

DOĞAL TAŞLARDA ÇATLAK TAMİR VE GÖZENEK DOLGU SİSTEMLERİ

Haşim ACAR*

* INKA Mühendislik A.Ş., Des San. Sitesi Dudullu İSTANBUL -
inka@inkatrade.com

ÖZET

Kullanım alanları ve ticaret hacmi sürekli artan doğal taşlar ocaklarda büyük kütleler halinde milyonlarca yılda oluşmaktadır. Kayaç oluşum sürecindeki doğal hareketler taş kütlelerinin yapısında çatlaklar ve gözenekler meydana getirmiştir. Taşların yapısındaki çatlaklar üretim sürecindeki fire oranını ve dolayısıyla maliyetleri artırmaktadır. Gözenekler ise taşın ticari değerini ve satış miktarını düşürmektedir. Gelişen teknoloji ve artan rekabetin sonucu olarak taşlardaki çatlaklar nedeniyle artan fire oranını minimuma indirecek sağlamlaştırıcı reçineler; gözenek nedeniyle azalan ticari değeri artıracak dolgu malzemeleri; yüzey sorunlarını çözen ve koruyan kimyasallar geliştirilmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak tamir ve dolgu malzemelerinin en iyi ve kolay şekilde uygulanmasını sağlayacak fırınlı çatlak tamir ve gözenek dolgu hatları tasarlanmıştır. Bu makalede taşlardaki problemlerin tanımı yapılacak; tamir ve dolgu malzemeleri tanıtılacak; uygulama sistemleri anlatılacak; uygulamada dikkat edilecek hususlar belirtilecek ve tamir-dolgu uygulamalarının *ekonomik boyum* incelenecektir.

Anahtar kelimeler: Mermer, çatlak, gözenek, kurutma, epoksi, polyester, UV reçine, mastik, dolgu, firm.

CRACK REPAIRING AND HOLE FILLING SYSTEMS FOR NATURAL STONES

ABSTRACT

Natural stones, that its using areas and trade volume is continuously increasing, comes into existence as massive deposits or formations in many million years. Natural activities in this so long process make many cracks and holes. In this massive formation of stones. Cracks in the stones increases the wastage ratio and consequent!}' costs, and holes decreases commercial value and sales volume of stones. As a result of developing technology and increasing competition, reinforcement resins that can decrease wastage ratio caused by cracks to minimum level; hole filling materials that can increase commercial value of stone and chemicals that can solve surface problems and provide protection have been invented. Crack repairing and hole filling lines with oven have been designed as parallel to these developments to apply repairing and filling materials in the best form easily. In this article; problems on stones are going to be described; repairing and filling materials are going to be introduced; application

systems are going to be explained; subjects that should be paid attention in application are going to be stated and economical aspects of repairing-filhng applications are going to be discussed.

Key Words: Stone, marble, defect, crack, fracture, epoxy, polyester, UV, resin line, oven.

1. Giriş

Çatlak ve gözenek dolgu malzemeleri ve uygulama sistemleri geliştirilmeden önce, damarlı ve/veya gözenekli taşların önemli bir kısmı, üretimin son aşamasında kırılıp-dağılma ve ortaya çıkan gözenekler nedeniyle ıskartaya ayrılmaktaydı. İskartalar için 1. kalitede taşlar ile aynı masraf yapılmakta ve sonunda çöpe atılmaktadır. Bazı çok güzel desenli taşlar da çatlak ve gözenekleri fazlaca olduğu için işlenmeye cesaret edilememektedir. Mikro gözenekli granit ve benzeri taşlarda hangi abrasiv denenirse denensin, istenilen cila kalitesine bir türlü erişilememektedir. Kırılma riski nedeniyle mimar ve inşaat mühendislerinin bina yükünü azaltmak üzere talep ettiği incelikte plaka ve fayans üretilmemektedir. Uygun şekilde doldurulmamış taşlar dış cepheye döşendiklerinde çatlak ve gözeneklerin arasına dolan kir ve bakteriler nedeniyle kısa zamanda renklerini kaybetmektedirler. Taşın problemine ve kullanım amacına uygun bir malzeme ve yöntemle yapılacak dolgu, tamir veya güçlendirme işlemi, ya da bu işlemlerin kombinasyonları geçmişte yaşanan tüm bu sıkıntıları ortadan kaldırmakta ve doğal taşta olan talebi hızla arttırmaktadır.

