bu plakalardan 3'er tane dolgusuz (ham), epoksi dolgulu, polyester dolgulu ve ultraviyole dolgulu 30x30x2 cm boyutunda numuneler (fayans) hazırlanmıştır. Her bir mermer grubundan elde edilen ham numunelerin görüntüleri Şekil 3.4'de verilmiştir. Bu mermer numunelerinin epoksi, polyester ve ultraviyole dolgulu görüntüleri ise Şekil 3.5, 3.6 ve 3.7'de verilmiştir.



a) Orient Pink Grubu Mermer Numuneleri



b) Tigre Bej Grubu Mermer Numuneleri



c) Sand Wave Grubu Mermer Numuneleri

Şekil 3.4. Ham Mermer Numunelerinin Görüntüleri



a) Orient Pink



b) Tigre Bej



c) Sand Wave

Şekil 3.5. Epoksi Dolgu Sonrası Mermer Numunelerinin Görüntüleri



a) Orient Pink



b) Tigre Bej



c) Sand Wave

Şekil 3.6. Polyester Dolgu Sonrası Mermer Numunelerinin Görüntüleri



a) Orient Pink



b) Tigre Bej



c) Sand Wave

Şekil 3.7. Ultraviyole Dolgu Sonrası Mermer Numunelerinin Görüntüleri

- Fabrikada, epoksi dolgu uygulaması için; kesim işlemi sırasında ıslanan numuneler öncelikle kurutulmuştur. Kurutulmuş plakalara, şeffaf renkteki epoksi reçine (ana malzeme) sertleştirici ile talimatlarda belirtilen şekilde ölçülerek (80 gr reçine ile 20 gr sertleştirici) karıştırıldıktan sonra fırın çıkışındaki konveyör üzerinde taşın bünyesindeki çatlak ve gözenekler iyice dolana kadar spatula yardımıyla numuneye uygulanmıştır. Daha sonra epoksi uygulanan plakalar vakumla alınıp palete konulmuş ve numunenin üzeri naylon ile örtülerek kürelemeye bırakılmıştır. Numuneler 24 saat bekletildikten sonra cila hattına verilmiştir.

- Gözenekli yapıda olan ve polyester reçine ile dolgu yapılmasına karar verilen numuneler dolgu işleminden önce kalibrasyon ve ön silim işleminden geçirilmiştir. Bu uygulamanın sebebi dolgu işlemi sonrası yapılan kalibrasyon ve ön silimin numuneye uygulanan dolguya zarar vermesini engellemek ve taşın yüzeyindeki gözeneklerin açıkça görülebilmesini sağlamaktır. Dolgu malzemesi uygulanmadan önce taşın iyice kurutulmasına dikkat edilmiştir. Polyester reçineyi oluşturan iki bileşen talimatlar ölçüsünde karıştırılarak (ana malzemeye % 2 oranında sertleştirici) kurutulan numuneye uygulanmıştır. Polyester reçinelerin fırınlanabilir olma özelliğinden yararlanılarak epoksi reçine uygulamasında olduğu gibi uzun süre beklemeye gerek duyulmamış numuneler polimerizasyon fırınından geçirilmiştir. Pişirilme işlemine tabi tutularak tamamen kurumayı sağlayan plakalar cila hattına beslenmiştir.

- Her üç mermer grubuna ultraviyole dolgu uygulaması yapılmıştır. Ultraviyole dolgu uygulanmış plakalar hiç bekletilmeden zaman kaybı oluşmadan cila hattına verilmiştir.

Epoksi, polyester ve ultraviyole dolgu işleminden geçen numuneler daha sonra sırasıyla kalibrasyon, honlama ve cila işlemlerinden geçirilmiştir. Cilalama işlemi sonrası plakaların arasına strafor yerleştirilmiş ve kırılma olmaması için uygun şekilde ambalajlanmıştır. Daha sonra bu numuneler üzerinde bir takım mekanik ve fiziksel deneylerin yapılması için, Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği AR-GE laboratuvarına götürülmüştür. Üç ayrı mermer grubunun her birine uygulanan üç ayrı dolgu yönteminin verimini belirlemek

ve karşılaştırmak amacı ile numunelerin, kuru birim hacim ağırlığı, basınç dayanımı, ultrasonik hız ve su emme kapasiteleri ölçülmüştür.

3.2.3. Dolgu Verimini Ölçmede Kullanılan Deneyler

3.2.3.1. Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Deneyleri

Kayaç türlerine göre değişiklik gösteren birim hacim ağırlığı, kayacın 1 cm^3 ünün gr cinsinden ifadesidir. Kayacın birim ağırlığı kayaç içerisindeki boşluk, çatlak ve su miktarına göre değişmekte, mineralojik bileşime, diğer fiziksel ve mekanik özelliklerine göre de farklılık göstermektedir. Birimi gr/cm^3 veya ton/m^3 tür.

