



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**MİMARLIK ANABİLİM DALI**  
**MİMARLIK PROGRAMI**

**BETONARME KULLANICILARININ KERPIÇ**  
**YAPILAR HAKKINDAKİ GÖRÜŞLERİNİN**  
**BİLİMSEL VERİLER DOĞRULTUSUNDA**  
**İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS**

**MUHAMMED ENES BOZYEL**

**İSTANBUL, 2021**



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI  
MİMARLIK PROGRAMI**

**BETONARME KULLANICILARININ KERPIÇ  
YAPILAR HAKKINDAKİ GÖRÜŞLERİNİN  
BİLİMSEL VERİLER DOĞRULTUSUNDA  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS**

**MUHAMMED ENES BOZYEL  
(190201023)**

**Danışman  
(Prof. Dr. Suphi Saatçi)**

**İSTANBUL, 2021**

06/ 07/2021

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

Mimarlık Anabilim Dalı'nda 190201023 numaralı Muhammed Enes BOZYEL'in hazırladığı "Âyet ve Hadislerde Ev Kavramı " konulu Mimarlık Tezli yüksek lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, 06/07/2021 Salı günü saat 19:00'da yapılmış, sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜNE** karar verilmiştir.

**Düzeltilme verilmesi halinde:**

Adı geçen öğrencinin Tez Savunma Sınavı .../.../20... tarihinde, saat ...:.... da yapılacaktır.

**Tez Adı Değişikliği Yapılması Halinde:** Tez adının "Betonarme Kullanıcılarının Kerpiç Yapılar Hakkındaki Görüşlerinin Bilimsel Veriler Doğrultusunda İncelenmesi" şeklinde değiştirilmesi uygundur.

| <b>Jüri Üyesi</b>                        | <b>Tarih</b>   | <b>İmza</b>  |
|------------------------------------------|----------------|--------------|
| <b>(Danışman)</b> Prof. Dr. Suphi SAATÇI | 06/07/2021     | <b>KABUL</b> |
| Doç. Dr. Emine Sibel HATTAP              | 06/07/2021     | <b>KABUL</b> |
| Dr. Öğr. Üyesi Ömer DABANLI              | 06/07/2021     | <b>KABUL</b> |
| <b>(İkinci Danışman) *</b> .....         | .../ .../20... | .....        |
| * .....                                  | .../ .../20... | .....        |

\*2. Danışman varsa doldurulacak

## BEYAN/ ETİK BİLDİRİM

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bağlı olduğum üniversite veya bir başka üniversitedeki başka bir çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

MUHAMMED ENES BOZYEL

## TEŞEKKÜR

Tezin yazım arifesinde aklımdaki soru işaretlerini gideren, farklı bakış açılarıyla bakmamı sağlayan, yol gösteren tez danışmanım Prof. Dr. Suphi Saatçi'ye, Dr. Öğr. Üyesi Ömer Dabanlı'ya, Serkan Akın'a, Serkan Duman'a, Semih Akşeker'e ve Prof. Dr. Adnan Demircan'a teşekkürü borç bilirim. Tez yazım dönemim boyunca desteklerini hiç bırakmayan sevgili aileme şükranlarımı sunarım.

Temmuz, 2021

MUHAMMED ENES BOZYEL

# **BETONARME KULLANICILARININ KERPIÇ YAPILAR HAKKINDAKİ GÖRÜŞLERİNİN BİLİMSEL VERİLER DOĞRULTUSUNDA İNCELENMESİ**

**Muhammed Enes Bozyel**

## **ÖZET**

İnsanların var oluşundan itibaren kendileri ve yakınları için korunaklı bir mekân arayışları kendilerini toprağı bir yapı malzemesi olarak kullanmaya götürmüştür. Sürdürülebilir ve ekolojik bir malzeme oluşu, kullanıcısına optimum konfor ortamını sağlaması, ekonomik olması, kolay bir şekilde temin edilip üretilmesi bugüne kadar toprak yapıların kullanılmasını sağlayan belli başlı özelliklerdir. Özellikle 19. yüzyıldan itibaren dünyada gerçekleşen bazı önemli değişimler insanların yapı malzemesi kullanımında da değişikliğe gitmesine neden olmuştur. Bu süre zarfı içerisinde beton dünyada en çok kullanılan yapı malzemesi olmuştur. Betonun bu kadar fazla ve hızlı bir şekilde kullanılması enerji kaynaklarının da hızlı bir şekilde tüketilmesine neden olmuştur. Betonun imal edilmesinde, kullanımında ve servis ömrünün bitiminden sonra da enerjiye ihtiyaç duyması yapı sektörünün büyük etkilerinden dolayı ülkeleri farklı yapı malzemesi arayışlarına sokmuştur. Enerjiyi çok tüketmesinin yanında çevreye zarar vermesi, yapı içerisindeki ısı ve hava değerlerini iyi şekilde dengeleyememesi yapı sektörünü bu arayışa iten farklı sebeplerdendir. Doğal yapı malzemeleri özelde kerpiç yapı malzemesi insanların bu ihtiyaçlarına cevap verebilecek, az enerji harcayan, sağlıklı, sürdürülebilir, ekolojik bir malzeme olarak tekrardan gündeme gelmiştir. Ülkemizin geleneksel yapı kültüründe kerpicingin yer alması alternatif yapı malzemesi olarak seçilmesinde bize büyük kolaylıklar, avantajlar sağlayacaktır. Aynı zamanda dünyadaki ve ülkemizdeki

kerpiç yapı stokları bu konuda verimli bir şekilde yol almamızı sağlayacaktır. Çalışmada, dünyadaki bazı gelişmeler sonucunda insanların doğal yapı malzemelerinden yapay yapı malzemelerine geçişinde ülkemizdeki kullanıcılar baz alınarak araştırmalar yapılmıştır. Betonarme kullanıcılarına anket yapılarak betonarme ve kerpiç yapılar hakkındaki görüşleri, bilgi birikimleri, yargıları sorulmuş ve cevaplar bilimsel veriler doğrultusunda irdelenmiştir. Kerpiç yapılardan bahsedildiğinde oluşan olumsuz yargının arkasında yatan sebeplerin neler olduğu ve bu sebeplerin neye dayandığı incelenmiştir.

Anahtar kelimeler; **kerpiç, betonarme, anket, toprak mimarisi, doğal yapı malzemeleri, sürdürülebilir mimari**

# **EXAMINATION OF THE OPINIONS OF REINFORCED CONCRETE USERS ABOUT ADOBE STRUCTURES IN LINE WITH SCIENTIFIC DATA**

**Muhammed Enes Bozyel**

## **ABSTRACT**

Since the beginning of human existence soil used as a construction material due to human needs to live in a safe place. So far earth structures were used because of their sustainability, optimum comfort to the environment, easy supply and produce, and eco-friendly and economical features. Especially some important changes since the 19th century in the world also caused changes in people's use of building materials. During this period, concrete has become the most used building material in the world. The use of concrete in such a large and rapid manner has led to a quick consumption of energy resources. Countries have started to look for different building materials as concrete needs a lot of energy, harms the environment, cannot provide the heat and air values in the building, and the construction sector has a huge share in the world. Natural building materials, and in particular adobe building materials, have become the main topic again as a healthy, sustainable, consuming less energy and ecological material. Still, many searches have been continuing about it. The presence of adobe structures in Turkey, in many parts of the world, and also its gained place in our country's traditional construction culture provides great easiness and advantages for us to chose adobe as alternative construction material. Additionally, these building stocks will help us to proceed efficiently in this regard. In this study, researches have been made based on the users from Turkey during the transition from natural building materials to artificial building materials as a result of some developments. Reinforced concrete users were asked about their opinions, knowledge, and judgments on reinforced concrete and adobe structures, and the

answers were examined in line with scientific data. The reasons behind the negative judgment about adobe structures are mentioned and examined.

Keywords; **adobe, reinforced concrete, survey, earth architecture, natural building materials, sustainable architecture**



## İÇİNDEKİLER

|                                                          |      |
|----------------------------------------------------------|------|
| ÖZET.....                                                | v    |
| ABSTRACT .....                                           | vii  |
| RESİM LİSTESİ .....                                      | xiii |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                       | xv   |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                     | xvii |
| GİRİŞ .....                                              | 1    |
| Çalışmanın Amacı .....                                   | 2    |
| Çalışmanın Kapsamı ve Yöntemi .....                      | 3    |
| BİRİNCİ BÖLÜM.....                                       | 5    |
| 1.MİMARİDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK .....                       | 5    |
| 1.1. Ekoloji ve Malzeme Seçimi .....                     | 7    |
| İKİNCİ BÖLÜM .....                                       | 12   |
| 2. TOPRAK MİMARİSİ .....                                 | 12   |
| 2.1. Toprak Özellikleri ve Seçimi .....                  | 12   |
| 2.2. Kerpiç Mimarisi.....                                | 14   |
| 2.2.1. Kerpiç Yapı Malzemesi Hazırlanışı .....           | 17   |
| 2.2.2. Kerpicingin Tarihçesi .....                       | 21   |
| 2.2.2.1. Eski Kerpiç Yapılar .....                       | 22   |
| 2.3. Türkiye’de Geleneksel Kerpiç Yapım Teknikleri ..... | 27   |
| 2.3.1. Yığma Kerpiç .....                                | 29   |
| 2.3.2. Hıms Yapı .....                                   | 31   |
| 2.3.3. Masif Yapı .....                                  | 33   |
| 2.3.4. Omurgalı Kerpiç Yapı (Wattle and Daub) .....      | 34   |
| 2.3.5. Tokmaklanmış Kerpiç Yapı.....                     | 34   |

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.6. Bağdadi Yapı .....                                               | 35        |
| 2.4. Modern Kerpiç Yapım Teknikleri .....                               | 37        |
| 2.4.1. Sıkıştırılmış Toprak Bloklar Tekniği (Pressed Earth Block) ..... | 37        |
| 2.4.2. PISE (Pneumatically Impacted Stabilized Earth Walls).....        | 38        |
| 2.4.3. Sıkıştırılmış Duvar Tekniği (Rammed Earth).....                  | 38        |
| 2.4.4. Dökme Toprak Tekniği (Cob) .....                                 | 40        |
| 2.4.5. Yerinde Dökme Toprak Tekniği (Poured Earth) .....                | 41        |
| 2.4.6. Hafif Toprak Tekniği (Light Earth).....                          | 42        |
| 2.5. Kerpiç Bileşenleri .....                                           | 43        |
| 2.5.1. Toprak.....                                                      | 43        |
| 2.5.2. Saman.....                                                       | 44        |
| 2.5.3. Su .....                                                         | 45        |
| 2.6. Kerpiç Yapı Elemanları .....                                       | 45        |
| 2.6.1. Duvarlar.....                                                    | 45        |
| 2.6.2. Sıva .....                                                       | 48        |
| 2.6.3. Temeller .....                                                   | 50        |
| 2.6.4. Çatı .....                                                       | 51        |
| <b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM .....</b>                                               | <b>53</b> |
| <b>3. TOPRAK YAPININ ZARAR GÖRMESİ VE İYİLEŞTİRİLMESİ .....</b>         | <b>53</b> |
| 3.1. Toprak Yapının Zarar Görmesi .....                                 | 53        |
| 3.1.1. Nem .....                                                        | 53        |
| 3.1.2. Yağmurun Etkisi.....                                             | 53        |
| 3.1.3. Yanlış Planlamanın Etkisi.....                                   | 54        |
| 3.1.4. Yanlış Restorasyonun Etkisi .....                                | 54        |
| 3.1.5. Kullanılan Toprağın Etkisi .....                                 | 55        |
| 3.2. Kerpiç Yapı Malzemesinin İyileştirilmesi.....                      | 55        |
| 3.2.1. Çeşitli katkı maddeleriyle iyileştirme .....                     | 56        |
| 3.2.1.1. Lif katkısı.....                                               | 56        |
| 3.2.1.2. Asfalt ve Bitüm katkısı .....                                  | 56        |
| 3.2.1.3. Çimento katkısı .....                                          | 57        |
| 3.2.1.4. Kireç katkısı.....                                             | 58        |

|                                                                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.1.5. Alçı katkısı.....                                                                                                   | 58        |
| 3.3. Malzemeye uygulanan testler .....                                                                                       | 61        |
| 3.3.1. Sedimentasyon testi .....                                                                                             | 61        |
| 3.3.2. Parlaklık testi.....                                                                                                  | 62        |
| 3.3.3. Yapışma testi.....                                                                                                    | 62        |
| 3.3.4. Yıkama testi.....                                                                                                     | 63        |
| 3.3.5. Doğrusal çekme testi.....                                                                                             | 63        |
| 3.3.6. Kuru mukavemet testi.....                                                                                             | 64        |
| 3.3.7. Su tutma testi.....                                                                                                   | 65        |
| 3.3.8. Kıvam testi.....                                                                                                      | 65        |
| 3.3.9. Kohezyon testi.....                                                                                                   | 66        |
| <b>DÖRDÜNCÜ BÖLÜM .....</b>                                                                                                  | <b>67</b> |
| <b>4. BETONARME KULLANICILARININ KERPIÇ YAPILAR HAKKINDAKİ GÖRÜŞLERİNİN BİLİMSEL VERİLER DOĞRULTUSUNDA İNCELENMESİ .....</b> | <b>67</b> |
| 4.1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....                                                                                      | 67        |
| 4.1.2. Materyal ve Yöntem .....                                                                                              | 67        |
| 4.2. Katılımcıların genel bilgileri ve genel görüşleri.....                                                                  | 67        |
| 4.2.1. Yaş Aralığı.....                                                                                                      | 67        |
| 4.2.2. Gündemi Takip Etme ve Sosyal Medyada Geçirilen Zaman .....                                                            | 68        |
| 4.2.3. Kerpiç ve Betonarme Yapılar ile İlgili Tecrübeler .....                                                               | 69        |
| 4.2.4. Kerpiç ve Betonarme Yapılar arasındaki tercihler .....                                                                | 72        |
| 4.2.5. Kerpiç ve Betonarme Yapıların Tercih Edilme ve Edilmeme Sebepleri .....                                               | 74        |
| 4.2.6. Kerpiç yapıların mevcut durumu hakkındaki görüşler.....                                                               | 76        |
| 4.2.7. Kerpiç Yapıları Tercih Etmeyi Sağlayabilecek Etkenler.....                                                            | 77        |
| 4.2.8. Kerpiç Yapılar Hakkında Bilgi Birikimi .....                                                                          | 78        |
| 4.3. Anket Sonuçlarının Bilimsel Veriler Doğrultusunda İncelenmesi .....                                                     | 79        |
| 4.3.1. Betonarme ve Kerpiç Yapılarda Yangın Olgusu .....                                                                     | 79        |
| 4.3.1.1. Yangın Olgusu .....                                                                                                 | 80        |
| 4.3.1.2. Betonarmenin yangın karşısındaki davranışı .....                                                                    | 81        |

|                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.1.3. Kerpicing yangın karşısındaki davranış.....                                            | 83         |
| <b>4.3.2. Betonarme ve Kerpiç Yapıların Yapım Maliyetleri .....</b>                             | <b>84</b>  |
| 4.3.2.1. Betonarme yapım maliyetleri.....                                                       | 85         |
| 4.3.2.2. Kerpiç yapım maliyetleri .....                                                         | 86         |
| <b>4.3.3. Betonarme ve Kerpiç Yapılarda Deprem Olgusu.....</b>                                  | <b>87</b>  |
| 4.3.3.1. Deprem olgusu.....                                                                     | 87         |
| 4.3.3.2. Türkiye’de deprem.....                                                                 | 88         |
| 4.3.3.3. Betonarme yapıların deprem karşısındaki davranışları .....                             | 90         |
| 4.3.3.4. Kerpiç yapıların deprem karşısındaki davranışları .....                                | 92         |
| <b>4.3.4. Betonarme ve Kerpiç Yapılarda Zararlı Gazlar .....</b>                                | <b>98</b>  |
| 4.3.4.1. Yapılarda oluşan zararlı gazlar: Radon Gazı .....                                      | 98         |
| 4.3.4.2. Radon gazının yapılara girme yolları.....                                              | 99         |
| 4.3.4.3. Türkiye’deki yapılarda radon gazı ve alınan önlemler .....                             | 102        |
| <b>4.3.5. Betonarme ve Kerpiç Yapılarda Sürdürülebilirlik Kavramı .....</b>                     | <b>105</b> |
| 4.3.5.1. Sürdürülebilir mimari kavramı .....                                                    | 106        |
| 4.3.5.2. Sürdürülebilirlik ve Betonarme .....                                                   | 108        |
| 4.3.5.3. Sürdürülebilirlik ve Kerpiç .....                                                      | 112        |
| <b>4.3.6. Betonarme ve Kerpiç Yapılarda Yalıtım Konusu .....</b>                                | <b>114</b> |
| 4.3.6.1. Yapılarda ısı yalıtımı .....                                                           | 117        |
| 4.3.6.2. Yapılarda ses yalıtımı .....                                                           | 119        |
| 4.3.6.3. Yalıtım malzemeleri .....                                                              | 121        |
| 4.3.6.4. Kerpiç yapılarda yalıtım .....                                                         | 127        |
| <b>4.3.7. Betonarme ve Kerpiç Yapılarda Yıkıntı ve Molozların Geri<br/>Dönüştürülmesi .....</b> | <b>128</b> |
| 4.3.7.1. Yapı molozları ve Atık yönetimi .....                                                  | 130        |
| 4.3.7.2. Türkiye’de yapı molozları ve atık yönetimi .....                                       | 131        |
| 4.3.7.3. Yapıların molozları ve geri dönüştürülmesi .....                                       | 132        |
| <b>SONUÇ .....</b>                                                                              | <b>136</b> |
| <b>KAYNAKÇA .....</b>                                                                           | <b>141</b> |

## RESİM LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Resim 2. 1:</b> Kerpiç harcının kol kuvvetiyle karıştırılması.....                           | 18 |
| <b>Resim 2. 2:</b> Kerpicin kalıplara dökülüp sıkıştırılması .....                              | 18 |
| <b>Resim 2. 3:</b> Kurutulmaya bırakılan kerpiç bloklar .....                                   | 19 |
| <b>Resim 2. 4:</b> Güneş altında kurumuş kerpiç blokların depolanması .....                     | 20 |
| <b>Resim 2. 5:</b> Van Kalesi.....                                                              | 23 |
| <b>Resim 2. 6:</b> Çatalhöyük .....                                                             | 24 |
| <b>Resim 2. 7:</b> Djenne(Cenne) Büyük Cami(Mali).....                                          | 24 |
| <b>Resim 2. 8:</b> Şibam çöl evleri(Yemen) .....                                                | 25 |
| <b>Resim 2. 9:</b> Arg-ı Bem Kalesi .....                                                       | 26 |
| <b>Resim 2. 10:</b> Asante(Gana).....                                                           | 26 |
| <b>Resim 2. 11:</b> Ghademes Kasabası.....                                                      | 26 |
| <b>Resim 2. 12:</b> Bahla Surları(Umman) .....                                                  | 26 |
| <b>Resim 2. 13:</b> Ait Benhaddou(Fas) .....                                                    | 27 |
| <b>Resim 2. 14:</b> Taos Pueblo(ABD) .....                                                      | 27 |
| <b>Resim 2. 15:</b> Zabid Şehri(Yemen) .....                                                    | 27 |
| <b>Resim 2. 16:</b> Bezeli yığma kerpiç yapı.....                                               | 30 |
| <b>Resim 2. 17:</b> Tek katlı yığma kerpiç yapı.....                                            | 31 |
| <b>Resim 2. 18:</b> Kerpiç dolgulu hıms yapı örneği .....                                       | 33 |
| <b>Resim 2. 19:</b> Hıms yapı .....                                                             | 33 |
| <b>Resim 2. 20:</b> Omurgalı kerpiç tekniğiyle yapılmış bir yapı .....                          | 34 |
| <b>Resim 2. 21:</b> Bağdadi tekniğiyle yapılmış bir ev(Ordu).....                               | 36 |
| <b>Resim 2. 22:</b> Sıkıştırılmış toprak bloklar tekniğiyle inşa edilmiş bir yapı .....         | 37 |
| <b>Resim 2. 23:</b> Sıkıştırılmış toprak bloklar tekniğiyle inşa edilmiş kamu yapısı(Mali)..... | 37 |
| <b>Resim 2. 24:</b> Dövme duvar tekniğiyle yapılmış bir yapının duvarı.....                     | 39 |
| <b>Resim 2. 25:</b> Dövme duvar tekniğiyle yapılmış bir yapı .....                              | 40 |
| <b>Resim 2. 26:</b> Dökme toprak tekniğiyle inşa edilmiş bir ev(İngiltere) .....                | 40 |
| <b>Resim 2. 27:</b> Dökme toprak tekniğiyle inşa edilmiş bir yapı .....                         | 41 |
| <b>Resim 2. 28:</b> Dökme toprak tekniği yapılış aşaması .....                                  | 41 |
| <b>Resim 2. 29:</b> Dökme toprak tekniği ile inşa edilmiş bir ev .....                          | 42 |
| <b>Resim 2. 30:</b> Kriket stadı pavyonu(Ruanda) .....                                          | 42 |
| <b>Resim 2. 31:</b> Tercümanlık merkezi(Güney Afrika).....                                      | 43 |
| <b>Resim 2. 32:</b> Samanın kerpiç harcında kullanılması .....                                  | 44 |
| <b>Resim 2. 33:</b> Kerpiç tuğlaların oluşturduğu bir duvar görüntüsü .....                     | 48 |

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Resim 2. 34:</b> Kerpiç bloklarla oluşturulmuş duvar .....                                                  | 48 |
| <b>Resim 2. 35:</b> Kerpiç yapıda duvara sıva çekme işlemi .....                                               | 49 |
| <b>Resim 2. 36:</b> Sıva çekilen kerpiç duvar .....                                                            | 50 |
| <b>Resim 3. 1:</b> Ruhi Kafesçioğlu'nun kendi imalatı olan İTÜ Ayazağa Kampüsü'nde<br>bulunan deneme evi ..... | 60 |
| <b>Resim 4. 1:</b> Kırsal bölgede kerpiç toprağının alındığı yer .....                                         | 86 |
| <b>Resim 4. 2:</b> Betonarme yapılarda yapılan bazı uygulama hataları .....                                    | 92 |
| <b>Resim 4. 3:</b> Konya'da kerpiç malzemeli, ağır toprak damlı yapının yıkıntısı .....                        | 95 |
| <b>Resim 4. 4:</b> Strüktür sorunu olan kerpiç duvarın deprem sonrası görünüşü .....                           | 95 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2. 1: Toprağın katmanları .....                                      | 13 |
| Şekil 2. 2: Toprağın kesiti.....                                           | 14 |
| Şekil 2. 3: Dünya üzerinde kerpiç mimari bulunan bölgeler .....            | 15 |
| Şekil 2. 4: Anadolu'da kullanılan kalıp örnekleri .....                    | 20 |
| Şekil 2. 5: Toprak yapı yapım teknikleri .....                             | 29 |
| Şekil 2. 6: Hımmış duvar görünümü çizimi.....                              | 32 |
| Şekil 2. 7: Tokmaklama yönteminde kullanılan kalıp ve tokmak örneği .....  | 35 |
| Şekil 2. 8: Geleneksel ahşap tokmak ve metalden imal edilen tokmak.....    | 35 |
| Şekil 2. 9: Bağdadi duvar görünümü çizimi .....                            | 36 |
| Şekil 2. 10: Dövmeye duvar tekniğinin yapım aşamaları.....                 | 39 |
| Şekil 2. 11: TS2515'e göre duvar örme şekilleri .....                      | 46 |
| Şekil 2. 12: Kerpiç yapılarda betonarme hatıllı temel duvarı .....         | 51 |
| Şekil 3. 1: Sedimentasyon testinin yapılışı.....                           | 61 |
| Şekil 3. 2: Parlaklık testinin yapılışı.....                               | 62 |
| Şekil 3. 3: Yapışma testinin yapılışı .....                                | 63 |
| Şekil 3. 4: Doğrusal çekme testinin yapılışı .....                         | 64 |
| Şekil 3. 5: Kuru mukavemet testinin yapılışı.....                          | 64 |
| Şekil 3. 6: Su tutma testinin yapılışı .....                               | 65 |
| Şekil 3. 7: Kıvam testinin yapılışı.....                                   | 66 |
| Şekil 3. 8: Kohezyon testinin yapılışı.....                                | 66 |
| Şekil 4. 1: Katılımcıların yaş aralığı .....                               | 68 |
| Şekil 4. 2: Katılımcıların sosyal medyada geçirdikleri günlük süreler..... | 68 |
| Şekil 4. 3: Katılımcıların gündemi takip ettikleri mecralar .....          | 69 |
| Şekil 4. 4: Anket 4. soru ve cevapların dağılımı .....                     | 70 |
| Şekil 4. 5: Anket 5. soru ve cevapların dağılımı .....                     | 70 |
| Şekil 4. 6: Anket 6. soru ve cevapların dağılımı .....                     | 71 |
| Şekil 4. 7: Anket 7. soru ve cevapların dağılımı .....                     | 72 |
| Şekil 4. 8: Anket 8. soru ve cevapların dağılımı .....                     | 73 |
| Şekil 4. 9: Anket 9. soru ve cevapların dağılımı .....                     | 73 |
| Şekil 4. 10: Anket 10. soru ve cevapların dağılımı .....                   | 74 |
| Şekil 4. 11: Anket 11. soru ve cevapların dağılımı .....                   | 75 |
| Şekil 4. 12: Anket 12. soru ve cevapların dağılımı .....                   | 76 |
| Şekil 4. 13: Anket 13. soru ve cevaplarının dağılımı.....                  | 77 |
| Şekil 4. 14: Anket 14. soru ve cevaplarının dağılımı.....                  | 78 |
| Şekil 4. 15: Anket 1. önerme ve cevapların dağılımı.....                   | 79 |
| Şekil 4. 16: Anket 2. önerme ve cevapların dağılımı.....                   | 80 |
| Şekil 4. 17: Betonda yoğunluk ile sıcaklık kapasitesinin değişimi.....     | 81 |

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 4. 18:</b> Farklı betonlarda ısı kapasitesinin değişimi .....                                   | 82  |
| <b>Şekil 4. 19:</b> Anket 3. önerme ve cevapların dağılımı.....                                          | 84  |
| <b>Şekil 4. 20:</b> Anket 4. önerme ve cevapların dağılımı.....                                          | 87  |
| <b>Şekil 4. 21:</b> Türkiye deprem tehlike haritası.....                                                 | 89  |
| <b>Şekil 4. 22:</b> Deprem yüklerinin yapıya etkisi ve sonucunda yapıda oluşan farklı bozulmalar .....   | 90  |
| <b>Şekil 4. 23:</b> Hafif hasar almış kerpiç yapının duvar görünüşleri.....                              | 94  |
| <b>Şekil 4. 24:</b> Orta hasar almış kerpiç yapının duvar görünüşleri .....                              | 94  |
| <b>Şekil 4. 25:</b> Ağır hasar almış kerpiç yapının duvar görünüşleri .....                              | 94  |
| <b>Şekil 4. 26:</b> Duvarlara gelen yük problemleri ve çözümleri .....                                   | 97  |
| <b>Şekil 4. 27:</b> Anket 5. önerme ve cevapların dağılımı.....                                          | 98  |
| <b>Şekil 4. 28:</b> Türkiye’deki illere göre evlerde bulunan ortalama radon gazı konsantrasyonları ..... | 102 |
| <b>Şekil 4. 29:</b> Radyasyon kaynaklarının etkilerinin dağılımı.....                                    | 104 |
| <b>Şekil 4. 30:</b> Anket 6. önerme ve cevaplarının dağılımı .....                                       | 106 |
| <b>Şekil 4. 31:</b> Anket 7. önerme ve cevaplarının dağılımı .....                                       | 106 |
| <b>Şekil 4. 32:</b> Türkiye enerji tüketimi dağılımı .....                                               | 109 |
| <b>Şekil 4. 33:</b> Anket 9. önerme ve cevapların dağılımı.....                                          | 115 |
| <b>Şekil 4. 34:</b> Anket 10. önerme ve cevapların dağılımı.....                                         | 115 |
| <b>Şekil 4. 35:</b> Anket 11 önerme ve cevaplarının dağılımı .....                                       | 116 |
| <b>Şekil 4. 36:</b> Anket 12. önerme ve cevaplarının dağılımı .....                                      | 117 |
| <b>Şekil 4. 37:</b> Binalarda enerji tüketimi .....                                                      | 118 |
| <b>Şekil 4. 38:</b> Çok katlı ve tek katlı yapılarda ısı kayıplarının gerçekleştiği yerler....           | 119 |
| <b>Şekil 4. 39:</b> Farklı yapı duvarlarının ısı geçirim değerleri.....                                  | 128 |
| <b>Şekil 4. 40:</b> Anket 13. önerme ve cevapların dağılımı.....                                         | 129 |
| <b>Şekil 4. 41:</b> Anket 14. önerme ve cevaplarının dağılımı .....                                      | 129 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 2. 1: TS2515'e göre kerpiç blokların boyutları .....                                                                                      | 20  |
| Çizelge 2. 2: TS2515'e göre duvar kalınlıkları ve yükseklikleri .....                                                                             | 46  |
| Çizelge 3. 1: Çimento katılmış kerpiç yapı malzemesinin çimentonun oranına göre göstermesi gereken en az ve ortalama basınç değeri .....          | 57  |
| Çizelge 3. 2: Alkerin fiziksel ve mekanik özellikleri .....                                                                                       | 59  |
| Çizelge 3. 3: Yağmurlama deneyi yapılan örneklerin katkı oranları, deneyden önceki ve sonraki ağırlıkları ve kayıp miktarları.....                | 60  |
| Çizelge 4. 1: 2020 ve 2021 yılları inşaat metrekare maliyetleri .....                                                                             | 85  |
| Çizelge 4. 2: Dünya üzerinde meydana gelen en büyük depremler ve hasarları .....                                                                  | 88  |
| Çizelge 4. 3: Türkiye'de son yüzyılda meydana gelen bazı büyük depremler.....                                                                     | 89  |
| Çizelge 4. 4: Bazı inşaat malzemelerinin radon gazı konsantrasyonu ve radon çıkış oranları.....                                                   | 101 |
| Çizelge 4. 5: Bazı ülkelerin ortalama radon gazı konsantrasyon değerleri ve limitleri .....                                                       | 101 |
| Çizelge 4. 6: Yapılan çalışmada ölçüm noktalarından alınan çeşitli değerler ve yıllık etkin doz eşdeğeri .....                                    | 103 |
| Çizelge 4. 7: Betonarme-karkas ve kerpiç yığma yapılar için gereken malzemelerinin bazılarının atmosfere saldıkları karbondioksit miktarları..... | 105 |
| Çizelge 4. 8: Betonarme-karkas ve kerpiç yığma yapılar için gereken malzemelerinin bazıları için enerji gereksinimleri .....                      | 111 |
| Çizelge 4. 9: Sesin bazı ortamlarda yayılma hızı.....                                                                                             | 119 |
| Çizelge 4. 10: Seslerin değerleri ve gürültü derecesi.....                                                                                        | 120 |
| Çizelge 4. 11: Yapı malzemelerinin ses geçiş kaybı .....                                                                                          | 121 |
| Çizelge 4. 12: Bazı malzemelerin ses yutum katsayıları .....                                                                                      | 122 |
| Çizelge 4. 13: Yalıtım malzemelerindeki toksik maddeler.....                                                                                      | 125 |
| Çizelge 4. 14: Yalıtım malzemelerinin iç hava kalitesine olumsuz etkileri .....                                                                   | 125 |
| Çizelge 4. 15: Partikül ve koku analizine göre yapı malzemelerinin iç hava kalitesine olumsuz etkileri.....                                       | 126 |
| Çizelge 4. 16: Yalıtım malzemelerinin iç mekân hava kalitesine olumlu ve olumsuz etkileri .....                                                   | 126 |
| Çizelge 4. 17: Bazı yapı malzemelerinin yalıtım özellikleri .....                                                                                 | 127 |
| Çizelge 4. 18: Bazı yapı malzemelerinin ısı tutma kapasiteleri ve ısı kayıpları .....                                                             | 128 |
| Çizelge 4. 19: Bazı ülkelerin yıkıntı atık durumları .....                                                                                        | 133 |
| Çizelge 4. 20: Avrupa ülkelerinin inşaat yıkıntı atığı miktarları ve iki yıllık değişimi .....                                                    | 134 |

## GİRİŞ

İnsanlık varoluşundan beri kendisi ve yakınları için korunaklı bir mekân arayışına girmiştir. Bu arayış insanlığı kimi zaman doğal olarak oluşmuş mağaralara kimi zaman da geniş ağaç kovuklarına kadar götürmüştür. Bu arayışları sonucu insanlar etrafındaki malzemeleri bazen direkt olarak bazen de küçük işlemlerden geçirerek kullanmışlardır. Bu malzemelerin en eskilerinden biri de kerpiç yapı malzemesidir. Kolay bir şekilde elde edilmesi, yerel bir malzeme oluşu, tedarikinin kolay, nakliyatının zahmetli olmaması insanların bu malzemeyi tercih etmelerinin başlıca sebeplerindendir.

Toprak yapılar birçok yöntemle, denemeler ve yanılmalarla kendisini her geçen gün geliştirmiştir. Bu yapılar sadece eski zamanlarda üretilmekle kalmamış günümüze kadar ulaşmış ve kullanılmaya devam edilmiştir. Bugün dünyanın belli bölgelerinde eskide kalmış, geliştirilmemiş, unutulmaya yüz tutmuş bir malzeme olarak düşünülse de kerpiç yapılar dünyanın birçok bölgesinde, gelişmiş ülkelerde hâlâ kullanılmaya devam edilmektedir.

Erişim ve üretim kolaylığı, yapı içi ısı konforu, ekonomik olması, yapı içi hava kalitesinin yüksek olması, herhangi bir ek yalıtım malzemesine ihtiyaç duyulmaksızın ısı ve ses yalıtım kalitesi bakımından yıllarca tercih edilen kerpiç yapı malzemesi özellikle 19. yüzyıldan itibaren betonun kullanılmaya başlanmasıyla terk edilmiştir. Teknolojinin gelişmesi, sanayi devriminin gerçekleşmesiyle beraber kırsal alanlardan kentlere olan yoğun göç dar alanlarda çok katlı yapılar inşa etme ihtiyacını doğurdu. Başta beton ve çelik gibi malzemeler yapı sektörüne pek çok kolaylık ve yenilik de getirdi. Hızlı bir şekilde üretilmesi, çok kat çıkılabilmesi, dar alanda fazla nüfusu barındırabilmesi, deprem gibi doğal afetlere karşı dayanım göstermesi betonarme yapıların sayısında hızlı bir artış olmasını sağladı. Ancak bu yapı malzemelerin enerjiyi fazla ve hızlı bir şekilde tüketmesi, direkt ve dolaylı yollarla çevreye zarar vermesi, ekolojik ve sürdürülebilir bir yapı malzemesi olmaması son yıllarda yapı sektöründe tekrardan bir arayışa dönüştü.

Günümüzde dünya genelinde en çok kullanılan yapı malzemesi olan beton, üretiminde fosil yakıtların kullanılmasının da etkisiyle özellikle 20. yüzyılın

sonlarındaki enerji kriziyle birlikte sorgulanmaya başlanmıştır. Enerji tüketimi, bu tüketimin yönetimi ve kontrolü günümüzde tüm ülkelerin başlıca problemlerinden biridir. Yapı sektörünün güncel halinin büyüklüğü ve bu sektörde kullanılan malzemelerin enerjiye etkisi göz önünde bulundurulduğunda yapı malzemelerindeki değişimin etkisinin ne denli önem arz ettiği de görülmektedir.

Ekolojik kavramının da ortaya çıkması sonucunda sürdürülebilir yapı malzemesi arayışları insanlığı tekrardan doğal yapı malzemelerine götürmüştür. Yapılışında her adımda an enerji harcayan, çok ekonomik olan ve bir tesis gerektirmeksizin üretilebilen, servis ömrü boyunca iş yaşam kalitesini optimum düzeyde sağlayan ve ömrü uzun olan kerpiç yapı malzemesi bu özellikleriyle sürdürülebilir; doğadaki dengeye saygılı, geri dönüşümlü malzemeler kullanan, kendisi de geri dönüştürülebilen bir malzeme olan, düşük enerji ihtiyacıyla kaynakları az tüketme özellikleriyle kerpiç malzeme ekolojik bir malzeme olarak değerlendirilmektedir.

Türkiye kerpiç yapı malzemesini çok yakından bilen bir ülkedir. Günümüzde birçok ilimizde birçok örneğinin olması, geleneksel yapı kültürümüzde de yerinin büyük olduğunu bize göstermektedir. Ülkemizde de 20. Yüzyılda etkili olan büyük şehirlere göç durumu kerpiç yapılar bakımından zengin olan illerimizde bu yapılara olan değerin azalmasına yol açmıştır. Daha az kullanılan veya hiç kullanılmayan, bakım yapılmayan, yenilenmeyen kerpiç yapılar gördükleri ilk deprem veya farklı doğal afetlerle birlikte ağır hasarlar almış ve onarılmadan bırakılmıştır. Ülkemizde büyük şehirlerin dışında kırsal alanlarda, köy ve kasabalarımızda müstakil de olsa doğal yapı malzemelerine başvurulmaması geleneksel yapı kültürümüzdeki gibi yapıların azalmasına ve yok olmasına neden olmuştur. Dolayısıyla belli bölgelerimizde tek katlı veya iki katlı olarak inşa edilecek yapıların kerpiçten yapılması maliyetin düşmesini, enerjiden tasarruf edilmesini, çevre kirliliğinin azalmasını, kullanıcıya konforlu bir yaşam sunmasını sağlayabilir.

### **Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmanın amacı, yukarıdaki özelliklere ve geçmişe sahip olan kerpiç yapı malzemesinin ülkemizdeki geleneksel yapı kültüründeki yeri de düşünüldüğünde günümüzde tercih edilmemesinin, terk edilmesinin sebeplerini betonarme

kullanıcılarının görüşleri baz alınarak irdelenmesidir. Belli başlı sebeplerden dolayı göç eden kimselerin beton yapılarda oturması çok doğal olarak karşılanmaktadır fakat bu kişilerin doğal yapı malzemelerine ve özellikle kerpiç yapı malzemesine karşı olan yargıları, bilgileri, düşüncelerinin bilimsel veriler doğrultusunda incelenmesi mimarlık alanında çalışan kimseler için de başvurulacak bir yol olacaktır. Betonarme kullanıcıları ankete tâbi tutularak betonarme ve kerpiç yapıları tercih etmelerinin veya etmemelerinin nedenleri, bu yapılar hakkındaki görüşleri ve bildikleri bilimsel veriler doğrultusunda irdelenmesi amaçlanmıştır.

### **Çalışmanın Kapsamı ve Yöntemi**

Bu çalışmanın kapsamı betonarme kullanıcılarının kerpiç mimari hakkındaki görüşlerini incelemeye yöneliktir. Tezin ana bölümünde sürdürülebilirlik kavramı ve bu kavramın kerpiç ile olan kesişimi ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Sürdürülebilirlik kavramının neler olduğu, hangi kıstasların bu konuda belirleyici olduğu araştırılmış ve daha sonra kerpiç mimarının bu özellikleri taşıyıp taşımadığı incelenmiştir. Daha sonrasında sürdürülebilir mimari kavramıyla yakından ilgili olan ekolojik mimarlık kavramı altında kerpiç mimarisi incelenmiş, malzeme seçiminin bu kavramlar için ne kadar önemli olduğu görülmüştür.

Sonraki bölümde toprak mimarisi genel olarak ele alınmış geniş bir literatür taraması yapılmıştır. Toprak mimarisinin çok eskilere dayanan tarihi ve günümüzde tescillenen birçok tarihi eser yapının da toprak mimarisiyle üretildiği görülmüştür. Toprak mimarisinde toprak seçiminin nasıl olduğu, nelere dikkat edilmesi gerektiği araştırılmıştır. Toprak seçimiyle birlikte kerpiç yapı malzemesinin hazırlanış aşaması ve adımları anlatılmıştır. Türkiye’de çok geniş ve zengin bir yeri olan kerpiç yapı malzemesinin geleneksel yapım teknikleri anlatılmış sonrasında da dünyanın diğer bölgelerinde kullanılan tekniklerden söz edilmiştir. Kerpicing bileşenleri ve kerpiç bir yapının yapı elemanları da bu bölümde incelenmiştir.

Tezin 4. bölümünde toprak yapıların nasıl zarar gördüğü ve nasıl iyileştirilebileceği araştırılmıştır. Tüm yapı malzemeleri gibi kerpiç yapı malzemesinin de dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajların neler olduğu, bunlardan nasıl

korunabileceği ve bunları azaltmak veya yok etmek için neler yapılabilieceği incelenmiştir.

Tezin son bölümünde ankete katılan katılımcıların genel bilgileri sunulduktan sonra, sorulan sorular ve cevaplarının dağılımı ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur. Katılımcıların tercih sebepleri, tecrübeleri ve bilgileri aktarılmıştır. Her sorudan sonra katılımcıların verdikleri cevaplar gösterildikten sonra soruların cevapları bilimsel olarak incelenmiştir.



## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1.MİMARİDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Sürdürülebilir mimarlık, yer aldığı durumlarda ve her anında, gelecek nesilleri de göz önünde bulundurarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik tanıyan, çevreye önem veren, bulunduğu alanı, malzemeyi, enerjiyi ve suyu etkili bir biçimde kullanan, insanların konfor ve sağlığını koruyan yapılar elde etme işlemlerinin tamamıdır. Başka şekilde söylenmesi gerekirse; insanların mekân ihtiyaçlarını, doğal sistemlerin geleceğini ve varlığını güvence alarak yapmayı hedeflemiş mimari uygulamalar ve tasarımlardır (Sev, 2009).

Ekolojik tasarım, yapılı olan çevrenin doğa ile bütünleştirilmesi amacıyla tasarlanmasıdır. Yapılı alanların bölgesel ölçekte şekillendirilmesini tasarlanacak olan ürünün işlev, içerik ve işleyişinin belli olmasını ve tüm yaşam boyunca yapılı çevrenin gözlemlenmesini gerektirmektedir. Yapay ya da yapılı olan alanların etkileşim ve üretim vasıtasıyla doğal çevrede doğurduğu sonuçlar; girdiler ve çıktılar, taşıma vs. işlemlerle alakalı problemler çözüme kavuşturularak doğal çevreyle kusursuz ve uyumlu bir bütünleşme elde edilir (Yeang, 2006).

Özçuhadar sürdürülebilirliğin etkisini şöyle ifade etmektedir; “Mimari tasarım sürdürülebilirlik ilkeleriyle gerçekleştirildiğinde kaynak kullanımı, çevre etkileri ve atıklar gibi konularda elde edilecek sayısız artının yanı sıra sürdürülebilir binalar çevre ile kullanıcılarını yakınlştırıp toplumda çevreyle ilgili farkındalık yaratır; binalar ve tüketim maddelerinin doğal kaynaklar ve atık konularıyla ilişkisine dikkat çeker. Ayrıca doğal çevreye saygılı ve uyum içinde yaşayabileceğimizi anımsatır.” (Özçuhadar, 2007).

Çağımızda her gün bir yenisi eklenen çevre problemleri için çözümler, yeni arayışlar, araştırmalar devam etmekte, tartışmalar yapılmaktadır. Özellikle son yüzyılda çevre problemlerine karşın şehirler ve çevresindeki alanlar dikkate alınarak planlamalar yapılmak durumuna gelinmiştir. Bu planlar ekolojik planlamalar çerçevesinde şekillenmektedir. Tasarım yapılırken kullanılacak malzemelerin çevreyi kirlletmemesi, doğal dengeyi bozmaması, ekolojik şartlara uyumlu bir şekilde hareket edebilmesi istenmektedir.

Yapı malzemeleri ve ürünlerinin sürdürülebilir özelliklere göre tercih edilişi yapıların çevreye olan zararını ve olumsuz etkilerini en aza indirmekle kalmaz, aynı zamanda enerji etkinliğini artırır, bakım, işletme ve onarım girdilerini aşağıya çeker, kullanıcılar için konforlu ve sağlıklı mekanlar sunar (Sev, 2009).

Yapı kültürünün ve bölgesel yaşamın korunmasını önemseyen, çevre kirliliğini en azda tutmayı hedefleyen ve bunların yanı sıra mimariye pozitif anlamda tesirleri olan ekolojik yapılar, kullanıcılarına güvenilir ve sağlıklı nitelikli bir hizmet vermektedir. Ekolojik yapıların tüm olumlu yönlerine bakıldığında tasarım ilkelerinde de üzerinde durulması gereken önemli ölçütler olduğu görülmektedir: Bu ölçütler aşağıdaki gibidir:

- Yapılı çevrenin tasarım ve kullanımında doğal kaynakların zarar görmesini en aza indirmek,
- Mevcut topografyaya (yeşil alan, su, hava, toprak) uygun bir şekilde yapıların yerleştirilmesi,
- Doğa ile tamamlayıcı tasarlama, iklim şartlarına ve topografik özelliklere uygun tasarım oluşturma,
- Geri dönüşümü mümkün olan malzeme kullanımı,
- İşlevsel mekânların yataydaki tasarımda dolaşım elemanlarını ve ıslak hacimleri kuzeyde konumlanacak biçimde tasarlamak,
- Yapı içinde dikey ve yatay dağılımda ekolojik kriterleri baz almak,
- Tasarımın esneklik ve değişkenlik ilkelerine imkân sağlanması ve oluşumların işlevsellik içermesi,
- Güneş enerjisinden faydalanmayı arttırmaya yönelik tasarımlar olarak söylenebilir (Tönük, 2001).

İlerici bir tasarım anlayışını, toplumun tasarım görüşünün yönlenmesini, çevrenin birliği ve bütünlüğü görüşlerini planlama sürecini ekolojik planlama içerir. Ekolojik planlama çevrenin ve peyzajın sadece kültürel, sosyal, kişisel farklılıklar sonucunda değil bununla beraber ekosistemin bir ürünü olması gerektiğini söyler. Ekolojik

planlama gelecekteki insanları da düşünerek daha az kaynak kullanımını savunur. Kirlletmeyi ve atıkları önleyici tedbirlerin alınmasını, bütün tasarım ve planların geri dönüşümlü olarak yapılmasını hedefler (Küçükali, 2015).

### **1.1. Ekoloji ve Malzeme Seçimi**

Ekotasarım ya da ekolojik tasarım; ekolojik tasarım stratejileri ve ilkeleri çizgisinde yaşam tarzımızı ve yapılı olan çevremizi, dünyadaki bütün yaşam biçimlerini içerisinde bulunduran doğal çevreyle uyum içinde ve noksansız bir biçimde bütünleştirerek tasarlamaktır (Yeang, 2006). Başka bir tanıma göre ekotasarım, “Yaşam döngüsü süresince çevresel etkilerin azalmasını daha iyi ürün tasarımı ile yapmaktır. Üründen dolayı kaynaklanan çevresel etkilerin neredeyse %80’i tasarım sırasında belirlenebilmektedir. Çevreye duyarlı olan tasarım sonucunda enerjide ve maliyette tasarruf yapılabilme mümkündür (URL 1).

Ekolojik mimarlık kavramı altında sadece yeşil alanlar değil çevredeki canlılar zinciri, iklim koşulları, topografya da düşünülerek hareket edilmektedir. Ekolojik mimaride yapıların doğal malzemeye yapılması, geri dönüşümlü olması en önemli ilkelerdendir. Doğadan alınarak elde edilmiş malzemelerin, elemanların kullanıldıktan sonra da doğaya geri dönebilmesi çok önemlidir.