2. Taşlardaki Problemlerin Tanımı

2.1 Çatlaklar ve gözenekler

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 gibi 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 olmamasına rağmen, kırılma eğilimi gösterirler. Diğer bazı tip çatlaklar ise kil içerir. Arasına kil ve benzeri malzeme dolmuş çatlaklar tamiri en güç çatlaklardır.

Özellikle traverten ve bazı bej mermerlerde çeşitli büyüklüklerde doğal gözenekler, hatta delikler bulunmaktadır. Kırılma problemi yaratmayan

ancak, yüzeyde açıklıklara yol açan "kanal" tipi çatlaklar da aslında bir çeşit gözenek olarak kabul edilebilir. Mikro gözenekler belirgin şekilde fark edilmese de taşın istenilen düzeyde cilalanmasını engellerler. Bazı granit türlerinin iyi cila tutması için, uygun reçine uygulanmasından sonra cila tutmamasının sebebi budur. Gözenek çapının taş kalınlığından büyük olduğu çoğu durumda problem "delik" olarak karşımıza çıkar. Bu durumda öncelikle taşın bünyesindeki delik tıkanır, daha sonra dolgu işlemi yapılır[1]

2.2 Üretim problemleri, ticari problemler ve döşeme problemleri

Bazı taşlarda % 40 -50'lere varan çok büyük bir kırılma oranı vardır. Hatta ülkemizde Bursa Bej gibi bazı taşlarda kırılma oranı %70'ere çıkabilmektedir. Bu taşlar, taşıma esnasında kırılabilir gibi büyük çoğunluğu kesme sürecinde de kırılabilirler. Kesme işlemine dayanan, ancak kalibrasyon sırasında kırılan taşların kalibrasyon öncesinde güçlendirmek gerekir. Kalibrasyon öncesinde güçlendirme işlemi yapılmamış kırılan taşlar, cila makinesinde kırılmaya başlar. Kırılan taşları aradan çıkarmak, hatta dağılan taşların kırıdığı abrasivleri değiştirmek için cila makinesi sık sık durdurulur, etrafa dağılan kırık taş partikülleri diğer taşların da cila kalitesini bozmaktadır. Yüzeydeki gözle görülen küçük gözenekler taşın iyi cila tutmasını engeller. Taş defalarca silinse de iyi parlattılamaz. Bu nedenle zaman ve para kaybı oluşmaktadır. Bu gözenekler kalibrasyon ve ön silim işleminden sonra doldurularak cila yapılırsa istenilen parlaklığa bir defada erişilebilir.

Güçlendirilmeyen taşları, daha kalın kesmek gerektiğinden blok verimi düşmektedir. Proses esnasında çatlak ve gözenek problemleri nedeni ile iskartaya ayrılan taşların maliyeti, geriye kalan sağlam taşların üzerine bindiği için, metrekaşe başına ortalama üretim maliyeti artmaktadır. İşletmenin satılabilir ürün miktarı düştüğü için, metrekaşe üretim başına genel gider oranı artmaktadır. Çatlak tamiri ve gözenek dolgusu yapılmamış taşlar, yüksek fire ve uygulama riskleri nedeniyle çok daha düşük fiyata alıcı bulabilmektedir. Küçük gözenekleri doldurulmadan cilalandığı için iyi parlamayan bir granit plaka, çok daha parlak ve canlı görülen başka bir granit plakasına göre yan fiyata 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.

Güçlendirme işlemi yapılmamış taş, yeterince dayanıklı olması için daha kaim ve ağır olmalıdır. Bu, uygulama zorluğu yaratmakta ve bina yükünü

sertleşme) zamanlan değişmesine rağmen, masalar, tünel fırınlar, elevator fırınlar gibi her türlü uygulama sistemiyle özelliklerini kaybetmeden kullanılabilirler. Taşın arka tarafından fil el i veya filesi z olarak; ön tarafından 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. Alışıldık 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. Kürlenme süresi daha kısa olduğu içi enerji sarfiyatı düşmekte ve cila kalitesini epoksiye göre daha yüksek oranda arttırmaktadır. Epoksi reçinelere göre polyester reçineler çok daha ekonomiktir [1,2,3].