Bu deney için; hazırlanan numuneler yıkayıp etüve yerleştirilir. $105 \text{ }^\circ\text{C}$ de kurutulur ve ayrı ayrı 0.01 gr hassasiyetindeki terazide tartılır. Tartılan numunelerin $\frac{1}{4}$ ü su içinde kalacak şekilde su ilavesi yapılır. İki saat ara ile numunelerin $\frac{1}{4}$ ünü kaplayacak şekilde su ilavesi yapılır. Bu numuneler tamamen üzerlerini örtecek şekilde su ile kaplandıktan sonra iki gün su içinde bekletilir. Doygun hale gelen numuneler su içerisindeki Archimeth terazisi ile tartılarak, 0.01 gr hassasiyet ile ölçüm değerleri yapılır. Bu tartım işleminden sonra deney numunesi üzerindeki su damlacıkları silinerek beklemeden havada 0.01 gr hassasiyetle tartılır. Bulunan sonuçlar aşağıdaki eşitlikte yerine konularak her bir numune için ayrı ayrı birim hacim ağırlık değerleri hesaplanır (Şentürk ve ark., 1996).

$$d_h = \frac{G_k}{G_{dh} - G_{ds}} \quad (3.1)$$

Burada;

d_h = Mermerin birim hacim ağırlığı, gr/cm^3

G_k = Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş deney numunesi ağırlığı, gr

G_{dh} = Doygun haldeki deney numunesinin havadaki ağırlığı, gr

G_{ds} = Doygun haldeki deney numunesinin su içindeki ağırlığı, gr

Mermerin ağırlıkça su emme oranı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$S_k = \frac{G_{dh} - G_k}{G_k} 100 \quad (3.2)$$

Burada;

$$S_k = \text{Mermerin ağırlıkça su emme oranı, \%}$$

3.2.3.2. Sismik Hız Ölçümü

Mermerin dinamik elastisite katsayıları, plaka üzerinde hazırlanan deney numuneleri üzerinde ultrases ölçüm değerlerinin analizi belirlenmektedir.

Alt ve üst yüzeyleri hassas şekilde düzeltilmiş olan örnekler bu yüzeylerine gres yağı sürülerek sismik analizatörü iki transdürü (alıcı-verici) arasına yerleştirilerek impulsın geçme süresine bağımlı olarak sismik hız ölçüm aletinin kalibrasyonu yapılır. Sonrasında deney numuneleri her iki transdür uçları arasına yerleştirilerek P ve S dalgalarının örneği bir uçtan diğer uca geçmesi için gerekli net süreler belirlenerek kaydedilir. Aşağıdaki ilişki yardımıyla da dalga hızları hesaplanır.

$$V = \frac{L}{t} \quad (3.3)$$

Burada;

$$V = \text{P ve S dalga hızı, m/sn}$$

$$L = \text{Örnek kalınlığı, m}$$

$$t = \text{Dalga'nın örneği geçme zamanı, sn}$$

3.2.3.3. Basınç Dayanımı

Mermerin basınç dayanım değeri, eğilme dayanım değerinin 10 katı olarak değerlendirilebilir (Şentürk ve ark., 1996).

Eğilme dayanımı; plaka mermerlerin belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Mermerlerin kullanımı genellikle belirli boyut ve kalınlıklarda plakalar şeklinde olduğundan eğilme direnci son derece önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü; plaka kalınlığı, plaka boyut ve destek noktaları arasındaki mesafe mermerin eğilme dayanımına göre tespit edilebilmektedir.

Deney numuneleri şekilde görülen deney düzeneğinde ki gibi plaka şeklinde numuneler arası açıklık 180 mm olacak şekilde deney presi tabakaları arasına,

yüklemeye ortadan uygulanabilecek biçimde yerleştirilir. Deney numunesi üzerine yaklaşık 5 kg'lık bir yük verilerek mesnetlerin tam yerleşmesi ve kondisyonlanması sağlanır. Sonrasında yük artışı dakikada 450 kg'i geçmeyecek şekilde artırılarak, kırılma anındaki yük değeri kaydedilir ve yüklemeye yüzeyi ile plaka kalınlığı çizgisinin oluştuğu noktada ölçülür. Bulunan sonuçlar aşağıdaki eşitlikte yerine konarak eğilme dayanım değeri hesaplanır:

$$\sigma_{eğ} = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad (3.4)$$

Burada;

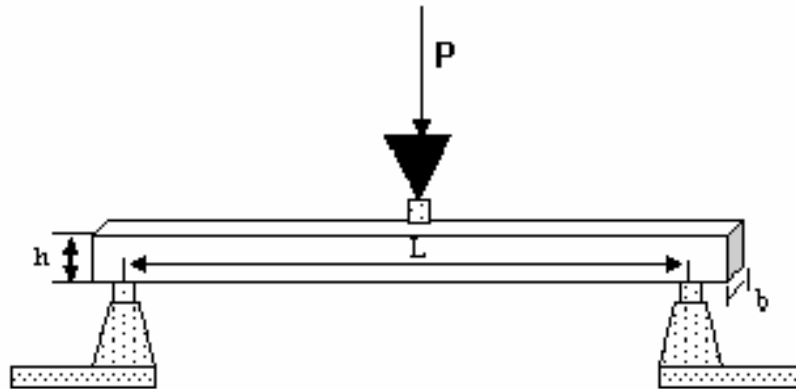
$\sigma_{eğ}$: Mermerin eğilme dayanımı, kg/cm²