İnşaat sektörü günümüzde; kaynak ve enerji tüketimi ayrıca sera gazı artışından da sorumlu olarak görülmektedir. Özellikle gelişen ülkelerde yapıların üretim ve yıkım işlemleri sonucunda ortaya çıkan atık miktarının, katı olan atıkların tamamının neredeyse %40’ını oluşturduğu ve dünya genelinde üretilmiş enerjinin 1/3’ünü binaların harcadığı bilinmektedir. Bunun yanında dünya üzerinde üretilen enerjinin %10’u yapı malzemelerinin üretiminde harcanmaktadır (UNEP, 2011)

Bu nedenle üretimde ve inşaat faaliyetlerinde harcanan enerji atmosfere zarar veren gazların artışına doğrudan etki etmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan çoğu ülkenin bir yıl içinde saldıkları karbondioksitin azımsanmayacak bir kısmı yapı sektörü tarafından oluşturulmaktadır. Yapı sektörünün hiç durmaksızın çevreye doğrudan ve dolaylı bir biçimde zarar vermesi sektörde kullanılan malzemelerin gözden geçirilmesini gerektirmektedir. Doğaya zarar vermeyen, ekolojik, ekonomik, fazla enerji gerektirmeyen yapı malzemelerinin kullanımı atmosfere salınan ve atmosfere

zarar veren gazların da çevreye, çevrede yaşayan canlılara da verilen zararın büyük ölçüde azalmasını sağlayacaktır. Çevreye zarar vererek inşa edilen yapıların verdiği hasar onarılmak istenildiği zaman daha çok enerji harcanarak bir kısır döngü oluşturulmaktadır. Bu da sektördeki enerji tüketimini her geçen gün arttırmaktadır.

Ekolojik mimarlık kavramı birçok yönden ele alınan bir konudur. Genel olarak ekolojik mimarlığı şu kavramlar ve özellikler üzerinden daha iyi anlayabiliriz;

**Maliyet:** Yapılar az masraflı olmalıdır. Yapının üretiminden servis süresinin sonuna gelene ve hatta yapının yıkımından sonra molozlarının çevreye zarar vermeyerek olası zararları önlemek adına maliyeti düşük malzemeler tercih edilmelidir. Özellikle fosil yakıtlı kaynaklar azaldığı için bu enerji kaynaklarına bağlı olarak imal edilen yapı malzemelerinin masrafları, giderleri ve dolayısıyla maliyetleri de giderek artmaktadır. Maliyetin bu denli yükselişinden dolayı lokal olarak üretilen daha az işleme maruz kalan yapı malzemeleri seçilmelidir.

**Nakliye:** Nakliye masrafları yapı üretiminde azımsanmayacak bir yere sahiptir. Yurtdışına bağımlı olarak üretilen maddelerin inşaat alanına kadar getirilmesi, ağır araçların kullanılması sadece maliyet açısından değil birçok farklı açıdan olumsuzluklar olarak geri dönmektedir. Malzemelerin inşaat alanına nakliye edilmesi sonucu oluşan çevre sorunlarının engellenmesi, nakliye için harcanan enerjinin asgari duruma getirilmesi, yerel malzemelerin kullanılması, nakliye sırasında malzeme kayıplarının olmaması ve atıkların ortaya çıkmasını engellemek çevresel, ekolojik mimarlık kavramı doğrultusunda olan davranışlardır.

**Çevre dostu:** Lokal ve geleneksel malzemelerin imal edilirken zararlı gaz ortaya çıkarmamaları, az enerji ihtiyacı ile üretilmeleri, zararlı atık oluşturmamaları, sürdürülebilir ve kaynaktan harcama açısından çevreci olmaları yapı üreticileri için tercih sebebi olarak önemli avantajlardır.

**Sağlık:** Malzemelerin inşaat alanına getirilmesi, imal edilmesi sırasında malzemeye kimyasal bir işlem uygulanmaması, doğal haliyle kullanılması, işlenmiş olmaması kullanıcıların sağlıklarını tehdit etmeyen malzemeler olmalarını sağlamaktadır. Kullanılan malzemelerin yapı içi ortam konforunu sağlaması, insan sağlığı için zararlı gaz üretmemeleri gerekmektedir. Kimi malzemelerde benzen, formaldehit,

tolüen gibi uçucu organik bileşenler kullanılmaktadır. Bu bileşenler yapı içindeki insan sağlığı ve yapı içindeki yaşam kalitesi açısından sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Malzeme seçiminde sadece insanların değil dolaylı yoldan etkilenebilecek canlıların da sağlıkları düşünülerek hareket edilmelidir (Tekin, 2012).

Yapılar yapıyı çevrenin gerektirdiği enerjinin her yıl %30 ila %40 arasında bir oranını tüketmektedir. Yapı sektöründe ulaşım, nakliyenin bunda payı ise %25'tir. Enerjinin çoğalması çevre adına etkili olmamaktadır. Harcanan enerji arttıkça, malzeme kullanımı ve yoğunluğu da artacak ve bu durum kaynak tüketiminin de gittikçe artmasına sebebiyet verecektir. Bu sebeple yapı inşasında kullanılacak her malzemenin servis ömrü boyunca çevreye olan etkilerinin belirlenmesi ve ekolojik tasarım görüşünün benimsenmesi gerekmektedir. Ekolojik tasarımda, sürekli göz önünde bulundurulması gereken en mühim şeylerden biri de kaynak ve enerji tüketimi ile malzemenin seçilmesidir. Tasarım için seçilen malzemeler; toprak, hava ve su kalitesini etkileyeceğinden dolayı ekosistemle uyumlu olan malzemeler seçilmelidir. Bu şekilde yapıyı çevrenin olumsuz olan etkilerini en aza indirgeyip, doğal ekosistemlerle olan faydalı etkileşimlerin en üst seviyeye yükseltilmesi amaçlanmaktadır (Yeang, 2006).

Yapılarda kullanılan malzemelerin üretim aşamasından hizmet ömrünü tamamlayıp tekrar üretime katılmasına kadarki süreç ve tüm evrelerdeki çevresel etkileri yaşam döngüsünün analizlerinin alanına girmektedir. Ergin (2003), bu bağlamda yapılarda kullanılan çelik, ahşap, betonarme ve alüminyum gibi malzemelerin ekosisteme olan etkilerini şu şekilde incelemektedir;

- 1 ton çelik üretiminde yaklaşık 2 ton karbondioksitin atmosfere salındığı,
- 1 ton çimento üretiminde yaklaşık 6 kilogramdan fazla azot oksidin ve 240 gr kükürtdioksitin atmosfere salındığı,
- Alüminyum ve çelik gibi malzemelerin geri dönüşümünün fazladan bir enerjiye daha ihtiyaç duyduğu ve oluşan katı atıkların ve karbondioksitin çevre için tehdit oluşturduğu,

- Aynı büyüklükteki ahşap karkas ve çelik karkas evler karşılaştırıldığında; çelik karkas ev 3.5 ton karbonu atmosfere salarken, ahşap karkas evin ise 3.1 ton karbon depoladığı,
- Çelik bir kirişin üretimi için harcanan enerjinin, eşit ölçülerde ahşap bir kirişe kıyasla 10 kat daha fazla olduğu,
- Alüminyum doğramaların üretiminde harcanan enerjinin, ahşap doğramaların üretimi için harcanan enerjiden 50 kat fazla olduğu,
- Ağırlık esasına göre kereste üretiminde kullanılan enerjinin; çelik malzemeye göre yaklaşık %10-30 kadar, alüminyum malzemeye göre ise %6 kadar daha az olduğu,
- Ahşap ve çelik malzemelerden inşa edilen duvarların üretiminde çevreye olan etkisinin maliyetine bakıldığında çelik malzemenin çevre üzerinde oluşturduğu baskının ahşaba göre %30 daha fazla olduğu,
- Harcanan eşit miktarda enerji ile 400 kg betonarme, 1200 kg tomruk, 12 kg alüminyum, 500 kg tuğla ve 60 kg çelik ve üretmenin mümkün olduğu görülmektedir (Ergin, 2003).

Organik bir malzeme olan toprak, dünyada en çok bulunan malzemedir ve bu nedenle sürdürülebilir bir malzemedir. Üretim tekniğine göre sadece insan enerjisiyle üretilebilir veya çok az enerji gerektirerek oluşturulabilir. Üretimi ve tamiri kolay olan toprak yapılar atık oluşturmazlar. Doğaya hiçbir zararları yoktur. İç mekandaki nem ve havanın normal olmasını sağlamada ve ısıнын kontrolünde çok başarılı bir malzemedir. Yıkılması durumunda molozları çevreye zarar vermez aksine tekrar yapı üretimi için kullanılabilir. Bu sebeplerden dolayı toprak malzeme kullanımı ekolojik olarak da ekonomik olarak da çok fayda sağlayabilecek bir malzemedir.

Teknolojinin gelişmesiyle beraber yapı malzemeleri de geliştirilmiş ve maliyetleri artmıştır. Bu sebeple kırsal kesimdeki konutların da maliyeti artmış ve bu bölgelerde yaşayan birçok kişi yeni yapı malzemelerine ulaşamamışlardır. Kırsalda ikamet eden aileler bu malzemelere kolay bir şekilde ulaşamadığından dolayı tekniğe uyulmadan, sağlık ve konfor açısından yetersiz konutlar yapmak durumunda kalmışlardır. İnşa

edilen bu yapıların yapı güvenliği açısından da yeterli olduğunu söylemek zordur. Bu yapıların ısıtma maliyetleri de çok enerji harcandığından fazladır. Buna karşın, ABD’de her sene inşa edilen yapıların 1500’ü kerpiç olarak inşa edilmekte, İngiltere’de birçoğu 20. Yüzyılda yapılmış yaklaşık 500.000 kerpiç yapı bulunmakta ve dünya nüfusunun takriben %30’u kerpiç yapılarda yaşamaktadır (Çavuş v.d., 2015).



## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. TOPRAK MİMARİSİ

#### 2.1. Toprak Özellikleri ve Seçimi

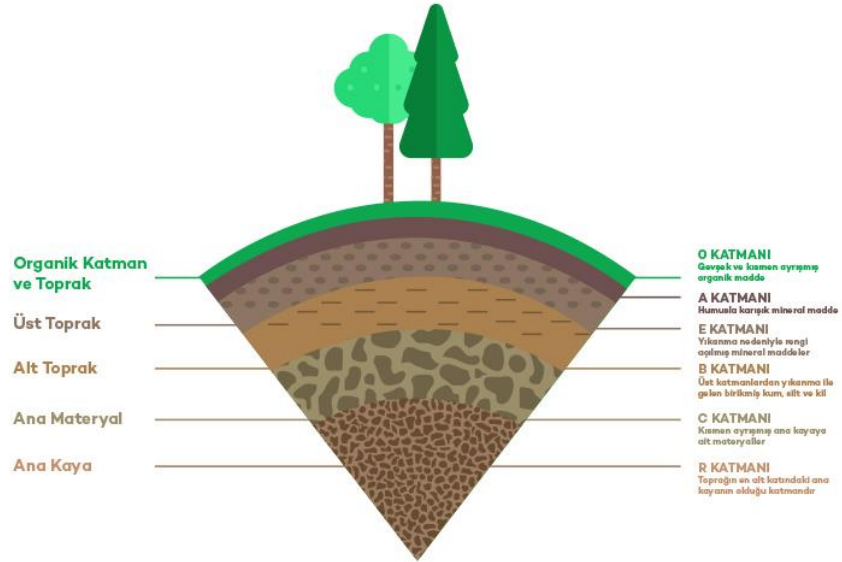
Toprak, yapı malzemesi olarak çok farklı medeniyetlerde çok uzun yıllardır kullanılmaktadır. Eski çağlardan kalma topraktan yapılmış yapılarla günümüzde karşılaşabilmekteyiz. Milattan önce inşa edilmiş ve günümüzde kalıntılarına ulaşabildiğimiz yapılarda toprak malzemesinin hangi tekniklerle ne ölçüde kullanıldığını görebilmekteyiz. Bunca geniş zaman aralığında ve farklı medeniyetlerde kullanılmış toprak malzemenin doğal olarak birçok tekniği, yapılış tarzı, farklı seçim kriterleri meydana gelmiştir. Bu sebeple uygulanacak yapı bakımından toprağın yapısı ve üretim tekniği önem arz etmektedir. Yapı malzemesi olarak kullanılacak toprağın kil içermesi istenmektedir. Malzeme seçilirken kazıda veya toprak alınacak yerde bitkisel toprak tabakasının ayrılması gerekmektedir. Bitkisel toprak yapı üretiminde kullanılacak toprak malzemesi için uygun değildir.

Toprağın ilk 40-50 cm.'lik bölümü bitki yetişmesine uygun, humus içeriği bol olan topraktır. Bu kısım yapı malzemesi olarak tercih edilmemektedir ve daha çok bahçe kullanımında, park düzenlemelerinde kullanılmaktadır. Bu bölümün altında kalan alt toprak tabakası yapı malzeme özellikleri bakımından daha uygundur. Yapı malzemesi elde etmek için kullanılan toprak bu kısımdan çıkarılır. Toprak alımı için yapılacak kazılarda toprağın alt katmanlarından numune alınarak hangi katmandaki toprağın malzeme olarak daha uygun olduğu test edilmeli ve buna göre kullanıma geçilmelidir. Organik madde içermeyen, alt katmanlar yapı malzemesi olarak kullanılacak toprak için uygun olan katmanlardır.

Ülkemizde belli bir zaman diliminde yürürlükte olan standartlarımızda kerpiç yapı malzemesi için kullanılacak topraktaki kil miktarının en uygun kil miktarı oranının %30 ila %40 arasında olduğu belirtilmiştir. Yapı malzemesi için oluşturulan karışımın içerisindeki killer için tür bakımından bir sınır getirilmemiştir. Kerpiç için oluşturulan karışımda toprak içindeki taşlar ayrılmalıdır. Bunun yanı sıra bitkisel lif ve kil iyice birbirine karışacak bir biçimde hazır hale getirilmelidir. Geleneksel olarak hazırlanan kerpiç yapı malzemesinde kullanılan toprağın içerisinde büyüklüğü

en fazla 3 cm olan taşlar uygun olabilmektedir, daha büyük olan taşlar ayrılmalıdır. Yine bu standartlarımıza göre boşlukları 0,063 mm.'lik olan elekten takriben yüzde %40'ı geçen toprak yapı malzemesinde kullanılması için iyi sayılan kerpiç toprağı olarak kabul edilmektedir (TS 2514, 1977).

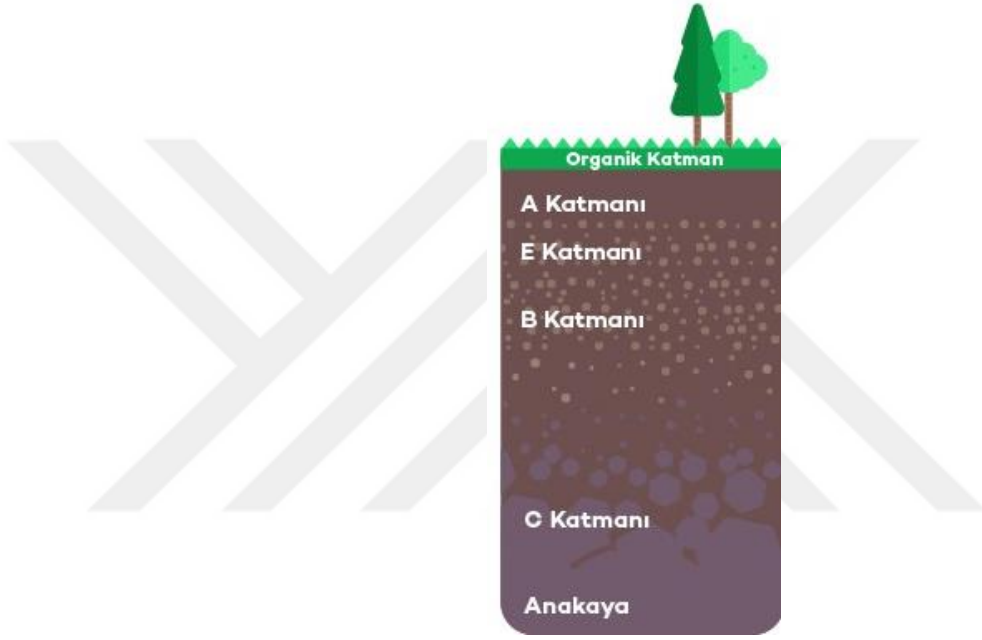
Altteki şekilde O harfiyle gösterilen ve organik katman denilen toprak katmanının en üst bölümündeki ince bölümde genellikle ayrışmamış veya çok az derecede ayrışmış canlı artıkları ve bitki kalıntıları bulunmaktadır. Organik katman da üç ayrı katmandan oluşmaktadır. Bunlar; bitki örtülerinin kolay bir şekilde tanımlanabileceğı dal, yapraklardan oluşmuş olan O<sub>1</sub> katmanı, ayrışmanın daha fazla olduğu buna karşın bitki kalıntılarının hâlâ görülebildiğı O<sub>2</sub> katmanı ve mineral toprağın üzerinde tamamı ayrışmış organik tabakanın olduğu O<sub>3</sub> katmanlarından oluşmaktadır (Şekil 2.1) (Atalay, 1989).



Şekil 2. 1: Toprağın katmanları (URL 13).

Organik katmanın bir altında A katmanı yer alır. Bu katman organik maddenin toprakla karıştığı yerdir. Organik madde bolca bulunduğu için dolayı rengi koyu bir şekildedir. A katmanı, toprak adına kimyasal ve biyolojik faaliyetlerin büyük bir kısmının olduğu makine odasıdır. Bitki artıklarının ve köklerinin çürümesi, mineral reaksiyonlarının ve organik asitlerin oluşması buna örnek gösterilebilir (Kaufmann ve Cleveland, 2016).

O ve A katmanları toprağın en verimli kısmı olan üst toprağını oluştururlar. Bu üst toprak tabakası insan aktiviteleri veya erozyondan dolayı yok olduğunda toprağın ekolojik potansiyelinin büyük bir kısmı da yok olmaktadır. Bu üst toprak zaman geçtikçe tekrar oluşsa da tam olarak bozulmamış ise asıl durumunu kazanması yüzlerce yıl sürmektedir (URL 2). Karışıma katılan toprağın içindeki taşlar ayrıştırılmalıdır. Lif ve kil güzel bir şekilde karıştırılmalıdır (Şekil 2.2).



Şekil 2. 2: Toprağın kesiti (URL 14).

## 2.2. Kerpiç Mimarisi

Ülkemizde yaklaşık 5 milyon kişi, dünya nüfusunun ise yaklaşık üçte biri kerpiçten yapılarda yaşamaktadır (Şekil 2.3). Kerpiç dünyada en çok bilinen ve kullanılan toprak mimari çeşitlerinden biridir. Kerpiç yapı malzemesi, uygun toprağın saman ile karıştırılarak şekil verilmesi sonucu elde edilir. Kerpiç yapının birçok avantajı ve bunun yanında bazı dezavantajları vardır. Diğer toprak yapı tiplerinde de olduğu gibi kerpiç yapı malzemesi yangına dayanıklı, ısıya dayanıklı ve doğada ayrışarak kolay bir şekilde geri dönüşebilir özelliktedir. Yüksek seviyede iklimsel performans sağlamak için yapılara yetecek miktarda termal kütle enerji depolama sağlayabilen, toksik olmayan bir yapı malzemesidir. Bunların yanı sıra yanında duvarların yüksek ses yalıtımı, sağlamlık ve güven verici hissi vardır (URL 3).



**Şekil 2. 3:** Dünya üzerinde kerpiç mimari bulunan bölgeler (Anysz ve Narloch, 2019).

Toprak malzemeden yapılmış kerpiç duvarlar havadaki fazla nemi hızlıca absorbe etme ve gerektiğinde de absorbe ettiği nemi geri bırakma özelliğine sahiptir. Topraktan yapılmış bir evin içindeki hava nemi yaklaşık optimum seviyede tutarak yıl boyu kullanıcıları için sağlıklı ve güzel bir hava oluşturur. Bunun yanında özellikle soğuk aylarda toprak duvarlar ısıyı depolar ve depoladıkları ısıyı gece ısının düştüğü vakitlerde salarak sıcaklığın içeride dengede kalmasını sağlar.

Kerpiç yapıların birbirine çok uzak iki noktada da karşımıza çıkması gayet mümkündür. Batı'da Güney Amerika ve ABD'de, Avrupa'nın bazı ülkelerinde Afrika'nın birçok ülkesinde, Doğu'da Asya kıtasında ve hatta Avustralya ve Yeni Zelanda'da çokça karşımıza çıkmaktadır. Bu bölgelerin çoğunda kerpiç yapılara günümüzde ulaşabildiğimiz gibi yüzyıllar önce de yine ulaşmak mümkündür. İnsanoğlunun üstünde dolaştığı toprağı ve altında ısındığı güneşi kullanarak basit bir şekilde kerpici elde etmesi bunda büyük rol oynamıştır.

Toprak yapı malzemesinin farklı bileşenlerle bir araya getirilip kompozit olarak elde etme biçimlerinden birisi de kerpiç malzemesidir. Üretiminden kullanımına ve servis hizmetinin bitiminden sonraki aşamalarına kadar çok az enerji ihtiyacı olan ve çevreye uyumlu ekolojik bir malzemedir. Bağlayıcıları doğadan temin edilir ve taşıyıcı malzeme olarak da sıva malzemesi olarak da kullanılabilir. Ekonomik olduğundan dolayı tercih sebebidir. Birçok avantajından dolayı en eski çağlardan

günümüze kadar kullanımı görülmektedir. Kırsal bölgelerde maliyeti düşük, üretimi için tesis kurulmasını gerek olmayan, basit bir şekilde imal edilebilen, nakliyesi kolay ve hızlı olan, bunlarla birlikte ısı yalıtımı çok ideal olan bir malzemedir. Bu sebeplerden dolayı yakın bir zamana kadar dünyanın birçok yerinde birkaç yapı malzemesiyle birlikte vazgeçilmez bir malzeme olarak görülmekteydi. Kerpiç malzeme ile inşa edilmiş yapılar ek malzemelere ihtiyaç duymadan yapı içerisindeki kullanıcılarına uygun yaşam koşullarını sağlamaktadır (Gürdal ve Acun, 2003).

Kerpiç yapı malzemesinin dünyada çok uzun zamandır tercih edilmesinin birçok geçerli sebebi vardır. İnsanlar farklı coğrafyalarda toprak malzemesini farklı şekillerde uzun yıllar kullanmaya devam etmişlerdir. Bunun nedenlerinden bazılarını şöyle açıklayabiliriz;

**Maliyet:** Kerpiç yapının nakliyesi, üretimi, inşa edilmesi, kullanımı ve yıkılmasından sonraki süreçlerinin tamamında masrafı asgari derecededir. Ek malzemelere ihtiyaç duyulmadan bütün bu süreçler kolay ve ucuz bir şekilde olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı kerpiç yapılar en ucuz yapı malzemelerinden biridir.

**Nakliye:** Günümüzde yapıları çevrenin oluşumunda malzemenin nakliye edilmesi maliyet, çevreye etkisi, zaman alması bakımından büyük sorunlar teşkil etmektedir. Nakliye için büyük ve ağır araçlar, sürekli çalışmakta saldıkları karbondioksitle hava kirliliğine sebep olmaktadır. Bunların aksine toprak yapı malzemesi inşaat alanının yakın bir bölgesinden temin edilebilmektedir. Yapının inşa edileceği alanın yanında toprak yapı kolay ve hızlı bir şekilde imal edilebilmektedir. Toprak malzemesi çok ağır olmadığından ve yapı için çok fazla gerekmediğinden dolayı büyük ve ağır iş araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da nakliye masrafını indirmekte ve çevreye zararlı gazların salınmasına engel olmaktadır.

**Yenilenebilirlik:** Tahrip edilen alanlardaki topraklar tekrar oluşabilmek için uzun yıllara ihtiyaç duymaktadırlar fakat toprak kendisini sürekli yenilemektedir. Yeniden kullanımı ve geri dönüşümünde çevreye zarar vermemesi bakımından da yenilenebilir bir malzemedir.

**Yeniden Kullanım ve Geri Dönüşüm:** Toprak yapı malzemesiyle inşa edilmiş bir yapı servis ömrünün sonuna geldiğinde istenirse toprağa bırakılabilir istenirse de

tekrar yapı malzemesi olarak kullanılabilir. Toprağa bırakılan molozlar toprağa ve çevreye hiçbir zarar vermeden belli bir zaman sonra toprağa karışmaktadır. Tekrar kullanılmak istendiğinde ise çamur haline getirilip kalıplara konularak kullanılabilir. Kerpice yapımında çeşitli gereksinimlerden ötürü kimyasal madde eklenmişse tekrar kullanımı için testlere tabi tutulmalıdır. Örneğin betonarme bir yapının molozlarından yeniden kullanım için betonarme malzeme üretimi mümkün değildir. Molozları doğaya bırakıldığında ise çözülmez ve doğaya karışmaz. Bu da bırakıldığı yerdeki tarıma elverişli humuslu toprağa ve çevreye zarar vermektedir.

**Sağlık:** Kerpiç yapılar içerisindeki kullanıcılara ideal nemi sağlar. Zararlı gazlar üretmez ve depolamaz. Ekolojik olduğundan dolayı çevreye bir zararı yoktur ve dolaylı olarak canlılara sağlık açısından zarar vermez. Doğal bir klima görevi görerek yapı içerisindeki ısıyı dengeler.

#### **2.2.1. Kerpiç Yapı Malzemesi Hazırlanışı**

Kerpiç üretiminde kullanılacak olan toprağın uygunluğu kil miktarına ve granülometriye sahip olup olmaması ile ölçülür. Kullanılacak olan mevcut toprak eğer bu tarife uymuyorsa uygun hale gelebilmesi için içine bir miktar kil ya da kum katılması daha sağlıklı olacaktır. Çamurun iyi biçimlendirilebilmesi için toprağa katılacak su kıvamının iyi ayarlanması gerekmektedir. Örneğin, toprağa gereğinden fazla su katılması kerpice zor kurumasına yol açacaktır. Bu da rötire problemlerini arttıracak ve yapının dayanımını azaltacaktır. Karışıma katılacak suyun az katılması da çamurun şekillendirilmesini, kalıba sokulmasını zorlaştıracak ve sıkıştırabilmek için fazladan uğraş gerektirecektir. İyi sıkıştırılmamış kerpiç blokları yapıda dayanımı kötü yönde etkileyecektir (Özgünler ve Gürdal, 2012).

Kerpiç yapımında içerisine katılan malzemelerin oranları bölgeden bölgeye değişim gösterebilmektedir. Yapılacak yerin iklim koşulları, coğrafi konumu, malzemelerin kalitesi bu oranların miktarındaki değişimin sebeplerinden bazılarıdır. Bunun yanı sıra kerpice toprak, su ve saman dışında kalitesini, sağlamlığını, su geçirmezliğini arttırmak için birçok farklı malzeme de eklenebilmektedir. Eklenen katkı maddesi alçı, kireç ve çimento gibi farklı malzemeler olabilir. Bunların yapı malzemesine

farklı etkileri vardır. Günümüzde hala kerpiç malzemesinin güçlendirilmesi, farklı coğrafyalarda daha efektif bir şekilde kullanabilmesi için içerisine farklı malzemeler katılarak deneyler, denemeler yapılmaktadır. Önceden hazırlanan ürünler güzel bir şekilde karıştırılır (Resim 2.1).



**Resim 2. 1:** Kerpiç harcının kol kuvvetiyle karıştırılması (URL 15).

Kerpiç çamurunu oluşturduktan sonraki adım harcı önceden hazırlanmış kalıplara dökerek şekillendirmektir. Kerpiç kalıbı genellikle ahşaptan yapılmaktadır. Harcın kalıba yapışmaması için kalıbın iç yüzeyinin iyice zımparalanmış olması daha iyi sonuç verecektir (Resim 2.2).



**Resim 2. 2:** Kerpicein kalıplara dökülüp sıkıştırılması (URL 16).



**Resim 2. 3:** Kurutulmaya bırakılan kerpiç bloklar (URL 17).

Kalıplara konulduktan sonra bloklar kurumaya bırakılır (Resim 2.3). Kuruyan bloklar kalıplardan çıkartılarak tıpkı tuğlada olduğu gibi üst üste dizilmeye başlanır. Eğer kerpiç duvar elemanı olarak büyük bir blok olarak kullanılmak isteniyorsa inşa edilecek yerde büyük boyuttaki ahşap kalıplara dökülür ve iyice sıkıştırılır. Sonrasında da kuruması beklenir. Kuruyan bloklar kullanılır veya daha sonra kullanmak üzere uygun bir şekilde depolanır (Resim 2.4). Her iki sistemde de üretim yapılırsa da ilk sistemde ürünlerin kalite kontrolünü yapmak daha kolay olmaktadır. İlk sistemde kullanılan kalıpların ölçüsü yine bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir fakat ülkemizde genellikle kullanılan boyutlar şu şekildedir:

Uzunluk: 30-35 cm,

Genişlik: 30-35 cm,

Yükseklik: 10-12 cm.

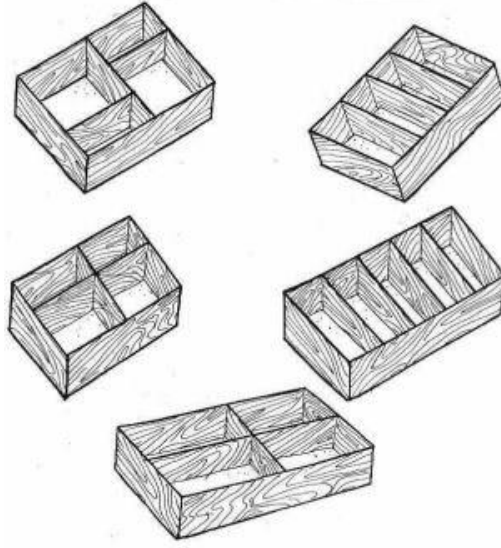
Yarım boyutta olanlar da kullanılmaktadır:

Uzunluk:30-35 cm,

Genişlik: 15-17 cm,

Yükseklik:10-12 cm'dir.

Ülkemizde büyük boylu kerpiç bloğa ana, küçüklerine ise kuzu denir (Şekil 2.4) (Çizelge 2.1) (Özgünler ve Gürdal, 2012).



**Şekil 2. 4:** Anadolu'da kullanılan kalıp örnekleri (Gürdal ve Acun, 2003).

**Çizelge 2. 1:** TS2515'e göre kerpiç blokların boyutları

|             | Uzunluk (cm) | Genişlik (cm) | Yükseklik (cm) |
|-------------|--------------|---------------|----------------|
| Ana Kerpiç  | 40           | 30            | 12             |
| Kuzu Kerpiç | 40           | 19            | 12             |
| Ana Kerpiç  | 30           | 25            | 12             |
| Kuzu Kerpiç | 30           | 18            | 12             |



**Resim 2. 4:** Güneş altında kurumuş kerpiç blokların depolanması (URL 18).

Kerpicin abuk atlayabilecek bir malzemedir. Yapı malzemesi içinde yer alan kil içerisindeki kohezyon kuvvetleri sayesinde kerpicin kuruma esnasında toz hale gelmemesine, şeklinin bozulmamasına, işlemeye yatkın olarak bırakılmasına yardımcı olsa da çatlamalara karşı dikkatli olunmalıdır. Şekil verme özelliği ve nem arttıkça malzemede çatlama riski doğru orantılı bir şekilde artabilmektedir (Warren, 1998). Çatlama riskini giderebilmek için karışımın için lifler katılır ve böylece bu zayıflığa karşı dayanım artırılır. Karışım katılan lifler ve bitki artıkları kurumaya bırakılan kerpicin atlamalarını ve büzülmelerini azaltır ve daha dengeli bir kuruma aşaması gerçekleştirilmesini sağlar. Malzemeye katılan gübre, pamuk sapı, saman, bitkisel özsular karışım katılan eklere örneklerdir. Eklenen malzemelerle birlikte malzemenin mekanik olarak dayanımı da artırılmış olmaktadır. Bunların dışında dayanımı arttırmak ve çeşitli faydalar sağlayabilmek adına kireç, alçı gibi malzemeler de katılmaktadır (Ersoy, 2001).

### **2.2.2. Kerpicin Tarihçesi**

Türkiye’de yapılan kazılar şunu göstermiştir ki, Anadolu’daki konut geleneğinin bulguları yaklaşık olarak on bin yıllık bir zaman dilimini kapsamaktadır. Kazılardan elde edilen bu bulguların konut kavramının gelişip ilerlemesinde ve bununla birlikte yapı tekniklerinde insanların gelişiminin tüm aşamasını gün yüzüne çıkardığı görölmektedir. Arkeolojik kalıntılardaki verilere göre en erken dönemden bugünlere dek kerpiç ve değişik yapı malzemelerinin birlikte kullanıldığı gözlemlenmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde bulunmuş olan ve M.Ö. 10. ve 7. bin yıllara kadar dayanan Çayönü kazılarında Neolitik ağ’da dallardan örölmüş olan dairesel ve dörtgen planlı, basit bir kulübenin; taştan bir temelin üstüne kerpiç tuğla duvarlı, bodrumlu, düz damlı, penceresi ve kapısı olan bir yapıya dönüştüğü görölmektedir (Tuztaş ve obancaoğlu, 2006).

Mısır’da, Nil deltasında keşfedilen ve M.Ö. 5. bin yıllarına ait olduğu söylenen yerleşimdeki evler dal, kamış gibi malzemelerle oluşturulmuş strüktüre kil veya çamur doldurularak yapılmıştır. Bu yerleşimdeki temel yapı malzemesi çöl kumu, saman ve kil içeren karışımından oluşturulmuştur. İlk başlarda elle ekil verilen malzeme daha sonraları kalıplar kullanılarak güneş altında kurumaya bırakılmıştır. M.Ö. 1552-1070 yıllarında Tel el-Amama merkezinde asillerin evleri, saraylar ve

tapınaklar güneş altında kurutulmuş kerpiç ile inşa edilmiştir. Mısırlı ustalar, yaklaşık M.Ö. 1300 yıllarında Aşağı Nubya'da görüldüğü gibi kerpiçten tonoz yapmayı da geliştirmişlerdir. Toprak yapılar aynı şekilde Babilliler'de de devam etmiştir. Toprak strüktür için güçlendirme tekniklerini bulan ilk topluluklardır. Belli kalınlıklardaki kamışlar bükülerek kurutulmuş kerpiç blokların aralarından geçirilmiş ve böylece duvarlar inşa edilmiştir (Houben ve Guillaud, 1994).

Dünya üzerinde toprak yapı olarak bilinen en eski yapılardan biri de Çin Seddi'dir. Çin Seddi'nin birçok bölümü dövme toprak tekniğiyle inşa edilmiştir. Hindistan'da da topraktan yapılmış birçok yerleşim yeri bulunmuştur. M.Ö. 2000'li yıllarda inşa edilmiş bu şehirlerde ana malzemesi pişmemiş toprak olan evlerin yanı sıra tahıl ambarı, hamam gibi kamusal yapılar da bulunmaktadır (Houben ve Guillaud, 1994).

Ortadoğu, Afrika ve Doğu bölgelerinde toprak malzemesi eski yıllarda çokça tercih edilen bir yapı malzemesiydi. Bu bölgelerde yapılan yapılar çevredeki bölgelere de örnek olmuştur. Güneş altında kurumaya bekletilen kerpiç blokların kullanıldığı da, döverek sıkıştırma yönteminin de kullanıldığı görülmüştür. Şehirlerin düşman birliklerinden korunması için büyük önem arz eden surların ve kalelerin bazılarının topraktan yapıldığı gözlemlenmiştir.

Batı'da Doğuda olduğu kadar topraktan yapılmış yapı bulmak kolay rastlanmayan bir durumdur. M.Ö. 4600'lü yıllarda yapıldığı düşünülen Yunanistan'ın Sesklo bölgesinde kerpiç ve çamur sıva kullanılmış evler bulunmaktadır. Yine Santorini adasında iskeleti ahşap olan ve aralarına çamur, güneşte kurutulmuş tuğlalarla doldurulmuş yapılar bulunmuştur.

#### **2.2.2.1. Eski Kerpiç Yapılar**

##### Van kalesi:

Van Kalesi bir kaya kütlesi üzerine inşa edilmiştir. Uzunca bir zaman Urartu Devleti'nin başkentliğini yapmıştır ve o zamanlar Tuspa adıyla bilinmektedir. Urartu kralı olan I. Sarduri, M.Ö. 840-825 tarihleri arasında Van Kalesi'ni inşa ettirmiştir. Kalede Urartular'dan kalma burç, açık hava tapınağı, mezarlar bulunmaktadır. Kaledeki burçlar, kuleler ve beden duvarları moloz taş, kesme taş ve kerpiç malzemelerinden yapılmıştır. Bu duvarlar kuzeyden bakıldığında kalenin silüetini

oluşturmaktadır. Van Kalesi Osmanlı döneminde de sadece askeri amaçla kullanılmıştır (Resim 2.5) (URL 4).



**Resim 2. 5:** Van Kalesi (URL 19).

#### Çatalhöyük:

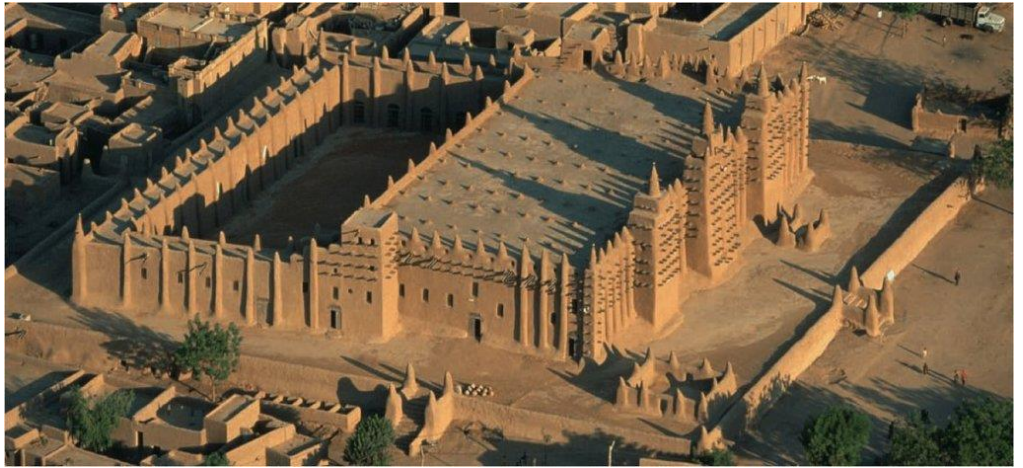
Dışa kapalı ve komşu yapılara bitişik bir şekilde inşa edilen Çatalhöyük, kerpiçle inşa edilmiş konut ve mabetlerden oluşan birkaç mahallenin bütünüdür. Evlerin bitişik olmasından dolayı dışarıya duvardan açılan bir kapı yoktur. Evlere ulaşım zamanının çoğunun geçtiği düz damlardan sağlanmaktadır. Evlerin arasında avlular bulunmaktadır ve bu avlular hava ve ışık sağlayan mekanlardır. Plan olarak birbirlerine çok benzer olan bu yapıların temelinde taş kullanılmamıştır. Temeller kerpiç tuğlalar kullanılarak yapılmıştır. Yapı içindeki bazı odalara bitişik olarak depo olarak da kullanılan küçük odalar bulunmaktadır. Odalar arasında sadece dikdörtgen ya da kare değil oval geçişler de bulunmaktadır. Duvarların içerisine yerleştirilmiş olan ahşap dikmelerin taşıdığı çatılar ise sıkıştırılmış kil ve kamış kullanılarak inşa edilmiştir (Resim 2.6) (KUDEB).



**Resim 2. 6:** Çatalhöyük (URL 6).

Djenne(Cenne) Cami (Mali):

Djenne Büyük Cami, Mali'nin Djenne kentinde, Bani Nehri'nin sel ovasında yer almaktadır. Mali'nin yanı sıra Afrika kıtasının da en ünlü simgelerinden biridir. Kerpiçten inşa edilmiş olan caminin yapılış tarihi kesin olarak belli değildir fakat 13. yüzyılda yapıldığına dair belgeler bulunmaktadır. Djenne Büyük Cami 1834 tarihinde belli sebeplerden dolayı yıkılmış ve 1907 yılında bugünkü haliyle inşa edilmiştir. Oldukça sade bir görünüme sahip olan Djenne Büyük Cami'nin duvarları 'faray' adlı güneşte pişmiş toprak tuğladan, kumdan ve toprağın geleneksel bir yağ ile karıştırılmasıyla elde edilen çamurdan yapılmıştır (Resim 2.7) (URL 5).



**Resim 2. 7:** Djenne(Cenne) Büyük Cami(Mali) (URL 20).

### Yemen çöl evleri

UNESCO'nun Dünya Kültür Mirası listesinde yer alan kasaba, ününü kendine özgü mimari dokusuna borçludur. Yemen'de kerpiçten yapılmış yüksek katlı yapılardan oluşan bölgeye Şibam denmektedir. Şibam UNESCO'nun Dünya Kültür Miras listesinde yer almaktadır. Bölgedeki yapılardan yaklaşık 500 tanesi 5-11 kat arasında değişen yapılardır. Bedevi saldırılarından korunmak amacıyla sokaklar 1-2 metre genişliğinde dar olarak bırakılmışlardır. Şibam'da bulunan bu evlerin çoğu 16. yüzyıldan kalmadır. Bu bölge bazı batılı kaynaklarda "Çölün Manhattan'ı" ya da "En eski gökdelenler şehri" olarak anılmaktadır. 30 metreyi aşan yükseklikleriyle bu bölgedeki yapılar dünyadaki en uzun kerpiç yapılar olarak kabul edilmektedir. Rüzgâr ve yağmurlardan zarar görmemesi için bu yapıların dış cephelerine kalın bir mantolama işlemi uygulanmaktadır (Resim 2.8) (URL 6).



**Resim 2. 8:** Şibam çöl evleri(Yemen) (URL 6).

### Arg-1 Bem

İran'ın Bem kentinde bulunan Arg-1 Bem taihi kerpiç kaledir. İpek Yolu üzerinde yer almaktadır ve Ahameniş İmparatorluğu'na ve hatta daha öncesine kadar uzanmaktadır. Kale en aktif dönemini ticaret yollarının üzerinde bulunduğu dönemlerde yaşamıştır. 26 Aralık 2003 tarihinde olan depremde kale çok fazla hasar görmüştür. Daha sonrasında restore edilmiştir ve UNESCO Dünya Mirası Listesi'ne 2004 yılında dahil edilmiştir (Resim 2.9) (URL 6).



**Resim 2. 9:** Arg-1 Bem Kalesi (URL 21).

İnsanlığın ortak mirası olan doğal ve kültürel varlıkları dünyaya tanıtmak, evrensel değerlere sahip olan bu mirasa sahip çıkmak için bilinç oluşturan ve farklı nedenlerden dolayı bozulmuş, yok olmuş değerli varlıkların korunması, gelecek nesillere aktarılması için kurulan UNESCO'nun kültürel miras listesinde birçok toprak yapı bulunmaktadır. Bunlardan bazıları Resim 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15'te gösterilmiştir.



**Resim 2. 10:** Asante(Gana) (URL 22).



**Resim 2. 11:** Ghademes Kasabası(URL 6).



**Resim 2. 12:** Bahla Surları(Umman) (URL 6).



**Resim 2. 13:** Ait Benhaddou(Fas) (URL 6).



**Resim 2. 14:** Taos Pueblo(ABD) (URL 6).



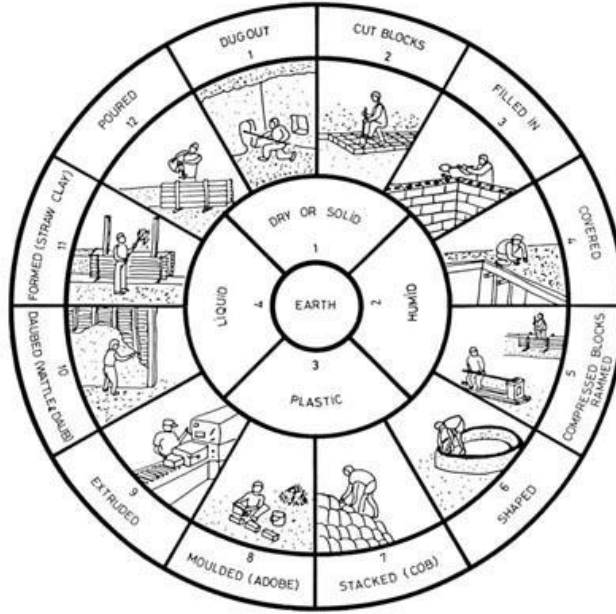
**Resim 2. 15:** Zabid Şehri(Yemen) (URL 23).

### **2.3. Türkiye’de Geleneksel Kerpiç Yapım Teknikleri**

Geçmişten günümüze değin Türkiye’de geleneksel mimarlığın temel yapı malzemelerinde ahşap, taş ve kerpiç ilk sıralarda yer almışlardır. Bu malzemeler bölgelerde mevcudiyet durumlarına göre yapı sistemlerinde tercih edilmiştir. Türkiye coğrafi olarak 7 bölgeden oluşmaktadır. Bunlar: Marmara Bölgesi, Karadeniz Bölgesi, Akdeniz Bölgesi, Ege Bölgesi, İç (Orta) Anadolu, Doğu Anadolu Ve Güneydoğu Anadolu bölgeleridir. Yöresel özelliklere göre yapım teknikleri de şekillenmekte ve değişmektedir. Kerpiç, masif yapım sistemi olarak Orta Anadolu Bölgesi’nin temel yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Türkiye’de ormanlık bölge bakımından en zengin olan Karadeniz, Marmara ve Ege bölgelerinde ise Hımış

kerpiç yapım sistemi daha çok kullanılmıştır. Bu tür yapılara fazla olmasa da Orta Anadolu'da da rastlanılmaktadır. Akdeniz Bölgesi'nde ve az da olsa Marmara ve Karadeniz bölgelerinde hafif kerpiç yapım sistemleri de görülmektedir. (Ataman, 2007).

Ülkemizde bazı büyük iller dışında her ilimizde çok sayıda kerpiç evlerle karşılaşmamız mümkündür. Bu kadar çok örneğin olması Türkiye'de yaşayan insanların bir zamanlar toprak yapıya verdiği öneme ve edindiği tecrübeye işaret etmektedir. Toprak yapıların çok eski zamanlardan beri kullanılması da birçok tekniğin oluşmasını sağlamıştır (Şekil 2.5). Özellikle Anadolu bölgesinde kerpiç malzemesi yapı stokunda büyük yer sahibiydi. Bu sayı her geçen gün çeşitli sebeplerden ötürü azalmaktadır. Bu azalmaya teknolojinin gelişmesiyle insanların farklı yapı malzemelerine ilgi göstermesi, belli sebeplerden dolayı fazla kat çıkmak ve yönetimin yönetmelikler aracılığıyla toprak yapıyı teşvik etmemesi gibi nedenleri örnek gösterebiliriz. Günümüzde insanların kırsal alanlardaki köylerine, şahsi arsalarına, topraklarına betonarmeden, tuğladan binalar yapması kerpiç yapıların arka plana itilmesine zemin hazırlamıştır. Buna karşın bir iki katlı evlerin inşası için kerpiç malzemesi çok güzel bir alternatiftir. Binaya harcanan masrafın azalması, enerji tasarrufu yapılması, kaynakların az harcanması gibi önemli sonuçları doğurur. Aynı zamanda ülkedeki yapı stokunun inşa edilmesinde ülke dışına giden paranın da ülke içinde kalmasına yardımcı olmaktadır. Çevre kirliliğine sebep olmayarak da ileriki zamanlarda ülke için fazladan masraf yapılmasına engel olmaktadır.