3.3. U.V reçineler

Işık enerjisi altında reaksiyona uğrayarak mekanik ve kimyasal yapısı değişen, polyester esaslı poli inerlerdir. Her bir UV reçinenin reaksiyona girdiği UV ışığın dalga boyu ve gücü farklılıklar gösterebilir. Taş dolgu ve tamirinde, UV reçine kullanma ihtiyacı manipülasyon (dokunulduğunda ete 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, özellikte 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 hafif bir renklendirme yapılabilir. Manipülasyon zamanı sıfırlandığından, uygulamadan hemen sonra malzeme stoklanabilir ve böylece üretim süreci hız kazanır [4,5,7,8].

3.4. Mastikler

Genellikle polyester reçineler, bazı aminler, kalsiyum ve benzeri tozlar, homojen leş tirici ve hızlandırıcı katkı maddeleri ile kanştınması 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, ıspanya ve İtalya gibi ileri 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 Üe giderilmiş olur[1].

3.5 Çimento dolgu

Ülkemizde travertenin gözeneklerini doldurmak için yoğun olarak kullanılan bir dolgu malzemesidir. Birçok firmada, tecrübeye bağlı olarak farklı şekillerde karışım hazırlanarak dolgu yapılır. Karışımında 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, (Örneğin 1 kg kadar Lavecol AB 800) bulunmaktadır. Çimento dolgulu taşın, cilaya verilebilmesi için harcın özelliklerine ve hava koşullarına göre 3-8 gün kürlenme süresi gerekmektedir. Kürlenme odaları ve bazı hızlandırıcılarla bu süreyi 32 saate kadar indirmek mümkündür.

3.6 Uygun malzemenin seçimi

Tamir veya dolgu İşlemi seçilirken karan etkileyen birçok değişken vardır. Yeni bir işlemi seçerken, firmanın kimyasal tedarikçisi ile yakın ilişkiler ilerisinde 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 kılma oranı çok yüksek değilse ve aynı zamanda doldurulacak gözenekler de varsa, polyester reçine önerilebilir. Manipülasyon süresini sıfırlamak önemli ise, bu kez UV reçineleri kullanmak gerekecektir. Kimyasallar ile çalışma tecrübesi, girilmek istenen pazar, üretim maliyetleri gibi bir çok faktör karan etkilemektedir. Genellikle bir malzeme için mükemmel bir ürün yoktur ve en iyi çözümü sunabilmek için her durum, tamir ve dolgu malzemeleri üreticisi tarafından çalışılmalıdır. 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 [1,3].

4. Uygulama Sistemleri

Tamir-dolgu uygulaması için masa ve sehpalardan, çift elevator 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 mukavim bir şekilde çatlağın iki çeperine yapışması için kılcal çatlakların veya killi çatlakların da tamamen kuru olması çok önemlidir.

4.1. Masalar, kurutma - kürlenme odaları ve batch fırınlar (taşların içinde belli bir süre bekletildiği konveyörsüz sabit fırın)

Doğal taşlara, kimyasal uygulamanın ilk adımı genellikle uygulama sehpaları veya masalarında atılır. Fabrikada, masalar grubu bulunur ve işçiler taşı, masanın üzerine yerleştirerek kimyasal uygularlar. Taşlar açık ve kuru havada güneş-rüzgar altında kurutulabileceği gibi, gazlı veya elektrik ısı cihazları ile de kurutulabilir. Kurutulmuş taşa reçine uygulanır, çatlaklara işleyene kadar iyice yedirilir ve doğal koşullarda kürlenmeye bırakılır. 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, asgari % 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. Masalı uygulamanın bir sonraki aşaması raylı veya tekerli masalar üzerinde taşları, "Batch Finn" ile kurutulup, uygulamadan sonra doğal koşullarda kürlenmeye bırakılmasıdır. Kış şartlarında üst üste dizilen plakalar kürlenme için diğer batch fırında bekletilebilir.

