

**BİNALARDA ISI YALITIMLI DIŞ SIVA  
YAPILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Ahmet ÇOLAKOĞLU**

**Yüksek Lisans Tezi  
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA 2004**

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARDA ISI YALITIMLI DIŞ SIVA  
YAPILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Ahmet ÇOLAKOĞLU**

**Danışmanı: Doç.Dr. Hakkı Tarık ÖZKAHRAMAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ISPARTA, 2004**

## İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
SİMGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLGİSİ.....	9
2.1 Agregalar.....	9
2.1.1. Normal Agregalar.....	11
2.1.2. Hafif Agregalar.....	11
2.1.3. Ağır Agregalar.....	11
2.1.4. Agregaların Özellikleri.....	12
2.1.4.1. Agregaların Petrografik Özellikleri.....	12
2.1.5. Agregalara Zarar Veren Maddeler.....	13
2.1.5.1. İnce Maddeler veya Yıkanabilir Maddeler.....	13
2.1.5.2. Organik Kökenli Maddeler.....	13
2.1.5.3. Hafif Malzemeler.....	13
2.1.5.4. Diğer Zararlı Maddeler.....	14
2.1.6 Agregaların Beton Dayanımına Etkisi.....	14
2.1.7. Kalker.....	16
2.1.7.1. Kalkerlerin Oluşumu.....	17
2.1.7.2. Kalkerlerin Kullanım Alanları.....	18
2.1.7.3. Ekonomisi.....	19
2.1.8. Pomza.....	20
2.1.8.1. Pomzanın Oluşumu.....	20
2.1.8.2. Pomzanın Kullanım Alanları.....	21
2.1.8.2.1. İnşaat Sanayiinde Pomzanın Kullanım Alanları.....	21
2.1.8.2.2. Tekstil Sektöründe Pomzanın Kullanım Alanları.....	22
2.1.8.2.3. Aşındırıcı Sanayiinde Pomzanın Kullanım Alanları.....	22
2.1.8.2.4. Kimya Sanayiinde Pomzanın Kullanım Alanları.....	22
2.1.8.2.5. Tarım Sektöründe Pomzanın Kullanım Alanları.....	23
2.1.8.2.6. Diğer Sektörlerde Pomzanın Kullanım Alanları.....	23
2.1.8.3. Türkiye Pomza Rezervleri.....	23
2.1.8.4. Isparta Pomzasının Genel Jeolojisi ve Oluşumu.....	24
2.1.8.5. Isparta Yöresi Pomzalarının Minerolojik ve Petrografik Özellikleri.....	25
2.1.8.6. Maden Yatağı ve Cevherin Özellikleri.....	26
2.1.9. Perlit.....	28
2.1.9.1. Perlitin Oluşumu ve Kökeni.....	29
2.1.9.2. Perlitin Özellikleri.....	30
2.1.9.2.1. Perlitin Fiziksel Özellikleri.....	30
2.1.9.2.2. Perlitin Kimyasal Özellikleri.....	31
2.1.9.2.3. Perlitin Genleştirilmesi.....	32
2.1.9.3. Perlitin Kullanım Alanları.....	32
2.1.9.3.1. İnşaat Sektöründe Perlit.....	32

2.1.9.3.2. Metalurji Sektöründe Perlit .....	33
2.1.9.3.3. Tarım Sektöründe Perlit .....	33
2.1.9.4. Perlitin Rezerv Durumu .....	33
2.1.9.4.1. Türkiye’deki Perlit Yatakları .....	34
2.1.9.4.2. Perlit Üreticisi Ülkeler .....	35
2.2 Çimentolar .....	35
2.2.1 Çimentonun Tarihçesi .....	35
2.2.2 Çimentoların Üretimi .....	39
2.2.3. Portland Çimentosunun Bileşimi .....	44
2.2.4. Portland Çimentosunun Hidratasyonu .....	46
2.2.4.1. Kalsiyum Silikatların Hidratasyonu .....	47
2.2.4.2. Kalsiyum Alüminatların Hidratasyonu .....	48
2.2.4.3. TetraKalsiyum Alümina Ferritin Hidratasyonu .....	49
2.2.5. Türk Standartlarında Yeralan Çimentolar .....	50
2.3. Selüloz Eterler .....	53
2.3.1. Selüloz Eterlerin Üretimi .....	54
2.3.2. Selüloz Eterlerin Faydaları .....	56
2.4. Polimerler (Dispersiyon Tozları) .....	57
2.5. Isı İzolasyonu Sağlayan Yardımcı Yapay Malzemeler .....	61
2.5.1. Cam Kürecikler .....	61
2.5.2. Poraver .....	63
2.6. Sıvalar .....	66
2.6.1. Sıvanın Amacı .....	66
2.6.2. Sıva çeşitleri .....	67
2.6.3. Sıvanın Kullanım Alanları .....	67
2.6.4. Sıva Yüzeyi .....	67
2.6.5. Sıva tabakaları .....	68
2.6.6. Sıvaların Görevleri ve Özellikleri .....	68
2.6.7. Çeşitli Zemin ve Ortamlarda Sıva Uygulamaları .....	72
2.6.7.1. Tuğla Duvar Üzerine Sıva .....	72
2.6.7.2. Hafif Beton Üzerine Sıva .....	72
2.6.7.3. Ahşap Yünlü Hafif Yapı Levhaları Üzerine Sıva .....	76
2.6.7.4. Yüksek ve Dağlık Bölgelerde Dış Sıva .....	77
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	79
3.1. Materyal .....	79
3.1.1. Agrega .....	79
3.1.2. Çimento .....	80
3.1.3. Dispersiyon Tozu (Polimer) .....	80
3.1.4. Selüloz Eter .....	80
3.1.5. Kuru Elek Analiz Cihazı .....	80
3.1.6. Elek .....	81
3.1.7. Eğilme-Basma Dayanımı Test Cihazı .....	81
3.1.8. Test Kalıpları .....	81
3.1.9. Yapışma Dayanımı Test Cihazı .....	81
3.1.10. Yapışma Dayanımı Plakaları .....	82
3.1.11. Çekme Başlık Plakaları .....	82
3.1.12. Büzülme Test Cihazı .....	82
3.1.13. P Dalga Hızı Test Cihazı .....	83

3.1.14. Silindirik Cam Tüpler.....	84
3.2. Yöntem.....	84
3.2.1. Tane Boyut Dağılımı Deneyi.....	84
3.2.2. Gevşek Birim Hacim Ağırlığı Deneyi.....	85
3.2.3. Eğilmede Çekme ve Basma Dayanımı Deneyi.....	85
3.2.3.1. Harcın Hazırlanması.....	85
3.2.3.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	86
3.2.3.3. Eğilme Çekme Dayanımı Deneyi.....	87
3.2.3.4. Basma Dayanımı Deneyi.....	87
3.2.4. Su Reddetme Özelliği Deneyi.....	88
3.2.4.1. Harcın Hazırlanması.....	88
3.2.4.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	88
3.2.4.3. Deneyin Yapılışı.....	89
3.2.5. Yapışma Dayanımı Deneyi.....	89
3.2.5.1. Harcın Hazırlanması.....	89
3.2.5.2. Deney Plakalarının Hazırlanışı.....	90
3.2.5.3. Deneyin Yapılışı.....	90
3.2.6. Büzülme Deneyi.....	91
3.2.6.1. Harcın Hazırlanması.....	91
3.2.6.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	91
3.2.6.3. Deneyin Yapılışı.....	91
3.2.7. Ses Geçirgenlik Hızı Deneyi.....	92
3.2.7.1. Harcın Hazırlanması.....	92
3.2.7.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	92
3.2.7.3. Deney Yapılışı.....	93
4. BULGULAR.....	94
4.1. Kalkerin Analiz Sonuçları.....	94
4.2. Pomzanın Analiz Sonuçları.....	94
4.3. Birinci Grup Deneylerin Analiz Sonuçları.....	95
4.4. İkinci Grup Deneylerin Analiz Sonuçları.....	104
4.5. Üçüncü Grup Deneylerin Analiz Sonuçları.....	112
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	120
6. KAYNAKLAR.....	124
7. EKLER.....	128

## ÖZET

Sıvalar, yapıların iç ve dış yüzeylerinin kaplanmasında kullanılan çimento, kireç ve çeşitli dolgu malzemelerinin, yapılacak sıva türüne göre değişik karışım oranlarında hazırlandığı, basit karışimli harçlardır. Sıvaların, kapladıkları yapı elemanlarını darbelere ve atmosferik koşullara karşı korumak gibi önemli görevleri de vardır. Bir yapının dış ortamdaki herhangi bir etkiye maruz kalacağı ilk elemanı, boya ve/veya sıvadır. Dolayısıyla sıvaların dış ortamdaki gelebilecek fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklı olması bina açısından son derece önemlidir.

İnşaat sektöründe yaşanan gelişmelerle birlikte yapıların ısı yalıtımı da önem kazanmıştır. Binalarda oluşan ısı kayıpları ve buna bağlı olarak yapılan fazladan ısınma harcamaları çok büyük maliyetlere ulaşmaktadır.

Bu çalışmada, Isparta yöresinde Gölcük volkanizması sonucu bol miktarda bulunan pomza ve kalker kullanılarak ısı yalıtım özelliğine sahip bir sıvanın yapılabilirliği araştırılmıştır. Bilindiği üzere pomza, ısı ve ses yalıtım özelliğine sahip, kalker ise, yaygın şekilde harç yapımında agrega olarak kullanılan ucuz bir hammaddedir. Malzeme önce kırılmış daha sonra ebatlandırılarak -4 mm altı sıva agregası olarak kullanılmıştır. Bu hammaddelerin uygun şekilde boyutlandırılmış türlerinden, hidrolik bağlayıcı olarak çimento ve işlenebilirlikle performansı arttırıcı bir takım kimyasal malzemeler kullanılarak, çeşitli sıva karışımları hazırlanmıştır. Bu karışımlar üzerinde, perlitli sıva ve harçlar için öngörülen TS 6433 standardına göre, deneysel çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca bu karışımların, ses geçirgenlik hız değerleri saptanmış, bu değerlerden de karışımların ısı geçirgenlik değerleri hesaplanmıştır. Hazırlanan bu karışımların deney sonuçları karşılaştırılarak, TS 6433' de belirtilen değerlere uygun, en yüksek ısı yalıtımına haiz sıva formülü elde edilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Sıva, Isı Yalıtımı, Ses Geçirgenlik Hızı, Isı geçirgenlik Katsayısı.

## ABSTRACT

Plasters are used exterior and interior of building walls. Cement and chemical additives are mixed with various filler materials with simple formulation in plaster making. The percentage amount of the constituents are changed according to the application purpose. The plasters protect building walls from atmospheric effects and impact forces. The external effect to any building occurs firstly to the plaster or paint on the wall. Therefore the strength and durability of the plaster is important in order to protect walls from physical and chemical actions.

Thermal insulation gain importance in recent years together with the advances in construction industry. Since heat losses occur in buildings and its expenditure are very costly to home owners.

In this study, thermal insulation plaster formula used in construction industry is investigated. For aggregate pumice stone and limestone are used. Pumice is abundant in Isparta region due to nearby Gölcük volcanic activity. Limestone is very cheap and widely used in making cement mortar. In addition pumice stone is known as sound and heat insulator. These natural stones first crushed and then screened in order to obtain  $-4$  mm. aggregate. Several plaster formulas are obtained by adding cement for hydration process together with chemical additives. The chemical additives enhances the product performance and workability. The laboratory tests are carried out on this plaster formulas according to the TS 6433 standard for perlite plasters and mortars. Also P-Wave velocity and thermal conductivity values of these plasters are determined. From the comparison of results the most suitable plaster formula are determined according to TS 6433 standard.

**KEY WORDS:** Plaster, Thermal Insulation, P-Wave Velocity, Coefficient of Thermal Conductivity

## TEŞEKKÜR

Yazar bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişi ve kuruluşlara içtenlikle teşekkür eder.

Sayın Doç. Dr. H. Tarık ÖZKAHRAMAN (tez danışmanı), çalışmalarımın sonuca ulaşmasında ve yabancı kaynakların çevirisinde yardımcı olmuştur. Bu çalışmanın devamı süresince, rehberlik etmiş ve çalışmalarımı destek olmuştur.

Maden Mühendisliği Bölüm Başkanları, Sayın Prof. Dr. Ahmet Şentürk ile Sayın Prof. Dr. Saim Saraç, maden bölümünde yüksek lisans yapmama olanak sağlamışlardır.

Kalekim Yapı Kimyasalları A.Ş. Genel Müdürü ve Yönetim Kurulu Üyesi Sayın Ferdi ERDOĞAN (Jeoloji Yüksek Mühendisi), çalışmalarımı Kalekim laboratuvarlarında yapmama izin vermiş ve desteklemiştir.

Kalekim Yapı Kimyasalları A.Ş. Ar-Ge Müdürü Sayın Beyhan GÖZOĞUL (Kimya Mühendisi) ar-ge imkanlarından yararlanmama imkan sağlamıştır.

Kalekim Yapı Kimyasalları A.Ş. Ar-Ge Şefi Sayın Tuncay KILIÇ (Kimya Mühendisi) çalışmalarımında teknik bilgi desteğinde bulunmuştur.

Isparta Kalekim Yapı Kimyasalları A.Ş. Kalite Kontrol Sorumlusu Sayın Emrullah Cihad IŞIK (Maden Mühendisi), numune ve kaynak bilgisi temininde yardımcı olmuştur.

Kalekim Yapı Kimyasalları A.Ş. Ürün – Marka Yöneticisi Sayın Yaprak Özlem BACAĞOĞLU (Kimya Mühendisi), kaynak bilgisi temininde yardımcı olmuştur.

Kalekim Yapı Kimyasalları A.Ş. Teknoloji Müdürü Sayın Münür MUMCU, tez yazımında bilgisayar imkanlarından yararlanmamı sağlamıştır.

Kalekim Yapı Kimyasalları A.Ş. Bilgi İşlem Sorumlusu Sayın İlhan SERBEST, bilgisayarda yapılan çalışmalarda teknik destek sağlamıştır..



Sayın Gökhan ÇOLAKOĞLU, Fatma ÇOLAKOĞLU ve Nadide ÇOLAKOĞLU,  
ailem olarak her türlü maddi ve manevi desteği sağlamışlardır.

**SİMGELER DİZİNİ**

$R_f$	: Eğilme dayanımı
$L$	: Mesnet silindirleri arasındaki uzaklık
$F_f$	: Prizmanın kırıldığı anda ortasına uygulanan kuvvet
$B$	: Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu
$R_c$	: Basınç dayanımı
$F_c$	: Kırılma anındaki en büyük yük
1600	: Plakaların veya yardımcı plakaların
Büzülme	: mm / m
$b_{28}$	: 28. gündeki büzülme değeri
$b_1$	: 1. gündeki büzülme değeri
160	: Kalıp uzunluğu
1000	: 1 metrenin, (mm) cinsinden değeri
$V$	: Ses dalgası geçiş hızı
$l$	: Numunenin boyu
$t$	: Ses dalgası geçiş süresi
$\lambda$	: Isı geçirgenlik katsayısı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.6.1. Agregata tane biçimleri (Kocataşkın, 1973).....	15
Şekil 2.1.8.4.1. Isparta yöresi pomza oluşumlarından genel bir görünüm (Gündüz vd.,1998).....	24
Şekil 2.1.8.4.2. Ekonomik pomza ve bloklu pomza katmanları kesit görünümü (Gündüz vd.,1998).....	25
Şekil 2.1.8.4.3. Doruk bölgesi pomzasının ince kesit görünümü (Gündüz vd,1998).....	26
Şekil 2.2.1.1. Joseph ASPDIN'in 21.10.1824 tarihinde aldığı "Portland Çimentosu" Patenti (Akçansa, 2003).....	38
Şekil 2.2.1.2. Nortfleth' teki William ASPDIN' in çimento fırını Dünyanın en eski ve hala ayakta olan fırını (Akçansa, 2003).....	39
Şekil 2.2.2.1. Çimento üretim sistemi (Akçansa, 2003).....	42
Şekil 2.2.2.2. Döner fırın ve meydana gelen reaksiyonlar (Yeğınobalı, 1999).....	44
Şekil 2.3.1.1. Selülozun, suda çözünmeyen alkali selüloza, alkali selülozunda suda çözünen selüloz eterlere değişimi (Clariant, 2003).....	54
Şekil 2.3.1.2. Suda çözünen bazı selüloz eter türleri ve yapılarında bağlı bulunan metil ve bazı hidroksil grupları (Clariant, 2003).....	55
Şekil 2.3.1.3. Selüloz eterlerin sınıflandırılması (Herc, 2003).....	56
Şekil 2.3.1.4. Selüloz eter içeren bir makine sıvasının duvara uygulanışı (Clariant, 2003).....	57
Şekil 2.4.1. Uygulama alanlarına göre dispersiyon tozlarının kullanım oranları (Özışık, 2001).....	58
Şekil 2.4.2. Dispersiyon tozlarının redisperse hale gelişi (Özışık, 2001).....	59
Şekil 2.4.3 Dispersiyon tozlarının üretim projesi (Özışık, 2001).....	59
Şekil 2.4.4. Çimentolu harç içerisinde polimer filminin, elektron mikroskobundan alınan görüntüsü (Özışık, 2001).....	60
Şekil 2.5.1.1. Cam küreciklerin üretim prosesi (3M, 1995).....	62
Şekil 2.5.1.2. Cam küreciklerin yakın plan görünümü (3M, 1995).....	63
Şekil 2.5.2.1. Poraver 900 °C' de genleştirilerek, gözenekli yapı kazandırılır (Poraver, 2003).....	64
Şekil 2.5.2.2. Poraver, soğutma projesi sonrasında elenerek 6 değişik boyutta sınıflandırılır (Porover, 2003).....	64
Şekil 2.6.7.2.1 Sıvanın farklı zeminlere macun kullanılarak bağlanması (Özer, 1982).....	75
Şekil 2.6.7.2.2. Sıcaklık artışı sonucunda, duvar ile sıva arasında görülen davranış farklılıkları (Özer, 1982).....	76
Şekil 3.1.5.1. Kalekim ar-ge laboratuvarında bulunan kuru elek analiz cihazı	80
Şekil 3.1.7.1. Eğilme-basma dayanımı test cihazı.....	81
Şekil 3.1.9.1. Yapışma dayanımı test cihazı.....	82
Şekil 3.1.12.1. Büzülme test cihazı.....	83
Şekil 3.1.13.1. S.D.Ü. İnşaat Müh. Laboratuvarındaki P dalga hızı ölçüm cihazı.....	83
Şekil 3.2.3.2.1. Hazırlanan harcın döküldüğü 40x40x160mm' lik test kalıpları.....	86
Şekil 3.2.4.2.1. Dairesel kalıplara dökülmüş harç numuneleri.....	88
Şekil 3.2.4.3.1. Hazırlanan numuneler üzerine sabitlenen, cam borular.....	89

Şekil 3.2.5.3.1. Asbestli plaka üzerine hazırlanmış harç numunesi ve metal kovanlar.....	90
Şekil 3.2.7.1.1. Hazırlanan silindirik harç numuneleri ve pundit cihazı.....	92
Şekil 4.3.2. I. Grup deneylerin gevşek birim hacim ağırlığı grafiği.....	96
Şekil 4.3.4. I. Grup deneylerin eğilme dayanımları grafiği.....	97
Şekil 4.3.5. I. Grup deneylerin basma dayanımları grafiği.....	98
Şekil 4.3.7. I. Grup deneylerin yapışma dayanımları grafiği.....	99
Şekil 4.3.9. I. Grup deneylerin su reddetme özelliği grafiği.....	100
Şekil 4.3.11. I. Grup deneylerin büzülme sonuçları grafiği.....	101
Şekil 4.3.13. I. Grup deneylerin su miktarları grafiği.....	102
Şekil 4.3.15. I. Grup deneylerin ısı geçirgenlik katsayıları grafiği.....	103
Şekil 4.4.2. II. Grup deneylerin gevşek birim hacim ağırlığı grafiği.....	104
Şekil 4.4.4. II. Grup deneylerin eğilme dayanımları grafiği.....	105
Şekil 4.4.5. II. Grup deneylerin basma dayanımları grafiği.....	106
Şekil 4.4.7. II. Grup deneylerin yapışma dayanımları grafiği.....	107
Şekil 4.4.9. II. Grup deneylerin su reddetme özelliği grafiği.....	108
Şekil 4.4.11. II. Grup deneylerin büzülme sonuçları grafiği.....	109
Şekil 4.4.13. II. Grup deneylerin su miktarları grafiği.....	110
Şekil 4.4.15. II. Grup deneylerin ısı geçirgenlik katsayıları grafiği.....	111
Şekil 4.5.2. III. Grup deneylerin gevşek birim hacim ağırlığı grafiği.....	112
Şekil 4.5.4. III. Grup deneylerin eğilme dayanımları grafiği.....	113
Şekil 4.5.5. III. Grup deneylerin basma dayanımları grafiği.....	114
Şekil 4.5.7. III. Grup deneylerin yapışma dayanımları grafiği.....	115
Şekil 4.5.9. III. Grup deneylerin su reddetme özelliği grafiği.....	116
Şekil 4.5.11. III. Grup deneylerin büzülme sonuçları grafiği.....	117
Şekil 4.5.13. III. Grup deneylerin su miktarları grafiği.....	118
Şekil 4.5.15. III. Grup deneylerin ısı geçirgenlik katsayıları grafiği.....	119

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Isı yalıtımında kullanılan yalıtım malzemelerinin, ısı iletim katsayılarının sıcaklığa göre değişimi (Dağsöz, 1995).....	6
Çizelge 2.1.1. Beton özelliklerinin agrega özelliği ile değişimi (Yeğinobalı, 1999).....	10
Çizelge 2.1.6.1. Tane şeklinin betona etkisi (Yeğinobalı, 1999).....	15
Çizelge 2.1.8.2.1. Hafif beton agregaları ile normal beton agregasının karşılaştırılması (Sarıiz ve Nuhoğlu, 1992).....	22
Çizelge 2. 1.8.3.1. Türkiye pomza rezerv durumu (Köktürk, 1997).....	23
Çizelge 2. 1.8.6.1. Karakaya Bölgesi pomza cevheri özellikleri (Gündüz vd., 1998).....	27
Çizelge 2. 1.8.6.2. Isparta yöresi pomza rezervleri (Gündüz vd., 1998).....	28
Çizelge 2.1.9.4.1.1. Batı Anadolu perlit yatakları (Köktürk, 1997).....	34
Çizelge 2.1.9.4.1.2. Orta Anadolu perlit yatakları (Köktürk, 1997).....	34
Çizelge 2.1.9.4.1.3. Doğu Anadolu perlit yatakları (Köktürk, 1997).....	34
Çizelge 2.1.9.4.2.1. Perlit üreticisi ülkeler (Önem, 1997).....	35
Çizelge 2.2.3.1. Portland çimentosunu oluşturan oksitler ve miktarları (Erdoğan, 1995).....	45
Çizelge 2.2.3.2. Portland çimentosunun ana bileşenleri (Kocataşkın, 1965).....	45
Çizelge 2.2.4.1. Portland çimentosunun ana bileşenlerinin hidrasyon özellikleri (Kocataşkın, 1965).....	47
Çizelge 2.4.1. Çimento esaslı harçlarda organik katkıları ve bağlayıcıların etkileri (Özışık, 2001).....	61
Çizelge 2.5.1.1. Cam küreciklerin kimyasal yapısı (3M, 1995).....	61
Çizelge 2.5.1.2. Cam küreciklerin fiziksel özellikleri (3M, 1995).....	62
Çizelge 2.5.2.1. Poraver ürünlerinin fiziksel özellikleri (Poraver, 2003).....	65
Çizelge 2.5.2.2. Poraver ürünlerinin kimyasal özellikleri (Poraver, 2003).....	65
Çizelge 3.1.2.1. Göltaş A.Ş. Aralık (2002) ayı P.Ç. 42,5 çimento Kalite Kontrol Raporu (Selçuk, 2002).....	80
Çizelge 4.1.1. Kalkerin elek analiz sonuçları.....	94
Çizelge 4.1.2. Kalkerin kimyasal analiz sonuçları.....	94
Çizelge 4.2.1. Pomzanın kimyasal analiz sonuçları.....	94
Çizelge 4.2.2. Pomzanın elek analiz sonuçları.....	95
Çizelge 4.3.1. I. Grup deneylerin gevşek birim hacim ağırlığı sonuçları.....	96
Çizelge 4.3.3. I. Grup deneylerin eğilme-basma dayanımı sonuçları.....	97
Çizelge 4.3.6. I. Grup deneylerin yapışma dayanımı sonuçları.....	99
Çizelge 4.3.8. I. Grup deneylerin su reddetme özelliği sonuçları.....	100
Çizelge 4.3.10. I. Grup deneylerin büzülme sonuçları.....	101
Çizelge 4.3.12. I. Grup deneylerin su miktarları tablosu.....	102
Çizelge 4.3.14. I. Grup deneylerin ısı geçirgenlik katsayısı sonuçları.....	103
Çizelge 4.4.1. II. Grup deneylerin gevşek birim hacim ağırlığı sonuçları.....	104
Çizelge 4.4.3. II. Grup deneylerin eğilme-basma dayanımı sonuçları.....	105
Çizelge 4.4.6. II. Grup deneylerin yapışma dayanımları sonuçları.....	107
Çizelge 4.4.8. II. Grup deneylerin su reddetme özelliği sonuçları.....	108
Çizelge 4.4.10. II. Grup deneylerin büzülme sonuçları.....	109
Çizelge 4.4.12. II. Grup deneylerin su miktarları tablosu.....	110

Çizelge 4.4.14. II. Grup deneylerin ısı geçirgenlik katsayısı sonuçları.....	111
Çizelge 4.5.1. III. Grup deneylerin gevşek birim hacim ağırlığı sonuçları.....	112
Çizelge 4.5.3. III. Grup deneylerin eğilme-basma dayanımları sonuçları.....	113
Çizelge 4.5.6. III. Grup deneylerin yapışma dayanımları sonuçları.....	115
Çizelge 4.5.8. III. Grup deneylerin su reddetme özelliği sonuçları.....	116
Çizelge 4.5.10. III. Grup deneylerin büzülme sonuçları.....	117
Çizelge 4.5.12. III. Grup deneylerin su miktarları tablosu.....	118
Çizelge 4.5.14. III. Grup deneylerin ısı geçirgenlik katsayısı sonuçları.....	119

## 1. GİRİŞ

Konutlarda ilk önce rahatlık aranmasının çok eski zamanlardan bugüne kadar süregelen bir istek olduğu bilinmektedir. Dış etkilere karşı iyi korunmamış ve iyi yalıtım yapılmamış bir konutta, yazın sıcaktan, kışın ise soğuktan rahatsızlık duyulduğu gibi, yalıtımsızlığın doğurduğu şiddetli ısı kaybı ve gürültünün, insan sağlığında ve ekonomide meydana getireceği kayıplar da yalıtımın önemini arttırmaktadır (Kanca, 1959).

Konutlarda dış duvarlar; eşyalardan ve canlılardan ısı alır. Ayrıca sıcak nesnelere ışınlar yaparak dış duvarlara ısı verirler. Bu durumun sebep olduğu ısı cereyanı, insanlarda sinir, romatizma, hayvanlarda ise beton hastalığına sebep olduğu gibi sürekli üşüme hissi yaratarak, fazla ısıtmakla dahi yok edilemeyen bir rahatsızlığa sebep olur (Kanca, 1959).

Isı yalıtımı yapılmayan konutların odalarında yoğuşma sonucu su damlacıkları oluşur. Bu da zaman içerisinde insan sağlığı için zararlı olan mantar ve küf oluşumlarına sebebiyet verir (Kanca, 1959).

Yalıtımın önemi ilk olarak 15. yüzyılda Fatih Sultan Mehmet zamanında anlaşılmış ve uygulamaya konulmuştur. 1471 Yılında Fatih Sultan Mehmet' in sadrazamı Mahmut Paşa tarafından Bedesten olarak yaptırılan, bugün Hitit müzesi olarak kullanılan Ankara' daki yapıya, 1973 yılında kalorifer tesisatı döşenmesi sırasında dış duvarın delinmesi sonucu, duvarın orta kısmında kömür ve ahşap karışımı bir tabakaya rastlanmıştır. Yapılan araştırma sonucunda, bu tabakanın duvarın ısı kaybını azaltmak amacıyla, bugünkü yalıtım prensiplerine uygun olarak yapıldığı anlaşılmıştır (Kanca, 1959).

Enerji giderlerinin önemli bir bölümünün bina sektöründe kullanıldığı ülkemizde, enerji sorunu gündemin en üst sıralarında yer almaktadır. Avrupa Birliği' ne katılmayı hedefleyen ülkemiz, teknolojik ve sosyo-ekonomik açıdan gelişmiş ülkelerin seviyesine ulaşmak için yoğun bir çaba harcamakta, bu çabada en önemli engellerden biri de enerji tüketimindeki açık olmaktadır. Ülkemizde enerji açığı enerjinin ithal edilmesi yolu ile karşılanmaya çalışılmakta, bu durum sorunun

büyümesine ve enerji krizi yaşanmasına yol açmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı' nın açıklamalarına göre, enerjinin %65' i ithal edilmektedir. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde 2020 yıllarında bu oranın %80' lere ulaşacağı belirtilmektedir. Bu nedenle ülkemizde enerjinin etkin kullanımı öncelikli olarak ele alınmalıdır (Oral, 2003).

Yapıların yalıtımı ve korunması konusunda Türkiye' deki çabaları yeterli görmek yanılgıya yol açabilir. Karbonatlaşma ve klor yayınımlı nedeniyle oluşan donatı korozyonuna karşı da yapılar korunmalıdır. Tekrarlı ıslanma ve kurumunun korozyonu arttırdığı gerçeğine karşı önlem almak kaçınılmazdır. Ayrıca yapılar, ısı yalıtımı göz önüne alınarak inşa edilirse yapının kendi yükünün azalması sağlanmakta ve deprem yükü nedeniyle düğüm noktaları da daha az zorlanmaktadır (Taşdemir, 2003).

Tüm dünyanın içinde bulunduğu enerji darboğazından geçiş, yeni enerji kaynaklarına yönelmenin yanında, konutlarda ısı kayıplarını gündeme getirmiştir. Özellikle gelişmiş ülkelerde yalıtım malzemelerinin kullanımı; artan enerji ücretleri, enerjinin sağlanmasındaki güçlükler, enerji üretirken çevrenin kirlenmesi, konfor gereksinmesi, tüketici ve ülke ekonomisine tasarruf getirmesi nedeniyle, ülkemize oranla çok artmıştır.

Binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi değerlerinin belirlenmesinde TS 825 Isı Yalıtım Standardı' ndan yararlanılmaktadır. TS 825 ilk olarak 1970' de yürürlüğe girmiş, ancak uygulanması konusunda bir zorunluluk olmadığından o dönem için bir gelişme kaydedilememiştir. Daha sonra 1995 yılında revize çalışmalarına başlanmıştır. Revizyon çalışması yaklaşık 3 yıl sürmüştür. Bu süreçte yararlanılan tüm standartların ülkemizin iklim koşullarına adaptasyonu sağlanmıştır. TS 825, 1998 yılında TSE Teknik Kurulu' nca onaylanarak yürürlüğe girmiştir (Erbil, 2003).

Isı, maddeyi oluşturan moleküllerin hareketlerinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır ki, bu da madde içindeki enerjiyi ifade etmektedir. Sıcak maddelerde moleküller hızlı hareket ederken, soğuk maddelerde ise daha yavaşlardır. Bu hareketler ısı olarak isimlendirilmektedir. Sıcaklık ise, bir maddenin hissettirdiği



duygunun ölçüsüdür. Isı daima sıcak maddeden soğuk olana doğru iletilmektedir. Ancak soğuk hiçbir zaman iletilmemektedir. Çünkü soğuk sadece düşük ısının kalitesine yönelik bir tanımdır. Daha sıcak olan bir madde soğuyabilir ama buradaki olay, soğuğun kazanılması değil, ısının kaybedilmesidir (Sezer, 2003).

Isı yalıtımının yapı konforuna direkt etkisi bulunmaktadır. Yalıtımın yetersiz olduğu durumlarda, mekan içindeki yaşam konfor sıcaklığının kabul edilebilir seviyelerde olmasına karşılık, yaşayan bireylerin konforsuzluktan şikayet ettiği çeşitli gözlemler sonucu tespit edilmiştir. Yapıya yeterli ısı yalıtımı uygulanmadığı durumlarda, konforsuzluk ve enerji savurganlığı kaçınılmaz olmaktadır. İyi yalıtımlı bir binanın kolay ısınması ve geç soğuması yanında, ortamdaki sıcaklık değişimleri de fazla olmadığı için, konfor temini daha kolay ve yüksek seviyede olabilmektedir (Sezer, 2003).

Isı kaybının azaltılması ve yoğuşmanın önlenmesi için, yalıtımın devamlılığı esasına bağlı olarak ısı yalıtımının dışarıdan yapılmasıyla, yapı dış cephesinde yer alan ve ısı köprüsü niteliğinde olan kolon, kiriş, hatıl gibi her türlü elemanın eksiksiz yalıtılması mümkündür. Bununla beraber yapı bir kılıf içerisine alındığından, dış iklim şartlarına karşı korunmakta, kuvvetli sıcaklık değişimleri ve duvarı oluşturan ana malzemede istenmeyen iç gerilmeleri, çatlakları ve yapı hasarlarını önlemektedir. Dıştan ısı yalıtım sistemi, yapıya yeterli miktarda ısı depolama yeteneği sağlayarak, yaz ve kış iç ortam sıcaklığının dengede tutulmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca yapı kabuğunda oluşabilecek yoğuşma tehlikesi en aza indirilmektedir (Erbil, 2003).

İnşaat sektöründe yaşanan gerilemeye rağmen su ve ısı yalıtım sektörünün gelişmekte olduğunu izlemekteyiz. Geçtiğimiz yıllarda başta su ve ısı yalıtım bilincinin artmasına yönelik çalışmalar; yönetmelik ve standartların günün koşullarına uygun hale getirilmesi, çalışmaları sonuçlanan yönetmeliklerin sektör içinde uygulanmaya başlanması gibi faktörlerin etkisiyle, ivme kazanmaktadır (İzoder, 2002).

Isı yalıtımı için kullanılan malzemelerin seçimlerinde, kullanılma yerlerine göre bazı özellikleri gerçekleyip gerçeklemediklerine dikkat edilir. Meselâ yalıtım malzemelerinin hafiflikleri ile sarsıntılara karşı ufalanmamaları taşıtlarda önemli

olduğu gibi, rutubetli ortamlardaki çalışmalarda da rutubete karşı mukavim olmaları, buhar difüzyonuna müsaade etmemeleri arzu edilir. Muhtelif kullanma yerlerine göre, ısı yalıtım malzemelerinin aşağıda yazılı özelliklerinden ilgili olanları göz önüne alınarak seçim yapılır.

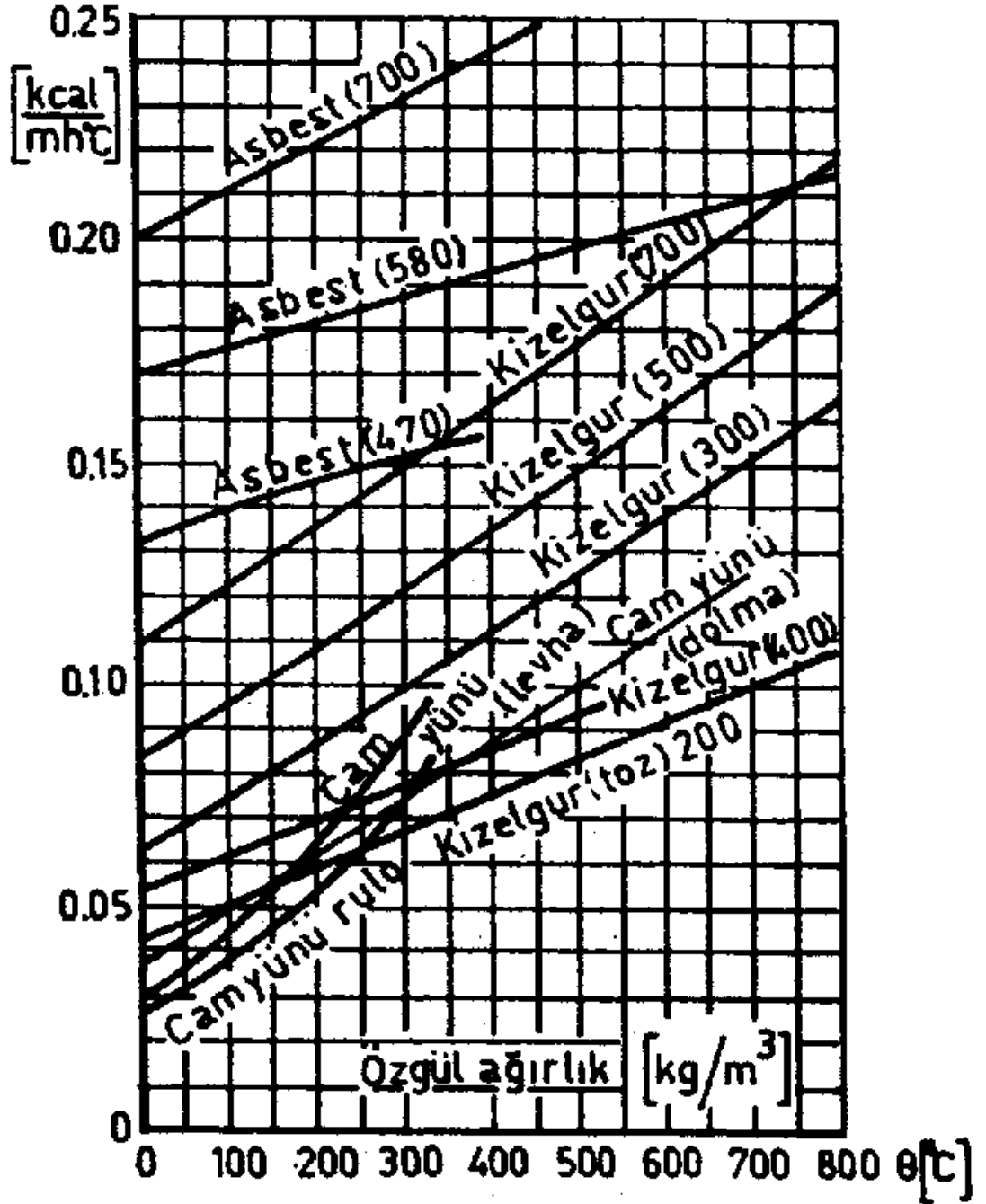
- Özgöl hacmi
- Hacim ve şekil değişimlerine karşı mukavemeti -yığılma olmaması gibi
- Konstrüksiyonlarda işleme kolaylığı -kolay işçilik gibi
- Basma zorlanmalarına karşı şekil değiştirme dayanımı
- Çeki zorlanmalarına karşı şekil değiştirme dayanımı
- Kimyasal nötürlüğü
- Çürüme ve ufalanmaya dayanımlı olması
- Buhar difüzyonuna dayanımlı olması
- Sürekli, periyodik veya kısa tesirli sıcaklıklarda ısı yalıtım fonksiyonunu değiştirmemesi
- Tatbik edilecek konstrüksiyona uygun olması -hafiflik gibi
- Ucuz olması
- Yanıcı olmaması
- Kokusuz olması
- Dengeli olması -zamanla yalıtım özelliğinin azalmaması
- Isı iletim katsayısının küçük değerleri haiz olması
- Böcek ve hayvanların barınmaması (Dağsöz, 1995).

Isı yalıtım malzemeleri, elektrik yalıtım malzemelerinin aksine gözeneklidir. Gözenekli yapı, liflerin, tanelerin, gözenekli tanelerin yığın şeklinde bulunmaları, köpüklü malzeme veya herhangi bir bileşiğin, meydana getirdiği bazı kısmi elemanlarının çıkartılması yahut yakılması ile elde olunur. Mesela yanmış olan kil, sünger taşı (bims), tuf (tuff), cüruf, alçı gibi malzemelerden muhtelif yalıtım malzemeleri yapılmaktadır (Dağsöz, 1995).