**Şekil 2. 5:** Toprak yapı yapım teknikleri (URL 24).

Anadolu'daki kerpiç yapı örneklerinde su ve balçığın yeterli olduğu durumlarda, kerpiç yerinde hazırlanarak yapılmış ve kullanılmıştır. Bu dönemde harç hazırlanırken içine arınmış kil koyulmasının yanı sıra; her türlü kap kaçak kırıkları, çöp atıkları, hayvan kılları, küller ve molozlar gibi çeşitli malzemeler eklenmiştir. Tuğlaların ağırlığını azaltmak ve malzemeler arasında mekanik bir bağlılık sağlamak amacıyla balçığa; kamış, saman, kum, kıyılmış hayvan yemi ve küçük çakıllar gibi farklı malzemeler katılmıştır. Anadolu'da kerpiç harcına bitkisel liflerin yüksek miktarda eklendiği gözlemlenmiştir. Bu dönemlerde yapılan bu işlemin günümüze dek geldiği belgelerde belirtilmektedir (Tuztaş ve Çobancaoglu, 2006).

### 2.3.1. Yığma Kerpiç

Kerpiç malzemenin dışında; toprak, ahşap ve diğer malzemelerle desteklenmeden bloklar halinde elde edilen sisteme yığma kerpiç sistemi denir. Kerpiç bloklarının inşaat yapılan alanda kurutularak hazır hale getirilmesi bu sistemin özelliklerindendir. Duvarlar taşıyıcı görevini üstlenir ve belirli aralıklarla, ahşap hatullar yardımıyla birbirine bağlanır (Çelebi, 1979).

Yığma kerpiç sistemiyle inşa edilmiş yapıların yer döşemeleri mekanların işlevlerine göre taş veya toprak ile yapılabilir (Resim 2. 16). Fakat, ıslak hacim olacak

mekanlarda fayans gibi bir malzemeyle kaplanacaksa çimento katkılı bir toprak harç kullanılması daha iyidir. Bu mekanlarda, döşeme ve duvar birleşim noktalarında suyun duvara geçme olasılığı hesaba katılarak önlenmesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Bu, suyun duvardan uzakça bir noktada biriktirilip binanın dışına gönderilmesi ile sağlanabilir (Acun ve Gürdal, 2003).



**Resim 2. 16:** Bezeli yığma kerpiç yapı (URL 25).

Duvar kalınlıkları kerpiç boyutlarına göre değişmektedir. Samanla karıştırılmış çamur sıvayla birlikte iki taraf da dahil duvar kalınlıkları 50-60 cm'den 70-80 cm'e kadar çıkabilmektedir. Yığma kerpiç yapı mimarisinde yatay eleman olan duvarların yanı sıra üst örtü, yer döşemeleri ve tavan gibi yatay yapı elemanları da vardır (Acun ve Gürdal, 2003).

Geleneksel kerpiç mimarinin en önemli özelliklerinden biri de düz toprak damlardır. Çoğunlukla taşıyıcı kirişler, toprağı tutacak biçimde dal ve sazlardan yapılmış bir döşeme ve bunun üzerinde de sıkıştırılmış toprak tabakası gelecek şekilde oluşmaktadır. Belli aralıklarla dizilerek çatı iskeletini oluşturan ahşap kirişler; kavak, söğüt ve ardıç gibi ağaçlardan imal edilmektedir. Bu yapıların tavanları doğal haliyle bırakıldığı gibi süslenerek kaplandığı da görülmüştür (Resim 2.17) (Tuztaş ve Çobancaoğlu, 2006).



**Resim 2. 17:** Tek katlı yığma kerpiç yapı (URL 26).

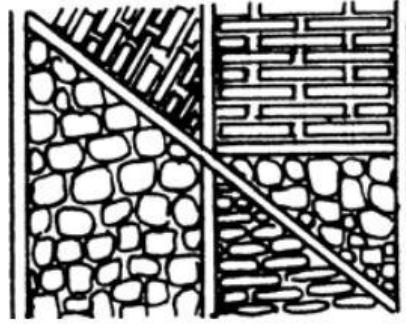
İki katlı yapılarda durum biraz farklı ilerlemektedir. Yağmur suyunun çötenler ile dışarıya iletilmesi gerekir. Bu yüzden iki katlı yapıların inşasında ağaç dalları dışarıya doğru biraz daha uzun bırakılır. 18. yüzyıldan önce Anadolu şehir merkezlerinde yaygın bir biçimde kullanılan düz çatılı yapılar bu yüzyıldan sonra dekor olarak yapılan üçgen görünümlü kırma çatılara ve kiremit kaplı çatılara dönüşmüştür. Bu uygulamalar köylerde biraz daha geç yıllarda kullanılmıştır (Tuztaş ve Çobancaoğlu, 2006).

### 2.3.2. Hımış Yapı

Bu sistemde ana taşıyıcı malzeme ahşaptır, kerpiç bu sistemde bir dolgu malzemesi olarak görev görmektedir. Ahşap sistem mesafesi, kerpiçlerin boyutlarına göre hesaplanarak yapılmaktadır. Dikmelerin arası kerpiç sayesinde genişleyebilmiştir. Kerpiç boyutları birbirine yakın olsa da yöresel olarak farklılıklar göstermiştir (Ataman, 2007).

Genellikle hımış kerpiç yapı olarak bilinen bu sistem ile Anadolu'da daha çok ahşabın kolay bir şekilde bulunabildiği yerleşim bölgelerinde karşılaşmaktayız. Ahşap iskelet arası kerpiç dolgulu olan bu yapılarda, ahşap karkas, taş veya kerpiç bir temel veyahut zemin katın üstüne inşa edilmektedir (Şekil 2.6). Hımış yapıların, hem ahşap iskeletin sürekliliği ve iyi enerji aktarımı yapabilmesi, hem de dolgu olarak kullanılan kerpiç blokların sisteme getirdiği enerji yutma kapasitesi sayesinde depremlerinde ciddi zararlar görmedikleri bilinmektedir. Ahşap iskeleti oluşturan

ahşap, düşeyde ara ve ana dikmeler, yatayda ise kirişleme sistemi ile belirli aralıklarla dizilerek elde edilmiştir (Tuztaş ve Çobancoğlu, 2006).



**Şekil 2. 6:** Hımmış duvar görünümü çizimi (Budak v.d., 2004).

Hımmış yapı sistemi kültürel yapı sistemleri içinde önemli bir yer tutmaktadır. Sistemdeki taşıyıcı elemanların farklı malzemelerle dolgu elde edilerek yerleştirilmesiyle oluşan yapılardır. Taşıyıcı sistem malzemesi olarak ağaç ve dolgu malzemesi olarak farklı malzemeler kullanılan birçok türde hımmış yapılar mevcuttur (Resim 2.18) (Ataman, 2007).

- 1) Tuğla dolgulu: Genellikle Karadeniz ve Marmara bölgelerinde ve seyrek olarak Ankara çevresinde karşılaşılan bu dolgu türü, ahşap iskelet içine tuğlaların düz veya eğik biçimde dizilmesiyle oluşturulur.
- 2) Dal ve çamur dolgulu: Genellikle akarsu ve dere vadilerinde çok kullanılan bu dolgu türü, ağaç dallarının düşey iskelet elemanları arasına sepet örgü biçiminde örülmesi ile elde edilir. Bu aşamadan sonra çamur ile iki taraf da sıvanır. Bu yapı türlerine Batı Karadeniz, Marmara, Doğu Akdeniz ve Trakya bölgelerinde rastlanır.
- 3) Taş dolgulu: Bağlayıcı olarak genelde çamur kullanılan bu dolgu türü, ahşap iskelet arasına taş dolgu yapılarak elde edilir. Çoğunlukla Karadeniz Bölgesi'nde karşılaşılan bir uygulamadır.
- 4) Kerpiç dolgulu: Dökme kerpiç veya kerpiç bloklarının, ahşap iskeletin içine dolgu malzemesi olarak kullanılması ile elde edilir. Marmara ve Karadeniz bölgelerinde görülür (Ataman, 2007).



**Resim 2. 18:** Kerpiç dolgulu hımsı yapı örneği (URL 27).

Hımsı yapı sisteminde dolgu malzemesi konulmuş olan kerpiç bloklarla, yatay, çapraz veya her iki örgü tekniğiyle birlikte kullanılarak duvarlar oluşturulmuştur. Anadolu'nun bazı yerlerinde dolgu malzemesi seçilirken iklim ve yapıların yönü önemli bir etken olmuş ve ısı yalıtımını gerçekleştirdiği için de kerpiç, genellikle tercih edilen bir malzeme olarak kullanılmıştır (Resim 2.19) (Tuztaş ve Çobancaoğlu, 2006).



**Resim 2. 19:** Hımsı yapı (URL 28).

### 2.3.3. Masif Yapı

Türkiye'de en çok kullanılan kerpiç yapım sistemi masif kerpiç sistemidir. Taş ve ahşabın yeterli gelmediği bölgelerde ve en çok da Orta Anadolu'da, geleneksel inşaatların büyük bir bölümü kerpiç ile inşa edilmiştir. Bu sistem genellikle

Türkiye'nin kırsal olan bölgelerinde kullanılmıştır. Çoğunlukla düz dam biçiminde yapılan ve birkaç kattan oluşan yapılar bu sistemin öne çıkan özelliklerindendir (Arpacıoğlu, 2006).

#### 2.3.4. Omurgalı Kerpiç Yapı (Wattle and Daub)

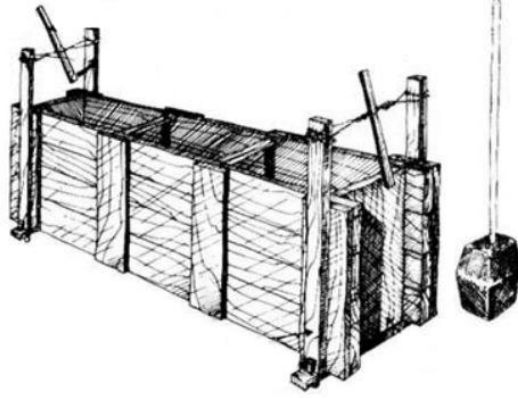
Dövme tekniğinde olduğu şekilde bu teknikte de oluşturulacak duvarın iç ve dışına denk gelecek şekilde kalıplar hesaplanarak yerleştirilir. Fakat dövme tekniğinden farkı yoğun bir şekilde kil içeren toprak kullanılmasıdır. Hazırlanmış kalıbın dikine ve enine olacak şekilde ahşap çubuklar konulur. Enine konulan ahşap çubuklar duvarın kalınlığından 2-3 cm daha kısa olacak şekilde yerleştirilir ve birbirlerine ipler veya ince dallar yardımıyla bağlanırlar. Bu aşamadan sonra yoğun kil içeren balçık haline gelmiş çamur çubukların üzerine dökülür ve dövülerek sıkıştırılır (Resim 2.20) (Kömürcüoğlu, 1967).



**Resim 2. 20:** Omurgalı kerpiç tekniğiyle yapılmış bir yapı (URL 29).

#### 2.3.5. Tokmaklanmış Kerpiç Yapı

Önceden hazırlanmış olan kalıpların içerisine dökülen kerpiç harcın çeşitli tokmaklarla sıkıştırılmasıyla oluşan yapılardır. İstenilen uzunluğa ulaşıncaya kadar harç tokmak yardımıyla sıkıştırılmaya devam edilir. Tokmakların yüzeyleri daha iyi sonuç elde edebilmek için geniş olur (Şekil 2.7). Farklı boylarda ve çeşitlerde tokmaklar bulunmaktadır. Sıkıştığı için mukavemet açısından sağlam olmaktadır. Tokmaklanarak kerpiç bloklar da elde edilebilir. İstenilen blok boyutlarındaki kalıplara aktarılan kerpiç harç aynı şekilde karıştırılarak sıkıştırılır (Şekil 2.8).



**Şekil 2. 7:** Tokmaktama yönteminde kullanılan kalıp ve tokmak örneği (Kafesçioğlu ve Gürdal).



**Şekil 2. 8:** Geleneksel ahşap tokmak ve metalden imal edilen tokmak (URL 30).

### 2.3.6. Bağdadi Yapı

Ahşap taşıyıcı kolon ve kirişlerden meydana gelen sistemin arasına çamur harç, tuğla doldurarak oluşturulmaktadır. İçerisine harç veya tuğla konulduktan sonra içeriden ve dışarıdan ahşap çıtalar çakılır ve üzeri uygun olacak şekilde sıvanır (Şekil 2.9).



**Şekil 2. 9:** Bağdadi duvar görünümü çizimi (Budak v.d., 2004).

Bağdadi yapının taşıyıcı iskeleti hımışa benzemektedir. Bağdadi yapının hımış yapıdan belirleyici olan farklarından biri yapıda kullanılan ahşabın daha özen gösterilerek planlanarak hazırlanması ve yerleştirilmesidir. Çiviler çakılarak yerleştirilen duvarın dış ve iç yüzeyleri ahşapla kaplanır ve kalan boşluklar hazırlanan çamur yardımıyla doldurulur. Bu yapı sisteminin hafif olması ve birleşim yerlerinin daha kuvvetli olması depreme karşı iyi davranış sergilemesini sağlamaktadır. Özellikle Batı ve Kuzey Anadolu’da sıklıkla görülebilmektedir (Resim 2.21) (Budak ve Aydın, 2004).



**Resim 2. 21:** Bağdadi tekniğiyle yapılmış bir ev(Ordu) (URL 31).

## 2.4. Modern Kerpiç Yapım Teknikleri

### 2.4.1. Sıkıştırılmış Toprak Bloklar Tekniği (Pressed Earth Block)

Kerpiç bloklara oranla toprak blokların daha az seviyede su içermesi, basınçlı mekanizmalar yardımıyla iyice sıkıştırılması ve kuru yoğunluğu daha fazla sahip olacak şekilde üretilmektedir (Resim 2.22, 2.23). Bu blokların dayanımının daha üst seviyeye çıkartılabilmesi için bazı katkı malzemelerinin karışıma eklenmesi gerekmektedir. Buna çimento örnek olarak gösterilebilir. Günümüzde blokların preslenip sıkıştırılabilmesi adına birçok makinenin ve teknolojinin geliştirildiği görülmektedir (Jaquin ve Augarde, 2001).



**Resim 2. 22:** Sıkıştırılmış toprak bloklar tekniğiyle inşa edilmiş bir yapı (URL 32).



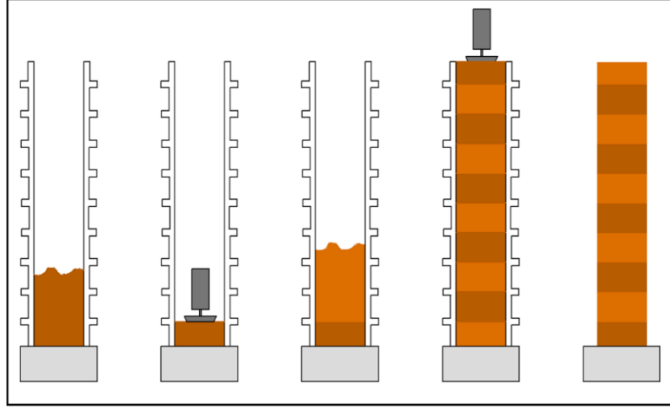
**Resim 2. 23:** Sıkıştırılmış toprak bloklar tekniğiyle inşa edilmiş kamu yapısı(Mali)  
(URL 33).

#### **2.4.2. PISE (Pneumatically Impacted Stabilized Earth Walls)**

Çok ıslak veya çok kuru olmayan kil kullanılarak ve dal parçalarından oluşturulmuş örgülerle birlikte dökme kerpiç kullanarak elde edilen tekniktir. Uygulama alanında oluşturulmuş ahşap plakalar veya kalıplar içine önceden hazırlanmış çamurun dökülmesiyle yapılmaktadır. PISE tekniği büyük alanlar veyahut zemin döşemesi uygulanacak alanlar için kullanılmaktaydı. Kalıplara dökülen kerpiç çamurunun sıkıştırıldıktan sonra kurumaya bırakılır ve istenen sertlik oluştuğunda kuruyan duvarın üzerine yerleştirilip tekrar çamur dökülüyordu. Bu şekilde kademe kademe istenilen yüksekliğe kadar ulaşılıyordu. Bu teknik günümüzde uygulanan beton dökme tekniği ile bazı benzerlikler göstermektedir. PISE tekniğine Orhangazi yakınlarındaki İznik gölü kıyılarında neolitik dönemin en erken evresi olan bölümünde karşılaşılmıştır. Buradaki kalıntılarda duvarın zeminle görülmektedir. Yine buradaki keşiflerin en önemlilerinde biri, dikey olan ahşap kalıpların yerleştirildiği yuvalardır (Cookckson, 2009). Buradaki yuvalar net bir şekilde görülmektedir. Ahşap parçaları dikey bir şekilde bu yuvalara monte edilmiş ya da bu ahşap kalıplara yuvalar açılmıştır. Oluşturulan kalıplar üzerine dökülen çamur, duvara normalinden daha fazla esneklik ve sağlamlık kazandırmıştır. Doğru toprak çeşidi ve iyi bir şekilde yerleştirilmiş ahşap kalıplarla istenilen yüksekliklere çıkılabilmektedir. Bu teknik en az kerpiç tuğla kullanımı kadar bilinen ve yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Cooockson, 2009).

#### **2.4.3. Sıkıştırılmış Duvar Tekniği (Rammed Earth)**

Kil, kumlu toprak ve su karışımının yapı elemanı şeklindeki kalıpların içine dökülür ve mekanik bir şekilde dövülüp sıkıştırılarak elde edilmektedir (Şekil 2.10). Geleneksel olarak kol gücü kullanılarak yapılan dövme işleminde farklı şekil ve büyüklüklerde tokmaklar kullanılmaktadır fakat günümüzde pnömatik sıkıştırma özelliği bulunan çeşitli makineler yardımıyla da uygulanabilmektedir. Farklı duvar tasarımlarına göre kalıplar oluşturulabilir ve oluşturulan kalıpların farklı yönlerde kaydırılabilir şekilde tasarlanmasına olanak sağlanmaktadır (Resim 2.24) (Jaquin ve Augarde, 2001).



**Şekil 2. 10:** Dövme duvar tekniğinin yapım aşamaları (URL 34).



**Resim 2. 24:** Dövme duvar tekniğiyle yapılmış bir yapının duvarı (URL 35).

Oluşturulacak duvar için hazırlanmış ahşap kalıp bitirildikten sonra önceden gerekli malzemelerle elde edilmiş olan kerpiç çamuru kalıbın içine dökülür ve ardından uygun olan tokmak veya makine yardımıyla dövme ve sıkıştırma işlemi gerçekleştirilir. Bu adım kademeli duvar planlanan yüksekliğe ulaşınca dek kademeli bir şekilde sürer. Eğer harçtaki kerpiç çamurunun kil oranı fazla gelirse saman, küçük taş parçaları, dal ve ot parçaları, kum gibi organik maddeler çamura katılarak kil oranı belli seviyelere çekilebilir. Tokmak veya elektrikli alet yardımıyla yapılan dövme ve sıkıştırma işlemi ortadan köşelere doğru olacak şekilde yapılmaktadır (Resim 2.25) (Houben ve Guillaud, 1994).



**Resim 2. 25:** Dövmе duvar tekniğiyle yapılmış bir yapı (URL 36).

#### 2.4.4. Dökme Toprak Tekniği (Cob)

Kuruması istenmeyen toprak karışımının kalıp kullanılmadığından dolayı keskin olmayan hatlara sahip bir duvar oluşturmak amacıyla hafifçe sıkıştırılması yöntemiyle inşa edilmektedir (Resim 2.27). Kalıp kullanılmadığından dolayı yumuşak, genelde köşesiz yapılar ortaya çıkmaktadır. Cobworks tarafından 1999 yılında İngiltere’de 2 katlı olarak inşa edilen ev bu teknikle yapılmış yapıya örnek olarak gösterilebilir (Resim 2.26).



**Resim 2. 26:** Dökme toprak tekniğiyle inşa edilmiş bir ev(İngiltere) (URL 37).



**Resim 2. 27:** Dökme toprak tekniğiyle inşa edilmiş bir yapı (URL 38).

#### **2.4.5. Yerinde Dökme Toprak Tekniği (Poured Earth)**

Kullanılan karışımın içinde çimento bulunduğundan ve karışım kalıbın içine püskürtme, doldurma gibi yöntemlerle doldurulduğundan dolayı dökme betonla benzerlikler taşımaktadır. Betonda kullanılan agrega yerine bu teknikte toprak kullanılmaktadır. Kalıp içerisine dökülen karışım içerisinde hava boşlukları kalmaması için sürekli olarak beton vibratörü yardımıyla karıştırılmalıdır. Belli basınçlara kadar dayanımının olması gerekmektedir. Bu sebeple dayanımının belirlenmesi için testler yapılmalıdır. Kullanılan malzemeler, teknik gibi sebeplerden dolayı maliyet açısından diğer tekniklere göre biraz daha masraflı olabilmektedir (Resim 2.28, 2.29) (URL 7).



**Resim 2. 28:** Dökme toprak tekniği yapılış aşaması (URL 39).



**Resim 2. 29:** Dökme toprak tekniği ile inşa edilmiş bir ev (URL 39).

#### 2.4.6. Hafif Toprak Tekniği (Light Earth)

Hafif toprak tekniği toprağa çimento, saman ve kullanıma uygun olan diğer yardımcı malzemelerin seçilerek eklenmesiyle oluşturulur. Elde edilen harç kol gücü veya makine yardımıyla karıştırılır. Hafif toprak tekniğiyle yapılan yapılar taşıyıcı özelliği taşımaz, bu sebeple geçici veya kalıcı ahşap çerçeveler yardımıyla kullanılmaktadır. Sisteme doldurulan karışım hafifçe sıkıştırılır. Bu teknikle harç çeşitli şekillerde fırınlanarak da kullanılabilir (Resim 2.30) (URL 8).



**Resim 2. 30:** Kriket stadı pavyonu(Ruanda) (URL 40).

Bu tekniğe örnek olarak Güney Afrika'da 2009 Dünya Mimarlık Festivali'nde Dünya Binası olarak görülen tercümanlık merkezi de gösterilebilir (Resim 2.31).



**Resim 2. 31: Tercümanlık merkezi(Güney Afrika) (URL 41).**

### **2.5. Kerpiç Bileşenleri**

Kerpiç yapı malzemesinin 3 ana malzemesi bulunmaktadır. Bunlar toprak, su ve samandır. Tamamı doğadan elde edilebilen, ulaştırılması kolay malzemelerdir. Düşük maliyetli olması, hemen hemen yerde kolaylıkla ulaşılabilmesi, çevreye zarar vermemesi, kısa zamanda fazla enerji gerektirmeden inşa edilebilmesi gibi faktörler toprak yapı malzemelerinin binlerce yıldır kullanılmasının başlıca sebeplerindendir.

Kerpiç yapı malzemesini elde ederken temelde gerekli olan bu 3 malzemenin de seçilirken dikkat edilmesi gereken noktaları vardır. Dikkat edilmesi gereken noktalara uyulmadığı takdirde yapı malzemesi istenen sağlamlıkta olmayacaktır. Ayrıca böyle yapıldığı zaman kerpiç malzemesinin zayıf noktaları daha hızlı ve agresif bir şekilde baş gösterecektir.

#### **2.5.1. Toprak**

Kerpiç imalatında kullanılacak olan toprağın içerisindeki kil oranının belli ölçülerde olması tercih edilir. Toprağın fazla killi olması da çok kum içermesi de istenmemektedir. Kerpiç oluşturmak için kullanılan harçta gereğinden fazla kullanılan ince malzemeler, çatlamalara ve büzülmelere sebebiyet verir. Toprağın içerisinde bulunan fazla miktardaki kumda ise kil miktarının fazla olmaması nedeniyle taneler birbirine bağlanmaz. İdeal kerpiç toprağı kil, silt ve kum karışımından meydana gelen topraktır. Toprağın içerisinde bulunan kumun ince ve

kaba kum içermesi tercih edilir. Araştırmacılar kerpiç için en uygun olan karışım oranlarını farklı aralıklarda tutmaktadır. Tüm araştırmalarda kil oranı %25-35, kum oranı ise %50-75 arasında değişmektedir. TS 2514'e göre kerpiç toprağı %20- %70 arasında kil içermekle beraber en uygun oran olarak %30-%40 arasında kil içeren toprak önerilmektedir (URL 9).

Kerpiç yapımı için kullanılan toprağın içinde bulunması gereken bir diğer malzeme kumdur. Kayaların uzun yıllar içerisinde doğal etkenler sonucu parçalanması daha sonrasında ufalanmasıyla çok küçük ve sert olan bir malzemedir. Üretimde kullanılan toprağın içerisinde ince ve kaba kum barındırması istenir.

### 2.5.2. Saman

Kerpiç üretiminde karışımdaki kil ve kumu birbirine iyice bağlamak için saman kullanılmaktadır. Genellikle buğday samanı ve pirinç samanı kullanılmaktadır. Samanlar genellikle 3-5 cm aralığında bölünerek karışıma eklenir. Organik olan saman ve inorganik olan topraktan oluşan kerpiç yapı malzemesinin karışımı sonucu laktik asidin ortaya çıktığı bir reaksiyon oluşur. Karışımda saman bulunması yapıdaki çatlakların ortaya çıkmasını engeller (Resim 2.32).



**Resim 2. 32:** Samanın kerpiç harcında kullanılması (URL 42).

Kerpiç yapı malzemesi yapıldığı süreçte saman eklendikten sonra fermentasyon için bir süre için bekletilmesi malzemenin sağlamlığını arttırmaya yönelik yapılabilecek seçeneklerden biridir. Bu bekleme sürecinde toprak içindeki bazı maddeler ile saman arasında kimyasal tepkimeler gerçekleşmektedir. Gerçekleşen kimyasal tepkime sonucunda laktik asit ortaya çıkmaktadır. Laktik asit kerpice dayanıklılık özelliğinin

artmasında direkt etkiye sahiptir. Bu sebeple toprağa ek olarak saman eklendiğinde bu asidin ortaya çıkması için biraz dinlendirmek gerekmektedir (Fathy, 1973).

### 2.5.3. Su

Karışımın çamur haline getirilmesi, şekil verilebilmesi için su gerekmektedir. Kerpiç malzemesi imal edilen yere yakın olan herhangi bir yerden temin edilebilir. Suyun tuzlu olmamasına tatlı olmasına dikkat edilmelidir.

## 2.6. Kerpiç Yapı Elemanları

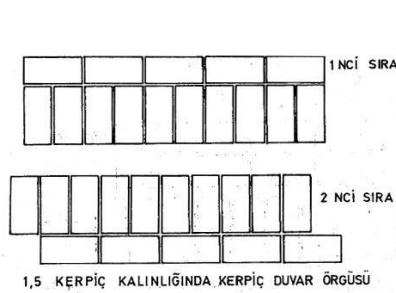
### 2.6.1. Duvarlar

Duvarlar yapının yükünü temele taşıyan önemli bir elemandır. Duvar kalınlığı yapının yüksekliğine, yapılan bölgenin iklim coğrafi şartlarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Yapım tekniğine göre duvarın nasıl örüleceği değişiklik gösterir (Şekil 2.11). Yapım tekniği duvar kalınlığını belirleyen diğer bir etkendir. Yapının iç duvarları dış duvara göre daha ince olabilmektedir. Duvarların yağmur suyundan korunması gerektiği için saçaklar da uzatılarak yapılmalıdır.



BİR KERPIÇ KALINLIĞINDA DUVAR ÖRGÜSÜ KÖŞE YAPIMI

(a)

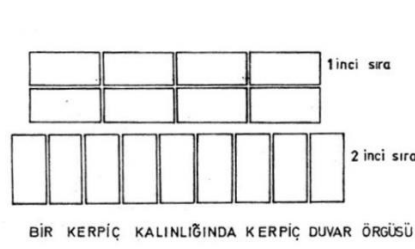


(b)

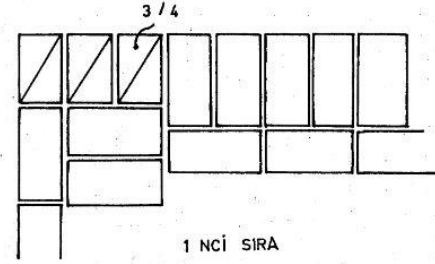


1,5 KERPIÇ KALINLIĞINDA DUVAR ÖRGÜSÜ İLE KÖŞE YAPIMI

(c)



(d)



(e)

**Şekil 2. 11:** TS2515'e göre duvar örme şekilleri

Yapının duvarlarına su, nem gibi faktörlerin etkisine karşı olarak özel bir sıva hazırlanarak sürülmektedir. Bu sıva zaman geçtikçe eski etkisini kaybedebilir ve bu sebeple belli periyotlarda bakım yapılarak sıvanın tekrar sürülmesi gerekebilir. Duvar inşasında pencere ve kapı boşluklarından dolayı birçok lento görmemiz mümkündür. Duvarlar lento yerlerine dikkat edilerek örülür. Ayrıca duvarı depreme, yüklere karşı daha sağlam hale getirmek için duvarın ortasından yatay olacak şekilde fazladan bir hatıl atılabilir. Böylece duvar iki farklı yatay duvardan oluşacak ve daha sağlam olacaktır (Çizelge 2.2).

**Çizelge 2. 2:** TS2515'e göre duvar kalınlıkları ve yükseklikleri

|                                          | Duvar Kalınlığı (en az) (cm) | Duvar Yüksekliği (en az) (cm) |
|------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Taşıyıcı iç duvar                        | 25                           | -                             |
| Taşıyıcı iç duvar (deprem bölgelerinde)  | 30                           | -                             |
| Taşıyıcı dış duvar                       | 40                           | 2,40                          |
| Taşıyıcı dış duvar (deprem bölgelerinde) | 47                           | 2,70                          |
| Taşıyıcı olmayan bölme duvar             | 25                           | -                             |
| Temel duvarı                             | 50                           | -                             |

Kerpiç kullanılarak örülen duvarlarda uyulması gereken kurallar, yığma duvar örgüsü kurallarına benzerdir:

- Taşıyıcı duvarlar 1 ana kerpiç, 1 kuzu kerpiç veya 1,5 ana ve kuzu kerpiç olarak örülürler.
- 1 tuğla kalınlığındaki örgüde bir sıra dizi tuğlası olursa, 1 sıra bağ tuğlası olarak örülmelidir.
- 1 tuğla kalınlığındaki örgüde, dizi tuğlaları  $\frac{3}{4}$  tuğla boyu ile başlamalıdır.
- Pencere ve kapı üstüne konacak lentoların ya da pencere altına uygulanacak pencere altı hatıllarının duvar boyunca sürekliliğinin sağlanması faydalıdır.
- Kapı ve pencere kasalarının duvara kolayca bağlanabilmeleri için, kapı ve pencere boşluklarında, karşılıklı olarak, 1 alt sırada, 1 orta sırada ve 1 üst sırada bitümlenmiş ahşap takoz yerleştirilmelidir. Takozlar boşluk yüzeyine dik olarak duvarın orta kısmına konulmalıdır ki bu yapı için daha iyidir.
- Duvar örgüsünde kullanılan harcın her yerde aynı kalınlıkta olmasına, çok kalın olmamasına ve düşey derzleri tam doldurulmasına özen gösterilerek duvarın taşıma gücüne olumlu yönde katkı sağlanır.
- Düşey derzler üst üste gelmemeli ve kerpiçler şaşırtmalı olarak yerleştirilmelidir.
- Harç kalınlıkları 1,5 -2 cm'i geçmemesi gerekmektedir.
- Subasman duvarından kerpiç duvar örgüsüne geçerken, pencere altında ve üstünde, çatı kirişlemesinin altında, duvar yüksekliğinin fazla olduğu durumlarda aralarda duvar boyunca yatay hatıllar uygulanması yapı için daha etkilidir (Resim 2.33) (URL 9).



**Resim 2. 33:** Kerpiç tuğlaların oluşturduğu bir duvar görüntüsü (URL 43).

Duvarların arasında yeteri kadar bağlantının olmadığı durumlarda yatay yükler düşey elemanlara zarar vereceğinden yapı strüktürü zayıflayabilir. Duvarların yükü eşit bir şekilde paylaşmaması yapı için risklidir. Kerpiç yapılarda sıkça karşılaşılan yamuk duvarlar yine yapının gelen yüklere sağlam bir şekilde cevap verememesine neden olur. Duvarın dışına sürülmüş olan sıvanın yeterli olmaması durumunda sıvanın döküldüğü veya koptuğu bölgelerde duvarın aşınması, sıvı alması görülür. Bu sebeple duvarlar dışarıdan da iyice korunmalıdır (Resim 2.34).



**Resim 2. 34:** Kerpiç bloklarla oluşturulmuş duvar (URL 44).

### 2.6.2. Sıva

Sıva işlemi iki adımdan oluşur. Birinci adım kendi içinde iki adımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda samanla karıştırılarak elde edilen killi harç yapının dış bölümüne sürülür ve sıvanır. İkinci kısımda da kum ile karıştırılarak elde edilen harç dış cepheye ince bir şekilde sürünüp sıvanarak elde edilir. İkinci adım ise kireç sıvasıdır.

Sıva sürülen duvara kireç, pürüzsüz bir biçim alana dek güzelce sürülür ve cilalanır. Sıvama işlemi yapının yukarisından başlayıp aşağısına olacak şekilde çekilir. (Acun ve Gürdal, 2012). (Resim 2.35).



**Resim 2. 35:** Kerpiç yapıda duvara sıva çekme işlemi (URL 45).

Kireç sıva yapının nefes alabilmesini sağlar. Yapı içinin kışları sıcak, yazları ise sıcak olmasında da etkilidir. Sıvanın içinde bulunan kireç, karbonat sertleşmesi sayesinde duvarın kendisini onarmasına olanak sağlamaktadır. Kireç etkili olarak bazı özellikleri gösterdiğinden iç yüzeylerde küf ve mantar oluşumu engellenmektedir. Isı transfer katsayısının düşük olması ısıtma ve soğutmaya yardımcı olan bir özelliğidir. Kireç sıva oluşturduğu tasarruf ile enerji maliyetlerinin azalmasına fayda sağlamaktadır. Yapı içinde stabil bir nem oranını koruduğundan dolayı sağlık için en ideal sıva tipidir. Aynı zamanda kireç sıva ısı değişimlerinden dolayı oluşan genleşme ve büzülme bozulmalarına karşı elastikiyet özelliğine sahiptir (URL 10).

Dış cephede kerpiç duvar üzerine yapılacak sıva toprak sıva olacaksa, uygunluğundan emin olunan toprak türlerinden sıva hazırlanmalıdır ve sonrasında kireç ile kaplanarak suya karşı etkili olması sağlanmalıdır. Duvarda kullanılacak sıvanın adezyonunun fazla olması toprak sıvanın içerdiği kil miktarına göre değişkenlik gösterir. Sıvanın duvara hem iyi adezyonu için hem de duvarda meydana gelebilecek çatlakları engellemek adına toprağa saman veya kütük, kireç, alçı, alçı-kireç, çimento eklenebilir. Bunun yanında iç yüzeylere de kireç, alçı-kireç karışımı sıva yapılabilir. Kerpiç duvara uygulanan sıvanın güzel bir şekilde yapılabilmesi için yalnızca sıva karışımının düzgün olması yeterli olmamaktadır. Bununla birlikte sıva

yapılacak bölgenin de pürüzlendirilerek daha iyi bir hale getirilmesi gerekir; kerpiç bloklarla örülmüş duvarda derzlerin bir miktar boş bırakılması sıvanın yüzeye iyi yapışabilmesi için fayda sağlayacaktır fakat kerpiç duvar döküm ile yapılmışsa aralıklı olarak açılacak oyuklarla, yassı olan taşlar veya kiremit kırıklarının çakılmasıyla pürüzlü bir yüzey oluşturmak gerekmektedir (Resim 2.36) (Acun ve Gürdal, 2012).



**Resim 2. 36:** Sıva çekilen kerpiç duvar (URL 46).

### 2.6.3. Temeller

Temeller yapının olan yüklerini zemine taşıyan elemandır. Temelin büyüklüğü, yüksekliği zemin etüdü yapıldıktan sonra belli olur. Zemin özelliklerine göre hesaplanan temel için kazıya başlanır. Coğrafi bölgelerin kendilerine özel farklı özellikleri vardır. Her arsayı diğerlerinden ayrı olarak düşünerek etüt etmemiz gerekmektedir. Bu yüzden kerpiç yapıların temelleri yapılarına özel olarak yapılmalıdır. Yapının yapılacağı toprağın etüdü kadar bölgenin iklimsel koşulları da temeller için önem arz etmektedir. Bölgenin iklimsel koşulları analiz edilerek temelde gerekli önlemler alınmalıdır. Toprağın özelliklerine radye temel, sürekli temel veya bölge özelinde daha farklı temeller uygulanabilir.

Temelde dikkat edilmesi gereken bir diğer husus olan subasman ile temelin toprak altında kalmasına engel olunmaktadır. Taş, beton gibi malzemelerle yapılabilecek subasman toprak altında kalmamış olup topraktaki nemden korunmuş olur. Su ve nem sadece toprak üstünde gerçekleşecekmiş gibi değil toprağın altında da ciddi

**Şekil 2. 12:** Kerpiç yapılarda betonarme hatıllı temel duva

**2.6.4. Çatı**

Çatılar kerpiç yapılar için çok ağır olan bir elemandır. Kerpiç ahşaptan veya kerpiçten yapılmış tonozdan oluşabilir. Çatının ağırlığı yapıya yük biner bundan dolayı duvar ile çatı elemanları arasında bağlantı olmalı ve birleşim noktalarının doğru bir şekilde hesaplanmalıdır. Çatı ile duvarlar arasında gerekli destek olmazsa yapıyı sudan koruyacak önemli elemanlardır. Yağmur sula sızmasını, duvarlara değmesini uzatılan saçaklarıyla engellemektir. suyunun doğru bir şekilde yönlendirilmesi için belli noktalarda yağmur suyu yapıdan uzaklaştırılmalıdır.

**Şekil 2. 12:** Kerpiç yapılarda betonarme hatıllı temel duvarı (TS2515).

#### 2.6.4. Çatı

Çatılar kerpiç yapılar için çok ağır olan bir elemandır. Kerpiç yapıların çatıları ahşaptan veya kerpiçten yapılmış tonozdan oluşabilir. Çatının ağır olmasından dolayı yapıya yük biner bundan dolayı duvar ile çatı elemanları arasındaki yeterli bir bağlantı olmalı ve birleşim noktalarının doğru bir şekilde hesaplanarak yapılması gerekmektedir. Çatı ile duvarlar arasında gerekli destek olmazsa yapı zayıflar. Çatı, yapıyı sudan koruyacak önemli elemanlardanır. Yağmur sularının yapının içine sızmasını, duvarlara değmesini uzatılan saçaklarıyla engellemektedir. Çatıda yağmur suyunun doğru bir şekilde yönlendirilmesi için belli noktalarda borular olmalı ve yağmur suyu yapıdan uzaklaştırılmalıdır.

TS2515'e göre düz damlı yapılarda kiriş, üst taraftaki hatıla oturmalı ve yapının dışına kadar uzatılmalıdır. Hatıla iyi bir şekilde bağlanması gereken kirişlerin boylarının yetersiz olması durumunda ek kirişler eklenmelidir. Kirişlerin üzeri iki tabaka halinde toprakla kapanmalıdır. Toprak kalınlıklarına özellikle deprem bölgelerinde dikkat edilmelidir. Tabaka halinde serilen toprağın bolca kil içermesi tavsiye edilmektedir. Üstteki tabakaya uygun ölçülerde eğim verilmelidir (TS2515, 1985).

Türkiye’de çatılar bölgeden bölgeye göre değişiklikler gösterebilmektedir. Bazı bölgelerde çatılar dam olarak yapılırken bazı bölgelerde ahşapla birlikte kırma çatılar

yapılmaktadır. Örneğin, Diyarbakır’da ahşap kirişler üzerine ahşap kaplamalar yapıldıktan sonra buranın üzeri çeşitli malzemelerle örtülmektedir. Bu malzemenin üzerine belli miktarda çamur ve çamurun da üzerine belli miktarda toprak konularak günlerce kol gücüyle sıkıştırılır. Şanlıurfa’da yapılan damlar sıcaklardan dolayı geceleri uyumak için de kullanılmaktadır. Burada damlar genellikle kesme taşlarla örtülmektedir. Muğla’da üretilen kerpiç yapıların çatılarında ise özel bir kil kullanılmaktadır. Bu kil ıslatıldığında üzeri kabuklaşır ve su geçirmeyen bir malzeme görevi görür.



## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. TOPRAK YAPININ ZARAR GÖRMESİ VE İYİLEŞTİRİLMESİ

#### 3.1. Toprak Yapının Zarar Görmesi

##### 3.1.1. Nem

Su ve nem toprak yapılara zarar veren doğal faktörlerin en üst sıralarında yer alırlar. Önlemi iyi alınmadığı ve gerekli müdahalelerle önlem alınmayan zamanlarda kerpiç yapıların yoğun sağanak sonucu ağır hasarlar alması mümkündür. Topraktaki nem de temelde alınmayan önlemler sebebiyle yapıya zarar verebilmektedir. Yapıya büyük zararlar verebilme potansiyeli olan nem duvarın içine sızdıktan sonra küçülüp genişlemesi sonucu çatlaklıklara, parçalanmalara yol açabilmektedir. Bunun yanında yapıya nüfuz etmiş nem yapının yumuşamasına sebep olmaktadır. Bu da deprem etkisine ve yüklere karşı binayı savunmasız hale getirmektedir.

Kerpicin olumsuz özelliklerinden biri de suya ve neme karşı olan davranışıdır. Bu dezavantajını en aza indirmek amacıyla kerpiç malzeme hazırlanırken harca çeşitli katkı maddeleri katılır. Neme ve rutubete karşı daya iyi sonuçlar elde eden, suya karşı direnci fazlalaştırılmış kerpiç elde edebilmek amacıyla harca alçı, çimento, bitümlü malzemeler, kireç gibi maddeler eklenmektedir. Bu şekilde kerpiç malzemenin basınca dayanıklı, suya karşı hassasiyeti daha az bir malzeme olması sağlanmaktadır. Kerpiç yapıların su ile problemleri genellikle suyun zeminden üst katlara doğru kılcal yollardan yükselmesi ve yapıya zarar vermesi şeklinde olmaktadır (Koçu ve Korkmaz, 2004).

##### 3.1.2. Yağmurun Etkisi

Yağmur suyu yapıya rüzgarın etkisiyle çarpması sonucu yapıyı aşındırarak ve yapının içine sızarak zarar verir. Yağmur, toprak yapıları zayıflatarak yapı elemanlarının zamanla parçalanmasına, üzerlerinde çatlaklar olmasına sebebiyet verebilir. Yapının etrafında iyi bir şekilde hesaplanmış giderler, drenajlar yoksa biriken su toprağın altından da yapıya zarar verebilir. Yapıya sürülmüş sıva, çatıda yağmur için uzatılarak yapılmış saçak, yapının temelinde suya karşı yapılmış

yalıtlımlar ve drenaj boruları yağmur suyuna karşı alınabilecek tedbirlerdendir. Bu sebeple kerpiç yapı inşa edilmeden önce yapılacak bölgenin yağış alma oranı, iklimsel özellikleri, binanın oturacağı zemin iyi etüt edilmelidir.

### **3.1.3. Yanlış Planlamanın Etkisi**

Toprak yapılara doğal etkenlerin yol açtığı olumsuzluklar gibi insan eliyle verilen zararlar da vardır. Bu durum sadece toprak yapılar için değil tüm yapı malzemeleriyle yapılan yapılar için geçerlidir. Bu olumsuzlukların kimisi bilinç dahilinde kimisi de bilinçdışı veya bilgisizlikten dolayı kaynaklanmaktadır. Yapı inşa öncesinde ve esnasında yapılmış hesapların, planların hatalı olması yapının ileride çok şiddetli olmayan bir depremde bile kolaylıkla çökmesine yol açabilir. Seyrek gerçekleşmiş yağmura veya su birikintisine karşı yapı elemanlarının kolaylıkla zayıflamasına yol açabilir.

Örneğin, temelin zayıf veya eksik bir biçimde yapılması ana duvarların da gelen kuvvetler karşısında güçsüz olmasına davet çıkarmaktadır. Temellerin yanlış veya eksik yapılması temelden yukarılara doğru nem geçişine yol açmaktadır. Bu doğrudan duvarların zayıflamasına ve yapının statik açıdan güçsüzleşmesine sebebiyet verir.

### **3.1.4. Yanlış Restorasyonun Etkisi**

Kerpiç yapılar belirli aralıklara bakıma muhtaç yapılardır. Bakımı düzenli ve düzgün yapılmayan kerpiç yapıların ömürleri çok daha kısa olmaktadır. Belli bir zamandan sonra restorasyona ihtiyacı olan yapıların düzgün ve profesyonel bir şekilde restorasyonu yapılmalıdır. Yapının elemanları zaman zaman kontrol edilerek çatlamlar, yumuşamalar önceden tespit edilmeli ve gerekli aksiyon alınmalıdır. Suyu ve neme karşı çok dikkat edilmelidir. Yapının sıvaları belli periyotlarda onarılarak tekrar sürülmelidir (Babor ve Plian, 2010).

Restorasyona ihtiyacı olan bir yapının belli standartların altında işlem yapmak binanın eski halinden daha kötü sonuçlar doğurabilir. Uygun ve kaliteli malzemenin kullanılması, restorasyonu yapacak kişilerin toprak yapıları bilen kişiler olması, doğru bir şekilde planlama yapılması yapının sağlığı açısından önem arz etmektedir.

Belli bir zaman sonra türlü sebeplerden dolayı zarar görmüş elemanların farklı şekillerde iyileştirilmesi yapılır. Yapı elemanları için benzer veya farklı yollar ve yöntemler mevcuttur. Zarar görmüş elemanlar yapılan tetkikler sonucu değiştirilecekse değiştirilen elemanların yeni ve özellikle yalıtılmış, kerpiç yapıya uygun elemanlarla değiştirilmesi gerekmektedir. İç veya dış duvarlarda dökülmüş veya aşınmış sıvaların yerleri tespit edilerek tekrar sıva çekilir.

### **3.1.5. Kullanılan Toprağın Etkisi**

Toprak yapılarda yapının statüğünü sağlayan en önemli etkenlerden biri malzemenin doğru seçilmesidir. Toprak yapılarda yapı malzemesi imal edilirken belli başlı özelliklere dikkat etmemek ileriye dönük büyük olumsuzluklar doğurur. Kullanılan toprakta içerik olarak dikkat edilmesi gereken şeyler olduğu gibi yapı malzemesi bazı testlerden geçirilerek de test edilmektedir. Toprağın kalitesi, içerisindeki maddelerin uygunluğu, basınçlara karşı tepkisi, suya karşı oluşan sonuç bu testler sonucu daha açık bir şekilde ortaya çıkacaktır. Bu sebeple test edilmemiş, içeriğindeki maddeler kontrol edilmemiş topraktan yapılmış yapıların uzun vade ayakta durmaması olağandır.

### **3.2. Kerpiç Yapı Malzemesinin İyileştirilmesi**

Kerpiç yapı malzemesinin avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Kerpiç yapıların bu olumsuz özelliklerine karşı dayanımını arttırması, davranışını olumlu yönde değiştirebilmesi, problemlere karşılık daha iyi sonuçlar verebilmesi için hazırlanışında harca farklı katkı maddeleri eklenmektedir. Yapılan deneyler sonucunda kerpiç yapıların eklenen katkı maddeleriyle beraber sahip olduğu dezavantajlara daha iyi karşılık verdiği görülmüştür. Böylelikle depreme karşı dayanımı daha yüksek olan, su ve nemle karşılaştığında dağılmayan kerpiç yapılar elde etmek mümkün hale gelmiştir.

Kerpiç yapı malzemesi imalatı sırasında harca eklenen maddelerin tane boyutları da yapı malzemesinin kalitesini arttırmaktadır. Harç içerisinde kullanılan maddelerin tane boyutlarını ideal bir biçimde ayarlamak yapı malzemesinin basınç dayanımını arttırmaktadır. Karışım içerisindeki tane büyüklüklerinin ideal boyutlarda ve

oranlarda olması içerideki hava boşluğunu azaltarak malzemeyi daha mukavemetli bir hale getirmektedir (Işık v.d., 1995).