4.2. Tünel fırınlı mastik hatları

Batch fırınlı sistemlerden sonraki aşama tünel fırınlı hatlardır. Bu tür hatlarla örneğin gözenek dolgu işlemi "Kalibrasyon - Ön Silim - Kurutma - Mastik Dolgu - Polimerizasyon - Cilalama" şeklinde tek bir hat üzerinde kesintisiz olarak gerçekleştirilebilir. Ancak bunun için monoblok cila hatları yerine kalibrasyon ve ön silim kısmıyla, cilalama kısmı ayrı parçalı 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 bozması 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 ısıtılmasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde sakızlaşma sonucu abrasive sıvanma riski ortaya çıkar. Dolgunun kürlenmesinden sonra aynı hat üzerinde cilalama işlemine devam edilir.

4.3 Tünel fırınlı 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 poli meri ze 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 taşların derinlemesine kurutmak kolay değildir ve oldukça uzun süre gerektirir. Kurutma işlemini alt ve üst yüzeyden aynı anda yapmak bu süreyi %60 azaltmakta ve böylece fırın uzunluğu makul düzeyde kalabilmektedir. 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. İstiflenen taşlar ister doğal ortamda, ister kürlenme odasında veya fırınında polimerizasyon için bekletilir, kürlenme koşullarına göre 24-48 saat sonra cilaya verilir. Polimerizasyon süresini kısaltmak için uygulama sonrasında taşlar, elevator fırınlarda yada batch fırınlarda bekletilebilir. Ancak nispeten hızlı jelleşen

TÜRKİYE IV. MERMER SEMPOZYUMU (MERSEM 2003) BİLDİRİLER KİTABI 18-19 Aralık 2003

bir reçine kullanılıyorsa çok dikkatli olmak gerekir. Çünkü, uygulamadan sonra penetrasyon (nüfuziyet) için yeterli zaman verilmez ise henüz reçine 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, kürlenme sırasında da reçine, 50°C den fazla ısıtılmamalıdır. Sıcaklık sınırı bu şekilde belirlendiğine göre kurutma ve kürlenme için, diğer parametreler uygun şekilde düzenlenmelidir. Örneğin, yer darlığı nedeniyle fırın boyu uzatılmıyorsa sıcaklığı limitlerin üzerine çıkarmak yerine, kurutma havası miktarını ve egzost oranını arttırmak gereklidir.

4.4 Elevator fırınlı reçine hatları

Yüksek kapasitelere çıkıldıkça tünel kurutma fırınlarının boyu çok uzamaya baslar ve aynı zamanda fabrika içinde polimerizasyon için bekletilen taşlar önemli bir yer işgal eder. Özellikle değerli ama çok kırılabilir plakaların tamirinde, kapasiteye bakılmaksızın prosesinin minimum transferle, maksimum süreklilikte olması istenir. Bu durumlarda özellikle polimerizasyon (manipülasyon için) işlemini kesintisiz yapmak gerekir. En iyi şartlarda 40 dak. - 2,5 saat arasında değişen polimerizasyon süreleri dikkate alındığında polimerizasyon işleminin tünel fırında yapılabilmesi için fabrikaya sığdınamayacak uzunlukta fırın boyları çıkar. Bu durumda taşları, bir tünelde arda arda ilerletmek yerine, bir elevatörde aralıklı olarak üst üste dizip önce yukarı, sonra da aşağı doğru dolandırmak gereksinimi "Elevator Finn" sistemini ortaya çıkarmaktadır. Kapasite yükseldikçe benzer şekilde kurutma fırınına da elevator fırına dönüştürmek gerekecektir. Kurutma ve çift taraflı reçine uygulaması için 3 adet elevator fırın içeren gelişmiş hatlar da mevcuttur. Büyük kapasiteli elevator fırınlı hatlar ile, 2000 - 3000 m²/vardiya kapasitelere ulaşılmaktadır. Elevator 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, istisnai ve zaruri durumlarda 8 saat fırınlı kürlenme yapılarak taşlar cilaya verilebilir.

4.5 UV hatlar

Kurutma fırını, reçine uygulama ünitesi, (stripler için perdeli uygulama, plakalar için manuel uygulama tercih edilir) penetrasyon ünitesi, düşük radyasyonlu UV kürleme ünitesi ve yüksek radyasyonlu UV kürleme üniteleri bu hatların ana unsurlarıdır. Taş sektöründe 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 Kürlemeli Sistem" olarak adlandırılan bir kürleme tekniğinin kullanılması zorunlu olmaktadır. UV reçine uygulama öncesi müsaade edilen taş yüzey sıcaklığı azami 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, finn boyu gibi diğer parametreler üzerinde durmakta fayda vardır [1].