P : Kırılmaya neden olan en büyük yük, kg

L : Deney numunesinin mesnetler arasındaki mesafesi, cm

B : Deney numunesinin genişliği, cm

h : Deney numunesinin kalınlığı, cm



Şekil 3.8. Eğilme Dayanımı Deney Düzenegi

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Deneysel Dolgu Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular

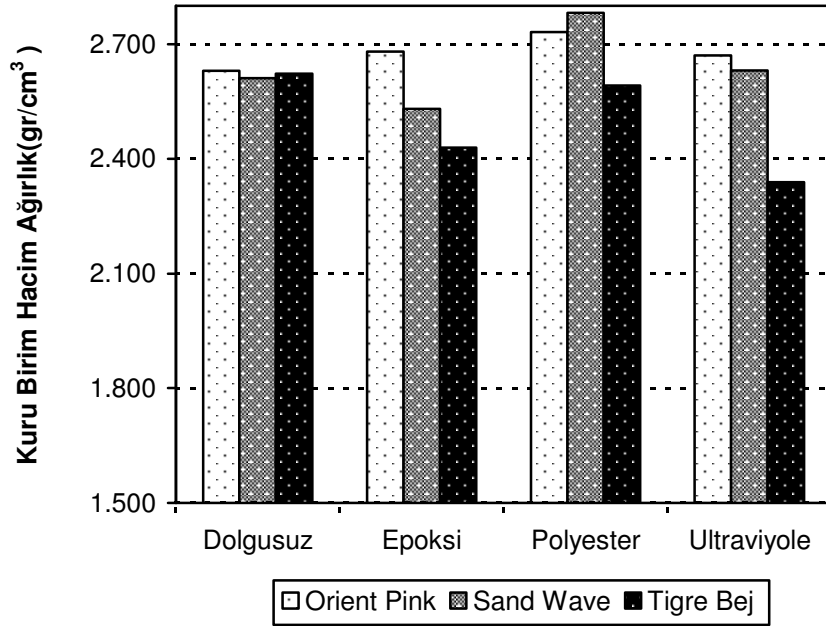
Dolgu yöntemlerinin mermer plakalarının fiziksel ve mekanik (kaya mekaniği) özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek için ham (dolgusuz) ve dolgulu plakalar üzerinde kuru birim hacim ağırlık, su emme oranı, basınç dayanımı ve sismik hız deneyleri yapılmıştır.

4.1.1. Dolgu Türlerine Göre Plakaların Kuru Birim Hacim Ağırlık Değerlerinin Değişimi

Fabrika ortamında seçilen mermer türlerinden elde edilen plakalara uygulanan epoksi, polyester ve ultraviyole dolgu yöntemlerinin mermer plakalarının kuru birim hacim ağırlığına etkisi (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1) aşağıda özetlenmiştir.

Çizelge 4.1. Dolgu Türlerine Göre Mermer Plakalarının Kuru Birim Hacim Ağırlık Değerleri

	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ²)		
	Orient Pink	Sand Wave	Tigre Bej
Dolgusuz	2,630 ± 0,05	2,611 ± 0,32	2,623 ± 0,37
Epoksi	2,680 ± 0,18	2,531 ± 0,33	2,429 ± 0,35
Polyester	2,731 ± 0,16	2,782 ± 0,42	2,592 ± 0,41
Ultraviyole	2,670 ± 0,27	2,631 ± 0,34	2,339 ± 0,28



Şekil 4.1. Dolgu Yöntemlerinin Mermer Plakalarının Kuru Birim Hacim Ağırlığına Etkisi