### **3.2.1. Çeşitli katkı maddeleriyle iyileştirme**

#### **3.2.1.1. Lif katkısı**

Kerpiç harcında lifli katkı maddeleri kullanmak çok eski zamanlardan beri kullanılan bir yöntemdir. Lifli katkı maddeleri arasında kerpiç harcında en çok kullanılan madde samandır. Dayanımı arttırmak ve çatlamaları onlemek amacıyla kullanılmaktadır. Saman, kerpiç içerisindeki nemin kılcal borularla dışarı atarak kerpiç malzeme için problem oluşturabilen bir durumu ortadan kaldırmaya yardımcı olur. Boyelikle yapının taşıyıcılık özelliğine olumlu yonde katkı sağlamaktadır (Türkçü, 2004).

Gl (2011), tarafından yüksek lisans tezi için yapılan deneyde kerpice çeşitli oranlarda lifli maddeler ve hava sürükleyici eklenmiştir. Yapılan deneyde kerpicin suda dağılma suresinin içerisine katılan lif miktarı ile doğru orantılı bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. TS2514'e göre 45 dakikanın üzerinde olması gereken suda dağılma suresi bu numunelerde 72 saate kadar çıkmıştır. Surenin sonunda numunelerin suda dağılmadığı görülmüştür (Gl, 2011).

Kerpiç yapı malzemesinin dayanım gücünü arttırmak ve su karşısındaki dezavantajını azaltmak amacıyla harca eklenen katkı maddeleri değişmektedir. Araştırmacılar farklı lif katkılı maddelerini deneyerek sonuçlarını paylaşmaktadırlar. Elborgy (2019) doktora tezi için harca hurma lifi katarak bu harcın testler karşısında nasıl sonuçlar gösterdiğini araştırmıştır. Araştırmaları sonucunda hurma lifi katkılı harcın suyu daha az emdiği, sudan daha az etkilendiğini ve basınç direnci testlerinden olumlu sonuçlara ulaşmıştır (Elborgy, 2019).

#### **3.2.1.2. Asfalt ve Bitüm katkısı**

Kerpicin dayanım gücünün ve suya karşı olan hassasiyetini azaltmak amacıyla harca katılan bir diğer katkı maddesi bitmdr. Asfalt ve bitüm maddeleri suyu geçirmeme özellikleriyle tanınan malzemelerdir. Bitüm harca karıştırıldıktan sonra toprak içerisindeki killeri sararak yapışmalarını artırır ve boyelikle yapı malzemesi suyu

daha az geçirir. Yurtdışında yapılan bir deney sonucunda harca katılan bitüm miktarının %4-9 arasında olduğunda en iyi etkiyi verdiğini söylemektedir (Kafesçioğlu, 1980).

Aslan v.d.'nin kerpicing su geçirmeme özelliğini arttırmak için yaptıkları çalışmada içerisinde asfalt bulunan malzemenin duvara püskürtülmesi ve yüzeyin badanalanmasının bu konuda etkisi olan, iyi bir yöntem olduğunu göstermişlerdir (Aslan v.d., 1974).

### 3.2.1.3. Çimento katkısı

Kalker, kil ve demir oksidin belli oranlarda karıştırılıp belli derecelerde pişirilmesiyle elde edilen çimentonun kerpiç malzemesi oluşturulurken karışıma katılması malzemenin mekanik dayanımını arttırmaktadır. Çimento katıldığı toprak karışımının içerisinde bağlayıcı rolünü üstlenir (Çizelge 3.1). Çimento pahalı bir madde olduğundan dolayı maliyeti arttırabilmektedir (Eriç, 1994).

**Çizelge 3. 1:** Çimento katılmış kerpiç yapı malzemesinin çimentonun oranına göre göstermesi gereken en az ve ortalama basınç değeri (TS 537).

| Çimento oranı (%) | En az basınç mukavemeti Kg/cm <sup>2</sup> | Ortalama en az basınç mukavemeti Kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 5                 | 8                                          | 10                                                  |
| 7                 | 12                                         | 16                                                  |
| 10                | 16                                         | 21                                                  |

Çimentonun karışıma eklenmesi sonucunda ince bir yapıya sahip olmasından dolayı bağlayıcılık artar ve hidrasyon hızlanır. Aynı zamanda suyla temas eden çimentonun yüzeyi artar ve böylelikle malzemenin dayanımı da artar. Çimentonun karışıma katılması karışım içerisindeki boşluk hacimlerini azaltarak dayanımı arttırmaktadır. Çimento katkısı kil miktarı düşük olan topraklarla birlikte kullanıldığında olumlu sonuçlar oluşturmaktadır (Habitat, 1988).

Kerpicing bahsedilen olumsuz özelliklerini gidermek için yapılan diğer bir çalışmada harca hacim bakımından 1/10-1/18 oranında çimento katılmıştır. Bunun sonucunda kerpiç yapı malzemesinin su geçirmeme özelliğinin arttığı, ses ve ısı yalıtımı

bakımından daha iyi sonuçlar veren bir malzeme olduğu gözlemlenmiştir (Alkan, 1969).

#### **3.2.1.4. Kireç katkısı**

Kireç, kireçtaşının belli derecelerde pişirilmesiyle elde edilen kireç beyaz renkli, inorganik bir bağlayıcıdır. Kireç, kagır malzemeye yüksek derecede yapışma sağlamaktadır. Kerpiç malzemeye kireç katılması yapının sudan zor etkilenen bir malzeme olmasına da olanak sağlamaktadır. Kireçlerin plastik olma özelliği emilecek su düzeyini düşürür. Aynı zamanda plastik bir yapıya sahip olması işlenmesi de kolaylaşmaktadır (Eriç, 1994).

Kireç harca katıldığında yüksek yapışma özelliği gösterir ve deformasyonu da aynı şekilde yüksektir. Plastik bir yapıya sahip olduğu için işlenebilme özelliği vardır. Kireç katkısı yüksek lifli topraklarla beraber kullanıldığında olumlu sonuçlar elde edilmektedir. Katılan kireç kil ile tepkimelerinde toprağı birleştirir ve toprağın dayanımı artar (Kafesçioğlu, 1980).

Kireç katkısı yaygın olarak kullanılmaktadır. Harca eklenen kireç üç farklı kimyasal reaksiyona sebebiyet vermektedir. Kireç katkısının düşük seviyede yapıldığında suya karşı dayanımını arttırdığını fakat basınç dayanımını düşürdüğü gözlemlenmiştir (Taylor, 1990).

#### **3.2.1.5. Alçı katkısı**

Alçı maddesi su ile karşılaştığında priz süresi kısa olduğundan dolayı bu süreyi arttırarak kontrol altında çalışabilmek için toprağı kireç katılmaktadır. Alçı katkı maddesi karışımın içerisinde bir iskelet oluşturmaktadır ve bu iskelet kuruma esnasında birbirine yaklaşan killerin bu hareketlerini durdurur. Katkı maddesinin eklenmesinden sonra kuruma esnasında içerideki suyun buharlaşması hava boşlukları olmasına sebep olur bu da karışımın gözenekli olmasını sağlamaktadır. Bu özellik kerpicingin basınç dayanımını arttırır ve ısıyı geçirme direncini arttırır. Bunların yanı sıra harca çimento yerine alçı katılması da çimentonun yapının başka yerlerinde kullanılmasına olanak sağlar. Alçının çimentoya ve diğer katkı maddelerine nazaran daha az bir maliyeti bulunmaktadır (Çizelge 3.2) (Işık v.d., 1995).

**Çizelge 3. 2:** Alkerin fiziksel ve mekanik özellikleri (Kafesçioğlu, 1980).

| Özellik                                       | Değer     |
|-----------------------------------------------|-----------|
| Rötre (%)                                     | 1.0 – 1,5 |
| Isı geçiş katsayısı (W/mK)                    | 0,4       |
| Su emme (%)                                   | Çok Düşük |
| Isı Depolama (kJ/kgK)                         | 1,0       |
| Özgül ısı (kcal/kg°C)                         | 0,30      |
| Birim ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )           | 1550      |
| Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>3</sup> )        | 35-50     |
| Eğilmede çekme dayanımı(kgf/cm <sup>3</sup> ) | 0,14-0,16 |

Alçıtaşının belirli derecelerde pişirilmesiyle elde edilen alçı, su ile karıştırıldıktan kısa bir süre sonra katılaşma özelliği gösteren inorganik ve beyaz renkli bir malzemedir. Katılaştığında dışarıya ısı vermektedir. Katılaşma sırasında rötre ve çatlama göstermemektedir. Kerpiç yapı malzemesinin daha iyi bir hale getirilmesi için katılan portland çimentosundan belli seviyelerde basınç dayanımı olarak daha iyi performans göstermektedir (Eriç, 1994).

Türkiye’de Ruhi Kafesçioğlu’nun çalışmaları sonucu elde edilen alçı katkılı kerpiç toprağa %10 alçı, %2 kireç ve nemine göre su eklenmesiyle elde edilmektedir (Resim 3.1) (Kafesçioğlu, 1980).



**Resim 3. 1:** Ruhi Kafesçioğlu'nun kendi imalatı olan İTÜ Ayazağa Kampüsü'nde bulunan deneme evi (URL 49).

Geleneksel kerpice katılan belli oranlardaki alçı sonucu kerpicein rötre yapması engellenir. İçeride buharlaşan suyun yerini hava alır ve böylece ısı depolama özelliği kazanır. Alker, ısı geçiş katsayısının 0,4 W/mK olması ile TS 825 standardının koşullarını yerine getirmektedir. Aynı zamanda buhar difüzyonu ve ısı depolama özellikleriyle de bu standarda uymaktadır. Bu özellikler bu malzemeyle yapılmış mekanların aşırı soğuk veya sıcak olmasına engel olmaktadır (Çizelge 3.3) (Kafesçioğlu, 1980).

**Çizelge 3. 3:** Yağmurlama deneyi yapılan örneklerin katkı oranları, deneyden önceki ve sonraki ağırlıkları ve kayıp miktarları (Kafesçioğlu, 2016).

|                                             | 7/7/7<br>ebatlarında<br>küp | Deney<br>Öncesi<br>Ağırlık<br>(gr) | Yağmurlama<br>Deneyi<br>sonrası<br>Ağırlık (gr) | Fark(gr)         | Fark(%)        |
|---------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|----------------|
| %100 tuvenan toprak<br>(Katkısız)           | 1. Örnek<br>2. Örnek        | 542,4<br>545,6                     | 203,6<br>-                                      | -338,8<br>-545,6 | %62<br>%100    |
| %70 Toprak %30 Agregat<br>%10 Alçı %5 Kireç | 3.<br>4.                    | 579,2<br>588,4                     | 545,4<br>572,9                                  | -33,8<br>-15,5   | %6,19<br>%2,70 |
| %60 Toprak %40 Agregat<br>%10 Alçı %5 Kireç | 5.<br>6.                    | 565,1<br>571,4                     | 552,7<br>557,7                                  | -12,4<br>-13,7   | %2,24<br>%2,45 |
| %100 tuvenan toprak<br>%10 alçı %5 Kireç    | 7.<br>8.                    | 523,2<br>-                         | 481,8<br>-                                      | -41,4            | %8,59          |
| %60 toprak %40 agregat<br>%2,5 kireç        | 9.                          | 562,2                              | 549,4                                           | -19,8            | %3,60          |

### 3.3. Malzemeye uygulanan testler

Kerpiç yapı malzemesinin sahip olduğu farklı dezavantajları çeşitli katkı maddeleriyle bitirmek, daha aza indirmek mümkündür. Bu malzemelerin nasıl sonuçlar doğuracağını anlayabilmek için çeşitli testler bulunmaktadır. Bu testler kimi zaman kol gücüyle yapılabilen testler olduğu kimi teknolojinin kullanıldığı ve makine yardımıyla yapılan testler de bulunmaktadır (Habitat, 1992).

#### 3.3.1. Sedimentasyon testi

Toprağın içerisindeki diğer maddeler hakkında daha net bir fikir edinmek için basitleştirilmiş bir sedimentasyon testi yapılabilir. Bu test için dibi düz olan, şeffaf, silindirik, en az bir litre kapasitesi olan ve içerisine el girecek kadar geniş ağızlı bir cam kavanoz gerekmektedir (Şekil 3.1).



**Şekil 3. 1:** Sedimentasyon testinin yapılışı (Habitat, 1992).

Test aşağıdaki adımlar takip edilerek yapılır;

- Şişenin dörtte biri toprakla doldurulur,
- Kalan dörtte üçlük kısım suyla doldurulur,
- Toprağın ıslanması için beklenir,
- Şişe kol kuvvetiyle kuvvetlice sallanır,
- Bu işlemten sonra bulanık olmuş su boşaltılır,
- Bir saat sonra tekrar çalkalanır ve tekrar bulanık su boşaltılır;

- Yaklaşık 45 dakika sonra kumun çöktüğü görülecektir. Kumun üzerinde alüvyon tabakası oluşacaktır. Bu tabakanın da üstünde kil tabakası oluşur. Su yüzeyinde organik maddeler yüzer. Bütün tabakaların oluşması ve ölçülmesi için yaklaşık 8 saat beklenir. Bu işlemlerin sonunda çökelen katmanlar ölçülür. Tabakaların üstünde kalan temiz su ölçülendirmeye katılmaz. Her katmanın ölçülmesi toprak içerisindeki maddelerin yüzdelik olarak oranlarını görmeyi mümkün kılmaktadır (Habitat, 1992).

### 3.3.2. Parlaklık testi

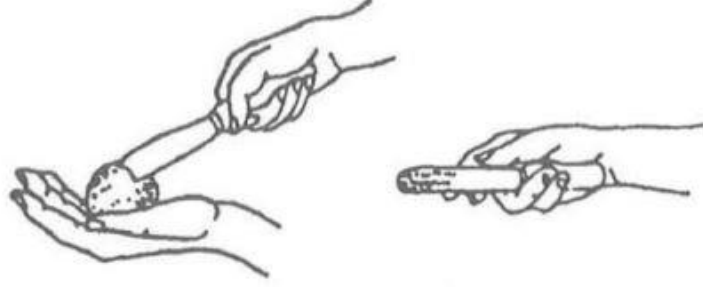
Hafif nemli olan ve yuvarlanarak top haline getirilmiş toprak bıçak yardımıyla ikiye bölünür. Toprak taze ise ortaya çıkan yüzey donuktur ve ağırlıklı olarak kil içermektedir. Ortaya çıkan yüzey parlak ise bu toprağın plastik özelliği gösteren kil içerdiğini göstermektedir (Şekil 3.2) (Habitat, 1992).



Şekil 3. 2: Parlaklık testinin yapılışı (Habitat, 1992).

### 3.3.3. Yapışma testi

Ele yapışmayacak toprak kütlesi ele alınır ve bir bıçak veya ıspatula alınan toprağın içerisine sokulur. Toprak aşırı derecede kil içeriyorsa bıçak veya ıspatula toprağa zorlanarak girer ve geri çekildiğinde toprak ona yapışır. Bıçak veya ıspatula toprağa büyük bir zorluk olmadan girebiliyorsa toprak orta derecede kil içeriyordur ve geri çekildiğinde toprak ona yapışır. Yardımcı elemanlar kolay bir şekilde toprağın içerisine girebiliyorsa toprak yalnızca biraz kil içerdiği anlamına gelmektedir (Şekil 3.3) (Habitat, 1992).



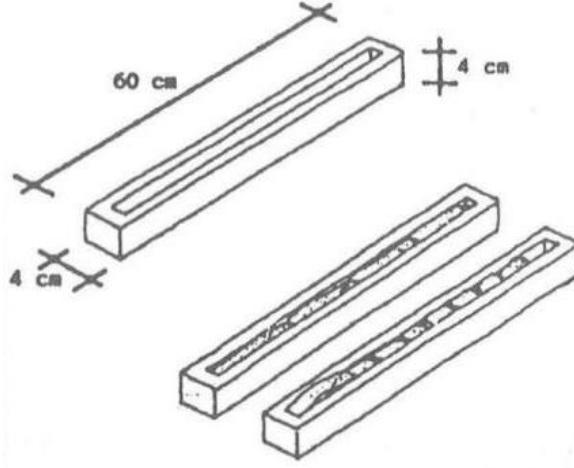
**Şekil 3. 3:** Yapışma testinin yapılışı (Habitat, 1992).

#### **3.3.4. Yıkama testi**

Eller hafif nemli toprakla yıkanır. Yıkama işleminden sonra eller kolay bir şekilde durulanabiliyor ve temizlenebiliyorsa toprak kumludur. Eller çok zorlanmadan temizlenebiliyorsa fakat elde toz gibi kalıntılar kalmışsa bu toprağın killi olduğu anlamına gelmektedir (Habitat, 1992).

#### **3.3.5. Doğrusal çekme testi**

Doğrusal çekme testi veya Alcock'un testi 60 cm uzunluğunda, 4 cm genişliğinde ve 4 cm derinliğinde tahta bir kalıp yardımıyla yapılmaktadır. Kalıbın iç yüzeyi toprak ile doldurulmadan önce yağlanır. Kalıbın içerisine doldurulan toprak yüzeyin düz olması amacıyla bir ıspatula yardımıyla düzleştirilir. Doldurulan kalıplar en az üç gün en fazla yedi gün olacak şekilde güneş altında beklemeye alınır. Bu sürenin sonunda sertleşmiş ve kurumuş olan toprak kütlesi kalıbın bir ucuna doğru itilir. Toprakla kalıbın bir ucu arasında kalan boş kısmı, toprağın toplam büzülmesini öğrenmek amacıyla ölçülür (Şekil 3.4) (Habitat, 1992).

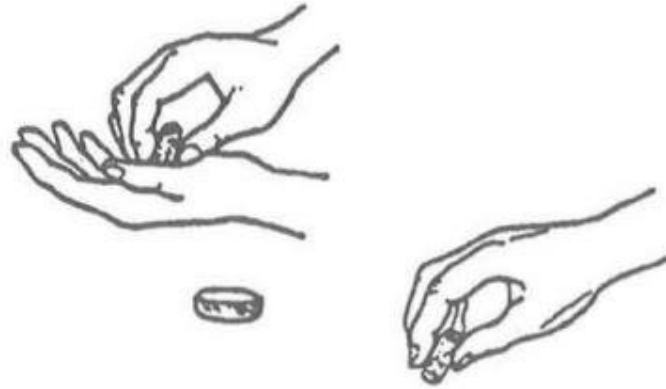


**Şekil 3. 4:** Doğrusal çekme testinin yapılışı (Habitat, 1992).

### 3.3.6. Kuru mukavemet testi

İki veya üç parça yumuşak numune hazırlanır;

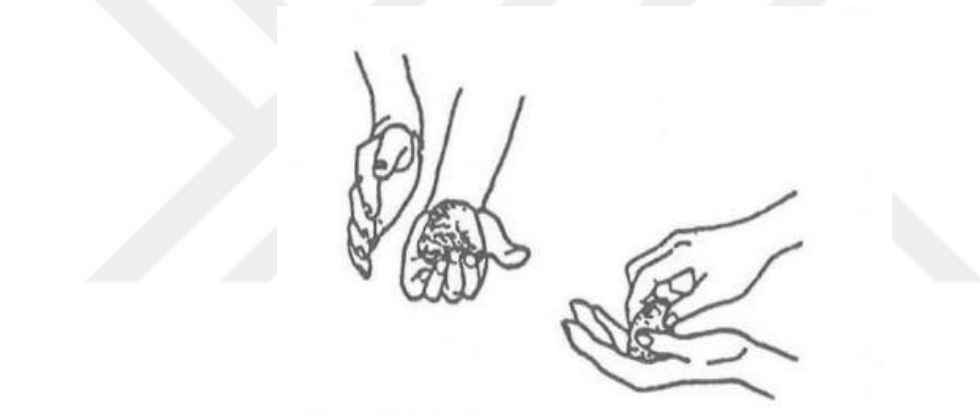
- Numuneler tamamen kuruyana kadar güneş altında bekletilir,
- Numunelerden biri kırılır ve başparmağıyla işaret parmağı arasında ezmeye çalışılır;
- Numunenin mukavemete karşı gösterdiği direnç gözlemlenir (Şekil 3.5) (Habitat, 1992).



**Şekil 3. 5:** Kuru mukavemet testinin yapılışı (Habitat, 1992).

### 3.3.7. Su tutma testi

- Çapı 2 veya 3 cm olan yuvarlanmış bir numune topu hazırlanır,
- Oluşturulan numuneleri birbirlerine yapışacak fakat ele yapışmayacak şekilde ıslatılır,
- Numune hafifçe düzleştirilir ve düzleştirilmiş toprak avuç içinde tutulur,
- Numune içindeki suyun dışarı çıkması için numune iki el arasında sıkıştırılır. Bu işlemden sonra numune parlak, pürüzsüz veya yağlı görünebilir.
- Daha sonra numune işaret ve baş parmaklar arasında bastırılır ve reaksiyon gözlemlenir (Şekil 3.6) (Habitat, 1992).

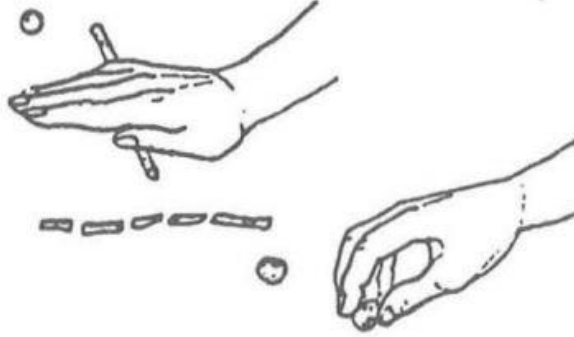


**Şekil 3. 6:** Su tutma testinin yapılışı (Habitat, 1992).

### 3.3.8. Kıvam testi

- Çapı 2 veya 3 cm olan yuvarlanmış bir numune topu hazırlanır,
- Numune daha kolay şekil verilebilmesi için nemlendirilir,
- Numune uzun bir ip haline alıncaya kadar temiz bir yüzeyde yavaşça yuvarlanılır,
- Meydana gelen ip şeklindeki numune çapı 3 mm'ye düşmeden önce kopması toprağın çok kuru olduğunu gösterir.
- Numuneye su eklenir.
- İp şekline getirilen numune, çapı 3 mm olduğunda kırılmalıdır,

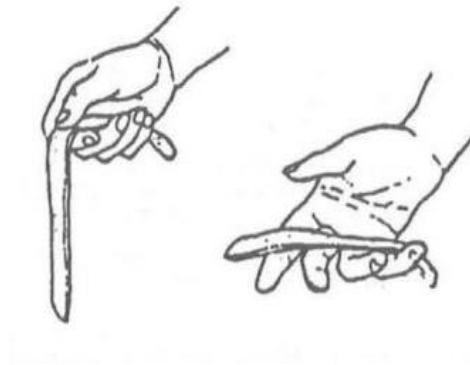
- Numune koptuğunda tekrar küçük bir top haline getirilir ve parmaklar yardımıyla ezilir (Şekil 3.7) (Habitat, 1992).



**Şekil 3. 7:** Kıvam testinin yapılışı (Habitat, 1992).

#### 3.3.9. Kohezyon testi

- Test için alınmış toprak 12 mm çapında bir rulo haline getirilir,
- Toprak yapışkan olmamalıdır ve 3 mm çapında bir iplik yapacak şekilde dayanıklı olmalıdır,
- Şekil verilmiş numune elin ucuna yerleştirilir. Mümkün olduğu kadar uzun olacak şekilde bir ucundan başlayarak 3-6 mm genişliğinde bir şerit oluşturmak amacıyla işaret parmağı ve başparmak arasında dikkatlice düzleştirilir,
- Şerit oluşturulurken kopmadan önceki uzunluğu ölçülür (Şekil 3.8) (Habitat, 1992).



**Şekil 3. 8:** Kohezyon testinin yapılışı (Habitat, 1992).

## **DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**

### **4. BETONARME KULLANICILARININ KERPIÇ YAPILAR HAKKINDAKİ GÖRÜŞLERİNİN BİLİMSEL VERİLER DOĞRULTUSUNDA İNCELENMESİ**

#### **4.1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

#### **4.1.2. Materyal ve Yöntem**

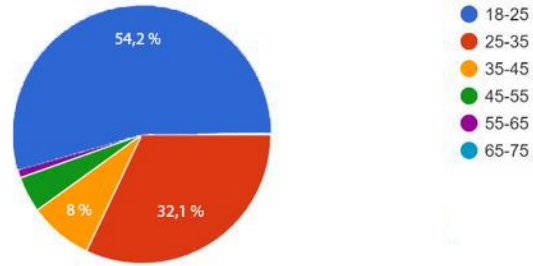
Ankete katılan katılımcıların cevaplarını daha iyi ve daha farklı yönlerden analiz edebilmek için genel bilgilerini, alışkanlıklarını ve kerpiç ile betonarme hakkındaki genel görüşlerini, tercihlerini, tercihlerini belirlemedeki kriterleri soruldu. Böylelikle katılımcıların yapılar hakkındaki görüşlerini nereden aldıkları ve nasıl algıladıklarıyla ilgili bir sonuç elde edilmek amaçlandı. Katılımcıların kerpiç ve betonarme hakkındaki bildikleriyle yapı malzemelerine karşı olan tutumlarının nasıl örtüştüğünü ve bilimsel verilerle bunların ne derecede örtüştüğü gözlemlenmek istenmiştir. Katılımcıların kararlarını vermede bilimsel verilerin ne kadar yer edindiği ve bilimsel verilerin kararları ne kadar değiştirebileceğine dair de bir zemin hazırlanmak amaçlanmıştır. Ankete 953 kişi katılmıştır.

#### **4.2. Katılımcıların genel bilgileri ve genel görüşleri**

##### **4.2.1. Yaş Aralığı**

Ankete katılan kişilerin yarısından biraz fazlasını genç olarak isimlendirebileceğimiz 18-25 yaş aralığı oluşturmaktadır. 953 kişiden 516 kişi bu kategoride yer almaktadır. Yaş aralığında en çok kişinin olduğu ikinci sırada ise 25-35 yaş aralığı yer almaktadır. Katılımcıların %32,1'i (306 kişi) ikinci sırada yer alan kısımda yer almaktadır. Katılımcıların çok büyük bir bölümü 18-35 yaş aralığını kapsamaktadır. 18-35 yaş aralığındaki kişi sayısı anketin %86,3'ünü temsil etmekte bu da 822 kişi anlamına gelmektedir. Yaş aralığında üçüncü sırada %8 (76 kişi) ile 35-45 yaş aralığı, dördüncü sırada ise %4,5 (42 kişi) ile 45-55 yaş aralığı yer almaktadır. Geriye kalan 13 kişi ise 55 yaş üstündeki kişilerden oluşmaktadır. Bu da ankete katılanların %1,3'üne tekabül etmektedir (Şekil 4.1).

Yaş aralığınız



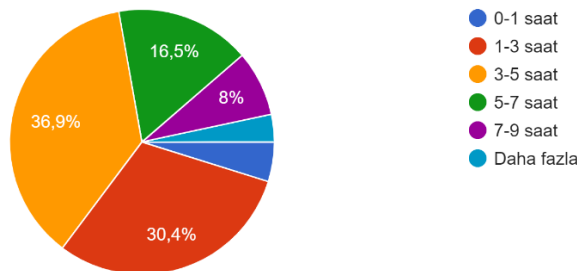
Şekil 4. 1: Katılımcıların yaş aralığı

#### 4.2.2. Gündemi Takip Etme ve Sosyal Medyada Geçirilen Zaman

Ankete katılan katılımcıların %36,9'u (352 kişi) günde ortalama 3-5 saatlerini televizyon ve sosyal medyada geçirdiğini belirtmektedir. En çok paya sahip olan ikinci kısım ankete katılanların %30,4'ünü (290 kişi) oluşturmaktadır ve günde ortalama 1-3 saatini bu mecralarda geçirdiğini belirtmektedir. Sonrasında en çok vakit geçirilen aralık 5-7 saat aralığıdır ve ankete katılan katılımcıların %16,5'ini (157 kişi) temsil etmektedir. Günde sadece 0-1 saatini bu mecralarda geçirdiğini söyleyen katılımcıların oranı %4,8 (46 kişi)'dir. Katılımcıların %8'i (76 kişi) ise bu sürenin 7-9 saat aralığında olduğunu belirtmektedir. Oran olarak en az paya sahip olan fakat saat aralığı olarak en fazla olan 9 saat ve üzeri kısmında ise katılımcıların %3,4'ü (32 kişi) yer almaktadır (Şekil 4.2).

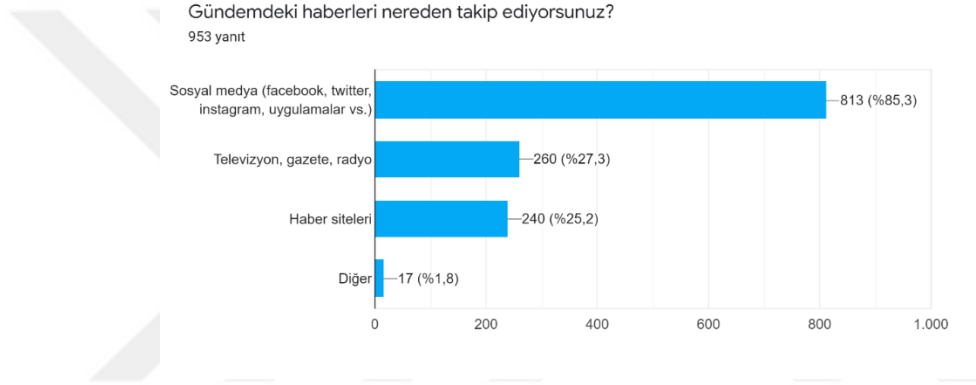
Günde ortalama kaç saatinizi televizyonda veya sosyal medyada (facebook, twitter, instagram vs.) geçirirsiniz?

953 yanıt



Şekil 4. 2: Katılımcıların sosyal medyada geçirdikleri günlük süreler

Gündemi ve haberleri nereden takip ettiği sorusuna katılımcıların büyük bir bölümü sosyal medya cevabını vermiştir. Bu soruda katılımcılara birden fazla cevabı seçebilmeleri serbestliği verilmiştir. Katılımcıların %85,3'ü (813 kişi) gündemi sosyal medya uygulamalarından takip ettiklerini belirtmişlerdir. Bu oranı takip eden cevap %27,3 (260 kişi) ile televizyon, gazete ve radyo cevabı olmuştur. Haber siteleri cevabı veren katılımcıların oranı ise %25,2 (240 kişi)'dir. Katılımcıların %1,8'i (17 kişi) bu soruya belirtilen cevapların dışında bir kaynaktan gündemi takip ettiklerini belirtmişlerdir (Şekil 4.3).

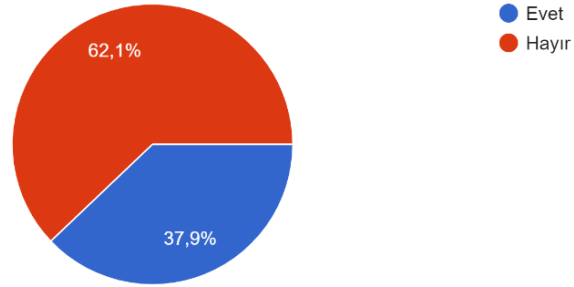


**Şekil 4. 3:** Katılımcıların gündemi takip ettikleri mecralar

#### 4.2.3. Kerpiç ve Betonarme Yapılar ile İlgili Tecrübeler

Katılımcılara sorulan ‘Kerpiç bir yapıda yaşayan tanıdığınız veya akrabanız var mı?’ sorusuna hayır diyenlerin sayısı evet diyenlerden daha fazladır. Katılımcıların %62,1'i (592 kişi) bu soruya ‘Hayır’ cevabı verirken %37,9'u (361 kişi) bu soruya ‘Evet’ cevabı vermiştir. Ankete katılan katılımcıların yarısından fazlasının kerpiç bir yapıda yaşayan bir tanıdıkları bulunmamaktadır (Şekil 4.4).

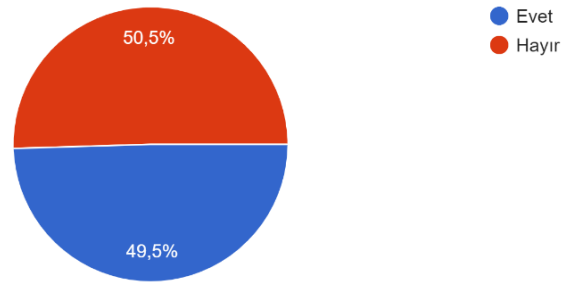
Kerpiç bir yapıda yaşayan tanıdığınız veya akrabanız var mı?  
953 yanıt



**Şekil 4. 4:** Anket 4. soru ve cevapların dağılımı

Kerpiç bir yapıda en az bir gece geçiren katılımcı sayısı ile geçirmeyen katılımcı sayısı birbirine çok yakındır. En az bir gün geçirmiş olanların oranı %49,5 (472 kişi) iken, geçirmemiş olanların oranı %50,5 (481 kişi)'tir. Bir önceki soruyla karşılaştıracak olursak katılımcıların büyük çoğunluğunun kerpiç bir yapıda yaşayan birinci dereceden bir tanıdığı olmamasına rağmen içlerinde kerpiç yapıda en az bir gün kalma fırsatı yakalayanlar bulunmaktadır. Kerpiç bir yapıda yaşayan tanıdığı olmasına rağmen bu yapılarda en az bir gün geçirme fırsatı bulamayanları da düşünecek olursak kerpiç bir yapıda zaman geçiren katılımcı sayısının bu kadar yükselmesi dikkat çekicidir (Şekil 4.5).

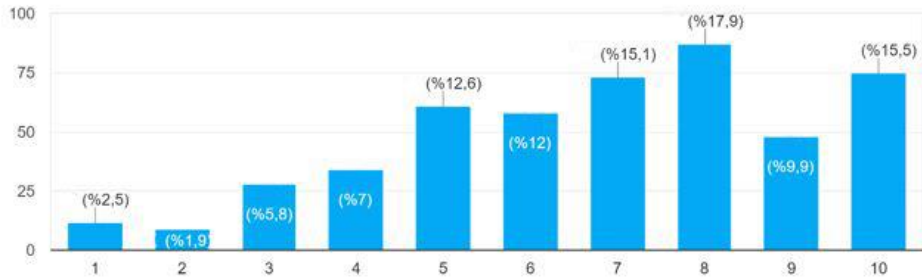
Kerpiç bir yapıda en az bir gece geçirme fırsatınız oldu mu?  
953 yanıt



**Şekil 4. 5:** Anket 5. soru ve cevapların dağılımı

Kerpiç bir yapıda en az bir gün geçirmiş olan katılımcılardan deneyimlerini 10 üzerinden puanlamaları istenmiştir. 10 puan çok iyi, 1 ise çok kötü anlamına gelmektedir. Bir önceki soruya ‘Evet’ diyen 472 katılımcıdan en yüksek olan 10 puanı verenlerin oranı %15,5 (73 kişi) iken, en düşük olan 1 puanı verenlerin oranı %2,5 (12 kişi)’tir. En çok oy alan seçenek katılımcıların %17,9 (84 kişi)’unu oluşturarak 8 puan seçeneği olmuştur. Katılımcıların en az seçtikleri seçenek ise katılımcıların %1,9 (9 kişi)’unu alarak 2 puan seçeneği olmuştur. Deneyimine 10 üzerinden 9 puan verenlerin oranı %9,9 (46 kişi), 7 puan verenlerin oranı %15,1 (71 kişi), 6 puan verenlerin oranı %12 (57 kişi), 5 puan verenlerin oranı %12,6 (60 kişi), 4 puan verenlerin oranı %7 (33 kişi), 3 puan verenlerin oranı ise %5,8 (27 kişi)’dir. Puan olarak ortanın aşağısında yer alan 1-5 puanlarını veren katılımcıların oranı toplamda %29,7 (141 kişi), ortanın üzerinde yer alan 6-10 puanlarını veren katılımcıların oranı ise toplamda %70,3 (331 kişi)’dir (Şekil 4.6).

Geçirdiyseniz bu tecrübenizden memnun kaldınız mı?

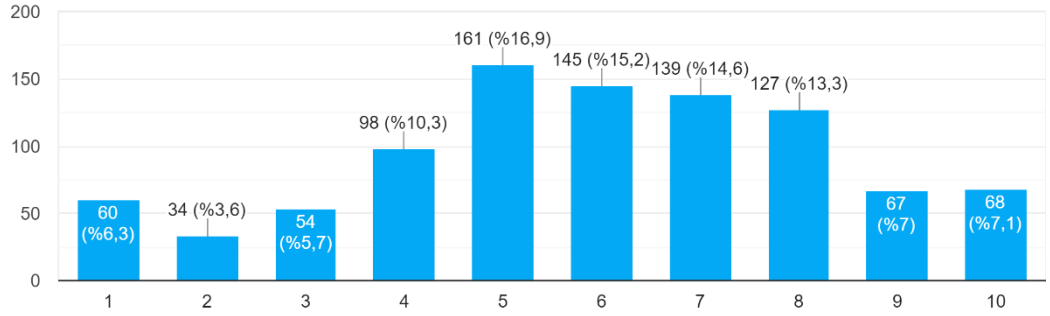


**Şekil 4. 6:** Anket 6. soru ve cevapların dağılımı

Betonarme bir yapıda yaşayan katılımcıların memnuniyetlerini 10 üzerinden puanlamaları istenmiştir. 10 puan çok iyi, 1 ise çok kötü anlamına gelmektedir. Katılımcılardan en yüksek olan 10 puanı verenlerin oranı %7,1 (68 kişi) iken, en düşük olan 1 puanı verenlerin oranı %6,3 (60 kişi)’tür. En çok oy alan seçenek katılımcıların %16,9 (161 kişi)’unu oluşturarak 5 puan seçeneği olmuştur. Katılımcılardan en az oy alan seçenek ise %3,6 (34 kişi) ile 2 puan seçeneği olmuştur. Memnuniyetine 10 üzerinden 9 puan verenlerin oranı %7 (67 kişi), 8 puan verenlerin oranı %13,3 (127 kişi), 7 puan verenlerin oranı %14,6 (145 kişi), 4 puan verenlerin oranı %10,3 (98 kişi), 3 puan verenlerin oranı %5,7 (54 kişi)’dir. Puan

olarak ortanın aşağısında yer alan 1-5 puanlarını veren katılımcıların oranı toplamda %42,8 (407 kişi), ortanın üzerinde yer alan 6-10 puanlarını veren katılımcıların oranı ise toplamda %57,2 (546 kişi)'dir (Şekil 4.7).

Betonarme yapılardan memnun musunuz?  
953 yanıt



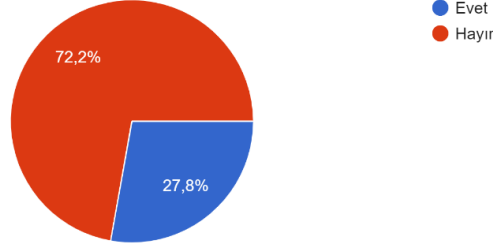
Şekil 4. 7: Anket 7. soru ve cevapların dağılımı

#### 4.2.4. Kerpiç ve Betonarme Yapılar arasındaki tercihler

Katılımcılara hâli hazırda bulundukları şehirlerde yaşadıkları evlerle aynı değere sahip kerpiç bir evi şu andaki evlerine tercih edip etmeyecekleri sorulmuş ve katılımcıların büyük çoğunluğu 'Hayır' olarak cevap vermiştir. Soruya 'Hayır' cevabını verenlerin oranı %72,2 (688 kişi), 'Evet' diyenlerin oranı ise %27,8 (265 kişi)'dir. Önceki sorularda betonarme yapıya olan memnuniyette olumlu ve olumsuz cevapların oranı hemen hemen yarı yarıya iken ve kerpiç bir yapıda vakit geçiren kişilerden olumlu cevap verenlerin oranı daha fazlayken, bu soruda olumsuz cevabın daha önde olması dikkat çekici bir noktadır (Şekil 4.8).

Yaşadığınız şehirde olan ve evinizle aynı değere sahip olan kerpiç bir evi, şu anda yaşadığınız eve tercih eder miydiniz?

953 yanıt

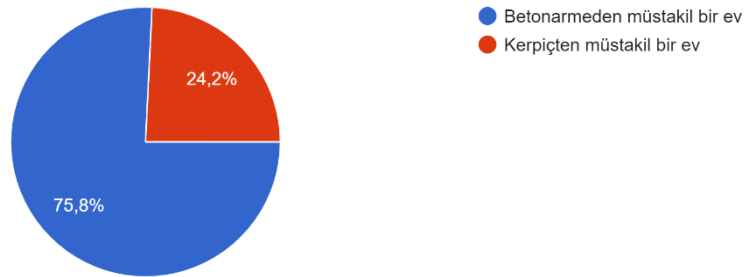


**Şekil 4. 8:** Anket 8. soru ve cevapların dağılımı

Katılımcılara gerekli imkânlarla sahip oldukları düşünüldüğünde hangi yapı malzemesiyle müstakil bir ev yapmak isteyecekleri sorulmuş ve katılımcıların büyük çoğunluğu betonarme olarak cevap vermiştir. Soruya betonarme cevabını verenlerin oranı %75,8 (722 kişi), kerpiç cevabını verenlerin oranı ise %24,2 (231 kişi)'dir. Önceki sorularda betonarme yapıya olan memnuniyette olumlu ve olumsuz cevapların oranı hemen hemen yarı yarıya iken ve kerpiç bir yapıda vakit geçiren kişilerden olumlu cevap verenlerin oranı daha fazlayken, bu soruda betonarme seçeneğinin daha fazla seçilmiş olması dikkat çekicidir (Şekil 4.9).

Gerekli imkanlara sahip olsaydınız kendiniz için betonarmeden müstakil bir ev mi yoksa kerpiçten müstakil bir ev mi yaptırırdınız?

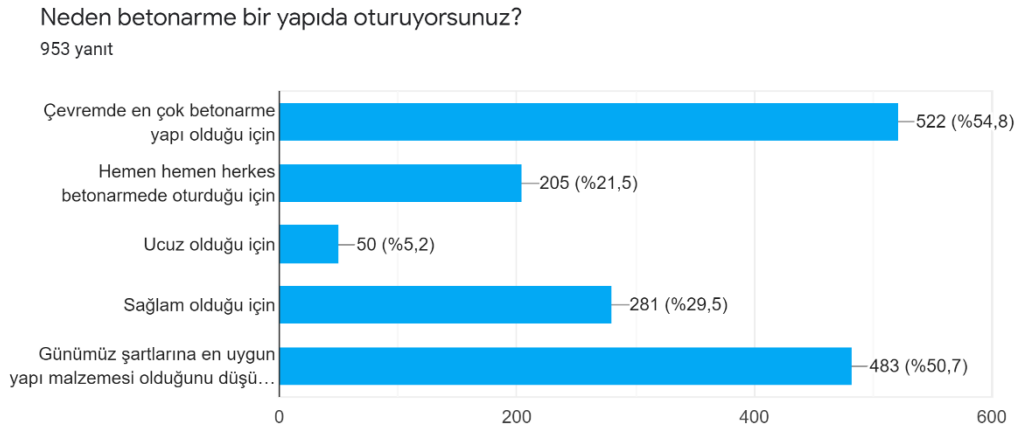
953 yanıt



**Şekil 4. 9:** Anket 9. soru ve cevapların dağılımı

#### 4.2.5. Kerpiç ve Betonarme Yapıların Tercih Edilme ve Edilmeme Sebepleri

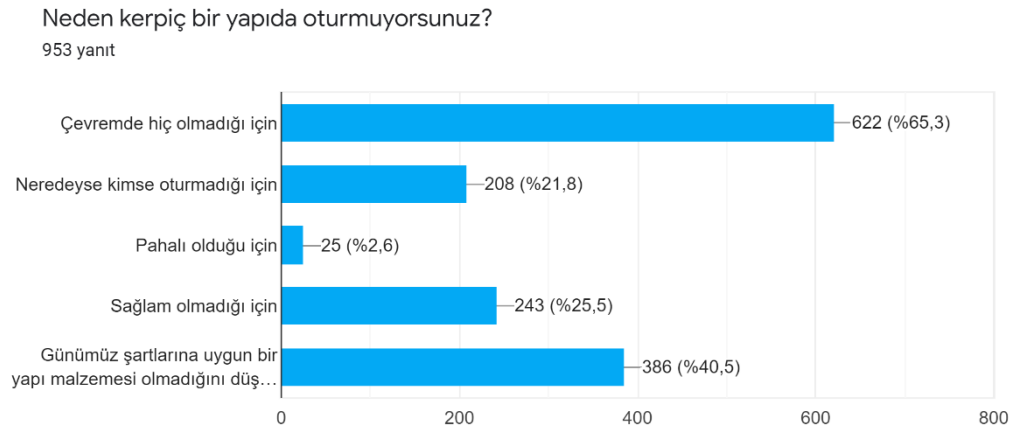
Katılımcılara betonarme yapıda oturmalarının nedenleri sorulmuş ve seçenek olarak sırasıyla ‘Çevremde en çok betonarme yapı olduğu için’, ‘Hemen hemen herkes betonarmede oturduğu için’, ‘Ucuz olduğu için’, ‘Sağlam olduğu için’ ve ‘Günümüz şartlarına en uygun yapı malzemesi olduğunu düşündüğüm için’ seçenekleri sunulmuştur. Bu soruda katılımcılara birden fazla cevabı seçebilmeleri serbestliği verilmiştir. Seçenekler arasında en yüksek oyu alan ilk sıradaki ‘Çevremde en çok betonarme olduğu için’ seçeneği olmuştur ve katılımcıların %54,8 (522 kişi)’i bu seçeneği işaretlemiştir. İkinci olarak en yüksek oyu alan seçenek beşinci sıradaki ‘Günümüz şartlarına en uygun yapı malzemesi olduğunu düşündüğüm için’ seçeneği olmuştur ve katılımcıların %50,7 (483 kişi)’si bu seçeneği işaretlemiştir. En az oy alan seçenek katılımcıların %5,2 (50 kişi)’sinin oyunu alarak üçüncü sıradaki ‘Ucuz olduğu için’ seçeneği olmuştur. 2. seçeneği seçen katılımcıların oranı %21,5 (205 kişi), 4. seçeneği seçenlerin oranı ise %29,5 (281 kişi)’tir (Şekil 4.10).



Şekil 4. 10: Anket 10. soru ve cevapların dağılımı

Katılımcılara kerpiç bir yapıda oturmamalarının nedenleri sorulmuş ve seçenek olarak sırasıyla ‘Çevremde hiç olmadığı için’, ‘Neredeyse kimse oturmadığı için’, ‘Pahalı olduğu için’, ‘Sağlam olmadığı için’ ve ‘Günümüz şartlarına uygun bir yapı malzemesi olmadığını düşündüğüm için’ seçenekleri sunulmuştur. Bu soruda katılımcılara birden fazla cevabı seçebilmeleri serbestliği verilmiştir. Seçenekler

arasında en yüksek oyu alan ilk sıradaki ‘Çevremde hiç olmadığı için’ seçeneği olmuştur ve katılımcıların %63,3 (622 kişi)’ü bu seçeneği işaretlemiştir. İkinci olarak en yüksek oyu alan seçenek beşinci sıradaki ‘Günümüz şartlarına uygun bir yapı malzemesi olmadığını düşündüğüm için’ seçeneği olmuştur ve katılımcıların %40,5 (386 kişi)’i bu seçeneği işaretlemiştir. En az oy alan seçenek katılımcıların %2,6 (25 kişi)’sının oyunu alarak üçüncü sıradaki ‘Pahalı olduğu için’ seçeneği olmuştur. 2. seçeneği seçen katılımcıların oranı %21,8 (208 kişi), 4. seçeneği seçenlerin oranı ise %25,5 (243 kişi)’tir. Bu soru ile bir önceki sorunun oranlarında bir değişiklik olsa da seçenekler arasındaki en çok oy alandan en az alana doğru olan sıralama aynıdır. Bir önceki soruda betonarmenin tercih edilmesindeki en büyük sebep ‘çevrede çok fazla olduğu için’ olduğu gibi bu soruda da kerpiç yapıların tercih edilmemesinin en büyük sebebi ‘çevrede hiç olmadığı için’ seçeneği olmuştur. Yine bir önceki soruda betonarmenin tercih edilmesindeki en büyük ikinci seçenek ‘günümüzdeki en uygun yapı malzemesi’ olarak gösterilirken, bu soruda da kerpiç yapıların tercih edilmemesinin en büyük ikinci seçeneği ‘günümüz şartlarına uygun bir yapı malzemesi olmaması’ olarak gözükmektedir. Bu cevapların sıralamada aynı şekilde olması da yine ilgi çekicidir (Şekil 4.11).