Teknikte kullanılan ısı yalıtım malzemeleri;

- Organik asıllı
- Anorganik asıllı

- Sentetik asıllı olmak üzere başlıca üç grupta toplanabilir. Bazı hallerde organik yapıda, anorganik bağlayıcı elemanlar bulunabileceği gibi, anorganik yapıda da organik bağlayıcı elemanların bulunması mümkündür. Isı yalıtımında tercih edilen yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayılarının sıcaklıkla değişimleri Şekil 1.1' de görülmektedir. Organik asıllı yalıtım malzemelerine örnek olarak, oluklu mukavvalar, pamuk keçeleri, tahta lifli hafif levhalar, turb yalıtım levhaları, halat, hortum şeklindeki yalıtım malzemeleri, taneli ısı yalıtım malzemeleri verilebilir. Anorganik asıllı yalıtım malzemelerine örnek olarak, cam yünü, cam yünü kiryolen, taş yünü, curuf yünü, asbest, kizelgur (diatomit), mağnezyum karbonat ve mağnezit verilebilir. Sentetik asıllı yalıtım malzemelerine ise örnek olarak, poliüretan, polivinilklorür köpüğü, polistirol, polietilen verilebilir (Dağsöz, 1995).



Çizelge 1.1., Isı yalıtımında kullanılan yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayılarının sıcaklığa göre değişimi (Dağsöz, 1995).

Günümüzde ısı yalıtımında en yaygın olarak kullanılan malzemeler, sentetik esaslı ısı yalıtım malzemeleridir. Bunlar piyasaya EPS (expanded polistren) ve XPS (extrude polistren) olmak üzere 2 tipte arz edilmektedir. Söz konusu ürünler  $-40 - +100$  °C' ye kadar kullanılabilirler. Ayrıca uygulandıkları yüzeyde taşıyıcı eleman olarak da görev yapabilmektedirler (Dağsöz, 1995).

Şu ana kadar bahsedilen ısı yalıtımı, ısı yalıtımının önemi ve ısı yalıtım malzemelerinden önce, binanın dış ve iç kabuğunun sıva ile kaplanması gerektiği unutulmamalıdır. Çünkü sıva, sözü edilen ısı yalıtım malzemelerinin uygulanacağı, kritik öneme sahip bir yüzeydir. Geçmişten günümüze kadar olan süreçte sıvalara da, saman, odun talaşı, çeltik kabuğu gibi çeşitli organik malzemelerin yanısıra, perlit, pomza gibi endüstriyel kayaçlar da katılarak, ısı yalıtımı sağlanmaktadır. Özellikle perlit ve pomza zemin, çatı ve duvarların ısı yalıtımında harç ve sıvalara katılarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Sıvanın yapıyı güzelleştirmek amacı dışında önemli görevleri de vardır. Sıva, duvarların iç ve dış yüzeylerindeki kaba yapının bütün derzlerini ve pürüzlerini örter. Böylece sıva sayesinde duvarlardaki düzgün olmayan yerler düzeltilir ve içte de duvar kağıdı ve boya için pürüzsüz alanlar oluşturulur. Fakat sıvanın en önemli işlevi, yapının nem miktarını ve ısı korunumunu sağlamasıdır. Sıva, ses yalıtımında ve yangınları önlemede de büyük bir etkidir. Ancak sıva, yapıdaki kullanım alanına, yapısına, harcındaki bağlayıcı malzemelere, yüzeyinin değerlendiriliş şekline ve yapılışına göre çeşitlere ayrılır (Özer, 1982).

Yapılardaki fiziksel özelliklere göre; normal sıvalar duvarın yeterli ölçüde bir nem alışverişini yani nefes almasını sağlar (Özer, 1982).

Su tutmayan sıvalar ise normal sıvaların aksine içine özel kimyasallar konarak, duvarın nem almasını engeller. Ayrıca bünyesine su almayan, su yalıtımlı sıvalar da mevcuttur (Özer, 1982).

Ses emen sıvalar; bunlar çok gözenekli ve köpüklü sıvalardır. Bundan dolayı da gevşek yapıdadırlar. İçerilerinde bulunan mineral elyafı veya şişirilmiş maddelerle yapılırlar. Böyle sıvalar sert değildir (Özer, 1982).

Genelde hava (atmosferik) şartları, soğuk, sıcak, ıslaklık, güneş ışınlanması veya kuraklık, sıva yüzeyini ve böylece sıvanın özelliklerini etkiler. Sıvanacak yüzey tozdan arınmış ve temiz olmalıdır, yüzeydeki pürüzler ve bombeler giderilmelidir. Sıva yapılacak yüzey, uygulama öncesinde ıslatılarak zeminin emiciliği

giderilmelidir. Ayrıca tutunmayı arttırmak amacıyla yüzey, örneğin püskürtme yapılarak pürüzlü hale getirilmelidir (Özer, 1982).

Dış sıvalar atmosferik şartlardan en çok etkilenen sıvalardır. Gerek nemli havadan gerekse yaz aylarında oluşan güneş ışınlanmasından dolayı genişirler ve dışa doğru kabarmalar oluşur. Diğer taraftan kapladıkları yüzeye göre farklı genişmeden dolayı sıva bünyesinde çatlamalar oluşur. İyi bir sıva, bu gibi genişme hareketlerini karşılayabilecek ölçüde elastiki özellik gösterebilmelidir (Özer, 1982).

Genelde, sıva, harç veya betondan yapılan bütün duvar yüzeyleri alkalik ve hidrofildirler. Sıvalar kapiler boşluklarından su emerler. Su, kapiler boşluklardan sıva bünyesine sızarak sıvanın dökülmesine neden olur. Dolayısıyla iyi bir sıvanın sudan zarar görerek dökülmemesi için, su itici kimyasallarla takviye edilmesi gerekir (Özer, 1982).

Yapılan çalışmada Isparta yöresinde bulunan pomza ve kalker kullanılarak ısı izolasyon özelliğine sahip bir sıvanın yapılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada kalker, agrega olarak, pomza ise ısı yalıtımı sağlayıcı malzeme olarak kullanılmıştır. Bu malzemelerin elek analizleri ve kimyasal analizleri Kalekim ve Kalemaden laboratuvarlarında yapılmıştır. Sıva formüllerinde hidrolik bağlayıcı olarak çimento, işlenebilirliği ve yapışma mukavemetini arttırıcı, esneklik sağlayıcı ve su itici özel kimyasallar kullanılmıştır. Hazırlanan sıva formüllerinin performansları, Türk Standartları Enstitüsü' nün, perlitli sıva ve harçlar için hazırlamış olduğu TS 6433 no' lu standardındaki deney metotlarına göre araştırılmıştır. Araştırma sonucunda en iyi sonucu veren tespit edilmiştir. Ayrıca gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutacak tavsiyelerde de bulunulmuştur. Hazırlanan formüllerin ısı yalıtım katsayıları, P dalga hızı ile ısıl geçirgenlik arasında bulunan korelasyon formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır. Böylece sıvaların ısıl geçirgenlikleri de bulunarak en iyi yalıtımı sağlayan sıva formülleri de belirlenmiştir.

## 2. KAYNAK BİLGİSİ

### 2.1 Agregalar

Çeşitli büyüklükteki tanelerden oluşan malzemeye agrega denir. En çok bulunan agrega türleri kum ve çakıdır. Agregayı oluşturan tanelerin bir bağlayıcı ile birleştirilmesi sonucu beton elde edilir (Kocataşkın, 1973).

Agreganın esas olarak çimento ile kimyasal bir reaksiyona girmediği bilinir. Agrega ile çimento hamuru arasındaki bağlantı kimyasal olmayıp fiziksel ve mekanik esasa dayanır. Bu bağ dayanımı ile bilinen çoğu kez aderans olarak adlandırılan bir özelliktir. Genel olarak betonu kısa veya uzun süreli performansında bu aderans etkisi büyüktür. Ancak agreganın fiziksel, ısıl, bazen de kimyasal özelliklerinin betonun genel olarak performansında özellikle de hacim stabilitesinde ve betonun durabilitesinde önemli bir işlevi vardır. Öte yandan agreganın betonun maliyetinde de önemli bir etkisi söz konusudur. Eğer agreganın beton içindeki tane dağılımı iyi tasarlanırsa daha az çimentoya gereksinim olur. Bu da agreganın ekonomik bakımdan önemini ortaya koyar. Betonda kullanılacak agrega olabildiğince küp veya küre biçimine yakın olmalıdır, Agregalar denizden, derelerden, ocaklardan ve eski dere yataklarında elde edilir. Agreganın elde edildiği kayacın kimyasal ve mineral bileşimi yanında, petrografik sınıflandırılması, özgül ağırlığı, sertliği, dayanımı, fiziksel ve kimyasal kararlılığı ve boşluk yapısı agreganın özellikleri üzerinde önemli bir işleve sahiptir (Dizayn, 2002).

Betonda agrega kullanılmasının sağladığı teknik özelliklerin başında, sertleşen betonun "hacim değişikliğini" önlemesi veya azaltması sertleşmiş betonun "aşınmaya karşı dayanımını" arttırması, çevre etkilerine karşı "dayanıklılığını" arttırması ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle betonun taşımakta olduğu yüklere karşı "dayanımı" sağlayabilmesi gelir. Betonda kullanılan agreganın dayanıklılığı, gözenekliliği, mineral yapısı, tane şekli, gradasyonu, tanelerin yüzey pürüzlülüğü, en büyük tane boyutu, elastik modülü, termik genleşme katsayısı, agregada kil olup olmadığı ve agreganın temizliği gibi birçok özellik beton dayanıklılık türlerinin bir veya daha fazlasını etkilemektedir (Goeticiies, 2003).

Çizelge 2.1.1. Beton özelliklerinin agrega özelliği ile değişimi (Yeğınobalı, 1999)

Beton Özelliği	İlgili Agrega Özelliği
Dayanım	Dayanım Yüzey şekli Tane şekli Yüzey temizliği En büyük tane boyu Tane boyu dağılımı
Birim Ağırlık	Özgöl ağırlık Tane şekli En büyük tane boyu Tane boyu dağılımı
Elastisite Modülü	Elastisite modülü Poisson oranı
Rötre	Elastisite modülü Tane şekli Yüzey temizliği En büyük tane boyu Tane boyu dağılımı
Donma-Çözünmeye Dayanıklılık	Hacim sabitliği Gözeneklilik Gözenek yapısı Geçirgenlik Doygunluk derecesi Çekme dayanımı Kil içeriği
Islanma-Kurumaya Dayanıklılık	Gözenek yapısı Elastisite modülü
Isınma-Soğumaya Dayanıklılık	Isıl genişleme katsayısı
Aşınmaya Dayanıklılık	Sertlik
Alkali-Silika Reaksiyonu	Reaktif silis içeriği
Isıl Genleşme Katsayısı	Isıl genişleme katsayısı
Isıl Geçirgenlik	Isıl geçirgenlik
Özgöl Isı	Özgöl ısı
Yüzey Kayganlığı	Cıllanabilme
Ekonomi	Yöreden temin edilebilme Üretim kolaylığı Tane şekli En büyük tane boyu Tane boyu dağılımı

Agregaları yoğunluklarına göre ağır, normal ve hafif agregalar olmak üzere 3 gruba ayırabiliriz. Her bir grup, agreganın kaynağına göre doğal ve yapay, agreganın görmüş olduğu işlemlere göre kırılmış, kırılmamış, ısıl işlem görmüş, ısıl işlem görmemiş diye alt gruplara da ayrılabilir (Kocataşkın, 1973).



### 2.1.1. Normal Agregalar

Özgül ağırlıkları 2,0 ile 3,0 kg/l arasında olan agregalardır. Uygulamada daha çok bu sınıftan agregalar kullanılır ve bunların özgül ağırlıkları 2,6 kg/l dolayındadır. Normal agregalar elde edildikleri kaynağa göre doğal ve yapay olmak üzere ikiye ayrılırlar. Uygulamada kullanılan agregaların büyük bölümü doğal kaynaklıdır. Doğal normal agregalara örnek olarak, kum, çakıl ve kırmataş verilebilir. Kum ve çakıl doğada nehir ve denizlerden, alüvyonların veya buzulların oluşturduğu ocaklardan sağlanabilir ve bu kaynağın türüne göre bazen deniz kumu, dere çakılı gibi isimler alabilirler. Kırmataş ise, taş ocaklarında sağlanan kayaçların, konkasör adı verilen kırıcılarda kırılmasıyla elde edilirler.

Yapay normal agregalar ise, bazı sanayi dallarında yan ürün olarak ortaya çıkan yüksek fırın curufu gibi yoğun ve taş yapılı malzemelerdir. Örnek olarak dolu tuğla kırığı verilebilir (Kocataşkın, 1973).

### 2.1.2. Hafif Agregalar

Hafif agregalar, özgül ağırlıkları 2,5 kg/l' nin altında olan agregalardır. Öncelikle hafif beton üretiminde kullanılan bu agregalar da doğal ve yapay olarak ikiye ayrılır. Doğal hafif agregalar, doğadan sağlanan, kırılmadan veya kırılarak kullanılan, ısı işlem gören veya görmeyen taşlardır. Isıl işlem görmeden kullanılanların tamamı volkanik kökenli olup, katılaşma sırasında bileşimlerinde oluşan gazlardan ötürü gözenekli ve boncuksu bir yapıları vardır. Örnek olarak, sünger taşı (bims) (pomza), tuf, puzolan ve pomza verilebilir.

Yapay hafif agregalar ise, sanayi artığı hafif malzemelerdir. Kırma, ısı işlem gibi işlemler uygulandıktan sonra veya uygulanmadan kullanılabilir. Örnek olarak, iyi sinterleşmiş kömür curufu (maşfer) verilebilir. Isıl işlem gördükten sonra kullanılan agregalara ise örnek olarak, köpürtülmüş yüksek fırın curufu ve sinterleşmiş uçucu kül verilebilir (Kocataşkın, 1973).

### 2.1.3. Ağır Agregalar

Özgül ağırlığı 3,0 kg/l' nin üstünde olan agregalardır. Bunlar ağır beton üretmek için kullanılırlar. Doğal ağır agregalara örnek olarak barit, manyetit, hematit, limonit

verilebilir. Yapay ağır agregalara ise hurda demir örnek olarak gösterilebilir (Kocataşkın, 1973).

#### **2.1.4. Agregaların Özellikleri**

Agregaların özellikleri, bunların beton özelliklerine etkileri ölçüsünde önem kazanmaktadır, iyi bir beton üretimi için agregalarda aranacak koşullar şunlardır:

- a) Sağlam olmalı, aşınmamalı, suyun etkisiyle yumuşamalı dağılmamalı,
- b) Çimento bileşenleriyle zararlı bileşikler meydana getirmemeli ve donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemeli.
- c) Tanelenin biçimi, dokusu iyi olmalı.
- d) Tanelerin büyüklük bakımından dağılımı amaca ve standartlara uygun olmalı.
- e) Agregada içinde zararlı maddeler bulunmamalıdır.

Bu koşullarla ilgili agrega özellikleri birkaç ana başlık altında incelenebilir.

1-) Petrografik özellikler

2-) Zararlı maddeler

3-) Mekanik özellikler

- Mukavemet
- Aşınmaya dayanıklılık
- Darbelere dayanıklılık

4-) Fiziksel özellikler

- Tane biçim ve yüzey dokusu,
- Tanelerin nem durumu
- Birim ve özgül ağırlıkları
- Dona dayanıklılık
- Tane büyüklüğü dağılımı (Kocataşkın, 1973).

##### **2.1.4.1. Agregaların Petrografik Özellikleri**

Petrografik özelliklerden kasıt, agregaların minerolojik yapısıdır. Taşların, oluşum biçimi bakımından mağmatik, sedimanter, ve metamorfik olmak üzere üçe ayrıldığı bilinmektedir. Mağmatik taşlar boşluksuz ve sağlam yapıları nedeniyle beton üretiminde kullanılmaya genellikle uygundur. Mağmatik taşların boşluklu türleri ise hafif beton üretiminde kullanılır. Sedimanter taşların özellikleri ise çok değişken

olmakla birlikte genelde, kalker ve dolomit kırmataş olarak kullanılmaktadır. Metamorfik taşlar da agrega olarak kullanılmaktadır. Şistler ve kil bileşimli taşlar, su emdikçe hacim değişikliğine uğradığından uygun değildirler (Kocataşkın, 1973).

### **2.1.5. Agregalara Zarar Veren Maddeler**

Betonun katılaşmasına veya sertleşmesine zarar veren, betonun dayanımını ve kompasitesini azaltan, parçalanmasına neden olan veya donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşüren, bunun için agregalarda fazla miktarda bulunması sakıncalı olan maddeler şunlardır:

- 1) İnce maddeler veya yıkanabilir maddeler
- 2) Organik kökenli maddeler
- 3) Hafif maddeler
- 4) Diğerleri (Kocataşkın, 1973).

#### **2.1.5.1. İnce Maddeler veya Yıkanabilir Maddeler**

Bunlar agregada ince halde dağılmış veya kolay dağılmayan topraklar halinde, agrega tanelerine yapışık halde bulunan kil, silt ve çok ince taş unudur. Bunların agrega içinde belirli miktarlardan daha fazla bulunması istenmez. TS 706' ya göre ince malzeme 63 mikrondan küçük taneler olarak tanımlanmakta ve maximum miktarlar ince agrega için ağırlıkça %3-4, kalın agrega için % 0,5-2 olarak verilmektedir (Kocataşkın, 1973).

#### **2.1.5.2. Organik Kökenli Maddeler**

Bunlar gübreli toprak, bitki artıkları olup betonun sertleşmesine zarar verebildiği gibi, renk değişimine, şişerek beton yüzeyinde patlamalara neden olabilir. Agregadaki organik madde miktarı, agrega, sodyum hidroksit çözeltisi içine bırakılarak saptanır. Çözeltinin, 24 saat sonunda rengi "renksiz" ile açık sarı arasındaysa organik madde zararsız miktardadır (Kocataşkın, 1973).

#### **2.1.5.3. Hafif Malzemeler**

Bunlar kolay ezilen ve parçalanan agrega taneleri ile çimento hamurundan daha az sağlam ve özgül ağırlığı 2 kg/l' den az olan hafif taneler, kömür, linyit gibi

maddelerdir. TS 706' ya göre agreganın suya bırakılması halinde yüzecek olan bu malzemenin miktarı ağırlıkça %0.5 den fazla olmamalıdır (Kocataşkın, 1973).

#### **2.1.5.4. Diğer Zararlı Maddeler**

Bunlar betonun sertleşmesine zarar verdikleri için şeker ve çözünen tuzlar, agreganın kimyasal yapısıyla ilgili olan kükürtlü bileşikler ve alkali reaksiyonu doğuran bileşiklerdir. Çeliğin korozyonuna neden olan nitratlar ve halojenler ile özellikle klorun suda çözünen türü de bu maddeler arasında sıralanabilir (Kocataşkın, 1973).

Kükürtlü bileşikler; cinslerine, agrega içindeki miktarlarına ve yapının içinde bulunduğu ortam koşullarına bağlı olarak, betonda zararlı değişiklere neden olabilirler. Burada kükürtlü bileşiğin cinsi ve dağılışı önemlidir. Örneğin iyi sıkıştırılmamış betonlarda, hava akımı ve rutubet vasıtasıyla oksitlenen sülfürler ve sülfatlar (alkali sülfatları, jibs, anhidrit gibi) zararlı olabilir. Sülfatlar, betondaki kireç ve alüminyum bileşikleriyle reaksiyona girerler ve zamanla büyüyen kristaller meydana getirerek betonun parçalanmasına neden olurlar. Bununla birlikte Barit ( $BaSO_4$ ), rutubetli ortamda bile yapısı değişmediğinden, beton agregası olarak kullanılabilir. Barit dışındaki sülfatların varlığından kuşku duyuluyorsa agregadaki sülfat miktarı belirlenir.  $SO_3$  olarak hesaplanan sülfat miktarı ağırlıkça % 1 den çok olmamalıdır (TS 706, 1980).

#### **2.1.6 Agregaların Beton Dayanımına Etkisi**

(Şengül, 2001) Çimento hamuru, matrisin dayanımının artmasıyla birlikte ara yüzeydeki homojen gerilme dağılımı sonucu, oluşan çatlakların agreganın içinden geçme olasılığı artar ve bununla beraber beton dayanımı yükselir. Bu durumda agreganın dayanımı önem kazanır. (Işık, 2003)

(Yeğinoğlu,1999) Düşük dayanımlı hafif agregalar ile genel olarak kullanılan normal ağırlıktaki agregaların beton içinde davranış ve beton dayanımına etkileri farklıdır. Normal ağırlıktaki agrega, normal dayanım sınırları içinde betonun basınç dayanımını fazla etkilemez. Burada daha çok ara yüzey özellikleri ve agrega-hamur arasındaki aderans ile agrega tane şeklinin beton işlenebilmesine olan etkisi rol oynar. Kırmataş gibi yüzeyi pürüzlü, köşeli agrega ile dere çakılı gibi yüzeyi

düzgün, yuvarlak agrega kıyaslandığında olumlu ve olumsuz etkilerin dengelendiği görülmektedir (Işık, 2003).

Çizelge 2.1.6.1. Tane şeklinin betona etkisi (Yeğınobalı, 1999)

Agrega Tanesi	Beton İçin Gerekli Su İhtiyacı	Çimento Hamuru İle Aderans
Yuvarlak, düzgün yüzeyle	Daha az	Daha zayıf
Köşeli, yüzeyi pürüzlü	Daha çok	Daha kuvvetli



YUVARLAK



BIÇIMSIZ



KÖŞELİ



YASSI



UZUN



YASSI ve UZUN



KIRMATAŞ



ÇAKIL

Şekil 2.1.6.1. Agregatane biçimleri (Kocataşkın, 1973)

(Yeğınobalı, 1999) Betonda eğilme dayanımının yüksek olması istendiğinde kırmataşların, yüksek dayanımlı betonlarda da yüksek dayanımlı kayalardan kırılarak elde edilen agreganın kullanılması önerilmektedir (Işık, 2003).

(Yeğınobalı, 1999) Agregada arayüzeyindeki toz vb. ince malzeme beton karıştırılırken yüzeyden ayrılıyorsa belirli bir işlenebilirlik düzeyi için su ihtiyacını arttırmanın dışında sakınca yaratmaz. Ancak, agregada tanesi yüzeyine yapışıp kalan killi malzeme çimento hamuru ile aderansı olumsuz etkiler ve beton dayanımında önemli azalmalara neden olabilir (Işık, 2003).

(Yeğınobalı, 1999) Donma-çözülme ve ıslanma-kuruma'ya dayanıklılık; agregada hacim sabitliği donma-çözülme, ıslanma-kuruma ve ısınma-soğuma gibi dış etkenler karşısında büyük veya kalıcı hacim değişikliklerine uğramaması olarak tanımlanır. Bu da agreganın mineral yapısına ilaveten gözenek özellikleri ve geçirgenliği ile ilişkilidir. Gözenekleri tamamen suya doyabilen agregalar suyun donması durumunda parçalanabilirler. Burada agreganın kristal yapısı ile çekme dayanımı da önem kazanır. Islanma-kuruma devirleri agreganın gözenek yapısına bağlı olarak hacim değişikliği meydana getirdiklerinden arayüzeyde, agreganın elastisite modülüne bağlı olarak gerilmeler meydana gelebilir (Işık, 2003).

(Yeğınobalı, 1999) Isınma-soğuma'ya dayanıklılık; normal ağırlıktaki agregaların ısı genleşme katsayıları (5-12)  $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  arasında, çimento hamurununki ise (10-20)  $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  arasında değişir. Normal koşullarda, katsayılar arasındaki farkın  $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  dan ve sıcaklık değişiminin  $30^{\circ}\text{C}$  dan fazla olmamaları halinde bir sakınca görülmez. Ancak bu değerler aşıldığında agregada ile hamur arasında meydana gelebilecek ısı gerilme ve deformasyonlara dikkat edilmelidir. Alkali-silika reaksiyonuna reaktif silis içeren agregaların yüksek alkalili çimentolarla birlikte kullanılması halinde rastlanmaktadır (Işık, 2003).

### **2.1.7. Kalker**

Kireçtaşları, kalsiyum karbonat bileşiminde olan kayalardır. Bileşimlerinde bulunan karbonatların çoğu amorf dur. Bunların kristalize olanları kalsit ve aragonittir. İçerisinde % 10 dan fazla  $\text{Mg CO}_3$  bulunan kireçtaşlarına dolomitik kireçtaşları denir.

Eğer bu miktar % 50-90 olursa, kireçtaşı dolomit, daha fazla olursa dolomit adını alır (Sarız ve Nuhoglu, 1992). Kesmetaş haline gelebilen dolomitik kireçtaşları kalker ismi altında kullanılmaktadır (Köktürk, 1997)

Kalkerler orijin bakımından başlıca, kalkerli organik artıklarla veya kimyasal çökme ile meydana gelirler. Çok saf oldukları zaman, bileşimlerinde %56 CaO, %44 CO<sub>2</sub> bulunur. Genellikle magnezyum, manganez, demir, kil ve bitüm içerirler ve bu maddelere göre isim alırlar. Ortalama yoğunluğu 2,0 – 3,0 gr/cm<sup>3</sup>, sertliği 3' tür. Yani çakı ve iğne ile çizilebilirler (Köktürk, 1997).

### **2.1.7.1. Kalkerlerin Oluşumu**

Kalkere dönük olarak, literatürde kırılıp taneciklere ayrılmış kalker parçacıklarının kum gibi sürüklenip, bir başka ortamda (göl veya denizde) birikmesiyle taneli yapıda bir kireçtaşının oluştuğu söylenirse de, bunun pratik değil, sadece bilimsel bir önemi vardır. Oolitik kireçtaşları ise ayrı bir fenomendir; çok küçük kuvars kristallerini veya kavkı parçacıklarını kalsiyum karbonatın bir sırla çevirmesiyle oluşan oolit tanelerinin, yine kalsiyum karbonat hamurla birleşerek meydana getirdiği taştır. Görünüşte tanelidir, ama oluşumu, bütün kireçtaşları gibi, kimyasal yollardır (Önem, 1997).

Altıyüz milyon yıl önce, Kambriyen' de, dünyanın etrafında ilk su kütlelerinin toplandığı dönemde, kireçtaşları oluşmaya başlamıştır. Kalın Kambriyen kalkerleri ve bunların içlerinde bulunan kalker kavkılı su canlılarının fosilleri, o safhada karbonatın etkili şekilde varlığını göstermektedir. Yeryüzünde taşlaşmış ve çözülmeye hazır kalker kütlelerinin henüz var olmadığı Kambriyen öncesinde, akan sularla denizlere kalsiyum karbonatın nasıl taşındığı bilinmemektedir. Karbonatın suda ilk defa bulunması, muhtemelen termal/hidrotermal eriyikler kanalıyla sağlanmıştır. Sularda böylece oluşan kalsiyum iyonları, atmosferden suya geçmiş karbondioksit ve oksijenle birleşerek canlıların kabuğunu meydana getirmekte; bunlar da sonra parçalanıp eriyerek kalsiyum karbonat çamuru halinde, suların dip kısmında toplanmaktaydı. Daha sonraki dönemlerde, bu oluşum hep devam etmiştir. Ancak denizlerde çökelen ilk kireçtaşı çamurları ve organizma artıklarıyla teşekkül eden kalkerler, tektonik olaylarla kara kütleleri haline geçince, sadece hidrotermal

eriyiklerden değil, bu kütlelerden de kalsiyum iyonları oluşarak sularla taşınmakta ve yeniden karbonat teşekkülüne kaynaklık etmekteydi (Önem, 1997).

Doğada kalkerler çok nadir olarak saf halde, yani %100  $\text{CaCO}_3$  şeklinde bulunurlar. Böyleleri kalsit ve/veya aragonittir.  $\text{CaCO}_3$  içeren hareketli yeraltı suları şayet hiçbir eleman içine karışmadan yüzeylese, basınç düşmesiyle hemen olduğu yerde çökelen bu kalsiyum karbonatlar büyük oranda saf olurlar. Bu halde bile, kalsit ve/veya aragonit oluşumlarının bazı kısımları, eser halinde demir, magnezyum vb. mineraller içerebilir. Tabii ki kalsit ve aragonitin tek farkı içerikleri değil, kalsitin hekzagonal, aragonitin ise ortorombik sistemde kristallenmesidir (Önem, 1997).

#### **2.1.7.2. Kalkerlerin Kullanım Alanları**

İnşaat alanında; Yapı taşı, çimento, harç ve sıva olarak, kireç imalinde, kireç ( $\text{CaO}$ ); kalkerin ısıtılıp  $\text{CO}_2$ ' nin uçması ile elde edilir. Kireç,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  içerebilir.  $\text{Mg}$ ' lu kireç taşları kireç yapmaya uygun değildir. Çünkü kalsinasyonu ( $600-800\text{ }^\circ\text{C}$ ) tam olarak gerçekleşmez. Ayrıca kireçle birlikte oluşan  $\text{MgO}$ ' da kireç söndürülürken sönmez, ancak zamanla hacmini büyültmek suretiyle söner. Bundan dolayı harç olarak kullanıldığı zaman duvarlarda çatlaklar oluşturur. Kireç yapılacak kireçtaşının, kil içeriğinin % 5' i aşmaması gerekir. Aksi takdirde su içinde sertleşebilen hidrolik kireç meydana gelir. Kireç, sönmüş kireç  $\text{Ca(OH)}_2$  ve sönmemiş kireç  $\text{CaO}$  olarak satılır (Köktürk, 1997).

Portlant çimentosu yapımında kireçtaşında, kil ve marn ile % 2-3  $\text{MgO}$ , %1 miktarında  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ , bulunur. % 5'den fazla  $\text{MgO}$  ve pirit olmaması gerekir.

Yol Yapımında; Stabilizasyon malzemesi ve mıcır olarak yollarda kullanılır.

Ziraatte kullanılan kireçtaşı ve dolomitler toprağın kalsiyum ve magnezyum ihtiyaçlarını karşıladıkları gibi toprağın asit oranını da ayarlarlar. Fiziki ve mikroorganizmaların yaşama şartlarını düzenler ve gübrelerin diğer hassaslarını toprağa verirler.

Metalürji Endüstrisinde; Kireçtaşı yüksek fırınlarda, elektrikli fırınlarda, çelikten fosfor ve silisin temizlenmesinde, silisli cevherlerin erime derecelerinin



düşürülmesinde ve metalleri ovmakta, parlatmakta kullanılır. Kireçtaşı eriyikleri kükürtdioksit ( $\text{SO}_2$ ),  $\text{H}_2\text{S}$  ve  $\text{H}$  absorbe etmektedir. Metalürjide kullanılması için kireçtaşlarının parça ebatları 0,5 - 6 inç arasında, sülfür %0.5'e kadar, fosfor miktarı %0,01' den az,  $\text{MgCO}_3$  ise %10' a kadar olmalıdır (Köktürk, 1997).

Kağıt Endüstrisinde; Kireçtaşı kağıt endüstrisinde pişme işleminde kullanılan sıvının hazırlanmasında kullanılır. Pişme sıvısı kireçtaşı ile  $\text{SO}_2$  arasındaki reaksiyon sonucu meydana gelir. Odun selülozu fabrikalarında kullanılan kireçtaşlarının bileşiminde,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  vardır (Köktürk, 1997).

Cam Sanayiinde; Mg ve Ca' ca zengin kireçtaşları kullanılır. Ca' ca zengin olanlar, şişe ve pencere camı, Mg' ca zengin olanlar, özel cam imalinde kullanılır.

Şeker Endüstrisinde; Şeker kamışı ve pancardan şeker elde edilmesinde kirlenmeye neden olan maddeyi ayırır.

Kimya Endüstrisinde; Karpit yapımında; Ca – Karpit, elektrik fırınlarında kireçtaşı ve kok kömürlerinin şarjı sonucu elde edilir. Kok ile kireçtaşı %40 - 60 arasındadır. Kullanılan kireçtaşı saf, yüksek Ca' lı, %1' den az fosfor pentaoksitli, %5' den az MgO, %5' den az FeO, %1 – 2' den az silisli olmalıdır (Köktürk, 1997).

Alkali imalinde, Soda imalinde 1 ton soda için 1,05 ton Ca' ca zengin kireçtaşı kullanılır. Soda imalinde kullanılan belli başlı maddeler tuz ve kireçtaşıdır.

Diğer Kullanım Alanları; Seramik, tuğla, arsenikli haşere öldürücü ilaçlarda, meyva sularındaki sitrik asitlerde ve fenollerde, refrakter olarak, ince öğütülmüş olarak oto lastiği imalinde kullanılır (Köktürk, 1997).

### **2.1.7.3. Ekonomisi**

Kalker potansiyel açıdan hemen hemen dünyanın her yerinde mevcuttur. Ancak burada önemli sorun, kalker yatağının tesislere uzak olmasından dolayı işletilmesinin mümkün olmayışıdır. Kalker ve dolomit yatakları, bazen şist damarcıkları içerdiğinden, bazen de yoğun bir örtü tabakası altında kaldığından, bunların işletilmesi ekonomik olmamaktadır (Köktürk, 1997).

Dünyada ve Türkiye’deki kalker rezervleri hakkında bir tespit yapmak çok zordur. Rezervlerin miktarından çok, kalkerin kalitesinden bahsedilmelidir (Önem, 1997).

### 2.1.8. Pomza

Pomza adı İtalyanca’ dan gelmektedir. Almanca Bimstein, İngilizce’ de “Pumice”, doğal halde ince taneli agrega halinde olanlarına da “Pumicite” denilir. Türkçe’ de ise sünger taşı, köpük taşı, nasır taşı, hışır gibi adlar kullanıldığı gibi, yabancı dillerden gelen kelimelerle de tanımlanırlar. Pomza, akıcı lavların, püskürmesi esnasında içerdiği gazların ani soğuması sonucunda kütleden ayrılması ile meydana gelmiş, çok gözenekli volkanik bir camdır. Asidik magma ürünü diğer volkanik camlardan (Perlit, Obsidyen, Pekştayn) farkı, kristal suyunun olmamasıdır. Ayrıca obsidyen gibi volkanik camlar kırıldıkları zaman camsı bir yüzey, yüzeylerinde de dairevi bir yapı gösterirler. Genel olarak pomza, alüminyum silikattır (Sarız ve Nuhoglu, 1992). Kimyasal bileşimi ise şöyledir :

SiO <sub>2</sub>	%60-75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%13-15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%1-3
CaO	%1-2
MgO	%1-2
Na <sub>2</sub> O - K <sub>2</sub> O	%7-8

Ayrıca TiO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ve Cl esel miktarda bulunmaktadır. Asidik ve bazik olarak iki çeşidi bulunan pomzanın daha çok asidik olanı kullanılmaktadır. Asidik pomza beyaz veya kirli beyaz renktedir. Bazik pomza (Scoria) ise kahverengimsi, siyahımsı renkteki pomza türüdür. Asidik pomzanın yoğunluğu 0.5-1 gr/cm<sup>3</sup>, bazik karakterli pomzanın yoğunluğu ise 1-2 gr/cm<sup>3</sup> civarındadır. Asidik ve bazik pomzaların sertliği ortalama 5-6 civarındadır (Köktürk, 1997).

#### 2.1.8.1. Pomzanın Oluşumu

Faal volkanların bacalarında oluşan tıkanıklıklar, bacadaki basıncın yükselmesine ve su ile erimiş haldeki diğer gazların, magma içerisinde çözünmesine yol açarlar. Volkanda püskürme başladığında, ani basınç düşmesiyle magma içindeki gazlar hızlı

olarak kaçarlar. Geride kalan küresel şekilli erimiş magma, fişkırmayla beraber atmosferle temas eder ve ani olarak soğur. Böylece pomza denilen bol gözenekli ve gözeneklerinin birbirine bağlantılı olmadığı bir kayaç meydana gelir (Köktürk, 1997).

Pomzanın oluşumunu kontrol eden faktörler, asidik mağmanın ısısı, lavların püskürme süreleri, içerdikleri gazların yüzdeleri ve soğuma süresidir.

Pomzalar hafif olduklarından volkan bacalarının etrafında kubbemsi bir yığın meydana getirdiği gibi, rüzgar ve su akıntılarının yönüne göre suda taşınarak uygun yerlerde birikmişler ve sedimanter pomza yataklarını oluşturmuşlardır. Volkan bacasına yakın olan yerlerde pomza damarları içindeki yabancı kayaçların oranı artmakta, volkan bacasından uzaklaştıkça bu oran azalmaktadır. Pomzalar tabiatta muhtelif tane boyutlu olarak ve kalın tabakalaşmış yataklar şeklinde bulunmaktadır. Tabaka kalınlıkları 0.3-9 m arasında değişmektedir. İnceden iriye değişen tane büyüklüğünde veya pudra inceliğine kadar değişen tane büyüklüklerinde bulunurlar. Pomzalar, ayrı ayrı seviyelerde tabakalar meydana getirmişlerdir, volkan faaliyetinden sonra muhtelif taşınmalar sonucu, akarsu, göl ve deniz ortamlarında uygun yerlerde biriken pomzalar, pomza yataklarını meydana getirmişlerdir (Köktürk, 1997)

## **2.1.8.2. Pomzanın Kullanım Alanları**

### **2.1.8.2.1. İnşaat Sanayiinde Pomzanın Kullanım Alanları**

Pomza, inşaat sektöründe perlitin kullanıldığı alanların genellikle tümünde kullanılabilir. Perlit gibi genleştirmek için enerji ve yatırım gerektirmediğinden inşaat sektöründe kullanımı son yıllarda hızla artmaktadır. İnşaat sektöründe pomza hafif beton elde edilmesinde agrega olarak kullanılmaktadır.

Pomza, normal kumun ve çakılın 1/3 ile 2/3' ü kadar ağırlığa eşittir. Pomzadan yapılan betonun normal betondan çok daha hafif olması, taşınması ve kullanılmasındaki kolaylıklar nedeniyle, zaman ve işçilikten tasarruf sağlanır. Zemin mekaniği açısından ise, temele iletilen yük azalacağından yaklaşık % 17 oranında inşaat demirinden tasarruf sağlanabilir (Sarıiz ve Nuhoğlu, 1992).

Çizelge 2.1.8.2.1. Hafif beton agregaları ile normal beton agregasının karşılaştırılması (Sarıız ve Nuhoğlu, 1992)

	Ortalama Yoğunluk kg/m <sup>3</sup>	Beton Kuru Ağırlığı kg/m <sup>3</sup>	Basınç Dayanımı MN/m <sup>2</sup>	%5 Nemde Isı Geçirgenliği W/m.K
Genleştirilmiş Perlit	65-20	400-800	0,7-3,5	0,16-0,26
Pomza	550-880	640-1140	2,0-14,0	0,21-0,60
Kum-Çakıl	1300-1760	2240-2480	14,0-70,0	1,40-1,80

Pomza, gözenekli olmasından ötürü, inşaatlarda ısı ve ses izolasyonlarında kullanılan ideal bir malzemedir. Pomza kullanılması ile ısı kayıpları %50 oranında azalmaktadır. Ayrıca yangına dayanıklı olduğundan normal betona kıyasla %20 daha emniyetlidir. Normal betona oranla daha elastik olması ve donma olayından etkilenmemesi diğer üstünlükleridir (Köktürk, 1997).

#### 2.1.8.2.2. Tekstil Sektöründe Pomzanın Kullanım Alanları

Tekstil sektöründe pomza, daha çok kot giysilerin ağartılması ve yumuşatılması amacıyla kullanılmaktadır. İstenilen özellikleri :

- Pomza orta sertlikte olmalı ve kırılma dayanımı iyi olmalı.
- Yabancı maddelerden arındırılmış olmalı, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı % 18 den az olmalı ayrıca mika minerali içermemeli veya az içermeli.
- 3-4-5-6 cm ebadında, kuru, gözenekli ve yuvarlatılmış olmalıdır. Rengi beyaz olmalı ve suda yüzmelidir. Yıkama işleminde bir parça kot için 0,5 - 1 kg pomza tüketilir (Köktürk, 1997).

#### 2.1.8.2.3. Aşındırıcı Sanayide Pomzanın Kullanım Alanları

Toz haline getirilen pomza, madeni eşyaların ve yumuşak metallerin temizlik ve parlatılmasında kullanılır. Burada kullanılan pomza, 5 mikronun altında olmalı ve %1' den az serbest kuvars içermelidir (Köktürk, 1997).

#### 2.1.8.2.4. Kimya Sanayide Pomzanın Kullanım Alanları

Kimyasal taşıyıcı olarak diş macunlarında, emici madde olarak mantar ilaçlarında kullanılır (Köktürk, 1997).

### 2.1.8.2.5. Tarım Sektöründe Pomzanın Kullanım Alanları

Toprağın su tutma özelliğinin geliştirilmesi, özellikle su problemleri olan bölgelerde gereken nemin sağlanması (hidrokültür malzemesi) amacıyla kullanılır (Köktürk, 1997).

### 2.1.8.2.6. Diğer Sektörlerde Pomzanın Kullanım Alanları

Kozmetik sanayii, filtre sanayii, lastik sanayii, boya sanayiinde ve pürüzlü kaplamada ses izole edici olarak kullanılır (Köktürk, 1997).