4.6 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.

4.7 Karma ve/veya bileşik sistemler

Bir çok doğal taşta, çatlak ve gözenekler 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 bu mastik hattı yerleştirilebilir. Örneğin gündüz vardiyasında maşık ile

gözenek dolgusu, gece vardiyasında da reçine ile çatlak tamiri yapılabilir. "Dual Sistem" olarak adlandırılan bu hatlarda unite boydan 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 yapılabilir. 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 kullanılabilen 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 açılan gözeneklere mastik dolgu rötuşu yapan, cila sonrasında da taşları tekrar kurutup, yüzey koruma kimyasal uygulayan bileşik sistemler de kesintisiz bir proses için hızla kullanım alan bulmaktadırlar.

4.8 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 elevator 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 wax (mum dolgu) makinesi veya benzeri kimyasal uygulama makinası koymakta fayda vardır. Reçine veya maşık uygulamasında manipülasyon süresinin "sıfır" olması gerekiyorsa, tek çözüm UV hattıdır. Yüksek kapasitelerde strip (aşırı kırılma olmamak kaydı ile) çatlak tamirinde UV hatlar, plaka tamirinde ise elevator fırınlı hatlar avantajlıdır. Travertene şeffaf dolgu yapmak için striplerde UV hatlar açık ara avantajlı iken, plakalar için klasik polyester reçine kullanmak daha avantajlı olabilir.

5. Uygulamada Dikkat Edilecek Hususlar

5.1 Taşın temizlenmesi ve kurutulması; kimyasalın akışkanlığı, nüfuziyet süresi ve file uygulaması

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. İçi kil dolu çatlak ve gözeneklere dolgu ve/veya çatlak tamiri yapılacaksa kilin kısmen de olsa temizlenmesi gerekir. 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. Uygulama yüzeylerinde genel olarak nem, toz ve yağ olmamalıdır. 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.

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 reçineler gerekir. Aksine taşta bir yüzden diğer yüze geçen büyük delikler varsa akışkan reçine yerine koyu kıvamlı mastik tercih edilmelidir. Doğru akışkanlığa sahip olmasına rağmen, reçinenin çatlakların içine girmesi için yine de bir zaman gerekir. Özellikle UV sistemlerde reçine uygulama ünitesi ile UV kürleme ünitesi arasında nüfuziyete yetecek uzunlukta bir "penetrasyon konveyörü" bulunmalıdır.

Epoksi reçineler, Özellikle plakalarda yaygın olarak cam elyafli fileler ile birlikte uygulanır. Fileli uygulamalarda elyaf üzerindeki kaplamanın epoksiye yapışma kabiliyeti olması gerekir. Uygun olmayan bazı fileler epoksiye iyice yapışmamakta ve taşın arkasından kolayca sökülebilmektedir.

5.2 Katılma, sertleşme, polimerizasyon

5.2.1 Sertleştirici katkılar ve katalizörler

Reçine ve mastikler çoğu zaman 2 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 oranın başka bir sonucu vardır. Karışım oranına göre polimerizasyon süresi ve sonuçta elde edilen mukavemet değerleri değişmektedir. 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 değiştiren farklı sertleştirici ler vardır. Burada dikkat edilmesi gereken Önemli bir husus da, bu oranların hacme göre değil, ağırlığa göre ayarlanması gerektiğidir. Polyester esaslı reçinenin türüne bağlı olarak karışımda, 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 civarındadır. Mastiklerin sertleştirici si %2-4 oranında Benzoile Peroksittir. UV mastiklere ayrıca sertleştirici ilave edilmez. Çünkü ultraviyole lambalar altında hemen polimerize olurlar [1].

5.2.2 UV polimerizasyon

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 kılma problemi devam edecektir. Benzer şekilde gözenek dolgusu da yerinden çıkacaktır. Bu durumda işlem boşa yapılmış olur, para ve zaman kaybedilir.

5.2.3 Çifte kürlemeli sistem (DCS-Double Curing System)

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 kürlenecektir. 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.