**Şekil 4. 11:** Anket 11. soru ve cevapların dağılımı

#### 4.2.6. Kerpiç yapıların mevcut durumu hakkındaki görüşler

Katılımcılara ülkemizde eskiye nazaran son yıllarda kerpiç yapı üretiminin azalmasının sebepleri sorulmuştur. Seçenek olarak sırasıyla ‘Vatandaşların kerpiç konusunda yeterli bilgisi olmadığı için’, ‘Günümüz şartlarına uygun olmadığı için’, ‘Yerel yönetimin, devletin bu konu hakkında teşviki olmadığı için’, ‘Mimarlar, mühendisler, yetkililer tarafından hiç gündeme getirilmediği için’ seçenekleri sunulmuştur. Bu soruda katılımcılara birden fazla cevabı seçebilmeleri serbestliği verilmiştir. Seçenekler arasında en çok oyu alan seçenek katılımcıların %51,3 (489 kişi)’ünü oluşturarak ‘Mimarlar, mühendisler, yetkililer tarafından hiç gündeme getirilmediği için’ seçeneği olmuştur. En çok oy alan ikinci seçenek ise katılımcıların %50,2 (478 kişi)’sini oluşturarak ‘Günümüz şartlarına uygun olmadığı için’ seçeneği olmuştur. En az oy alan seçenek %30,7 (293 kişi) oranıyla üçüncü sırada yer alan seçenek olmuştur. Diğer seçenek ise %43,8 (417 kişi) oranında oy almıştır. Katılımcıların isterlerse ek olarak kendi fikirlerini yazmaları için bırakılan seçeneğe gelen bazı cevaplar şöyledir: ‘Depreme karşı yeterince dayanıklı değil’, ‘Çok bakım ve temizlik ister’, ‘2020 Elâzığ depreminde yıkılan yapıların çoğunun kerpiç olması’, ‘Sürekli onarım ister’, ‘Şehir yaşamına uygun bir yapı malzemesi değil’, ‘Çok kat çıkılmaz’ (Şekil 4.12).

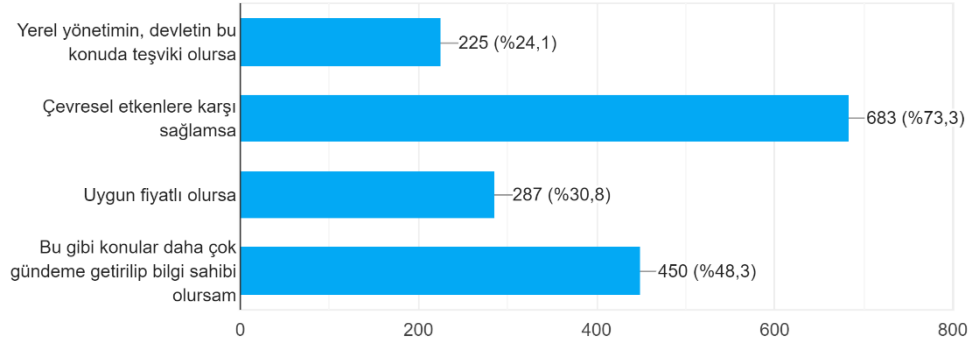


Şekil 4. 12: Anket 12. soru ve cevapların dağılımı

#### 4.2.7. Kerpiç Yapıları Tercih Etmeyi Sağlayabilecek Etkenler

Ankete katılan katılımcılara hangi durumun gerçekleşmesi sonucunda kerpiç bir yapıda yaşamayı düşünebilecekleri sorulmuş ve sırasıyla ‘Yerel yönetimin, devletin bu konuda teşviki olursa’, ‘Çevresel etkenlere karşı sağlamsa’, ‘Uygun fiyatlı olursa’, ‘Bu gibi konular daha çok gündeme getirilip bilgi sahibi olursam’ seçenekleri sunulmuştur. Bu soruda katılımcılara birden fazla cevabı seçebilmeleri serbestliği verilmiştir. Seçenekler arasında en çok oyu alan seçenek katılımcıların %73,3 (683 kişi)’ünü oluşturarak ‘Çevresel etkenlere karşı sağlamsa’ seçeneği olmuştur. En çok oy alan ikinci seçenek ise katılımcıların %48,3 (450 kişi)’ünü oluşturarak ‘Bu gibi konular daha çok gündeme getirilip bilgi sahibi olursam’ seçeneği olmuştur. En az oy alan seçenek katılımcıların %24,1 (225 kişi) oranıyla ilk sıradaki seçenek olmuştur. Diğer seçenek ise %30,8 (287 kişi) oranında oy almıştır (Şekil 4.13).

Aşağıdakilerden hangisi veya hangileri olursa kerpiçte yaşamayı düşünürsünüz?  
932 yanıt

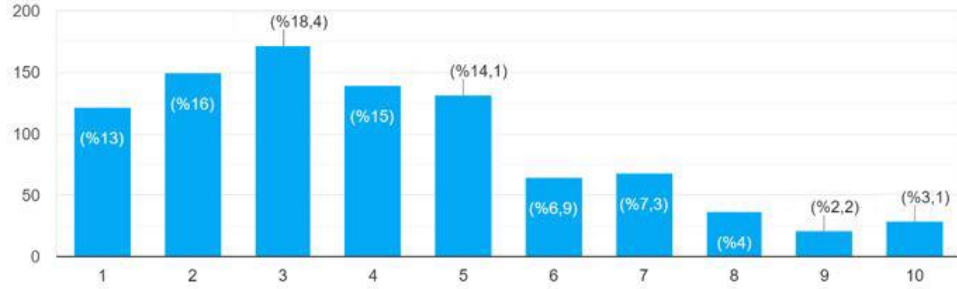


Şekil 4. 13: Anket 13. soru ve cevaplarının dağılımı

#### 4.2.8. Kerpiç Yapılar Hakkında Bilgi Birikimi

Katılımcılardan kerpiç yapılar hakkında ne kadar bilgi sahibi olduklarını 10 üzerinden puanlamaları istenmiştir. 10 puan çok iyi, 1 ise çok kötü anlamına gelmektedir. Katılımcılardan en yüksek olan 10 puanı verenlerin oranı %3,1 (29 kişi) iken, en düşük puan olan 1 puanı verenlerin oranı %13 (124 kişi)'tür. En çok oy alan seçenek katılımcıların %18,4 (175 kişi) oluşturarak 3 puan seçeneği olmuştur. Katılımcılardan en az oy alan seçenek ise %2,2 (21 kişi) ile 9 puan seçeneği olmuştur. Kerpiç yapılar hakkındaki bilgisine 10 üzerinden 8 verenlerin oranı %4 (38 kişi), 7 puan verenlerin oranı %7,3 (70 kişi), 6 puan verenlerin oranı %6,9 (66 kişi), 5 puan verenlerin oranı %14,1 (134 kişi), 4 puan verenlerin oranı %15 (143 kişi), 2 puan verenlerin oranı %16 (153 kişi)'dır. Puan olarak ortanın aşağısında yer alan 1-5 puanlarını veren katılımcıların oranı toplamda %76,5 (729 kişi), ortanın üzerinde yer alan 6-10 puanlarını veren katılımcıların oranı ise toplamda %23,5 (224 kişi)'tir (Şekil 4.14).

Kerpiç yapılar hakkında ne kadar bilgi sahibi olduğunuzu düşünüyorsunuz?



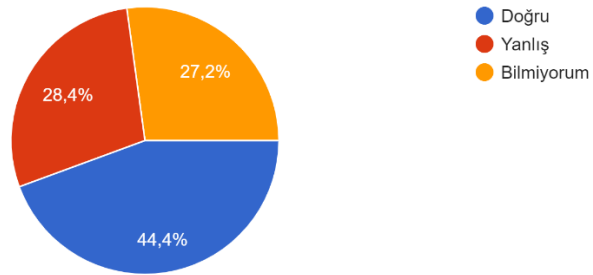
Şekil 4. 14: Anket 14. soru ve cevaplarının dağılımı

### 4.3. Anket Sonuçlarının Bilimsel Veriler Doğrultusunda İncelenmesi

#### 4.3.1. Betonarme ve Kerpiç Yapılarda Yangın Olgusu

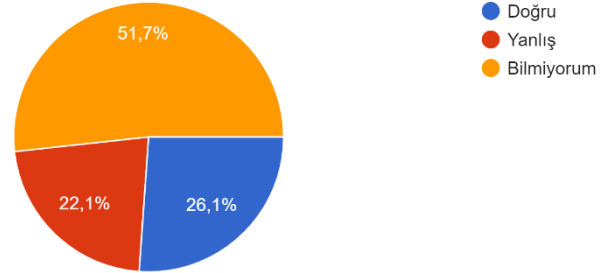
Ankete katılan katılımcılara kerpiç ve betonarme yapıların yangın karşısında dayanıklı olup olmadığı sorulmuştur. ‘Betonarme yapıların yangına karşı dayanıklıdır.’ önermesinde ‘Doğru’ seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı %44,4 (423 kişi), ‘Yanlış’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %28,4 (271 kişi)’tür. Önermede ‘Bilmiyorum’ seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı ise %27,2 (259 kişi)’dir. Bu soruda en çok oyu ‘Doğru’ seçeneği alırken, en az oyu ise ‘Bilmiyorum’ seçeneği almıştır. ‘Kerpiç yapılar yangına karşı dayanıklıdır.’ önermesinde ‘Doğru’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı %26,1 (249 kişi), ‘Yanlış’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %22,1 (211 kişi)’dir. Önermede ‘Bilmiyorum’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %51,7 (493 kişi)’dir. Bu soruda en çok oyu ‘Bilmiyorum’ seçeneği alırken, en az oyu ise ‘Yanlış’ seçeneği almıştır (Şekil 4.15, 4.16).

Betonarme yapılar yangına dayanıklıdır.  
953 yanıt



Şekil 4. 15: Anket 1. önerme ve cevapların dağılımı

Kerpiç yapılar yangına dayanıklıdır.  
953 yanıt



**Şekil 4. 16:** Anket 2. önerme ve cevapların dağılımı

#### 4.3.1.1. Yangın Olgusu

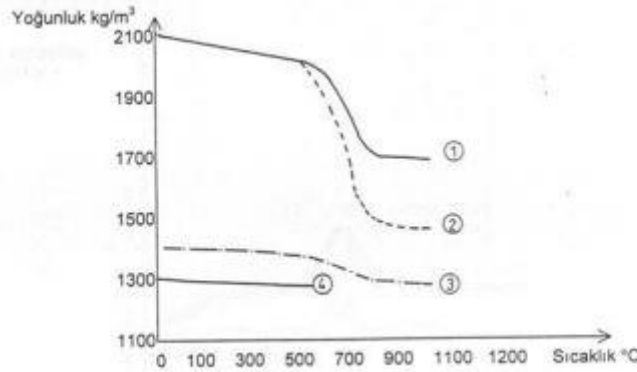
Yangın farklı büyüklüklerde meydana gelebilen, kontrol altına alınmadığı süre boyunca can ve mal kaybına sebebiyet verebilecek bir olaydır. Yanıcı maddenin yakıcı gaz ile uygun koşullarda bir araya gelmesiyle meydana gelmektedir. Yangında sadece ateş değil ortaya çıkan zehirleyici gaz da insan hayatını tehdit etmektedir. Yapılarda meydana gelen yangınların zarar verici etkisini azaltmak için yapı malzemelerinin yangına dayanıklı olmaları gerekmektedir. Yapı malzemeleri belli testlerden geçtikten sonra yangına kaç dakika dayanabilecekleri görülmektedir. Yönetmeliklerin belirlediği sınıflara göre belli sınıfın altındaki kalitedeki malzemeler yapılarda kullanılmamalıdır. Yapıda kullanılacak malzemeler bu sınıflar göz önüne alınarak seçilmelidir.

Demirin yanmayan bir madde olarak düşünülerek yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanması sonrasındaki yangınlara verdiği tepki ile sona ermiştir. Büyük Londra Yangını olarak adlandırılan 1666 yılındaki yangın, sonrasında yapı malzemesinde katı bir şekilde değişikliğe gidilmesine neden olmuştur. Yangınlardan sonra aslında hiçbir malzemenin tamamen yanmaz olmayacağı kanısına varılmış ve yangına karşı daha uzun süre dayanabilecek malzemelerin olabileceği düşünülmüş, bu konu hakkında çalışmalar başlamıştır. Yıllar geçtikçe dünyadaki nüfusu ve yapılardaki enerji kullanımı artmış ve buna bağlı olarak da yangın çıkma ihtimali sürekli artmıştır. Yangını yapılardan uzaklaştırabilmek amacıyla yangına karşı

güvenliği sağlayabilecek kriterler konulmuş ve bunun uygulanması zorunlu kılınmıştır (Arpacıoğlu, 2004).

#### 4.3.1.2. Betonarmenin yangın karşısındaki davranışı

Betonarme yapılar yangına karşı belli derecelere ve sürelerle kadar iyi davranış sergileyebilmektedir fakat bu daha çok taşıyıcı sisteme ve betonarmenin yangına olan davranışına bağlı olarak değişebilmektedir. 600°C'yi geçmeyen ve saatleri bulmayan yangınlarda betonarme iyi bir davranış sergileyebilir lakin bu sıcaklığın üzerindeyken dayanıklılığın yarısını kaybeder. Yangının 800°C'nin üzerinde olması durumunda dayanıklılığı çok azalmakta ve mukavemeti %80'e kadar azalabilmektedir. Bu durum yapının yıkılması anlamına gelmektedir. Betonun yüksek sıcaklıklar karşısında düşük dayanım göstermesinin birçok nedeni vardır. Çimento dozajının yüksek kullanıldığı yapılarda beton yangından daha çok etkilenmektedir. Kullanılan agregaların da türleri yangına karşı dayanım açısından çok önemlidir (Şekil 4.17) (Uysal, 2004).



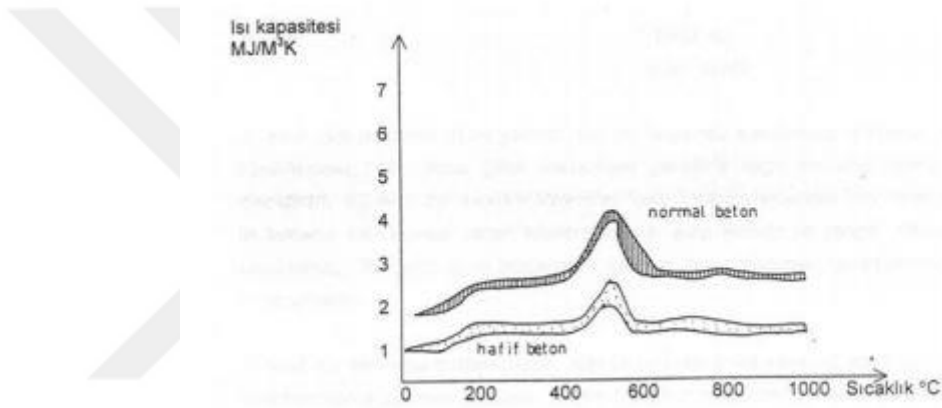
**Şekil 4. 17:** Betonda yoğunluk ile sıcaklık kapasitesinin değişimi (Aydın, 1998).

1- Silis agregalı, 2- Karbonat agregalı, 3- Arduaz agregalı, 4- Süngertaşı agregalı

Yüksek olan yapılarda kullanılan özel betonlarda yapının yangın karşısındaki tepkisini belirleyen durumların başında agregalar gelmektedir. Agregaların miktarı ve cinsi bu özelliği belirlemektedir. Betonun yüksek sıcaklıklarda nasıl bir tepki vereceğini belirleyen diğer bir faktör ise çimentodur. Günümüzde yaygın bir biçimde kullanılan portland çimentosu içindeki bazı maddeler yüksek sıcaklık sonrasında sönmemiş kirece dönüşmekte sönmemiş kireç ise yangının söndürülmesi için sıkılan

su sonrasında  $\text{Ca(OH)}_2$ 'e dönüşmektedir. Bu durum bağlayıcılığın azalmasına sebebiyet vermekte ve betonun mukavemetini düşürmektedir (Özgünler v.d., 2001).

Alttağı şekilde hafif agrega ve betonun yüksek sıcaklıklar karşısında yoğunluklarında çöküntüler meydana gelmemiştir. Tam tersine normal betonun  $500^\circ\text{C}$ 'nin üstündeki sıcaklıklarda yoğunluğunda çöküntüler meydana gelmektedir. Bu durumda hafif ve boşluklu agregalar ile elde edilmiş hafif betonlar yangına karşı daha olumlu bir tepki göstermektedir. Bunun asıl nedenlerinden biri boşluklu malzemelerin ısıyı daha az emmesi ve emdiği ısıyı hemen iletmemesidir (Şekil 4.18) (Arpacıoğlu, 2004).



**Şekil 4. 18:** Farklı betonlarda ısı kapasitesinin değişimi (Aydın, 1998).

Beton yüksek sıcaklık karşısında alev almaz fakat sıcaklık sonucunda betonun içerisindeki değişiklikler dayanımı aşağıya çekmektedir. Malzeme yumuşamakta ve bunun sonucunda taşıyıcı sistem iyi bir davranış sergilemez. Betonun elastisitesi  $300^\circ\text{C}$ 'de %35 seviyelerinde,  $600^\circ\text{C}$ 'de %70 seviyelerinde azalırken betonun içerisindeki demir donatının dayanımı da  $400^\circ\text{C}$ 'de iken %50 seviyesinde azalmaktadır. Betonarme yapılarda alevlerin yüzeylerde ilerlemesi yapı için avantajdır fakat donatı ve beton arasındaki bağ koptuktan sonra yapı çökmektedir (Arpacıoğlu, 2004).

Yangın esnasında yapıdan parçaların kopması sonucunda çelik donatı meydana çıkar ve bu çelik donatının yüksek sıcaklar ile direkt olarak temas etmesine neden olur. Bunun yanında yapı inşa edilirken donatıların pas paylarının yeterli bir şekilde bırakılmaması donatının ısınması sonrasında betonun patlamasına sebebiyet

vermektedir. Bu sebeple taşıyıcı olan yerlerde donatının yüzeyden 6 cm, taşıyıcı olmayan yerlerde ise 3 cm uzak olması gerekmektedir (Eriç, 2002).

Özellikle son zamanlarda akışkan hale getirici katkı maddeleri eklenerek iyi mukavemet gösteren yapılar üretilmektedir. Bu yapılarda meydana gelen yangınların 3000°C'nin üstüne çıkmasıyla beraber yapıda yarılmalara meydana gelebilmektedir. Bu boşluklardaki su buharlaşarak büyük basınçlar oluşturmaktadır. Bu sorunu çözebilmek amacıyla betona özel lifler katılmaktadır. Bu lifler sayesinde yarılmalara sonucu oluşan çatlaklar engellenmekte, beton içerisinde boşluklar oluşturmada ve oluşan buharın yüksek basınç oluşturmada önce bu boşluklardan ilerlemesi sağlanmaktadır. Bu önlem yangına karşı da bir çözüm oluşturmaktadır (Arpacıoğlu, 2004).

Pas payının yeterli uzaklıkta olması betonun içerisindeki çelik veya demiri büyük ölçüde korumaktadır. Çelikteki sıcaklık artışı dakikada 40 dereceyi bulabilmektedir. Bu doğrultuda 15 dakikadan sonra çeliğin sıcaklığı 600°C'yi bulabilmektedir. Bunun aksine 3 cm yapılan pas payı içerideki malzemeyi koruyacak ve bir saat süren 600°C'lik yangında içerideki malzemenin sıcaklığı 350°C'den fazla olmamaktadır. (Akman, 2000).

#### **4.3.1.3. Kerpicing yangın karşısındaki davranışı**

Toprak yapı olarak yanıcı bir madde değildir. Toprak yapı malzemesi içerisine katılan malzemelere bağlı olarak yangın karşısında performans gösterebilmektedir. Yapı malzemesi yapılırken toprakla birlikte harca katılan saman, kil, çimento, alçı, dal gibi malzemeler yangına dayanım süresini olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilir. Toprak yapı malzemesi belli oranda katılan lif yangına dayanıklılığı arttırmaktadır. Yapı malzemesinin belli oranda kil içermesi bu dayanım açısından faydalı olacaktır. Toprak yapı malzemesi hazırlanırken kullanılacak malzemeye çeşitliliğine göre yangına dayanımı test edilmelidir. Yapı malzemesi hazırlanırken basınçlı suya karşı da dayanıklı bir şekilde yapılmalıdır. Aksi takdirde yangın söndürme işlemlerinde kullanılan basınçlı su yapıya zarar verebilir.

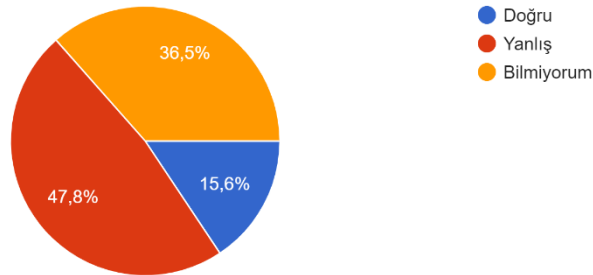
Türkiye'de daha sonra yürürlükten kalkan toprak yapı yönetmeliklerinin ilki 1977 yılında TS2514 başlığıyla, ikincisi ise 1985 yılında TS2515 başlığıyla yayınlanmıştır.

Toprak yapılar hakkında ilk defa çıkarılan bu yönetmelik içerisinde toprak yapı malzemesinin yangına ne kadar dayanıklılığının olduğuyla ilgili herhangi bir bilgi mevcut değildir. Yine 1985 yılında yayınlanan TS2515 yönetmeliğinde de bu konuyla alakalı bilgi yoktur. 2002 yılında çıkan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'te belli testler sonucunda yanmaya dayanıklı olan malzemeler hakkında sınıflar oluşturuldu. Bu sınıflar yangına dayanım süresine göre oluşturuldu. Bu sınıflara verilen kodlamaya göre F harfinin yanındaki rakam yangına karşı en az kaç dakika dayanımı olduğunu göstermektedir. Sınıflar 30 dakika ile 180 dakika arası değişmektedir. Yangına dayanım süresi 30-59 dakika olan F30, 60-89 olan F60, 90-119 olan F90, 120-179 olan F120 ve 180 dakika üstü olanlar da F180 olarak tanımlanmıştır (Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2002).

#### 4.3.2. Betonarme ve Kerpiç Yapıların Yapım Maliyetleri

Ankete katılan katılımcılara betonarme yapıların maliyetlerinin kerpiç yapıların maliyetinden daha ucuz olup olmadığı sorulmuştur. 'Betonarme yapının yapım maliyeti kerpiç yapının yapım maliyetinden ucuzdur.' önermesinde 'Doğru' seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı %15,6 (149 kişi), 'Yanlış' seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı ise %47,8 (456 kişi)'dir. Önermede 'Bilmiyorum' seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı ise %36,5 (348 kişi)'tir. Bu soruda en çok oyu 'Yanlış' seçeneği alırken, en az oyu ise 'Doğru' seçeneği almıştır (Şekil 4.19).

Betonarme yapının yapım maliyeti kerpiç yapının yapım maliyetinden ucuzdur.  
953 yanıt



Şekil 4. 19: Anket 3. önerme ve cevapların dağılımı

#### 4.3.2.1. Betonarme yapım maliyetleri

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı her yıl inşaat metrekare maliyetlerini yayınlamaktadır. İnşaatların maliyet hesaplamalarında bu açıklanan rakamlar referans alınmaktadır. İnşaatlarda yüzlerce farklı malzeme kullanıldığı için inşaat maliyetleri hakkında pratik bir sonuca ulaşabilmek adına hesapları kolaylaştırmaktadır. Bakanlığın 2021 yılında açıkladığı listeye göre betonarme bir meskenin metrekare maliyeti 1330 TL'dir. Bu rakam geçtiğimiz sene 1190, ondan önceki sene ise 1083 Türk Lirasıydı. Yığma yapılarda ise bu sene metrekare maliyeti 1083, geçtiğimiz sene 969, 2019 senesinde ise 882 Türk Lirasıydı.

Açıklanan bu verilere göre betonarme bir mesken için 2021 yılında inşaat maliyetleri 2020 yılına göre yaklaşık %11,7 artmış oldu. Bu artış 2020 senesinde bir önceki seneye göre %9,8 idi. Lüks sınıf betonarme yapılarda ise metrekare maliyet fiyatı 2130 olarak belirlenmiş. 2020 yılında bu maliyet 1905, 2019 yılında ise 1735 Türk Lirasıydı (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4. 1:** 2020 ve 2021 yılları inşaat metrekare maliyetleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı).

| Bina Türü:<br>Mesken | Çelik Karkas Bina<br>(TL) |         | Betonarme Karkas (TL) |         | Yığma Kagir (TL) |         |
|----------------------|---------------------------|---------|-----------------------|---------|------------------|---------|
|                      | 2020                      | 2021    | 2020                  | 2021    | 2020             | 2021    |
| Lüks İnşaat          | 3128,39                   | 3496,29 | 1905,88               | 2130,01 | 1496,02          | 1671,95 |
| 1. Sınıf İnşaat      | 2080,31                   | 2324,95 | 1190,22               | 1330,19 | 969,08           | 1083,04 |
| 2. Sınıf İnşaat      | 1395,50                   | 1559,61 | 794,63                | 888,07  | 631,69           | 705,97  |
| 3. Sınıf İnşaat      | 946,13                    | 1057,4  | 562,77                | 628,95  | 470,21           | 525,51  |
| Basit                | 409,17                    | 457,29  | 315,12                | 352,18  | 149,31           | 166,87  |

#### 4.3.2.2. Kerpiç yapım maliyetleri

Toprak yapılarda maliyet birçok açıdan değişiklik gösterebilmektedir. Yapı malzemesinin ana maddesi toprak arsaya oturacak yapının temeli için çıkarılan hafriyattan karşılanabilir. Toprak yapı malzemesi olarak kullanıma uygun değilse yakın bölgeden ücretsiz bir şekilde toprak ihtiyacı karşılanabilmektedir. Anadolu bölgesinde kerpiç yapının yaygın olduğu köy ve kasabalarda ortak olarak kullanılan ve yapı için toprak alınan belli noktalar bulunmaktadır (Resim 4.1).

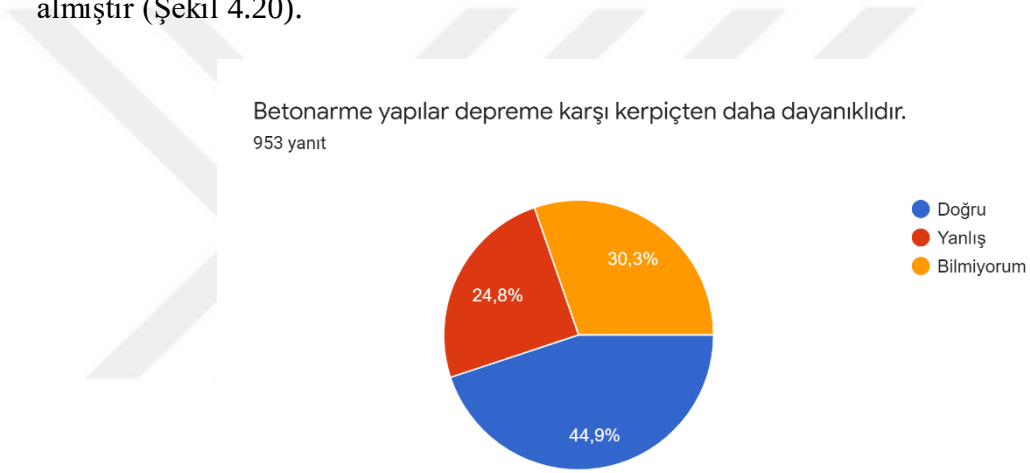


**Resim 4. 1:** Kırsal bölgede kerpiç toprağının alındığı yer (Koçu ve Korkmaz, 2004).

Toprak yapı malzemesinde maliyeti yapının çevre koşullara uyumunu sağlayacak, statik olarak gücünü arttıracak ek malzemelerin kullanımı arttırmaktadır. Bunun yanında günümüzde toprak yapı malzemeli teknikleri bilen usta sayısı azaldığından dolayı işçilik de maliyeti arttıran diğer bir faktör olmaktadır. Yapının taşıyıcı sisteminin ahşapla birlikte karma olması yine maliyeti arttıracaktır. Bu sebeple yapının sistemi de toprak yapı malzemeli yapılarda maliyet bakımından önem arz etmektedir.

#### 4.3.3. Betonarme ve Kerpiç Yapılarda Deprem Olgusu

Ankete katılan katılımcılara betonarme ve kerpiç yapıların deprem karşısında dayanıklı olup olmadıkları sorulmuştur. ‘Betonarme yapılar depreme karşı kerpiçten daha dayanıklıdır.’ önermesinde ‘Doğru’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı %44,9 (428 kişi), ‘Yanlış’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %24,8 (236 kişi)’dir. Önermede ‘Bilmiyorum’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %30,3 (289 kişi)’tür. Bu soruda en çok oyu ‘Doğru’ seçeneği alırken, en az oyu ise ‘Yanlış’ seçeneği almıştır (Şekil 4.20).



Şekil 4. 20: Anket 4. önerme ve cevapların dağılımı

##### 4.3.3.1. Deprem olgusu

Dünyanın merkezinden yeryüzüne kadar birçok katman bulunmaktadır. Hareket halinde olan Litosfer katmanının oluşturduğu tektonik kuvvetler faylar boyunca ani hareketler oluşturmaktadır. Bu ani hareketlerin meydana getirdiği titreşimler Litosfer boyunca etkisini devam ettirir ve depremleri oluşturur. Depremin ne zaman olacağını tam olarak bilmemiz mümkün değildir. Atabey (2000), yer kabuğunda meydana gelen kırılmalar sonucunda meydana gelen titreşimlerin dalgalar şeklinde yayılıp yer yüzeyine kadar geçtikleri yerleri sarsması olarak tanımlamaktadır (Atabey, 2000).

Dünyada her yıl ortalama 700 tane hasar oluşturunca deprem olmaktadır. Yapılı çevrede olan depremler hasarı en yüksek olan doğal afetlerdendir (Çizelge 4.2). 1995 yılında Japonya’da meydana gelen Kobe depreminin maddi hasarı 200 milyar

dolardan fazladır. Bu miktar Türkiye'nin gayri safi milli gelirine yakındır. Türkiye'de 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depreminin maddi hasarı 20 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir. Bu durum depremlerin getirdiği maddi hasarın da ne kadar büyük olduğunu gözler önüne sermektedir (URL 12).

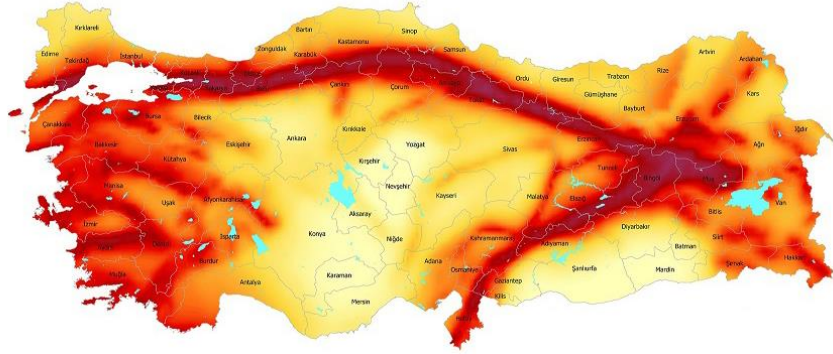
**Çizelge 4. 2:** Dünya üzerinde meydana gelen en büyük depremler ve hasarları

| Depremin Büyüklüğü | Depremin Yeri ve Tarihi | Deprem Sonucu Oluşan Kayıp ve Hasarlar                                            |
|--------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 9.5                | Şili – 1960             | Tarihteki en büyük deprem olarak kayıtlara geçti. Sonrasında tsunami gerçekleşti. |
| 9.2                | Alaska – 1964           | 128 kişi hayatını kaybetti.                                                       |
| 9.1                | Endonezya – 2004        | En uzun süren deprem olarak kayıtlara geçti. Sonrasında tsunami gerçekleşti.      |
| 9.0                | Japonya – 2011          | 1000'in üzerinde insan hayatını kaybetti.                                         |
| 9.0                | Rusya – 1952            | Yüksek miktarda maddi zarara yol açtı.                                            |
| 8.8                | Şili – 2010             | 723 kişi hayatını kaybetti.                                                       |
| 8.8                | Ekvator – 1906          | 1000'in üzerinde insan hayatını kaybetti.                                         |
| 8.7                | Alaska – 1965           | Maddi zarar oluştu.                                                               |
| 8.6                | Endonezya – 2005        | 1314 kişi hayatını kaybetti.                                                      |
| 8.6                | Tibet – 1950            | 780 kişi hayatını kaybetti.                                                       |

#### 4.3.3.2. Türkiye'de deprem

Depremlerin ne zaman meydana geleceği belirlenemese bile kaçınılmaz olan bu doğal afete karşı önlemler, tedbirler almak öncelikle can kayıplarının azalmasını, maddi hasarın büyümemesini sağlayacaktır. Bu sebeple yerel yönetimin bu konudaki planlamalar konusunda mühim görevleri vardır. Depreme dayanıklı yapıların inşa edilmesinin önemli olması kadar yerel yönetimin halkı depremle ilgili bilinçlendirmesi, halk ile bilgi transferi ve deprem sonrası acil ihtiyaçların belirlenmesi de önem arz etmektedir (Bayülke, 1989).

Dünyanın en önemli üç deprem kuşağından biri üzerinde yer alan Türkiye çok sayıda deprem görmüştür (Şekil 4.21). Bu depremlerin bazıları ise şiddetli ve yıkıcı olmuştur (Şahin ve Sipahioğlu, 2002). Türkiye'deki arazilerinin yaklaşık %66'sı, nüfusun ise yaklaşık %70'i sürekli deprem riski ile karşı karşıyadır (Arslan ve Coşgun, 2012).



**Şekil 4. 21:** Türkiye deprem tehlike haritası (URL 47).

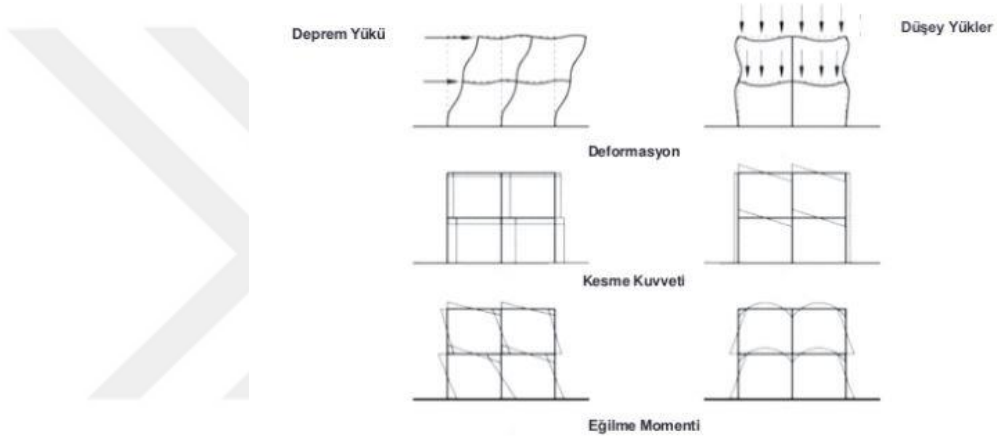
Ülkemizde meydana gelen depremler deprem yönetmeliklerin değişmesine, iyileştirilmesine yol açmıştır. Bunun en net örneklerinden biri 1999 yılında Gölçük'te meydana gelen depremdir. Depremden sonra deprem yönetmeliği güncellenmiş ve takip eden yıllarda da birçok değişim olmuştur. 1999 depremi Türkiye'de depreme karşı alınacak önlemler için büyük değişimleri de gündeme getirmiştir. Deprem, tüm yapılara farklı biçimlerde kuvvetler uygulamaktadır. Bu kuvvetlerin meydana getireceği etki taşıyıcı sistemin nasıl oluşturulacağına büyük pay sahibidir. Taşıyıcı sistemin depreme göre şekillenmesi tasarımın da kaçınılmaz olarak depreme göre şekillenmesine neden olmaktadır (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4. 3:** Türkiye'de son yüzyılda meydana gelen bazı büyük depremler

| Depremin Büyüklüğü | Depremin Yeri ve Tarihi | Deprem Sonucu Oluşan Can Kaybı (Kişi) |
|--------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 7.9                | Erzincan – 1939         | 32692                                 |
| 7.4                | Kocaeli – 1999          | 18374                                 |
| 7.2                | Samsun – 1943           | 2824                                  |
| 7.2                | Bolu – 1944             | 3959                                  |
| 7.2                | Kütahya – 1970          | 1086                                  |
| 7.0                | Tokat – 1942            | 3000                                  |
| 6.9                | Muş – 1966              | 2394                                  |
| 6.9                | İzmir – 2020            | 117                                   |
| 6.8                | Erzurum – 1983          | 1115                                  |
| 6.8                | Erzincan – 1992         | 653                                   |
| 6.7                | Van – 2011              | 604                                   |
| 6.1                | Bingöl – 2003           | 176                                   |

#### 4.3.3.3. Betonarme yapıların deprem karşısındaki davranışları

Yapılar inşa edildikleri günden itibaren dengede durmaktadırlar. Taşıyıcı sistemin mevcut kapasitelerinin yettiği kadarıyla deprem gibi ekstra yüklere karşı denge hallerini korumaya ve mümkün olduğu kadar esneyerek yükü absorbe etmeye çalışırlar (Şekil 4.22). Yapılar daha önce bölgede meydana gelmiş depremlere ve mevcut fay hattının durumuna göre tasarlanıp inşa edilmektedir. Depremin ne zaman ve hangi şiddette geleceğini tahmin etmemiz mümkün olmadığından dolayı yapının gelen yüklere verdiği cevap yapının yıkılıp yıkılmayacağını belirlemektedir.



**Şekil 4. 22:** Deprem yüklerinin yapıya etkisi ve sonucunda yapıda oluşan farklı bozulmalar (URL 48).

Betonarme binalar ahşap ve çelik binalara göre daha ağır yapılardır. Bu sebeple deprem gibi büyük yüklere karşı daha fazla zorlanmaktadırlar. Çelik, betonarmeden daha sünek bir yapı malzemesidir fakat rijitlik açısından betonarme yapılar çelik ve ahşaba göre daha iyi sonuçlar göstermektedir. Sünek olan binalar depreme karşı daha dayanıklıdır. Sünek olan malzemeler deprem gibi yüklere karşı kopma gibi durumlardan önce iyice uzama gösterebilen malzemelerdir. Bu nedenlerden dolayı süneklik özelliği olarak çelik, rijitlik özelliği ile betonla birleşerek depreme karşı iyi karşılık veren betonarme binalar yapmak mümkündür (Çamlıbel, 1994).

Deprem esnasında betonarme binaların öncelikle sıvaları çatlar. Bu çatlamalar ilerleyip büyürse depremin de devam etmesi sonucu bölme duvarlar ile betonarme çerçeve arasında çatlamalar oluşur. Önce duvar ile kiriş arasında meydana gelmeye başlayan bu çatlaklar buradan kolonların birleşim noktalarına ulaşır. Bölme duvarlar

tamamen hasar görürse taşıma yükleri artık betonarme çerçeveden devam etmektedirler. Deprem yüklerinin betonarme binalardaki hasarları genelde kolonlar ve çerçevelerde başlamaktadır. Deprem yüklerinin yapı üzerindeki etkileri kiriş ve kolon arasındaki rijit bağlantının mafsallaşması sonucunda sona ermektedir (Gökçe, 2002).

Yapıların depreme karşı dayanıksız inşa edilmesinde göz ardı edilen bazı durumlar;

- Türkiye Bina deprem yönetmeliği ve TS500 gibi standartlara uymamak veya eksik şekilde uymak,
- Zeminin gerektiği şekilde incelenmemesi ve raporun yanlış veya eksik olması,
- Proje aşamasında taşıyıcı sistemlerin yerinin veya sayısının yanlış ve eksik olarak planlanması,
- Daha fazla kazanç elde etmek hevesiyle malzemeyi gerekenden eksik kullanmak,
- Yapıların inşaatı sırasında yapılan denetimlerin düzgün yapılmaması veya yapılan hataları görmezden gelmek (Resim 4.2),
- Gerekli iş takibinin yapılmaması sonucu taşıyıcı sistemin hatalı şekilde inşa edilmesi,
- Zorunlu olan malzeme testlerinin yapılmaması veya eksik yapılması,
- Malzemelerin doğru bir şekilde kullanılmaması, doğru kullanım için gereken bekleme sürelerine uymamak,
- Gerekli vibrasyon, donatı takibinin yapılmaması veya eksik yapılması olarak sayabiliriz.



(a)



(b)



(c)

**Resim 4. 2:** Betonarme yapılarda yapılan bazı uygulama hataları (URL 50,51,52).

#### 4.3.3.4. Kerpiç yapıların deprem karşısındaki davranışları

Yapılara etki eden hareketlerin başında deprem gelmektedir. Deprem, rüzgâr gibi etkenler yapıyı doğrudan etkilemektedir. Yüksek binalarda rüzgâr olgusu da tasarımın ve kullanılan malzemenin ona göre şekillendiği etkenlerden birisidir. Deprem ise yüksek veya alçak tüm yapıları doğrudan etkilemektedir. Yığma yapılarda duvarlar yapının bütün ağırlığını temele aktarmaktadır. Ayrıca yığma yapıların depremdeki hareketlere, gerilmelere olan tepkisi yeterli kalmamaktadır. Bu sebeple kerpiç yapılarda malzemenin, yapının oturacağı zeminin önemi depreme verilecek tepki açısından yüksektir.

Kırsalda inşa edilmiş yapıların neredeyse tamamında herhangi bir mühendislik danışmanlığı bulunmamaktadır. Türkiye'nin deprem kuşağı içinde olması da hesaba katılırsa kırsal alanlarda yaşayan ülke nüfusunun da büyük bölümünü oluşturan halkın deprem sonucunda büyük hasarlar alması yüksek ihtimalli bir durumdur. Bunun yanında şehirlerde inşa edilmiş kırsal bölgelerdeki yapılara göre daha güvenli olarak düşünülen yapıların birçoğu bile deprem karşısında büyük hasarlar görebilmektedir (Budak v.d., 2004).

Kerpiç yapıların basınca dayanımı dolaylı yoldan depreme karşı da nasıl tepki vereceğiyle ilgili fikir vermektedir. Toprağın kendisi basınca dayanıksız bir malzemedir fakat eklenilen malzemelerle ve geçirildiği işlemlerle birlikte basınca veya depreme karşı etkisi güçlendirilmeye çalışılmaktadır. Yapılar kurallara uygun

bir şekilde yapıldığında kendisinden beklenen mukavemeti depreme gösterebilecektir. Yönetmeliklere, kurallara uygun olmadan yapılar ise betonarme, çelik, ahşap, kerpiç fark etmeksizin deprem yüklerine karşı dayanaksız olacak ve istenilen güveni vermeyecektir.

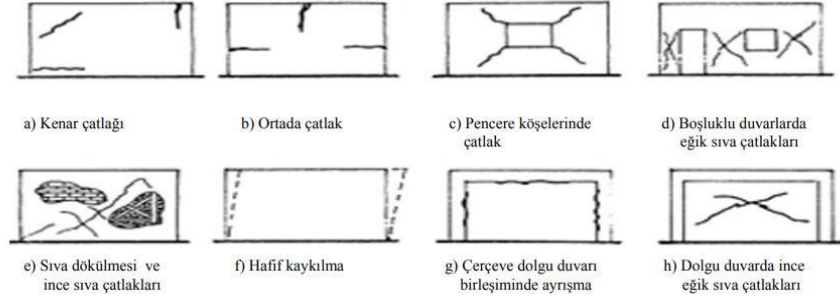
Toprak yapılarda kat sayısı da deprem sonucunda yapının nasıl etkileneceği konusunda belirleyici hususlardan birisidir. Türk standartlarına göre kerpiç yapılar en fazla bir bodrum ve bir kat olarak yapılmalıdır. Dünyanın farklı ülkelerindeki toprak yapı standartlarında kat sayısını genelde iki kat olarak görebilmekteyiz (TS 2515, 1985).

Yapı malzemesinin basınç dayanımının ne derecede olduğunu görmek deprem önlemleri için belirlenmesi gereken önemli bir durumdur. Belli basınç değerleri altındaki malzemelerin yapıda kullanılması deprem sonrası yıkıcı etkilere sebebiyet verebilmektedir. Türk standartlarında yanal desteği olmayan duvarlarda en düşük basınç dayanım değeri  $0,8 \text{ N/mm}^2$  ve yine yanal desteği olmayan duvarlarda ortalama basınç dayanım değeri ise  $1 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Bu değerlerin altında olan basınç dayanım değerlerindeki duvarlar yapının mekanik özellikleri ve depreme dayanımı açısından kullanılmamalıdır (TS 2514, 1977).

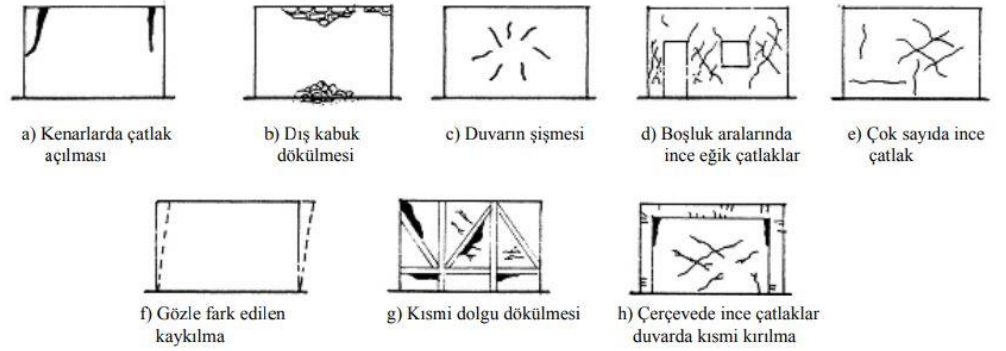
Kerpiç yapılarda duvarların mekanik işlevini etkileyen diğer bir özellik gerilme sonucu oluşan kopmadır. Ülkemizdeki standarda göre çekme gerilmesinin  $50 \text{ gr/cm}^2$  olması gerekmektedir. Dünyanın farklı ülkelerindeki standartlara göre bu değer değişebilmektedir (TS 2514, 1977).