### 2.1.8.3. Türkiye Pomza Rezervleri

M.T.A. Genel Müdürlüğünce yapılan araştırmalara göre Türkiye’ de toplam 2.8 milyar m<sup>3</sup>’ lük pomza rezervi mevcuttur. Batı, Orta ve Doğu Anadolu’ da zengin rezervleri bulunmaktadır. Pomza taşı görünüm olarak, beyaz, kirli sarı, gri, ve siyah renktedir. Endüstriyel pomzanın en fazla talep göreni daha çok Doğu Anadolu’ da Nevşehir civarında yataklanmış olan beyaz renkli pomzadır. Gri pomza kırılkan olması nedeniyle, kirli sarı renkte pomza su içerisinde renk bırakması ve çabuk erimesinden, siyah pomza ise yoğunluğunun fazla olmasından dolayı sürekli alıcı bulamamıştır (Köktürk, 1997).

Çizelge 2.1.8.3.1. Türkiye pomza rezerv durumu (Köktürk, 1997)

Yeri	Rezerv m <sup>3</sup>	Cinsi
Nevşehir-Avonos-Ürgüp	400.412.834	Görünür + Muhtemel
Derinkuyu	48.660.500	Muhtemel
Kayseri-Merkez-Gömeç K.	13.250.000	Görünür + Muhtemel
Kayseri-Develi	58.500.000	Görünür + Muhtemel
Kayseri-Talas-Tomarza	240.990.528	Görünür
	483.660.723	Muhtemel
Bitlis-Tatvan	1.100.000.000	Görünür
Bitlis-Ahlat	210.000.000	Görünür + Muhtemel
Van-Erciş-Kocapınar	154.625.000	Görünür + Muhtemel
Van-Mollakasım	5.950.000	Görünür + Muhtemel
Ağrı-Patnos-Develi	27.812.500	Görünür + Muhtemel
Ağrı-DoğuBeyazıt-Çetenli	26.875.000	Görünür + Muhtemel
Kars-Iğdır-Kovaktepe	40.156.250	Muhtemel
Kars-Digor	11.718.750	Muhtemel
Kars-Sarıkamış-Meşçitli K.	1.875.000	Muhtemel
Ankara-Güdül-Tekköy	8.070.000	Görünür + Muhtemel

#### 2.1.8.4. Isparta Pomzasının Genel Jeolojisi ve Oluşumu

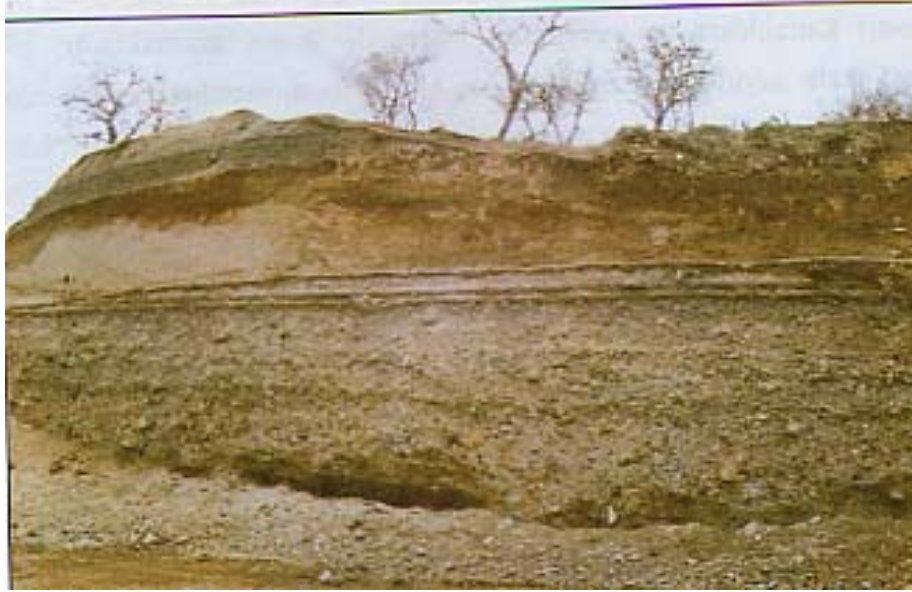
Isparta ve yöresi pomza yatakları, paleosen ve kuvaternar boyunca Gölcük kraterinin volkanizma faaliyetleri sonucunda oluşmuştur. Özellikle Gölcük ve civarında, tabandan tavana doğru, Burdigaliyen yaşlı fliş, bu birim üzerine bindirme ile gelen Trias-Kretase yaşlı serpantin, Akdağ kireç taşları ve bu birimlerin tümünü, Pliyosen devrinde keserek yayılmış ve püskürerek örtmüş volkanitler ve piroklastitler yer almaktadır. Fliş birimi, Gölcük krateri doğusunda Isparta çayı boyunca yüzeylenmektedir. Birim, başlıca marn, kum taşı ve daha az oranda da ince katmanlı kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Fliş biriminin üzerinde Akdağ kireç taşlarına ait klipler bulunurken, pliyosen volkanizmasına ait andezitler ve traki andezitler, birimi katederek volkan konileri oluşturmuş veya tali bacalar şeklinde bu birimin içerisine yerleşmiş bulunmaktadırlar (Gündüz vd.,1998).



Şekil 2.1.8.4.1. Isparta yöresi pomza oluşumlarından genel bir görünüm (Gündüz vd.,1998)

Gölcük civarındaki volkanitler, farklı kesimlerde farklı türlerde yüzeylenme vermekte olup, andezit ve traki-andezit olmak üzere iki türdür. Piroklastitler ise oldukça kalın istiflenme sunmakta ve bu istif, pomzalar klavuz seviye olmak üzere, alt volkano-tortul birim, bloklu pomza, ekonomik pomza, ve üst volkano-tortul birim olarak ayrılmaktadır. Bunlardan bloklu pomza ve ekonomik pomza seviyeleri, kalınlıkları ve yayılımları nedeniyle önemlidir. Bloklu pomza, fazla sayıda andezit ve

çakıl bloğu içermektedir. Ekonomik pomza seviyesi, çeşitli boyutlardaki bol gözenekli, piroklastit materyalin gevşek bir yapıda yığılmasından oluşmuştur. Gölcük kalderasının kuzey ve kuzeydoğu kesimlerine yayılmıştır. Yataya yakın katmanlı olup, kalınlık değişimi yanal olarak düzenlidir. Pomzanın kalınlığı kaldera kenarlarında 15 metreyi bulurken, kuzeye doğru 2 metre ve daha az kalınlıklar içermektedir (Gündüz vd.,1998).



Şekil 2.1.8.4.2. Ekonomik pomza ve bloklü pomza katmanları kesit görünümü (Gündüz vd.,1998)

#### **2.1.8.5. Isparta Yöresi Pomzalarının Minerolojik ve Petrografik Özellikleri**

Volkanik olarak yeryüzüne çıkan magma çözeltisi, bünyesinde içerdiği yüksek miktardaki Flor, Klor ve Su buharını bünyesinden atarak gözenekli yapıdaki kompleks ignimbirit, petrografik yapıdaki pomza şekillenmektedir. Asidik magma çözeltisinden şekillenen pomzada silis miktarı %62' nin üzerine çıkmaktadır. Bazik magma çözeltisinden oluşan pomza oluşumlarında ise silis oranı %56' nın altına düşmektedir. Isparta yöresi pomzalarının kimyasal analiz değerlerine genel olarak bakıldığında, magma çözeltisinin asidik karakterli olduğu gözlenmektedir. Genel olarak pomza, (magmatik kayalar), birincil (esas) ve ikincil (sekonder) minerallerden meydana gelmiştir. Birincil (esas) mineraller silikatlar, ikincil (sekonder) mineraller ise oksitler, fosfatlar, titanatlar ve karbonatlardır (Gündüz vd.,1998).



Şekil 2.1.8.4.3. Doruk bölgesi pomzasının ince kesit görünümü (Gündüz vd.,1998)

#### **2.1.8.6. Maden Yatağı ve Cevherin Özellikleri**

Isparta ve yöresi pomza yataklarının karakteristik özelliklerinin, yatak ile püskürmenin gerçekleştiği volkan bacası arasındaki mesafeye göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir (Gündüz vd., 1998).

Volkan bacası civarı ve yakın mesafede, havadan taşınma yoluyla oluşan yataklarda, tane boyut dağılımı iri (>7cm parça boyutlu pomza oranı %15); yabancı taş miktarı (andezit, traki-andezit ve hatta kuvarsit parçaları ile biyotit topakları) fazla olup, üst katman pomzada %34' e ulaşabilmektedir. Alt katman pomzada ise çok daha fazla oranlardadır (Gündüz vd., 1998).

Volkan bacasından uzaklaşıldıkça tane boyutu küçülmekte (<7cm ) ve yabancı taş oranı, andezit, traki-andezit parçaları ve biyotit topakları %13-18 arasında olmaktadır. Volkan merkezinden 5-6 km çapındaki bir çember dışında kalan yataklarda, kuvarsit parçaları hemen hemen hiç gözlenmemektedir (Gündüz vd., 1998).

Volkan merkezinden uzaklaşıldıkça pomza tanelerinin porozitesi artmakta, buna bağlı olarak yoğunluğu da azalmaktadır. Ayrıca yoğunluğa bağlı olarak da pomza



tanelerinin gri tondan, açık gri tona doğru değişen renk farklılıkları göze çarpmaktadır (Gündüz vd., 1998).

Isparta ve yöresi pomza maden yatakları ve cevheri, birbirinden farklı karakteristik özellikler gösteren bölgelere ayrılmıştır. Isparta yöresinde görünür rezerv olarak bilinen pomza oluşum bölgeleri:

- Karakaya bölgesi,
- Gölcük Bölgesi,
- Gelincik Bölgesi,
- Aliköy Bölgesi' dir.

Karakaya pomza sahasının çok geniş bir alana yayılması (1940 hektar) ve sahadaki pomzanın genelde homojenlik arzemesi nedeniyle, saha üç pilot bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgelere ERDEM, DORUK ve ATILIM isimleri verilmiştir (Gündüz vd., 1998).

Çizelge 2.1.8.6.1. Karakaya Bölgesi pomza cevheri özellikleri (Gündüz vd., 1998)

Esas ve Yan Cevher Minerallerinin Tanımı	Sonuç - Tanımlama
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	0,90
Mineral parajenezi	Feldispat, Biotit, Piroksen ve Opak mineraller
Cevherleşmenin yaşı	Pliyosen
Cevherin dokusu	Gözenekli
Cevherin rengi	Kirli beyaz, gri
Cevher / Gang oranı	%82 – 87 pomza, % 13 – 18 Traki-andezit
Cevher kütlelerinin tipi	Piroklastit
Cevher kütlelerinin şekli	Katman – katmansı
Cevherin oluşum biçimi	Volkanik bir oluşumdur. Volkanizma evresinde son fazda oluşmuştur. Volkandan püsküren eriyikler içerisindeki fümeroller, ani soğumadan dolayı serbest kalmış ve gözenekli yapı oluşmuştur.
Cevherleşmeyi kontrol eden faktörler	Püskürme süresi, magma ısısı, ara süreler, soğumanın hızı
Cevherli zonun boyutları ve istikameti	Cevherleşme genelde topoğrafyaya uyumlu, katman-katmansı bir yapıda olup, belirli bir istikametten bahsetmek doğru olmaz.
Cevherli zonun ortalama uzunluğu (m)	Mostraların toplam uzunluğu yaklaşık 3200 metredir.
Cevherli zonun ortalama derinliği (m)	Volkan merkezine yaklaştıkça 5-6 m' ye kadar çıkmakta, merkezden uzaklaştıkça 2 m' ye kadar düşmektedir.
Cevherli zonun ortalama genişliği (m)	Yer yer kesikliklerle beraber saha boyunca uzanmaktadır.
Cevherli zonun dalımı	Topoğrafyaya uyumlu olup, belirli bir dalımdan söz etmek mümkün değildir.

Gölcük volkanizma faaliyetleri sonucunda oluşan pomza yatakları geniş bir yayılım göstermektedir. Ekonomik yatakların bölgelere göre rezerv durumları şöyledir:

Çizelge 2.1.8.6.2. Isparta yöresi pomza rezervleri (Gündüz vd., 1998)

Ekonomik Kat Pomza Rezervi (üst katman pomza)		
Yatağın Mevkii	Görünür Rezerv (ton)	Muhtemel+Mümkün Rezerv (ton)
Gölcük	1.800.000	6.000.000
Karakaya	1.250.000	6.000.000
Gelincik	227.000	675.000
Aliköy	225.000	350.000
Burdur	305.000	680.000
Çünür	81.000	150.000
Bloklu Kat Pomza Rezervi (alt katman pomza)		
Yatağın Mevkii	Görünür Rezerv (ton)	Muhtemel+Mümkün Rezerv (ton)
Gölcük	--	70.000.000
Karakaya	--	48.000.000
Gelincik	--	5.000.000
Aliköy	Bilinmiyor	Bilinmiyor
Burdur	Bilinmiyor	Bilinmiyor
Çünür	Bilinmiyor	Bilinmiyor

### 2.1.9. Perlit

Perlit çok sayıda konstantrik yarıkları olan asit volkanik camsı bir kayadır. Perlitin inci taneleri görünümdeki yapısı tipik özelliğini oluşturur ve karakteristik perlitin dokusu ile kendini gösterir. Perlitteki camsı dokunun oluşumu, volkanik kayacın hızlı soğuması ile olmaktadır. Yuvarlak ve kavisli konstantrik dokunun meydana gelmesi ise, hızlı soğuma sonucu büzülme sebebi ile olmaktadır. Bu özellikler onun oluşumuyla kazandığı özelliklerdir (Köktürk, 1997).

Petrografide ise perlit, çabuk soğumaya bağlı olarak meydana gelen yuvarlak veya kavisli büzülme ile, çatlakların bulunduğu asit bileşimli volkanik camsı kayalara denilmektedir (Köktürk, 1997).

Petrografik ve görünümüne göre 6 sınıfa ayrılabilir.

1. Taneli perlit
2. Pomzalı perlit

3. Konsantrik perlit
4. Lifli perlit
5. Fenokristalli perlit
6. Kum halindeki perlit (Sarıız ve Nuhoglu, 1992).

Ticari anlamda ise, hem ham perlit için, hem de elverişli bir sıcaklığa kadar ısıtıldığında genişleyen ve gözenekli hale gelen genişmiş perlit için kullanılmaktadır. Perlit ilk kez 1936 yılında bulunmuş ve ilk kez 1937 de A.B.D' de geliştirilmiştir (Köktürk, 1997).

Perlit, doğada çok ince boşluklara sahip süngerimsi bir yapıda bulunur, bazen de granüle yapıdadır. Tüm perlitler yüksek miktarda su içermezler. Yüksek miktarda su içeren perlitler, yüksek hacim artışı yaparak kolay geniştikleri için, iyi perlit olarak kabul edilir. Bunlara aktif perlit de denir. Az miktarda su içeren perlitler ise, pasif perlit veya yüksek ısı perlitli şeklinde adlandırılırlar (Önem, 1997).

#### **2.1.9.1. Perlitin Oluşumu ve Kökeni**

Perlit zuhurları, tersiyer ve sonrası genç volkanik faaliyetlerin bulunduğu volkanitlerde görüldüğü için, oluşumun volkanit olduğu kabul edilir. Bu nedenle köken mağmatik faaliyetlere bağlı olmaktadır. Yer içerisindeki erimiş ve erimemiş maddeler ile, gazların yeryüzüne çıkarak yığıldığı yere volkan, volkanların dip kısımlarına süb volkan adı verilmektedir. Süb volkanizmada magma yeryüzüne çıkamamış derinlerde katılmıştır. Hareket eden yüksek basınçlı gazların taşıdıkları mağmatik kütleler, volkanın esas malzemesini oluşturur ki perlit de bu değişik malzemelerden birisidir (Köktürk, 1997).

Perlit oluşumu iki teori ile açıklanmaktadır.

1. Asidik karakterdeki magmanın yüzeye çıkıp ani soğumasında, yüzeyden derine doğru inen kılcal çatlak ve yarıklar oluşmaktadır. Oluşan kılcal çatlak ve yarıklara atmosfer, deniz, göl vs. suları girerek perlitli oluşturmaktadır.
2. Perlit,  $\text{SiO}_2$ ' ce zengin bir kayacın (örneğin, riyolit) soğuyarak dokulaşması halinde, kayacın bünyesine su buharı girmesi sonucu oluşur (Köktürk, 1997).

### 2.1.9.2. Perlitin Özellikleri

- a) Hafiflik; Perlit herşeyden önce hafif bir malzemedir. Genleşmiş perlitin ağırlığı 80-240 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir.
- b) Geçirgenliği; Perlitin ısı geçirgenlik katsayısı oldukça düşüktür.
- c) Ateşe karşı dayanımı; Perlit yanmaz. Bu çok önemli bir özelliğidir, belli bir sıcaklığa kadar ısıtıldığında bir değişim göstermez. 840 °C' yi geçince yumuşamaya başlar ve 1200-1300 °C' de ise eriyik haline geçmesine rağmen hala akışkanlığı az bir malzemedir.
- d) Ses yutuculuğu; Perlitli beton daha az ses geçirmektedir. Perlitin ses yutma katsayısı, 125 Hz' de sesin 0,18' ini, 400 Hz' de 0,90'ını bulmaktadır. Ortalama olarak bu katsayı 0,6 alınabilir.
- e) Suya ve neme karşı dayanımı; Perlitin ağırlıkça su emmesi %10-30 arasındadır. Perlit gözenekli oluşundan ötürü nem çeken bir malzemedir.
- f) Mukavemeti; Perlitli betonun basınç mukavemeti, normal betonun 10 da 1' i kadar düşüktür. Bu durum, sadece perlit agregası ile yapılmış betonun taşıyıcı özelliği olmayacağını göstermektedir.
- g) Tane-Granül büyüklüğü; Perlitin genleşmesi, patlama koşulları ile ham perlitin içindeki suya ve baz elementlerin oranına bağlı olarak değişmektedir (Köktürk, 1997).

#### 2.1.9.2.1. Perlitin Fiziksel Özellikleri

Ham ve genleşmiş perlit, farklı fiziksel özellikler göstermektedir.

- a) Ham perlitin fiziksel özellikleri

Renk	: Gri, siyah ve grinin tonları
Yumuşama noktası	: 800-1100°C
Ergime noktası	: 1315-1390°C
PH	: 6.6 -8.0
Spesifik ısı	: 0.20 kcal/kg°C

Özgül Ağırlık	: 2.2-2.4 gr/cm <sup>3</sup>
Yoğunluk	: 1400-1700 kg/cm <sup>3</sup>
Serbest nem (%)	: 0.5
Ağırlık kaybı	: % 0.5

b) Genleşmiş perlitin fiziksel özellikleri :

Renk	: Beyaz
Ergime noktası	: 1300 C
Spesifik ısı	: 0.2 kcal/kg°C
Özgül Ağırlığı	: 2,2-2,4 gr/cm <sup>3</sup>
Kaba yoğunluk	: 30-190 kg/m <sup>3</sup>
Isı iletkenliği	: 0,34-0,040 kcal/mhC°
Ses yalıtkanlığı	: 18 db (125 Hz' de) (Köktürk, 1997)

#### 2.1.9.2.2. Perlitin Kimyasal Özellikleri

Perlit kimyasal bakımından bağlı su içeren alüminyum silikat bileşimindedir. Genel olarak kimyasal bileşimi :

SiO <sub>2</sub>	: %60-80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: %10-18
H <sub>2</sub>	: %2-8
Na <sub>2</sub> O	: %3-5
K <sub>2</sub> O	: %3-5

Bunlardan başka çok az miktarda CaO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MnO<sub>2</sub>, ve SO<sub>3</sub>' de bulunur. Perlitin kimyasal bileşimi riyolit, liporit, riyodasit, kuvars ve latit gibi volkanik kayaların kimyasal bileşimine uymaktadır (Köktürk, 1997).

Serbest ve sıkı bağlı su oranı % 2-3 arasında değişmekte olduğundan, 100°C' nin üzerinde serbest nem bünyeyi terk etmektedir. Eğer sıkı bağlıysa 250 °C' nin üzerinde buharlaşmaktadır (Köktürk, 1997).

### 2.1.9.2.3. Perlitin Genleştirilmesi

Perlitin genleşmesine etki eden faktörlerin başında, sıkı bağlı su ile kimyasal yapısındaki  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$  miktarları gelmektedir (Köktürk, 1997).

Genleştirme işlemi için perlitin 0,1 mm' den daha az olmak üzere öğütülmesi gerekmektedir. İstenilen tane iriliğine getirilen ham perlit, önce gevşek bağlı suyu buharlaştırmak amacı ile yaklaşık  $350^\circ\text{C}$  de ön ısıtmaya tabi tutulur. Bu süre yaklaşık 20-30 dakika sürmektedir. Daha sonra genleştirme fırınında ( $750-1200^\circ\text{C}$ ) sıcaklıkta birkaç saniyede kayaç içindeki su, birdenbire su buharına dönüşerek genleşmeye neden olur. Yumuşayan tanecikler içinde sayısız hava boşlukları oluşur. Bu boşluklar perlitin hacmini 4-30 kat arttırır. Yoğunluğu ise  $38-240 \text{ kg/m}^3$  e düşürür (Köktürk, 1997).

### 2.1.9.3. Perlitin Kullanım Alanları

#### 2.1.9.3.1. İnşaat Sektöründe Perlit

Dünyada perlitlerin %35' i sıva agregası, %25' i beton agregası, %23' ü filtre sanayinde, %8' i yalıtım malzemesi yapımında, %4' ü tarım sektöründe, %5 oranında da diğer alanlarda kullanılmaktadır (Sarız ve Nuhoğlu, 1992).

Perlitli betonların en belirgin özellikleri, hafiflik ve düşük ısı iletkenlik değerlerine sahip oluşlarıdır. Perlitli betonun ağırlığı  $320-640 \text{ kg/m}^3$ , ısı iletkenlik değeri ise  $0,07-0,12 \text{ W/m.K}$  dir. Buna karşılık kum-çakıl betonunun ağırlığı  $2240-2400 \text{ kg/m}^3$ , ısı iletkenlik değeri ise  $1,30-1,73 \text{ W/m.K}$  dir (Köktürk, 1997).

Modern teknolojiye göre yapılan binalarda perlit kullanımı sonucu etkin bir yalıtımın yanısıra, hafif olması nedeniyle taşıyıcı kirişlerin daha az malzeme ile yapılması mümkündür. Bu sayede bir ölçüde hacim artışı meydana gelmesine karşın büyük ölçüde maliyetten tasarruf sağlanmaktadır (Sarız ve Nuhoğlu, 1992).

Ayrıca perlit, perlitli sıvaların yapımında kullanılır. Bunların üstünlükleri

- Normal kum sıvalarına göre % 60 hafiftir
- Isı yalıtımı sağlar

- Yangına karşı koruyucudur
- Ses yalıtımı sağlar
- Kullanımı kolaydır
- Dayanımı yüksektir, kırılabilirliği yoktur (Köktürk, 1997).

Genleşmiş perlit, bağlayıcı madde kullanılmaksızın gevşek dolgu agregası olarak ısı ve ses yalıtımı amacıyla duvar sistemlerinde, döşemelerde ve sanayi tesislerinde kullanılmaktadır. Yalıtım amacı ile yapılan gevşek dolgu uygulamalarında, perlit yoğunluğu 30-123 kg/m<sup>3</sup> arasında olmalıdır. Apartmanlarda ses yalıtım amacıyla kullanılan perlitin yoğunluğu 70-85 kg/cm<sup>3</sup>' dür (Köktürk, 1997).

#### **2.1.9.3.2. Metalurji Sektöründe Perlit**

Metalurji sektöründe, demir-çelik dökümünde kuvars kumunun %8-12' si oranlarında, demir dışı metallerin dökümünde ise %10-30 oranlarında perlit kullanılmaktadır (Sarıiz ve Nuhoğlu, 1992).

#### **2.1.9.3.3. Tarım Sektöründe Perlit**

Perlit tarım sektöründe toprağın iyileştirilmesinde, tarım ilaçları yapımında, gübrede dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Perlit içeren bir gübre örneğinde, % 39,2 Üre (%42 N) , % 19,2 D.A.P. (Diamonyum fosfat), % 8,3 Potas, % 0,7 Bentonit, % 27,6 genleşmiş perlit, %5 su bulunmaktadır (Sarıiz ve Nuhoğlu, 1992).

Yukarıda belirtilen birtakım kullanım alanlarından başka perlit, günümüzde büyük boyutlara ulaşan deniz kirlenmelerinde özellikle liman, koy ve körfezlerde, emme, tutma ve depolama özelliği dolayısı ile petrol ve petrol artıklarının temizlenmesinde perlit kullanımı gittikçe artmaktadır. Perlit, filtre, kalafat macunu, lastik, boya, emaye, seramik, plastik, reçine, tekstil ve sabun yapımında da dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır (Sarıiz ve Nuhoğlu, 1992).

#### **2.1.9.4. Perlitin Rezerv Durumu**

M.T.A' nın yayınladığı raporlarında Türkiye' nin perlit rezervinin 6 milyar tondan fazla olduğu belirtilmektedir (Önem, 1997).

### 2.1.9.4.1. Türkiye’ deki Perlit Yatakları

Çizelge 2.1.9.4.1.1. Batı Anadolu perlit yatakları (Köktürk, 1997)

Yer	Miktar (ton)
İzmir – Cumaovası Bölgesi	60.000.000
Zeytindağ Bölgesi	16.500.000
Foça Bölgesi	16.000.000
Bergama Bölgesi	11.900.000
Dikili Bölgesi	8.000.000
Balıkesir – Sındırgı Bölgesi	25.780.000
Savaştepe Bölgesi	25.780.000
Manisa – Saruhanlı Bölgesi	17.700.000

Çizelge 2.1.9.4.1.2. Orta Anadolu perlit yatakları (Köktürk, 1997)

Yer	Miktar (ton)
Eskişehir – Kütahya Bölgesi	19.000.000
Ankara – Çubuk Bölgesi	92.913.000
Kızılcahamam Bölgesi	37.500.000
Nevşehir Bölgesi	800.000.000
Çankırı Bölgesi	15.000.000

Çizelge 2.1.9.4.1.3. Doğu Anadolu perlit yatakları (Köktürk, 1997)

Yer	Miktar (ton)
Bitlis Bölgesi	940.000.000
Van Bölgesi	1.400.000.000
Kars – Sarıkamış Bölgesi	2.100.000.000
Göle Bölgesi	2.000.000.000
Erzurum Bölgesi	386.824.000
Erzincan Bölgesi	80.000.000



### 2.1.9.4.2. Perlit Üreticisi Ülkeler

Çizelge 2.1.9.4.2.1. Perlit üreticisi ülkeler (Önem, 1997)

Üretici Ülkeler	1990	1991	1992	1993	1994
Ermenistan	-	-	50.000	10.000	5.000
Avustralya	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Çekoslovakya	54.000	50.000	50.000	-	-
Yunanistan	240.000	286.000	250.000	250.000	200.000
Macaristan	93.000	87.800	93.000	90.000	95.000
İran	2.270	6.280	5.000	6.000	6.000
İtalya	71.000	70.000	65.000	65.000	65.000
Japonya	203.000	203.000	203.000	200.000	200.000
Meksika	42.400	48.900	42.600	34.600	35.000
Filipinler	3.150	2.890	2.800	19.000	20.000
Slovakya	-	-	-	50.000	50.000
G.Afrika Cum.	200	41	97	328	300
Türkiye	138.510	133.942	281.000	213.000	250.000
Rusya(eski)	150.000	80.000	-	-	-
A.B.D.	576.000	514.000	541.000	569.000	644.000
<b>Toplam</b>	<b>1.578.530</b>	<b>1.487.853</b>	<b>1.588.497</b>	<b>1.511.928</b>	<b>1.575.300</b>
	<b>ton</b>	<b>ton</b>	<b>ton</b>	<b>ton</b>	<b>ton</b>

## 2.2 Çimentolar

### 2.2.1 Çimentonun Tarihçesi

Çimento kelimesi, yontulmuş taş kırıntısı anlamındaki Latince “caementum” kelimesinden türemiştir. Daha sonraları bu kelime bağlayıcı anlamında kullanılmaya başlanmıştır. Bağlayıcı malzemelerin kullanımı tarih öncesinde, muhtemelen ateşin bulunmasından hemen sonra, kireç ve alçı ile başlamıştır. Araştırma sonuçları Anadolu’ da Çatalhöyük’ teki evlerin yapımında kullanılan sıvanın 7000 yıl eski olduğunu ortaya çıkarmıştır. Kireç ve alçı milattan önceki ve sonraki tarihlerde eski Mısırlılar ve Romalılar tarafından geniş kullanım alanları bulmuştur (Erdoğan, 1995)

Mısırlılar tarafından, M.Ö. 2600 yıllarında kullanılmış olan bağlayıcı maddelerin (zementum), saf olmayan bir tür alçıdan yapıldığı, bugün için kabul edilmiştir (Benayyat,1971).

Yanmış kireç taşına, ilk kez Helen ve Roma uygarlıklarında rastlanır. Bu biçimde elde edilen kısa prizli, çabuk bağlayan kireç genel olarak su katılarak kullanılmış ise, bu malzemenin kum, çakıl, öğütülmüş kayaçlar, tuğla ve kiremit kırıkları ile birlikte işlenmiş olduğunu görmek mümkündür. İlk karışımlar, yalnız kum, kireç ve sudan yapılan, ancak taş ve tuğlaları birbirlerine bağlayan bir harç olarak kullanılmışlardır (Benayyat,1971).

Yeryüzünde çağdaş betona benzer ilk yapı malzemesi, kireç harcına tuğla ve kiremit kırıkları katmakla elde edilmiştir. Bu tür yapı malzemeleri, Romalılar zamanında kaldırım taşı olarak kullanılmıştır. Zamanla, sürekli olarak bulunması güç olan tuğla ve kiremit kırıkları yerine, çakıl taşı veya her hangi bir sert taş geçmiştir (Benayyat,1971).

İnsan zaman ile, suyun etkisine uzun süre dayanıklı harcın hazırlanmasında, bir takım kumların daha iyi. sonuç vermekte olduğunu öğrenmiştir. Belirli volkanik kayaçlar kullanılarak, tatlı ve tuzlu suya daha dayanıklı bir harcın yapılması mümkün olmuştur. Helenistik çağda bunun için Santorin adalarından gelen bir tür tuf (doğal klinker) kullanılmıştır. Romalılar ise Santorin toprağı yerine, Vezüv yanardağının eteklerinde bulunan Puzzuoli köyünden gelen daha koyu renkte bir malzeme kullanmışlardır. VİTRUVİUS, puzzolana denilen bu malzemeyi, şu şekilde anlatır: “Kireç taşı ve molozlar ile karıştırıldıktan sonra su altında veya havada sertleşen bir tür kum” (Benayyat,1971).

Romadaki Pantheon, Colliseum, İmparator II. KONSTANS'ın (317-361) büyük kilesesi, Nimes (Güney Fransa) dolaylarında bulunan büyük Garda köprüsü (Pont du Gard) ve daha bir çok yapıda, çağların yıpratıcı etkisine karşı şaşırtıcı bir dayanıklılık gösteren volkanik tüfler kullanılmıştır. Bu yapıların dayanıklılığı karşısında bir çok ortaçağ yazarları Romalılar tarafından bilinen ve sonradan unutulmuş bir gizli formülün varlığına dahi inanmışlardır. Özellik ile orta çağın ilk yarısında kullanılan düşük kaliteli harçlar ve genel olarak bütün yapı işlerinde görülen ilkel işçilik, bu gibi düşünceleri daha da arttırmıştır. Bununla beraber, o günlerden kalma harçların analiz sonuçları, böyle bir şeyin gerçek olmadığını göstermiştir (Benayyat,1971).

Çimentolaşma olayı hakkındaki ilk düşünür Romalı VİTRUVİUS olmuştur. Vitirüvius, sönmüş kireç eldesi hakkında şu bilgileri vermektedir: “Bütün maddeler gibi taşların da üç değişik ögeden yapıları olduğunu herkes bilir. Bu ögeler sırasıyla hava, su ve ateştir. Havası çok olan taşlar hafif, suyu bol olan taşlar yapışkan ve ateşi çok olan taşlar da gevrek olurlar. Her hangi bir taşı yakmadan kum veya çakıl ve su ile bir arada karıştırmak suretiyle sertleştirmek mümkün değildir. Buna karşın, ocaklarda yakılan taşlarda alev, bütün gücüyle taşın bünyesine yerleşerek onu gevrekletmektedir. Bu nedenle büyük bir gözeneğe (poroziteye) sahip olan bu gibi taşlar dayanıksızdır. Taşın yapısını oluşturan üç ögeden ikisi, hava ve su, ateşin etkisinde yok edilmişler ve geride ancak gizli ısı kalmıştır. Taş, yeniden su ile karşı karşıya gelince, gizli ateş dışarıya atılır ve yeniden eski dayanıklılığına geri döner. Sonuç olarak kireç soğutulmuş ve fazla ısı açığa bırakılmıştır” (Benayyat,1971).

Harçların hazırlanmasında 18. yüzyıla kadar bir yenilik görülmemiştir. Fırtına tarafından yıkılan ve Manş denizindeki gemi trafiği bakımından oldukça önemli olan Eddystone fenerinin yeniden kurulması görevi 1756 yılında İngiliz Mühendis John SMEATON’ a verilmiştir. Bu mühendis, deniz suyuna dayanıklı bir harç bulmak amacıyla bir çok araştırmalar yapmıştır. Kil ile karışık kalker taşından, suya dayanıklı bir tür su kirecinin hazırlanmasının mümkün olduğunu tespit etmiştir. Yeni Eddystone feneri, işte bu malzeme ile yapılmıştır (Benayyat,1971).

1780 yılında Bryan HİGGİNS, kirecin yakılması sırasında karbondioksit gazının meydana geldiğini bulmuştur. Aynı zamanda, gazı yeniden soğuran (mass eden) kirecin bağlayıcı özelliğini yitirmekte olduğu görülmüştür. Bu arada kirecin bağlayıcı özelliği, yanlış bir düşünce ile BERGMANN ve MOREAU tarafından kalker taşında bulunan mangan oranına bağlanmıştır. Bu yanlış düşünce, 1860 yılında Fransız VITALIS tarafından ortadan çürütülmüştür (Benayyat,1971).

1796 yılında J. PARKER tarafından, İngiltere’ nin Kent şehri kıyılarında bulunan ve üçüncü jeolojik zamandan kalma olan kalker taşlarından, üstün bir bağlayıcı elde edilmiştir. Donduğu zaman koyulaşan harcın, puzolan malzemesi ile karıştırılarak elde edilen Roma kökenli harçlara benzemesinden ötürü, bu yeni yapı malzemesine Roma Çimentosu adı verilmiştir (Benayyat,1971).

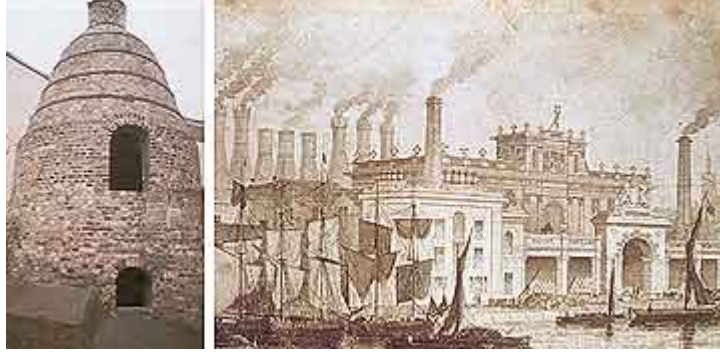
Fransa’ da ise su kireci, ilk kez 1802 yılında yapılmıştır. 1813 yılında Fransada VICAT, İngilterede FROST, bugün kullanılan çimentoya benzer bir bağlayıcı yapmayı başarmışlardır (Benayyat,1971).

1824 yılında İngiltere'nin Leeds kentinde, Joseph ASPDIN isimli bir duvarcı ustası hazırladığı ince taneli kil ve kalker karışımını pişirerek ve daha sonra da öğütterek bağlayıcı bir ürün elde etmiştir. Bu ürüne su ve kum katıldığında ve zamanla sertleşme olduğunda, ortaya çıkan malzemenin İngiltere'nin Portland adasından elde edilen yapı taşlarını andırdığını gören Joseph ASPDIN, elde ettiği bu bağlayıcı için 21.10.1824 tarihinde "Portland Çimentosu" adı altında patent almıştır. Bu bağlayıcı daha sonraki yıllarda büyük gelişmeler gösterse de “portland” ismi aynen korunmuştur (Akçansa, 2003).



Şekil 2.2.1.1. Joseph ASPDIN’ in 21.10.1824 tarihinde aldığı “Portland Çimentosu” patenti (Akçansa, 2003)

Aslında Joseph Aspdin tarafından üretilen bağlayıcı, üretim sırasında yeterince yüksek sıcaklıklarda pişirilmediği için bugünkü portland çimentosunun özelliklerine tamamen sahip olamamıştır. Yine de İngiltere Kirkgate İstasyonunun yanındaki halen ayakta olan "Wakefield Arms" binasının Joseph Aspdin'in yaptığı bağlayıcı ile yapıldığı belirlenmiştir (Akçansa, 2003).



Şekil 2.2.1.2. Northfleet’ teki William ASPDIN’ in çimento fırını-dünyanın en eski ve hala ayakta olan fırını (Akçansa, 2003)

Çimento yapımı ile ilgili ilk önemli patentin, 1824 yılında JOSEPH ASPDİN tarafından İngiltere’ de alınmış olmasına karşılık, bugünkü anlamda sinterleşmiş ilk klinker, ancak 1844 yılında, J.B. WHITE firmasının Swanscombe fabrikasında JOHNSON tarafından elde edilmiştir. Bu fabrika 1825 yılında JOHN FROST tarafından kurulmuştu (Benayyat,1971).

Hammaddelerin yüksek sıcaklıklara kadar pişirilip öğütülmesi olayı daha sonra Isaac Johnson isimli bir İngiliz tarafından gerçekleştirilmiştir(1845) (Akçansa, 2003).

İlk Çimento Fabrikası İngiltere’de 1848 yılında kurulmuştur. İlk Alman Çimento Standardı 1860 yılında oluşturulmuştur. American Concrete Institute (ACI)’nın kuruluşu ve ilk Amerikan Yönetmeliklerinin oluşturulması ise 1913 yılına rastlamaktadır (Akçansa, 2003).

Portland Çimentosu; kireç, alümin, demiroksit ve silis bileşimli hammaddelerin uygun oranda karıştırılıp, yüksek sıcaklıkta, sinterleşmeye kadar pişirilmeleri sonucu elde edilen klinkerin öğütülmesiyle ortaya çıkan bağlayıcıdır. İngiliz (BS 12 : 1978) ve Amerikan Standartlarının (ASTM C 150-84) Portland Çimentosu tanımlarında da alçı taşı, su ve öğütme yardımcısı maddeler dışında hiçbir maddenin katkı olarak kullanılmayacağı belirtilmiştir (Akçansa, 2003).

### 2.2.2 Çimentoların Üretimi

Portland Çimentosu üretiminde kullanılan maddeler dört grupta toplanabilir. Kireçli (CaO) maddeler, silisli (SiO<sub>2</sub>) maddeler, alüminli (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) maddeler ve demirli

(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) maddeler. Doğadaki taşların bir çoğunun bileşiminde bu maddelerin tümü az veya çok bulunmaktaysa da uygun miktarlarda bulunmamaktadır. Bu nedenle çimento üretiminde uygun bileşimli taş kullanılması yerine kireç, silis, alümin ve demir bakımından zengin maddelerin ayrı ayrı sağlanıp uygun oranlarda karıştırılması yoluna gidilmektedir (Kocataşkın, 1965).