5.2.4 Manipülasyon poli meri zasy onu (sertleşmesi)

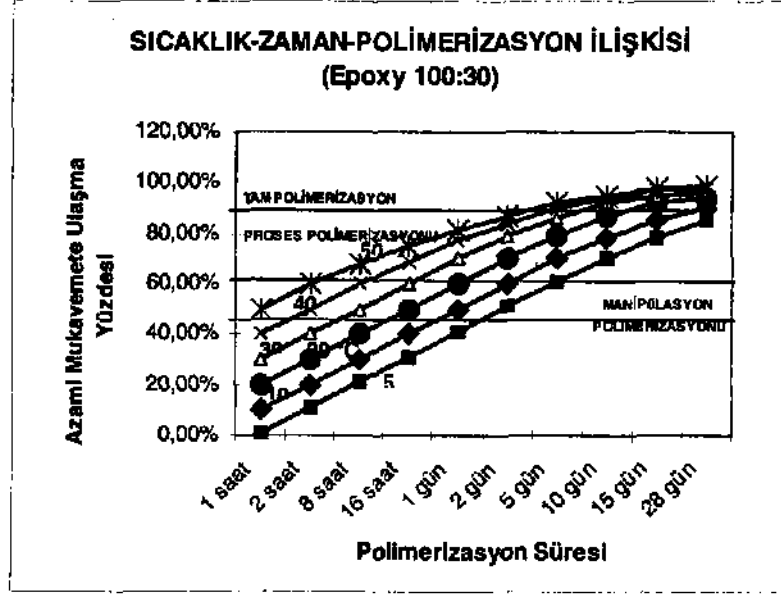
Elle dokunulduğunda yapışmayacak ve taşıann taşınabilmesine müsaade edecek düzeyde polimerizasyon derecesidir. Manipülasyon süresi, karışımdaki katalizör oranına, reçine veya mastiğin cinsine, sıcaklığa ve uygulama sistemine göre değişmektedir. Epoksi reçineler için ortalama manipülasyon zamanı açık 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.

5.2.5 Proses polimerizasyonu

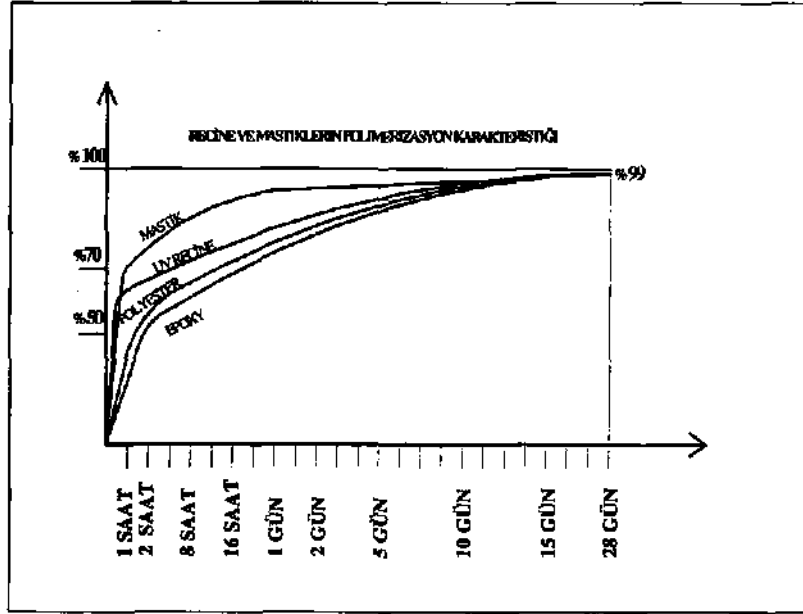
Uygulamadan sonra cilaya verilebilir sağlamlık düzeyine gelme durumudur. Nihai ve azami sertlik derecesinin %70-90 mertebesidir. Mastikler için gerekli süre 7-10 dakika olup, fırınli kürleme ile 3 dakikaya indirilebilir. Epoksi, polyester ve UV reçinelerin uygulamadan 24 saat sonra cilaya verilmesi tavsiye edilir. İstisnai durumlarda, uygun bir kürleme ile bu süre reçineler için 7-8 saate kadar indirilebilir. Çimento dolgu için bu süre katkı malzemelerine ve kürleme koşullarına göre 32 saat ile 8 gün arasında değişmektedir.

5.2.6 Tam polimerizasyon

%99,9 oranında tam sertleşmenin olabildiği aşamaya birçok polimer ve çimento esaslı doıgu malzemesi ancak 28 günde gelebilir. Şekill'de sıcaklık, zaman ve polimerizasyon ilişkisi görülmektedir.