Yapı mekaniğinin problemlerinden biri de yük etkisine maruz kalan yığma yapının davranışının belirlenmesidir. Yapı davranışının belirlenmesinin zor olmasının nedenlerinden bazıları yapı elemanlarının homojen olması, yapım işçilikleri ve kullanılan malzemelerdir. Yığma yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının belirlenmesi, bu yapıların yatay yükler altında zayıf davranmasından dolayı çok önemlidir. Depremde meydana gelen yer hareketi yığma yapıyı sismik enerji ile doldurur ve yapıda yanal hasara yol açılmasına neden olur. Meydana gelen deprem yüklerine maruz kalan yığma yapıda en üst düzeydeki iç zorlanmalar zemin katta üst

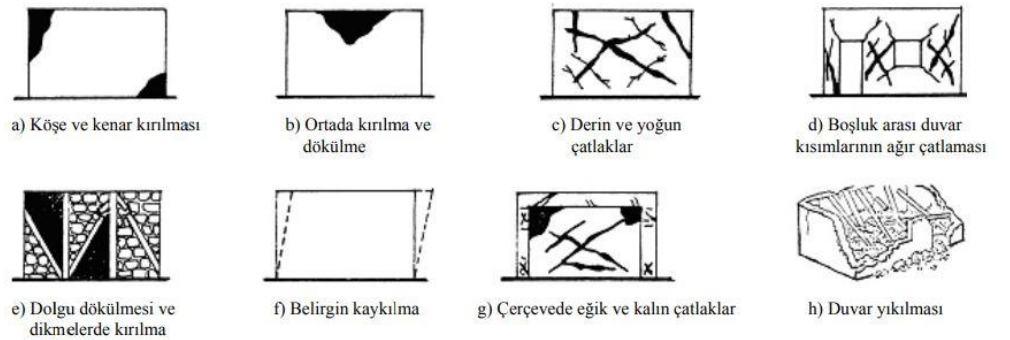
düzeydeki düzlem dışı zorlanmalar ise yapının üst bölümündeki duvarlarda oluşmaktadır (Şekil 4.23, 4.24, 4.25) (Kayırğa, 2017).



**Şekil 4. 23:** Hafif hasar almış kerpiç yapının duvar görünüşleri (Budak v.d., 2004).



**Şekil 4. 24:** Orta hasar almış kerpiç yapının duvar görünüşleri (Budak v.d., 2004).



**Şekil 4. 25:** Ağır hasar almış kerpiç yapının duvar görünüşleri (Budak v.d., 2004).

Depreme karşı dayanıklı olarak üretilmeyen, bağlantıları zayıf olan, ağır toprak çatılı yapıların deprem sonrasında ağır hasarlı, kullanılamaz veya yıkılmış olduğu görülmüştür. Kerpiç yapının depreme olumsuz bir şekilde davranış göstermesi

yalnızca malzeme kaynaklı değil üretimde ilkelere bağlı olmaksızın hareket etmeye, su nem ile ilgili problemlere, detayların düzgün bir biçimde işlenmeyeşine dayanmaktadır (Resim 4.3, 4.4) (Koçu ve Korkmaz, 2004).



**Resim 4. 3:** Konya'da kerpiç malzemeli, ağır toprak damlı yapının yıkıntısı (Koçu ve Korkmaz, 2004).



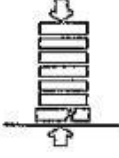
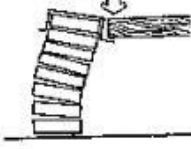
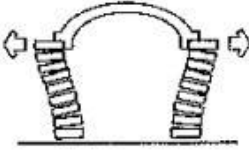
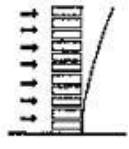
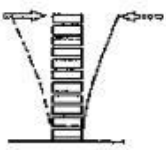
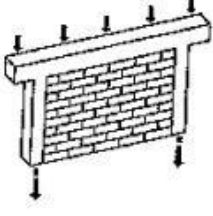
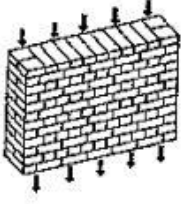
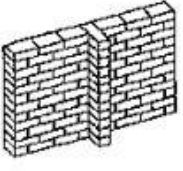
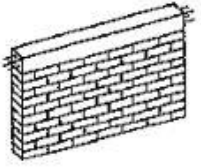
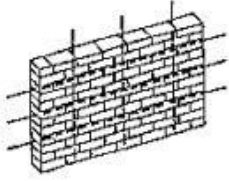
**Resim 4. 4:** Strüktür sorunu olan kerpiç duvarın deprem sonrası görünüşü (Koçu ve Korkmaz, 2004).

Deprem bölgelerinde yapılacak olan kerpiç taşıyıcı duvarlar ile oluşturulan binaların boyutlandırılması, yürürlükte olan standart ve yönetmeliklerle birlikte aşağıda belirtilen kurallara göre yapılmalıdır:

- Kerpiç yapılar hakkında deprem yönetmeliği de dahil açıklanan kurallara uyularak yapılar üretilmelidir (Şekil 4.26).
- Kerpiç yapının tek kat yüksekliği 2.70 m.'yi geçmemelidir. Bodrum kat yüksekliği ise 2.40 m.'yi geçmemelidir.
- Kerpiç yapıların planları dikdörtgen şeklinde olmalı ve taşıyıcı duvarlar simetrik bir biçimde tasarlanmalıdır.

- Duvar kalınlığı temeller bodrumu olmayan yapılar da en az 50 cm, bodrumu olan yapılar da ise 60 cm olmalıdır.
- Temel don derinliğinin altında en az 120 cm olmalıdır. Temel duvarları yüzeyden en az 50 cm yukarıda olacak şekilde üretilmelidir.
- Taşıyıcı olan duvarlardaki kerpiçler TS 2514 baz alınarak üretilmelidir.
- Taşıyıcı olan dış duvarlar en az 1.5, taşıyıcı iç duvarlar ise en az 1 kerpiç kalınlığında üretilmelidir.
- Kapı boşlukları yatayda 1 m, düşeyde 2.10 m'den, pencere boşlukları yatayda 0.90 m. düşeyde 1.20 m'den fazla olmamalıdır (Çamlıbel, 2000).

Ekonomik anlamda kentlere göre biraz geride kaldığı görülen kırsal bölgelerde geleneksel mimarimizin de yaşatılarak devam etmesi için kerpiç malzeme öne çıkmaktadır. Yapım ilkelerine ve kurallarına uyulduğu sürece kerpiç malzeme ile üretilmiş yapıların depreme karşı güzel sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Moloz yığma duvarlı, toprak harçlı yapılara nazaran kerpiç yapıların depremden daha az zarar gördüğü tespit edilmiştir. Bu sebepten dolayı hazırlandığı esnada harca katkı maddeleri ekleyerek ve strüktürü ile yapım tekniği hakkında daha doğru çözümler elde edildiği takdirde deprem sonucundaki sonuçların daha iyi olacağı görülmüştür. Kerpiç yapılarda strüktür olarak genelde ahşap kullanıldığı görülmüştür. Kerpiçle birlikte kullanılacak olan ahşabın nemden etkilenmeyen ve dayanıklılığın uzun olduğu ahşaplardan olması gerekmektedir (Koçu ve Korkmaz, 2004).

| PROBLEMLER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ÇÖZÜMLER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>DUVARIN MARUZ KALDIĞI GERİLİMLER</p> <p>Basınç</p>  <p>Dikey Yükler</p>  <p>Yatay Yükler</p>  <p>Burkulma</p>  <p>Yatay Yükler:</p> <p>1- Rüzgar Yükü</p>  <p>2- Deprem Yükleri</p>  | <p>Yük Taşımayan Duvarlar:</p> <p>Dolgu Duvarlar</p>  <p>Yük Taşıyan Duvarlar:</p> <p>Kalın Duvarlar</p>  <p>Payandalı İnce Duvarlar</p>  <p>Kirişli İnce Duvarlar</p>  <p>Takviyeli Duvar</p>  |

Şekil 4. 26: Duvarlara gelen yük problemleri ve çözümleri (Guillaud v.d., 1995).

#### 4.3.4. Betonarme ve Kerpiç Yapılarda Zararlı Gazlar

Ankete katılan katılımcılara betonarme yapıların zaman içerisinde insan sağlığına ve çevreye zararı olan gazlar üretilip üretilmediği sorulmuştur. ‘Betonarme yapılar zamanla içerisinde insan sağlığına ve çevreye zararlı gazlar üretebilir.’ önermesinde ‘Doğru’ seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı %36,3 (346 kişi), ‘Yanlış’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %13,2 (126 kişi)’tür. Önermede ‘Bilmiyorum’ seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı ise %50,5 (481 kişi)’dir. Bu soruda en çok oyu ‘Bilmiyorum’ seçeneği alırken, en az oyu ise ‘Yanlış’ seçeneği almıştır (Şekil 4.27).



Şekil 4. 27: Anket 5. önerme ve cevapların dağılımı

##### 4.3.4.1. Yapılarda oluşan zararlı gazlar: Radon Gazı

Radon gazı, 1898 yılında Alman fizikçi Friedrich Ernst tarafından keşfedilmiştir. Radyoaktif bir element olan radon gazı keşfedildiği ilk yıllarda parlamak anlamına gelen Latince’deki ‘nitens’den türetilerek niton olarak isimlendirilmiştir. 1923 yılından itibaren radon gazı olarak bilinmektedir. Radon gazı bilinen en yoğun gazdır. Havadan dokuz kat daha yoğun olan radon gazı tek atomlu olduğundan dolayı plastikler, boyalar, alçı kaplamaları, beton, yalıtım malzemeleri gibi yapı malzemelerinden kolay bir şekilde geçebilmektedir. Radon gazı suda çözünmektedir ve bileşiklerle reaksiyona girmesi çok nadirdir (Tufaner, 2011).

Yapıların içerisinde radon gazının haricinde birçok zararlı madde bulunabilmektedir. Bu maddeler yapının inşaatında ve yapının kullanım alanlarında direkt temas imkânı olan yerlerde kullanılan malzemelerden zaman içerisinde koparak insanlara ulaşırlar.

Bu zararlı gaz ve maddeler insan sağığı için tehlike oluşturmaktadır. Yakın geçmişte yapay yapı malzemelerinden önce ahşap, taş, kerpiç gibi doğal yapı malzemeleri kullanılmaktaydı. Katkı maddesi, kimyasal maddeler içermeyen bu malzemeler işlem görmeden yapılarda kullanılmaktaydı. Daha sonraki yıllarda seri üretimin de devreye girmesiyle yapılarımız da fabrikadan çıkan, işlem gören, kimi zaman sağığına zararlı kimyasal maddeler içeren yapay malzemelerle üretilmeye başlandı. Birçok avantajı olan bu yapı malzemeleri üretim aşamasında geçirdikleri işlemler nedeniyle içerdikleri uçucu kimyasalları kullandıkları süre zarfı içerisinde salmaktadırlar. Bu da mekân içerisindeki hava kalitesine direkt olarak etki etmektedir. Bu sebeple yapı malzemeleri, yalıtım malzemeleri, iç dekorasyonda kullanılan yapı malzemeleri iç hava kalitesini etkilemektedir. Standart değerlerin üzerinde zararlı madde, toksik madde, sağığına zararlı gazlar salan malzemeleri kullanmak mekân içi hava kalitesinin kalitesiz, sağığısız, kötü olmasının başlıca sebeplerindendir.

Yapı içerisindeki radon gazının insan sağığı üzerindeki etkisini Dünya Sağıık Örgütü (WHO) 1979 yılında gündemine almıştır. IARC, radon gazını 1988 yılında kanserojen olarak kabul etmiştir. Daha sonrasında Dünya Sağıık Örgütü 1993 yılında üye ülkelere radon gazının sağığına olan etkilerini kontrol altına almalarını iletmiştir. 2005 yılında Dünya sağıık örgütü yürüttüğü projeler aracılığıyla ülkelere gelen bilgiler ışığında radon gazı oranlarını gösteren bir harita oluşturdu. Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP) ve Dünya Sağıık Örgütü (WHO) bina içerisinde radona maruz kalmanın, sigaradan sonra akciğer kanserine sebep olan en büyük etken olduğunu ifade etmektedir (URL 11).

#### **4.3.4.2. Radon gazının yapılara girme yolları**

Yapılan araştırmalar yapı içerisindeki radon gazı konsantrasyon değerinin dış havadaki değerinden daha fazla olduğunu göstermektedir. Dışarıda radon gazı konsantrasyonu  $7.5 \text{ Bq/m}^3$  iken aynı değer yapı içerisinde yaklaşık olarak  $55 \text{ Bq/m}^3$ 'tür. Yerküre merkezli olan yapı malzemelerinde bulunan radon gazı miktarı dışarıdaki havadan neredeyse 103 kat daha fazladır. Radon gazının yapılara giriş hızı yapı malzemelerinden ve topraktan  $60 \text{ kBq/gün}$ , dış havadan  $10 \text{ kBq/gün}$ , su kaynaklarından  $4 \text{ kBq/gündür}$  (Bozkurt, 2008).

Radon gazının binalara ulaşmasında ana kaynak görevi gören binanın altında bulunan toprak ve kayalar çatlaklardan, bağlantı noktalarından, duvar içerisindeki boşluklardan, kullanılan çeşme sularından bina içerisine sızmaktadır. Yapılarda kullanılan yapı malzemelerinin de bir kısmı radon gazı içermektedir. Isınma amaçlı kullandığımız doğal gaz da belirli miktarlarda radon gazı içerebilmektedirler. Radon gazı yapının temeli ile toprağın temas ettiği yerlerden başlayarak yavaşça yapının üst katlarına doğru çıkmaktadır. Gözle görülmeyen boşluk ve deliklerden sızarak mekânın içerisine birikir. Bu sebeple zamanlarının büyük bir kısmını kapalı mekânlarda geçiren insanlar radon gazı ve yine binalarda bulunması mümkün olan farklı maddelere maruz kalmaktadırlar. Bu durum insan sağlığı için yüksek risk taşımaktadır.

İnşaatlarda kullanılan yapı malzemeleri aslında dış radyasyona karşı bir koruyucu görevi görmektedirler fakat mekân içerisinde tam tersi olarak davranırlar. Yapıların içerisinde bir radyasyon kaynağı gibi davranan yapı malzemeleri radon konsantrasyonunun artmasındaki en büyük nedenlerden biri de kullanılan yapı malzemelerinde bulunan radyumdur. Fosfat türündeki kayaçların yapı malzemesinde bulunması yine bu oranları arttırmaktadır. Yapılarda kullanılan malzemelerin yapı içerisindeki dozu %50'ye kadar arttırdığı gözlemlenmiştir. Beton ve tuğla yapı malzemesi olarak kullanılan en yaygın malzemelerdendir ve betondaki radyum konsantrasyonu tuğlaya göre daha azdır fakat radon gazı çıkış oranında betonun oranı daha yüksektir (UNSCEAR, 1988). Yapıların içerisinde bulunan radon gazının kaynaklarından biri de yapının yapımında kullanılan yapı malzemeleridir. Bu malzemelerin büyük bir kısmı uranyum içermektedir ve bu uranyumda radon gazı yayma potansiyeli bulunmaktadır (Çizelge 4.4, 4.5) (Durrani ve Ilıc, 1997).

**Çizelge 4. 4:** Bazı inşaat malzemelerinin radon gazı konsantrasyonu ve radon çıkış oranları (Bozkurt, 2008) (UNSCEAR, 1988).

| Malzeme               | Konsantrasyon (Bq/kg) | Radon çıkış oranı | Malzeme          | Konsantrasyon (Bq/kg) | Radon çıkış oranı |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------|
| Ağaç                  | 1,1                   | -                 | Kalsiyum Silikat | 2140                  | -                 |
| Alçı taşı             | 26                    | 6.3               | Kireç taşı       | 3                     | -                 |
| Alçı taşı (fosfattan) | 580-740               | 0.13-0.20         | Kırmızı tuğla    | 82                    | -                 |
| Beton                 | 98                    | 2.5-20            | Kum              | 10                    | 3                 |
| Çimento               | 50                    | 1                 | Kum tuğla        | 82                    | -                 |
| Deniz kumu            | 7                     | -                 | Tahta            | -                     | 0.2               |
| Doğal alçı            | 2,9                   | -                 | Tuğla            | 45                    | 1                 |

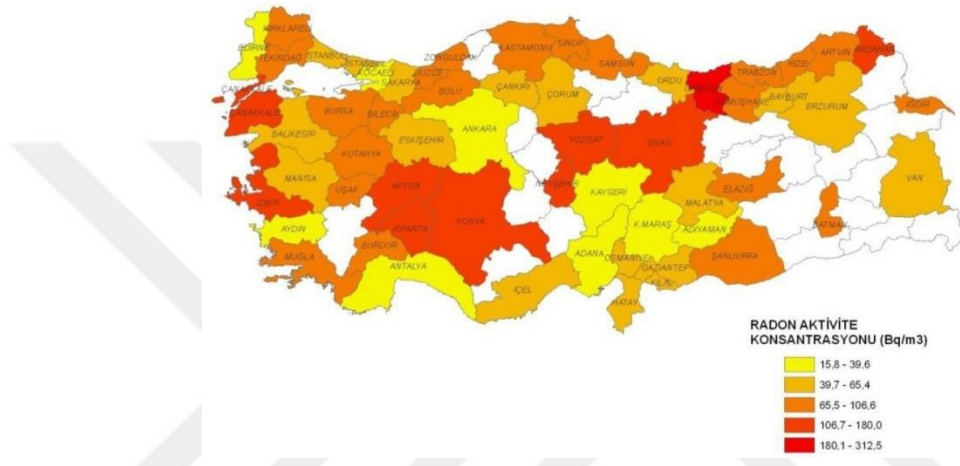
**Çizelge 4. 5:** Bazı ülkelerin ortalama radon gazı konsantrasyon değerleri ve limitleri

| Ülkeler    | Ortalama Radon gazı konsantrasyon değerleri | Radon gazı konsantrasyon limitleri | Ülkeler     | Ortalama Radon gazı konsantrasyon değerleri | Radon gazı konsantrasyon limitleri |
|------------|---------------------------------------------|------------------------------------|-------------|---------------------------------------------|------------------------------------|
| ABD        | 46                                          | 150                                | İsviçre     | 70                                          | -                                  |
| Almanya    | 50                                          | 250                                | İtalya      | 75                                          | -                                  |
| Arjantin   | 37                                          | -                                  | Japonya     | 16                                          | -                                  |
| Avustralya | 11                                          | 200                                | Kanada      | 34                                          | 800                                |
| Cezayir    | 30                                          | -                                  | Mısır       | 9                                           | -                                  |
| Çek Cum.   | 140                                         | -                                  | Norveç      | 73                                          | 200                                |
| Çin        | 24                                          | 200                                | Polonya     | 41                                          | -                                  |
| Danimarka  | 53                                          | 400                                | Portekiz    | 62                                          | -                                  |
| Ermenistan | 104                                         | -                                  | Rusya       | -                                           | 200                                |
| Fransa     | 62                                          | 400                                | Suriye      | 44                                          | -                                  |
| Hindistan  | 57                                          | 150                                | Tayland     | 23                                          | -                                  |
| Hollanda   | 23                                          | -                                  | Türkiye     | 52                                          | 400                                |
| İngiltere  | 20                                          | 200                                | Yunanistan  | 73                                          | -                                  |
| İran       | 82                                          | -                                  | AB ülkeleri | -                                           | 400                                |
| İspanya    | 86                                          | -                                  | ICRP*       | -                                           | 400                                |
| İsveç      | 108                                         | 200                                | WHO**       | -                                           | 100                                |

\*ICRP: International Commission on Radiological Protection (Uluslararası Radyolojik Koruma Komisyonu) \*\*WHO: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

#### 4.3.4.3. Türkiye’deki yapılarda radon gazı ve alınan önlemler

Türkiye’de 1984 yılında, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından radon konusunda çalışmalar başlatılmıştır. TAEK, yapıların içerisindeki ortalama radon konsantrasyonunu ölçmek için 59 ilde yaklaşık 5500 evde ölçümler gerçekleştirmiştir. Ölçüm yapılan evlerdeki ortalama radon konsantrasyonu 82,66 Becquerel (Bq) /m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir (TAEK, 2012).



**Şekil 4. 28:** Türkiye’deki illere göre evlerde bulunan ortalama radon gazı konsantrasyonları (TAEK).

Dünya sağlık örgütünün (WHO) radon konsantrasyonu için uygun gördüğü oranlar yıllık ortalama bina içi için 100 Bqm-3’dür. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’nun (TAEK) uygun gördüğü radon konsantrasyon oranı bina içi için evlerde 400Bqm-3 , işyerlerinde ise 1000 Bqm-3’dür. 2018’de yapılan bir çalışmada ölçülen en yüksek radon konsantrasyonu ise 51 Bqm-3’dür (Şekil 4.28). Günay, Aközcan ve Kulalı’nın 2018’de araştırmaları için seçtikleri bir yapının bodrum -1 ve bodrum -2 katlarında 8’er farklı noktada yapılan ölçümlerde radon konsantrasyonu oranının birbirine yakın olduğunu gözlemlemişlerdir (Çizelge 4.6).. Araştırmaya göre bu, topraktan binaya doğru olan radon sızıntısının çok az olduğunun bir göstergesi olabilir. Elde edilen sonuçlara göre radon konsantrasyonun büyük bölümünün aslında yapıda kullanılan yapı malzemelerinden geldiği gösterilebilir. Bu çalışmaya benzer olarak Polonya’da yapılan farklı bir araştırmada üç ayrı hastanedeki radon konsantrasyonları, bodrum katları için sırasıyla 25.3, 45.5 ve 32.3 Bqm-3 olarak belirlenmiştir. Zemin katları için ise sırasıyla ortalama olarak 19.7, 24.9 ve 18.6 Bqm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir.

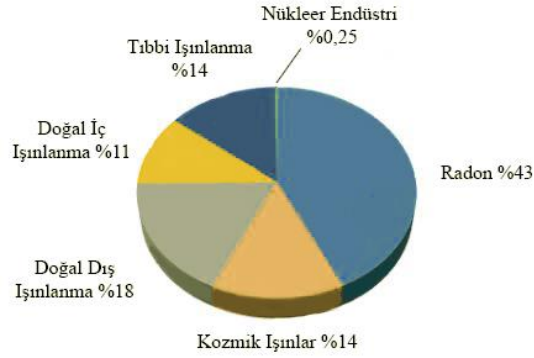
Polonya’ da yapılan bu çalışmanın sonuçları ile paragraf başında bahsedilen çalışmaların sonucu birbirlerine yakın olarak gözükmemektedir (Günay v.d., 2018).

**Çizelge 4. 6:** Yapılan çalışmada ölçüm noktalarından alınan çeşitli değerler ve yıllık etkin doz eşdeğeri (Günay v.d., 2018).

| Ölçüm Yeri           | Ölçüm noktası  | Radon (Bq/m <sup>3</sup> ) | Sıcaklık (°C) | Nem (%) | Basınç (hPa) | 6 saat YEDE* (mSv/yıl) | 24 saat YEDE (mSv/yıl) |
|----------------------|----------------|----------------------------|---------------|---------|--------------|------------------------|------------------------|
| <b>BODRUM -1 KAT</b> | <b>B1-1</b>    | 38±12                      | 23            | 58      | 1014         | 0.300                  | 1.198                  |
|                      | <b>B1-2</b>    | 37±13                      | 23            | 59      | 1015         | 0.292                  | 1.167                  |
|                      | <b>B1-3</b>    | 42±14                      | 23            | 58      | 1015         | 0.331                  | 1.325                  |
|                      | <b>B1-4</b>    | 40±13                      | 23            | 58      | 1015         | 0.315                  | 1.261                  |
|                      | <b>B1-5</b>    | 33±11                      | 23            | 60      | 1015         | 0.260                  | 1.041                  |
|                      | <b>B1-6</b>    | 19±8                       | 23            | 60      | 1015         | 0.150                  | 0.599                  |
|                      | <b>B1-7</b>    | 23±9                       | 23            | 59      | 1015         | 0.181                  | 0.725                  |
|                      | <b>B1-8</b>    | 28±11                      | 23            | 60      | 1015         | 0.221                  | 0.883                  |
|                      | <b>B1-ORT.</b> | 32.5±11                    | 23            | 59      | 1014.9       | 0.256                  | 1.025                  |
| <b>BODRUM -2 KAT</b> | <b>B2-1</b>    | 51±15                      | 24            | 57      | 1015         | 0.402                  | 1.608                  |
|                      | <b>B2-2</b>    | 22±9                       | 23            | 59      | 1015         | 0.173                  | 0.694                  |
|                      | <b>B2-3</b>    | 25±9                       | 24            | 58      | 1015         | 0.197                  | 0.788                  |
|                      | <b>B2-4</b>    | 34±12                      | 23            | 58      | 1015         | 0.268                  | 1.072                  |
|                      | <b>B2-5</b>    | 28±10                      | 23            | 58      | 1015         | 0.221                  | 0.883                  |
|                      | <b>B2-6</b>    | 24±9                       | 23            | 58      | 1015         | 0.189                  | 0.757                  |
|                      | <b>B2-7</b>    | 33±10                      | 23            | 59      | 1015         | 0.260                  | 1.041                  |
|                      | <b>B2-8</b>    | 36±12                      | 24            | 58      | 1015         | 0.284                  | 1.135                  |
|                      | <b>B2-ORT.</b> | 31.6±10                    | 23.4          | 58.1    | 1015         | 0.249                  | 0.997                  |

\*YEDE: Yıllık etken doz eşdeğeri

Radyasyon kaynaklarının oluşturduğu etkinin oransal olarak tahminlerin yer aldığı Şekil 4.29'da görüldüğü gibi radona maruz kalma oranı toplam radyasyon dozunun en büyük bölümüne sahiptir.



**Şekil 4. 29:** Radyasyon kaynaklarının etkilerinin dağılımı (IAEA).

Gün içerisinde en çok vakit geçilen yerlerden biri olan evlerde radona maruz kalma oranı daha fazla olmaktadır. Aynı zamanda iş yerleri, okullar, hastaneler, kamu binaları dahil kapalı mekanların hepsinde radona maruz kalılabilmektedir. Günün büyük bir bölümünü evlerinde geçiren insanların radona maruz kalmalarından dolayı radona bağlı olarak sağlık sorunları görülmektedir. Radon gazından dolayı ortaya çıkan sağlık sorunlarında son yıllarda artış gözlemlenmektedir. Bunun sebebi radon gazının doğal yollarla daha fazla oluşması değildir. Bu artışın ana sebepleri yapılarda kullanılan yapı ve inşaat malzemelerinde belli başlı kriterlere uymamak, yalıtım seçimleri, havalandırmanın uygun olmayacak şekilde yapılması olarak görülmektedir (Değerli ve Umaroğulları, 2017). Bu sebeplerin yanında yönetimlerin bu konu hakkında yeterli ilgiyi göstermemeleri, kullanıcılara yani halka ve yapı üreticilerine gerekli bilgilendirmeyi yapmamak, inşaatlarda kullanılan malzemelerin bu konu doğrultusunda gerekli düzenlemelerin yapılmaması, yapıyı tasarlayan inşa eden ve talep edenlerin yetkililer tarafından bilinçlendirilmemesi de yapı içerisinde insanların radon gazına sürekli maruz kalmalarına sebep olmakta insan sağlığını tehdit etmeye devam etmektedir (Apak, 2014).

Güğercin vd.'nin 2018 yılında yaptıkları çalışma, aynı net alana sahip kerpiç yığma yapı ile betonarme karkas yapıda kullanılan bazı yapı malzemelerinin imalatı

esnasında doğaya saldıkları karbondioksit miktarlarının boyutunu göstermektedir. Aynı net alana sahip olan iki yapı için belirlenmiş olan malzeme miktarı birim malzeme için gerekli olan toplam enerji miktarı verileri kullanılarak çevreye salınan toplam karbondioksit miktarı da bulunmuştur (Çizelge 4.7). (Güğercin v.d., 2018).

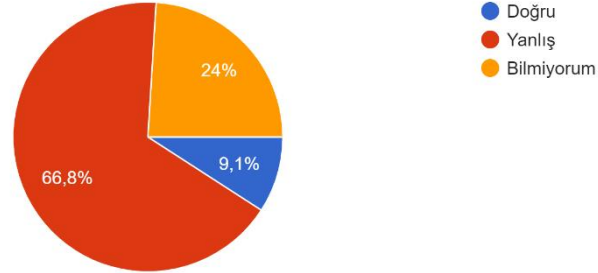
**Çizelge 4. 7:** Betonarme-karkas ve kerpiç yığma yapılar için gereken malzemelerinin bazılarının atmosfere saldıkları karbondioksit miktarları (Güğercin v.d., 2018).

| Malzeme                          | Malzeme Miktarı                                    | Atmosfere salınana CO <sub>2</sub> Miktarı (kg) |
|----------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Çimento (300 doz)                | $39.9 \text{ m}^3 \times 300 = 11970$              | 5925                                            |
| Beton çeliği                     | 3570                                               | 11245                                           |
| Tuğla                            | $15.75 \text{ m}^3 \times 600 = 9450$              | 2402                                            |
| Tuğla duvar harcı için çimento   | $15.75 \text{ m}^3 \times 25.2 \text{ kg} = 0.397$ | 196                                             |
| Sıva harcı için çimento          | $12.075 \text{ m}^3 \times 300 \text{ kg} = 3622$  | 1793                                            |
| Taş duvar için çimento           | $43.38 \text{ m}^3 \times 68 \text{ kg} = 2950$    | 1460                                            |
| Kerpiç                           | $75 \text{ m}^3$                                   | 115                                             |
| <b>Toplam Emisyon miktarları</b> | Betonarme (Net: $94 \text{ m}^2$ )                 | 21561                                           |
|                                  | Kerpiç yığma (Net: $94 \text{ m}^2$ )              | 1575                                            |

#### 4.3.5. Betonarme ve Kerpiç Yapılarda Sürdürülebilirlik Kavramı

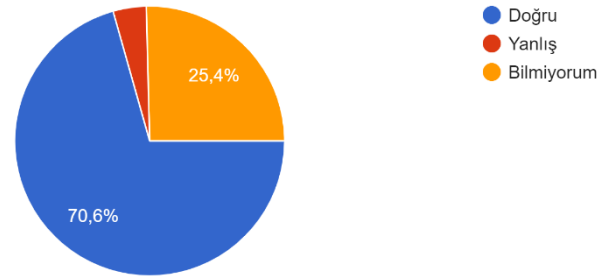
Ankete katılan katılımcılara betonarme yapıların ve kerpiç yapıların sürdürülebilir yapılar olup olmadıkları sorulmuştur. ‘Betonarme yapılar sürdürülebilirdir.’ önermesinde ‘Doğru’ seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı %9,1 (87 kişi), ‘Yanlış’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %66,8 (637 kişi)’tür. Önermede ‘Bilmiyorum’ seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı ise %24 (229 kişi)’dir. Bu soruda en çok oyu ‘Yanlış’ seçeneği alırken, en az oyu ise ‘Doğru’ seçeneği almıştır. ‘Kerpiç yapılar sürdürülebilirdir.’ önermesinde ‘Doğru’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı %70,6 (673 kişi), ‘Yanlış’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %4 (38 kişi)’dir. Önermede ‘Bilmiyorum’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %25,4 (242 kişi)’dir. Bu soruda en çok oyu ‘Doğru’ seçeneği alırken, en az oyu ise ‘Yanlış’ seçeneği almıştır (Şekil 4.30, 4.31).

Betonarme yapılar sürdürülebilirdir.  
953 yanıt



Şekil 4. 30: Anket 6. önerme ve cevaplarının dağılımı

Kerpiç yapılar sürdürülebilirdir.  
953 yanıt



Şekil 4. 31: Anket 7. önerme ve cevaplarının dağılımı

#### 4.3.5.1. Sürdürülebilir mimari kavramı

Sürdürülebilir mimarlık özellikle son dönemlerde mimarlığın birçok alanında yer edinen, zamana uygun tasarımlarıyla doğa ile de uyum içinde olan bir kavramdır. Bu doğrultuda son yıllardaki tasarımlarda, yapımlarda da etkisini belli etmektedir. Uzak olmayan bir zamanda ortaya konmuş olan bu kavram tartışılmaya, araştırılmaya başlanmasından itibaren hızla yaygınlaşmıştır. Sanayi devriminden sonraki yaşananların bu kavramın gündeme gelmesinde etkisi çok olmuştur ve en temelde inşa edilen, üretilen yapıların insan ve doğa ile uyumlu olmasını sağlamak amaçındadır. Sadece yaşanan dönemi değil gelecekteki çevre ve insanlar için de insanlığı olumsuz etkilemeyecek, kolay ulaşılabilir az enerji gerektirecek malzemelerin tercih edilmesi, sadece servis ömrü boyunca değil servis ömründen

sonra da çevreye zarar vermeyecek ürünler ortaya koymak sürdürülebilir mimari değerlerindendir (Akyıldız v.d., 2019).

Sürdürülebilir yapım geniş ve kapsamlı bir döngüdür. Yapı malzemeleri için hammaddelerin çıkarılması ve kullanılabilir hale getirilmesi, yapının kullanım esnasında doğacak problemlere göre planlanması, yapının ömrünü tamamlaması ve yıkımında ortaya çıkan atıkların nasıl kullanılacağına kadar geçen adımların her biri sürdürülebilir kavramıyla doğrudan ilişkisi olan adımlardır. İnşaat sürecinin verimliliğini ve güvenilirliğini yükseltmek ve yapı malzemelerinin kalitesini arttırmak da sürdürülebilirlik adına atılabilecek adımlardır. Yapı sektöründe sürdürülebilirlik adına kaynak kullanımını daha aza indirmek için bazı önlemleri almak mümkündür.

Sürdürülebilir bir mimari için gereken birçok kriter vardır. Bunlardan bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz.

Bakım ve dayanıklılık: Sürdürülebilir inşaat sektörü oluşturabilmek için yapıların servis ömrünün verilerinin oluşturulması ve yönetme becerisini arttırmak en başta karşımıza çıkan mücadelelerden biridir. Servis ömrünün tüm inşaat adımlarında programa katılması da önem arz etmektedir. Bunun yanı sıra bina esnekliğinin de artırılması gerekmektedir (Plessis, 2002).

Yapıdaki malzeme israfının azaltılması: Yapıdaki malzemelerin kullanımının gözden geçirilmesi, israfına engel olunması pek çok fayda sağlayacaktır. Bu israfın azaltılması veya bitirilmesi küresel anlamda inşaat atıklarını, yıkılan yapıların atıklarını ve kaynak tüketimini azaltacaktır. Aynı zamanda bunları sağlamak yapıların maliyetini azaltacak ve yapıların daha uygun olmasını sağlayacaktır.

Yapılardan elde edilen atık malzemenin geri dönüştürülerek kullanılması: Yapı sektörünün atıkları geri dönüştürerek kullanması atıkların çevreye vereceği zararı belli miktarlarda azaltacak bir durumdur. Bu durum, kaynakların daha az tüketilmesini, çevreye atılan atıkların azalması, enerji tüketiminin azaltılması, malzeme üretimi esnasında ortaya çıkan çevre kirliliğinin kontrol altına alınmasına olanak sağlayacaktır (Civan, 2006).

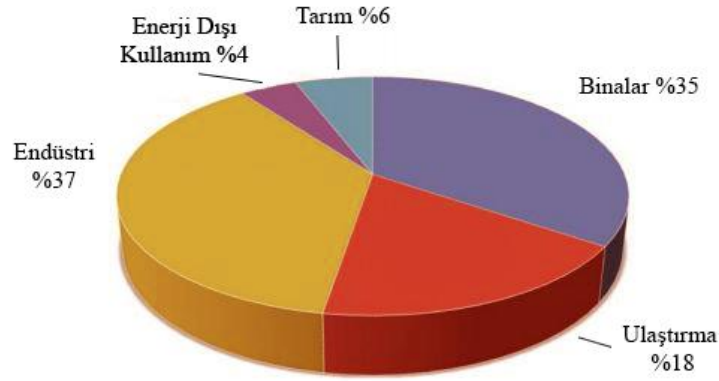
Yapılarda enerji verimliliği: Yapılardaki ısıtma, iklimlendirme gibi sistemlerin geliştirilmesi, doğru planlanıp doğru bir şekilde uygulanması, izolasyonun verimli bir şekilde yapılması, güneş enerjisinden faydalanılması enerji verimliliği açısından alınabilecek olumlu önlemler ve adımlardır (Civan, 2006).

Suyun idareli kullanımı: Yapıların yapımında ve kullanımı esnasında suyun daha idareli kullanımı için yağmur suyunun toplanılarak kullanılması, otomatik musluk bataryalarının kullanımı, gri suyun depolanarak kullanılması alınabilecek önlemlerden bazılarıdır (Civan, 2006).

#### **4.3.5.2. Sürdürülebilirlik ve Betonarme**

Çevredeki hafriyat toprağı ya da toprak, toprak yapısının malzeme olarak kullanılmasına uygun olması durumunda yapı üretiminde kullanılabilir. Yapı üretiminde çevredeki malzemelerin kullanılması betonarme yapılara nazaran ulaşımın oluşturduğu sonuçları 4,5 kat, enerji tüketimini 2 kat azaltmaktadır. Araştırmalar, döşemelerin ve duvarların imalatı için kullanılan enerjinin ve inşaat alanına nakledilen malzemenin bir konutun gömülü enerjisinin yarısını oluşturduğunu göstermektedir. Betonarme bir evin tükettiği enerji 239Gj olarak bulunurken, beton bir evin sıkıştırılmış topraktan yapılmış bir eve kıyasla (70Gj) yani 2.4 kat, taş kâğır bir eve kıyasla (97Gj) yaklaşık 2.5 kat daha çok enerji tükettiği belirlenmiştir. Bu bağlamda çevredeki toprağın, sıkıştırılmış toprak tekniği yoluyla yapı üretiminde kullanılması sonucunda ulaşımdan kaynaklı çevresel sorunların ise 4.8 kat, çevresel sorunların ise 6.4 kat daha az olduğu gözlemlenmiştir (Morel v.d., 2011).

Sadece İngiltere’de her sene 24 milyon ton toprağın toprak yapı inşaatı için farklı işlemlerden geçerek yeniden değerlendirilmektedir. Sıkıştırılmış topraktan yapılmış 92 metrekairelik bir evin aynı ölçülerde betonarme bir eve kıyasla karbondioksit salınımının 14 kat, tuğladan yapılmış bir eve kıyasla ise 7 kat daha az olmaktadır. Bu bağlamda İngiltere’deki betonarme yapıların yalnızca %5’inin bile toprak yapılarla değiştirilmesi sonucunda CO<sub>2</sub> salınımının 100.000 ton düşeceği hesaplanmıştır (Torgal ve Jalali, 2011). Şekil 4.32’de Türkiye’de enerji tüketiminin dağılımı gösterilmiştir.



**Şekil 4. 32:** Türkiye enerji tüketimi dağılımı (ETKB, 2010).

İnşaat sektörü çevreye olan etkisinin olumlu ya da olumsuz anlamda en çok etkileyen malzemelerin başında betonarme vardır. Bunun sebebi dünyada yapı malzemesi olarak en çok betonarmenin kullanılmasıdır. İnşaat sektörü, hammaddeleri ve toprağı tüketen sektörlerin başında geldiği için sürdürülebilirlik bu sektör için farklı açılardan yaklaşılması gereken bir kavram olmaktadır. Toprakta elde edilen minerallerin büyük bir kısmı yine burada kullanılmaktadır. Bu, yerleşim arttıkça arazi kaybında da artışa sebep olmaktadır. Beton oluşturmak için kullanılan çimentoyu elde edebilmek için çok yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç büyük miktarlarda enerji tüketimine sebep olmaktadır. Beton malzemesi yapıların yapımı ve yıkımında oluşan atıklarda en çok yer kaplayan bileşendir. Çimento, yapımı için kullanılması gereken büyük enerjinin yanında karbondioksit yayan bir malzemedir. Çimentoyla birlikte beton oluşturmak için kullanılan agrega toprağı tüketmekte ve nakliyatı için büyük enerjiler harcanmaktadır. Dünyadaki karbondioksit yayılımının en az %8'inin beton üretimi esnasında oluşturulduğu düşünülmektedir. Beton üretiminin ve kullanımının azımsanmayacak şekilde çevresel bir etkisi vardır.

Yapı malzemelerinin kullanıldığı dönemdeki çevreyle ilişkisi kadar üretimi esnasında çevreyle ilişkisi de sürdürülebilirlik açısından büyük önem arz etmektedir. Petkar, yapı malzemelerinin üretimi esnasında çevreyi hangi yönde etkilediğini şu şekilde açıklamaktadır;

- Yenilenebilir ve yenilenemez kaynakları en çok kullanan sektörlerin başında yapı sektörü gelmektedir. Birçok hammaddenin çıkarılıp kullanılabilmesi için doğal çevreden yararlanılmaktadır. Bu kaynakların bu şekilde çıkarılıp kullanılması kırsal ve kıyı alanlarının zarar görmesine ve ekolojik çevrenin tahrip olmasına neden olmaktadır.
- Dünyadaki enerji kaynaklarının tüketimi yapı sektörünün de hızlı bir şekilde büyümesiyle birlikte fosil yakıtlarının kullanımını eskiye nazaran daha da arttırmıştır. Yapı malzemelerinin üretimi sırasında enerji tüketmektedir ve enerji kaynaklarının hızlı ve yoğun bir şekilde tüketilmesi çevreye olumsuz olarak yansımaya devam etmektedir. İnşaat sektörünün enerji tüketimi, yapı malzemelerinin çıkarılması, işlenmesi, taşınması ve kullanılması aşamalarında kalmamakta yapıların aydınlatma, ısıtma, yalıtım, havalandırma gibi ihtiyaçlarını karşılamak için de devam etmektedir.
- İnşaatla kullanılacak olan malzemelerin çıkartılması, işlenmesi, üretilmesi, nakliye edilmesi ve kullanılması sırasında büyük miktarlarda atıklar oluşmaktadır.
- Yapı malzemelerinin üretimi için dünya genelinde yüklü miktarlarda çakıl ve kum kullanımı nehirlerin akım düzenlerini bozarak erozyona sebebiyet vermektedir.
- Hammaddelerin çıkartılıp yapı malzemesi oluşturmak için işlenmesi esnasında özellikle sera etkisi yapan karbondioksitin ortaya çıkması atmosferi ve çevreyi kirletmektedir. Sera gazlarının atmosferi olumsuz yönde etkilemesiyle birlikte sıcaklıklar artmaktadır. Bu sonucun da uzun vadede tüm canlılar üzerinde etkileri olmaktadır (Petkar, 2014).

Su, insanlığın varlığından beri önemli bir madde olarak insanlık tarafından kullanılmaktadır. 21. Yüzyılda suyun her zamankinden daha önemli bir hammadde olacağı günümüzde de çokça konuşulan ve tartışılan bir konu olmuştur. Küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi küresel sorunlar düşünüldüğünde ilerleyen süreçlerde suyu kullanmak için elde etmek de önem kazanacaktır. Beton üretimi yıllık olarak dünya çapında yaklaşık 5 milyar tondur. Bu, inşaat sektörünün beton elde edebilmek

için yıllık olarak 400 milyon ton su kullandığı anlamına gelmektedir. Suyun daha az kullanılabilmesi için yapılan hamleler yeterli olmamaktadır. Bu sebeple betonarmenin elde edilmesinde suyun daha az kullanılabilmesi için atık suların kullanılması gibi farklı yollara başvurulmalı ve bu yolların artırılması gerekmektedir (Nehdi, 2004). Yapı sektöründe en çok kullanılan ve tercih edilen malzemelerin bu yüksek tüketim seviyeleri zaman ilerledikçe ve kontrol altına alınmadıkça doğanın kendisinin de yenileyemediği, temizleyemediği çevre kirliliğini getirmektedir. Bu gibi sebep sonuç ilişkileri değerlendirilerek özellikle son yıllarda imalatında enerjiye gereksinim duymayan veya çok az miktarlarda enerji kullanımı gerektiren, konfor koşullarını sağlayabilen, ekolojik, çevreye duyarlı malzemelere yönelim başlamıştır (Acun ve Gürdal, 2003).

Önceki bölümde de bahsedilen Güğercin vd.'nin 2018 yılında yaptıkları çalışmada, aynı net alana sahip kerpiç yığma yapı ile betonarme karkas yapıda kullanılan bazı yapı malzemelerinin üretiminde ihtiyaç duyulan enerji miktarını da görmekteyiz. Aynı net alana sahip olan iki yapı için belirlenmiş olan malzeme miktarı birim malzeme için gerekli olan enerji miktarları ile çarpılmış ve yapılarda kullanılan malzemelerin toplam enerji ihtiyaçlarına ulaşılmıştır. (Çizelge 4.8) (Güğercin v.d., 2018).

**Çizelge 4. 8:** Betonarme-karkas ve kerpiç yığma yapılar için gereken malzemelerinin bazıları için enerji gereksinimleri (Güğercin v.d., 2018).

| Malzeme                          | Malzeme Miktarı                                    | Malzeme Üretimi için gereken enerji miktarı (kWh) |
|----------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Çimento (300 doz)                | $39.9 \text{ m}^3 \times 300 = 11970$              | 13167                                             |
| Beton çeliği                     | 3570                                               | 24990                                             |
| Tuğla                            | $15.75 \text{ m}^3 \times 600 = 9450$              | 5339                                              |
| Tuğla duvar harcı için çimento   | $15.75 \text{ m}^3 \times 25.2 \text{ kg} = 0.397$ | 436                                               |
| Sıva harcı için çimento          | $12.075 \text{ m}^3 \times 300 \text{ kg} = 3622$  | 3984                                              |
| Taş duvar için çimento           | $43.38 \text{ m}^3 \times 68 \text{ kg} = 2950$    | 3245                                              |
| Kerpiç                           | $75 \text{ m}^3$                                   | 255                                               |
| <b>Toplam Emisyon miktarları</b> | Betonarme (Net: $94 \text{ m}^2$ )                 | 47916                                             |
|                                  | Kerpiç yığma (Net: $94 \text{ m}^2$ )              | 3500                                              |

#### 4.3.5.3. Sürdürülebilirlik ve Kerpiç

Yapının inşası süresince her adımda az enerji harcayan, farklı sebeplerden ötürü yıkıldığı takdirde bile geri dönüşümü mümkün olan malzemeden inşa edilen, nakliyesi kolay ve masrafı düşük olan, çevreye zararı olmayan malzemelerle yapılmış binalar sürdürülebilir binalardır. Doğal yapı malzemelerinden olan kerpiç bu özelliklere uyan nadir malzemelerden biridir. Ek bir malzemeye gereksinim duymadan ısı ve ses yalıtımını optimum düzeyde kullanıcılarına sunmaktadır. İmal etme süresi kısa ve masrafı düşük olan kerpiç malzemesinin inşa aşamaları da hızlı ve kolay ilerlemektedir. Birçok toprak yapı inşa etme tekniği olduğu gibi hiçbir dış enerji gerektirmeden, elektriğe dahi ihtiyaç duyulmadan inşa edilebilecek kerpiç yapı tekniği bulunmaktadır. Farklı sebeplerden dolayı yıkılmış kerpiç yapı istenildiği takdirde tekrar yapı malzemesi olarak kullanılabilir. Tekrar yapı malzemesi olarak değerlendirilmek istenmeyen kerpiçler ise doğaya bırakıldığında çevreye hiçbir zarar vermeden toprağa karışabilmektedir.

Enerji etkin, sürdürülebilir gibi özelliklere sahip yapı malzemelerine ihtiyaç duyulduğundan dolayı, inşaat yapım aşamalarının oluşturduğu maliyeti ve çevreye olan etkisini azaltacak farklı yapı malzemelerine yönelik araştırmalar her geçen gün artmaktadır. Düşük enerjili malzemelere olan gereksinim enerji kaynaklarının azalması, iklim değişikliğinin hızlı bir şekilde devam etmesi, çevre kirliliğinin insanlar da dahil birçok canlının hayatını tehdit etmeye devam etmesiyle birlikte artmaktadır. Bu ihtiyaçların, arayışların ve arayışların sonucunda geleneksel ve lokal yapı malzemelerinin kullanımı konusu önem kazanmıştır. Çevreci anlayış, nakliye ve maliyet gibi başlıkları yerel malzemenin tercih edilmesinin nedenleri olarak gösterebiliriz. Geleneksel malzemeler için de sağlık, maliyet, çevrecilik ve nakliye gibi nedenleri gösterebiliriz (Tekin, 2012).