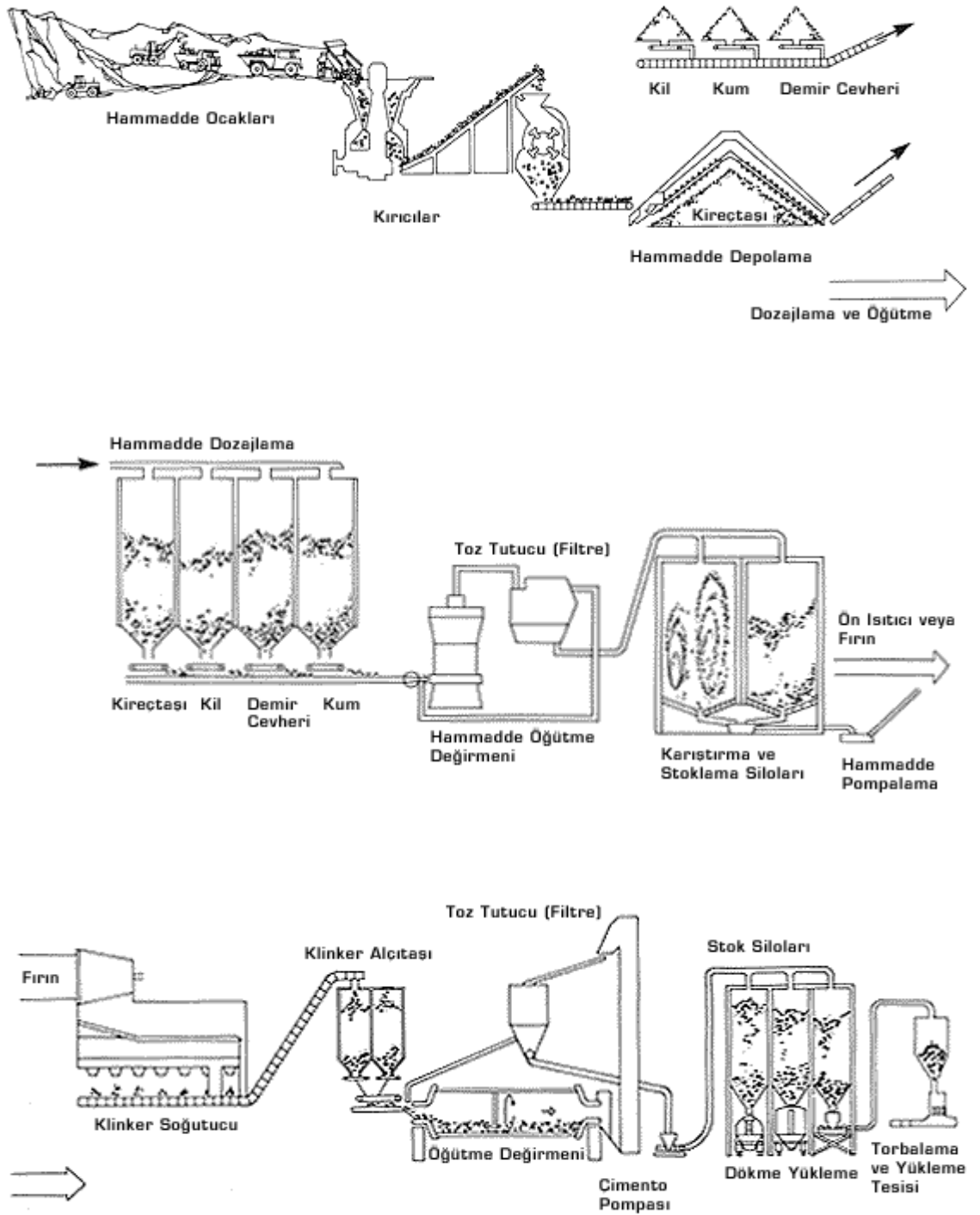
Bu hammaddelerin fabrikaya getirilmesinden sonra çimento üretimi şu aşamalarla gerçekleştirilir:

1. Birbirleriyle karıştırılabilmesi için hammaddeler ince boyuta öğütülür. Bu öğütme işlemi, “Farin” denilen değirmenlerde gerçekleştirilir. “Farin” sözcüğü Fransızca’ da “un” anlamına gelen “farine” kelimesinden gelmekte olup, hammaddelerin döner fırına girmeden önceki ince öğütülmüş halini ifade etmektedir (Erdoğan, 1995).
2. Hammaddeler, belirli oranlarda karıştırılarak, içinde belirli miktarda CaCO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve diğer maddeler bulunacağı bir karışım hazırlanır. Karışımın oluşturulması tümüyle ayrı bir aşama olabileceği gibi kullanılan yöntemin özelliğine de bağlı olarak öğütme aşamasında da kısmen gerçekleştirilebilir.
3. Karışım halindeki hammadde de bulunan suyun tamamı buharlaşacak şekilde ısıtılır.
4. Kurumuş karışım, döner fırına verilerek karışım içindeki CaCO<sub>3</sub> ün, CaO ve CO<sub>2</sub> olarak ayrışacağı 800 °C’ ye kadar ısıtılır. CO<sub>2</sub> baca gazı olarak uzaklaşır.
5. Karışım döner fırında daha yüksek sıcaklıklara doğru ısıtıldıkça CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> birbirleriyle birleşerek (sinterleşme), çimentonun ana bileşenlerini oluştururlar. Bu işlemler yaklaşık 1400 °C’ ye ulaşıldığında tamamlanmış olur. Elde edilen ürüne Portland çimentosu klinkeri denir.
6. Klinker, 60-150 °C sıcaklığa kadar soğutulduktan sonra, ya hemen çimento üretiminde kullanılır ya da kullanılıncaya kadar saklanmak üzere depolanır. Klinker sudan etkilenmediği için uzun süre saklanabilir. Eğer uzak mesafedeki bir yere

çimento gönderilmesi gerekiyorsa, çimento göndermek yerine klinker gönderilerek kullanım yerine yakın bir yerde çimentoya dönüştürülebilir.

7) Klinkerin çimentoya dönüştürülmesi için klinkere bir miktar alçı taşı (%1-5) katılarak çok ince boyuta öğütülür. Karışıma alçı taşı katılmaması halinde, çimentonun suyla reaksiyonu çok hızlı olur. Yani çimento çok çabuk katılır. Çimentoya alçı taşı dışında başka katkıları da örneğin puzolan v.b. maddeler katılacaksa bunlar da öğütme aşamasında katılırlar.

8) Üretilen çimento, ya 50 kg'lık kağıt torbalar halinde paketlenir ya da açık halde satılmak üzere silolarda depolanır. Açık çimento veya bir başka adıyla dökme çimento, kullanılacağı yere özel araçlarla taşınır ve yine özel silolarda depolanır (Kocataşkın, 1965).



Şekil 2.2.2.1. Çimento üretim sistemi (Akçansa, 2003)

Çimento üretiminde kullanılan yöntemler genelde kuru ve ıslak olarak iki türdür. Bunların karışımından oluşan yarı ıslak yarı kuru gibi yöntemler de vardır (Kocataşkın, 1965).

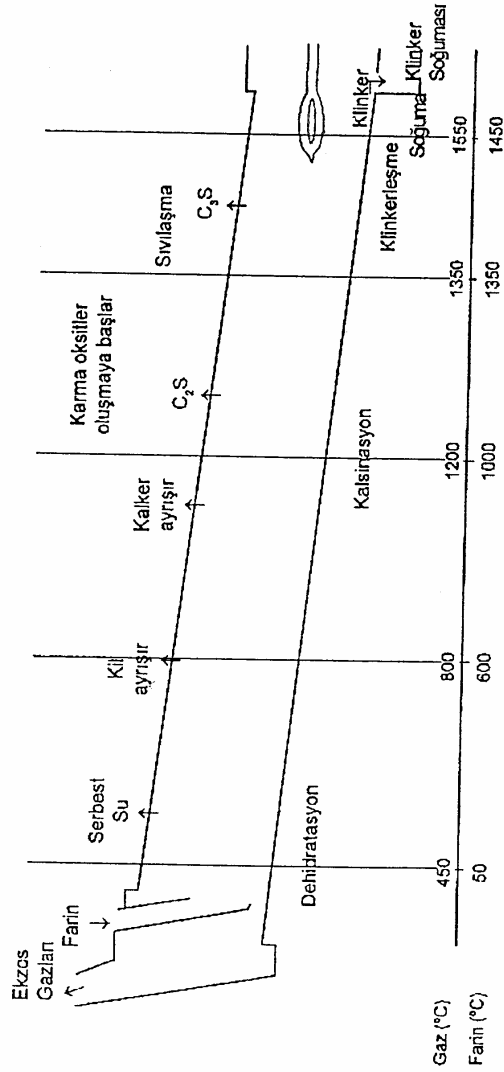


Çimento üretim metotları ve teknolojisinde en önemli farklılıklar fırın ünitelerinde görülmektedir. Elektrik enerjisi tüketiminde, yaş metodun 20 kws/ton çimento mertebelerinde bir avantaj göstermesine karşın, kuru metot, ısı enerjisi tüketiminde yaş metodun 1450-1650 kcal/kg klinker ısı enerjisi tüketimine karşın, 700-900 kcal/kg klinker ısı enerjisi tüketimi ile üstünlük sağlamaktadır. Ülkemizde yaş fırınların çoğu 1965-1973 yılları arasında üretim kapasitelerinin artırılması ile birlikte, 1974 yılından itibaren yakıt tasarrufu sağlamak amacı ile kuru sisteme çevrilmişlerdir. Halen ülkemizde yaş sistemde küçük kapasiteli 2 fırın faaliyetim sürdürmektedir (DPT, 2000).

Islak metotta, hammaddenin öğütülmesi ve karıştırılması, su ile birlikte yapılır ve karışım bir bulamaç halinde döner fırına verilir. Hafif eğimli yatay bir silindir görünümündeki döner fırına, üst kısmından bu bulamaç verilirken, alt kısmından da sıcak hava ve ateşlenmiş yakıt (fuel oil veya kömür tozu) püskürtülür. Bulamaç fırın içinde yukarıdan aşağıya doğru daha sıcak bölgelere ilerler ve önce içindeki suyun % 30-40' ı buharlaşır, sonra sinterleşme gerçekleşir (Kocataşkın, 1965).

Kuru metotta, hammaddeler kuru olarak öğütülür, karıştırılır. Hammaddelerin içindeki az miktarda su ise, karışım döner fırına verilmeden ön ısıtıcılardan geçirilerek buharlaştırılır. Öyle ki ön ısıtıcıdan çıkmış malzemede  $\text{CaCO}_3$  kısmen ayrılmış durumdadır (Kocataşkın, 1965). Ön ısıtma ünitesinde, döner fırın çıkışındaki gaz, siklon kademelerinden geçerken enerjisini vererek soğur. Homojen hale gelmiş farin ise ters yönde geçerken aldığı enerji ile ısınır ve kısmen kalsine olur (DPT, 2000).

Yarı kuru metotta, farin, eğik bir döner tabak üzerinde % 14-16 rutubetli granül haline getirilmekte, sevk edildiği hareketli ızgaralarda rutubetini kaybederek kısmen kalsine olmaktadır. Bu olayı takiben, döner fırında önce kalsinasyon tamamlanmakta, sonrasında da klinkerizasyon gerçekleşmektedir (DPT, 2000).



Şekil 2.2.2.2. Döner fırın ve meydana gelen reaksiyonlar (Yeğınobalı, 1999)

### 2.2.3. Portland Çimentosunun Bileşimi

Portland Çimentosu' nun hammaddesini, kalker, kil, silis, demir filizi, alçı taşı (jips) gibi malzemelerin oluşturmasının yanısıra, bu maddelerin saf olmaması nedeniyle, bileşimde bir miktar da MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O vb. maddeler de bulunur. Görüldüğü üzere çimento, çeşitli oksitlerden meydana gelmektedir (Kocataşkın, 1965). Tipik bir portland çimentosunun oksit bileşimi şöyle ifade edilebilir:

Çizelge 2.2.3.1. Portland çimentosunu oluşturan oksitler ve miktarları (Erdoğan, 1995)

	Oksit	Simge	Miktar (%)
Kireç	CaO	C	60 – 67
Silis	SiO <sub>2</sub>	S	17 – 25
Alümin	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	3 – 8
Demir Oksit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	0,5 – 6
Kükürt Trioksit	SO <sub>3</sub>	S	1 – 3
Magnezyum Oksit	MgO	M	0,1 – 4
Alkaliler	Na <sub>2</sub> + K <sub>2</sub> O	N + K	0,2 – 1,3

Tablodan görüleceği üzere, CaO Portland Çimentosunda önemli bir yer tutmakta, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile birlikte çimentonun yaklaşık %90-95' ini oluşturmaktadır (Kocataşkın, 1965).

Çimento üretiminde, pişirme işlemi esnasında bu oksitler ergiyerek birleşirler ve çeşitli katı eriyikler oluştururlar. Çimento bileşimindeki 20 kadar katı eriyikten dört tanesi çok önemli olup, bunlar çimentonun ana bileşenleri olarak bilinirler (Kocataşkın, 1965).

Çizelge 2.2.3.2. Portland çimentosunun ana bileşenleri (Kocataşkın, 1965)

Ana Bileşenler	Bileşim	Simge
Trikalsiyum Silikat	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S
Dikalsiyum Silikat	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S
Trikalsiyum Alüminat	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A
Tetrakalsiyum Alüminoferrit	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF

Çimentodaki ana bileşenlerin miktarı kimyasal deneylerle saptanamamakta, ancak oksit miktarlarından hesaplanabilmektedir Bu hesaplamalarda kullanılan formüller, Bogue formülleri olarak bilinmektedir (Kocataşkın, 1965).

$$C_3S = 7,07 CaO - (7,60 SiO_2 + 6,72 Al_2O_3 + 1,43 Fe_2O_3 + 2,85 SO_3)$$

$$C_2S = 2,87 SiO_2 - 0,754 C_3S$$

$$C_3A = 2,65 Al_2O_3 - 1,69 Fe_2O_3$$

$$C_4AF = 3,04 Fe_2O_3$$

Bu ana bileşenler çimentonun yaklaşık %90' ını oluşturmaktadır. Çimento bileşiminde yer alan diğer bileşenlere ise tali bileşenler denir. Bunlar serbest kireç,

asitte çözünmeyen serbest mineraller, ısıtıldığında buharlaşan bazı maddeler ile manyezit, sülfür ve alkalilerdir (Kocataşkın, 1965).

Çimento bileşimine giren kirecin tamamı ana bileşenlere dönüşmeyebilir. Açıkta kalan kirece serbest kireç denir. Serbest kireç su ile reaksiyon yaparak  $\text{Ca(OH)}_2$  haline dönüşür. Bu dönüşüm sırasında hacim artışı meydana gelir (Kocataşkın, 1965).

Çimento bileşimine giren silisli maddeler asitte çözünmeyen birtakım mineraller içerirler. Ancak bunların büyük çoğunluğu pişirme sırasında ergiyerek başka maddelerle birleşir ve asitte çözünür hale gelir. Pişirme işleminin iyi yapılmadığı durumlarda çimento bileşimindeki çözünmeyen mineral miktarı artar. Bu maddeler çözünmeyen kalıntı olarak bilinirler (Kocataşkın, 1965).

Manyezi ( $\text{MgO}$ ) ve alkaliler ( $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ) çimento bileşimine hammaddelerin saf olmaması nedeniyle girerler. Manyezi, serbest kireç gibi hacim artışına neden olur. Alkaliler ise beton üretimi esnasında, agreganın reaktif silis içermesi durumunda, bununla reaksiyona girerek hacim artışına neden olabilirler (Kocataşkın, 1965).

Sülfür ( $\text{SO}_3$ ), çimento bileşimine alçı taşı yoluyla veya pişirme işleminde kullanılan yakıtlar yoluyla girer (Kocataşkın, 1965).

Uçabilir maddeler, çimentonun kızdırılmasıyla, yani  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ ' nin üzerine ısıtılmasıyla kaybolan  $\text{CO}_2$  ve su gibi maddelerdir. Kızdırma işlemi sonucu kaybolan bu maddelere, kızdırma kaybı adı verilir (Kocataşkın, 1965).

#### **2.2.4. Portland Çimentosunun Hidratasyonu**

Çimentonun suyla karıştırılması sonucu elde edilen bileşime çimento hamuru, bu karışım içerisinde meydana gelen çimento-su reaksiyonuna ise hidratasyon denir. Çimento hamuru hidratasyon sonucu önce katılaşır yani plastikliğini kaybeder. Buna çimentonun priz yapması denir. Çimento hamuru hidratasyonun ilerlemesiyle sağlamlaşır yani mukavemet kazanır (Kocataşkın, 1965).

Tipik bir Portland Çimentosunun ana bileşenlerinin hidratasyon özelliklerini şöyle özetlemek mümkündür.

Çizelge 2.2.4.1. Portland çimentosunun ana bileşenlerinin hidratasyon özellikleri (Kocataşkın, 1965)

Ana Bileşen	Bağlayıcılık Değeri		Hidratasyon			Sülfatlı suların etkisine dayanıklılık
	Kısa Sürede (1 hafta)	Uzun Sürede (1 yıl)	Hızı	Süresi	Isısı	
C <sub>3</sub> S	Yüksek	Yüksek	Orta	1 Hafta	Orta	Orta
C <sub>2</sub> S	Orta	Yüksek	Yavaş	1 Yıl	Az	Yüksek
C <sub>3</sub> A	Düşük	Düşük	Çok Hızlı	1 Dakika	Çok	Düşük
C <sub>4</sub> AF	Düşük	Düşük	Hızlı	-	Çok	Orta

#### 2.2.4.1. Kalsiyum Silikatların Hidratasyonu

C<sub>3</sub>S (trikalsiyum silikat)' in hidratasyonu şu denklem ile ifade edilebilir:



Bu reaksiyon sonucunda C-S-H ile gösterilen kalsiyum-silikat-hidrat ile serbest kireç denilen Ca(OH)<sub>2</sub> oluşmaktadır. Serbest kirecin oluşması şu bakımdan önemlidir. Ca(OH)<sub>2</sub> suda çözünen bir madde olduğundan, yapının devamlı su içinde bulunması durumunda, beton bünyesindeki Ca(OH)<sub>2</sub> sürekli bir şekilde çözünecektir. Bu çözünme beton içerisinde boşlukların oluşmasına sebep olacak ve dayanımın büyük ölçüde azalması sonucu yapının emniyetini tehlikeye sokacaktır. Diğer bir deyişle Ca(OH)<sub>2</sub> oluşumu, betonların kimyasal dayanımının yani zararlı ortamlara karşı dayanıklılığının azalmasının başlıca nedenidir. Ca(OH)<sub>2</sub>' nin diğer bir olumsuz etkisi ise, mekanik dayanımının çok düşük oluşudur. Bu sebeple Ca(OH)<sub>2</sub>, betonun dayanım kazanmasına engel olur. Çimentonun yüksek dayanım kazanmasını sağlayan C-S-H' dir. Ancak C-S-H üzerinde pek çok araştırmalar yapılmasına rağmen, bu maddeleri tam olarak tanımlamak mümkün olmamıştır. Yukarıda belirtilen denklemde yer alan m, n, p, q sayılarının değerleri kesin olarak saptanamamıştır (Postacıoğlu, 1986).

C<sub>3</sub>S suyla temas halinde hızla hidratasyon yapar. Bu hızlı reaksiyondan ötürü önemli miktarda ısı açığa çıkar. Ayrıca çimento hamuru kısa zamanda dayanım kazanır yani sağlamlaşır. Bu reaksiyonlar bir hafta içerisinde büyük oranda tamamlanmış olur (Kocataşkın, 1965).

$C_2S'$  in hidratasyonu da çimento hamurunun sağlamlaşmasına katkıda bulunur. Ancak  $C_3S'$  inki kadar hızlı gelişmez ve dolayısıyla fazla ısı açığa çıkmaz. Buna karşılık hidratasyon aylarca sürebilir (Kocataşkın, 1965).

$C_3S$  ve  $C_2S'$  in hidratasyonu sonucu oluşan  $C_3SH_3(3CaO.SiO_2.3H_2O)$  doğadaki Tobermorit mineraline benzerliğinden ötürü “tobermorit” olarak adlandırılmıştır.  $C_3S$  ve  $C_2S'$  in hidratasyonu birlikte ele alındığında, çimentonun kısa zamanda mukavemet kazanmasının  $C_3S'$  den dayanım artışının uzun süre devam etmesinin ise  $C_2S'$  den kaynaklandığı söylenebilir.  $C_3S$  bakımından zengin çimentoların kısa sürede dayanım kazanması, buna karşılık  $C_2S$  bakımından zengin çimentoların kimyasal etkilere daha dayanıklı olması ve daha az büzülme (rötre) yapması beklenir (Kocataşkın, 1965).

#### 2.2.4.2. Kalsiyum Alüminatların Hidratasyonu

Çimentoya jips ( $CaSO_4.2H_2O$ ) katılmadığı takdirde  $C_3A$  hızlı bir şekilde hidratasyon yaparak, daha ilk dakikalarda küçük plaklar şeklinde kristaller meydana getirerek priz oluşumuna neden olur. Büyük bir ısının açığa çıkması sonucu meydana gelen bu olaya ani priz denir. Beton uygulamalarını imkansız hale getiren bu olayı önlemek için, çimentoya bir miktar alçı taşı veya jips katılarak priz, çimentonun suyla karıştıktan en az bir saat sonra oluşması sağlanır (Postacıoğlu, 1986).

$C_3A'$  nın jips ile hidratasyonu sonucu,  $C_3A.3(CaSO_4).H_{12}$  “etrijit”,  $C_3A.3(CaSO_4).H_{30-32}$  “kandolot” olarak bilinen mineraller oluşur (Kocataşkın, 1965).

Uygun miktarda jips kullanıldığı takdirde, alüminatların yüzeyinde iğne şeklinde etrijit kristalleri meydana gelir. Bu kristaller çok ince yapıda olduğundan hidratasyonun yavaş devresinde, rijit bir yapı meydana getiremediğinden priz gerçekleşmez. Fakat yavaş devrenin sonuna doğru, iğne şeklindeki kristallerin büyümesi ve çoğalması sonucu taneler arasında bağlar meydana gelir ve priz olayı başlar. Bu olayın gerçekleşebilmesi için ortamda belli miktarda sülfat bulunması gerekir ki bu da jips' den sağlanır. Sülfatın yeterli miktarda bulunmaması sonucu, etrijit kristalleri yerine monosülfat alüminatlar meydana gelir. Bu da ani prize neden olur. Burada önemli olan sülfatların çözünme davranışlarıdır. Eğer çözünme fazla ise,

hidratasyonun başlangıç devresinde oluşan jips plakları, taneleri bloke ederek priz olayını meydana getirir. Çözünmenin az olduğu durumda, az miktardaki sülfat, alüminatların reaksiyonlarında tüketilecek ve bu suretle priz kaybolacaktır. Burada ilginç nokta, sülfatların priz olayının gerçekleşmesinde önemli rol oynamalarına rağmen alüminatların hidratasyonuna önemli bir etkilerinin olmamasıdır. Halbuki sülfatlar, silikatların hidratasyonunu hızlandırmaktadır (Postacıoğlu, 1986).

$C_3A$ 'nın hidratasyonunun çimento hamurunun dayanımına etkisi yok denecek kadar azdır. Ayrıca  $C_3A$ 'nın hidratasyon ürünleri sülfatların etkisine dayanıksızdır.  $C_3AH_6$  sülfatla birleşerek kandot tuzu diye bilinen  $C_3A.3(CaSO_4).H_{30-32}$ 'yi oluşturur. Bu da hacim artışına neden olduğundan çimento hamurunu çatlatır. Buna karşılık  $C_3A$ , pişirme sırasında ergitici etki yaparak, çimento ana bileşenlerinin daha düşük sıcaklıklarda oluşmasını sağlar (Kocataşkın, 1965).

Priz olayı esnasında ilk hidrate elemanlar alüminatlar tarafından oluşturulur. Bunların yapısı ince bir ağ şeklinde olup, buradaki boşluklar C-S-H (kalsiyum-silikat-hidrat)'lar tarafından doldurulur. Bu ağ ne kadar yoğun ise C-S-H, yapıda o kadar etkili olacak ve sertleşme, yani çimentonun dayanım kazanması o kadar hızlı olacaktır. Buradan hareketle  $C_3A$ 'nın, çimentonun hidratasyonundaki önemi daha iyi anlaşılmaktadır (Postacıoğlu, 1986).

#### **2.2.4.3. TetraKalsiyum Alümina Ferritin Hidratasyonu**

Tetrakalsiyum alümina ferritin ( $C_4AF$ )'nin hidratasyonu,  $C_3A$ 'ninkine benzemekle birlikte, hidratasyon hızı  $C_3A$ 'dan daha yavaştır. Hidratasyon sonunda, alçı taşı miktarının belli bir seviyenin üstünde olması durumunda sülfö-ferritler elde edilir. Bunlar, sülfö-alüminatlarda, alümin yerine  $Fe_2O_3$  kullanılmasıyla elde edilen maddelerdir. Ayrıca alçı taşının az miktarda olması halinde  $C_4AF$ 'nin hidratasyonu sonucunda,  $Fe_2O_3.3CaO.H_2O$ ,  $Fe_2O_3.CaO.H_2O$ ,  $Al_2O_3.3CaO.H_2O$  gibi hidrate bileşiklerin meydana gelme olasılığı vardır (Postacıoğlu, 1986).

Çimentoların hidratasyon özellikleri göz önünde bulundurularak, çimentonun bileşimi çeşitli amaçlara uygun olarak düzenlenebilir. Örneğin,

- Küttele betonlarında hidrasyon ısısının düşük olması istendiğinden, bu tür çalışmalarda  $C_3S$  ve  $C_3A$  miktarı düşük çimentolar kullanılabilir.
- Kışın dökülecek betonlarda hidrasyon ısısının yüksek olması istendiğinden, bu tür işler için  $C_3S$  ve  $C_3A$  miktarı yüksek çimentolar kullanılabilir.
- Kimyasal dayanıklılık, deniz suyuna ve sülfatlı sulara dayanıklılık istenen işlerde,  $C_3A$ ,  $C_4AF$  ve  $MgO$  miktarı düşük çimentolar kullanılabilir (Kocataşkın, 1965).

Portland Çimentosu beton üretiminde kullanılan bir bağlayıcıdır. Bu kullanım alanının gerektirdiği özellikler genel olarak şöyle sıralanabilir:

1. Betonun sağlam olabilmesi için çimentonun yeterince yüksek dayanımlı olması gerekir. (Dayanım)
2. Beton dökümü için gerekli sürenin sağlanabilmesi bakımından, çimentonun ne çabuk katılaşması, ne de geç katılaşması istenir. (Priz süresi)
3. Bir çatlama, dökülme olmaması için çimentonun su ile kimyasal reaksiyonu sonucu, aşırı genleşme yapmaması istenir (Hacim sabitliği) (Kocataşkın, 1965).

### 2.2.5. Türk Standartlarında Yeralan Çimentolar

Türk Standartlarında yer alan çimento çeşitlerine, 1997 Avrupa standartlarında olduğu halde bizim standartlarımızda olmayan, 6 adet yeni tip çimento standardı dahil edilerek çimentoların çeşitliliği artırılmıştır. Yeni çimentolarla birlikte standartlarımızda yer alan başlıca çimento çeşitleri şöyledir:

**TS 19 Portland Çimento:** Portland çimentoları, klinkerle az miktarda (yaklaşık %5) alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen katkısız çimentolardır. Bu çimentolar 28 günlük basınç dayanımlarına göre başlıca 3 tiptir. Bunlar ; PÇ 32.5, PÇ 42.5 ve PÇ 52.5' dir (Akçansa, 2003).

**TS 12139 Portland Curufllu Çimento:** Portland Curufllu Çimentoları, klinkerle curuf ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentolardır. Bu çimentolar, içerdikleri katkı (curuf) miktarına göre 2 sınıfa ayrılırlar. Küttelece %6 - 20 arasında curuf içerenler A sınıfı, Küttelece %21 - 35 arasında curuf içerenler B



sınıfıdır. Portland Curuflu Çimentolar 28 günlük basınç dayanımlarına göre PCC 32.5, PCC 32.5R, PCC 42.5, PCC 42.5R, PCC 52.5, PCC 52.5R olmak üzere 6 tiptir. Bu çimento Avrupa standartlarından yeni alınan bir çimento çeşididir (Akçansa, 2003).

**TS 12141 Portland Silika Füme Çimento:** Portland Silika Füme Çimento, klinkerle kütlece en fazla %10 oranında silika füme ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Bu çimento Avrupa standartlarından yeni alınan bir çimento çeşididir. Tek bir sınıfı vardır. Portland Silika Füme Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre PSFÇ 32.5 olmak üzere tek tiptir (Akçansa, 2003).

**TS 10156 Katkılı Çimento:** Katkılı Çimento, klinkerle en fazla %19 oranında puzolanik maddenin ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Tek bir sınıfı mevcuttur. Katkılı Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre KÇ 32.5 olmak üzere tek tiptir (Akçansa, 2003).

**TS 26 Traslı Çimento:** Traslı Çimento, klinkerle %20-40 arasında trasın ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Tek bir sınıfı mevcuttur. Traslı Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre TÇ 32.5 olmak üzere tek tiptir (Akçansa, 2003).

**TS 640 Uçucu Küllü Çimento:** Uçucu Küllü Çimento, klinkerle kütlece %10-30 arasında uçucu külün az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Tek bir sınıfı mevcuttur. Uçucu Küllü Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre UKÇ 32.5 olmak üzere tek tiptir (Akçansa, 2003).

**TS 12140 Portland Kalkerli Çimento:** Portland Kalkerli Çimento, klinkerle kalkerin ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. İçerdikleri kalker miktarına göre 2 sınıfa ayrılırlar. Kütlece %6-20 arasında kalker içerenler A sınıfı, Kütlece %21-35 arasında kalker içerenler B sınıfıdır. Portland Kalkerli Çimento 28 günlük basınç dayanımlarına göre PLÇ 32.5, PLÇ 32.5R, PLÇ 42.5, PLÇ 42.5R, PLÇ 52.5, PLÇ 52.5R olmak üzere 6 tiptir. Bu çimento Avrupa standartlarından yeni alınan bir çimento çeşididir (Akçansa, 2003).

**TS 12143 Portland Kompoze Çimento:** Portland Kompoze Çimento, klinkerle puzolonik veya hidrolik maddelerin ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. İçerdikleri toplam katkı maddesinin miktarına göre 2 sınıfa ayrılırlar. Kütlece %6-20 arasında kalker içerenler A sınıfı, Kütlece %21-35 arasında kalker içerenler B sınıfıdır. Portland Kompoze Çimento 28 günlük basınç dayanımlarına göre PKÇ 32.5, PKÇ 32.5R, PKÇ 42.5, PKÇ 42.5R, PKÇ 52.5, PKÇ 52.5R olmak üzere 6 tiptir. Bu çimento Avrupa standartlarından yeni alınan bir çimento çeşididir (Akçansa, 2003).

**TS 20 Cürüflü Çimento:** Cürüflü Çimento, klinkerle kütlece %20-80 arasında cürufun ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Tek bir sınıfı mevcuttur. Katkılı Çimento 28 günlük basınç dayanımlarına göre CÇ 32.5 ve CÇ 42.5 olmak üzere iki tiptir (Akçansa, 2003).

**TS 12144 Puzolanik Çimento:** Puzolanik Çimento, klinkerle puzolanik maddelerin ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. İçerdikleri toplam katkı maddesinin miktarına göre 2 sınıfa ayrılırlar. Kütlece %11-35 arasında puzolanik madde içerenler A sınıfı, Kütlece %36-55 arasında puzolanik madde içerenler B sınıfıdır. Puzolanik Çimento 28 günlük basınç dayanımlarına göre PZÇ 32.5, PZÇ 32.5R, PZÇ 42.5, PZÇ 42.5R, PZÇ 52.5, PZÇ 52.5R olmak üzere 6 tiptir. Bu çimento Avrupa standartlarından yeni alınan bir çimento çeşididir (Akçansa, 2003).

**TS 12142 Kompoze Çimento:** Kompoze Çimento, klinkerle curuf ve puzolonik maddelerin ve az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. İçerdikleri toplam katkı maddesinin miktarına göre 2 sınıfa ayrılırlar. Kütlece toplam katkı miktarı %36-60 arasında olanlar A sınıfı, kütlece toplam katkı miktarı %61-80 arasında olanlar B sınıfıdır. Kompoze Çimento 28 günlük basınç dayanımlarına göre KZÇ 32.5, KZÇ 32.5R, KZÇ 42.5, KZÇ 42.5R, KZÇ 52.5, KZÇ 52.5R olmak üzere 6 tiptir. Bu çimento Avrupa standartlarından yeni alınan bir çimento çeşididir (Akçansa, 2003).

**TS 21 Beyaz Çimento:** Dekoratif amaçlı çimentodur. Renk verici oksitler içermeyen ya da çok az oranda içeren hammaddeler kullanılarak üretilen katkısız çimentodur.

Dekoratif amaçlı olmasına rağmen basınç dayanımları, Türk standartlarında Portland Çimentosunun basınç dayanımları ile aynı değerlerle sınırlandırılmıştır. Beyazlık derecesine göre BPC 70 ve BPC 85 olmak üzere iki sınıftır. Beyaz Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre BPC 32.5 ve BPC 42.5 olmak üzere iki sınıftır (Akçansa, 2003).

**TS 3646 Erken Dayanımı Yüksek Çimento:** Erken Dayanımı Yüksek Çimento özel olarak üretilmiş klinker ile az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen erken dayanımı yüksek olan bir çimentodur. Erken Dayanımı Yüksek Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre EYÇ 52.5 olmak üzere tek tiptir (Akçansa, 2003).

**TS 10157 Sülfatlara Dayanıklı Çimento:** Sülfatlara Dayanıklı Çimento  $C_3A$  miktarı en fazla %5 olan ve  $C_4AF + 2C_3A$  miktarı en fazla %25 olan klinkerle, az miktarda alçı taşının birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Sülfatlara Dayanıklı Çimentonun tek bir sınıfı mevcuttur. Sülfatlara Dayanıklı Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre SDC 32.5 olmak üzere tek tiptir (Akçansa, 2003).

**TS 809 Süper Sülfat Çimentosu:** Süper Sülfatlı Çimento, kütlece en az %65 oranında yüksek fırın cürufu ile, kalsiyum sülfat ve az miktarda portland çimento klinkeri veya portland çimentosunun birlikte öğütülmesi ile elde edilen çimentodur. Tek bir sınıftır. Bu Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre SSC 32.5 olmak üzere tek tiptir (Akçansa, 2003).

**TS 22 Harç Çimentosu:** Harç Çimentosu en fazla %60 oranında puzolanik madde içeren çimentodur. Tek bir sınıftır. Bu Çimento 28 günlük basınç dayanımına göre HC 16 olmak üzere tek tiptir (Akçansa, 2003).

### 2.3. Selüloz Eterler

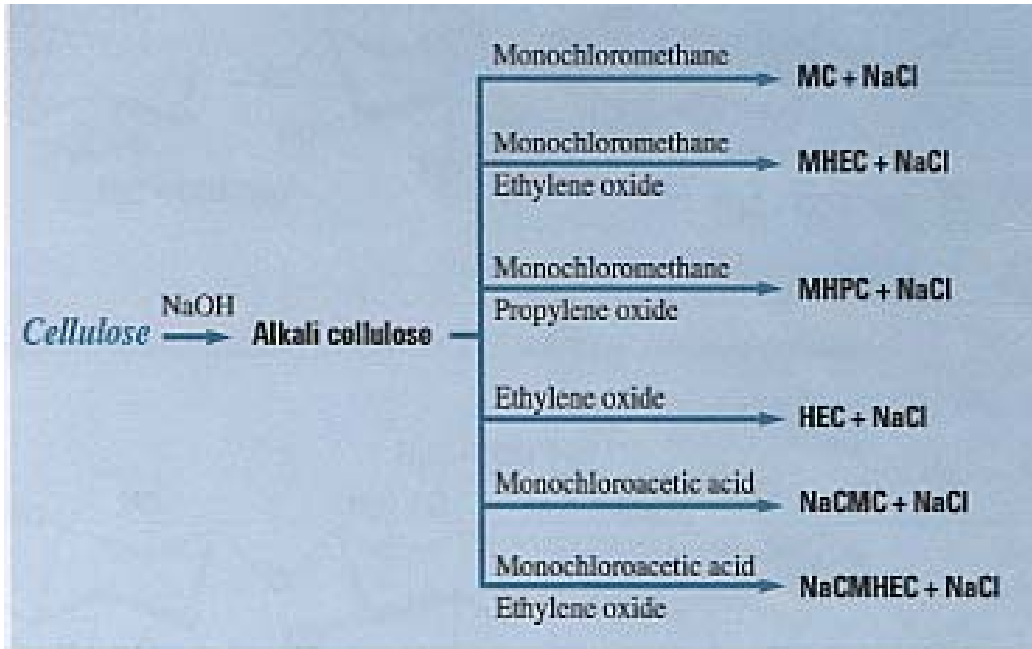
Selüloz eterler, uzun zamandan beri inşaat sektöründe, tamir harçları, seramik yapıştırma harçları, zemin tesviye şapları, boyalar ve sıvalar gibi, bir çok ürünün üretiminde kullanılmaktadır. Günümüzde, bu modern ürünlerin yapısında selüloz eterler, işlenmeyi kolaylaştırma, su tutma, azda olsa yapışma dayanımına katkıda bulunma gibi bir çok faydalı yönleriyle, vazgeçilmez bir katkı malzemesi olarak yer almaktadırlar.

### 2.3.1. Selüloz Eterlerin Üretimi

Endüstriyel selüloz eterler, alkil, alkihidroksialkil ve karboksialkil eterler, selülozdan elde edilmiştir. Eterler bazı selüloz hidroksil grupların yerine geçecek formdadır (Herc, 2003).

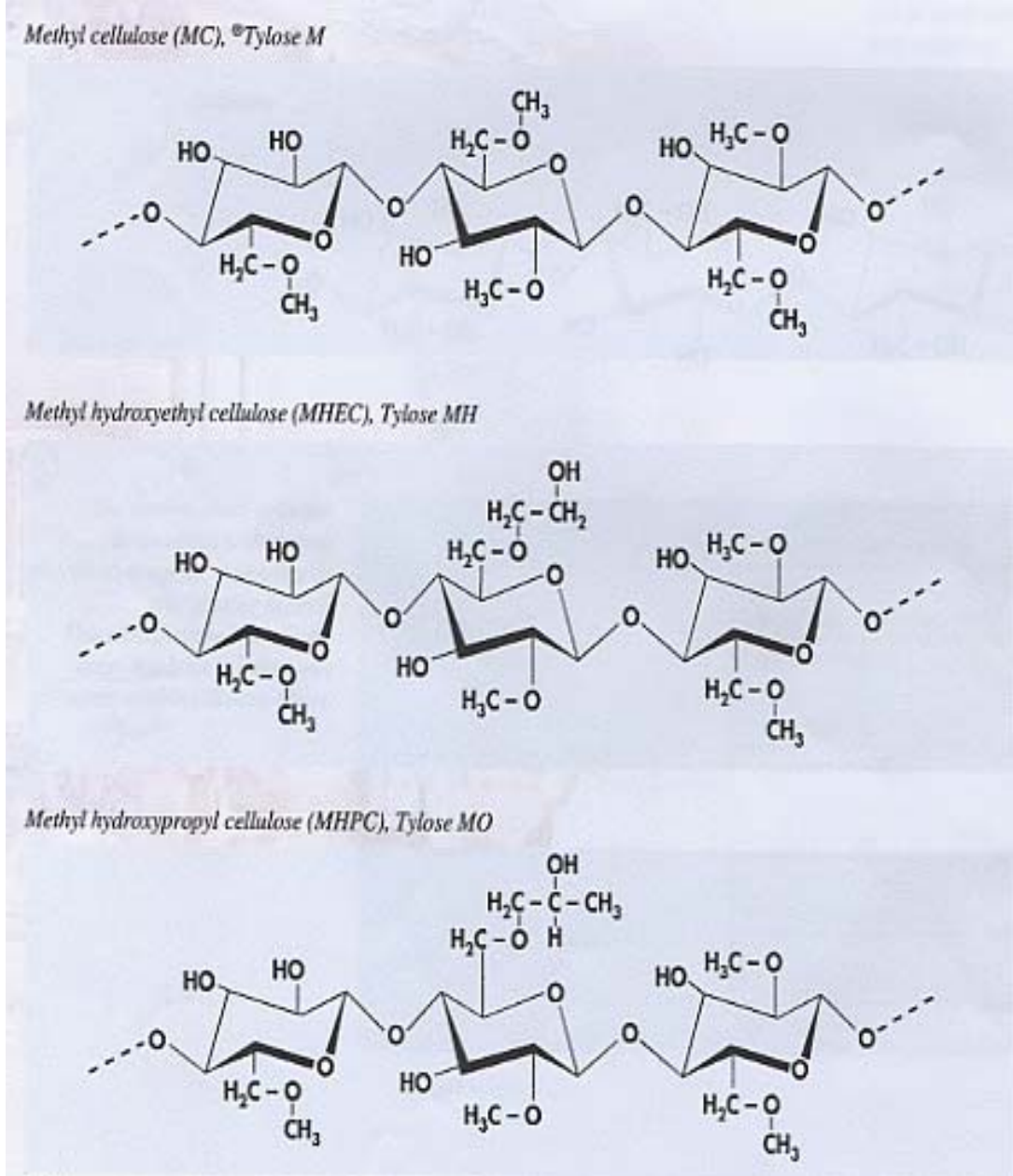
Selüloz eterler birtakım karmaşık prosesler ile üretilmektedir. Başlangıçta, pamuk lifi ve ağaçtan, değişik yüksek saflıklarda özel selülozlar üretilmekte, daha sonra sodyum hidroksit kullanılarak alkali selüloza çevrilmektedir. Alkali selüloz, eterleştirici ajanlarla reaksiyona girer ve sonraki proses aşamasında yüksek miktarda sodyum klorid üretilir. Bu tuz, bazı ürünlerle birlikte yıkanarak teknik derecede NaCMC (sodyum karboksi metil selüloz) elde edilir. Kurutulmuş selüloz eterler, granül veya toz haline getirilerek bazı katkılarla modifiye edilirler (Clariant, 2003).