Şekil - 1 Sıcaklık-Zaman-Polimerizasyon ilişkisi (Epoksi 100:30)



Şekil-2 Reçine ve Mastiklerin Polimerizasyon Karakteristiği

6-Tamir - Dolgu Uygulamalarının Ekonomik Boyutu

6.1 Maliyetler

Yatırım maliyeti, Bakım-onanm maliyeti, Enerji maliyeti, İşçilik maliyeti ve Sarf malzemeleri maliyetleri Tablo 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Avrupa makina ve ekipmanların Türkiye fabrika teslim fiyatları yatırım maliyetleri sütununda verilmiş rakamların yaklaşık 2 katı kadardır.

Dolgu malzemelerindeki yüksek rakamlar çok gözenekli travertenler içindir. 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.

Yıllık bakım - onanm maliyetleri makina fiyatlarının % 10 — 20 si civarında gerçekleşmektedir.

İşçilik maliyetlerine fabrika içindeki transferler vs. de dahil edilmiştir.

MALİYETLER (USD)												
Uygulama Sistemleri	Yedek Maliyeti	Makam Onarım	Enerji Maliyeti USD/m ³	İşçilik USD/m ²	Sarf Malzemesi Maliyeti USD / m ²							
					Epoksi	Polyester Çatlak İçin	File Çatlak	UV Reçine Çatlak	Polyester Gözenek	UV Reçine Gözenek	Mastik Gözenek	Çimento Karışımı
Uygulama sehpaları ve masalar	400 - 1000	% 10-20 x MF		1,00	0,5 - 2,0	0,25 - 0,75	0,5 - 1,0		1,00 - 2,50		0,5 - 2,00	
Kurutma ve kütleme odaları	8 000 - 16 000	% 10-20 x MF	0,25	1,00		0,25 - 0,75	0,5 - 1,0		1,00 - 2,50		0,5 - 2,00	
Gazlı tünel fırınlı mastik hatları	15 000 - 60 000	% 10-20 x MF	0,25	0,50							0,5 - 2,00	
Elektrikli tünel fırınlı mastik hatları	17 000 - 65 000	% 10-20 x MF	0,40	0,50							0,5 - 2,00	
Gazlı tünel fırınlı reçine hatları	17 000 - 80 000	% 10-20 x MF	0,25	0,50	0,5 - 2,0	0,25 - 0,75	0,5 - 1,0		1,00 - 2,50			
Elektrikli tünel fırınlı reçine hatları	19 000 - 85 000	% 10-20 x MF	0,40	0,50	0,5 - 2,0	0,25 - 0,75	0,5 - 1,0		1,00 - 2,50			
Elevatör fırınlı hatlar	120 000 - 500.000	% 10-20 x MF	0,40	0,50	0,5 - 2,0	0,25 - 0,75	0,5 - 1,0		1,00 - 2,50		0,5 - 2,00	
UV reçine hatları	60 000 - 120 000	% 10-20 x MF	0,30	0,50			0,5 - 1,0	1,00 - 2,00		1,5 - 4,00		
UV mastik hatları	20 000 - 50 000	% 10-20 x MF	0,30	0,50			0,5 - 1,0				0,5 - 2,00	
Çimento dolgu makuneleri	6 500 - 25 000	% 10-20 x MF	0,02	1,00								0,2 - 0,4
Karın ve/veya bileşik sistemler	20 000 - 100 000	% 10-20 x MF	0,40	0,50	0,5 - 2,0	0,25 - 0,75	0,5 - 1,0		1,00 - 2,50		0,5 - 2,00	

MF = Makine Fiyatı

6.2 Kazanımlar

6.2.1 Fire azalması ve kalite artışı

Çatlak tamiri ve sağlamlaştırma yapılmadığı durumda kırılıp dağılarak iskartaya ayrılan taş mikan (örneğin 100 m² ise), uygun bir tamir ve güçlendirme ile bu miktar 20 m²'ye kadar rahatça düşebilir. Başka bir deyişle 400 m² olarak hedeflenen bir üretim, kılma - dağılma nedeni ile 300 m² olarak gerçekleşiyorken, uygun bir güçlendirme ile 380 m² ye çıkarılarak hedefe yaklaşılabilir. 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.