Endüstri devriminin gerçekleşmesinden sonra kırsaldan şehirlere göçlerin artması, enerji kaynaklarının hızla tüketilmesi, nüfusun sürekli artması, teknolojinin doğru bir şekilde kullanılamaması gibi etkenlerle birlikte çevre kirliliği daha çok ön plana çıkmıştır. Bu kirlilik canlılar için büyük tehditler oluşturmuş ve çeşitli doğa olaylarıyla hayatı olumsuz etkilemeye başlamıştır. Çevre kirliliğinin ilerlemesinde

rol oynayan insanlar kimi zaman uzun kimi zaman kısa vadede bu kirliliğin sonuçlarını doğrudan ve dolaylı olarak görmeye başlamıştır.

Ekoloji konusuna gereken önemin verilmesi yapıların daha az enerji harcaması ve geri dönüşümü mümkün olan malzemelerin kullanımı ile mümkün olmaktadır. Ekolojik olan kerpiç yapılar ekolojik sistemleri en üst seviyede koruma altına almayı hedeflerken, yapı içerisinde yaşayan veya yapıyı kullanan insanlar için de en uygun yaşam ortamını sunmaktadır. Bu yapılar enerji tasarruflu yapı kabuğuna sahip olup ve gün ışığından en yüksek seviyede yararlanmakta ve havalandırma sistemlerini doğal bir şekilde yapmaktadırlar (Koçu, 2012).

Kerpiç malzemesinin öne çıkan avantajları; yapımı için enerji kullanılmaması veya çok az kullanılması, atmosfere CO<sub>2</sub> ve diğer zararlı gazların salınımının hiç olmaması, sağlıklı ve ekonomik olması, yöresel imkanlarla ve basit aletlerden yararlanılarak imal edilebilmesi, imalatının da inşaatının da kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilmesidir. Kerpiç üretimi için tesise ihtiyaç yoktur ve bulunduğu çevrede kolay bir şekilde üretilebilmektedir. Kerpiç üretiminde ve kullanımında atık oluşmaz. Günümüzde kerpiç malzemesinin iyileştirilmesi ve özelliklerinin geliştirilmesi için dünya genelinde birçok araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan araştırmalar eski çağlardan beri kullanılan kerpiçten çağdaş bir yapı malzemesi olarak da faydalanabileceğini göstermektedir (Çavuş v.d., 2015).

Özellikle 1972 yılında Stockholm Konferansı başta olmak üzere Birleşmiş Milletlerin ve farklı toplulukların düzenlediği konferanslar, yayınladıkları bildiriler çevre ve çevre kirliliğinin dünya ölçeğinde gündeme getirilmesinde büyük rol oynamıştır. Gelecek nesillerin de hayatlarını ve haklarını düşünerek canlıların yaşam alanlarını tehlikeye atmayan adımlar atılmıştır. Birçok farklı alanda çeşitli değişimler yapılarda da sürdürülebilir bir çizginin gerekliliğini öne çıkarmıştır. Ekolojik, çevreye zarar vermeyen, doğaya olması gerektiği gibi davranacak tasarımlar yapılmıştır. Çevreye asgari zarar veren yapılar da ekolojik yapılar olarak adlandırılmıştır. Sürdürülebilir malzemelerle ekolojik tasarım oluşturabilmek bu bağlamda insanlar için büyük önem arz etmektedir.

Örneğin 1 m<sup>3</sup> beton üretebilmek için yaklaşık 300-500 kWh enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Kerpiç için gereken enerji gereksinimi ise bunun %1'i kadardır. Bu sürdürülebilir mimarlık anlamında çok önemli bir veridir. Tuğla üretmek için killi toprağın 900°C sıcaklıkta ısıtılması büyük miktarlarda enerji ihtiyacını da yanında getirmektedir. Bunun yanında tuğla yüksek basınç yardımıyla şekillendirilir, kerpicein şekillendirilmesi için insan gücü yeterli olacaktır. Böylelikle daha az enerjiyle ürünü elde etmek mümkün olmaktadır (Çavuş v.d., 2015).

Sürdürülebilir mimarlık birçok özelliğinin yanında en başta yapı üretirken doğaya zarar vermemeyi ve işlevsel olan malzemelerin kullanılması gerektiği kanısındadır. Bu sebeple sürdürülebilirlik mimari bakımından en etkili yapı malzemelerinin başında doğada her zaman karşımıza çıkmakta olan toprağın geldiğini söylememiz mümkündür. Toprak yapı malzemesi farklı ek malzemelerle karıştırılarak kerpice dönüştürülmekte ve usta-çırak ilişkisi ile geliştirilen yapım teknikleriyle beraber sürdürülebilir yapılar ortaya konmasına yardımcı olmaktadır (Akyıldız, 2019).

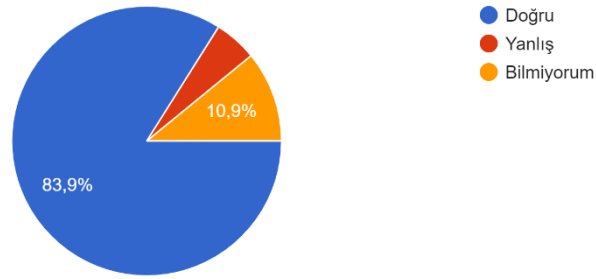
Sürdürülebilir mimari alanı, çevreyle uyumlu olan malzemelerin çevreyle uyumlu tasarımlar yapabileceğini savunmakta ve araştırmaktadır. Bu veri doğrultusunda doğal ve sürdürülebilir malzemelerin başında toprak gelmektedir. Farklı ek malzemeler ve katkılarla beraber çok uzun yıllar süresince yapı stoklarının büyük bir bölümünü kapsayan toprak malzemenin yerini bugün genel itibariyle çevresine zarar veren malzemelere bırakmak durumunda kalmıştır. Son dönemlerde sürdürülebilir mimarlık kavramının tartışılması ve araştırılmasıyla beraber kerpiç malzemesi tekrardan insanların gündemine alınmıştır. Başka şekilde kullanımı mümkün olmayan samanın kullanılması kerpiç yapı malzemesinin atıkları değerlendirme potansiyeline bağlı olarak mimari atık konusuna yaklaşımını göstermektedir. Atık yönetimi konusunda kerpiç malzemesinden olumlu olarak yararlanılması sürdürülebilirlik kavramı doğrultusunda bu yapı malzemesinin değerini arttırmaktadır (Akyıldız, 2019).

#### **4.3.6. Betonarme ve Kerpiç Yapılarda Yalıtım Konusu**

Ankete katılan katılımcılara betonarme yapıların ve kerpiç yapıların yalıtım malzemesi kullanılmadığında ısı ve soğuğu geçirip geçirmediği sorulmuştur.

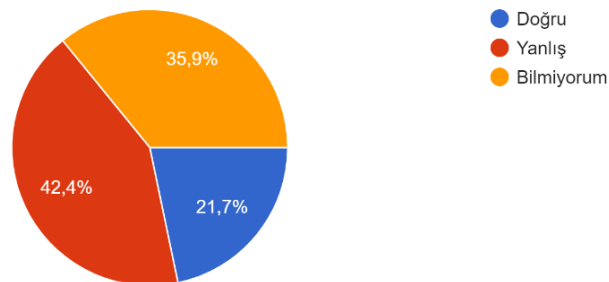
‘Betonarme yapılar yalıtım malzemesi kullanılmadığı takdirde ısıyı ve soğuğu geçirir.’ önermesinde ‘Doğru’ seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı %83,9 (800 kişi), ‘Yanlış’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %5,1 (49 kişi)’dir. Önermede ‘Bilmiyorum’ seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı ise %10,9 (104 kişi)’dur. Bu soruda en çok oyu ‘Doğru’ seçeneği alırken, en az oyu ise ‘Yanlış’ seçeneği almıştır. ‘Kerpiç yapılar yalıtım malzemesi kullanılmadığı takdirde ısıyı ve soğuğu geçirir.’ önermesinde ‘Doğru’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı %21,7 (207 kişi), ‘Yanlış’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %42,4 (404 kişi)’tür. Önermede ‘Bilmiyorum’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %35,9 (342 kişi)’dur. Bu soruda en çok oyu ‘Yanlış’ seçeneği alırken, en az oyu ise ‘Doğru’ seçeneği almıştır (Şekil 4.33, 4.34).

Betonarme yapılar yalıtım malzemesi kullanılmadığı takdirde ısıyı ve soğuğu geçirir.  
953 yanıt



**Şekil 4. 33:** Anket 9. önerme ve cevapların dağılımı

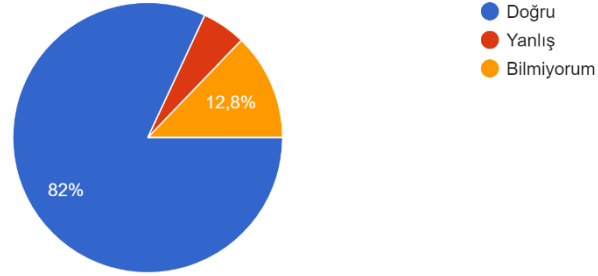
Kerpiç yapılar yalıtım malzemesi kullanılmadığı takdirde ısıyı ve soğuğu geçirir.  
953 yanıt



**Şekil 4. 34:** Anket 10. önerme ve cevapların dağılımı

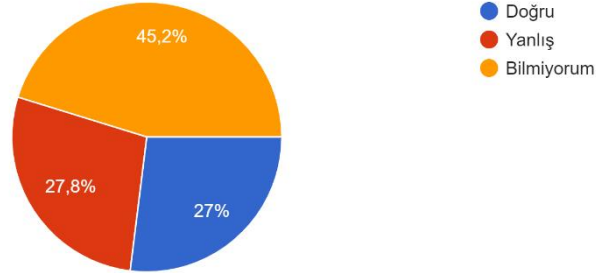
Ankete katılan katılımcılara betonarme yapıların ve kerpiç yapıların yalıtım malzemesi kullanılmadığında sesi geçirip geçirmediikleri sorulmuştur. ‘Betonarme yapılar yalıtım malzemesi kullanılmadığı takdirde sesi geçirir.’ önermesinde ‘Doğru’ seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı %82 (781 kişi), ‘Yanlış’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %5,2 (50 kişi)’dir. Önermede ‘Bilmiyorum’ seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı ise %12,8 (122 kişi)’dir. Bu soruda en çok oyu ‘Doğru’ seçeneği alırken, en az oyu ise ‘Yanlış’ seçeneği almıştır. ‘Kerpiç yapılar yalıtım malzemesi kullanılmadığı takdirde sesi geçirir.’ önermesinde ‘Doğru’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı %27 (257 kişi), ‘Yanlış’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %27,8 (265 kişi)’dir. Önermede ‘Bilmiyorum’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %45,2 (431 kişi)’dir. Bu soruda en çok oyu ‘Bilmiyorum’ seçeneği alırken, en az oyu ise ‘Doğru’ seçeneği almıştır (Şekil 4.35, 4.36)

Betonarme yapılar yalıtım malzemesi kullanılmadığı takdirde sesi geçirir.  
953 yanıt



Şekil 4. 35: Anket 11 önerme ve cevaplarının dağılımı

Kerpiç yapılar yalıtım malzemesi kullanılmadığı takdirde sesi geçirir.  
953 yanıt



Şekil 4. 36: Anket 12. önerme ve cevaplarının dağılımı

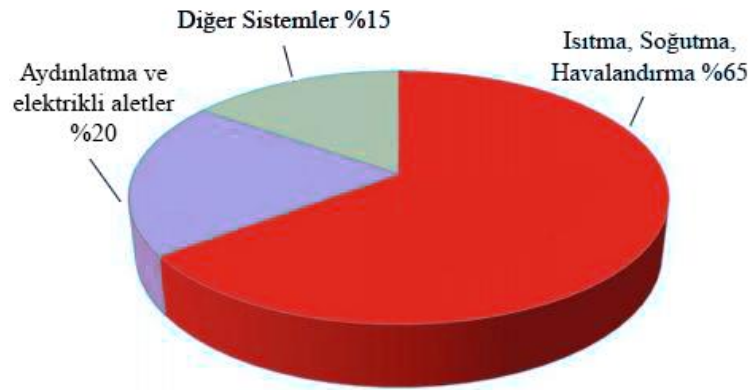
#### 4.3.6.1. Yapılarda ısı yalıtımı

Değişik sıcaklıklarda iki farklı mekân veya ortam arasındaki ısı geçişini azaltabilmek için alınan önlemlere ısı yalıtımı denir. Mevsimlerin sıcaklıklarına karşı alınan bu önlemler aynı zamanda harcanan enerjiyi azaltmak, daha konforlu yaşamak, mekanların iç hava kalitesini arttırmak için yapılarda ısı geçişinin olduğu duvar, pencere, çatı, tesisat boşlukları gibi muhtelif yerlere yapılabilmektedir. İnsanlar, 20-22 °C sıcaklıklarda rahat bir şekilde yaşamaktadır. Ülkemizin birçok bölümünde ise kış aylarında bu derecelerin çok altında yaz aylarında ise yine bu derecelerin çok üstünde sıcaklıklar meydana gelmektedir. Yalıtım malzemeleri soğuk günleri fazla geçiren bölgelerde daha kalın olarak yapılmaktadır. Isı yalıtım işlemleri sadece soğuğu önlemek için değil aynı zamanda sığağa karlı da kullanılmaktadır. Maliyet açısından yaz aylarında serinlemek adına yapılan işlemler kış aylarında ısınmak için yapılan işlemlerden daha yüksektir. Isı doğası gereği sürekli sıcak olan ortamdan soğuk olan ortama doğru hareket eder. Yapılarda en büyük ısı geçirgenliği dış duvarlardan olmaktadır (Yaman v.d., 2015).

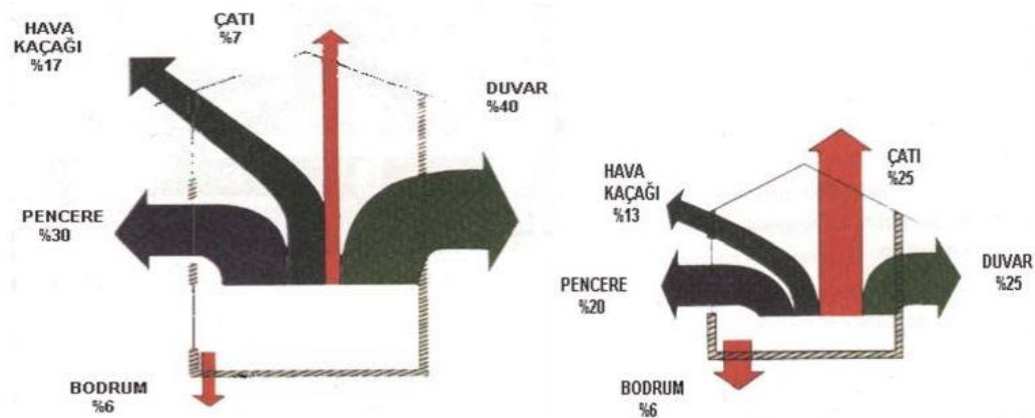
Isının iletimi, enerjinin atom hareketleriyle aktarılmasına denir. Bu özelliğin hızına göre cisimlerin ısı iletkenlik özelliği şekillenmektedir. Isının bir cisimden diğerine taşınması ısınan sıvı veya gazdaki moleküllerin yükselmesi sonrasında diğer moleküllerin yükselenlerin yerini alarak tekrar yükselmesine ısı taşınması denmektedir. Yapılardaki ısı kayıplarını azaltmak için yapının kabuğundaki ısı geçirme direncini arttırmak gerekmektedir. Bir diğer önlem ise depolanan ısının daha

sonra faydalanmak için kullanılmasıdır. Yapının kabuğunun ısı biriktirmesi ve içerideki sıcaklığın azalması ve bu yayılımı zamana yayması açısından önem arz etmektedir (Toydemir v.d., 2000).

Türkiye'nin enerji tüketimine göre binaların harcadığı enerji %35 ile ikinci sırada yer almaktadır (Şekil 4.32). Türkiye, harcadığı enerjinin %75'ini dışa bağımlı olarak harcamaktadır. Türkiye'nin ithal ettiği enerji yıllık bazda 55 milyar Amerikan dolarını bulmaktadır. Bu durum cari açıkta en büyük paya sahip olan harcamadır. Ülkemizin yıllık enerji tüketimini yaklaşık olarak 75 milyar doları olarak kabul ettiğimizde binaların harcadığı enerji 26,5 milyar dolara denk gelmektedir. Şekil 4.37'de görüldüğü üzere binaların da harcadığı enerjide en büyük pay sahibi ısıtma, soğutma ve havalandırma konuları olmaktadır. Isıtma, soğutma ve havalandırma konularına ülkemizin bir yılda harcadığı para 17 milyar civarındadır. Doğru yalıtım sistemleriyle kazanılacak her enerji verimliliği milyar dolar seviyelerinde tasarruf olarak geri dönecektir. Ülkemizdeki yapıların %85'inde ısı yalıtımı bulunmamaktadır. Almanya, Türkiye'den daha soğuk bir iklime sahip olmasına rağmen bir binayı ısıtmak ve soğutmak için yaklaşık 30-60 kwh/m<sup>2</sup> ihtiyaç duyarken ülkemizdeki bu enerji ihtiyacı 250-350 kwh/m<sup>2</sup>'dir (Şekil 4.38) (Yaman v.d., 2015).



Şekil 4. 37: Binalarda enerji tüketimi (ETKB, 2010).



**Şekil 4. 38:** Çok katlı ve tek katlı yapılarda ısı kayıplarının gerçekleştiği yerler (Dağsöz, 1999).

#### 4.3.6.2. Yapılarda ses yalıtımı

Ortalarda titreşim yoluyla yayılan mekanik enerji şekline ses denilmektedir. İşitme duyusunu uyaraabilen ve kulak tarafından algılanan bir enerjidir. Sesin düzensiz, değişken frekansları olan, istenmeyen, rahatsız eden ses topluluğuna da gürültü denmektedir (Çizelge 4.9). Ses dalgaları soğurulabilir, yutulabilir ve yansıyabilir. Sesin hızı ise ortamlara göre değişkenlik göstermektedir. Ortamın özellikleri sesin yayılmasında etkilidir. Ses en çok katıda daha sonra sıvıda sonrasında da gazda yayılmaktadır. Ortamın yoğunluğu ve sıcaklığı da sesin hızlı yayılmasında etkili özelliklerdendir (Çizelge 4.10).

**Çizelge 4. 9:** Sesin bazı ortamlarda yayılma hızı (Özgüven, 2008).

| Ortam               | Hava (21°C) | Su     | Tahta     | Beton     | Tuğla       |
|---------------------|-------------|--------|-----------|-----------|-------------|
| Yayılma Hızı (m/sn) | 344         | 1450   | 3300-4300 | 3200-3600 | 3600        |
| Ortam               | Dökme Demir | Mermer | Cam       | Çelik     | Sert Kauçuk |
| Yayılma Hızı (m/sn) | 3500-5600   | 3800   | 4000-5600 | 5800-6000 | 1400-2400   |

**Çizelge 4. 10:** Seslerin değerleri ve gürültü derecesi (İZOCAM, 2002).

| Durumlar                        | Değer (dB) | Gürültünün derecesi (dB)              | Sonuçlar                    |
|---------------------------------|------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Nefes alışverişi                | 8          | 1. Derecedeki Gürültüler (30-65 dB)   | Konforsuzluk                |
| Fısıltı, Sessiz konuşma         | 20-30      |                                       | Rahatsızlık                 |
| Komşu sesi, Yağmur sesi         | 40         |                                       | Sıkılma duygusu             |
| Ofis gürültüsü, Havalandırma    | 50         |                                       | Konsantrasyon sorunu        |
| Normal konuşma, Az trafikli yol | 60         |                                       | Uyku bozukluğu              |
| Çalar saat, Metro               | 80         | 2. Derecedeki Gürültüler (65-90 dB)   | Kalp atışlarının değişimi   |
| Trafikli yol, Fabrika gürültüsü | 85         |                                       | Solunumun hızlanması        |
| Klakson sesi, Tıraş makinesi    | 90         |                                       | Beyindeki basıncın azalması |
| Çöp kamyonu, Müzik seti         | 100        | 3. Derecedeki Gürültüler (90-120 dB)  | Kuvvetli baş ağrısı         |
| Konser, Elektrikli testere      | 120        |                                       |                             |
| Av tüfeği, Jet motoru           | 140        | 4. Derecedeki Gürültüler (120-140 dB) | İç kulakta bozukluk         |
| Roket fırlatıcısı, Patlama      | >140       | 5. Derecedeki Gürültüler (>140 dB)    | Kulak zarının patlaması     |

Ses yalıtımı, yapılarda dışarıdaki sesin içeriye ve içerideki sesin de dış ortama geçmesini engellemektedir. Ses yalıtımındaki asıl amaç oluşan ses dalgalarının söndürülmesi veya durdurulmasıdır. Tamamen söndürmek veya durdurmak yalnızca boşlukta mümkün olmaktadır. Sesin bir ortamdan farklı bir ortama geçmesi ses geçişi olarak bilinmektedir. Cisimler arasındaki ses geçişi ise katı bir cisme vurulduğunda meydana gelen titreşimlerin cisim içerisinde yayılmasına ve diğer ortamdaki hava moleküllerine etki etmesidir (Dağsöz, 1995).

Yapılar genelde çeşitli yapı malzemelerinin bir araya getirilerek birlikte kullanılmasıyla oluşturulur. Bunlara çok tabakalı yapı konstrüksiyonları denir. Betonarme döşeme, cam, tuğla duvar gibi elemanlar tek bir malzemeden elde edildiği için bunlara tek tabakalı yapı konstrüksiyonu denmektedir. Kütle kanunu yapı

malzemelerinin her birim yüzeyinin birbirinden bağımsız olduğunu söylemektedir. Bu parçalar ses titreşimleriyle etkileşime girdiklerinde birbirlerini etkilemeden kaymaktadırlar. Ses geçiş kaybı, frekans ve alan ağırlığıyla orantılıdır ve frekans veya alan ağırlığının iki kat arttırmak ses geçiş kaybını 6 dB kadar arttırmak demektir. Tek tabakalı yapı malzemelerinde ise kalınlığın iki kat artması ses geçiş kaybını 5 dB yapmaktadır. Örnek verilecek olursa 10 cm kalınlığındaki tuğladan yapılmış bir duvarın ses geçiş kaybı yaklaşık 40 dB'dir. Sadece 5 dB'lik bir artış istenirse duvar kalınlığının 20 cm olması gerekmektedir. Ayrıca malzeme sertleştikçe ses geçiş kaybı düşmektedir (Çizelge 4.11) (Döşemeciler, 2002).

**Çizelge 4. 11: Yapı malzemelerinin ses geçiş kaybı (Sözer, 2005).**

| Malzeme                                                             | Ses geçiş kaybı (Hz) |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
|                                                                     | 125                  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Tuğla (10 cm)                                                       | 30                   | 36   | 37   | 37   | 37   | 43   |
| Yatay delikli tuğla duvar (20 cm)                                   | 41,7                 | 40,2 | 41,4 | 48,4 | 50,3 | 45,1 |
| Yatay delikli tuğla duvar (20 cm) + 3 cm kompozit yalıtım malzemesi | 41,9                 | 52   | 58,7 | 73,6 | 75,8 | 78,1 |
| Yatay delikli tuğla duvar (20 cm) + 5 cm kompozit yalıtım malzemesi | 43,2                 | 52,9 | 61   | 74,9 | 78   | 79,5 |
| Hafif beton blok (15 cm)                                            | 38                   | 36   | 40   | 45   | 50   | 56   |
| Betonarme duvar (18 cm)                                             | 42,4                 | 49,9 | 59,5 | 67,2 | 73,4 | 78,5 |
| Betonarme duvar (18 cm) + 3 cm kompozit yalıtım malzemesi           | 42,6                 | 60,4 | 75,9 | 88,2 | 92,6 | 99,7 |
| Betonarme duvar (18 cm) + 5 cm kompozit yalıtım malzemesi           | 44,1                 | 63,5 | 77,4 | 88,5 | 93,2 | 100  |

#### 4.3.6.3. Yalıtım malzemeleri

Isı kayıplarını önlemek ve ses yalıtımını sağlamak amacıyla yüksek ısıl direnci olan ısı yalıtım malzemeleri ve ses iletimi düşük olan yapı malzemeleri üretimlerinin kolay olması, kullanım avantajları için ülkemizde de dünyanın birçok yerinde de kullanılmaktadır. Ülkemizde en çok kullanılan EPS, XPS, poliüretan gibi yalıtım malzemeleri yüksek ısıda yanma ve şekil bozulma göstermektedirler. Bu durumdan

dolayı bu malzemelerin kullanımında sınırlamalar olabilmektedir. Yanma ve şekil bozulma durumlarını azaltabilmek için özellikle poliüretan yalıtım malzemelerine üretim sırasında alev geciktirici olan bazı maddeler eklenebilmektedir fakat bu eklemeler sonucunda malzemenin ısıl özellikleri eskisine nazaran kötüleşebilmektedir (Çizelge 4.12) (Oktay, 2017).

**Çizelge 4. 12:** Bazı malzemelerin ses yutum katsayıları (Kırkbıyık, 2012).

| Frekans (Hz) | Polistiren Köpük | Polistiren/ Kontraplak | Taş Yünü |
|--------------|------------------|------------------------|----------|
| 100          | 0.021            | 0.062                  | 0.061    |
| 125          | 0.018            | 0.057                  | 0.084    |
| 200          | 0.022            | 0.043                  | 0.144    |
| 250          | 0.017            | 0.037                  | 0.208    |
| 400          | 0.022            | 0.040                  | 0.441    |
| 500          | 0.021            | 0.046                  | 0.577    |
| 800          | 0.037            | 0.093                  | 0.797    |
| 1000         | 0.055            | 0.172                  | 0.881    |
| 2000         | 0.838            | 0.408                  | 0.999    |
| 4000         | 0.529            | 0.221                  | 0.936    |
| 5000         | 0.310            | 0.274                  | 0.979    |

#### Cam yünü

Silis kumunun yüksek basınç yardımıyla 1200-1250°C sıcaklıkta eritilip ince eleklerden geçirilerek elyaf haline dönüştürülmesiyle oluşturulmaktadır. Açık gözenekleri olan bir malzemedir ve farklı yoğunluklarda değişik kaplama malzemeleriyle birlikte levha veya boru şekillerinde üretilebilir. Isıl iletkenlik değeri 0,035-0,050 W/m.K'dir. Isıl iletkenlik değerinin düşük olması, malzemedен geçen ısının o kadar az şekilde geçtiği anlamına gelmektedir (Yaman v.d., 2015).

Cam yünü yüksek ısı yalıtım özelliği ve ekonomik olması nedeniyle tercih edilmektedir fakat geleneksel sıva ile bağı düşüktür ve bu sebepten dolayı tek başına kullanımında dıştan yalıtım ile problemler yaşanabilmektedir. Malzemenin fiyatı

yoğunluğuna göre değişkenlik gösterdiğinden dolayı az yoğunluklu rulolar ile yoğunluğu çok olan rulolar arasında fiyat farkı olmaktadır (Oktay, 2017).

Ekolojik yönünden bakılacak olursa cam yünü elde edebilmek için hammaddelerinin yüksek sıcaklıklarda eritilmesi enerji kullanımının orta derecede olduğunu göstermektedir. Cam lifi üretiminde oluşan partikül ve tozlar deriye yapıştığında deride, teneffüs edildiğinde ise gırtlak ve göğüs rahatsızlıkları görülebilmektedir. Özellikle imalatında 30 sene gibi uzunca süre çalışan işçilerin çeyreğinde akciğer kanseri görülmüştür. Bu sebeple liflerin, partiküllerin havaya karışmasından dolayı imalatlarında da belli önlemler alınmalıdır (Kırkbıyık, 2012).

#### Taş Yünü

Bazalt, diabez hammaddelerinin 1350-1400°C gibi yüksek sıcaklıklarda elyaf şekline getirilmesiyle elde edilen açık gözeneklere sahip ısı ve ses yalıtım malzemesidir. Cam yünü gibi kullanım alanlarına göre farklı yoğunluklarda levha veya boru şeklinde üretilebilir. Isıl iletkenlik değeri 0,035-0,050 W/m.K'dir (Yaman v.d., 2015). Rutubete veya ısıya maruz kaldığında şeklinde bir değişiklik olmamaktadır. Bir yüzü bitümlü veya çıplak şekilde her türlü eğimdeki çatılara, yürünen veya yürünmeyen çatılarda kullanılmaktadır. Dış duvarların içten yalıtım olacak uygulamasında, asansör ve merdiven boşluklarında kullanılmaktadır. Giydirme cephe sistemlerinde cephe kaplamalarının arka kısmında ses ve ısı yalıtımı amacıyla uygulanmaktadır (Kırkbıyık, 2012).

#### Genleştirilmiş polistiren (EPS) ve ekstrude polistiren (XPS)

Hammaddesi petrol olan köpük halinde olan, kapalı gözeneklere sahip ve genelde beyaz renkte olan bir yalıtım malzemesidir. Kullanım amacına ve kullanım yerine göre değişik yoğunlukta levha veya kalıp olarak imal edilmektedir. EPS ekolojik olarak değerlendirilecek olursa ana madde olarak petrokimyasalların dolayısıyla gaz ve yağın kullanılmasından dolayı imalatında çok yüksek enerji kullanımı gerçekleşmektedir. Dünyada bulunan yağ rezervlerinin önümüzdeki 40 yıl için yetebileceği ön görülmektedir ve yağ tüketiminin %4'ü plastik üretiminde harcanmaktadır. Petrokimyasalların üretiminde fenol, ağır metaller, partiküller gibi

atıklar meydana gelmekte ve bu durum da dünyadaki toksik yayınının yaklaşık olarak yarısına tekabül etmektedir (Kırkbıyık, 2012).

Küçük tanecikler şeklinde olan polistren maddesinin ön şişirme işleminden sonra levha veya blok şeklinde kalıplanmasıyla elde edilmektedir. Isı yalıtımı için kullanılacaksa yoğunluğunun 15-30 kg/m<sup>3</sup> olması gerekmektedir. EPS'nin %98'i hareketsiz havadan oluşmaktadır, geriye kalan %2'si de polistrenden meydana gelmektedir. Isıl iletkenlik değeri 0,035-0,040 W/m.K'dir (Yaman v.d., 2015).

XPS, homojen bir yapıya sahiptir ve ısı yalıtımı için kullanılan yalıtım malzemesidir. Köpük halindedir ve farklı yoğunluklarda boru veya levha halinde üretilebilmektedir. Isıl iletkenlik değeri 0,030-0,040 W/m.K'dir (Yaman v.d., 2015). Gözenekleri kapalı olan XPS yalıtım malzemesi su almayan bir yapıdadır. Daha çok endüstride, soğuk hava depolarında, acil durum barakalarında, askeri korunma ünitelerinde kullanılmaktadır (Kırkbıyık, 2012).

#### Poliüretan Köpük

İki farklı kimyasal bileşeninin bir araya getirilmesiyle üretilen poliüretan, levha veya püskürme yöntemiyle kullanılabilen bir ısı yalıtım malzemesidir. İçerisinde ozon tabakasına zararı olduğu biline kloro flor karbon içermektedir. Köpük uygulaması esnasında çalışanlar uçucu poliizosiyanata maruz kalabilmektedir ve bu durum nefes darlığı, alerjik hastalıklara yol açabilmektedir. Yanması durumunda hidrojen siyanür gazı açığa çıkartmakta ve bu nedenden dolayı 1989 yılında mobilya imalatında kullanımı yasaklanmıştır. Fakat yapılarda yalıtım malzemesi olarak kullanılmaya devam edilmektedir. Sağlık açısından tehlikeli olmasının diğer bir nedeni formaldehit yüzdesinin fazla olmasıdır (Çizelge 4.13, 4.14, 4.15, 4.16) (Kırkbıyık, 2012). Kullanım yerine göre sıvı halindeki hacminin 100 katı kadar genişleyebilir. Isıl iletkenlik değeri 0,025-0,040 W/m.K'dir (Yaman v.d., 2015).

**Çizelge 4. 13:** Yalıtım malzemelerindeki toksik maddeler (Zorlu ve Tıkansak, 2020).

| Yalıtım malzemeleri  | Formaldehit | Kurşun (Ağır metaller) | Radon | PVC (Polivinil Klorür) | Partikül, Toz, Lif | Asbest |
|----------------------|-------------|------------------------|-------|------------------------|--------------------|--------|
| Cam yünü<br>Taş yünü | +           | -                      | +     | +                      | +                  | +      |
| EPS, XPS             | +           | -                      | -     | +                      | +                  | +      |
| Poliüretan Köpük     | +           | -                      | -     | +                      | +                  | +      |

**Çizelge 4. 14:** Yalıtım malzemelerinin iç hava kalitesine olumsuz etkileri (Zorlu ve Tıkansak, 2020).

| Yalıtım malzemeleri  | 1.                                                                                 | 2.                                                     | 3. | 4.                                        | 5. |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------|----|
| Cam yünü<br>Taş yünü | Kireç taşı, silis kumu ve bazaltın yapısındaki uranyum, toryum elementleri, radyum | Melamin,üre formaldehit reçineleri, fenol              | +  | Radon, eski yapılarda asbest, formaldehit | +  |
| EPS, XPS             | Petrokimyasallar                                                                   | Benzen, etil benzen, stearin, asetaldehit, formaldehit | +  | Formaldehit, UOB                          | +  |
| Poliüretan Köpük     | Petrokimyasallar                                                                   | Benzen, etil benzen, stearin, asetaldehit, formaldehit | +  | Formaldehit, UOB                          | +  |

1) Ana hammaddede toksik madde içerikleri, 2) Malzemenin içerisinde kullanılan katkılarda zararlı içerikler, 3) Üretim sırasında veya ürünün yanması sonucunda zararlı gaz açığa çıkması, 4) Malzemenin kullanımı sırasında oluşabilecek emisyonlar, 5) Malzemenin bakım, onarım ve yıkımlarında kirleticilerin oluşmasına neden olması.

**Çizelge 4. 15:** Partikül ve koku analizine göre yapı malzemelerinin iç hava kalitesine olumsuz etkileri (Zorlu ve Tıkansak, 2020).

| Yalıtım malzemeleri                                                           | Cam yünü,<br>Taş yünü   | EPS, XPS          | Poliüretan<br>Köpük |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Malzemenin İçerisindeki Lif, Partiküllerin İnsan Sağlığını Olumsuz Etkilemesi | Taş ve cam yünü lifleri | Petrokimyasal lar | Petrokimyasal lar   |
| Malzeme Ömrünün Kısa Olması Nedeniyle Deforme Olduğunda Toz, Lif Oluşturması  | +                       | +                 | +                   |
| Malzemelerin Fiziksel Özelliği (Lifli Yapısı) Nedeniyle Partikül Oluşturması  | +                       | +                 | +                   |
| Neme Dayanıksız Olup Biyolojik Kirletici Oluşturması                          | +                       | +                 | +                   |
| Duvar, Döşeme ve Tavanlarda Nem Etkisi ile Yoğuşma Oluşturması                | +                       | +                 | +                   |
| Koku Oluşturma                                                                | +                       | +                 | +                   |

**Çizelge 4. 16:** Yalıtım malzemelerinin iç mekân hava kalitesine olumlu ve olumsuz etkileri (Zorlu ve Tıkansak, 2020).

| Yalıtım malzemesi             | Olumlu özellikler                                                                | Olumsuz özellikler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cam yünü<br>Taş yünü          | -Yalıtım sağlar.<br>-Sıcaklık ve nemi dengeler.<br>-İç hava kalitesini düzenler. | -Lifli yapıya sahip olan cam yünü üretiminde ve kullanımında parçacık, toz ve lif oluşturabilir.<br>-Cam yünü ve taş yünü yapıştırılmasında kullanılan melamin fenol formaldehit reçineleri ve üre emisyon oluşturmaktadır.<br>-Kireç taşı, silis kumu, bazalttan üretildiklerinden dolayı radon salınımına sebebiyet vermektedirler. |
| XPS, EPS,<br>Poliüretan köpük | -Yalıtım sağlar.<br>-Sıcaklık ve nemi dengeler.<br>-İç hava kalitesini düzenler. | -Malzeme ömrünün uzun olmaması nedeniyle partikül ve toz oluşabilmektedir.<br>-İçerisinde etil benzen, stearin, asetaldehit ve formaldehit kullanıldığından dolayı içerideki havayı kirletmektedirler.                                                                                                                                |

#### 4.3.6.4. Kerpiç yapılarda yalıtım

Kerpiç, üretim aşamasından kullanım aşamasına kadar çok düşük seviyelerde enerjiye ihtiyaç duyan bir malzemedir. İmalatı esnasında herhangi bir tesis kurulumuna gerek duymayan ve bunun yanında ısı yalıtımı sağlayan ve mekan içerisindeki nemi dengeleyen ideal bir yapı malzemesidir. Yapının kullanıcılarına bütün mevsimlerde uygun olan yaşam koşullarını sağlar. Bu sebeple ayrıca bir ısı yalıtım malzemesine ihtiyaç duymaz. Böylelikle enerji ve ekonomi anlamında yıllık bazda servis ömrü boyunca tasarruf sağlar (Çizelge 4.17) (Çavuş v.d., 2015).

**Çizelge 4. 17:** Bazı yapı malzemelerinin yalıtım özellikleri (Kafesçioğlu ve Gürdal, 1985).

| Özellik                            | Beton blok | Hafif beton blok | Harman Tuğlası | Delikli tuğla | Alker  |
|------------------------------------|------------|------------------|----------------|---------------|--------|
| Isı biriktirme Kapasitesi (kJ/kgK) | 110        | 57,60            | 75,24          | 54,34         | 139,80 |
| İç yüzey sıcaklığı (°C)            | 9,68       | 14,85            | 12,44          | 13,70         | 16,80  |
| Soğuma süresi (h)                  | 13,97      | 17,28            | 14,29          | 12,87         | 66,68  |
| Faz ötelemesi (h)                  | 4,03       | 13,58            | 4,50           | 4,47          | 29     |

Kerpiç malzemesinin basınç dayanımı  $3-20 \text{ kgf/cm}^2$ , birim ağırlığı ortalama olarak  $1.2-1.6 \text{ g/cm}^3$  ve ısı geçirimsizlik katsayısı ise  $0.4 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ 'dir. Bu özellikler kerpicin yapımında kullanılan toprağın cinsine, karışıma katılan suyun miktarına, kurutma yöntemi ve süresine göre değişiklikler gösterebilmektedir (Eriç, 1980).

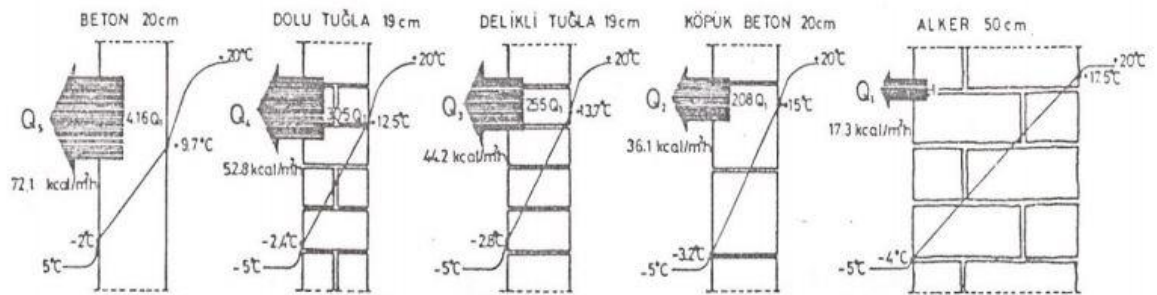
Yapı endüstrisinde enerji konusuna bakış açısı sadece yapı malzemeleriyle sınırlandırılmamalıdır. Yapılar ayakta oldukları müddetçe içerisinde yaşayan insanlara sağlıklı bir ortam ve daha az enerji harcayarak konfor şartları sağlamalıdır. Bu durumlar, büyük ölçüde eklenti malzemelere ihtiyaç duymadan yalıtım özellikleri iyi olan bir malzemeyle mümkün olmaktadır. Toprak kökenli kerpiç yapı malzemesi bu özelliklere sahip bir yapı malzemesidir. Kerpiç yapıda doğal olarak yalıtımı sağlayarak enerji tasarrufu sağlar. Bunların yanı sıra döşemenin betonarme olması yerine kerpiç olması yine kirişin betonarme yerine ahşap olması ısı maliyetlerini

düşürmeye yarayacak önlemlerdendir. Toprak kökenli malzemeler servis ömürleri süresince yapıların ihtiyaç duydukları enerji miktarının daha azıyla daha iyi bir ortam sağlayabilmektedirler (Çizelge 4.18) (Güğercin, 2018).

**Çizelge 4. 18:** Bazı yapı malzemelerinin ısı tutma kapasiteleri ve ısı kayıpları (Carlson, 2002).

| Yapı Malzemesi           | Isı Tutma Kapasitesi Btu/LF | Isı Kaybı W/mK |
|--------------------------|-----------------------------|----------------|
| 45 cm Dövme Toprak Duvar | 38440                       | 913            |
| 15 cm Beton              | 10660                       | 1296           |
| 20x20x40 cm Beton Blok   | 38440                       | 1343           |

Binlerce yıldır kullanılan kerpicing tercih edilmesini sağlayan özelliklerden bazıları üretiminin hızlı ve kolay bir şekilde yapılması, maliyetinin düşük olması, üretiminde herhangi bir tesise ihtiyaç duymaması, tüm mevsimlerde içinde yaşayan insanlara uygun yaşam şartlarını sunması, fazladan ses ve ısı yalıtım malzemesi gerektirmemesi, geri dönüştürülmesinin mümkün ve kolay olması ve ekolojik bir yapı malzemesi olmasıdır (Şekil 4.39) (Acun ve Gürdal, 2003).



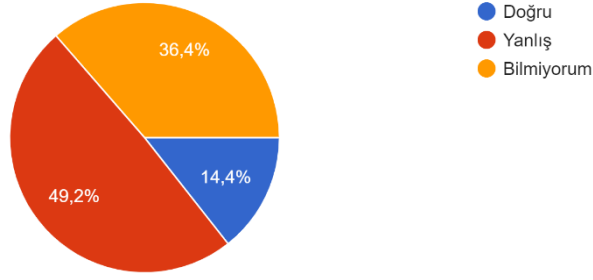
**Şekil 4. 39:** Farklı yapı duvarlarının ısı geçirim değerleri (Kafesçioğlu ve Gürdal, 1985).

#### 4.3.7. Betonarme ve Kerpiç Yapılarda Yıkıntı ve Molozların Geri Dönüştürülmesi

Ankete katılan katılımcılara betonarme yapıların ve kerpiç yapıların yıkıldıktan sonra geride bıraktıkları yıkıntı ve molozların geri dönüştürülüp dönüştürülemedikleri sorulmuştur. ‘Betonarme yapılar yıkıldıktan sonra molozları büyük ölçüde geri dönüştürülerek kullanılabilir.’ önermesinde ‘Doğru’ seçeneğini işaretleyen katılımcıların oranı %14,4 (137 kişi), ‘Yanlış’ seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %49,2 (469 kişi)’dir. Önermede ‘Bilmiyorum’ seçeneğini işaretleyen katılımcıların

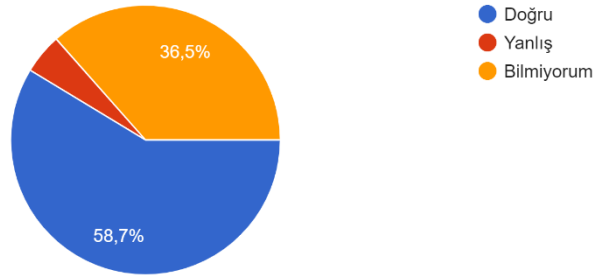
oranı ise %36,4 (347 kişi)'tür. Bu soruda en çok oyu 'Yanlış' seçeneği alırken, en az oyu ise 'Doğru' seçeneği almıştır. 'Kerpiç yapılar yıkıldıktan sonra molozları büyük ölçüde geri dönüştürülerek kullanılabilir.' önermesinde 'Doğru' seçeneğini işaretleyenlerin oranı %58,7 (559 kişi), 'Yanlış' seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %4,8 (46 kişi)'dir. Önermede 'Bilmiyorum' seçeneğini işaretleyenlerin oranı ise %36,5 (348 kişi)'tir. Bu soruda en çok oyu 'Doğru' seçeneği alırken, en az oyu ise 'Yanlış' seçeneği almıştır (Şekil 4.40, 4.41).

Betonarme yapılar yıkıldıktan sonra molozları büyük ölçüde geri dönüştürülerek kullanılabilir.  
953 yanıt



**Şekil 4. 40:** Anket 13. önerme ve cevapların dağılımı

Kerpiç yapılar yıkıldıktan sonra molozları büyük ölçüde geri dönüştürülerek kullanılabilir.  
953 yanıt



**Şekil 4. 41:** Anket 14. önerme ve cevaplarının dağılımı

#### 4.3.7.1. Yapı molozları ve Atık yönetimi

Yapıların inşaatı, tamirâtı, yenilenmesi faaliyetlerinin sonucunda ve doğal afetlerin gerçekleşmesi sonucunda birçok atık, yıkıntı ve molozlar meydana gelmektedir. Bu atıklar ülkelerin katı atıkları arasında büyük pay sahibi olmaktadır. Sadece konutlarda değil diğer inşaatlar sonucunda da oluşan atık ve molozların iyi bir şekilde yönetilmemesi sonucunda çevre ve ekosistemimiz zarar görmektedir. Çeşitli sebeplerden dolayı açığa çıkan atıkların içerikleri de yapının bulunduğu bölgeye ve dolayısıyla kullanılan yapı malzemelerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Meydana gelen atıkların toplanması, taşınması ve depolanması da fazladan iş, masraf, enerji gerektirmektedir. Bu moloz ve atıkların toplama, nakliye ve depolama işleri ülke ekonomisine yük olmaktadır. Bu problemler artık atıkların depolanmasını değil tekrar kullanılmasını, belli işlemlerden geçirilerek yeniden kullanılmasını da gündeme getirmiştir. Özellikle son yıllarda bu konuyla ilgili de birçok araştırma ve girişim bulunmaktadır.

Atık yönetimi, atıkları azaltmak, bu atıkların doğaya zarar vermeyecek bir biçimde geri dönüştürülmesini, tekrar kullanılmasını kapsamaktadır. Bu yönetim sadece doğa için değil ekonomik anlamda bir sürdürülebilirlik için de önem arz etmektedir. Oluşan atıkların yok edilmesi bu atıkların oluşmasını engellemekten daha pahalıdır. Genelde oluşan atıkların %34'ü tasarım kaynaklı olmaktadır. Üretim esnasında kullanılan malzemelerin de onda biri atık olmaktadır. Bina yıkıldıktan sonra veya onarımı esnasında bu oran on katına kadar çıkabilmektedir (Arslan v.d., 2012).

Sanayileşmenin hızlı bir şekilde ilerlemesi sonucunda artan kentleşme ve nüfus oranı mevcut olan enerji ve hammadde gibi kaynakların da hızlı bir şekilde erimesine yol açmakta ve kontrol altına alınamayan bu durum doğayı kirletmektedir. Bu bağlamda fabrika üretim süreçleri atık miktarının artmasında ve ekolojik çevrenin kirlenmesinde rol oynamaktadır. Atık maddelerin miktarının giderek artması çevre kirliliğindeki tehlikeyi de giderek arttırmaktadır. Bu atıkların kontrol altına alınarak yönetilmesi, geri dönüştürülerek kullanılması çevreye olan zararlarını indirgeyecektir. Atıklar ve getirdiği olumsuzluklar düzgün bir şekilde yönetilerek kontrol altına alınmazsa tüm canlılara ve çevreye olan zararı durmayacaktır (Miller, 2000).