Şişmiş alkali selüloz, eterleştirici ajanlarla değişikliğe uğratarak çeşitli eter tipleri elde edilir. Bu eterleştirme işleminde, suda çözünmeyen selüloz eterler, suda çözünen selüloz eterlere dönüşürler (Clariant, 2003).



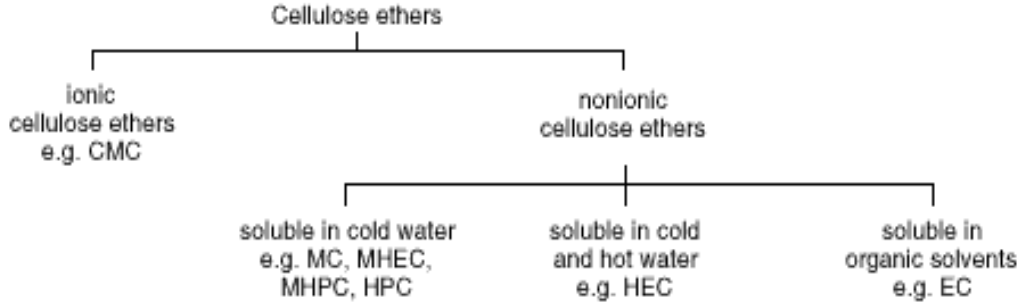
Şekil 2.3.1.1. Selülozun, suda çözünmeyen alkali selüloza, alkali selülozun da suda çözünen selüloz eterlere değişimi (Clariant, 2003)

Eterleşme safhasında, anhidroglukoz bileşiklerinin hidroksil grupları içerisindeki bazı hidrojen atomları, birbirleriyle yer değiştirir. Suda çözünen selüloz eter türleri yapılarında çeşitli metil, hidroksietil, hidroksipropil veya karboksimetil grupları içerirler (Clariant, 2003).



Şekil 2.3.1.2. Suda çözünen bazı selüloz eter türleri ve yapılarında bağlı bulunan, metil ve bazı hidroksil grupları (Clariant, 2003)

Sıvalar, seramik yapıştırma harçları, derz dolgu malzemeleri, tamir harçları, zemin tesviye şapları, izolasyon harçları gibi bir çok üründe suda çözünen selüloz eterler türleri kullanılmaktadır.



Şekil 2.3.1.3. Selüloz eterlerin sınıflandırılması (Herc, 2003)

### 2.3.2. Selüloz Eterlerin Faydaları

- Üretim kolaylığı;

Kuru karışım harçların üretiminde, toz yapıda bulduklarından ötürü karışıma kolayca ilave edilirler. İnce boyutlu olmaları sebebiyle karışım içerisinde kolayca dağılırlar.

- İşlenebilirlik;

Uygulanacak ürün su veya özel sıvısı ile karıştırıldığında harcın kolayca karışmasını ve uygulanacağı zemine rahatça sürülmesini sağlar.

- Su tutuculuk ve kullanma süresi (kap ömrü);

Ürün harç haline getirildiğinde selüloz eter, suyu bünyesinde tutmak suretiyle harcın kurumasını engelleyerek, ürünün daha uzun süre kullanılabilmesini sağlar. Yani ürünün kap ömrünü uzatır.

- Yapışma Dayanımı;

Selüloz eterler su tutma özelliği sayesinde, harcın kuruma sürecinde, çimentonun hidratasyonu için gerekli suyu sağlayarak hızlı kurumasını engeller. Böylelikle çimentonun daha dengeli bir hidratasyon ve sertleşme süreci geçirmesine yardımcı olurlar. Selüloz eterler, harcın uygulandığı yüzeye daha kolay yayılmasına ve tutunmasına yardımcı olurlar.

- Kayma direnci;

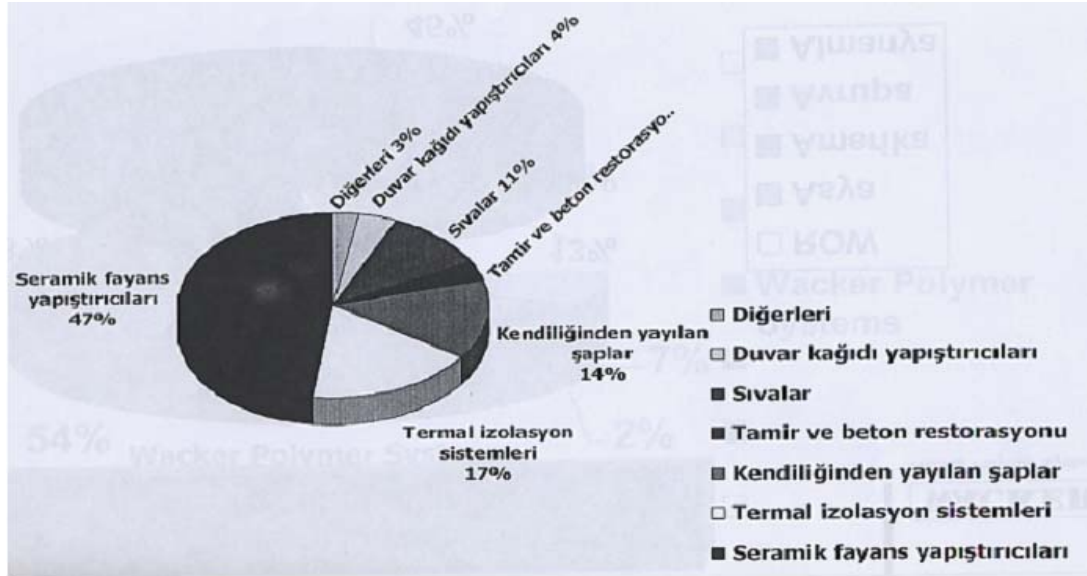
Selüloz eterler, harcın viskozitesini arttırarak, malzemenin uygulandığı yüzeyden akmasını, kaymasını engeller (Dow, 2003).



Şekil 2.3.1.4. Selüloz eter içeren bir makine sıvasının duvara uygulanişı (Clariant, 2003)

#### **2.4. Polimerler (Dispersiyon Tozları)**

Polimerler, çimento bazlı sistemlerde yapısına girdiği harcın esnekliğini, yapışma dayanımını, sıcak ve soğuk ortam koşullarına dayanıklılığını arttırırlar. 1950' li yıllardan sonra inşaat teknolojisinde görülen gelişmelerle birlikte, polimerler de kuru karışım harçlarda geniş kullanım alanları bulmuşlardır.



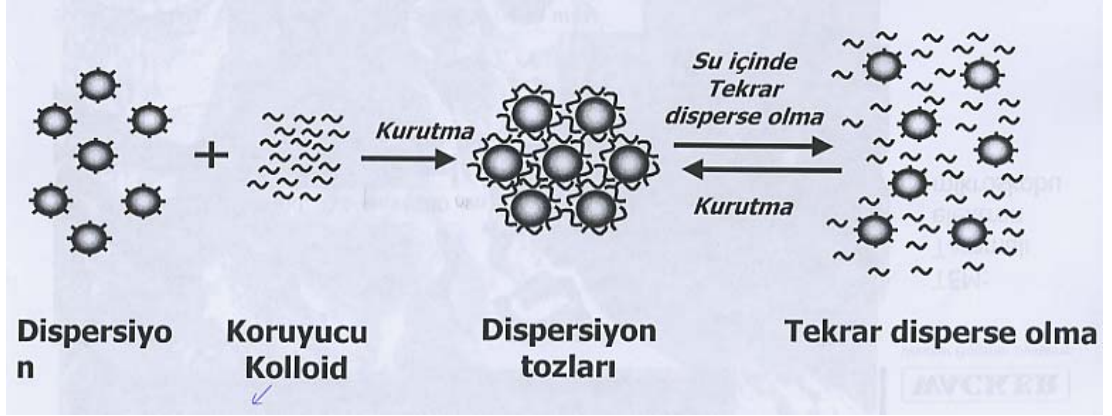
Şekil 2.4.1. Uygulama alanlarına göre dispersiyon tozlarının kullanım oranları (Özışık, 2001)

Kuru karışım harçlarda kullanılan polimer çeşitleri;

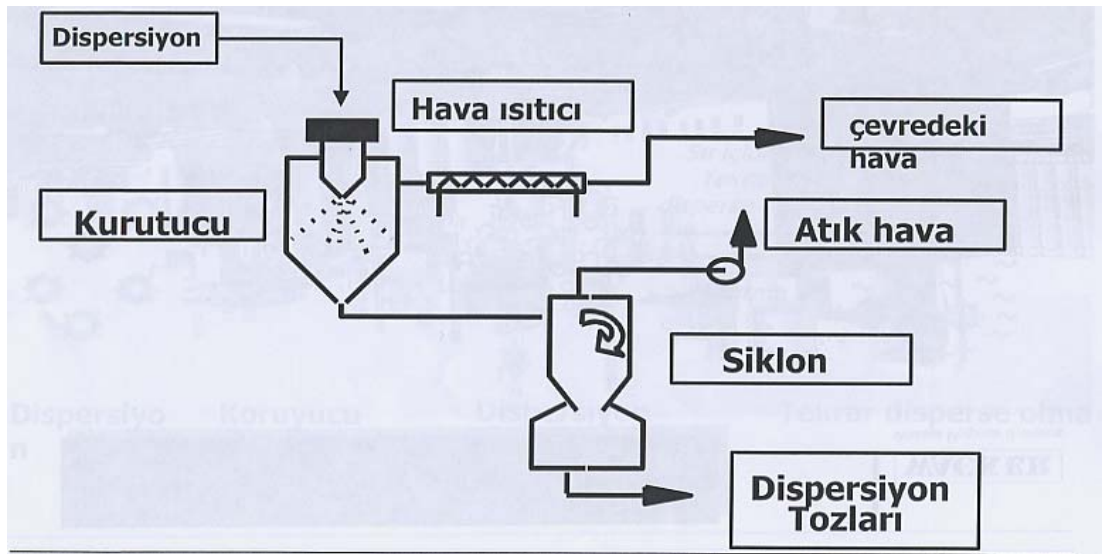
- Vinil asetat etilen (VAE)
- Vinil asetat / versatik asit esteri (VAC / VeoVa)
- Vinil asetat homopolimer (VAC) (sadece alçı uygulamaları ve duvar kağıdı yapıştırıcıları)
- Stiren akrilik ko-polimeri (SA)
- Saf akrilik ester (A) (Özışık, 2001)

Dispersiyon tozları, koruyucu kolloidlerle karıştırılarak kurutulmaktadır. Daha sonra su içinde tekrar disperse olmakta ve kurutulmaktadır. Bu işleme redispersiyon denilmektedir. (Özışık, 2001).





Şekil 2.4.2. Dispersiyon tozlarının redisperse hale gelişi (Özışık, 2001)



Şekil 2.4.3. Dispersiyon tozlarının üretim prosesi (Özışık, 2001)

Dispersiyon tozları ile modifiye edilen yapı ürünlerinin özellikleri ;

1. Islak harçtaki gelişmeler;
  - Daha iyi plastik özellik.
  - Daha iyi işlenebilirlik.
  - Daha iyi viskozite.
  - Daha iyi ıslak kohezyon.
  - Daha iyi su tutma özelliği
2. Sertleşmiş harçtaki gelişmeler;
  - Daha iyi yapışma.
  - Daha iyi esneklik kuvveti.

- Yüksek esneklik (deformasyon kabiliyeti).
- Düşük Elastisite Modülü.
- Yüksek geçirgen özellikli harç.
- Daha iyi aşınma dayanımı.
- Yüksek kohezyon ve sertlik.
- Azaltılmış su emme (hidrofobik dispersiyon tozları ile) (Özışık, 2001).



Şekil 2.4.4. Çimentolu harç içerisindeki polimer filminin, elektron mikroskobundan alınan görüntüsü (Özışık, 2001)

Dispersiyon tozları içeren bir harç sistemi içerisinde, dispersiyon tozlarının etki mekanizması şöyle açıklanabilir:

- Koruyucu kolloid, harç sistemi içerisine absorbe edilir ve suda çözünmez hale gelir.
- Dispersiyon tozları film oluştururlar ve bağlayıcı olarak davranırlar.
- Polimer film fayans (yapıştırma harçları için) / harç ve harç / zemin birleşim ara yüzeylerinde yapışmayı ve harç içerisindeki kohezyonu artırır (Özışık, 2001).

Çizelge 2.4.1. Çimento esaslı harçlarda organik katkıları ve bağlayıcıların etkileri (Özışık, 2001)

Özellikler ve Gelişmeler + = Gelişme -- = Etki yok (gelişme yok)	Katkılar (selüloz eterler)	Organik polimer bağlayıcılar (dispersiyon tozları)
Su tutuculuk	+++	+
İşlenebilirlik	+++	+
Yapışma / Kohezyon	--	+++
Esneklik / Deformabilite	--	+++
Esneklik kuvveti	--	+++
Aşınma dayanımı	--	+++
Hidrofobik etkiler, plastifiyan ve kendiliğinden yayılma gibi çok özel durumlar	--	+++

## 2.5. Isı İzolasyonu Sağlayan Yardımcı Yapay Malzemeler

### 2.5.1. Cam Kürecikler

Cam kürecikler bünyelerinde yoğun miktarda boşluklar içerirler. Kürecikler içerisindeki boşlukların yok edilme çalışmaları sırasında, aslında bunların hangi amaçla kullanılabilceği keşfedilmiştir (3M, 1995).

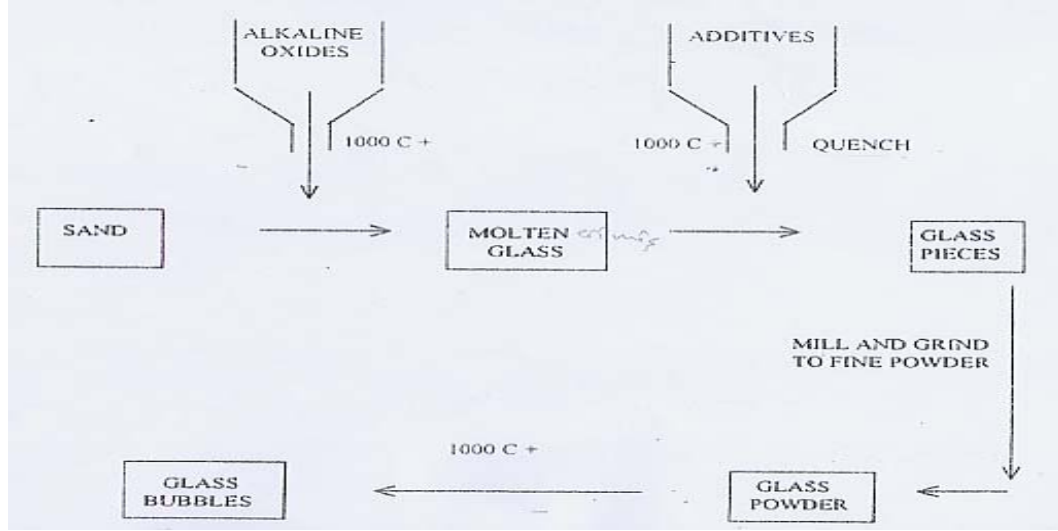
Cam kürecikler  $\text{SiO}_2$  yapıda olup, alkalın oksit ve çeşitli katkıları ilave edilmek suretiyle, bir takım karmaşık prosesler sonucunda üretilmektedir (3M, 1995).

Çizelge 2.5.1.1. Cam küreciklerin kimyasal yapısı (3M, 1995)

Bileşik	% Ağırlık
$\text{SiO}_2$	60 – 80
$\text{Na}_2\text{O}$	5 – 16
$\text{CaO}$	5 – 25
$\text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$	0 – 10
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$	5 – 16
Alkalın oksit	0 - 15

Çizelge 2.5.1.2. Cam küreciklerin fiziksel özellikleri (3M, 1995)

Materyal	Özellik
Boyut aralığı	10 – 160 $\mu$ (ortalama 60 $\mu$ )
Görünüm	Mükemmel boyutlarda küre
Yoğunluk aralığı	0,125 – 0,60 gr/cm <sup>3</sup>

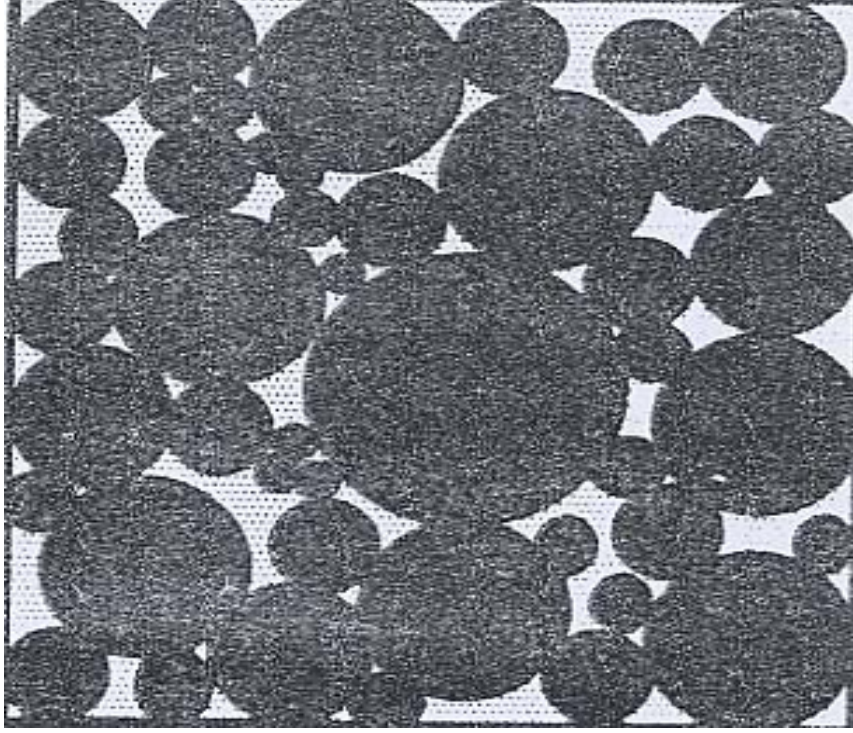


Şekil 2.5.1.1. Cam küreciklerin üretim prosesi (3M, 1995)

Cam kürecikler, çimento bazlı harçlarda, boya ve verniklerde, silikonlarda, yapay ahşap malzemeleri yapımında, otomotiv sanayiinde ve daha bir çok sektörde düşük yoğunluklu dolgu malzemesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (3M, 1995).

Çimento bazlı harçlarda, düşük yoğunluğa sahip cam küreciklerin kullanımı şu yönlerden faydalı olmaktadır:

- Kolay işlenebilirlik.
- Düşük yoğunluk (hafif seramik yapıştırma harcı, sıva, tamir harcı vb.).
- Azaltılmış kayma.
- Düşük büzülme.
- Çatlaksız yapı.
- Uygulama yapılmış zemin üzerine kolay vidalama.
- Boşluklu yapı sayesinde yüksek ısı izolasyon kabiliyeti (ısı izolasyon sıvası ve boyası) (3M, 1995).

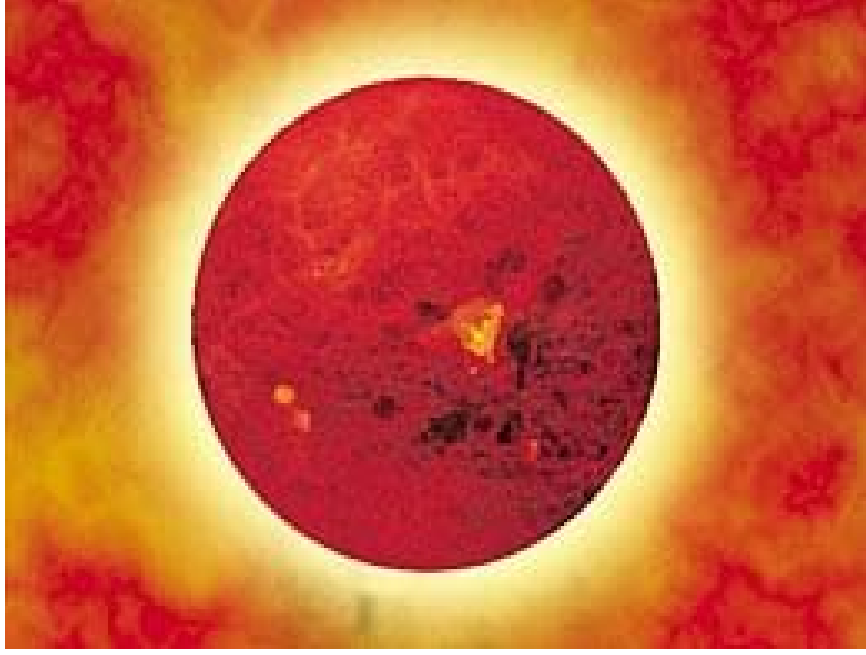


Şekil 2.5.1.2. Cam küreciklerin yakın plan görünümü (3M, 1995)

### 2.5.2. Poraver

Poraver, inşaat sanayiinde sıvalar, seramik yapıştırma harçları, tamir harçları, hafif yapı elemanları (bims blok, hafif prefabrik duvar vb.) imalinde kullanılan, bünyesinde yoğun miktarda boşluklar içeren ve bu boşluklar sayesinde ısı izolasyonu sağlayan, son derece düşük yoğunluğa sahip, silis yapılı hafif dolgu malzemesidir. Poraver, radyasyona ve mikroorganizmalara dirençli bir malzemedir (Poraver, 2003).

Poraver' in hammaddesi cam ya da dönüşümlü camdır. Saf cam parçacıkları büyük değirmenlerde öğütülerek cam tozu haline getirilir. Daha sonra sisteme su, bağlayıcı ajan ve genişletici ajanlar ilave edilerek karışım hazırlanır. Bu karışım, cam çanaklarda işlenerek küresel olarak şekillendirilir. Granüle haldeki ürünler, döner fırınlarda yaklaşık 900 °C' de genişletilir. (Şekil 2.5.2.1.) Bu genişletme işlemi ile ürünün yapısında ince gözenekler oluşturulur. Soğutma prosesi sonrasında ürün eleme işlemine tabi tutularak, 6 değişik boyutta sınıflandırılır (Şekil 2.5.2.2.) (Poraver, 2003).



Şekil 2.5.2.1. Poraver 900 °C’ de geniştilirerek, gözenekli yapı kazandırılır (Poraver, 2003)



Şekil 2.5.2.2. Poraver soğutma prosesi sonrasında elenerek 6 değişik boyutta sınıflandırılır (Poraver, 2003)

Çizelge 2.5.2.1. Poraver ürünlerinin fiziksel özellikleri (Poraver, 2003)

Tane Boyutu (mm)	0,25 – 0,50	0,50 – 1	1 – 2	2 - 4	4 - 8	8 - 16
Yığın yoğ. kg/m <sup>3</sup>	330 +/-60	260 +/-40	230 +/-40	190 +/-30	170 +/-	150 +/-
Görünür yoğ. kg/dm <sup>3</sup>	0,64 +/-0,1	0,46 +/-0,08	0,40 +/-0,07	0,34 +/-0,06	0,30 +/-0,05	0,27 +/-0,04
Dayanım N/mm <sup>2</sup>	2,1	1,7	1,6	1,4	1,2	0,8
PH değeri	8 - 12					
Isı geçirgenliği W/m <sup>2</sup> K	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Nem %	< 0,5					
Yumuşama noktası °C	yaklaşık 700 °C					
İnce tane miktarı %	≤ 15					
En büyük tane miktarı %	≥ 10					

Çizelge 2.5.2.2. Poraver ürünlerinin kimyasal özellikleri (Poraver, 2003)

Element	105 °C' de kurutma sonrası	Serbest kızdırma kaybı (%)
Kızdırma kaybı	0,55	-
Çözünmeyen kalıntı (ç.k.)	84,20	-
CaO	9,70	9,75
SiO <sub>2</sub>	68,62	69,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,92	1,93
TiO <sub>2</sub>	0,07	0,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,37	0,37
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,03
MgO	1,95	1,97
K <sub>2</sub> O	0,96	0,97
Na <sub>2</sub> O	15,85	15,94
SO <sub>3</sub>	0,10	0,10
Cl	0,0001	-
Remaining	-	-
Toplam (ç.k. hariç)	100,12	100,13
Na <sub>2</sub> O-eşdeğeri	15,66	-

Poraver ürünlerinin avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Poraver çok hafif bir malzeme olup, yüksek basınçlara dayanıklıdır.
- Tüm parçacıklar yuvarlak olup, kırık parçacık içermez.
- Yüksek ısı izolasyonu sağlar.
- Mükemmel ses yalıtım özelliğine sahiptir.
- Su emmesi çok düşüktür.
- İklim koşullarına dayanıklıdır.
- Alkali dayanımı yüksektir ve bundan dolayı kireçli ve çimentolu sistemlerde kullanılmaya uygundur.
- Yanmaz özelliğe sahiptir.
- Çözücü içermez, kokusuzdur.
- Mantar oluşumlarına karşı dayanıklıdır (Poraver, 2003).

## **2.6. Sıvalar**

Yapı dış kabuğunun atmosferden gelen nem ve suyu engellemesi yani suyu dışarı verebilme yeteneği, yapının güvenliği ve uzun süre kullanılabilirliği açısından son derece önemlidir. Bu konuda bilinen en eski çözümlerden birisi, yapı duvarlarının sıvanmasıdır (Özer, 1982).

### **2.6.1. Sıvanın Amacı**

Sıvaların görevi sadece yapıyı güzelleştirmek değildir. Sıvanın, bunun ötesinde birçok önemli görevi vardır. Sıva, duvarların iç ve dış yüzeylerini, kaba yapının bütün derzlerini ve pürüzlerini örter. Sıva sayesinde duvar ve tavanlardaki düzgün olmayan yerler düzeltilir, içte duvar kağıdı ve boya için pürüzsüz alanlar oluşturulur. Fakat daha da önemlisi, sıvanın yapının nem miktarı ve ısı korunumu konusundaki ayarlayıcı etkisidir. Bundan başka sıva, ses yalıtımında ve genellikle yapının yangına karşı korunmasında vazgeçilmez bir etkidir. Sıva, çeşitlerine, yapıdaki kullanım alanına, tabaka olarak yapısına, sıva harcındaki bağlayıcı malzemelere, yüzeyinin değerlendiriliş şekline ve yapılışına göre çeşitlere ayrılır (Özer, 1982).



### 2.6.2. Sıva çeşitleri

- a) Normal Sıvalar: Duvarın dış havayla yeterli ölçüde nem alışverişini yani nefes almasını sağlar. Ortalama bir sertliğe sahiptirler.
- b) Su Tutmayan Sıvalar: Normal sıvaların tersine özel harç yapılarıyla üzerlerindeki nemin içerilere girmesini, oda veya dışarıyla olan nem alışverişini azaltmadan engellerler.
- c) Suyu Yalıtan Sıvalar: Bunlar sadece su almamakla kalmayıp, ayrıca su basıncına karşı dayanıklı olan sıvalardır.
- d) Ses Emen Sıvalar: Bunlar çok gözenekli ve köpüklü sıvalardır. Özel katkılar (örneğin: mineral elyaf veya şişirilmiş maddeler) kullanılması sebebiyle gevşek bir yapıya sahiptirler. Böylece diğer sıvalara göre daha fazla ses emici etkileri vardır. Ses emen sıvalardan özel bir sertlik beklenmez (Özer, 1982).

### 2.6.3. Sıvanın Kullanım Alanları

Dış duvar sıvaları, dış duvarların dış yüzeylerinde, iç duvar sıvaları ise duvarların iç yüzeylerinde kullanılırlar. Bunlara ek olarak, dış tavan sıvaları, yapının atmosferik etkilere maruz kalan elemanlarının alt taraflarında (örneğin balkonların altında), iç tavan sıvaları ise kat tavanlarının veya iç merdivenlerin alt taraflarında kullanılırlar (Özer, 1982).

### 2.6.4. Sıva Yüzeyi

Sıva yapılması gereken alana denir. Sıva yüzeyinin yapısına göre harç ve sıvanın cinsi değişir. Hava şartları yani, soğuk, sıcak, ıslaklık, güneş ışınlanması veya kuraklık sıva yüzeyinin ve böylece sıvanın özelliklerini etkiler. Sıva yüzeyi, sıvanın her bölgede aynı kalınlıkta uygulanabilmesini sağlayacak şekilde, düzgün olmalıdır. Sıva yüzeyi tozdan arınmış ve temiz olmalı, sıvaya zarar verecek bombeler yok edilmelidir. Bundan başka, sıva yüzeyi pürüzlü olmalıdır, eğer yüzey pürüzsüz ise pürüzlendirilmeli veya ince bir püskürtme sıvayla kaplanmalıdır. Sıvanın uygulanmasından önce bu tabakanın yeterli derecede priz yapmış olması gerekir. Emici özelliği fazla olan sıva yüzeyleri önceden ıslatılmalıdır. Donmuş sıva yüzeyi

sıva ile kaplanamaz, elverişsiz bir sıva yüzeyi üzerine, sıva taşıyıcı elemanlar tatbik edilerek (örneğin sıva filesi) sıva yapılmalıdır (Özer, 1982).

### 2.6.5. Sıva tabakaları

Bir sıvanın farklı uygulama basamaklarını belirtir.

1. Sıva tabakası olarak şunlar söz konusudur.
  - a) Püskürtme Tabaka: Alt yüzey ve gerçek sıvanın daha iyi bağlanmasını veya sıva yüzeyinin çok zayıf, çok güçlü veya değişken emici özelliğini dengelemek için yapılan işlemdir.
  - b) Alt Sıva: Çok tabakalı sıvanın taşıyıcı tabakasıdır.
  - c) Üst Sıva: Çok tabakalı sıvalardaki en son kat sıvadır. Ayrıca dış sıvalar için hava şartlarına karşı dayanıklı olması gereken üst tabakadır.
2. Tek Tabakalı Sıva: Sadece alçı sıva da söz konusu olup, tek tabaka halinde uygulanan sıvadır.
3. Çok Tabakalı Sıva: Birkaç tabaka halinde uygulanan sıva olup, iki çeşittir:
  - a) İki Tabakalı Sıva: Püskürtme tabaka ile birlikte üst sıvadan ya da alt sıva ile birlikte üst sıvadan meydana gelir.
  - b) Üç Tabakalı Sıva: Püskürtme tabaka, alt sıva ve üst sıvadan meydana gelir. Sıvanın yapısı, yapılış amacına, emicilik özelliğine, sıva yüzeyinin pürüzlülüğüne ve dış sıvalarda hava şartlarına göre değişir. Kural olarak alt sıvanın, üst sıva kadar sert olması gerekir.
4. Sıva Harcı: Genelde bağlayıcı maddelerine göre isimlendirilir, örneğin, kireç kaymağı harcı, kireçli çimento harcı, kireçli alçı harcı, alçı harcı (Özer, 1982).

### 2.6.6. Sıvaların Görevleri ve Özellikleri

Kullanım alanına göre sıvanın şu şartları yerine getiren bir çok görevi vardır .

**Sıvanın Dayanıklılığı:** Öncelikle sıva harcının karışımının doğruluğuna, tabakaların yapılarının ve tekniklerinin doğruluğuna bağlıdır. Bunlardan başka dayanıklılık, sıva yüzeyinin söz konusu sıva türüne uygun olup olmadığına, sıvanın ustaca uygulanıp uygulanmamasına ve sonraki işlemlere bağlıdır. Sıvanın kullanımına göre dayanıklılık, başka şartları da yerine getirmek zorunda kalabilir. Örneğin sıvaların hava şartlarına ve darbelere dayanıklı olması istenir. Genel olarak bir sıvadan şunlar beklenir:

- a) Sıva yapılacak yüzeye ve tabakalar arasında iyi bir tutunma,
- b) Sıva yüzeyi ve tabaka arasında boşlukların olmaması,
- c) Her bir sıva tabakası içinde doku ve tabaka kalınlıklarının farklılık göstermemesi,
- d) Yeterli sertlik,
- e) Özellikle aşınmaya ve dökülmeye karşı dayanıklılık,
- f) Homojen ve lekesiz bir görünüm,
- g) Dış etkilere karşı dayanıklılık (Özer, 1982).

**Hava Şartlarına Karşı Dayanıklılık:** Dış sıvalarda dayanıklılık özelliğine eklenmesi gereken bir özelliktir. Dış sıva sadece belli aralıklarla gelen yağmur ve güneş etkilerine karşı dayanıklı olmaktan başka, don ve kırağıya karşıda sağlam olmalıdır. Yani sıva belli bir nemlenmede de dona karşı dayanıklı olmalıdır. Bundan başka, belli durumlarda kırılmadan veya patlamadan hareket etme olanağı sağlayan bir ısı genleşme değeri olmalıdır. Ayrıca boyası ışıktan ve hava şartlarından etkilenmemelidir, sıvalarda, bağlayıcılarla çözülmeyen veya rengini kaybetmeyen boyalar kullanılmalıdır. Örneğin, kireçli sıvalarda kireç boyası, çimentolu sıvalarda çimento boyası, renklendirilmiş yüksek nitelikli sıvalar son derece uygundur (Özer, 1982).

**Dış Sıvalar:** Suyu yalıtan sıvalar haricinde, duvarın bir miktar nemini, gözeneklerde su hareketi ve buhar geçirgenliği sayesinde, buharlaşmak üzere yüzeye iletebilmelidir. Yani duvarın nefes almasını sağlamalıdır. Burada söz konusu olan

hava geçişi değil, nem alışverişidir. Burada önemli nokta, nemin, ısı akışının yönünde, yani kış mevsiminde içten dışa doğru, ilerlemesidir. Normal(gözenekli) sıva her zaman bu tür bir teneffüs sağlar (Özer, 1982).

**Isı İletim Değerleri:** Sıvaların ısı iletim değerleri, sıva harcının cinsine ve sıvanın nemine göre, dış sıvalarda 0,70 ile 1,30 kcal/m h °C arasında, iç sıvalarda ise 0,40 ile 0,90 kcal/m h °C arasında değişir. Dış sıva kalınlığı azami 20 mm, iç sıva kalınlığı da genellikle 15 mm olduğu için, pratikte sıvanın ısı yalıtımında diğer faktörlere göre daha az rolü vardır. Buna karşı, en başta duvarın teneffüsünü, yani dış ortamdan nem girişinin engellenmesi ve dışa doğru hareketini sağladığı için, ısı yalıtımını yinede etkiler (Özer, 1982).

Sıva, yapı elemanlarının ses yalıtımında da etkilidir. Gözenekli yapı bloklarından örölmüş duvarlarda ancak sıva, verimli bir ses yalıtımı sağlar. Tek tarafta sıva uygulanmasıyla da ses yalıtımı etkisi görülür. Ancak iki tarafın da sıva ile örtölmesiyle bu etki önemli bir artış göstermez. Sıva kalınlığı olarak iç ortamda 15 mm yeterlidir. Çimento ve kireçli çimento sıvalar (örneğin dış duvarlardaki yüksek vasıflı sıvalar) ses yalıtıcı etki açısından, alçı sıvalardan genellikle üstündür. Gözenekli levhalardan yapılmış basit duvarlarda, sıvanın ses yalıtımı çok daha etkindir. Hafif yapılı, çift ve çok tabakalı duvarlar ve kat tavanlarında bükülemeyen sıva, bükülebilir taşıyıcı tabakayla birlikte istenen ses yalıtımını sağlayabildiği için, n yapı elemanının önemli bir parçasını oluşturur. Burada sıva, en az 20 mm, sıva taşıyıcılarda da (tel dokular, hasır dokular, çentikli metal levhalar) 25 mm kalınlığındadır (Özer, 1982).

Sıvanın bütün yapı elemanları için DIN 4102 ye göre yangından koruyucu etkisi vardır. Böylece ahşap yünü levhalar sadece sıva ile örtöldükleri zaman yangından koruyucu etki yaparlar. Betonarme tavanlarda, tavan sıvasının büyük önemi vardır.Asgari 15 mm kireçli çimento sıvayla kaplanmış betonarme tavanlar, sıvasız tavanlara göre, üç kat daha uzun süre ateşe dayanıklılık gösterirler (Özer, 1982).

**Yüksek Vasıflı Sıvalar:** Fabrikalarda hazırlanan, hava şartlarına karşı dayanıklı çimento bazlı sıvalardır. Bu tür kuru harçların hazırlanmasında özellikle ince boyutlu silis veya kireç spatlı kumlar, iri boyutlu dolgu ve özel bileşimli bağlayıcılar

kullanılır. Yüksek vasıflı sıvalar en çok taraklı olarak uygulanır. Bunun nedeni de bu sıvaların dayanıklılığıdır. Kazıma sonucu bağlayıcı madde tabakasında ve yüzeydeki gerilim yok edilerek çatlama tehlikesi bir anlamda önlenir. Bundan başka yüzey, pürüzsüz yüzeylere oranla daha da büyümüş olur. Bu da sıvanın nefes alma ve buhar geçirgenliği özelliğini arttırır (Özer, 1982).

**Yıkama sıvası:** Harçta kullanılan malzemelerle ulaştıkları sertlik değeri açısından taş kırıntılı sıvalarla benzerlik gösterirler. Bu ikisi arasındaki ana fark sıvaların yüzey işlemlerindedir. Yıkama sıvaları bildiğimiz çakıl taşı veya mozaik tanecikleri ile veya bu iş için yapılmış kuru harçla birlikte kullanılır. İyi bir yıkama sıvasının hazırlanması harç malzemelerinin doğru ve ustaca kullanılmasıyla yapılır. Bu nedenle yıkama sıvasını, yüksek vasıflı sıva imal eden fabrikalardan tedarik etmek daha doğru olur. Bu harcı sadece su katarak mala ile yumuşatmak gerekir. Burada beyaz çimento sayesinde parlak renkler sağlanır (Özer, 1982).

**Su Yalıtımı Sağlayan Sıvalar:** Bodrum katlarında duvarların iç ve dış kısımlarında özellikle kullanılır. Sıvayı su geçirmez hale getirmek için harca su tutucu malzemeler (yalıtıcı malzemeler) katılmalıdır (Özer, 1982).

**Alçı Sıva:** Kolay işlenebilirliği, çabuk çözülürlüğü ve kolay şekillendirilebilirliği nedeniyle en elverişli iç sıvadır. Saf alçı sıva için 10 mm' lik kalınlık yeterlidir. Saf alçı sıvalar bir kerede uygulanır. Burada alçı akıcı olduğu sürece, alt yüzeye iyi bağlanacak şekilde rahatça fırlatılabilir. En sonunda artan alçı, düzeltici ince sıva olarak bütün yüzeye sıvanır. Saf alçı sıvanın yanısıra günümüzde, gözenekli ve tutucu özelliği olan alçı-kum sıvalar da kullanılmaktadır. Bu sıva alt yüzeye çok iyi bağlanır. Alçılı sıvaya yapısı ve rengi için, öğütülmüş renkli doğal taşlar ilave edilebilir. Kireç ilavesiyle (alçılı kireç sıva), saf alçı sıvaya kıyasla alt yüzeye tutunma arttırılabilir. Kireç kaymağı harçlı sıvalar, sınırlı elastiklik, çabuk donma ve sıva yüzeyinden daha sert olmama avantajlarını sağlarlar. Buna karşılık, yağmurlu havalarda çok fazla nem aldıklarından, hava şartlarına karşı düşük bir dayanıklılık gösterirler, aşınma nedeniyle hasar görürler (Özer, 1982).