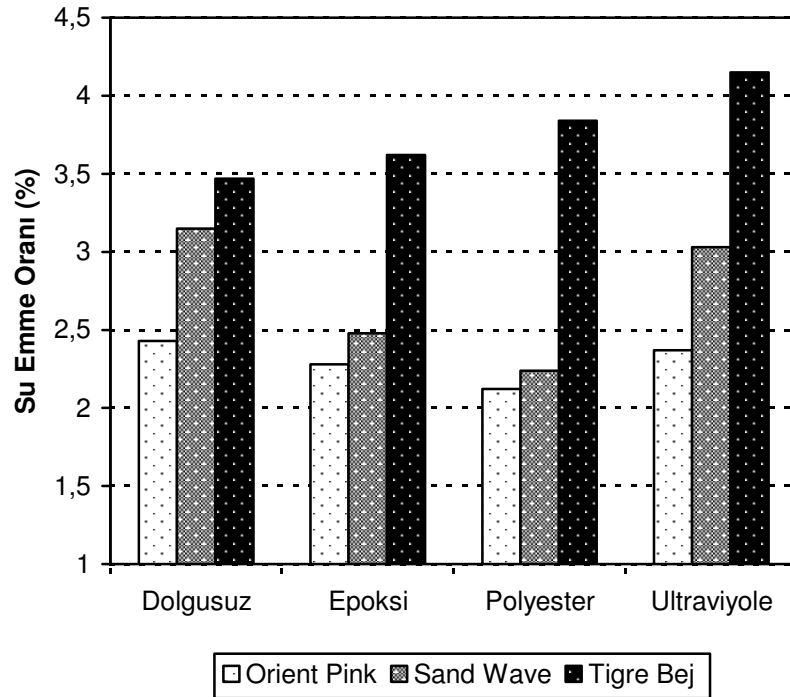
- Orient Pink grubu; mermer plakalarının kuru birim ağırlıklarının ham plakaya oranla epoksi reçine dolgusu sonrası % 1.90, polyester reçine dolgusu sonrası %3.84, ultraviyole reçine dolgusu sonrası ise % 1.52 oranında arttırdığı gözlenmiştir.
- Sand Wave grubu; mermer plakalarının kuru birim hacim ağırlığı epoksi reçine dolgusu sonrası % 3.06 oranında azalarak 2611 kg/m³ ten 2531 kg/m³e düşmüştür. Aynı mermer grubundaki plakalara polyester reçine uygulaması sonrasında kuru birim hacim ağırlığı ham plakaya oranla % 6.51, ultraviyole reçine uygulaması sonrasında ise % 0.77 artış göstermiştir.
- Tigre Bej grubu; mermer plakaların kuru birim hacim ağırlık oranlarındaki değişiklik epoksi reçine uygulaması sonrasında % 7.40'lık, polyester reçine uygulaması sonrasında %1.18'lik, ultraviyole reçine uygulaması sonrasında ise % 10.82 'lik azalma şeklinde gerçekleşmiştir..

4.1.2. Dolgu Türlerine Göre Plakaların Su Emme Oranlarının Değişimi

Farklı kayaç numuneleri üzerinde uygulanan dolgu yöntemlerinin kuru birim ağırlık değerleri üzerinde gösterdiği etkilerin daha sağlıklı açıklanabilmesi için araştırmaya kayaçlarının su emme değerlerinin analizi yapılmış ve bu değerlerin değişimi (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2) aşağıda özetlenmiştir;

Çizelge 4.2. Dolgu Türlerine Göre Mermer Plakalarının Su Emme Karakteristiği Değerleri

	Su Emme Oranı (%)		
	Orient Pink	Sand Wave	Tigre Bej
DolguSuz	2,43 ± 0,23	3,15 ± 0,23	3,47 ± 0,24
Epoksi	2,28 ± 0,16	2,48 ± 0,23	3,62 ± 0,52
Polyester	2,12 ± 0,15	2,24 ± 0,12	3,84 ± 0,25
Ultraviyole	2,37 ± 0,32	3,03 ± 0,29	4,15 ± 0,29



Şekil 4.2. Dolgu Yöntemlerinin Mermer Plakalarının Su Emme Karakteristiğine Etkisi

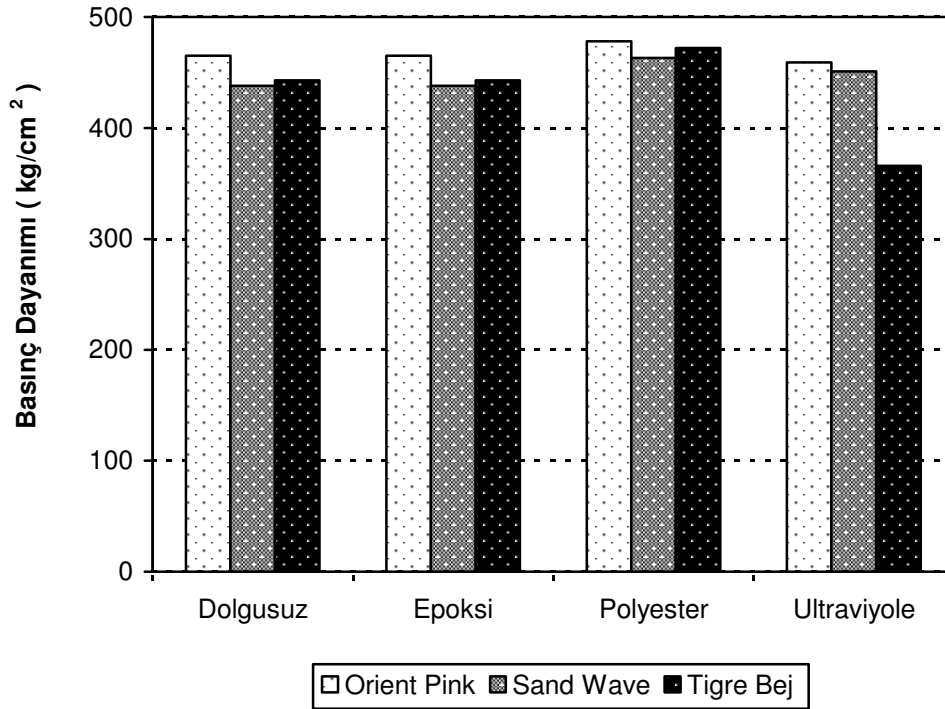
- Orient Pink grubu kayalarda; su emme kapasitesinin dolgu yapılmadan önceki yapısına göre epoksi reçine uygulaması sonrasında % 6.17, polyester dolgu sonrasında % 12.75 ve ultraviyole dolgu sonrasında % 2.47 oranında azaldığı görülmüştür.
- Sand Wave grubunda; su emme oranı dolgu yapılmamış olan numuneye göre epoksi reçine uygulaması sonucu % 21.27, polyester reçine uygulaması sonucu % 28.9, ultraviyole reçine uygulaması sonucu ise %3.81 oranında azalmıştır.
- Tigre Bej grubunda ise dolgu sonrası su emme oranında artış görülmüştür. Epoksi reçine uygulaması sonucu bu artış miktarı % 4.32 iken polyester dolgu sonrasında %3.84, ultraviyole reçine uygulaması sonrasında ise % 19.60 olarak gerçekleşmiştir.