6.2.2 Prosesteki tıkanıklıkların giderilmesi

Sorunlu taşlar, proses esnasında birçok tıkanıklığa ve imalat hızının düşmesine neden olmaktadır. Çatlaklı ve gözenekli taşların 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.

6.2.3 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 iskartaya 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.

6.2.4 Nakliye problemlerinin azalması

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

6.2.5 Satış sonrası problemlerin azalması

Çatlak tamiri yapılmamış taşlar, döşeme esnasında da kolayca kırılmabilmektedir. Bu üreticinin 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.

6.2.6 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 kayıplarını firmaların karşılaması ve ayakta durması oldukça zordur. Poroziteli bir granit en iyi abrasivlerle cilalanmasına rağmen örneğin 40-50 gloss parlaklık derecesine sahip yan mat bir görünüm içinde 30 \$/m² fiyata alıcı bulabilirken, reçine uygulandıktan sonra cilalandığında parlaklık kolayca 60 - 70 gloss mertebesine çıkabilmekte ve 40 \$/m² fiyata alıcı bulabilmektedir. Her iki işlem arasındaki maliyet farkı 2 - 3 \$ civarında olmasına rağmen, fiyat farkı 10 \$ olabilmektedir. Bu da metrekaşe başına 7-8 \$ ilave kazançtır. Reçine ile sağlamaştırmanın 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 miktan metrekaşe olarak önemli oranda artacaktır.

6.3 Örnek kazanç tabloları

Çatlak tamiri ve gözenek dolgunun firmalara sağlayacağı kazançlar aşağıdaki örnek tablolarda özetlenmiştir. Çatlak tamirinde m² başına 3-15 \$, gözenek dolgusunda m² başına 3-11 \$ ilave kazanç elde edildiği tablolarda görülmektedir.

Tablo-1 Çatlak Tamiri Kazanç Tablosu (Bej Plaka için)

	Miktar	Toplam Tamir Maliyeti ¹	Kırılma Oranı %	Sonuç m ²	Gelir \$	İlave Kazanç
Tamir Yapılmış	40 Plaka	0 \$	25 %	120 m-	3.600\$	0
Tamir Yapılmamış	40 Plaka	320\$	5%	152 m ²	4.560 \$	640\$

Reçine, enerji, işçilik ve amortisman dahil edilmiştir

Tablo-2 Gözenek Dolgu Kazanç Tablosu

250 m ²	Mastik (Bej)	Reçine (Traverten)	Epoksi (Granit)
Uygulama	75 gr/ m ¹	500 gr/ m ¹	200 gr/ m ¹
Dolgunsuz Fiyat	20 \$/m ²	18 \$/m ²	30 \$/nr
Dolgulu Fiyat	25 \$/nr	32 \$/nr	35\$/m ¹
Toplam Dolgu Birim Maliyeti	U/m ¹	3\$/m-	2\$/nr
Dolgunsuz Satış Tutan	5000\$	4500\$	7500\$
Dolgulu Satış Tutan	6250\$	8000\$	8750\$
Toplam Dolgu Maliyeti	250\$	750\$	500\$
250 m ² için ilave kazanç	1000\$	2750\$	750\$

Kaynaklar

1. Acar, Haşim, Martin, Juan,Cortes, FJavier,Doğal taşlarda epoksi. polyester ve UV reçine uygulamanndakı son gelişmeler, seminer notları, İstanbul, 13,(2003)
2. Allcock.Harry R.,Contemporary Polymer Chemistry, 3rd ed.,Prentice Hall.Upper Saddle River, N.J, (2003)
3. Emanuel, Filippo,The marble and granite resin process: How and why, <http://www.stoneworld.com/CDA/ArticleInformation>,(12.08.2003)
4. Davidson.Stephen.Exploring the science, technology and application of UV and EB curing, SITA Technology, London, (1999)
5. Dieltke, Kurt.A compilation of photoinitiators commercially available for UV today, SITA Technology Limited, Edingburgh, (2002)
6. Ellis, Bryan.Chemistry and technology of epoxy resins", Blackie Academic&Professional, London,(1993)
7. www.photopolymer.com, (10.08.2003)
8. www.uvcuring.com, (10.08.2003)
9. www.fmdstone.com, (12.08.2003)