Sıvaların yüzey şekli yapı fiziği açısından son derece önemlidir. Pürüzsüz sıvaların dış kabuklarında bağlayıcı madde oranı çoktur. Bu nedenle çabuk kabarır ve

çatılar. Çatlaklar derin değildir, fakat sıva içerisinde önemli ölçüde ilerleyerek, ileride dökülmelere neden olabilirler. Güçlü bir yapısı olan kaba sıva içinde su kesecikleri oluşur ve kolaylıkla kirlenir. Taraklı sıva daha avantajlı olup, sıvanın sert dış kabuğu kesildiğinden havadaki CO<sub>2</sub>' nin sıva harcına girişi kolaylaşmıştır. Sıva bu sayede çabuk sertleşir. Püskürtme sıva da elverişli bir sıva sayılır, fakat taraklı sıva gibi sıva kalınlığının ölçülememesi bir dezavantaj oluşturur. İki senelik dış sıvalar üzerinde yapılan araştırmalar sonucu, sıvaların nem tutuculuğunda kapiler yapının belirleyici etken olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni, kapilerler yolu ile iletilen akıcı nem kütesinin miktarının, buhar halinde giren nem miktarından çok daha büyük olmasıdır (Özer, 1982).

## **2.6.7. Çeşitli Zemin ve Ortamlarda Sıva Uygulamaları**

### **2.6.7.1. Tuğla Duvar Üzerine Sıva**

Harcın kapılar emme özelliği, sıva yüzeyininkiyle aynıdır veya uygun şekilde ayarlanabilir. Tuğla duvarın ısı genleşme katsayısı ile kabarma ve büzülme değerleri çok düşüktür. Tuğla, duvar derzleri yardımıyla sıvaya mikro düzeyde bir mekanik tutunma sağlar ve sıvanın suyunu emer. Sıvayı taşıyacak duvarın yoğunluğu ve sertliği, sıvaninkilerden büyüktür. Dışa doğru bir sertlik azalması gereklidir (Özer, 1982).

Dış sıva ve tuğla duvarın ısı iletim özellikleri, yaklaşık olarak birbirine eşittir ve sınır yüzeyinde sıcaklık gerilimleri meydana gelmez. Yağmur yağarsa emme özelliği olan duvar, gözenekli sıvadan suyu emer, zararlara yol açmadan depolar ve ileride daha elverişli klima şartlarında dışarı verir. Nemin girdiği ve su buharının çıktığı yüzeyler aynı büyüklükte dirler (Özer, 1982).

Tuğla yapılarda hava şartlarından korunma, sadece dış sıva ile değil, sıva ve duvarın oluşturduğu bütünlük sayesinde sağlanır (Özer, 1982).

### **2.6.7.2. Hafif Beton Üzerine Sıva**

Tuğla duvar örgüsü günümüzde yerini hafif betona terk etmektedir. Tuğla yerine hafif beton duvar üzerine uygulanan sıva şu değişikliklere maruz kalır:

- Hafif betonun önemli bir kapiler emme özelliği yoktur. Emici sıva ve emici olmayan sıva yüzeyinin çelişkisi, daha sıva uygulanması sırasında ortaya çıkar. Sıva yüzeye zor tutunur (Özer, 1982).
- Elemanlar büyümüştür. Tuğlanın oluşturduğu küçük elemanın yerini büyük beton bloklar almıştır. Hafif betonun ısı genleşme katsayısı tuğlaninkinden büyüktür. Büyük elemanlar sıcaklık ve nem etkisi ile daha büyük hareketlerde bulunur (Özer, 1982).
- Hafif beton duvar, tuğla duvarın aksine sıvaya ne mikro ne de makro düzeyde bir tutunma sağlar. Bu nedenle sıvaya sertliği artırıcı bağlayıcı malzeme ilave etme zorunluluğu doğar, bunu sağlamak için de sıvaya genellikle çimento ilave edilerek, eskisinden daha sert ve sızdırmaz bir sıva elde edilir (Özer, 1982).
- Hafif beton kullanılmasından dolayı, sıvayı taşıyacak olan duvar gövdesinin yoğunluğu ve sertliği azalmıştır. Sertlik düşüşü bu sefer ters yönde gerçekleşmekte olup, duvar ve sıva tabakası arasında bir zıtlık meydana gelir (Özer, 1982).
- Sıvanın ısı iletme özelliği, sıva yüzeyininkinden büyüktür. Yalıtıcı hafif beton, güneşlenme sonucu sıvada oluşan ısıyı güçlkle iletir. Sıvada bir ısı birikmesi meydana gelir ve sıva soğurken içeriden hiç ısı gelmez (Özer, 1982).
- Yağmur yağdığı zaman tuğla duvarın aksine, hafif beton duvar dış sıvadan su çekemez. Aksine nemden korunması gerekmektedir. Bu da su tutmayan, hidrofob bir sıvanın kullanılmasını zorunlu kılar. Hidrofoblaştırıcı madde dış etkilere maruz kalan üst sıvaya katılır. Bu sebeple sıva ve duvar arasında tam bir tezat oluşur. Sıva tek başına, özel bir yapı fiziği karakteri olan, sızdırmaz bir kabuk oluşturmaktadır. Sadece duvardan daha sert ve sızdırmaz değildir. Aynı zamanda daha hareketli ve kırılmandır, içinde sürekli basınç ve çekme kuvvetleri olduğundan sıva kabuğu kolaylıkla kabarmalı veya kırılabilir. Kabarma ve büzülme gerilimleri bir çatlak oluşmasına neden olur (Özer, 1982).
- Duvar gövdesinin yoğunluğu, sertliği ve ısı iletim özelliği azaldıkça ve dış sıvanın yoğunluğu, sertliği ve bağlayıcı madde oranı arttıkça, sıva ve duvar

arasındaki tezat büyür. Bu durumda duvar ve sıva artık fonksiyonel bir bütün oluşturmamaktadırlar. Sistem, sert iklim şartlarına maruz kalırsa tamamen etkisiz kalması şaşırtıcı bir olay değildir. Hidrofoblaştırılmış bir sıvadaki çatlak oluşumları, gözenekli bir sıvaya göre daha kötü sonuçlara neden olabilir. Çünkü duvar gövdesine giren bir nemin, hidrofob dış sıvandan dışarı doğru buharlaşması çok zordur. Su alım ve su buharlaşma alanları artık bir birbirinin aynı değildir (Özer, 1982).

Gittikçe daha fazla sayıda uzman, hafif beton zemin üzerinde harç sıvanın güvenilir bir nem korunumu oluşturmadığını ve daha nitelikli bir koruma tabakasının kullanılması gerektiğini savunmaktadır. Sözü edilen tezat, gözenekli betonda çok büyür ve gözenekli betonun korunum tabakasının harçtan yapılmaması gerektiğini düşündürmektedir (Özer, 1982).

- Hafif beton, inşaat yerinde de sıvansa, fabrikada sıva benzeri korunum tabakalarıyla da kaplansa, sıva harcının alt yüzeye uygun olması gerekir. İnşaat yerinde uygulanan sıva harcı çabuk tutunmaz. Bu nedenle çok kalın bir harç tabakası sarkmalara, buradan da yatay veya eğri çatlamalara neden olabilir, inşaat yerindeki uygulamalar için şu kurallar geçerlidir;

a) Kaba yapı montajı ve sıva işlemleri arasında mümkün olduğunca geniş bir zaman süreci bırakılmalıdır.

b) Sıva yüzeyinin eşit dağılmış bir emme özelliği olmalıdır. Alt sıvadan daha sert olmamalıdır. Delikler ve kırılmış kenarlar harçla düzeltilmelidir. Oyuklar ve açık ek yerleri olmamalıdır.

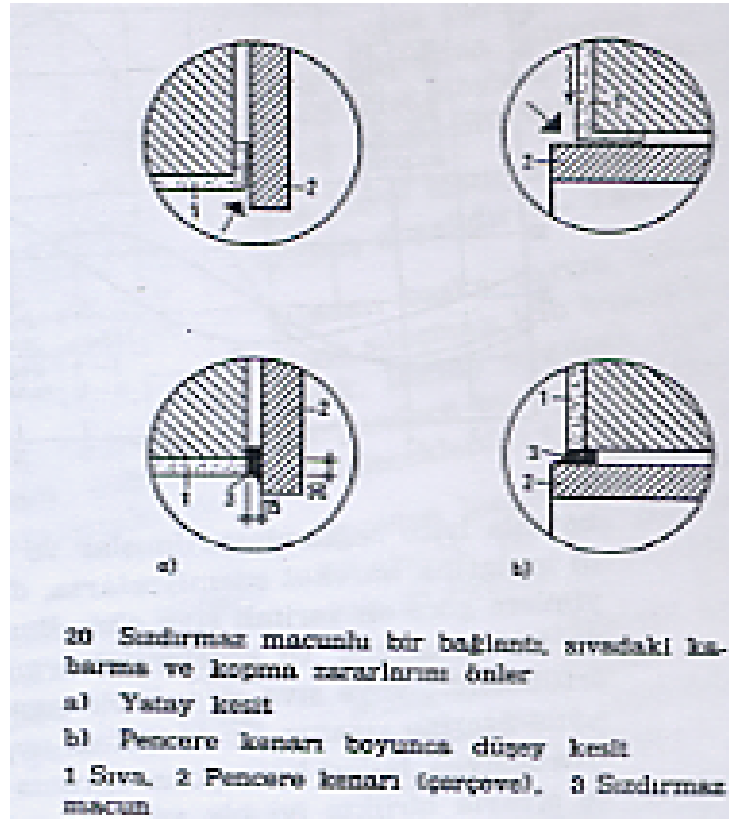
c) Sıva tabakalarının kalınlıkları her yerde eşit olmalıdır. Kesitteki yükselmeler çatlamalara neden olur. 20 mm kalınlığa kadar olan sıva tabakaları normal sayılmaktadır, kalınlık az olursa, su sıva içinden geçip gider, kalınlık fazla olursa harç şişer ve nemli kalır.

d) Alt sıvanın bağlayıcı madde oranı, üst sıvaninkinden büyük olmalıdır (içten dışa doğru sertlik azalması kuralı).

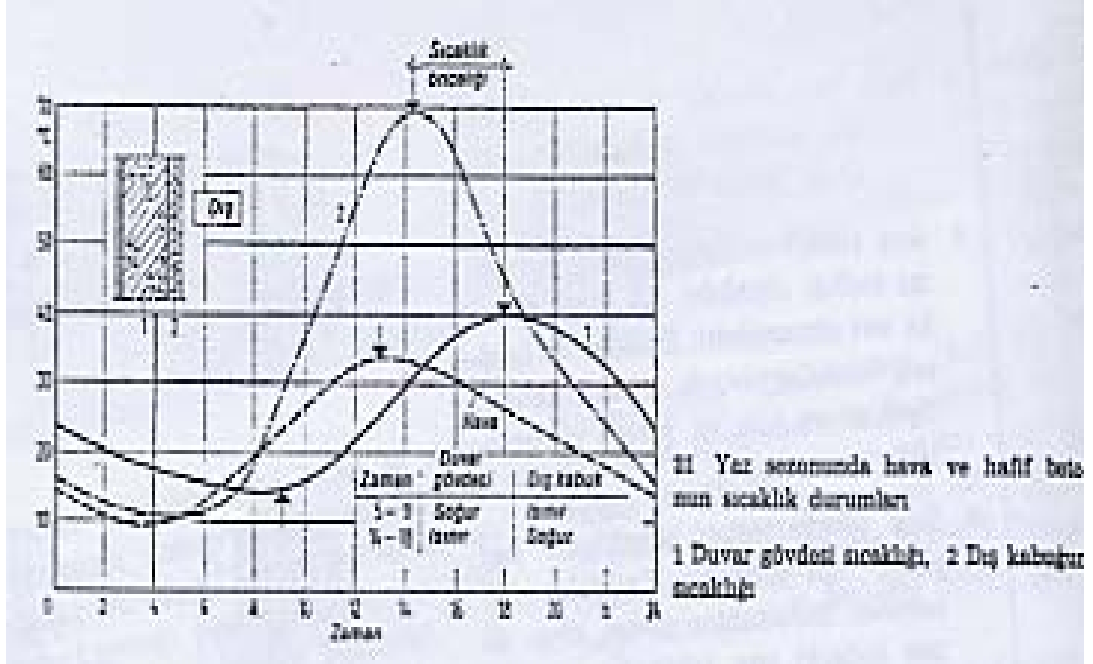
e) Sıva kumları temiz olmalıdır.



- f) Üst sıvaya hidrofoblaştırıcı katkılar ilave edilmelidir. Islak sıva üzerine sıva yapılmamalıdır.
- g) Hazır sıva çatıdan, oluklardan veya pencerelerden akan sularla ilaveten ıslanmamalıdır.
- h) Sıva harcı metal, ahşap, ağır betonla doğrudan kontak halinde olmamalıdır. Bu durumlarda bağlantı, macunlu derzlerle sağlanmalıdır (Şekil 2.6.7.2.1.) (Özer, 1982).



Şekil 2.6.7.2.1. Sıvanın farklı zeminlere macun kullanılarak bağlanması (Özer, 1982)



Şekil 2.6.7.2.2. Sıcaklık artışı sonucunda, duvar ile sıva arasında görülen davranış farklılıkları (Özer, 1982)

Şekil 2.3.7.2.2. , dış sıvadaki sıcaklık ilerlemesi tehlikesini göstermektedir. Şekil 2.3.7.2.2.' de 1 numaralı eğri, bulutsuz bir yaz gününde duvar gövdesinin ortasının sıcaklık durumunu, 2 numaralı eğri ise dış kabuğun durumu göstermektedir. Öğleden önce saat 5:00 ile 9:00 arası dış kabuğun ısındığı bir sırada, duvar hala soğumaktadır. Aynı şekilde saat 14:00 ve 18:00 arasında duvarın ısınıp genişlemek istediği bir sırada, dış kabuk soğuyup büzülmemektedir. Duvar ve sıvanın hareket ve gerilimleri sadece büyüklük açısından farklı olmakla kalmaz, aynı zamanda bazen birbirlerini aksi yönlerde etkilerler. Bu da, hafif betonun çimento harç veya ince betonla, ya da benzer tabakalarla birleşmesinin yapı fiziği açısından sağlıklı olmadığını göstermektedir (Özer, 1982).

### 2.6.7.3. Ahşap Yünlü Hafif Yapı Levhaları Üzerine Sıva

Çimentolu ahşap yünü levhalar üzerine doğrudan uygulanan sıva, eğer levhalar betonla iyice sağlamlaştırılmışlar ve kendi başlarına hareket edemiyorlarsa, deneyimlere göre en verimli sıva olur. Burada da bütün derzler ve köşeler tel örgü ile örtülmeli veya sıva, uygun bir sıva taşıyıcı eleman üzerine sıvanmalıdır. Bu iş için en uygun sıva taşıyıcı eleman, telleri korozyona uğramayan ve sıvayla birlikte iyi bir aderans sağlayan tel örgü taşıyıcıdır. Ama her sıva taşıyıcı çekme gerilimleriyle,

esnediği için, sıvadaki ince çatlakları tamamen engelleyemez. Bu nedenle büyük sıva alanlarını ve sıva taşıyıcı tabakalarını dilatasyon derzleriyle kesmek gereklidir (Özer, 1982).

Ahşap yapı levhası üzerine dış sıva, püskürtme tabaka çimento harcı, alt ve üst sıva olmak üzere en az üç kattan meydana gelmelidir. Alt ve üst sıvanın kalınlıkları toplam 20 mm olmalı, üst sıvanın çimento oranı da alt sıvanınkinden daha az olmalıdır. Bu sıva yüzeylerinin dilatasyon derzleriyle asgari 10 m<sup>2</sup>' lik alanlara bölünmesi tavsiye olunur. Böyle bir hareket beraberinde başka problemler de getirir. Yapı fiziği açısından bu teknoloji, elverişsiz olarak tanımlanmak zorundadır. Başarı kesin değildir. Metot tezatlar içermekte olup, risk büyüktür, işçi ücreti de masrafların yaklaşık % 85' ini oluşturmaktadır (Özer, 1982).

#### **2.6.7.4. Yüksek ve Dağlık Bölgelerde Dış Sıva**

Yüksek ve dağlık bölgelerde yapılacak yeni yapıların dış sıvaları için aşağıdaki kurallara dikkat edilmelidir:

- Sıva işleminden önceki ve sonraki hava şartları göz önüne alınmalıdır. Özellikle sıva işleminden sonra don olayı görülmemelidir.
- Kaba yapı yeterli ölçüde kurumuş olmalıdır. Eğer sonbahar yağmurları duvarları ıslatmışsa sıva yapılmamalıdır.
- Kaba yapı ve sıva işlemleri arasında mümkün olduğunca geniş bir zaman aralığı bırakılmalıdır.
- Duvarlar yükselen yüzey nemine karşı iyi yalıtılmış olmalıdır. Sıva, sıçrayan suya ve kara karşı iyi korunmalıdır.
- Duvar malzemesi donmalara karşı dayanıklı, sıva yüzeyi sıkı, temiz ve çatlamaz olmalıdır. Çatlamış tuğlalar ve oyuk derzlere yer verilmemelidir.
- İyi bir sıva karışımı kullanılmalıdır. Kireç kaymağı harçlı üst sıva, deneyimlere göre sorun yaratmaktadır. Bu nedenle en az çimento takviyeli sıva kullanılmalıdır.

- Açık gözeneklere suyun rüzgar tarafından sıkıştırılmaması için dış sıvaya hidrofob katkılar ilave edilmelidir. Hidrofob katkı içermeyen sıva, uygulandıktan ancak haftalar sonra donabilir.
- Makine ile uygulanan sıva kolaylıkla kabarma ve çatlama gösterir. Pratikte kabuk şeklinde dökülmeler görülür. Bu nedenle yüksek bölgelerde makineyle sıva yapılmamalı, geleneksel şekilde elle sıvanmalıdır.
- Sıvanacak duvarların ısı yalıtım değeri, sağlıklı bir şekilde ölçülmelidir. Duvarlar içten dışa doğru nemlenmemelidir. Yağmur boruları, askılar vs., alımlı soğuk iklimler için geçerli olmayan ve hasar görünce ilave nemlenmelere yol açabilecek kırılabilir PVC' den yapılmamalıdır (Özer, 1982).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak; Kalekim Yapı Kimyasalları A.Ş. Ar-Ge Bölümünde geliştirilmiş olan perlitli kaba sıva, piyasadan tedarik edilen ısı izolasyonu sağlayan özel dolgulu sıva, TS 1481 / Nisan 1988' de tarif edilen takviyeli harç ve bu ürünlere alternatif olarak, Isparta yöresinde bulunan kalker ve pomza kullanılarak hazırlanan çeşitli sıva formülleri kullanılmıştır.

Tedarik edilen sıva numuneleri ile, bunlara alternatif olarak çalışılan kalker ve pomza karışımlı sıvalar üzerinde, TS 6433 standardında belirtilen metotlarla, eğilmede çekme ve basınç dayanımları, su reddetme özelliği, yapışma dayanımı deneyleri yapılmıştır. Ayrıca bu malzemeler üzerinde EN 12808-4' e göre büzülme, UEAtc, Directive for The Assessment of Ceramic Tile Adhesive' e göre gevşek birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Bu deneylere ek olarak da, malzemelerin P dalga hızları ölçülmüştür. Özkahraman ve Işık (2003)' ın belirlediği, ısı geçirgenlik ile P dalga hızı arasındaki korelasyon ilişkisinden yararlanılarak da, malzemelerin ısı geçirgenlik katsayıları hesaplanmıştır.

##### 3.1.1. Agregası

Çalışmada agrega olarak, Isparta yöresinde faaliyet gösteren Kalemaden Endüstriyel Hammaddeler A.Ş.' ye bağlı Atabey Kalker Kırma ve Öğütme Tesisi' nde üretilen öğütülmüş kalker ile, Isparta Belediyesine bağlı Isbaş Bims Yapı Elemanları A.Ş.' tarafından üretilen ince boyutta pomza kullanılmıştır.

Kalker numunesi, 710 $\mu$ , 500 $\mu$ , 355 $\mu$ , 250 $\mu$ , 180 $\mu$ , 125 $\mu$ , 90 $\mu$ , 63 $\mu$ ' dan oluşan elek setinden elenerek tane boyut dağılımı belirlenmiştir.

Pomza numunesi, 4000 $\mu$ , 3000 $\mu$ , 2000 $\mu$ , 1250 $\mu$ , 1000 $\mu$ , 800 $\mu$ , 710 $\mu$ , 500 $\mu$ , 355 $\mu$ , 250 $\mu$ , 180 $\mu$ , 125 $\mu$ , 90 $\mu$ , 63 $\mu$ ' dan oluşan elek setinden elenerek tane boyut dağılımı belirlenmiştir.

### 3.1.2. Çimento

Çalışmada hidrolik bağlayıcı olarak, Göltaş A.Ş. tarafından üretilen TS 19' a uygun P.Ç. 42,5 tipi çimento kullanılmıştır.

Çizelge 3.1.2.1. Göltaş A.Ş. Aralık (2002) ayı P.Ç. 42,5 çimento Kalite Kontrol Raporu (Selçuk 2002).

AY	Blaine	Priz Baş.	Priz Son.	Genleşme	2 gün	7 gün	28 gün	SO <sub>3</sub>	MgO	K.K	Ç.K.	Cl
Birimler	cm <sup>2</sup> /g	dakika	dakika	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%	%	%	%	%
ARALIK	2394	195	280	1,0	24,60	41,10	54,20	2,56	1,86	1,03	0,37	0,005

### 3.1.3. Dispersiyon Tozu (Polimer)

Çalışmada, su itici özelliğe sahip, vinilasetat etilen kopolimer yapılı dispersiyon tozu kullanılmıştır.

### 3.1.4. Selüloz Eter

Çalışmada, metil hidroksi etil selüloz eter kullanılmıştır.

### 3.1.5. Kuru Elek Analiz Cihazı

Çalışmada, Retsch marka kuru elek analiz cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.1.5.1. Kalekim ar-ge laboratuvarında bulunan kuru elek analiz cihazı

### 3.1.6. Elek

Çalışmada, 4000 $\mu$ , 3000 $\mu$ , 2000 $\mu$ , 1250 $\mu$ , 1000 $\mu$ , 800 $\mu$ , 710 $\mu$ , 500 $\mu$ , 355 $\mu$ , 250 $\mu$ , 180 $\mu$ , 125 $\mu$ , 90 $\mu$ , 63 $\mu$  boyutlarında CISA üretimi ISO-3310.1 standardına uygun elekler kullanılmıştır.

### 3.1.7. Eğilme-Basma Dayanımı Test Cihazı

Çalışmada, Controls marka, Datamatic L-11 / M-2 tipi pres kullanılmıştır.



Şekil 3.1.7.1. Eğilme – basma dayanımı test cihazı

### 3.1.8. Test Kalıpları

Çalışmada, eğilme-basma dayanımı testi için, TS 6433' e uygun, 40\*40\*160 mm ebatlı paslanmaz çelikten yapılmış kalıplar kullanılmıştır.

### 3.1.9. Yapışma Dayanımı Test Cihazı

Çalışmada, Formtest marka HZP 12 D2 tipi çekme cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.1.9.1. Yapışma dayanımı test cihazı

### **3.1.10. Yapışma Dayanımı Plakaları**

Çalışmada, yapışma dayanımı tespiti için, TS 6433' e uygun asbestli çimento plakaları kullanılmıştır.

### **3.1.11. Çekme Başlık Plakaları**

Çalışmada, TS 6433' e uygun, 50 mm çaplı metal kovanlar kullanılmıştır.

### **3.1.12. Büzülme Test Cihazı**

Çalışmada, Mitutoyo marka, Model 10-C / 112-B tipi büzülme test cihazı kullanılmıştır.





Şekil 3.1.12.1. Büzülme test cihazı

### 3.1.13. P Dalga Hızı Test Cihazı

Çalışmada, Pundit marka P dalgası geçiş hızını tespit edebilen cihaz kullanılmıştır.



Şekil 3.1.13.1. S.D.Ü. İnşaat Müh. Laboratuvarındaki P dalga hızı ölçüm cihazı

### 3.1.14. Silindirik Cam Tüpler

Çalışmada, TS 6433' e uygun, 15 mm çaplı, 15 cm uzunluğunda cam tüpler kullanılmıştır.

### 3.2. Yöntem

Bu bölümde, agregalara, üzerinde çalışılan sıva formülleri ve tedarik edilen diğer alternatif sıva malzemelerine uygulanan deneyler hakkında bilgi verilmiştir. Yapılan tüm deneylerde ortam koşulları, 20 °C (+2 °C) sıcaklık ve %65 (+%2) nispi nem olarak ayarlanmıştır. Agregalar, tüm formül denemeleri ve alternatif sıva malzemeleri için aşağıda belirtilen deneyler yapılmıştır.

1. Tane boyut dağılımı deneyi
2. Gevşek birim hacim ağırlığı deneyi
3. Eğilmede çekme ve basma dayanımı deneyi
4. Su reddetme özelliği deneyi
5. Yapışma dayanımı deneyi
6. Büzülme deneyi
7. Ses geçirgenlik hızı deneyi

#### 3.2.1. Tane Boyut Dağılımı Deneyi

Bu deney yalnızca agregalar için uygulanmıştır. Laboratuvara getirilen numuneler 24 saat boyunca standart ortam koşullarında bekletilir. Konileme-dörtleme yöntemi ile numune azaltma uygulanarak 100 gr deney malzemesi elde edilir. Elek analizi için kullanılacak olan elek seti hazırlanarak, deney malzemesi en üstteki eleğe boşaltılır. İçinde malzeme bulunan elek seti, kuru elek analiz cihazına bağlanır. Cihaz, 15 dakika boyunca 50 Hz' lik titreşimde çalıştırılır. Bu süre sonunda elek seti cihazdan alınır. En büyük boyutlu elekten başlanarak, tüm elekler, elek altına geçen malzeme miktarı %5' ten az oluncaya kadar elle elemeye tabi tutulur. Eleklerin üzerinde kalan malzeme miktarı tartılarak tablo halinde kaydedilir.

### 3.2.2. Gevşek Birim Hacim Ağırlığı Deneyi

UEAtc, Directive For The Assessment Of Ceramic Tile Adhesive' e göre, analiz edilecek malzemeye konileme-dörtleme yöntemi ile numune azaltma uygulanarak 300 gr deney malzemesi hazırlanır. Yoğunluk tespit aparatının üst konisine hazırlanan malzemedan, koni doluncaya kadar konulur. 100 cm<sup>3</sup>' lük silindir şekilli haznenin elektronik tartıda darası alınarak, üst kısımdaki koninin tam altına gelecek şekilde yerleştirilir. Koninin alt kısmındaki metal kapak yavaşça çekilerek, malzeme serbest düşmeye bırakılır (üst kısımdaki koni ile alttaki silindirik hazne arasındaki mesafe 5 cm' dir.). Böylece malzeme silindirik şekilli hazneye dolar. Haznenin üstündeki fazla malzeme, spatula yardımı ile sıyılır. Hazne elektronik tartıda tartılarak numune ağırlığı (m) tespit edilir. Bulunan m değeri hacime (100 cm<sup>3</sup>) bölünerek gevşek birim hacim ağırlığı tespit edilir.

### 3.2.3. Eğilmede Çekme ve Basma Dayanımı Deneyi

#### 3.2.3.1. Harcın Hazırlanması

TS 6433 / Ocak 1989' a göre, deneyde kullanılacak tüm malzemelerin sıcaklığı, standart koşullarla aynı olmalıdır. Kullanılacak olan malzemeler şunlardır :

- Kaygan yüzeyli, paslanmaz veya emaye çelikten yapılmış, çapı 30 cm olan deney kabı.
- Eni 5 cm olan, kabın kenarlarına uyan sıvacı spatulası.

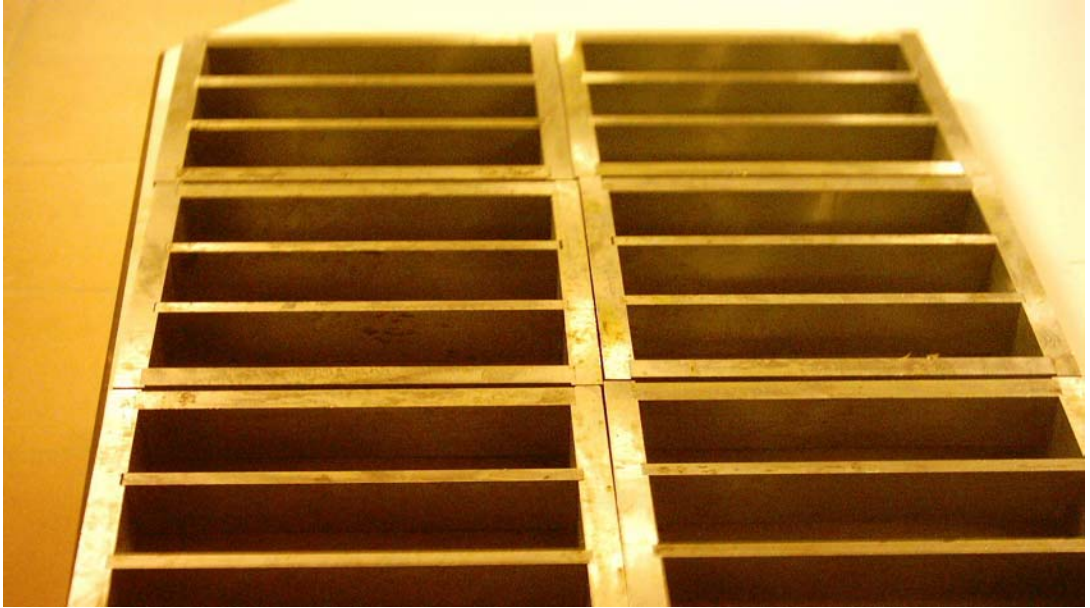
2000 gr malzeme (-+) 1 gr hassasiyetle tartılır. Harç için kullanılacak su damıtılmış veya içme suyu da olabilir. Katılması gereken su miktarı, TS EN 196-1 / Mart 2002' ye göre tespit edilir. Bu standartta belirtilen su miktarı, çimento miktarının ½' si kadardır. Ancak üretici firmaların ürün ambalajları üzerinde belirttikleri su miktarlarına göre test uygulanmışsa bu ayrıntı belirtilmelidir.

2000 gr malzeme için gerekli su kaba konur. 1 dakika ile sınırlı zaman içerisinde malzeme, kaba yavaşça serpilerek konur. Daha sonra ½ dakika süreyle malzeme karıştırılarak topaksız sıva hamuru oluşturulur. Bu ön karıştırmayı takiben malzeme, dakikada 60-70 spatula hareketi ile 3 dakika boyunca karıştırılır.

TS 6433 / Ocak 1989 standardında belirtilen TS 24 standardı, 11 Mart 2002 tarihinde iptal edilerek yerine TS EN 196-1 / Mart 2002 standardı yürürlüğe girmiştir.

### 3.2.3.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması

TS EN 196-1 / Mart 2002' de belirtilen kalıpların iç kısımları kalıp yağı ile yağlandıktan sonra, bölüm 3.2.3.1.' e göre yapılan sıva harcı bu kalıpların içerisine doldurulur. Doldurma esnasında, harcın kalıba tam olarak dolması için harç, kalıp içerisinde spatula yardımıyla ileri-geri hareket ettirilmelidir. Kalıp yarıya kadar doldurulduktan sonra sarsma cihazında 60 kez sarsmaya tabi tutulur. Daha sonra kalıbın ikinci yarısı doldurularak tekrar 60 kez sarsma uygulanır. Kalıp sarsma cihazında dikkatlice çıkartılarak, üst kısımdaki fazlalıklar, spatula yardımıyla dikkatlice sıyrılır. Doldurulan kalıpların üzerleri hava ile teması kesebilecek cam veya çelik gibi bir malzemeyle kapatılır. 24 saat sonra kalıplar ek yerlerinden çözülerek numuneler dikkatlice çıkartılır.



Şekil 3.2.3.2.1. Hazırlanan harcın döküldüğü 40\*40\*160 mm' lik test kalıpları

Hazırlanan numuneler TS 6433 / Ocak 1989' a göre, 6 gün nemli ortamda bekletildikten sonra, 21 gün standart koşullarda bekletilir.

### 3.2.3.3. Eğilme Çekme Dayanımı Deneyi

Bölüm 3.2.3.2.' ye göre hazırlanan numuneler 28 günü doldurduğunda TS EN 196-1 / Mart 2002' ye göre, deney cihazına yerleştirilerek 50 (-+10) N/s yükleme hızı ile teste tabi tutulur. Kırılma anındaki değer tespit edilerek aşağıdaki formülle, numunenin eğilme dayanımı tespit edilir.

$$R_f = (1,5 * l * F_f) / b^3$$

Burada;

$R_f$  : Eğilme dayanımı (N/mm<sup>2</sup>)

$l$  : Mesnet silindirleri arasındaki uzaklık (mm)

$F_f$  : Prizmanın kırıldığı anda ortasına uygulanan kuvvet (N)

$b$  : Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu (mm)

Kalekim A.Ş.' de yapılan deneylerde kullanılan cihaz, yukarıda belirtilen formülü esas alarak sonucu hazır halde vermektedir.

### 3.2.3.4. Basma Dayanımı Deneyi

Eğilme çekme dayanımı deneyine tabi tutulan prizmalar TS EN 196-1 / Mart 2002' ye göre, deney cihazına yerleştirilerek 2400 (-+200) N/s yükleme hızı ile deneye tabi tutulur. Kırılma anındaki değer tespit edilerek aşağıdaki formülle, numunenin basma dayanımı tespit edilir.

$$R_c = F_c / 1600$$

Burada;

$R_c$  : Basınç dayanımı (N/mm<sup>2</sup>)

$F_c$  : Kırılma anındaki en büyük yük (Newton)

1600 : Plakaların veya yardımcı plakaların (40 mm\*40 mm) alanı (mm<sup>2</sup>)

Kalekim A.Ş.' de yapılan deneylerde kullanılan cihaz, yukarıda belirtilen formülü esas alarak sonucu hazır halde vermektedir.

TS 6433 / Ocak 1989 standardına göre, eğilmede çekme dayanımı değeri minimum  $1 \text{ N/mm}^2$ , basma dayanımı değeri ise minimum  $2,5 \text{ N/mm}^2$  olmalıdır.

### 3.2.4. Su Reddetme Özelliği Deneyi

#### 3.2.4.1. Harcın Hazırlanması

Su reddetme özelliği tayini için gerekli harç numunesi, bölüm 3.2.3.1.' de belirtilen şekilde hazırlanır.

#### 3.2.4.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Deney için, cam plaka üzerine konulan, çapları 150 mm ve yükseklikleri 20 mm olan halka şeklinde kalıplar hazırlanır. Kalıpların içerisine sıva harcı konmadan önce, içlerine tam uyan yuvarlak, iki adet filtre kağıdı yerleştirilir. Ayrıca kalıpların iç yüzeylerine yapışmayı önlemek için yağ sürülür.

Hazırlanan sıva harcı, kalıpların içerisine konulduktan sonra geniş bir spatula ile dağıtılır ve düzgün bir şekilde bastırılır. Taşan sıva spatula yardımıyla sıyrılır.



Şekil 3.2.4.2.1. Dairesel kalıplara dökülmüş harç numuneleri

Hazırlanan numuneler, 6 gün nemli odada, 21 gün standart koşullarda bekletilir.

### 3.2.4.3. Deneyin Yapılışı

Hazırlanan numuneler, 28 gün sonunda, alt taraflarına 70 mm uzunluğunda kenarlardan oluşan eşkenar üçgenler çizilerek deney noktaları oluşturulur. Üçgenin her bir köşesine iç çapı; 15 mm (+ 0,2 mm), et kalınlığı yaklaşık 1 mm, yüksekliği 150 mm olan cam borular konur. Cam boruların etrafı su sızdırmayan bir macunla kaplanır. Cam borunun üzerinde 100 mm yükseklikte bir işaret bulunmalıdır. Cam borular 100 mm yükseklikteki işarete kadar su ile doldurularak üzerleri cam bir plaka ile örtülür. Su seviyesindeki düşme 30 dk. sonra 1 mm hassasiyetle ölçülür.

Elde edilen 9 değerden en düşük ve en yüksek olanları değerlendirmeye dahil edilmez. Geriye kalan 7 değerın aritmetik ortalaması alınır.

TS 6433 / Ocak 1989 standardına göre, su reddetme özelliği deneyinde 30 dakika sonunda, 100 mm' lik su sütununda en fazla 5 mm' lik bir düşüş olmalıdır.



Şekil 3.2.4.3.1. Hazırlanan numuneler üzerinde sabitlenen cam borular

### 3.2.5. Yapışma Dayanımı Deneyi

#### 3.2.5.1. Harcın Hazırlanması

Yapışma dayanımı tayini için gerekli harç numunesi, bölüm 3.2.3.1.' de belirtilen şekilde hazırlanır.

### 3.2.5.2. Deney Plakalarının Hazırlanışı

Yapışma dayanımı tespiti için, 150 mm \* 150 mm ebadında, 20 mm kalınlığında zımparalanmamış asbestli çimento plakaları zemin olarak kullanılır. Plakalar aseton vasıtasıyla yağlardan arındırılmalı ve 7 gün süreyle standart koşullarda bekletilmelidir.

### 3.2.5.3. Deneyin Yapılışı

Zemin plakaları 10 mm yüksekliğinde bir malzeme ile çerçevelenmelidir. Hazırlanan sıva harcı, oluşturulan bu kalıpların içerisine konur. İç çapı 50,4 mm, 20 cm<sup>2</sup> olan keskin uçlu kovanlar, zemine temas edinceye kadar taze sıva numunesinin içine batırılır. Sıvanın katılaşmasından sonra kovanlar dışarıya çekilerek numuneler, 7 gün nemli odada, 21 gün standart koşullarda bekletilir.



Şekil 3.2.5.3.1. Asbestli plaka üzerine hazırlanmış harç numunesi ve metal kovanlar

Hazırlanan numunelerin 28 gün sonunda üzerlerine, plastik bir yapıştırıcı vasıtasıyla çekme plakaları yapıştırılır. Yapıştırılan çekme plakaları uygun bir kısaç tertibatı ile tutturularak 50 N/s' lik yük artışı ile alt taraftan çekilir. Deney en az 5 defa tekrarlanmalıdır. Elde edilen sonuçlardan birisi ortalama değerden %30 veya daha



fazla sapma gösteriyorsa, 5 ilave deney daha yapılarak 10 değerin ortalaması alınmalıdır.

TS 6433 / Ocak 1989 standardına göre, yapışma dayanımı değeri minimum 0,3 N/mm<sup>2</sup> olmalıdır.

### **3.2.6. Büzülme Deneyi**

#### **3.2.6.1. Harcın Hazırlanması**

Büzülme deneyi için gerekli sıva harcı, bölüm 3.2.3.1.' de belirtildiği gibi hazırlanır.

#### **3.2.6.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması**

Büzülme deneyi için gerekli numuneler bölüm 3.2.3.2.' de belirtildiği gibi hazırlanır. Ancak büzülme deneyi için hazırlanan kalıpların uç kısımlarında, numunenin büzülme test cihazına takılabilmesi için paslanmaz çelikten yapılmış metal vidalar bulunur.

#### **3.2.6.3. Deneyin Yapılışı**

Hazırlanan test kalıpları 24 saat sonra çözülerek numuneler çıkartılır. Numuneler alt ve üst uçlarında bulunan bağlantı vidaları vasıtasıyla büzülme test cihazına bağlanır.Cihazın ekranında görülen değer (mm) olarak kaydedilir. Bu işlem 28. günde de tekrarlanarak görülen değer (mm) olarak kaydedilir. Aşağıdaki formül kullanılarak büzülme değeri hesaplanır.

$$\text{Büzülme} = ( (b_{28} - b_1) * 1000 ) / 160$$

Burada;

Büzülme : mm / m

b<sub>28</sub> : 28. gündeki büzülme değeri (mm)

b<sub>1</sub> : 1. gündeki büzülme değeri (mm)

160 : Kalıp uzunluğu (mm)

1000 : 1 metrenin, (mm) cinsinden değeri

EN 12808-4 standardında sıvalar için büzülme değeri belirtilmemiştir.

### 3.2.7. Ses Geçirgenlik Hızı Deneyi

#### 3.2.7.1. Harcın Hazırlanması

Ses geçirgenlik hızı deneyi için gerekli sıva harcı, bölüm 3.2.3.1.' de belirtildiği gibi hazırlanır.

#### 3.2.7.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Ses geçirgenlik hızı deneyi için, 70 mm çapında 150 mm uzunluğunda silindirik şekilde kalıplar hazırlanır. Bu kalıpların iç kısımları yapışmayı önlemek amacıyla kalıp ayırıcı veya ince yağ ile yağlanmalıdır.