4.1.3. Dolgu Türlerine Göre Plakaların Basınç Dayanım Değerlerinin Değişimi

Plakaların dolgu öncesi ve sonrasında kayaların su emme değerlerindeki değişimin yanında basınç dayanım değerlerini nasıl etkilediğini belirlemek üzere çalışmaya numunelerin basınç dayanım testleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3 'te topluca verilmiştir.

Çizelge 4.3. Dolgu Türlerine Göre Mermer Plakalarının Basınç Dayanımı Değerleri

	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)		
	Orient Pink	Sand Wave	Tigre Bej
Dolgunsuz	452 ± 8,79	447 ± 15,02	483 ± 16,05
Epoksi	465 ± 10,72	438 ± 9,23	443 ± 9,43
Polyester	478 ± 15,71	463 ± 11,51	472 ± 19,37
Ultraviyole	459 ± 8,41	451± 11.24	366 ± 14,86



Şekil 4.3. Dolgu Yöntemlerinin Mermer Plakalarının Basınç Dayanımına Etkisi

- Orient Pink grubu numunelere uygulanan epoksi reçine kayacın basınç dayanımı % 2.88, polyester reçine % 5.75, ultraviyole reçine ise % 1.55 oranında arttırmıştır.
- Sand Wave grubu numunelerde basınç dayanımı epoksi reçine uygulaması sonrası dolgusuz kayaca göre % 2.01 oranında düşmüştür. Polyester reçine uygulaması kayacın dayanımını % 3.58, ultraviyole reçine uygulaması ise % 3.03 arttırmıştır.
- Tigre Bej grubu numunelerde tüm dolgu yöntemlerinin kayacın basınç dayanımını düşürdüğü gözlenmiştir. Epoksi reçine uygulaması sonrası bu düşme oranı %8.28 iken polyester reçine uygulaması sonrası %2.28 olmuştur. Ultraviyole reçine uygulaması ise kayacın dayanımını % 24.22 azaltmıştır.

Basınç dayanımı deneylerinde ortaya çıkan bu sonuçlar genel olarak kayacın örneklerinin su emme deneyleri sonucunda bulunan değerler ile orantılı olarak

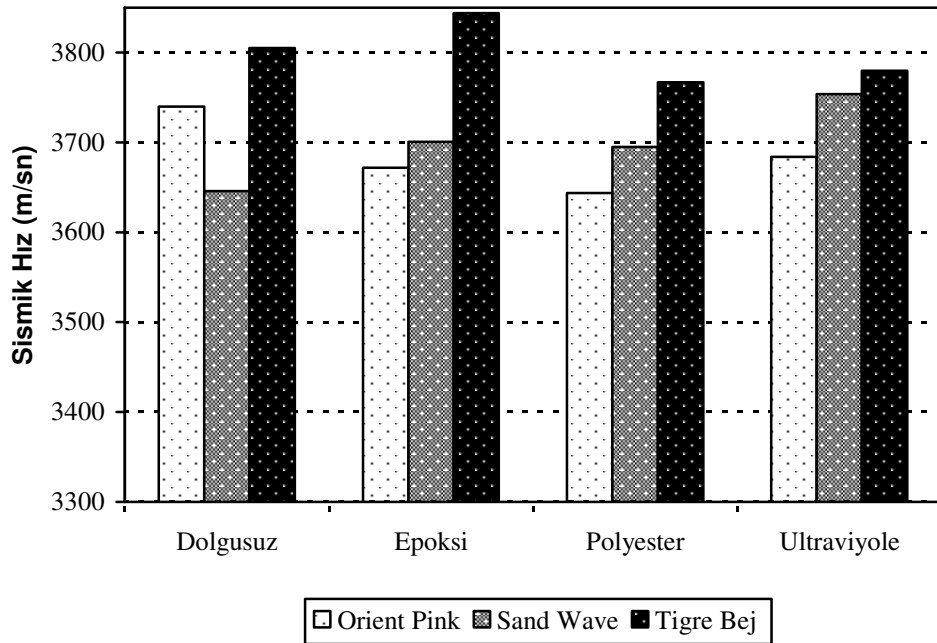
değişmiştir. Kuru birim hacim ağırlık değerlerinin artmasıyla basınç dayanımı artmış, azalması ile basınç dayanım değerleri azalmıştır.