İnşaatlardan çıkan atıklar ve molozların plansız bir şekilde doğaya bırakılması doğal çevrenin gün geçtikçe zarar görmesine ve azalmasına yol açmaktadır. Çevreye duyarlı olarak bu atıklardan nasıl faydalanılacağı araştırılmaktadır. Beton üretiminde kullanılan agregaları temin etmek günden güne daha zor bir hale gelmekte ve buna bağlı olarak da maliyeti artmaktadır. Ülkemizde özellikle son yıllarda kentsel dönüşüm planlamasıyla birlikte yıkımlar da yapımlar da artış göstermiştir. Bu da direkt olarak atık ve moloz miktarında artışa sebep olmaktadır. Bir diğer yandan betonun bu kadar çok kullanılması da agrega kaynaklarını tüketmektedir. Yapı sektöründe sürdürülebilir adımların atılması ve sürekli hale getirilmesi için belli başlı girişimlerde bulunulmalıdır (Şahin v.d., 2019).

#### **4.3.7.2. Türkiye’de yapı molozları ve atık yönetimi**

Avrupa Topluluğu ülkelerde, inşaatlarda yapılan faaliyetler sonucunda ortaya çıkan atık ve molozlar yıllık olarak 175-370 milyon tona kadar ulaşmaktadır. Bu durum kişi başına bir yılda 0.5-1 ton atık anlamına gelmektedir. Bu ülkelerde meydana gelen atıkların yaklaşık olarak %28’i geri dönüştürülmekte geriye kalan büyük bir kısmı ise depolarda tutulmaktadır (Ölmez ve Yıldız, 2008). Ülkemizde katı atık miktarı 2005 yılında 38 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Katı atığın çeyreğinin inşaat atıklarından meydana gelmesi durumunda yaklaşık olarak 9.5 milyon ton inşaat atığı olduğu görülmektedir (Esin ve Coşgun, 2007).

Türkiye’de atık ve molozların direkt veya dolaylı yollardan çevreye bırakılmaması, yikıntılarının çevreye vereceği zararın önüne geçebilmek, atık ve molozların tekrar kullanarak geri dönüştürülebilmesi için 2004 yılında ‘Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’ resmi gazete yayımlanmış ve yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğe göre ilçelere yıkıntı getirme merkezleri, ara istasyonlar ve İstanbul’un iki yakasına birer geri dönüşüm merkezi yapılması planlanmıştır (Ölmez ve Yıldız, 2008).

Ülkemizin üçte ikisi yüksek deprem bölgesidir. Bu sebeple nüfusumuzun yaklaşık dörtte üçü deprem bölgelerinde bulunmaktadır. Afetler sonucunda meydana gelen atıkların yok edilmesi noktasında düzenlemeler yeterli olmamaktadırlar. 1999 yılında meydana gelen Marmara depreminde meydana gelen 13 milyon ton moloz bu

düzenlemelerin verimsiz ve yetersiz olmasından dolayı denizlere ve boş arazilere dökülmüştür (Arslan v.d., 2012).

Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği oluşturulmadan önce İstanbul'da molozlar ve yıkıntılar arazilere izine gereksiz dökülmekteydi. Bu sebeple yönetmelikten önce ne kadar bir yıkıntının olduğu belgelenmediği için bilinmemektedir. Yönetmelikten sonra İstanbul'daki moloz ve yıkıntılar İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından zeminin bozulduğu yerlere dökülmektedir. Aynı zamanda bu atıklar geliştirilen farklı yol ve yöntemlerle yok edilmekte veya geri dönüştürülmektedir. Hafriyat toprağı moloz veya yıkıntılarla karıştırılmamalıdır. Bunlar ayrı olarak toplanmalı ve depolanmalıdır (Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı, 2014).

#### **4.3.7.3. Yapıların molozları ve geri dönüştürülmesi**

Dünya genelinde artan nüfus küresel olarak katı atık miktarını ve bunların kontrolünü zorlaştırmıştır. Katı atıkların nasıl kontrol edileceği ve yönetileceği ülkelerin üzerinde en çok düşündükleri konulardan biri haline gelmiştir. Katı atıkların takriben %13-30'luk bölümünü oluşturduğu düşünülen inşaat atıklarının yönetimi planlanmadığı takdirde çevresel riskler artacaktır. İnşaat atıklarının içeriği ülkeden ülkeye ve ülke içerisinde de bölgeden bölgeye göre değişiklikler göstermektedir. Örneğin Danimarka ve Hollanda'da inşaat atıklarının %80-85'i beton ve duvar malzemesi iken bu durum Kuveyt'te inşaat atıklarının %30'u beton olacak şekilde karşımıza çıkmaktadır (Çizelge 4.19) (Ölmez ve Yıldız, 2008).

**Çizelge 4. 19:** Bazı ülkelerin yıkıntı atık durumları (Ölmez ve Yıldız, 2008).

| Ülke       | İnşaat yıkıntı atığı (milyon ton) | İnşaat yıkıntı atığı (kg/kişi/yıl) | Geri dönüştürülen veya Tekrar kullanılan (%) | Depolama veya Yakma (%) |
|------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|
| Almanya    | 59                                | 750                                | 17                                           | 83                      |
| Avusturya  | 5                                 | 650                                | 41                                           | 59                      |
| Belçika    | 7                                 | 700                                | 87                                           | 13                      |
| Danimarka  | 3                                 | 575                                | 81                                           | 19                      |
| Fransa     | 24                                | 420                                | 15                                           | 85                      |
| Finlandiya | 1                                 | 200                                | 45                                           | 55                      |
| Hollanda   | 4                                 | 270                                | 90                                           | 10                      |
| İspanya    | 13                                | 340                                | <5                                           | >95                     |
| İsviçre    | 2                                 | 240                                | 21                                           | 79                      |
| İtalya     | 20                                | 350                                | 9                                            | 91                      |
| Portekiz   | 3                                 | 300                                | <5                                           | >95                     |
| Yunanistan | 2                                 | 200                                | <5                                           | >95                     |

Çok büyük miktarlarda ve çok hacim kaplayan inşaat atık ve molozlarının depolama bölgelerine boşaltılması doğaya farklı şekillerde zararlar vermektedir. 2005 yılındaki verilere göre ABD’de bir yılda 130 milyon ton inşaat atığı meydana gelmiştir. Bu miktardaki atığın geri dönüştürülmesi, yeniden kullanılması ve depolamasına kadar geçen sürecin kontrol edilmesi büyük önem arz etmektedir. Aksi halde bu büyük miktardaki atıkların depolanması için çok büyük doğal alanların tahrip edilmesi kaçınılmaz olacaktır. Depolama amaçlı arazilere boşaltılan inşaat yıkıntı ve atıkları bırakıldıkları toprakların verimliliğini düşürerek tarıma elverişli olarak kullanılmayacak duruma dönüştürmektedir (Demir, 2009).

Geri dönüştürülmüş malzeme ve maddelere olan talep son yıllarda büyük ölçüde artmıştır. Beton yapı sektöründe en çok kullanılan malzemelerin başında gelmektedir ve Avrupa hazır beton sektörü bir yılda yaklaşık olarak 300 milyon metreküp beton üretmektedir. Bu, hazır beton tüketiminin yıllık olarak kişi başına yaklaşık 0.3-1.40 m<sup>3</sup> olduğu anlamına gelmektedir. Farklı sebeplerden dolayı elde edilen inşaat

atıklarında özellikle betonlar ufalanarak beton agregası haline getirilebilmekte veya yollar için zemin altı malzemesi olarak kullanılabilir (Gürer v.d., 2004). Çizelge 4.20’de bazı Avrupa ülkelerinin 2010 ve 2012 yıllarındaki yıkıntı atık miktarları ve iki yıllık değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4. 20:** Avrupa ülkelerinin inşaat yıkıntı atığı miktarları ve iki yıllık değişimi (Eurostat).

| Ülke               | 2010 inşaat yıkıntı atığı miktarı (ton) | 2012 inşaat yıkıntı atığı miktarı (ton) | 2 yıllık artış veya azalış (%) |
|--------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Almanya</b>     | 190.990.271                             | 197.527.868                             | %3,4 artış                     |
| <b>Avusturya</b>   | 9.010.097                               | 19.470.934                              | %116,1 artış                   |
| <b>Belçika</b>     | 18.164.920                              | 24.570.406                              | %35,2 artış                    |
| <b>Bulgaristan</b> | 78.880                                  | 1.032.651                               | %1209,1 artış                  |
| <b>Çek C.</b>      | 9.353.673                               | 8.592.900                               | %8,1 azalış                    |
| <b>Danimarka</b>   | 3.142.215                               | 3.867.209                               | %23 artış                      |
| <b>Fransa</b>      | 260.699.131                             | 246.702.428                             | %5,3 azalış                    |
| <b>Hırvatistan</b> | 7.656                                   | 682.058                                 | %8808,8 artış                  |
| <b>Hollanda</b>    | 78.063.887                              | 81.354.111                              | %4,2 artış                     |
| <b>İngiltere</b>   | 102.231.321                             | 100.230.491                             | %1,9 azalış                    |
| <b>İspanya</b>     | 37.946.523                              | 26.129.151                              | %31,1 azalış                   |
| <b>İtalya</b>      | 59.340.134                              | 52.965.743                              | %10,7 azalış                   |
| <b>Kıbrıs</b>      | 1.068.282                               | 965.177                                 | %9,6 azalış                    |
| <b>Norveç</b>      | 1.542.803                               | 1.880.543                               | %21,9 artış                    |
| <b>Romanya</b>     | 237.502                                 | 1.325.341                               | %458 artış                     |
| <b>Yunanistan</b>  | 2.086.080                               | 812.519                                 | %61 azalış                     |

Betonarme binalarda kuvvetlendirilmiş beton ve yeşil beton olarak isimlendirilen atık su kullanımı ve artık beton arasında belli farklar bulunmaktadır. Yeşil beton olarak adlandırılan uygulamada kullanılmamış betonlar kullanılır. Kuvvetlendirilmiş beton yapıların yıkılması sonucu ufalanmış çakıl tekrar beton yapımında kullanılabilir. Taşıma gibi şartlar göz önünde bulundurulduğunda geri dönüşümlü beton için

harcanan enerji çakıl kullanılan betona harcanan enerjiden daha yüksek olmaktadır. Fakat yapı malzemelerini tekrar kullanmaktansa yapıyı tekrar kullanmak en iyi seçenektir. Binanın perde sistemleri bina değıştiğı takdirde bile tekrar kullanılmaya devam edilebilir. Almanya'nın Berlin şehrinde sanat galerisine dönüştürülen Reichsbahnbunker Friedrichstrasse yapısı gibi örnekler binalara yapılan iyileştirme çalışmaları ekolojik yapı malzemelerinden daha fazla fayda sağlayabilir (Lieblang, 2011).

Kentlerin her türlü atığının nasıl değerlendirileceğı sorunu özellikle 20. Yüzyılda çokça tartışılmaya ve çözümler aranmaya başlanmıştır. Katı atık yönetimi bu atıkların toplanma, taşınma, depolanma, geri dönüştürme işlemlerine bakmaktadır ve bu sebeple insanlar için büyük öneme sahiptir. Son yıllarda sadece kırsal alanlarda değil şehirlerde de kullanılmaya başlanan kerpiç atık yönetimi konusunda birçok yapı malzemesinin önünde yer almaktadır. Ana maddeleri toprak, su ve saman olan kerpiç yapı malzemesinin bayat olarak tabir edilen ve başka şekilde kullanılması düşünölmeyen samanı da kullanarak elde edilmesi atıkları kullanma bakımından avantaj sağlamaktadır. Bayat samanın bu şekilde kullanılmasıyla sürdürülebilir olarak değerlendirilen kerpiç bunun yanında çeşitli atık maddelerini de kullanarak geri dönüşümde faydalı ve çok yönlü bir malzeme olarak değerlendirilebilir (Akyıldız v.d., 2019).

## SONUÇ

Günümüze yakın bir dönemden itibaren belli bölgelerde nüfus artışı hızlı bir şekilde artmıştır. Kent nüfusunun artışı insanları kısa zaman içerisinde daha çok yapılar üretme çözümleri bulmaya sevk etmiştir. Son yıllardaki gelişmeler dar bölgelerde bu yoğun yapılaşmaların karbondioksit artışına, sera gazının artışına, sıcaklıkların artmasına, doğal çevreye zarar vermesine, canlıların doğal ortamlarını bozmasına direkt ve dolaylı olarak birçok etkisi olmuştur. Bunların yanında 19. yüzyıldan beri üretilen bu yapıların büyük çoğunluğunun yapay, işlenmiş, fabrika ürünü malzemelerle inşa edilmesi zararın daha büyük olmasındaki en büyük etkenlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yapı sektörünün dünyadaki büyüklüğü düşünüldüğünde sektördeki belli başlı küçük veya büyük değişikliklerin aslında ne kadar kapsamlı, global ölçekte etkili değişiklikler olacağını söyleyebiliriz. Bu değişikliklerin olumlu veya olumsuz olarak hangi yönde seçileceği sonucu da direkt olarak etkileyecektir. Bu bağlamda yapı sektörünün sürdürülebilir mimariyi, ekolojik malzemeleri gündemini alıp kullanması tüm canlılar ve doğal çevre için olumlu birçok sonuçlar doğuracaktır. Çevresel problemleri en aza indirmek, doğal çevre ve canlılar için tehdit oluşturmayacak bir mimari anlayış için yapı malzemesinin belli yapılar için değiştirilmesi bu süreç için atılacak en etkili ve başlıca adımlardan biridir.

Yapıların inşası esnasında, kullanımında ve hatta yıkım anında ve yıkım sonrasında çok fazla enerji harcadıkları bilinmektedir. Enerji tüketimleri sadece yapıların inşasının başlamasıyla kalmamakta daha öncesinde yapı malzemelerinin de çıkartılması, işlenmesi, üretilmesi ve nakledilmesi sırasında da olmaktadır. Bu sebeple yapılarımızın üretiminin her safhasında daha az enerji tüketmesi için sürdürülebilir mimari anlayışının benimsenmesi, anlatılması, teşvik edilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Yapı malzemelerini doğru seçmek bu anlayışla birlikte kullanılmadığı sürece yine yeterli olmayacaktır. Ekolojik malzeme seçimiyle sürdürülebilir mimari anlayışını aynı potada eriterek yapılar üretmek bizi en faydalı sürece sokacaktır.

Özellikle 20. yüzyılda bir hayli artan doğal yapı malzemelerine karşı olan uzaklaşma, unutulma, kullanmama durumları bu yüzyılın sonunda belli devletlerin öncülüğünde

önlenmek istenmiştir. Yaşanan enerji krizleri, doğal çevrenin tahrip olması, küresel ısınmanın artması, kuraklıklar, kaynakların tüketilmesi insalığı birçok önlemi almaya itmesinin yanında inşaat sektöründe de doğal yapı malzemelerinin, ekolojik malzemelerin kullanılmasına itmiştir. Böylelikle son yıllarda kerpiç yapı malzemesi diğer benzer malzemelerle birlikte kullanıcıların, mimarların, araştırmacıların, yapı sektörünün gündeminde daha çok yer edinmiştir.

Bu çalışma, ekolojik malzeme, sürdürülebilir mimari kavramlarının özellikle mimarlık sektöründe çokça konuşulmasına rağmen halkta tam olarak bir karşılığının alınmadığını, anlaşılmadığını, anlatılamadığını, gündem olamadığını düşünülerek hazırlanmıştır. Bu kavramların ve anlayışların bahsedilen olaylardan sonra son yıllarda çok konuşulması, araştırmalar yapılması özellikle kerpiç yapı malzemesi için halkta diğer doğal malzemeler kadar olumlu etki uyandırmasına yetmediği düşünülerek bu konu hakkında bir anket düzenlenmiştir. İnsanların kentlerde ev alırken betonarme evleri tercih etmeleri elbette anlaşılabilir bir sonuçtur fakat daha yüzyıl öncesine kadar ülkemizde birçok ilimizde kullanılmasına, yakın geçmişimizde aile büyüklerimizden birilerinin bu yapılarda yaşamış olmasına rağmen ‘kerpiç’ denildiğinde insanların akıllarına önce olumsuz düşüncelerin gelmesi ilgi çekici bir noktadır. Elbette doğal yapı malzemeleri arasında bir seçim yapılması, tercihlerin olması çok normaldir fakat kerpicing doğal yapı malzemesi olarak çok arka planda kalıyor hissi uyandırması, kerpicing sadece köy malzemesi olduğunun düşünülmesi, şehirlere yakışmayacağıının düşünülmesi bu düşüncelerin arkasında yatan sebepleri ve nereye dayandığı hakkında merak uyandırmaktadır. Bu çerçevede ankete katılan katılımcıların düşünceleri, cevapları bilimsel verilerle karşılaştırılmıştır. Günümüzde ve ülkemizde en çok kullanılan malzemenin beton olması çalışmayı kerpiçle betonun karşılaştırmasına sebep olmuştur.

Ankete katılanların büyük çoğunluğu 18-35 yaş aralığındaki kişilerden oluşmaktadır. Bu da aslında bu konuların genç diyebileceğimiz kişilerde nasıl bir karşılığının olduğunu göstermekte ve uzun yıllar boyunca ülkemizde etkili olacak kişilerin düşüncelerini şimdiden görmek, ona göre adımlar atmak için avantaj sağlamaktadır. Ankete katılan katılımcıların yarısından fazlasının kerpiç bir yapıda yaşayan bir tanıdığı bulunmamaktadır. Kerpiç yapılar hakkındaki fikirlerinin, düşüncelerinin

oluşmasında bunun iyi bir etkisi olduğu söylenebilir. Buna rağmen kerpiç yapıda en az bir gün geçirme fırsatı yaşayanların oranı yarı yarıyadır. Yani ankete katılanlar arasında kerpiçte yaşayan bir tanıdığı olmasa da kerpiç bir yapıda bir gün geçirenler bulunmaktadır. Bu yapılarda en az bir gün geçiren katılımcıların büyük çoğunluğunun kerpiç yapılardan memnun kalarak ayrılmaları da önemlidir. Katılımcılardan betonarme yapılardan genel olarak memnun olanlarla olmayanların sayısı ise birbirine yakındır. Buna rağmen mevcut evini aynı değere sahip kerpiç bir yapıyla değiştireceğini söyleyenlerin sayısı bir hayli azdır. Bu da betonarmeden memnun olmamasına rağmen yine de kerpiç bir evi tercih etmeyecek kişilerin az olmadığını göstermektedir. Bu durumun sebeplerinin neler olduğu da merak uyandırmaktadır.

Ankette genel olarak halkın kerpiç yapılar hakkında en büyük endişeleri, korkuları, olumsuz olarak düşündükleri özellikleri de sorulmuştur. Kerpiç yapılar denildiğinde akıllara ilk gelen yangın, deprem, ses ve ısı yalıtımları, servis ömrü ve sonrası gibi durumlar sorulmuştur. Sanılanın aksine kerpiç yapıların da yangın, deprem gibi konularda iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Betona göre daha sürdürülebilir bir malzeme olduğu, zararlı gazlar üretmeyip aksine içerisinde yaşayanlara sağlıklı bir hava oluşturduğu, harici malzemelere ihtiyaç duymadan ses ve ısı yalıtımında çok iyi olduğu, servis ömrünün bitmesinden sonra da molozlarının istenirse doğaya bırakılabileceği istenirse de tekrardan yapı malzemesi olarak kullanılabileceği görülmüştür.

Çalışmada çıkarabileceğimiz sonuçlara göre genelde doğal yapı malzemelerinin özelde kerpicingin daha iyi, yaygın, aktif bir şekilde kullanılabilmesi için aşağıdaki yollar izlenebilir;

- Türkiye gibi geleneksel mimari geçmişi ve tecrübesi çok zengin bir ülkenin yapı malzemesi olarak doğasını, ekonomisini, sağlığını tehdit eden yapay malzemeleri seçmesi etkisi uzun yıllar sürebilecek sonuçları doğurmaya devam etmektedir. Üstelik en çok kullanılan yapı malzemelerini dışa bağımlı olarak kullanmak sürekli olarak ithal etmek ülke ekonomisine zarar vermekte ve üretmeyi aza indirmektedir. Türkiye'nin geçmişindeki tecrübelerle

birlikte doğal yapı malzemeleri ile yapılar üretmesi her açıdan olumlu sonuçlar doğuracaktır.

- Ülkemizdeki yapı stoğunun büyük bir bölümünün konutlardan olduğunu düşünürsek en azından belli bölgelerimizde inşa edilecek evlerin bazılarının kerpiçten yapılması, bize örnek olması, tecrübemizi arttırmamız açısından önem arz etmektedir. Belirlenen pilot bölgelerde bu işin teşvik edilmesi, yayılması açısından çok önemlidir.
- Halkın bu konular hakkında daha çok bilgi sahibi olması, bu konularda vatandaşlar için seminerlerin, konferansların düzenlenmesi bu konuların yayılması için önemli olan diğer bir konudur. Ankete katılan katılımcıların birçoğu bu konular hakkında daha çok bilgi sahibi olduktan ve kerpiçin doğal etkenlere karşı sağlam olup olmadığını öğrendikten sonra kerpiç yapıları tercih edebileceklerini söylemektedirler. Bu yüzden akademik bilgi ve tecrübenin belli organizasyonlarla halka ulaştırılması gerekmektedir. Üniversitelerle ortak çalışarak özellikle halktan isteyenlerin de katılabileceği doğal yapı malzemeleriyle ilgili geniş kapsamlı çalışmaların yapılacağı enstitüler kurulmalıdır. Aynı zamanda bu gibi konuların insanların çokça vakitlerini geçirdikleri sosyal medya ve diğer mecralarda da aktif bir şekilde anlatılması gerekmektedir. Ankete katılan katılımcıların neredeyse tamamı her gün en az 3 saatlerini sosyal medyada geçirdiklerini söylemişlerdir.
- Ülkemizde yakın bir zaman kadar önce olan kerpiç yapılar hakkındaki yönetmelik ve standartların tekrardan oluşturulması gerekmektedir. Bu yönetmelik ve standartların olmaması kırsal alanlarda mühendisliğe başvurulmadan, kuralsız, standartsız şekillerde yapıların inşa edilmesine neden olmaktadır. Bu yapıların karşılaştıkları ilk deprem sonrasında ağır hasar alması veya yıkılması halk nezdinde kerpiç yapıların sağlam olmadığı, depreme karşı etkisiz olduğunu düşündürmektedir. Bunun yanında medyadaki haberlerde depremde yıkılan kerpiç yapıların haberleri yıkılan beton yapılardan daha fazla yapıldığında halkın bu konudaki endişeleri daha derin bir hale dönüşmektedir. Bu sebeple kerpiçle ilgili yönetmelik ve

standartlar oluşturulmalı ve kurallara uygun kerpiç yapıların üretilmesi gerekmektedir.

- Ülkemizde hâli hazırda mevcut olan kerpiç yapılar koruma altına alınmalı, hasarları tespit edilmeli ve restore edilmelidir. Uzun yıllardır yeni kerpiç yapılar çok az üretildiği için şu anda ayakta kalmış olan kerpiç yapılar hem geleneksel mimari kültürümüz için çok değerlidir hem de kerpiç yapı üretilme sürecinde kılavuz görevi görmektedirler.



## KAYNAKÇA

- Acun, S., Gürdal, E. (2003). “Yenilenebilir Bir Malzeme: Kerpiç ve Alçılı Kerpiç”, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, Ankara, 427: 71-77.
- Acun, S., Gürdal, E. (2012). Dünden Bugüne Toprak Yapı Malzemesi: Kerpiç. Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, (9), 29-37.
- Akman, M. S. (2000). “Betonarme Yapılarda Yangın Hasarı Ve Yangın Sonunda Taşıyıcılığın Belirlenmesi”, TMMOB İnşaat Müh. Odası, İstanbul.
- Akyıldız A. N., Olğun N. T., Ekici B. B., Gülten A., Ulaş A. M. (2019). Sürdürülebilir Mimari Bağlamında Yapı Malzemelerinin Atık Yönetimi İle İlişkisi: Katkılı Kerpiç Malzeme Kullanımı, Anadolu Kongreleri 3. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, Uygulamalı Bilimler Kongresi Kitabı, s. 713-722, Diyarbakır.
- Alkan, Z. (1969). Bazı Stabilizan Maddelerin (Çimento, Kireç, ÇimentoKireç, Bitüm Emilsiyonu ve Saman) Dökme Kerpiç ve Prese Kerpiciin Önemli Mekanik Özelliklerine Etkisi Üzerine Bir Araştırma, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Bülteni, Erzurum, 1-10.
- Anysz, H., Narloch, P. (2019), Designing the Composition of Cement Stabilized Rammed Earth Using Artificial Neural Networks, MPDI Journal Materials 2019, 12(9), 1396.
- Apak, H. (2014). “Yapılarda Radon Etkisini Azaltmaya Ya Da Yok Etmeye Yönelik Bir Yaklaşım”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Arpacıoğlu, T. Ü. (2004). Yangın Olgusu ve Yüksek Yapılarda Yangın Güvenliği, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
- Arpacıoğlu, Ü. (2006). Geçmişten günümüze kerpiç malzeme üretim teknikleri ve güncel kullanım olanakları. İstanbul, Türkiye: 3. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi Bildirisi.
- Arslan, H., Coşgun, N., Salgın, B. (2012). Construction and Demolition Waste Management in Turkey, 313-332; Derleyen: Rebellon, L.F.M., (2012). Waste Management – An Integrated Vision, InTech.
- Aslan, M., Satya, R., C. (1974). “Waterproofing of Mud Walls”, Second International Symposium on Moisture Problems in Buildengs, Rotterdam 1-15.
- Atabey, E., 2000, Deprem, MTA Eğitim Serisi, no.34.

- Atalay, İ. (1989). Toprak Coğrafyası, İzmir Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, 225.
- Ataman, G. (2007) “Hımmış yapının taşıyıcılık açısından Karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi”. İstanbul, Türkiye. İTÜ.
- Aydın, C. (1998). “Yangının Çelik Taşıyıcılar Üzerine Etkisi ve Bir Uygulama Örneği”, İstanbul, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Haz.1998
- Babor, D., Plian D. (2010). The Preservation of Adobe Buildings, Gherorghe Asachi Technical University of Iasi.
- Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, ‘‘Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik’’, 26 Temmuz 2002, Resmi Gazete, Ankara.
- Bayülke, N. (1989). Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İzmir, S:31, Teknik Yay, Ankara.
- Bozkurt V. (2008). Niğde İlinde Bulunan Tarihi Mekanlardaki Radon Gazı Ölçümleri, Niğde Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi T.C Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, Sayfa: 42 – 44, Niğde.
- Budak, A., Uysal, H., Aydın, C. A. (2004). Kırsal Yapıların Deprem Karşısındaki Davranışı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, sayı 35 (3-4), s. 209-219.
- Carlson, A. (2002). Thermal Properties of Walls, The University of Alaska Fairbanks Cooperative Extension Service.
- Civan, U. (2006). Akıllı Binaların Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 23-24 s., İstanbul.
- Cookckson, B. C. (2010). “Living in Mud”, Ege Yayınları, İstanbul.
- Çamlıbel, N. (1994). Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarım İlkeleri. YTÜ Mimarlık Fakültesi, 145 s, İstanbul.
- Çamlıbel, N. (2000). “Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi”, Birsen Yayınevi, ss. 258, İstanbul.
- Çavuş, M., Dayı M., Ulusu H., Aruntaş, Y. (2015). Sürdürülebilir Bir Yapı Malzemesi Olarak Kerpiç. 2. International Sustainable Buildings Symposium 28-30 Mayıs, Ankara.
- Çelebi, R. (1979). Kerpiç Yapım Yöntemleri ve Kullanımı Üzerine Bir Deneme. İstanbul: Doçentlik Tezi, D.M.M.A., Mimarlık Bölümü.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mimarlık Ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2021 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ, (2021). Resmî Gazete.

Dağsöz, A.K. (1995). Türkiye’de Derece-Gün Sayıları Ulusal Enerji Tasarruf Politikası ve Yapılarda Isı Yalıtımı, İZOCAM Ticaret ve Sanayi A.Ş. Yayınları, İstanbul.

Dağsöz, A. K. (1999). Konutlarda Ekonomik Isınma El Kitabı, İZOCAM Ticaret ve Sanayi A.Ş. Yayınları, İstanbul.

Değerli, C. F., Umaroğulları F. (2017). “Binalarda Radon ve Sağlık Üzerindeki Etkileri”, Yeşil Bina Sürdürülebilir Yapı Teknolojileri Dergisi, 45, s.38-43.

Demir İ. (2009). İnşaat Yıkıntı Atıklarının Beton Üretiminde Kullanımı ve Beton Özelliklerine Etkisi, AKÜ Fen Bilimleri Dergisi 2009-02, s.105 -114.

Döşemeciler, A., Bina Cephelerinin Ses Yalıtım Performanslarının Değerlendirilmesi: Taksim-Beşiktaş Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.

Durrani, S. A., Ilic, R. (1997). Radon Measurements by Etched Track Detectors: Applications in Radiation, Earth Sciences and Enviroment. Editors: Saeed A. Durrani and Radomir Ilic, World Scientific, Singapore, s.387.

Elborgy R. (2019). Mısır’da Hurma Lifi Katkılı Kerpici Restorasyon Uygulamalarında Kullanılabilirliğine Yönelik Bir Araştırma, Doktora Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, İstanbul.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) Genel Enerji Dengesi Raporu , (2010).

Ergin, N. (2003). "Ağaç Malzeme Kullanımı ve Çevreye Etkisi", Türkiye Mühendislik Haberleri, 427: 96-100.

Eriç, M. (1980). “Kerpiç Eserlerin Onarımı ve Kullanılmasında Bir Araştırma”, 3.Uluslararası Kerpiç Koruma Sempozyumu, Ankara.

Eriç, M. (2002). “Yapı Fiziği ve Malzemesi”, Literatür yayınları 2. basım, İstanbul. s.162.

Ersoy, H. Y. (2001). “Kompozit Malzeme”, Literatür Yayınları, İstanbul, 4, s.156.

Esin T. ve Coşgun N. (2007). A Study Conducted to Reduce Construction Waste Generation in Turkey, Building and Environment, 42, 1667- 1674.

Fathy. H. (1973). Architecture for the poor; an experiment in rural Egypt Chicago: University of Chicago Press.

Gökçe, M. V. (2002). Yapıların Deprem Etkisi Altında Strüktürel Davranış Biçimleri ve Depreme Dayanıklı Yapılarda Mimari Tasarım İlkeleri Üzerine Bir Araştırma. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, s. 168, Niğde.

Guillaud, H., Joffroy T., Odul P. (1995). Compressed Earth Blocks: Manual of Design and Construction, Germany.

Güğercin Ö., Baytorun N., Sezen M. S. (2018). Kerpiç ve Betonarme Konutlarda Kullanılan Bazı Yapı Malzemelerinin Üretiminde Enerji Gereksinimleri, Çukurova Tarım Gıda Bilgisi Dergisi, sayı:33, s. 29-36.

Gül, T. (2011). Cam Elyaf ve Hava Sürükleyici Katkı Kullanılarak Geliştirilmiş Kerpiç, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Günay O., Aközcan S., Kulalı F., Bina İçi Radon Konsantrasyonlarının Belirlenmesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 13, S.91-97, Ağustos 2018.

Gürdal, E., Acun, S. (2003). Yenilenebilir Bir Malzeme Kerpiç ve Alçılı Kerpiç, TMH, Sayı: 427-5.

Gürer C., Akbulut H., Kürklü G. (2004). İnşaat Endüstrisinde Geri Dönüşüm ve Bir Hammadde Kaynağı Olarak Farklı Yapı Malzemelerinin Yeniden Değerlendirilmesi, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.

Houben, H., Guillaud, H. (1994). "Earth Construction: A Comprehensive Guide (CRATerre-EAG)", Intermediate Technology Publications, UK, 4, 7-10.

IAEA, (2004). International Atomic Energy Agency, Radiation, People and the Environment, Austria.

Işık, B., Akın, A., Kuş, H., Çetiner, İ., Göçer, C., Arıoğlu, N. (1995). Alçı Katkılı Kerpiç Yapı Malzemesine Uygun Mekanize İnşaat Teknolojisinin ve Standartlarının Belirlenmesi, TÜBİTAK İNTAG TOKİ 622, İstanbul.

İZOCAM Ticaret ve Sanayi A.Ş., İzolasyon (Isı-Teknik-Ses-Yangın Yalıtımı), İZOCAM Ticaret ve Sanayi A.Ş. Yayınları, İstanbul, 2002.

Jaquin, P., Augarde, C., 2001. Earth Building: History, Science and Conservation. IHS BRE Press, Durham, UK.

Kafesçioğlu, R., (1980). Yapı Malzemesi Olarak Kerpicingin Alçı ile Stabilizasyonu, TÜBİTAK MAG 505, İstanbul.

- Kafesçioğlu, R., Gürdal, E., (1985). Çağdaş Yapı Malzemesi Alker, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Dairesi Başkanlığı, Shell, İstanbul.
- Kafesçioğlu, R., Gürdal, E., Alker Alçılı Kerpiç, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Dairesi Başkanlığı ve Shell yayını, Bilgi kitapçığı, İstanbul.
- Kafesçioğlu R., (2016). Alker ve Nitelikleri, Yayınlanmamış makale.
- Kaufmann R., Cleveland C. (2016). Enviromental Science, (New York: McGraw-Hill Companies, 326.
- Kayırğa, M. O. (2017) Yığma Yapıların Deprem Davranışının Analitik Ve Deneysel Olarak Belirlenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Kayseri.
- Kırkıbyık E. (2012). Ses Ve Isı Yalıtımlı Ekolojik Yapı Malzemelerinin İncelenmesi Ve Trakya Bölgesinde Yetiştirilen Ayçiçeği Bitkisinin Yalıtım Malzemesi Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, s. 28, Edirne.
- Koçu, N. (2012). “Sürdürülebilir Malzeme Bağlamında “Kerpiç” ve Çatı- Cephe Uygulamaları (Konya-Çavuş Kasabası Örneği), 6.Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bursa.
- Koçu, N., Korkmaz, Z. (2004). Kerpiç Malzeme ile Üretilen Yapılarda Deprem Etkilerinin Tespiti, TMMOB. Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi, 6-8 Ekim, İstanbul, 52-62.
- Kömürcüoğlu, E. A. (1967). “Yapı Malzemesi Olarak Kerpiç ve Kerpiç İnşaat Sistemleri” İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- KUDEB ,Dünya Miras Listesinde Bir Neolitik Kent Çatalhöyük, Konya.
- Küçükali, U. F. (2015). “Doğal ve Yapay Eşik Analizine Dayalı Bir Ekolojik Planlama Yaklaşımı; Silivri Örneği”, YAPI Dergisi, 405:130 – 136.
- Lieblang P. (2011). Sürdürülebilir Beton Binalar, Yeşil Binalar Dergisi, sayı:6, sayfa: 36-38.
- Morel, J. C., Mesbah, A., Oggero, M. ve Walker, P. (2011). “Building Houses with Local Materials: Means to Drastically Reduce the Environmental Impact of Construction”, Building and Environment, 36: 1119-1126.
- Miller, G.T. (2000). ‘Living in the Environment: Principles, Connections, and Solutions’, Belmont, California, USA, (11th ed.): Brooks/Cole, Thomas Learning.

- Nehdi, M. (2004). “Sürdürülebilir Gelişme İçin Çok Bileşenli Çimentolar”, Çimento ve Beton Dünyası, Sayı 47.
- Nixon, P. J. (2002). “More Sustainable Construction: The Role of Concrete”, Proceedings of the International Conference on Sustainable Concrete Construction, University of Dundee, 9-11 September 2002, Scotland, UK.
- Oktay, H. (2017). Yalıtım Özelliği Yüksek Yapı Malzemelerinin Geliştirilmesi ve Isıl Performanslarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Batman.
- Ölmez E., Yıldız Ş. (2008). İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Yönetimi ve Planlanan İstanbul Modeli, Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu.
- Özçuhadar, T. (2007). "Sürdürülebilir Çevre için Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Sürecinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi." Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Haziran, s.16.
- Özgünler, M., Serteser, N., Acun S. (2001). “Yangın Güvenliği Açısından Taşıyıcı Sistemde Malzeme Seçimi”, 1.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, Bildiriler-1, İstanbul, s174-184.
- Özgünler, S. A., Gürdal, E. (2012). Dünden Bugüne Toprak Yapı Malzemesi: Kerpiç Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, (9), 29-37.
- Özguven, H.N. (2008). Gürültü Kontrolü. Ankara: Türk Akustik Derneği Yayını . 35- 196.
- Petkar, S.S. (2014). Environmental Impact of Construcion Materials and Practices. National Institute of Construction Management and Research, Researchgate, Thesis.
- Plessis, D. C. (2002). Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries, pp. 5-19, Capture Pres, Pretoria
- Sev, A. (2009). Sürdürülebilir Mimarlık, 1. Baskı, Yem Yayınları, İstanbul, 223s, s.31, 62.
- Sözer N. (2005). Türkiye’de İlgili Yönetmeliklere Uygun Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımı Çözümleri, Yalıtım Malzemeleri ve Bir Bina Projesi Üzerinde Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.
- Şahin, C. ve Sipahioğlu Ş. (2002). Doğal afetler ve Türkiye. Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.
- Şahin İ., Çakır Ö., Dilbaş H. (2019). Yapı Yıkıntı Atıklarının Geri Kazanımı – Terrazo Karo Üretimi, Uluslararası 10. Beton Kongresi, Bursa.

TAEK, (2012). Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, “Kapalı Ortamlarda Radon Gazı”, TAEK TR-2012-3, Ankara.

Taylor, R.M. (1990). “An Evaluation of the New Mexico State Monuments Adobe Test Walls at Fort Selden”, 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture, New Mexico, pp: 383-389.

Tekin, Ç. (2012). Enerji Etkin Yapılarda Malzeme Kullanımı. Yeşil Bina, 12, 46-52.

Torgal, P. ve Jalali, S. (2011). ”Earth Construction: Lessons From The Past for Future Eco-Efficient Construction”, Construction and Building Materials 29: 512-519.

Toydemir, N., Gürdal E., Tanaçan, L. (2000). Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Literatür Yayınları, İstanbul.

Tönük, S. (2001). Bina Tasarımında Ekoloji, YTÜ Basım –Yayın Merkezi, İstanbul.

TS 2514 Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları 1. Baskı, TSE, Ankara, (Şubat 1977).

TS 2515 Kerpiç Yapıların Yapım Kuralları 1. Baskı”, TSE, Ankara, (Nisan 1985).

TS 537 Çimentolu Kerpiç Bloklar – Duvarlar için, (1985). 1. Baskı, TSE, Ankara, (Ekim 1985)

Tufaner, F. (2011). Doğal Radon Emisyonunun İnsan Sağlığına Etkileri Ve Alınması Gereken Tedbirler, Çankırı Araştırmaları Dergisi, sayfa 77, Haziran 2011.

Tuztaş, U., Çobançoğlu, T. (2006). Anadolu’da Kerpicein Kullanım Geleneği ve Kerpiç Konut Yapım Sistemlerinin Karşılaştırılması. Tasarım + kuram, 5, 95- 103.

Türkçü, Ç. (2004). Yapım / Malzemeler, Yöntemler, İlkeler, Çözümler, Birsan Yayınevi, İstanbul.

T.C. Resmi Gazete, Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2014-2017. (29221Mükerrer), 30.12.2014, 52-54.

United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). (1992). Earth Construction Technology, Kenya.

United Nations Environment Programme (UNEP), (2011). Toward a Green Economy, Buildings Investing in Energy and Resource Efficiency.

United Nations for Human Settlements (Habitat), (1988). A Compendium of Information on Selected Low-Cost Building Materials, Nairobi.

UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), (1988). Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation.

UNSCEAR, (2000). Sources and effects of ionizing radiation United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Report to the General Assembly with scientific annexes, New York, USA.

Uysal, A. (2004). Yüksek Sıcaklığın Beton Üzerindeki Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, s. 9,10.

Yaman Ö., Şengül Ö., Selçuk H., Çalıkış O., Kara İ., Erdem Ş., Özgür D. (İMO Yapı Malzemeleri Komisyonu). (2015). Binalarda Isı Yalıtım Malzemeleri, Türkiye Mühendislik Haberleri, sayı 487.

Yeang K. (2006). Ekotasarım “Ekolojik Tasarım Rehberi”, Çev: Eryıldız S., Eryıldız D., Yem Yayın, İstanbul, 472s.

Zorlu K., Tıkansak Karadayı T. (2020). İç mekân hava kalitesinde yapı malzemelerinin rolü, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, s.201-208.

Warren, J. (1998). “Conservation of Earth Structures”, Oxford: Butterworth-Heinemann, İngiltere, 40-42.

## İnternet Kaynakları

Url-1: <<http://ab.immib.org.tr/ABMevzuati-ve-Politikalari/Cevreye-duyarli-tasarim-Eko-tasarim>> Erişim tarihi: 05.03.2021

Url-2: <<https://topraktema.org/topra%C4%9F%C4%B1n-katmanlar%C4%B1#:~:text=%C3%87o%C4%9Fu%20toprak%20%C3%BC%C3%A7%20ya%20da,C%20ve%20R%20harfleriyle%20g%C3%B6sterilir.>> Erişim tarihi: 14.02.2021

Url-3: <[https://www.researchgate.net/figure/Ancient-wattle-and-daubtechnology\\_fig1\\_315440918](https://www.researchgate.net/figure/Ancient-wattle-and-daubtechnology_fig1_315440918)> Erişim tarihi: 21.11.2020

Url-4: <<https://van.ktb.gov.tr/TR-76401/van-kalesi.html>> Erişim tarihi: 17.12.2020

Url-5: <[https://tr.wikipedia.org/wiki/Cenne\\_Ulu\\_Camii](https://tr.wikipedia.org/wiki/Cenne_Ulu_Camii)> Erişim tarihi: 26.01.2021

Url-6: <<http://whc.unesco.org/en/list>> Erişim tarihi: 12.01.2021

Url-7: <[http://www.greenhomebuilding.com/poured\\_earth.htm](http://www.greenhomebuilding.com/poured_earth.htm)> Erişim tarihi: 04.11.2020

- Url-8:** <
- Url-10:** <
- Url-12:** <
- Url-14:** <
- Url-16:** <http://barisefe.com/kisisel/donusum-dogal-mimari-atolyesi.html> Erişim tarihi: 15.03.2021
- Url-17:** <
- Url-19:** <
- Url-21:** <
- Url-23:** [149](https://724kultursanat.com/unesco-yemendeki-kultur-mirasi-icin-hareketegecti/> Erişim tarihi: 03.05.2021</a></p></div><div data-bbox=)

- Url-24: <[http://www.earth-auroville.com/world\\_techniques\\_introduction\\_en.php](http://www.earth-auroville.com/world_techniques_introduction_en.php)>
- Url-25: <<https://yapidergisi.com/kerpic-mimaride-bezeme/>> Erişim tarihi: 26.02.2021
- Url-26: <<https://www.e-villaproje.com/blog/organik-kerpic-ev-yapimi-eski-ve-yeni-usul/>> Erişim tarihi: 28.12.2020
- Url-27: <<https://insapedia.com/himis-nedir-himis-yapi-nedir/>> Erişim tarihi: 09.02.2021
- Url-28: <<https://teknoloji-tasarim.com/himis-yapi-nedir/>> Erişim tarihi: 30.01.2021
- Url-29: <<https://www.roanokeisland.com/blog/2020/02/13/building-settlement-wattle-and-daub-method>> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Url-30: <<https://www.domusweb.it/en/architecture/2012/04/10/back-to-earth.html>> Erişim tarihi: 24.04.2021
- Url-31: <<https://www.toplkonutemlak.com/ahsap-bagdadi-siva-nedir-ve-nasil-yapilir-makale,5.html>> Erişim tarihi: 26.03.2021
- Url-32: <<http://www.earthhomesnow.com/compressed-earth-block-homes.htm>> Erişim tarihi: 01.04.2021
- Url-33: <<http://eartharchitecture.org/?tag=compressed-earth-block>> Erişim tarihi: 26.11.2020
- Url-34: <<https://www.mdpi.com/2075-5309/10/2/26/htm>> Erişim tarihi: 18.03.2021
- Url-35: <<https://www.archdaily.com/894341/rammed-earth-construction-15-exemplary-projects>> Erişim tarihi: 11.05.2021
- Url-36: <<https://www.finehomebuilding.com/2020/01/03/rammed-earth-creating-a-500-year-house>> Erişim tarihi: 16.01.2021
- Url-37: <<https://www.airbnb.ca/rooms/1720832>> Erişim tarihi: 24.12.2020
- Url-38: <<https://www.homecrux.com/ten-best-cob-houses-and-the-benefits-of-building-one/93879/>> Erişim tarihi: 08.01.2020
- Url-39: <<https://www.pouredearth.net/>> Erişim tarihi: 25.03.2021
- Url-40: <<http://light-earth.com/portfolio-item/rwanda-cricket/>> Erişim tarihi: 22.04.2021

**Url-41:** <<https://www.skyscrapercity.com/threads/modern-public-architecture-in-africa.1528057/>> Erişim tarihi: 29.03.2021

**Url-42:**

<[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RomaniaDanubeDelta\\_MakingMaterialForConstructing0002jpg.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RomaniaDanubeDelta_MakingMaterialForConstructing0002jpg.JPG)> Erişim tarihi: 12.05.2021

**Url-43:** <<https://www.ardatugla.com/restorasyon-tuglaları/kerpic/>> Erişim tarihi: 05.01.2021

**Url-44:** <<https://insaathesabi.com/blog/horasan-harci-kagir-duvar-ve-kerpic/>> Erişim tarihi: 11.12.2020

**Url-45:** <<https://malatyahaber.com/haber/balabanin-son-kerpic-ustasi/>> Erişim tarihi: 03.12.2020

**Url-46:** <[http://www.jetsiva.com/blog-47-camur\\_ve\\_kil\\_harci.html](http://www.jetsiva.com/blog-47-camur_ve_kil_harci.html)> Erişim tarihi: 04.04.2021

**Url-47:** <<https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>> Erişim tarihi: 20.03.2021

**Url-48:** <<https://www.slideshare.net/ErdalCoskun/betonarme-yaplargiri>> Erişim tarihi: 28.02.2021

**Url-49:**

<[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.arkitera.com%2Fsoylesi%2Ffanadolunun-bugunku-haline-degil-bugune-yakisir-hale-gelmesi-icin-calistik%2F&psig=AOvVaw3KL\\_8lFgMO6EBL5H5js\\_qy&ust=1617199765997000&source=images&cd=vfe&ved=0CAMQjB1qFwoTCLiB-bGZ2O8CFQAAAAAdAAAAABAv](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.arkitera.com%2Fsoylesi%2Ffanadolunun-bugunku-haline-degil-bugune-yakisir-hale-gelmesi-icin-calistik%2F&psig=AOvVaw3KL_8lFgMO6EBL5H5js_qy&ust=1617199765997000&source=images&cd=vfe&ved=0CAMQjB1qFwoTCLiB-bGZ2O8CFQAAAAAdAAAAABAv)> Erişim tarihi: 15.03.2021

**Url-50:** <<https://www.mynet.com/insaat-sektorunde-cok-yapilan-10-uygulama-hatasi-190101054801>> Erişim tarihi: 08.12.2020

**Url-51:** <<http://www.taringa.net/post/humor/19378385/Tranquilo-soy-arquitecto.html>> Erişim tarihi: 24.03.2021

**Url-52:** <<https://forum.donanimhaber.com/yeni-apartmanda-delik-kiris-sorunu-137928091>> Erişim tarihi: 17.03.2021