Hazırlanan sıva harcı spatula yardımıyla kalıpların içerisine doldurulur. Doldurma esnasında, harcın kalıba tam dolması için spatula ile, harç ileri geri hareket ettirilmelidir. Kalıbın üst kısmında kalan fazla harç spatula yardımıyla sıyrılır. Hazırlanan kalıplar 24 saat boyunca standart koşullarda bekletilir. Bu süre sonunda kalıplar ince dişli bir testere yardımıyla kesilerek, numuneler çıkartılır. Kalıplardan çıkartılan numuneler 28 gün standart koşullarda bekletilir.



Şekil 3.2.7.1.1. Hazırlanan silindirik harç numuneleri ve pundit cihazı

### 3.2.7.3. Deney Yapılışı

Numuneler 28 gün sonunda kurutulularak ses geçirgenlik hız deneyine tabi tutulur. Numunenin her iki ucuna cihazın silindirik kutupları sıkıca sabitlenerek, numune içinden geçen ses dalgasının geçiş süresi cihazın ekranından okunur. Aşağıdaki formül yardımıyla numunenin ısı iletkenlik değeri ( $\lambda$ ) hesaplanır.

$$V = \frac{l}{t} \quad \lambda = 0.0681 e^{0.0006 V} \quad (\text{Özkahraman ve Işık, 2003})$$

Burada;

- $V$  : Ses dalgası geçiş hızı ( m/s )
- $l$  : Numunenin boyu ( m )
- $t$  : Ses dalgası geçiş süresi (  $\mu$ s ) ( mikro saniye )
- $\lambda$  : Isı geçirgenlik katsayısı ( W / mK )

#### 4. BULGULAR

Bu çalışmada, deneyler 5 grup altında toplanmıştır. Birinci grupta, deneylerde kullanılan kalker numunelerinin, ikinci grupta ise ve pomza numunelerinin analiz sonuçları verilmiştir. Diğer üç grupta ise, hazırlanan sıva formüllerinin deney sonuçları tablo ve grafikler halinde açıklanmıştır.

##### 4.1. Kalkerin Analiz Sonuçları

Deneylerde kullanılan kalker numunelerinin gevşek birim hacim ağırlığı  $1,47 \text{ gr/cm}^3$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1.1. Kalkerin elek analiz sonuçları

Elek Boyutu ( $\mu$ )	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	Küm. Elek Altı (%)	Küm. Elek Üstü (%)
+710	1,70	1,70	100	1,70
-710+500	6,34	6,35	98,30	8,05
-500+355	8,57	8,58	91,95	16,63
-355+250	11,84	11,86	83,37	28,49
-250+180	9,06	9,08	71,51	37,57
-180+125	18,13	18,16	62,43	55,73
-125+90	13,14	13,16	44,27	68,89
-90+63	21,62	61,65	31,11	90,54
-63	9,44	9,46	9,46	100
Toplam	99,84	100	-	-

Çizelge 4.1.2. Kalkerin kimyasal analiz sonuçları

K.K.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>4</sub>	Toplam
43,33	0,18	0,14	eser	0,02	55,27	0,50	0,01	eser	-	99,45

##### 4.2. Pomzanın Analiz Sonuçları

Deneylerde kullanılan pomzanın numunelerinin gevşek birim hacim ağırlığı  $0,89 \text{ gr/cm}^3$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.2.1. Pomzanın kimyasal analiz sonuçları

A.Z.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Toplam
3,09	60,37	19,89	0,15	4,17	2,77	2,07	5,24	2,08	99,83

Çizelge 4.2.2. Pomzanın elek analiz sonuçları

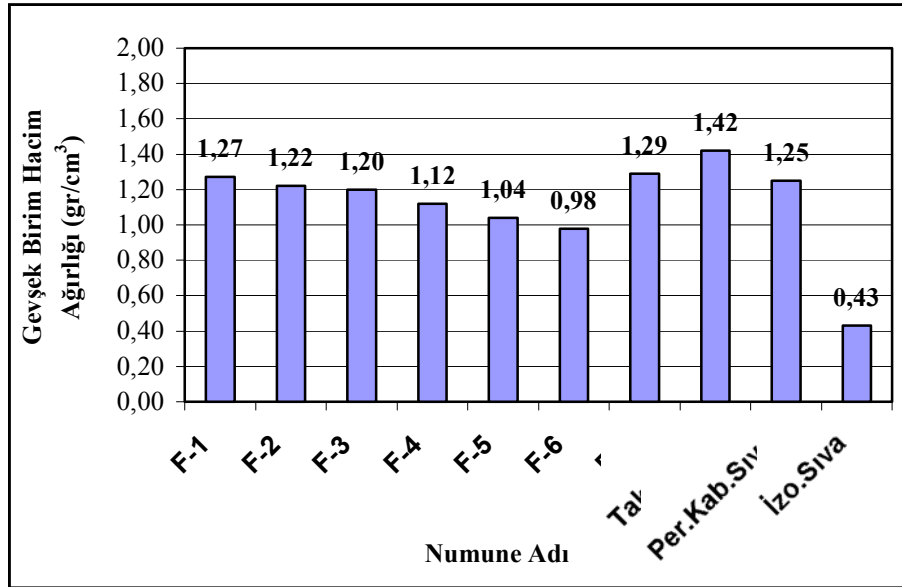
Elek Boyutu (µ)	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	Küm. Elek Altı (%)	Küm. Elek Üstü (%)
+4000	0,67	0,68	100	0,68
-4000+3000	17,64	17,78	99,32	18,46
-3000+2000	23,99	24,18	81,54	42,64
-2000+1250	18,18	18,33	57,36	60,97
-1250+1000	4,42	4,46	39,03	65,43
-1000+800	4,05	4,08	34,57	69,51
-800+710	3,72	3,75	30,49	73,26
-710+500	5,11	5,15	26,74	78,41
-500+355	4,31	4,34	21,59	82,75
-355+250	3,48	3,51	17,25	86,26
-250+180	2,34	2,36	13,74	88,62
-180+125	2,44	2,46	11,38	91,08
-125+90	1,60	1,61	8,92	92,69
-90+63	1,88	1,89	7,31	94,58
-63	5,38	5,42	5,42	100
Toplam	99,21	100	-	-

### 4.3. Birinci Grup Deneylerin Analiz Sonuçları

I. Grup deneylerde, yüksek performanslı bir sıva için gerekli olabilecek çimento ve tüm kimyasal katkıların miktarları, tahmini olarak belirlenmiştir. Bu miktarlar sabit tutularak, değişen karışım oranlarında kalker ve pomza kullanılmak suretiyle formüller hazırlanmıştır. Bu formüllere, gevşek birim hacim ağırlığı, eğilmeye çekme ve basma dayanımı, su reddetme özelliği, yapışma mukavemeti, büzülme ve ses geçirgenlik hızı deneyleri uygulanmıştır.

Çizelge 4.3.1. I. Grup deneylerin gevşek birim hacim ağırlığı sonuçları

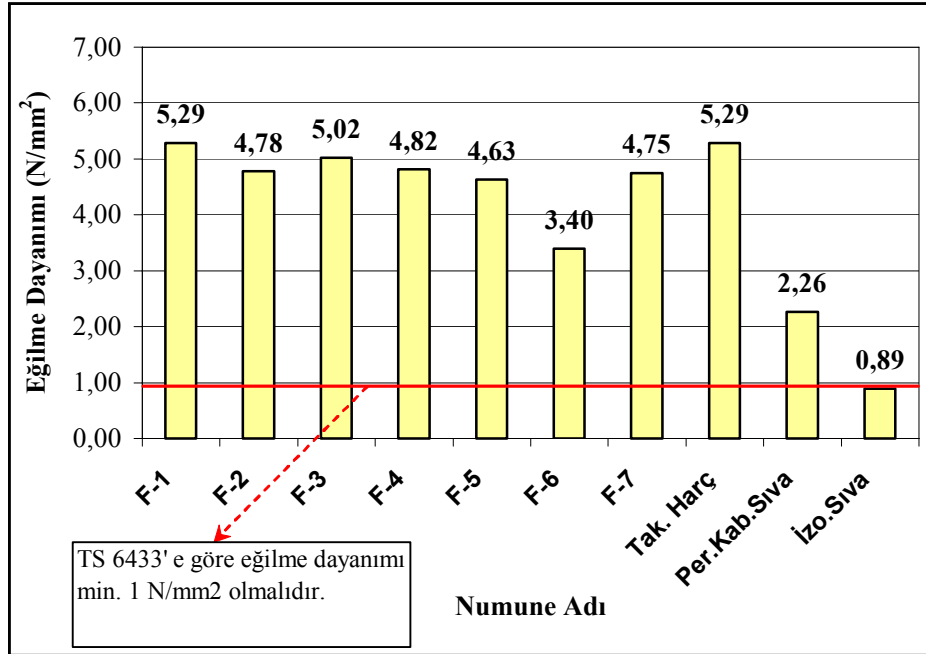
Formül No	Gevşek Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )
F-1	1,27
F-2	1,22
F-3	1,20
F-4	1,12
F-5	1,04
F-6	0,98
F-7	1,29
Takviyeli Harç	1,42
Perlitli Kaba Sıva	1,25
İzolasyon Sıvası	0,43



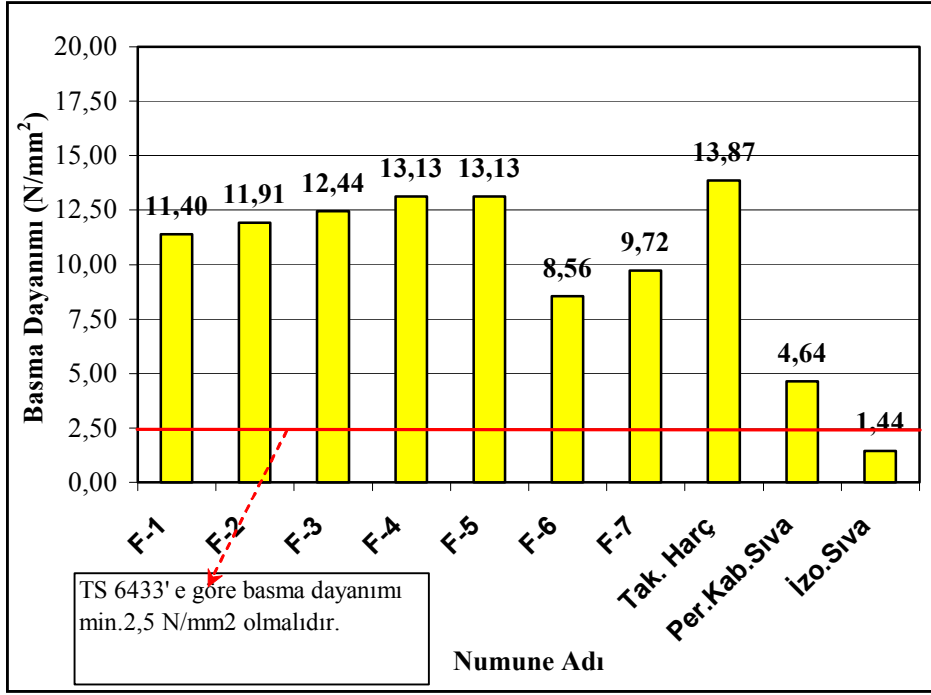
Şekil 4.3.1. I. Grup deneylerin gevşek birim hacim ağırlığı grafiği

Çizelge 4.3.2. I. Grup deneylerin eğilme-basma dayanımı sonuçları

Formül No	Su Miktarı (%)	Eğilme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Basma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
F-1	25	5,29	11,40
F-2	26	4,78	11,91
F-3	27	5,02	12,44
F-4	29	4,82	13,13
F-5	30	4,63	13,13
F-6	32	3,40	8,56
F-7	25	4,75	9,72
Takviyeli Harç	14,5	5,29	13,87
Perlitli Kaba Sıva	23	2,26	4,64
İzolasyon Sıvası	50	0,89	1,44



Şekil 4.3.2. I. Grup deneylerin eğilme dayanımları grafiği

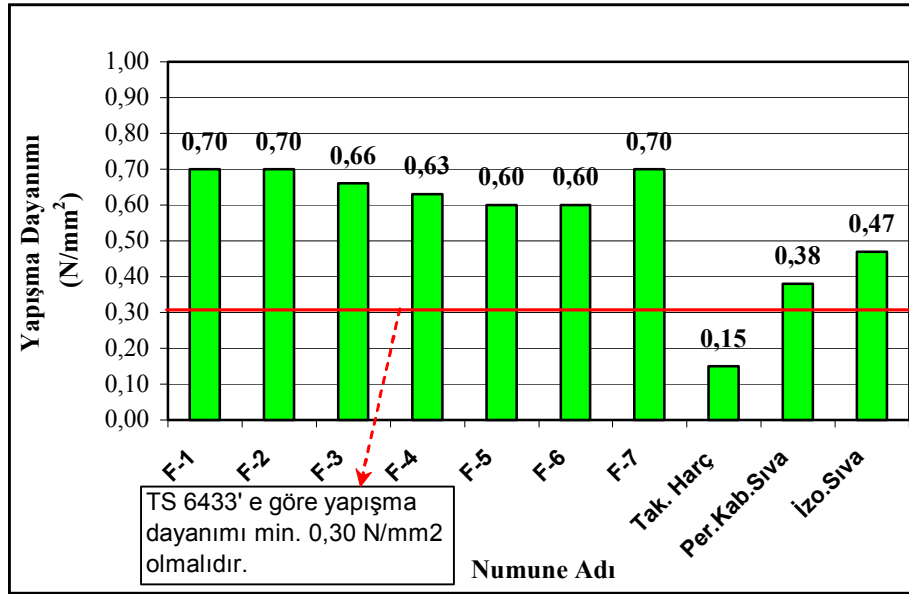


Şekil 4.3.3. I. Grup deneylerin basma dayanımları grafiği



Çizelge 4.3.3. I. Grup deneylerin yapışma dayanımı sonuçları

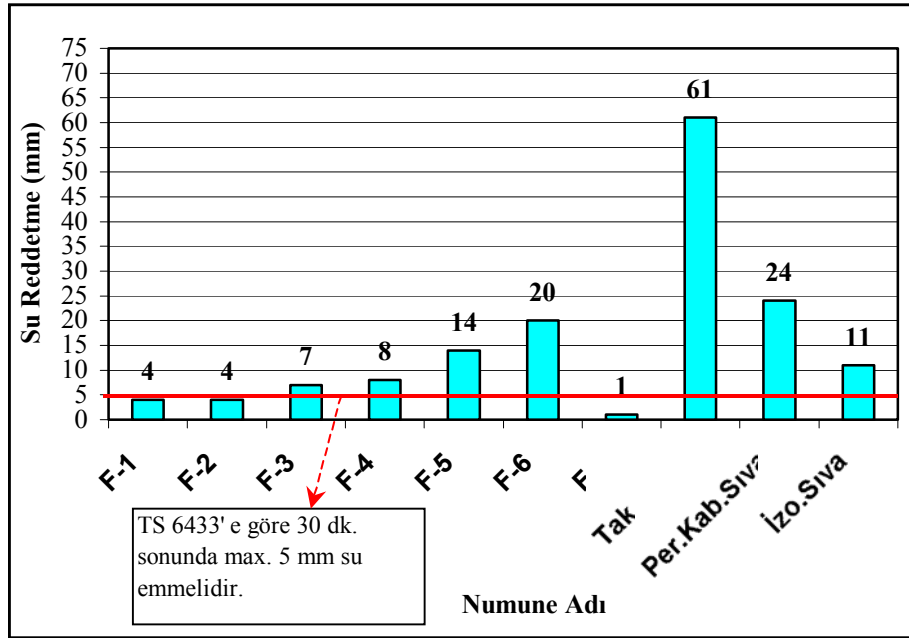
Formül No	Su Miktarı (%)	Yapışma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
F-1	25	0,70
F-2	26	0,70
F-3	27	0,66
F-4	29	0,63
F-5	30	0,60
F-6	32	0,60
F-7	25	0,70
Takviyeli Harç	14,5	0,15
Perlitli Kaba Sıva	23	0,38
İzolasyon Sıvası	50	0,47



Şekil 4.3.4. I. Grup deneylerin yapışma dayanımları grafiği

Çizelge 4.3.4. I. Grup deneylerin su reddetme özelliği sonuçları

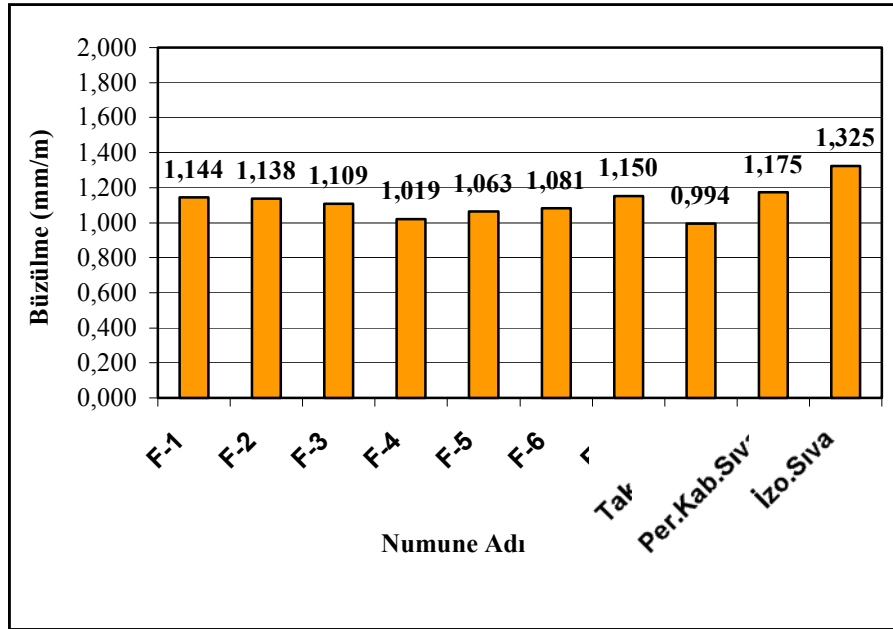
Formül No	Su Emme Değeri (mm)
F-1	4
F-2	4
F-3	7
F-4	8
F-5	14
F-6	20
F-7	1
Takviyeli Harç	61
Perlitli Kaba Sıva	24
İzolasyon Sıvası	11



Şekil 4.3.5. I. Grup deneylerin su reddetme özelliği grafiği

Çizelge 4.3.5. I. Grup deneylerin büzülme sonuçları

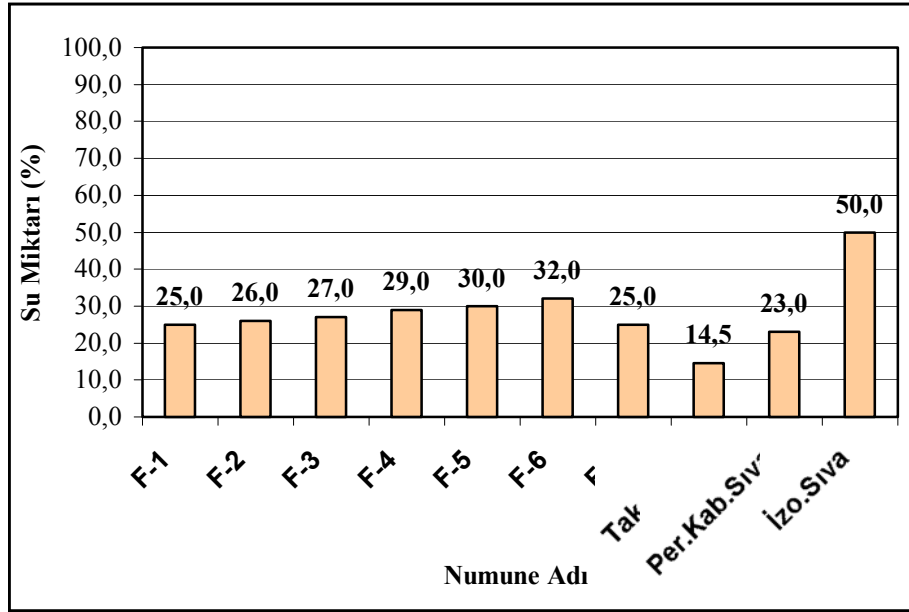
Formül No	Su Miktarı (%)	Büzülme Değeri (mm/m)
F-1	25	1,144
F-2	26	1,138
F-3	27	1,109
F-4	29	1,019
F-5	30	1,063
F-6	32	1,081
F-7	25	1,150
Takviyeli Harç	14,5	0,994
Perlitli Kaba Sıva	23	1,175
İzolasyon Sıvası	50	1,325



Şekil 4.3.6. I. Grup deneylerin büzülme sonuçları grafiği

Çizelge 4.3.6. I. Grup deneylerin su miktarları tablosu

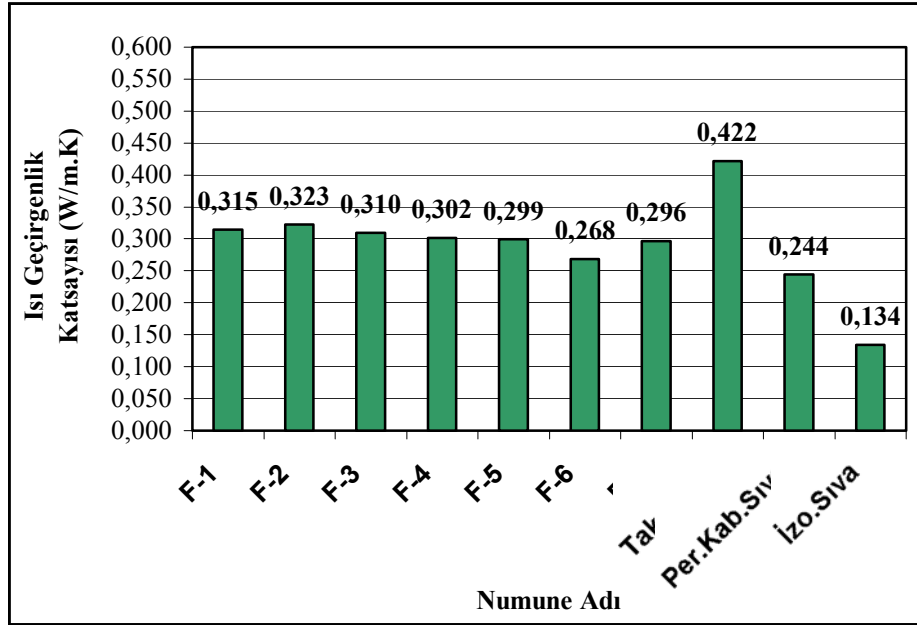
Formül No	Su Miktarı (%)
F-1	25
F-2	26
F-3	27
F-4	29
F-5	30
F-6	32
F-7	25
Takviyeli Harç	14,5
Perlitli Kaba Sıva	23
İzolasyon Sıvası	50



Şekil 4.3.7. I. Grup deneylerin su miktarları grafiği

Çizelge 4.3.7. I. Grup deneylerin ısı geçirgenlik katsayısı sonuçları

Formül No	P-Dalgası Hızı, m/s	Isı Geçirgenlik Katsayısı, W/m.K	Numune Ağırlığı gr	Yoğunluk (kuru) gr/cm <sup>3</sup>
F1	2555	0.315	870,34	1,55
F2	2592	0.323	850,78	1,52
F3	2524	0.310	830,74	1,48
F4	2480	0.302	813,28	1,45
F5	2467	0.299	786,03	1,40
F6	2283	0.268	721,20	1,29
F7	2450	0.296	852,86	1,52
Takviyeli Harç	3040	0.422	1034,97	1,85
Perlitli Kaba Sıva	2129	0.244	819,76	1,46
İzolasyon Sıvası	1128	0.134	205,18	0,37



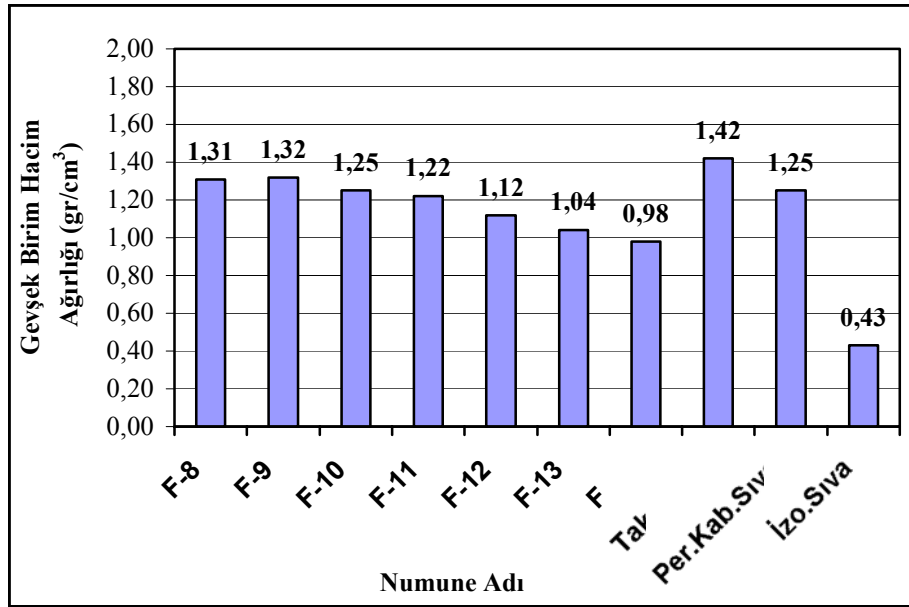
Şekil 4.3.8. I. Grup deneylerin ısı geçirgenlik katsayıları grafiği

#### 4.4. İkinci Grup Deneilerin Analiz Sonuçları

I. Grup deneylerden alınan sonuçların, standartların çok üzerinde olması nedeniyle, II. grup formüllerde, çimento ve kimyasal katkıların miktarları düşürülerek ekonomiklik sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca formüllere, azaltılan çimento ve kimyasal katkı miktarı kadar pomza ilave edilerek, ısı geçirgenlik katsayısı düşürülmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.4.1. II. Grup deneylerin gevşek birim hacim ağırlığı sonuçları

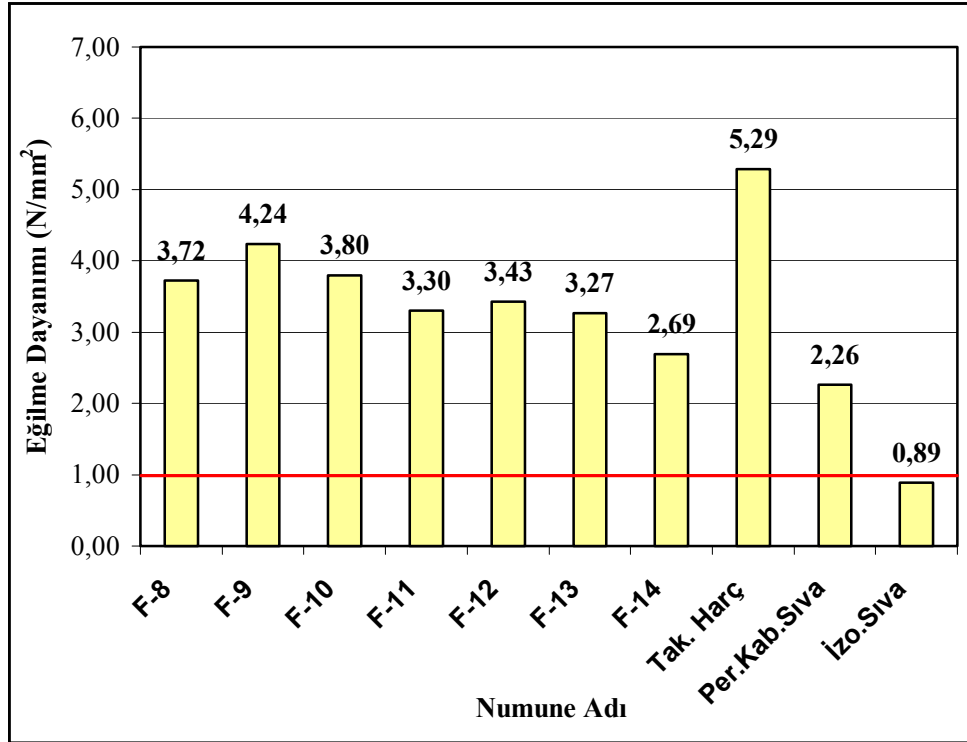
Formül No	Gevşek Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )
F-8	1,31
F-9	1,32
F-10	1,25
F-11	1,22
F-12	1,12
F-13	1,04
F-14	0,98
Takviyeli Harç	1,42
Perlitli Kaba Sıva	1,25
İzolasyon Sıvası	0,43



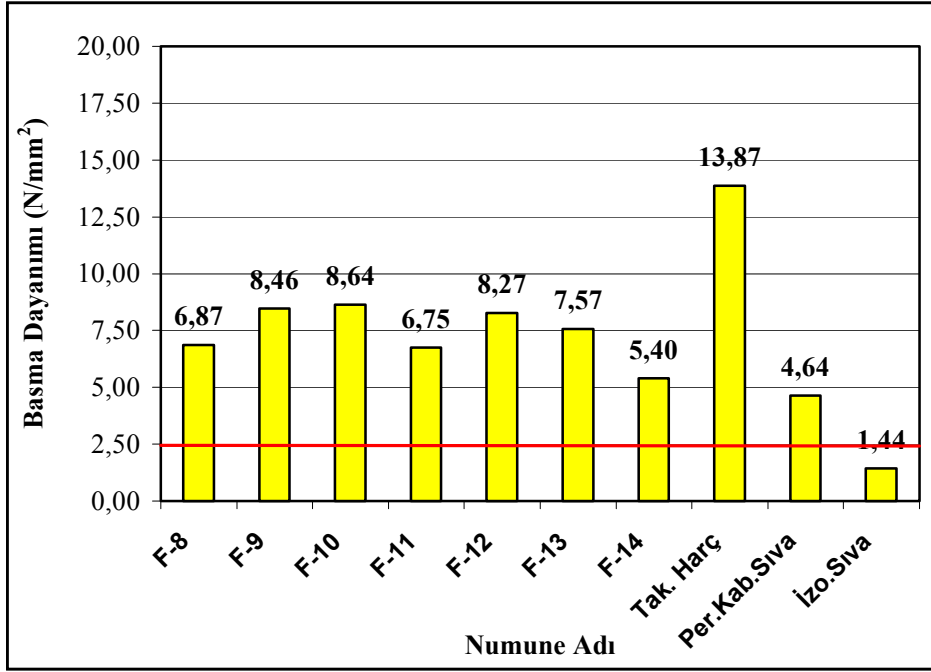
Şekil 4.4.1. II. Grup deneylerin gevşek birim hacim ağırlığı grafiği

Çizelge 4.4.2. II. Grup deneylerin eğilme-basma dayanımı sonuçları

Formül No	Su Miktarı (%)	Eğilme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Basma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
F-8	26	3,72	6,87
F-9	26	4,24	8,46
F-10	27	3,80	8,64
F-11	29	3,30	6,75
F-12	30	3,43	8,27
F-13	32	3,27	7,57
F-14	34	2,69	5,40
Takviyeli Harç	14,5	5,29	13,87
Perlitli Kaba Sıva	23	2,26	4,64
İzolasyon Sıvası	50	0,89	1,44



Şekil 4.4.2. II. Grup deneylerin eğilme dayanımları grafiği

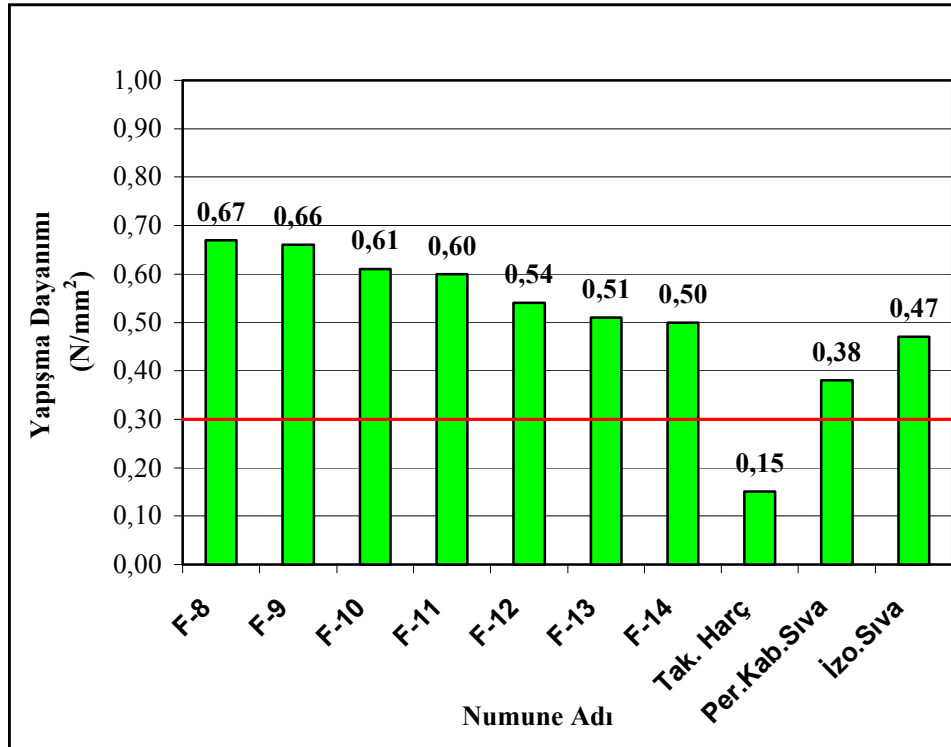


Şekil 4.4.3. II. Grup deneylerin basma dayanımları grafiği



Çizelge 4.4.3. II. Grup deneylerin yapışma dayanımları sonuçları

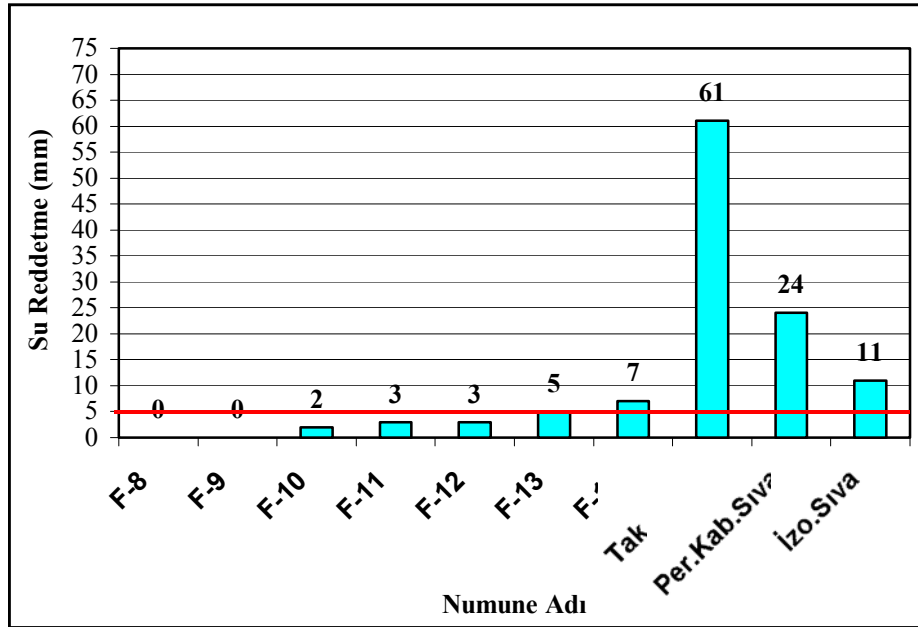
Formül No	Su Miktarı (%)	Yapışma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
F-8	26	0,67
F-9	26	0,66
F-10	27	0,61
F-11	29	0,60
F-12	30	0,54
F-13	32	0,51
F-14	34	0,50
Takviyeli Harç	14,5	0,15
Perlitli Kaba Sıva	23	0,38
İzolasyon Sıvası	50	0,47



Şekil 4.4.4. II. Grup deneylerin yapışma dayanımları grafiği

Çizelge 4.4.4. II. Grup deneylerin su reddetme özelliği sonuçları

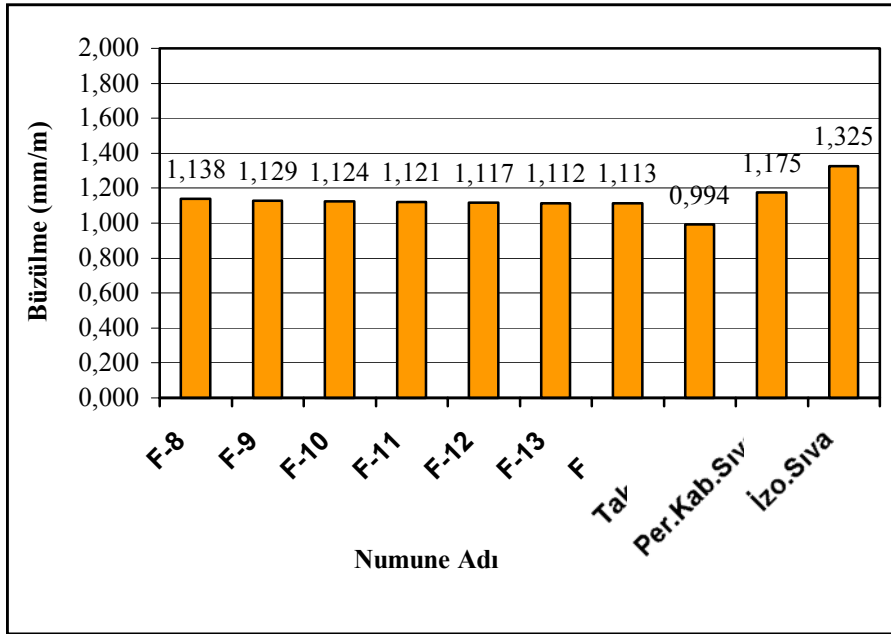
Formül No	Su Emme Değeri (mm)
F-8	0
F-9	0
F-10	2
F-11	3
F-12	3
F-13	5
F-14	7
Takviyeli Harç	61
Perlitli Kaba Sıva	24
İzolasyon Sıvası	11



Şekil 4.4.5. II. Grup deneylerin su reddetme özelliği grafiği

Çizelge 4.4.5. II. Grup deneylerin büzülme sonuçları

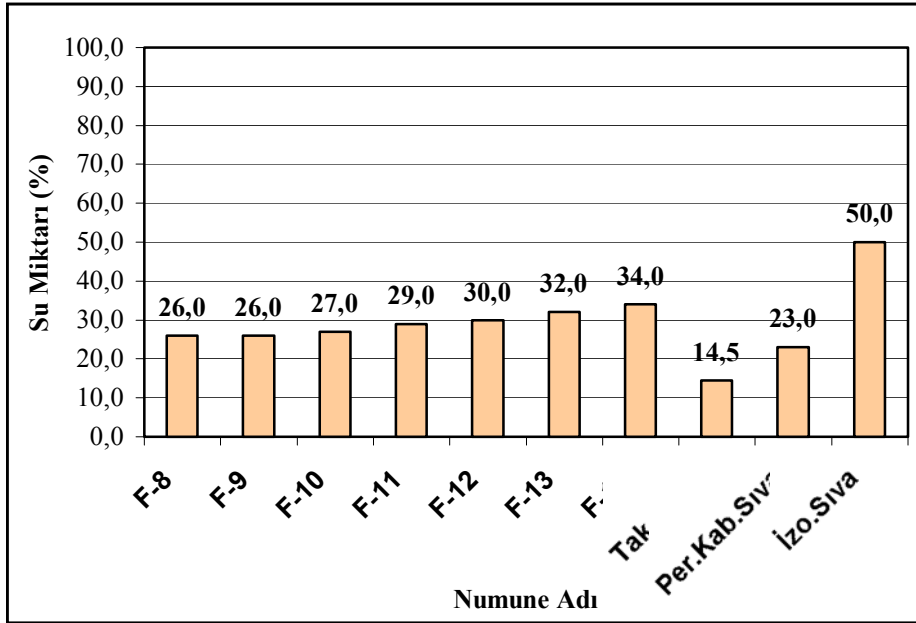
Formül No	Su Miktarı (%)	Büzülme Değeri (mm/m)
F-8	26	1,138
F-9	26	1,129
F-10	27	1,124
F-11	29	1,121
F-12	30	1,117
F-13	32	1,112
F-14	34	1,113
Takviyeli Harç	14,5	0,994
Perlitli Kaba Sıva	23	1,175
İzolasyon Sıvası	50	1,325



Şekil 4.4.6. II. Grup deneylerin büzülme sonuçları grafiği

Çizelge 4.4.6. II. Grup deneylerin su miktarları tablosu

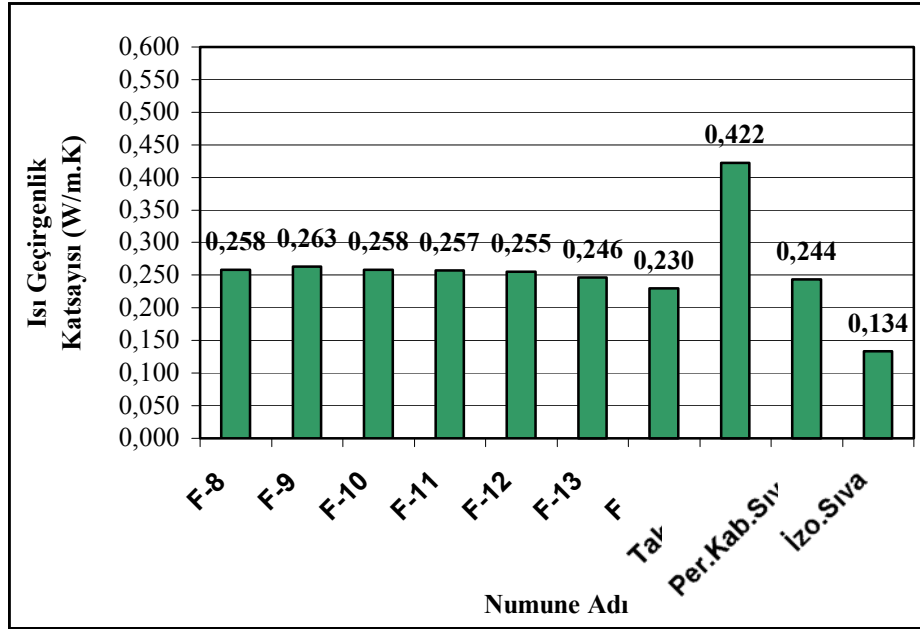
Formül No	Su Miktarı (%)
F-15	26
F-16	26
F-17	28
F-18	29
F-19	31
F-20	34
F-21	36
Takviyeli Harç	14,5
Perlitli Kaba Sıva	23
İzolasyon Sıvası	50



Şekil 4.4.7. II. Grup deneylerin su miktarları grafiği

Çizelge 4.4.7. II. Grup deneylerin ısı geçirgenlik katsayısı sonuçları

Formül No	P-Dalgası Hızı, m/s	Isı Geçirgenlik Katsayısı, W/m.K	Numune Ağırlığı gr	Yoğunluk (kuru) gr/cm <sup>3</sup>
F8	2220	0.258	827,35	1,48
F9	2250	0.263	833,45	1,49
F10	2220	0.258	768,81	1,37
F11	2210	0.257	740,94	1,32
F12	2200	0.255	722,00	1,29
F13	2140	0.246	690,44	1,23
F14	2030	0.230	641,25	1,14
Takviyeli Harç	3040	0.422	1034,97	1,85
Perlitli Kaba Sıva	2129	0.244	819,76	1,46
İzolasyon Sıvası	1128	0.134	205,18	0,37



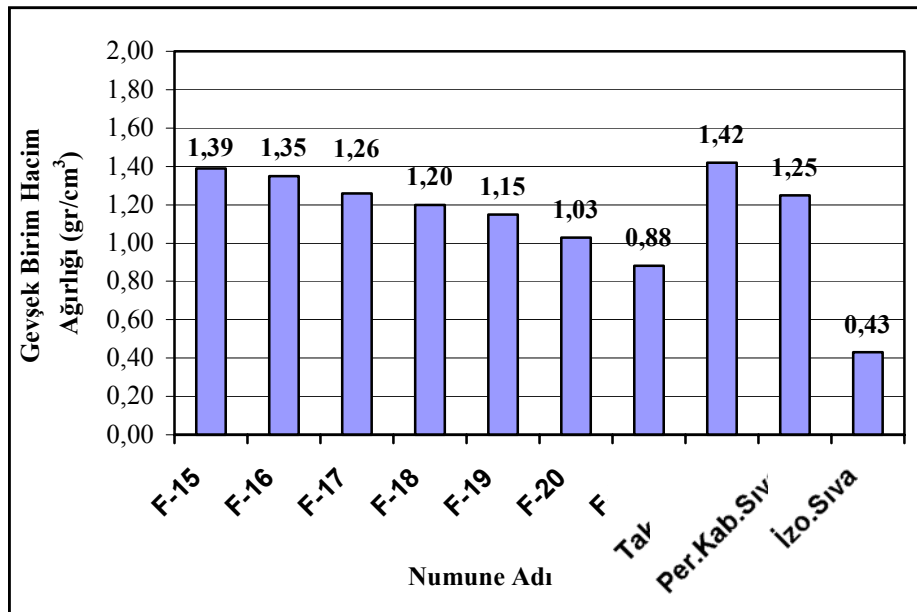
Şekil 4.4.8. II. Grup deneylerin ısı geçirgenlik katsayıları grafiği

#### 4.5. Üçüncü Grup Deneilerin Analiz Sonuçları

II. Grup deneylerde, eğilme - basma dayanımı ve yapışma dayanımı değerlerinin, standartların çok üzerinde çıkması sebebiyle; III. Grup deneylerde çimento ve kimyasal katkıların miktarlarında azaltmaya gidilerek ekonomiklik sağlanmaya çalışılmıştır. Çimento ve kimyasal katkılardan azaltılan miktar kadar da, formüllere pomza ve kalker ilave edilerek, ısı geçirgenlik katsayısı düşürülmeye çalışılmıştır. Ayrıca III. grup deneylerde, su reddetme özelliğinin geliştirilmesine yönelik olarak, su itici kimyasal katkı miktarı arttırılmıştır.