4.1.4. Dolgu Türlerine Göre Plakaların Sismik Hız Ölçüm Değerlerinin Değişimi

Son olarak mermer numunelerinin sismik hız değerleri ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4.) aşağıda özetlenmiştir.

Çizelge 4.4. Dolgu Türlerine Göre Mermer Plakalarının Sismik Hız Ölçüm Değerleri

	Sismik Hız (m/sn)		
	Orient Pink	Sand Wave	Tigre Bej
Dolgunuz	3740 ± 18,02	3805 ± 13,45	3646 ± 15,13
Epoksi	3672 ± 31,04	3844 ± 29,54	3701 ± 15,71
Polyester	3644 ± 16,09	3767 ± 15,87	3695 ± 26,15
Ultraviyole	3684 ± 25,23	3780 ± 26,45	3754 ± 24,06



Şekil 4.4. Dolgu Yöntemlerinin Mermer Plakalarının Sismik Hız Geçirgenlik Karakteristiğine Etkisi

- Orient Pink grubu kayacın sismik hız geçirgenliği dolgusuz plakaya göre; epoksi reçine uygulaması sonrası % 1.81, polyester reçine uygulandığında % 2.57, ultraviyole reçine uygulandığında ise % 1.50 oranında düşmüştür.
- Sand Wave grubu numunelerde ise epoksi reçine tatbiki sonrası sismik hız değeri dolgusuz numuneye göre % 1,02 artmış, polyester ve ultraviyole reçine uygulaması sonrasında ise sırasıyla % 0.99 ve % 0.66 oranında azalmıştır.
- Tigre Bej grubu mermer numunelerinde sismik hız değeri dolgusuz plakaya göre; epoksi reçine uygulaması sonrası % 1.50, polyester reçine tatbiki sonucu %1.34, ultraviyole reçine uygulaması sonrasında ise % 2.96 artış gözlenmiştir.

4.2. Dolgu Yöntemlerinin Maliyet Analizi

Doğal taşlarda dolgu işlemi, daha önce belirtildiği gibi kırılma oranından satış fiyatının yükselmesine kadar birçok etkisinin olması yanında, bu yöntemlerin belirli bir maliyeti olmaktadır. Dolgu işleminin maliyetini etkileyen parametrelerin birincisi kullanılacak olan uygulama sistemi için yapılacak ilk yatırımdır. Dolgu maliyetine etki eden diğer parametreler ise; bakım-onarım, enerji, dolgu uygulamalarında kullanılan reçine ve işçilik olarak sıralanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan epoks, poliyester ve ultraviyole dolgu yöntemlerinin maliyetleri fabrika ortamında her bir mermer grubu için analiz edilmiş ve bu maliyetler aşağıda verilmiştir;

- **Epoksi Dolgu Yöntemi Maliyeti:**

Epoksi dolgu yöntemi akım şeması

Kurutma → Epoksi Dolgu → Kürleme

Uygulama sistemi olarak tercih edilen gazlı tünel fırınlı reçine hattının yatırım maliyeti = 0,02 \$/m²

Bakım onarım maliyeti = 0,03 \$/m²

$$\text{Enerji maliyeti} = 0,25 \text{ \$ / m}^2$$

$$\text{İşçilik maliyeti} = 0,50 \text{ \$ / m}^2$$

$$\text{Sarf malzemesi olan epoksi reçine maliyeti} = 1,25 \text{ \$ / m}^2$$

$$\text{Toplam maliyet} = 2,05 \text{ \$/m}^2$$

- **Polyester Dolgu Yöntemi Maliyeti:**

Kurutma → Polyester Dolgu → Pişirme → Kürleme

Bu yöntemde, epoksi dolgu uygulama yönteminde kullanılan hat kullanıldığı için yatırım, bakım – onarım, enerji ve işçilik maliyetlerinde (toplam 0,8 \$ / m²) önemli bir değişme olmamaktadır.

Sarf malzemesi olan polyester reçine maliyeti:

$$\text{Gözenek dolgusu için} = 1,75 \text{ \$ / m}^2$$

$$\text{Çatlak dolgusu için} = 0,50 \text{ \$ / m}^2$$

Toplam Maliyet:

$$\text{Gözenek dolgusu için} = 2,55 \text{ \$/m}^2$$

$$\text{Çatlak dolgusu için toplam maliyet} = 1,30 \text{ \$/m}^2$$

- **Ultraviyole Dolgu Yöntemi İçin Maliyet Hesabı:**

Kurutma → Ultraviyole Dolgu → Ultraviyole Kürleme

Uygulama sistemi olarak tercih edilen ultraviyole reçine hattının yatırım maliyeti = 0,036 \$/m²

$$\text{Bakım- onarım maliyeti} = 0,054 \text{ \$/m}^2$$

$$\text{Enerji maliyeti} = 0,30 \text{ \$/m}^2$$

$$\text{İşçilik maliyeti} = 0,50 \text{ \$/m}^2$$

Sarf malzemesi olan ultraviyole reçine maliyeti

Gözenek dolgusu için = 2,75 \$/m²

Çatlak dolgusu için = 1,50 \$/m²

Toplam maliyet:

Gözenek dolgusu için = 3,64 \$ / m²

Çatlak dolgusu için toplam maliyet = 2,39 \$/m²

Doğal taşlarda dolgu işlemi, taşın cila kalitesini artırma ve görünümünü iyileştirme etkisi yapmaktadır. Bununla birlikte taşın cila hattında işlenmesi sırasındaki kırılma (fire) oranını azaltmakta ve birim fiyatını arttırmaktadır. Özellikle bünyesinde kılcal çatlaklar bulunan doğal taşlarda cila hattında kırılma oranının dolgu yardımı ile azaltılmasının işletmeye sağladığı ekonomik kazanç önemli bir seviyededir. Sadece Orient Pink grubu 100 plaka (400m²) üzerinde kırılma oranının ham plakalarda %20' den dolgulu plakalarda % 4'e düşmesi ile sağlanan gelir Çizelge 4.5 'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Çatlak Dolgu Yöntemi Kazanç Çizelgesi

	Adet	Toplam Dolgu Maliyeti ¹	Kırılma Oranı	Sonuç	Gelir	İlave Kazanç
Dolgu yapılmamış	100 plaka (400m ²)	0 \$	% 20	320 m ²	8.000 \$	0 \$
Dolgu yapılmış	100 plaka (400m ²)	820 \$	% 4	384 m ²	9.600 \$	780 \$

¹ Reçine, enerji, işçilik ve amortisman dahil edilmiştir.

Gözenekli doğal taşlarda uygulanan dolgu işlemi, kırılma oranını azaltmaktan ziyade taşın görüntüsünü iyileştirmekte ve buna bağlı olarak da birim fiyatını arttırmaktadır. Fabrikada işlenen Tigre Bej grubu 100 adet (400m²) plakada yapılan çalışmada ortaya çıkan polyester dolgunun işletmeye sağladığı ekonomik katkı Çizelge 4.6' de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Gözenek Dolgu İşlemi Kazanç Tablosu

	Polyester Reçine
Dolgunsuz Fiyat	14 \$/m ²
Dolgulu Fiyat	20 \$/m ²
Toplam Dolgu Birim Maliyeti	2,55 \$/m ²
Dolgunsuz Satış Tutarı	5.600 \$
Dolgulu Satış Tutarı	8.000 \$
Toplam Dolgu Maliyeti	1.020 \$
400 m² için İlave Kazanç	1.380 \$

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Diyarbakır yöresinde üretilen ve uluslar arası pazarda Orient Pink, Sand Wave ve Tigre Bej olarak adlandırılan kireçtaşı kökenli mermerlerinin dolgu verimliliğinin araştırılması ile ilgili yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özet olarak sunulmuştur.

- Dimer Mermer İşleme Fabrikasında; Orient Pink, Tigre Bej ve Sand Wave mermerlerinin fiziksel yapısına (çatlak ve gözenek) bağlı olarak bu mermerlerden elde edilen plaka ve fayansların; cila kalitesini ve görünümünü iyileştirmek ve cila hattında oluşan kırılmaları azaltmak için epoxy, polyester ve ultraviyole dolgu reçineleri uygulanmaktadır.
- Çatlaklı yapıya sahip olan Orient Pink grubu plakalara ağırlıklı olarak epoxy dolgu, daha çok mikro gözenek ve kılcal çatlaklı yapıya sahip olan Tigre Bej ve Sand Wave grubu plakalara ise polyester dolgu yöntemi uygulanmaktadır. Bununla birlikte gerek çatlaklı ve gerekse mikro gözenekli yapıya sahip her üç mermer grubuna manipülasyon süresindeki avantaj nedeniyle ultraviyole dolgu uygulamaktadır.
- Homojen yapıya sahip Orient Pink, Tigre Bej ve Sand Wave mermer plakalarının, epoksi, polyester ve ultraviyole dolgu uygulaması sonrasında; kuru birim hacim ağırlığı, basınç dayanımı, su emme ve sismik hız özelliklerinin nasıl değiştiği laboratuvarında yapılan deneyler ile ortaya konmuştur.
- Genel olarak gözenekli bir yapıya sahip olan mermerin gözeneklerinin farklı bir malzeme ile doldurulması sonrası kuru birim hacim ağırlıklarının artması beklenen bir olgudur. Yapılan deneyler sonrasında Orient Pink grubu numunelerde bu görüşe paralel bir sonuç elde edilmiş, ancak Tigre Bej grubu numunelerin kuru birim hacim ağırlıklarında azalma, Sand Wave grubu bir numunede azalma diğer ikisinde ise artma görülmüştür. Bu farklılığın nedeninin uygulanan dolgu malzemelerinin kayaç yapısında bulunan gözenek ve çatlaklar arasındaki bağlantılı boşlukları artırıcı etkisinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