Çizelge 4.5.1. III. Grup deneylerin gevşek birim hacim ağırlığı sonuçları

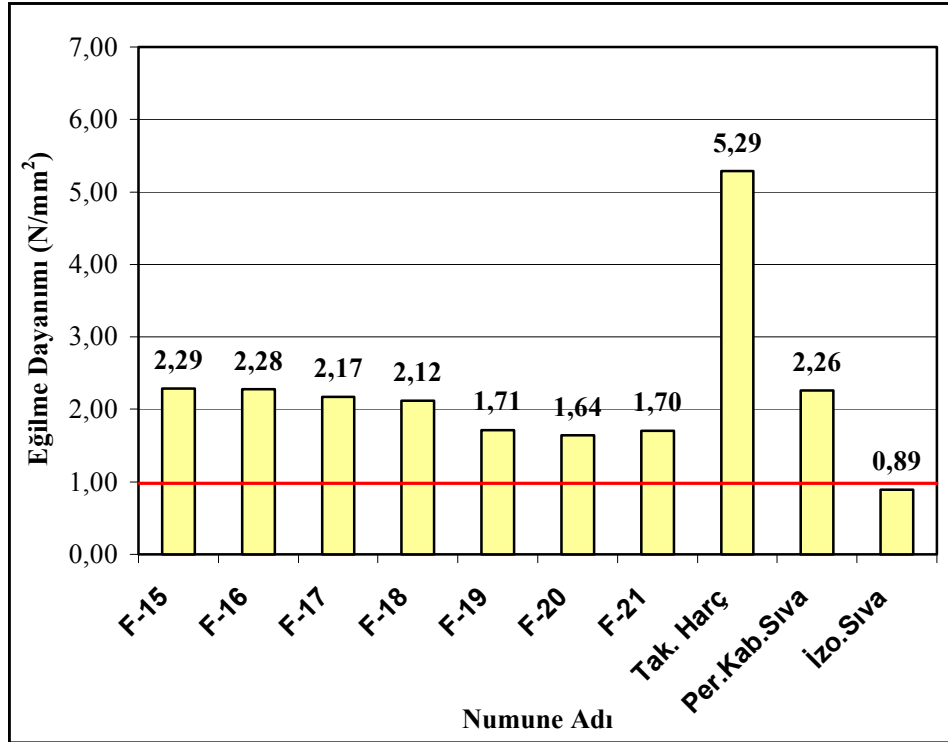
Formül No	Gevşek Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )
F-15	1,39
F-16	1,35
F-17	1,26
F-18	1,20
F-19	1,15
F-20	1,03
F-21	0,88
Takviyeli Harç	1,42
Perlitli Kaba Sıva	1,25
İzolasyon Sıvası	0,43



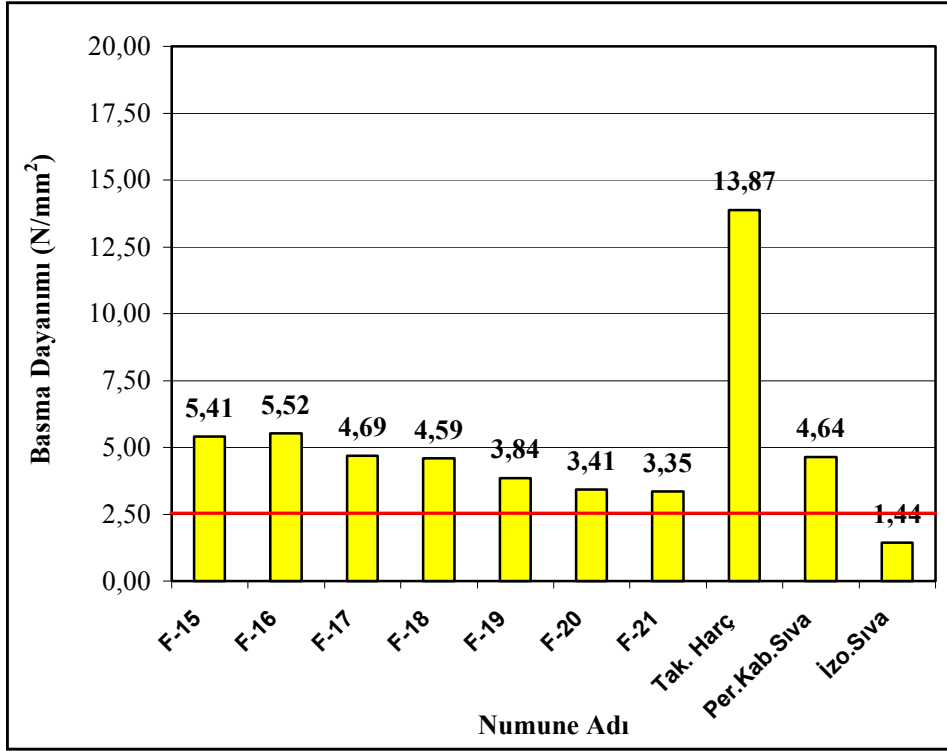
Şekil 4.5.1. III. Grup deneylerin gevşek birim hacim ağırlığı grafiği

Çizelge 4.5.2. III. Grup deneylerin eğilme-basma dayanımları sonuçları

Formül No	Su Miktarı (%)	Eğilme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Basma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
F-15	26	2,29	5,41
F-16	26	2,28	5,52
F-17	28	2,17	4,69
F-18	29	2,12	4,59
F-19	31	1,71	3,84
F-20	34	1,64	3,41
F-21	36	1,70	3,35
Takviyeli Harç	14,5	5,29	13,87
Perlitli Kaba Sıva	23	2,26	4,64
İzolasyon Sıvası	50	0,89	1,44



Şekil 4.5.2. III. Grup deneylerin eğilme dayanımları grafiği

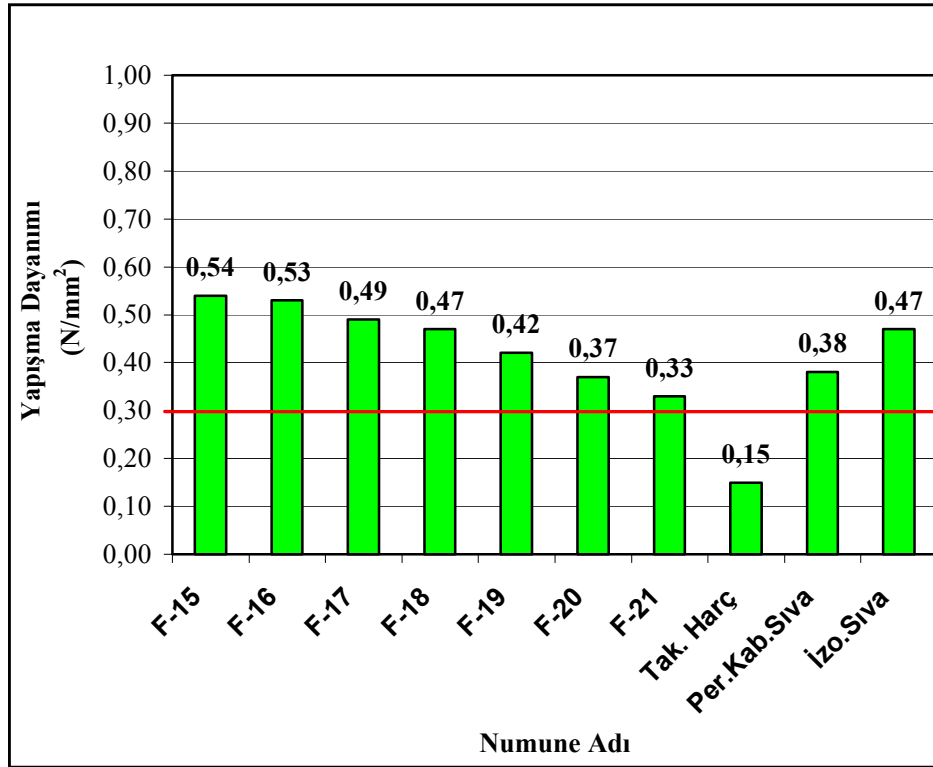


Şekil 4.5.3. III. Grup deneylerin basma dayanımları grafiği



Çizelge 4.5.3. III. Grup deneylerin yapışma dayanımları sonuçları

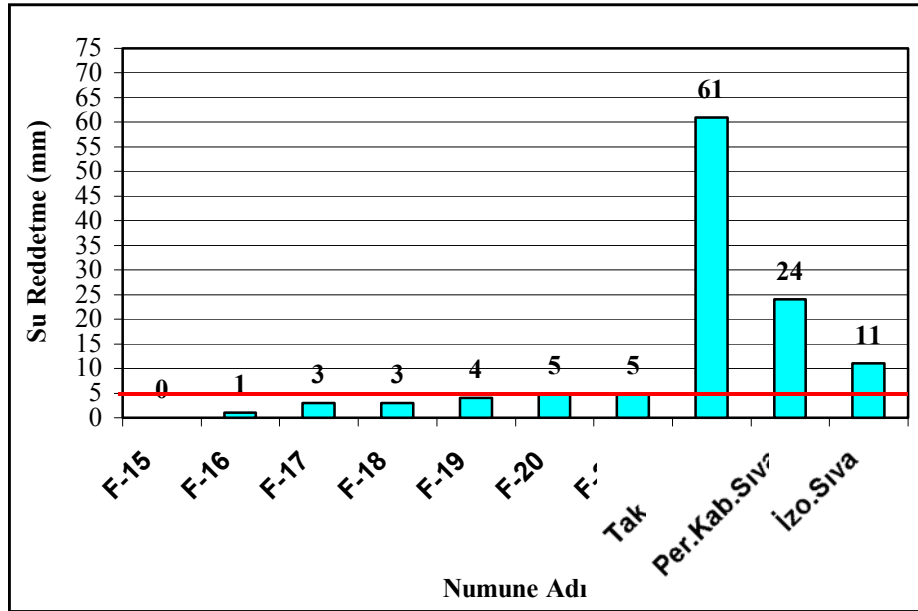
Formül No	Su Miktarı (%)	Yapışma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
F-15	26	0,54
F-16	26	0,53
F-17	28	0,49
F-18	29	0,47
F-19	31	0,42
F-20	34	0,37
F-21	36	0,33
Takviyeli Harç	14,5	0,15
Perlitli Kaba Sıva	23	0,38
İzolasyon Sıvası	50	0,47



Şekil 4.5.4. III. Grup deneylerin yapışma dayanımları grafiği

Çizelge 4.5.4. III. Grup deneylerin su reddetme özelliği sonuçları

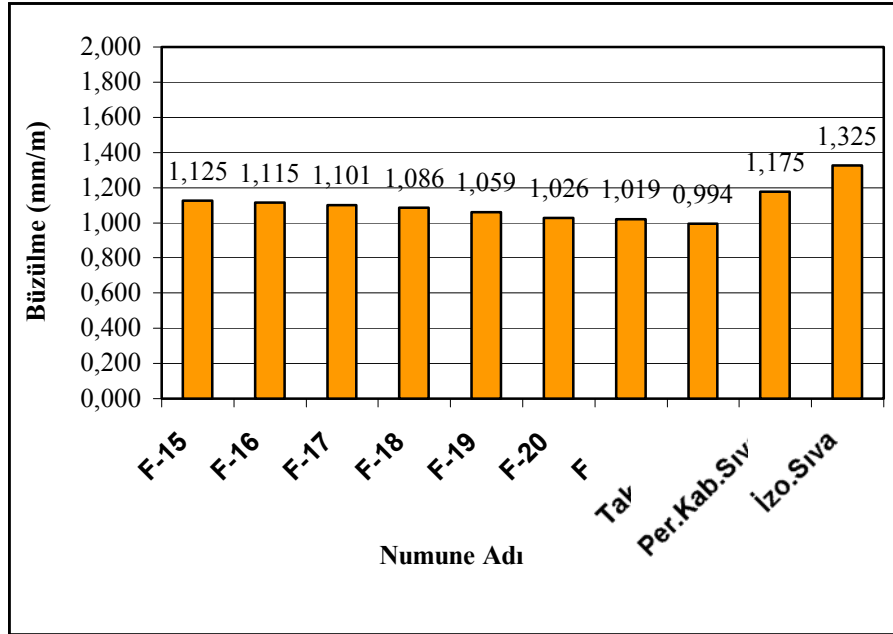
Formül No	Su Emme Değeri (mm)
F-15	0
F-16	1
F-17	3
F-18	3
F-19	4
F-20	5
F-21	5
Takviyeli Harç	61
Perlitli Kaba Sıva	24
İzolasyon Sıvası	11



Şekil 4.5.5. III. Grup deneylerin su reddetme özelliği grafiği

Çizelge 4.5.5. III. Grup deneylerin büzülme sonuçları

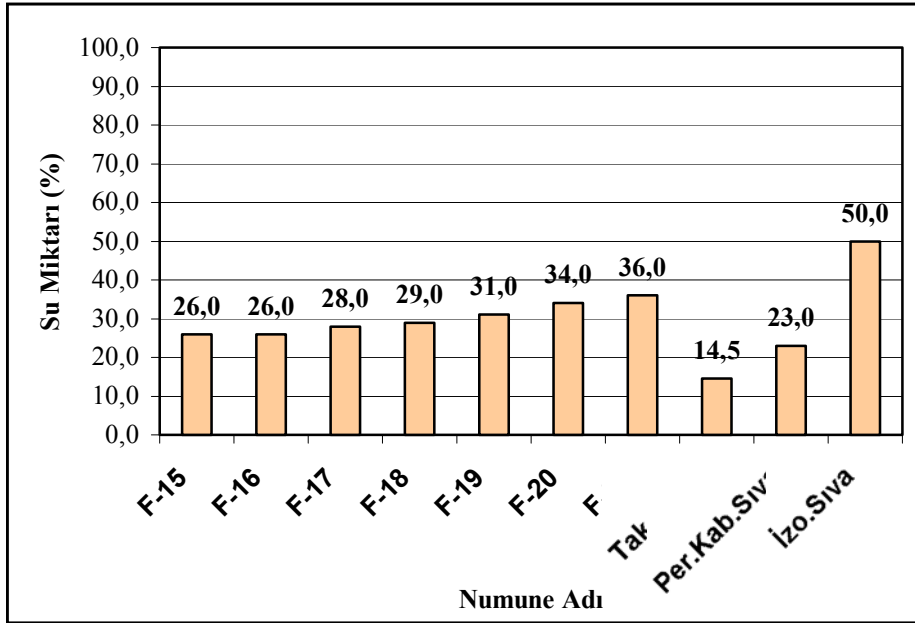
Formül No	Su Miktarı (%)	Büzülme Değeri (mm/m)
F-15	26	1,125
F-16	26	1,115
F-17	28	1,101
F-18	29	1,086
F-19	31	1,059
F-20	34	1,026
F-21	36	1,019
Takviyeli Harç	14,5	0,994
Perlitli Kaba Sıva	23	1,175
İzolasyon Sıvası	50	1,325



Şekil 4.5.6. III. Grup deneylerin büzülme sonuçları grafiği

Çizelge 4.5.6. III. Grup deneylerin su miktarları tablosu

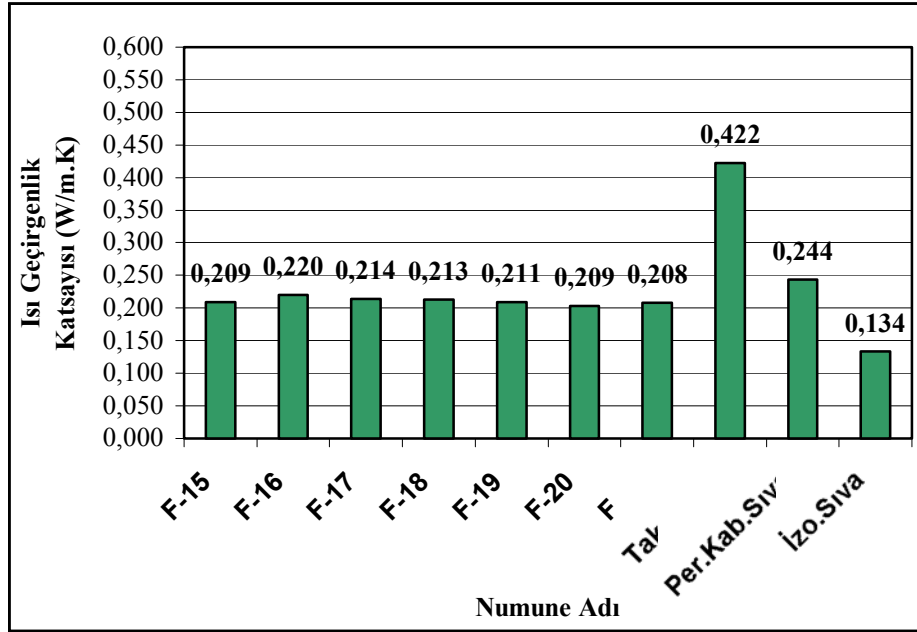
Formül No	Su Miktarı (%)
F-15	26
F-16	26
F-17	28
F-18	29
F-19	31
F-20	34
F-21	36
Takviyeli Harç	14,5
Perlitli Kaba Sıva	23
İzolasyon Sıvası	50



Şekil 4.5.7. III. Grup deneylerin su miktarları grafiği

Çizelge 4.5.7. III. Grup deneylerin ısı geçirgenlik katsayısı sonuçları

Formül No	P-Dalgası Hızı, m/s	Isı Geçirgenlik Katsayısı, W/m.K	Numune Ağırlığı gr	Yoğunluk (kuru) gr/cm <sup>3</sup>
F15	1870	0.209	802,00	1,43
F16	1950	0.220	759,00	1,35
F17	1910	0.214	714,72	1,27
F18	1900	0.213	687,32	1,23
F19	1870	0.211	662,44	1,18
F20	1820	0.209	612,41	1,09
F21	1860	0.208	595,27	1,06
Takviyeli harç	3040	0.422	1034,97	1,85
Perlitli Kaba Sıva	2129	0.244	819,76	1,46
İzolasyon Sıvası	1128	0.134	205,18	0,37



Şekil 4.5.8. III. Grup deneylerin ısı geçirgenlik katsayıları grafiği

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmada agrega olarak kullanılan kalker numunelerinin elek analiz sonuçlarına bakıldığında, malzemenin %60' ına yakın bir bölümünün  $-180 \mu$ ' da olduğu görülmektedir. Sıva denemelerinde  $-4000 \mu$  boyutunda pomza kullanılmış olup, bu pomzanın granülometrisi incelendiğinde ince boyuttaki malzeme miktarının az olduğu görülmüştür. Bu nedenle ince tane miktarı yüksek kalker kullanılması, sıvanın granülometrisi, dolayısıyla işlenebilirliği açısından olumlu bir sonuçtur. Kalkerin kimyasal analiz sonuçlarında ise, malzemenin  $\text{CaCO}_3$  bakımından zengin olduğu görülmektedir. Ayrıca  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$  gibi alkali bileşiklerinin çok düşük miktarlarda olması da, sıvanın çatlama riskini azaltacaktır. Çünkü, söz konusu alkaliler sebebiyle meydana gelebilecek alkali-agrega reaksiyonu sonucu su emmesi yüksek bir jel oluşmaktadır. Bu jelin su emmesi sonucu sertleşmiş harç bünyesinde genişmeler meydana gelebilmekte ve dolayısıyla sıvada çatlamlar oluşmaktadır.

Pomza, sıva formüllerinde, hem ısı yalıtımı sağlayıcı malzeme, hem de hafif agrega olarak kullanılmıştır. Yapılan elek analizlerinde malzemenin %60' ının  $-4000 \mu$  + $1250 \mu$  aralığında olduğu tespit edilmiştir. Ancak dağılım  $63 \mu$ 'a kadar devam etmekte olup, malzemenin %5,38' inin  $-63 \mu$  da olduğu tespit edilmiştir.

Pomzanın kimyasal analizinde,  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$  gibi alkali miktarlarının %2-5 aralığında olduğu görülmektedir. Bu olumsuz etkiyi gidermek amacıyla yapılan çalışmalarda özel kimyasallar kullanılmaktadır. Sıvanın, suya karşı hidrofobik bir yüzey oluşturmasını sağlayan bu özel kimyasallarla, alkali-agrega reaksiyonu sonucu oluşabilecek bir hidrofilik hareket, engellenmektedir.

I. Grup denemelerde, eğilme-basma dayanımları ile yapışma dayanımlarının çok yüksek olduğu görülmektedir. En hafif yani, en düşük yoğunluklu numune F-6 numunesindedir. Ancak I. grup denemelerde, su reddetme özelliği deneyi sonuçlarının TS 6433 / Ocak 1989 standardına uygun olmadığı tespit edilmiştir. Büzülme deneyinde ise, denenen formüllerin kendi içinde çok büyük farklılıklar oluşturmadıkları görülmektedir. Ancak büzülme sonuçlarına bakıldığında bu değerlerin, takviyeli harca çok yakın, perlitli kaba sıva ve izolasyon sıvasına göre ise

daha düşük oldukları görülmektedir. Formül denemelerinde bulunan ısı geçirgenlik katsayısı değerlerinin ise, takviyeli harca göre düşük, perlitli kaba sıva ve izolasyon sıvasına göre ise daha yüksek oldukları tespit edilmiştir. Böylece test edilen sıva formüllerinin, takviyeli harca göre daha yüksek ısı yalıtım kabiliyetine sahip olduğu, perlitli kaba sıva ve izolasyon sıvasına göre ise daha düşük ısı yalıtım kabiliyetine sahip olduğu görülmüştür.

II. Grupta yapılan çalışmalarda, su itici kimyasal kullanılarak, sıvanın su reddetme kabiliyetini arttırmaya yönelik sıva formülleri hazırlanmıştır. Böylece bu formüller ile yüzey gerilimi artırılarak su geçirimsizlik sağlanmaya çalışılmıştır. II. Grup denemelerde de eğilme-basma dayanımları ve yapışma dayanımlarının TS 6433/Ocak 1989 standardında belirtilen değerlerden çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum sıvanın teknik özellikleri açısından iyi görünse de maliyet açısından olumsuzdur, çünkü formülde fazla miktarda bağlayıcı kullanılmıştır. Fakat bu gruptan elde edilen değerler, I. grup denemelerde bulunan değerlere göre daha düşüktür. Gevşek birim hacim ağırlığı tayininde ise, I. grup denemelerde bulunan sonuçlara yakın değerler bulunmuştur. Su reddetme özelliği tayininde, kullanılan kimyasal malzemelerle önemli oranda su iticilik sağlanmıştır. Sadece F-14 no' lu sıva çok az bir farkla standart değer üzerinde su emmiştir. Isı geçirgenlik değerlerinde ise tüm denemelerde olumlu sonuçlar elde edilmiştir. F-14, denemeler içinde en düşük ısı geçirgenlik değerine sahiptir. Bu grupta elde edilen değerler, takviyeli harç ve perlitli kaba sıvanın ısı geçirgenlik değerlerinden daha düşüktür. Ancak izolasyon sıvasına göre ise daha yüksektir. Fakat izolasyon sıvasının TS 6433 / Ocak 1989 standardında belirtilen yapışma dayanımı değerine ulaşmadığı dikkati çekmektedir. II. Gruptaki büzülme değerlerinde çok büyük farklılıklar göze çarpmamaktadır. I. Grup deneylerle karşılaştırıldığında ise çok küçük artışlar olduğu görülmektedir. Ancak bunlar ihmal edilebilecek düzeyde artışlar olup, perlitli kaba sıva ve izolasyon sıvasının büzülme değerlerinden daha düşüktür.

III. Grup denemelerde eğilme-basma dayanımları ve yapışma dayanımlarının TS 6433/Ocak 1989 standardında belirtilen sınır değerlere daha yakın olduğu görülmektedir. Bunlardan F-21 sınır değerlere en yakın formül denemesidir. Ayrıca gevşek birim hacim ağırlığı değerlerinde de önemli düşüşler sağlanmış olup, F-21 en

düşük değere sahip formüldür. F-21' in gevşek birim hacim ağırlığı değeri, izolasyon sıvasının yarısına yaklaşmıştır. Su reddetme özelliği tayininde, tüm formül denemeleri TS 6433/Ocak 1989 standardında belirtilen değerlere uygun sonuçlar vermiştir. Büzülme deneyinde ise, önceki denemelere göre çok küçük miktarlarda düşüşler gözlenmiştir. Isı geçirgenlik katsayıları açısından en düşük değerlere, III. grup denemelerde ulaşılmıştır. F-21 en düşük ısı geçirgenlik değerine sahiptir.

Bütün çalışma sonuçları incelendiğinde, TS 6433/Ocak 1989 standardına en uygun sıva formülü F-21' dir. Bunu takip eden formül ise F-20' dir. Ancak F-20' nin birim hacim ağırlığı (gevşek), F-21' den daha yüksektir. Dolayısıyla, ısı izolasyon özelliğine sahip bir sıvanın elde edilmesinin yanında, malzemenin hafif olması, yapıya daha az yük gelmesi açısından önemlidir. Bu yönüyle F-21 takviyeli harç ve perlitli kaba sıvadan daha hafif ve ısı yalıtımına haiz bir malzemedir.

Büzülme değerleri açısından bakıldığında genelde, çalışmaların tümünde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bunu sebebi ise kullanılan çimento miktarının, büyük oranda büzülmeler oluşturacak kadar çok olmayışıdır. Çünkü büzülme tamamen çimentonun iç yapısı ile ilgili bir değer olup, harç bünyesindeki suyun uzaklaşması sonucu hacimde meydana gelen küçülmedir. Ayrıca yapılan formül denemelerinde, yüksek esneklik veren kimyasallar kullanıldığından, büzülme sonucu meydana gelebilecek bir çatlama riski de büyük ölçüde önlenmiştir.

Yapılan denemelerde, sıva harçlarının hazırlanması için kullanılan su miktarlarında artışlar gözlenmektedir. Bu durum, formüller içindeki pomza agregasının artışından kaynaklanan bir durumdur. Yani pomza miktarı arttıkça, gerekli su miktarı da artmaktadır. Bu pomzanın gözenekli yapısından kaynaklanmakta olup doğal bir sonuçtur. Ancak kullanılan su miktarları, izolasyon sıvasına göre daha düşüktür. Sıva içerisindeki çimentonun, priz sürecinde ihtiyaç duyduğu su, pomzanın bünyesinde bulundurduğu bu su ile karşılanacağından, klasik sıvalarda yapılan, yüzeyin nemlendirilmesi işlemine büyük oranda gerek kalmayacaktır. Ayrıca sıva içerisine katılan, işlenebilirliği arttırıcı ve su tutma özelliğine sahip kimyasallarda sıvanın kısa dönemdeki priz sürecine yardımcı olacaktır.



Çalışmalarda üretilen sıva formülü, ısı izolasyon özelliğine sahip bir kaba sıvadır. Dolayısıyla üzerinin yine benzer bir ince sıva ile kaplanması gerekecektir. Uygulanacak ince sıvanın da, işlenebilirliği ve yapışma dayanımını arttırıcı özel kimyasallarla takviye edilmiş bir hazır sıva olması, alt kısımdaki kaba sıvanın atmosferik koşullardan daha az etkilenmesine ve dolayısıyla ısı yalıtıcılığına yardımcı olacaktır.

Yapılan çalışmada, ülkemizde önemi her geçen gün daha da anlaşılan ve uygulamaları hızla artmakta olan ısı izolasyonu bilincine, bir katkıda bulunmak amacı güdülmüştür. Unutulmamalıdır ki, diğer alternatif ısı izolasyonu çözümlerinin büyük bir çoğunluğu, sıvanmış yüzeylere uygulanmaktadır. Dolayısıyla ısı izolasyon özelliğine sahip bir sıva, binaya sonradan uygulanacak bir ısı izolasyonu işleminin maliyetini önemli ölçüde azaltacaktır. Bu ise binalarda yakıt harcamalarını azaltarak ekonomiklik sağlayacaktır.

Bundan sonra bu alanda yapılacak çalışmalara ışık tutması amacıyla, sıva formüllerinde, pomzanın yanı sıra, sıvanın bir miktar perlitle takviye edilmesi önerilir.

**KAYNAKLAR**

- Benayyat, İ., (1971). Portland Çimentosu Üretim Tekniğine Giriş. Makine Mühendisleri Odası, Yayın No: 63, 255 sayfa. Ankara.
- Dağsöz, A.K., (1995). Türkiye’ de Derece-Gün Sayıları Ulusal Enerji Politikası ve Yapılarda Isı Yalıtımı. İTÜ Makina Fakültesi. Sayfa C69 – C91. İstanbul.
- DPT., (2000). 2001-2005 Yılları, Taş ve Toprağa Dayalı Ürünler Sanayii. Çimento ve Hazır Beton Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Ankara.
- Erbil, Y., (2003). Tünel Kalıp Sisteminin Uygulandığı Toplu Konutlarda Isı Yalıtımı Uygulamaları. Yapı ve Yalıtım Teknolojileri Dergisi. Sayı 44, Sayfa 79-81, Doğa Yayın Grubu. İstanbul.
- Erdoğan, T.Y., (1995). Betonun Oluşturan Malzemeler. Çimentolar. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 120 sayfa. Ankara.
- European Norm, EN 12808-4, Standarts for the Tile Grout Mortars, (2000).
- Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O., (1998). Pomza Teknolojisi (Pomza Karakterizasyonu) Cilt I. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi. Sayfa 170-249. Isparta.
- Işık, E.C., (2003). Seramik Yapıştırma Harcında Kullanılan Agregaların, Kimyasal ve Mineralojik Bileşiminin Yapışma Mukavemetine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), 90 sayfa. Isparta.
- İzoder, (2002). Türk Yapı Sektörü ve İzolasyon Pazarı Değerlendirme Raporu. İstanbul.

- Kanca, A.C., (1959). Yapılarda Isı Yalıtımı. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü. Sıra No: 649, Seri No: 57/1, Sayfa 9-153.
- Kocataşkın, F. (1973). Yapı Malzemesi Dersleri. İ.T.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları. Sayfa 133-180, İstanbul.
- Kocataşkın, F. (1965). Çimento Özellikleri Hakkında Ne Biliyorsunuz? İ.T.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları. Sayı 627, Sayfa 101-131. İstanbul.
- Köktürk, U., (1997). Endüstriyel Hammaddeler 3. Baskı. D.E.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Baskı Ünitesi. 256 sayfa. İzmir.
- 3 M Scotchlite, (1995). Glass Bubbles History and Development Product Description Applications By Industry. 19 sayfa. USA.
- Oral, G.K., (2003). Sürdürülebilir Enerji ve Saydam Yalıtım. Yapı ve Yalıtım Teknolojileri Dergisi. Sayı 41, Sayfa 70-75, Doğa Yayın Grubu. İstanbul.
- Özkahraman, H.T., Işık, E., (2003). Determination of Thermal Conductivity of Building Stones from P-Wave Velocity. Proceeding of the Eighteenth International Mining Congress and Exhibition of Turkey, G. Özbayoglu (Ed.), pp.557. Turkey.
- Özer, M.,(1982). Yapılarda Isı – Su Yalıtımları Konstrüktif Detaylar 2. İ.T.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları. Sayfa 19-99. İstanbul.
- Önem, Y., (1997). Sanayi Madenleri Tanımları Doğada Bulunuşları Dünya ve Türkiye Rezervleri Yıllık Üretimleri İhraç ve İthal Miktarları, 366 sayfa. Ankara.

- Özışık, İ., (2001). Wacker Polymer Systems (WPS) Vinnapas Dispersiyon Tozları ve Kuru Karışım Harç Teknolojisi. Seminer Notları, 80 sayfa. İstanbul.
- Postacıoğlu, B., (1986). Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton Cilt I Bağlayıcı Maddeler. Matbaa Teknisyenleri Basımevi. 171 sayfa. İstanbul.
- Sarız, K., Nuhoglu, İ., (1992). Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği. Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, No: 62, 452 sayfa. Eskişehir.
- Selçuk, G., (2002). PÇ 42,5 Çimento Aralık Ayı Kalite Kontrol Raporu. Göltaş A.Ş. Isparta.
- Sezer, F.Ş., (2003). Konutlarda Isıl Konfor ve Pencerelelerin Isıl Konfora Etkileri. Yapı ve Yalıtım Teknolojileri Dergisi. Sayı 44, Sayfa 82-86, Doğa Yayın Grubu. İstanbul.
- Şengül, Ö., (2001). Agregata Türünün Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Davranışına Etkisi, Türkiye Hazır Beton Birliği Dergisi 44. Sayı
- Taşdemir, C., (2003). İstanbul' daki Yapılarda Korozyon Sorunları. Yapı ve Yalıtım Teknolojileri Dergisi. Sayı 44, Sayfa 40-42, Doğa Yayın Grubu. İstanbul.
- Türk Standartları Enstitüsü, TS 6433, Perlitli Sıva ve Harçlar / Ocak 1989, Ankara
- Türk Standartları Enstitüsü, TS 706, Beton Agregaları / Aralık 1980, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü, TS 1481, Sıva Yapım Kuralları-Bina Dış Yüzeylerinde Uygulanan / Nisan 1988, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 196-1, Çimento Deney Metotları Bölüm 1 Dayanım Tayini / Mart 2002, Ankara.

UEAtc, (2000). Directive for the Assessment of Ceramic Tile Adhesive

Yeğınobalı, A. (1999). Betonun İç Yapısı (Çimento Hamuru-Agrega Arayüzeyi ve Özellik İlişkileri), Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliğı Çimento ve Beton Araştırma–Geliştirme Enstitüsü Seminer Notları 3., Ankara.

<http://www.akcansa.com.tr>

<http://www.fun.clariant.com>

<http://www.dow.com>

<http://www.herc.com>

<http://www.geocities.com/agregakalite/agrega.htm>

<http://www.poraver.de>

**ÖZGEÇMİŞ**

Adı Soyadı : Ahmet ÇOLAKOĞLU  
Doğum Yeri : Uzunköprü / EDİRNE  
Doğum Yılı : 06.02.1978  
Medeni Hali : Bekar

**Eğitim ve Akademik Durumu:**

Lise 1991 – 1994 Uzunköprü Lisesi  
Lisans 1995 – 2000 S.Demirel Üniv. Müh-Mim. Fak. Maden Müh. Bölümü

**Yabancı Dil:** İngilizce

**Stajlar:**

O.A.L. İşletmesi ÇAYIRHAN / ANKARA 1996  
Yer altı İşletmesi Mekanize Üretim  
Kalemaden Endüstriyel Hammaddeler A.Ş. ÇANAKKALE 1997  
Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme

**Çalışmalar:**

Lisans Tezi :Etibank Fethiye/Karagedik Kromit Zenginleştirme Tesisleri  
Atıklarının Kolon Flotasyonu Yöntemiyle Zenginleştirilmesi  
Y.Lisans Semineri :Seramik Yapıştırma Harcı Üreten Tesislerde Otomasyon ve  
Teknoloji.

**Bilgisayar Bilgisi:**

Windows2000, Microsoft Office 2000, Lotus 123, Autocad 13 C, MS DOS İşletim Sistemi.

İş Deneyimi:

2000 - 2001	İşletme:	Kalekim A.Ş. Isparta İşletmesi
	Görev:	Kalite Kontrol Sor.
2001 – ....	Ar-Ge:	Kalekim A.Ş. Genel Merkez İstanbul
	Görev:	Ar-Ge Sorumlusu