- Su emme oranı genellikle kuru birim hacim ağırlık değerleri ile orantılı olarak değişmiştir. Yalnızca Sand Wave grubu numuneye uygulanan epoksi dolgu su emme oranının düşmesine neden olmuştur. Bu durum deneysel çalışmada kullanılan numunelerin homojen yapıya sahip olmadığı şeklinde açıklanabilir.
- Basınç dayanım değerleri ise tüm numunelerde kuru birim hacim ağırlığına bağlı olarak değişmiştir.
- Dolgu sonrası sismik hız deney sonuçları, kuru birim hacim ağırlık, su emme ve basma dayanımı sonuçlarında bulunan değerler ile paralellik göstermemiştir.
- Ekonomik açıdan çatlaklara polyester uygulanması daha uygundur.
- Epoksi reçine çatlaklara derinlemesine nüfuz ettiği için kırılma oranını azaltmaktadır.
- Ultraviyole reçine pahalı olduğundan bu fiyat farkı satılan ürüne de yansımaktadır. Fakat üretim açısından düşünüldüğünde zaman kaybı olmaksızın üretime devam edilebildiği için ultraviyole reçine tercih edilebilir.
- Doğal taşlarda uygulanan dolgu yöntemlerinin verimini belirlemek için yapılacak olan fiziksel ve mekanik deneylerin çok iyi seçilmesi gerekir. Plaka davranışında etkili olan parametreler (kohezyon, dolgu reçine dayanımı ve yoğunluğu gibi) göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca bu deneylere ek olarak plakalara örneğin eğilme dayanımı deneyi uygulanabilir.
- Doğal taşlara uygulanacak dolgu yöntemini belirlemede; taşın fiziksel özellikleri (çatlak, gözenek), kimyasal içeriği, dolgu uygulama biçimi ve dolgu malzemesinin kimyasal içeriği göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- ACAR, H., 2003, Doğal Taşlarda Çatlak Tamir ve Gözenek Dolgu Sistemleri, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersem 2003) Bildiriler Kitabı, s. 415-434
- AYHAN, M., 2000, Diyarbakır Mermercilik Sektörü, T.C. Başbakanlık Güneydoğu Anadolu Projesi
- AYHAN, M., 2003, Diyarbakır'da Mermer Sektörü , Gap- Gidem Projesi
- ÇETİN, F., 2001, Gözenek ve Çatlak Tamir Uygulama Örnekleri ve Bu Uygulamaların İşletmelere Getirdiği İlave Kazançlar, Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı , Mersem 2001, 3-5 Mayıs, Afyon, s. 445 - 449
- DEMİRDAĞ S., GÜNDÜZ, L, 2004, Kayamek'2004 –VII.Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, 21-22 Ekim, Sivas,s. 85-91
- DİMER, Ürün Kataloğu, 2004
- EMANUEL, F.,2003, The Marble and Granit Resin Process: How and Why, [Http://Www..Stoneworld.Com/Cda/ArticleInformation](http://Www..Stoneworld.Com/Cda/ArticleInformation), (20/01/2005)
- POMAKIS, I., MEÇİK, A.,2001, Modern Kimyasal Uygulama İşlemleri ile Doğal Taşların Kalitesinin Arttırılması, Türkiye Taş Dünyası, Taş ve Taş Teknolojileri Dergisi, Sayı: 22, Temmuz-Ağustos,İzmir,s. 92-98
- KOTASEK, V., 2004, Application of Epoxy Resins in Consolidation of Ornamental Stone, [http:// www.stoneworld.com/CDA/ArticleInformation](http://www.stoneworld.com/CDA/ArticleInformation) , (19/01/2005)
- SELWITZ, C., 1992, Epoxy Resins in Stone Conservation
- ŞENTÜRK, A., SARIŞIK, A., 2003, Doğal Taş Tamirinde Epoksi, Polyester, Mastik ve Çimento Dolguların Uygulanma Kriterleri, s. 553-565
- ŞENTÜRK, A., TOSUN, Y.İ., GÜNDÜZ, L., SARIŞIK, A., 1996, Mermer Teknolojisi, Isparta

TUMMER., 2004, Marble 2004, İzmir

TONÇER, M., 2005, Diyarbakır Hani Yöresindeki Mermer Ocaklarının Blok Alma Olanakları, Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özellikleri Açısından Değerlendirilmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Adana

www.dhs.ca.gov/ohb/HESIS/epoxy.htm, (12/02/2005)

www.inkatrade.com/epoksi.htm, (12/12/2004)

www.specialchem4polymers.com/tc/Epoxy-CuringAgents/index.aspx?id=4102,

(09/12/2004)

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında İskenderun'da doğdu. İlk öğrenimini Diyarbakır'da bulunan Özel Karacadağ İlk Okulu'nda, orta ve lise öğrenimini ise Özel Amid Lisesi'nde tamamladı. 1998 yılında Dicle Üniversitesi Mühendislik–Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği bölümüne girdi. 2002 yılında aynı bölümden Maden Mühendisi olarak mezun oldu.